

78126

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

SOLAKLI DERESİNDEN GELEN KİRLETİCİLERİN KIYISAL BÖLGEDEKİ
DAĞILIMININ MATEMATİKSEL MODELİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Balıkçılık Tek. Müh. Bülent SÖNMEZ

78126

OCAK 1998

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SOLAKLI DERESİNDEN GELEN KİRLETİCİLERİN KIYISAL BÖLGEDEKİ DAĞILIMININ
MATEMATİKSEL MODELİ

Balıkçılık Tek. Müh. Bülent SÖNMEZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

" Balıkçılık Teknolojisi Yüksek Mühendisi "

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.01.1998

Tezin Savunma Tarihi : 13.02.1998

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ercan KÖSE

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Kadir SEYHAN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. A. Cemal DİNÇER

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Trabzon 1998

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Ana bilim Dalı Yüksek Lisans Programında yapılmıştır.

Bu çalışmada Doğu Karadeniz kıyısında bulunan Solaklı deresi deşarj kanalı olarak düşünülerek dereden gelen kirletici yüklü akışın kıyısız bölgede izlediği yörünge ve kirletici seyrelmesi EPA tarafından geliştirilen program kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi ve gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ercan KÖSE 'ye teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca manevi olarak destek gördüğüm Annem Leman SÖNMEZ'e ve Deniz Bilimleri Fakültesindeki Araştırma Görevlisi Arkadaşlarıma teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Ankara, Ocak 1998

Bülent SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Karadeniz'in Oşinografik Özellikleri.....	3
1.3. Önceki Yapılan Çalışmalar.....	7
1.3.1. Deneysel Çalışmalar.....	7
1.3.1.1. Durgun Çevre İçine Yapılan Deşarjlar.....	8
1.3.1.2. Çapraz Akıntı İçindeki Yüzey Jet Deşarjları.....	8
1.3.1.2.1. Serbest Jetlerin Karşılaştırılması.....	11
1.3.1.2.2. Kıyıyla İlişkili Jetlerin Karşılaştırmaları.....	11
1.3.1.2.3. Akıntıya Karşı Oluşan Plum'un Karşılaştırılması.....	16
1.4. Modelleme Kavramları.....	17
1.4.1. Matematiksel Modellerin Gereğesi.....	17
1.4.2. Modellerin Genel Matematiksel Yapıları.....	18
1.4.3. Kirlilik Kontrolünde Matematiksel Modeller.....	21
1.5. Kirleticilerin Deniz Ortamında Yayılması.....	23
1.5.1. Jet Yayılması ve Kütle - Denge Denklemi.....	26
1.5.1.1. Yakın Alan.....	27
1.5.1.2. Boşaltım Ağzındaki Farklılıklar.....	27
1.5.1.3. Boşaltma Ağzına İlişkin Özellikler.....	29
1.5.1.4. Çevreye ilişkin özellikler.....	29
1.5.1.5. Uzak Alan Bölgesi.....	30
1.6. Uzunluk Ölçeği Modeli.....	31

1.6.1. Akıntı Modellerinin Genel Tanımı.....	33
1.6.1.1. Serbest Jetler ve Duvar Jetleri.....	33
1.6.1.2. Kıyıyla İlişkili Jetler.....	35
1.6.1.3. Akıntıya Karşı Dağılım.....	38
1.6.2. Uzunluk Ölçeği.....	39
1.6.2.1. Deşarj Uzunluk Ölçeği.....	40
1.6.2.2. Jet - Plüm Uzunluk Ölçeği.....	40
1.6.2.3. Jet- Çapraz Akıntı Uzunluk Ölçeği.....	41
1.6.2.4. Plüm-Çapraz Akıntı Uzunluk Ölçeği.....	41
1.6.2.5. İki Boyutlu Uzunluk Ölçeği.....	42
1.6.2.6. Genel Boyutsuz Sayılar.....	43
1.6.3. Yakın Alan Akıntı Rejiminin Analizi.....	44
1.6.3.1. Yüzey Jetlerinin Boyut Analizi.....	44
1.6.3.2. Durgun Çevre İçindeki Yüzey Jeti.....	44
1.6.3.2.1. Başlangıç Jet-Benzer Akıntılarının Özellikleri.....	45
1.6.3.2.2. Jet - Benzer Akıntı ile Superimpose Olmuş Yüzebilen Dağılım.....	47
1.6.3.3. Çapraz Akıntı İçindeki Serbest Jetler.....	49
1.6.3.3.1 Zayıf Saptırma Akıntıları.....	50
1.6.3.3.2. Güçlü Sapma Akıntıları.....	52
1.6.3.3.3. Yörünge Sabiti için Düzeltme.....	54
1.6.3.4. Duvar Jetleri.....	54
1.6.3.5. Kıyıyla İlişkili Akıntılar.....	55
1.6.3.6. Akıntıya Karşı Plüm.....	57
1.6.4. Uzak Alan Akıntı Rejiminin Analizi.....	60
1.6.4.1. Yüzebilirlik Dağılım Süreci.....	60
1.6.4.2. Pasif Yerel Difüzyon.....	63
1.6.4.2.1. Sınırlandırılmış Kanal Akıntısı İçindeki Difüzyon.....	63
1.6.4.2.2. Sınırlandırılmamış Kanal Akıntısındaki Yatay Difüzyon.....	64
1.7. Akıntı Sınıflandırma Şeması.....	65
1.7.1. Sınıflandırma Şemasının Genel Tanımı.....	65
1.7.2. Sınıflandırma Kriterleri.....	66
1.7.2.1. Jet-Benzer ve Plüm-Benzer Akıntılarının Karşılaştırılması (C1).....	66

1.7.2.2.Çapraz Akıntı ile Beraber Akışın Karşılaştırılması. (C2).....	66
1.7.2.3. Akıntıya Karşı Oluşan Plüm İle Kıyıyla İlişkili Plümların Karşılaştırılması (C3).....	67
1.7.2.4.Serbest Jetler İle Kıyıyla İlişkili Jetlerin Karşılaştırılması (C4).....	67
1.7.2.5. Derinlik İle Sığlığın Karşılaştırılması (C5).....	68
1.7.2.6. Serbest Jetlerde Momentum ile Yüzebilirliğin Etkilerinin Karşılaştırılması (C6).....	69
1.7.2.7. Sığ Akıntı Sınıflarında Çapraz Akıntı Hakimiyeti (C7).....	70
1.8.Hidrodinamik Benzeşim.....	70
1.8.1. Akıntı Protokolleri	70
1.8.2.Benzeşim modülleri.....	70
1.8.2.1. Deşarj Modülü (MOD 301).....	75
1.8.2.2 Zayıf Sapmalı Yakın – Alan Modülleri.....	76
1.8.2.2.1.Zayıf Sapmalı Jet Modülleri (MOD 311,314,317).....	76
1.8.2.2.2.Zayıf sapmalı 2-D Modülleri (MOD 312,315,318).....	77
1.8.2.2.3. Zayıf Sapmalı Plüm Modülleri (MOD 313,316).....	78
1.8.2.2.4. Yüzebilirlik, Geri sirkülasyon ve Sınırlı Kanal Etkisinden Dolayı Seyrelme ve Yörünge Davranışının Düzeltilmesi.....	79
1.8.2.3.Kuvvetli Şekilde Sapmış Yakın – Alan Modülleri.....	82
1.8.2.3.1 Kuvvetli Şekilde Sapmış Jet Modülleri (MOD 321,327).....	82
1.8.2.3.2. Kuvvetli Şekilde Sapmış Plüm Modülleri (MOD323,329).....	83
1.8.2.3.3. Güçlü Sapmalı 2-D Jet Modülleri.....	84
1.8.2.4. Akıntıya Karşı Girişim Modülleri	84
1.8.2.5. Uzak-Alan Modülleri.....	85
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	87
2.1. Yöntem.....	87
2.2. Gerekli Çevre ve Deşarj Verileri.....	91
2.2.1. Kanal Geometrisi.....	92
2.2.2. Yerel Akıntı Hızları (UA).....	92
2.2.3. Manning Pürüzlülük Katsayısı (n).....	95
2.2.4. Dip Eğimi (THETAB).....	95
2.2.5. Deşarj Açısı (SIGMA).....	96

2.2.6. Deşarj Derinliği (H_0).....	96
2.2.7.Konsantrasyon.....	96
2.2.8.Alıcı Su Ortamının Yoğunluğu (σ).....	96
2.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....	97
3. BULGULAR.....	98
3.1.Solaklı I.....	99
3.2.Solaklı II.....	104
3.3.Solaklı III.....	109
4. İRDELEME.....	114
5. SONUÇLAR.....	118
6. ÖNERİLER.....	120
7. KAYNAKLAR.....	123
8. ÖZGEÇMİŞ.....	130



ÖZET

Akarsular, körfezler ve deniz kıyıları sürekli olarak kirletilmektedir. Çeşitli amaçlar için kullanılan bu kaynakların sularındaki kirlilik konsantrasyonunun, zaman ve mesafeyle değişimi bilinmelidir. Bu ise, bir su ortamına deşarj edilen atık maddelerin ne şekilde yayıldıklarının bilinmesi ile mümkündür. Bunun için, atık maddelerin yayılmasını ifade eden bir matematik modelin kurulup analitik, nümerik veya deneysel metotlar yardımıyla çözümlenerek atık madde konsantrasyonunun zaman ve mesafeyle değişimi belirlenmelidir.

EPA (Environmental Protection Agency) tarafından geliştirilen Cornell Mixing Zone Expert System (CORMIX 3), dere içine yapılan deşarjın tahmini, analizi ve tasarımını yapmaya yardım eder. CORMIX 3 yüzebilen yüzey deşarjları sonucu kirletici akışının nitel ve nicel özelliklerini belirler. Çevresel koşullar ve oldukça büyük deşarj miktarı verildiğinde, CORMIX 3 en önemli özelliklerine göre akıntıyı uygun şekilde sınıflandıran bir sınıflandırma şeması geliştirme gereği duyar. Çevresel ve deşarj koşullarıyla belirlenen akıntı sınıflandırması bir matematiksel benzeşimdir. Bu matematiksel benzeşim kirletici akışının derinliği, genişliği, yörüngesi ve seyrelmesinin nicel tahminini sağlar. CORMIX 3 yeterli yönergeler ile girdilere, deşarj konumunun analizine ve program sonuçlarının açıklanarak seyrelme özelliklerini iyileştirilmesi için önerilere yer verir.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz'deki Solaklı deresinden gelen kirletici yüklü akışın kıyısal bölgedeki dağılımı CORMIX 3 bilgisayar programı kullanılarak analiz edildi. CORMIX 3 oluşturulan veri dosyasını kullanarak, Solaklı Deresinden gelen kirleticilerin kıyısal bölgedeki uzaysal ve zamansal değişimini, yakın-alan ve uzak-alan etkisini de hesaba katarak belirledi.

Anahtar Kelimeler : Doğu Karadeniz Bölgesi, CORMIX 3, Kirletici, dağılımı , Kirletici deşarjı.

SUMMARY

Mathematical Modeling of Pollutant Distribution from Solaklı Stream to Coastal Area.

Pollution is an important problem for rivers and coastal areas. The waste concentration in water is used for various purposes and its variation with respect to time must be known. Problems of environmental pollution can always be reduced to the solution of a mathematical model. The unknown quantity in such problems is an entity, C , a scalar physical quantity, which may be the mass of a pollutant or temporal and spatial distribution of pollutants. To evaluate the potential impacts of effluent discharges into receiving waters, we must make estimates of plume geometry and dilution characteristic. In area of growing environmental concern, accurate prediction of the impacts from aqueous discharges into our natural waters is essential, To aid the design, analysis, and prediction of discharges into the coastal zone, by using The Cornell Mixing Zone Expert System (CORMIX) has been developed by EPA .

CORMIX 3 gives both qualitative and quantitative descriptions of the effluent flow resulting from buoyant surface discharges. Given the large number of possible discharge and ambient conditions, it is necessary to develop a classification scheme which properly categorizes the flow according to its most significant characteristics. Coupled with the flow classification is a mathematical simulation which provides the quantitative predictions of the dilution, trajectory, width and depth of effluent stream. CORMIX 3 facilitates the input and analysis of a discharge situation by providing ample instructions, explanations of the results, and suggestions for improving the dilution characteristics.

Purpose of this research is to investigate pollutant distribution in Coastal region at Black Sea. For this reason, Solaklı coastal region which is located at the South Eastern Black Sea is chosen as pilot area. Then, pollutant distribution in sea were analyzed by using CORMIX 3. This model takes into account the effect of near field and far field. CORMIX 3 has been shown spatial and temporal variations of pollutant from Solaklı stream to coastal area.

Key Words: Eastern Black Sea, CORMIX 3, Pollutant distribution, effluent discharges.

ŞEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Karadeniz'de yüzey akıntı sınıfı.....	6
Şekil 2. Karadeniz genel siklonik ve antisiklonik döngüler ve yerel döngüler.....	7
Şekil 3. Durgun çevre içinde yüzebilen ve yüzemeyen jet davranışlarının karşılaştırılması.....	9
Şekil 4. Hayashi ve Shuto'nun durgun çevre içinde yüzey jet deneyi ile CORMIX3 tahminlerinin karşılaştırılması.....	10
Şekil 5. Motz ve Benedict'in deneylerindeki serbest yüzebilen jet yörüngelerinin ölçümü ve CORMIX3 tahminleri ile uygunluğunun karşılaştırılması....	12
Şekil 6. Çapraz akıntı içindeki iki yüzey jet deneyinin birbirleriyle karşılaştırılması ve CORMIX3 tahminleri.....	13
Şekil 7. Delft Hydraulics laboratuvarları tarafından yapılan deneylerde kıyıyla ilişkili akışlar ölçülmesi ve CORMIX3 tahminleri ile karşılaştırılması..	14
Şekil 8. Abdelwahed ve Chu tarafından yapılan deneylerde kıyıyla ilişkili akışlar ölçülmesi ve CORMIX3 tahminleri ile karşılaştırılması.....	15
Şekil 9. Radyal deşarj deneyi sonucu akıntıya karşı oluşan plum'un izotermi ve CORMIX3 tahminleri ile karşılaştırılması.....	16
Şekil 10. Kanal deşarj deneyi sonucu akıntıya karşı plum izotermi ve CORMIX3 tahminleri ile karşılaştırılması.....	17
Şekil 11. Tipik yüzey jetleri için yakın ve uzak alan rejimleri.....	34
Şekil 12. Yüzey jetlerinin yüzey izotermi.....	36
Şekil 13. Durgun çevre içinde tipik yüzey jeti.....	37
Şekil 14. Tipik duvar jeti.....	37
Şekil 15. Kıyıyla ilişkili akışlar.....	38
Şekil 16. Derin alıcı su ortamında akıntıya karşı oluşan plume.....	39
Şekil 17. Sığ alıcı su ortamında akıntıya karşı dengesiz oluşan plume.....	40
Şekil 18. Serbest jetler için uzunluk ölçeği.....	42
Şekil 19. Yüzemeyen yüzey jetlerinin Gaussian hız profili.....	46
Şekil 20. Yüzebilirlik dağılımı ile baskın olan akışların top-hat konsantrasyon Profili.....	48

Şekil 21. Suya batmış yüzemeyen jetler ile serbest jetlerin yörüngelerinin Karşılaştırılması.....	50
Şekil 22. $Fr_0' / R = (L_m / L_b)^{1/2}$ oranı ile yörünge sabitinin varyasyonu.....	56
Şekil 23. Kıyıyla ilişkili akışların yörünge verileri ile suya batmış jet yörünge kurlarının karşılaştırılması.....	57
Şekil 24. Yüzebilirlik Dağılım Süreci.....	61
Şekil 25. Pasif yerel difüzyon.....	62
Şekil 26. CORMIX 'in alt programları ve işlem sırası.....	88
Şekil 27. Pilot bölge olarak seçilen çalışma sahası.....	89
Şekil 28. Genelde bütün mevsimlerde görülebilecek rüzgar akıntı sistemleri.....	93
Şekil 29. Solaklı deresi kesiti ve Cormix kesit varsayımı.....	93
Şekil 30. Alıcı su ortamının şematize edilmesi.....	94
Şekil 31. Üç deşarj şekli.....	94
Şekil 32. Yakın alan deşarj şekli.....	95
Şekil 33. Yoğunluğun mevsimsel profili.....	97

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. CORMIX 3 Benzeşim Modülleri.....	71
Tablo 2. Akıntı protokolü	72
Tablo 3. Akış sınıflandırma kriterleri.....	74
Tablo 4. Hidrodinamik Benzeşim Katsayıları.....	80
Tablo 5. Geçiş kuralı sabitleri.....	85
Tablo 6. Geçiş kuralları.....	86
Tablo 7. Belirlenen istasyonlar ve ölçülen veriler.....	92
Tablo 8. Solaklı I çalışması.....	99
Tablo 9. Solaklı II çalışması.....	104
Tablo 10. Solaklı III çalışması.....	109



SEMBOLLER DİZİNİ

α	Yayılganlık sabiti
β	β Yoğunluk akıntı sabiti
$\Delta\rho_0$	Deşarj yoğunluk farkı , $\rho_a - \rho_0$
ΔT	Yüzey suyu sıcaklık farkı
ΔT_0	Deşarj sıcaklık farkı
θ	Deşarjın yapıldığı alıcı su ortamının dip eğimi
ρ_a	Yerel (çevre) alıcı suyun yoğunluğu
ρ_0	Deşarj yoğunluğu
σ	Deşarj açısı
σ_s	Standart sapma
a_0	Deşarj alanı
AR	Görünüş oranı
b	Genişlik sabiti
BH _{3xx}	Genişlik sabiti
BV _{3xx}	Genişlik sabiti
b_h	Plüm yatay yarım genişliği
b_0	Deşarj kanalının genişliği
BS	Yerel su kütesinin genişliği
b_v	Plüm derinliği
$b_{v, \max}$	Maksimum akıntı derinliği
C	Kirletici konsantrasyonun merkez hattı
C_D	Sürüklenme katsayısı
C_n	Korunumsuz kirletici konsantrasyonu
C_0	Deşarjın kirletici konsantrasyonu
d_0	Deşarjın çapı
E_y	Enine (çapraz) yayılganlık
E_z	Dikey yayılganlık
f	Darcy - Weisbach direnç katsayısı (sürtünme faktörü)

Fr_{ch}	Kanalın yoğunluksal froude sayısı, $U_0 / (g_0' h_0)^{1/2}$
Fr_0	Deşarjin yoğunluksal froude sayısı, $U_0 / (g_0' d_0)^{1/2}$
Fr_0'	Genel yoğunluksal Froude sayısı, $U_0 / (g_0' a_0^{1/2})^{1/2}$
g	Yerçekimi ivmesi
g_0'	Başlangıç azaltıcı yerçekimi ivmesi, $g (\rho_a - \rho_0) / \rho_a$
H	Yerel çevredeki su derinliği
H_a	Ortalama su derinliği
H_D	Deşarjin yapıldığı ortalama su derinliği
HMZ	Hidrodinamik karışım bölgesi
h_0	Deşarj kanalındaki akıntının derinliği
h_s	Akıntıya karşı girişimin başladığı akıntı derinliği,
j_0	Her birim derinlikteki deşarj yüzebilirlilik akışı, J_0 / H
J_0	Deşarj yüzebilirlilik akışı, $g_0' Q_0$
J_0^*	Alternatif deşarj yüzebilirlilik akışı, $J_0 / 2^{1/2}$
K_r	Reaksiyon sabiti
L_b	Plüm - çapraz akıntı uzunluk ölçeği, J_0 / u_a^3
L_b^*	Alternatif plüm - çapraz akıntı uzunluk ölçeği, $L_b / 2^{1/2}$
L_e	Akıntı kurulum bölgesinin uzunluğu
L_I	İçeri sokulma uzunluk ölçeği
l_m	2 - Boyulu jet - çapraz akıntı uzunluk ölçeği, m_0 / u_a^2
l_M	2- Boyutlu jet - plüm uzunluk ölçeği, $m_0 / j_0^{2/3}$
L_m	Jet - çapraz akıntı uzunluk ölçeği, $M_0^{1/2} / u_a$
L_m^*	Alternatif Jet - çapraz akıntı uzunluk ölçeği, $L_m / \pi^{1/2}$
L_M	Jet - plüm uzunluk ölçeği, $M_0^{3/4} / J_0^{1/2}$
l_q	2 - Boyutlu deşarj uzunluk ölçeği, $q_0^{1/2} / m_0$
L_Q	Deşarj uzunluk ölçeği, $Q_0 / M_0^{1/2}$
m'	Her birim derinlikteki hat impuls momentumu, M' / H
M'	Hat impuls momentumu
m_0	Her birim derinlikteki deşarj momentumu akışı, M_0 / H
M_e	Aşırı momentum akışı

M_0	Deşarj momentum akışı , $u_0 Q_0$
M_0^*	Değişimli deşarj momentum akışı , $M_0 / \pi^{1/2}$
q_e	Yoğunluk akıntısındaki sıvı karışımı
q_0	Her birim derinlikteki deşarj hacminin akışı , Q_0 / H
Q_0	Deşarj hacminin akışı , $u_0 a_0$
R	Hız oranı , u_0 / u_a
s	Akış yörüngesi boyunca uzaklık
s, S_{3xx}	Seyrelme sabiti
S	Seyrelme
t, T_{3xx}	Yörünge sabiti
$T C_{3xx}$	Geçiş kuralı sabiti
u	Akış hızı
u^*	Sürtünme hızı
u_a	Çevresel akıntı hızı
u_c	Merkez hattı akış hızı
u_0	Deşarj hızı
v_b	Yoğunluk akıntısının hızı
w_c	Yoğunluk akıntısı içindeki akışkanın net hızı
x	Küresel koordinat sisteminde yatay akış yönü koordinatı
$X'Y'Z'$	Lokal koordinat sistemi
x_R	Geri sirkülasyon bölgesi uzunluğu
x_s	Akıntıya karşı oluşan girişimin uzunluğu
$x_v y_v$	Gerçek orijinin koordinatları
y	Çevresel çapraz akıntıya dik küresel koordinat sistemindeki yatay koordinat
Y_{max}	Akışın maksimum derinliğinin mesafesi
Y_0	Alıcı su ortamı içine uzatılmış deşarj kanalının uzatma mesafesi
z	Küresel koordinat sisteminde dikey koordinat

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya nüfusunun sürekli olarak artışı ve hızlı gelişen sanayileşme çevre kirlenmesini de beraber getirmektedir. Genellikle insanların çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan kirleticiler, doğanın temel öğeleri olan havaya, toprağa ve suya verilmektedir. Bunun sonucu olarak insanların bu öğelerden faydalanmaları gün geçtikçe sınırlanmakta, hatta bazen imkansız hale gelmektedir. Çevre kirlenmesinden en fazla etkilenen su kaynaklarıdır. Bunun nedeni kirleticilerin sulara direkt bırakılması yanında, hava ve toprağa geçen kirleticilerin de zamanla su kaynaklarına ulaşması ve birikmesidir (Boran, 1995).

Yeryüzünün 361 milyon km² si denizlerle kaplıdır Bu büyük su kütesinin kendini kolayca temizleyeceği düşünülerek, hemen bütün ülkelerde sanayi atıkları, evsel atıklar ve diğer kirletici maddeler nehirler yoluyla veya direkt olarak denizlere bırakılmaktadır (Kocataş, 1986).

Ülkemizde ekonomik olarak en fazla faydalanılan Karadeniz, insanların faaliyetlerinden yoğun şekilde etkilenmektedir. Maksimum derinliği 2112 m olan Karadeniz, derinliği yalnızca 50-60 m olan İstanbul Boğazı ile diğer denizlerle bağlantı oluşturmuştur. Su kütesinin %87'si oksijensiz olan Karadeniz'de 150-200 m derinliklerin altında anoksik bir tabaka meydana gelmiştir (Sorokin, 1986).

Yeniden kullanılma olanağı bulunmayan atıklar çevreye boşaltılmaktadır. Boşaltılma genellikle denizler, göller ve ırmaklar gibi doğal su kaynaklarına yapılmaktadır. Bu doğal su kaynaklarının kirlenmesine bir neden olmaktadır (Ger, 1976).

Karadeniz bölgesinin topografik yapısı denize yapılan deşarjlar üzerinde önemli bir etki yapmaktadır. Bölgede dağlar genellikle kıyıya çok yakın, hatta bazı bölgelerde hemen kıyıda ve kıyı şeridine paralel olduğundan, yerleşim bölgenin çok büyük bir kesiminde dar bir kıyı kuşağında bulunmaktadır (Tuncel vd., 1993).

Karadeniz havzası ve Karadeniz'i dolaylı olarak etkileyen bölgede 160 milyon insan yaşamaktadır. Bu yoğun nüfusun tüm evsel, tarımsal ve sanayii atıkları herhangi

bir işleme tabi tutulmadan direkt veya dolaylı olarak Karadeniz'e dökülmektedir (Balkaş, 1990).

Karadeniz'e yılda yaklaşık 400 km³ su boşaltan akarsular 2.22 milyon km² 'lik bir alanı drene etmektedirler. Dokuz ülkeye ait olan bu alanların bazı kesimlerinde yoğun endüstriyel ve tarımsal faaliyetler yapılmaktadır. Yılda yaklaşık 200km³ suyu Karadeniz'e boşaltan Tuna nehri, 60 bin ton fosfatı ve 340 bin ton inorganik azotu da beraberinde taşımaktadır. Bunun fosfatlı deterjanlardan ve tarımda yoğun olarak kullanılan gübrelerden ileri geldiği bildirilmektedir. Nütrient konsantrasyonunun aşırı şekilde artışı deniz ortamında fitoplanktonların yoğun olarak çoğalmasına yani ötrofikasyona neden olmaktadır. Deniz ekosisteminde birçok olumsuz etkiye sahip olan ötrafikasyona özellikle Kuzeybatı Karadeniz'de çok sık rastlanmaktadır (Balkaş, 1990 ; Fineneko, 1991).

Ayrıca krom, bakır, cıva, kurşun, çinko, kadmiyum ve petrol türevi gibi birçok sayıda kirlenici madde akarsulardan veya kıyadaki endüstri kuruluşlarının atıklarıyla Karadeniz'e boşaltılmaktadır (Kilknadze vd., 1991).

Yağışlı olan bu bölgede pölikültür tarım yapılmaktadır. Bu nedenle bölgede yoğun gübrelemenin yanında, tarımsal mücadele amacıyla yaygın olarak pestisidler kullanılmaktadır. Çeşitli olumsuz etkilere sahip bu ilaçlar, yağmur suları ile yıkanarak önce akarsulara ve oradan da denize ulaşmaktadır (Kilknadze vd., 1991).

Karadeniz kapalı bir deniz olması, su yenileme zamanının uzun olmasına ve dolayısı ile denize giren atıkların ortamda uzun süre kalmasına sebep olmaktadır. Karadeniz bölgesinde endüstrileşmenin artması, ormanların yok edilerek doğal çevrenin erken bozulmasına ve arıtılmadan atılan atıkların denizi hızla kirlenmesine sebep olmaktadır (Tuncel vd., 1993). Bu kirlenme kontrol edilmelidir. Yoksa doğaya ilişkin yaşamsal süreçler, diğer bir deyişle kurulu denge geriye dönülmez biçimde bozulur. Bu nedenle atıkların doğal su kaynaklarına boşaltılması sürekli bir şekilde kontrol edilmelidir. Bu ise boşaltma işlemine özge akım olgusunun iyi bir şekilde anlaşılması gerektirir (Ger, 1976).

Kirlenme olayının anlaşılması olmasının yanında, en az bunun kadar önemli olan diğer bir konu da kirlenmenin ne kadar etkin olacağına önceden kestirebilmesidir. Bu da çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. En çok kullanılan yöntemlerden biri matematik modelledir (Ger, 1976). Modeller bir dizi varsayımdan sonra

gerçekleştirilebilir. Bu nedenle model sonuçlarının ancak bu varsayımların geçerli olduğu durumlar için sağlıklı olabileceği unutulmamalıdır (Arceivala, 1976).

Bu çalışmada Solaklı deresinden gelen kirleticilerin kıyısal bölgede yatay ve düşey dağılımları bilgisayar programı kullanılarak tahmin edilmiştir.

1.2. Karadeniz'in Oşinografik Özellikleri

Karadeniz, 40° 55'- 46° 32' kuzey enlemleri ile 27° 27'- 41°42' doğu boylamları arasındadır. Güneydoğuda Doğu Karadeniz, kuzeydoğuda ise Kafkas dağlarıyla çevrilmiştir. Kırım dışında kalan kuzeybatı kıyıları oldukça alçaktır. Güneybatıda İstanbul-Marmara Denizi-Çanakkale Boğazı yoluyla Ege Denizi ve Akdeniz'e kuzeyde ise Kerç boğazı yoluyla Azak Denizi'ne bağlanmıştır. Karadeniz'in en derin yeri 2212 m olup ortalama derinliği 1300 m'dir. 420 000 km² yüzey alanına sahip Karadeniz'in % 30'dan fazlası 2000 m'nin üzerinde derinliğe sahiptir. Karadeniz'in toplam hacmi 537 000 km³ olup bunun % 87'sini anoksik su kütleleri oluşturmaktadır. Karadeniz'in taban topografyası kıyıya paralel, yaklaşık 20 km eninde bir kuşak boyunca, oldukça değişimler göstermektedir. Dinyeper, Dinyester ve Tuna gibi büyük nehirlerin denize döküldüğü Kuzeybatı Karadeniz bölgesinde geniş bir kıta sahanlığı vardır. Bu bölgenin dışında, kıta sahanlığı yok denecek kadar az olup, sadece batıda ve kuzeyde kuzeybatı kıta sahanlığının uzantısı olan dar bir şerit bulunmaktadır. Ayrıca, Karadeniz'in güney kıyısı boyunca Sakarya, Yeşilırmak ve Kızılırmak nehirleri ağızlarında daha küçük ölçekli yöresel kıta sahanlıkları bulunmaktadır. Bunun dışında topografya genellikle çok keskin bir taban eğimiyle derinleşmektedir (Balkaş, 1990 ; Sorokin, 1986).

Karadeniz yazları sıcak, kışları soğuk geçen kıtasal iklim bölgesinde bulunduğundan, mevsimlere bağlı hava şartları değişikliklerinin deniz suyu üzerindeki etkisi oldukça belirgindir. Ancak Karadeniz'in hidrografik özellikleri mevsimlere bağlı sıcaklık değişikliklerinin 90 m derinlikten daha aşağı ulaşmasını engeller. Karadeniz'deki durgun su kütleleri, daha yoğun olan dip sularını az yoğun olan yüzey sularından ayıran sürekli haloklinden ileri gelmektedir. Dikey karışım ve mevsimsel değişimler haloklin tabakasının üst kısmıyla sınırlanmıştır. Daha tuzlu ve oksijen bakımından fakir Akdeniz kaynaklı dip sularını, oksijence zengin ve daha az tuzlu

yüzey sularından ayıran, bir ara tabakanın varlığı nedeniyle, tabakalar arasında oldukça zayıf oranlarda dikey karışım olayları meydana gelmekte ve bu nedenle derin sular yeteri kadar oksijence beslenememektedir. Bunun sonucu olarak 100-150 m derinliklerdeki az miktarda oksijen ve hidrojen sülfürün beraberce bulunduğu bir geçiş tabakasının altında tümüyle oksijensiz koşullar etkin olmaktadır (Sorokin, 1986 ; Baykut vd., 1982).

Karadeniz'de tatlı su girdisi ile tuz oranı arasında bir denge bulunmaktadır. Karadeniz'e akarsulardan yılda 400 km^3 su boşalmaktadır. Bu miktarın büyük bir kısmı Tuna ve Dinyeper nehirlerinden sağlanmaktadır. Ayrıca Kerç Boğazı yoluyla yılda 55 km^3 acı su Azak Denizi'nden Karadeniz'e geçmektedir. Tuzluluğu ortalama ‰ 18 olan yılda yaklaşık 340 km^3 su, yüzey akıntılarıyla Karadeniz'den Marmara Denizi'ne taşınmaktadır. İstanbul Boğazı'ndan gelen dip akıntıları, yılda yaklaşık 180 km^3 tuzlu suyun (‰ 34.3) Marmara Denizi'nden Karadeniz'e geçmesini sağlamaktadır. İstanbul Boğazı'ndan yapılan bu değişim, Karadeniz'in hidrolojik ve kimyasal rejiminde önemli etkiye sahiptir. Su kütlelerinin tuzluluğunda sıcaklığa göre çok daha az değişimler meydana gelmektedir. En önemli değişimler kıyısal kesimlerde ve Kuzeybatı Karadeniz'deki kıta sahanlığı bölgelerinde görülmektedir. Karadeniz'in ortalama tuzluluğu ‰ 22'dir (Mee, 1990 ; Baykut vd., 1982).

Karadeniz'deki tuzun iyonik yapısı okyanuslardaki ile aynıdır. Tek önemli fark karbonat iyonunun Karadeniz'de bol miktarda bulunmasıdır. Karbonat iyonu özellikle dip sularında alkalitenin okyanuslara göre daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Karadeniz'de yüzey sularında karbonat miktarının fazla oluşu, bu maddeyi ihtiva eden çok miktarda nehir suyunun Karadeniz'e girişinden kaynaklanmaktadır. Dip sularında karbonat miktarı yüzeye göre daha fazladır. Bunun nedeni, organik maddenin anoksik ortamda parçalanması sonucu fazla miktarda karbondioksitin ortaya çıkmasıdır (Deuser, 1971).

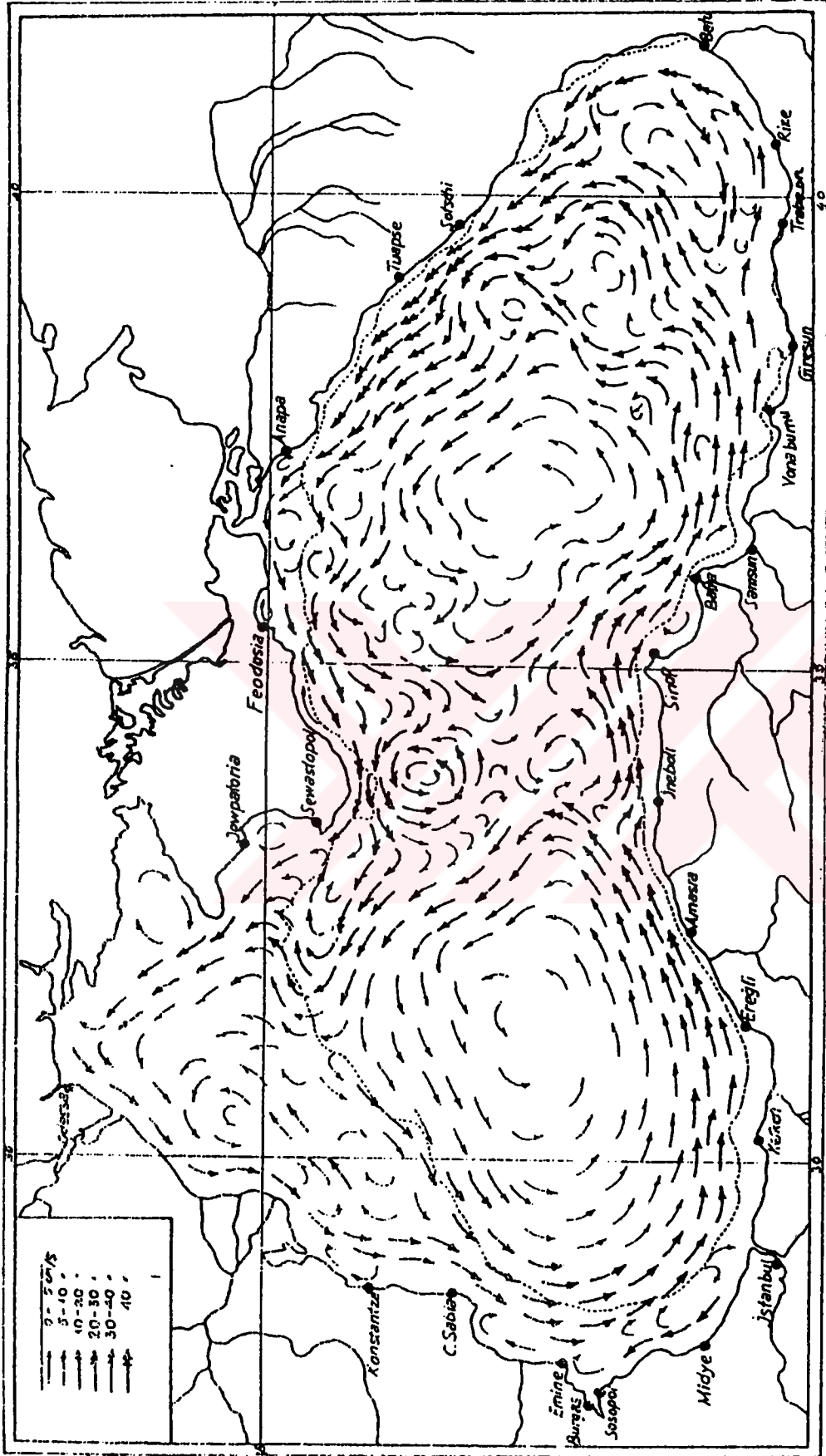
Karadeniz'deki esas elementlerin miktarları tuzlulukta olduğu gibi dibe doğru giderek artmaktadır. Bunun nedeni dikey tabakalaşmadır. Bu tabakalaşma, iz elementlerin dağılımını da önemli derecede etkilemektedir. Çözünmüş demir anoksik bölgede yoğun olarak bulunurken, çözünmüş bakır ve çinko aerobik bölgede yoğun durumdadır. Bunun nedeni bu iki elementin hızlı bir şekilde sülfid formuna geçmesidir.

Demir ve mangan anoksik bölgede sülfid ve karbonat formunda akümüle olmuştur (Brewer ve Spencer, 1990)

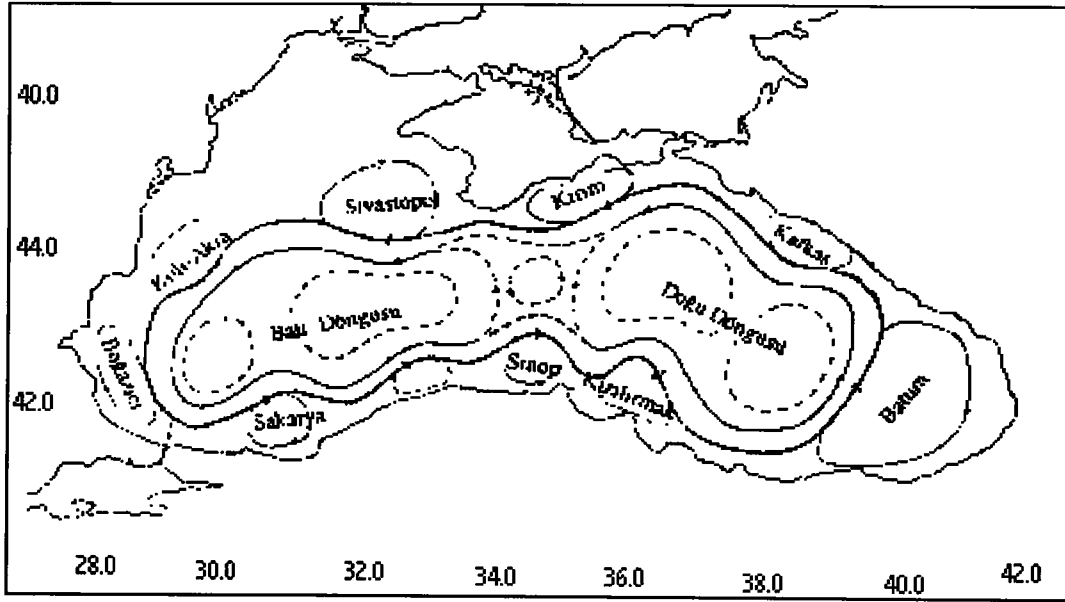
Karadeniz'de , yüzey akıntıları ve sirkülasyonu üzerine yapılan çalışmalar sonucunda deniz akıntı yapısının , doğu ve batı bölümlerinde siklonik iki geniş döngüden oluştuğu gösterilmiştir (Şekil 1,2) (Neumann and Pierson, 1966 ; Knipovich, 1932 ; Oğuz vd., 1993 ; Stanev et al., 1988). Blatov ve ark. bu sirkülasyonu desteklemiş ve doğu kesimindeki döngünün yazın batıya doğru yöneldiğini belirtmiştir (Blatov vd., 1984). Bu siklonik döngülerin oluşumunda etkili esas etmen açık olmamakla birlikte, bunların oluşumunda siklonik rüzgarların etkili olacağı belirtilmiştir (Neumann and Pierson, 1966 ; Moskelenko, 1976). Nümerik çalışmalar, bu akıntıların oluşumunda esas etmenin tuzluluk dağılımı olduğunu, oluşan rüzgarların bu akıntıları desteklediğini göstermiştir (Stanev, 1990 ; Marchuk vd., 1975). Bununla birlikte, nehir akışlarının oluşturacağı yoğunluk akıntılarının bu akıntı sistemine etkisi bilinmemektedir. Bu sirkülasyona, Akdeniz'in yüksek yoğunluktaki tuzlu sularının boğazlar yoluyla alt akıntı olarak Karadeniz'e akmasıyla birlikte, bu bölgedeki nehir akışlarının önemli etkileri vardır (İzdar and Murray, 1991).

Karadeniz'de yüzey akıntıları derinlere inildikçe azalır. Mevcut ana akıntı hızı yüzeyde 40 cm/s kadar ulaşırken 10m de %50 oranında azalma gösterir ve derin tabakalarda 10 cm/s'nin altına düşer. 500-100m arasında akıntı hızı 2-5 cm/s kadardır (Titov, 1985).

Doğu Karadeniz kıyıları, 34° 00' E civarında doğuya yönelen ana akıntı kolunun etkisi altındadır. Yaklaşık 10 - 20 cm/s arasında hıza sahip bu akıntı kolu Sinop, Samsun, Ordu kıyı formunu takip ederek Giresun - Trabzon arasında (39°-50') iki kola ayrılır. Bu kollardan biri Hopa - Batum kıyılarına, diğeri ise kuzeydoğuya, deniz çanağının iç kesimlerine doğru yönelir. Hopa'ya yönelen akıntı kolu Rize kıyılarında 20 -30 cm/s hıza ulaşırken, denizin iç kesimlerine yönelen diğeri akıntı kolunun hızı 10 - 20 cm/s dir. Hopa - Batum kıyılarına yönelen akıntı kolu, Batum kıyılarında tekrar iki kola ayrılır. Bunlardan biri kıyı formunu takip ederek kuzeye doğru hareketini devam ettirirken, diğeri bir kol güneybatıya yönelir ve 39° 50' E'de iç kesimlere yönelen akıntı koluyla birleşerek, Batum-Trabzon arasında 5-20 cm/s hıza sahip büyük bir siklonik döngü oluşturur. (Stanev, 1990 ; Neumann and Pierson, 1966).



Şekil 1. Karadeniz' de yüzey akıntı sistemi



Şekil 2. Karadeniz genel siklonik ve antisiklonik döngüler ve yerel döngüler (Oğuz vd., 1993)

Karadeniz'e nehirler vasıtasıyla oldukça fazla nütrient girişi olmaktadır. Fosfat fosforu ve organik fosfor, Atlantik Okyanusunun aynı derinlikteki sularına kıyasla Karadeniz'de üç kat daha yoğundur. Bu durum söz konusu elementlerin Karadeniz'de daha uzun süreyle kalmasından kaynaklanmaktadır. Silis ve nitrit miktarlarının yüksek olmasına karşın nitrat düzeyi oldukça düşüktür (Skopintzev, 1953).

1.3. Önceki Yapılan Çalışmalar

1.3.1. Deneysel Çalışmalar

CORMIX 3 sonuçları çeşitli laboratuvar deneyleri ve alansal çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. CORMIX 3 bu karşılaştırmalar sonucunda, çeşitli akış tiplerinde geçerli sonuçlar sağladığı görülmüştür.

CORMIX 3'ün alt sistemleri olası akış tiplerini göz önünde tutar. Ne yazık ki, yüzey jetleri üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlı ve akış sınıflarının birçoğunun laboratuvar karşılaştırmaları nicel olarak eksiktir.

CORMIX 3'ün tahminleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan laboratuvar deneyleri ; durgun çevre içindeki yüzey jet deneyleri, çevresel çapraz akıntı içine deşarj edilen yüzey jet deneyleri olarak iki alt bölümde incelenecektir .

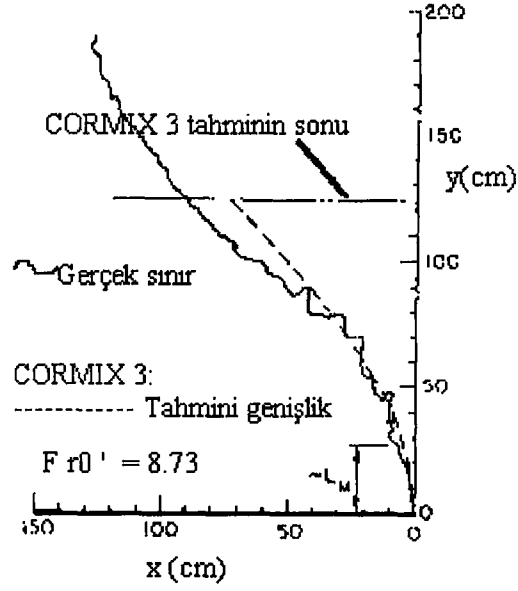
1.3.1.1. Durgun Çevre İçine Yapılan Deşarjlar

Durgun çevre içinde yapılan deneysel çalışmalar CORMIX 3 tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Wolanski ve Koh 'un deneyleri yakın alan içindeki yüzey jetlerinin yatay dağılımları üzerine yüzebilirliğin etkilerini göstermek üzereydi (Wolanski and Koh, 1973). Hayashi ve Shuto 'nun deneyleri ise yakın alan sınırlarının dışındaki bölgenin devamsızlığı ve yakın alan akışının tahmin edilebilirliği üzerine yapılmıştır (Hayashi and Shuto, 1967). Wolanski ve Koh tarafından iki test yapılmıştır. Bu testlerin birincisi, yüzemeyen deşarjlar için , ikincisi ise alıcı su ortamı ile yüzey deşarjı arasındaki yoğunluk farkının az olduğu ortama yapılan deşarjlar içindir. Bu iki deney açıkça göstermiştir ki, yüzebilirlik jetin yanal dağılımıyla birlikte artmaktadır. Yüzemeyen jet dağılımı zayıf ve sabit oranla dağılırken, yüzebilen jet daha çok lineer olmayan oranla dağılır. Her iki durumda da CORMIX 3 jet kaynağının genişliğini tahmin eder. Bu durumun karşılaştırmaları Şekil 3'de gösterilmiştir.

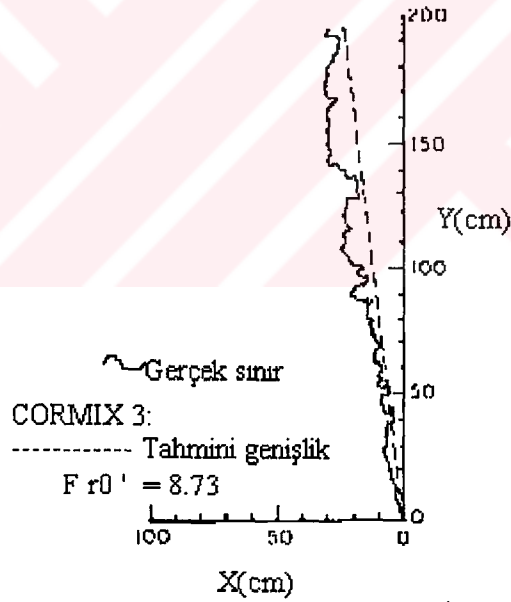
Hayashi ve Shuto'nun deneysel karşılaştırmaları, yakın alandaki yüzebilirlik dağılımının etkilerini ve CORMIX 3 'ün tahmin yeteneğinin çeşitli akış tipleri için öneriler sağladığını göstermiştir. Bu durum Şekil 4 'de gösterilmiştir.

1.3.1.2. Çapraz Akıntı İçindeki Yüzey Jet Deşarjları

CORMIX 3 'ün çapraz akıntı içindeki yüzey jetlerinin laboratuvar deneyleri ile tahminlerin karşılaştırılması, üç akış kategorisine göre yapılmıştır. Bunlar ; serbest jetler, kıyıyla ilişkili jetler ve akıntıya karşı oluşan plüm'lar.

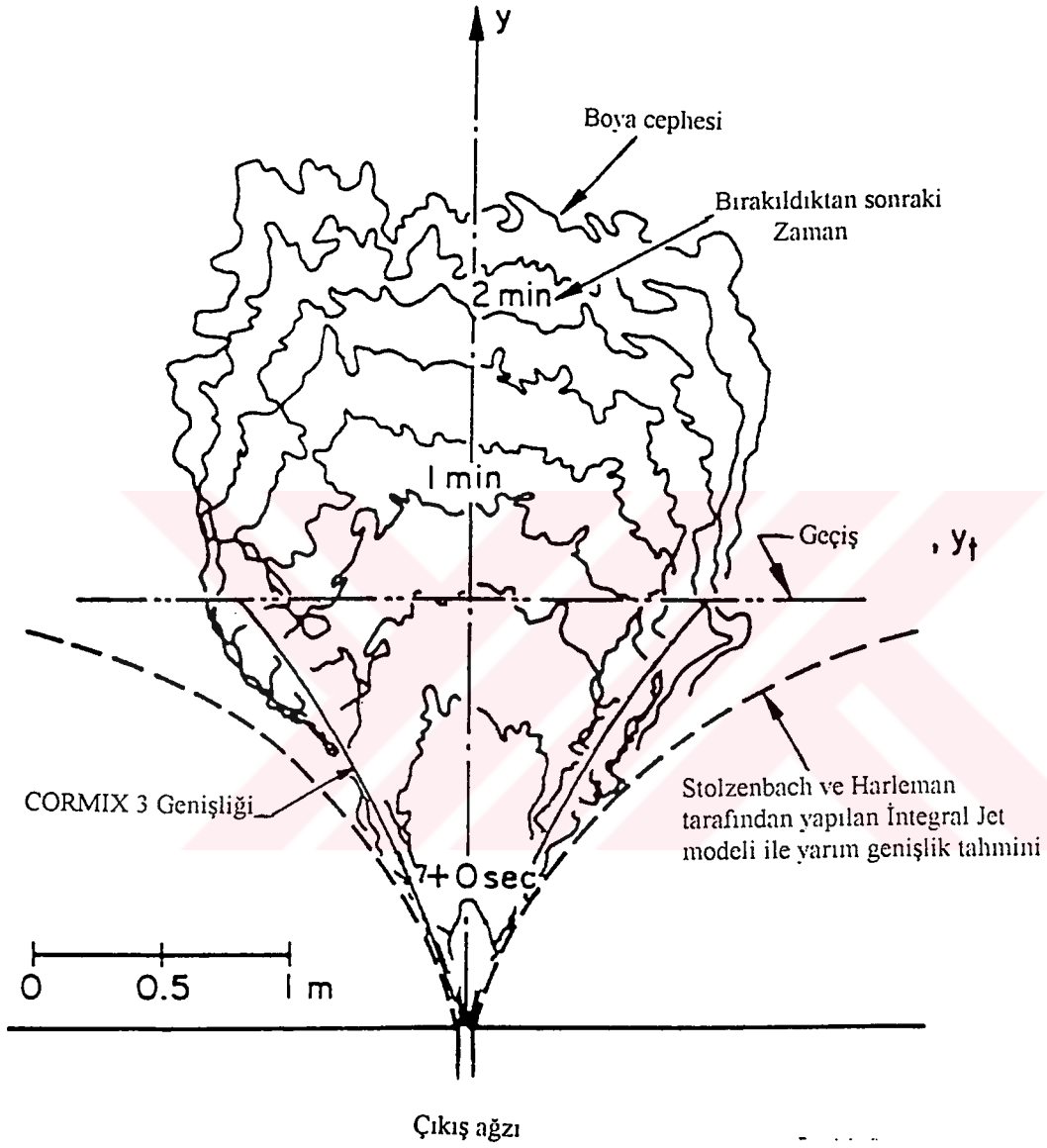


a) Yüzebilen deşarj



b) Yüzemeyen deşarj

Şekil 3. Durgun çevre içinde yüzebilen ve yüzemeyen jet davranışlarının karşılaştırılması. (Wolanski and Koh, 1973 ; CORMIX 3 tahminleri)



Şekil 4. Hayashi ve Shuto'nun durgun çevre içinde yüzey jet deneyi ile CORMIX3 tahminlerinin karşılaştırılması

1.3.1.2.1. Serbest Jetlerin Karşılaştırılması

Serbest jetlerin karşılaştırılması, Delft Hydraulics Laboratuvarları ve Motz, Benedict'in araştırma verileri kullanılarak yapıldı. Delft deneyleri, eğer hız oranı sabit ve deşarj sıcaklığı değişken ise seyrelmeler ile akış yörüngelerinin farklılık göstereceğini ortaya koymuştur (Delft Hydraulics Laboratory, 1983). Diğer yandan , Motz ve Benedict'in deneylerinde ise aynı deşarj sıcaklığına sahip fakat farklı deşarj hızları olan deşarjlar kullanmışlardır (Motz and Benedict, 1970).

Şekil 6a ve Şekil 6b Delft Hydraulics Laboratuvarlarında yapılan deneysel çalışmaların yüzey izotermelerini göstermektedir. Her iki deneyde hız oranı 10 olarak belirlenmiştir. Şekil 6a deneyi yüksek deşarj sıcaklığına sahip olduğunda Şekil 6b deneyi ise, plüm'un gittikçe incelmesinden dolayı çevresel akıntı içinde biraz daha uzağa nüfuz ettiğini göstermektedir. Her iki durumda da, CORMIX 3 çapraz akıntı içine nüfuz etmeyi biraz olsun tahmin edebilmektedir.

Motz ve Benedict'in deneyleri merkez hattı yörüngelerinin belirlenmesi üzerineydi. Bu iki deney başlangıçta sıcak farklılıkları aynı fakat farklı deşarj hızları altında yapıldı. Yüksek deşarj hızıyla akış çevresel çapraz akıntı içinde daha uzağa nüfuz ettiği deneylerde gözlemlenmiştir. CORMIX 3 hem yörünge hem de sıcaklık verileri ile uyumlu sonuçlar göstermiştir (Şekil 5).

1.3.1.2.2. Kıyıyla İlişkili Jetlerin Karşılaştırmaları

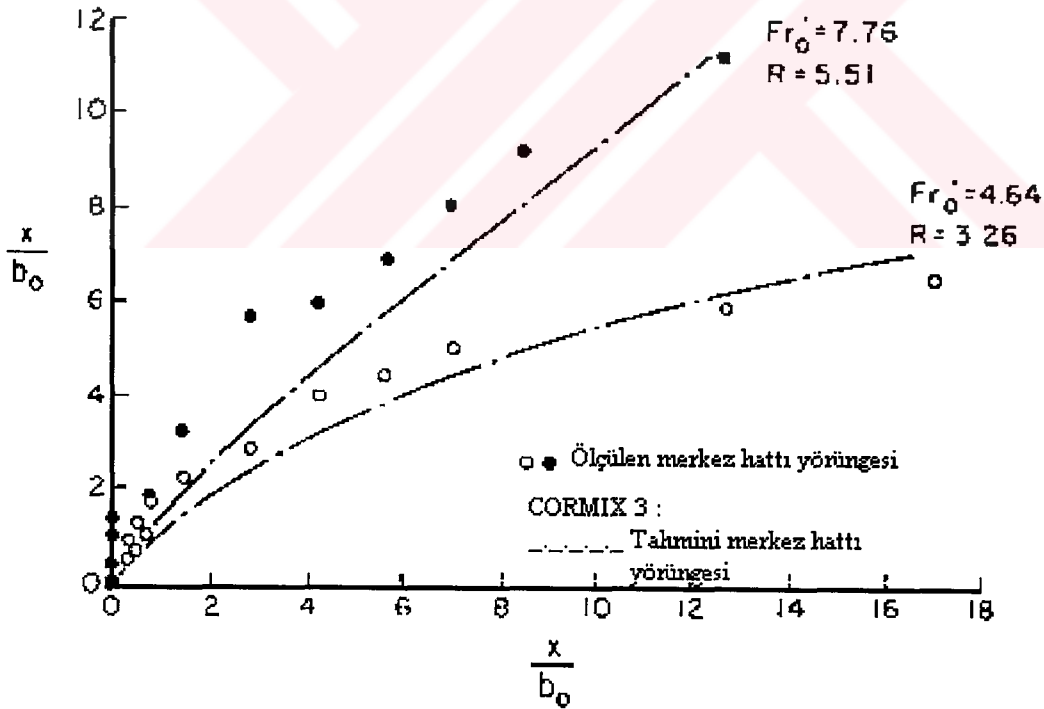
Kıyıyla ilişkili jetlerin CORMIX 3 tahminleri Delft Hydraulics Laboratuvarları ve Abdelwahed ile Chu'nun deneyleriyle karşılaştırılmıştır. Delft Hydraulics Laboratuvarlarındaki deneyler, deşarj hızı ve yüzebilirlik sabitken çevresel hız değişimlerinin etkisini göstermek amacıyla yapılmıştır (Delft Hydraulics Laboratory, 1983). Abdelwahed ve Chu'nun deneylerinde, birçok akıntı parametresinin değiştirilmesi sonucu ne gibi değişikliklerin ortaya çıkabileceği üzerineydi (Abdelwahed and Chu, 1981).

Şekil 7a ve Şekil 7b Delft deneylerinin yüzey izotermelerini göstermektedir. Artan hız oranı plüm üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yüksek hız oranlarıyla deşarj çapraz akıntı içinde daha uzağa nüfuz etmesini sağlamakta ve aynı zamanda yakın

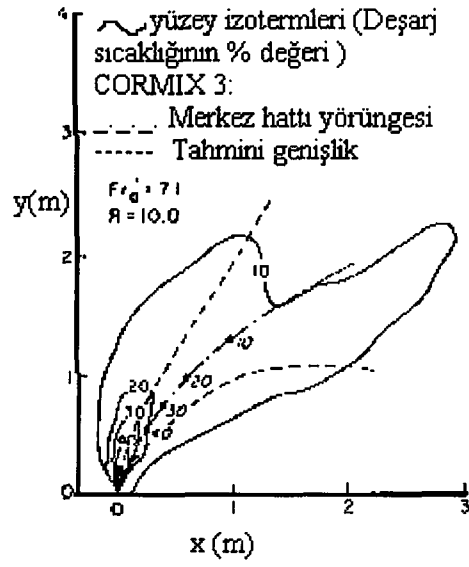
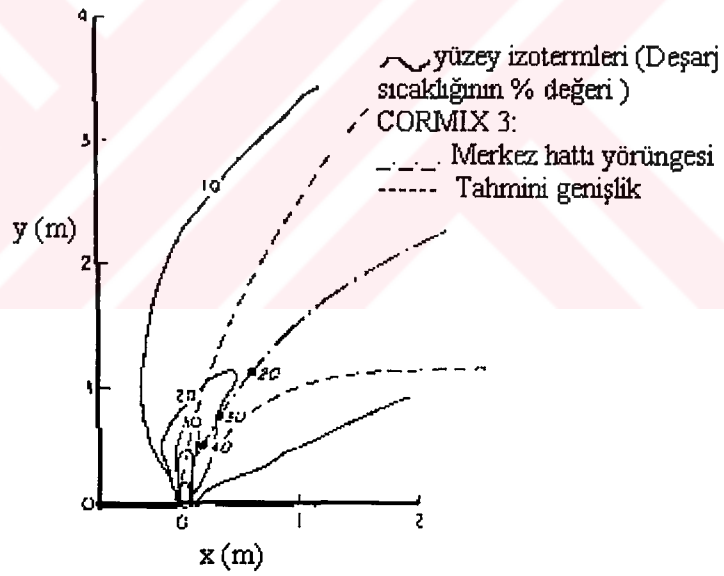
alandaki kıyı boyunca geri sirkülasyon bölgesi de muhafaza edilmektedir, bu durum Şekil 7a 'da gösterilmiştir. Bu deneylerde CORMIX 3 tahminleri oldukça iyi sonuç vermiştir. CORMIX 3 düşük hız oranlarındaki deneylerde ise, çapraz akıntıdaki yanal nüfuz etmeyi biraz daha büyük tahmin etmiştir. Bu durum Şekil 7b 'de gösterilmiştir.

Abdelwahed ve Chu 'nun deneyleri, farklı deşarj hızları, başlangıç yüzebilirliği ve çevresel akıntı hızlarına sahiptir. Bu parametreler arasında karmaşık bir ilişki olmasına rağmen, bir ilişki gözlemlenebilmiştir. Artan yanal yayılmadan dolayı, düşük Froude sayılarındaki deşarjların daha büyük genişliğe sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum Şekil 8a'da gösterilmiştir. CORMIX 3 bu tip akışların genişliği ve yörüngesini başarıyla tahmin etmiştir.

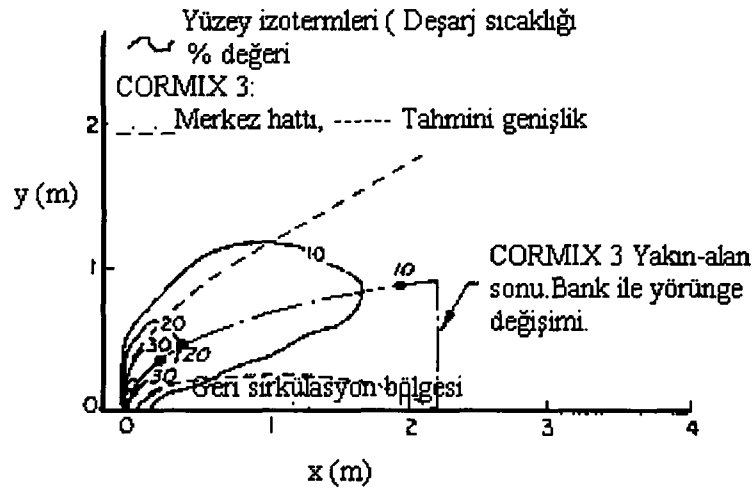
Bütün kıyı hattı akışlarında, geri sirkülasyon bölgesi akış yönündeki bank boyunca oluşur. CORMIX 3 bu bölgenin genişliğini tahmin edemez. Bu bölgenin genişliği yakın alandaki jet genişliği kullanılarak tahmin edilebilir. Geri sirkülasyon bölgesi yakın alan uzunluğu boyunca oluşur, Bu durum Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Motz ve Benedict'in deneylerindeki serbest yüzebilen jet yörüngelerinin ölçümü ve CORMIX 3 tahminleri ile uygunluğunun karşılaştırılması

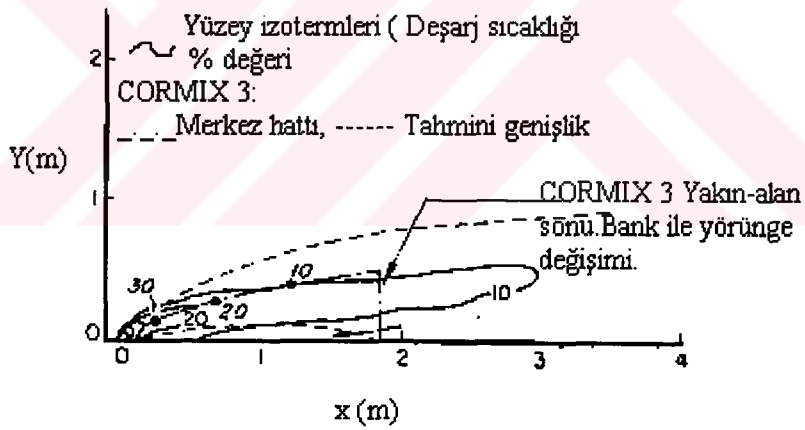
a) $F_r = 7.1$, $R = 10$ b) $F_r = 5.2$, $R_0 = 10$

Şekil 6. Çapraz akıntı içindeki iki yüzey jet deneyinin birbirleriyle karşılaştırılması ve CORMIX 3 tahminleri (Delft,1983).



$$Fr_0 = 7 \quad R = 5$$

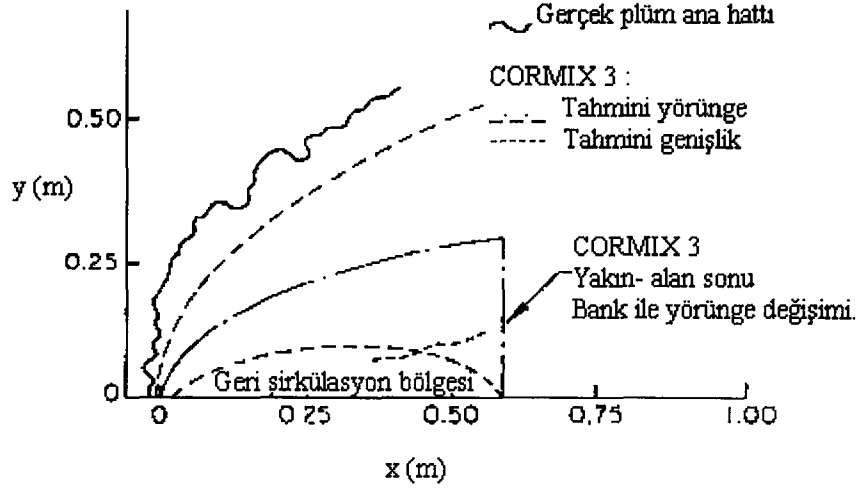
a) Yüksek hız oranları



$$Fr_0 = 7.1 \quad R = 2.5$$

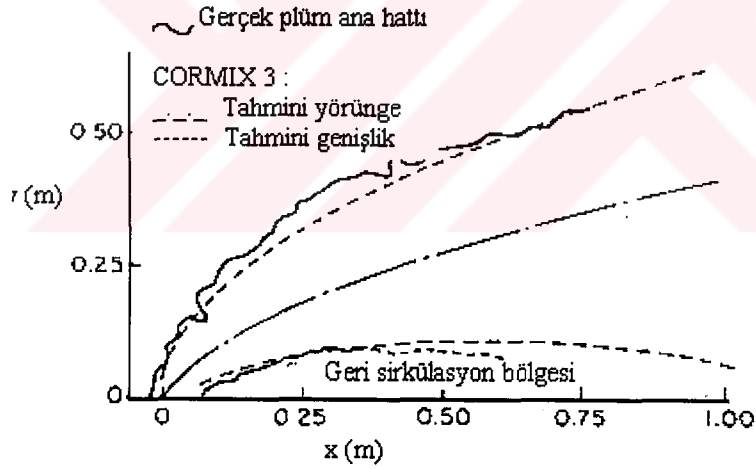
b) Düşük hız oranı

Şekil 7. Delft Hydraulics laboratuvarları tarafından yapılan deneylerde kıyıyla ilişkili akışlar ölçülmesi ve CORMIX 3 tahminleri ile karşılaştırılması (Delft, 1983).



$$F r_0 = 4.1 \quad R = 2.4$$

a) Düşük deşarj hızı



$$F r_0 = 4.1 \quad R = 2.4$$

b) Yüksek deşarj hızı

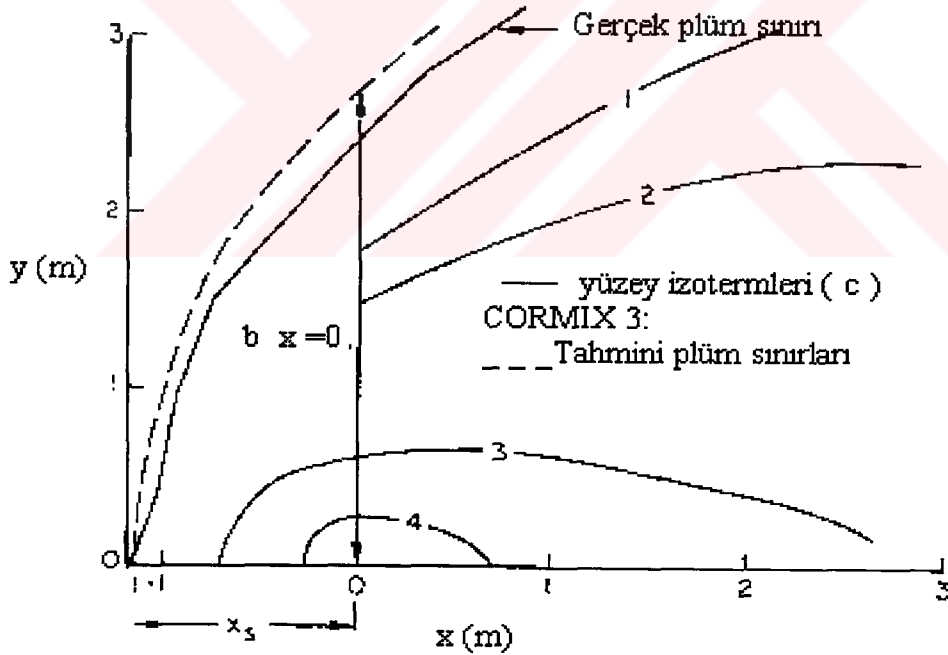
Şekil 8. Abdelwahed ve Chu tarafından yapılan deneylerde kıyıyla ilişkili akışlar ölçülmesi ve CORMIX 3 tahminleri ile karşılaştırılması

1.3.1.2.3. Akıntıya Karşı Oluşan Plüm'un Karşılaştırılması

Akıntıya karşı oluşan plüm deneyleri Huq, Kuhlman ve Prahl tarafından yapılmıştır. Huq, Jones ve ark. tarafından kullanılan radyal yüzey deşarj deneylerine benzer deneyler yaptı (Jones et al, 1985). Kuhlman ve Prahl, CORMIX 3'de varsayıldığı gibi yan deşarj kanalı kullandı.

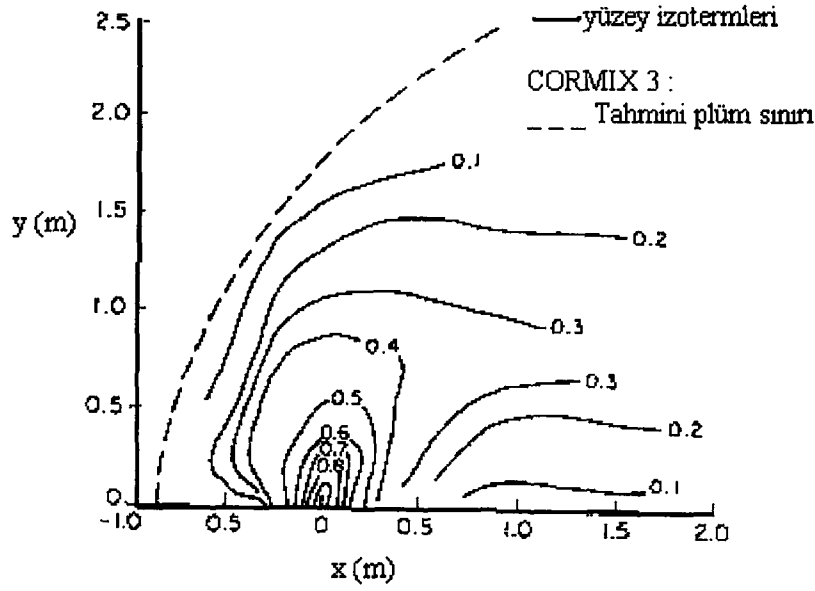
Huq'un radyal deşarj deneyinin izotermi, çıkış yeri ve CORMIX 3'le karşılaştırılması Şekil 9'da gösterilmiştir (Huq, 1983).

Kuhlman ve Prahl'ın deney sonuçlarının CORMIX 3'le karşılaştırılması Şekil 10'da gösterilmiştir. CORMIX 3 akıntıya karşı oluşan girişimi yaklaşık olarak tahmin etmiştir. Genişliğin normalden fazla tahmin edilmesinin sebebi, laboratuardaki alıcı su ortamının sınırlı genişliğe sahip olması ve akışın yatay girişiminin azalmasıdır. CORMIX 3'ün benzeşim çıktısında, yakın alandaki uzak bank ile Plüm'un etkileşiminden dolayı uzak alan tahmininde hatalar olabileceği görülmüştür (Kuhlman and Prahl, 1974).



$$Fr_0 = 0.98 \quad R=2.24$$

Şekil 9. Radyal deşarj deneyi sonucu akıntıya karşı oluşan Plüm'un izotermi ve CORMIX 3 tahminleri ile karşılaştırılması (Huq and Jirka, 1987)



$$Fr_0 = 0.83 \quad R = 2.49$$

Şekil 10. Kanal deşarj deneyi sonucu akıntıya karşı Plüm izotermi ve CORMIX 3 tahminleri ile karşılaştırılması (Kuhlman and Prah, 1987).

1.4. Modelleme Kavramları

1.4.1. Matematiksel Modellerin Gerekçesi

Bilgisayarlar, sayısal açıdan daha geniş kapsamlı incelemelere olanak sağlamaktadır. Örneğin değişken akarsu debileri, biyolojik değişimler, değişken atık su deşarjları vb. etmenler modelde kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

Bilgisayar modelleri, olayda etkin olan öğelerin daha ayrıntılı bir biçimde incelenmesine olanak sağlamak ve böylece ayrıntıları daha iyi bilinen bir oluşumun, çeşitli koşullar altındaki toplam davranışının daha tutarlı bir biçimde saptanabilmesi mümkün olmaktadır. Matematiksel modeller, duyarlılık analizlerine olanak tanımaktadırlar. Böylece model kurulurken yapılan basitleştirici varsayımların tutarlılığı kolaylıkla saptanabilmekte ve modellerin bu esnekliği, parametre değişimlerinin etkilerinin hesaplarda sağlıklı bir biçimde göz önüne alınabilmesini mümkün

kılmaktadır. Yüzey sulardaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin matematiksel olarak ifade edilmesi ile ortaya çıkan modeller, daha üst bir aşamada daha geniş kapsamlı eniyileme modellerinin birer ögesi olarak kullanılabilirlerdir.

Doğadaki birçok olayda olduğu gibi, yüzeysel suların çeşitli nitelikleri de stokastik (rastlansal) özellikler göstermektedir. Ayrıca bu suların kirlenmesine yol açan antropojen etkilerinde, zaman süresi içinde stokastik bir gidiş gösterdiği bilinmektedir. Kurulan bilgisayar modelleri, gerek hidrolojik açıdan rasgele unsurları ve gerekse de atık su yükündeki rasgele değişimleri kapsamına alabilmekte ve böylece incelenecek olaya gerçekçi bir yaklaşım sağlayabilmektedir.

Son olarak, bilgisayar modelleri, mühendislik çalışmalarında nesnelliği sağlamaktadır. Karmaşıklığına daha önce işaret edilen yüzeysel sulardaki kirlenme olayına, salt mühendislik tecrübesi ile yaklaşıldığında, çok yanıltıcı sonuçlara varma olasılığı büyüktür. Bu yüzden, matematiksel modellerin kullanılması ve bu modeller yardımıyla elde edilen sonuçların yapılacak mühendislik çalışmalarının temelini oluşturması tutarlı ve daha ekonomik çözümlere varmak için vazgeçilmez bir yol olarak karşımıza çıkmaktadır (Uslu ve Türkmen, 1987).

1.4.2. Modellerin Genel Matematiksel Yapıları

Yüzey sularında yer alan ve su kalite parametrelerinin değişimine neden olan doğal süreçlerin matematiksel ifadesi için çeşitli yaklaşımlar mümkündür. Olaya en basit yaklaşım, deterministik modelleme olmaktadır. Bu şekilde kurulan modellerde, parametrelerin ve model değişkenlerinin rastlantısal unsurları göz önüne alınmamaktadır. Şekilsel olarak modelin kurulması tamamlandıktan sonra modelin içerdiği sabitlerin doğada ölçülmüş verilerle kalibrasyonu gerekmektedir. Bu tanımlama işlemi için gerekli verilerin elde edilmesi, bilinmesi gereken her parametre için çeşitli güçlük düzeylerinde olmaktadır. Bu yüzden modelleme ve kalibrasyonda kullanılacak verilerin mümkün olduğu kadar zahmetsiz, kolay ve sağlıklı ölçülebilir parametrelerden oluşmasına özen gösterilmeli ve aynı zamanda kurulan modeller ne kadar gelişmiş olursa olsunlar, hatalı ve tutarsız verilerle duyarlı sonuçlar elde edilemeyeceği hiç bir zaman unutulmamalıdır. Yüzey sularındaki kalite parametrelerini zamanda ve uzayda değişimleri kısmi diferansiyel denklemlerle tanımlanabilir. Bu denklemlerin genellikle

analitik çözümleri bulunmamakta ve sayısal bilgisayarlarda çözülebilmeleri için kesiklenmeleri, yani sürekli değişken ve parametreler yerine kesikli değişken ve parametrelerin kullanılması gerekmektedir. Kesikleme sonucunda adı geçen biyolojik ve biyokimyasal etkinlikler, oksijen bilânçosundaki değişimler, sedimentasyon, akım hızları vb. değişken ve parametreler, zamanda ve uzayda belirli aralıklarla sabit olarak kabul edilebilmektedir. Arıtma tesis deşarjları, bağlamalardaki yoğun havalandırma gibi olaylar, modele kesikleme aralıklarının sınırlarında katılmakta ve böylece diferansiyel denklemlerin sınır koşullarını oluşturmaktadırlar. Yüzeysel sulardaki kalite parametre konsantrasyonlarının zaman içindeki değişimleri matematiksel modellerde aşağıdaki bağımsız öğelerin süperpozisyonu şeklinde tanımlanabilmektedir.

Adveksiyon ; yüzey sularda akım yönündeki kütleli harekete verilen addır. Su ortamına verilen kirleticiler de advectif hareketle taşınır. Bu taşınım sırasında debiye bağımlı olarak madde konsantrasyonları değişime uğrayabilir. Adveksiyon uzay koordinatlarının birinci türevlerinin fonksiyonudur.

Difüzyon ; çözünmüş veya süspansiyon halindeki bir maddenin, su ortamı içinde konsantrasyon gradyanına bağlı olarak hareketidir. Akışkan ortamlardaki diffüzyon genelde rasgele molekül hareketlerinden (Brownien hareket) kaynaklanan moleküler diffüzyon ve türbülanslı hız çalkantılarının neden olduğu türbülanslı diffüzyon olmak üzere iki temel süreç şeklinde karşımıza çıkar. Ancak su kirliliği ve kontrolü uygulamalarında moleküler diffüzyonun etkisi ihmal edilebilir mertebede olduğu için, çoğu uygulamada dikkate alınmaz. Türbülanslı diffüzyon ile advectif hareketin hız farklılıklarının alıcı su ortamlarında ortaklaşa olarak etkili olduğu madde taşınımı ve yayılımına dispersiyon adı verilir. Difüzyon (veya Dispersiyon), uzay koordinatlarının ikinci türevlerinin fonksiyonudur.

Akarsulardaki zamanla değişken akımlar, zamanda değişken sıcaklık, alg respirasyonu ve asimilasyonu gibi etmenler, durağan bir modelin ardışık olarak kullanılmasıyla hesaplanabilir. Zaman içindeki daha karmaşık değişken oluşumlar, örneğin periyodik olarak değişen atık su deşarjları, doğrudan bir zamanda değişken model yardımıyla hesaplanabilir. Foruer serileri ve Laplace dönüşümleri ile bu tip modellerin kurulması mümkün olmakla beraber, modelin matematiksel yapısı durağan modellere kıyasla çok daha karmaşık bir görünüm alacağından, zamanda sabit olmayan değişken sayısının sınırlı tutulması gerekli olmaktadır. Bu güçlüklerden dolayı,

zamanda değişken (Dinamik) bir model kurulmadan önce, durağan bir modelin ardışık iterasyonlarıyla, kabul edilebilir duyarlılıkta sonuçların elde edilip edilemeyeceğinin incelenmesinde yarar vardır.

Kesikleme sonucunda sonlu fark denklemlerine dönüşen başlangıç diferansiyel denklemlerinin matematiksel çözümünde doğrusal denklem sistemleri ortaya çıkmakta ve bu sistemlerin doğrusallık özeliği, bir üst aşamadaki eniyileme modelinde doğrusal programlamanın kullanılmasına olanak vermektedir. Bilindiği gibi, doğrusal programlama, çok sayıda karar değişkeni içeren eniyileme modellerinde bilgisayar açısından hızlı sonuçlar vermektedir. Herhangi bir nedenle, elde edilen denklem sistemleri doğrusallık koşulunu sağlamıyorsa, doğrusal programlama yerine, nonlinear veya dinamik programlama yardımıyla, karar probleminin çözümüne gitmek mümkün olmaktadır.

En basit şekliyle, matematiksel modeller tek bir formülden oluşurlar. Örneğın sudaki organik maddelerin konsantrasyonları zaman içindeki değişimleri o andaki konsantrasyonla orantılıdır dediğimizde, bu olay tek bir matematiksel bağıntıyla ifade edilebilir. Ancak bu kural, gerçek olayın mikro düzeyde ayrıntılarına inilmeden ve doğadaki gözlemlerden hareket edilerek bulunduğu için , empiriktir. Bu tip yaklaşımda yukarıda adı geçen sabitler daha önceki gözlemler yardımıyla kalibre edilir. Kalibrasyon yardımıyla elde edilen bu sabitler model uygulamalarında hiç değişmeyecekmiş gibi kullanılır. Olayları tanımlayan proseslerin zaman süresi içinde değişmez özelliklere sahip olduğunun varsayılması, probleme deterministik (gerekirci) bir yaklaşımdır. Ancak deterministik modellerinin sınırları olduğú göz önünde tutulmalıdır.

Stokastik (rastlantısal) modeller, olasılık unsurunu da içerir. Dolayısıyla deterministik modellere kıyasla matematiksel açıdan daha da karmaşıktırlar. Akarsu debilerinin , biyokimyasal olayları etkileyen sıcaklık, güneş radyasyonu gibi meteorolojik olayların, deniz ve göllerde akıntı paternlerini etkileyen rüzgarların rasgele oluşumlar olduğú bilinmektedir. Bu etkenlere bağımlı olarak, alıcı su ortamlarına verilen kirletici yükleri de sabit değildir. İnsanların günden güne değişken olan ekonomik ve yaşamsal faaliyetleri sonucunda, kirletici deşarjlarında önemli ölçüde rasgele değişimler görülmektedir. Tüm bu rastlantısallıklar su kirliliği araştırmalarında stokastik değerlendirmeleri gerekli kılmaktadır (Uslu ve Türkmen, 1986).

1.4.3. Kirlilik Kontrolünde Matematiksel Modeller

Bir su kalitesi modeli, kirliliği belirleyen parametrelerin konsantrasyonlarının zamanda ve uzaydaki değişimlerini matematiksel olarak ifade eden bir yapıdadır. Akarsular, göller, körfezler ve açık denizlerde insanların neden olduğu (antropojen) etkilerle su kalitesinde oluşan bozulmaları ortaya çıkarmak ve söz konusu etkilerin olumsuz sonuçlarını önlemek için alınacak tedbirlerin somut ve objektif bir şekilde saptanması, bu tip bilgisayar modelleri çok değerli hizmetler görmektedir. Su kirliliği kontrolünde kullanılan matematiksel modeller iki ana gruba ayrılabilir:

1. Yüzeysel sulardaki fiziksel, biyolojik ve kimyasal oluşumları matematiksel olarak ifade eden temel modeller;

2. Dış etkilerle doğal dengesi bozulan ve değişimleri birinci tipteki modellerle saptanan ortamlarda, yapılacak mühendislik çalışmalarına ve alınacak ekonomik, sosyal ve hukuki kararlara ışık tutacak benzeşim ve optimizasyon (en iyileme) modelleri.

Kalite modellerinin salt kuramsal açıdan tatmin edici bir düzeye ulaştığı iddia edilemez. Bunun ana nedeni , gerek dış etkenlerin gerekse incelenecek olayı belirleyen iç faktörlerin çokluğu ve bunları ifade etmek için kullanılacak matematiksel araçların karmaşıklığı olmaktadır. Uygulamada, adı geçen güçlüklerin yenilebilmesi için bazı basitleştirmelere ve matematiksel yaklaşık çözümlere gidilmesi zorunlu olmaktadır.

Bu şekilde elde edilen modellerin, günümüzde yaygın olarak uygulandığı ve birçok alanda tasarım çalışmaları için yeterli duyarlıkta sonuçlar verdiği görülmektedir. Yukarıda işaret edilen kuramsal güçlüklerin giderilmesi için ise dünyadaki çeşitli araştırma enstitülerinde yoğun bilimsel çalışmalar yapıldığı göze çarpmaktadır.

Su kalitesi modellemesi, karmaşık sistemlerin sistematik bir biçimde tanımlanması, sebep sonuç ilişkilerinin belirlenmesi, pahalı ve zaman alıcı arazi çalışmaları yapmaksızın, alternatif yönetim ve kontrol stratejilerinin etkilerinin saptanması ve sistem davranışlarının değerlendirilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Modellerin kestirimlerinin doğruluğu, fiziksel gerçeklerin iyi bir şekilde temsil edilip edilmediğine, modelde kullanılan matematiksel yöntemlere ve katsayıların doğruluğuna bağlıdır. Modellemeyi de içeren sistem analizinde, sistem önce bileşenlerine ayrıştırılır (analiz aşaması) sonra anlamlı bir biçimde yeniden birleştirilir (sentez aşaması).

Sistem analizinde genel olarak aşağıdaki adımlar bulunur:

- Problem(ler)'in tanımı, amaçlar
- Sistemin tanımı, sınırları
- Amaç fonksiyonlarının tanımı
- Sistem davranışlarına ve girdilerine ilişkin veri toplama
- Model kurma
- Parametre kestirimi
- Modelin bağımsız verilerle denenmesi
- Çözüm'lerin hesaplanması, çeşitli alternatiflerin benzeşimi
- Duyarlık analizi
- Alternatiflerin kriter ve standartlara göre değerlendirilmesi
- Plan seçimi
- Uygulama

Çevre mühendisliği kapsamında kullanılan su kalitesi modelleri pek çok şekilde sınıflandırılabilir :

1. Eldeki bilgilere göre ampirik (istatistiksel, kara kutu) ve deterministik (kavramsal) modeller.
2. Bağımsız değişkenin boyutlarına göre : uzayda 1, 2 veya 3 boyutlu (1D,2D,3D) modeller ; zaman değişkenine göre kararlı hal veya dinamik modeller.
3. Kullanılan bilgisayar sistemine göre : analog ve dijital modeller.
4. Modellerin içerdiği alt süreçlere göre : hidrolik, hidrodinamik, fiziksel-kimyasal, biyolojik ve ekolojik modeller.

Matematiksel su kalitesi modellerinin ana özellikleri böylece belirlendikten sonra , bu modellerin uygulamadaki kullanma amaçları tanımlanabilir ; yüzeysel sularda antropojen etkiler sonucunda oluşan kirlilik yükünün, bu yükün zaman içindeki değişiminin ve doğal denge bozulmadan suların alabileceği kabul edilebilir kirliliklerin hesaplanması. İnsan yaşamı için hayatın önemi olan suyun niteliğinin korunması amacıyla alınacak önlemlerin etkinlik ve ekonomik tutarlılığının saptanması. Bu amaçla yapılacak olan çalışmalar çok geniş kapsamlı olup, sadece dar sınırlı yerel çözümler soruna ışık tutmamakta ve konuya bölge ve su kaynakları planlamasının bir ögesi olarak yaklaşılması gerekmektedir (Uslu ve Türkmen, 1987).

1.5. Kirleticilerin Deniz Ortamında Yayılması

Yüzeysel su alıcı ortamlarına deşarj edilen atık suların içerdiği kirletici unsurlar, seyrelmeye uğrarlar. Seyrelme, söz konusu kirleticilerin alıcı ortamdaki konsantrasyon değerlerini belirler. Bu konsantrasyonlar, kirleticinin kalıcı (konservatif) veya bozuna bilen (konservatif olmayan) özellikte olmasına ve alıcı ortamda ki seyrelme kapasitesine (debiler, dispersiyon) ve deşarj edilen atık su debi ve kirletici yüküne bağımlıdır. Çeşitli kullanım amaçlarına göre alıcı ortamlarda belirli konsantrasyonları aşmamaları istendiğinden, atık su deşarjı sonrasında ortamda oluşacak kirletici konsantrasyonu bilinmesi, su kirliliği kontrolü açısından büyük önem taşır.

Gel-git etkisi altındaki nehir ağızları ve haliçler dışında akarsulardaki kirletici taşınımı akış yönündedir. Bu nedenle akarsuların konservatif kirleticiler açısından seyreltme kapasitesi, büyük ölçüde debilere bağımlıdır. Deniz ortamında kirleticilerin oluşturacağı konsantrasyonlar ise, akıntıların yanı sıra alıcı ortamın dispersiyon özellikleri tarafından etkilenir. Göllere deşarj edilen kirleticiler de bu ortamlarda akıntı ve dispersiyon ile yayılırlar. Ancak denizlerde olduğu gibi açık denizle su alış verişi olmayan göllerde, konservatif kirleticilerin konsantrasyonlarını azaltma yönünde etkili olan tek süreç, ortamda yer alan çeşitli fiziko-kimyasal süreçler sonucunda bu kirleticilerin çökelerek su sütunundan uzaklaşmalarıdır (Uslu ve Türkmen, 1987).

Kıyı sularında kirliliğin riskini belirlemek için kirletici konsantrasyonunun zamansal ve alansal değişimi bilinmesi gerekmektedir. Genel olarak kirletici konsantrasyonunun alansal değişimi üç boyutludur. Fakat pratik uygulamalarda genellikle kirletici kaynağından uzak olan bölgelerde kirleticilerin iki boyutlu alansal dağılımını bilmek yeterlidir. Bu durumda kirleticiler genellikle ince bir tabaka halinde yüzey suyuna yakın şekilde dağılırlar. Deniz ortamındaki kirleticilerin bazıları kalıcı, bazıları ise zamanla başka maddelere dönüşerek bir döngü içerisinde hareket ederler. Deniz ortamında kirleticilerin dağılımı; moleküller difüzyon, türbülanslı yayılım, kıyı sirkülasyonu, dalga ve akıntılarla gerçekleşmektedir (Ganoulis, 1994) Herhangi noktasal kaynaktan deniz yüzeyine deşarj edilen bir madde su ortamında birbirinden farklı taşınım süreçlerinin etkisi altında kalarak yayılmaya başlar. Bu süreçler açıklanmaya çalışılmıştır. Tamamen durgun bir akışkan içerisindeki herhangi bir noktaya bir anda

boya enjekte edildiği düşünölsün. Bir müddet sonra boyanın akışkan içerisinde sürekli olarak yayıldığı göröür. Olayın oluş mekanizması incelendiğinde, yayılmaya , ya da bir başka deyişle, boyanın ortam içerisinde, ortam durgun olmasına rağmen iletimine, moleküllerin tesadüfi hareketlerinin sebep olduğu anlaşılır (Hınze, 1959). Maddenin bu şekilde moleküler hareketler sonucu iletimine, maddenin moleküller difüzyonu denir.

Bilindiği gibi akışkanın laminer ve türbölanslı olmak üzere iki tip hareketi vardır. Laminer hareket halinde bulunan akışkanın stabilizesinin bozulması ile akım, laminer halden , türbölanslı hale dönüşür. Bu halde deneyler, akışkanın içerisinde herhangi bir noktada, bir doğrultudaki hızın zamansal değişiminin, zamansal ortalama hız sabit kalmak şartı ile, tamamen tesadüfi bir değişime sahip olduğunu göstermektedir. Bir laboratuvar kanalında, sükunette bir akışkan bulunduğunu ve kanalın başına da titreşen bir ızgara yerleştirildiği düşünölsün. Bu halde, akışkan sükunette olduğundan, zamansal ortalama hızlar sıfır, buna karşın, yukarıda sözü edilen zamansal ortalamadan sapmalar (çalkantı hızları) sıfırdan farklıdır. Yani, akışkan hareket halinde bulunmamasına rağmen, ortam türbölanslı bir karaktere sahiptir. Böyle bir akışkan içerisinde bir noktaya boya enjekte edildiğinde görülecektir ki boya , tamamen durgun bir ortam içerisindeki yayılmasına kıyasla çok daha süratli bir şekilde yayılmaktadır. Bu halde boyanın yayılması, ortalama hareketleri sıfır olan akışkan parçacıklarının tesadüfi hareketler ile meydana gelmiştir. Bir başka deyişle maddenin iletimi, ortamın türbölanslı bir karakterde bulunmasının neticesidir. Maddenin bu şekilde iletimine de maddenin türbölanslı difüzyonu denir.

Buraya kadar, akışkan hareketsiz iken, maddenin akışkan içerisinde hangi tesirler altında iletebileceğinden bahsettik. Bir de akışkanın hareketli olduğu düşünölsün. Böyle bir akışkan içerisine enjekte edilen madde, akışkanın hareketli olması nedeni ile, yukarıdaki şekillerden başka, bir de sanki bir katı cisimmiş gibi iletilir. Yani boyalı akışkan parçacıkları, o noktadaki hız alanları tesiri ile hareket ederler. Bu tesire de maddenin konveksiyon tesiri ile iletimi adı verilir. Bir an için kesit içerisinde boyanın üniform olarak dağıldığını düşünelim. Ortalama akım hızı ile hareket eden bir gözleyiciye göre , kesit içerisindeki konumla, hızlar, ortalamadan sapacaktır. Bir başka deyişle, bu gözleyiciye göre, kesit içerisindeki boyalı akışkan parçacıklarının bir kısmı akım doğrultusunda, bir kısmı da akıma ters doğrultuda iletecektir. Yani gözleyiciye göre , boya, boyuna doğrultuda, hızın kesit içerisinde

üniform dağılmayışından dolayı yayılacaktır. Hızın kesit içerisinde hiçbir değişim göstermemesi halinde , moleküller ve türbülanslı difüzyon tesirleri ihmal edildiği takdirde, ortalama akım hızı ile hareket eden gözleyiciye göre, boyanın boyuna doğrultuda yayılmayacağı açıktır. Buna karşın kesit içerisindeki hız dağılımının üniformluluğunun azalması boyayı, gözlemciye göre, o oranda daha fazla yayacaktır. En basit anlamda , kesit içerisinde hız değişimi etkisi ile meydana gelen bu şekildeki boyuna yayılmaya maddenin boyuna dispersiyonu denir (Sümer, 1970).

Saptanılan ölçütlere göre zararlı olmayan kirlilik oranları, atık suların deniz suyuyla kısa bir zamanda, büyük ölçüde karışmasını sağlamakla elde edilebilir. Bu karışma, yayılma (Dispersiyon) olayıyla gerçekleşir. Atık suların denizdeki yayılması iki aşamada olur; Boşaltma noktası yakınında, “ jet “akımı sonucu oluşan yayılma (Ger, 1976). Deniz suyunun çeşitli hareketlerindeki türbülans sonucu oluşan yayılma. Deniz suyundaki doğal türbülans nedeniyle ikinci aşamada yayılma oluşur. Deniz suyunun türbülanslı hareketleriyle ilgili yayılma önemli bir olay olmasıyla birlikte çözümü son derece güç, karmaşık bir sorundur. Doğal türbülans nedeniyle oluşan yayılma olayı çok sayıda çevresel değişkenlere bağlıdır. Önemli çevresel etkenler olarak şunları sayabiliriz:

- Deniz derinliğinin uzaysal değişimi (Deniz topografyası)
- Akıntı şiddeti ve yönü
- Rüzgar şiddeti ve yönü
- Dalga yüksekliği , dalga boyu ve yönü
- Deniz suyunun tuzluluk ve sıcaklığındaki değişmeler
- Denize boşalan nehirler
- Gel-git olayı

Yukarıda sayılan çevresel değişkenlerin etkilerinin, yöreden yöreye yada bir yörede zamana bağlı olarak önemli değişiklikler göstereceği bir gerçektir. Bu nedenle, denizde yayılma sorununa genel bir çözüm bulmak olanaksızdır. Olayı etkileyen değişkenlerin çok sayıda oluşu, bazı varsayımlarla sorunun daha kolay indirgenmesini zorunlu kılmaktadır. Denizlerde yayılma olayını incelemede izlenebilecek yaklaşımları üçe ayırabiliriz.

1. Kuramsal yöntem; Bu yaklaşımda , deniz suyunun hareketleriyle, yabancı bir maddenin suda taşınması konularında bilinen kuramlar, eldeki sorunun başlangıç ve

sınır koşullarıyla uyarlanılmaktadır. Elde edilen türevsel denklemlere, sayısal çözüm yöntemleri kullanılarak, bilgisayarda çözümü aranılmaktadır. Maddenin suda taşınmasını anlatan türevsel denklemlere , bir çok varsayımlarla sınırlanmak koşuluyla , analitik çözümler bulmak da mümkündür.

2. Denizdeki gerçek yayılımın, izlemeçlerle benzeşimi; Bu yöntemde izlemeç, boşaltma noktası olarak düşünülen yerden denize verilmekte ve belirli zaman aralıklarındaki uzaysal dağılımı (yayılması) saptanmaktadır (Fukuda, Itoh ve Sakagishi, 1964). İzlemeç olarak ya fotoğraflarda gözükabilen flüorışılı boyalar (Rhodemin-B gibi) ya da radyoetkinliği olan taneler (Bromine-82 gibi) kullanılmaktadır (Harremoes, 1964). Belki de en sağlıklı çözümü sağlayabilecek bu yöntemin kötü yönleri , pahalı oluşu ve aşırı zaman gereksinimidir.

3. Yayılma olayının model deneylerindeki benzeşimi : Bu yaklaşım bir öncekine oranla genellikle ucuz olmakta, model de yayılma olayı hızlandırıldığı için de daha az zaman istemektedir. Ancak, yayılma olayını gerçeğe uygun olarak benzeşimini sağlayabilecek bir modelin tasarımı bir çok teknik sorunları içerir.

Atık suyla deniz suyunun yoğunluk , akış hızı ve akış yönlerindeki farklılıklar sonucu ilk yayılma (yakın-alan yayılması) ve seyrelme oluşur. Seyrelme sonucu kirletici ölçüsü azalmış olan atık su tabakası ya deniz yüzeyine ulaşır, yada yoğunluk ve hız farklarının yok olduğu bir derinlikte tut saklanır (Ger, 1976). Yakın - alan olarak adlandırılan yayılma bölgesinin bitimiyle ortaya çıkan atık su tabakası , rüzgar, dalga ve denizdeki çeşitli akıntılara uyarak sürüklenir. Bu sürüklenme sırasında, atık suyun yanal yayılması (uzak - alan yayılması) oluşur. Yayılma olayında , temiz deniz suyu atık suyla karışır ; atık su tabakasının kirletici madde konsantrasyonu azalır (Erdal, 1976).

1.5.1. Jet Yayılması ve Kütle - Denge Denklemi

Atık genellikle boşaltma ağzına su içinde çözülmüş durumda ulaşır. Diğer bir deyişle boşaltma debisi atığı belli bir konsantrasyon düzeyinde içerir. Bu ise boşaltma ağzında çevre, boşaltmanın yapıldığı ortam, ile bir farklılaşmaya neden olur. Boşaltıldıktan sonra bir dağılım süreci ile bu farklılık giderek azalacaktır . Yukarıda anılan boşaltma işlemine özge akım olgusu işte bu dağılım sürecini niceliksel ve niteliksel yönleri ile

belirleyen olgudur. Dağılım süreci ile birlikte çökme ve sönüm olguları da gözlenebilir. Ancak izleyen tartışmada yalnız dağılım olayı incelenecektir.

Dağılım süreci, genellikle boşaltım işleminden sonra su kütlesi için de bir çok değişik akım bölgesinde yer alacaktır. Bu bölgeler farklı özellikleri göz önüne alınarak “ Yakın - alan “ ve “ Uzak -alan “ bölgeleri olarak adlandırılmaktadır. Yakın-alan boşaltım noktası ve yakın çevresine ilişkin koşullar ile etkilenen ve belirlenen akım bölgesidir. Atığın ne şekilde dağılacağı , diğer bir deyişle giderek daha küçük konsantrasyonlara ne şekilde ulaşacağı , yakın alan bölgesinde boşaltma ağız ve yakın çevresine ilişkin özellikler ile belirlenmektedir. Dağılım sürecinin boşaltmaya ilişkin koşullar ile etkilenmediği ve buna karşın boşaltmanın yapıldığı su kütlesinin özellikleri ile tanımlanabildiği bölge ise uzak alan bölgesini oluşturmaktadır.

Uzak alan bölgesi yakın alan bölgesine oranla çok büyük bir hacmi kaplar. Ayrıca iki bölge arasında bir geçiş bölgesi vardır. Diğer bir deyişle , uzak ve yakın alan bölgeleri arasında her iki alan bölgesine özge etkenlerin etkisinde gözlemlendiği bir geçiş bölgesi vardır. Bu bölgede atığın dağılım süreci gerek yakın alan gerekse uzak alan bölgelerine oranla oldukça karmaşık yapıdadır. İzleyen tartışma yalnızca sözü edilen yakın alan ve uzak alan bölgelerine ilişkin dağılım süreçlerini içermektedir (Ger, 1976).

1.5.1.1. Yakın Alan

Yakın alan bölgesinde atığın taşınma ve dağılmasını etkileyen önemli özellikler üç kısımda düşünülebilir. Boşaltma ağızında boşaltım debisinin çevreden gösterdiği farklılıklar, boşaltma ağızının su yüzeyine göre göreceli konumu ve atığın boşaltıldığı ortama ilişkin belirgin özellikler.

1.5.1.2. Boşaltım Ağızındaki Farklılıklar

Atık genellikle boşaltma noktasından su kütlesine göre göreceli bir hıza sahiptir. Bu durumda boşaltım türü jet türü olarak tanımlanır. Jet su kütlesi içine girerken atık ile çevresindeki su kütlesi arasındaki hız farkı nedeni ile bir süreksizlik vardır. Bu süreksizlik nedeni ile oluşan kesme gerilmeleri sonucu jet eksenini dik

yönde bir karışım süreci başlar. Bu süreç hem jetin eksenine hem de çevreye doğru gelişir. Bunun sonucu olarak jeti oluşturan akışkan yavaşlarken çevresindeki su kütlesi hızlanır. Boşaltma ağzında jete özgü olan sabit hız dağılımı özgün durumunu yitirir . Ancak şekil.1'den gözlenebileceği gibi boşaltma ağzından belli bir uzaklığa kadar jet eksenindeki hız karışım sürecinin eksene ulaşamamış olması nedeniyle değişmeyecektir. Bu noktaya kadar olan akım alanı akımın oluşma bölgesi (AOB) olarak adlandırılır. AOB 'den sonra jet eksenindeki hızda eksen boyunca azalır. Akım oluşma bölgesini izleyen ve yakın alan bölgesinin büyük kısmını oluşturan akım alanı ise oluşmuş akım bölgesi (OAB) olarak adlandırılır. Gerek AOB ve gerekse OAB 'de jetin sınırları gittikçe büyümektedir. Bunun nedeni eksen boyunca ilerlendikçe jetin etkisi ile oluşan karışım sürecinin çevrenin içine doğru gelişmesidir. Bu çevreye göre göreceli harekette bulunan su miktarının jet eksenini boyunca düşmesine karşın jetin debisi giderek artmaktadır. Bu olguya içerim diyeceğiz.

Boşaltım debisi genel olarak su kütlesine göre göreceli bir hıza sahip olduğu gibi boşaltıldığı ortamdan farklı bir yoğunluğa sahip olabilir. Boşaltma ağzındaki bu yoğunluk farkı , boşaltım debisi içindeki atık konsantrasyonu , sıcaklık farkı ve diğer nedenlerden dolayı oluşabilir. İçerim yoluyla jet debisindeki artışın sonunda jetin boşaltma noktasında sahip olduğu atık konsantrasyonu ve sıcaklıkta eksen boyunca değişecektir. Örneğin denize yapılan boşaltmalarda , boşaltma debisi deniz suyuna oranla %2 yaklaşık ortalama değer kadar daha azdır. Jet tarafından içerilen deniz suyu nedeniyle bu yoğunluk farkı giderek azalacaktır . Bazı durumlarda ise atık konsantrasyonu nedeni ile boşaltım debisinin yoğunluğundaki artma su kütlesi ile boşaltım debisi arasındaki yoğunluk farkını ortadan kaldırılabılır. Ancak yinede içerim yoluyla eksen boyunca konsantrasyonda sürekli bir azalma gözlenecektir. Sözü edilen içerim olgusu ve karışım sürecinin sonunda başlangıç noktasındaki farklılıklar yitirilecek ve sonunda jet bütün özelliklerini yitirerek "uzak alan " bölgesi oluşacaktır.

Boşaltım noktasında olan ve giderek değişen yoğunluk farkı nedeniyle su kaldırma kuvvetleri oluşur. Bunun sonucu olarak atığın yakın alan içindeki davranışı etkilenir. Bu durumda atığın su kütlesi içinde taşınmasının , nedenli başlangıçtaki hız farkıyla ve nedenli yoğunluk farkı ile belirleneceğini anlamak için ölçüt olarak yoğunluksal Froude sayısı (boyutsuz bir sayı) kullanılır;

$$F_d = U / \sqrt{\Delta g / \Delta P / \rho_0} \quad (1)$$

U jetin ilk hızı , Δp yoğunluk farkı , ρ_0 su kütleinin yoğunluğu , g yerçekimi ivmesi ve d boşaltma ağzına ilişkin karakteristik bir boyuttur. Büyük F_d ($F_d \gg 1$) F_d 'nin büyük değerleri için jetin davranışları atalet kuvvetlerinin etkisine kalır. F_d 'in değerinin 1 çevresinde olduğu durumlarda ise suyun kaldırma kuvveti daha etkin olmaya başlar. Froude sayısının 1 veya çevresinde veya daha büyük olması durumlarında boşaltma tipi “ *yüzer jet* ” olarak belirlenir. F_d 'in çok küçük olması durumunda (≈ 0) olması durumunda atığın taşınması suyun kaldırma kuvveti ile belirlenir. Bu durumda boşaltma tipi “ **Plüm** ” olarak adlandırılır (Ger, 1976).

1.5.1.3.Boşaltma ağzına ilişkin özellikler

Boşaltma ağzı genellikle iki durumda olabilir; su yüzeyinde veya su yüzeyinin altında. Boşaltma ağzı su yüzeyinin altında ise boşaltım tipi batık olarak tanımlanır. Diğer durumda ise yüzeysel boşaltım söz konusudur. Boşaltım ağzına ilişkin diğer bir özellikte boşaltım debisinin ne yönde boşaltıldığıdır. Diğer bir deyişle yatay, düşey ve eğik boşaltım tipleri söz konusudur. Boşaltım ağzına ilişkin özelliklerden bir diğeri de ağzın geometri şeklidir. Genellikle daire ve dikdörtgen ağızlar kullanılmaktadır. Ayrıca bazı durumlarda boşaltma işlemi bir sıra oluşturacak şekilde dizilmiş birden fazla daire kesitli ağızdan oluşabilir. Bu tip boşaltım ağızları “ Difüzer ” olarak adlandırılır.

1.5.1.4. Çevreye ilişkin özellikler

Doğal su kaynakları, özellikle deniz ve göl gibi büyük hacimli olanları genellikle düzgün olmayan ve fakat dengeli bir yoğunluk dağılımına sahiptir. Bu nedenle boşaltma işleminde yoğunluk farklarının önemli olduğu durumlarda atığa su kütlesi içindeki davranışın belli bir ölçüde sözü edilen yoğunluk değişimi ile belirlenir. Yoğunluk değişiminin olduğu ortamlar tabakalı ortam diye adlandırılır. Yoğunluk yüzeyden uzaklaştıkça artmakta ise tabaklaşma dengelidir. Tersisi durumda ise dengesiz tabakalaşma söz konusudur.

Tabakalaşmanın atığın dağılıma sürecini yakın alan bölgesinde nasıl etkilediği genel çizgileri ile şöyle açıklanabilir . Dengeli olarak tabakalaşmış bir ortama plüm olarak bırakılan atık boşaltma ağzında sahip olduğu yoğunluk farkı nedeni ile suyun kaldırma kuvvetinin etkisinde yükselmeye başlar. Ancak yükselme sırasında oluşan hız farklılıkları nedeni ile çevresinden içerim yoluyla bir miktar akışkanı içine alır. Diğer bir deyişle plüm'a ilişkin yoğunluk boşaltım ağzından uzaklaştıkça artmaktadır. Bu şekilde giderek artan plüm yoğunluğu belli bir yükseklikte kaldırma kuvveti sıfıra eşitlenebilir. Ancak bu durumda plüm belli bir yükselme hızına erişmiştir. Bu hız nedeniyle yükselmeye devam eder . Bu sırada plüm'un yoğunluğu çevreden büyüktür , bu nedenle yükselme hızı gittikçe azalır. Belli bir yükseklikte ise yükselme bütünü ile durur: Yoğunluk değişimi ve su yüzeyinin boşaltma ağzına olan uzaklığı yeterli ise dengenin kurulduğu yükseklik bu yüzeyin altında kalabilir. Dengenin kurulduğu yükseklik tut saklama yüksekliği olarak adlandırılır.

Atığın boşaltıldığı ortam genellikle durgun değildir. Ayrıca bu akıntı ile atığın boşaltıldığı yönlerin farklı olabileceği de düşünülürse, dağılım süreci akıntının varlığı ile etkileneceği açıktır. Bu koşullar altında jet (veya herhangi bir boşaltım tipi olabilir) akıntı yönünde eğilecektir. Jet ile akıntının yönleri arasındaki açının büyüklüğüne ve göreceli hız farkına bağlı olarak bükülme bölgesinin sonunda jet özellikleri korunmuş veya bütünü ile yitirilmiş olabilir.

Atığın dağılım sürecini belirleyen ve yukarıda değinilen etkenlerin dışında daha pek çok etken sıralanabilir. Örneğin atığın boşaltıldığı ortama ilişkin türbülans düzeyi bunlar arasında gösterilebilir. Ancak yakın alan bölgesi içinde ve özellikle boşaltma ağzı çevresinde jete özge davranış çok zayıf olmadığı sürece , türbülans etkisi oldukça küçük bir öneme sahiptir.

1.5.1.5. Uzak Alan Bölgesi

Atık uzak alan bölgesine ulaştığında dağılım süreci üzerinde boşaltım noktasına ve yakın çevresine ilişkin koşulların etkisi tümüyle yitirilmiş olmaktadır. Atık dağılım süreci, diğer bir deyişle taşınma, atığın boşaltıldığı ortama ilişkin belirli özellikler ile devam etmektedir. Uzak alan bölgesine ulaşıldığında, boşaltma ağzında gözlenen bütün farklılıklar yalnız biri dışında ortadan kalkmıştır. Kalan tek fark atığın varlığıdır.

Ne kadar küçük olursa olsun yakın alan bölgesi sonunda atık belli bir konsantrasyondadır. Bu farklılık nedeniyle atığın dağılım süreci uzak alan bölgesinde de devam eder . Konsantrasyon farklılığı yayılım yolu ile taşınmaya neden olur . Ayrıca ortama özgü akıntılar , dalga ve gelgit yapısı da konvektif taşınmaya neden olur.

Kısacası atık, ister bir batmış plüm isterse bir yüzeysel jet olarak boşaltılmış olsun, yakın alan bölgesi sonunda belli bir konsantrasyon düzeyine ulaşacaktır. Uzak alan bölgesi içinde dağılım süreci bu konsantrasyon farkı nedeni ile gerek yayılım gerekse konvektif taşınım yolu ile devam edecektir.

Konvektif taşınmayı su kütlesinin içindeki atık ile birlikte konum değiştirmesi diye tanımlayabiliriz. Diğer bir deyişle, C konsantrasyonunda bulunan atık yoğunluğu σ ve hızı U olan bir akışkan içinde taşındığı durumda konvektif taşınma (σ u C) değeri ile belirlenebilir. Burada C' nin birimi atık kütlesi / birim oylum olmalıdır. Yayılma yolu ile taşınma ise doğrudan doğruya iki nokta arasında ki konsantrasyon farklılığı ile oluşur. Taşınma miktarı Fick kanunu ile verilir ;

$$-D_x \frac{\delta C}{\delta x} , -D_y \frac{\delta C}{\delta y} , -D_z \frac{\delta C}{\delta z} \quad (2)$$

sırasıyla x, y, ve z yönlerinde yayılma yoluyla gerçekleşen taşınmalardır. Burada D_x , D_y ve D_z , x, y, ve z yönlerindeki yayılma katsayıları olup ortamın özellikleri ile belirlenir.

1.6. Uzunluk Ölçeği Modeli

Yüzebilen jetler için birçok matematiksel modeller geliştirilmiştir. Bunlar ;

- Jet – integral modeller.
- 3- Boyutlu sayısal modeller.
- Uzunluk ölçeği modelleri.

Jet – integral modeller ; jetin yüzebilirlik akışı , momentumu ve kütle gibi özelliklerinin kesit integrasyonun'dan çıkarılan düzenli diferansiyel denklem takımlarından meydana gelmiştir. Denklem sistemleri paraboliktir ve jet yörüngesi boyunca basit, ileri giden sayısal diziler ile çözülmüşlerdir (Jirka et al., 1981).

Jet - integral modeller kıyıyla ilişkisi ve bağlantısı olmayan basit akışlar için idealdir. Bununla beraber, güçlü çapraz akıntılar veya sınırlı derinlik sonucu akış yönündeki kıyı ile etkileşiminde, ya da güçlü başlangıç yüzebilirliği veya akıntıya karşı kirleticinin zorla girişiminin etkili olduğu durumlarda model geçersizdir. Jet - integral modeller kaynak yakınındaki akıntının Jet – benzer davranışlarını tahmin eder, kesin geçiş mesafesinden sonra oluşan uzak alan sürecinin benzeşiminde yetersizdir (Jirka et al., 1981). Üç boyutlu sayısal modeller sonlu farklar veya sonlu eleman şeması boyunca Reynold denklem sistemlerinin çözümünü tahmin etmeye çalışır. Bu metotlar rutin mühendislik uygulamaları için yetersizdir. Sayısal modellerin yetersiz oluşlarının sebepleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir; En büyük problem sınır koşullarının belirlenmesinde gözükmemektedir. Formüldeki türbülanslı taşınım terimleri tam anlamıyla bilinmemektedir. Bu modeller çok karmaşık, kontrol edilmesi zor ve kısa zaman süreleri için bile pahalıdır (Jirka et al., 1975).

Bu çalışmada “ Uzunluk – ölçeği modelleri “ kullanılmıştır. Bu model temel metotların kullanılmasına olanak sağlamıştır. Yüzey deşarj akıntıları; başlangıç momentumu, yüzebilirlik akışı yada yerel çapraz akıntı gibi belirli akıntı özellikleri tarafından belirlenen farklı akıntı rejimlerine ayrılabilir. Akıntı, sadece çok önemli özelliklerin sebebi olan ve basit asimptotik ilişkilerle ifade edilen temel denklemler ile tanımlanan problemlerin yaklaşımıyla meydana gelir. Her biri rejime etkisi çok az olan pertürbasyon terimi sonradan ifadeye eklenmiştir. Analitik ifadelerin geçerli olduğu rejimlerin, kapsamını tasvir eden belirli uzunluk ölçeklerinin kullanımından dolayı modeller, uzunluk ölçeğindeki gibi asimptotik çözümleri kapsamaktadır.

Bu çalışmada, uzunluk ölçeği modeli esas alınarak hazırlanmış olan CORMIX 3 bilgisayar programı kullanılmıştır. Bundan sonraki bölümlerde uzunluk ölçeği modelinin teorisi anlatılacaktır. Yüzey jetlerinin analizini basitleştirmek için deşarj bölgesi yakın ve uzak alan bölgeleri olarak ikiye ayrılır (Şekil 12). Yakın alan bölgesinde, deşarj yakınındaki akıntının etki alanı belirtilmelidir. Yakın alan bölgesindeki deşarjların karışımı çoğunlukla deşarj durumuna bağlıyken uzak alan bölgesinde daha çok çevresel şartlara bağlıdır. Yakın alan bölgesindeki seyrelme; deşarjın yüzebilirlik akısı , ilk hacim ve momentumuna bağlıdır. Yakın alan bölgesindeki farklı deşarj şekilleri farklı akıntı karakteristikleri gösterirler. Yakın alan

bölgesindeki akıntı modellerini dört sınıfa ayırabiliriz ; Serbest jetler ,Duvar jetleri ,Kıyı hattı ile etkileşimli akıntılar ,Akıntıya karşı oluşan plüm'lar.

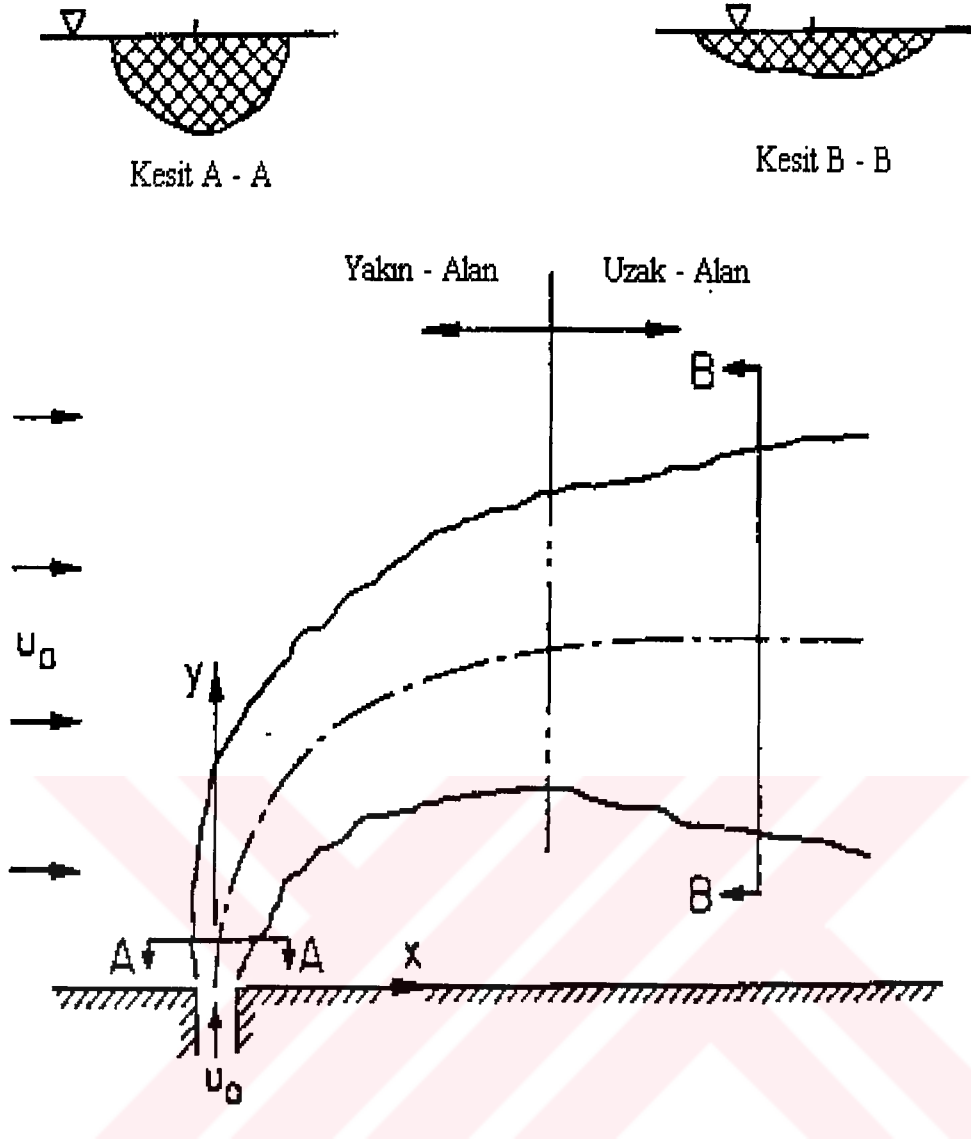
Uzak-alan bölgesinde, turbulans, katmanlaşma, rüzgar gerilmesi ve diğer bir çok çevresel faktör karışım olayının belirlenmesinde rol oynar. Yüzebilirlik ve pasif difüzyon çevresel turbulans etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Yüzebilirlik ve pasif difüzyon'dan dolayı da yatay dağılım meydana gelmektedir. Uygulamalı durumların birçoğunda çevresel türbülans akıntı içinde baskındır. Uzak-alan bölgesindeki diğer olayların modellenmesinde güçlükler görüldüğünden, uzak-alan bölgesi için sadece pasif difüzyon ve yüzebilen deşarjların dağılımı göz önüne alınmıştır. Yüzey jetleri sonucu oluşan yakın bölge ile uzak bölge arasındaki geçiş bölgesi kesin olarak belirli değildir. Tahmini geçiş noktası belirli uzunluk ölçeği kullanılarak tahmin edilebilir. Akıntı içinde belirli karışım olayları baskındır ve uzunluk ölçeği akıntı içindeki rejimleri belirlemek için de kullanılabilir.

1.6.1. Akıntı Modellerinin Genel Tanımı

Dört önemli akıntı sınıfının farkları, laboratuarlarda ve olayın cereyan ettiği bölgedeki gözlemlere dayanır. Dört yakın alan bölgesi akıntı modellerinin üçü (serbest jetler, kıyı hattıyla etkileşimli jetler ve akıntıya karşı oluşan plüm'lar) nicel olarak belirlenmiştir (Chu and Jirka, 1986).

1.6.1.1. Serbest Jetler ve Duvar Jetleri

Serbest jetler dereceli eğilme ile tanımlanabilir, öyle ki akıntı yakın kıyıyla etkileşimde bulunmaz. Şekil 15'de sıcak su deşarjı tarafından üretilen tipik bir serbest deşarjın yüzey izotermleri gösterilmektedir. Çapraz akıntının serbest jet üzerine iki etkiye sahip olduğunu belirlenmiştir (Chu and Jirka, 1986). Bunlardan birincisi; jet içindeki çevresel momentumların karışması sonucu, alıcı su ortamı içinde dereceli eğilmelerin oluşması. İkincisi ise, akış yönündeki plüm-benzer dağılım adveksiyonu tarafından kararsız yüzebilirlik dağılımının engellenmesidir (Dağılımın düzensizliği adveksiyon dağılımı kabul edilerek düzgün bir dağılım oluşturduğu kabul edilmiştir).



Şekil 11. Tipik yüzey jetleri için yakın ve uzak alan rejimleri

Serbest jetler suya batmış jetlere benzer şekilde, zayıf saptırma ve güçlü saptırma rejimi olarak ikiye ayrılabilir. Zayıf saptırma rejimi kuvvetli jet -benzeri karışım ile tanımlanabilir. Bu rejim içerisinde, kuvvetli jet - benzeri karışımından serbest yüzüş dağılım mekanizmasına doğru bir geçiş bölgesi vardır. Rejim içindeki yörünge, zayıf saptırma bölgesindeki jete benzer şekilde durgundur ve zayıf saptırma bölgesindeki jet başlangıç momenti tarafından zorlanır.

Kuvvetli sapma rejiminde, akış yerel akıntı ile akış yönünde advektifken bazı yatay momentumlar muhafaza edilir ve bu yatay momentumlar çevresel akış

içerisindeki kirleticiyi daha uzağa taşır. Bu rejimde, jet karışımları yada yüzebilir dağılım mekanizması baskın olabilir. Yörünge, suya batmış jetlerdeki güçlü sapmalarda olduğu gibi kalabilmektedir. Yanal gelişmelerin ihmal edildiğinde uzak alan süreci hakim olur ve bu da güçlü sapma rejimlerinin bitiş noktasıdır.

Durgun çevresel koşullarda, sadece zayıf sapma rejimleri vardır. Şekil 14'de durgun çevresel koşullar altında tipik yüzebilir deşarjlar gösterilmiştir. Zayıf deşarjların sonunda yüzebilir atık su birikintisi saptanır ve bu atık su birikintisi dağınık bir şekilde her yönde yanal olarak dağılır. Deşarj yakınlarındaki akıntı jet- benzeri karışımlarda gösterilen sürekli derinlik artışı ile tanımlanır, yüzebilirliğin neden olduğu dağılım atık su üzerinde etkili olduğu zaman plüm derinliği oluşur ve kaynaktan daha uzağa gidildiğinde plüm derinliğinde azalma meydana gelir. Şekil 14'deki geçiş mesafesi zayıf sapma rejiminin sonunda ve düzensiz dağılımının başlangıcında gösterilmiştir.

Serbest jetlerde dip etkileşimi olabilir. Eğer dip etkileşimi oluşursa deşarj set gibi davranarak çevresel akıntıyı bloke etmeye başlar. Bunun sonucunda da yakın kıyıya doğru jet akışı etkili olmaya başlar. Eğer dip etkileşimi kıyı etkileşimi sebebi olmaksızın oluşursa, hem zayıf sapma hem de güçlü sapma rejimi ortaya çıkabilir, fakat yüzebilirlik dağılımı baskın olmayacaktır çünkü yüzebilirlik dağılımı dipten ayrılma ve Plüm'un tekrar tabakalaşması sonucu oluşacaktır (Jones et al., 1996).

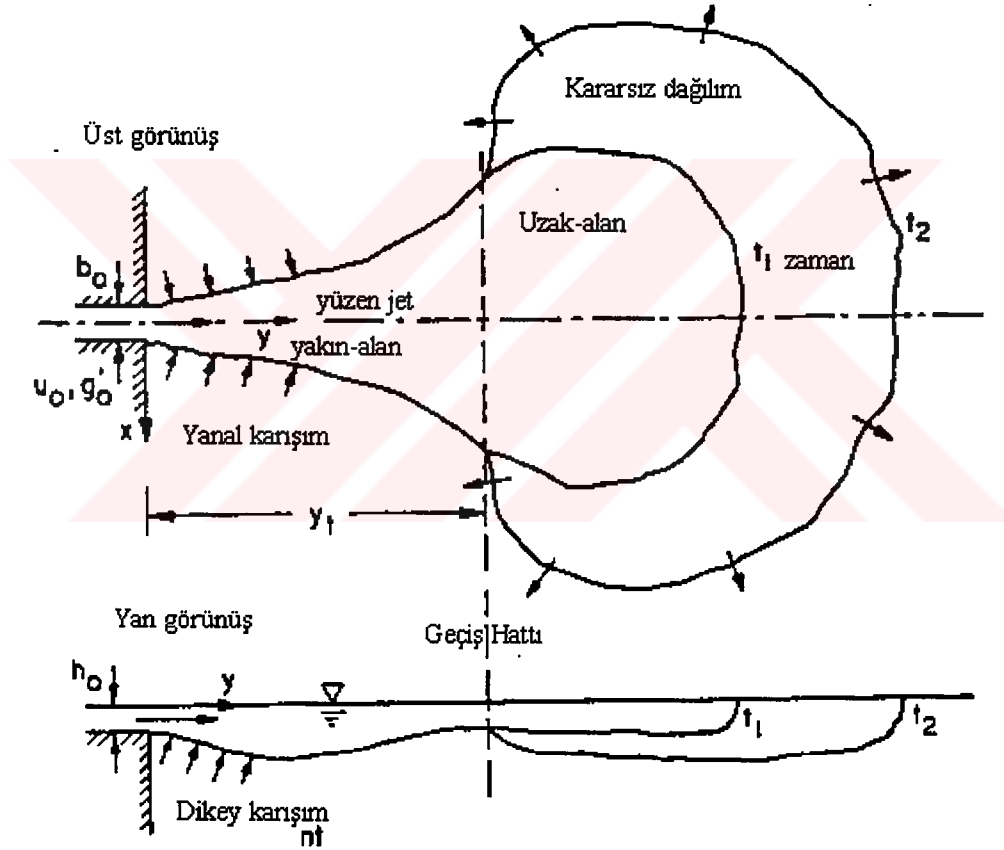
Duvar jetleri zayıf sapmalı jet olarak düşünülebilir , jetler bank boyunca akıntı ile beraber deşarj edilirler (Şekil 15). Bu akıntılar bank boyunca yansyormuş gibi davranırlar, böylece sınır boyunca bir ayna görüntüsü yaratılmış olabilir. Serbest jetlerde olduğu gibi, zayıf sapma rejimi içindeki başlangıç karışımı jet-benzerdir. Bununla beraber uzak alana geçişte ilk yüzebilirlik dağılımı yada pasif difüzyon baskın olurken , daha sonra jet karışımı baskın olur (Jones et al., 1996).

1.6.1.2 Kıyıyla İlişkili Jetler

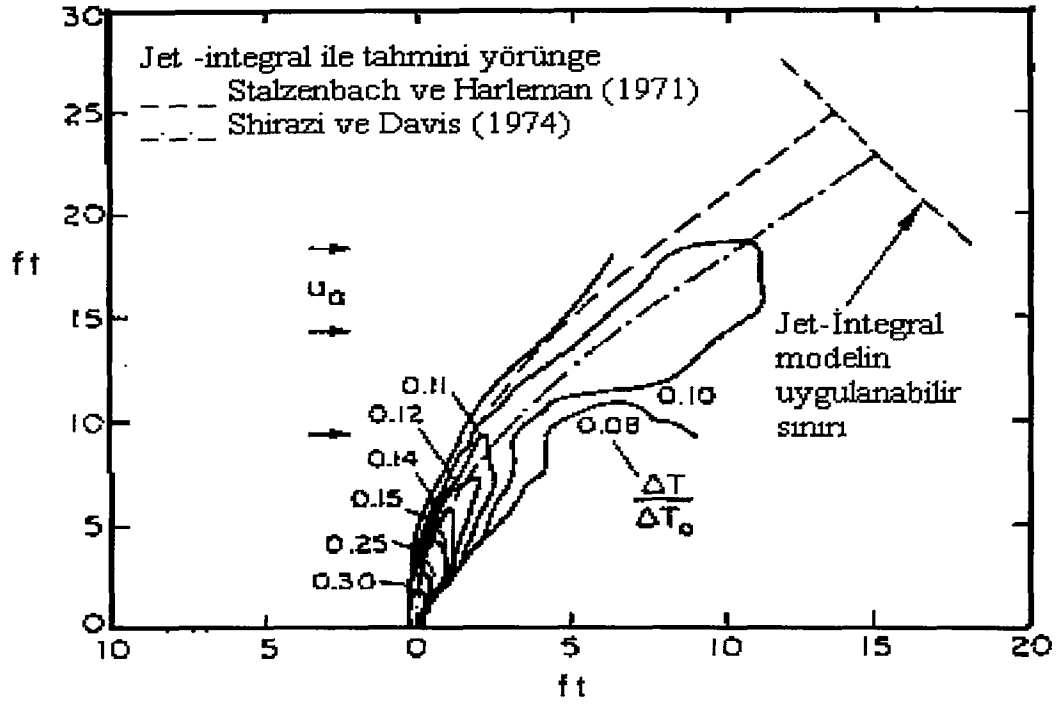
Akıntının kıyı boyunca dinamik etkileşmesi sonucu iki doğal olay ortaya çıkar. Bunlardan birincisi, güçlü ters akıntının kıyı ile dinamik olarak etkileşiminden dolayı jet üzerinde yeteri kadar uzakta kıvrılması. İkincisi ise, alıcı su ortamının tüm derinliği üzerindeki deşarjın, çevresel akıntıyla oluşan sürüklenme sonucu, kıyı yönün de

akmasıdır. Kıyıyla ilişkili jetlerin özelliklerinden biride akış yönündeki bank boyunca kirleticinin geri sirkülasyonudur, bu oluşum Şekil 14’de gösterilmiştir.

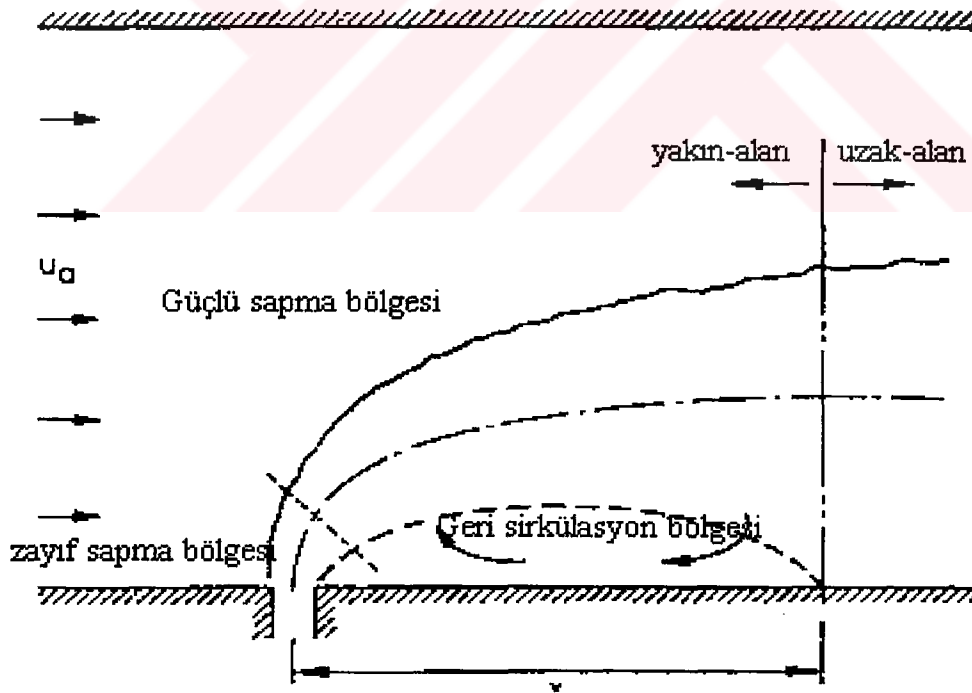
Kıyıyla ilişkide bulunan jetin yatay ilerlemesinde azalma görülür. Benzer akış rejimleri serbest jetler içinde de bulunur. Serbest jetler ; zayıf sapmalı kıyıyla ilişkili jet rejimleri ve kuvvetli sapmalı kıyıyla ilişkili jet / plüm rejimlerini de tanımlar. Aşırı başlangıç kıvrılmasından dolayı çok kısa mesafede yayılma olduğundan, zayıf sapmalı kıyıyla ilişkili rejimlerinde yüzebilirliğinin baskın olması muhtemel değildir. Güçlü sapma rejiminde, yüzebilirlik, yüzebilirliğin neden olduğu yatay dağılımda etkin olabilir. Bu durum sadece dip etkileşiminin olmadığı durumlarda geçerlidir (Jones et al., 1996).



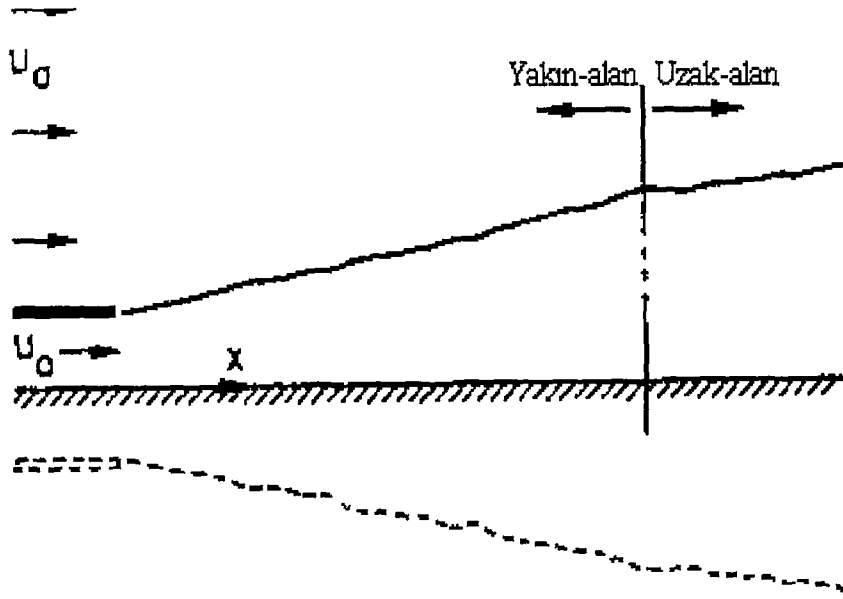
Şekil 12 . Durgun çevre içinde tipik yüzey jeti



Şekil 13. Yüzey jetlerinin yüzey izotermi (Koester, 1974)



Şekil 14. Kıyıyla ilişkili akışlar



Şekil 15. Tipik duvar jeti

1.6.1.3 Akıntıya Karşı Dağılım

Güçlü yüzen kirletici yavaş hareket eden çevre içine deşarj edildiği zaman ,akıntıya karşı zorla girişim oluşabilir. Akıntıya karşı oluşan Plüm'da , yüzen kirleticinin akıntıya karşı içeri sokulması, Plüm'un ön kısmındaki kesme kuvveti tarafından dengelenir. Kıyı boyunca akıntıya karşı içeri sokulan plüm'un uzaklığı x_s sembolü ile belirlenmiştir (Şekil 16). Yakın alan, akış yönünde kısa mesafede ve deşarjın akıntıya karşı plüm alanına göre sınırlanır. Deşarjdan x_s mesafesinde oluşan plüm, yüzebilirlik dağılımının uzak-alan sürecini ve bu süreç sonunda da pasif difüzyonu göstermektedir.

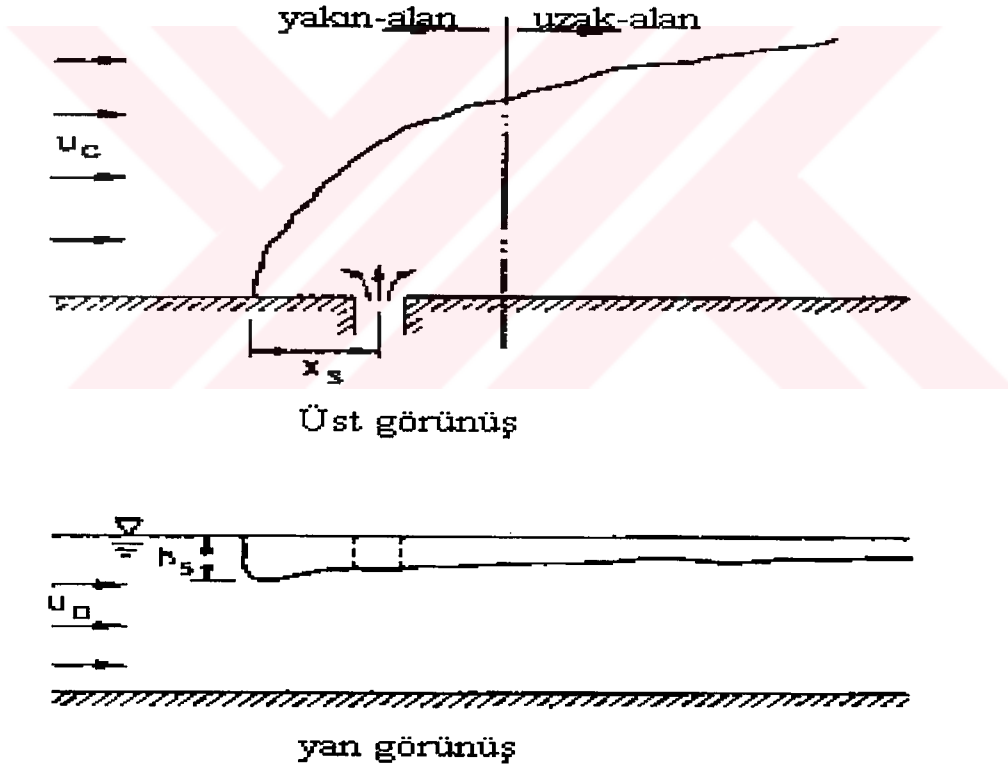
Kirletici yüklü akıntı yeterince yüksek momentum ve yüzebilirlikle sığ derinlikte deşarj edildiğinde maksimum dikey karışım oluşur. Kararsız akış ve geri sirkülasyon maksimum dikey karışımla ortaya çıkar. Geri sirkülasyon deşarjın yakın çevresinde oluşabilir. Bu durum Şekil 17'de gösterilmiştir. Uzak alan olayının etkili olduğunda tekrar tabakalaşma, deşarj noktasının hemen arkasında akış yönünde oluşur (Jones et al., 1996).

1.6.2. Uzunluk Ölçeği

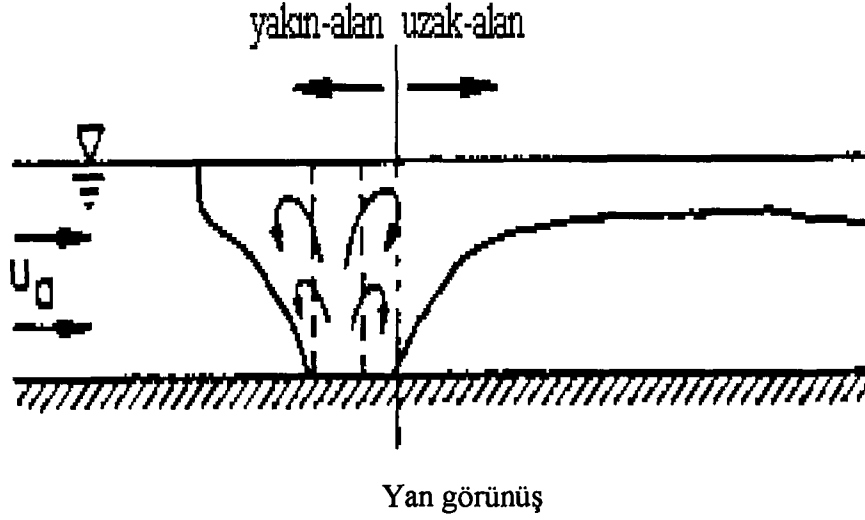
Uzunluk ölçeğinde çapraz akıntının hızı, yüzebilirlik akışı, momentum akışı ve başlangıç hacmi akışının bağıl önemleri ölçülmüştür. Dört uzunluk ölçeği yüzey jetlerinin analizinde kullanılmaktadır. Bunlar;

- Deşarj uzunluk ölçeği
- Jet-plüm uzunluk ölçeği
- Jet-çapraz akıntı uzunluk ölçeği
- Plüm-çapraz akıntı uzunluk ölçeği

Her bir uzunluk ölçeği aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak açıklanacaktır.



Şekil 16. Derin alıcı su ortamında akıntıya karşı oluşan plüm



Şekil 17. Sığ alıcı su ortamında akıntıya karşı dengesiz oluşan plüm

1.6.2.1. Deşarj Uzunluk Ölçeği

Deşarj uzunluk ölçeği, aşağıdaki gibi belirlenmiştir :

$$L_Q = \frac{Q_0}{M_0^{1/2}} \quad (3)$$

Deşarj uzunluk ölçeği, deşarj kanal geometrisini güçlü şekilde etkileyen akıntı karakteristiklerinin bulunduğu bölgeyi tanımlar. Bu uzunluk ölçeği, Jet - plüm uzunluk ölçeğinde akıntıya karşı girişimin olup olmadığının belirlenmesinde önemli rol oynar.

1.6.2.2. Jet - Plüm Uzunluk Ölçeği

Jet-plüm uzunluk ölçeğinde başlangıç yüzebilirlik ve başlangıç momentumunun bağlı önemi ölçülmüş ve aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$$L_Q = \frac{Q_0}{M_0^{1/2}} \quad (4)$$

Bu bölgede, $y \ll L_M$ olduğunda akıntıda momentum baskındır ve bu yüzden jet karışımı üstün gelir. $y \gg L_M$ olduğunda ise yüzebilirlik baskındır ve güçlü yatay dağılım baskın olur. Bu sebeple, jet karışımının sonunda ve yüzebilirliğin neden olduğu yanal dağılımın başlaması ile tanımlanan rejimde, jet- plüm uzunluk ölçeğinin ölçümü önemlidir (Şekil 18).

1.6.2.3. Jet- Çapraz Akıntı Uzunluk Ölçeği

Jet - Çapraz akıntı uzunluk ölçeği aşağıdaki gibi belirlenmiştir :

$$L_m = \frac{M_0^{1/2}}{u_a} \quad (5)$$

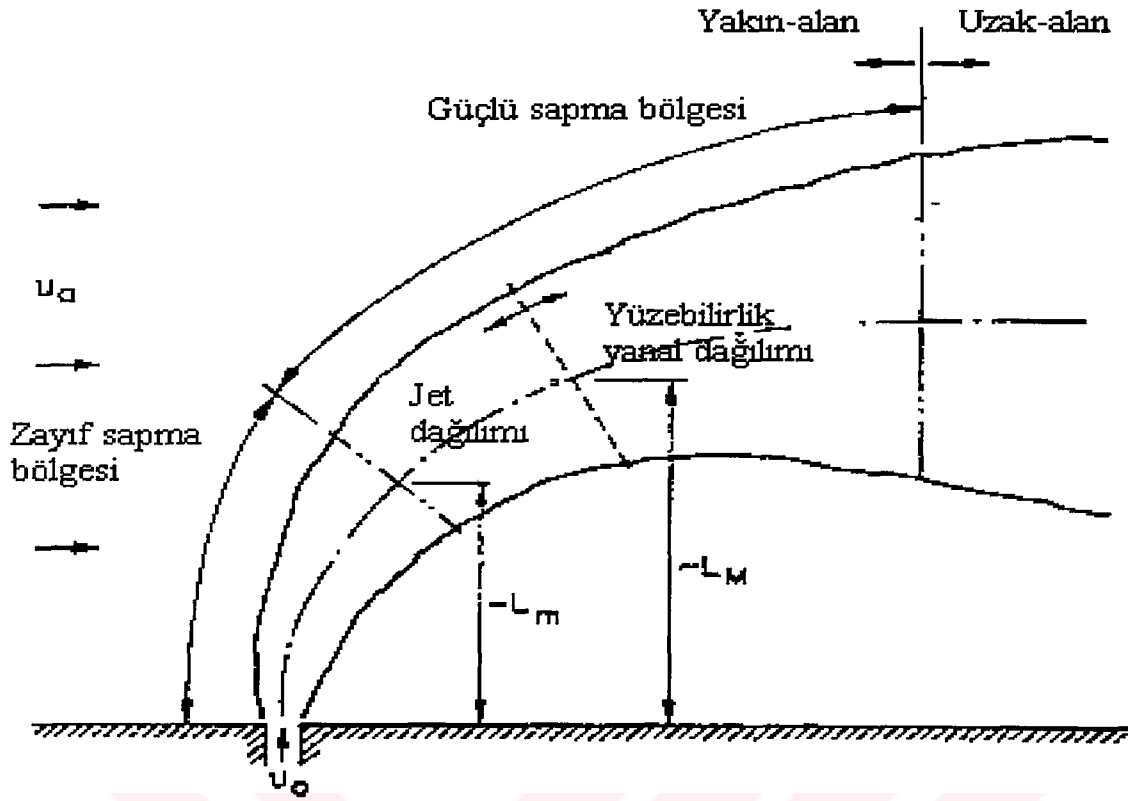
Jet - Çapraz akıntı uzunluk ölçeği akışın zayıf sapma rejiminden güçlü sapma rejimine geçtiği yerdeki ölçümdür (Şekil 18).

1.6.2.4. Plüm-Çapraz Akıntı Uzunluk Ölçeği

Plüm-çapraz akıntı uzunluk ölçeği, çevresel çapraz akıntı ile başlangıç yüzebilirlik akışının bağıl önemi ölçülerek bulunmuş ve aşağıdaki gibi belirlenmiştir :

$$L_b = \frac{J_o}{U_a^3} \quad (6)$$

Plüm-çapraz akıntı mesafesi, suya batmış yüzebilen jetler ile yüzey plümları için önemli ve farklı anlama sahiptir. Bu uzunluk ölçeği çapraz akıntının hızı ve kirleticinin başlangıç yüzebilirlik etkileşimini göstermektedir. Ölçüm akıntıya karşı dağılımın yayılımını belirtir. Ölçümün yapıldığı yerde yüzey plümü rahatlıkla görülebilir. Serbest jetlerin artan yanal ilerlemesi, yüzey jetlerinin incilmesi ile sonuçlanır. Yüzey jetlerinin incilmesi yüzebilirlikten dolayıdır ve önemli bir etkiye sahiptir.



Şekil 18. Serbest jetler için uzunluk ölçeği

1.6.2.5. İki Boyutlu Uzunluk Ölçeği

Akıntı su derinliğinin tamamı üzerinde karıştığında, iki boyutlu olarak düşünülür. Bu durumda, her bir derinlik için bütün akıntı parametreleri belirlenebilir. İki boyutlu durum için uygun akışın belirlenmesi aşağıdaki gibi olur :

$$q_0 = Q_0 / H \quad (7)$$

$$m_0 = M_0 / H \quad (8)$$

$$j_0 = J_0 / H \quad (9)$$

H sınırlı çevresel su derinliğini belirtir. İki boyutlu akışlar kullanıldığında, iki boyutlu uzunluk ölçeği aşağıdaki gibi belirlenir;

$$l_q = \frac{q_0^2}{m_0} \quad (10)$$

$$l_M = \frac{m_0}{j_0^{2/3}} \quad (11)$$

$$l_m = \frac{m_0}{u_a^2} \quad (12)$$

İki Boyutlu Plüm-çapraz akıntısı boyutsal saha üzerinde bulunmadığından,uzunluk ölçęi belirlenmemiştir (Akar, 1991).

1.6.2.6 Genel Boyutsuz Sayılar

Bu uzunluk ölçeklerinin belirli kombinasyonları, genel boyutsuz sayıları verirler. Özellikle deşarjın yoğunluksal Froude sayısı aşağıdaki gibi belirlenir;

$$F'_{r_0} = \frac{u_0}{\sqrt{g'_0 a_0^{1/2}}} a_0^{1/2} = \frac{L_M}{L_Q} \quad (13)$$

ve hız oranı ;

$$R = \frac{u_0}{u_a} = \frac{L_M}{L_Q} \quad (14)$$

Aynı zamanda F'_{r_0} / R 'nın miktarı aşağıdaki ifadeye eşittir ;

$$\frac{F'_{r_0}}{R} = \left(\frac{L_M}{L_b} \right)^{1/2} \quad (15)$$

Bu denklem serbest jetlerin yörüngesini belirlemek için önemli bir faktördür.

1.6.3. Yakın Alan Akıntı Rejiminin Analizi

1.6.3.1. Yüzey Jetlerinin Boyut Analizi

Su yüzeyinde yüzebilen jetler için boyut analizlerinin uygulanması iki önemli varsayıma dayanır. Birincisi, sadece tamamen turbulanslı akıntılar göz önüne alındığı için viskositenin etkisi ihmal edilir. İkincisi ise, bousssinesq yaklaşımıyla çevre ile atık su arasındaki yoğunluk farkı küçük kabul edilir. Yüzebilirlik kuvvet terimleri için önemlidir. Su yüzeyinde yüzebilen bir jetin yakın alan akışına dokuz değer etki eder. Bunlar; başlangıç hacmi Q_0 , momentum M_0 ve yüzebilirlik akışı J_0 ; çevresel hızlar, u_a ; yörünge boyunca uzaklık, s ; sınırlı çevresel su derinliği, H ; deşarj kanalının genişliği ve uzunluğu, b_0 ve h_0 ; ve deşarj açısı, σ .

Her akıntı değeri, Φ gibi bir fonksiyona bağlı değişkenler şeklinde gösterilebilir:

$$\Phi = f(Q_0, M_0, J_0, u_a, s, H, h_0, b_0, \sigma) \quad (16)$$

Bağımsız değişkenler, belirli akıntılar için önemli olan parametrelere bağlı ve rejimden rejime farklılık gösteren farklı boyutsuz gruplar içinde kullanıldı. Belirli rejim için çözüm şekli belirli sürecin tanımlanması ile elde edildi ve bu belirli süreç de akıntıda baskın oldu. Bu asimptotik yaklaşım çözümler sağlar. Bu çözümler sadece kesin belirtilmiş rejimler ve deneysel olarak belirlenmiş katsayılar içinde geçerlidir. Bununla birlikte, bu çözümler birbiriyle bağlantılıdır, öyle ki uygun ifadeler bütün problem için ayrıntılı tahmin sağlama dizisi içinde kullanıldı. Bu çalışmada Kartezyen koordinat sistemi kullanıldı. Deşarj ağzı orijini, X ekseni akıntı yönünde, Y ekseni ise çevresel çapraz akıntıya dik olarak yöneltildi (Şekil 11).

1.6.3.2. Durgun Çevre İçindeki Yüzey Jeti

Akıntılar iki rejimi kapsamaktadırlar. Birincisi hem dikey hem de yatayda jetlerin gelişmesi, güçlü jet karışımlarının başlangıç rejimi ile olur. İkincisi ise bu olayı takiben geçiş bölgesindeki gelişmedir; yüzebilirliğin neden olduğu dağılım artarak,

plüm kalınlığı azalır ve yeterli başlangıç momentumu ile kararsız su birikintisi tutulur. Bu durum Şekil 13'de gösterilmiştir.

Bu iki rejim arasındaki geçiş , jet-plüm uzunluk ölçeği L_m tarafından belirlenmiştir. Jet-plüm uzunluk ölçeği, başlangıç yüzebilirlik ve başlangıç momentumunun birbirlerine oranının ölçümüdür. $y / L_m \ll O(1)$ için , akıntıda başlangıç momentumu baskındır ve bu yüzden güçlü jet karışımı ile tanımlanmıştır. $y / L_m \gg O(1)$ için, akıntıda yüzebilirlik baskındır ve dağıtmaya benzer- yanal plüm etkili olur. $L_M \ll L_Q$ durumunda , baskın akıntı momentumu yoktur ve akıntı tamamen plüm benzeri olacaktır.

Bu problemin boyut analizinde , yerel hız u_a , derinlik parametresi H , ve deşarj açısı ihmal edilerek denklem 18 aşağıdaki şekilde yazılır ;

$$\Phi = f(Q_0, M_0, J_o, s, h_0, b_0) \quad (17)$$

Akıntı parametresinin boyutlulaştırılmamış şekli , Φ^* , aşağıdaki boyutsuz oranların bir fonksiyonu gibi tanımlanmış olabilir;

$$\Phi^* = f\left(\frac{s}{L_M}, \frac{L_Q}{L_M}, AR\right) \quad (18)$$

AR deşarj kanalının görünüş oranıdır ve h_0 / b_0 şeklinde belirlenir. Eski deneyler , görünüş oranın yüksek yerel seyrelmeyle beraber akış içinde önemsiz rol oynadığını göstermiştir (Jirka et al., 1981).

1.6.3.2.1. Başlangıç Jet-Benzer Akıntılarının Özellikleri

Başlangıç rejiminde güçlü jet karışımı baskındır. Güçlü jet karışımı , suya batmış yüzemeyen jetin yarım dairesine benzerdir. Akıntı başlangıç bölgesinin ardından, Jet yatay yönde tam bir gaussian hız profili, dikey yönde ise yarım gaussian hız profili gösterecektir. Bu durum Şekil 19'da gösterilmiştir. Kirletici konsantrasyonu gaussian profiline benzer bir durum gösterir. Merkez hattı hızı u_c , merkez hat s boyunca artan mesafe ile azalır. Bununla birlikte, toplam momentum akışı, M bu

bölgede baştan başa korunur . Jet-benzer akıntılar ile gaussian profili için , akıntının dikey derinliği b_v ve yarım- genişliği b_h , merkez hattı konsantrasyonun $1/e$ (%37) olduğu yerde belirlenmiştir.

Boyut göz önünde tutulduğunda başlangıç momentumu M_0 ve merkez hat yörüngesi boyunca uzaklık s ' in u_c ' in bir fonksiyonu olduğu bulunmuştur.

$$u_c = c_1 \frac{M_0^{1/2}}{s} \quad (19)$$

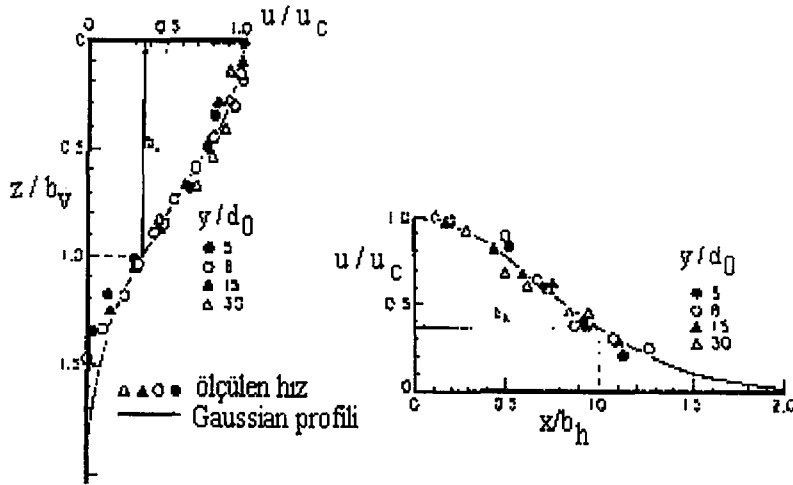
c_1 sabit olduğunda, yarım - genişlik için olası ifade boyut analizinden elde edilebilir

$$b = b_1 s \quad (20)$$

b_1 sabit olduğunda, merkez hattı çözeltisi S , C_0 / C gibi belirlenmişse , C_0 başlangıç deşarj konsantrasyonu ve C merkez hattı konsantrasyonu olduğunda , S için boyutsal tutarlı bir ilişki aşağıdaki gibi olur;

$$S = s_1 \frac{M_0^{1/2}}{Q_0} s = s_1 \frac{s}{L_Q} \quad (21)$$

s_1 sabit olduğunda. c_1 , b_1 ve s_1 sabitleri deneysel olarak belirlenmiş olmalıdır.



Şekil 19. Yüzemeyen yüzey jetlerinin Gaussian hız profili

1.6.3.2.2. Jet - Benzer Akıntı ile Superpose Olmuş Yüzebilen Dağılımlar

Takip eden rejim, başlangıç momentumunu koruyarak merkez hattaki hızı korur. Merkez hattaki hız ilişkisi denklem 19 ile verilir. Dikey hacmin yüzdürme kuvveti akıntı üzerinde hareket eder . Yatay dağılım artarak devam ederken dikey dağılım da zayıflar. Bunun sonucu olarak jet kesitinin bozunumu devam eder. Yüzen dağılım olayı , jet - benzer merkez hattı hızı üzerinde yerleşmiş bir perturbasyon gibi düşünülebilir (Şekil 12).

Yüzen dağılım perturbasyonu, yoğunluk akıntısı gibi plüm hareketi farz edilir. Yoğunluk akıntısı genellikle , V_b hızı ile yanal şekilde dağılan plümün kenarına yerleşmiş olan ön bölge içinde oluşan karışımdır. Dağılım hızı için aşağıdaki denklem verildi (Benjamin, 1968) ;

$$V_b = \left(\frac{g' b_v}{C_D} \right)^{1/2} \quad (22)$$

C_D , akıntı için sürüklenme katsayısıdır, katsayının genişliği 0,5 ile 0,2 arasındadır (Doneker and Jirka, 1990). Yoğunluk akıntısı , silindir - şapka hız profiline sahip gibi modellenir. Şekil 20'de gösterildiği gibi, yarım genişlik b_h ve derinlik b_v akıntının kenarlarında belirlenir. Akıntı hattı boyunca dağılım hızı;

$$V_b = U_c \left(db_h / ds \right) \quad (23)$$

şeklinde yazılabilir. Denklem 22'de yerine yazılır ve uygulanırsa ;

$$\left(\frac{db_h}{ds} \right) = \frac{1}{u_c} \left(\frac{g' b_v}{C_D} \right)^{1/2} \quad (24)$$

Yukarıdaki denklem bulunur. Yüzebilen akış, $J_0 = 2 u_c g' b_v b_h$ özdeşliğine göre korundu . Denklem 23 deki g' terimi $J_0 / (2u_c b_v b_h)$ olarak yazılabilir. Denklem

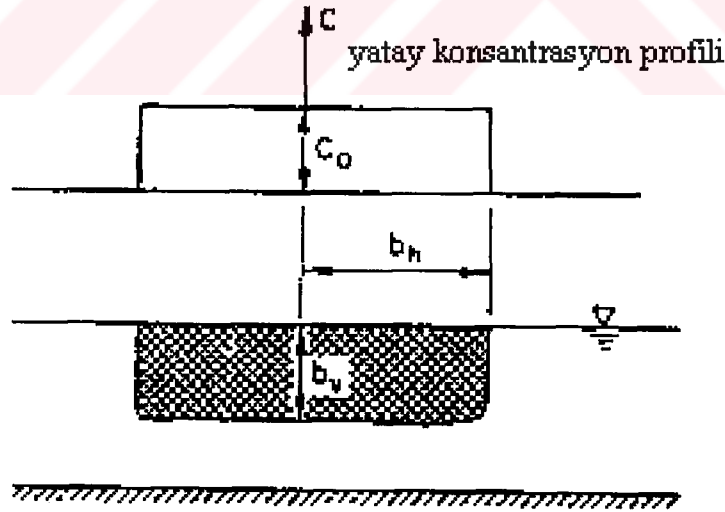
19'de verildiği gibi, zayıf jet için merkez hat hız ilişkisi, denklem 24'de yerine konursa, aşağıdaki ifade bulunur;

$$b_h^{1/2} \frac{db_h}{ds} = b_1 b_h^{1/2} + c_4 \left(\frac{1}{2C_D} \right)^{1/2} \frac{J_0^{1/2}}{M_0^{3/4}} s^{3/2} \quad (25)$$

Yüzememe davranışının prensibi üzerinde bir perturbasyon çözümü , son yatay dağılım ilişkisiyle sağlanır ;

$$b_h = \left((b_1 s)^{3/2} + b_{b1} \left(\frac{1}{2C_D} \right)^{1/2} \frac{1}{L_M} (s - s_i)^{5/2} \right)^{2/3} \quad (26)$$

b_{hi} ve s_i , ilk yarım genişlik ve bu bölgenin başlangıcındaki yörünge boyunca uzaklıktır. b_{b1} ise sabittir. Farklı laboratuvar sonuçlarının karşılaştırılması, yüzebilirliğe neden olan dağılım olayını ispatlar . β , 0.15 ve 0.25 aralığı içinde bir sabit olduğunda, karışım ilişkisi $q_c(s) = \beta v_B b_v$ uyarlanırsa, plüm'un dikey derinliği aşağıdaki gibi bulunur (Simpson and Britter, 1979 ; Jirka and Arita 1987).



Şekil 20. Yüzebilirlik dağılımı ile baskın olan akışların top-hat konsantrasyon profili

$$b_v = b_{vi} \left(\frac{b_h}{b_{hi}} \right)^{\beta-1} \quad (27)$$

Eğer, hem yüzebilirlik akıntısı hem de kirletici akışı korunduysa, g' / g'_0 oranı çözeltilerin göstergesi gibi kullanılmış olur. S_i başlangıç seyrelmesi olduğunda, çözelti ilişkisi aşağıdaki gibi olur;

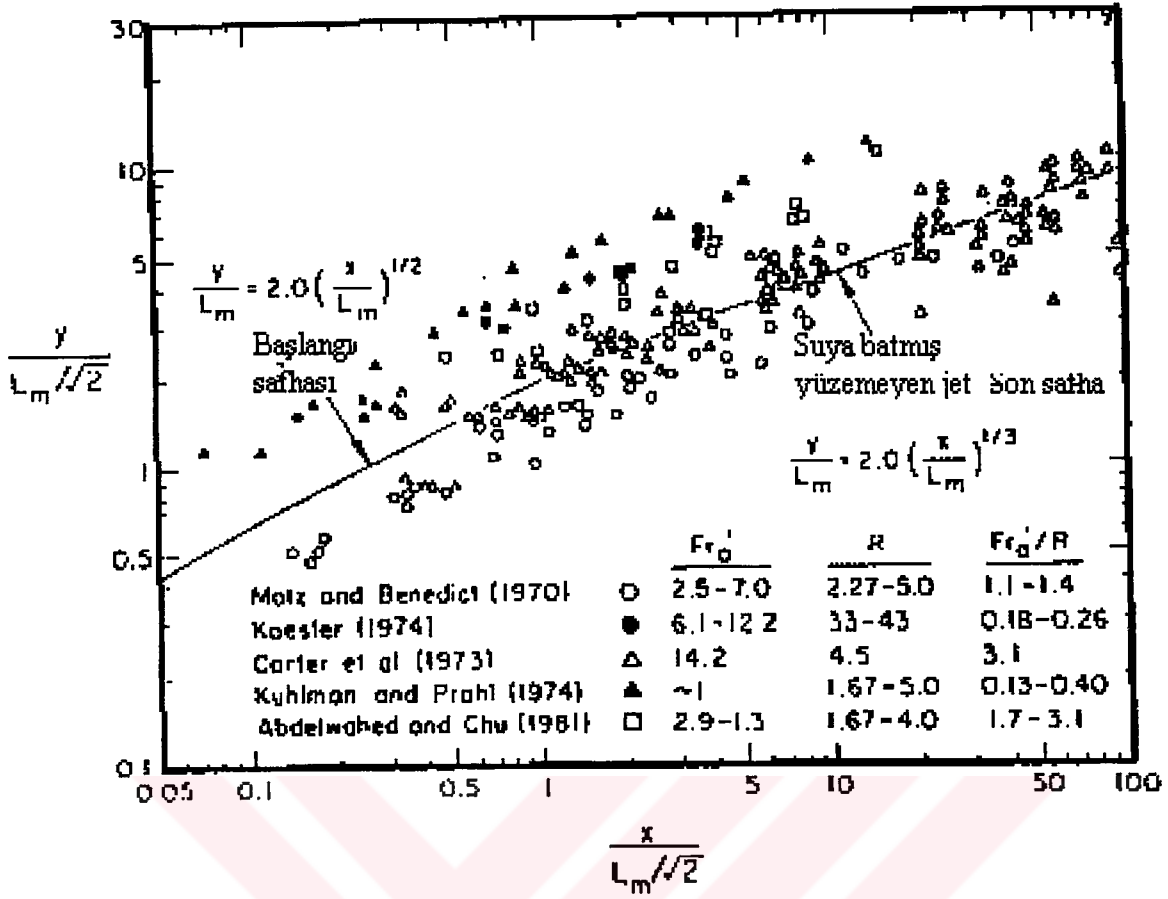
$$S = S_i \left(\frac{b_h}{b_{hi}} \right)^{\beta} S_i \quad (28)$$

1.6.3.3. Çapraz Akıntı İçindeki Serbest Jetler

Serbest jet yörüngesinin geçiş boyunca iki safhada olması beklenir (Jirka at al., 1981). Zayıf sapma bölgesi, çapraz akıntı tarafından yanal olarak saptırılan saf momentum jetine benzer jet yörüngesinin olduğu yerdir. İkincisi ise, çapraz akıntı akışı bükür ve jet / Plüm çapraz akıntıya göre düşey de dereceli olarak yayılan impuls hattına benzer şekilde davranarak yayılır.

İki bölge arasında ki geçişi ölçen uzunluk ölçeği Jet - çapraz akıntı uzunluk ölçeği L_m 'dir. $y / L_m \ll O(1)$ için, çapraz akıntı oldukça önemsizdir, durgun durum içinde tanımlanan iki rejimde küçük perturbasyon gibi davranır ve bölge "zayıf sapma bölgesi" olarak adlandırılır. $y / L_m \gg O(1)$ için, çapraz akıntı asıl adveksiyon mekanizması olur ve bölge "Güçlü sapma bölgesi" olarak adlandırıldı.

Benzer akış durumları batmış jetlerin yörüngeleri için kanıtlanmıştır. Batmış jetler için geliştirilen ifadeler ile yüzen jet yörünge verileri karşılaştırıldı ve yüzey jetleri için benzer akıntı bölgelerini kullanmanın mantıklı olabileceği gösterildi. Bu karşılaştırmanın güncelleştirilmiş uyarlanması aynı sonuçlar bulunmuştur. Şekil 21'de $Fr_0 / R = (L_m / L_b)^{1/2}$ oranı nedeniyle bazı sistematik etkilerin olduğu görülmüştür.



Şekil 21. Suya batmış yüzemeyen jetler ile serbest jetlerin yörüngelerinin karşılaştırılması

1.6.3.3.1. Zayıf Saptırmalı Akıntılar

Çapraz akıntıdaki zayıf saptırma nedeniyle, durgun çevredeki başlangıç jet - benzer karışım bölgesi için merkez hat hızı , yarım genişlik ve sulanma ilişkisi geliştirildi. (Denklem 19, 20 ve 21). Bunun la birlikte, belirtilen perturbasyon çapraz akıntı sonucu oluşan akıntı yönündeki adveksiyon için hesap edildi;

$$\frac{u_c}{u_a} = \frac{dy}{dx} \quad (29)$$

Denklem 19 ile verilen merkez hattı hızı yerine konur ve integrali alınırsa aşağıdaki yörünge ilişkisi bulunur ;

$$\frac{y}{L_m} = t_3 \left(\frac{x}{L_m} \right)^{1/2} \quad (30)$$

t_1 sabittir ve deneysel olarak belirlenmelidir. Bu benzer bağımlılık ,batmış jetlerin zayıf sapma rejimleri içinde bulundu (Wright, 1977). Benzer çapraz akıntı perturbasyonu 3- boyutlu durumlar için uygulandı ,denklem 29 $\left(\frac{u_c}{u_a} = \frac{dy}{dx} \right)$. Fakat İki boyutlu akıntı için merkez hat hızı aşağıdaki ilişkiyi ortaya koymaktadır (Holley and Jirka, 1986);

$$u_c = c_4 \left(\frac{m_0^{1/2}}{s^{1/2}} \right) \quad (31)$$

Denklem $\frac{u_c}{u_a} = \frac{dy}{dx}$ (29) içinde belirlenmiş merkez hat hızı yerine konulur ve integrali alınır, aşağıdaki ilişki bulunur.

$$\frac{y}{l_m} = t_4 \left(\frac{x}{l_m} \right)^{3/2} \quad (32)$$

Sulanma, 3 boyutlu duruma benzer şekilde çıkarıldı. Fakat 2 boyutlu akış ve uzunluk ölçeği kullanıldı. Bunun sonucunda ;

$$S = s_4 \left(\frac{y}{l_4} \right)^{1/2} \quad (33)$$

yatay yarım genişlikle ilişkili denklem 20' ye $(b = b_1 s)$ benzerdir, fakat burada farklı sabit b_4 kullanılmıştır .

$$b = b_4 y \quad (34)$$

$L_M > L_m$ olduğu durumlarda , yüzebilirlik zayıf sapma bölgesinde dağılmaya neden olur. Bu durumda , benzer yörünge ilişkisi zayıf sapma jeti denklem 30'deki gibi uygulanır, fakat yarım genişlik , derinlik ve sulanma ilişkisi , durgun durumdaki ikinci akıntı rejiminde yüzebilirliğin neden olduğu dağılım gibi uygulanır ve bunlar denklem 26, 27 ve 28 tarafından verilmiştir. Yörüngesinde hala momentum etkisi bulunan akıntı üstündeki yoğunluk akıntısı süresince temel denklemler birlikte düşünülmüştür.

1.6.3.3.2. Güçlü Sapma Akıntıları

Güçlü sapma bölgelerinde, $y/L_m \gg O(1)$ olduğunda, akıntı u_a hızındaki yerel akıntı nedeniyle, akıntı yönünde advektiftir. Akıntı içinde kalan momentum kuvvetinden dolayı yanal sapma hala mevcuttur ve bu durum çizgi hattında yatay yayılan yüzemeyen akışkanın ani bırakılması gibi modellenmiştir (Scorer, 1959). Hat impulse M' , yatay ilerleme y , ve bırakılmadan sonraki zaman t değerlerini formül şeklinde ifade etmek için uygun boyut analizi yapılmalıdır. Bu ifadeler sonucunda ;

$$\frac{M't}{y^3} = \text{sabit} \quad \text{bulunur} \quad (35)$$

Tam jet benzeşmesine uygun olarak (M' , M_o/u_a ile ve t , y/u_a ile yer değiştirdiğinde) ifadeler yerine konursa aşağıdaki tutarlı boyutsal ifade çıkar ;

$$\frac{y}{L_m} = t_5 \left(\frac{x}{L_M} \right)^{1/3} \quad (36)$$

Yukarıdaki ifade , güçlü şekilde sapsmış ve Şekil 21'de gösterilen veriler ile tutarlı olan suya batmış yüzemeyen jet gibi benzer formdadır. Jet için yarım genişlik ilişkisi yüzebilirlik artırıcı faktörü ile kontrol altına alındı ve Jet için denklem 28 kullanılarak denklem 37 benzer şekilde çıkarıldı :

$$b = b_5 y \left(1 + b_{b5} \frac{L_b^{1/2}}{L_m^2} (y - y_i)^{3/2} \right) \quad (37)$$

Kütle korunumuyla tanımlanan $C_0 Q_0 \propto C_0 b_h b_v u_a$ özdeşliği kullanılırsa, uzunluk ölçeğinin seyrelme süresi $S = C_0 / C_e$, aşağıdaki denklem ile verildi ;

$$S = s_5 \left(\frac{y^2}{L_M L_Q} \right) \quad (38)$$

İki boyutlu güçlü sapma jetleri için ,benzer hat impulse modeli aşağıdaki ilişki içinde sonuçlandırılarak kullanıldı.

$$\frac{m' t}{y^3} = \text{sabit} \quad (39)$$

m' deşarjın her birim derinlikteki hat impulsı olduğu yerde, $m' = M' / H$. Bu nedenle y/u_a ve m_0 / u_a denklem 39'de yerine kondu ve aşağıdaki ilişki elde edildi ;

$$\frac{y}{l_m} = t_6 \left(\frac{x}{l_m} \right)^{1/2} \quad (40)$$

Seyrelme 3- boyutlu duruma benzerdir fakat 2 - boyutlu akış ve uzunluk ölçeği belirlenerek kullanıldı. Güçlü sapmış 2 - boyutlu jet için seyrelme aşağıdaki gibi olur;

$$S = s_6 \frac{y}{(l_q l_m)^{1/2}} \quad (41)$$

Yatay yarım genişlik denklemi , $b = b_1 s$ (Denklem 20)'ye benzerdir. $L_m \sim y < L_M$ olduğunda, yukarıdaki denklemler sadece güçlü sapma bölgesi içindeki jet- benzer akıntılar için uygulanabilir.

$$b = b_6 y \quad (42)$$

Bununla birlikte, bir kez yüzebilirlik olduğunda biçimde bozulma başlar, akıntı ve yüzebilirliğin neden olduğu dağılımda karışım olayı baskın olur. Bununla birlikte yörünge ilişkisi , güçlü sapmış jet için geliştirilmiş olan yörünge ilişkisi gibi , benzer kalır.

1.6.3.3. Yörünge Sabiti için Düzeltme

Yüzebilirliğin neden olduğu dağılım sonucu plüm kalınlığı incelendiği zaman., Akıntı çapraz akıntı içine girerek daha uzağa yayılma yönünde olacaktır. Bu Şekil 21' deki serbest jetlerin yörüngeleri üzerindeki F_{r_0} / R nin sistematik etkisi tarafından görülebilir. Değişkenin eğilim tahmini, yörünge sabitlerinin ortalaması alınarak , Şekil 22 içinde gösterildiği gibi F_{r_0} / R karşı işaretlendi. Aşağıdaki ilişki ile tahmin edilen en uygun hat , regresyon kullanılarak elde edildi.

$$t = 2.0 \left(1 + 3.0 \exp. - \left(\frac{F_{r_0}}{R} \right)^2 \right) \quad (43)$$

Minimum yörünge sabiti 2.0 gibi alındı, yüzemeyen duvar jetleri için teorik değer den biraz daha geniştir (Holley and Jirka, 1986). Şekil 21'de gösterilen düşük deneysel değerler, sınırlı laboratuvar kanallarındaki sınır etkileri tarafından sonuçlandı ve denklem 43' ün amacı için hesaptan düşüldü.

1.6.3.4. Duvar Jetleri

Duvar jetleri zayıf sapmalı serbest jetlerin özel durumlarının göz önünde tutulmasıdır. Bir duvar jetinin ayna şeklinde davranışı (görüntüsü) düşünüldüğünde, akıntı beraber akış içerisinde serbest jetlerin oluşumuna benzerdir. Deşarj beraber akış içinde boşalma yeri olduğundan , güçlü sapma bölgesi oluşmaz ve yüzebilirliğin neden olduğu dağılım uzak alan süreci olarak düşünülebilir. Bu yüzden, duvar jetlerinin yakın - alanında iki rejimin olması mümkündür. Duvar jetleri'nin yakın-alanı 3- boyutlu ve 2-

boyutlu zayıf sapma jet rejimine benzerdir. Zayıf saptırma serbest jetlerinde olduğu gibi benzer formülasyon kullanıldı fakat duvar jetleri ayna görüntüsü içermektedir. Aşağıdaki çözelti ilişkisi 2 ve 3 boyutlu durumlar için uygulandı. s_7 ve s_8 sabit olduğunda , sırasıyla ;

$$S = s_7 \left(\frac{x}{L_Q} \right) \quad (44)$$

$$S = s_8 \left(\frac{x}{l_q} \right)^{1/2} \quad (45)$$

Yatay yarım genişlik hem 3 - boyutlu hem de 2 boyutlu durumlar için doğrusal yarım genişlik ilişkisi aynı kalmaktadır. b_7 ve b_8 sabit olduğunda.

$$B_h = b_{7,g} x \quad (46)$$

1.6.3.5. Kıyıyla İlişkili Akıntılar

Kıyıyla ilişkili akıntılar , yakın bank ile jet- benzer yapı arasındaki geri sirkülasyon bölgesi üzerinde tipik ve güçlü olarak kıvrılır. Şekil 15 'de gösterilmiştir. Deşarj akışkanının hacmi, çapraz akıntı içine yanal girmenin azalması ile bir serbest jete benzer yörüngeyi takip eder. Sıklıkla akıntı deşarja çok yakın yerde güçlü bir şekilde kıvrılır, bu yüzden zayıf sapma bölgesi oluşmaz. Şekil 23' de gösterildiği gibi kıyıyla ilişkili akıntılara uygulanan ve serbest jetler için geliştirilen benzer güç kanunları kıyıyla ilişkili akıntının yörüngesinin çiziminde de görüldü. Yanal ilerleme yaklaşık olarak serbest jetlerin yarısı olarak bulundu. $y / L_m < 1$ için verilerin eksikliği gerçekte zayıf sapma bölgesi tipik olarak çok küçük ve sıklıkla ihmal edilebilir. Serbest jetlerde olduğu gibi , F'_r / R den dolayı bazı sistematik etkilerin olduğu görülebilir. Çünkü, kıyıyla ilişkili jetlerin yörüngeleri serbest jetlere benzerdir, benzer yörünge ilişkisi zayıf ve güçlü sapma bölgeleri içinde 3 boyutlu akışlar için kullanılmış olabilir. Sırasıyla ;

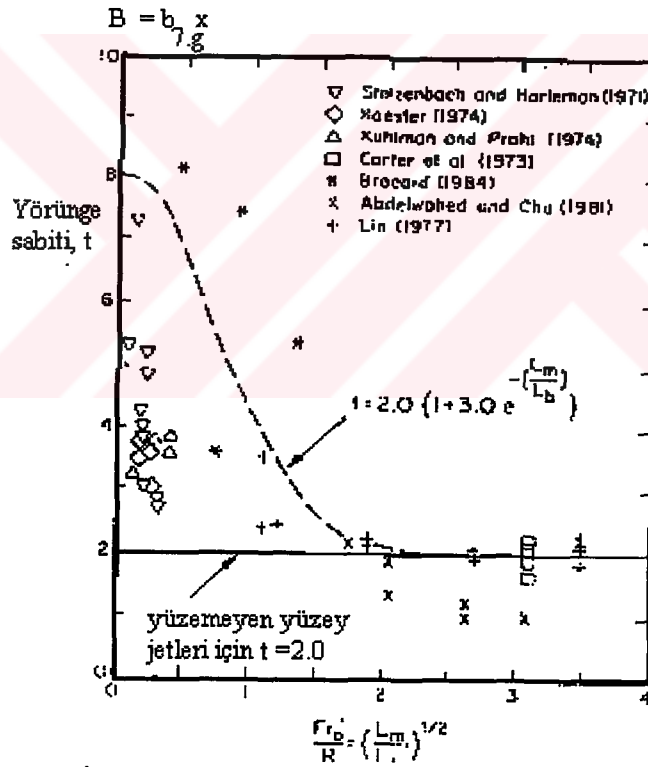
$$\frac{y}{L_m} = t_9 \left(\frac{x}{L_m} \right) \quad (47)$$

$$\frac{y}{L_m} = t_{10} \left(\frac{x}{L_m} \right)^{1/3} \quad (48)$$

t_9 ve t_{10} sabittir, genellikle serbest jette olandan daha küçüktürler ve etkileşim faktörüne bağımlıdır. Güçlü ve zayıf sapma bölgeleri serbest jetler için 2 - boyutlu olarak uygulandı ve sırasıyla aşağıdaki benzer ilişkiler bulundu. t_{11} ve t_{12} etkileşim faktörüne bağlıdır.

$$\frac{y}{L_m} = t_{11} \left(\frac{x}{L_m} \right)^{2/3} \quad (49)$$

$$\frac{y}{L_m} = t_{12} \left(\frac{x}{L_m} \right)^{1/2} \quad (50)$$

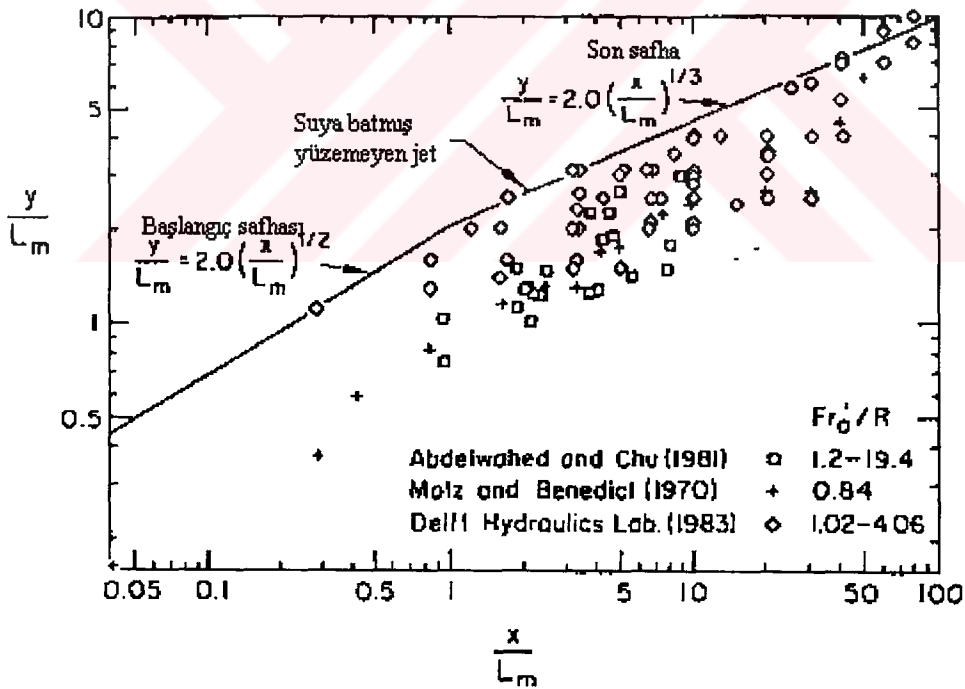


Şekil 22. $Fr'_0 / R = (L_m / L_b)^{1/2}$ oranı ile yörünge sabitinin varyasyonu

Benzer şekilde, seyrelme ve yarı genişlik ilişkisi serbest jet ilişkilerine benzer olacaktır. Bununla birlikte, seyrelme sabitleri akış yönündeki bank boyunca kirleticinin geri sirkülasyonu sonucu azalmış olacaktır. Yörünge merkez hattı ile banka yakın bölge arasındaki yarı genişlik ayırt edilemediğinden Şekil 14'de sadece yarı genişlik merkez hat ile akıntının dış tarafında belirlenerek uygulandı

1.6.3.6. Akıntıya Karşı Plüm

Zayıf çapraz akıntılar içinde, yüzebilirliği yüksek olan deşarjlarda akıntıya karşı plüm dağılımı olabilir. Bu akıntıya karşı zorla giren plüm'lar için diğer bölümler 'de niteleyici tanımlamaları yapılmıştır. Yüzey ve alt yüzey deşarjlarının radyali için yapılan çalışmalar tarafından sonuçlandırılmıştır (Jones at al., 1985) Jones ve arkadaşları zorla içeri girme uzunluk ölçeğini L_1 belirlediler ve bu uzunluk ölçeği yüzebilirlik dağılım kuvveti ile yerel çapraz akıntı arasında etkileşimi tanımlandı.



Şekil 23. Kıyıyla ilişkili akışların yörünge verileri ile suya batmış jet yörünge kurlarının karşılaştırılması

$$L_1 = \frac{J_0}{\pi C_{D1} u_a^3} = \frac{L_b}{\pi C_{D1}} \quad (51)$$

Akıntıya karşı oluşan uzunluk için nümerik çözüm sağlamışlardır, x_s tahmini olarak aşağıdaki gibi olabilir (Jones at al., 1985);

$$\frac{L_M}{L_1} \geq 0.356 \text{ için } \quad \frac{x_s}{L_1} = 3.77 \left(\frac{L_M}{L_1} \right)^{2/3} \quad (52)$$

$$\frac{L_M}{L_1} < 0.356 \text{ için } \quad \frac{x_s}{L_1} = 1.9 \quad (53)$$

Orta bölgenin sonunda seyrelme hacmi içinde ilişki geliştirdiler, ortadaki bölge yaklaşık olarak $x_f = x_s$ 'de yerleşmiştir ve ilişki yaklaşık olarak aşağıdaki gibidir;

$$S_f = \frac{0.81 L_M^{2/3}}{(\pi C_{D1})^{1/3} L_Q} L_b^{1/3} \quad (54)$$

Akıntıya karşı zorla girişim bölgesinde akıntının tipik derinliğini verdiler , h_s , aşağıdaki gibidir ;

$$h_s = \frac{C_{D2} u_a^2}{g'} \quad (55)$$

$C_{D2} \approx 0.8$ olduğunda. Yüzebilirlik akışı korunduğu için, $g' = g'_o / S$ 'dir . Bu yüzden uzunluk ölçeği terimleri içindeki denklem 54'de yazılan ve seyrelmenin belirlenmesinde kullanıldı ve h_s aşağıdaki gibi bulundu ;

$$h_s = \left(\frac{0.405 C_{D2}}{(\pi C_{D1})^{1/3}} \right) \frac{L_M L_Q}{L_M} \quad (56)$$

Kaynaktaki plümün genişliği b_h , akıntıya karşı uzunluktan 2.6 kat daha uzun olduğu yaklaşık olarak tahmin edildi. Yakın alan bölgesindeki plüm'un genişliği yaklaşık olarak $4 x_s$ gibi tahmin edildi.

$$b_{h,x} = 2.6 x_s \quad (57)$$

$$b_{hf} = 4.0 x_s \quad (58)$$

Bu bölgenin sonunda plüm'un dikey derinliği aşağıdaki gibi hesaplanabilir ;

$$b_{vf} = \frac{S_f L_m L_Q}{b_{hf}} \quad (59)$$

Eğer deşarj edilen derinlik sıg , kirletici oldukça yüksek momentum ve yüzebilirlikle deşarj edilmişse, Şekil 17'de gösterildiği gibi akıntı dengede olmayabilir ve tam dikey karışım olur. Geri sirkülasyondan dolayı, seyrelme azalır. Boyutsal analizden akıntı örneğinin seyrelmesi aşağıdaki şekilde olabilir. s_{13} deneysel olarak belirlenmelidir.

$$S = s_{13} \frac{H_D^{5/3}}{L_M^{2/3} L_Q} \quad (60)$$

Deşarj noktasının tam akış yönündeki plüm-benzer akıntı içinde genellikle tekrar tabakalaşma oluşacaktır. Tekrar tabakalaşma noktası, uzak alanın başlangıcında ve bu rejimin sonunda kullanılmış olacaktır. Akıntının tabakalaşması, deşarjın akış yönündeki tahmini uzaklığı H_D olur (Doneker and Jirka, 1990). Bu yüzden $x_f = H_D$ 2dir. Benzer yarım genişlik , derinlik ve akıntıya karşı girişim uzunluğu dengede veya dengede olmayan durumlara uygulandı.

1.6.4. Uzak Alan Akıntı Rejiminin Analizi

Uzak alan 'da iki süreç meydana gelir, bunlar yüzebilirlik dağılımının ardından pasif difüzyon olayıdır. Yüzebilirlik , akıntının hidrodinamiği ve deşarjlar yüzebilirlik dağılımına bağımlı veya bağımsız olabilirler. Bunlar akış yönünde yeterli uzaklıkta ise yerel turbulans tarafından etkilenirler ve bu yüzden pasif şekilde difüzyon olur.

1.6.4.1. Yüzebilirlik Dağılım Süreci

Uzak alan, güçlü yüzebilir deşarjlar için, güçlü yanal dağılım ile dikey inceleme gösterir. Yakın alan için de tanımlanan yüzebilirliğin dağılım ilerleme sürecine benzerdir. Bunun la birlikte, uzak alan da plüm net yanal hareketi yoktur ve u_a yerel akıntı hızıyla beraber akış yönünde advektifdir. Katmansız çapraz akıntı içinde yüzebilirlik dağılım sürecinin yapılandırılması ve diyagramının belirlenmesi Şekil 24'de gösterildi. Yanal şekilde dağılan akıntı, yoğunluk akıntısına ve akıntının baş bölgesindeki yerel akış karışımına (entrainment) benzer davranışlar gösterir. Karışım oranı genellikle relatif olarak küçüktür. Ayrıca, akıntı kıyı hattı yada civar bank ile etkileşim içinde olabilir. Akıntı derinliği bu faz esnasında azalabilir. Yoğunluk akıntısı için süreklilik denklemi ;

$$u_a \frac{\partial b_v}{\partial x} + \frac{\partial (v b_v)}{\partial y} = w_e \quad (61)$$

w_e ara yüzeydeki net hız ve $v(x,y)$ lokal enine hız dır. Dağılım hızı v_B için birleşik denklem , Benjamin (denk 22) tarafından denklem 62 ile geliştirildi ve yoğunluk akıntısının yarım genişliği üzerinden integral alırsak. Aşağıdaki ifadeyi buluruz.

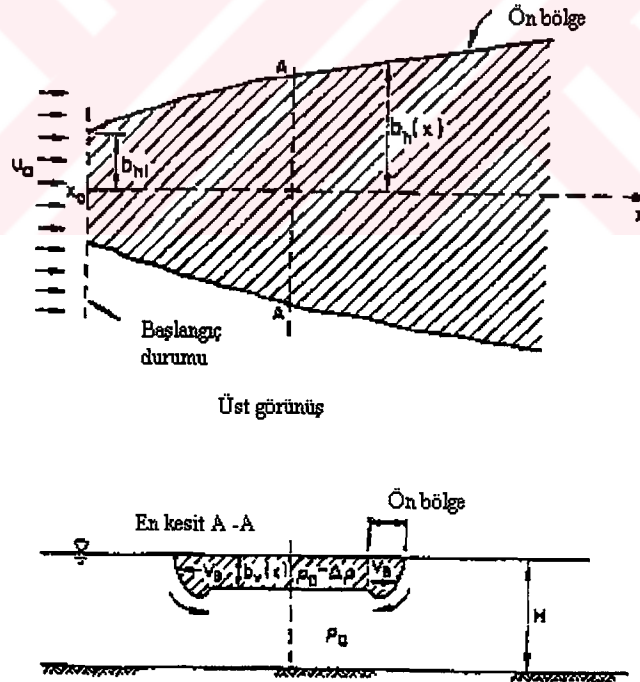
$$u_a \frac{d(b_h b_v)}{dx} = q_e(x) \quad (62)$$

q_e , ön karışım (entrainment) sınırlandırılmış bulunduğu durumdur ve bu karışım baskın karışım mekanizması ile temsil edilir. Yoğunluk akıntısındaki sınırlandırılmış

karışım yüksekliği (localized head entrainment) $q_c(x) = \beta v_B b_v$ şeklinde parametre edilmiştir ve β , 0.15 ile 0.25 arasında değer alan bir sabittir (Simpson ve Bitter, 1979 ; Jirka ve Arıta, 1987). Denklem 61'in integrali ve muntazam akış ($v_B = u_a d b_h / d x$) için kullanılan sınır koşulları tarafından her akış yönü mesafesi x için akıntıdaki yarım genişlik b_h uygulandı .

$$b_h = \left[b_{hi}^{3/2} + \frac{3}{2} \left(\frac{L_b}{2C_D} \right)^{1/2} (x - x_i) \right]^{2/3} \quad (63)$$

x_i , yüzebilirlik dağılım bölgesinin başlangıcından akış yönündeki uzaklıktır. b_h ise, başlangıç yoğunluk akıntısının yarım - genişliğidir . C_D , akıntının üst bölgesi için sürüklenme katsayısı 0.5 ile 2.0 arasında değişir. (Doneker ve Jirka 1990). Akıntı dağılımı $2/3$ güç kanunu çalışmaları ile uyuşur (Larsen and Sorensen, 1968). Dikey akıntının yarım genişliği b_v , denklem 62'ün integrali ile verildi ve aşağıdaki gibi uygulandı :

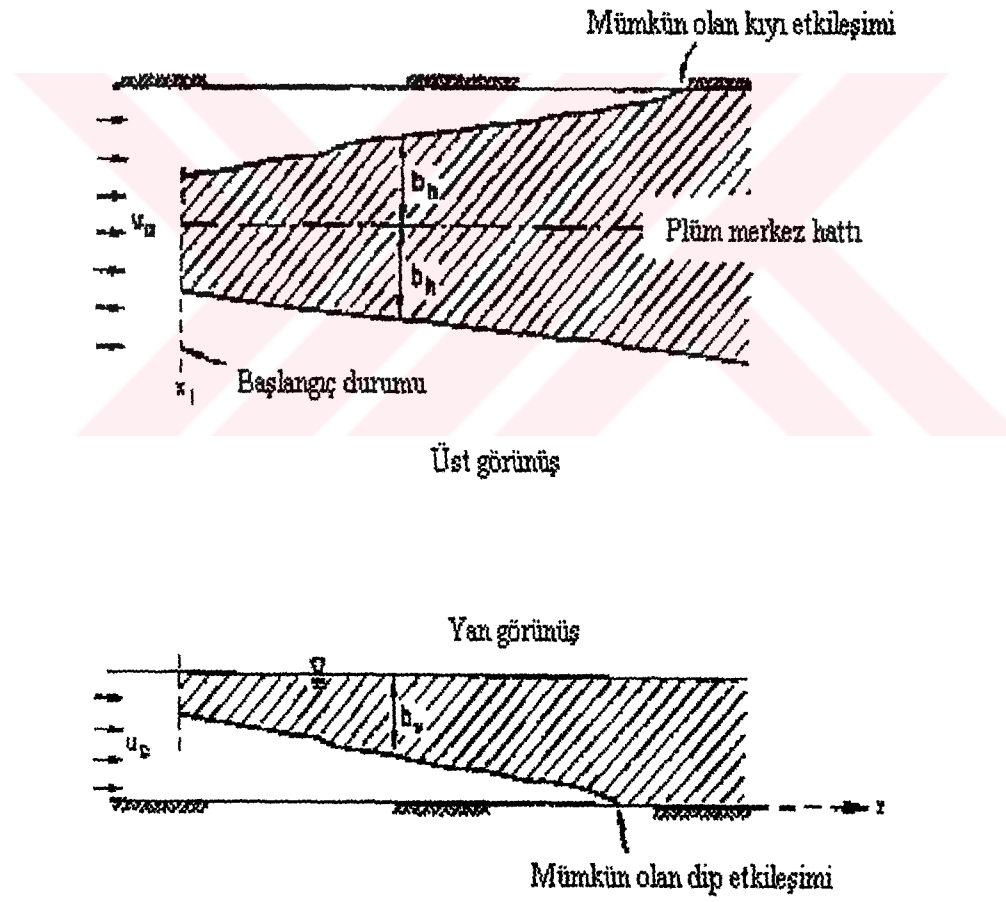


Şekil 24. Yüzebilirlik Dağılım Süreci (Doneker and Jirka, 1990)

$$b_v = b_{v,i} \left(\frac{b_h}{b_{h,i}} \right)^{\beta-1} \quad (63)$$

Üst bölgedeki karışımdan dolayı , yerel konsantrasyon C ve yerel yüzebilirlilik g mesafeyle x dereceli olarak değişir. Çözelti hacmi S , C / C_0 ile verildi ve C / C_0 ise , g / g_0 oranına eşittir. Çünkü yüzebilirlilik akışı korundu , $u_a g' b_v b_h$ tanımlanan sabit başlangıç koşulları ile birlikte olabilir , çözelti için aşağıdaki ifade uygulandı ve S_i başlangıç çözeltisidir.

$$S = S_i \left(\frac{b_h}{b_{h,i}} \right)^{\beta} \quad (64)$$



Şekil 25. Pasif yerel difüzyon (Donekar and Jirka, 1990)

1.6.4.2. Pasif Yerel Difüzyon

Deşarj noktasından yeterli uzaklıkta bulunan yerel çevre içindeki turbulans karışım mekanizması baskın olur. Genellikle pasif difüzyon akıntısı kalınlık ve genişlik olarak gelişir. (Şekil 25). Ayrıca, pasif difüzyon akıntısı banklar yada kanalın dip kısmıyla etkileşim içerisinde olabilir. Bu bölgenin analizi klasik difüzyon teorisini izler. Çapraz akıntı içindeki plüm difüzyonunun standart sapması, enine turbulans difüzyon katsayısı E_y nin terimleri içinde yazılabilir.

$$\sigma_s^2 = \frac{2E_x x}{u_a} \quad (65)$$

Formüldeki x , bırakılan $x=0$ noktasıyla beraber yerel akıntıyı takiben uzaklıktır. Girdap difüzyon katsayısı çevre içindeki turbulans durumuna bağlıdır, x uzaklığın bir fonksiyonu da olabilir (yada plüm genişliği σ_s)

1.6.4.2.1 Sınırlandırılmış Kanal Akıntısı İçindeki Difüzyon

Açık kanal akıntısı içinde girdap difüzyon katsayısı, sürtünme hızı u_a ve kanal derinliği H ile ilgili olabilir, dikey difüzyon için

$$E_s = 0.2 u_a H \quad (66)$$

ve yatay difüzyon için ;

$$E_y = 0.6 u_a H \quad (67)$$

Sürtünme hızı $u_* = (f/8)^{1/2} u_a$ ile verilir, f Darcy-Weisbach sürtünme faktörüdür. Tipik kanal akıntılarında bazı anisotropilerden dolayı, yatay enine yön genellikle dikey yöndeki difüzyondan daha geniştir. Denklem 66 ve 67'de dahil olan katsayılar,

oldukça üniform kanallar için ortalama değerlerdir. Katsayılar keskin eğimli yada kesitleri üniform olmayan kanallar için oldukça geniş olabilir . (Holley and Jirka , 1986) x_i 'de belirtilen başlangıç akıntı yarım genişlik durumu ve difüzyon ile denklem 65'in çözümü dikey kalınlık b_v ve yarım - genişlik b_h sırasıyla aşağıda verildi ;

$$b_v = \left[\frac{\pi E_x (x - x_i)}{u_a} + b_{vi}^2 \right]^{1/2} \quad (68)$$

$$b_h = \left[\frac{\pi E_y (x - x_i)}{u_a} + b_{hi}^2 \right]^{1/2} \quad (69)$$

x_i , b_{vi} , ve b_{hi} pasif difüzyon bölgesinin başlangıcındaki plüm'un uzunluğunu, yarım genişliğini ve derinliğini göstermektedirler. Yukarıda belirtilenler , $b_h = (\pi/2)^{1/2} \sigma_{sh}$ ve $(\pi/2)^{1/2} : (b_v = (\pi/2)^{1/2} \sigma_{sv})$ 'nin faktörü ile dikey ve yatay standart sapması ile ilgilidir, benzer merkez hat konsantrasyonu ve kirletici kütlesi akışı ile baş-kesim Plüm'una eşdeğer farz edildi. Bunlar süreklilik denkleminde $2 u_a b_v b_h \approx S Q_0$ uygulanırsa , çözelti aşağıdaki gibi olur ;

$$S = \frac{2b_v b_h}{L_M L_Q} \quad (70)$$

Akıntı daha uzak mesafelerde tam karışmış olur ($b_v = H$), çözeltinin ifadesi ise ;

$$S = \frac{2Hb_h}{L_M L_Q} \quad (71)$$

1.6.4.2.2. Sınırlandırılmamış Kanal Akıntısındaki Yatay Difüzyon

Birçok çevresel akıntılar enine boyut üzerinde herhangi bir önemli sınırlama olmaksızın , ivmelenen turbulans difüzyon gelişim sürecini gösterirler. (geniş göller, kıyısal bölgedeki gibi). Yatay difüzyon , sıklıkla "4/3 kanunu" ile belirlendi (Fischer at all., 1979);

$$E_y = \alpha(3\sigma_{sh})^{4/3} \quad (72)$$

α , $0.01 \text{ cm}^{2/3} / \text{s}$ eşit katsayıdır. E_y 'nin birimi $[\text{cm}^2 / \text{s}]$ σ_{sh} ise $[\text{cm}]$ dir. Bu değerler ile uygulanabilir difüzyon denklemi tamamlanarak, plüm'un gelişimi için çözüm üretilir (Brooks, 1960 ; Fischer at al., 1979) ;

$$b_h = b_{hi} \left[1 + \left(\frac{\pi}{3} \right) \frac{E_y (x - x_i)}{u_a b_{hi}^{4/3}} \right]^{3/2} \quad (73)$$

daha önce kullanılan notasyon ve yarım genişlik kullanıldı. E_{yi} , diffusivitenin başlangıç değeridir,

$$E_{yi} = 0.0015 b_{hi}^{4/3} \quad (74)$$

E_{yi} 'nin birimi $[\text{m}^2 / \text{s}]$, başlangıç yarım genişliği b_{hi} 'in ise $[\text{m}]$ 'dir .Çözelti ifadesi , daha önce denklem 70 ve 72 ile verilenin benzeridir.

1.7.Akıntı Sınıflandırma Şeması

1.7.1. Sınıflandırma Şemasının Genel Tanımı

Sınırlı yada yarı sınırlı yerel akıntı ve deşarjın yüzebilirliği ile moment um akışı arasındaki karşılıklı etkileşim sonucu meydana gelen yüzey deşarjları geniş bir alanı kaplayan akıntı modellerinin hidrodinamik çeşitliliğini mümkün kılar. Farklı fiziksel süreçlerin bağıl önemi kirleticinin karışımında etkili olur. Örneğin; güçlü tekrar karışım ile kıyıyla ilişkili yüzemeyen kirleticiler çok farklı karışım ve çözeltiye sahip olacaktır. Böylece, akıntuların sınıflandırılmasında hem deşarj hem de çevre ölçümleri gerekecektir. Uzunluk ölçeğinin boyutsuz oranları yüzebilen yüzey deşarj yapılarının merkezi sınıflandırılmasıdır. Bunlar ilk defa Jirka ve arkadaşları tarafından gösterilmiştir (Jirka et al., 1981). Bu oranlar verilen deşarj - yerel durumlarda belirlenen

baskın etkisi ile çeşitli karışım mekanizmalarının bağıl önemini göz önünde tutar ve benzer fiziksel özelliklere sahip akıntılara da uygulanmasına izin verir. CORMIX 3; yerel derinlik ölçümleri, uzunluk ölçeği ve deşarj açısına göre sınıflandırılan akıntıyı kullanır.

1.7.2. Sınıflandırma Kriterleri

Cormix 3 akıntı sınıflandırma planı birkaç temel sınıflandırma kriterinin bileşiminden oluşmuştur. Her bir kriter ve gerekçe aşağıda tartışılacaktır.

1.7.2.1. Jet-Benzer ve Plüm-Benzer Akıntıların Karşılaştırılması (C1)

Sınıflandırma şemasındaki ilk kriter , daha çok plüm-benzer özellikler ile bunların jet- benzer davranışlar gösteren akıntılar arasındaki ayrımıdır. Başlangıç yüzebilirlik ve moment um arasındaki ilişkinin doğrudan ölçümü kanalın yoğunluk sal Froude sayısı ile verilmiştir:

$$Fr_{ch} = \frac{u_0}{\sqrt{g_0 h_0}} = \left(\frac{L_M}{L_Q} \right) \frac{1}{A^{1/4}} = C1 \quad (75)$$

Deşarj yüksekliği h_0 , yerine deşarj bölgesi a_0 temel alınarak belirlenen L_Q ve L_M 'nin sonucunda $A = h_0 / b_0$ bulunmuş, denklemde şekil oran faktörü olarak kullanılmıştır ($1/A^{1/4}$). Denklem 77' de belirtilen Froude sayısındaki $C1 = 1.5$ kritik değeri, deşarjin azalan değerleri için Jet - benzer karışım davranışının eksikliğinin gözlenmesinden ortaya çıkar (Jirka et al., 1981).

1.7.2.2. Çapraz Akıntı ile Beraber Akışın Karşılaştırılması. (C2)

Akış yönündeki bank ile coanda etkileşimi sonucu yeterince küçük deşarj açısı σ ya da banka yakın paralel dağılım bu akıntılarının belirli özelliklerindedir. Eğer σ C2 açısından daha az ise akıntı duvar jeti olarak sınıflandırılır. C2 'in değeri genellikle 20^0 olarak kabul edilir ve bu aynı zamanda coanda (Coanda etkileşimi : Kirletici plümü ile alıcı su ortamının dibi arasındaki dinamik etkileşim.) etkileşimi için sınırdır.

1.7.2.3 Akıntıya Karşı Plüm - Kıyıyla İlişkili Plümün Karşılaştırılması (C3)

Bu kriter , Plüm - benzer akıntının akıntıya karşı bank boyunca zorla girişimin olup olmayacağını ve deşarjın yüzebilirliğine karşı yerel çapraz akıntının bağıl önemi hesap etmeye çalışır. Bu kriter aşağıdaki gibidir:

$$\left(\frac{L_b}{L_Q} \right) A^{1/2} = C3 \quad (76)$$

Akıntıya karşı zorla girişimin olup olmayacağını belirlemek için deşarjın şekli ve genişliği önemlidir. Bu ilişki de deşarj uzunluk ölçeğiyle beraber, plüm-ile-çapraz akıntı arasındaki uzunluk ölçeği normalize edilmiştir. L_Q deşarjın başlangıç boyutlarının ölçümünü verirken , L_b ölçeği ise deşarj yüzebilirliğinin yerel hızı ve akıntıya karşı gidebildiği mesafenin ölçümüdür. Yoğun deşarj yerel akıntı tarafından çok güçlü şekilde sürüklendiğinden, $A^{1/2}$ faktörü gereklidir. Böylece, geniş $L_Q / A^{1/2}$ akış yönündeki sapma için önemli potansiyeli işaret ettiğinde geniş L_b akıntıya karşı güçlü bir yayılmayı işaret eder. Akıntıya karşı girişim PL1 sınıfı akıntı olarak belirtilecek, eğer $(L_b / L_Q) A^{1/2}$ küçük ise plüm kıyıya sokulmuş şekilde olacak ve akıntı sınıfı PL2 olacaktır. Akıntıya karşı girişim mesafesi kanal genişliğinin yarısına eşit olarak belirlenir ve akıntıya karşı girişim analizi sonucu $C3=0.83$ kriter değeri bulunur.

1.7.2.4. Serbest Jetler İle Kıyıyla İlişkili Jetlerin Karşılaştırılması (C4)

Bu kriter, kıyıyla ilişkili jetler ile serbest jetlerin birkaç etkisini belirleyerek birleştirir ve aşağıdaki gibi ifade edilir ;

$$(1 + \cos \sigma) \frac{L_Q}{L_m} \left(\frac{L_M}{H} \right)^{3/2} = C4 \quad (77)$$

$(1 + \cos \sigma)$ terimi düzeltme kriteri olarak eklendi ve doğrudan deşarj moment umu için hesaba katıldı. Bu faktör ihmal edildiğinde ifade aşağıdaki gibidir ;

$$\left(\frac{L_Q}{L_m}\right)^{1/2} \left(\frac{L_M}{H}\right)^{3/2} = C \quad (78)$$

(L_M / H) oranı benzer kabuller yapılarak, kıyıya doğru sokulan plüm kriteri ile akıntıya karşı oluşan plüm'un karşılaştırılması için tanımlanmıştır ve bu karşılaştırmada C4 sabit kriteri L_M / H ' n derinliğe bağlı yansımasıdır. Yerel derinlik H, bölgenin maksimum derinliğine göre hesaplanmıştır ve $y_{\max} = 3.89L_M$ dır. İfadenin en son şekli

aşağıdaki gibidir ; $C = C(L_M / H)$ olduğunda $\left(\frac{L_Q}{L_m}\right) = C$ yerel çapraz akıntının ilk

,başlangıç deşarj moment umunun ikinci baskın olduğu yerde , L_m ölçülmüştür. Eğer L_m küçük ise ; yani deşarj uzunluk ölçeğinden daha küçük ise jet akış yönündeki bankla ilişkili ve bank üzerinde çok hızlı şekilde bükülmüştür. Diğer yandan L_m çok geniş ise, o üzerinde kıvrılmış olan Jet daha çok mesafe alacak ve kıyıyla ilişkili olmadan serbest kalacaktır. Bu kriterde bulunan $C4= 0.25$ sabiti Chu ve Jirka tarafından ampirik olarak belirlenmiştir ve bazı belirsizlikler içermektedir.

1.7.2.5. Derinlik İle Sığlığın Karşılaştırılması (C5)

Jirka ve arkadaşları yüzebilen yüzey jetlerin maksimum derinliğini, uzunluk ölçeği L_M ile orantılı olduğunu buldular ve aşağıdaki ifadeyi geliştirdiler (Denklem 79). H yerel su derinliğindeki maksimum jet derinliği ise, oran yerel derinlik ile mukayese edildiği gibi maksimum jet derinliği göreceli olarak ölçülmüştür. Denklem $b_{v,\max} = 0.30L_M$ tersi alınarak $C5= 3.0$ limit değeri bulundu.

$$b_{v,\max} = 0.30L_M \quad (79)$$

$$\frac{L_M}{H} = C5 \quad (80)$$

Bank boyunca yakın-alan etkili olduğundan, duvar jetleri için yerel derinlik H deşarj noktasındaki yerel su derinliği H_D olarak alınmıştır. Serbest jetler ve kıyıyla

ilişkili jetler için yerel derinlik H maksimum jet derinliğinin yerleştiği yer olarak hesaplandı. Durgun ortam içindeki maksimum jet derinliği aşağıdaki gibi belirlendi.

$$y_{\max} = 3.89L_M \quad (81)$$

Bundan dolayı serbest jetler ve kıyıyla ilişkili jetler için yerel derinlik bu noktadan hesaplandı.

$$H = \text{Max.}(H_a, H_D + y_{\max} \sin \theta) \quad (82)$$

1.7.2.6 Serbest Jetlerde Momentum ile Yüzebilirliğin Etkilerinin Karşılaştırılması (C6)

Akıntının başlangıçta jet-benzer olduğu belirlenmiş olmasına rağmen, yüzebilirlik deşarjı yakın karışım sürecinde hala önemli bir rol oynar. Bu sebepten, akıntıların güçlü sapma bölgesine kadar önemli olmadığı (çapraz akıntı baskın FJ2) ve yüzebilirlik dağılımının zayıf sapma bölgesinde ilk baskın olan(yüzebilirlik baskın FJ1 akıntıları ayırt etmek önemlidir.

Akıntıların bu iki tipini ayırmak için L_M / L_m oranı kullanıldı. Jete neden olan karışımın ikinci ve yüzebilirlik dağılımının akıntı özelliklerinin ilk baskın olduğu yerde ölçülen geçiş mesafesi L_M 'yi , zayıf sapma bölgesinden güçlü sapma bölgesine geçişin ölçümü de L_m 'yi verir.

$$\frac{L_M}{L_m} = C6 \quad (83)$$

Bu yüzden, $L_M / L_m < 0 (1)$ olduğunda zayıf sapması bölgesinde yüzebilirlik dağılımı olur. $L_M / L_m > 0$ olduğunda güçlü sapma bölgesi içinde jet – karışımı yayılır. Böylece, yüzebilirlik geçiş mesafesine (Denklem 81) göre göreceli jethareketinin yakın-alan / uzak-alan geçiş sonuçlarının birleştirilmesi ile $C6=0.86$ değeri bulunmuştur

1.7.2.7. Sığ Akıntı Sınıflarında Çapraz Akıntı Hakimiyeti (C7)

Eğer yerel çapraz akıntı kaynak genişliğine göre çok güçlü ise, her hangi önemli dikey jet yapısı başarılmadan önce hızlı sapma olacaktır. Bu durum aşağıda verilen kriter ile belirtilmiştir:

$$\frac{L_m}{H - h_0} = C7 \quad (84)$$

Burada , $H - h_0$ dikey jet karışımı için kullanılabilir mesafeyi verir (deşarj kanalının dip kesiminden yerel dip kesimine). Eğer jet-çapraz uzunluk ölçeği (L_m) derinlik ile karşılaştırıldığında küçük ise, jetin önemli dikey genişlemesinden önce güçlü sapma olacaktır. Böylece, eğer $L_m / (H - h_0)$ küçükse bu kriter sınıflandırılması şu akıntılardaki gibi derinliktir (FJ1,FJ2, SA1 yada WJ1). $C7 = 3.5$ sınır değerinin tahmini çapraz – akıntı içindeki zayıf moment um jetinin dip etkileşimi ve bükülmesi için gerekli olan mesafelerin eşitlenmesi ile bulunmuştur.

1.8. Hidrodinamik Benzeşim

1.8.1. Akıntı Protokolleri

Hidrodinamik benzeşim bir FOTRAN programıdır. Bu program HYDRO uzman sistem elemanları aracılığı ile uzman sistemle bağlantı kurar. Program bir dizi subroutine içerir, bunların her biri farklı akıntı tiplerini tanımlar. Bu subrutinlerin her biri “modül” olarak adlandırıldı ve akıntı bölgeleri için kullanıldı. CORMIX 3’de kullanılan farklı modüllerin listesi Tablo 2’de verilmiştir. Dört kategori içinde 17 modül vardır. Bunlar ; zayıf sapma bölgesi , güçlü sapma bölgesi , akıntıya karşı dağılım süreci ve uzak alan süreçleridir.

1.8.2. Benzeşim Modülleri

Bulunan ilişkiler her bir modüldeki akıntının derinliği, genişliği ve yörüngesini tahmin etmede kullanıldı. Her bir modül yörünge koordinatları (x, y), merkez hattı

konsantrasyonu (C), seyrelme (S), yarım-genişlik (b_h) ve derinliği (b_v) tahmin eder. Yakın - alan modüllerinin her birinde yerel koordinat sistemi uygulandı. Yakın - alan analizine dayanılarak yapılan varsayımlarla ortaya çıkan deşarj noktasal kaynaklı (3 - boyutlu akışlar için) yada doğru kaynaklıdır (2- boyutlu akışlar için). Bu hesaba göre, gerçek orijin (x_v, y_v) koordinatları varsayıldı. Yerel koordinat sisteminden küresel koordinat sistemine dönme aşağıdaki gibi basittir.

Tablo 1. CORMIX 3 Benzeşim Modülleri

Modül No.	Tanımlama
301	Deşarj Modülü
311	Zayıf Sapmalı jet, 3 – D
312	Zayıf Sapmalı jet, 2 – D
313	Zayıf Sapmalı plüm
314	Duvar jet, 3-D
315	Duvar jet, 2-D
316	Kıyı hattı boyunca duvar Plüm
317	Kıyıyla ilişkili zayıf sapmalı jet, 3- D
318	Kıyıyla ilişkili zayıf sapmalı jet, 2- D
321	Güçlü sapan jet, 3 –D
323	Güçlü sapan Plüm
327	Kıyıyla ilişkili güçlü sapmalı jet, 3- D
328	Kıyıyla ilişkili güçlü sapmalı jet, 2- D
329	Kıyıyla ilişkili güçlü sapmalı Plüm
331	Akıntıya karşı dağılım
341	Yüzebilirlik dağılımı
361	Düzenli çevre içindeki Pasif diffüzyon
362	Katmanlaşmış tabakaya sahip çevre içindeki basit diffüzyon

Tablo 2. Akıntı Protokolü

Akıntı Sınıfları	Akıntı Bölgesi	Module No .	Geçiş Kuralları
Serbest Jetler			
FJ1	Zayıf sapmalı jet , 3-D	311	12
	Zayıf sapmalı plüm	313	15
	Güçlü sapmalı plüm	323	24
	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif diffüzyon	351	
FJ2	Zayıf sapmalı jet , 3-D	311	13
	Zayıf sapmalı plüm, 3-D	321	22
	Güçlü sapmalı plüm	323	24
	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif diffüzyon	351	
FJ3	Zayıf sapmalı jet , 3-D	311	11
	Zayıf sapmalı jet , 2-D	312	14
	Zayıf sapmalı plüm	313	15
	Güçlü sapmalı plüm	323	24
	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif diffüzyon	351	
Duvar Jetleri			
WJ1	Duvar jet, 3-D	314	16
	Yüzebilirlik Dağılımı	341	41
	Pasif Diffüzyon	351	
WJ2	Duvar jet, 3-D	314	20
	Duvar jet, 2-D	315	17
	Yüzebilirlik Dağılımı	341	41
	Pasif Diffüzyon	351	

Tablo 2'nin devamı . Akıntı Protokolü

Akıntı Sınıfları	Akıntı Bölgesi	Module No .	Geçiş Kuralları
Kıyı hattıyla - ilişkili akıntılar			
SA1	Zayıf sapmalı kıyıyla ilişkili jet, 3-D	317	18
	Güçlü sapmalı kıyıyla ilişkili jet,3-D	327	25
	Güçlü sapmalı kıyıyla ilişkili plüm	329	27
	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif difüzyon	351	
SA2	Zayıf sapmalı kıyıyla ilişkili jet, 2-D	318	19
	Güçlü sapmalı kıyıyla ilişkili jet,2-D	328	-
	Güçlü sapmalı kıyıyla ilişkili plüm	329	27
	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif difüzyon	351	
Akıntıya karşı oluşan Plümler			
PL1	Akıntıya karşı girişim	331	31
	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif difüzyon	351	
PL2	Yüzebilirlik dağılımı	341	41
	Pasif difüzyon	351	

$$(x, y) = (x', y') + (x_v, y_v) \quad (85)$$

Gerçeğe yakın kaynağın konumu önceki modülün sonundaki seyrelmeyi alarak hesaplandı. Geri hesaplanma yöntemi kullanılarak gerçeğe yakın orijinin konumu bulundu ve gerçeğe yakın orijin son modül için seyrelme denkleminde kullanıldı. Bu yöntem konsantrasyonun ve seyrelmenin sürekliliğini temin eder. Bununla birlikte, derinlik ve genişlikte küçük süreksizlikler olabilir.

Derinlik ve genişliklerdeki süreksizlikler konsantrasyon profili tanımlanmasındaki alışkanlıkların farklı tanımlanmaları sonucudur. Jet benzer akıntılar

hattı konsantrasyonunun 1/e (37%) kadar olduğu yerde belirlenmiştir. Bununla birlikte, yüzebilirliğe neden olan yanal dağılımın baskın olduğu yerdeki akıntılar için, konsantrasyon profili top- hat varsayılmış ve bu durumda genişliğin ve derinliğin belirlenmesi profilin limitlerinin basit şekilde belirlenmesi ile olmuştur.

Pasif diffüzyon bölgesi için, konsantrasyon profili tekrar Gaussian olarak varsayıldı , sadece akıntının genişliği ve derinliği merkez hattı değerinin 46% olarak belirlendi ve standart sapmada bunun $(\pi/2)^{1/2}$ ile çarpımı kadardır. Benzer merkez hattı konsantrasyonu korunurken yüzebilirlik dağılım bölgesinin baş-kesim genişliğinin belirlenmesine benzer şekildedir.

Tablo 3. Akış sınıflandırma kriterleri

Kriter	Kriter sabiti	Yorum
$\left(\frac{L_M}{L_Q}\right) \frac{1}{A^{1/4}} < C1$	C1 = 1.5	Yüzebilen Jet davranışı (Jirka et al., 1981)
$\sigma < C2$	C2 = 20°	Zayıf jetin coanda etkisi için sınır değeri
$\left(\frac{L_b}{L_Q}\right) A^{1/2} < C3$	C3 = 0.83	Plüm'un akıntıya karşı küçük girişimi
$(1 + \cos\sigma) \frac{L_Q}{L_m} \left(\frac{L_M}{H}\right)^{3/2} < C4$	C4 = 0.25	Chu ve Jirka'nın sınıflandı.
$\frac{L_M}{H} < C5$	C5 = 3.0	Maksimum yüzey jet derinliği için kriter
$\frac{L_M}{L_m} < C6$	C6 = 0.86	-
$\frac{L_M}{H - h_0} < C7$	C7 = 3.5	-

1.8.2.1. Deşarj Modülü (MOD 301)

Deşarj modülü her akıntı sınıfı protokolünün ilkidir. FJ, SA, WJ ve PL1 akıntı sınıfları için akıntı tesis bölgesindeki (ZOFE) akıntı durumları hesaplandı. ZOFE 'in uzunluğu aşağıdaki denklem tarafından verildi :

$$L_e = 4L_0(1.0 - 3.0 \sin \sigma / R) \quad (86)$$

ZOFE 'in sonundaki yörünge açısı ve merkez hattı seyrelmesi aşağıdaki gibidir :

$$\sigma_e = \sigma_0(1.0 - 1.2 \sin \sigma / R) \quad \text{ve} \quad (87)$$

$$S_f = 1.0 + 3.0 \sin \sigma / R \quad (88)$$

Güçlü çapraz akıntılar için maksimum değer $S_{f_{max}}=3$ olarak varsayıldı. ZOFE 'in sonundaki merkez hattının konumu aşağıdaki gibidir :

$$x_f = L_e \cos \sigma_{ave} \quad (89)$$

$$y_f = L_e \sin \sigma_{ave} \quad (90)$$

$\sigma_{ave} = (\sigma_0 + \sigma_e) / 2$ 'dir. Son alan kesiti , genişlik ve derinlik aşağıdaki gibidir:

$$A_e = 1.7 S_f a_0 / 2 \quad (91)$$

$$b_{hf} = \sqrt{S_f} [b_0 / 2 + (\sqrt{1.7} - 1) b_0 A] \quad (92)$$

$$b_{vf} = a_0 / b_{hf} \quad (93)$$

1.7 'nin üzerindeki faktörler üç boyutlu jetlerin seyrelme hacmini merkez hattı seyrelmesine dönüştürürler (Doneker ve Jirka, 1990). Denklem 92 görünüş oranına

bağlı olan genişlik gelişmesini düzenler ve yüksek görünüş oranları için geçerlidir, $A > 0.5$. Küçük görünüş oranları için, eşdeğer derinlik artışı hesaplandı.

Eğer dikey karışım ZOFE ' de ortaya çıkarsa , dikey derinlik deşarjın yapıldığı yerel su derinliğinin belirlendiği yerdir.

$$b_{vf} = H_D + y_f \tan \theta \quad (94)$$

θ dip eğimidir. Hızlı sapan yüzey plüm'u (PL1) için aşağıdaki ilişkiler kullanıldı :

$$x_f = b_0 / 2, \quad y_f = 0, \quad S_f = 1 \quad (95)$$

$$b_{vf} = h_0, \quad b_{hf} = S_f Q_0 / (b_{vf} u_a) \quad (96)$$

1.8.2.2. Zayıf Sapmalı Yakın – Alan Modülleri

Zayıf sapmalı akıntı modüllerinin daha iyi anlaşılması için yerel koordinat sistemi kullanıldı. Duvar jet ilişkisi $\sigma \approx 90^\circ$ ve $\sigma \approx 0^\circ$ asimptotik durumları için geliştirildi, sırası ile $\sigma \geq 45^\circ$ ve $\sigma \leq 45^\circ$ deşarjlara uygulandı.

1.8.2.2.1. Zayıf Sapmalı Jet Modülleri (Mod 311,314,317)

a) Çapraz - akış deşarj durumları $\sigma \geq 45^\circ$: Geometri ve seyrelme özellikleri aşağıdaki ilişkilerle verilmiştir:

$$x' = y' \cot \sigma + \frac{y'^2}{T_{311}^2 L_m} \quad (97)$$

$$S = \frac{S_{312} y'^{1/2}}{l_q^{1/2} \sin^{1/2} \sigma} \quad (98)$$

$$b_{nb} = B_{311} \frac{y'}{\sin \sigma} \quad (\text{yüzemeyen}) \quad (99)$$

Yüzebilirlik hareketlerden dolayı oluşan ek dağılım yüzebilirlik faktörü nün hesaplanmasında kullanıldı.

$$c_b = \left[1 + \frac{BB_{311}}{L_M} \frac{(y' - y'_i)^{5/2}}{b_{nb}^{3/2}} \right]^{2/3} \quad (\text{yüzebilirlik faktörü}) \quad (100)$$

$$b_h = b_{nb} c_b \quad , \quad b_v = b_{nb} / c_b \quad (101)$$

Gerçek modüllere bağlı olarak, yukarıdaki denklemlerdeki 311 alt indisli 314 ve 317 alt indisleriyle değiştirilir. Bütün modüller jet karışım süreciyle tanımlanır, bu yüzden genişlik ve derinlik ilişkisi (sadece 3 – boyutlu durumlarda) Gaussian profil tanımına dayandırılır. İmaj faktörü ile beraber 2.0 değeri bütün duvar jet akıntı modülleri (314, 316 , 317) bütün uzunluk ölçeğinin sayısal değerlerine uygulanır.

1.8.2.2.2. Zayıf Sapmalı 2- D Modülleri (Mod 312, 315, 318)

Bu modüller dikey karışımları gösterirler ve 3–boyutlu jet hareketlerinin benzeridir.

a) Çapraz - akış deşarj durumları $\sigma \geq 45^\circ$:

$$x' = y' \cot \sigma + \frac{\sin^2 \sigma}{T_{312} l_m^{1/2}} y'^{3/2} \quad (102)$$

$$S = \frac{S_{312}}{l_q^{1/2}} \frac{y'}{\sin^{1/2} \sigma} \left(\frac{b_{vi}}{b_v} \right)^{1/2} \quad (103)$$

$$b_h = BH_{312} \frac{y' b_v}{\sin \sigma b_{vi}} \quad (104)$$

$$b_v = \text{Min} (H_D, H_{D0} + y \sin \theta) \quad (105)$$

b) Beraber - akış deşarj durumları $\sigma < 45^\circ$:

$$y' = x' \tan \sigma - \frac{\cos^{2/3} \sigma}{\sin \sigma T_{312} l_m^{1/2}} x'^{2/3} \quad (106)$$

$$S = \frac{S_{312}}{l_q^{1/2}} \frac{x'^{1/2}}{\sin^{1/2} \sigma} \left(\frac{b_{vi}}{b_v} \right)^{1/2} \quad (107)$$

$$b_h = BH_{312} \frac{y' b_v}{\sin \sigma b_{vi}} \quad (108)$$

$$b_v = \text{Min}(H_D, H_{D0}, + y \sin \theta) \quad (109)$$

1.8.2.2.3. Zayıf sapmalı Plüm Modülleri (MOD 313 , 316)

Bu modül Plüm içindeki güçlü yüzebilirliğin neden olduğu dağılımı tanımlar.

Başlangıç Jet safhasındaki yüzebilirlik dağılımı çok zayıftır.

a) Çapraz- akış deşarj durumları $\sigma > = 45^\circ$:

$$x' = y' \cot \sigma + \frac{y'^2}{T_{313}^2 L_m} \quad (110)$$

$$S = S_i \left(\frac{b_h}{b_{hi}} \right)^{BET_{313}} \quad (111)$$

$$b_h = \left(b_{hi}^{3/2} + BH_{313} \frac{b_{vi}^{3/4} y'^{7/4} - y_i'^{7/4}}{L_M \sin^{7/4} \sigma} \right)^{2/3} \quad (112)$$

$$b_v = b_{vi} \left(\frac{b_{hi}}{b_h} \right)^{BET_{313}-1} \quad (113)$$

b) Beraber -akış deşarj durumları $\sigma < 45^\circ$:

$$y' = x' \tan \sigma - \frac{\tan \sigma}{T_{313}^2 L_m} x'^2 \quad (114)$$

$$S = S_i \left(\frac{b_h}{b_{hi}} \right)^{BET_{313}} \quad (115)$$

$$b_h = \left(b_{hi}^{3/2} + BH_{313} \frac{b_{vi}^{3/4} x'^{7/4} - x_i'^{7/4}}{L_M \cos^{7/4} \sigma} \right)^{2/3} \quad (116)$$

$$b_v = b_{vi} \left(\frac{b_{hi}}{b_h} \right)^{BET_{313}-1} \quad (117)$$

1.8.2.2.4. Yüzebilirlik, Geri sirkülasyon ve Sınırlı Kanal Etkisinden Dolayı Seyrelme ve Yörünge Davranışının Düzeltilmesi.

T_{3xx} ve S_{3xx} sabitleri sınırsız alan içindeki plüm davranışları ve jetin uygun akıntı durumları için uygulanmıştır. Düzeltme faktörleri CORMIX 3 'ün geniş karşılaştırmalı verilerine dayanır. Düzeltme faktörleri gerçek sınırlayıcı durumlardan dolayı ikinci etkileri izah eder.

Tablo 4. Hidrodinamik Benzeşim katsayıları

Katsayılar	Değer	Kaynak yada Yorum
T ₃₁₁ , T ₃₁₃ , T ₃₂₁ , T ₃₂₃ , T ₃₂₇	2.0	A
S ₃₁₁ , S ₃₁₇	0.12	B
B ₃₁₁ , B ₃₁₄ , B ₃₁₇	0.11	B
BB ₃₁₁ , BB ₃₁₄ , BB ₃₁₇	0.045	C
T ₃₁₂ , T ₃₁₈	2.7	D
S ₃₁₂ , S ₃₁₈	0.44	D
BH ₃₁₂ , BH ₃₁₈	0.21	D
BH ₃₁₃	0.8	E
BET ₃₁₃	0.5	E
S ₃₂₁ , S ₃₂₇	0.15	B
B ₃₂₁ , B ₃₂₇	0.30	B
BB ₃₂₁	0.30	F
BH ₃₂₃ , BH ₃₂₉	0.031	C
T ₃₂₈	1.0	C
S ₃₂₈	0.6	C
BH ₃₂₈	0.25	C
C _{CD31}	1.0	F
E ₄₁	0.25	G
P ₄₁	0.0015	G
F ₄₁	0.002	G
W ₄₁	0.23	G
RF ₄₁	0.15	G
EZ ₄₁ , EZ ₆₁	0.20	G
EY ₆₁ , EY ₆₂	0.50	G
EO ₆₁ , EO ₆₁	0.0015	G
R _{fc}	1.0	G

Toblo 4'ün devamı Kaynak ve yorumlar

A	Jirka ve ark. (1981), Chu ve Jirka (1986) ; Yörünge Düzeltme faktörleri
B	Wright (1977), Fischer ve ark. (1979), List (1979), Holley ve Jirka (1986) ve Lee ve ark. (1987)
C	Cormix 'de veri değerlendirilmesi
D	Seyrelme düzeltme faktörleri
E	Yakın alan yüzebilirlik dağılımının analizinden
F	Jones ve ark. (1982), Chu ve Jirka (1981)
G	Jirka, Akar ve Nash (1996)

a)Yörünge etkileri : Yüzebilirlik düzeltme faktörleri aşağıdaki denklem ile verilmiştir.

$$t = 2.0 \left(1 + 3.0 \exp. - \left(\frac{F_{r_0}'}{R} \right)^2 \right) \quad (118)$$

Geri sirkülasyon düzeltme faktörü aşağıdaki denklem ile verilmiştir.

$$t_r = \text{Min} \left(1, 0.5 + e^{-\left(f_{ait}^i - 1 \right) / 100} \right) \quad (119)$$

Yukarıdaki denklemdeki f_{ait} değeri bağlantı faktörüdür ve denklem 3.3 den çıkarılmıştır.

$$f_{ait} = (1 + \cos \sigma) \frac{L_Q}{L_m} \left(\frac{L_M}{H} \right)^{3/2} / C4 \quad (120)$$

etkisi) yakın kıyıda yörünge'nin güçlü bir şekilde bükülmesine öncülük eder. Sınırlı kanal için düzeltme faktörü aşağıdaki denklem ile verilmiştir. Denklem sınırlı kanal genişliğinden dolayı artan bükülmeyi de ifade eder.

$$t_c = \frac{1}{1 + 3.0 \frac{L_m}{H_a B_s} \sin \sigma} \quad (121)$$

Birleşik yörünge düzeltmesi aşağıdaki denklem ile verilmiştir. Denklem Hem zayıf hem de güçlü sapmaya sahip yakın – alan hareketlerinde, her hangi bir yörünge sabiti T_{3xx} uygulanmasına izin verir.

$$t_{cor} = t_b t_r t_c \quad (122)$$

b) Seyrelme etkileri : Gerisirkülasyon düzeltme faktörü ,ilişki uzunluğu ile basit şekilde verilmiştir.

$$s_r = f_{att} \quad (123)$$

1.8.2.3. Kuvvetli şekilde sapmış yakın - alan modülleri

Kuvvetli şekilde sapmış akıntı modülleri için analitik ilişkiler aşağıdaki denklemler tarafından verilmiştir Bu ilişkiler başlangıç yatay deşarj açısına bağlı değildirler, çünkü akıntılar güçlü sapma rejimleri üzerinde kıvrılırlar.

Öncekiler gibi, bütün modüller jet karışım süreçlerine uygulandı bu nedenle genişlik ve derinlik ilişkileri (sadece 3 - Boyutlu durumlar için) Gaussian profiline dayandırıldı.

1.8.2.3.1. Kuvvetli şekilde sapmış jet modülleri (MOD 321 , 327)

$$y' = T_{321} L_m^{3/2} \sin^{1/3} \sigma x'^{1/3} \quad (124)$$

$$S = S_{321} \frac{y'^2}{L_m L_Q} \quad (125)$$

$$b_{nb} = B_{321} y' \quad (126)$$

$$c_b = 1 + BB_{321} \frac{L_b^{1/2}}{L_m^{1/2}} y'^{3/2} \text{ (yüzebilirlik faktörü)} \quad (127)$$

$$b_h = b_{nb} c_b, \quad b_v = b_{nb} / c_b \quad (128)$$

1.8.2.3.2. Kuvvetli şekilde sapmış plüm modülleri (MOD 323 ,329)

$$y' = T_{323} L_m^{3/2} \sin^{1/3} \sigma x'^{1/3} \quad (129)$$

Plüm genişliği , derinliği ve seyrelme aşağıdaki temel denklemlerin Runge-Kutta çözümlerinin ortalaması ile elde edilmiştir.

$$\frac{db_h}{dx'} = \left(u_*^3 + \left(\frac{F_{41} T_{323} u_a}{3} \right)^3 L_m^2 \sin \sigma \frac{1}{x'^2} \right)^{1/3} \quad (130)$$

$$\frac{db_v}{dx'} = \left(\frac{3g' b_h^2}{3CD_{41} b_h + 2F_{41} b_v} \right)^{1/2} \frac{1}{u_a} + \frac{p_{41} u_a^4}{6g' b_v^2} \left(\frac{db_h}{dx'} \right)^5 + (E_{41} - 1) \frac{b_h}{b_v} \frac{db_h}{dx'} \quad (131)$$

$$\frac{dg'}{dx'} = -\frac{K_s g'}{u_a b_v} - \frac{g'}{b_v} \frac{db_v}{dx'} + \frac{g'}{b_h} \frac{db_h}{dx'} \quad (132)$$

Denklemler sıcaklık kaybı (K_s), karışım (E_{41}), ara yüzey sürtünmesi (P_{41}) ve konvektif hareketin etkisi altındaki yüzebilirlik dağılımını tanımlar. Denklemler , başlangıç koşulları b_{bi} , b_{vi} ve g' ile dereceli olarak çözülmüştür.

Yerel seyrelme aşağıdaki gibi elde edilmiştir :

$$S = S_i \frac{g'_i}{g'} \quad (133)$$

1.8.2.3.3. Güçlü sapmalı 2-D Jet Modülleri

Yüzebilirlik dağılımı dipile etkileşimde etkili olmaz, fakat bu modülün sonundaki yüzebilirlik kaldırmasınının geçiş kriterleri adresleri belirtilmelidir.

$$y' = T_{328} (l_m \sin \sigma x')^{1/2} \quad (134)$$

$$S = S_{328} \frac{y'}{(l_m l_Q)^{1/2}} \quad (135)$$

$$b_h = B_{328} y' \quad (136)$$

$$b_v = \text{Min}(H_D, H_{D0} + y \sin \sigma) \quad (137)$$

1.8.2.4. Akıntıya karşı Girişim Modülleri

Bu ilişkilerde kontrol hacim yaklaşımı kullanıldı, bu yüzden sadece başlangıç ve son değerler hesaplandı. Tablo 4 'de verilen ilişkilerdeki sürüklenme katsayısı kullanıldı. Bu modülün sonundaki derinlik ve genişlik top- hat konsantrasyon profiline göre belirlendi.

$$x_s = 4.2 L_I \left(\frac{L_I}{L_M} \right) + \frac{b_0}{2} \quad ; \quad \frac{L_I}{L_M} \leq 2.81 \quad (138)$$

$$x_s = 1.9 + \frac{b_0}{2} \quad ; \quad \frac{L_I}{L_M} > 2.81 \quad (139)$$

$$-S = \frac{0.81}{(\pi C_{D31})^{1/3}} \frac{L_M^{2/3}}{L_Q} L_b^{1/3} \quad (140)$$

$$b_f = 4.0 x_s \quad (141)$$

$$b_{vf} = \frac{Q_0 S}{b_{hf} u_a} \quad (142)$$

1.8.2.5. Uzak Alan Modülleri

Bu modüllerde gerçek orijin yerine küresel koordinat sistemi kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır. Merkez hattı yörüngesi yanal gelişme göstermeksizin dosdoğru hat şeklindedir. Bununla birlikte plüm kıyı hattı ile etkileşim içerisinde ise merkez hattı yörüngesi kıyı hattı ve dağılım süreci tarafından değiştirilir.

Tablo 5. Geçiş kuralı sabitleri

Geçiş kuralı sabitleri	Değer
TC ₃₁₂	3.3
TC ₃₁₃	4.0
TC ₃₁₄	0.03
TC ₃₁₅	2.0
TC ₃₁₉	0.25
TC ₃₂₂	2.0
TC ₃₂₄	50
TC ₃₂₅	2.0
TC ₃₂₆	0.03

Tablo 6. Geçiş Kuralları

Geçiş kuralı	Akıntı Modülü	Sonraki Modül	Denklem
11	311 314 317	312 318	$\sigma \geq 45^\circ : y'_f = \frac{([H_a + H_{D0} - h_0] / 2) \sin \sigma}{B_{311}}$ $\sigma < 45^\circ : x'_f = \frac{([H_a + H_{D0} - h_0] / 2) \cos \sigma}{B_{311}}$
12	311 314 317	313	$\sigma \geq 45^\circ : y'_f = TC_{312} L_M \sin \sigma$ $\sigma < 45^\circ : x'_f = TC_{312} L_M \cos \sigma$
13	311 314 317	321 327	$\sigma \geq 45^\circ : y'_f = TC_{313} L_m \sin \sigma$ $\sigma < 45^\circ : x'_f = TC_{313} L_m \cos \sigma$
14	312	---	$\sigma \geq 45^\circ : y'_f = TC_{314} l^3_m \sin \sigma / H_a^2$ $\sigma < 45^\circ : x'_f = TC_{314} l^3_m \cos \sigma / H_a^2$
15	313	---	$\sigma \geq 45^\circ : y'_f = TC_{315} L_m \sin \sigma$ $\sigma < 45^\circ : x'_f = TC_{315} L_m \cos \sigma$
19	318	---	$\sigma \geq 45^\circ : y'_f = TC_{319} l_m \sin \sigma$ $\sigma < 45^\circ : x'_f = TC_{319} l_m \cos \sigma$
22	321	---	$x'_f = TC_{322} L_M^2 / L_m$
24	323	---	$x'_f = TC_{342} L_m$
25	327	---	$x'_{f1} = TC_{322} L_M^2 / L_m$ $x'_{rec} = 7.0 t_{cor} (L_M \sin \sigma + y_B)$ $x'_f = \text{Min}(x'_{f1}, x'_{rec})$
26	328	---	$x'_{strat} = TC_{326} l^3_M / H_a^2$ $x'_{f1} = 7.0 t_c (L_M \sin \sigma + y_B)$ $x'_f = \text{Min}(x'_{f1}, x'_{strat})$
27	329	---	$x'_f = 7.0 t_{cor} (L_M \sin \sigma + y_B)$

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesindeki Solaklı Deresi pilot bölge alınarak (Şekil 28), 1-30 Haziran 1997 tarihleri arasında dere üzerinde belirlenen sekiz istasyondan ölçülen ortalama debi ve akıntı hızı, derenin denize döküldüğü yerdeki kanal geometrisi, denizin derinlik değişimleri ve önceki yıllarda yapılan çalışmalarla belirlenen Askıdaki Katı Madde miktarı (A.K.M. kirletici konsantrasyonu olarak alınmıştır.) verileri, Amerika Çevre Koruma Örgütü (Environmental Protection Agency) tarafından çeşitli su kütleleri içine kirletici deşarjı yada suyla seyrelmiş zehirli maddelerin etkilerini tahmin ve analizi için geliştirilen bilgisayar programı CORMIX 3'te kullanılmıştır.

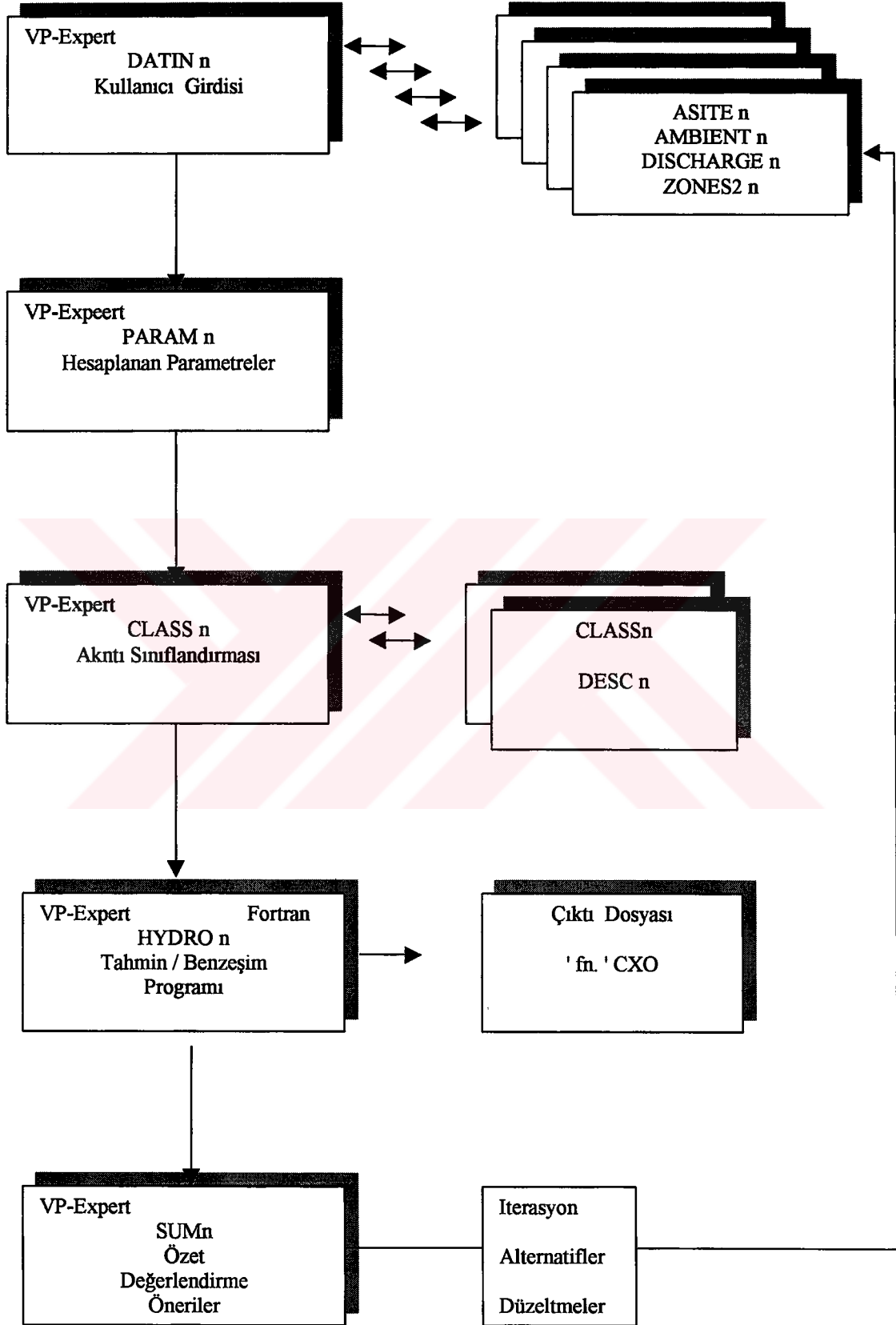
Alıcı su ortamına yapılan kirletici deşarjının güçlü potansiyel etkisini değerlendirmek için, plüm geometrisi ve seyrelme özelliklerinin tahmin edilmesi gereklidir. Sistem geniş uzaklıklardaki deşarj plümü'nun davranışını tahmin etmek için hazırlanmış ve kullanılmıştır.

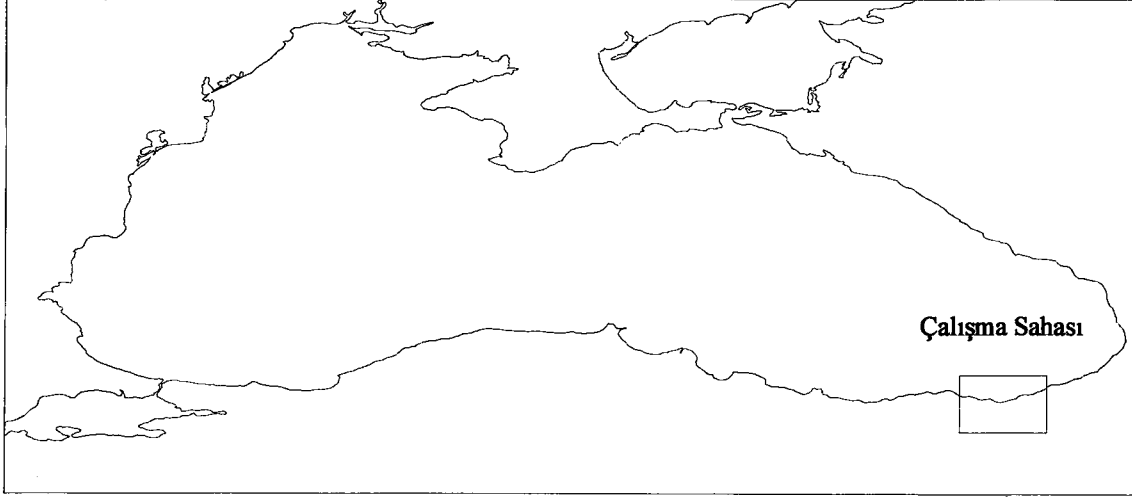
CORMIX 3 bir seri alt program içerir. CORMIX 3'ün program elemanları ve işlem sırası Şekil 27 'de gösterilmiştir. CORMIX 3 'in program elemanları SUMn, HYDROn, CLASSn, PARAMn, ve DATAn alt programlarının birleştirilmesinden oluşmuştur.

DATA n, diğer program elemanlarının başlangıç durumuna getirir ve veri dosyalarını oluşturur. PARAM n , uzunluk ölçekleri ve önemli fiziksel parametrelerini hesaplayarak veri dosyasında kullanılmasını sağlar. CLASS n, mümkün olan genel akış biçimleri içinde verilen deşarj ve çevresel durumların hidrodinamik sınıflandırılmasını sağlar. HYDRO n, kirletici plüm özelliklerinin detaylı sayısal tahminini yapar. En son olarak SUM n, tahmin ve sınıflandırma sonuçlarının özetini sağlar.

CORMIX 3'te iki programlama dili kullanılmıştır ; Birincisi VP - Expert (expert systems shell) diğeri ise FORTRAN programlama dilidir. DATINn, PARAM n, CLASS n, ve SUM n VP-Expert programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. HYDROn ise FORTRAN programlama dili kullanılmıştır.

Şekil 26. CORMIX 3 'ün alt programları ve işlem sırası





Şekil 27. Pilot Bölge olarak seçilen çalışma sahası

Akıntı modellerinin büyük çeşitliliği, keyfi çevre ortamı içine yapılan yüzey deşarjlarının karışımı sonucudur. CORMIX 3'ün üstün özelliği, bu akıntı yapısında dağılan kirletici plüm ile karışım olayının yoğunluğu ve şeklini belirler. Benzeşim metodu içinde kullanılan algoritma seçeneklerinde belirlendiği gibi, akıntıların belirlenmesi ve akıntı tiplerinin sınıflandırılması, başarılı tahmin modelinin tamamlayıcı kısmıdır.

Gerekli olan detaylı çevre, deşarj verileri, tablolar ve sonraki kısımlarda ise yakın alan akıntı özelliklerine göre sınıflandırılmış olan akıntı elemanları CORMIX 3'de kullanılmıştır.

Birçok alıcı su ortamındaki akıntı durumları ve geometrilerinin karmaşıklığı nedeniyle, tahminleri basitleştirme ve şematize etmek, birçok durumun benzeşimi ve analizi için gereklidir. Deşarj ve yakın bölge çevresindeki dışarı çıkış yerinde bazı basitleştirmeler gereklidir.

Akıntının hidrodinamik benzeşimi, çevresel koşulların kararlı olduğu varsayımına dayanılarak yapılmıştır. Kararlı durum varsayımının, uzun zaman periyotlarında birçok su ortamı için gerçek olmamasına rağmen, genellikle yakın alan karışım sürecinin zaman ölçeği için uygun olduğu varsayılabilir. Yüksek kararsız çevresel koşullar altında, üç CORMIX elemanının her birinin uygulanması için, özellikle gelgit sonucu oluşan ters hızlarda, kullanıcı CORMIX 3 sistemine eklenen tanımlamalar için gerekli raporlara danışmalıdır (Jirka, Nash, and Akar, 1996).

Bütün bu durumlar için koordinat sistemi, x- koordinat noktası akış yönünde ve y- koordinat noktası ise deşarjdan uzakta çevresel akıntının karşısına düşey olarak yerleştirilmiştir.

CORMIX 3 alıcı su ortamını sabit genişlik BS ve derinlik H_a ile birlikte kesit içinde dikdörtgen varsayar (Şekil 29). Bu basitleştirmeler yapma yada iyi kanalı nehirlerde hazır olarak görülmesine rağmen, yüksek derecede düzensiz kanallar için daha çok karar ve deneye ihtiyaç duyabilir. CORMIX 3 ' de kıvrım etkisi hesaba katılmamıştır, bu yüzden nehrin doğru gibi uzandığı varsayılır. Buna ilaveten, derinlik ortalama hızı u_a uniform hız profiline eşit varsayılır.

Alıcı su ortamı belirtilmiş sonlu genişliğe sahipse, sınırlandırılmış varsayılabilir. Diğer yandan , bütün pratik uygulamalarda genişliğin sınırsız olduğu varsayılırsa , bölge sınırsız olarak düşünülebilir. Bu okyanus, geniş göller ya da denize dökülen geniş nehir ağızlarındaki deşarjlar için mümkün olabilir. Sınırsız kesimler için CORMIX 3 alıcı su kütesinin genişliğini 99999.9 m ye kadar belirleyebilir.

Alıcı su ortamının yerel yoğunluğu ρ_a , tüm su derinliği boyunca sabit yada sabit bir şekilde katmanlaşmış su kolonu biçimindeki derinlik değişkeni olabildiği gibi açıkça belirtilmiş olmalıdır. Bununla birlikte, CORMIX 3 kalın tabaka üzerindeki yoğunluk ortalamalarını kullanılır ve kalın tabaka üzerindeki yoğunluk , deşarj jetinin karakteristik dinamiğiyle beraber değişir.

CORMIX 3 de üç deşarj şekli tanımlanmış ve Şekil 30'da gösterilmiştir. CORMIX 3 hem dikdörtgen hem dairesel kanallara izin verir ve dairesel borularda akış tam dolu olarak gerçekleşir. Dairesel deşarjlar suya batmış şekilde olabilirler ve bir - buçuk boru çapından daha fazla batmış olmayan dairesel deşarj boruları, yüzey deşarjı olarak düşünülebilir. Eğer kesit düzensiz ise, kısmen dolu olan bir borudaki akış gibi, dikdörtgen kesitine eşdeğer şekil ile beraber, derinliğe göre genişlik oranı ve eşdeğer deşarj alanı kullanılmış olmalıdır.

Alıcı su ortamında gel-git 'den dolayı yükseklik değişimi varsa, deşarj kanal geometrisi çeşitli şekillerde olabilir. Kirletici gel-git ortamı içine deşarj edildiğinde, su yükselmesindeki günlük değişimler önemli olabilir. Bu durumda, alıcı su ortamındaki her yükselme için ayrı hesaplama yapılmalıdır ve bu süre içinde ortamın kararlı olduğu varsayılır. Aksi takdirde, CORMIX 3'ün düzensiz gel-git hesap özelliğini kullanılması istenir.

Deşarja en yakın bölgede, alıcı su ortamının gerçek derinliği H_D ortalama yerel derinlikten daha az olabilir. Bunun yerine, kanal dibi, θ açısıyla deşarj bankından uzağa doğru eğimli olmaktadır. Bu durum Şekil 30'da gösterilmiştir. Dip eğimi sadece yakın alan içinde önemli olduğu düşünülebilir ve bütün uzak alan için ortalama yerel derinlik hesaplanır. Bu ortalama yerel derinlik karakteristik derinlik olarak varsayılabilir. Kullanıcı çevresel derinliği açıkça belirtilmemesi durumunda dikkatli olmalıdır. Böyle bir durumda yakın alandan uzak alana geçiş sırasında tutarsız sonuçlara yol açabilir çünkü çevresel derinlik yakın alana kadar uzanmayacaktır. Eğer yukarıda bahsedilen durum olursa, CORMIX 3 tutarsızlıkları not alacak fakat hataları düzeltmek için hiç bir çaba sarf etmeyecektir. Deşarj açısı σ , $0^\circ \leq \sigma \leq 120^\circ$ arasında sınırlandırılmıştır çünkü yüzey deşarjlarını akıntıya karşı yönlendirmek, istenmeyen bir durumdur ve böyle bir durumun modelleşmesi de zordur. σ açısı genellikle $\approx 90^\circ$ olarak belirlenir.

Deşarj yoğunluğu, ρ_0 doğrudan girilebilir yada deşarj sıcaklığından hesaplanabilir. Deşarj kanalının yoğunluksal Froude sayısı Fr_{ch} birden daha azsa, suyun çevresel sıkıştırması kanal içindeki deşarj durumlarının değişmesine ve akıntıya karşı zorla girişim oluşmasına neden olabilir. Zorla girişim olursa, CORMIX 3 deşarj durumunu tekrar hesaplayıp, mümkünse bunu kabul edecektir.

2.2. Gerekli Çevre ve Deşarj Verileri

Solaklı deresinde ve denize döküldüğü yerde bir dizi çalışma yapıldı. Bu çalışmada Solaklı deresinin kesit geometrisini belirlemek amacıyla, derenin genişlik ve derinliği ölçüldü. Daha sonra bu kesit çeşitli varsayımlarla CORMIX 3'e göre düzenlendi (Şekil 32).

Mevsimsel olarak derenin debisinin çok değişkendir. Yağış alanı $760 \text{ (km}^2\text{)}$ ve yıllık ortalama su miktarı $495.000.000 \text{ (m}^3\text{)}$ tür. Derenin akıntı hızı, debinin yüksek olduğu haziran ayında belirlenen/sekiz istasyon üzerinde akıntı metreyle yapılan ölçüm sonuçlarının ortalaması alınarak belirlendi (Tablo 7).

Kıyısal bölgede yapılan çalışmalarda ise, derenin denize döküldüğü yerden dik çıkılarak derinlik ve dip eğimi ekosounder ile belirlendi.

Tablo 7. Belirlenen istasyonlar ve ölçülen veriler

İstasyon No	Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	Denize Uzaklığı (m)	Kanal üst genişliği (m)	Ortalama Derinlik (m)	Kesit Alan (m ²)	Ortalama Hız (m/s)	Debi (m ³ /s)
1	15	3474	23	0,61	11,90	1,46	17,37
2	30	6919	17	0,43	12,30	1,37	16,85
3	67	10994	21	0,43	10,36	1,47	15,23
4	116	15444	21	0,70	10,50	1,37	14,38
5	220	19406	20	0,76	11,59	1,51	17,50
6	311	23430	28	0,76	10,74	1,53	16,43
7	358	24526	33	0,70	11,55	1,29	14,90
8	465	28598	25	0,73	10,85	1,33	14,43

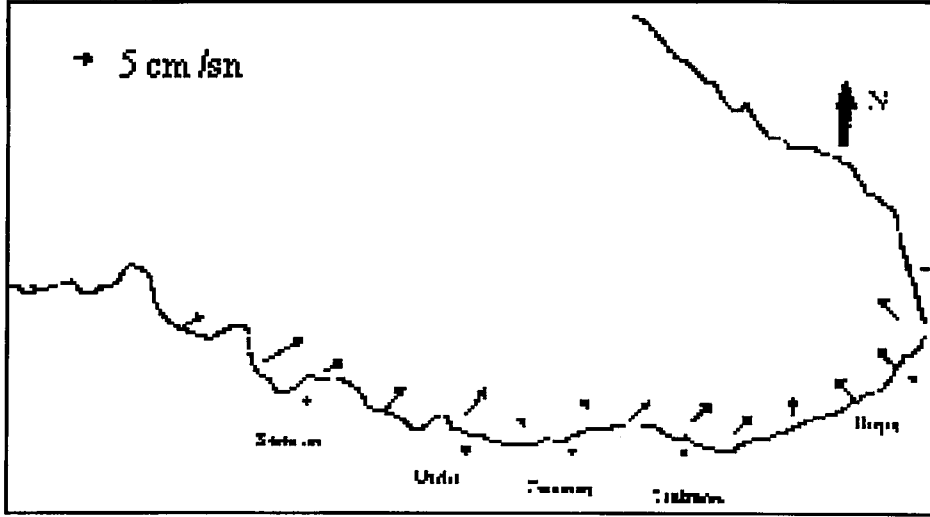
2.2.1. Kanal Geometrisi

Dere, denize dökülen dikdörtgen kesitli deşarj kanalı olarak düşünülmüştür. Deşarj kanal derinliğinin kanal genişliğine oranı 0.05 ile 2 arasında olmalıdır. Akıntı derinliği ve deşarj kanal genişliği Şekil 33'de gösterilmiştir (Tuncel, 1993).

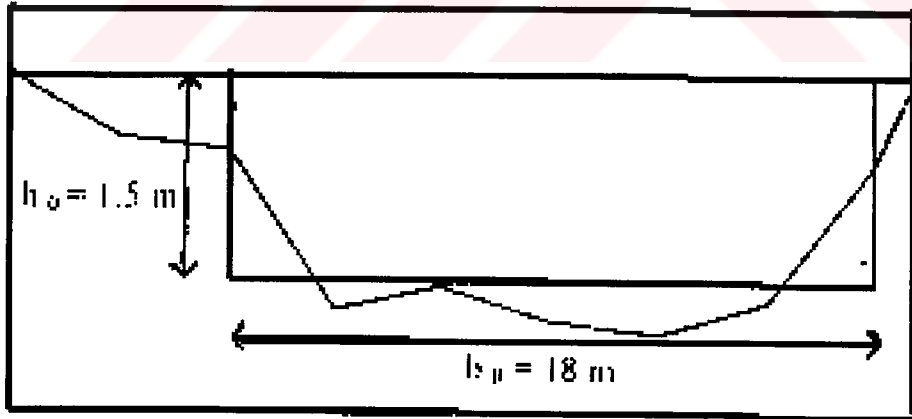
2.2.2. Yerel Akıntı Hızları (UA)

Bir deniz akıntısının doğrusal yada eğrisel bir yol izlemesi, akıntı hızının zamana bağlılığı yada derinliğe göre değişmesi, söz konusu akıntının türüyle ilgilidir. Yayılma olayını incelerken , bütün akıntı türlerini ayrı ayrı ele almak amacımız dışındadır. Burada, kuramsal çözüme olanak sağlamak üzere , doğrusal bir yol izleyen sabit hızdaki bir akıntıyı gözeteceğiz.

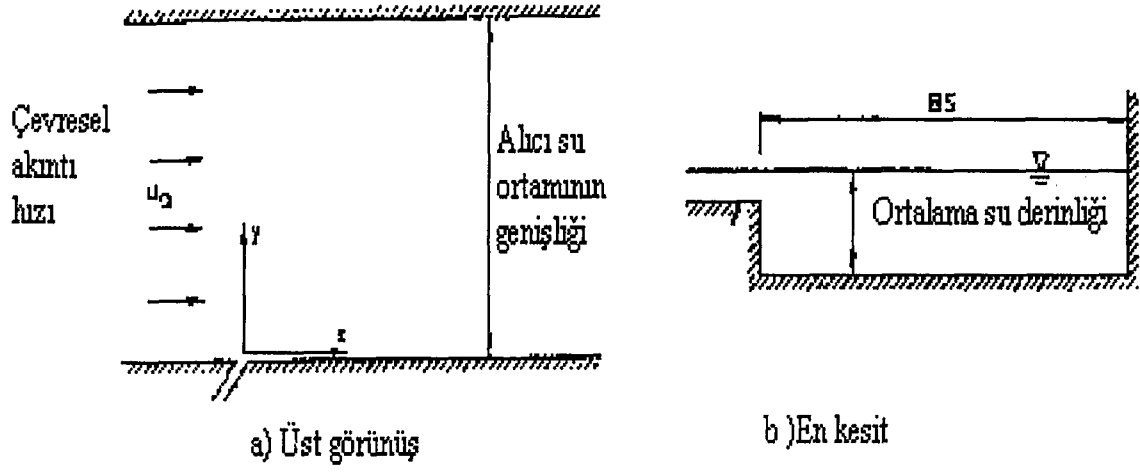
Ortalama 6 - 7 cm / sn , maksimum 8 - 13 cm / sn ve minimum akıntı hızının 2 - 5 cm / sn olduğu Trabzon kıyılarında, akıntı yönleri mevsimsel farklılık gösterir (Şekil 29.) Mevsimsel olarak akıntı hızlarında önemli bir farklılığın olmadığı Trabzon kıyılarında , kış ve sonbahar mevsimlerinde diğer mevsimlere göre daha fazla akıntı hızları görülebilir (Akın, 1995).



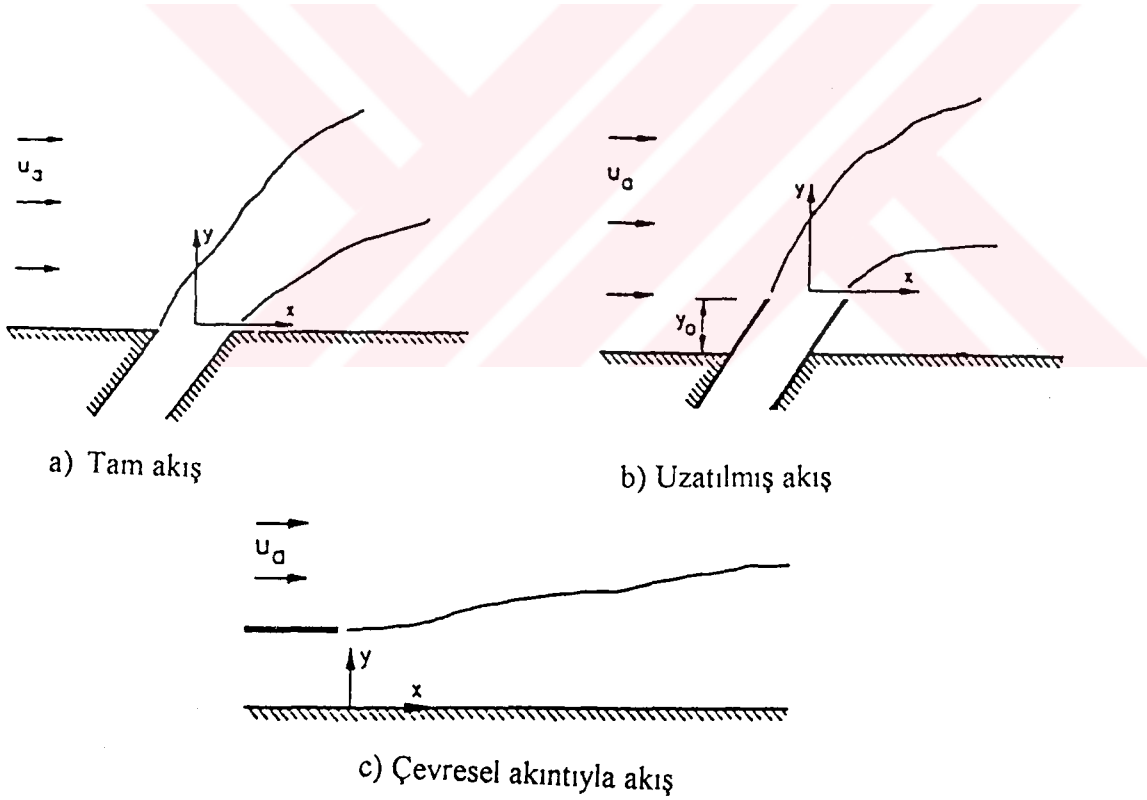
Şekil 28. Genelde bütün mevsimlerde görülebilecek rüzgar akıntı sistemleri



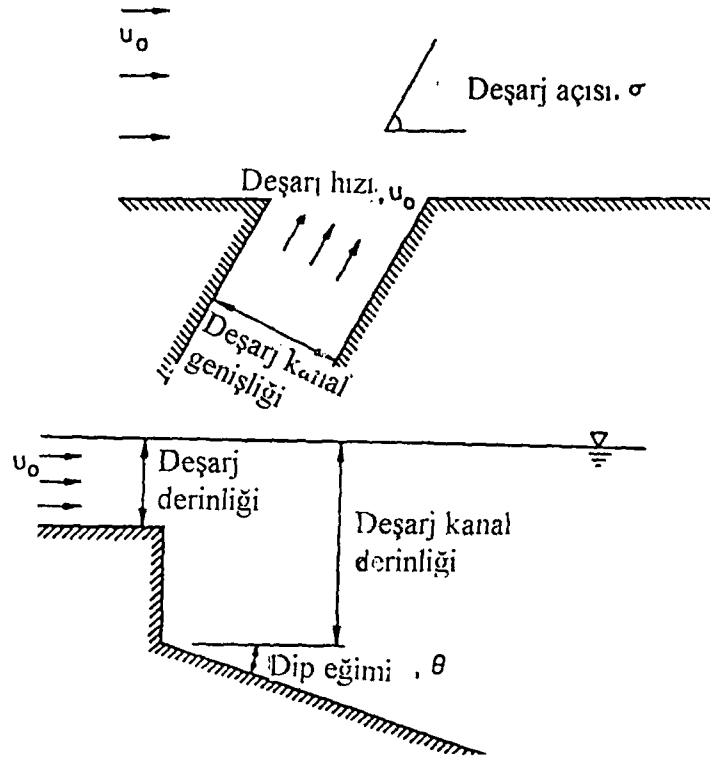
Şekil 29. Solaklı deresi kesiti ve CORMIX 3 kesit varsayımı



Şekil 30. Alıcı su ortamının şematize edilmesi



Şekil 31. CORMIX 3'te kullanılan üç deşarj şekli



Şekil 32. Yakın alan deşarj şekli

2.2.3. Manning Pürüzlülük Katsayısı (n)

Manning “ n “ değeri akıntı bölgesi özelliklerine göre değişen parametredir. Sürtünme değerleri laboratuvar çalışmalarındaki uygulamalarda yararlıdır. Bu parametre CORMIX 3 ‘de sadece son aşamadaki uzak alan karışım sürecine etki eder.

Çalıştığımız derenin yatak malzemesi kaya ve çakıllardan oluşmuştur. Kanal yatağı geniş olduğundan dolayı su derinliği düşüktür. Yatak malzemesinin sert ve pürüzlü yüzeyden oluşması ve suyun sığ olmasıyla sürtünme çok fazladır. Bu yüzden dağ akarsuları (vahşi dereler) için kullanılan en büyük Manning değeri (0,05) alınmıştır (Prasuhn, 1980).

2.2.4. Dip Eğimi (THETAB)

CORMIX 3 , deşarj civarındaki çıkıştan başlayan ve ortalama derinliğe kadar olan eğimi dip eğimi olarak belirler (Şek 32.). Solaklı deresinin döküldüğü kıyısal bölgede yapılan çalışmada, dip eğimi yaklaşık 15° olarak belirlendi.

2.2.5. Deşarj Açısı (SIGMA)

CORMIX 3 akış yönündeki sığlığa oranla deşarjın yatayla yaptığı açığı deşarj açısı olarak belirler. Bütün durumlarda deşarjın yatay şekilde yayıldığı düşünülür.

Aşırı yağışlar sonucu Solaklı deresinin kesit alanı ve denize giriş açısında değişmeler gözlenmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmalarda Solaklı deresinin denize giriş açısı yaklaşık 70^0 olarak belirlenmiştir

2.2.6. Deşarj Derinliği (H0)

CORMIX 3 deşarj çıkışındaki alıcı su ortamının derinliğini deşarj derinliği olarak belirler. Yapılan çalışmalarda Solaklı deresinin denize döküldüğü yerdeki derinlik deşarj derinliği olarak alındı, deşarj derinliği 4,3 m' dir.

2.2.7. Konsantrasyon

Bu çalışmada kirlilik kriteri olarak Askıdaki Katı Miktarı (AKM'nin antropojenik kaynaklı olduğu varsayıldı) alındı. Solaklı Deresi bir deşarj kanalı varsayılarak kirlilik kriteri olan maddelerin sadece kıyıs al bölgede ne şekilde dağıldığı belirlenmeye çalışılmıştır. Kirlilik kriteri olarak alınan maddelerin hiç bir biyolojik ve kimyasal değişime uğramayarak alıcı su ortamında yüzebilirlikle dağıldığı varsayılmıştır. Kirletici konsantrasyonlarının kıyı boyunca dağılımının irdelenmesinde yıllık ortalama kullanılmıştır. Askıdaki katı madde miktarı konsantrasyonu 66.00 mg / lt ve Akı 13383 ton / yıl (Tuncel vd., 1993).

2.2.8. Alıcı Su Ortamının Yoğunluğu (σ)

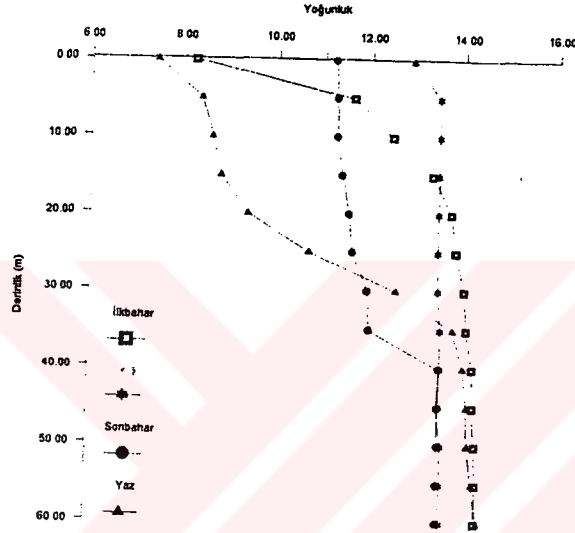
Deşarj yeri civarında yoğunluk profilinin çıkarılması çok önem taşımaktadır. Yoğunluk değişim yapısı, tuzluluk-ısı-derinlik ilişkileriyle oluşmaktadır.

Alıcı su ortamının yoğunluğu su kolonu boyunca eşit dağılım göstermeyebilir. Gerçek dikey yoğunluk dağılımı CORMIX 3'de üç tip olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada Erüz ve arkadaşlarının yaptığı çalışma sonucu bulunan mevsimsel yoğunluk

değişim değerleri kullanılmıştır. Şekil 34'de Karadeniz'deki yoğunluğun mevsimsel değişim profili verilmiştir (Erüz vd, 1997).

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen veriler EPA tarafından hazırlanan CORMIX 3 paket programı kullanılarak Solaklı deresinden gelen kirletici yüklü akışın kıyısal bölgede oluşturacağı kirletici dağılımı , seyrelmesi ve yörüngesi tahmin edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 33. Yoğunluğun mevsimsel profili

3. BULGULAR

CORMIX 3 çevresel parametreler ile deşarj parametrelerinin girilmesini ister. Çevresel parametreler ve deşarj parametreleri denizde yapılan çalışmalar sonucu belirlenerek programa girilmiştir. Program ortalama derinliğin deşarj derinliğinden %30 oranında fazla yada eksik olmasına izin verir. Deşarj verileri dere kaynaklı olduğundan deşarj derinliği esas alınarak program koşturulmuştur. Trabzon kıyılarında belirlenen en düşük, ortalama ve en yüksek akıntı hızları değerleri yerel akıntı hızı olarak kullanılmıştır. Manning katsayısı olarak, dağ akarsuları için kullanılan en büyük Manning değeri (0,05) alınmıştır. Kirlilik kriteri olarak Askıdaki Katı Miktarı (AKM'nin antropojenik kaynaklı olduğu varsayıldı) alındı. Askıdaki katı madde miktarı konsantrasyonu 66.00 mg / lt ve Akı 13383 ton / yıl (Tuncel vd., 1993). Dere kesiti düzensiz bir geometriye sahip olduğundan dikdörtgen kesitli bir kanal olarak varsayılmış ve veriler dikdörtgen kesitli kanala göre girilmiştir (Şekil 32). Karadeniz'deki yoğunluğun mevsimsel değişim profili incelenerek ortalama bir yoğunluk belirlenmiştir ($\sigma = 1010 \text{ kg / m}^3$). Çalışılan bölgede derinliğin fazla olmadığı için yüzey yoğunluğu ile dip yoğunluğu aynı alınmış ve kararlı bir yoğunluk dağılımı olduğu varsayılmıştır. Rüzgar hızı (UW), Trabzon yöresi için uzun yıllar ortalaması alınmıştır (2.8 m/sn). Rüzgar hızı, yakın-alan karışım sürecinin son bulduğu ve çevresel etkenlerin baskın olduğu uzak-alan bölgesinde etkili olmaya başlar.

Veri dosyasının CORMIX 3 programında değerlendirilmesi sonucunda çevresel parametrelere ilişkin bilgiler, kirletici yüklü akışın kıyısal bölgede oluşturduğu plüm'un belirlenen mesafedeki yörüngesi ve kirletici konsantrasyonunun merkez hattı boyunca seyrelmesine ilişkin bilgiler verilmiştir. Program; deşarj görünüş oranı (AR), deşarj akış oranı (QO), yüzebilirlik ivmesi (GPO), Deşarj /çevresel uzunluk ölçeği (L_Q , L_M , L_m , L_b), boyutsuz parametreleri (FRO, FRCH, R), yakın alan bölgesi koşulları, yakın alan plüm boyutları, karışım bölgesi özeti ve modüller halinde; hidrodinamik merkez hattı konsantrasyonu, merkez hattı konsantrasyonu ve koordinatlarını hesaplayarak verir. Her modül t anındaki akıntının özelliklerini temsil eder.

Tablo 8. Solaklı I sonuçları

Çevresel Parametreler		
Alicı su ortamı	Kıyısız bölge	Sınırsız
Ortalama derinlik	HA	6 m
Deşarj derinliği	HD	4.3 m
Yerel akıntı hız	UA	0.03 m / sn
Manning katsayısı	n	0.030
Rüzgar hızı	UW	2.8 m / sn
Yüzey yoğunluğu	RHOAS	1010 kg / m ³
Dip Yoğunluğu	RHOAB	1010 kg / m ³
Yoğunluk tabakalaşması		Lineer
Deşarj Parametreleri		
Deşarj şekli	Dere	Tam deşarj
Deşarj ağzı uzaklığı	DİSTB	0.0 m
Deşarj açısı	SIGMA	70 deg
Deşarj derinliği	HD	4.3 m
Dip eğimi	SLOPE	15 deg
Dikdörtgen deşarj kesiti		
Deşarj kesit alanı	AO	27 m ²
Deşarj kanal genişliği	BO	18 m
Deşarj kanal derinliği	HO	1.5 m
Deşarj görünüş oranı	AR	0.08
Deşarj akış oranı	QO	54 m ³ / s
Deşarj hızı	UO	2 m / s
Deşarj yoğunluğu	RHO0	1000 kg / m ³
Yoğunluk farkı	DRHO	10 kg / m ³
Yüzebilirlik ivmesi	GPO	0.971 m / s ²
Deşarj konsantrasyonu	CO	66 mg / lt
Yüzey sıcaklık değişim	KS	-
Çökme katsayısı	KD	-

Deşarj / Çevresel Uzunluk Ölçeği			
$L_Q = 5.19 \text{ m}$	$L_M = 14.63 \text{ m}$	$L_m = 346.41 \text{ m}$	$L_b = 194192 \text{ m}$
Boyutsuz parametreler			
Yoğunluksal Froude sayısı	FRO	2.81 (L_Q 'dan)	
Kanalın Froude sayısı	FRCH	5.24 (H_O 'dan)	
Hız oranı	R	66.66	
Karışım bölgesi / Toksik seyrelme bölgesi / Alan parametreleri			
Toksik deşarj	-	Hayır	
Su kalitesi standartları	-	Hayır	
Karışım bölgesi	-	Evet	
Karışım bölgesinin kapsamı	Uzaklık	9000 m	
*****AKINTI SINIFI FJ1*****			
Yakın Alan Bölgesi (Y.A.B.) Koşulları			
YAB 'nin kenarındaki kirletici konsantrasyonu = 4.8093 mg /lt			
YAB 'nin kenarındaki seyrelme = 13.7			
YAB 'nin konumu (merkez hattı)	X = 1074.96 m	Y = 1599.48 m	Z = .00 m
YAB plüm boyutları	Yarım - genişlik = 1515.30 m	Plüm kalınlığı = 0.24 m	
Karışım Bölgesi Özeti			
Kirletici konsantrasyonu = 3.683105 mg / lt			
Beklenen seyrelme = 17.9			
Plüm konumu (merkez hattı)	X = 9000 m	Y = .00 m	Z = .00 m
Plüm boyutları	Yarım-genişlik = 18664.65 m	Plüm kalınlığı = 1.72 m	

Solaklı I Modülleri

MOD 301 Başlangıcı: Deşarj Modülü (Akış Yerleşimi)

Profilin belirlenmesi:

BV = Gaussian $1/e(37\%)$ dikey kalınlık

BH = Gaussian $1/e(37\%)$ Yatay yarım-genişlik, normal yörünge

S = hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = merkez hattı konsantrasyonu

X	Y	Z	S	C	BV	BH
7.00	18.63	0.00	1.0	.660E+02	2.43	9.46

t= 10. Saniye

MOD301 Sonu: Deşarj Modülü(Akış Yerleşimi)

MOD311 Başlangıcı: Zayıf Sapmalı Jet (3-D)

Çapraz akıntı içinde yüzey jeti

Profilin belirlenmesi:

BV = Gaussian 1/e(37%) dikey kalınlık

BH = Gaussian 1/e(37%)Yatay yarım-genişlik, normal yörünge

S = hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = merkez hattı konsantrasyonu

X	Y	Z	S	C	BV	BH
7.00	18.63	0.00	1.0	.660E+02	2.41	9.46
7.18	19.10	0.00	1.0	.652E+02	2.48	9.51
7.37	19.57	0.00	1.0	.645E+02	2.55	9.57
7.55	20.03	0.00	1.0	.638E+02	2.61	9.62
7.73	20.50	0.00	1.0	.631E+02	2.68	9.67
7.91	20.97	0.00	1.1	.624E+02	2.74	9.73
8.09	21.43	0.00	1.1	.617E+02	2.81	9.78
8.28	21.90	0.00	1.1	.611E+02	2.87	9.84
8.46	22.36	0.00	1.1	.604E+02	2.93	9.89
8.64	22.83	0.00	1.1	.598E+02	2.99	9.95
8.82	23.30	0.00	1.1	.592E+02	3.05	10.00

t= 12. Saniye

MOD 311 sonu: Zayıf Sapmalı Jet(3-D)

MOD 313 Başlangıcı: Zayıf Sapmalı Jet

Çapraz akıntı içinde yüzey jeti

Profilin belirlenmesi:

BV = Gaussian 1/e(37%) dikey kalınlık

BH = Gaussian 1/e(37%)Yatay yarım-geñiřlik, normal yörünge

S = hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = merkez hattı konsantrasyonu

X	Y	Z	S	C	BV	BH
8.82	23.30	0.00	1.1	.592E+02	3.05	10.01
75.10	180.92	0.00	4.0	.165E+02	.85	129.33
150.34	338.53	0.00	5.7	.116E+02	.60	258.86
234.54	496.15	0.00	7.0	.939E+01	.48	397.73
327.71	653.77	0.00	8.2	.803E+01	.41	543.67
429.84	811.39	0.00	9.3	.710E+01	.37	695.32
540.93	969.01	0.00	10.3	.641E+01	.33	851.80
661.00	1126.63	0.00	11.2	.588E+01	.30	1012.47
90.02	1284.25	0.00	12.1	.546E+01	.28	1176.85
928.01	1441.87	0.00	12.9	.511E+01	.26	1344.56
1074.97	1599.49	0.00	13.7	.481E+01	.25	1515.30

t= 13858.saniye

MOD 313 Sonu: Zayıf sapmalı plüm

** Yakın Alan Bölgesinin Sonu **

MOD 341 Başlangıcı: Yüzebilirlik Çevresel Dağılımı

Plüm kıyı hattının sağ kısmı ile etkileşimdedir. Plüm genişliği kıyı hattının sağ kısmından itibaren belirlenir.

Profilin belirlenmesi:

BV = Baş kesim kalınlık,dikey şekilde ölçüldü

BH = Baş kesim yarım geñiřlik, kıyı hattından yatay şekilde ölçüldü

S = hidrodinamik ortalama (hacim)seyrelmesi

C = ortalama (hacim)konsantrasyon (herhangi reaksiyon etkisini içerir)

Plüm (kıyı hattı ile etkileşimde):

X	Y	Z	S	C	BV	BH
1074.97	.00	0.00	13.7	.481E+01	2.40	10284.09
1867.47	.00	0.00	14.2	.464E+01	2.23	11449.46
2659.97	.00	0.00	14.7	.450E+01	2.11	12493.06
3452.48	.00	0.00	15.1	.438E+01	2.02	13444.90
4244.98	.00	0.00	15.5	.426E+01	1.95	14324.78
5037.48	.00	0.00	15.9	.416E+01	1.89	15146.53
5829.99	.00	0.00	16.3	.405E+01	1.84	15920.26
6622.49	.00	0.00	16.7	.396E+01	1.80	16653.59
414.99	.00	0.00	17.1	.386E+01	1.77	17352.45
8207.50	.00	0.00	17.5	.377E+01	1.75	18021.54
9000.00	.00	0.00	17.9	.368E+01	1.73	18664.65

t=278025. Saniye

Benzeşim maksimum mesafeye göre yapıldı = 9000.00 m.

MOD 341 sonu: Yüzebilirlik Çevresel Dağılımı

Tablo 9. Solaklı II çalışması

Çevresel Parametreler		
Alıcı su ortamı	Kıyısal bölge	Sınırsız
Ortalama derinlik	HA	6 m
Deşarj derinliği	HD	4.3 m
Yerel akıntı hız	UA	0.13 m / sn
Manning katsayısı	n	0.030
Rüzgar hızı	UW	2.8 m / sn
Yüzey yoğunluğu	RHOAS	1010 kg / m ³
Dip Yoğunluğu	RHOAB	1010 kg / m ³
Yoğunluk tabakalaşması		Lineer
Deşarj Parametreleri		
Deşarj şekli	Dere	Tam deşarj
Deşarj ağzı uzaklığı	DİSTB	0.0 m
Deşarj açısı	SIGMA	70 deg
Deşarj derinliği	HD	4.3 m
Dip eğimi	SLOPE	15 deg
Dikdörtgen deşarj kesiti		
Deşarj kesit alanı	AO	27 m ²
Deşarj kanal genişliği	BO	18 m
Deşarj kanal derinliği	HO	1.5 m
Deşarj görünüş oranı	AR	0.08
Deşarj akış oranı	QO	54 m ³ / s
Deşarj hızı	UO	2 m / s
Deşarj yoğunluğu	RHO0	1000 kg / m ³
Yoğunluk farkı	DRHO	10 kg / m ³
Yüzebilirlik ivmesi	GPO	0.971 m / s ²
Deşarj konsantrasyonu	CO	66 mg / lt
Yüzey sıcaklık değişim	KS	-
Çökme katsayısı	KD	-

Deşarj / Çevresel Uzunluk Ölçeği			
$L_Q = 5.19$ m	$L_M = 14.63$ m	$L_m = 79.94$ m	$L_b = 2386.51$ m
Boyutsuz parametreler			
Yoğunluksal Froude sayısı	FRO	=	2.81 (L_Q 'dan)
Kanalın yoğunluksal Froude sayısı	FRCH	=	5.24 (H_0 ' dan)
Hız oranı	R	=	15.38
Karışım bölgesi / Toksik seyrelme bölgesi / Alan parametreleri			
Toksik deşarj	-		Hayır
Su kalitesi standartları	-		Hayır
Karışım bölgesi	-		Evet
Karışım bölgesinin kapsamı	Uzaklık		9000 m
*****AKINTI SINIFI SA1*****			
Yakın Alan Bölgesi (Y.A.B.) Koşulları			
YAB 'nin kenarındaki kirletici konsantrasyonu = 7.1533 mg /lt			
YAB 'nin kenarındaki seyrelme = 9.7			
YAB 'nin konumu (merkez hattı)	X =248.47 m	Y=344.61 m	Z= .00 m
YAB plüm boyutları	Yarım - genişlik = 389.55 m	Plüm kalınlığı = 4.95 m	
Karışım Bölgesi Özeti			
Kirletici konsantrasyonu = 2.286627mg / lt			
Beklenen seyrelme = 28.8			
Plüm konumu (merkez hattı)	X = 9000 m	Y = .00 m	Z= .00 m
Plüm boyutları	Yarım-genişlik = 4965.97 m	Plüm kalınlığı = 2.41 m	

Solaklı II Modülleri

MOD 301 Başlangıcı: Deşarj Modülü (Akış Yerleşimi)

Profilin belirlenmesi:

BV = Gaussian 1/e(37%) dikey kalınlık

BH = Gaussian 1/e(37%)Yatay yarım-genişlik, normal yörünge

S = hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = merkez hattı konsantrasyonu

X	Y	Z	S	C	BV	BH
6.51	15.68	0.00	1.0	.660E+02	2.43	9.46

t= 8.saniye

MOD 301 sonu: Başlangıç Modülü (Akış Yerleşimi)

MOD317 Başlangıcı: Geri Sirkülasyon Bölgesi ile Zayıf Sapmalı Jet
Çapraz akıntı içindeki yüzey Jeti

Profilin belirlenmesi:

BV = Gaussian 1/e(37%) dikey kalınlık

BH = Gaussian 1/e(37%)Yatay yarım-genişlik, normal yörünge

S = hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = merkez hattı konsantrasyonu

X	Y	Z	S	C	BV	BH
6.51	15.68	0.00	1.0	.660E+02	2.41	9.46
23.09	48.57	0.00	1.8	.362E+02	4.85	15.53
41.36	81.46	0.00	2.6	.249E+02	4.82	32.95
61.32	114.36	0.00	3.5	.190E+02	4.69	58.19
82.98	147.25	0.00	4.3	.154E+02	4.64	89.93
106.33	180.15	0.00	5.1	.129E+02	4.65	127.46
131.37	213.04	0.00	5.9	.111E+02	4.69	170.34
158.10	245.94	0.00	6.8	.977E+01	4.75	218.22
186.53	278.83	0.00	7.6	.871E+01	4.81	270.85
216.66	311.73	0.00	8.4	.785E+01	4.88	328.02
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55

t = 737. saniye

Bazı konsantrasyon değerleri geri sirkülasyon bölgesinin etkisiyle yakın bölgedeki kıyı hattı boyunca artış gösterebilir. Mod 329 'un sonundaki geri sirkülasyon bölgesi için kalınlık ve konsantrasyon değerleri bulundu.

MOD 317 Sonu : Geri Sirkülasyon Bölgesi ile Zayıf Sapmalı Jet

MOD 327 Başlangıcı : Geri Sirkülasyon Bölgesi ile Güçlü Sapmalı Jet
Bu akışı rejiminin alansal büyüklüğü küçük olduğu için değinilmemiştir.

MOD 327 Sonu : Geri Sirkülasyon Bölgesi ile Güçlü Sapmalı Jet

MOD 329 Başlangıcı : Geri Sirkülasyon Bölgesi ile Güçlü Sapmalı Plüm

Profilin belirlenmesi:

BV = Baş kesim kalınlık, dikey şekilde ölçüldü

BH = Baş kesim yarım genişlik, Y - yönünde yatay şekilde ölçüldü

S = hidrodinamik ortalama (hacim) seyrelmesi

C = ortalama (hacim) konsantrasyon :

X	Y	Z	S	C	BV	BH
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55
248.47	344.62	0.00	9.2	.715E+01	4.96	389.55

t = 737. Saniye

Yakın - kıyı Geri Sirkülasyon bölgesi deşarj bölgesinden geriye doğru yayılır.

Bölge içindeki konsantrasyon C = .431E+01 mg / lt

Bölge içindeki Plüm Kalınlığı BV = 4.96 m

MOD329 Sonu : Geri Sirkülasyon Bölgesi ile Güçlü Sapmalı Plüm

****Yakın alan bölgesinin sonu ****

MOD341 Başlangıcı : Çevresel Yüzebilirlik Dağılımı

Plüm kıyı hattıyla etkileşimde bulunur ve plüm genişliği kıyı hattından itibaren ölçülür.

Profilin belirlenmesi:

BV = Baş kesim kalınlık, dikey şekilde ölçüldü

BH = Baş kesim yarım genişlik, kıyı hattından yatay şekilde ölçüldü

S = hidrodinamik ortalama (hacim) seyrelmesi

C = ortalama (hacim) konsantrasyon:

Plüm kıyı hattı ile etkileşimde

X	Y	Z	S	C	BV	BH
248.47	.00	0.00	9.2	.715E+01	4.94	776.06
1123.63	.00	0.00	11.3	.585E+01	2.97	1576.21
1998.78	.00	0.00	12.7	.521E+01	2.44	2154.07
2873.93	.00	0.00	14.0	.471E+01	2.21	2629.56
3749.08	.00	0.00	15.4	.427E+01	2.11	3043.68
4624.24	.00	0.00	17.1	.387E+01	2.08	3416.83
5499.39	.00	0.00	18.9	.349E+01	2.09	3760.92
6374.54	.00	0.00	21.0	.314E+01	2.14	4083.48
7249.69	.00	0.00	23.3	.283E+01	2.21	4389.63
8124.85	.00	0.00	26.0	.254E+01	2.30	4682.93
9000.00	.00	0.00	28.9	.229E+01	2.41	4965.97

t = 68056. sec

Benzeşim maksimum mesafeye göre yapıldı = 9000.00 m.

MOD341 Sonu: Çevresel Yüzebilirlik Dağılımı

Tablo 10. Solaklı III çalışması

Çevresel Parametreler		
Alıcı su ortamı	Kıyısız bölge	Sınırsız
Ortalama derinlik	HA	6 m
Deşarj derinliği	HD	4.3 m
Yerel akıntı hız	UA	0.5 m / sn
Manning katsayısı	n	0.030
Rüzgar hızı	UW	2.8 m / sn
Yüzey yoğunluğu	RHOAS	1010 kg / m ³
Dip Yoğunluğu	RHOAB	1010 kg / m ³
Yoğunluk tabakalaşması		Lineer
Deşarj Parametreleri		
Deşarj şekli	Dere	Tam deşarj
Deşarj ağzı uzaklığı	DİSTB	0.0 m
Deşarj açısı	SIGMA	70 deg
Deşarj derinliği	HD	4.3 m
Dip eğimi	SLOPE	15 deg
Dikdörtgen deşarj kesiti		
Deşarj kesit alanı	AO	27 m ²
Deşarj kanal genişliği	BO	18 m
Deşarj kanal derinliği	HO	1.5 m
Deşarj görünüş oranı	AR	0.08
Deşarj akış oranı	QO	40.5 m ³ / s
Deşarj hızı	UO	1.5m / s
Deşarj yoğunluğu	RHO0	1000 kg / m ³
Yoğunluk farkı	DRHO	10 kg / m ³
Yüzebilirlik ivmesi	GPO	0.971 m / s ²
Deşarj konsantrasyonu	CO	66 mg / lt
Yüzey sıcaklık değişim	KS	-
Çökme katsayısı	KD	-

Deşarj / Çevresel Uzunluk Ölçeği			
$L_Q = 5.19$ m	$L_M = 10.97$ m	$L_m = 15.58$ m	$L_b = 31.45$ m
Boyutsuz parametreler			
Yoğunluksal Froude sayısı	FRO	=	2.11 (L_Q 'dan)
Kanalın yoğunluksal Froude sayısı	FRCH	=	3.93 (H_O ' dan)
Hız oranı	R	=	3
Karışım bölgesi / Toksik seyrelme bölgesi / Alan parametreleri			
Toksik deşarj	-		Hayır
Su kalitesi standartları	-		Hayır
Karışım bölgesi	-		Evet
Karışım bölgesinin kapsamı	Uzaklık		9000 m
*****AKINTI SINIFI PL2*****			
Yakın Alan Bölgesi (Y.A.B.) Koşulları			
YAB 'nin kenarındaki kirlenici konsantrasyonu = 53.4406 mg /lt			
YAB 'nin kenarındaki seyrelme = 1.2			
YAB 'nin konumu (merkez hattı)	X = 78.66m	Y= 1.04m	Z= .00 m
YAB plüm boyutları	Yarım - genişlik = 75.14m	Plüm kalınlığı = 1.33 m	
Uzak - Alan Karışım Bölgesi Özeti			
Kirlenici konsantrasyonu = 0.789679 mg / lt			
Beklenen seyrelme = 83.5			
Plüm konumu (merkez hattı)	X = 9000 m	Y = .00 m	Z= .00 m
Plüm boyutları	Yarım-genişlik = 1128.30m	Plüm kalınlığı = 6.0m	

Soluklı III Modülleri

MOD 301 Başlangıcı: Deşarj Modülü (Akış Yerleşimi)

Profilin belirlenmesi:

BV = Gaussian 1/e(37%) dikey kalınlık

BH = Gaussian 1/e(37%)Yatay yarım-genişlik, normal yörünge

S = hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = merkez hattı konsantrasyonu

X	Y	Z	S	C	BV	BH
.69	1.05	0.00	1.0	.660E+02	2.43	9.46

t= 1. saniye

MOD301 Sonu: : Deşarj Modülü (Akış Yerleşimi)

MOD332: Dikey Karışım ile Akıntıya Karşı Plüm oluşumu

İlk Yerel Dikey Kararsızlık Bölgesi :

Seyrelme hacmi (S = 1.00) deşarj yeri çevresindeki sınırlı bölgede (yatay genişlik = 32.92 m) oluşur.

Akıntıya Karşı Girişim Özellikleri :

Akıntıya karşı girişim uzunluğu : 39.33 m

Akıntıya karşı durgunlaşma noktasının X- konumu : - 39.33 m

Girişim bölgesinin kalınlığı : 1.33 m

Akış sonundaki yarım-genişlik : 75.15 m

Akış sonundaki kalınlık : 1.33 m

Plümü'un genişliği konumun fonksiyonu gibidir :

X:	-39.33	-22.48	-5.62	11.24	28.09	44.95	61.81	78.66
BH:	.00	28.40	40.17	49.20	56.81	63.51	69.57	75.15

Profilin belirlenmesi:

BV = Baş kesim kalınlık, dikey şekilde ölçüldü

BH = Baş kesim yarım genişlik, kıyı hattından yatay şekilde ölçüldü

S = hidrodinamik ortalama (hacim)seyrelmesi

C = ortalama (hacim)konsantrasyon:

X	Y	Z	S	C	BV	BH
78.66	1.05	0.00	1.2	.534E+02	1.33	75.15

t= 157. saniye

MOD332 Sonu : Dikey Karışım ile Akıntıya Karşı Plüm oluşumu

**** Yakın - Alan Bölgesinin Sonu****

MOD341 Başlangıcı : Çevresel Yüzebilirlik Dağılımı

Plüm kıyı hattı ile etkileşimdedir ve plüm genişliği kıyıdan itibaren belirlenir.

Profilin belirlenmesi:

BV = Baş kesim kalınlık, dikey şekilde ölçüldü

BH = Baş kesim yarım genişlik, kıyı hattından yatay şekilde ölçüldü

S = hidrodinamik ortalama (hacim) seyrelmesi

C = ortalama (hacim) konsantrasyon:

Plüm safhası 2 (kıyı ile etkileşim):

X	Y	Z	S	C	BV	BH
78.66	.00	0.00	1.2	.534E+02	1.33	75.15
601.39	.00	0.00	2.1	.308E+02	.74	233.82
1124.11	.00	0.00	3.8	.174E+02	.90	343.50
1646.83	.00	0.00	6.6	.100E+02	1.22	437.40
2169.56	.00	0.00	10.7	.617E+01	1.66	522.91
2692.28	.00	0.00	16.3	.406E+01	2.19	602.81
3215.00	.00	0.00	23.5	.281E+01	2.80	678.47
3737.73	.00	0.00	32.4	.204E+01	3.49	750.73
4260.45	.00	0.00	43.1	.153E+01	4.26	820.16
4783.17	.00	0.00	55.8	.118E+01	5.10	887.15
5305.89	.00	0.00	70.5	.936E+00	6.00	952.02

t = 10611. saniye

MOD341 sonu: Çevresel Yüzebilirlik Dağılımı

MOD361: Düzenli Çevre içinde Pasif Çevresel Karışım

Dikey dağılımlılık (Başlangıç değeri) = .419E-01 m²/s

Yatay dağılımlılık (Başlangıç değeri) = .140E+02 m²/s

Profilin belirlenmesi :

BV = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) kalınlık, dikey olarak ölçülmüştür.

= yada su derinliğine eşittir, eğer tamamen karışmışsa

BH = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) yarım genişlik, Y yönünde yatay olarak ölçülmüştür.

S = Hidrodinamik merkez hattı seyrelmesi

C = Merkez hattı konsantrasyonu

Plüm safha 2'de kıyıyla etkileşimde.

X	Y	Z	S	C	BV	BH
5305.89	.00	0.00	70.5	.936E+00	6.00	952.02

Plüm Dip ile etkileşimde. Pasif difüzyon plümü beirtilen tahmin aralığında dikeyle tamamen karışmıştır.

5675.31	.00	0.00	71.8	.919E+00	6.00	969.19
6044.72	.00	0.00	73.1	.903E+00	6.00	986.47
6414.13	.00	0.00	74.4	.888E+00	6.00	1003.85
6783.54	.00	0.00	75.7	.872E+00	6.00	1021.33
7152.95	.00	0.00	77.0	.858E+00	6.00	1038.91
7522.36	.00	0.00	78.3	.843E+00	6.00	1056.60
7891.77	.00	0.00	79.6	.829E+00	6.00	1074.38
8261.18	.00	0.00	80.9	.816E+00	6.00	1092.25
8630.59	.00	0.00	82.2	.803E+00	6.00	1110.23
9000.00	.00	0.00	83.6	.790E+00	6.00	1128.30

**** Düzenli karışım bölgesinin sınırı ****

Bu tahmin safhasında plüm belirlenen mesafede kalır veya aşar.

Belirlenen mesafe ve benzeşim mesafesi = 9000.00 m.

t= 17999. Saniye

MOD361 Sonu: Düzenli Çevre içinde Pasif Çevresel Karışım.

4. IRDELEME

Bu çalışmada Solaklı deresinden gelen kirleticilerin kıyısal bölgedeki seyrelmesi, kirletici akışının geometrik özellikleri ve yörüngesi CORMIX 3 programı kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bir çok benzeşim programlarında olduğu gibi bu çalışmada da bazı varsayımlara gidilmiştir. Program yönergelerle veri dosyasını oluşturulmasına izin verir. Oluşturulan veri dosyası program tarafından kullanılarak sonuçlandırılır. Askıdaki katı miktarının yıllık ortalaması kullanılarak, çeşitli deşarj hızları ve çevresel akıntı hızlarında oluşan kirletici dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır. Askıdaki katı madde miktarının antropojen kaynaklı olduğu, hiçbir biyolojik ve kimyasal değişime uğramadan yüzey suyunda yüzebilirlikle hareket ettiği varsayılmıştır. Program, girilen çevresel özelliklerle akıntı sınıfını belirler. Akıntı sınıfının her safhasının özellikleri modüllerle açıklanmıştır. Bu modüller belirlenen akıntı sınıfının rejimlerini açıklamada kullanılmıştır.

Solaklı I çalışmasında, alıcı su ortamı olarak belirlenen kıyısal bölgede akıntı hızı UA, 0.03 m/ sn , deşarj kanalı olarak belirlenen derenin akıntı hızı ise UO, 2 m / sn olarak alınmıştır. Girilen veri dosyası sonucu program akış şeklini FJ1 akış sınıfı olarak belirlenmiştir. FJ1 Akış Sınıfında dip ve kıyıyla etkileşim yakın alanda gözlenmez. Akan kirletici yüklü deşarjin plum'u ile alıcı su ortamındaki dip arasında dinamik etkileşim, akış yönündeki yeterli açıyla engellenmiştir. Oldukça güçlü yüzebilirlik, yakın alandaki akış kesitinin biçimini bozar. Akış aşağıdaki rejimleri içerir:

Zayıf saptırmalı jet (3- D), MOD 311 : Hem yatay hem de dikey yönlerde sabit dağılım sonucu oluşan başlangıç momentumu karışım olayında baskın olur. Alıcı su ortamı içindeki zayıf çevresel akıntılar saptırmaya sebep olur. Modül sonunda plume yarım genişliği BH =10.00 m ,plum kalınlığı BV = 3.05 ve merkez hattı konsantrasyonu C = 59.2 mg/ lt bulunmuştur

Zayıf saptırmalı plum, MOD 313: Alıcı su ortamıyla dere suyu arasındaki yoğunluk farkı nedeniyle oluşan yüzebilirlikten dolayı akış kesitinin bozulur. Yüzebilirlik akış plum'unun incelmesine ve lineer olmayan yatay dağılımın artmasına neden olur. Bu rejimde yüzebilirlik kuvveti dikey karışımı engellemesinden dolayı seyrelme azalır. Modül sonunda plum yarım genişliği BH=1515.30 m, plum kalınlığı BV= 0.25m ve merkez hattı konsantrasyonu C = 4.81 mg / lt bulunmuştur. Bu modül

yakın alan bölgesinin sonu uzak alan bölgesinin başlangıcıdır. Sonraki uzak-alan modülündeki başlangıç plume genişliği değerleri uzak-alandaki kütle akış korunumu faktörü 5.73 ile düzeltilmiştir. Düzeltme faktörü deşarjın güçlü karışım özelliklerine oranla küçük olan çevresel akıntı hızlarından dolayı oldukça büyüktür. Akış rejiminde geri sirkülasyon bölgesi ve hidrolik değerlerde de ani değişiklikler gözükülebilir. Oldukça düzensiz olan akış tahmin sonuçlarının güvenilirliğini düşürür. Düşük çevresel akıntı hızları nedeniyle, kirletici akışı yakın alan bölgesinin sonunda kıyı hattıyla etkileşim içinde olur.

Güçlü sapmalı plume MOD 324 : Kirletici yüklü akış kesit biçimi, yüzebilirliğin neden olduğu yanal dağılmadan dolayı bozular. Bunun sonucunda plumun kalınlığı inceler ve alıcı su ortamı içindeki çevresel akıntılar kirletici yüklü akışı güçlü şekilde saptırırlar.

Uzak alan yüzebilirlik dağılımı, MOD341: Çevresel akıntı sebebiyle akış yönündeki yatay hareket taşınımı olurken, plum yüzey boyunca yanal olarak dağılır. Merkez hattı yörüngesinde önemli bir değişme olmaz. Karışım oranı oldukça küçüktür. Plum kalınlığı azalır ve rejim sonunda kıyıyla etkileşimde bulunur. Modül sonunda plum yarım genişliği $BH=18664.65$ m, plum kalınlığı $BV= 1.75$ m ve merkez hattı konsantrasyonu $C = 3.68$ mg / lt bulunmuştur.

Paşif çevresel difüzyon : Çevresel türbülans içinde karışım süreci baskın olur. Plume hem dikey hem de yatay olarak gelişir, bu gelişim çevresel türbülansın büyüklüğüne bağlıdır. Bu rejim de kirletici yüklü akış hem dip hem de kıyı hattı ile etkileşim içerisindedir. Eğer alıcı su ortamı durağan ise, benzeşim programı zayıf sapmalı plume rejiminin sonunda programı sona erdirecektir.

Solaklı II çalışmasında, alıcı su ortamı olarak belirlenen kıyısal bölgede akıntı hızı $U_A, 0.13$ m/ sn , deşarj kanalı olarak belirlenen derenin akıntı hızı ise $U_O, 2$ m / sn olarak alınmıştır. Girilen veri dosyası sonucu program akış şeklini SA1 akış sınıfı olarak belirlendi. SA1 akış Sınıfında akış kıyı hattı ile dinamik olarak etkileşimdedir. Kıyı hattı boyunca seyrelmeyi azaltan geri sirkülasyon bölgesi oluşur. Çevresel akıntı içine doğru oluşan girişim dinamik etkileşimden dolayı azalır. Bu nedenle yakın alanda dip ile akış birbirini etkilemez. Akış aşağıdaki rejimleri içerir :

Zayıf sapmalı kıyı hattı ile ilişkili Jet (3-D), MOD 317: Hem yatay hem de dikey yönlerde sabit dağılım sonucu oluşan başlangıç momentumu karışım olayında baskın

olur. Alıcı su ortamı içindeki zayıf çevresel akıntılar saptırmaya sebep olur. Modül sonunda plum yarım genişliği $BH=389.55$ m, plum kalınlığı $BV= 4.96$ m ve merkez hattı konsantrasyonu $C = 7.15$ mg/ lt bulunmuştur.

Kıyı Hattı ile Güçlü Etkileşimli Saptırılmış Jet (3D), MOD 327: Bu rejim içindeki karışım hem yatay hem de dikey yönlerdeki nispeten sabit dağılım sonucu başlangıç momentumu baskındır. Kirletici yüklü akış alıcı su ortamı içindeki akıntı tarafından güçlü şekilde bükülür ve kıyı hattıyla dinamik şekilde etkileşim oluşur. Bu etkileşim sonucunda kirletici yüklü akış ile kıyı hattı arasında geri sirkülasyon bölgesi oluşur. Mod 327 çok küçük bir alanda etkili olduğu için önemsizdir.

Kıyı Hattı ile Etkileşimli Güçlü Saptırılmış Plume, MOD329 : Kirletici yüklü akışın kesiti, güçlü yüzebilirliğin neden olduğu yanal dağılım sonucu değişmiş olur. Bu rejimdeki bazı kirletici akışları kıyı hattı boyunca oluşan ters akıntılarla deşarj bölgesine doğru geri dönerler, bununla beraber tüm alandaki karışım oranı ve plume kalınlığı azalır. Bazı konsantrasyon değerleri geri sirkülasyon bölgesinin etkisiyle yakın bölgedeki kıyı hattı boyunca artış gösterebilir. Mod 329 'un sonundaki geri sirkülasyon bölgesi için kalınlık ve konsantrasyon değerleri bulundu. Yakın - kıyıda oluşan geri sirkülasyon bölgesindeki konsantrasyon $C = 4.31$ mg / lt ve Plume Kalınlığı $BV = 4.96$ m olarak belirlendi. Bu bölge sonunda yakın alan bölgesi sona ermiştir.

Uzak alan yüzebilirlik dağılımı,MOD 341: Çevresel akıntı sebebiyle akış yönündeki yatay hareket taşınımı olurken, plum yüzey boyunca yanal olarak dağılır. Merkez hattı yörüngesinde önemli bir değişme olmaz. Karışım oranı oldukça küçüktür. Karışım oranı ve kalınlığı oldukça küçüktür. Plum kalınlığı azalır ve rejim sonunda kıyıyla etkileşimde bulunur. Modül sonunda plum yarım genişliği $BH=4965.97$ m, plum kalınlığı $BV= 2.41$ m ve merkez hattı konsantrasyonu $C = 2.29$ mg / lt bulunmuştur. Plume genişliği kıyıdan itibaren ölçülür.

Pasif çevresel difüzyon: Çevresel türbülans içinde karışım süreci baskın olur. Plume hem dikey hem de yatay olarak gelişir, bu gelişim çevresel türbülansın büyüklüğüne bağlıdır. Bu rejim de kirletici yüklü akış dip yada kıyı hattına zıt etkileşim içerisindedir.

Solaklı III çalışmasında, alıcı su ortamı olarak belirlenen kıyısal bölgede akıntı hızı $U_A, 0.5$ m/ sn , deşarj kanalı olarak belirlenen derenin akıntı hızı ise $U_O, 1.5$ m / sn olarak alınmıştır. Girilen veri dosyası sonucu program akış şeklini PL2 akış sınıfı olarak

belirlendi. PL2 akış sınıfında düşük hızlı deşarj, düşük hızlı alıcı su ortamı akıntısı içinde yayılır ve bu sebepten dolayı PL2 akış sınıfında sadece uzak – alan süreci önemli olur. Akış aşağıdaki rejimleri içerir:

Uzak –alan yüzebilirlik dağılımı : Plume yüzey boyunca yanal olarak dağılır. Karışım oranı bu rejim içerisinde nispeten küçük ve plume kalınlığı azdır. Plume kıyıyla ilişkili şekilde kalır.

Pasif çevresel difüzyon : Bu rejimde çevresel türbülans karışım olayında ilk baskın olur. Plume hem dikey hem de yatay olarak gelişir ve bu gelişim oranı çevresel türbülansın büyüklüğüne bağlıdır. Akış dip yada kıyı hattına zıt yönde kıyıyla etkileşimde olabilir.

Mod 301 'de Plume akıntıya karşı $X = -39.33$ m içeri girişim yapmıştır, bunun sebebi ise akıntı hızına göre düşük çevresel akıntı hızıdır. Plume girişim bölgesinin kalınlığı $BV = 1.33$ m, rejim sonunda plume genişliği $BH = 75.15$ m ve konsantrasyon $C = 53.4$ mg/lt olarak bulundu. Bu rejimde seyrelme hızı kıyıyla etkileşimden dolayı düşük çıkmıştır.

Mod 341'de plume tamamen kıyıyla etkileşim içerisinde ve plume genişliği kıyı hattından itibaren belirlenir. Bu rejim sonunda plume genişliği $BH = 952.02$ m, Plume kalınlığı $BV = 6.0$ m ve konsantrasyon $C = 0.936$ mg/lt olarak bulundu.

Mod 361'de pasif difüzyon etkilidir ve plume dikeyle büyük oranda karışmış, sığ yerlerde ise dip ile etkileşim içerisinde. Bu rejim sonunda, plume genişliği $BH = 1128.30$ m , plume belirlenen sığ ortalama derinliği nedeniyle dikeyde tamamen karışmış ve ortalama derinlik plume kalınlığı olarak tespit edilmiştir. Pragram deşarj derinliğini, ortalama derinliğin %30 fazlası veya azına izin verdiğinden dolayı plume dikey de tamamen karışmış olarak bulunmuştur.

5. SONUÇ

Karadeniz bölgesinde kanalizasyonların büyük bir kısmı akarsulara atılmaktadır. Dolayısı ile akarsular iç bölgelerden başlayarak evsel atıkları toplayarak kıyı kesimine ulaşmaktadır. Çeşitli yapılan çalışmalar sonucunda Karadeniz'deki akarsuların büyük çoğunluğunun açık kanalizasyonlar gibi kullanılmasının ciddi sonuçlar doğurma aşamasına geldiği anlaşılmaktadır.

Sorunun bir çok çevresel etkenlere bağlı ve karmaşık oluşu, çözümlerin genel olmamasını, ancak yerel geçerlilikte bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Konuyla ilgili bilgilerin çoğunlukla niteliksel olduğu, niceliksel sonuçlarınsa sorunu kolaylaştıran bazı varsayımlara bağlılığı ortaya çıkmaktadır. Büyük bir kentin artık sularının denize verilmesi tasarım konusuysa, sonuçlanacak deniz kirlenmesinin saptanması için, boşaltım yöresinin tüm yerel koşullarında , yayılma olayının izlemeyle benzeşimi gerekmektedir. Doğada yapılacak deney en sağlıklı yöntem olmasına karşın çok masraflı ve zaman gerektiren bir iştir. Bu sebepten dolayı, kirletici dağılımını bilgisayar programları kullanılarak tahmin edilmeye çalışılarak

Yapılan bu çalışmada solaklı deresinden gelen kirleticilerin kıyısal bölgede dağılımını çeşitli varsayımlar yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Düşük akıntı hızı ile derenin yüksek akışı olduğu zaman, dere akışı program tarafından FJ akış sınıfı, yüksek akıntı hızı ile derenin düşük akışında, akış PL akış sınıfı ve yüksek akıntı hızı ile derenin yüksek akışında akış SA akış sınıfı olarak belirlenmiştir. Konsantrasyon FJ akış sınıfında derenin yüksek akış hızına bağlı olarak daha hızlı seyrelmiş, rejim sonunda çevresel pasif diffüzyon etkisinde kalarak yayılmaya devam etmiştir. SA akış sınıfında konsantrasyon akışın ilk safhalarında hızlı bir seyrelme göstermiş fakat daha sonraki rejimlerde geri sirkülasyon bölgesi nedeniyle seyrelme yavaşlamıştır. PL akış sınıfında ise konsantrasyon seyrelmesi akışın ilk safhalarından itibaren oluşan kıyıyla etkileşimden dolayı yavaş bir seyir göstermiştir. PL akış sınıfında ortalama derinliğin düşük belirtilmesinden dolayı su kolonu içerisinde tam karışım ve dip ile etkili bir etkileşim çıkmıştır. Bunun sebebi programda deşarj derinliğinin ortalama su derinliğinden %30 az veya fazla olmasına izin vermesinden dolayıdır. CORMIX 3 yüzey deşarjlarından gelen kirleticilerin dağılımını incelerken deşarjın döküldüğü yerdeki derinliği ve alıcı su ortamının dip eğimini göz önüne alır. Alıcı su ortamının

yoğunluğu ile deşarj suyu arasındaki yoğunluk farkı nedeniyle yüzebilirlik etkisi ve yoğunluk akıntısı rejimlerde etkili olduğu düşünülebilir.

Böyle bir çalışmanın bu bölgede ilk defa yapılmış olması ve konunun ülkemiz için çok yeni olması da yapılan çalışmaları etkilemiştir. Denizdeki kirletici yayılımının bir çok etkilere bağlı olması, model ölçüm sonuçlarıyla doğada yapılan ölçümler arasında farklar oluşmasına sebep olmaktadır. Doğadaki bu tip olayların çok iyi şekilde temsil edilebilmesi için alt yapının, tecrübenin ve yeterli maddi olanakların olması şarttır. Böyle çalışmalar grup çalışmaları olarak planlanmalı ve çalışma sahasının çok iyi incelenmesi gerekmektedir. Çalışmalarımız sırasında yağışlar sonucu gelen çamurlu dere suyunun denizdeki yayılımı gözlenerek kirletici dağılımının hangi yönlerde ve etki alanının ne kadar olduğu kestirilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, gerek deniz dibinin yapısından kaynaklanan olumsuz koşullar gerekse ilk defa yapılan bir çalışma olmasına rağmen yeterli başarının sağlandığı söylenebilir. Ayrıca ilerideki çalışmalara ışık tutacak deneyimler elde edilmiştir ve bu ilk basamak daha kapsamlı çalışmaların kapısını aralayacaktır. Yani çalışma sahası genişleyerek globalleşme sağlanacak ve problemlere daha etkili çözümler getirilebilecektir.

6. ÖNERİLER

Dünya nüfusunun sürekli olarak artışı ve hızlı gelişen sanayileşme çevre kirlenmesini de beraber getirmektedir. Genellikle insanların çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan kirleticiler, doğanın temel öğeleri olan havaya, toprağa ve suya verilmektedir. Bunun sonucu olarak insanların bu öğelerden faydalanmaları gün geçtikçe sınırlanmakta, hatta bazen imkansız hale gelmektedir. Çevre kirlenmesinden en fazla etkilenen su kaynaklarıdır. Bunun nedeni kirleticilerin sulara direkt bırakılması yanında, hava ve toprağa geçen kirleticilerin de zamanla su kaynaklarına ulaşması ve birikmesidir (Boran, 1995).

Bu kirlenme kontrol edilmelidir. Yoksa doğaya ilişkin yaşamsal süreçler, diğer bir deyişle kurulu denge geriye dönülmez biçimde bozulur. Bu nedenle atıkların doğal su kaynaklarına boşaltılması sürekli bir şekilde kontrol edilmelidir. Bu ise boşaltma işlemine özge akım olgusunun iyi bir şekilde anlaşılması gerektirir (Ger, 1976).

Kirlenme olayının anlaşılması olmasının yanında, en az bunun kadar önemli olan diğer bir konuda kirlenmenin ne kadar etkin olacağını önceden kestirebilmesidir. Bu da çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. En çok kullanılan yöntemlerden biri matematik modelledir (Ger, 1976).

Günümüzde karmaşık sistemlerin sistematik bir biçimde tanımlanması, sebep sonuç ilişkilerinin belirlenmesi, pahalı ve zaman alıcı arazi çalışmaları yapmaksızın, alternatif yönetim ve kontrol stratejilerinin etkilerinin saptanması ve sistem davranışlarının değerlendirilmesi gibi amaçlarla kullanılmakta olan matematiksel modellerin gerekliliği ve önemi artık tartışılmazdır. Modellerin kestirimlerinin doğruluğu ; fiziksel gerçeklerin iyi bir şekilde temsil edilip edilmediğine, modelde kullanılan matematiksel yöntemlere ve katsayıların doğruluğuna bağlıdır.

Çeşitli amaçlar için kullanılan bu kaynakların sularındaki kirlilik konsantrasyonunun, zaman ve mesafeyle değişimi bilinmelidir. Bu ise, bir su ortamına deşarj edilen atık maddelerin ne şekilde yayıldıklarının bilinmesi ile mümkündür. Bunun için, atık maddelerin yayılmasını ifade eden bir matematik modelin kurulup analitik, nümerik veya deneysel metotlar yardımıyla çözümlenerek atık madde konsantrasyonunun zaman ve mesafeyle değişimi belirlenmelidir.

Sorunun bir çok çevresel etkenlere bağı ve karmaşık oluşu, çözümlerin genel olmamasını, ancak yerel geçerlilikte bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Konuyla ilgili bilgilerin çoğunlukla niteliksel olduğu, niceliksel sonuçlarınsa sorunu kolaylaştıran bazı varsayımlara bağılılığı ortaya çıkmaktadır. Büyük bir kentin artık sularının denize verilmesi tasarım konusuysa, sonuçlanacak deniz kirlenmesinin saptanması için, boşaltım yöresinin tüm yerel koşullarında , yayılma olayının izlemeçerle benzeşimi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz'deki Solaklı deresi pilot bölge olarak seçilmiş ve daha sonraki çalışmalara temel oluşturması düşünölmüştür. Yoğun yerleşim bölgelerinin deniz ve dere kıyıları boyunca olan Karadeniz bölgesinde kanalizasyonların büyük bir kısmı akarsulara atılmaktadır. Dolayısı ile akarsular iç bölgelerden başlayarak evsel atıkları toplayarak kıyı kesimine ulaşmaktadır. Elde edilen sonuçlardan artık akarsuların açık kanalizasyonlar gibi kullanılmasının ciddi sonuçlar doğurma aşamasına geldiğı anlaşılmaktadır.

Kirliliğın etkilerinin ne boyuta vardığı ve ileride ne gibi sonuçlar doğurabileceğı uzun süren izleme programlarıyla araştırılmalıdır. Fakat bu tip araştırma programları uzun süreli ve masraflı olmaktadır. Türkiye gibi ekonomik açıdan güçlükleri bulunan ve araştırmaya yönelik kaynak ayırımının yetersiz olduğu ölkelerde, modellemenin önemi daha da artmaktadır. Modellemenin doğruluğı seçilen bölgenin tüm yerel özelliklerinin doğru biçimde tanımlanmasına bağıdır. Doğada yapılacak deney en sağlıklı yöntem olmasına karşın çok masraflı ve zaman gerektiren bir iştir. Bunun için deney havuzlarında oluşturulacak modeller hem masrafları azaltacak hem de çalışma sonuçlarının doğruluğunu artıracaktır. Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi bünyesinde bulunan deney havuzları model oluşturmak için kullanılabilir. Karadeniz'e doğrudan deşarj edilen yada dereler vasıtasıyla dolaylı yoldan gelen kirleticiler yüklü akışta, tehlikeli madde konsantrasyonunun ne boyutlarda olduğu, bu konsantrasyonun İnsan sağlığı bakımından nelere yol açabileceğı, uzun dönemlerde denizdeki dağılımı ve canlılar üzerindeki birikim süreci belirlenmelidir. K.T.Ü Deniz Bilimleri Fakültesi deniz araştırması yapmak için gerekli donanıma sahip bir fakültemizdir. Gerekli finansman olanakları sağlanarak, daha sonra yapılması planlanan çalışmaların doğruluk payının artmasına yardımcı olması için Trabzon civarındaki oşinografik özellikler detaylı olarak belirlenebilir. Kirleticiler dağılımı ve yayılımının önemli bir kısmı deniz ortamında

geçekleşmekte, bu olayları etkileyen birçok oşinografik özellik bulunmaktadır (yoğunluk dağılımı ve değişimi, akıntı yönleri ve değişimi, deniz dibinin yapısı, meteorolojik etkenler...). Bu özelliklerin yüksek doğrulukla belirlenmesi modelin temsil yeteneğini de o oranda artıracak ve bunun da deniz de yapılacak çalışmalara bağlı olduğu şüphesizdir.

Tüm bu çalışmalar, gelecekte yapılacak projelerin üniversitemizdeki fakülteler arasında veya ülkeler düzeyinde ortak çalışmalar şeklinde olursa, bölgesel olarak çok geniş alanları etkileyen problemlere daha akılcı ve hızlı çözümler elde edilecektir. Bu da hem zaman ve maddi kazanç hem de ortak sorumluluk bilinci sağlayacaktır.



6. KAYNAKLAR

Abdelwahed, M.S.T., and Chu, V.H., 1981, Surface Jets and Surface Plumes in Cross-Flows, Technical Report No.81-1, Fluid Mechanics Labotatory, McGill University, Montail.

Akar, P.J. and Jirka, G.H., 1991, CORMIX2 : An Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Anakysis of Conventional and Toxic Submerged Multiport Diffuser Discharges, U.S. Environmental Protection Agency , Tech. Rep. EPA/600/3-91/073, Environmental Research Lab., Athens, Georgia.

Arceivala, S.J., 1976, Deniz Kirlenmesi ve Atık Suların Denize Deşarjı, Deniz Deşarjında Çevre Faktörü, O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi, 1s, Ankara.

Balkaş, T., 1990, State of Marine Environment in the Black Sea Region, Regional Seas Reports and Studies, No 124, UNEP.

Baykut, F., Aydın, A. ve Artüz, İ.M., 1982, Bilimsel Açıdan Karadeniz, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Benjamin, T.B., 1965, Gravity Currents and Related Phenomena, J. FluidMech., Vol. 31, No. 2.

Blatov, A. S., Bulgakov, N. P., Ivanov, V. A., Kosarev, A. N. and Tuljilkin, V. S., 1984, Variability of the Black Sea Hydrophysical Fields, Edit. B. A. Nelepo, Leningrad Gydrometeoizdat.

Boran, M., 1995, Trabzon Sahillerinde Çeşitli Kirleticilerin Zamansal ve Alansal Dağılımı, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1s

Brewer, P. ve Gand Spencer, 1990, D.W., Distribution of Some Trace Elements in the Black Sea and Their Flux Between Dissolved and Particulate Phases. The Black Sea Geology, Chemistry and Biology, Edited by, E.T. Degends ve D.A. Ross., 10, 137- 143s.

Brooks, N.H., 1960, Diffusion of Sewage Effluent in an Ocean Current , Proc. Intn'l. Conf. Waste Disposal Marine Environ. 1st., Pergamon Press, Oxford, pp 246-267.

Chu, V.H., Jirka, G.H., 1986, Chapter 25: Surface Buoyant Jets, Encyclopedia of Fluid Mechanics, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

Delft Hydraulics Laboratory, 1983, Buoyant Surface Jets in Crossflow , Report on Experimental Investigation-S350-II.

Deuser, W.G., 1971, Organic Carbon Balance of the Black Sea. Deep Sea Res., 18, 995-1004s

Doneker, R.L., and Jirka, G.H., 1990, Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Single Port Discharges (CORMIX1), U.S. Environmental Protection Agency , Tech. Rep. EPA/600/3-90/012, Environmental Research Lab., Athens, Georgia.

Erdal, Ö., 1976, Jet yayılması ve Kütle Denge Denklemi, Bölüm 6, Ulusal Denize Deşarjı Kısa Kursları Notları, O.D.T.Ü., Ankara.

Finenko, Z.Z., 1991, Eutrophication in the Black Sea Waters, The Black Sea Symposium, 123-124s, İstanbul.

Fischer, H.B., List, E.J., Koh, C.Y., Imberger, J, and Brooks, N.H., 1979, Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press, Inc., Vol. 79, No.6.

- Fukuda, M., Itoh, N., ve Sakagishi, S., 1964, Difision Phenomena in Coastal Areas, Advances in Water Pollution Research , Proc. Second Inter. Conf., Tokyo, Pergamon Press, 193-294s, London.
- Ganoulis, J.G., 1994, Engineering Risk Anlysis of Water Pollution , VCH Verlagsgesellschaft mbh, Weinheim.
- Ger, M., 1976, Deniz Kirlenmesi ve Atık Suların Denize Deşarjı, Jet Yayılması ve Kütle -Dengesi Denklemi, Ulusal Denize Deşarjı Kısa Kursları Notları, O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi, Ankara.
- Ger, M., 1976, Jet yayılması ve Kütle Denge Denklemi, Bölüm 6, Ulusal Denize Deşarjı Kısa Kursları Notları, O.D.T.Ü., Ankara.
- Haremoes, P., 1964, A discussion to Ref. 3., 211-214s.
- Hayashi, T., and Shuto, N., 1967, Diffusion of warm Water Jets Discharged Horizontally at Water Surface, Proc. of the 12th Conf. Of the Intern'l. Assoc. For Hyd. Res., Fort Collins, Colorado, Vol.4, pp. 47-59. Hinze, J.O., 1959, Turbulence, McGraw-Hill, USA.
- Holley, E.R., and Jirka G.H., 1986, Mixing in Rivers, Technical Report E-86-11, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.
- Huq, I.P., and Jirka, G.H., 1990, Density Currents From a Radial Source in Stratified Flowing Environments, In Stratified Flows, E.J. List and G.H. Jirka, Ed.s., American Society of Civil Engineers.
- İzdar, E. And Murray, J. M., 1991, Black Sea Oceanography., Kluwer Academic Publusers, Netherlands.

- Jirka, G.H., Abraham, G., and Harleman, D.R.F., 1975, An Assessment of Techniques for Hydrothermal Prediction, M.I.T.- Ralph M. Parsons Lab. For Water Resources and Hydrodynamics Report No.203.
- Jirka, G.H., Adams, E.E., and Stolzenbach, K.D., 1981, Buoyant Surface Jets, Journ. Hyd. Div., ASCE, Vol. 107, No. HY11, pp. 1467-1487.
- Jirka, G.H., and Arita, M, 1987, Density Currents or Density Wedges : Boundary Layer Influence and Control Methods, J. Fluid Mech., Vol 177, pp. 187-206.
- Jones, G.R., Jonathan, D.N., and Jirka, G.H., 1996, Cormix3: An Expert System for Mixing Zone Analysis and Prediction of Buoyant Surface Discharges , DeFrees Hydraulics Laboratory School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, Newyork.
- Jones, J.M., Jirka, G.H., and Caughey, D.A., 1985, Numerical Techniques for Steady Two-Dimensional Transcritical Stratified Flow Problems, with an Application to the Intermediate Field Dynamics of Ocean Thermal Energy Conversion Plants , Argone National Laboratory Report No. ANL/EES-TM-27\1.
- Kiknadze, A.G., 1991, Kosyan, R.D., ve Yesin, N.V., Problems of The Black Sea Coast Protection , The Black Sea Symposium, 85-89s, İstanbul.
- Knipovich, N.M., 1932, Hydrological Investigations in the Black Sea, Trudy Azova-Chernomorsky Nauchnopromyslovoloy Ekspeditsii, 10s
- Kocataş, A., 1986, Oseanoloji, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Koester, G.E., 1974, Experimental Study of Submerged Single - Port Thermal

Discharges, M.S. Thesis, Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, Massachusetts.

Kuhlman, J.M., and Prah, J.M., 1974, Laboratory Modeling of Surface Thermal Plumes, Report No. FTAS/TR-74-102, School of Engineering, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.

Larsen, J., and Sorensen. T., 1968, Chapter 89- Buoyancy Spread of Wastewater in Coastal Regions, Eleventh Conference on Coastal Engineering, London, Vol.2.

Marchuk, G. I., Kordzadze, A. A. and Skiba, Yu. N., 1975, Calculations of Basic Hydrological Fields in the Black Sea, J. Atmosp. Ocean Physics, 11-4, 379-393s.

Mee, L.D., 1990, The Black Sea in Crisis: A need for Concented International Action, *Ambio*, 21, 4, 278-286s.

Moskelenko, L. V., 1976, Calculation of Stationary Wind-Driven Currents in the Black Sea, *Oceanology*, 15.

Motz, L.H., and Benedict, B.A., 1970, Heated Surface Jet Discharged into a Flowing Ambient Stream, Report No. 4, Department of Environmental and Water Resources Engineering, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee.

Neumann, G. and Pierson, W.J., 1966, Principles of Oceanography, Prentice-Hall Inc., Edit. Englewood Cliffs, USA.

Oğuz, T., Latun, V.S., Latif, M.A., Vladimirov, V.V., Kotovschickov, B.B., Eremeev, V.V., and Ünlüata, Ü., 1993, Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea, *Deep-Sea Research I*, 40, 8, 1597-1612s.

Prasuhn, A. L., 1980, Fundamentals of Fluid Mechanics, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632 U.S.A.

- Scorer, R.S., 1959, Behavior of Chimney Plumes, Int'l. Journ. Air Pollution, Pergamon Press, London, Vol. 1 No.4, pp 198-220.
- Simpson, J.E., and Britter, R.E., 1979, The Dynamics of the Head of a Gravity Current Advancing Over a Horizontal Surface, Journ. Of Fluid Mech., Vol. 94, pp. 477-495.
- Skopintzev, B. A., 1953, On the Distribution of Hydrogen Sulphide in the Black Sea, Meterol. Giderol., 7, 37-42s.
- Sorokin, Y.U., 1986, The Black Sea, In: Ecosystems of the World 26. Estuaries and Enclosed Seas, Edited by, B.H. Ketchum, Elsevier Scientific Publishing Company, Newyork, , 253-292.
- Stanev, E. V., 1990, On the Mechanisms of the Black Sea Circulation., Earth-Sci. Rev., 28, 285--319s.
- Stanev, E. V., Truhcev, D. I. and Roussenov, V. M., 1988, The Black Sea Water Circulation and Numerical Modelling of Currents, Kliment Ohridski University Pess, Sofia.
- Sümer, M., 1970, Ağırksız ve Ağırklı Maddelerin Turbulanslı Dispersiyonu, Doktora tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Titov, V. B., 1985, Velocity Distributions of Surface Currents in the Vicinity of North Caucasus Coast of the Black Sea, Oceanology, 25, 8, 314-318s.
- Tuncel, G., Tuncer, G., Güllü, G., 1993, Karadeniz Deniz Kirliliği Ölçüm ve İzleme Projesi, Çevre Bakanlığı, 1s, Ankara.

Uslu, O., ve Türkmen, A., 1987, Su kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, Ankara.

Wolanski, E. J., and Koh, R.J., 1973, Preliminary Report on Secondary Circulation in Surface Buoyant Jets, Tech. Memo No. 73-10, W. M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources , California Institute of Technology, Pasadena, California.

Wright, S.J., 1977, Mean Behavior of Buoyant Jets in a Crossflow , Journ. Hyd. Div., ASCE, Vol. 103, No. HY5, pp.499-513.



TC YATIRIM VE KURULUŞLAR BAKANLIĞI
MÜHÜR

ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında İstanbul'da doğdu. Lise öğrenimini İstanbul Pertevniyal Lisesi'nde tamamladı. 1990 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümünde öğrenime başladı ve 1994' de lisans öğrenimini tamamlayarak Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi ve Kıyı Kaptanı unvanını aldı. 1994 yılında aynı fakültenin Balıkçı Gemileri İnşaatı ve Yönetimi anabilim dalında Yüksek Lisans programına başladı. 1996 yılında KTÜ Sürmene Deniz bilimleri Fakültesi'nde Araştırma görevlisi olarak başladığı görevini 1997 Aralık ayına kadar sürdürmüştür. Daha sonra T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığının açmış olduğu Denizcilik Uzman Yardımcılığı sınavını kazanarak, bu kurumun Gemi İnşa ve Tersaneler Genel Müdürlüğünde başladığı görevine halen devam etmektedir.

Bülent SÖNMEZ