

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TRABZON VE RİZE İLLERİNDE DERİN DENİZ DEŞARJ SİSTEMLERİ İLE
BOŞALTILAN ATIKLARIN DAĞILIMI VE MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Bal. Tek. Yük. Müh. Şebnem ERKEBAY

**OCAK 2012
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TRABZON VE RİZE İLLERİNDE DERİN DENİZ DEŞARJ SİSTEMLERİ İLE
BOŞALTILAN ATIKLARIN DAĞILIMI VE MODELLENMESİ**

Bal.Tekn.Yük.Müh. Şebnem ERKEBAY

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:26.12.2011
Tezin Savunma Tarihi :19.01.2012**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ercan KÖSE

Trabzon 2012

ÖNSÖZ

Trabzon ili sınırları içerisinde inşa edilen Değirmendere ve Söğütlü, Rize ili sınırları içerisinde inşa edilen Merkez derin deniz deşarj sistemlerinin hem çevresel değerlerin analizi hem de ölçülen ve projeden edinilen bilgilerin ışığında kullanılan modelin verdiği sonuçlarla zamana dayalı değerlendirilmesinin yapıldığı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Programında yapılmıştır.

Artık herkesçe kabul edilen bir gerçektir ki çevre korunması tüm milletlerin ortak hedefi ve amacı olmalıdır. Biz de bu çalışma ile doğaya bırakılan evsel atıkların eliminasyonu konusunda daha proje aşamasında modelleme yöntemi kullanılarak daha az masraf ve zaman tasarrufu yapılarak önlemlerin uygulamaya konulabilmesine katkı sağlamak istedik.

Doktora tez danışmanlığımı üstlenen bu konuya yönelmemde ve çalışmanın yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Ercan KÖSE'ye teşekkürü zevkli bir görev bilirim.

Çalışmam sırasında beni sabırla destekleyen aileme, sevgili eşim Yrd. Doç. Dr. Cem ERKEBAY'a ve oğlum Uygur ERKEBAY'a da sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Şebnem ERKEBAY
Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum “Trabzon Ve Rize İllerinde Derin Deniz Deşarj Sistemleri İle Boşaltılan Atıkların Zamansal-Mekansal Değişimleri Ve evreye Etkileri.” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ercan KÖSE ‘nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/01/2012

(İmza)

şebnem ERKEBAY

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Karadeniz'in Genel Özellikleri.....	2
1.2.1. Su Kütleleri ve Dikey Tabakalaşma	3
1.3. Mevcut Çalışmalar.....	4
1.4. Atıksu Özellikleri	6
1.4.1. Atıksu Karakterizasyonunda Bazı Parametreler ve Etkileri	7
1.4.1.1. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ).....	7
1.4.1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	8
1.4.1.3. Fosfor.....	8
1.4.1.4. Askıda Katı Madde (AKM).....	8
1.5. Atık Suların Denize Deşarj Uygulamaları.....	8
1.5.1. Deşarj Öncesi Atık Su Arıtımı	9
1.5.1.1. Mekanik Arıtma.....	10
1.5.1.2. Biyolojik Arıtma.....	10
1.5.1.3. Fiziksel Arıtma	10
1.5.1.4. Kimyasal Arıtma	11
1.5.2. Deşarj Öncesi Yapılan Çalışmalar.....	11
1.5.2.1. Atık	11
1.5.2.2. Deşarj Yeri.....	12
1.5.2.3. Su Kalitesi Standartları.....	12
1.5.3. Atık Suların Yayılması ve Seyrelmesi.....	13

1.5.4	Çoklu Difüzörün Hidrolik Tasarımı	19
1.6.	Modelleme Kavramı ve Sınıflandırılması	21
1.6.1	Seyrelme Modelleri	22
1.7.	CORMIX Modelleri	23
1.8.	CORMIX2	26
1.8.1	CORMIX2'nin Yapısı	27
1.8.1.1.	Ortam Koşulları	29
1.8.1.2.	Ortam Akımları	29
1.8.1.3.	Tabakalaşma Etkileri	30
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	32
2.1.	Verilerin Eldesi.....	33
2.1.1.	İstasyonların Belirlenmesi	33
2.1.2.	Alanda Yapılan Çalışmalar.....	35
2.1.3.	Çevre ve Deşarj Verileri	35
2.1.3.1.	Difüzör ve Deşarj Borusu Özellikleri.....	35
2.1.3.2.	Debi	37
2.2.	Model Denemeleri	37
3.	BULGULAR	38
3.1.	Modelde Kullanılan Veriler.....	38
3.2.	Yapılan Analizlerden Elde Edilen Sonuçlar.....	38
3.2.1.	Söğütlü.....	38
3.2.2.	Değirmendere	41
3.2.3.	Rize.....	43
3.3.	Sahada Yapılan Ölçümlerden Elde Edilen Sonuçlar	45
3.4.	CORMIX 2 ile Elde Edilen Sonuçlar	57
3.5.	Farklı Değerler İçin CORMIX Denemeleri.....	59
4.	İRDELEME	64
5.	SONUÇLAR.....	68
6.	ÖNERİLER	70
7.	KAYNAKLAR	71
8.	EKLER	75
	ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

TRABZON VE RİZE İLLERİNDE DERİN DENİZ DEŞARJ SİSTEMLERİ İLE
BOŞALTILAN ATIKLARIN DAĞILIMI VE MODELLENMESİ

Şebnem ERKEBAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ercan KÖSE
2012, 74 Sayfa, 24 Sayfa Ek

Bu çalışma Trabzon ve Rize illerinde evsel atık suların deşarjı amacıyla kurulan ve çalışma sırasında aktif olan derin deniz deşarj hatlarında gerçekleştirilmiştir. Bu hatlarda ortam verileri ve model sonuçları incelenmiştir.

Ekim 2004, Şubat, Nisan, Ekim 2005 tarihlerinde çıkılan seferlerde hem ortam verileri ölçülmüş hem de alınan su numunelerinde pH, askıda katı madde, nitrat ve fosfat değerlerine bakılmıştır.

EPA (Environmental Protection Agency) tarafından çevresel amaçlı olarak geliştirilen CORMIX adlı program bu çalışma için kullanılmıştır.

Değirmendere derin deniz deşarj hatında yapılan ölçümlerde özellikle kıyı bölgelerde Değirmendere'nin taşıdığı yükten dolayı fosfat değeri yüksek çıkmıştır. Rize'de de tarım arazilerinin fazla olması ve eğimden dolayı yine kıyı bölgelerde fosfat değeri yüksek tespit edilmiştir. Söğütlü'de ise değerler normal seviyede bulunmuştur.

İşler durumdaki Değirmendere, Söğütlü ve Rize derin deniz deşarj hatlarında atığın zarar verici ölçüde kıyıya ulaşmadığı görülmüştür. Ancak bu sistemlerin inşası sırasında ortama farklı kaynaklardan da kirletici girdisi olabileceği unutulmamalıdır. Tesis inşa edilirken bu durum göz önüne alınarak modellerden faydalanılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: CORMIX, Derin Deniz Deşarjı, Su Kalitesi, Kirletici Yayılımı

PhD. Thesis

SUMMARY

DEEP SEA DISCHARGE SYSTEMS EFFLUENT DISTRIBUTION AND MODELLING
IN TRABZON AND RİZE PROVINCES

Şebnem ERKEBAY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Fisheries Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Ercan KÖSE
2012, 74 Pages, 24 Pages Appendix

This study was performed in the Trabzon and Rize deep sea discharge lines which established for domestic waste discharge and lines were active during this study. Real ground data and model results were examined in this lines.

Real ground data and ambient water samples for pH, suspended, solids, nitrate and phosphate values were evaluated for October 2004, February, April, October 2005 expeditions.

Developed by EPA (Environmental Protection Agency) as environmentally-purpose program called CORMIX was used for this study.

Measurements of phosphate especially in the deep sea discharge line in Değirmendere were high due to Değirmendere's pollutant overload. In Rize due to high proportion of agricultural land and slope, phosphate values have been measured high in coastal areas. The values were found normal levels in Söğütlü. Değirmendere, Söğütlü and Rize deep sea discharge line's effluents were not reached coastal line in damaging extent. However, during the construction of theses systems, possible entry of pollutants from differnt sources must be taken to consideration. While building discharge lines this situation must be taken into account and models must be utilized.

Key Words: CORMIX, Deep Sea Discharge, Water Quality, Pollutant Dispertion

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Üç farklı tip difüzörün karşılaştırılması (Seo vd., 2004).....	5
Şekil 2. Deniz deşarj sistemlerinde meydana gelecek ilk seyrelmenin şematik görünümü.	14
Şekil 3. CORMIX programının genel özellikleri (Doneker, 2008).....	24
Şekil 4. CORMIX giriş sayfasının genel görünümü.	25
Şekil 5. CORMIX2'nin sistem elementleri (Akar ve Jirka, 1990).	28
Şekil 6. Dikdörtgen kesitli ortamda çoklu difüzör deşarj geometrisi için diagram tanımı (Akar ve Jirka, 1990).....	30
Şekil 7. Temsili CORMIX2 yoğunluk profilleri (Akar ve Jirka, 1990).	31
Şekil 8. Çalışma sırasında ölçüm yapılan ve örnek alınan Söğütlü ve Değirmendere istasyonlarının görünümü.	34
Şekil 9. Çalışma sırasında ölçüm yapılan ve örnek alınan Rize istasyonlarının görünümü.	34
Şekil 10. Trabzon derin deniz deşarj hattı oluşturulurken (URL-6,2010).....	36
Şekil 11. Deşarj borularına eklenen difüzörler (Coşer, 2001).....	36
Şekil 12. Söğütlü için elde edilen fosfat değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.....	40
Şekil 13. Değirmendere için elde edilen fosfat değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	43
Şekil 14. Rize için elde edilen fosfat değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.....	45
Şekil 15. Söğütlü için elde edilen seki diski derinliklerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	46
Şekil 16. Değirmendere için elde edilen seki diski derinliklerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	46
Şekil 17. Rize için elde edilen seki diski derinliklerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	47
Şekil 18. Söğütlü için elde edilen bulanıklık değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	48
Şekil 19. Değirmendere için elde edilen bulanıklık değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	49
Şekil 20. Rize için elde edilen bulanıklık değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik.	50
Şekil 21. Söğütlü Ekim 2004 seferi için derinlik ve kıyıdan mesafe ile sigma-t değişimi... 50	50

Şekil 22. Söğütlü Şubat 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi. .	51
Şekil 23. Söğütlü Nisan 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	52
Şekil 24. Söğütlü Ekim 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi..	52
Şekil 25. Değirmendere Ekim 2004 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	53
Şekil 26. Değirmendere Şubat 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	54
Şekil 27. Değirmendere Nisan 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	54
Şekil 28. Değirmendere Ekim 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	55
Şekil 29. Rize Şubat 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	55
Şekil 30. Rize Nisan 2005 seferi için derinlik ve kıyıda mesafe ile sigma-t değişimi.	56
Şekil 31. Söğütlü için CORMIX'in verdiği atığın yayılımı ve konsantrasyonunun üç boyutlu görünümü.	57
Şekil 32. Değirmendere için CORMIX'in verdiği atığın yayılımı ve konsantrasyonunun üç boyutlu görünümü.	58
Şekil 33. Rize için CORMIX'in verdiği atığın yayılımı ve konsantrasyonunun üç boyutlu görünümü.....	59
Şekil 34. Söğütlü için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon dağılımı.....	60
Şekil 35. Söğütlü için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi.	60
Şekil 36. Değirmendere için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi.	61
Şekil 37. Değirmendere için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi.	62
Şekil 38. Rize için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon sonuçları.	62
Şekil 39. Rize için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi.	63

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atık suların özellikleri	13
Tablo 2. Örnekleme yapılan istasyon kodları ve koordinatları	33
Tablo 3. Değirmendere ve Söğütlü için boru ve difüzör ölçüleri	35
Tablo 4. Değirmendere ve Söğütlü deşarj hattı için yıllara göre debi tahminleri	37
Tablo 5. Söğütlü, Değirmendere ve Rize için model tasarımında kullanılan veriler	38
Tablo 6. Söğütlü seferlerinden elde edilen pH ve askıda katı madde değerleri	39
Tablo 7. Değirmendere seferlerinden elde edilen pH ve askıda katı madde değerleri....	41
Tablo 8. Rize seferlerinden elde edilen pH ve askıda katı madde değerleri	43

SEMBOLLER DİZİNİ

a	Delik alanı
b	Yüzdürme akısı
b'	Plum yarıçapı
C	Atığın konsantrasyonu
C _a	Ortam akışkanında ortamın yoğunluğu
C _D	Deşarj katsayısı
C ₀	Deşarjda atığın kütle korunumu
D	Difüzör delik çapı
d _r	d _m /d _p modelin boru çapı/prototipin boru çapı
E	Delikteki toplam basınç farkı
erf(x)	X'in hata fonksiyonu
Fr	Froude sayısı
g _r '	g _m '/g _p ' modelin etkili yerçekimi ivmesi/prototipin etkili yerçekimi ivmesi
h	Atık su tarlası kalınlığı
k	Kirleticinin giderilme hızı
L	Delikler arasındaki mesafe
L _Q	Deşarj uzunluk ölçeği
M	Momentum akısı
P	Tutsaklanmayı belirleyici faktör
ρ	Atık suyun özgül ağırlığı
ρ _s	Deniz suyunun özgül ağırlığı
Q	Debi
Q _{min}	Minimum debi
Q _{max}	Maksimum debi
Q _{ort}	Ortalama debi
q	Yerçekimi ivmesi
RMZ	Düzenleyici karışım zonu
S ₁	İlk seyrelme
S ₂	İkinci seyrelme
S ₃	Üçüncü seyrelme

S_T	Toplam seyrelme
S_0	Jet başlangıcındaki seyrelme
S_m	Eksenel seyrelme
T_{90}	Başlangıç bakteri konsantrasyonunun %90'ının yok olması için gereken süre
t	Taşınma müddeti
U	Akış hızı
U_{or}	U_{om}/U_{op} Modelin atık hızı/Prototipin atık hızı
V	Borudaki delik hizasındaki kesitte akış hızı
x	Taşınma mesafesi
y	Düfüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe
Z	Delikler arası derinlik farkı
γ	Akışa bağlı açı
σ_o	Dikey deşarj açısı
θ	Deşarj açısı
θ_0	Düşey deşarj açısı
ε	Türbülanslı difüzyon katsayısı

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Artan nüfus, endüstriyel ve evsel atıklar, zirai bölgelerden gelen akarsuların getirdiği tarımsal mücadele ilaçları ve diğer kimyasal atıklar denizlerimizdeki kirliliği arttırıcı önemli faktörlerdir. En önemlisi de çeşitli yollarla kıyılara ulaşan kirleticilerin buralarda birikebilmeleridir. Bu durum, deniz suyunda oksijen azalımı, ileri durumlarda denizlerde yaşayan canlılarda zehirlenme belirtileri, doğrudan veya dolaylı olarak da insan sağlığının bozulması, denizlerimizin kullanım olanakları ve alanlarının azalması ve balıkçılık dahil diğer kullanımlar açısından deniz suyu kalitesinin olumsuz etkilenmesi gibi sonuçlar doğurmaktadır (Arınç vd., 2002).

Kırsal ve kentsel yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atıklar, yüzey ve yer altı su kaynaklarını önemli derecede kirletmektedir. Evlerin temizliğinde kullanılan temizleyiciler, dezenfekte maddeleri, parlaticılar, sabun, deterjan, bahçe bakımında kullanılan gübreler, havuz bakım kimyasalları önemli yerleşim yeri kirleticileridir (Çınar, 2008).

Son yıllarda özellikle fabrikalardan bırakılan endüstriyel atıklar ve evsel atıkların uzaklaştırılmasında derin deniz deşarj sistemleri kullanılmaktadır. Açık denizler sahip oldukları yüksek özümleme kapasitesi nedeniyle atık suların ileri derecede arıtımına gerek olmadan deşarjına olanak vermektedir. Bunun yanında denizel ortamdaki ekolojik yapı değişikliklerinin asgari düzeyde tutulması ve deniz tabanında çökmelerin meydana gelmemesi için deşarj edilecek atık suyun içerdiği kirleticilerin, akıntı ve diğer etkenlerle deşarj alanından uzak mesafelere taşınacağı, ayrıntılı mühendislik çalışmaları ile kanıtlanmalıdır. Bu nedenle derin deniz deşarjı sistemleri, sahil yerleşimlerinin gerek ham atıksu gerekse kısmen veya tam arıtılmış atık suların uzaklaştırılması için her zaman gündemde kalacak bir seçenektir. Ancak, kapalı denizler, körfezler, koylar için daha da dikkatli olunarak arıtma sistemlerinin kurulması şarttır (Dölgen ve Alparıslan, 1997).

Bu sistemlerin teknik açıdan çok fazla masraf edilerek inşa edilmelerine karşın hazırlık aşamasında yapılan çevresel etki değerlendirmesine yönelik çalışmalar oldukça yetersizdir. Bunun sebebi daha çok çevreye olan duyarsızlık ve yapılacak masrafin

gereksizliğinin düşünülmesidir. Yani çevreyi koruma amaçlı yapılan bu sistemler tam tersine çevreye zarar verici hale gelebilmektedir. Bu durumu önlemek için sahada yapılacak çevresel ölçümler kullanılarak modelleme yapılmalı, zamansal ve maddi anlamda ön çalışmalar cazip hale getirilmelidir. Uygun şartları sağlayan yerler ve konumlar tespit edilerek tesisler buralara uygun şekillerde inşa edilmelidir.

Bu çalışmanın amacı, bir proje kapsamında yapılmış ve halen işler durumda bulunan atık su deşarj sistemlerinden elde ettiğimiz bazı çevresel parametreler ile bir seyrelme modeli olan CORMIX'i çalıştırarak elde edilen atığın yayılma profilini karşılaştırmak. Bunu çeşitli olasılıkları deneyerek pekiştirmek. Gelecekteki projelerde model kullanımına yol gösterici nitelikte sonuçlara ulaşmaktır.

1.2. Karadeniz'in Genel Özellikleri

Karadeniz 40°-46° N enlemleri ile 27°-41° E boylamları arasında bulunan yarı kapalı bir iç denizdir. Dünya denizleriyle bağlantısı Türk Boğazlar Sistemi ile sağlanır. Bu kısıtlı su değişimi, sadece yüzeyden 150 m derinliğe kadar oksijen içeren, daha derinde ise hidrojen sülfür bulunduran neredeyse oksijensiz bir ortamın oluşumuna neden olur. Yüzey alanı $4,2 \times 10^5$ km², hacmi $5,3 \times 10^5$ km³ olan Karadeniz, dünyanın en büyük anoksik havzasıdır. Derin düz tabanı (<2000 m) toplam alanın %60'ından fazlasını kapsar. En derin yeri yaklaşık 2300 m olup, ortalama derinliği 1240 m'dir.

Kıyı topografyası kıyıya paralel, yaklaşık 20 km eninde bir kuşak boyunca oldukça belirgin değişimler gösterir. Dinyeper, Dinyester ve Tuna gibi büyük nehirlerin denize döküldüğü Kuzeybatı Karadeniz bölgesinde geniş bir kıta sahanlığı vardır. Geniş kuzeybatı sahanlığı yaklaşık 100 m derinliğe kadar Kırım Yarımadası ile Karadeniz'in batı kıyısı arasında yer alır ve batı-güneybatı kıyıları boyunca güneye uzanır. Süreklilik gösteren bu düz kıta sahanlığının eni güneye doğru uzanır ve derinliği 100 m den birden 1500 m'ye indiği Sakarya Kanyonu'nda sonlanır. Güney kıyılarında Sakarya, Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinin boşaldığı bölgelerde küçük ölçekli yöresel kıta sahanlıkları bulunur (Bat vd., 2007).

Karadeniz, tuzluluğu az olan bir denizdir. Tuzluluk kıyılara akarsuların boşalttığı su miktarına bağlı olarak değişir. Tuna Irmağı ağzında ‰12, Sakarya Irmağı ağzında ‰17, Yeşilirmak ve Kızılırmak ağzlarında ‰15-16 civarındadır. Orta kısımlarda ise tuzluluk ‰18 kadardır. 200 m derinlikten sonra tuzluluk ‰22 civarına yükselir ve dibe kadar az bir

artışla %22.5'e çıkar. Yüzey sularındaki tuzluluk değişimlerine ve tuzluluğun azlığına karşın derine inildikçe tuzluluk oranı sabit kalmakta ve iki su kütlesi arasında karışma olmaktadır (Erkebay, 2002).

Karadeniz'in güney, Türkiye kıyılarında Karadeniz'e dökülen antropojenik (insan kökenli) kökenli, arıtılmamış kentsel ve sanayi atıklarının bazı metal içerikleri oldukça yüksektir. Nitekim batıda Zonguldak civarındaki Neyren ve Kilimli ile doğuda Rize-Trabzon civarındaki Tabakhane ve Zafir derelerinin 1200 ton/yıl Zn taşıdıkları bilinmektedir. Bazı güneydoğu Karadeniz (Rize ve Perşembe) kıyı sedimentlerinde normal seviyelerin üzerinde Cu (95 ppm), Zn (267 ppm) ve Pb (31 ppm) miktarları tespit edilmiştir. Bunlar kısmen antropojenik girdilere bağlanmıştır (Güven ve Öztürk, 2005).

1.2.1. Su Kütleleri ve Dikey Tabakalaşma

Tatlı su kaynaklarından olan su girdisinin buharlaşma yolu ile olan su kaybından daha yüksek olduğu Karadeniz, pozitif bir su dengesine sahiptir. Su dengesi yaklaşık olarak; Yağış için $\sim 300 \text{ km}^3/\text{yıl}$, tatlı su girdisi için $\sim 350 \text{ km}^3/\text{yıl}$, ve yüzeyden buharlaşma için $\sim 350 \text{ km}^3/\text{yıl}$ olarak verilebilir.

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 olması sebebiyle oluşmuştur. Derinlerdeki tuzlu sular ise Akdeniz etkisini yansıtır. Tuzluluk tabakalaşmasının konveksiyonu sınırlayıcı etkisi nedeniyle tuzluluk ara yüzeyi "haloklin" ile yoğunluk ara yüzeyi "piknoklin" yaklaşık 100-200 m derinlik aralığında yer alır ve $8 \text{ }^\circ\text{C}$ sınır izotermi ile belirlenen soğuk ara tabaka suların alt sınırı ile çakışır. Benzer mekanizmalarla gerçekleşen çeşitli özelliklerin dikey değişimi sonucunda oksijen ara yüzeyi "oksiklin" ve kimyasal ara yüzey "kemoklin" de aynı derinliklerde yer alır. Kimyasal tabakalaşmanın, suboksik bölge (oksik ve anoksik bölgeler arasında bir geçiş) ve partikül tabakaları gibi daha ince ayrıntıları bulunmaktadır (Kıdeyş vd., 2000).

500 m altındaki derin suları temelde durağandır. Yerel kararsızlıkların ince yapılar oluşturabileceği sınırlara yakın bölgeler dışında, özelliklerde çok büyük değişimler gözlenmez. 1700 m'lik bir derinliğin altında deniz tabanından kaynaklanan jeotermal ısınmanın sürücü gücü ile oluşan ve $\sim 400 \text{ m}$ kalınlığında olan bir taban konveksiyon tabakası mevcuttur (Bat vd., 2007).

1.3. Mevcut Çalışmalar

2001 yılında Doneker ve Jirka Cornell Karışım Zonu Uzman Sistemi (CORMIX) ve kullanımı konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada CORMIX'in düzenleyici karışım zonu içerisinde su kalite kriteri analizi için dizayn edildiği ortaya konmuştur. Karışım zonlarına CORMIX yaklaşımını incelemiş ve sınır etkileşimini test etmiştir. Sınır etkileşimi, yakın alandan uzak alan karışımına geçişi tanımlar. Ayrıca çalışmada karışım zonu analizleri sonucu çıkış ağız dizaynı için CORMIX-GI sistemlerinin yaklaşımı da analiz edilmiştir. Sonuçta CORMIX'in karışım süreci ve atık deşarjı konusunda kullanıcı için dikkate değer ve bilinebilirliği artırıcı şekilde eğitim aracı olarak tasarlandığı belirtilmiştir. Ayrıca kullanımı sırasında çok iyi anlaşılıp sonuçları iyi değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Doneker ve Jirka, 2001).

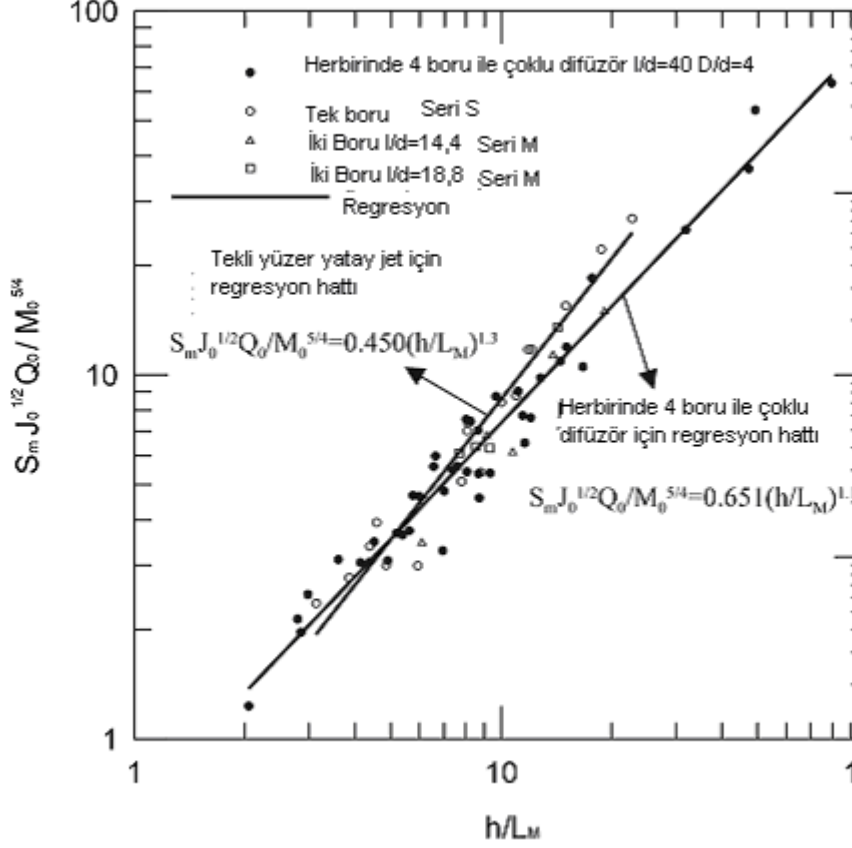
2004 yılında ortak yapılan başka bir çalışma yayınlanmıştır. Deniz deşarj modellerinin geçerliliği için yeni deneysel teknikler üzerine olan bu çalışmada RSB, UM3 ve CORMIX gibi denizel ortamdaki karışım zonlarını matematiksel modellenmesinde kullanılan yöntemler test edilmiştir (Roberts ve Tian, 2004).

2004 yılında yayınlanan çalışmada sediment yoğunluk akıntılarında kirletici taşınımı ve karışım zonu simulasyonu üzerinde çalışmışlardır. Askıda katı madde konsantrasyonunun su kolonundaki tahmininin özellikle endüstriyel atıklar için önemini belirtmişlerdir. Çalışmada çöken maddelerin bir kaynaktan sürekli deşarjının askıda sediment yükleri açısından su kalite parametrelerini belirleyici olduğu belirtilmiştir. Yaptıkları alan çalışmalarını laboratuvar verileri ile karşılaştırmışlar, model sonuçları, uygun alan ve laboratuvar verileri ile iyi şekilde uyum gösterdiği sonucuna varmışlardır (Doneker vd., 2004).

2010 yılındaki bir çalışmada ise CORMIX 1, PLUMAC 2.2 ve PHOENICS karşılaştırması yapmışlardır. Yaptıkları karşılaştırma sonucunda CORMIX 1 ve PLUMAC 2.2 uzman sistemleri termal plum davranışının derecesinde yakın bulunmuştur. Alınan sonuçlarla çizilen grafiklerde bu iki uzman sistemin oluşturduğu eğrilerin her durumda makul oranda benzeştiğini görmüşlerdir. Ancak PHOENICS aynı standardı sağlamadığı ve farklı eğriler oluşturacak şekilde sonuçlar verdiği görülmüştür (Pinheiro ve Ortiz, 2010).

Seo, Kwon ve Yeo 2004 yılında yaptıkları çalışmada Kore'de çok yaygın olan nispeten sığ sularda çoklu tipte difüzör üzerinde her yükseltide 4 borudan deşarj edilen batır jetlerin birleşim davranışlarını incelemişlerdir. Tekli yüzer yatay jet, iki birleşmiş jet

ve çoklu tipte difüzörlerin sıg suda yüzeydeki minimum seyrelmelerini karşılaştıran Şekil 1'deki grafiği hazırlamışlardır.



Şekil 1. Üç farklı tip difüzörün karşılaştırılması (Seo vd., 2004)

Yüzey jetler, 20 m uzunluğunda, 4,9 m genişliğinde ve 0,9 m derinlikte suni kanalda denenmiştir. Difüzörün modeli, Kore'de denizel ortama evsel atık deşarjı durumunu ve çoklu tipte difüzörlerin geometrisinin tipik karakteristikleri yansıtılarak imal edilmiştir. Model ve prototip arasındaki ilişki formül 1'de görülen densimetrik Froude benzerlik kanunu ile saptanmıştır (Seo vd., 2004).

$$F_{jr} = \frac{U_{or}}{(g_r' d_r)^{1/2}} \approx 1 \quad (1)$$

2007 yılında deniz suyundan tatlısu elde eden tesisleri inceleyerek bu tesislerden kıyısız sulara bırakılan konsantre edilmiş tuzlu suyun deşarjı ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Ortama bırakılan bu konsantre tuzlu suyun, özellikle modern ve büyük kapasiteli tesislerde, denizel ortama minimize edilmiş zararlı etkiyi sağlamak için yüksek oranda seyrelmeyi sağlayacak dip deşarjlarının gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bunun için CORMIX, CorJet ve özel bir versiyon olan DCORMIX'den yararlanmışlardır. CorJet modelinin, sadece diğer karışım yöntemlerinde değil ayrıca dip yoğunluk akışlarının formasyonu gibi, sınır etkileşimleri, uzak alan karışımlarının değişimleri ve yüzebilir jetlerde tahminine izin veren CORMIX uzman sistemi içerisinde kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca özel bir versiyon olan DCORMIX'in tuz giderme tesislerinden tuzlusu deşarjı ya da azalarak yayılan yoğunluk akıntısının dinamiklerini içeren sediment akıntıları için yakın ve orta alandaki tüm çevresel etki için kullanılabilirliğini anlatmışlardır (Bleninger ve Jirka, 2008).

Jones ve arkadaşları 2007 yılında denize deşarjı yüzebilir yüzey deşarjlarının akış sınıflandırması ve tahmin metodolojisini temel alarak incelemişlerdir. Yüzer şekilde yüzeyden yapılan deşarjı bir akarsuyun göl ya da denize dökülmesi gibi değerlendirmişlerdir. Bu tür deşarjlarda akış sonucunun kalitatif ve kantitatif tanımlarına etkili ve güvenilir koruma teknikleri geliştirmek için ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Tahmin yöntemi olarak CORMIX'in yüzeyden yapılan deşarjlar için olan CORMIX3 modeli kullanılmıştır (Jones vd., 2007).

2003 'deki bir diğer çalışmada farklı alanlara deşarj edilen batmaz ya da batan kıyısız bölge atık sularının yakın alan seyrelmesini incelemişlerdir. San Francisco Yarımadası'nın batı tarafında Pasifik Okyanusuna atık suyun deşarjı için dizayn edilen çoklu difüzörlerle çalışılmış. Atık su seyrelmesinin tahmini ve analizler için CORMIX 2 ve integral model olan VISJET programları laboratuvar deneylerinin simulasyonunda kullanıldı. Elde edilen sonuçlar tabakalandırılmamış durumda laboratuvar girdisinden elde edilen seyrelme ile CORMIX 2 ve VISJET modelleri nispeten iyi uyuma göstermiş (Shahidi ve Azimi, 2003).

1.4. Atıksız Özellikleri

Kirletici kaynaklar noktasal kaynaklar ve yayılı kaynaklar olarak isimlendirilirler. Bir kaynaktan herhangi bir ortama kirlilik; kontrol edilebilir, ölçülebilir nokta deşarjı ile

karşıyorsa bu tür kaynaklar noktasal kaynak, eğer kirlilik ortama yayılı olarak karşıyorsa yayılı kaynak olarak adlandırılır. Noktasal kaynaklardan gelen kirleticiler, evsel atık su deşarjları ve endüstriyel atık su deşarjlarıdır. Yayılı kaynaktan gelen bazı kirleticiler ise yağış suları ile taşınanlar, atmosferden suya ve toprağa karışan kirleticiler, kirlenmiş dere ve nehirlerin denizlere boşalması ile gelen kirleticilerdir (Orhon, vd., 2002).

Atık sularda bulunan başlıca organik bileşikler, proteinler, karbonhidratlar, yağlar, petrol atıkları ve üredir. Bunların yanında deterjanlar, fenoller ve zirai ilaçlar (pestisitler), gübreler gibi çeşitli sentetik organik maddeler de atık suların bünyesinde yer almaktadır. Orta kirlilikte bir atık suda, askıda katı maddelerin yaklaşık %75'i ve filtre edilebilen katı maddelerin yaklaşık %40'ı organik karakterdedir.

Evsel atık sular, iklimsel şartları, insanların yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar atık su özelliğini önemli ölçüde etkiler (URL-1, 2009). Yurdumuzda kişi başına temizlik maddesi tüketimi 7,0-7,5 kg/yıl civarında iken (3,5 kg/yıl deterjan ve 3,5-4,0 kg/yıl sabun), Avrupa ülkelerinde tüketim 20-25 kg/yıl (sabun+deterjan) olup bu kullanımın yaklaşık olarak %70'i deterjan, %30'u sabun şeklindedir. (Egemen, 2000)

Kullanılan hammaddeler ve uygulanan yöntemlerin farklılığı diğer birçok faktörle birlikte çıkan atık suyun yapısında farklılıklar oluşturmaktadır. Hem debide hem de içeriğinde geniş çaplı dalgalanmalar görülür. Bu sebeple belli değerlere ulaşmak için en iyi yol deneysel verilerin istatistiksel analizi yolu ile elde edilen verilerden faydalanmaktır (URL-2, 2009).

1.4.1. Atıksu Karakterizasyonunda Bazı Parametreler ve Etkileri

1.4.1.1. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Aerobik koşullarda mikroorganizmaların sudaki organik maddeleri ayrıştırmaları için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır. Alıcı ortamlara verildiklerinde, evsel ve endüstriyel atıksuların tüketilecekleri çözünmüş oksijen miktarının belirlenmesiyle, kirlenme potansiyelinin ve alıcı ortamın özümleme kapasitesinin tayininde kullanılan bir parametredir. BOİ parametresi biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin toplamını gösteren kolektif bir parametredir. Arıtma sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi, alıcı ortama atıksu deşarj limitlerine uygunluğunun kontrol edilmesi ve biyolojik arıtma tesislerinin performansının ölçülmesinde kullanılmaktadır (URL-3, 2010).

1.4.1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Su örneğinin asitik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ, organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kolektif bir parametredir. BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ daima BOİ'ye eşit veya büyüktür (URL-4, 2010).

1.4.1.3. Fosfor

Fosfor doğal sularda ve atıksularda genellikle fosfat (PO_4) şeklinde bulunur. Bunlarda ortofosfatlar, kondens fosfatlar (pyro, meta ve diğer polifosfatlar) ve organik bağlı fosfatlardır. Fosfat kaynakları çeşitlidir. Bazı ortofosfatlar ve yoğunlaşmış fosfatlar arıtma sırasında su kaynaklarına geçebilir. Ancak çoğunlukla genel amaçlı kullanılmakta olan deterjanlar bu bileşiklerin kaynaklarıdır.

Fosforlar ayrıca dip sedimanları ve biyolojik çamur içerisinde de bulunabilirler. Her ikisinde de inorganik formda ve organik bileşikler içerisinde çökmüş olarak bulunur (URL-5, 2010).

1.4.1.4. Askıda Katı Madde (AKM)

Rüzgarlar, yağmur suları, erozyon ve diğer yollardan sucul ortama taşınan partikül maddelerdir. Bu partikül maddeler sucul ortamda bulanıklığa neden olurlar. Bu olay daha çok nehir, dere ve deşarjların kıyılara açıldığı bölgelerde görülür. Sucul ortama karışan bu katı partiküller hem ışığın ortamda yayılmasına engel olmakta hem de fauna ve flora bireyleri üzerine çökerek bunların fizyolojik aktivitelerinin azalmasına sebep olmaktadır (Egemen, 2000).

1.5. Atık Suların Denize Deşarj Uygulamaları

Denize kıyısı olan yerleşimler ve kıyı bölgelerinde bulunan endüstriler için, alıcı ortamda yeterli seyrelme kapasitesinin bulunduğu ayrıntılı mühendislik çalışmaları sonucunda kanıtlanması halinde, atık suların ve soğutma sularının derin deniz deşarjıyla

bertarafına izin verilir. Bu durumda evsel ve endüstriyel atık sular için alıcı ortama doğrudan deşarj için belirlenmiş olan deşarj standartları uygulanmaz. Arıtılmamış evsel nitelikli atık suların ve soğutma sularının değişim ve seyreltme potansiyeli düşük olan yarı kapalı koy ve körfezlere, coğrafi şartlar nedeniyle derin deniz deşarjı yapılması zorunlu olursa, yapılacak deşarjın alıcı ortamdaki ekolojik dengeleri bozmayacağı ve özellikle Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen maddelerin birikim yapmayacağı bir çevresel etki değerlendirme çalışması ile ispat edilirse, bu yönetmeliğin 42. maddesi uyarınca izin verilir (Resmi Gazete, 2008).

Avrupa Birliği kapsamındaki ülkelerin büyük çoğunluğunda azot ve fosfor parametreleri için halihazırda deşarj standartları bulunmaktadır. Bu parametrelerin her ikisine birden kısıtlama getirmeyen ülkelerde ise gelecekte hem azot, hem de fosfor kısıtlamalarının yasal düzenlemeler içerisine alınması planlanmaktadır (Orhon vd., 2002).

1.5.1. Deşarj Öncesi Atık Su Arıtımı

Alıcı ortam su kalitesi standartlarını sağlamak üzere atık suların deniz deşarjı öncesi arıtıma tabi tutulması gerekir. Karada ön arıtıma tabi tutulmuş atık sular özümseme kapasiteleri yüksek olduğundan denizlere ve büyük göllere deşarj edilirler. Atık su, denizde seyrelerek kirletici konsantrasyonu düşer. Atık su deşarj noktasına deniz dibine döşenmiş ya da gömülmüş boru veya kanallar vasıtasıyla ulaşır. Bu konuda iki yaklaşım söz konusudur. İlki, ön arıtmanın derecesine bağlı olarak deşarj şartlarının belirlenmesi, diğeri ise deşarj öncesi arıtmayı takiben derin deniz deşarjı yapılmasıdır (URL-1, 2009).

Birinci yaklaşımda, öngörülen su kalitesi standartlarını sağlamak üzere ön arıtmanın derecesine bağlı olarak deşarj derinliği veya deşarj hattı boyu öngörülür. Derin deniz deşarjı uygulamasında deşarj noktası kıyıdan yeterli mesafede ise, atık su deniz ortamında seyreleceğinden, BO₅ genellikle önemli bir parametre olmaz. Kıyıdan yapılan ve sığ deşarjlarda ise önemli bir seyrelme söz konusu olmadığından kıyı kesiminde halk sağlığı ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu bakımından bir risk söz konusudur. Deşarj hattı tasarımı, atık su içindeki bakteri ve virüslerin gerekli taşınma süresine imkan verilecek şekilde ve atık sudaki organik kirliliğin seyrelme yolu ile konsantrasyonunun azalacağı dikkate alınarak yapılmalıdır. Deşarj hattı uzunluğu yeterli değilse deşarj öncesi dezenfeksiyon uygulanarak sahil suyu kalite standartlarının sağlanması yoluna gidilir.

İkinci yaklaşımda ise geçerli deşarj standartları dikkate alınarak gerekli arıtım yapıldıktan sonra deşarj yapılır. Açık denizlerle bağlantısı sınırlı olan iç deniz ve kapalı körfezlere deşarj söz konusu olduğunda bu yöntem uygulanır. Bu tür sularda kirleticilerin birikimi söz konusudur. Özellikle besin elementleri (N, P) kapalı sularda ötrofikasyona neden olabileceğinden bu tür sulara deşarj söz konusu olduğunda deşarj öncesi Azot ve Fosfor giderimi gereklidir.

1.5.1.1. Mekanik Arıtım

Çok küçük yerleşim birimlerinde atık suların deşarjdan önce ızgaradan geçirilmesi önerilmektedir. Izgara sonrası kum tutucu olması deşarj terfi merkezindeki pompaların ve deşarj hattının ömrünü uzatacak ve bakım masraflarını azaltacaktır (URL-1, 2009).

1.5.1.2. Biyolojik Arıtım

Biyolojik arıtımda çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar, aktive edilmiş çamur, gazlı lagün, damlatmalı filtreler, dönen biyolojik devre açıcı (biodisk), stabilizasyon göletleri, anaerobik özümseme ve biyolojik nütrient gidermedir (E/ESCWA/SDPD, 2003).

%85-95 oranında organik karbon giderimi sağlanır. Klasik aktif çamur sistemlerinde nütrient giderimi %30-45, stabilizasyon havuzlarında ise %40-50 aralığındadır. Bu yüzden nütrient gideriminin önem taşıdığı alıcı ortamlara deşarj öncesi nütrient giderimi de uygulanmalıdır (URL-1, 2009).

1.5.1.3. Fiziksel Arıtım

Tarama, ayırma, ufalama, akış dengeleme, sedimentasyon, yüzdürme ve granüler filtrasyon şeklinde biçimlendirilir. Ayırıştırma en eski arıtma yöntemidir. Tarama ya da ayırma cihazları yüzer ya da askıda büyük materyalin yolunu kesmek için paralel barlar, çubuklar veya teller, ızgara, tel ağ, delikli plakalardan oluşabilir. Ufalama işlemi dönen ya da titreşen kesicilerle yapılabilir. Ufalamanın bir farklı tipi de barminutor olarak bilinen bir elek ve döner kesicinin kombinasyonudur (E/ESCWA/SDPD, 2003).

1.5.1.4. Kimyasal Arıtım

Çökeltme, adsorpsiyon (emme), dezenfeksiyon, klor giderme ve diğer kimyasal uygulamalar şeklinde biçimlendirir (E/ESCWA/SDPD, 2003). Kimyasal arıtma işleminde, uygun pH değerindeki atık suya kimyasal maddeler (koagülant, polielektrolit v.b.) ilave edilerek, istenen maddeler çöktürülür ve çamur halinde sudan ayrılır (URL-5, 2010).

1.5.2. Deşarj Öncesi Yapılan Çalışmalar

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2872 sayılı Çevre Kanunu ile 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri hakkındaki kanun hükümleri doğrultusunda, Ülkemizde atık yönetimi ile ilgili politika, strateji ve hedefleri belirlemek, uygulamak ve uygulanmasını sağlamakla yetkili otoritedir.

AB yolunda çağdaş bir ülke olarak atık su arıtımında temel hedef, atık suyun deşarj edildiği ortamlarda halk sağlığına ve ekolojik dengeye olabilecek menfi etkilerin en az düzeye indirilmesidir (Akten ve Akten, 2008).

1.5.2.1. Atık

Atık sular denize deşarj edilirken dikkat edilmesi gereken hususlar;

- a) Denizin estetik görünüşünü bozan yüzücü katı maddeler ve yağ-gres, deşarjdan önce atık sudan ayrılmalıdır.
- b) DDT, PCB, PCP, ağır metaller, solventler v.b. zehirli maddelerin kaynaktan ayrılması yoluna gidilmeli, hiçbir şekilde atık suya karışmasına meydan verilmemelidir.
- c) İyi projelendirilmiş ve yeterince uzun deşarj hatlarında BOI, askıda katı madde, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve besi maddeleri gibi kirlilik parametreleri fazla önem taşımamaktadır. Ancak hassas bölgelere deşarj edilen besin elementi yükü alıcı ortamda ötrofikasyona neden olabilir (URL-1, 2009).

1.5.2.2 Deşarj Yeri

Bir deşarj işleminin optimum yeri yöresel şartlara bağlıdır. İdeal olarak değişmeyen bir eğime sahip deniz tabanının uygun derinliğe ulaştığı nokta deşarj yeri olarak seçilmelidir. Yer seçiminde göz önünde bulunması gereken oşinografik unsurlar;

- 1-Akıntı
- 2-Difüzyon (yayılma) özelliği
- 3-Deniz suyunun yoğunluğu
- 4-Rüzgarlar
- 5-Deniz altı topografyası ve jeolojisi

Bu unsurlar da göz önüne alınarak ve bakteriyolojik standartlarla bakteriyel yok olma süreleri de incelenerek boru uzunluğu belirlenir. Sahilden uzakta ve farklı derinliklerde deşarj yapılması halinde başlangıç seyrelmesi, yatay yayılma seyrelmesi ve bakteriyel yok olma faktörlerinden oluşan toplam seyrelme hesaplanır ($S_1 \times S_2 \times S_3$) ve standartlara uygun asgari boru uzunluğu tayin edilir (Erkebay, 2002).

1.5.2.3 Su Kalitesi Standartları

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

Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın %90'ında, EMS (en muhtemel sayı) olarak toplam koliform seviyesi 1000 TC/100 ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 ml'den az olmalıdır.

Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.

Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atık suların özellikleri Tablo 1'de verilmektedir:

Tablo 1. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atık suların özellikleri (Resmi Gazete, 2008).

Parametre	Sınır	Açıklama
pH	6-9	
Sıcaklık °C	35	
Askıda Katı Madde (mg/l)	350	
Yağ ve Gres (mg/l)	10	
Yüzer Maddeler	Bulunmayacaktır	
BOI ₅ (mg/l)	250	
KOI (mg/l)	400	
Toplam Azot (mg/l)	40	
Toplam Fosfor (mg/l)	10	
Yüzey Aktif Maddeler (mg/l)	10	Biyolojik olarak Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı yasaktır.

1.5.3. Atık Suların Yayılması ve Seyrelmesi

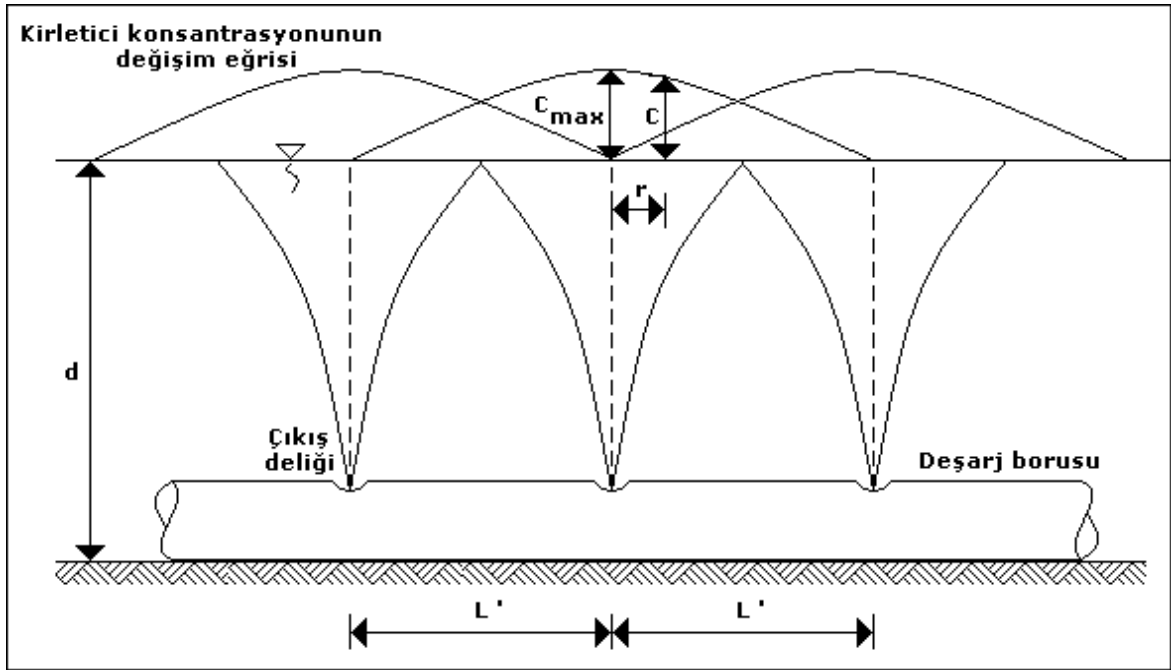
Difüzör sistemleri, denize boşaltılan belediye atık sularının bertarafı için tüm dünyada kıyı şehirlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Denize boşaltım sistemlerinin birincil hedefi hızlı başlangıç karışımını sağlamak ve çevreye atık boşaltımının zararlı etkilerini en aza indirmektir.

Atık suları boşaltan, birbirine yakın bağlantılardan oluşan borular çoklu difüzörü meydana getirir. Giderek daha önemli ve bağlayıcı olan su kalitesi kriterlerinin düzenleyiciliğinin karşılanması ve artırılmış oranda ilk seyrelmenin oluşmasının etkili yolu olarak deşarjın yüksek hızda yapılması bulunmuştur. Denize deşarjda elde edilen ilk seyrelme birincil olarak difüzör boyu, deşarj derinliği, ortam akışı ve yoğunluk tabakalaşmasına bağlıdır (Kang vd.,1999).

Etkili planlanan bir difüzörde ilk karışım yeterli derecede büyük olacağından atık suyun yayılması nedeniyle alıcı ortamda oksijen konsantrasyonunda genel olarak önemli bir azalma olmaz. Bu nedenle difüzör planlamasında çözünmüş oksijen konsantrasyonu önemli bir parametre değildir. Bunun yerine bakteri sayısı, yüzücü maddeler, besin maddeleri ve zehirli maddeler için konulmuş standartlara göre boyutlandırma yapılır.

Denize yapılacak deşarjlarda atık suyun içerdiği kirleticiler 3 aşamalı seyrelmeye tabi tutulurlar. Bunlar:

1. Başlangıç seyrelmesi, çok sayıda orifisi bulunan difüzörden atık su deşarj edildiği zaman su jetinin hızı, atık maddelerin çevredeki sularla türbülanslı olarak karışmasına neden olur. Atık suyun yoğunluğu, deniz suyundan daha düşük olduğundan, su jeti yukarıya doğru bükülür. Karışım sonucu deniz suyuyla eşit yoğunluğa ulaşınca kadar yüzeye doğru hareket eder. Denizde tabakalaşma varsa veya sıcak bir su kütlesi, daha soğuk bir su tabakasının üzerine oturmuş bulunuyorsa, atık suyun soğuksu ile yeterli derecede seyrelmesi mümkündür. İlk seyrelmenin şematik görünümü Şekil 2’de verilmiştir (Topkaya,1997).



Şekil 2. Deniz deşarjı sistemlerinde meydana gelecek ilk seyrelmenin şematik görünümü. (Topkaya, 1997)

İlk seyrelme hesaplanırken öncelikle Froude sayısı bulunmalıdır.

$$Fr = U_0(g.D)^{1/2} \quad (2)$$

Formüllerde kullanılan (m) indisi jet eksenindeki, (o) indisi jet başlangıcındaki, (a) indisi ise deniz suyuna ait büyüklükleri ifade eder.

Atık su jetleri arasında girişim olmaması durumunda (nokta kaynak), difüzör deliklerinden çıkan atık su jetleri arasında girişim olmaması için delikler arasındaki mesafe (L), atık su su tarlasının yüzeyde teşekkül etmesi halinde ;

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

batmış tarla halinde ise;

$$L > 1/3 y_{\max} \quad (4)$$

olmalıdır.

Durgun ve üniform yoğunluklu ortamlarda dairesel jetteki aksel seyrelmenin hesabı,

$$S_m = f(y/D, F, \Theta) \quad (5)$$

ifadesi analitik olarak çözülmek suretiyle yapılmıştır.

Difüzörün delik kesitine göre rölatif aksel seyrelmeyi bulmak için Froude sayısı (F) %7 arttırılarak

$$Fr' = 1,07.Fr \quad (6)$$

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

$$S_0 = 2S_m \quad (7)$$

Yaygın olarak kullanılan formül;

$$y/D < 0,89 Fr \quad (8)$$

$$S_m = 0,54 Fr.y^{0,44} \quad (9)$$

Çizgisel kaynak olması durumunda ilk seyrelme hesaplanırken, 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 durumda;

$$(y/B).Fr^{4/5} > 20 \quad (10)$$

için yatay dairesel jetlerdeki aksenel seyrelme;

$$S_m = 0,38.(y/B).Fr^{-2/3} \quad (11)$$

veya

$$S_m = 0,38.g^{1/3}.q^{-2/3}.y \quad (12)$$

$$B = (\Pi.D^2)/(4.L) \quad (13)$$

Ortalama seyrelme;

$$S_o = \sqrt{2S_m} \quad (14)$$

(URL-1, 2009).

2. Dispersiyondan ileri gelen seyrelme, ilk seyrelmeden sonra atık su-deniz suyu karışımı dip akıntılarının hakim yönünde, akıntı hızına bağlı olarak hareket eder. Bu hareket sırasında atık su tarlasının dış kenarı türbülanslı karışım nedeniyle deniz suyuna biner ve atık su tarlası seyrelerek dışarıya doğru yayılır. Bu ikinci seyrelme (S2) difüzörün uzunluğuna dip akıntısının hızına ve sahile olan uzaklığa bağlıdır (Topkaya, 1997).

Türbülanslı bir ortamda birim alandan geçen madde akısı, Fick kanununa göre;

$$Q = \varepsilon \frac{\partial c}{\partial x} \quad (15)$$

ε simgesi türbülanslı difüzyon katsayısını temsil eder.

Yatay olarak hareket eden atıksu tarlasında korunamayan türden bir kirleticinin konsantrasyonu c ise, türbülanslı bir ortamda seyrelme;

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(U.C) + \frac{\partial}{\partial y}(V.C) + \frac{\partial}{\partial z}(W.C) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) - kc = 0 \quad (16)$$

Burada U, V, W sırası ile x, y ve z eksen doğrultusundaki zamansız ortalama hızları, ε_x , ε_y , ε_z türbülans difüzyonu katsayıları ve k kirleticinin giderilme hızı sabitini göstermektedir.

Bu difüzyon denklemi aşağıdaki kabuller altında çözülmüştür;

- (1) $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot f(L)$ veya $L = f(x)$
- (2) Düşey karışım ihmal edilebilir ($\varepsilon_z = 0$)
- (3) Akıntı yönündeki boyuna karışım ihmal edilebilir ($\varepsilon_x = 0$)
- (4) Akım kararlıdır ($\partial C / \partial t = 0$)
- (5) Koliform mikroorganizma konsantrasyonu giderimi 1. derece reaksiyona (-kc) uymaktadır.

Bu durumda denklem;

$$\frac{\partial}{\partial x}(U \cdot C) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} \right) + kc = 0 \quad (17)$$

şeklini alır.

Söz konusu dispersiyon denkleminin genel çözümü;

$$C = \phi(x, y) e^{-kx/u} \quad (18)$$

Korunamayan maddelerin zamanla azalmasını ifade eden $e^{-kx/u}$ terimi ihmal edilerek $C = \phi(x, y)$ özel çözümü elde edilebilir.

$$\varepsilon \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = U \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (19)$$

Türbülans difüzyonu katsayısının $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot f(x)$ olduğu göz önünde tutulursa;

$$\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = \frac{U}{f(x)} \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (20)$$

elde edilir. Bu son denklem için Brooks (1960) tarafından aşağıdaki çözümler verilmiştir;

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \text{ için } L/b = \left(1 + 2\beta \frac{x}{b}\right)^{1/2} \quad (21)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot L/b \text{ için } L/b = 1 + \beta \frac{x}{b} \quad (22)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot (L/b)^{4/3} \text{ için } L/b = \left(1 + 2/3\beta \frac{x}{b}\right)^{3/2} \quad (23)$$

Burada, ε_0 , $x=0$ noktasındaki türbülans difüzyon katsayısını, L x 'in belli bir değeri için atık su tarlası genişliğini, b , $x=0$ noktasındaki atık su tarlası genişliğini, β ise $\varepsilon_0/u \cdot b$ ile verilen boyutsuz bir sabiti göstermektedir. Yapılan çok sayıda deneysel çalışma sonunda başlangıçtaki türbülans difüzyonu katsayısının, $\varepsilon_0 = \eta L^{4/3}$ denklemi ile ifade edilebileceği ve Eddy difüzyonu katsayısı (η)'nin de ortalama bir değer olarak $\eta=0,01$ alınabileceği gösterilmiştir (URL-1, 2009).

Atık su tarlasının x eksenini boyunca uğrayacağı ikinci seyrelme için Brooks çözümleri aşağıdaki gibidir;

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \text{ için } S_2 = \operatorname{erf} \left\{ 3/4 \cdot \beta x / b \right\}^{-1/2} \quad (24)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot L/b \text{ için } S_2 = \operatorname{erf} \left\{ 3/2 / \left[\left(1 + \beta x / b \right)^2 - 1 \right] \right\}^{-1/2} \quad (25)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot (L/b)^{4/3} \text{ için } S_2 = \operatorname{erf} \left\{ (3/2) / \left(1 + 2/3\beta x / b \right)^3 - 1 \right\}^{-1/2} \quad (26)$$

(Yalçın ve Muhammetoğlu, 2005; Gupta vd., 2006).

3. Kirleticilerin ayrışması ve bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme; atık suların denizdeki seyrelmesinde önemli bazı faktörler, atık maddenin ayrışma ve bakterilerin ölme hızıdır. Kontrol parametresi olarak bakteri sayısı alındığında müsaade edilen değer 1000 bakteri/100 ml' dir. Bu sayı birinci ve ikinci seyrelmeler nedeniyle azalacağı gibi bakterilerin yaşama şartlarının bozulması nedeniyle de azalabilir (Topkaya, 1997).

Denize deşarj edilen atık su içerisindeki korunamayan türden maddelerin, atık su tarlasının yatay hareketi esnasında güneş ışınlarının radyasyon tesiri, tuzluluk ve çökelen maddelere tutunma gibi etkiler sonucu seyreltilir. Mikroorganizmaların su ortamındaki yok olma olayı, genel olarak aşağıdaki denklem ile ifade edilir;

$$\frac{dC}{dt} = -kC \quad (27)$$

Bu diferansiyel denklemin çözümü sonunda;

$$C_t = C_0 \cdot e^{-kt} = C_0 \cdot 10^{-kt} \quad (28)$$

k, bakteri azalma hızı katsayısı T90 parametresinin fonksiyonudur. T90 mikroorganizmaların %90'ının yok olması için geçen süredir. T90 sonunda $C_t=0,1C_0$ olacağından k için $k=1/T90$ eşitliği yazılabilir.

$$C_t = C_0 \cdot 10^{-t/T90} \quad (29)$$

$$S_3 = \frac{C_0}{C_t} = 10^{t/T90} \quad (30)$$

t: Taşınma süresi

x: Taşınma mesafesi

u: Akıntı hızı

$$t = x/u \quad (31)$$

Yukarıdaki üç ayrı seyrelme sonucu meydana gelen toplam seyrelme;

$$S_T = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (32)$$

(URL-1, 2009).

1.5.4 Çoklu Difüzörün Hidrolik Tasarımı

Çok delikli difüzörlerin tasarımında Rawn, Bowerman ve Brooks tarafından geliştirilmiş olan ve deniz deşarjı tesislerinin tasarımında yaygın olarak kullanılan hesaplama algoritması benimsenmiştir.

Delikler arası mesafe 10 delik çapından büyük olursa, tek delikten çıkan debi diğerlerinden bağımsız kabul edilmektedir. Bu durumda bir difüzör deliğinden deşarj debisi, q , aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$q = C_D \cdot a \cdot (2g \cdot E)^{1/2} \quad (33)$$

Burada C_D deşarj katsayısı, g , yerçekimi ivmesi, a delik alanı, E ise delikteki toplam basınç farkıdır.

Delikten deşarj debisi, q , difüzördeki akıştan çok küçük olunca ve delik çapı, boru çapının $1/4$ 'ünden az olunca, deşarj katsayısı, C_D , hız yüksekliğinin toplam enerjiye oranından hesaplanabilir. Buna göre:

Keskin ağızlı;

$$C_D = 0,65 - 0,58 \left[\frac{V^2}{2g \cdot E} \right] \quad (34)$$

Çan eğrisi ağızlı;

$$C_D = 0,975 \left[1 - \frac{V^2}{2g \cdot E} \right]^{0,375} \quad (35)$$

olmaktadır. Burada V , borudaki delik hizasındaki kesitte akış hızıdır.

Difüzör boyunca delikler arasında, toplam enerji farkı, Darcy-Weisbach denklemiyle bulunan sürtünme kaybı ve deniz tabanının eğimine ve atıksuyla deniz suyunun özgül ağırlıklarının farkından hesap edilen yoğunluk kaybına bağlıdır. Yoğunluk kaybı ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$\Delta E = \Delta Z \left[(\rho_s - \rho) / \rho \right] \quad (36)$$

Z delikler arası derinlik farkı ρ_s , deniz suyunun özgül ağırlığı ve ρ atık suyun özgül ağırlığıdır.

Akışın difüzör deliklerinden sürekli ve tam olması için Froude sayısı (F), 1'den büyük olmalıdır. Bu sayede deniz suyunun difüzör borusuna girmemesi sağlanır. Froude

sayısı, taban eğimiyle akan açık kanal akışlarında akışın bir karakteristiğidir. Birimsizdir. Fr sayısı 1'den küçükse kritik altı veya nehir rejiminde akış, Fr sayısı 1'den büyükse kritik üstü veya sel rejiminde akış, 1 ise kritik akış olarak adlandırılır. Difüzör uzunluğu ortalama deşarj debisinin her 1000 m³/gün'lük kısmı için 1-2 m olmalıdır. Karadeniz kıyılarında yüzey akıntıları genellikle kıyıya paralel olduğu için, difüzör akıntıya dik ve deşarj borusunun uzantısı şeklinde olacaktır (Yalım, 1992).

1.6. Modelleme Kavramı ve Sınıflandırılması

Modelleme; belirli hedeflere ulaşmak için gerçek bir sistemin simülasyonu veya performansını değerlendiren temel bilgi ve deneyimin uygulanması sürecidir.

Modeller işledikleri konu veya kullandıkları tekniklerdeki farklılıklara göre türlere ayrılabilirler. Bu ayrım, modelin amacı, uygulanacağı alan, düşünülen bir çok sayıda "boyut", prosesin tanımlanması ve seçilmiş parametrelere bağlıdır. EPA (Environmental Protection Agency) insan sağlığı ve çevreyi korumak açısından bir çok model geliştirmiştir. Bunlar hava taşınım, maruz kalma ve risk modelleri, atmosferik modeller, hava kalitesi modelleri, araç emisyonları modelleri, suda pestisit konsantrasyonlarını belirleme modelleri, ara yüzey modelleri, sadece maruz kalma modelleri, su kalitesi modelleri, su kalitesi ve havza modelleri, ekonomik yaptırım modelleridir. Bu modeller de kendi içlerinde alt kısımlara ayrılır (Özbayrak ve Bakan, 2005).

İyi bir matematiksel modelin doğruluk, uygulanabilirlik ve anlaşılabilirlik arasında uyum içinde olması gerekir. Modellerden genellikle gelecek hakkında tahminde bulunmaları beklenir. Model ne kadar karmaşık olursa uygun parametreleri tanımlamak o kadar zor olur (Snape vd.,1995).

Su kalitesi modelleri kirliliği belirleyen parametrelerin konsantrasyonlarının zamanla ve mekandaki değişimlerini matematiksel olarak ifade eden bir yapıdır. İlerleyen teknolojiyle her türlü su kaynağı için (nehir, ırmak, göl, haliç v.s.) daha ayrıntılı modeller geliştirilmeye başlanmıştır. EPA su kalitesi modellerini 4 grup altında toplamıştır. Bunlar, yer altı suyu modelleri, çoklu ortam modelleri, besin zincir modelleri ve havza modelleridir. Su kalitesi modellerine birkaç örnek vermek gerekirse, WASP yüzey suyundaki kirleticilerin taşınımı ve transferini belirler, QUAL2K bir nehir su kalitesi modelidir, AQUATOX sucul ekosistemler için benzeşim modelidir (Özbayrak ve Bakan, 2005).

Ayrıca aşağıdaki şekilde de bir sınıflandırma yapılabilir;

1. Deterministik Modeller: Daha çok atık su arıtma modellerinde kullanılır. Bütün parametreler tanımlanmıştır. Rastgele çevre değişiklikleri hesaba katılmaz ve modeldeki parametre sabit değerler verilir.
2. Stokastik Modeller: Bu modeller ısı, yağış miktarı, konsantrasyon gibi tesadüfi çevre değişikliklerini parametrelerle ifade etmek için kullanılır. Genellikle bir ortalama alınır veya tahmin edilen değer parametreye verilir. Her seferinde yeni değer girilir. Elde edilen veriler Gauss, Poison, Binomial ve Log normal dağılımlar tarafından tanımlanabilir. Daha az sıklıkta olan ve deterministik modelde tahmin edilemeyen olayları tahmin etmekte avantajlıdır. Dezavantajı ise ortalamanın yeterli derecede bilinmesine rağmen dağılımın bu derecede bilinmemesidir.
3. Sabit Durum Modeli: Matematiksel olarak basit olması nedeni ile avantajlıdır. Sonuçta elde edilen cebirsel denklemlerin analitik çözümleri kolaydır. Atık su arıtma tesislerinin çoğu sabit durum modellerinde yapılmıştır.
4. Dinamik Modeller: Bütün doğal çevre biyolojik modelleri dinamiktir. Şartlar sabit durum yaklaşımında olsa bile, değişikliklerin etkisini tahmin edebilmek için dinamiğini anlamak gerekir. Atık su arıtma tesisleri sabit durum modeline göre dizayn edilmesine rağmen modelin çalıştırılması ve sistem üzerinde karışıklık etkisini önlemek için bir dinamik model gerekir. Dinamik modeller çok komplekstir ve bazı denklemlerin analitik çözümü mümkün değildir. Ancak dijital simulasyon teknikleri son zamanlarda bu sorunu çözmüştür (Snape vd., 1995).

1.6.1 Seyrelme Modelleri

Karışım davranışı ve tek noktadan kaynak deşarjının plum dinamiklerinin değerlendirilmesi için çok çeşitli karışım zonu modelleri bulunmaktadır. EPA'nın uzmanlar tarafından test edilip incelenmiş modellerini kullanmak iyi bir tercih olacaktır. CORMIX ve PLUMES karışım zonu hesaplamalarda en yaygın kullanılan iki modeldir. PLUMES gibi deneysel modeller ilk seyrelmeyi tahmin edebilirler. CORMIX simulasyon modeli seçiminde veri odaklı yaklaşım kullanır. CORMIX ve PLUMES dinamik ekleri olmaksızın istikrarlı deşarj koşullarında yakın alan karışım zonu simulasyonunda benzer jet-integral yaklaşımlarını kullanırlar. CORMIX yakın alan tahminleri için CorJet jet-

integral modelini kullanır. PLUMES, UM3, DKHW ya da NRFIELD modellerini uygulayabilir (Burnell vd., 2008).

Bir kısım modeller, öncelikle çeşitli yöresel, bölgesel, ülkesel kurallara uygun düzenleyici koşullarla uyum içinde olduğunu göstermek için alan verilerini kullanmışlardır. Modeller, deniz gözlem sistemlerinin dizaynında yardımcı bir görev üstlenmekte ve ad değişikliğine uğratılmış deniz çıkış boru hatlarının çıkış yerleri ile dağıtım sistemlerinin dizaynında kullanılmaktadırlar. Bu amaçla geliştirilmiş modellerin üçü önceden kullanılmış olmasına ve yıllarca pek çok uygulamada kullanılmış olmalarına rağmen EPA ancak 1985 yılında ilk olarak 5 adet modele kullanım kılavuzu hazırlamıştır (Baumgartner vd.,1994).

1.7. CORMIX Modelleri

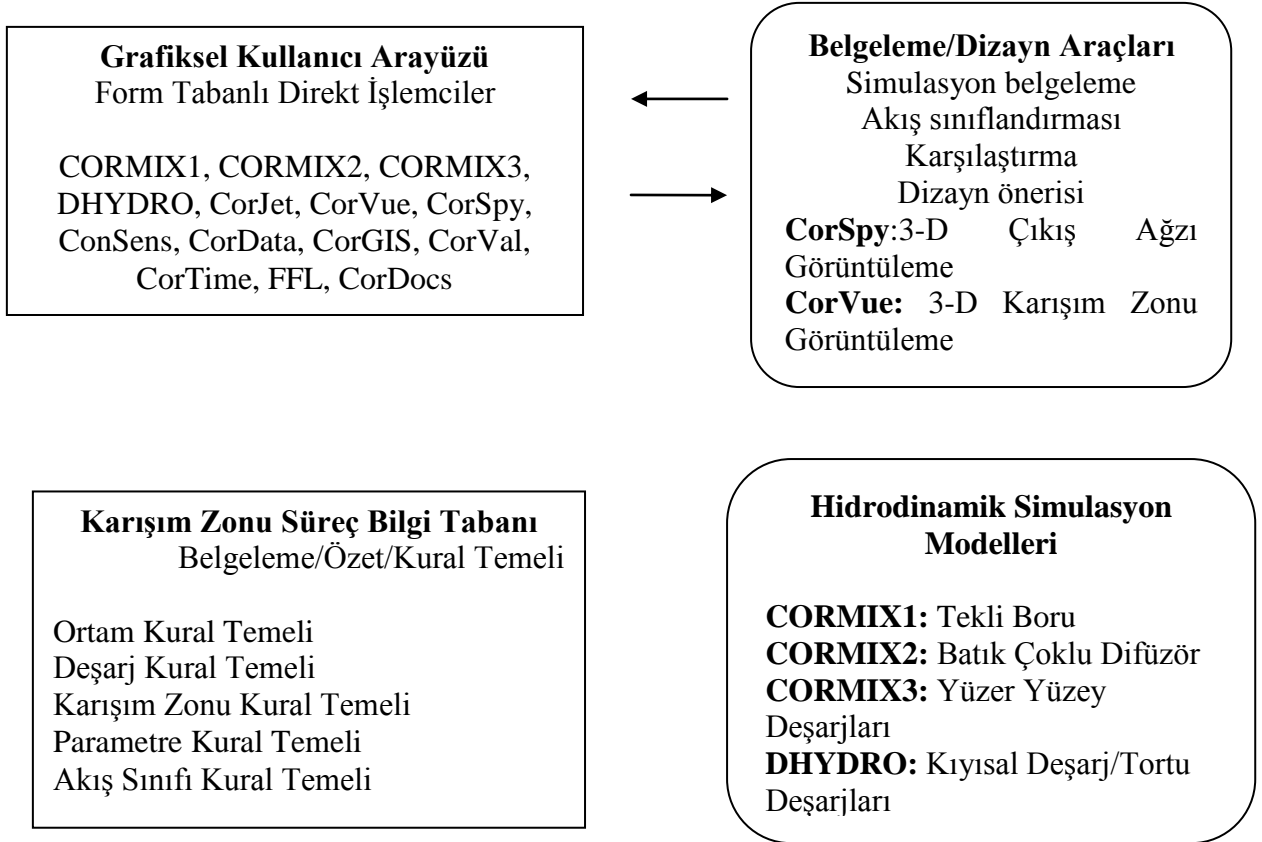
Cormix, su altında dizayn edilecek yüzer ya da yüzemeyen deşarjları içeren konvensiyonel veya tabakalı ya da tabakalaşmamış sulardaki toksik kirleticileri ilk karışım zonunun seyrelme karakteristikleri ve geometrileri üzerinde tutarak analiz etmek için oluşturulmuş bir yazılımdır. CORMIX1 alt sistemi tek borulu deşarjları, CORMIX2 çoklu difüzörleri, CORMIX3 ise yüzey deşarjlarını analiz eder. Yazılımda MS-DOS işletim sistemi uygulanır. İki önemli öge vardır. Bunlardan ilki, yakın saha deşarj davranışını analiz eden ayrıntılı akış sınıflandırma şeması, ikincisi ise her bir deşarj senaryosu için tahmini bileşenler toplamıdır (Jirka vd., 1991).

CORMIX uzman sistemi kullanıcıyla sürekli etkileşim halinde olan ve kullanımı kolay bir ekrana sahiptir. Dağıtıcı, ortam, alıcı su geometrisi ve düzenlemeler başlıkları altında bilgi girişi ister. Gereken birçok veri hakkında birkaç basamakta açıklamalar alma fırsatı tanır. Bu açıklamalar bazı durumlarda pas geçilebilir. Bunun sebebi programın kullanımı sırasında CORMIX tarafından yeterince bilginin zaten veriliyor olmasıdır.

Programın ihtiyaç duyduğu tüm verilerin girilmesiyle uzunluk ölçüleri belirlenir. Bütün bu girilen veriler FLOW CLASS'ı tamamlamakta kullanılır. FLOW CLASS akış şekli ve ortam şartlarının bir sonucu olarak geliştirilen tahminlerle plum tipini belirleyen CORMIX tarafından kullanılan bir sistemdir. Akışın Jet tipinde / plum tipinde, tabakalaşma akımdan baskın / değil, zayıf ya da güçlü bir akıntı var mı, alıcı su ortamı sığ / derin, birbirine dik / paralel, deşarj yüzer / batıcı şeklindeki tercihler örnek olarak verilebilir.

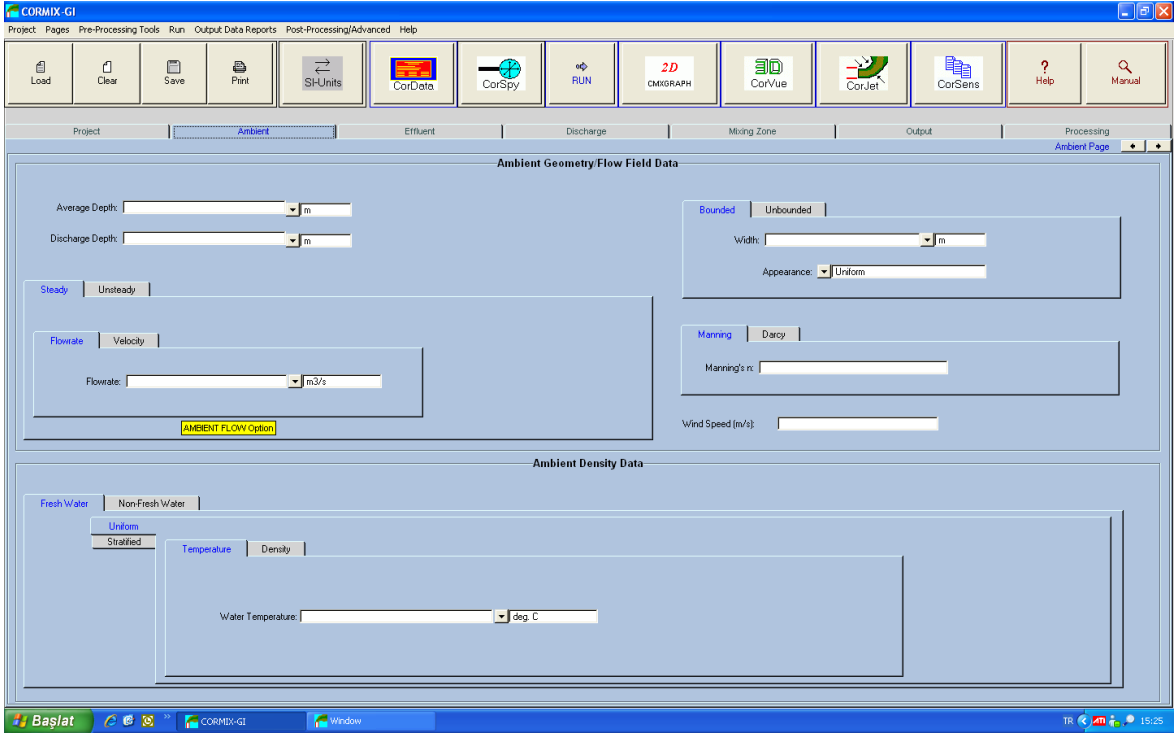
CORMIX hidrolik modelleri PDSG, UM, UDKHG modellerine benzer yakın alan integral modellerini, RSB'ye benzer uzunluk ölçeği deneysel modellerini ve plum içindeki birbirine benzer ortam pasif dağılım modellerini içerir. İlk etapta hidrolik hesaplamalar yapılır, CORMIX düzenlemeler ve plum davranışı hakkında bir özet rapor içinde tahminler üzerine bir rapor hazırlanır. Sonuçlar grafik form içinde tahminlerin görüldüğü, seçmeli grafik paketi kullanılarak, grafiksel olarak ayrıca incelenebilir (Lorin, 1999).

CORMIX' in genel özellikleri Şekil 3'de özet olarak gösterilmiştir:



Şekil 3.CORMIX programının genel özellikleri (Doneker, 2008).

CORMIX kullanıcı ile Şekil 4'deki ara yüz ile iletişim kullanmaktadır.



Şekil 4. CORMIX giriş sayfasının genel görünümü.

CORMIX çalıştırılırken istenilen veriler aşağıda liste halinde verilmiştir:

Yer Adı:

Dizayn Durumu:

DOS Dosya Adı:

Ortam Verileri

Su Derinliği:.....m

Deşarj Derinliği.....m

Eğer Düzenliyse Ortam Debisi:.....m³/sn

Eğer Gel-Git ile Değişiyorsa: Gel Git Periyodusaat

Manning's n..... ya da Darcy's f.....(Borunun sürtünme faktörü)

Rüzgar Hızı.....m/sn

Yoğunluk verileriYoğunluk.....kg/m³

Sıcaklık.....°C

Su tatlı/tuzlu

Eğer Düzgünse Sıcaklık ya da Yoğunluk.....

Eğer Tabakalıysa Sıcaklık ya da Yüzeydeki Yoğunluk.....

Tabakalaşma Tipi A/B/C Sıcaklık ya da Dipteki Yoğunluk

Deşarj Verileri CORMIX 2

En Yakın Kıyı Sağ/Sol

Difüzör Uzunluğum

Açıklıkların Toplam Sayısı.....m

Boru Çapım

Hizalama Açısı GAMMA

Dikey Açı THETA

Boru Yüksekliğim

Daralma Oranı

Bir Uca Olan Mesafe.....m

Diğer Uca Olan Mesafe.....m

Eğer Dik Açılı (Dikdörtgen Biçimli) ise Genişlikm

Eğer Dairesel ise Çap.....m

Deşarj Kanalı Derinlikm

Boru Dip Ters Derinliği

Dip Eğimi.....°

Eğer Çıkıntılıysa Kıyıdan Mesafe.....m

Karışım Zonu Verileri

Atık Toksik mi Evet/Hayır Eğer Evet ise: CMC..... CCC.....

Su Kalite Standartları Evet/Hayır Eğer Evet ise Standart Değerler..... (Jirka vd., 1996).

1.8. CORMIX2

Güvenilir bir çevresel analiz ve karışım zonu tahmini sadece her bir dizayn durumunun CORMIX2'nin birçok kez yinelenmesi ve değerlendirilmesi ile mümkündür. Ortam ya da deşarj dizayn durumlarında küçük bir değişiklik karışım zonunun görünüm ya

da boyutu ve uygun akış yapılanmasında şiddetli değişime sebep olabilir. CORMIX2'nin tekrarlamalı kullanımı dizayn ve ortam durumları hakkında hassas tahmin sonuçları ile bilgi vermektedir. Aşağıdaki faktörlere göre her bir tahmin durumu dikkatlice değerlendirilmelidir.

- a)LMZ'nin boyutu ve şekli (Yasal Karışım Zonu)
- b)TDZ'de durumlar (Toksik Seyrelme Zonu)
- c)Deşarj akışının dip etkisi
- d)Su yüzeyi etkisi
- e)Kıyı etkisi ve diğer etkiler.

Genelde yineleme aşağıdaki sırayla yapılmalıdır:

- 1.Difüzör dizayn değişiklikleri (Geometri Değişimleri)
- 2.Ortam durumuna duyarlılık
- 3.Deşarj akış değişimleri (Süreç Değişimleri)

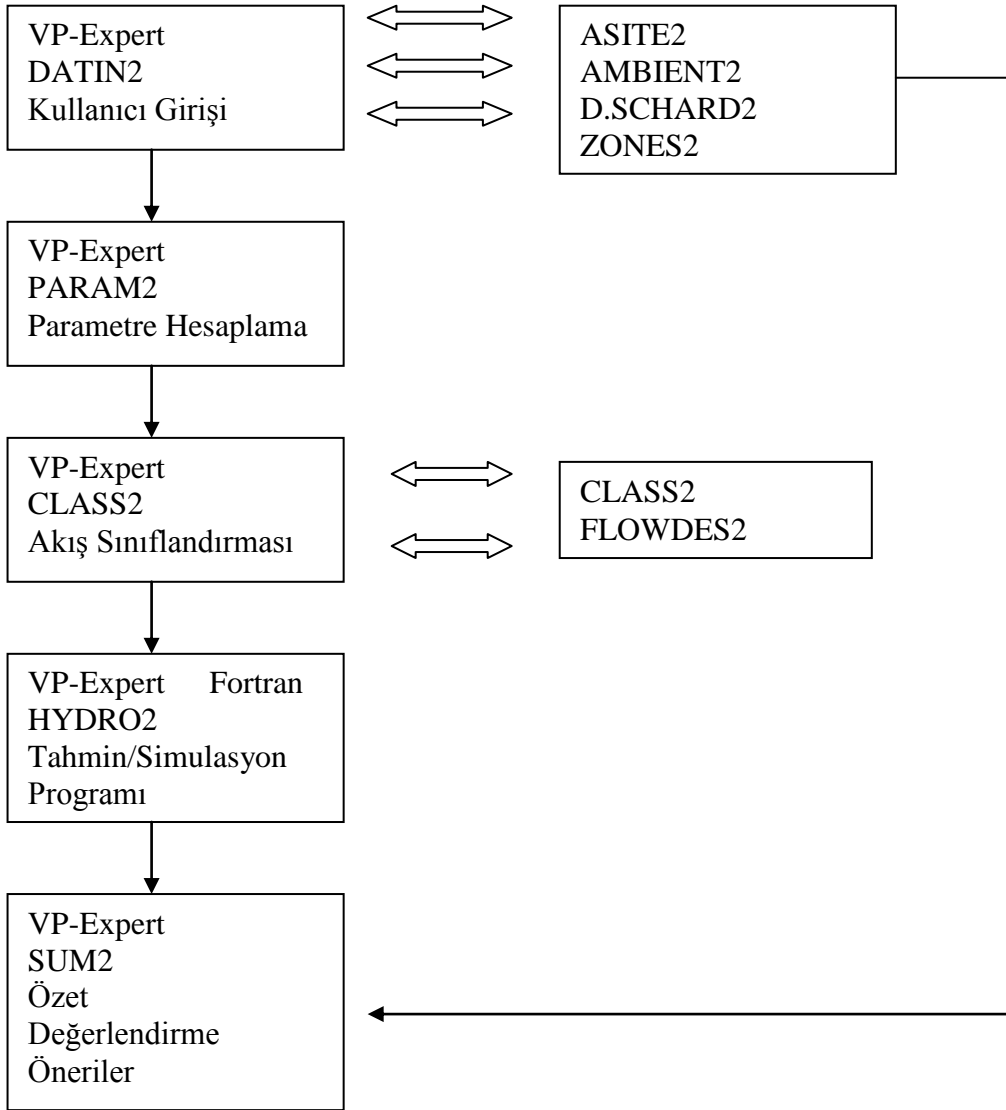
CORMIX2 2 program dilinde yazılmıştır. Bunlar VP-Expert ya da “shell” uzman sistemi ve FORTRAN'dır.

Vp-Expert bir uzman sistem programlama dilidir. Bir shell bilgi bankası (temeli) içermeyen kendi kendine yeten çıkarsama motorudur fakat ileri ve geri her ikisi için muhakeme, ayıklama yardımcıları, tutarlılık denetimi, girdi ve çıktı menüleri ve açıklama için kolaylık sağlar.

İki programlama dili kullanımının sebebi aslında matematiksel hesaplamalarda ve bilgi gösterimindeki gücüdür. VP-Expert sembolik muhakeme ve bilgi gösteriminde çok verimlidir. Bununla beraber, sayısal hesaplama tekniklerinde daha az güçlüdür. Diğer taraftan, FORTRAN matematiksel hesaplamalarda etkili ve sembolik muhakemede daha az etkilidir. FORTRAN hidrodinamik simulasyon modellerinde hesaplamaları yürütmekte kullanılır (Akar ve Jirka, 1990).

1.8.1 CORMIX2'nin Yapısı

CORMIX2'nin program elementleri DATIN2, PARAM2, CLASS2, HYDRO2 ve SUM2'dir. Sistem sırasında eleman kullanımı sistem tarafından sırayla ve otomatik olarak yüklenir. Şekil 5 CORMIX2'nin dizayn yapısını özetlemektedir.



Şekil 5.CORMIX2'nin sistem elementleri (Akar ve Jirka, 1990).

DATIN2: İlgili veri girişi ve diğer program elementlerinin başlatması için bir VP-Expert program elementidir. DATIN2'nin amacı deşarjın fiziksel çevresini tamamen belirtmektir. Veri değerlerinin nasıl girileceğine dair öneri içerir ve uygunsuz ya da yanlış değerleri reddeder.

PARAM2: Verilen deşarj durumu için ilgili fiziksel parametreler ve tüm önemli hesaplamalar bir VP-Expert programda sona erdiğinde bir sonraki program elementini tetikler.

CLASS2: Bir çok mümkün akış konfigürasyonundan biri için verilen deşarj tetiklediği bir VP-Expert programdır. CLASS2 iki program elementinden oluşur. CLASS2 ve FLOWDES2.

HYDRO2: CLASS2’de belirtilen akış sınıflandırması programı için hidrodinamik simülasyon programı yürüten bir FORTRAN programıdır. HYDRO2, CLASS2’de belirtilen her bir hidrodinamik akış sınıflandırmasına (MU1, MU2, MS1 vs) ilgili kontrol programları ya da “protokoller” içerir.

SUM2: Mevcut durum için hidrodinamik simülasyon sonuçlarını özetleyen bir VP-Expert programıdır.

1.8.1.1 Ortam Koşulları

Ortam koşulları deşarjın etrafındaki hidrodinamik ve geometrik durumlar tarafından tanımlanmaktadır. Bu amaç için deşarjda ortam akış yönünde tipik kesitleri normaldir. CORMIX2 kesitin iki durumunu dikkate alır. Bunlar sınırlandırılmış ve sınırlandırılmamış kesitlerdir. Bir sınırlandırılmış kesit kıyıları tarafından her iki yanı sınırlandırılmış durumda bir kesiti tanımlar (nehirler, akarsular, dar haliçler gibi). Sınırsız kesit ise pratikte diğer sınır çok uzakta iken yakın olan sınırda bulunan deşarjı temsil eder.

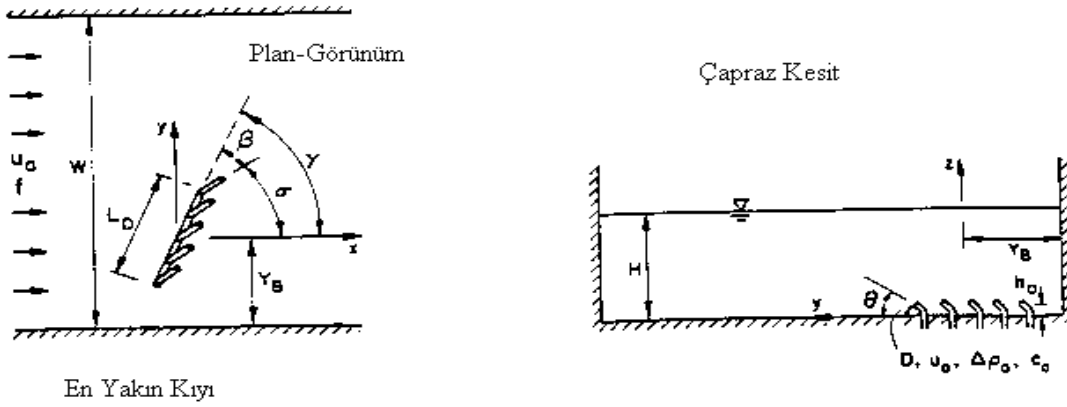
Sınırlı kesit için ortam geometrisinde kanal içindeki pürüzlülük karakteristiklerini ölçmek için sırayla Manning “n” değeri ya da alternatif olarak Darcy-Weisbach sürtünme faktörü “f” kullanılabilir.

Sınırsız kesit için, hidrodinamik ve geometrik bilginin çoğu sınırlandırılmış durumla yakından ilişkilidir. CORMIX2 derinlik, bir kıyıdan deşarj noktasına mesafe ve ortam hızı tarafından tanımlanmış bir eşdeğer kesit bölgesi varsayarak analizlerini yönetir (Akar ve Jirka, 1990).

1.8.1.2. Ortam Akımları

CORMIX2 bir değişmeyen ortam akımı varsayar. Ortam akış durumu ile ilgili veriler bir ortam deşarjı veya ortalama bir ortam hızı olabilir.

Şekil 6 dikdörtgen kesitli bir alandaki çoklu difüzör geometrisini göstermektedir.



Şekil 6. Dikdörtgen kesitli ortamda çoklu difüzör deşarj geometrisi için diagram tanımı (Akar ve Jirka, 1990).

1.8.1.3. Tabakalaşma Etkileri

Derinliğe göre yoğunluğun değişimi bir çok su kütlelerinde yaygındır. Örneğin, mevsimlik sıcaklık durumları yoğunluğu etkileyebilir ve ortam tabakalaşmasına öncülük edebilir. Ayrıca sık sık, ortam yoğunluk tabakalaşması deşarj dizayn hedeflerinde önemli bir rol oynar.

Şekil 7'de görülen yoğunluk profillerinin dört durumu metodolojide tartışılır. Kullanıcı asıl ortam profiline en iyi uyan bir tanesi bu dört profil arasından seçilmelidir.

A tipi tabakalaşma; tepe ve dip arasında yoğunluk lineer olarak değişir. B tipi tabakalaşma; iki uniform yoğunluk arasındaki ara seviyede piknoklin denen ani yoğunluk artışı vardır. C tipi tabakalaşma; uniform yoğunlukta bir üst karışım tabakası, arada bir ani yoğunluk değişim tabakası ve aşağı doğru doğrusal değişen yoğunlukta bir alt katman vardır. D tipi tabakalaşma; Uniform yoğunlukta bir üst karışım tabakası ile aşağı doğru doğrusal olarak değişen bir alt tabaka vardır.

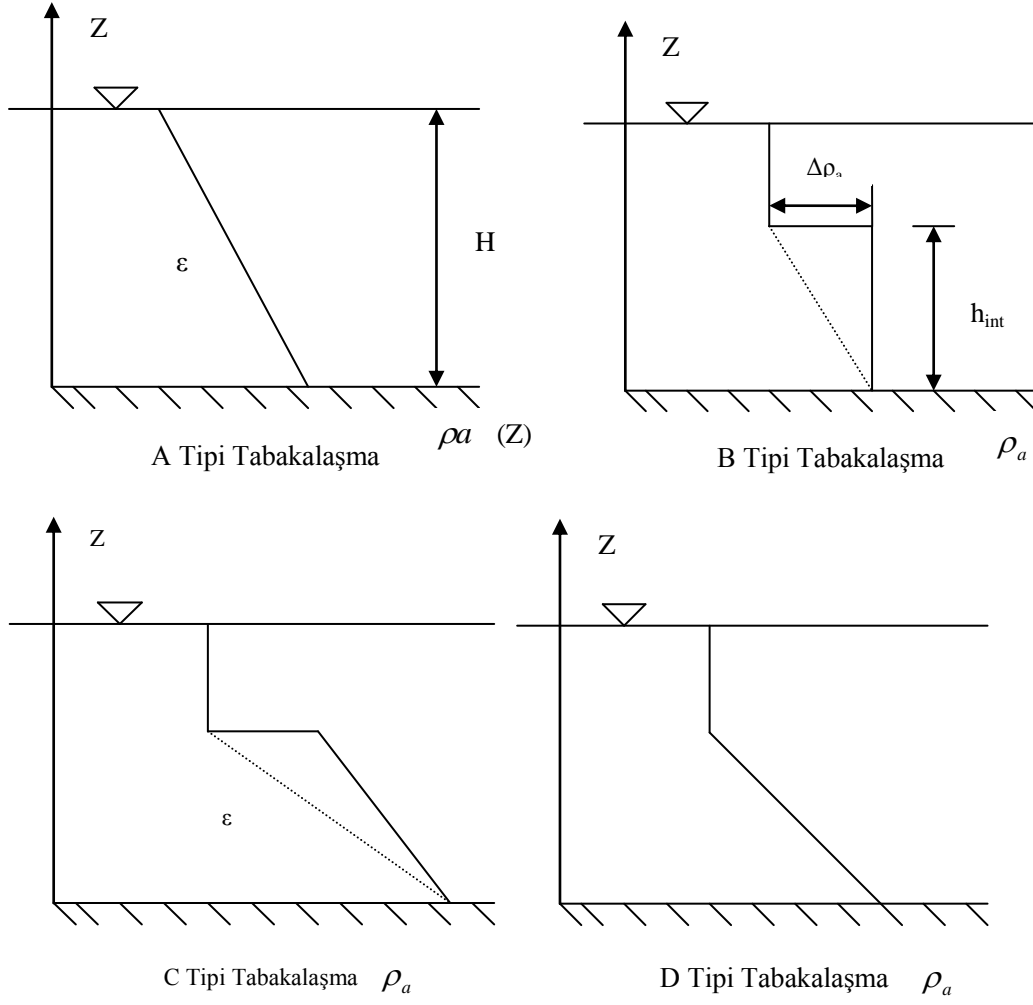
Her türde, doğrusal yüzdürme eğimi ε tanımlanmıştır:

$$\varepsilon = (g/\rho_a) d\rho_a/dz \quad (37)$$

g : yerçekimi ivmesi

ρ_a : ortam yoğunluğu

$d\rho_a/dz$: ortam yoğunluk gradyanı (Akar ve Jirka, 1990).



Şekil 7. Temsili CORMIX2 yoğunluk profilleri (4 tabakalaşma tipinde) (Akar ve Jirka, 1990).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışma Trabzon'da Değirmendere ve Söğütlü olmak üzere iki, Rize'de bir, kanalizasyon atıklarını deşarj etmek amaçlı tesis edilmiş deşarj noktalarında gerçekleştirilmiştir. İstasyon örneklemelerinde K.T.Ü RV DENAR/1 araştırma teknesi kullanılmıştır.

Her bir istasyondan belirlenen ve farklı derinliklerden alınan örnekler laboratuarda pH, askıda katı madde, nitrat ve fosfat tayinine tabi tutulmuştur. Bu ölçümler HACH DR 2000 Direct Reading Spectrophotometer kullanılarak yapılmıştır.

İlk ölçüm 2004 yılının Ekim ayında Söğütlü ve Değirmendere'de yapılmıştır. Ölçümler 2005 yılı içerisinde Şubat, Nisan ve Ekim aylarında tekrarlanmıştır. Rize derin deniz deşarj hattında Şubat ve Nisan 2005 tarihlerinde örnekleme yapılmıştır. Söğütlü, Değirmendere ve Rize'de 9'ar istasyondan konumuna bağlı olarak çeşitli derinliklerde hem ölçüm yapılmış hem de su örneği alınmıştır. Bu 9 istasyonun dışında referans olması amacı ile kıyıdan yaklaşık 3 km uzakta bir adet de referans istasyonu seçilmiştir. İlk istasyonlarımız kıyıya en yakın mesafede olabilecek şekilde yaklaşık 0,33 km uzakta seçilmiştir. Ölçümler CTD prob (Andareau-RCM-9) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yerinde sechi diski derinliği de belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerin dışında belirlenen derinliklerden alınan su örnekleri laboratuvar ortamında çeşitli analizlerde kullanıldı. Bu analizlerle su örneğinin pH, askıda katı madde, nitrat ve fosfat değerleri HACH DR 2000 model spektrofotometre kullanılarak tespit edildi. Uygun nitrat ve fosfat kitleri kullanıldı. Seçilen istasyonlardan biri de borunun çıkış ağzının olduğu yer olarak seçilmiştir.

Daha sonra deşarj hatları ile ilgili olarak bilinen fiziksel veriler (boru çapı, yüksekliği, uzunluğu, difüzör sayısı, boyutları v.s.) U.S. EPA tarafından geliştirilen, seyrelme karakteristiği ve geometrisini temel alarak deşarj edilen sıvı atıkların deşarj hattı dizaynı, tahmini ve analizleri amacını güden CORMIX'de kullanılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği deşarj hatlarında difüzörler kullanıldığı için CORMIX'in çoklu deşarj sistemleri için dizayn edilen bölümü olan CORMIX2 tahminler için kullanılmıştır.

2.1. Verilerin Eldesi

2.1.1. İstasyonların Belirlenmesi

İstasyonlar belirlenirken öncelikle hangi deşarj hatlarında çalışma yapılacağına karar verilmiştir. İller Bankası Trabzon Bölge Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonucunda Değirmendere ve Söğütlü derin deniz deşarj hatları seçildi. Ayrıca çalışmamızın bir bölümünde Karadeniz Sahil Yolu inşaatı sürerken inşası biten Rize Merkez derin deniz deşarj hattı da örnekleme yapacağımız noktalar arasına girdi. Her bir deşarj hattında 9'ar adet istasyon tespit edildi. Kıyıya mümkün olduğunca yakın, tam ana borunun çıkış ağzında, atık çıkış noktası ile kıyı arasında ve belirli mesafe uzakta istasyonlar şekilde tespit edildi. Bunun yanında birer referans istasyonu belirlendi. Çalışma alanlarındaki istasyonların kodları ve koordinatları Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Örnekleme yapılan istasyon kodları ve koordinatları

MEVKİ İSTASYON	SÖĞÜTLÜ	DEĞİRMENDERE	RİZE
1. İSTASYON	S1 41°00'56"N 39°36'39"E	D1 41°02'17"N 39°46'18"E	R1 41°02'30"N 40°33'48"E
2. İSTASYON	S2 41°00'56"N 39°36'39"E	D2 41°00'30"N 39°46'11"E	R2 41°02'40"N 40°33'36"E
3. İSTASYON	S3 41°01'04"N 39°36'43"E	D3 41°00'50"N 39°46'05"E	R3 41°02'50"N 40°33'21"E
4. İSTASYON	S4 41°01'12"N 39°36'44"E	D4 41°00'50"N 39°46'07"E	R4 41°02'36"N 40°33'24"E
5. İSTASYON	S5 41°01'20"N 39°36'44"E	D5 41°00'55"N 39°46'17"E	R5 41°02'46"N 40°33'46"E
6. İSTASYON	S6 41°01'10"N 39°36'26"E	D6 41°00'47"N 39°45'51"E	R6 41°02'47"N 40°32'36"E
7. İSTASYON	S7 41°01'11"N 39°36'45"E	D7 41°00'47"N 39°46'28"E	R7 41°03'04"N 40°33'07"E
8. İSTASYON	S8 41°01'01"N 39°36'30"E	D8 41°00'33"N 39°45'56"E	R8 41°03'09"N 40°33'20"E
9. İSTASYON	S9 41°00'52"N 39°36'32"E	D9 41°01'13"N 39°46'00"E	R9 41°03'17"N 40°32'55"E

2.1.2. Alanda Yapılan Çalışmalar

Her bir istasyonun maksimum derinliği göz önüne alınarak yüzey ve dip arasında yüzey, 4m, 10m, 20m, 25m, bazı durumlarda 50m derinliklerden su örnekleri alınarak yarım veya 2 litrelik şişelere alındı. Örneklerin korunması için -20°C’de derin dondurucuda muhafaza edildi. Bu şişeler üzerine sefer tarihi, istasyon numarası ve örneğin alındığı derinlik not edildi. Alanda sechi diski kullanılarak bulanıklık tayini yapıldı. Her bir istasyonun koordinatları, kıyıya mesafesi not edildi. Ayrıca istasyonlarda CTD prob (Andareau-RCM-9 Currentmeter) yardımıyla akıntı hızı, akıntı yönü, bulanıklık, tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk gibi değerler hesaplandı.

2.1.3. Çevre ve Deşarj Verileri

Deşarj hattı ile ilgili teknik veriler İller Bankası tarafından Kiska İnşaat’a hazırlatılan projeden elde edilmiştir. Bu veriler boru çapı, difüzör sayısı ve boyutları, deşarj borusu uzunluğu, deşarj derinliği, difüzörler arasındaki mesafe, açı v.s. gibi bilgilerdir.

2.1.3.1. Difüzör ve Deşarj Borusu Özellikleri

Değirmendere için yapılan projede deşarj boru hattı uzunluğu 1000 m olarak hesaplanmış. Difüzör ise 12 delikli 48 m uzunluğunda planlanmış. Söğütlü deşarj hattı için yapılan projede ise boru uzunluğu 920 m, difüzör boyu 24 m olup 6 delikli planlanmıştır. Buna göre tasarım sonucu Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Değirmendere ve Söğütlü için boru ve difüzör ölçüleri

Değirmendere	Boru Cinsi	Deşarj Borusu		L1	L2	Pompalama Yüksekliği (m)	
		Dış Çap (mm)	İç Çap (mm)			1992	2012
Değirmendere	Plastik	800	738	1000	1*18+11*12	4.12	5.37
	Çelik	762	730	1000	1*18+11*12	4.05	5.28
Söğütlü	Plastik	560	517	920	1*15+5*10	4.85	6.44
	Çelik	508	489	920	1*15+5*10	4.80	6.37

Projede HDPE (plastik) borular kullanılmıştır. Şekil 10 ve 11’de kesitler görülmektedir.



Şekil 10. Trabzon derin deniz deşarj hattı oluşturulurken (URL-6, 2010).



Şekil 11. Deşarj borularına eklenen difüzörler (Coşer, 2001).

2.1.3.2. Debi

Debi ile ilgili tahminler 1992 yılı itibari ile 2012 ve 2027 yıllarına ilişkin tahmini nüfus değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Değirmendere ve Söğütlü deşarj hatları için öngörülen debi değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Değirmendere ve Söğütlü deşarj hattı için yıllara göre debi tahminleri.

Değirmendere	Yıl	Minimum Debi (m ³ /s)	Ortalama Debi (m ³ /s)	Maksimum Debi (m ³ /s)
		1992	0.212	0.259
	2012	0.251	0.319	0.531
	2027	0.283	0.368	0.634
Söğütlü	1992	0.096	0.116	0.178
	2012	0.113	0.141	0.230
	2027	0.126	0.162	0.274

2.2. Model Denemeleri

Matematiksel modeller, verilere dayanarak gelecek hakkında tahminde bulunurlar. Değirmendere, Söğütlü ve Rize Derin Deniz Deşarj hatları için girilen farklı parametre değerleri ile olası seyrelme karakteristikleri gözlemlendi. Parametreler seçilirken seyrelmeyi, olumlu ya da olumsuz, etkileyecek olmaları dikkate alındı. Bu çalışma şayet bu parametreler farklı olsaydı sonucun ne olacağı konusunda fikir vermesi açısından yapıldı.

3. BULGULAR

3.1. Modelde Kullanılan Veriler

Her bir istasyon için daha önce programın istediği veriler belirlenip listelendi. Bunlar Söğütlü, Değirmendere ve Rize için Tablo 5’de verilmektedir.

Tablo 5. Söğütlü, Değirmendere ve Rize için model tasarımında kullanılan veriler

Ortam Parametreleri	Söğütlü	Değirmendere	Rize
Kesit	Sınırsız	Sınırsız	Sınırsız
Ortalama Derinlik (HA)	15 m	37 m	51 m
Deşarj Derinliği (HD)	15 m	37 m	51 m
Ortam Akış Hızı (UA)	0,16 m/sn	0,22 m/sn	0,211 m/sn
Rüzgar Hızı (UW)	3 m/sn	3 m/sn	3 m/sn
Darcy Katsayısı (f)	0,02	0,02	0,05
Yüzey Yoğunluğu (RHOAS)	1008,56 kg/m ³	1008,6 kg/m ³	1010,845 kg/m ³
Dip Yoğunluğu (RHOAB)	1015,052 kg/m ³	1013,86 kg/m ³	1014,124 kg/m ³
Deşarj Parametreleri			
En Yakın Kıyı	Sol	Sol	Sol
Difüzör Uzunluğu	24 m	48 m	52 m
Kıyıda Difüzörün İlk Çıkış Ağızına Mesafe	920 m	1000	1150 m
Kıyıda Difüzörün Son Çıkış Ağızına Mesafe	944 m	1048	1202 m
Boru Yüksekliği	0,5 m	0,8 m	0,6 m
Boru Çapı	0,087 m	0,093 m	0,101 m
Daralma Katsayısı	1	1	1
Çıkış Ağızı Toplam Sayısı	6	12	13
GAMMA	90°	90°	90°
THETA	0°	0°	0°
BETA	90°	90°	90°
SIGMA	0°	0°	0°
Deşarj Yoğunluğu	1015,5	1014,74	1014,52

3.2.Yapılan Analizlerden Elde Edilen Sonuçlar

3.2.1. Söğütlü

Yapılan seferlerde her bir istasyondan belirlenen derinliklerden alınan numunelere nitrat, fosfat, pH, askıda katı madde için analizler yapılmıştır. Alınan sonuçlar Excel

grafiği olarak ifade edilmiştir. Ekim 2004 ve Şubat 2005 tarihlerinde çıkılan seferden alınan Değirmendere ve Söğütlü örnekleri için yapılan nitrat tayini değerlerinin tümü 0,01 mg/l< olarak bulunmuştur.

Söğütlü seferlerinden elde edilen tüm pH ve askıda katı madde miktarları tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Söğütlü seferlerinden elde edilen pH ve askıda katı madde değerleri

Söğütlü	Ekim 2004		Şubat 2005		Nisan 2005		Ekim 2005		
		pH	AKM	pH	AKM	pH	AKM	pH	AKM
S1	3 m	8,44	5 mg/l	8,50	1 mg/l	8,42	0 mg/l	8,56	0 mg/l
S2	4 m	8,44	4 mg/l	8,50	0 mg/l	8,46	0 mg/l	8,56	0 mg/l
S3	4 m	8,48	0 mg/l	8,47	1 mg/l	8,48	0 mg/l	8,57	0 mg/l
S4	4 m		2 mg/l	8,52	0 mg/l		0 mg/l		0 mg/l
S5	4 m		0 mg/l		0 mg/l	8,49	0 mg/l	8,57	0 mg/l
	10 m	8,31	2 mg/l	8,53	0 mg/l		0 mg/l		
	20 m		0 mg/l						0 mg/l
S6	4 m		2 mg/l		0 mg/l	8,47	0 mg/l		
	15 m				4 mg/l		0 mg/l	8,57	0 mg/l
S7	4 m		4 mg/l	8,54	2 mg/l		0 mg/l	8,60	1 mg/l
	10 m		2 mg/l		2mg/l		0 mg/l		
S8	9 m		0 mg/l	8,49				8,58	
S9	5 m		4 mg/l	8,54	0 mg/l				0 mg/l
	30 m			8,49	1 mg/l				

Ekim 2004 tarihinde Söğütlü seferinde askıda katı madde kıyıda 0,05 km uzakta 8 m derinlikten alınan örnekte 5,00 mg/l olarak ölçülmüştür. 0,463 km uzaktaki 3. istasyona kadar bu değer 0,01 mg/l<'ye düştüğü görülmüştür. En açıktaki referans istasyonundaki değer ise 1,00 mg/l idi. pH değerleri ise 8,31- 8,48 arasında değişiklik göstermiştir. Fosfat değerlerinde kıyı istasyonu S1'de 3 m S5'de ve S6'da 4 m, S8'de 9 m derinliklerde 0,01 mg/l, S5 10 m derinlikte ise 0,03 mg/l sonuçlarına ulaşılmıştır.

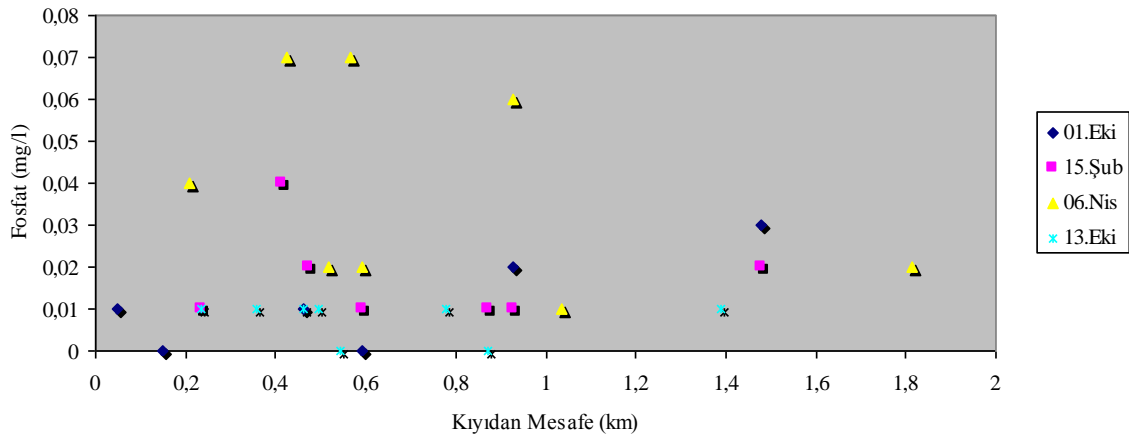
Şubat 2005'deki seferde Söğütlü'de kıyıda mesafesi 0,235 km olan S1 istasyonundan, kıyıda mesafesi 0,870 km olan S6 istasyonuna kadar askıda katı madde değerleri 0,01 mg/l<-1 mg/l aralığında değişmiştir. Ancak S6'da 15 m derinlikte bu değer 4,00 mg/l'ye yükselmiştir. pH değerleri ise 8,47-8,54 aralığında değişim göstermiştir. Fosfat değerleri S1 istasyonunda 4 m'de 0,01 mg/l iken S2'de 4 m ve 10 m'de 0,03 mg/l bulunmuştur. S3'de ise 4 m ve 10 m'de 0,01 mg/l iken 15 m'de bu değer 0,08 mg/l'ye

yükselmiştir. Kıyıdan uzaklığı 0,613 km olan S5’de 4 m derinlikte fosfat değeri 0,04 mg/l’ye ulaşmıştır.

Nisan 2005’de askıda katı madde değerleri tüm istasyonlarda ve derinliklerde 0,01 mg/l< bulunmuştur. pH ise 8,42-8,49 aralığında tespit edilmiştir. Fosfat değerleri S1’de 0,04 mg/l, S2 ve S4 istasyonlarında 4 m’de 0,07 mg/l, S6’da 15 m derinlikte 0,05 mg/l, S8 4 m’de ise 0,06 mg/l olarak bulunmuştur. Diğer sonuçlar ise 0,01 mg/l-0,02 mg/l aralığındaydı. Nitrat değerleri tümünde 0,01 mg/l< bulunmuştur.

Ekim 2005 seferinde askıda katı madde sadece S7 istasyonu 4 m’de 1,00 mg/l ve S8 istasyonu 4 m derinliğinde 2,00 mg/l olarak tespit edilmiştir. pH değerleri 8,56-8,60 değerlerinde bulunmuştur. Nitrat değerleri kıyıya yakın S2 istasyonunda 0,07 mg/l, boru çıkış ağzındaki S3 istasyonu hem 4 m hem de 10 m ve S4 istasyonunun 4 m derinliklerinde 0,6 mg/l olarak tespit edilmiştir. S7 4 m’de ise 0,4 mg/l’dir. Fosfat S1, S2, S8 4 m, S3 10 m, S4, S5 ve S7 4m 20 m ve S6 20 m derinliklerinde 0,01 mg/l, S5 40 m’de ise 0,1 mg/l iken diğer tüm değerler 0,01 mg/l<’dir.

Söğütlü için seferlerden elde edilen tüm fosfat değerleri tarihlere göre Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Söğütlü için elde edilen fosfat değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Şekil 12’de, difüzörlerin başladığı, yani deşarjın gerçekleştiği kıyıdan 0,920 km uzaktaki noktada özellikle Nisan ayında fosfat değerinde bir yükseliş görülmektedir. Yine bu yüksek değerler kıyıdan 0,4 km mesafede Şubat ve Nisan aylarında gözlenebilmektedir.

Ekim 2004 ve Ekim 2005 seferlerinde iyice kıyıya yaklaşınca oldukça düşük değerler izlenmektedir.

3.2.2. Değirmendere

Değirmendere için elde edilen tüm pH ve askıda katı madde değerleri tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Değirmendere seferlerinden elde edilen pH ve askıda katı madde değerleri

D.Dere		Ekim 2004		Şubat 2005		Nisan 2005		Ekim 2005	
		pH	AKM	pH	AKM	pH	AKM	pH	AKM
D1	3 m	8,51	2 mg/l	8,46	0 mg/l	8,40	0 mg/l	8,46	2 mg/l
D2	4 m 10 m		0 mg/l	8,54	0 mg/l	8,50	6 mg/l	8,51 8,61	2 mg/l 3 mg/l
D3	4 m 15 m 30 m	8,54	1 mg/l	8,53 8,54	0 mg/l 0 mg/l	8,43	0 mg/l	8,57 8,62	6 mg/l 2 mg/l 2 mg/l
D4	4 m 10 m 40 m		0 mg/l	8,54	0 mg/l 4 mg/l	8,49	0 mg/l 3 mg/l	8,46	1 mg/l 0 mg/l 1 mg/l
D5	4 m 10 m 20 m 40 m	8,54 8,53	6 mg/l 2 mg/l	8,57	2 mg/l 3 mg/l	8,47 8,49	0 mg/l 0 mg/l	8,53 8,54 8,44	2 g/l 0 mg/l 2 mg/l
D6	4 m 20 m 40 m		1 mg/l 6 mg/l	8,55	1 mg/l 4 mg/l	8,50	0 mg/l 0 mg/l	8,50	1 mg/l 0 mg/l 0 mg/l
D7	4 m 20 m		0 mg/l 1 mg/l	8,56	0 mg/l 2mg/l	8,53 8,54	0 mg/l 0 mg/l	8,54	0 mg/l
D8	4 m 10 m		0 mg/l 1 mg/l		0 mg/l		0 mg/l	8,52	0 mg/l 0 mg/l
D9	4 m 10 m 30 m		1 mg/l 1 mg/l	8,56 8,53	0 mg/l 1 mg/l 1 mg/l	8,53	0 mg/l	8,54	0 mg/l 0 mg/l

Değirmendere’de Ekim 2004 tarihli seferde alınan örneklerdeki pH değerleri 0,08 km açıktaki D1 istasyonunda 8,51, D3 istasyonunda 4 m derinlikte 8,54, DR referans istasyonunda 8,57 olarak bulunmuştur. Askıda katı madde değerleri ise D4 istasyonunda 20 m derinlikte 1,00 mg/l, D5 istasyonunda 4 m ve D6 istasyonunda 20 m’de 6,00 mg/l, değerlerine ulaşılmıştır. Nitrat değerleri tüm istasyonlarda 0,01 mg/l< idi. Fosfat değerleri,

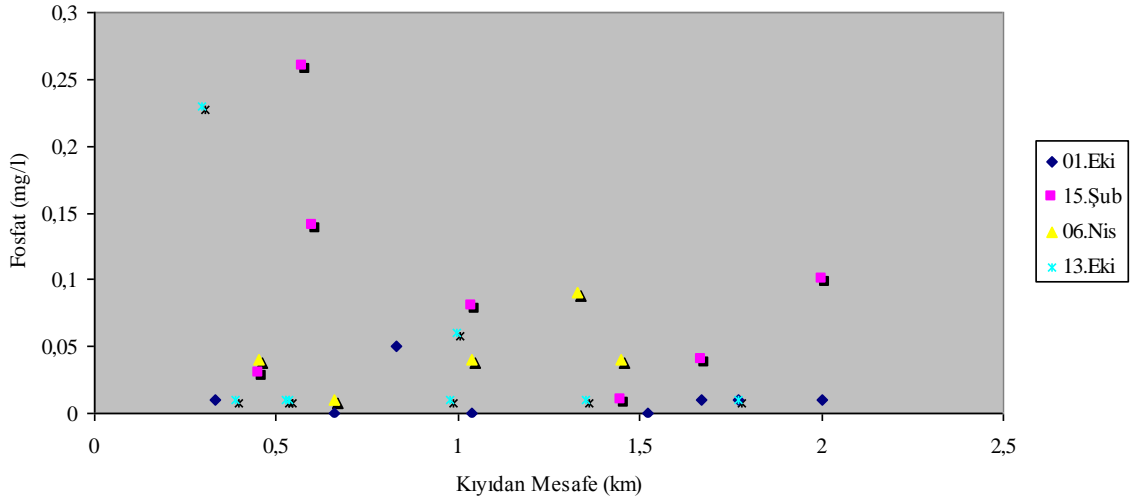
kıyıya yakın D2 istasyonunda 4 m derinlikte 0,05 mg/l, D3 4 m, 10 m, 20 m, D4 20 m, D5 4 m, D6 20 m D9 4 m derinliklerde 0,01 mg/l iken diğer tüm istasyon ve derinliklerde 0,01 mg/l< olarak bulunmuştur.

Şubat 2005 tarihinde, pH D1 istasyonunda yüzeyde 8,46. referans istasyonunda 8,54 olarak tespit edilmiştir. Askıda katı madde değerleri D4 20 m'de ise 2,00 mg/l, D9'da 4 m'de 0,01 mg/l<, olarak bulunmuştur. Fosfat, kıyıya yakın D2 istasyonunda 4 m'de 0,26 mg/l, 10 m derinlikte 0,2 mg/l, D3'de 4 m'de 0,08 mg/l, 10 m'de 0,09 mg/l, 30 m derinlikte ise 0,03 mg/l, D4 istasyonunda 4 m ve 10 m derinliklerde 0,14 mg/l, 20 m'de ise 0,11 mg/l olduğu ve D5 istasyonundan itibaren ise kısmen azaldığı görülmüştür. D5 4 m'de 0,03 mg/l, 10 m ve D6 20 m'de 0,07 mg/l, D7 10 m'de 0,01 mg/l iken 20 m'de 0,05 mg/l, D9 istasyonunda 4 m derinlikte 0,1 mg/l 15 m derinlikte 0,08 mg/l olarak bulunmuştur.

Nisan 2005'de çıkılan seferde pH 8,40 ve D8 15 m derinlikte 8,60 aralığında bulunmuştur. Askıda katı madde miktarları kıyıya yakın D2 istasyonunda 6,00 mg/l, 4 m'de ve D4 istasyonu 10 m derinlikte 3,00 mg/l olarak tespit edilmiştir. Nitrat, örnek alınan tüm istasyon ve derinliklerde 0,01 mg/l< idi. Fosfat, kıyı istasyonları D1 ve D2'de 4 m ve 10 m'lik derinliklerde 2,75> mg/l bulunmuştur. D3 istasyonu 4 m'de 0,04 mg/l, 15 m'de 0,05 mg/l, 30m'de ise 0,08 mg/l, D4 4 m'de 0,01 mg/l, D5 istasyonu 4 m'de 0,04 mg/l, 10 m'de 0,02 mg/l, D6 4 m derinlikte 0,01 mg/l, 20 m ve 40 m, D7 4 m derinliklerinde 0,04 mg/l olarak tespit edilmiştir. D8 istasyonu 4 m'de ise değer 0,09 mg/l idi.

Ekim 2005 seferinde pH 8,44-8,62 aralığında tespit edilmiştir. Askıda katı madde miktarı, en düşük D3 istasyonu 4 m'de 6 mg/l olarak bulunmuştur. Nitrat D1 istasyonu 4 m ve D2 10 m derinliklerde 0,7 mg/l iken D3 istasyonu 15 m derinlikte 1 mg/l idi. D4 40 m, D6 20 m, D7 30 m, D8 10 m derinliklerde nitrat 0,8 mg/l olarak bulunmuştur. Fosfat değerleri, kıyıya yakın D2 istasyonu 4 m'de 1,61 mg/l, 10 m'de 0,04 mg/l, D3 4 m'de 0,06 mg/l, D4 20 m derinlikte 0,23 mg/l, örnek alınan diğer istasyon ve derinliklerde 0,01 mg</l-0,01 mg/l aralığında tespit edilmiştir.

Değirmendere için seferlerden elde edilen tüm fosfat değerleri Şekil 13'de gösterilmektedir.



Şekil 13. Değirmendere için elde edilen fosfat değerlerinin kıydan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Şekil 13’de Şubat ve Ekim 2005’de fosfat değerlerinin kıyıya 0,5 km mesafede oldukça yüksek değerlere çıktığı görülmektedir. Bu değerler kadar olmasa da yine evsel atıklardan kaynaklanan fosfat değerindeki artış deşarj noktası olan kıydan 1 km uzaklıkta da gözlemlenmektedir.

3.2.3. Rize

Rize için elde edilen tüm pH ve askıda katı madde değerleri tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Rize için tüm seferlerden elde edilen pH ve askıda katı madde değerleri

Rize		Şubat 2005		Nisan 2005	
		pH	AKM	pH	AKM
R1	4 m	8,48	0 mg/l	8,35	0 mg/l
	10 m	8,48		8,34	0 mg/l
R2	4 m		2 mg/l	8,38	0 mg/l
	10 m		1 mg/l		
	30 m	8,49	0 mg/l		
R3	4 m	8,45	0 mg/l		0 mg/l
	20 m		1 mg/l		0 mg/l
	40 m	8,48	1 mg/l	8,37	0 mg/l
R4	4 m		2 mg/l	8,39	0 mg/l
	20 m	8,48	0 mg/l		0 mg/l
	35 m	8,48	1 mg/l		
R5	4 m		1 mg/l	8,40	0 mg/l
	15 m	8,48	1 mg/l		0 mg/l
	20 m				0 mg/l
	30 m		0 mg/l		

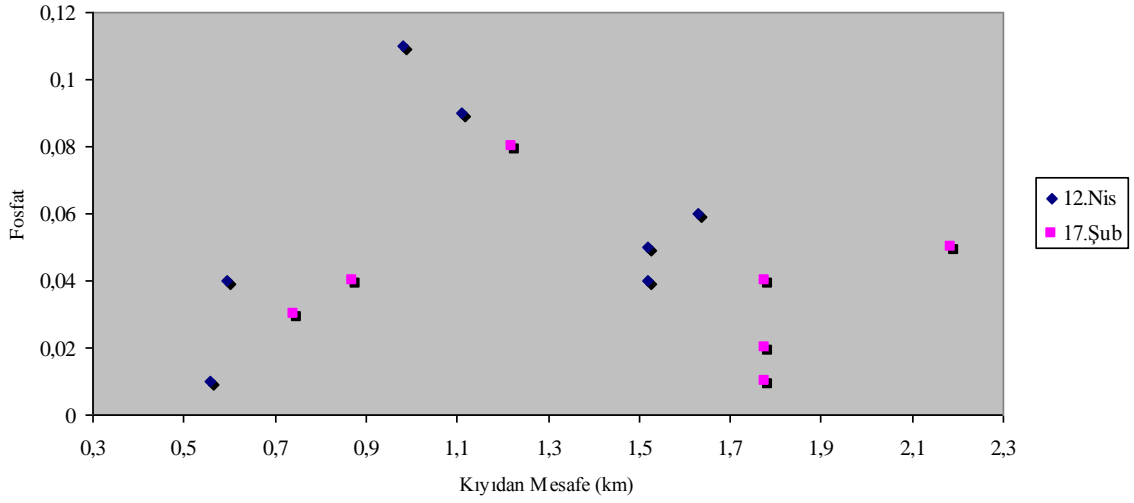
Tablo 8'in devamı

R6	4 m	8,49	1 mg/l	8,34	0 mg/l
	20 m		0 mg/l	8,40	0 mg/l
	40 m				0 mg/l
R7	4 m	8,45	1 mg/l	8,42	0 mg/l
	20 m		0 mg/l	8,35	0 mg/l
	40 m				0 mg/l
R8	4 m	8,50	1 mg/l	8,43	0 mg/l
	40 m	8,49	1 mg/l		
R9	25 m	8,50	1 mg/l	8,34	0 mg/l
	40 m			8,37	0 mg/l
	50 m				

Şubat 2005'deki seferde pH değeri en düşük 8,48 ve en yüksek R8 4 m'de 8,50 olarak kaydedilmiştir. Askıda katı madde en yüksek R1 , R2 ve R4 4 m'de 2,00 mg/l tespit edilmiştir. Örnek alınan diğer istasyon ve derinliklerde ise 0,01 mg/l<1,00 mg/l aralığında değiştiği görülmüştür. Fosfat değerleri kıyıda 0,315 km uzaktaki R1 4 m ve 10 m derinliklerde 2,25 mg/l > olarak tespit edilmiştir. R2 10 m derinlikte 0,04 mg/l, 30 m'de 0,06 mg/l, R3 4 m'de 0,08 mg/l, 20 m, R4 35 m, R6 40 m, R7 4 m'de 0,02 mg/l, 40 m'de ise 0,06 mg/l, R4 20 m. R5 4 m, derinliklerde 0,03 mg/l, R9 4 m'de 0,05 mg/l, diğer derinlik ve istasyonlarda ise 0,01 mg/l olarak bulunmuştur. Nitrat değerleri 0,01 mg/l< olarak kaydedilmiştir.

Nisan 2005 seferinde pH en düşük 8,34 en yüksek 8,43 olarak tespit edilmiştir. Askıda katı madde ve nitrat miktarları, tüm derinlik ve istasyonlarda 0 mg/l olarak bulunmuştur. Fosfat yine kıyı istasyonu R1'de 4 m ve 10 m derinliklerde 2,75 mg/l> çıkmıştır. R2 4 m derinlikte 2,53 mg/l değerine ulaşılmıştır. R3 istasyonu 4 m'de 0,11 mg/l, R9 4 m'de 0,09 mg/l, R4 istasyonu 20 m derinlikte 0,08 mg/l, R3 20 m'de 0,07 mg/l R3 ve R7 40 m ve R8 4 m derinliklerde 0,05 mg/l, R4 4 m, R6 4 m ve 40 m derinliklerde 0,04 mg/l, R2 20 m, R6 20 m'de 0,03 mg/l, diğerlerinde ise 0,01 mg/l değerlerine ulaşılmıştır.

Tüm Rize seferlerindeki fosfat değerleri Şekil 14'de verilmiştir.

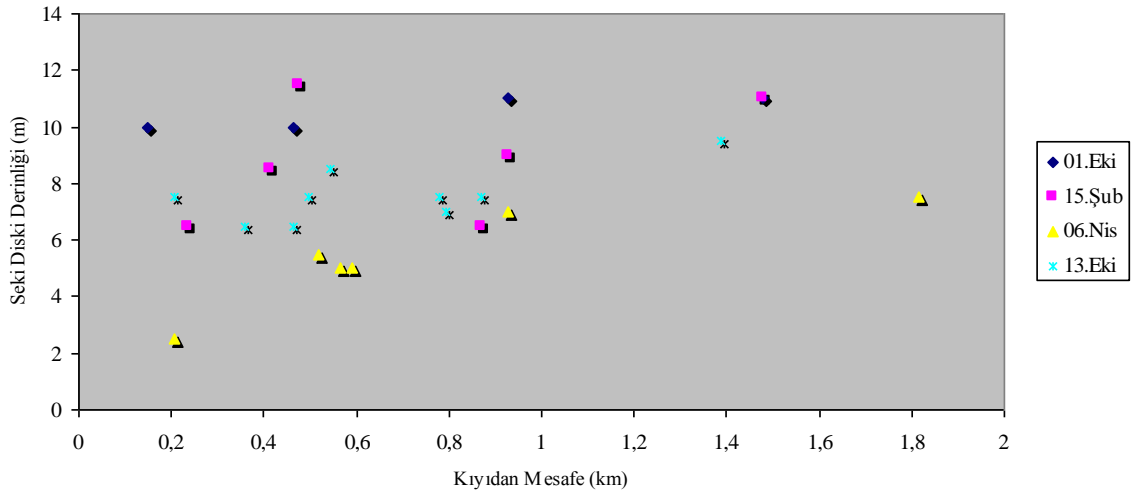


Şekil 14. Rize için elde edilen fosfat değerlerinin kıydan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Rize için fosfat değerlerini gösteren Şekil 14’de deşarj noktası olan kıydan 1150 km mesafede değer pik yaptığını görebiliyoruz.

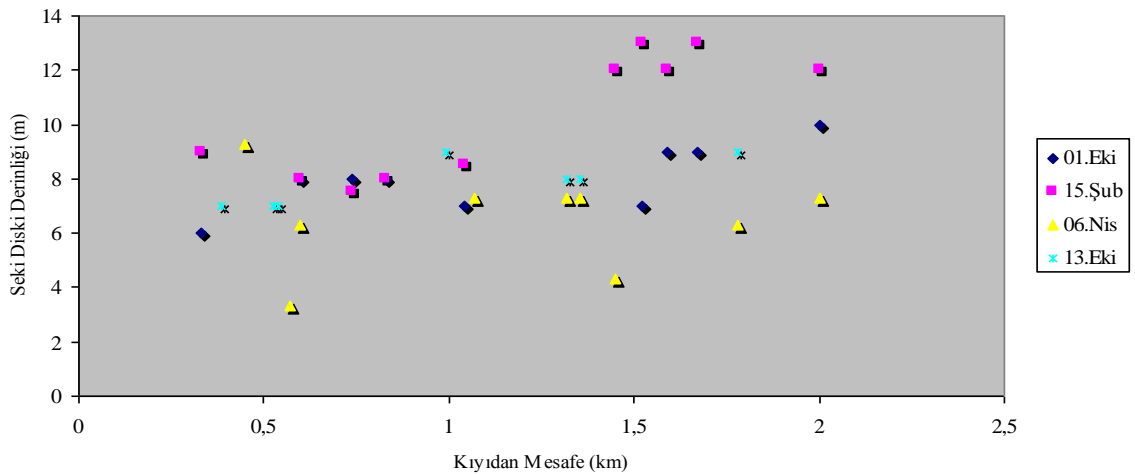
3.3. Sahada Yapılan Ölçümlerden Elde Edilen Sonuçlar

Söğütlü’de Ekim 2004 tarihinde seki diski derinlikleri kıydan 0,05 km uzakta bulunan S1 istasyonunda derinlikle eşit çıkmıştır. 0,463 km uzaktaki S3 istasyonunda 10 m ölçülmüştür. S4, S5 ve S7 istasyonlarında ise 11 m olarak bulunmuştur. 15 Şubat 2005 tarihinde kıydan 0,235 km uzakta 6,5 m, 0,415 km uzakta 8,5 m, 0,926 km uzakta 9 m, 1,481 km uzakta ise 11 m ölçülmüştür. Nisan 2005’deki seferde, seki diski derinlikleri, kıydan 0,207 km uzaktaki S1 istasyonunda 2,5 m, 0,519 km uzakta 5,5 m, 0,926 km uzakta ise 7 m olarak bulunmuştur. Ekim 2005’de kıydan 0,243 km uzaktaki ilk istasyonda 7,5 m, 0,463 km mesafede 6,5 m, 1,389 km uzakta 9,5 m olarak tespit edilmiştir. Söğütlü’de yapılan tüm seki diski ölçümleri Şekil 15’de verilmiştir.



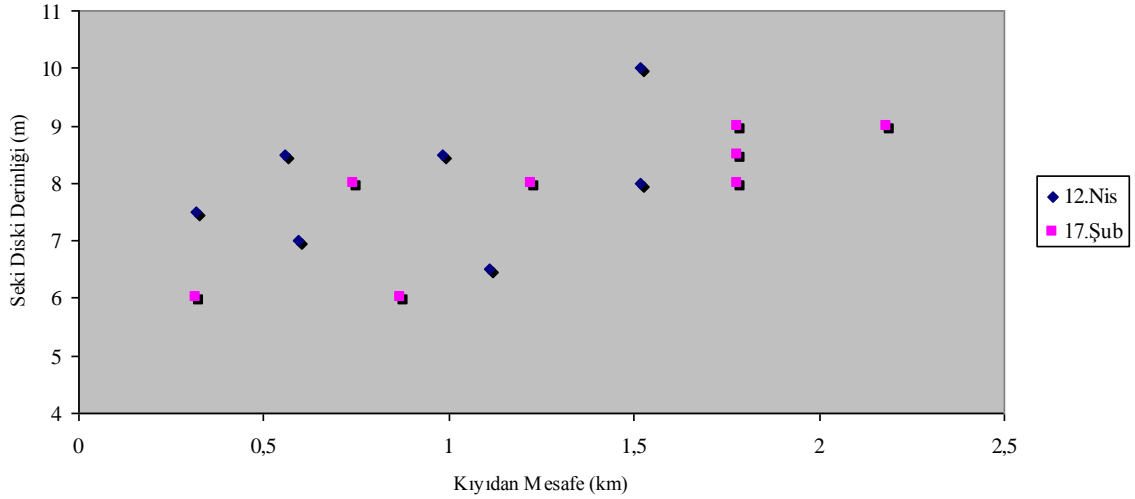
Şekil 15. Söğütlü için elde edilen seki diski derinliklerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Değirmendere’de Ekim 2004 seferinde kıyıdan 0,333 km uzaktaki D1 istasyonunda seki diski derinliği 6 m, D2 istasyonunda 8 m, 1,04 km uzaklıkta D3 istasyonunda 7 m, 1,67 km uzaktaki D7’de ise 9 ölçülmüştür. 15 Şubat 2005’de seki diski derinlikleri D1’de 9 m, 0,667 km uzaktaki D2 istasyonunda 8 m, 0,833 km uzakta 8 m, 1,59 km uzaklıktaki D7 istasyonunda 12 m bulunmuştur. Nisan 2005 Değirmendere seferinde, D1 istasyonunda 3,3 m, kıyıdan 0,593 km açıkta D4 istasyonunda 6,3 m, 1,315 km uzaklıkta 7,3 m, 1,796 km açıkta ise 6,3 m olarak tespit edilmiştir. 13 Ekim 2005’de, D1 istasyonunda 7 m, kıyıdan 0,976 km uzakta 9 m, 1,296 km uzakta ise 8 m ölçülmüştür. Değirmendere için tüm seki diski derinlikleri Şekil 16’da verilmiştir.



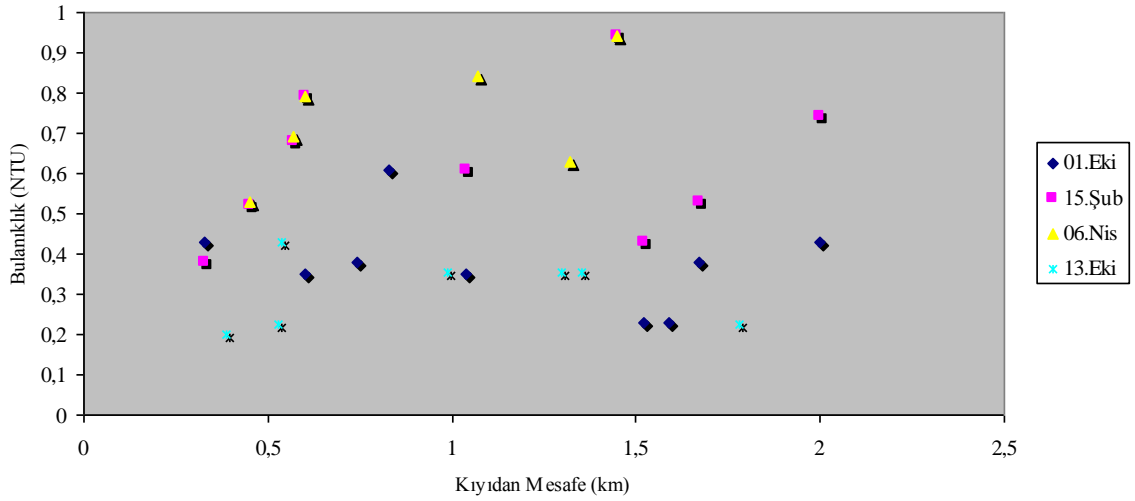
Şekil 16. Değirmendere için elde edilen seki diski derinliklerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Rize, Şubat 2005’de seki diski derinlikleri 0,315 km’deki R1 istasyonunda 6 m, 0,741 km uzaktaki R5 istasyonunda 8m, kıyıdan 1,778 km uzakta ise 9 m olarak ölçülmüştür. Nisan 2005 seferinde ise R1’de 7,5 m, R3 istasyonunda 8,5 m, 1,52 km uzaktaki R6’da ise 10 m bulunmuştur. Rize için tüm seki diski derinlikleri Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 17. Rize için elde edilen seki diski derinliklerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik

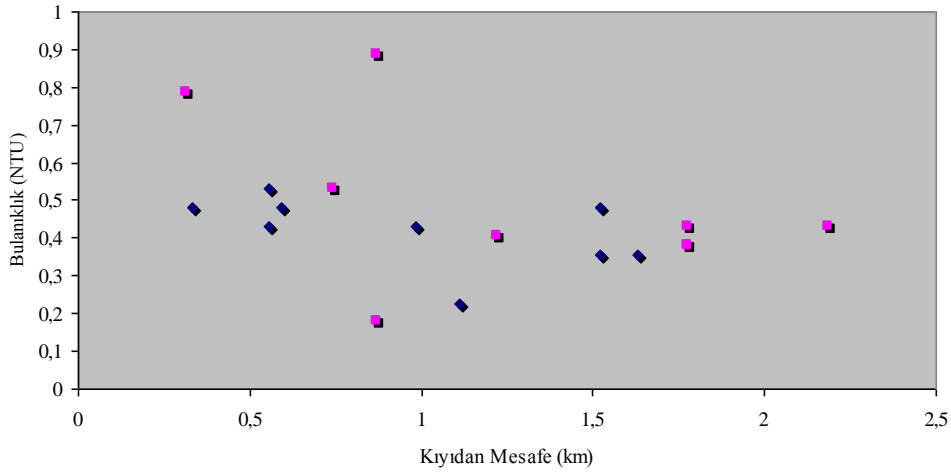
Bulanıklık Söğütlü’de Ekim 2004’de kıyıdan 0,15 km mesafede ve 15 m derinlikte 0,2 NTU, S3 istasyonu yüzeyde 0,17 NTU, 8 m derinlikte 0,22 NTU, S7 istasyonu 8 m derinlikte 0,353 NTU, 12,5 m derinlikte ise 0,23 NTU olarak tespit edilmiştir. Şubat ayında çıkılan seferde S1 istasyonunda 4 m derinlikte bulanıklık 0,58 NTU, S3 istasyonu 4 m’de 0,63 NTU, 12 m derinlikte ise 0,43 NTU, S5 istasyonunda 4 m derinlikte 0,48 NTU, kıyıdan 0,926 km uzaklıktaki S6 istasyonunda 2 m derinlikte 0,633 NTU, 8 m derinlikte 0,35 NTU, 30 m derinlikte 0,38 NTU, S7’de 4 m derinlikte 0,99 NTU olarak ölçülmüştür. 6 Nisan’daki seferde bulanıklık S1, 4 m derinlikte 0,58 NTU, kıyıdan 0,426 km uzaktaki S2’de 4 m derinlikte 0,84 NTU, deşarj noktasındaki S3 istasyonunda 4 m derinlikte 0,84 NTU, S6, 8 m derinlikte 0,69 NTU, S7, 4 m derinlikte 0,53 NTU olarak ölçülmüştür. Söğütlü için sahada ölçülen bulanıklık değerleri Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 19. Değirmendere için elde edilen bulanıklık değerlerinin kıyıdan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Değirmendere’de Şekil 19’da da görüldüğü gibi deşarj noktası olan 1 km mesafenin kıyıya doğru ya da açığa doğru uzağında bulanıklık değerleri yükseliş göstermiştir.

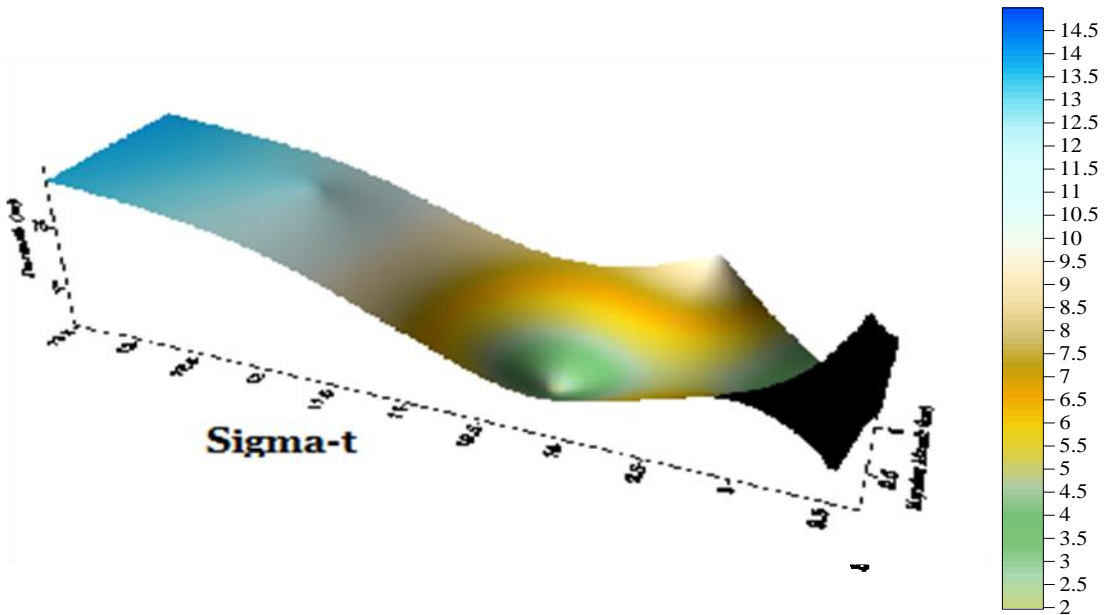
Rize ili için çıkılan ilk seferde Şubat 2005’de R1 kıyı istasyonunda yüzeyde 0,69 NTU, 12 m derinlikte 0,79 NTU, R2 istasyonu yüzeyde 0,74 NTU iken 12 m derinlikte 0,89 NTU, R3’de 4 m derinlikte 0,43 NTU, 12 m’de 0,41 NTU, R4, 8 m derinlikte 1,45 NTU, 20 m’de ise 0,53 NTU, R6 yüzeyde 0,43 NTU, 13 m derinlikte 0,38 NTU, R8 istasyonunda yüzeyde 0,43 NTU iken 14 m derinlikte 0,38 NTU olarak bulunmuştur. Nisan ayında kıyı istasyonu 4 m’de 0,58 NTU, 2. istasyonda 4 m derinlikte 0,43 NTU, 12 m’de ise 0,53 NTU, R3’de 4 m’de 0,61 NTU, 12 m’de 0,43 NTU, R4, 4 m’de 0,99 NTU, R6 istasyonu 12 m derinlikte 0,35 NTU, R8 istasyonu 12 m’de 0,48 NTU ölçülmüştür. Rize için bulanıklık değerleri Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 20. Rize için elde edilen bulanıklık değerlerinin kıydan mesafeyle değişimini gösteren grafik

Rize’de deşarj noktasından açığa doğru bulanıklık değerleri her iki sefer için de stabilken kıyıya doğru gözle görülür bir değer artışı vardır.

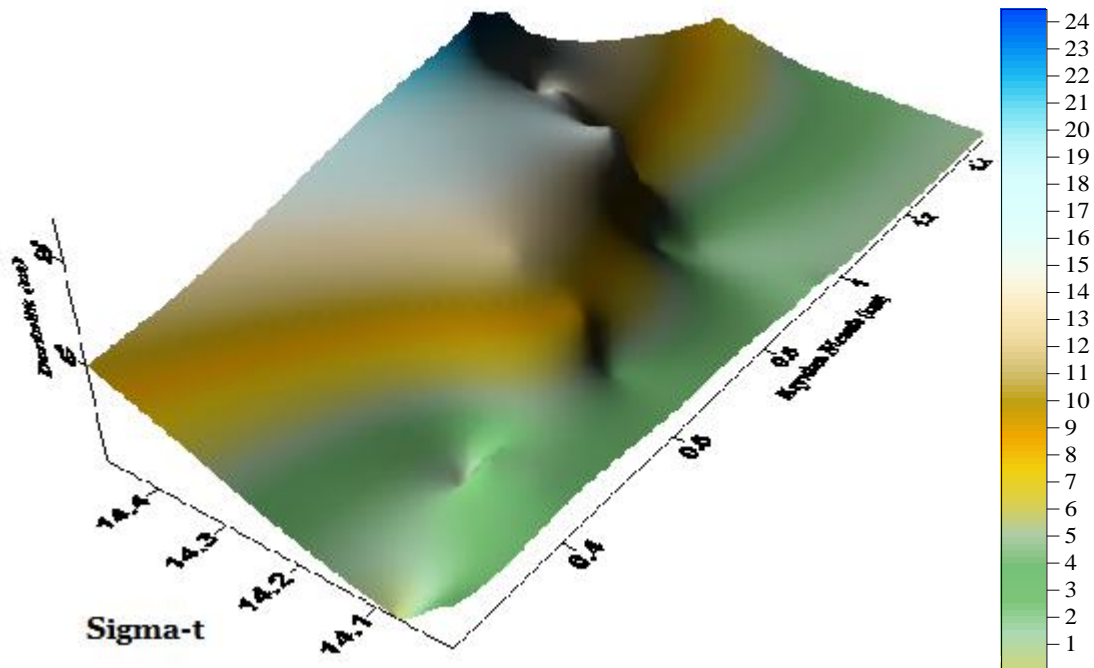
Söğütlü derin deniz deşarj hattına yapılan ilk seferde S2 istasyonunda sigma-t değeri 8 m derinlikte 8,46, 14 m derinlikte 8,48, S3 istasyonunda 2 m derinlikte 8,51, 8 m derinlikte 8,30, S4’de 2 m’de 10,2, 4 m’de 8,44, S5 istasyonunda 2 m’de 8,57, 10 m’de 9,41, S7’de 12 m derinlikte 11,97, 14 m derinlikte 14,48, S8’de ise 2 m derinlikte 8,48 değerlerine ulaşılmıştır. Yapılan bu seferde ulaşılan sigma-t değerlerinin derinlik ve kıydan mesafe ile değişimi Şekil 21’de verilmektedir.



Şekil 21. Söğütlü Ekim 2004 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

Sigma-t değerleri değarj noktasından kıyıya doğru bazı noktalarda yükseliş göstermektedir. Kıyıdan 0,83 km uzaklıkta değarj noktasının hemen yakınında 14,28 değeri görülmektedir.

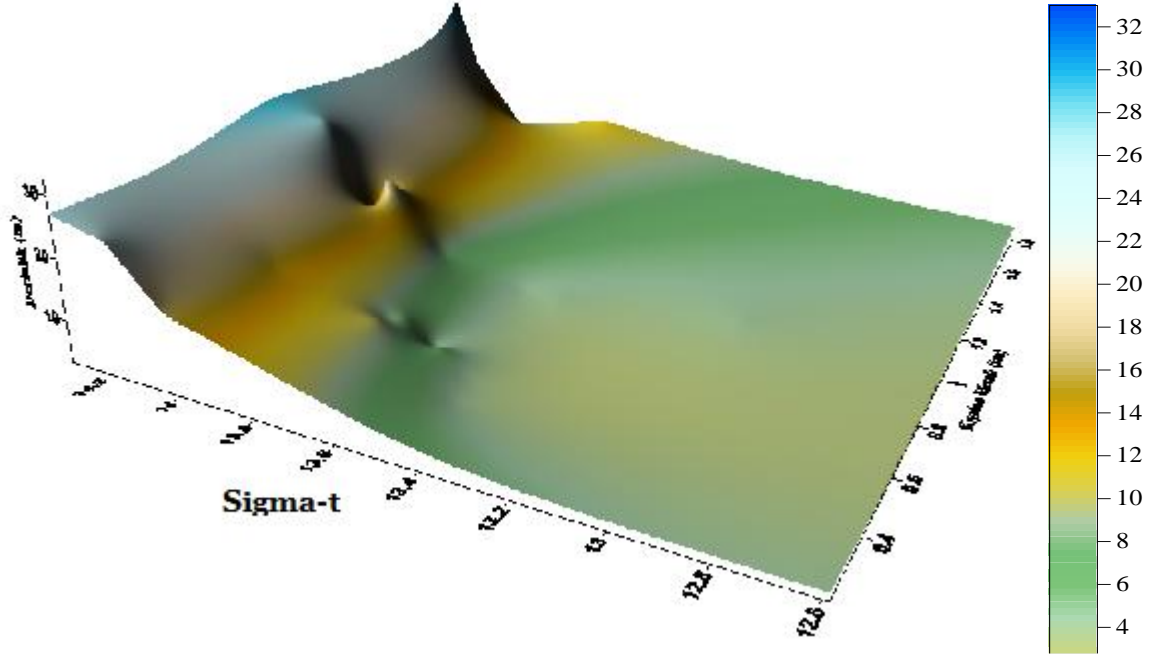
Şubat 2005 seferinde S1 istasyonu yüzeyde 12,97, 4 m'de 14,02, S3'de yüzeyde 14,05, 8 m'de 14,13, S5'de 4 m'de 14,05, S6'da 2 m derinlikte 14,18, 8 m'de 14,29, 22 m'de 14,46, S7 istasyonunda 4 m derinlikte 14,22, 20 m'de 14,46 değerleri bulunmuştur. Ulaşılan sigma-t değerlerinin derinlik ve kıyıdan mesafe ile değişimi Şekil 22'de verilmektedir.



Şekil 22. Söğütlü Şubat 2005 seferi için derinlik ve kıyıdan mesafe ile sigma-t değişimi

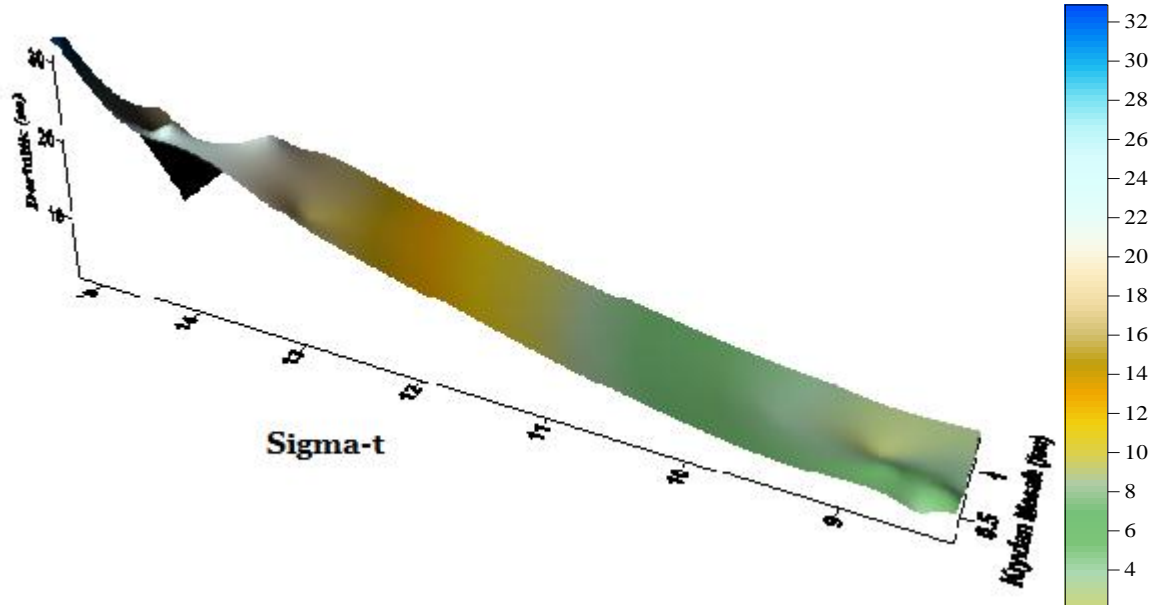
Burada sigma-t değerinde genel bir yükseklik ölçüm yapılan her mesafe ve derinlik için gözlemlenmektedir. Yine de en yüksek değerler değarj noktasının yakınında görülmekte fakat kıyıya doğru da yüksek değerler görülmeye devam etmektedir.

Nisan'da S1 istasyonu 4 m'de sigma-t değeri 12,59, 24 m'de 14,16, S2 4 m'de 13,45, S3 istasyonu 4 m'de 13,62, S4 yüzeyde 12,15, 8 m'de 13,72, S5 4 m derinlikte 13,74 iken 14 m'de 13,99, S6 4 m'de 13,49, 27 m derinlikte 14,13, S8 4 m'de 13,58, 12 m'de ise 13,98 olarak bulunmuştur. Ulaşılan sigma-t değerlerinin derinlik ve kıyıdan mesafe ile değişimi Şekil 23'de verilmektedir.



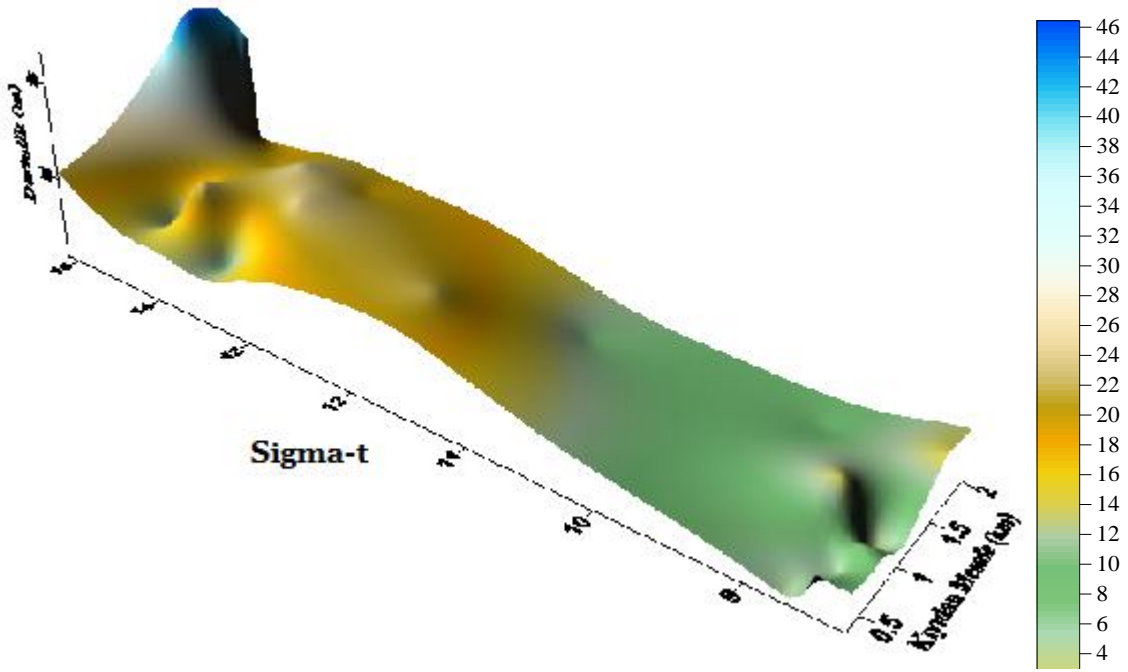
Şekil 23. Söğütlü Nisan 2005 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

Şekil 23’de sigma-t değerlerinin genel olarak yüksek oluşu Şubat ayında olduğu gibi devam etmektedir. Kıyıya doğru ya da açığa doğru bu değerlerde büyük bir değişim görülmemektedir. Ekim 2005 tarihindeki sefer sonucu ulaşılan sigma-t değerleri de Şekil 24’de verilmektedir.



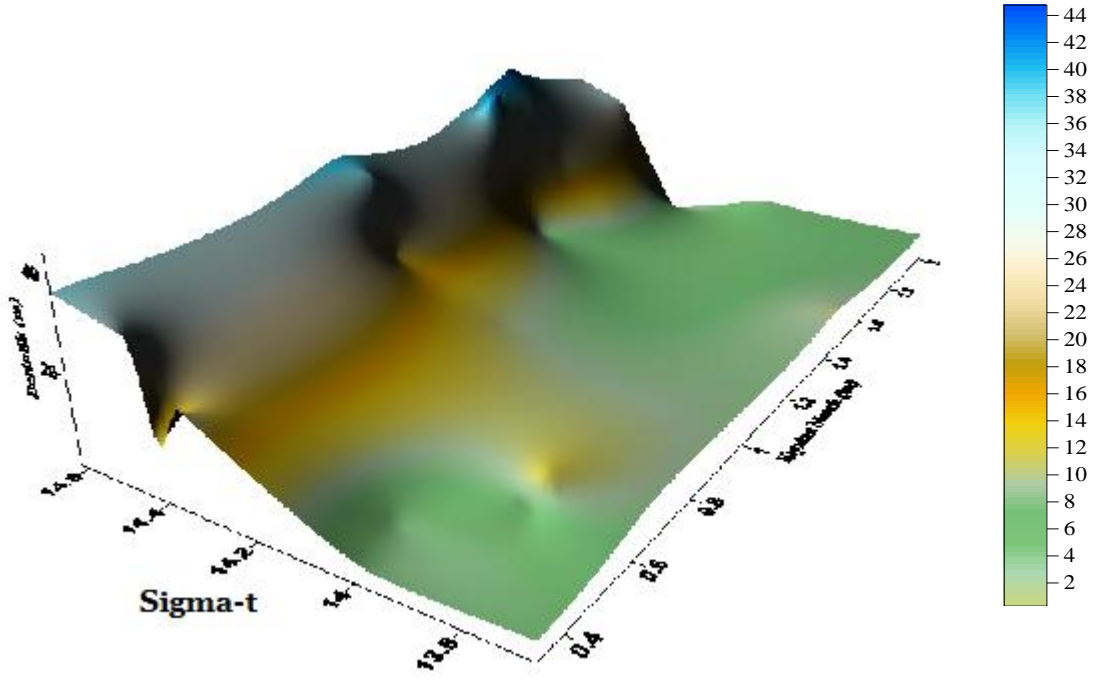
Şekil 24. Söğütlü Ekim 2005 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

Değirmendere, Ekim 2004 seferinde D1’de sigma-t yüzeyde 8,63, D2 4 m’de 8,59 iken 20 m derinlikte 12,78, D3’de 14 m’de 8,74, 20 m derinlikte 14,05, D5’de 10 m derinlikte 8,89, 18 m derinlikte 14,61, D6 4 m’de 14,51, 24 m’de 13,57, D7 8 m derinlikte 9,17, 22 m’de 14,7 olarak tespit edilmiştir. Yapılan seferde ulaşılan sigma-t değerlerinin derinlik ve kıyıdan mesafe ile değişimi Şekil 25’de verilmektedir.



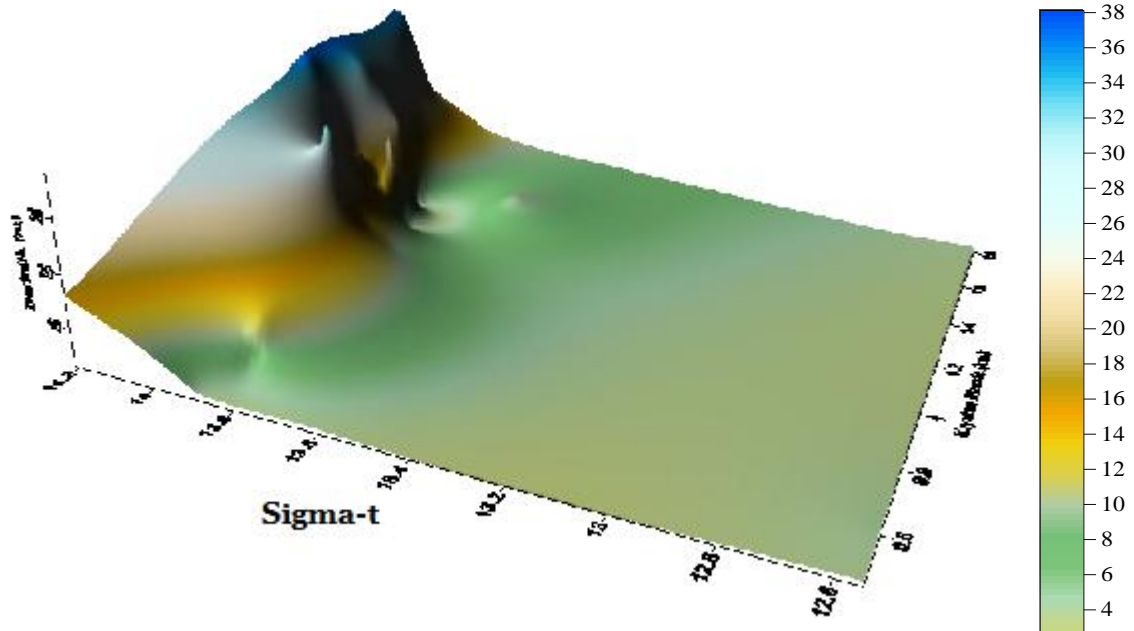
Şekil 25. Değirmendere Ekim 2004 seferi için derinlik ve kıyıdan mesafe ile sigma-t değişimi

15 Şubat’ta sigma-t D1 istasyonunda 4 m derinlikte 13,97, 22 m’de 14,35, D3 istasyonunda 2 m’de 14,38, 16 m derinlikte 14,43, D6’da 6 m derinlikte 14,29, 27 m’de 14,49, D8 istasyonunda ise 10 m derinlikte 14,33, 35 m derinlikte 14,53 olarak bulunmuştur. Yapılan seferde ulaşılan sigma-t değerlerinin derinlik ve kıyıdan mesafe ile değişimi Şekil 26’da verilmektedir.



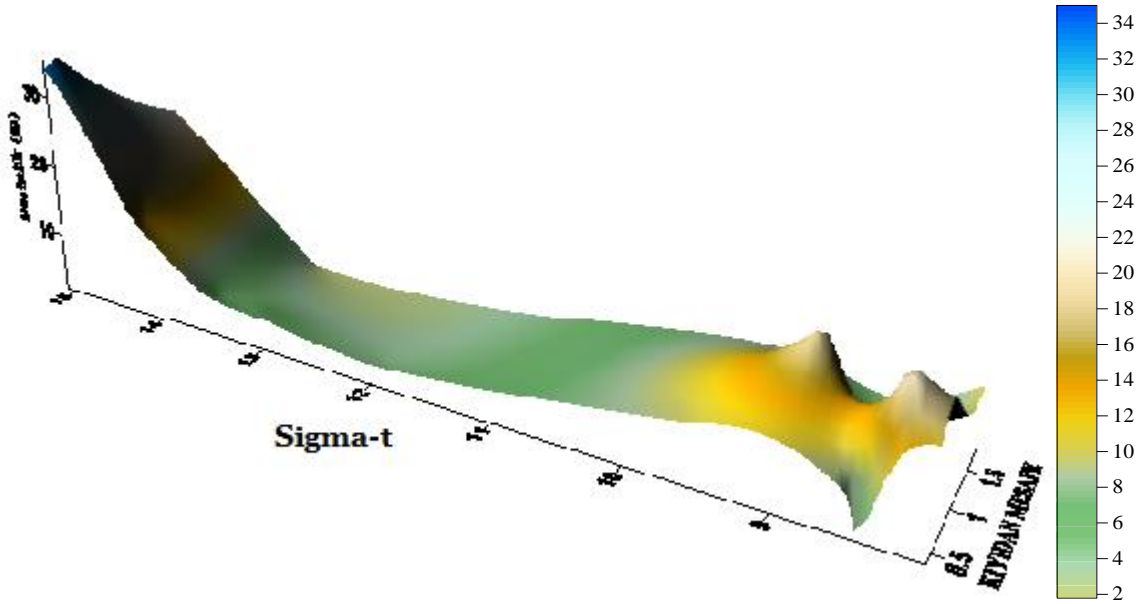
Şekil 26. Değirmendere Şubat 2005 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

6 Nisan seferinde D2 istasyonunda 6 m derinlikte 13,83, D3’de 4 m’de 13,18, 20 m’de 13,98, D4 istasyonunda 12 m derinlikte 13,83, D6’da 4 m’de 12,83, 25 m’de ise 14,16 sigma-t değerlerine ulaşılmıştır. Yapılan seferde ulaşılan sigma-t değerlerinin derinlik ve kıydan mesafe ile değişimi Şekil 27’de verilmektedir.



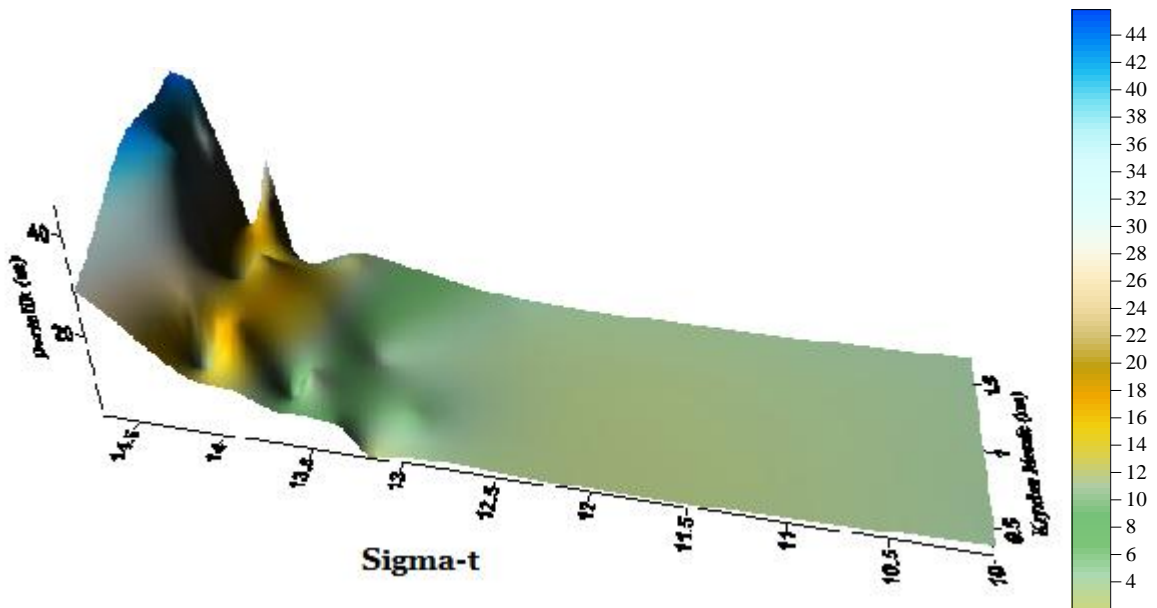
Şekil 27. Değirmendere Nisan 2005 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

13 Ekim 2005 tarihindeki sefer sonucu ulaşılan sigma-t değerleri de Şekil 28’de verilmektedir.



Şekil 28. Değirmendere Ekim 2005 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

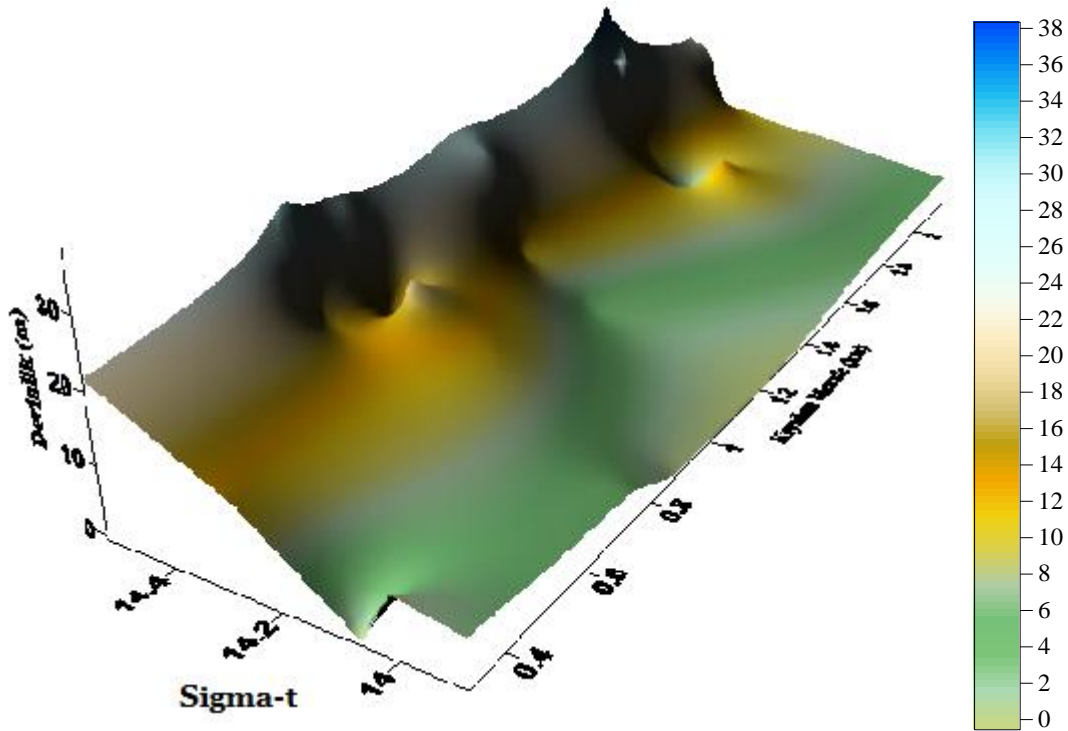
Rize iline yapılan seferlerin ilkinde, R1 8 m derinlikte 14,01, 12 m’de 14,27, R2 yzeyde 13,90, 12 m’de 14,24, 25 m’de 14,49, R3 istasyonunda 6 m derinlikte 14,2, 25 m’de 14,45, R4 8 m’de 14,43, R5 yzeyde 14,19, 16 m’de 14,48, R6 yzeyde 14,18, 12 m’de 14,47, 20 m derinlikte 14,45, R7 14 m’de 14,25, R8 4 m derinlikte 14,33, 27 m’de 14,51 sigma-t değerleri ölçmüştür. Rize için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi Şekil 29’da görülmektedir.



Şekil 29. Rize Şubat 2005 seferi için derinlik ve kıydan mesafe ile sigma-t değişimi

Şekilde de görüldüğü gibi deşarj noktasına yakın kıyıdan 1,222 km mesafede değer farklı derinliklerde 14,25 ile 14,45 arasında değişmektedir. Kıyıya yakın istasyonlarda ise yine 14 değerinden düşük değerlere çok fazla rastlanmamıştır.

12 Nisan seferinde yapılan ölçümlerde sigma-t değerleri R1 istasyonu 4 m'de 13,38, R2 4 m'de 13,89, 12 m'de 14,10, 20 m'de 13,97, R3'de 4 m derinlikte 13,33, 12 m'de 13,61, 20 m'de 14,03, R4 4 m'de 12,71, 8 m'de 13,36, 20 m'de 14,03, R6 8 m'de 13,27, 20 m'de 14,33, R7 4 m'de 14,05, 12 m'de 14,33, R8 8 m'de 14,23, 12 m'de 13,62 olarak bulunmuştur. Derinlik ve kıyıdan mesafe ile sigma-t değişimi Şekil 30'da görülmektedir.

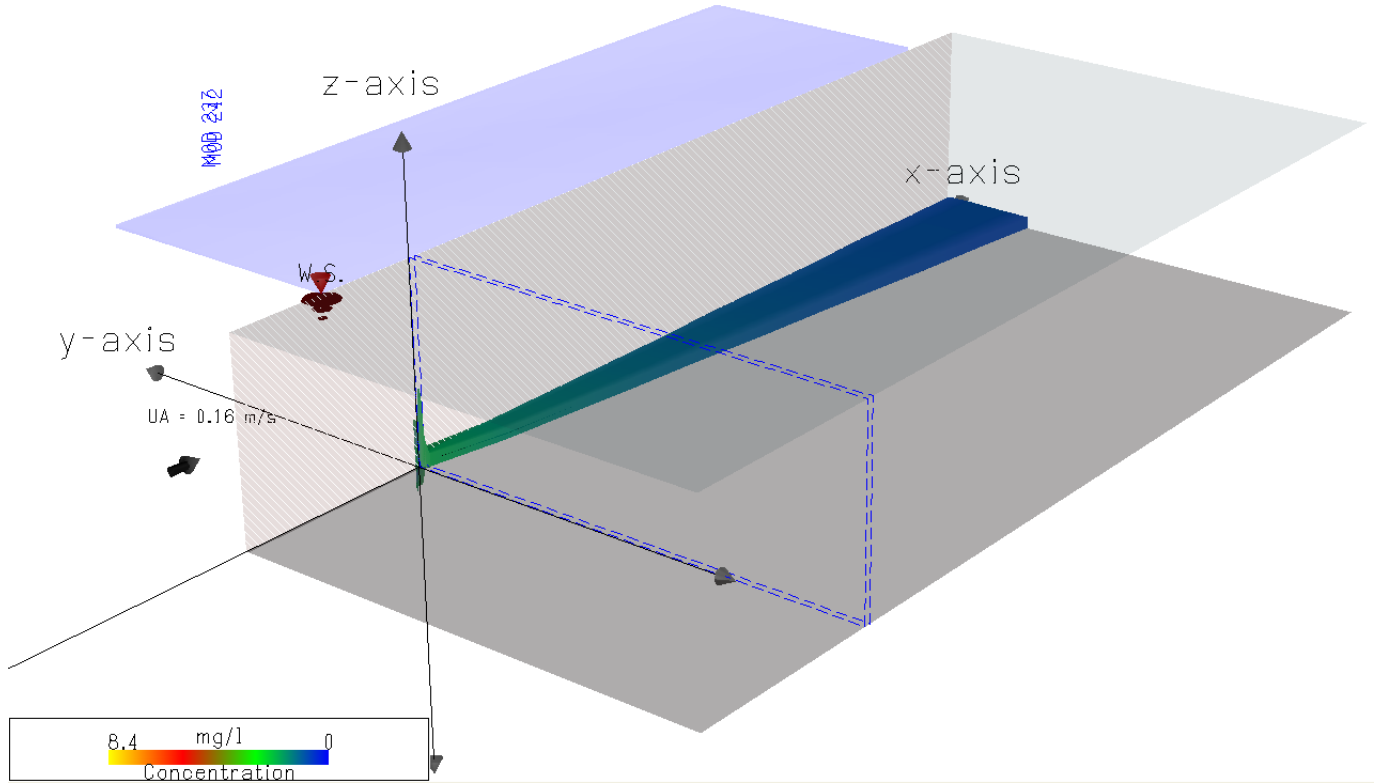


Şekil 30. Rize Nisan 2005 seferi için derinlik ve kıyıdan mesafe ile sigma-t değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi deşarj noktasına yakın mesafede sigma-t değerleri diğer bölgelere nazaran her derinlikte daha yüksektir. Bu durum deşarj noktasında açıkta da gözlemlenmektedir. Kıyıda da 14 değerinden çok da düşük değildir.

3.4. CORMIX 2 ile Elde Edilen Sonuçlar

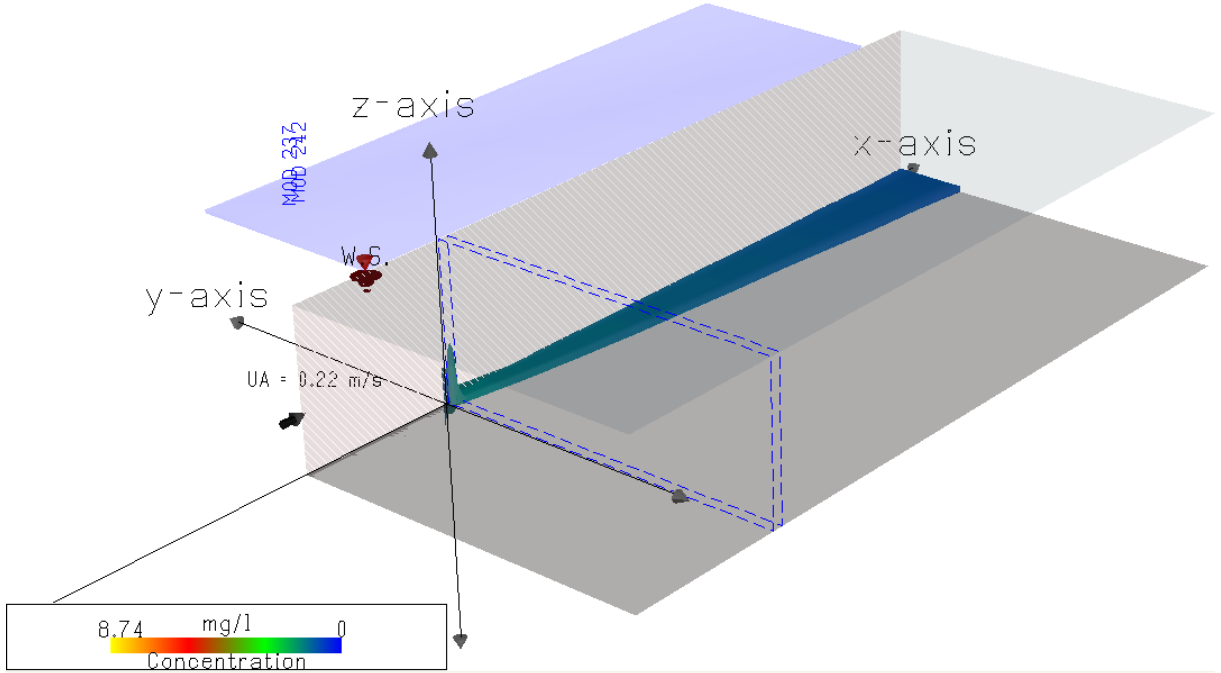
Yapılan çalışma sırasında alınan ortam verileri CORMIX 2'nin çalıştırılması için kullanıldı. Söğütlü için eldeki verilerle çalıştırılan programda deşarj noktasında atığın 4-5 m'ye kadar yükseldiği ve yüksek konsantrasyonun 1,2 km uzağa kadar devam ettiği görülmektedir. Söğütlü için modelden alınan sonuç 3 boyutlu olarak Şekil 31'da görülmektedir.



Şekil 31. Söğütlü için CORMIX'in verdiği atığın yayılımı ve konsantrasyonunun üç boyutlu görünümü

Söğütlü deşarj hattı için deşarj borusu ve difüzör görünümü Ek Şekil 1'de. CORMIX'in verdiği konsantrasyonla ilgili diğer görsel sonuçlar Ek Şekil 2-3-4-5-7'de görülmektedir. Seyrelme değerleri 44,53 m'de 10,3 iken 2000 m'de 29,3 olarak CORMIX tarafından hesaplanmıştır. Yakın alan etrafındaki kirletici konsantrasyonunun 0,8173 mg/l, plum yarı genişliğinin 79,54 m, kalınlığının ise 0,96 m olduğunu hesapladı. Seyrelme ile ilgili görsel sonuçlar Ek Şekil 6 ve 8'de görülmektedir.

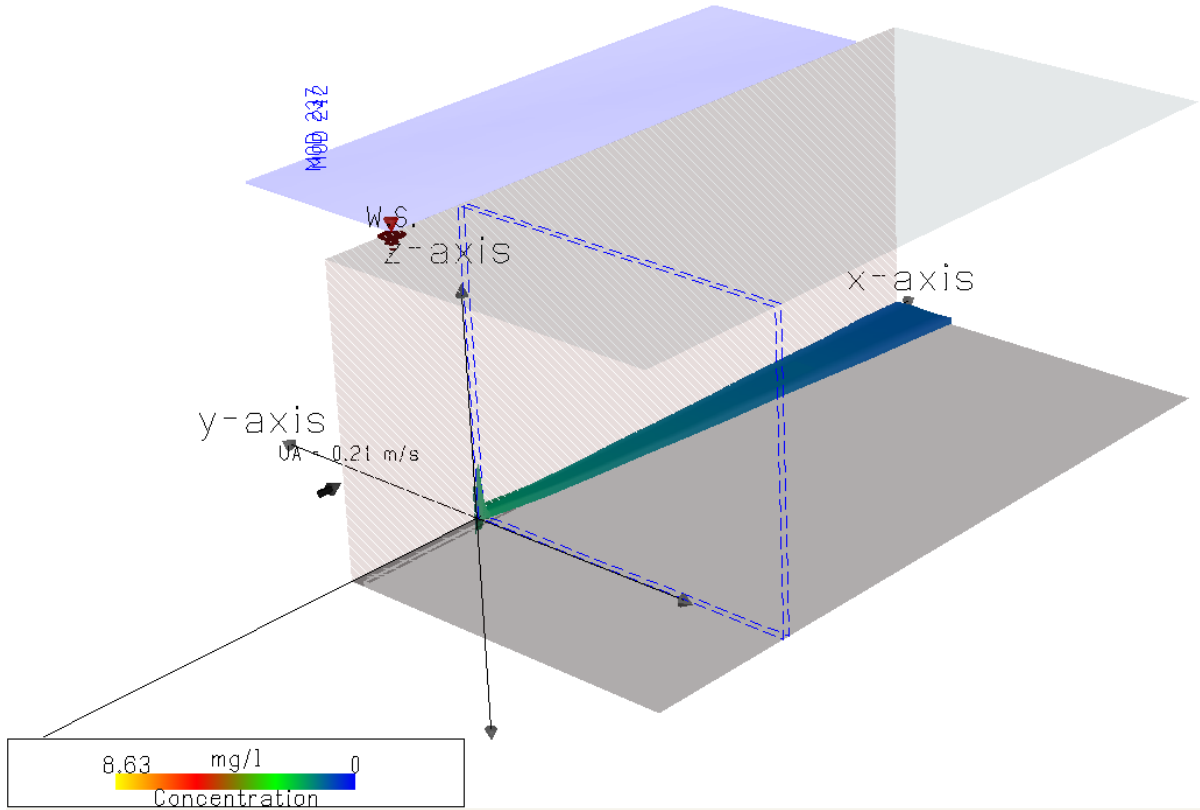
Değirmendere için çalıştırılan CORMIX 2, atığın çok fazla yükselmediğini ve konsantrasyon değerinin deşarj noktasından 2 km mesafeden itibaren azaldığını göstermektedir. Konsantrasyon değerlerinin genel dağılımının CORMIX’de 3 boyutlu gösterimi Şekil 32’deki gibidir.



Şekil 32. Değirmendere için CORMIX’in verdiği atığın yayılımı ve konsantrasyonunun üç boyutlu görünümü

Değirmendere deşarj hattı için deşarj borusu ve difüzörün CORMIX görünümü Ek Şekil 9’da görülmektedir. CORMIX tarafından oluşturulan konsantrasyon değerlerinin görünümü Ek Şekil 10-11-12-13 ve 15’de verilmektedir. Seyrelme değerleri CORMIX’in verdiği raporda 38,82 m uzakta 18,3 iken 2000 m’de 59,5’e kadar artmıştır. Yakın alan etrafındaki kirletici konsantrasyonunun 0,4785 mg/l, plum yarı genişliğini 60,15 m, kalınlığını 1,55 m olarak hesapladı. Bu seyrelme değerlerinin görsel ifadesi Ek Şekil 14 ve 16’da görülmektedir.

Rize ili için eldeki verilerle çalıştırılan CORMIX 2, atığın çıkış noktasında 1,5-2 m kadar yükseldiğini ve ardından çıkış noktasından 1,25 km açıktan itibaren konsantrasyon değerinin daha yoğun bir azalışa geçtiğini göstermektedir. Bu durumun 3 boyutlu gösterimi Şekil 33’de görülmektedir.



Şekil 33. Rize için CORMIX'in verdiği atığın yayılımı ve konsantrasyonunun üç boyutlu görünümü

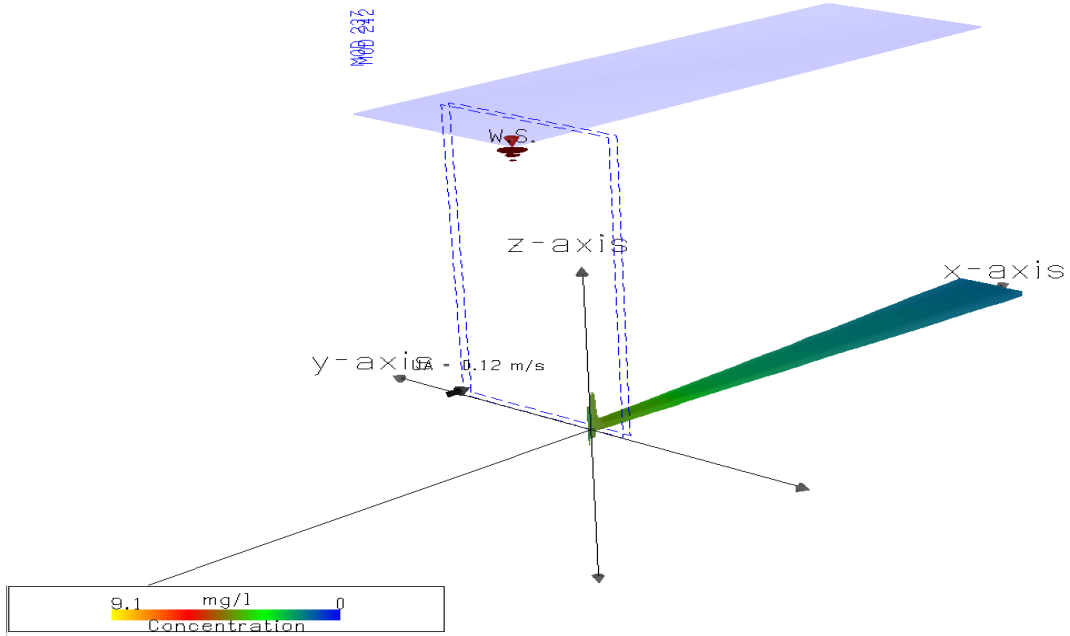
Rize deşarj hattı için deşarj borusu ve difüzörlerin görünümü Ek Şekil 17'de verilmektedir. Seyrelme değerleri 2,028 km açıktaki 40,6 olarak bulundu. Raporda yakın alan bölgesi koşullarında kirlilik konsantrasyonu 0,7123 mg/l, yakın alan plüm yarı genişliği 59,41 m ve kalınlığı 1,17 m olarak verildi. Seyrelme ile ilgili şekiller Ek Şekil 18-19-20-21-22-23 ve 24'de verilmektedir.

3.5. Farklı Değerler İçin CORMIX Denemeleri

CORMIX, Söğütlü, Değirmendere ve Rize derin deniz deşarj hatları için farklı değerlerle çalıştırılmıştır.

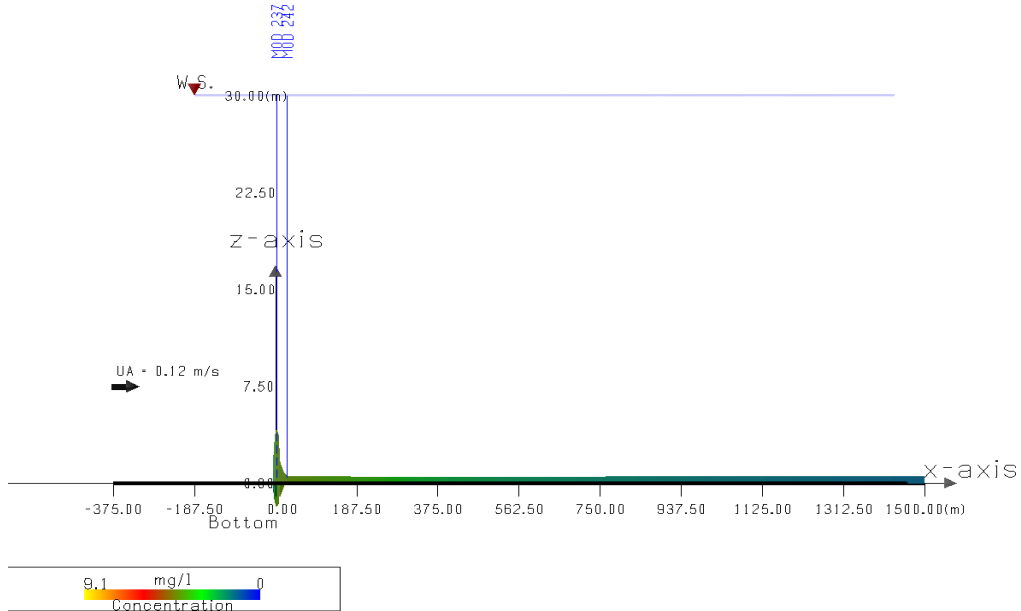
Söğütlü için deşarj derinliği 30 m'ye çıkarılmıştır. Derinliğin değişmesi ile dip yoğunluğu 1014,127, yüzey yoğunluğu 1004,735 olarak değişti. Boru yüksekliği 0,3 m, boru çapı 0,1 m, akış hızı 1,3 m³/s, yoğunluk 14,12 sigma-t, difüzör boyu 32 m, toplam hat

uzunluğu 1232 m, atık konsantrasyonu 9,1, hız 0,12 m/s olarak değiştirildi. Sonuçta atığın yayılımı 3 boyutlu olarak Şekil 34’de görülmektedir.



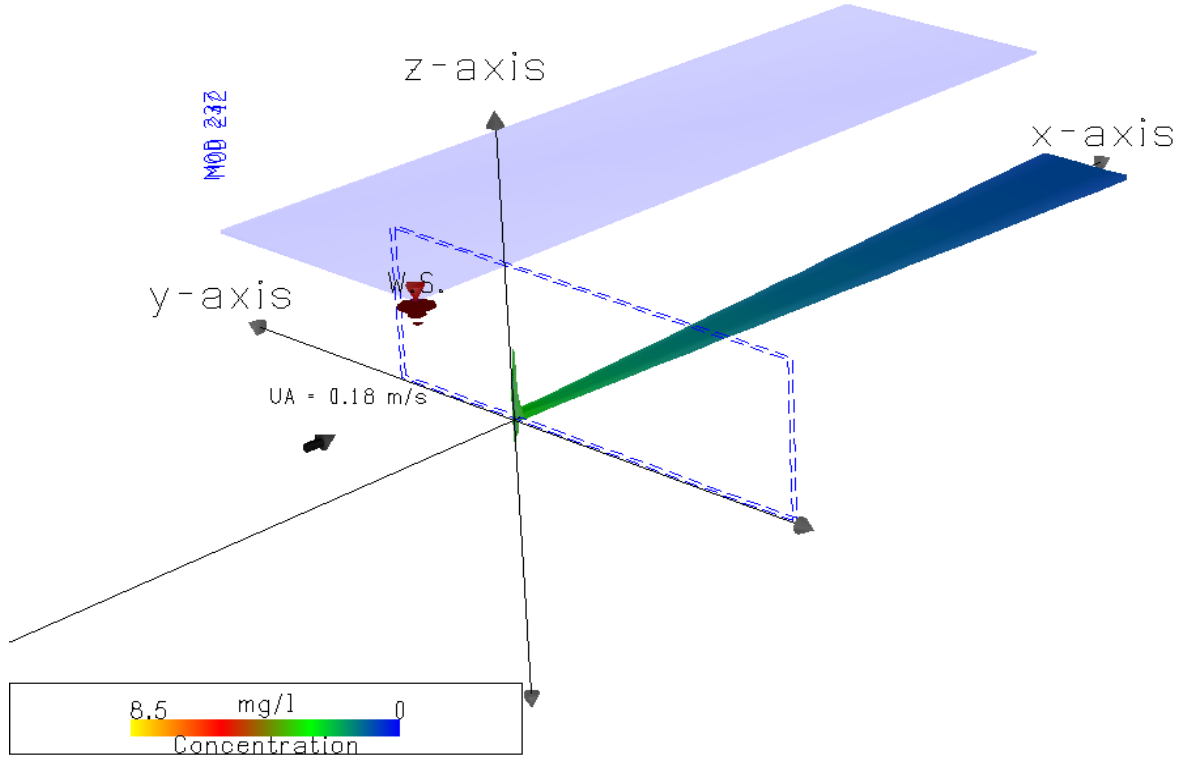
Şekil 34. Söğütlü için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX’in verdiği konsantrasyon dağılımı

Atığın daha yakın mesafeden ne derece yükseldiği ve çökmeye başladığı Şekil 35’de CORMIX’in çizdiği şekilde görülmektedir.



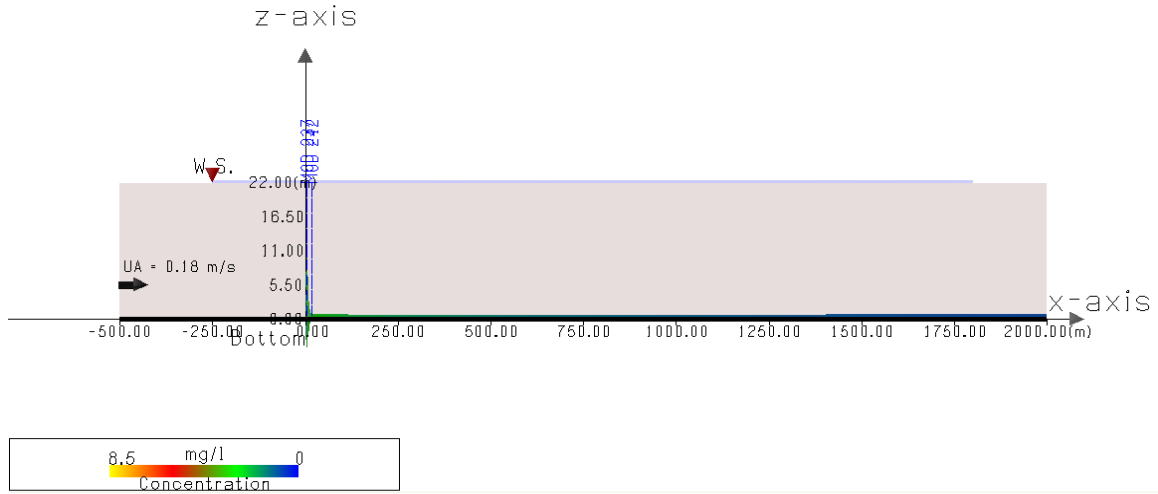
Şekil 35. Söğütlü için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX’in verdiği konsantrasyon değişimi

Değirmendere için derinlik ve deşarj derinliği 37 m'den 22 m'ye düşürüldü. Bu derinlikteki dip yoğunluğu 1012,779, yüzey yoğunluğu ise 1009,63 olarak girildi. Atığın akış hızı $1 \text{ m}^3/\text{s}$, konsantrasyonu 8,5, yoğunluğu 12,778 sigma-t alındı. Difüzör uzunluğu 40 m, boru toplam boyu 600 m, boru yüksekliği 0,4 m, boru çapı ise 0,1 m olarak değiştirildi. Konsantrasyon değişimi 3 boyutlu olarak Şekil 36'de görülmektedir.



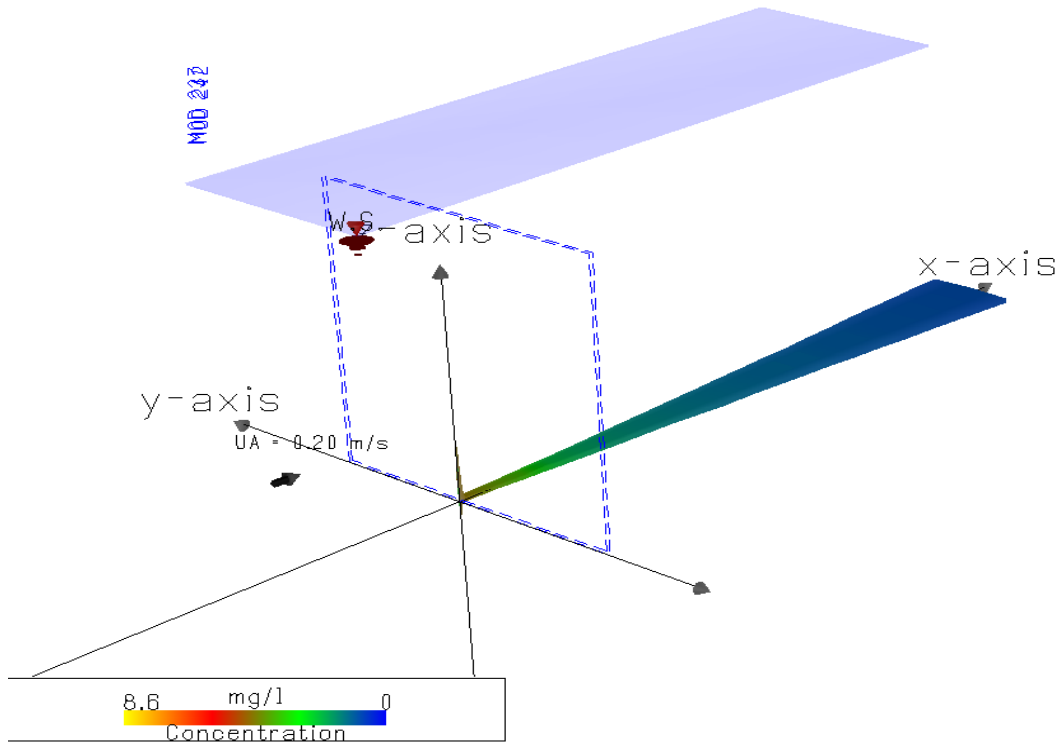
Şekil 36. Değirmendere için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi

Atığın daha yakın mesafeden ne derece yükseldiği ve çökmeye başladığı Şekil 37'de CORMIX'in çizdiği şekilde görülmektedir.



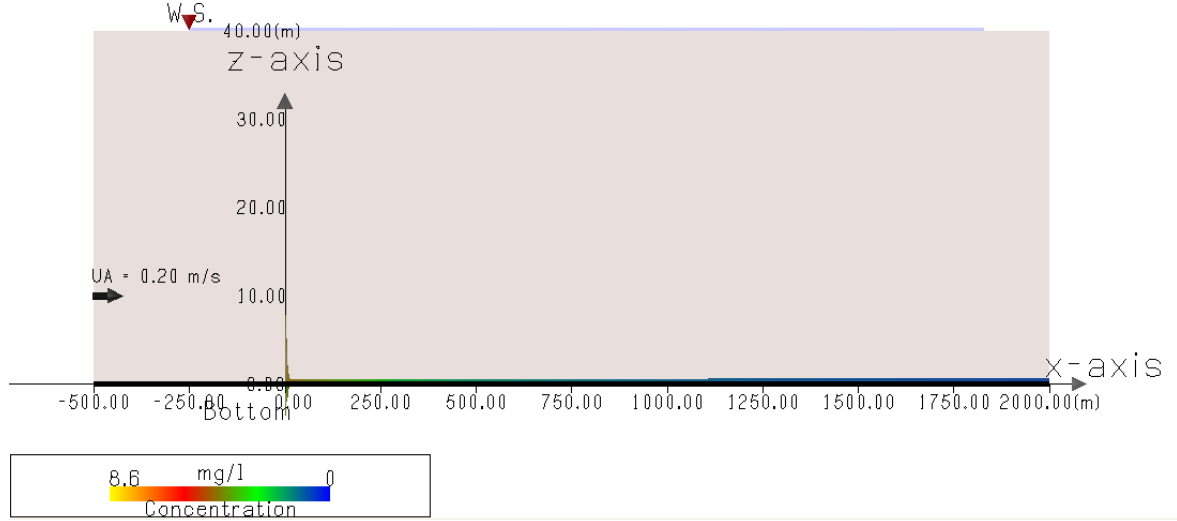
Şekil 37. Değirmendere için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi

Rize derin deniz deşarj hattı için ise, derinlik 40 m'ye düşürüldü. Dip yoğunluğu 1014,515, yüzey yoğunluğu 1003,791 değerlerine değişti. Hız 0,2 m/s, atık debisi $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ konsantrasyon 8,6, boru çapı 0,15 m, difüzör 44 m, boru uzunluğu 870 m olarak kullanıldı. Elde edilen konsantrasyon değerlerinin değişimi 3 boyutlu olarak Şekil 38'de görülmektedir.



Şekil 38. Rize için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon sonuçları

Atığın daha yakın mesafeden ne derece yükseldiği ve çökmeye başladığı Şekil 39'de CORMIX'in çizdiği şekilde görölmektedir.



Şekil 39. Rize için varsayılan değerlerle çalıştırılan CORMIX'in verdiği konsantrasyon değişimi

4. İRDELEME

Bu çalışma Trabzon ve Rize illerinde, evsel atık suların çevreye en az zararı vererek elimine edilmesine yönelik hizmete sokulan derin deniz deşarj sistemlerinde yürütülmüştür. Trabzon ili sınırları içerisindeki Söğütlü, Değirmendere deşarj hatları difüzörleri ile birlikte aktif halde ve Rize ilinde sadece aktif olan merkez derin deniz deşarj hattı çalışmaya dâhil edilmiştir. Çıkkılan seferler sonrasında belirlenen 9'ar istasyondan elde edilen ortam verileri CORMIX 2 programının çalıştırılmasında temel alınmıştır. Her örneklemeden alınan su numunelerinde pH, askıda katı madde, fosfat ve nitrat tayinleri de su kalitesi konusundaki durum ve model girdileri için ışık tutmuştur. Ayrıca bize modelden elde edilen sonuçlarla gerçek deniz ortamı yayılım değerlerini karşılaştırma şansı vermiştir.

Elde ettiğimiz fosfat ve nitrat değerlerini yorumlarken dikkate alınan kriter Resmi Gazete'de yayınlanan değerlerdir. Çevre ve Orman Bakanlığı 31.12.2004 tarih ve 25688 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde 1. kalite su su tanımında nitrat 5 mg/l, fosfat 0,02 mg/l, 2. kalite su tanımında nitrat 10 mg/l, fosfat 0,16 mg/l, 3. kalite su tanımında nitrat 20 mg/l, fosfat 0,65 mg/l olarak verilmiştir. 1. sınıf su yüksek kaliteli, 2. sınıf su az kirlenmiş, 3. sınıf su ise kirli su olarak tanımlanmaktadır. Değerlerin ötrofikasyona sebep olmayacak düzeyde olması gerektiği belirtilmektedir (Resmi Gazete, 2004).

Söğütlü derin deniz deşarj hattında yapılan çalışmanın sonucunda, 2004 ve 2005 yıllarının Ekim aylarında bulunan fosfat değerlerinin derinliklere bağlı olarak küçük değişiklikler gösterse de, özellikle kıyıya yakın alanlarda 1. kalite su tanımındaki sınırları aşmadığı görülmüştür. Nisan ayında ise yine sınır 0,16 mg/l'ye ulaşmadığından 1. kalite su olarak tanımlanmıştır. Ancak diğer aylara göre Şekil 12'de görüldüğü gibi bir yükselme kaydedilmiştir. Bu bölgelerde, özellikle deşarj noktasında, akıntının kıyı yönlü olması bu duruma sebep olabilir. Ayrıca kıyıya yaklaştıkça akıntı hızının düşük olması da bir etkidir. S1 istasyonunda kıyı yönünde 20 m derinlikte 12 cm/s, yüzeyde 18 cm/s, S2 istasyonunda yine kıyıya doğru 23 cm/s hızında akıntılar ölçülmüştür.

Söğütlü'de Şekil 15 ve Şekil 18'i karşılaştırdığımızda, bulanıklık arttığında seki diskinin görünürlüğü azalacağından, bulanıklık değerlerinin arttığı noktalarda seki diski

derinliğinin düştüğü görülmektedir. Özellikle Nisan ayı sonuçlarında bu bulanıklık ve seki diski derinlikleri arasındaki uyum fark edilmektedir.

Sigma-t değerlerinde Ekim 2004 ve Ekim 2005’de diğer seferlere göre düşüş olduğu görülmüştür. Derinliklere göre farklılık gösterse de özellikle yüzeye bakıldığında, ağırlık 8 gibi düşük değerlerde olmak üzere 8 -11 aralığı tespit edilmiştir. Fakat Şubat 2005 ve Nisan 2005 seferlerinde yüzeyde 12 - 14 aralığı görülmüştür. Eldeki akıntı değerlerine bakıldığında kısmen Ekim 2004 ve 2005’e göre daha düşük hızda olduğu görülmüştür. Sigma-t değerinin daha yüksek ve dar aralıkta değişiyor olması bu değişkene bağlı olabilir. Ek Şekil 2 ve 3’de görülen CORMIX 2’den elde edilen şekillere bakıldığında da bizim sonuçlarımızla örtüştüğü, deşarj noktasından açığa doğru gidildikçe konsantrasyon değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Atığın deşarj edildiği noktada, ilk çıkış anında yayılma seyrelme henüz yoğun şekilde gerçekleşmeye başlamadığından dipte, bu değerlerin yüksekliği gözlenmiştir. Söğütlü için alınan model sonuçlarında ilk etapta deşarj noktasında 3,5-4 m’ye kadar bir yükselme söz konusudur. Daha sonra normal düzeye inen atık konsantrasyon değeri azalarak yayılmaktadır. Seyrelme değerleri 44,53 m’de 10,3 iken 2000 m’de bu değer 29,3 olduğu görülmektedir.

Ortam koşulları ve proje verilerinden bazılarının değişimi ile oluşacak farklılıkları test etmek amacı ile Söğütlü için varsayımlara dayalı olarak çalıştırdığımız CORMIX 2’nin bize verdiği sonuçlar da deşarj derinliği, atık konsantrasyonunun arttırılmış ve ortam hızı düşürülmüş, debi arttırılmış olduğu durumda yükselmenin daha az olduğu, çökmenin daha fazla olduğu görülmüştür. Atığın daha dip bölgede hapis olduğu söylenebilir. Deşarj derinliğinin arttırılması ve ortam hızının düşürülmesi yüzeye çıkmayı engelleyici sebepler olabilir. Bu tür değer değişiklikleri kullanılarak değişken akıntı ve diğer değerlerin atığın yayılımı yönündeki etkileri tespit edilebilir.

Değirmendere derin deniz deşarj hattında yapılan çalışmada elde edilen fosfat değerlerinin Şubat ve Ekim 2005 seferlerinde, kıyıya doğru, kirli su kriterlerine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Fosfat değerinin yüksek olmasının nedeni, kıyıya yakın tarım arazilerinin ilaçlanması ve yağmur suları ile ilaç atıklarının denize ulaşması olabilir. Bunun yanında Boran ve Karaçam 1996 yılında yaptıkları çalışmada Değirmendere’nin fosfat içeriğini 0,09-0,19 mg/l ve yılda Karadeniz’e taşıdığı fosfat miktarını da 45,18 ton olarak belirtmişlerdir (Boran vd., 2004). Bu durum Değirmendere’nin denizle buluştuğu kesimlerde fosfat değerinin yüksek çıkmasına sebep olabilir. Derin deniz deşarj projeleri

hazırlanırken bu gibi faktörlerin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Ölçülen nitrat değerleri de sınır değerlere ulaşmadı. 0,01 mg/l<-1,2 mg/l aralığında kalmıştır.

Elde edilen seki diski derinlikleri ve bulanıklık değerleri Şekil 16 ve Şekil 19'da görüldüğü gibi birbiriyle uyumludur. Tüm seferlerde genel görünüm seki diski derinliğinin azaldığı bölgelerde bulanıklık değerlerinin yüksek çıkmasıdır.

Ekim 2004 ve Ekim 2005 seferlerinde bulunan sigma-t değerleri Nisan 2005 ve Şubat 2005 seferlerine göre düşük değerlerdir. Yüzeye baktığımızda Ekim 2004'de 8,38-14,28 aralığında, Ekim 2005'de ise 8,04-13,54 aralığında değiştiği görülmüştür. Nisan ayında ise özellikle deşarj noktasına yakın yerlerde, tüm değerler 12,55-14,37 aralığında, Şubat ayında ise 13,83-14,90 aralığında değişti. Bu durum Ekim ayında, deşarj noktasını örnek olarak alırsak, akıntı değerlerinin 8 m derinlikte 52 cm/s, 20 m derinlikte 35,69 cm/s, Nisan ayında ise 10 m derinlikte 25 cm/s, 16 m derinlikte 22 cm/s olması ile açıklanabilir. Akıntı değerlerinin yüksek olması seyrelmeyi kolaylaştırabilir.

Değirmendere için deşarj derinliği, ortam akış hızı, atık yoğunluğu, konsantrasyon, debi azaltılarak CORMIX 2 deneme amaçlı çalıştırıldığında atık yoğunluğu daha düşük olduğu için yüzeye doğru 7,5 m-8 m arası bir yükselme ve seyrelerek çökme gözlenmiştir. İlk deşarj noktasında ileriye doğru fazla bir yayılım görülmedi. Gerçek değerlerle çalıştırdığımızda deşarj noktasındaki konsantrasyonun daha düşük olduğu, yüzeye 10 m kadar bir yükseliş olduğu, yayılımın daha fazla seyrelerek gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Alınan su numuneleri üzerinde yapılan analizlerde Rize deşarj hattında kıyıda yaklaşık 300 m uzaktaki R1 ve kıyıda yaklaşık 700 m uzaktaki R2 istasyonlarında fosfat değerleri 2,7 mg/l'nin üzerinde çıkmıştır. Sonraki uzaklıklarda bu değer maksimum 0,9 mg/l'ye kadar yükselmiştir. Bu değerler bölgeyi kirli su sınıfına dahil eden değerlerdir. Bölgede yoğun olarak yapılan çay tarımı sırasında, sınırlı alandan maksimum verim almak için uygulanan gübreleme ve zirai mücadele ilaçları su ortamına azot ve fosfor girişini artırmaktadır. Yağan yağmurların ve arazi eğiminin de etkisi ile topraktan yıkanan atıklar akarsular yoluyla ya da direkt olarak denize ulaşmaktadır. Şubat ve Nisan seferlerindeki fosfat değerlerinde yaklaşık sonuçlar görülmüştür. Bunun yanında fosfat değerinin kıyıya yakın alanda bu denli yüksek çıkması deterjan içerikli evsel atıkların kıyısız bölgedeki yoğun etkisini göstermiştir. Deşarj noktasındaki fosfat değerlerinin yüksek olması fakat kıyıya kadar daha da yüksek değerlerin görülmesi kara kaynaklı fosfat girdisi ile deşarj kaynaklı fosfat girdisinin birleşmiş olabileceğini göstermiştir. Yüksek orandaki fosfat

çözünmüş oksijen miktarını azaltacak ve ötrofikasyona sebep olacaktır (Başkan, 2002). Ayrıca yapılan ölçümlerde akıntı verilerinin de her iki seferde de kıyı bölgelerde 12 cm/s-24 cm/s gibi düşük değerler olması tetikleyici bir faktör olabilir. Deşarj noktasındaki akıntıların ise Şubat ayında kıyıya doğru olduğu belirlenmiştir. Alınan örnekler ve yapılan analizler sonucu nitrat değeri hiçbir istasyonda 1. kalite su değerini aşmadığı görülmüştür.

Seki diski derinlikleri ve bulanıklık değerleri Rize ili için de uyum göstermiştir. Bulanıklığın fazla olduğu noktalarda seki diski derinlikleri düşük bulunmuştur. Şekil 17 ve Şekil 20 karşılaştırıldığında bu durum açık şekilde görülmektedir.

Şubat ve Nisan 2005 tarihlerindeki her iki seferde de sigma-t değerleri yüksek seviyede bulunmuştur. 17 Şubat tarihinde derinlik değişimiyle az da olsa farklılık gösterse de yüzeyde 14,00-14,5 aralığında değişmiştir. Deşarj noktasına denk gelen bölgede bu değer 25 m derinlikte 14,45 değerinde bulunmuştur. Nisan ayında Şubat ayına göre kısmen daha düşük değerlere ulaşılmıştır. Yüzeyde 10 mg/l'ye kadar düşen değerler görülmüştür. Deşarj noktasına yakın alanda 22 m derinlikte 14,1 olarak bulunmuştur. Genele bakıldığında yüzeyde 10,00-14,33 aralığı gözlemlendi. En düşük değer R1 istasyonunda görülmüştür. Kıyı istasyonlarında belirlenen akıntı yönü açığa doğrudur. Kıyıda konsantrasyon azalımı bu sebebe bağlanabilir.

CORMIX 2 eldeki verilerle çalıştırıldığında kıyıdan 36,08 m mesafede ortalama seyrelme 12,1 iken 1041 m mesafede 24,02 olarak bulunmuştur. Şekil 32'de atığın deşarj edildikten sonra 10 m'ye kadar yükseldiği, 36 m civarında çökmeye geçtiği ve seyrelerek açığa gittiği görülmüştür. Bu değerler bizim bulduğumuz değerlerle örtüşmektedir. Şekil 32'de görüldüğü gibi ilk konsantrasyon ile deşarjın etrafındaki konsantrasyon yayılımı yakın mesafede çok büyük farklılıklar göstermemektedir.

Varsayımlara dayanılarak deneme maksatlı, deşarj derinliğini, difüzör boyunu, sayısını, boru boyunu azaltığımızda konsantrasyon değerleri çok azalmadan atığın yaklaşık 8 m yükseldiği ve deşarjın 14 m açığından itibaren çökerek seyrelmeye başladığı, 1000 m'den sonra konsantrasyon değerinin oldukça azaldığı görülmüştür. Gerçek değerlerle yapılan çalışmadakinden daha uzak bir mesafede bu olay gerçekleşmiş ve seyrelme daha uzak mesafede artmaya başlamıştır.

5. SONUÇLAR

İstasyonlarda yapılan ölçümler ve İller Bankası tarafından KİSKA İnşaat'a hazırlatılan projeden alınan verilerle çalıştırılan CORMIX 2, Trabzon'da Söğütlü ve Değirmendere, Rize Merkez ilçe derin deniz deşarj hatlarında yapılan ölçümler ile genel olarak uyumludur. Yaptığımız ölçümlerde, atığın çıkış noktasından itibaren açığa doğru seyrelerek yayıldığı görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda, Söğütlü'de bulunan değerler risk teşkil edebilecek sınır değerlere ulaşmamıştır. Hem ölçülen değerler hem de modelin verdiği sonuçlar atığın kıyıya kadar ulaşmadığını göstermiştir.

Ancak Değirmendere derin deniz deşarj hattında yapılan ölçümlerde deşarj ve kıyı bölgelerinde, bu standartların sağlanmadığı görülmüştür. Fosfat değerleri kirli su kriterlerine uyacak düzeyde bulunmuştur. Ancak deşarj noktasındaki ile kıyıdaki yüksek fosfat değerleri birleşmemiş olması bizi bu fosfat yükünün Değirmendere kaynaklı olması sonucuna götürmüştür. Yakın mesafede tarımsal veya evsel ağır kirletici yükü taşıyan su girdisi varsa derin deniz deşarj sistemleri ile boşaltılan atıkların bu girdi ile birleşmemesi sağlanmalıdır ki deşarj hattının verimliliği sağlıklı test edilebilsin.

Yine bu çalışma sonucunda, Rize Merkez ilçe derin deniz deşarj hattının da sağlaması gereken faydayı sağlamadığı ortaya konulmuştur. Belirli zaman aralıklarında yapılan ölçümlerde kıyıya yakın istasyonlarda evsel atık suların temel zararlı içeriği olan fosfata yüksek miktarda rastlanmıştır. Ancak bu yüksek değerlerin sadece deşarjdan kaynaklandığı söylenemez. Rize ili gibi tarımın yoğun olduğu, engebeli ve aşırı yağış alan bölgelerde sadece nüfusa bağlı öngörülen debi değerlerinin dikkate alınmasının yeterli olmayacağı görülmüştür. CORMIX 2 çalıştırıldığında da deşarj noktasından açığa doğru seyrelmenin daha yavaş ve uzak mesafede gerçekleştiği görülmüştür.

Ancak Değirmendere ve Rize'de rastlanan durumda fosfat değerinin yüksek olduğu alanlar birbirine oldukça yakındır. Bu durumda ortam şartları değiştiğinde bir noktada birleşmeyecekleri söylenemez. Bu durumun ötrofikasyonun temel şartını sağladığı da göz ardı edilmemelidir. CORMIX 2 çalıştırılırken girilen farklı ortam ve atık değerleri bize atığın kıyıya hangi şartlarda ulaşmayacağını verecektir.

CORMIX 2, her 3 derin deniz deşarj sistemi için de farklı değerlerle çalıştırılmıştır. Boru boyu, difüzör uzunluğu, sayısı, atık konsantrasyonu, debisi, ortam akış hızı, derinlik,

yoğunluk gibi değişkenler için farklı değerlerle denenmiştir. Denemeler sonucunda çeşitli değişkenlerle atığın seyrelme ve yayılma değerlerinin değiştirilebileceği, değişik ortam verileriyle de atığın yayılımının önceden tespit edilebileceği görülmüştür.

6. ÖNERİLER

Ülkemizde atık sular uzun yıllar boyunca arıtmaya tabi tutulmadan, derelere ya da kıyıdan denize deşarj edilmiştir. Ancak günümüzde çevre bilincinin gelişmesiyle denize kıyısı olan hemen hemen her ilde derin deniz deşarj sistemleri kurulmaya başlanmıştır. Fakat bu sistemler kurulurken temel hesaplamalar dışında model kullanılması hala kabul gören bir olgu değildir.

Derin deniz deşarj projeleri, kapsamlı ön araştırmalar ve hesaplamalar sonucu planlanmaktadır. Ancak bu tür hesaplamalar her zaman varsayımları tam olarak karşılamayabilir. Bu noktada CORMIX gibi matematiksel modeller devreye sokularak olası durumlar ve senaryolar test edilmelidir.

Bir seyrelme modelinin çalıştırılması için, söz konusu bölgenin temel bazı ortam parametrelerinin bilinmesi yeterlidir. Atığın yayılım ve dağılımını farklı ortam ve proje verileri için tahmin ederken, olası değerler kullanılabilir. Bu tür farklı parametrelerin değiştirilerek modelin denenmesi deşarj için en uygun değerlerin bulunmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca eldeki kaynakların daha ekonomik kullanılması sağlanacaktır.

CORMIX sadece evsel atık sular için değil toksik atıklar için de veri girişi ve sonuç raporu sağlar. Difüzör sayılarının, aralarındaki mesafelerin, boru uzunluklarının, açılarının, deşarj hızının ve bunun gibi pek çok değişkenin sonsuz sayıda karması yapılabilir ve optimum sonuçlara ulaşılabilir. Bu durum hem zamansal ve çevresel hem de maddi anlamda fayda sağlayacaktır. Böylelikle deşarjın doğru noktadan, doğru hızlarla, doğru boru ölçüleriyle gerçekleşmesi sağlanabilir. Ayrıca inşa edilen sistemin daha uzun ömürlü olması sağlanmış olur. Değirmendere ve Rize örneğinde olduğu gibi sistemin eksik noktalarının faaliyete geçirildikten sonra fark edilmesi maddi ve zamansal kayba sebep olabilmektedir.

Deşarj yapılan ortamda farklı kirlilik girdileri varsa da tesisin inşasında bu durum dikkate alınmayabilir. Ancak deşarj ile birleşmesini önleyecek şekilde derin deniz deşarj sisteminin kurulmasında model kullanımı önerilebilir.

Ayrıca model kullanımının hem evsel hem de sanayi atıkları için kullanımının yaygınlaştırılması maliyeti atıkların uygun şekilde eliminasyonunu teşvik edici olacaktır.

7. KAYNAKLAR

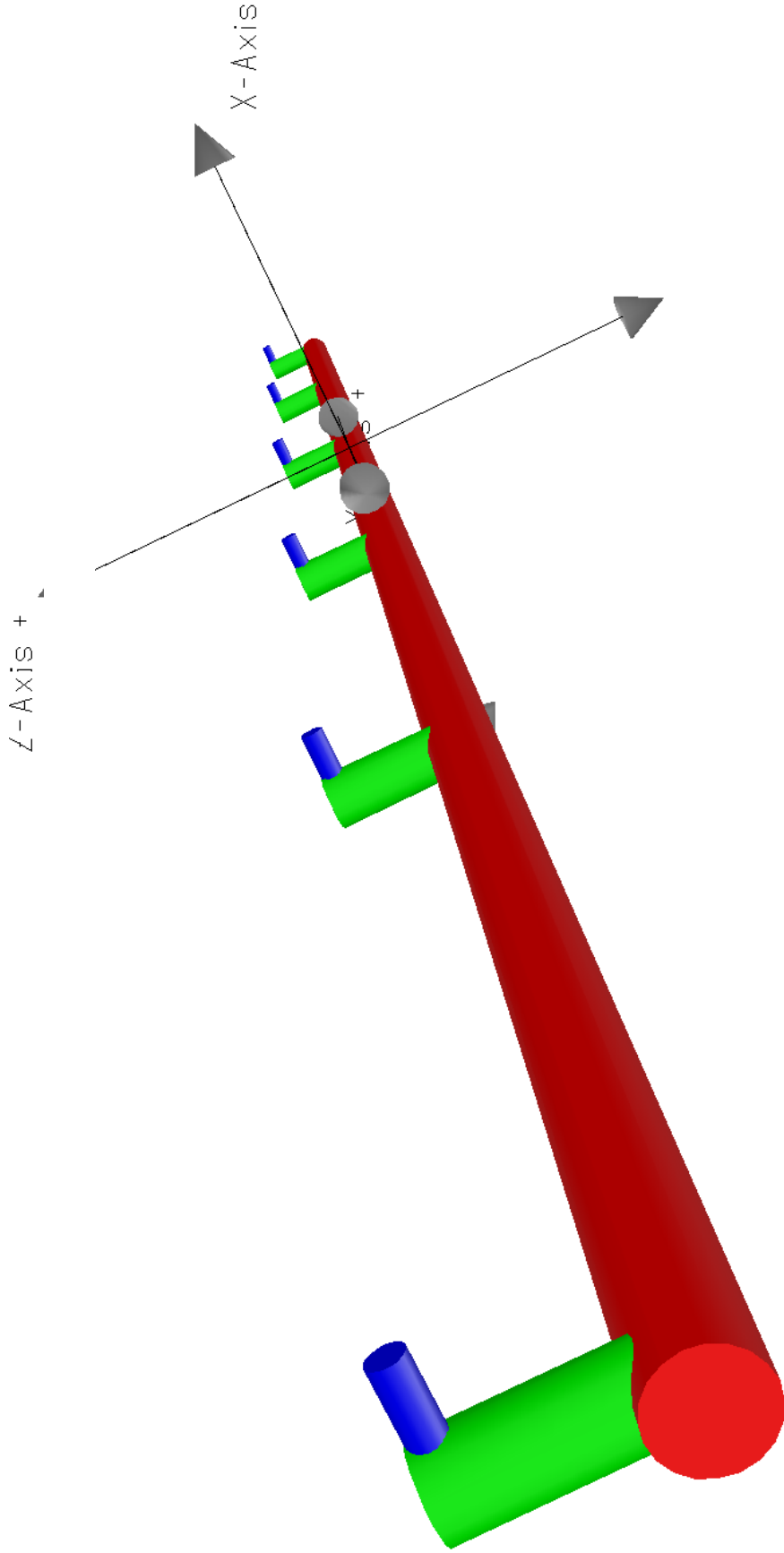
- Akar, P.J. ve Jirka, G.H., 1990. CORMIX2: An Expert System For Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Multiport Diffuser Discharges, DeFrees Hydraulic Laboratory, Cornell University, Ithaca, New York.
- Akten, M. ve Akten S., 2008. Kentsel Atık Su Yönetimi ve Atık Suların Yeniden Kazanımında Yapay Sulak Alanların Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Mart, Ankara, Bildiriler Kitabı II: 483-492.
- Arınç, E., Bozcaarmutlu, A., Şen, A. ve Kocabıyık, S., 2002. İzmir Körfezin'deki Toksik Kasinojenik Organik Kirliliğin Biyoteknolojik Yöntemlerle İzlenmesi, Boyutu ve Ekotoksikolojik Sonuçları, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı, Kasım, İzmir, Bildiriler Kitabı II: 889-902.
- Başkan, O. ve Saygı, H., 2002. İzmir Körfezi'ndeki kirliliğin İstatistiksel Bir Modelle İncelenmesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 19,1-2, 133-145.
- Bat, L., Şahin, F., Satılmış, H.H., Üstün, F., Birinci, Ö.Z., Kıdeyş, A.E. ve Shulman, G.E., 2007. Karadeniz'in Değişen Ekosistemi ve Hamsi Balıkçılığına Etkisi, Journal of Fisheries Science, 1,4, 191-227.
- Baumgartner, D.J., Frick, W.E. ve Roberts, P.J.V., 1994. Dillution-Models for Effluent Discharges, Standards and Applied Science Division Office Wetlands, Oceans and Technology, 189s.
- Bleninger, T. ve Jirka, G.H., 2008. Modelling and Environmental Sound Management of Brine Discharges from Desalination Plants, Science Direct, Desalination, 221, 585-597.
- Boran, M., Karaçam, H. ve Sayın, A., 2004. Değirmender Havzasında (Trabzon, Türkiye) Bulunan Bazı İşletmelere Ait Atık Suların Özelliklerinin ve Dağılımlarının Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 21,1-2, 17-21.
- Burnell, B., Burup, J., Conde, D. ve McIntyre, M., 2008. Mixing Zone Technical Procedures Manual DRAFT, Idaho Department of Environmental Quality.
- Coşer, H., 2001. Trabzon Derin Deniz Deşarjı İnşaat Fotoğrafları, İller Bankası 17. Bölge Müdürlüğü, Trabzon.
- Çınar, Ö., 2008. Çevre Kirliliği ve Kontrolü, 1. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım A.Ş., Ankara.

- Doneker, R.L. ve Jirka, G.H., 2001. CORMIX-GI Systems for Mixing Zone Analysis of Brine Wastewater Disposal, Presented at the European Conference on Desalination and the Environment: Water Shortage, Lemesos, Cyprus, 139, 263-274.
- Doneker, R.L., Nash, J.D. ve Jirk G.H., 2004. Pollutant Transport and Mixing Zone Simulation of Sediment Density Currents, Journal of Hydraulic Engineering, 130, 4, 349-359.
- Doneker, R.L., medrc Mixing Zone Model Workshop, All Right Reserved.
[http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/research/brinedis/WS/5-CORMIX %20Models.pdf](http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/research/brinedis/WS/5-CORMIX%20Models.pdf) 03.03.2010
- Dölgen, D. ve Alpaslan, N., 1997. Atık Suların Deniz Deşarjı Sistemleri İle Uzaklaştırılması ve Türkiye Özelinde İncelenmesi, Türkiye Kıyıları, 97 Konferansı, Mart, Ankara, Bildiriler Kitabı, 371-380.
- E/ESCWA/SDPD, 2003. Waste-Water Treatment Technologies a General Review, Economic and Social Commision for Western Asia, United Nations, New York, 121 S.
- Egemen, Ö., 2000. Çevre ve Su Kirliliği, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:42, İzmir, 120
- Erkebay, Ş., 2002. Derin Deniz Deşarjı ile Boşaltılan Atıkların Yayılım ve Etkilerinin İzlenmesi ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gupta, I., Dhage, S., Jacob, N., Navada S.N. ve Kumar, R., 2006. Calibration and Validation of Far Field Dilution Models for Outfall at Worli , Mumbai, Environmental Monitoring and Assessment, 114, 199-209.
- Güven, K.C. ve Öztürk, B., 2005. Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri (Petrol, Deterjan, Metal, Pestisit, Mikroorganizmalar, Radyoaktifler, Denizel Toksinler), 1. Baskı, TÜDAV Yayınları, İstanbul.
- İller Bankası, 1993b, Trabzon Deniz Deşarjı Uygulama Projeleri ve Deniz Araştırmaları 3. Etap Çalışması.
- Jirka, G.H., Doneker, R.L. ve Barnwell, T.O., 1991. CORMIX-an Expert System for Mixing Zone Analysis, Water Science and Technology, 24, 6, 267-274.
- Jirka, G.H., Doneker, R.L. ve Hinton, S.W., 1996. User's Manuel for CORMIX: A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges into Surface Waters, DeFrees Hydraulic Laboratory, Cornell University, Ithaca, New York.

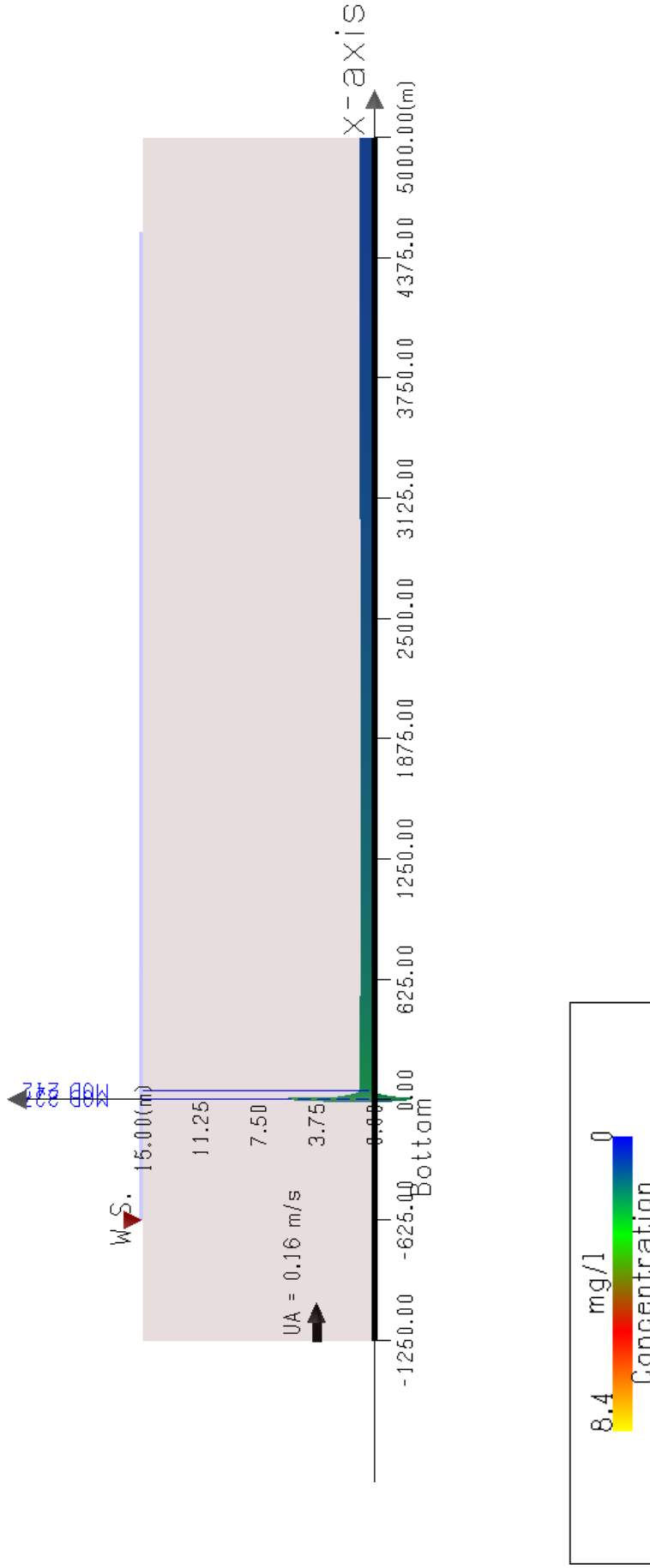
- Jones, G.R., Nash, J.D., Doneker, R.L. ve Jirka, G.H., 2007. Buoyant Surface Discharges into Water Bodies I: Flow Classification and Prediction Methodology, Journal of Hydraulic Engineering, 10,1061, 1010-1020.
- Kang, S.W., Oh, B.C., Park, K.S. ve You, S.H., 1999. Near- Field Dilution of Wastewater Effluents Discharged from Submerged Ocean Outfalls in Masan Bay, KSCE Journal of Civil Engineering, 3,4, 395-405.
- Kıdeyş, A.E., Mutlu, E., Oğuz, T., Okyar, M., Özsoy, E., Tuğrul, S. Ve Yılmaz, A., 2000. Karadeniz DAP ve Ulusal Deniz Araştırma İzleme Programı, Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt Projeleri, 1995-1999 Dönemi Sentez Raporu; 239-335.
- Lorin, R.D., 1999. Fundamentals of Environmental Discharge Modeling, CRC Pres, New York, 164 s.
- Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E. ve Karahan, Ö., 2002. Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma Ön Raporu, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, İstanbul.
- Özbayrak, E. ve Bakan, G., 2005. Çevresel Model Kavramı ve Sınıflandırılmaları, 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Kasım, İstanbul, Bildiriler Kitabı; 392-405.
- Pinherio, A.C.D.F.B. ve Ortiz, J.P., Comparative Analysis of Heated Water Dispersion in Stillwater Body Using Software CORMIX 1, PHOENICS and PLUMAC 2.2. <http://iahr.org/membersonly/grazproceedings99/pdf/do79.pdf>, 05.03.2010.
- Roberts, P.J.W. ve Tian, X., 2004. New Experimental Techniques for Validation of Marine Discharge Models, Environmental Modelling and Software, 19, 691-699.
- Shahidi, A.E. ve Azimi, A.H., 2003. Testing the CORMIX 2 and VISJET Models to Predict the Dilution of San Francisco Outfall, Difuse Pollution Conference, Dublin, 6-129, 6-133.
- Seo, W., Kwon, S.J. ve Yeo, H.K., 2004. Merging Characteristics of Buoyant Discharges from Rosette-Type Diffusers in Shallow Water, KSCE, Journal of Civil Engineering, 8, 6, 679-688.
- Snape, J.B., Dunn, I.J., Ingham, J. ve Prenosil, J.E., 1995. Dynamics of Environmental Bioprocesses Modeling and Simulation, New York.
- T.C. Resmi Gazete, 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1. Bölüm, Derin Deniz Deşarjıyla Alıcı Ortama Boşaltım, 26786, 33.
- T.C. Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 25687.

- Topkaya, B., 1997. Antalya Kenti Evsel Atık Su Arıtma Tesisi Projesi ve Çevresel Etkileri, Çevre Enerji Kongresi, Antalya Sempozyumu, Türkiye'nin Enerji Politikaları Paneli, Nisan, Ankara, Bildiriler Kitabı; 157-170.
- Yalçın, Ö.B. ve Muhammetoğlu, A., 2005. Antalya Deniz Deşarjından Kaynaklanan Kirleticilerin Matematiksel Tahmini, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, Bildiriler Kitabı II: 654-665.
- Yalım, Ç., 1992. Trabzon Deniz Deşarjı Uygulama Projeleri ve Deniz Araştırmaları 2. Etap, KİSKA İnşaat ve Taahhüt İşleri A.Ş.
- URL-1, <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/bolum09.pdf.htm> Deniz Deşarjı Uygulamaları. 07.10.2009.
- URL-2, <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/bolum01.pdf> Atık Su Miktar ve Özellikleri. 07.10.2009.
- URL-3, <http://web.itu.edu.tr/~itucevrelab/dokuman/Foyler/BOI.pdf> İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarı Temel Parametre Analizleri, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı. 15.04.2010.
- URL-4, <http://web.itu.edu.tr/~itucevrelab/dokuman/Foyler/KOI.pdf> İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarı Temel Parametre Analizleri, KOİ. 15.04.2010.
- URL-5, www.aritmatesisim.com/index.php/Genel/Kimyasal-Aritma.html Kimyasal Arıtma. 28.06.2010.
- URL-6, <http://celtikoglu.com/galeri.php> Deşarj Hatlarının Yapım Aşamaları. 17.06.2010.

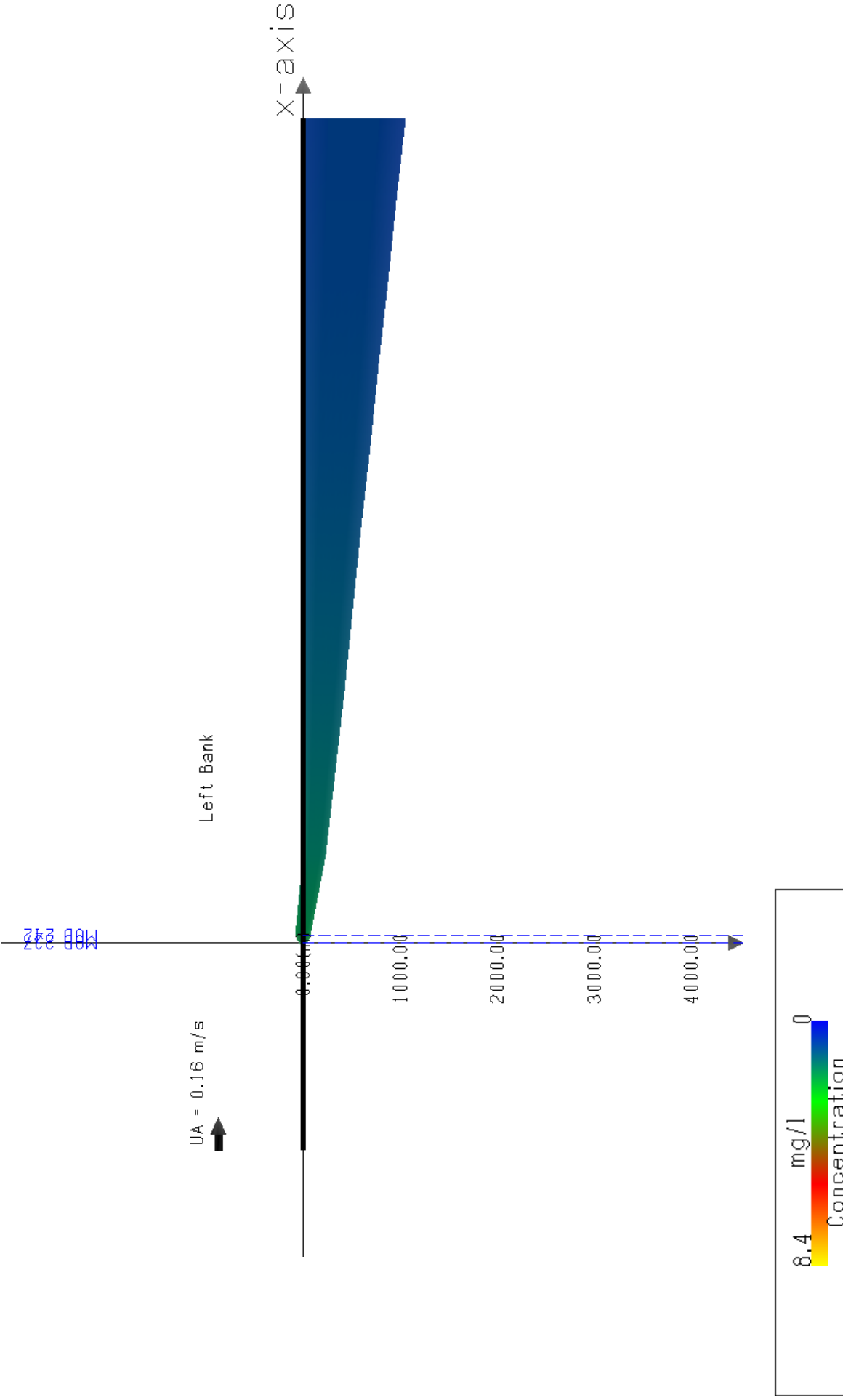
8. EKLER



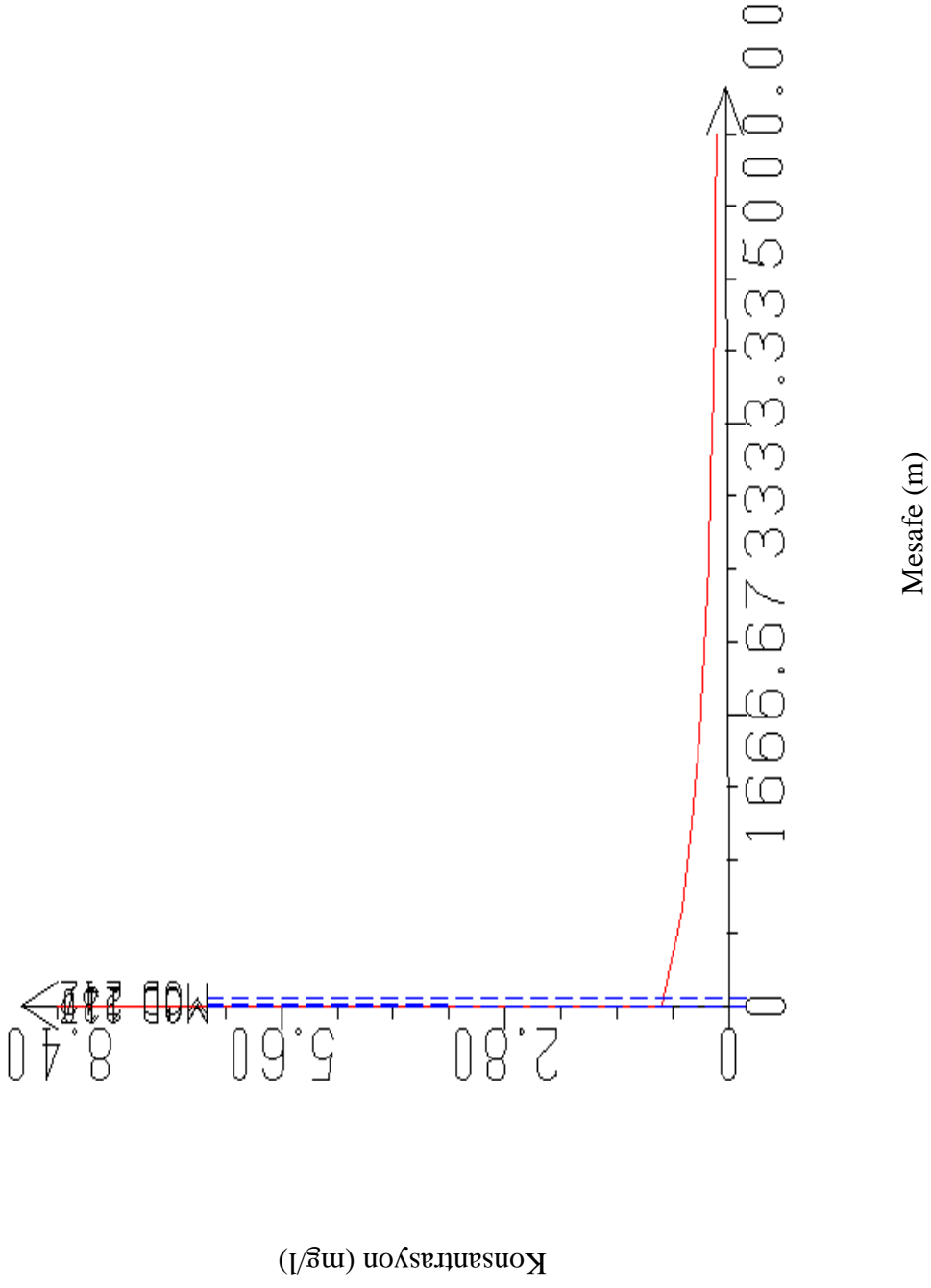
Ek Şekil 1. Sögütlü için CORMIX'in çizdiği deşarj hattının şematik görünümü



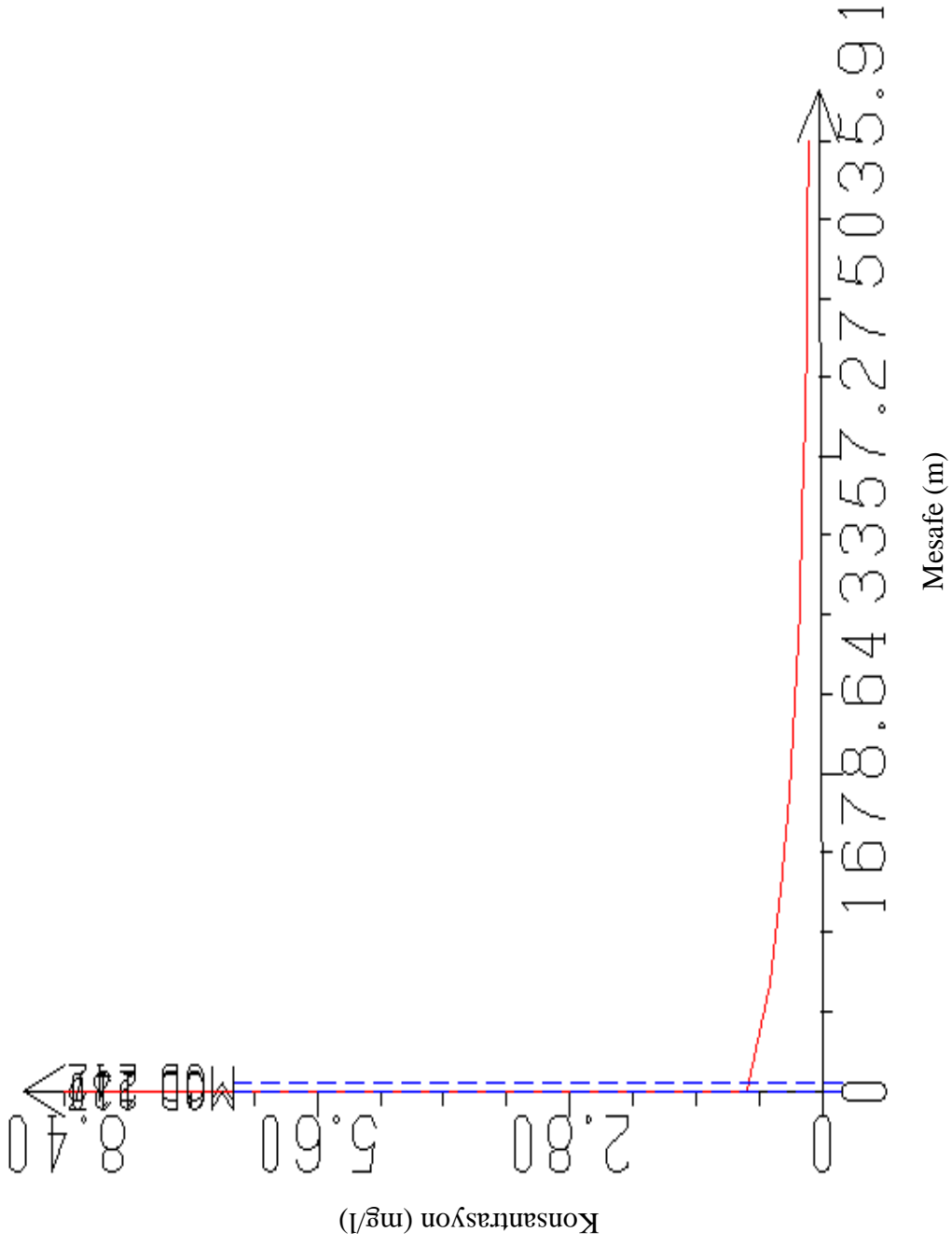
Ek Şekil 2. Söğütlü için CORMIX'in atıfın yayılımı ve konsantrasyon değerlerini içeren x-z düzleminde görüntüsü



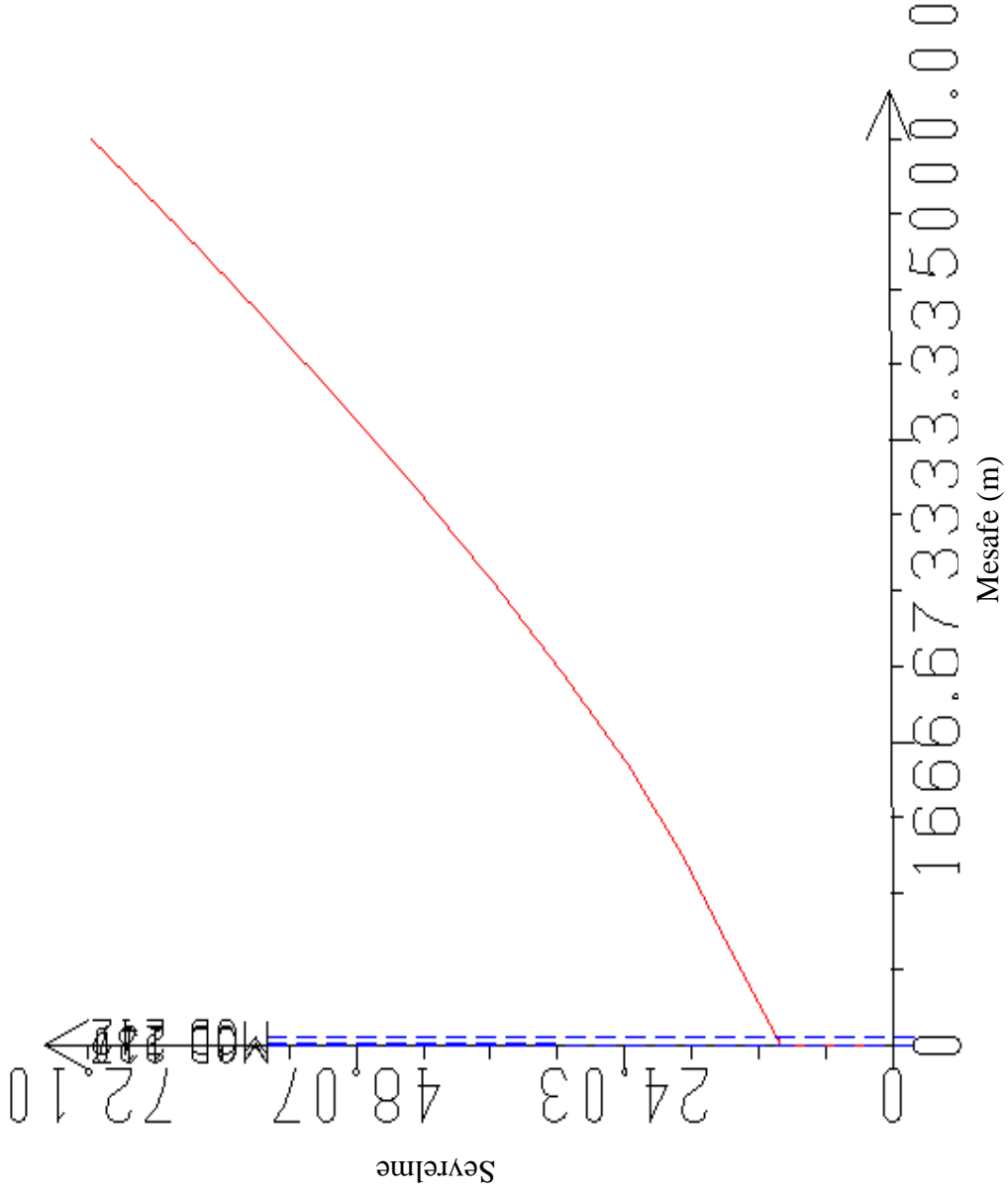
Ek Şekil 3. Söğütlü için CORMIX'in atığın yayılımı ve konsantrasyon değerlerini içeren x-y düzleminde görüntüsü



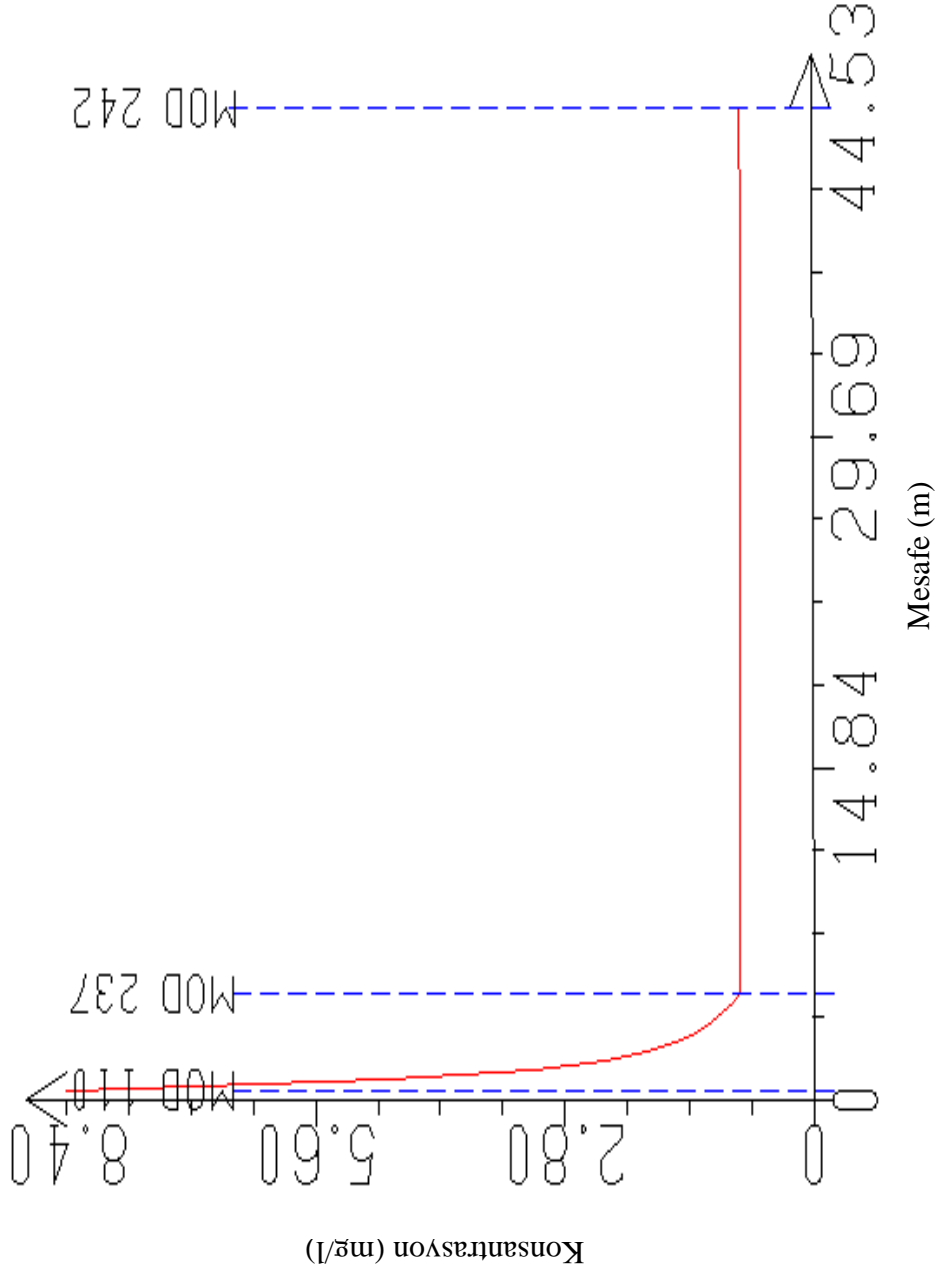
Ek Şekil 4. Söğütlü için CORMIX'in verdiği uzak alanda akıntı yönünde, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



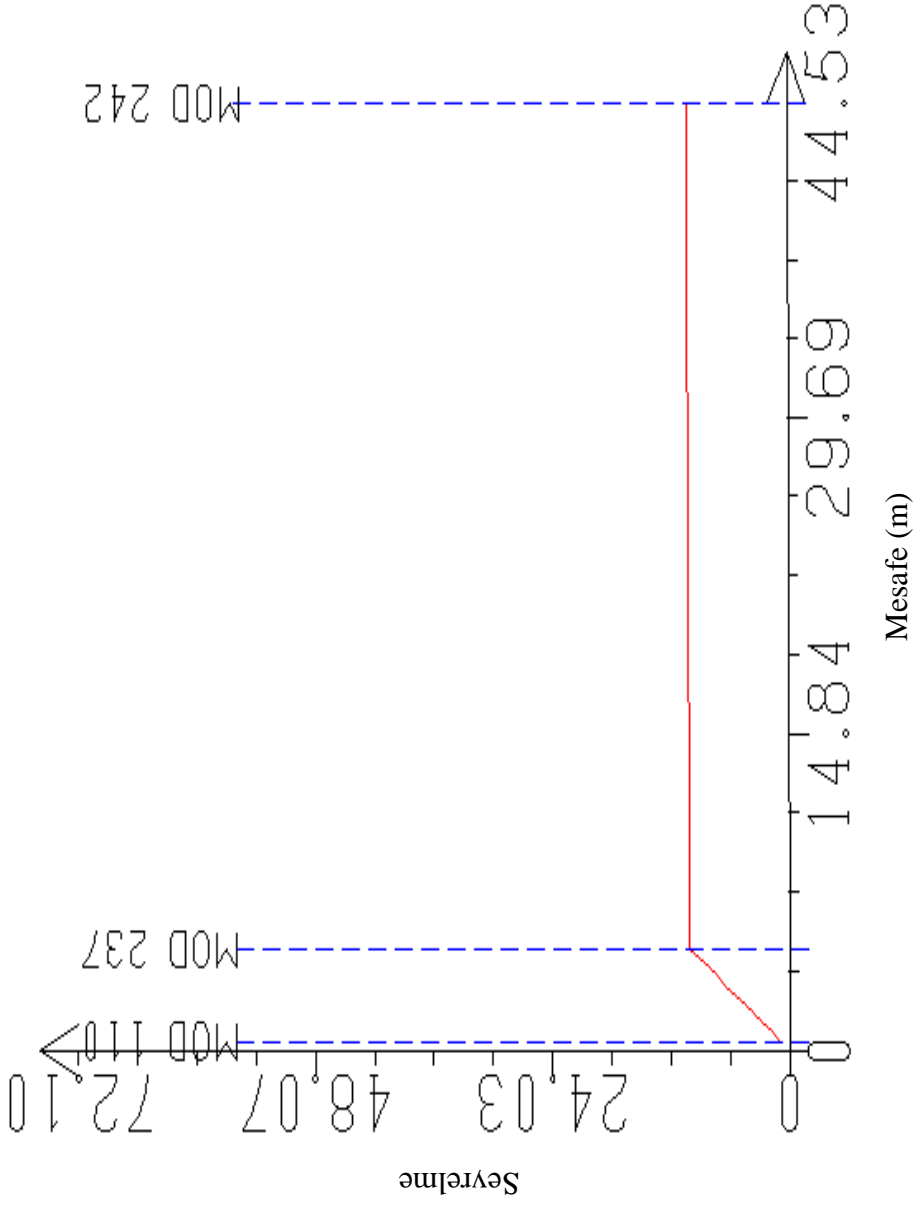
Ek Şekil 5. Söğütlü için CORMIX'in verdiği uzak alanda akıntı yönüne ters, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



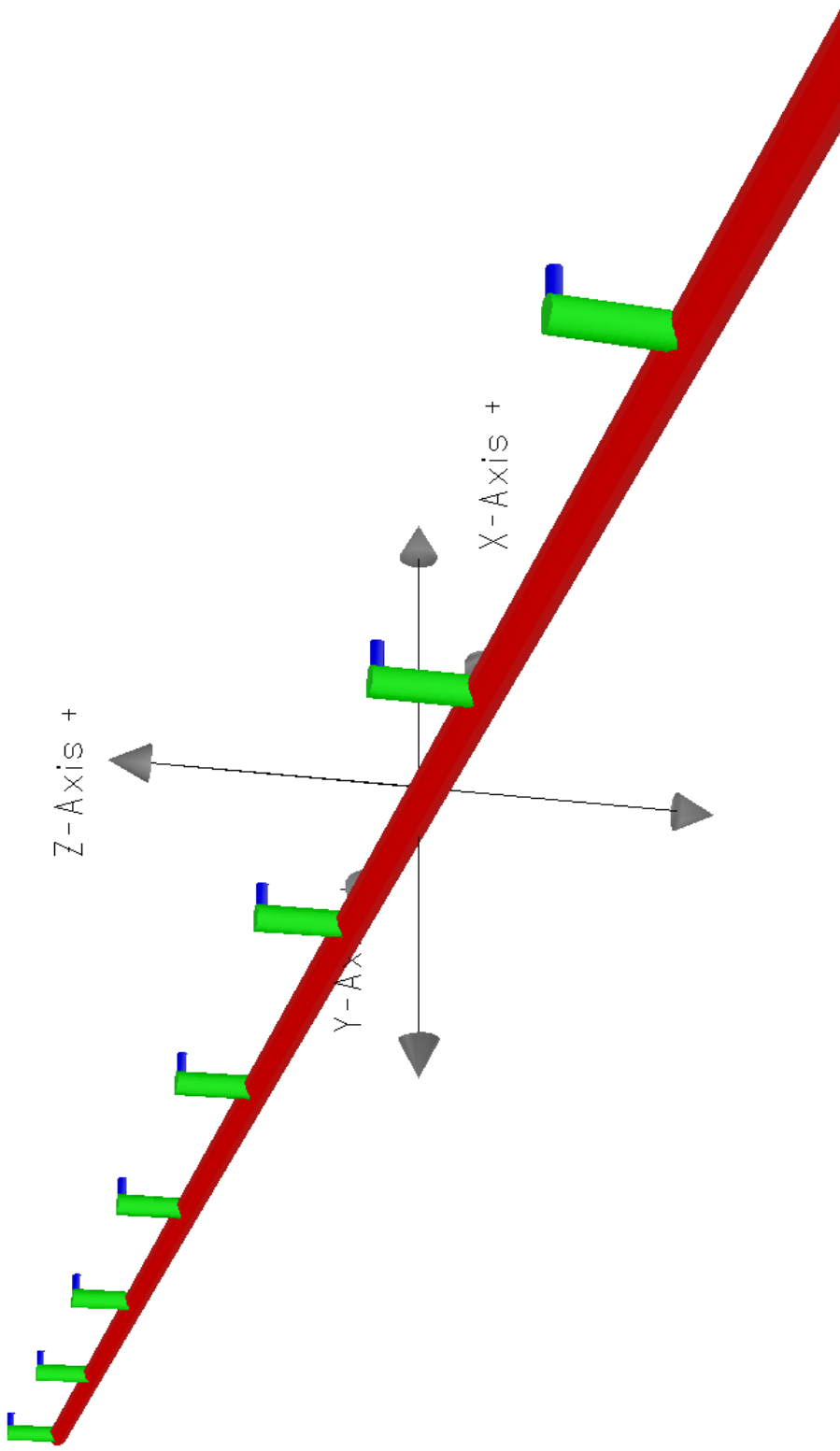
Ek Şekil 6. Sögütlü için CORMIX'in verdiği akıntı yönünde mesafeyle seyrelme değışimi grafiği



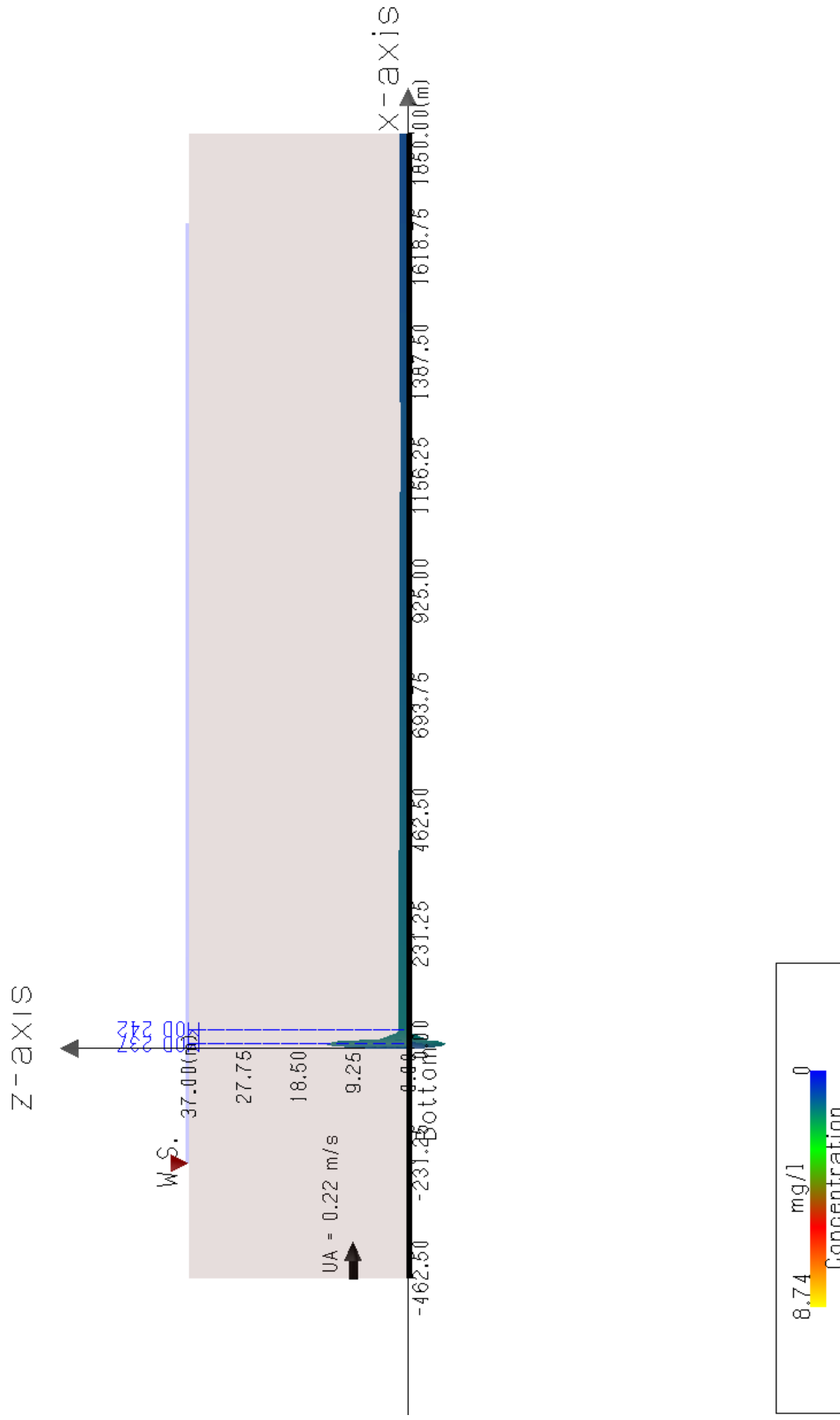
Ek Şekil 7. Sögütlü için CORMIX'in verdiği yakın alanda akıntı yönünde mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafiği



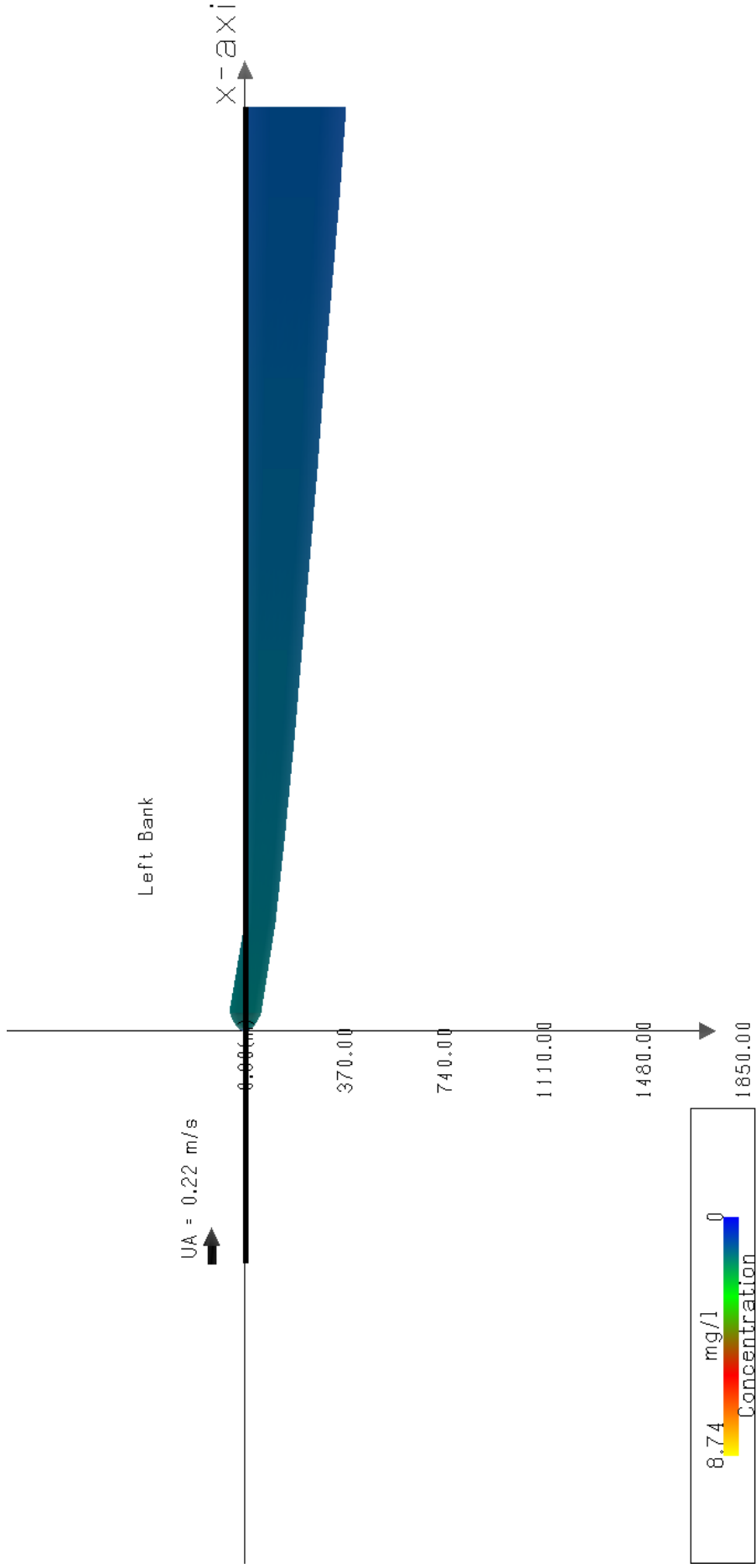
Ek Şekil 8. Sögütlü için CORMIX'in verdiği yakın alanda akıntı yönünde mesafeyle seyrelme değişimi grafiği



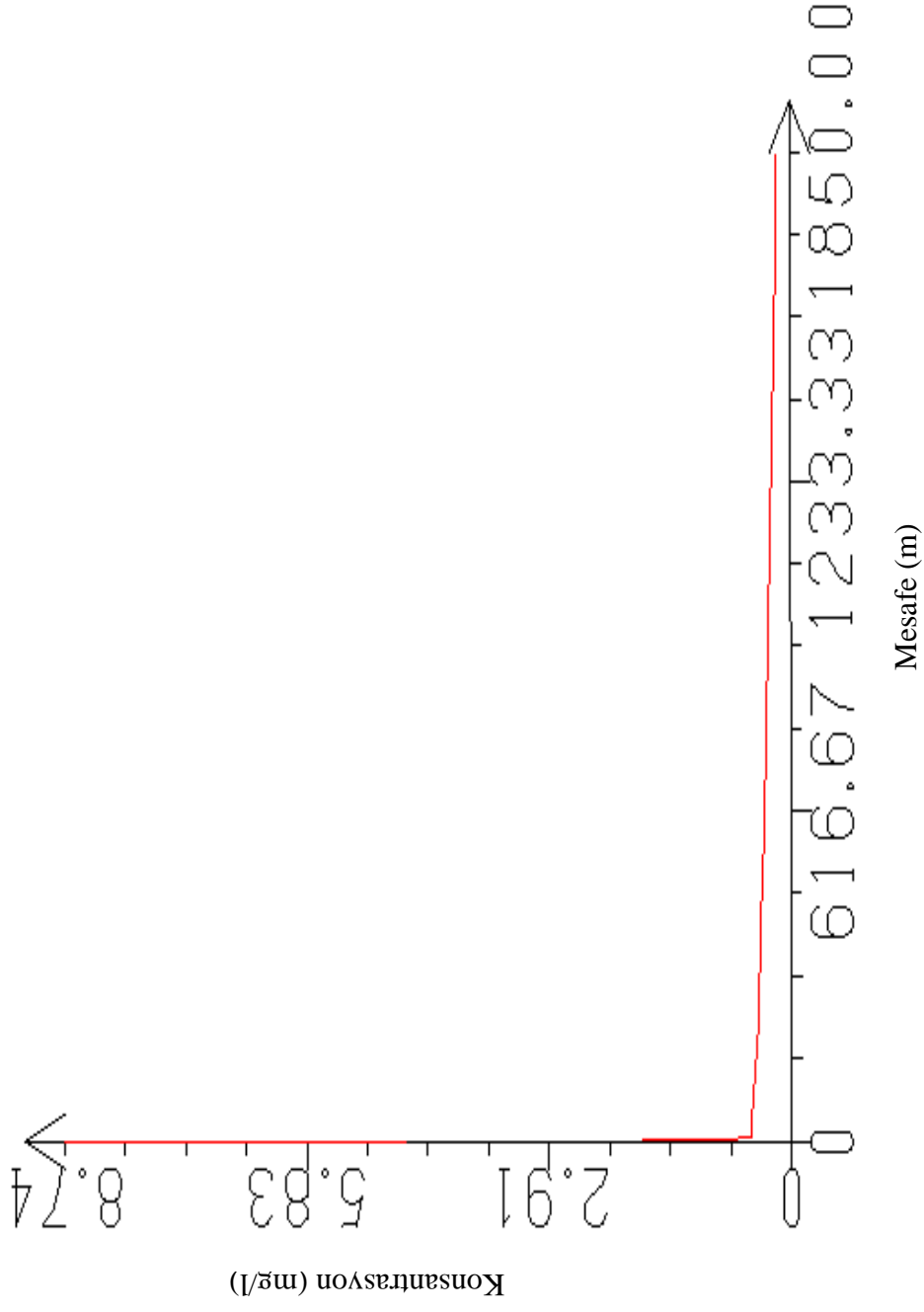
Ek Şekil 9. Değirmendere için CORMIX'in çizdiği deşarj hattının şematik görünümü



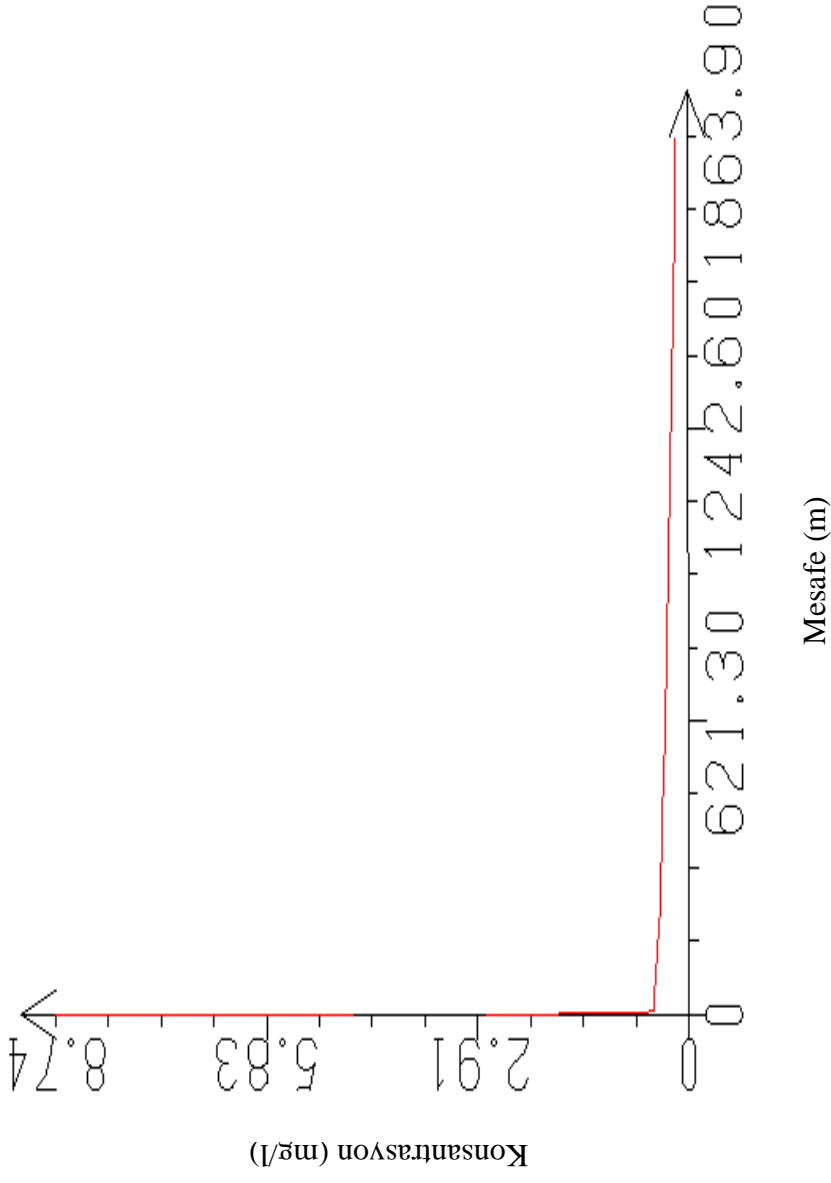
Ek Şekil 10. Değirmendere için CORMIX'in atığın yayılımı ve konsantrasyon değerlerini içeren x-z düzleminde görüntüsü



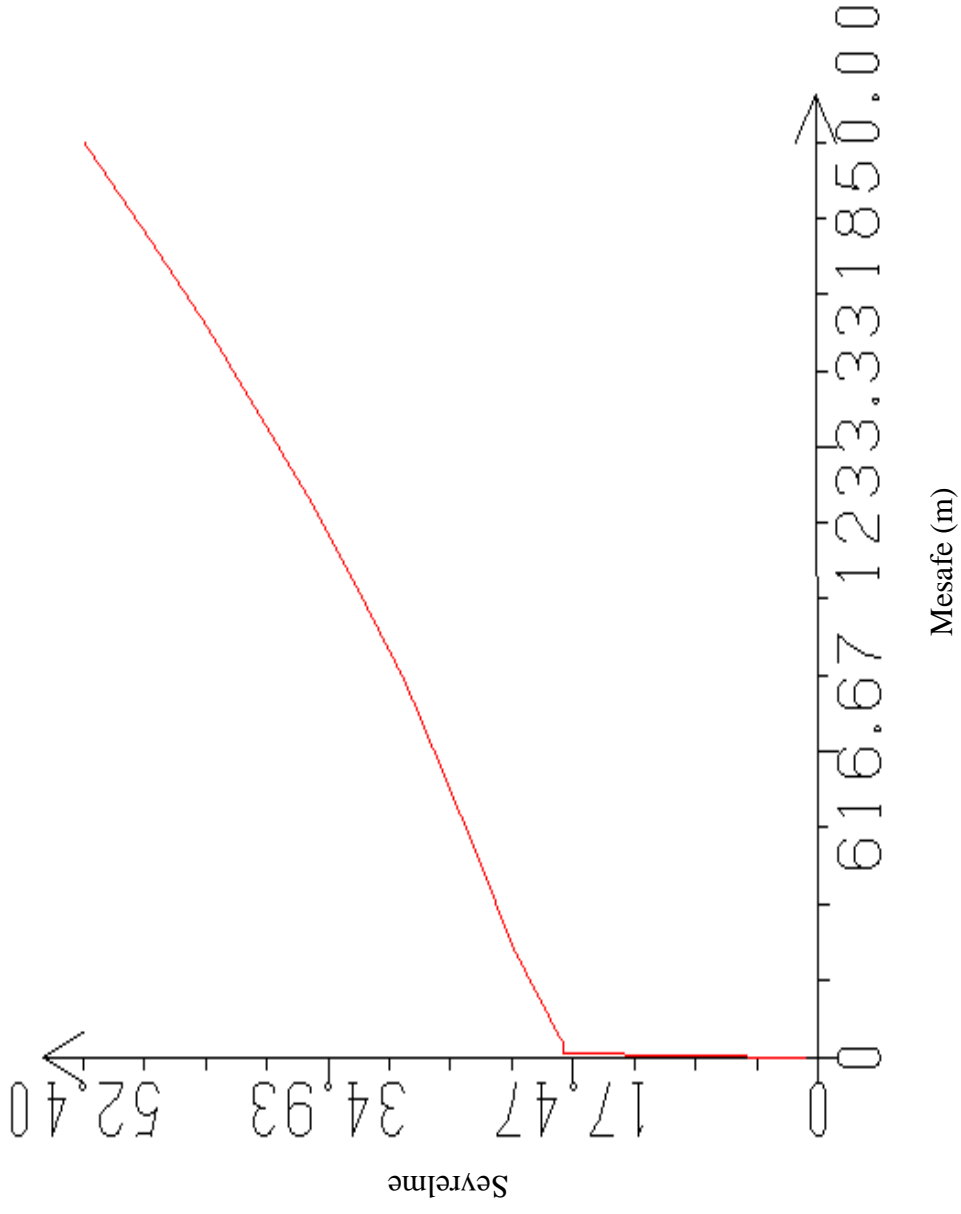
Ek Şekil 11. Değirmendere için CORMIX'in atığın yayılımı ve konsantrasyon değerlerini içeren x-y düzleminde görüntüsü



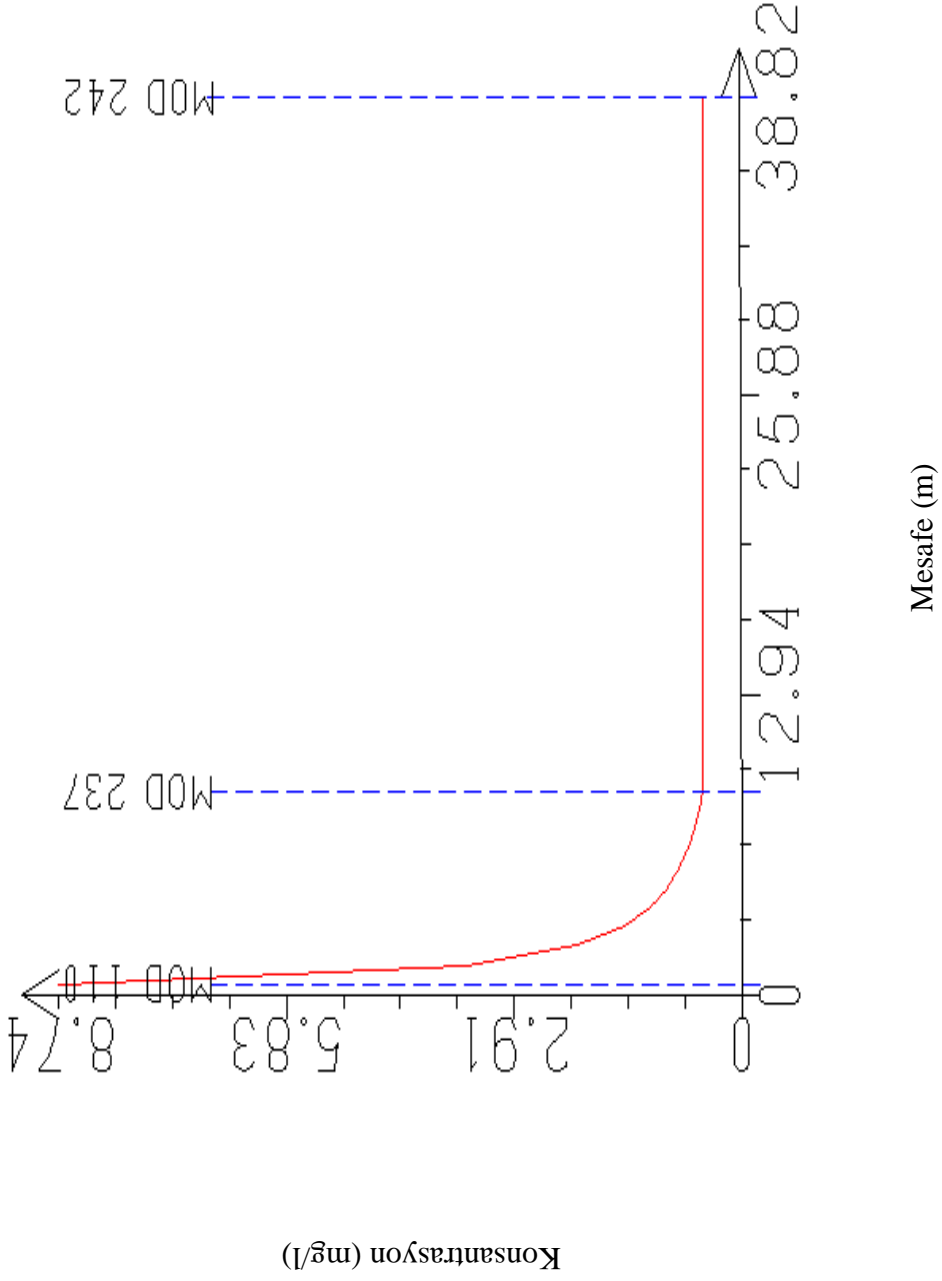
Ek Şekil 12. Değirmendere için CORMIX'in verdiği uzak alanda akıntı yönünde, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



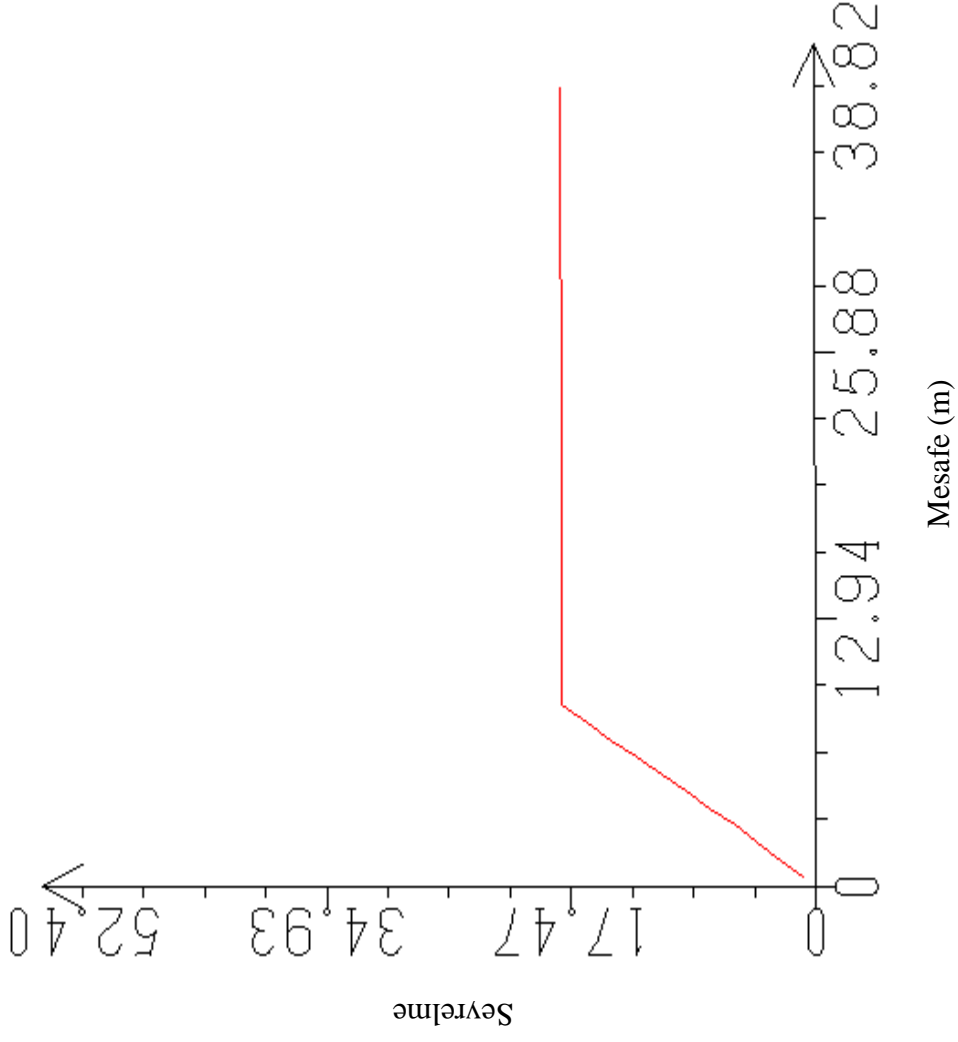
Ek Şekil 13. Değirmendere için CORMIX'in verdiği uzak alanda akıntı yönüne ters, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



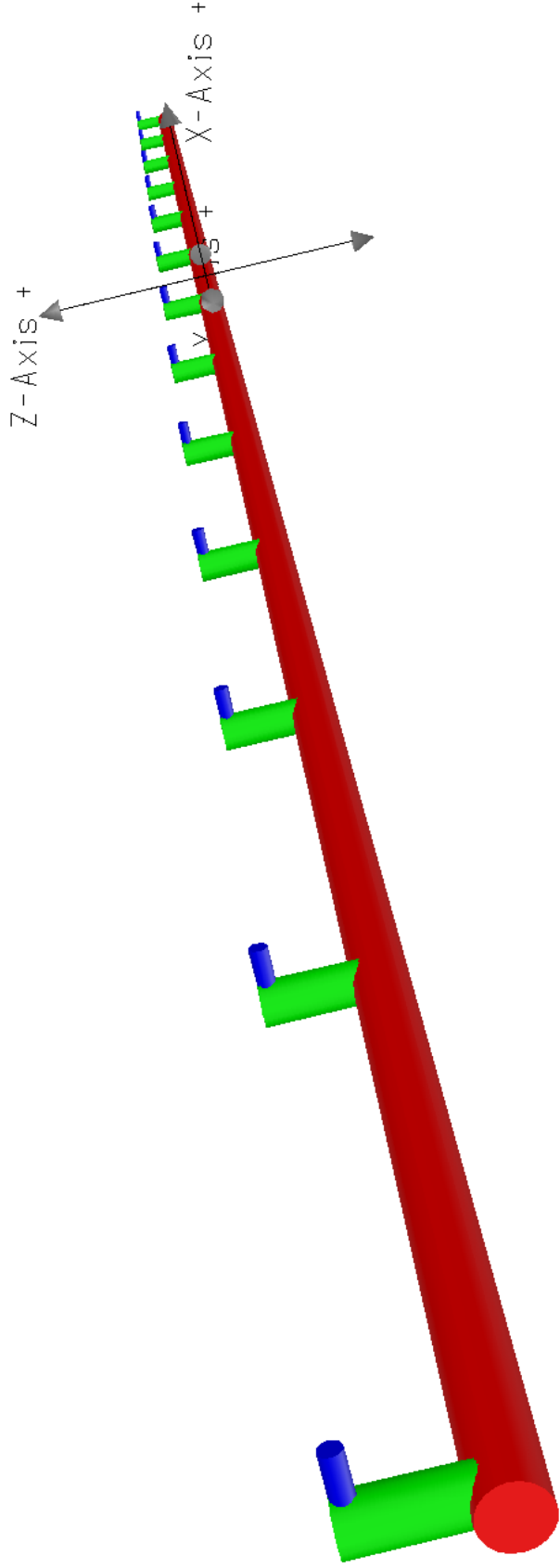
Ek Şekil 14. Değirmendere için CORMIX'in verdiği akıntı yönünde, mesafeyle sevrelme değişimi grafiği



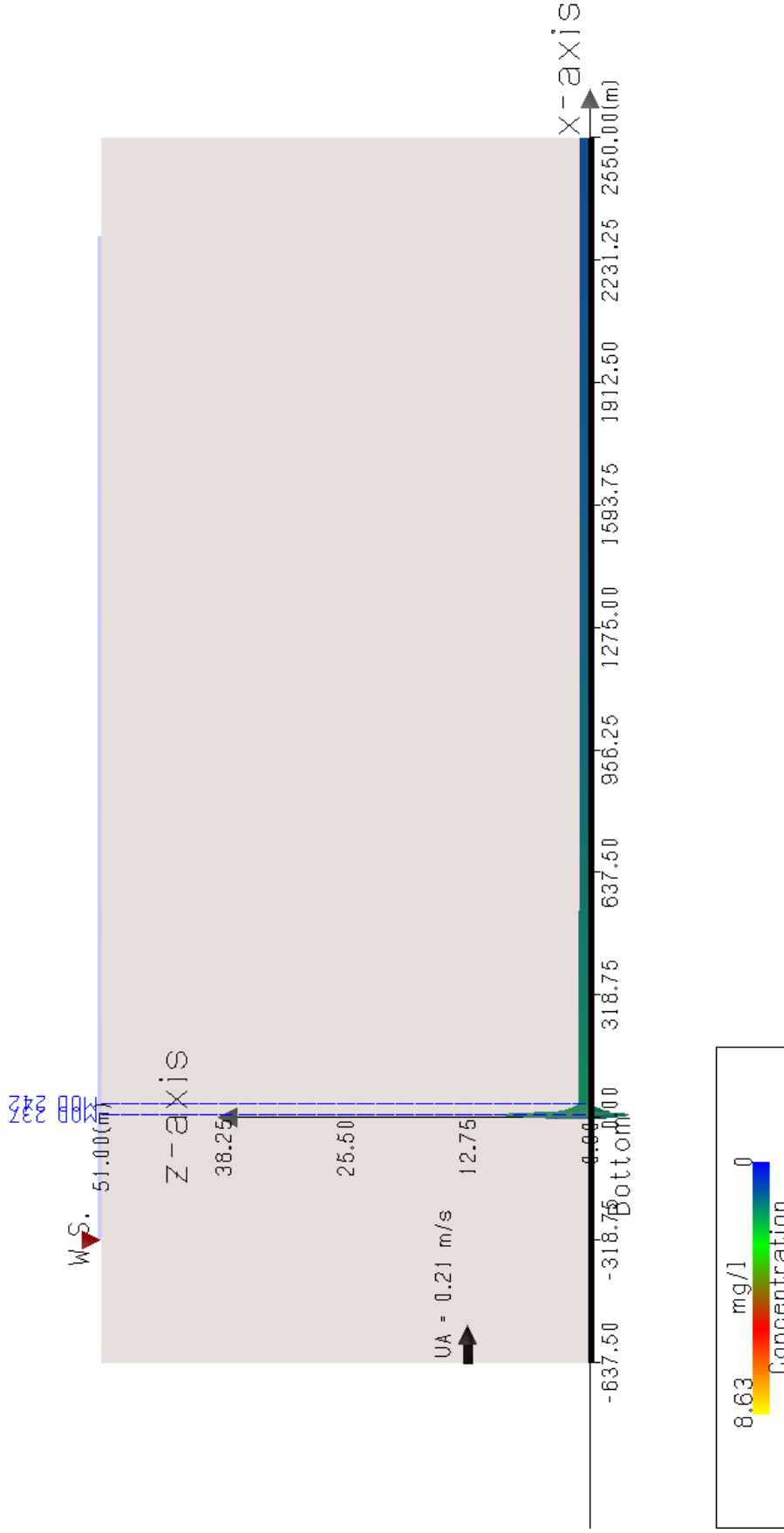
Ek 15. Değirmendere için CORMIX'in verdiği yakın alanda akıntı yönünde, mesafeyle konsantrasyon değişimi grafiği



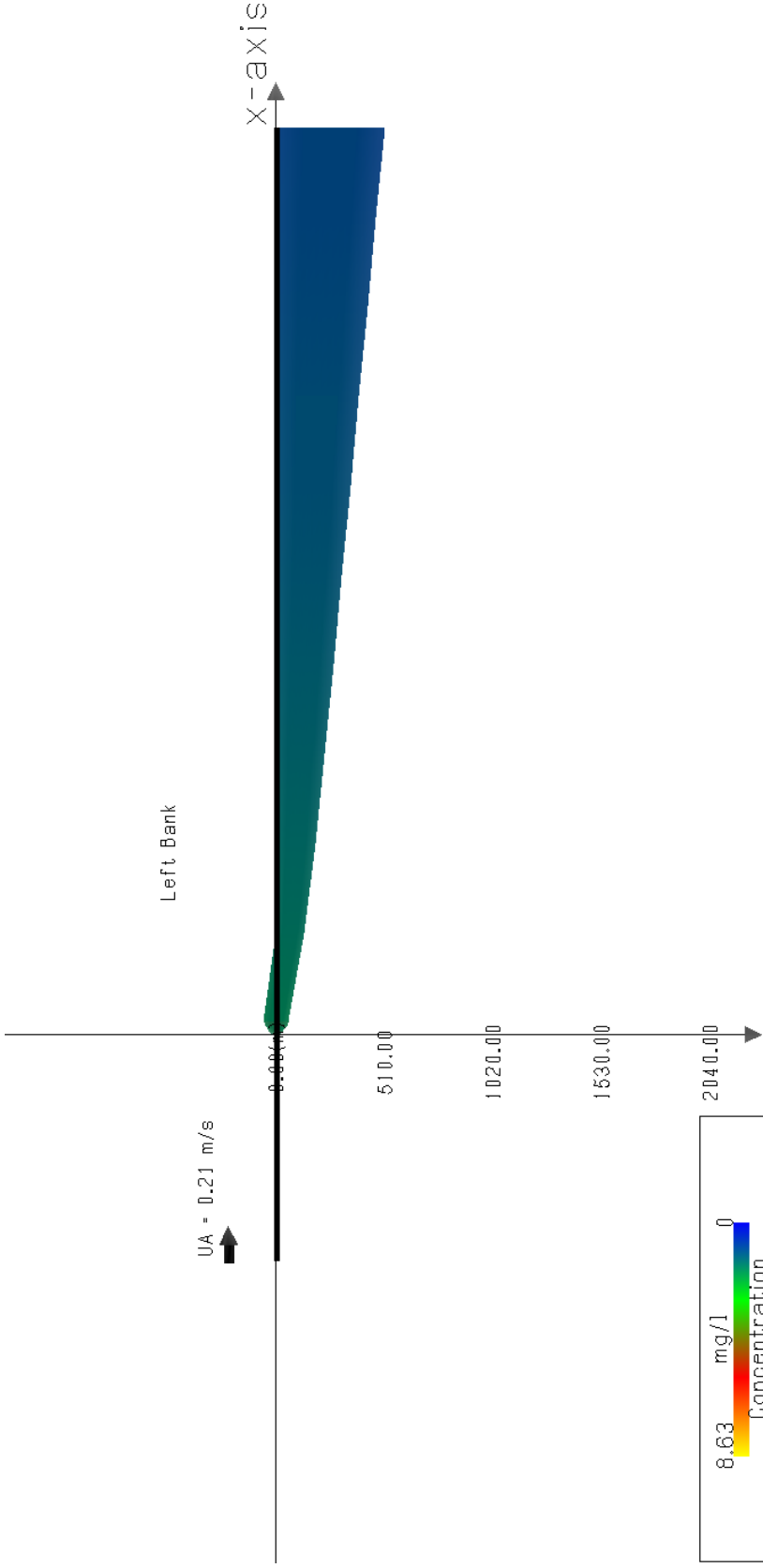
Ek 16. Degirmendere için CORMIX'in verdiği yakın alanda akıntı yönünde, mesafeyle seyrelme değişimi grafiği



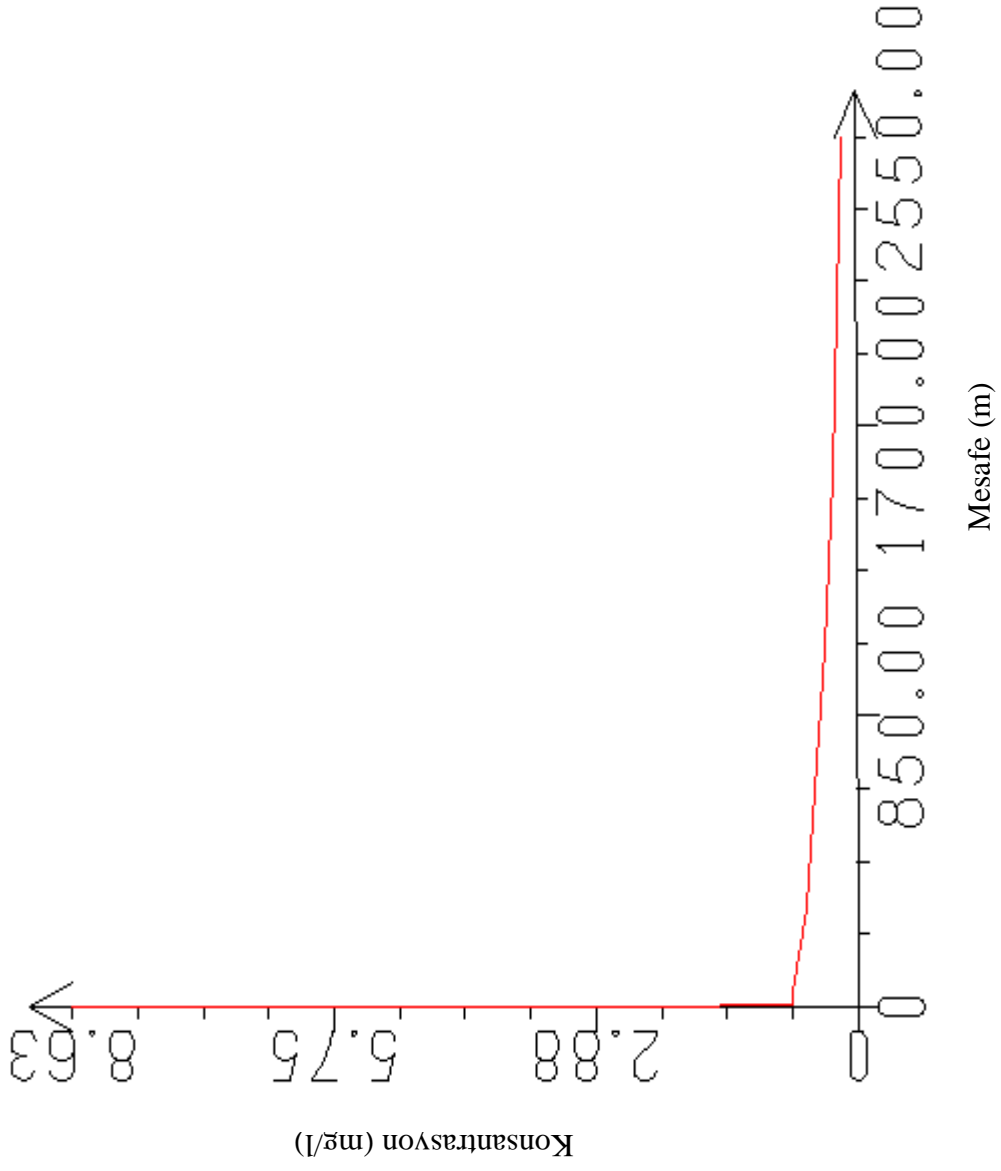
Ek Şekil 17. Rize için CORMIX'in çizdiği deşarj hattının şematik görünümü



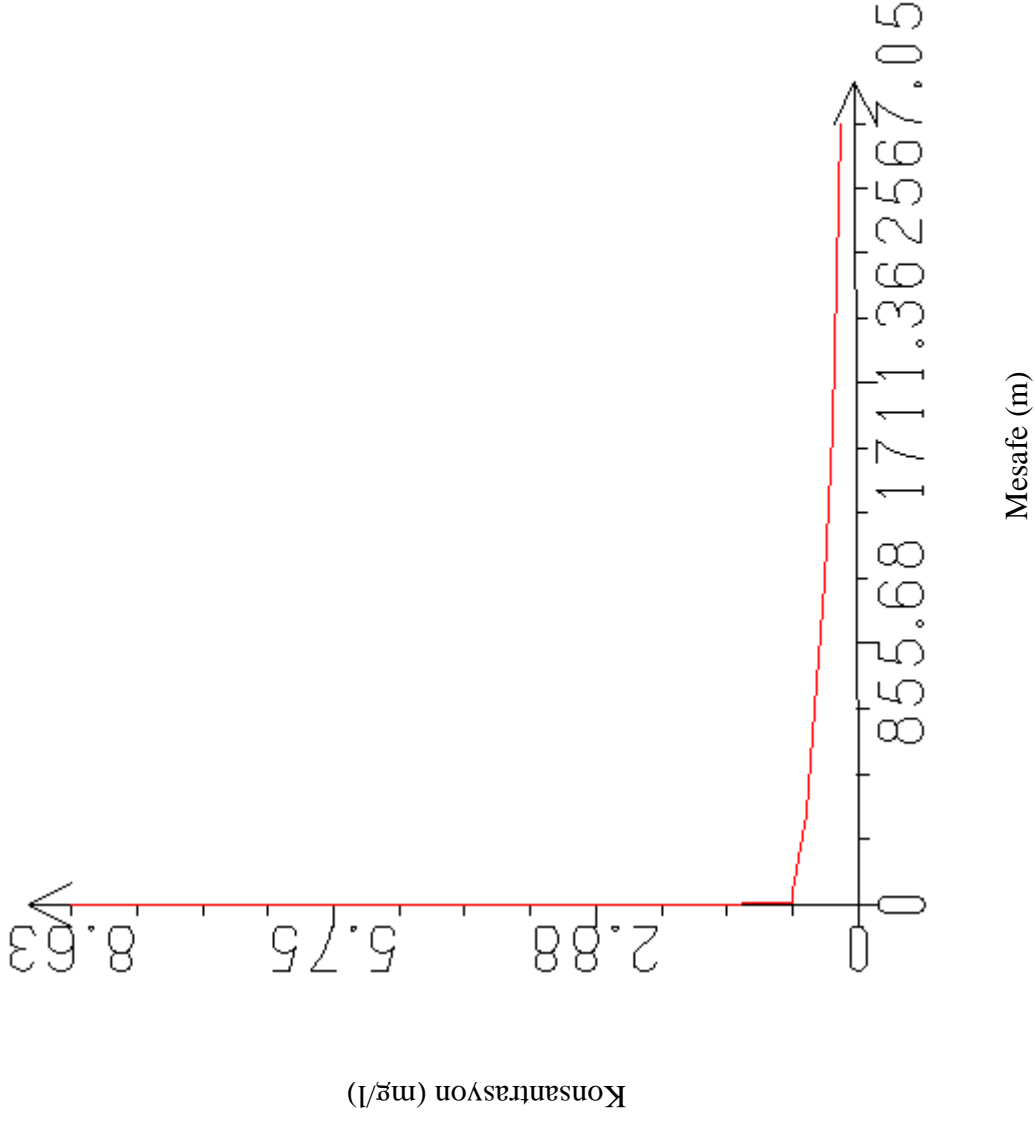
Ek Şekil 18. Rize için CORMIX'in atığın yayılımı ve konsantrasyon değerlerini içeren x-z düzleminde görüntüsü



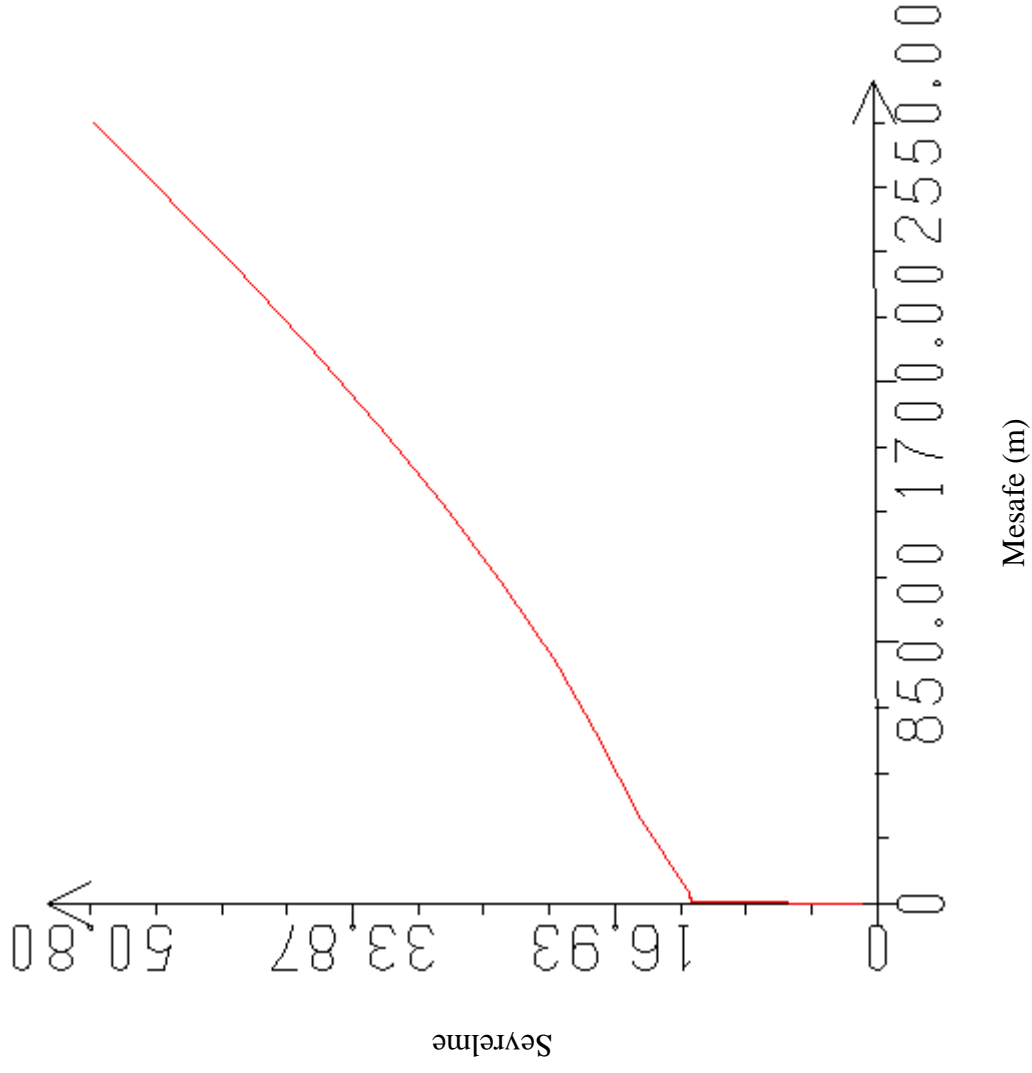
Ek Şekil 19. Rize için CORMIX'in verdiği uzak alan plum dağılımının x-y düzlemindeki görüntüsü



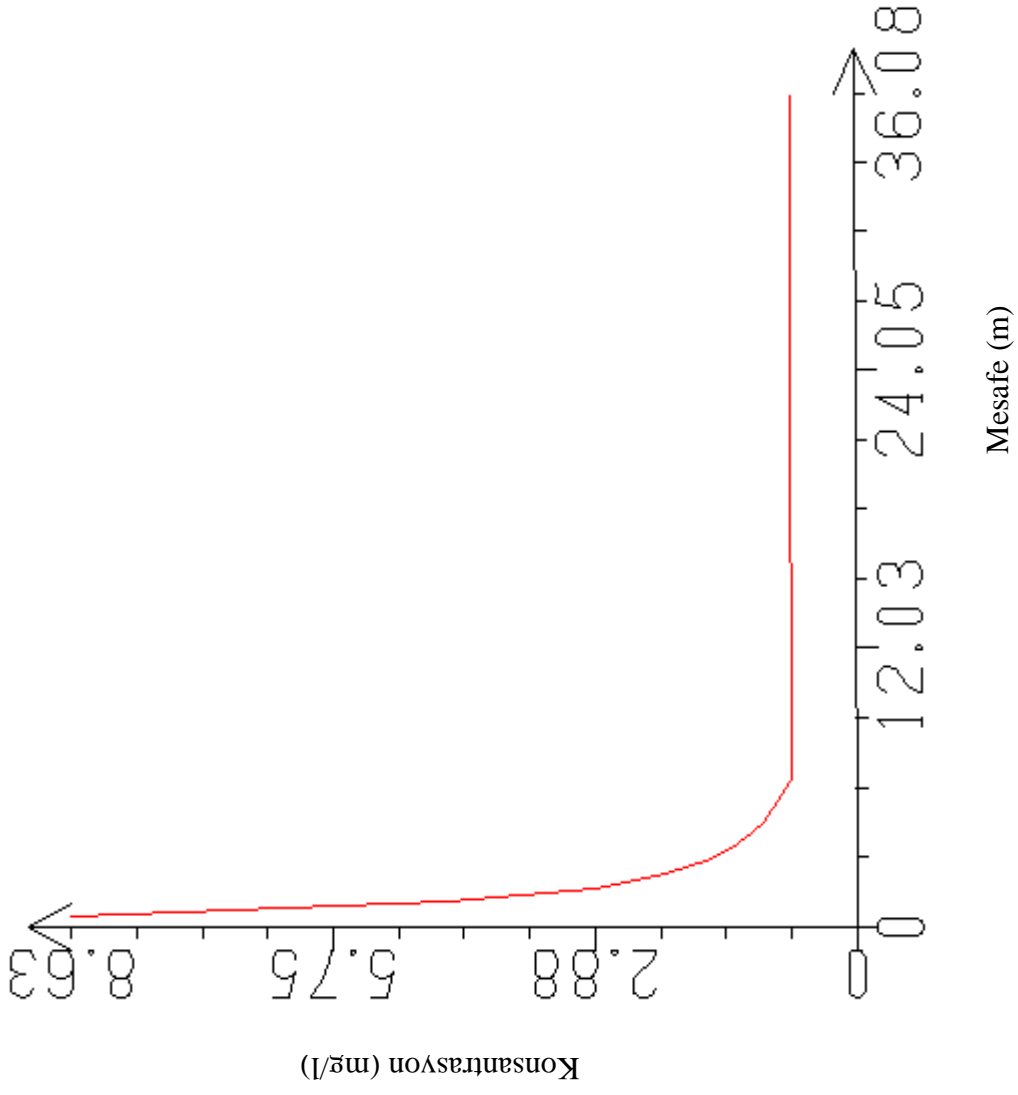
Ek Şekil 20. Rize için CORMIX'in verdiği uzak alanda akıntı yönünde, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



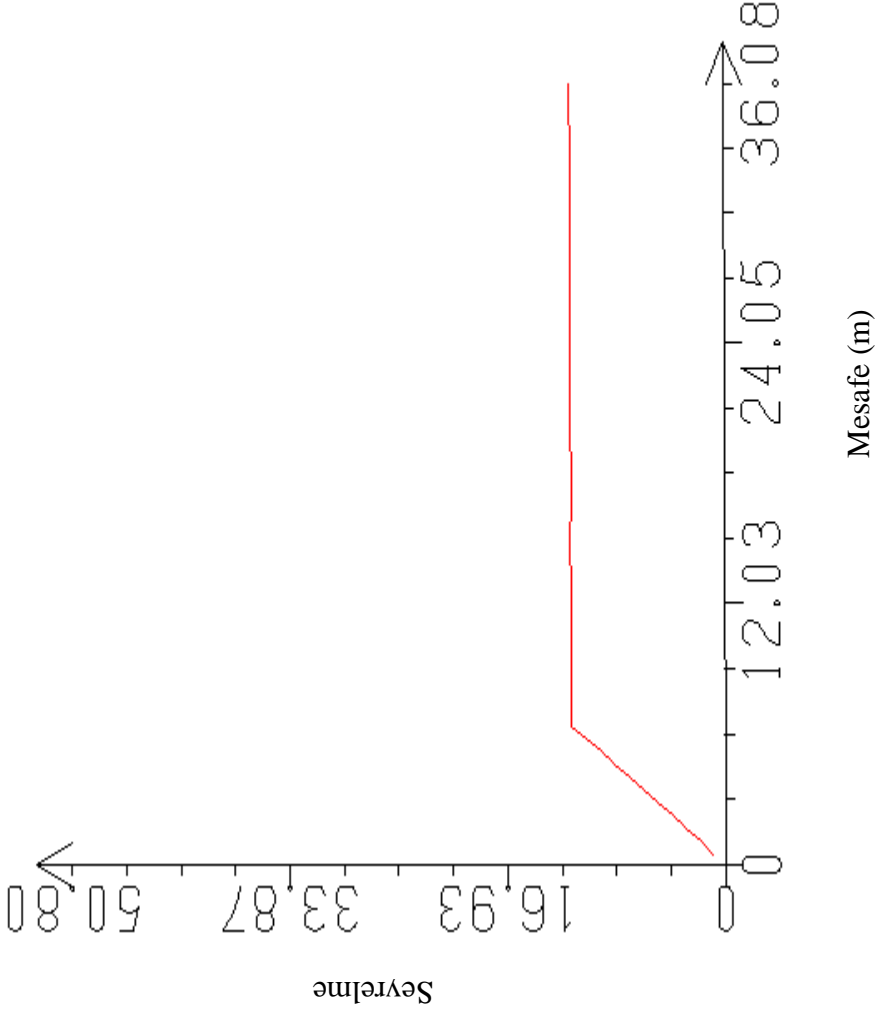
Ek Şekil 21. Rize için CORMIX'in verdiği uzak alanda akıntı yönüne ters, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



Ek Şekil 22. Rize için CORMIX'in verdiği akıntı yönünde mesafeye seyrelme değişimi grafiği



Ek Şekil 23. Rize için CORMIX'in verdiği yakın alanda akıntı yönünde, mesafeyle konsantrasyon değişimini gösteren grafik



Ek Şekil 24. Rize için CORMIX'in verdiği yakın alanda akıntı yönünde mesafeye sevrelme değişimi grafiği

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla 24 Şubat İlkokulu, Kanuni Ortaokulu ve Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 1993 yılında, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümüne girdi. 1997 yılında lisans öğrenimini tamamlayarak Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi ve Kıyı Kaptanı unvanı aldı. 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi ABD Yüksek Lisans Programı'na başladı. Aynı yıl K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1999 yılında K.T.Ü. Fatih Eğitim Fakültesi bünyesindeki Pedagojik Formasyon eğitimini başarıyla tamamladı. 2001 yılında Yüksek Lisans tezini vererek Balıkçılık Teknolojisi Yüksek Mühendisi unvanını aldı. Aynı yıl aynı ABD'da doktora eğitimine başladı. 2005 yılında kendi isteği ile ara verdiği doktora eğitimine 2008 yılında geri döndü. Halen Kocaeli Üniversitesi Gazanfer Bilge Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.