

152235

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERMAL DEŞARJLARIN MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. Özgür Evren VAROL
501011889

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 1 Kasım 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Eylül 2004

Tez Danışmanı : Prof.Dr. İzzet ÖZTÜRK

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sedat KABDAŞLI

Doç.Dr. Erdem GÖRGÜN

EYLÜL 2004

152235

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesi ve yönlendirilmesinde benden bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK'e,

Değerli katkı ve destekleri için Araş. Gör. Dr. Ali Fuat AYDIN, Araş. Gör. Dr. Ebubekir YÜKSEL, Araş.Gör. Ali ERTÜRK ve İnşaat Yüksek Mühendisi Alpaslan Aydın GAKKO'ya,

Yardımları ve anlayışı için Handan YAĞMUR'a

Ayrıca tüm hayatım boyunca bana destek olan ve yol gösteren babam Mehmet.Yaşar VAROL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Özgür Evren VAROL

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. TERMAL KİRLENME	3
2.1.Termal kirlilik Kaynakları	3
2.2.Sıcaklık Değişimlerinin Su ortamı Üzerindeki Etkileri	5
2.2.1.Fiziksel Etkiler	5
2.2.2.Biyolojik Etkiler	7
2.2.3.Kimyasal Etkiler	9
2.3.Termal kirlenmenin alıcı ortamlar üzerindeki etkileri	10
2.4.Termal Deşarj standartları	11
3.DENİZ DEŞARJ SİSTEMLERİNİN TASARIMI ve ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN SAYISAL MODELLER VE DİĞER ARAÇLAR	15
3.1.Giriş	15
3.1.1 Modellerin Sınıflandırılması	15
3.1.1.1 Dağıtık – Ayrık Parametrelili Modeller	16
3.1.1.2 Stokastik – Deterministik Modeller	17
3.1.1.3 Kararlı – Dinamik Modeller	17
3.1.1.4 Mekanistik - Ampirik Modeller	17
3.1.1.5 Redüktonistik - Bütünsel Modeller	17
3.1.1.6 Kalitatif - Kantitatif Modeller	18
3.1.1.7 Yakın Alan-Uzak Alan Modelleri	18
3.1.1.8 Simülasyon – Optimizasyon Modelleri	18
3.1.2 Matematiksel Modelleme Çalışmalarının Uygulanması	18

3.1.2.1 Sayısal Model Seçimi	20
3.1.2.2 Model Kalibrasyonu ve Doğrulanması	20
3.1.2.3 Model Geçerliliği ve Model Kalibrasyonu/Doğrulanması	
Sürecini Takip Eden Adımlar	21
3.2 CORMIX Modeli	22
3.3 PLUMES Model Arabirimi	26
3.3.1 PLUMES Arabirimi Tarafından Desteklenen Modeller	26
3.3.1.1 ULINE	26
3.3.1.2 Roberts-Snyder-Baumgartner (RSB) Modeli	27
3.3.1.3 Updated Merge (UM) Modeli	28
3.3.1.4 Uzak Alan Algoritmaları	29
3.3.2 Visual Plumes Arabirimi Tarafından Desteklenen Modeller	30
3.3.2.1 UM3 Modeli	30
3.3.2.2 Davis-Kannberg-Hirst (DKHW) Modeli	30
3.3.2.3 Prych-Davis-Shirazi (PDSW) Modeli	30
3.3.2.4 NRFIELD	31
3.4 DDBDT Yazılımı	31
3.5 THERMOD	31
3.6 Uzak Alan Modelleri ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin Termal Deşarj Analizinde Uygulanması	33
4. TERMAL DEŞARJ VE DİSPERSİYON MODELİ THERMOD	34
4.1. Termal Modelin (THERMOD) Seyrelme Açısından İncelenmesi	34
4.1.1. Deşarj Sonrasında Oluşabilecek Deşarj Suyu Tarla Tipleri	34
4.1.2. İlk Seyrelmenin Hesaplanması	35
4.1.2.1. Cederwall Denklemleri	35
4.1.2.2. Süreklilik Denklemi	36
4.1.2.3. Tabakalaşmış Ortam İçin Modele Ait Seyrelme Denklemleri	37
4.1.3. İkinci Seyrelmenin Hesaplanması	39
4.2. THERMOD Üzerinde Gerçekleştirilen Değişiklikler	41

5.THERMOD MODELİNİN DOĞRULANMASI ÇALIŞMALARI	43
5.1.Çalışma Alanının Tanıtımı	43
5.1.1. Marmara Denizi ve Boğazlar Sisteminin Genel Özellikleri	45
5.1.1.1.Coğrafi ve Hidrografik Özellikler	45
5.1.1.2.Oşinografik Özellikler	45
5.1.2. Çalışma Alanının Yöresel Özellikleri	46
5.1.2.1. Batimetri	46
5.1.2.2. Akıntılar	46
5.1.2.3. Dalga İklimi	46
5.2.Termal Deşarj Hattının Özellikleri	47
5.3.THERMOD Modeli Üzerinde Eski Tarihli Çalışmalar	48
5.4.Deniz Çalışmaları	49
5.4.1. 18 Haziran 2003 Tarihli Deniz Çalışmaları	49
5.4.2. 5 Ağustos 2004 Tarihli Deniz Çalışmaları	54
5.4.3. Deniz Çalışmalarının Sonuçlarının Karşılaştırılması	58
5.5.THERMOD ile CORMIX Modellerinin Karşılaştırılması	60
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	65
EKLER	69
EK A1Termal Deşarj Ve Dispersiyon Modeli (Thermod) Akım Seması	70
EK A2 Termal Deşarj Ve Dispersiyon Modeli (THERMOD) Program Kodu	74
EK B1 CORMIX-GI 4.2 Girdi Ekranı Görüntüleri	82
EK B2 CORMIX-GI 4.2 Çıktı Ekranı Görüntüleri	87
ÖZGEÇMİŞ	107

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Suyun çeşitli fiziksel özelliklerinin sıcaklığa bağlı değişimi	5
Tablo 2.2. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri	12
Tablo 2.3. Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler	13
Tablo 2.4. Su Ürünleri Yönetmeliği EK-6 “Sulara Boşaltılabilecek Atıklar”	14
Tablo 5.1. Modellerin çalıştırılmasında kullanılan parametreler	60
Tablo 5.2. Modellerin çalıştırılmasında kullanılan alıcı ortam oşinografik yoğunluk değerleri	60



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin yıllar itibariyle gelişimi	3
Şekil 2.2. 2001 yılı türkiye genelinde elektrik enerjisi üretiminin kullanılan enerji türlerine göre dağılımı	4
Şekil 2.3. Atık deşarjı yapılan bir akarsuda değişik sıcaklıklardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının seyahat süresince değişimi	7
Şekil 3.1 Matematiksel modelleme çalışması sürecinin adımları	19
Şekil 3.2 CORMIX 3.20 sisteminin bileşenleri	23
Şekil 3.3 (a) Sınırlı su ortamı (b)Sınırsız su ortamı	25
Şekil 3.4 CORMIX modelinin kullanıcıya sunduğu düşey yoğunluk profili seçenekleri	25
Şekil 3.5 RSB Modeli difüzör konfigürasyonu	27
Şekil 3.6 DDBDT yazılımının kullandığı deşarj sistemi tasarımı algoritması	32
Şekil 4.1.(a). Yüzeyde Tarla (b). Batmış Tarla	35
Şekil 4.2. Jet Eksenindeki Hız ve Sıcaklık Dağılımları	35
Şekil 4.3. Deşarj Sonrası Birinci ve İkinci Seyrelmeye Bağlı Akım Gelişimi	36
Şekil 4.4. Termal Deşarj Modeli İlk Seyrelme Yaklaşımı	37
Şekil 4.5. Termal Deşarj ve Dispersiyon Modelinde İkinci Seyrelme Yaklaşımı	39
Şekil 5.1. Çalışma bölgesinin Türkiye üzerindeki konumu	43
Şekil 5.2. Çalışma alanının yakın civarı	44
Şekil 5.3. Enerji santrali, su alma ve deşarj hatları şematik gösterimi	47
Şekil 5.4. THERMOD ile 2001 yılı deniz ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması	48
Şekil 5.5. 18 Haziran 2004 Tarihli çalışma sırasında ölçüm yapılan istasyonların konumu	50
Şekil 5.6. Deşarj bölgesinde yüzey suyu eş sıcaklık grafiği (Haziran 2003)	52
Şekil 5.7. Deşarj bölgesinde yüzey suyu sıcaklık değişim grafiği (Haziran 2003)	53
Şekil 5.8. 5 Ağustos 2004 Tarihli çalışma sırasında ölçüm yapılan istasyonların konumu	55
Şekil 5.9. Deşarj bölgesinde yüzey suyu eş sıcaklık grafiği (Ağustos 2004)	56

Şekil 5.10. Deşarj bölgesinde yüzey suyu sıcaklık değişim grafiği (Ağustos 2004)	57
Şekil 5.11. 5 Ağustos 2004 Tarihli ölçümlerin yapıldığı koşullarda THERMOD modeli çalıştırılarak elde edilen sıcaklık değişimi grafiği	59
Şekil 5.12. THERMOD ile CORMIX sonuçlarının karşılaştırılması	61



ÖZET

Bu çalışmada, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nce önceden geliştirilmiş olan THERMOD adlı termal deşarj modelinin doğrulanma çalışmalarının tamamlanması ve modelin ürettiği sonuçların ticari bir yazılım olan CORMIX-GI 4.2 modeli ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Modelin doğrulama çalışmaları için Tekirdağ İli Marmara Ereğlisi İlçesi, Sultanköy Bölgesi' nde bulunan bir doğalgaz çevrim santralinin termal deşarj sistemi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında adı geçen bölgede çeşitli deniz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Farklı zamanlarda, farklı yöntemler ile yürütülen deniz çalışmalarında elde edilen sonuçlar, aynı koşullar için model tahminleri ile karşılaştırılmış ve modelin tatminkar sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

Doğrulama çalışmalarının ardından THERMOD modeli ile ticari bir yazılım olan CORMIX modelinin 4.2 versiyonunun deneme sürümü aynı koşullar altında çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda THERMOD modelinin basit yapısına rağmen tatminkar sonuçlar ürettiği ve çeşitli termal deşarjların tasarlanmasında yada etkilerinin belirlenmesinde büyük kolaylıklar sağlayacağı görülmüştür.

SUMMARY

In this study, verification of a thermal discharge model called THERMOD, which developed previously by Istanbul Technical University, Environmental Engineering Department.

For the verification studies, thermal discharge system of a natural gas fired combined cycle plant, established in Sultanköy Region, Marmara Ereğlisi-Tekirdağ is selected. A series of marine field surveys conducted on the selected area and the results are evaluated with comparison to model predictions for the same operation conditions and it is observed that the model predictions are at satisfactory level.

Following the verification studies, for comparison, the model has been run for similar operational conditions with the evaluate version of CORMIX-GI 4.2 software which is an US-EPA approved model for marine wastewater discharges.

As a result, it is concluded that the predictions of THERMOD are satisfactory and it can be used as a supporting tool for thermal discharge systems design or thermal discharge systems impact assessment in aquatic environment.

1.GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Anlam ve Önemi

İnsanlık tarihi boyunca medeniyetler yerleşmek için hep su kenarlarını tercih etmişlerdir. Kıyı alanları hem deniz ticaretine olanak tanımalarıyla hem de sağladıkları görsel güzellikleriyle insanoğlunu cezbetmekte ve barındırdıkları yüksek nüfusa bağlı olarak da insan faaliyetleri sonucunda oluşan çevresel etkilerin yoğun baskısı altında kalmakta ve alanlarındaki insan kaynaklı kirlilik hızla artmaktadır. Sanayileşmede, nüfusta ve ekonomide yaşanan hızlı gelişmeler beraberlerinde hızla artan enerji ihtiyacını da getirmektedir. Günümüzde halen elektrik enerjisi üretim sistemlerinin büyük çoğunluğunda fosil yakıtlı teknolojiler kullanılmaktadır. Bu tür elektrik üretim santrallerinin sistemin ısını alması için kullandıkları soğutma sularının deşarjı önemli çevresel etkilere sahiptir. Bu soğutma sularının zararlı etkilerini en aza indirebilmek için etkin bir deşarj sisteminin tasarlanması gerekmektedir. Bu tür sistemlerin tasarlanmasında da modellerin kullanımı büyük avantajlar sağlamakta ve sistemin muhtemel etkilerinin daha tasarım aşamasında iken belirlenmesini sağlamaktadır.

1.2.Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nce daha önceden geliştirilmiş olan THERMOD adlı termal deşarj modelinin doğrulanması için gerekli deniz çalışmalarının yapılarak elde edilen sonuçların önceki verilerle birleştirilip modelin doğrulanmasını sağlamaktır.

Çalışma alanı olarak Tekirdağ İli Marmara Ereğlisi İlçesi, Sultanköy bölgesinde bulunan bir doğalgaz çevrim santralının termal deşarj sistemi seçilmiştir. Seçilen bu bölgede çeşitli deniz çalışmaları yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar ile benzer koşullar için modelin ürettiği sonuçlar karşılaştırılıp değerlendirilerek modelin doğrulanması sağlanmıştır.

Bölüm 2’de termal kirlenme kaynakları, termal kirlenmenin etkileri ve termal deşarjlarla ilgili yasal düzenlemeler hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 3’te ise konuyla ilgili belli başlı modeller kısaca tanıtılmıştır. Bölüm 4’te çalışmada kullanılan THERMOD modeli ve işleyişı detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bölüm 5’te çalışmanın yürütüldüğü alan hakkında bilgi verilip çalışmada izlenen yöntem ve elde edilen bulgular sunulmuştur.



2.TERMAL KİRLENME

Akarsu, göl, haliç yada denizlerin su sıcaklıklarının sıcak yada soğuk su deşarjları ile normal mevsimsel sıcaklıklarından farklı değerlere ulaşmasına termal kirlenme denmektedir.

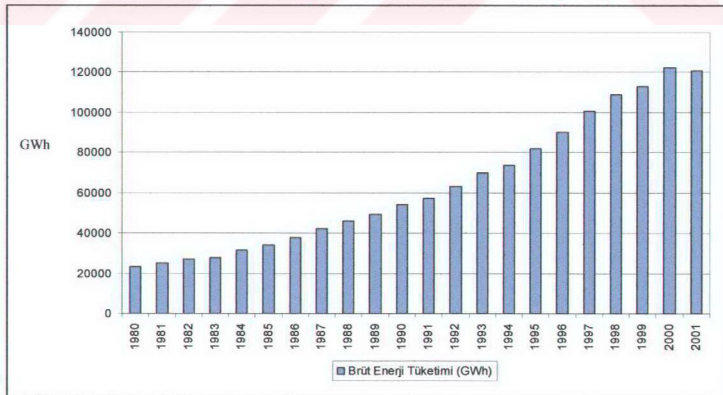
2.1. Termal Kirlilik Kaynakları

Su ortamları için genel termal kirlilik kaynakları olarak

- Soğutma suları
- Toprak erozyonu
- Kıyı alanlarının çoraklaşması
- Kentsel alanlardaki asfalt yüzeylerden gelen yüzeysel akışlar sayılabilir.

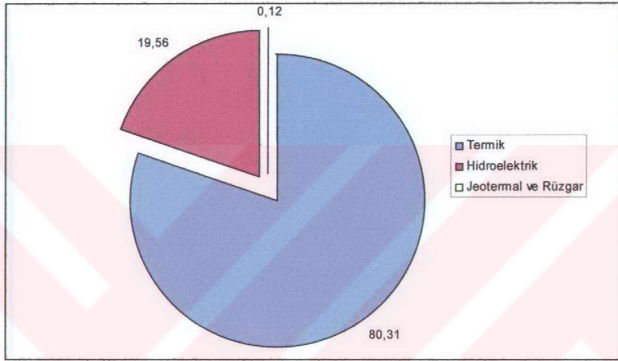
Bu kaynaklar içerisinde özellikle deniz ortamları için en önemli termal kirlenme kaynağı soğutma suyu deşarjlarıdır.

Ülkemizde yaşanan hızlı sanayileşme, kentleşme ve ekonomik gelişmelere paralel olarak elektrik enerjisine olan ihtiyaç da hızlı bir şekilde artmıştır. (Şekil 2.1.)



Şekil 2.1. Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin yıllar itibariyle gelişimi (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerinden derlenmiştir)

Günümüzde Türkiye’de fosil yakıt yakılmasına dayalı teknolojiler ile elektrik üretimi toplam üretim içerisinde %80 lik bir paya sahiptir. (Şekil 2.2.) Fosil yakıt kullanan enerji üretim tesislerinde açığa çıkan ısının sistemden uzaklaştırılması gereklidir. Bu soğutma ihtiyacını karşılamanın en kolay ve ucuz yolu yakınlardaki bir su kaynağından su çekilerek sistemin soğutulması sağlanıp ısınmış suyun tekrar aynı ortama deşarj edilmesidir. Bu şekilde soğutma amacıyla çok büyük miktarlarda su kullanılmakta ve alındığı ortama ısısı artmış bir şekilde verilerek termal kirliliğe yol açmaktadır.



Şekil 2.2. 2001 yılı Türkiye genelinde elektrik enerjisi üretiminin kullanılan enerji türlerine göre dağılımı. (%)
(T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın verilerinden derlenmiştir)

Toprak erozyonu sonucunda su ortamında askıda katı maddeler artmakta ve güneş ışığı soğularak suyun sıcaklığı artmaktadır. Kıyı alanlarındaki çoraklaşmanın termal kirlenmeye etkisi iki yolla gerçekleşir. Birincisi çoraklaşma sonucunda toprak erozyonu artar, bu da yukarıda açıklandığı gibi su kütleinin sıcaklığını artırır. İkinci olarak da bitki örtüsünün sağladığı gölgelerin ortadan kalkmasıyla su ortamı daha çok güneş ışığına maruz kalarak sıcaklığı artar. Bu durum özellikle akarsular için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca kentsel alanların bulunduğu kıyılarda özellikle yaz aylarında ısınmış olan asfalt zeminler üzerinden gelen yüzeyel akış suları da alıcı ortamda termal kirlenme özelliği göstermektedir. Ancak yukarıda bahsi geçen termal kirlenme kaynaklarının etkileri, özellikle deniz ortamlarında, soğutma sularının etkilerine nazaran çok daha düşük seviyelerdedir.

2.2.Sıcaklık Değişimlerinin Su Ortamı Üzerindeki Etkileri

Sıcaklığın su ortamındaki etkileri fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkiler olarak incelenmektedir.

2.2.1.Fiziksel Etkiler

Sıcaklık, suyun su kalitesi yönetiminde önem taşıyan hemen hemen tüm fiziksel özelliklerini etkiler. Tablo 2.1.'de suyun bazı fiziksel özelliklerinin sıcaklıkla değişimi görülmektedir. (Parker ve Krenkel 1970)

Tablo 2.1. Suyun çeşitli fiziksel özelliklerinin sıcaklığa bağlı değişimi
(Parker ve Krenkel 1970)

Sıcaklık °C	Buhar Basıncı mmHg	Viskozite Centipoise	Özgül Ağırlık g/ml	Yüzey Gerilimi Dyn/cm	Oksijen Çözünürlüğü mg/l	Oksijen Difüzitesi m ² /saat	Azot Çözünürlüğü mg/l
0	4,579	1,787	0,99984	75,6	14,6		23,1
5	6,543	1,519	0,99997	74,9	12,8		20,4
10	9,209	1,307	0,99970	74,2	11,3	5,667	18,1
15	12,788	1,139	0,99910	73,5	10,2	6,596	16,3
20	17,535	1,002	0,99820	72,8	9,2	7,525	14,9
25	23,756	0,890	0,99704	72,0	8,4	8,547	13,7
30	31,824	0,798	0,99565	71,2	7,6	9,848	12,7
35	42,175	0,719	0,99406		7,1		11,6
40	55,324	0,653	0,99224	69,6	6,6		10,8

Bu parametreler içerisinde su kalitesi açısından en önemlisi oksijenin çözünürlüğüdür. Çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu sıcaklık, tuzluluk, kısmi basınç gibi çeşitli çevresel etkenlere bağlıdır. Sıcaklık ve tuzluluk arttıkça ve kısmi basınç azaldıkça çözünmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonu azalmaktadır

(Chapra, 1997). Bu etkenlerin çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonuna etkilerini belirlemek için çeşitli amprik denklemler bulunmaktadır. Tatlı suda sıcaklık ile çözünmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonunun ilişkisi için aşağıdaki denklem kullanılabilir (APHA, 1998)

$$\ln(o_{sf}) = -139.34411 + \frac{1.575701 \times 10^5}{T_a} - \frac{6.642308 \times 10^7}{T_a^2} + \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T_a^3} - \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T_a^4} \quad (2.1.)$$

burada,

o_{sf} : Tatlı suda ve 1 atm basınçta oksijenin doygunluk konsantrasyonu [mg/l]

T_a : Mutlak Sıcaklık [$^{\circ}$ K]

Tuzluluk ile oksijenin doygunluk konsantrasyonunun ilişkisi için ise aşağıdaki denklem kullanılabilir.

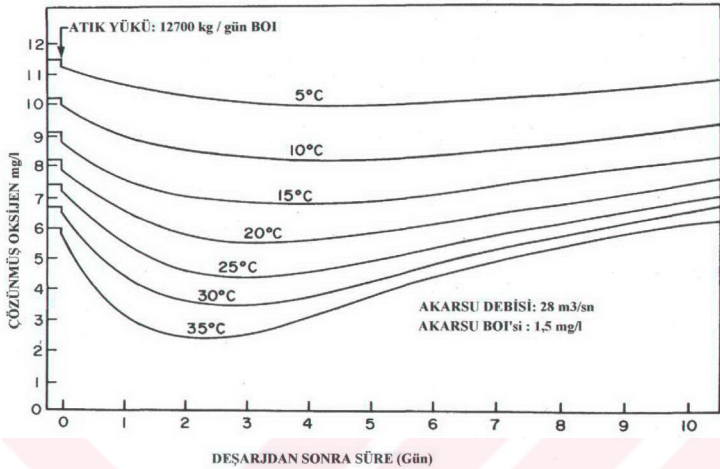
$$\ln(o_{ss}) = \ln(o_{sf}) - S \left(1.7674 \times 10^{-2} - \frac{1.0754 \times 10^1}{T_a} + \frac{2.1407 \times 10^3}{T_a^2} \right) \quad (2.2.)$$

burada,

o_{ss} : 1 atm basınçta, tuzlu suda oksijenin doygunluk konsantrasyonu [mg /l]

S: tuzluluk [ppt]

Artan sıcaklık ve deniz ortamlarındaki tuzluluğa bağlı olarak düşük seviyelerde olan oksijen konsantrasyonlarına artan biyolojik aktivite sonucu yükselen oksijen tüketim hızının da eklenmesiyle ortamın kirlilik yüklerine karşı hassasiyeti ve oksijensiz koşullara geçme eğilimi de artacaktır. Şekil 2.1.' de bir akarsuya yapılan deşarj sonrasında çeşitli sıcaklık değerleri için çözünmüş oksijen konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi görülmektedir.



Şekil 2.3. Atık deşarjı yapılan bir akarsuda değişik sıcaklıklardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının seyahat süresince değişimi.
(Parker ve Krenkel, 1970)

Grafikte de görüldüğü gibi akarsu sıcaklığı 5°C iken atık deşarjı sonucunda çözünmüş oksijen konsantrasyonu 10mg/l seviyesine düşerken sıcaklığı 35°C olduğu durumda aynı atık yükü ile çözünmüş oksijen konsantrasyonları 2,5 mg/l seviyesine kadar düşebilmektedir.

Sıcaklık arttıkça suyun viskozitesi azalacağından çökelme hızları ve sedimentasyon artacaktır. Bu da alıcı ortamda sediment birikimine ve çamur problemine yol açabilmektedir.

2.2.2.Biyolojik Etkiler

Alıcı ortamlardaki sıcaklık değişiklikleri biyolojik hayatın oluşumunu ve davranışını etkileyen en önemli faktördür. Büyüme ve ölüm hızlarındaki değişiklikler nedeniyle atıkların stabilizasyonundaki biyolojik proseslerde mikroorganizmalar üzerindeki sıcaklık etkileri son derece önemli olmaktadır.

Genel olarak, başka bir etken veya sıcaklık sınırlandırıcı bir faktör olana kadar sıcaklıktaki artış mikrobiyal aktiviteleri hızlandırmaktadır. Böylece, optimum şartlara göre termofilik organizmaların aktiviteleri psikofilik organizmalara göre çok daha

fazla olmaktadır. Araştırmalar sıcaklığın atık arıtma proseslerindeki bu bilinen etkilerinin geçerliliğini doğrulamıştır. (Parker ve Krenkel, 1970)

Su Kalitesi Yönetiminde fekal kirliliğin göstergesi olan E.Koli özel bir ilgiye sahiptir. Alıcı ortamlardaki sıcaklık artışı bu organizmanın optimum büyüme şartlarını oluşturmaktadır. Laboratuvar araştırmalarında biyolojik oksidasyon hızını açıklamada genellikle kullanılan k_1 hız sabiti aşağıdaki denklemde açıklanmıştır:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L \quad (2.3)$$

Bu denklemde;

L : Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

t : zaman (gün)

k_1 : hız sabi (1/gün)'dür.

Sıcaklık oksidasyon hızı üzerinde bilinen önemli bir etkindir. Normal Alıcı ortamlarda herbiri kendi karakterleri ve sıcaklık toleransları olan çok çeşitli organizmalar atıkların giderilmesinde aktif rol oynamaktadır. Farklı metabolizma hızlarına sahip olan türlerle organizmaların dağılımı sıcaklık değişimlerine veya atık çeşitlerine göre önemli değişiklikler gösterebilmektedir. Kompozit metabolizmalar çoklu reaksiyonlardan oluşmaktadır ve herbiri kendi karakterlerine göre sıcaklık değişimlerinden etkilenmektedir. Halen BOİ reaksiyon hızının sıcaklığa göre değişimini açıklayan aşağıdaki yarı ampirik formül kullanılmaktadır.

$$k_{1(T)} = k_{1(20)} \theta^{(T-20)} \quad (2.4)$$

Bu denklemde;

$k_{1(T)}$: T sıcaklığında BOİ hızı sabiti. °C

$k_{1(20)}$: 20 °C da hız sabiti

θ : genellikle 1.047 alınan sabittir

Bu formül önceleri 2-40°C arasında geçerli kabul edilmiştir. Ancak bazı çalışmalar maksimum reaksiyon hızına 30°C'da ulaşıldığını ve daha yüksek sıcaklıklarda reaksiyon hızının azaldığını göstermiştir. Aynı zamanda θ değerinin düşük

sıcaklıklarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu buluşların rasyonel olarak açıklaması şöyle yapılabilir.

Yüksek sıcaklıklarda reaksiyon hızının azalması enzimlerin aktivasyonlarının azalması ve düşük sıcaklıklardaki yüksek hız değişiklikleri ise psikofilik organizmalar yerine mezofilik popülasyonun dominant olması ile açıklanabilir. Denklem (2.4) ile hesaplanan değişik sıcaklık aralıklarındaki reaksiyon hızı değişiklikleri şöyledir:

$$05-15^{\circ}\text{C}, \theta = 1.109$$

$$15-30^{\circ}\text{C}, \theta = 1.042$$

$$30-40^{\circ}\text{C}, \theta = 0.967$$

5-30 °C aralığı için ortalama değer 1.071 dir.

Fakat şu husus özellikle belirtilmelidir ki birçok araştırmacının bu konuda hemfikir olduğu söylenemez. Zira BOİ reaksiyon hızı atık karakteri ve atıkları oksitleyen biyolojik popülasyon ile değişmektedir. Farklı koşullarda ve farklı biyolojik popülasyonlarda sıcaklık katsayıları ve sıcaklığın etkileri değişebilecektir. Diğer bir çalışmada yüksek sıcaklıklarda, örneğin 35°C ve üzerinde 5 günden önce nitrifikasyonun başladığı belirlenmiştir.

Çeşitli çalışmalar ve araştırmalar bütün sıcaklıklarda BOİ reaksiyon hızının 2. derece bir reaksiyon olduğu, nitrifikasyon olayının optimum 22-30°C civarında ve θ katsayısının hemen hemen yukarıda verilen mertebelerde olduğunu göstermiştir.

Sıcaklığın klor bileşiklerinin bakteri ve virüsler üzerindeki etkileri de önem taşımaktadır. Örneğin sıcaklıktaki 20°C'lık düşüş olması %100 ölüm için 2,5 kat daha fazla kloramin veya 9 kat daha fazla temas süresi gerektirmektedir. Virüslerle ilgili araştırmalarda 10°C' daha düşük sıcaklık %200-%300 daha fazla klor gerektirmektedir. (Parker ve Krenkel, 1970)

2.2.3.Kimyasal Etkiler

Sıcaklık artışının çoğu kimyasal reaksiyon üzerinde önemli etkisi vardır. Sıcaklıktaki 10°C'lık artış reaksiyon hızını yaklaşık iki katına çıkarmaktadır (Parker ve Krenkel 1970). kimyasal denge sabiti k'nın sıcaklıkla değişimi Denklem (2.5)'te ifade edilmektedir.

$$\frac{d(\ln k)}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} \quad (2.5)$$

Bu denklemde::

T :Sıcaklık (°K)

E_a :Aktivasyon enerjisi (Cal/mol)

R :Gaz sabiti (cal/°K mol)

Denklem (2.5)'in T₁ T₂ aralığında integrali alınırsa;

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a(T_2 - T_1)}{RT_1T_2} \quad (2.6)$$

Aktivasyon enerjisi E_a , bir kimyasal reaksiyonun gerçekleşebilmesi için gerekli olan enerjidir. Çoğu reaksiyon için çizilecek olan ln k- 1/T grafiğindeki doğrunun eğimi – E_a/R değerine eşit olacaktır. Buradan da E_a aktivasyon enerjisi bulunabilir.

Alıcı ortamlardaki sıcaklık değişimlerinin ortamın iyonik gücü, iletkenliği, çözünürlüğü ve koroziyifliği gibi kimyasal özelliklerini de değiştireceği göz önünde bulundurulmalıdır.

2.3.Termal Kirlenmenin Alıcı Ortamlar Üzerindeki Etkileri

Termal kirlenmenin etkilerinin hassas bir şekilde belirlenmesi zordur. Çok genel olarak iki etki türü ayırt edilebilmektedir. Bunlar termal şok ve termal zenginleşme olarak adlandırılmaktadır. Termal şok bir bölgedeki ortam sıcaklığının ani olarak değişmesidir ve balıkların toplu ölümleri gibi ani ve hemen fark edilebilen etkileri olabilmektedir. Termal zenginleşme ise bir bölgenin sıcaklığının uzun süreli olarak normal sıcaklığından farklı bir değerde kalmasıdır.

Sıcaklık artışlarının ekosistemler üzerinde önemli etkileri olmaktadır. Sadece 1 veya 2°C'lık sıcaklık artışları bile önemli çevresel etkilere sahiptir. Sıcaklık artışı fotosentez ve sucul bitki gelişimini de arttırmakta ve aşırı alg gelişimine sebep olmaktadır. Aşırı bitki gelişimi ölü organik madde miktarındaki artış anlamına gelmektedir. Bu ölü organik maddeler bakteriler tarafından oksijen kullanılarak parçalanmakta bu da oksijen tüketimini arttırmaktadır. Bunun yanısıra su sıcaklığı arttıkça su canlılarının da metabolizma hızları artacak ve hem besin maddelerinin hem de oksijenin tüketimi artacaktır. Sıcaklıktaki artışa bağlı olarak çözünürlüğü

düşmüş olan oksijen miktarının tüm bu ihtiyaçları karşılaması mümkün olmayacaktır. Yukarıda bahsi geçen etkiler biraraya geldiğinde ortamda bulunan ve oluşan yeni koşullarda yaşaması mümkün olmayan canlıları göçe zorlamakta, göç edemeyenlerin ise zarar görmelerine veya ölümlerine sebep olmaktadır.

Enerji üretim tesislerinde soğutma amacıyla bir yüzeysel su kaynağından su alındığı durumlarda çok miktarda su çekilmesi gerekmektedir. Saniyede 9-10 m³'ün üzerinde soğutma suyu debilerine rastlanmaktadır. Alıcı ortamdan içerdikleri tüm biyolojik bileşimiyle birlikte alınan bu çok miktardaki su soğutma sisteminde ani olarak sıcaklığının artmasıyla ve taşıma sistemindeki (borular, pompalar v.b.) fiziksel etkiler ile biyolojik içeriğinin büyük bir kısmını kaybetmiş olarak tekrar ortama deşarj edilir. Bu 500MW güç üretim kapasiteli bir tesisin soğutma amacıyla günde yaklaşık 800.000 m³ su kullandığı ve bu kadar suyu ısınmış ve biyolojik bileşimi önemli ölçüde değişmiş bir şekilde ortama geri verdiği anlamına gelmektedir. Ayrıca ortama sıcak su deşarjı yapan enerji tesisin işletme koşullarında oluşabilecek değişiklikler doğrudan soğutma suyu deşarjına yansiyacak ve ani sıcaklık değişimlerine yol açacaktır (Öztürk ve diğerleri 2000). İşletme sırasında oluşan bu olumsuz etkilerin yanısıra termal deşarj hatlarının inşaatı sırasında da ortamda bulanıklığın artması ve taban flora ve faunasına zarar verilmesi gibi olumsuz etkiler oluşmaktadır (Öztürk ve diğerleri 2000).

Termal deşarjların bazı faydalı etkileri de bulunmaktadır. Örneğin sıcaklık artışı gözlenen bölgelerde ticari değeri olan deniz canlılarının avlanan miktarlarında da artış gözlenmiştir. Ancak bu artış çoğunlukla kış aylarıyla sınırlı kalıp yaz aylarında avlanan miktarların normalden daha düşük değerlerde kalabildiği belirlenmiştir (Parker ve Krenkel, 1970). Ayrıca soğutma suyu olarak tatlı su kullanan tesislerin sıcak çıkış sularının tarımsal sulamada kullanıldığında ürün yetiştirme süresi uzatılabilmektedir.

Bu ve benzeri faydalı etkilerine rağmen termal deşarjların zararlı etkileri ağır basmaktadır ancak günümüz enerji üretim teknolojilerinin doğurduğu soğutma ihtiyacı çoğu zaman termal deşarjların yapılmasını kaçınılmaz hale getirmektedir. Yapılacak olan detaylı ön çalışmalar sonucunda uygulanacak etkin bir termal deşarj sistemi ile bu etkilerin en aza indirilmesi sağlanabilmektedir.

2.4.Termal Deşarjlarla İlgili Halihazırdaki Yasal Durum

2.4.1.Ulusal Mevzuat

Ülkemizde halihazırda yürürlükte olan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY) Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler ve standartlar Madde 35 ve Tablo 22 ve 23'te belirtilmiştir.

Yönetmeliğin 35. maddesinin A bendine göre denize bu Yönetmelikle denize verilebileceği kabul edilen atıksuların deşarj edilebilmesi için projedeki ilk seyrelme S_1 değerinin 40'ın altında bulunmaması, tercihan $S_1 = 100$ olması gerekmektedir. Yönetmelikte denize verilebilecek nitelikteki atıksular Tablo 2.2. de verilmiştir. Bu hüküm genel olarak tüm deniz deşarj sistemlerini kapsadığı için termal deşarj sistemlerinin projelendirilmesinde de ilk seyrelmenin belirtilen değerleri sağlaması gerekmektedir.

Tablo 2.2: Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri (SKKY 1988, Tablo 22)

Parametre	Sınır	Düşünceler
pH	6-9	
Sıcaklık	35 °C	
Askıda katı madde (mg/l)	350	
Yağ ve gres (mg/l)	10	
Yüzer maddeler 5 günlük	Bulunmayacaktır	
biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ ₅ (mg/l)	250	
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ (mg/l)	400	
Toplam azot (mg/l)	40	
Toplam fosfor (mg/l)	10	
Yüzey aktif maddeler (mg/l)	10	
Diğer parametreler		Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır. Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Yönergesi'nde bu parametreler için verilen sınır değerlere uymalıdır.

Aynı yönetmelikte termal deşarjlar ile ilgili verilmiş olan hükümler Tablo 2.3. te gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler
(SKKY 1988, Tablo 22)

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

Ayrıca Tablo 2.4.'te Su Ürünleri Yönetmeliği'nde EK-6 olarak "Sulara Boşaltılabilecek Atıklar" başlığı altında verilen, denize verilebilecek atıksular için getirilmiş çeşitli sınırlamalar belirtilmiştir.

Enerji üretim tesislerinin soğutma sistemlerinde midye, alg vb. biyolojik gelişimin önlenmesi için zaman zaman şok klorlama işlemine başvurulmaktadır. Bu işlem sırasında klor dozlaması yapılırken klorlama sonucunda ortama verilecek olan serbest klor miktarının Tablo 2.4.'te verilen 0.5mg/l değerinin üzerine çıkmamasının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca aynı yönetmelikte EK-5 te alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler tanımlanmıştır. Buna göre serbest klor için birinci seyrelme sonucunda ortamda bulunmasına izin verilecek en yüksek konsantrasyon 0,01mg/l olarak verilmiştir.

Tablo 2.4. Su Ürünleri Yönetmeliği (1995) EK-6 “Sulara Boşaltılabilecek Atıklar”

PARAMETRELER	KABUL EDİLEBİLİR (TOLERE) DEĞER MİLGİGRAM/LİTRE
1- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BO15) 20 C (2)	50.0
2- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOl) (2)	170.0
3- Askıda Katı Madde	200.0
4- Yağ ve Gres (Evsel Atıklardan)	30.0
5- Yağ ve Gres (Endüstriyel Atıklardan)	10.0
6- Fenoller (1)	5.0
7- Serbest Siyanür	0.06
8- Toplam Siyanürler	0.3
9- Serbest Klor	0.5
10- Toplam Sülfür	1.0
11- Nitrat Azotu	5.0
(24 Ekim 1999 tarih ve 23856 sayılı Resmi Gazete’de ilan edilen değişiklik)	
12- Toplam Fosfor	1.0
(23 Ağustos 1995 tarih ve 22383 sayılı Resmi Gazete’de ilan edilen değişiklik)	
13- Amonyak Azotu	0.2
14- Florür	20.0
15- Civa (1)	0.01
16- Kadmiyum (1)	0.05
17- Kurşun (1)	0.5
18- Arsenik (1)	0.5
19- Krom (Toplam) (1)	0.5
20- Bakır (1)	0.5
21- Nikel (1)	0.5
22- Çinko (1)	2.0
23- pH değeri	5-9
24- Zehirlilik Seyreltilmemiş atıkta, test edilen balıkların 48 saat sonunda %20 sinden fazlası ölmemelidir.	
25- Fekal koliform Çift kabuklu yumuşakçaların istihsal yerlerine deşarj edilecek atıklardan alınan numunelerde, Fekal Koliform miktarı 10 EMS/100 ml den fazla olamaz. 100 EMS/100 ml. Olan değerler ancak numunelerin % 20 sinde bulunabilir. Diğer su ürünlerinin yetiştirildiği veya istihsal edildiği alanlarda ise, atık su numunesinde Fekal Koliform 200 EMS/100 ml’den fazla olamaz. Çift kabuklu yumuşakçalarda intervalvular (kabuklararası) sıvılarda Fekal Koliform miktarı ise 300 EMS/100 ml’den fazla olamaz.	

2.4.2.Amerika Birleşik Devletlerinin Termal Deşarjlarla İlgili Yasal Düzenlemeleri

Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA)’nın termal deşarjlar ile ilgili sınırlamalarında birinci seyrelme sonucunda izin verilen en yüksek sıcaklık değişimi yaz ayları için 1,5 °C kış ve bahar ayları için ise 4°C’dir. (Aydın ve diğerleri, 2001).

3. DENİZ DEŞARJ SİSTEMLERİNİN TASARIMI ve ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN SAYISAL MODELLER VE DİĞER ARAÇLAR

Bu bölümde, deniz deşarj sistemlerinin tasarımı ve çevresel etkilerin belirlenmesinde kullanılan sayısal modeller üzerinde durulmuştur.

3.1 Giriş

Matematiksel modelleme, 1960'lı yılların sonlarından beri su kaynakları yönetiminde kullanılan güçlü bir araçtır. Bilişim teknolojisinin gelişimine paralel olarak son 20 yılda matematiksel modellerin kullanımı hızla yaygınlaşmış ve birçok kurum tarafından herkesin kullanımına açık birçok matematiksel model geliştirilmiştir. Matematiksel modeller, doğru kullanıldıklarında ekolojik sorunların çözülmesi ile ilgili çalışmalarda zaman ve para tasarrufu sağlamak ve sorunların çözümünü kolaylaştırmaktadırlar. Matematiksel modeller yardımıyla gelecek senaryolarının kurulup, sürdürülebilir kalkınma da göz önünde bulundurularak çeşitli yönetim planlarının yapılması ve bu planlara göre yapılacakların ve alınacak önlemlerin çevresel etkilerinin ve maliyetlerinin önceden belirlenerek en uygun planın seçilmesi mümkündür.

3.1.1 Modellerin Sınıflandırılması

Bilim ve mühendislikte fiziksel ve matematiksel modeller olmak üzere iki tür model kullanılmaktadır.

Fiziksel modeller, gerçek sistemin herhangi bir ölçeğe göre küçültülerek laboratuvar ortamında kurulmalarıyla elde edilmektedirler. Bu modellerde gerçek sistemde doğal nedenlerle oluşan süreçler, laboratuvar ortamında sınır koşullarını temsil eden yapay itici güçlerin etkisiyle oluşturulmakta ve özel olarak geliştirilmiş izleme yöntemleri ile izlenerek sonuçlar yorumlanmaktadır. Doğal sistemlerin karmaşık yapıları nedeniyle fiziksel modeller yardımıyla tüm doğal koşulların oluşturulması çoğu durumda mümkün olmamaktadır.

Matematiksel modeller, gerçek sistemdeki süreçleri temsil eden matematiksel denklemler kullanılarak günümüzde genellikle bilgisayar ortamında, sanal olarak kurulmaktadır. Matematiksel modeller ile, fiziksel modelleme çalışmalarında elde edilemeyecek koşulların simülasyonları yapılabilmektedir. Önemli olan modelin doğru kurulması ve modele doğru girdilerin sağlanmasıdır. Bu tez çalışmasında “model” terimi kullanıldığı zaman aksi belirtilmedikçe matematiksel modeller algılanmalıdır.

Ekosistem modellerinin sınıflandırılması, değişik kategorilere göre yapılmaktadır. Bu kategoriler:

1. Dağıtık ya da ayrık parametrelili modeller
2. Stokastik ya da deterministik modeller
3. Kararlı hal ya da dinamik modeller
4. Mekanistik ya da amprik modeller
5. Redüktonistik ya da bütünsel modeller
6. Kalitatif ya da kantitatif modeller
7. Yakın alan ya da uzak alan modelleri
8. Simülasyon ya da optimizasyon modelleri

Bunlardan başka, modelin konumu kaç boyuta (0, 1, 2 veya 3 boyut) göre belirlendiğine, model türüne (taşıma, kinetik, hidrodinamik, vb.), kullanılan konum ve zamanda ayrıklaştırma ya da matematiksel çözüm yöntemine (analitik, sonlu farklar, sonlu hacimler, sonlu elemanlar, vb.) göre yapılan sınıflandırmalar mevcuttur.

3.1.1.1 Dağıtık – Ayrık Parametrelili Modeller

Dağıtık parametrelili modellerde, model parametreleri konumun ve zamanın sürekli işlevleridirler. Ayrık parametrelili modellerde ise model ağı kontrol hacimlerine ayrılmakta ve her kontrol hacminde zamana göre değişken olmayan model parametreleri kullanılmaktadır. Genellikle ayrık parametrelili modeller adi, dağıtık parametrelili modeller ise kısmi türevli diferansiyel denklemlerden oluşmaktadırlar.

3.1.1.2 Stokastik – Deterministik Modeller

Deterministik modellerde model katsayıları kesin sayılar olarak verilmekte ve bu nedenle her model çalıştırılması sonucu zaman ve konumda koşullara, zamana ve konuma göre değişken, ancak tekil sonuçlar elde edilmektedir. Stokastik modellerde ise model katsayıları olasılık yoğunluk işlevleri olarak verilmekte ve bu nedenle tekil sonuçlar yerine model değişkenlerinin olasılık dağılımları elde edilmektedir. Stokastik modeller, rasgele hataların ya da sistemdeki diğer belirsizliklerin de benzetime dahil edilmesini sağlamaktadırlar. Ancak bu tür modellerin çalıştırılması için yüksek bilgisayar kaynağı gerekli olabilmektedir.

3.1.1.3 Kararlı – Dinamik Modeller

Kararlı modellerde durum değişkenleri zamana göre sabittir. Dinamik modellerde ise bu değişkenler zamana göre sabit değildirler.

3.1.1.4 Mekanistik - Ampirik Modeller

Ampirik modeller veri analizine, mekanistik modeller ise kuramsal temellere dayandırılmış modellerdir. Kara kutu modelleri olarak da adlandırılan ampirik modeller, genellikle uygulanmaları oldukça kolay, ancak veri analizinin yapıldığı sistem veya benzer sistemlerde güvenilir sonuçlar veren modellerdir. Mekanistik modeller ise sistemi daha genel ve değişik sistemlere uygulanabilir kuramlar (örneğin termodinamiğin birinci kanunu) tanımladıklarından uygulanmaları daha karmaşık ancak ilgili katsayılar belirlendikten sonra ampirik modellere göre daha çok sayıda sisteme uygulanabilir modellerdir.

3.1.1.5 Redüktonistik - Bütünsel Modeller

Redüktonistik modeller, bir sistemi mümkün olduğu kadar detaylı olarak ele almaktadırlar. Bu özellikleri, isimleri ile zıt gibi görünse de burada kastedilen bu modellerin sisteme özel detayları olduğu gibi ele almaları, dolayısıyla model çatısını çalışılan sistem özeline indirgemeleridir. Bütünsel modellerde ise genel sistem prensipleri ile bir sistemi ele alırlar. Bu sistem prensipleri ile ortaya konulan süreçler sistemdeki özel koşulların simülasyonu ilgili model girdileri yardımıyla yapabilmektedirler.

3.1.1.6 Kalitatif - Kantitatif Modeller

Kantitatif modeller, matematiksel olarak kesin sayısal sonuçlar üretmektedirler. Nitel modeller ise daha az girdi verisine ihtiyaç duyan ve matematiksel olarak kesin sayısal sonuçlar üretmeyen modellerdir. Bu modeller sistem davranışı ile ilgili nispeten kaba ancak sistem gidişinin daha rahat anlaşılabilirdiği sonuçlar üretmektedirler.

3.1.1.7 Yakın Alan-Uzak Alan Modelleri

Karışımın tamamlandıktan sonraki süreçlerin simülasyonunu yapan modeller uzak alan modelleri, karışım bölgesindeki süreçlerin simülasyonunu yapan modeller ise yakın alan modelleri olarak adlandırılmaktadır.

3.1.1.8 Simülasyon – Optimizasyon Modelleri

Benzetim (simülasyon) modelleri sistemi açıklayabilmekte ancak en iyi çözümün ne olduğu ile ilgili yorumunu kullanıcıya bırakmaktadır. Optimizasyon modelleri ise en iyi çözümü belirlemek amaçlı algoritmalar içermektedirler.

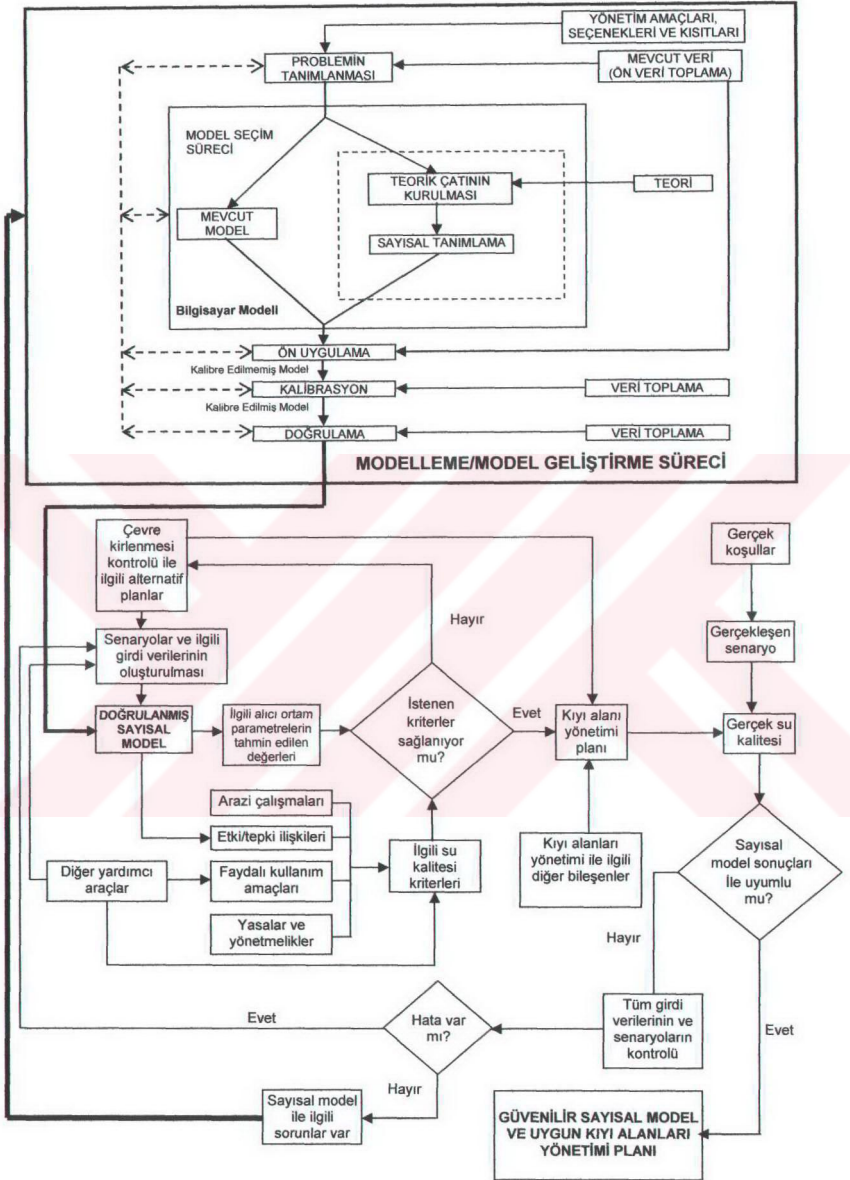
3.1.2 Matematiksel Modelleme Çalışmalarının Uygulanması

Derin deniz deşarjlarının modellenmesi; çalışmanın amaç ve kapsamına göre

- çevre bilimleri
- sucul ortamların ekosistemi
- su ortamının fiziki ve kimyası
- bilişim ve mühendislik bilimleri

gibi bir çok disiplini içine alan ve uzmanlık gerektiren bir çalışmadır. Bu çalışmalar sırasında, duruma göre oldukça detaylı veri analizlerinin veya yüksek maliyetli arazi çalışmalarının da yürütülmesi gerekebilmektedir.

Deniz deşarj sistemlerinin tasarımında optimizasyon ya da çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılabilecek bir matematiksel modelleme çalışması sürecinin adımları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Matematiksel modelleme çalışması sürecinin adımları (Thomann ve Mueller (1987) ve Chapra, (1997))

3.1.2.1 Sayısal Model Seçimi

Modelleme sürecinin ilk adımlarından biri olan sayısal model seçimi oldukça önemlidir. Deniz deşarjları ile ilgili simülasyonlarda kullanılan sayısal modeller:

- Deniz ortamındaki akıntı, türbülans, tabakalaşma gibi taşınımı etkileyen fiziksel prosesleri sayısal ortamda doğru karakterize edebilecek uygun matematiksel denklemleri içerebilmelidir.
- Deşarj sisteminin özelliklerini (çıkış deliği sayısı ve birden çok çıkış deliğinin varlığı, riser varlığı, çıkış deliği yapılarının çan şeklinde mi yoksa keskin kenarlı mı oldukları, vb.) simülasyona yansıtılabilmelidir.
- Deşarj sisteminin işletme koşullarını simülasyona dahil edebilmelidir.

Deniz deşarjlarının simülasyonlarında kullanılabilecek çok sayıda sayısal model mevcuttur. Bu modellerin bazıları genel amaçlı, bazıları ise özel amaçlar için geliştirilmiştir. Roberts,-Syndner-Baumgarten (RSB) (Roberts ve diğerleri, 1989 a,b,c) gibi deneysel veri yardımıyla geliştirilmiş modeller kullanılmadan önce hangi ortamlarda uygulanabilir oldukları çok iyi anlaşılmalı ve modelin uygulandığı gerçek ortam ile deneylerin yapıldığı ya da verilerin toplandığı diğer ortamlar arasındaki farklılıklar mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Sayısal modellerin çoğu, hatalı girdilerle de sonuç verebildikleri için, model seçimi sırasında yapılabilecek hatalar fark edilemeyebilirler. Bu durumda hatalı ve geçersiz sonuçların elde edilme olasılıkları vardır. Bu sonuçlara göre tasarlanan sistemlerin neden oldukları problemlerin çözülmesi bazen ancak uzun sürede ve yüksek masraflar yapılarak çözülebilmektedirler.

3.1.2.2 Model Kalibrasyonu ve Doğrulanması

Hem mekanistik hem de ampirik modeller, değerleri deniz ortamı özelliklerine göre değişken olan katsayılar içermektedirler. Bu katsayıların modellenen alıcı ortamı temsil eden değerlerinin bulunması gerekmektedir. Bu süreç, “model kalibrasyonu” olarak adlandırılmaktadır. Kalibrasyondan sonra ise, aynı ortam için aynı katsayılarla kullanılarak farklı giriş verisi seti için simülasyon yapılır ve o koşullarda elde edilmiş ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırma yapılır. Modelin kalibrasyonu ile doğrulanması birbirlerinden mümkün olduğu kadar farklı koşullar için yapılmalıdır. Örneğin kalibrasyon yaz aylarında yapıldıysa doğrulama kış aylarında yapılmalıdır.

3.1.2.3 Model Geçerliği ve Model Kalibrasyonu/Doğrulaması Sürecini Takip Eden Adımlar

Modelleme, modellenen sistem ortamda etkisini sürdürdüğü süreçte devam eden bir süreçtir. Model kalibrasyonu ve doğrulaması, modelin bu adımlar için çalıştırıldığı yıllar ve çevre/sistem koşullarında geçerli olduğunu göstermektedir. Ancak sistem ve çevrede

- Yakında ikinci bir deniz deşarj hattının yerleştirilmesi ya da mevcut ikinci deşarj hattının işletme koşullarının değiştirilmesi
- Deşarj hattında ya da hat arkasındaki sistemde değişiklikler yapılması
- Deniz ortamında değişiklikler (örneğin batimetrisinin zamanla değişmesi, yakın çevrede inşa edilen büyük kıyı yapıları nedeniyle akıntı ve dalga koşullarının değişmesi)

gibi nedenlerle önceden kurulan modeller geçerliliklerini kaybedebilmektedirler. Bu sorun, bazı durumlarda kalibrasyon/doğrulama adımlarının tekrarlanması gibi işlemlerle çözülebilirken bazen daha önce kullanılmakta olan modelin geçerliliğini tamamen ortadan kaldırmakta ve farklı sayısal modellerin kullanıldığı yeni modelleme çalışmalarının başlatılmasını gerektirebilmektedir.

Model geçerliliğinin ve güvenilirliğinin korunduğu durumlarda dahi, modelleme çalışmalarının sürdürülmeleri gerekebilmektedir. Örneğin deniz ortamı ve deşarj hattının işletme durumu değişmemekle birlikte, deniz ortamı su kalitesi kriterleri, konu ile ilgili kanun ve yönetmelikler değişebilmekte ya da su kalitesi kriterlerine geçmiş dönemlerdeki mevzuat ve yönetmeliklere dahil edilmemiş olan yeni parametreler eklenebilmektedir.

Model geçerliği ve güvenilirliğini azaltan bir başka neden de deşarj hattının yakın çevresindeki uzun sürede gerçekleşen ekolojik değişimlerdir. Ekolojik değişimler bazı durumlarda deniz ortamını etkileyebilmekte ve daha önceden geçerli olan model katsayılarının değiştirilmesini gerektirebilmektedir. Ayrıca daha önceden belirlenen genel deşarj standartlarının ve kriterlerinin bölgeye özel sınımlarının belirlendiği durumlarda farklı standart ve kriterler için yeni modelleme çalışmalarının yapılması gerekebilmektedir.

3.2 CORMIX Modeli

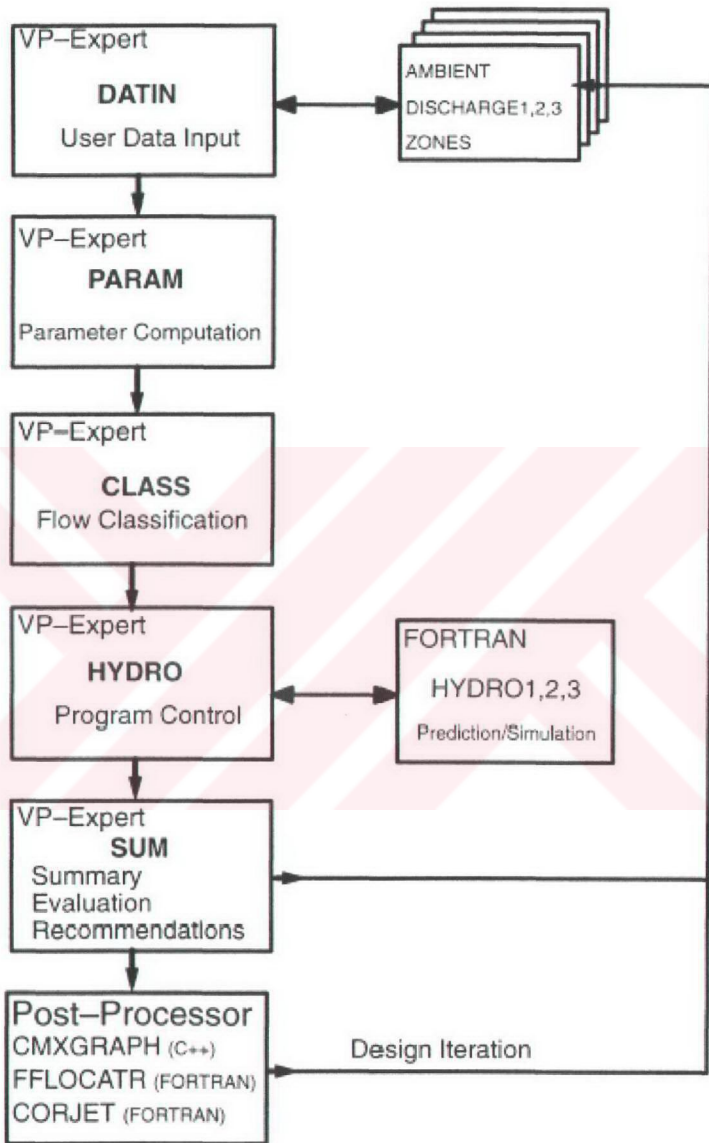
CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System), değişik su ortamlarına konvansiyonel veya toksik değarj sistemlerinin analizi, modellenmesi ve tasarımı ile ilgili hesapların yapılmasında kullanılan bir karar destek sistemi aracıdır (Jirka ve diğerleri, 1996). CORMIX Cornell Üniversitesi tarafından USEPA (United States Environmental Protection Agency) için 1980'li yılların sonları ve 1990'lı yılların başlarında geliştirilmiş bir modeldir. CORMIX önce EPA'ya bağlı CEAM (Center for Exposure Analysis Modeling) tarafından ücretsiz olarak diğer kullanıcılara sunulmuştur. Bu yazılım dağıtma politikası, CORMIX Sürüm 3.20'ye kadar sürdürülmüş ancak daha sonra CORMIX 4.x sürümleri, başka bir firma tarafından ticari bir ürün olarak satılmaya başlanmıştır.

CORMIX, değişik değarj türleri ile ilgili hesaplar yapabilen üç sistem içermektedir (Jirka ve diğerleri, 1996):

- CORMIX 1: Su altından boru ucundaki bir noktadan yapılan değarjlar ile ilgili analizleri yapan sistemdir. Sistem ile ilgili detaylı bilgi, Doneker ve Jirka (1990) ve Jirka ve Doneker (1991)'de verilmiştir.
- CORMIX 2: Su altından çok delikli difüzörlerle yapılan değarjlar ile ilgili analizleri yapan sistemdir. Sistem ile ilgili detaylı bilgi, Akar ve Jirka (1991) ve Jirka ve Akar (1991)'de verilmiştir.
- CORMIX 3: Yüzeyden değarjlar ile ilgili analizleri yapan sistemdir. Sistem 3 ile ilgili detaylı bilgi, Jones ve Jirka (1991)'de verilmittir.

CORMIX 1,2 ve 3 sistem numaralarının model sürümü ile herhangi bir ilgileri yoktur.Bu sistemler ayrı birer bilgisayar programı olarak geliştirilmiş ve CORMIX sürüm 2.0'dan sonra tek bir yazılım paketi olarak kullanıcıya sunulmuştur.

Sürüm 3.20, bunların dışında kullanıcı ile etkileşimli bir veri girdi sistemi, bir raporlama alt sistemi ve görsel çıktılar üretebilen son işlemci programları içermektedir. CORMIX 3.20 sisteminin bileşenleri, Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Sürüm 3.20'ye kadar olan sürümler, MS-DOS altında çalışan uygulamalardır. 4.x sürümü ise Windows ortamında çalışmaktadır.

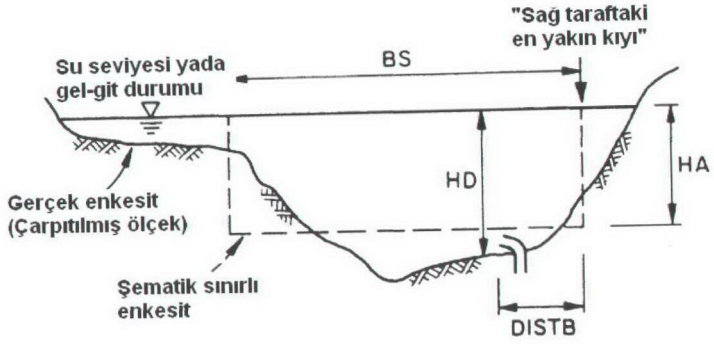


Şekil 3.2 CORMIX 3.20 sisteminin bileşenleri (Jirka ve diğerleri, 1996)

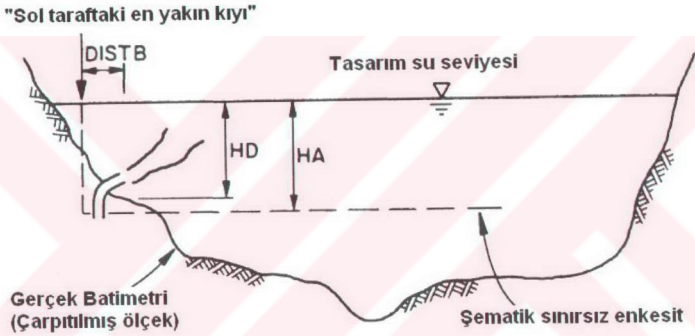
Model ile ilgili teorik bilgi, Nash (1995) ve Jones (1996) tarafından oldukça detaylı olarak verilmiştir. CORMIX, ağırlıklı olarak yakın alan-karışım bölgesi ile ilgili simülasyonların yapılmasında kullanılmakla birlikte, uzak alan ile ilgili hesapları yapan yardımcı programları içermektedir. CORMIX'ten elde edilen sonuçlar, Hillebrand (2003) tarafından bir uzak alan modeli olan Delft3D (Delft Hydraulics, 2001) modeli ile karşılaştırılmış ve iki modelin benzer sonuçlar ürettiği görülmüştür. Araştırma sonucunda bu iki modelin birlikte çalıştırılması ile ilgili tavsiyelerde bulunulmuştur.

CORMIX 1,2 ve 3 sistemlerinin yapabildikleri ve bu sistemlerde su ortamı ve ilgili fiziksel süreçler ile ilgili yapılan sınırlamalar ve basitleştirmeler aşağıda verilmiştir:

- Su ortamı, dikdörtgen enkesitli bir kanaldır. Bu kanal enkesitindeki hız sabittir. Su ortamı sınırlandırılmış ya da sınırlandırılmamış olabilmektedir (Bkz. Şekil 3.3 a ve b).
- Ortamın düşey yoğunluk profilinin hesaplanması için kullanıcıya Şekil 3.4'te verilmiş olan üç seçenek sunulmaktadır. Modellenen ortamın yoğunluk profilini doğru karakterize eden seçeneğin belirlenmesi, kullanıcının sorumluluğundadır.
- Deşarj yapılan ortamın tüm enkesiti boyunca, tüm akım koşullarının sabit olduğunu varsayılmaktadır.
- CORMIX, kararlı hal modelidir. Ancak sürüm 3.10 ile başlatılan çalışmalar, gelgit olayının etkin olduğu kararlı olmayan karışma süreçlerinin analizinin yapılmasını sağlamıştır. Nash (1995) tarafından CORMIX modelinin dinamik gelgit koşullarında çalıştırılması için bir algoritma geliştirilmiştir.
- CORMIX korunan veya birinci mertebe kinetiği ile bozulan kirleticilerinin yayılımalarının simülasyonlarını yapabilmektedir. Ayrıca termal deşarj tarlalarındaki ısı iletimi süreçlerinin de simülasyonunu yapabilmektedir.
- CORMIX, oldukça detaylı analizler yapabilmekte ve hesaplanan sonuçları kullanıcının istediği bir detay seviyesinde verebilmektedir. Örneğin detay seviyesi 5 program çıktısında ön tasarım raporlarında kullanılacak verileri sağlarken, detay seviyesi 20 nihai tasarım raporuna konulması gereken verilerin hemen hemen tümünü içermektedir.

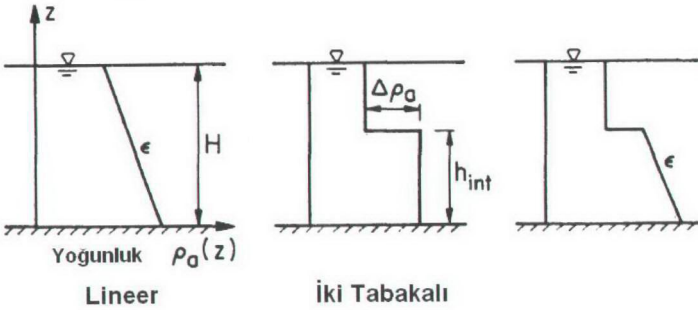


(a)



(b)

Şekil 3.3 (a) Sınırlı su ortamı (b) Sınırsız su ortamı (Jirka ve diğerleri, 1996)



Şekil 3.4 CORMIX modelinin kullanıcıya sunduğu düşey yoğunluk profili seçenekleri (Jirka ve diğerleri, 1996)

3.3 PLUMES Model Arabirimi

PLUMES (Baumgartner, 1994), birçok deşarj sonrası seyrelme modeli için bir kullanıcı arabirimi olarak USEPA tarafından geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu yönüyle üç sistem modelini (CORMIX 1,2,3) içeren CORMIX modeline benzerdir.

Arabirim,

- Modeller için gerekli girdi verilerinin hızlı ve kolay oluşturulmasını sağlamakta
- Değişik girdi koşullarının sonuçlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlı model duyarlılığı analizlerinin yapılmasına olanak tanımakta
- Denklemlerin birden (Örneğin kök alındığı zaman biri pozitif ve diğeri negatif iki çözüm olabilmektedir. Başka bir örnek ise suyun maksimum yoğunluğunun 4°C sıcaklıkta olmasından dolayı elde edilebilen çift çözümlerdir) çok çözümü olduğu durumlarda doğru çözümün seçilmesini sağlamakta
- Çözümleri istenilen duyarlılıkta görüntülemektedir.

PLUMES arabirimi, EPA'nın CEAM birimi tarafından ücretsiz olarak kullanıcılara dağıtılmaktadır. Bu arabirim MS-DOS altında çalışmaktadır. Modellerin karar destek sistemlerindeki kullanımlarının artması nedeniyle kullanımı daha kolay modellerin geliştirilmesi gerekmektedir. PLUMES modeli de EPA tarafından bilgisayar teknolojisinin gelişmesine paralel olarak yenilenmiş ve Visual Plumes (Frick ve diğerleri, 2001) adıyla kullanıcılara ücretsiz olarak dağıtılmaktadır. Visual Plumes, IBM-PC uyumlu kişisel bilgisayarlarda, Windows işletim sistemi altında çalışmakta olan bir grafik kullanıcı arabirimidir.

3.3.1 PLUMES Arabirimi Tarafından Desteklenen Modeller

3.3.1.1 ULINE

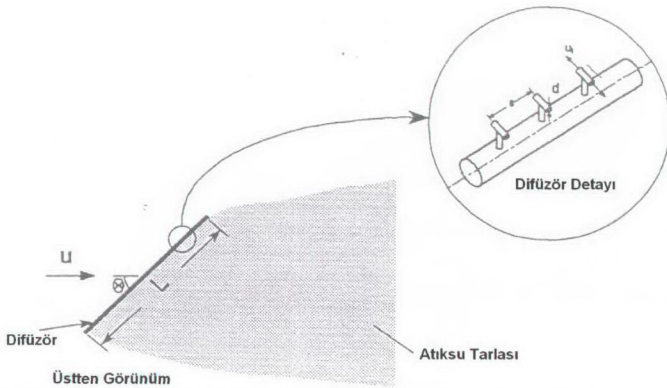
ULINE (Muellenhoff, 1985), tabakalaşma olmayan ortamlarda boru ucu deşarjlarıyla (tek delikli) yapılan deneysel sonuçlar yardımıyla geliştirilmiş bir sayısal modeldir. Model ile ilgili detaylı açıklama, Muellenhoff ve diğerleri (1985) tarafından yapılmıştır.

3.3.1.2 Roberts-Snyder-Baumgartner (RSB) Modeli

RSB, tabakalaşmış ve akıntılı ortamdaki çok delikli difüzörlerle yapılan deneysel sonuçlar yardımıyla geliştirilmiş bir sayısal modeldir. Model ile ilgili detaylı açıklamalar, Roberts ve diğerleri (1989 a,b,c) tarafından verilmiştir. Model geliştirilirken yapılan deneylerde kullanılan difüzör konfigürasyonu, Şekil 3.5'te verilmiştir. Bu şekilde, modelin difüzör konfigürasyonu nasıl algıladığı da görülmektedir.

RSB, yarı ampirik model denklemleri içermektedir. Bu denklemler fiziksel mekanizma tabanlıdır, ancak içerdikleri bazı katsayılar ampirik denklemler sonucunda bulunmaktadır.

Bazı durumlarda (örneğin yüksek momentumlu paralel jetlerin varlığında) sadece grafik çözüm yapmak mümkündür. Bu durumlarda, tamamen ampirik denklemler üzerinden eğri uydurularak bulunan sonuçların uygun bir şekilde yorumlanması gerekebilmektedir. RSB modeli, Roberts ve diğerleri (1989 a,b,c) tarafından verilmiş olan bu grafiklerin program içine kodlanmış halleri olarak düşünülmelidir. Lineer tabakalaşma durumunda, model grafik çözümle aynı sonuçları vermelidir (Baumgartner ve diğerleri, 1994). Lineer olmayan tabakalaşma durumunda ise program, atıksu tarlasının yükseldiği nokta ile su yüzey arasındaki yoğunluk profilinin lineer olduğunu kabul etmektedir. Baumgartner ve diğerlerine (1994) göre bu çözüm çoğu lineer olmayan yoğunluk tabakalaşması durumunda yeterli doğrulukta sonuç verebilmektedir.



Şekil 3.5 RSB Modeli difüzör konfigürasyonu (Baumgartner ve diğerleri, 1994)

3.3.1.3 Updated Merge (UM) Modeli

UM atmosfer ve tatlı su ortamındaki karışım analizlerinin yapılması amacıyla geliştirilme çalışmalarına 1970'li yılların ortalarında başlanan bir seri modelin (OUTPLM, MERGE, UOPTPLM, MERGE ve UMERGE) sonucusudur (Baumgartner ve diğerleri, 1994). UM, negatif yüzey atıksu tarlalarını ve başlangıç koşullarındaki kirlenici konsantrasyonunu hesaba katabilen bir modeldir. Yakın alan modeli olan UM, atıksu tarlasını Lagrange yaklaşımı ile analiz etmektedir. Model tek delikli boru ucu deşarjlarının analizinde kullanılmaktadır. Model ile ilgili detaylar Baumgartner ve diğerleri (1994) tarafından verilmektedir.

3.3.1.4 Uzak Alan Algoritmaları

Herhangi bir kaynaktan yayılan kirlenici konsantrasyonu, Denklem (3.1)'de verilmektedir.

$$c_{\max} = c_{pi} \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{Ub^2}{16\varepsilon_0 X}} \right) \quad (3.1)$$

Bu denklemin notasyonu:

c_{pi} : Birinci seyrelmenin sonunda, atıksu tarlasındaki kirlenici konsantrasyonu

$c_{\max}$: X uzaklığında, atıksu tarlasının merkez eksenindeki kirlenici konsantrasyonu

$\operatorname{erf}()$: Standart hata fonksiyonu

U : X yönündeki akıntı hızı

b : Atıksu tarlası merkez eksenine dik uzaklık (Y yönü)

ε_0 : Y yönünde Eddy difüzyon hızı

X : Atıksu tarlasının merkez ekseninde, deşarj noktasından kuş uçuşu uzaklık

PLUMES arariminde, Denklem (3.1), aşağıda verilen Denklem (3.2)'ye dönüştürülerek kullanılmaktadır. Denklem (3.2), kıyıya yakın alanlarda ve sınırlı kanallarda geçerlidir (Baumgartner, 1994).

$$S = \frac{S_a}{\operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{b^2}{16\alpha 6^3 t}} \right)} \quad (3.2)$$

Bu denklemde

- S_a : Birinci seyrelmenin sonundaki seyrelme
 S : Atıksu tarlasının merkez eksenindeki seyrelme
 U : X yönündeki akıntı hızı
 b : Atıksu tarlası merkez eksenine dik uzaklık (Y yönü)
 α : Dispersiyon katsayısı (Fisher ve diğerleri, 1979)
 t : Yolculuk süresi

anlamındadır. Bu denklem yeniden düzenlenerek Denklem (3.3) elde edilmiştir ve PLUMES arabirimine kodlanmıştır.

$$S = \frac{S_a}{\operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{1,5}{\left(1 + 8\alpha b^3 \frac{t}{b^2} \right)^3 - 1}} \right)} \quad (3.3)$$

Yüksek enerjinin kırıldığı kıyı alanlarında, yılın bazı aylarında dispersiyon katsayısı α , $0,0005 \text{ m}^{2/3}/\text{s}$ gibi değerlere kadar yükselebilmekteyken, daha az türbülansın olduğu koşullarda bu katsayı $0,0001 \text{ m}^{2/3}/\text{s}$ alınabilmektedir (Baumgartner ve diğerleri, 1994).

Uzak alan algoritması ile ilgili diğer detaylar, Baumgartner ve diğerleri (1994) tarafından verilmiştir.

PLUMES arabiriminde kullanılmakta olan uzak alan algoritması, UM veya RSB gibi modellerin içerdiği birinci seyrelme hesaplarından çok daha basittir ve nispeten kaba sonuçlar vermektedir. Bu nedenle Baumgartner ve diğerleri (1994) tarafından uzak alan hesaplarını yaparken eğer mevcutsa daha gelişmiş çözüm yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir.

3.3.2 Visual Plumes Arabirimi Tarafından Desteklenen Modeller

Visual Plumes arabirimi, bazıları PLUMES arabirimindeki modellerin daha geliştirilmiş sürümlerini de içeren 4 model (UM3, DKHW, NRFIELD, PDSW) desteklemektedir. Bu modeller, birbirlerinden farklı olmakla birlikte Visual Plumes arabirimi tarafından standart girdi verileri ve benzer sistem konfigürasyonları ile çalışacak şekilde dışarıdan çağırılıp yönetilmektedirler. Örneğin tek başına sadece boru ucu deşarjlarını analiz edecek şekilde tasarlanmış UM3 modeli, ardışık olarak çalıştırılıp çok sayıda boru ucu deşarjının simülasyonunu yapmakta ve böylece çok delikli difüzör gibi çalıştırılmaktadır. Visual Plumes arabiriminin önemli bir avantajı da zamana ve derinliğe göre değişebilen koşullarda simülasyon yapılmasını sağlayan bir altyapıyı oluşturulabilmesidir. Visual Plumes, PLUMES arabiriminden daha gelişmiş bir uzak alan algoritması içermektedir (Frick ve diğerleri, 2001).

3.3.2.1 UM3 Modeli

UM3, Bölüm 3.3.1.3'te anlatılan Lagrange yaklaşımı UM modelinin üç boyutlu sürümüdür. UM3 modelinde atıksu tarlası kararlı haldedir ve atıksu tarlasının kendisi sabit kalırken, atıksu tarlasını oluşturan elemanlar şekillerini ve pozisyonlarını zamanla değiştirmektedirler. Böylece deşarjın zamanla değişken olarak simülasyonunun yapılması mümkün olmaktadır. Modelin üç boyutlu hale getirilebilmesi için, atıksu tarlasına üçüncü boyutta sokulum terimi (çapraz akıntı terimi) modele dahil edilmiştir (Frick ve diğerleri, 2001).

3.3.2.2 Davis-Kannberg-Hirst (DKHW) Modeli

UM3 gibi üç boyutlu olan bu model hem boru ucu hem de çok delikli difüzörleri analiz edebilmektedir. DKHW, UM3'tekinden daha detaylı bir uzak alan algoritması içermektedir. Model atıksu tarlası hareketi, gelişimi ve özelliklerinin (sıcaklık, kirlenici konsantrasyonu, vb.) analizi için, Euler integral yöntemi ile hareket denklemlerini çözmektedir. DKHW sadece pozitif yüzey atıksu tarlalarının simülasyonunu yapabilmektedir (Frick ve diğerleri, 2001).

3.3.2.3 Prych-Davis-Shirazi (PDSW) Modeli

PDSW, PDS modelinin Visual Plumes arabirimine uyarlanmış sürümüdür. PDS, soğutma kulesi kanalları gibi yan kanallardan su ortamlarına yüzeyden yapılan deşarjların üç boyutlu tarlalarını modelleyebilen bir Euler integral akı modelidir

(Frick ve diğerleri, 2001). Modelde atıksu tarlasının yüzzerliği nedeniyle yüzeyde kalarak her yönde yayıldığı varsayımına göre çalışmaktadır. Model atıksu tarlası genişliği, derinliği, merkez eksenindeki seyrilmeyi ve sıcaklık yükselmesini hesaplayabilmektedir. Bunların dışında önceden belirlenmiş sıcaklığı önceden belirlenmiş alanların hesaplanması mümkündür (izoterm alan hesabı).

3.3.2.4 NRFIELD

NRFIELD, PLUMES arabirimindeki RSB modelinin Viusal Plumes arabirimine uyarlanmış sürümüdür. Arabirim uyarlaması dışında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

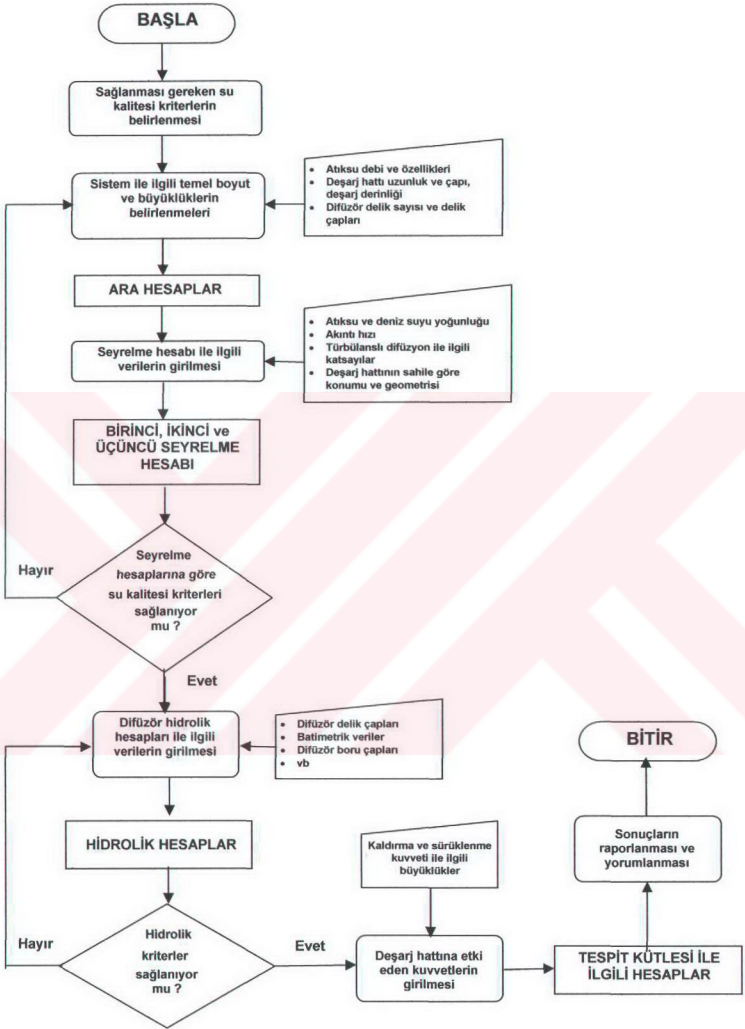
3.4 DDBDT Yazılımı

DDBDT (Deniz Deşarjlarının Bilgisayar Destekli Tasarımı), Varol (2001) tarafından İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde geliştirilmiş bir yazılımdır. Yazılım, Bölüm 3'te anlatılan birinci, ikinci ve üçüncü seyrilme hesaplarını yapabilmektedir. Üçüncü seyrilme hesabında, kirleticinin birinci mertebe kinetiğine göre tükendiğini varsayılmaktadır. Buna göre uygun katsayılar girilerek, sıcaklık yükselmesinin simülasyonun da yapılması mümkündür. Model birinci, ikinci ve üçüncü seyrilme hesaplarının yanında, difüzör hidroliği ve deşarj hattı ile ilgili bazı hesapları da yapabilmektedir. DDBDT yazılımının akış diyagramı Şekil 3.6'da verilmektedir.

3.5 THERMOD

THERMOD (THERmal MODdel), 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde geliştirilmiştir (Öztürk ve diğerleri, 1995). Bu model termal deşarjların analizi için özel olarak geliştirilmiştir.

Bu model Bölüm 5'te oldukça detaylı olarak anlatılmış ve Bölüm 6'da örnek uygulaması yapılmıştır.



Şekil 3.6 DDBDT yazılımının kullandığı deşarj sistemi tasarımı algoritması (Varol ve diğerleri, 2004)

3.6 Uzak Alan Modelleri ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin Termal Deşarj Analizinde Uygulanması

Bu bölüme kadar anlatılan modellerin hepsi, hidrodinamik süreçlerin oldukça basitleştirilmiş olarak ifade edilmesi ve genellikle sabit koşullar için çözülmesine dayandırılmıştır.

Daha detaylı hesapların yapılması gereken modelleme çalışmalarında, kütle korunumu ve momentum korunumu denklemlerinin (Navier-Stokes denklemleri) üç boyutlu hidrodinamik koşullar için çözümleri gerekmektedir. Bu denklemleri istenen şekilde çözen MIKE21 (DHI, 2003a; DHI, 2003b), MIKE3 (DHI, 2003c; DHI, 2003d), EFDC (Hamrick, 1992; Hamrick, 1996) gibi bir çok hidrodinamik model mevcuttur. Bu modeller uzak alan modeli olarak çalışmakla birlikte, yeterince konum çözünürlüğü yeterince yüksek alınıp difüzör delikleri uygun model segmentlerine noktasal kaynak olarak denk getirilerek yakın alan modeli gibi çalıştırılabilmektedirler. Üç boyutlu modelleme çalışmaları, hidrodinamik modeller yerine hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımları kullanılarak ta yapılabilmektedir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımları kullanılarak yapılan deniz deşarjı simülasyonlarına Law ve diğerleri (2002) tarafından yapılan çalışma örnek verilebilir. Bu çalışmada, FLUENT (FLUENT Inc., 1996) yazılımı kullanılmıştır.

Üç boyutlu hidrodinamik modeller ya da hesaplamalı akışkan dinamiği yazılımları kullanılarak modelleme çalışmalarının yürütülebilmeleri için yüksek işlemci gücü olan bilgisayar sistemlerinin kullanılması gerekebilmektedir. Bu modellerin çalıştırılması, bu bölümden önce anlatılan diğer modellerin çalıştırılmasına göre oldukça zor ve karmaşık olabilmektedir. Ayrıca model kalibrasyonu için çok daha fazla veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu nedenlerle modelleme çalışmasının maliyeti yükselmektedir. Bu nedenle Türkiye’de yapılan mühendislik çalışmalarının çoğunda bu tür araçlar kullanılmamaktadır.

4. TERMAL DEŞARJ VE DİSPERSİYON MODELİ THERMOD

4.1.Termal Modelin (THERMOD) Seyrelme Açısından İncelenmesi

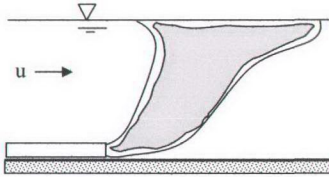
Denizdeşarj sistemleri ya ilk seyrrelme ya da toplam seyrrelme belirli bir değere ulaşacak şekilde tasarlanmaktadır. Denizdeşarj sistemlerinde, difüzör deliği çıkışı ile atıksu tarlasının oluştuğu seviye arasında oluşan ilk seyrrelme (S_1), türbülanslı difüzyon ve boyuna dispersiyonla yatay yönlerdeki ikinci seyrrelme (S_2) ve korunamayan maddelerin zamanla konsantrasyonlarının azaldığı üçüncü seyrrelme (S_3) önemli seyrrelme türleridir. Termaldeşarj sistemlerinde ise,deşarj sonrası alıcı ortam yüzeyinde oluşacak sıcaklık değişimi önemli olduğundan, S_1 ve S_2 seyrrelmelerine bağlı olarak bulunan sıcaklık verileri değerlendirilerek projelendirme yapılmaktadır. Soğutma suyu olarak deniz suyu kullanılması sebebiyledeşarj edilen atıksuda korunamayan türde kirletici konsantrasyonu olmadığı kabul edilerek, üçüncü seyrrelme ihmal edilebilmektedir.

Bölüm 2’de de belirtildiği gibi halihazırdaki Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nde termaldeşarj sonrasında alıcı ortam yüzeyinde oluşmasına izin verilen en yüksek sıcaklık değişimi mevsime bağlı olarak, kış ayları için 2°C, yaz ayları içinse 1°C olarak belirlenmiştir. Buna göre termaldeşarjın meydana getireceği sıcaklık değişiminin belirlenmesi için bir modele ihtiyaç vardır. Bu amaçla İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilen THERMOD bu ihtiyaca cevap vermekte vedeşarj sonrasında yüzeydeki sıcaklık değişimini gösteren eş sıcaklık eğrilerinin çizilmesine imkan sağlamaktadır.

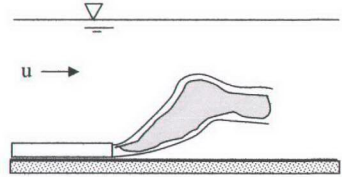
4.1.1.Deşarj Sonrasında Oluşabilecek Deşarj Suyu Tarla Tipleri

Yoğunluk; sıcaklık ve tuzluluk parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu tipdeşarjda,deşarj suyu ile alıcı ortam farklı sıcaklık ve tuzluluk değerlerine sahip olduklarından ortamda yoğunluk farklılığı gözlenecektir. Bu yüzdendeşarj suyu alıcı ortamda değişik şekillerde yayılma gösterebilir. Sahip olduğu hız ve boyuna

dispersiyon sebebiyle yükselen su jeti, sıcaklık ve tuzluluk değişmesi ile birlikte yoğunluğu da değişerek ortama yayılır. Deniz suyu yoğunluğunun su jeti yoğunluğundan büyük olduğu durumda, termal deşarj suyu deniz yüzeyine kadar yükselecektir (Şekil 4.1.a). Aksi takdirde deniz suyundan yoğunluğun daha fazla olacağı tabakaya kadar yükselerek batmış tarla oluşturacak ve belli bir derinlikte yayılacaktır (Şekil 4.1.b).



Şekil 4.1.a. Yüzeyde Tarla



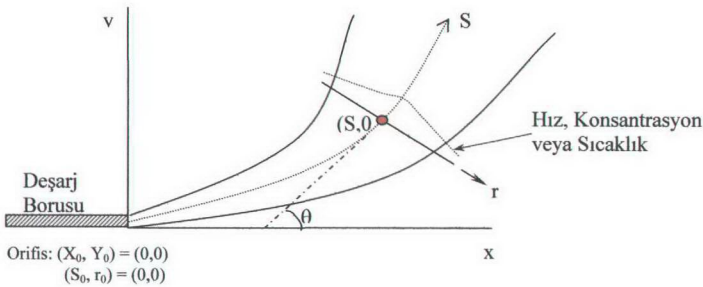
Şekil 4.1.b. Batmış Tarla

4.1.2. İlk Seyrelmenin Hesaplanması

İlk seyrelme ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve hesabı iyi bir şekilde formüle edilmiştir. Verilen teorik hesap metodları deneysel çalışmalarla da doğrulanmıştır. (Öztürk ve diğerleri, 1995)

4.1.2.1. Cederwall Denklemleri

Homojen su ortamındaki jet seyrelmesinin kantitatif tanımı Abraham (1963, 1965), Brooks (1972) ve Cederwall (1968) tarafından tariflenmiştir. Cederwall (1968)'e ait pratik uygulamalar için uygunluk gösteren bağıntılar aşağıda verilmiştir:



Şekil 4.2. Jet Eksenindeki Hız ve Sıcaklık Dağılımları (Öztürk, 1996)

Jet eksenini boyunca minimum yada aksenal seyrelme (S_m) şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$Y_0/D < 0.89F \longrightarrow S_m = 0.54FY_0^{0.44}(DF)^{-0.44} \quad (4.1)$$

$$Y_0/D \geq 0.89F \longrightarrow S_m = 0.54F(0.38Y_0D^{-1}F^{-1} + 0.68)^{1.67} \quad (4.2)$$

Burada F densimetrik Froude Sayısı olup

$$F = u_0[(\Delta\rho/\rho_0)gD]^{-0.5} \quad (4.3)$$

ifadesi ile tanımlanmıştır.

S : Atıksuyun seyrelmesi, [boyutsuz]

Y_0 : Difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe, [m]

x : Difüzör deliğinden itibaren ölçülen yatay mesafe, [m]

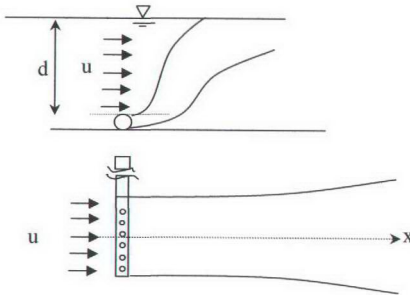
D: Difüzör delik çapı, [m]

θ : Jet ekseninin yatay ile yaptığı açı, [derece]

g : Yerçekimi ivmesi, [m/sn^2]

r : Jet eksenine dik eksen boyunca uzunluk, [m]

4.1.2.2.Süreklilik Denklemi



Şekil 4.3. Deşarj Sonrası Birinci ve İkinci Seyrelmeye Bağlı Akım Gelişimi

Akıntı yolu ile olan ilk seyrelme, daha basit bir yaklaşım sağlayabilmek için aşağıdaki süreklilik denklemi yardımı ile hesaplanabilir.

$$(S_1 - L).Q = b.d.u \quad (4.4)$$

$$S_1 = (b.d.u + 1). Q^{-1} \quad (4.5)$$

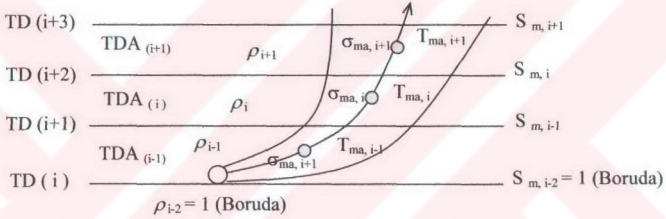
b : Difüzör boyu (Akıntıya dik), [m]

d : Atıksu tarlasının kalınlığı, [m]

u : Akıntı hızı, (m/sn)

Q: Deşarj debisi, [m³/sn]

4.1.2.3.Tabakalaşmış Ortam İçin Modele Ait Seyrelme Denklemleri



Şekil 4.4. Termal Deşarj Modeli İlk Seyrelme Yaklaşımı

Oşinografik yoğunluk

$$(\sigma_i) = \rho_i - 1000 \quad (4.6)$$

Densimetrik Froude Sayısı hesabı;

$$F_i = u_0(i\rho_0)^{0.5} \left[gD \sum_{j=1}^i (\bar{\rho}_{a,j} - \rho_0) \right]^{-0.5} \quad (4.7)$$

Cederwall denklemlerinden eksenel seyrelme (S_m) bulunarak ortalama seyrelme (S_{ma}) hesaplanabilir

$$S_{ma} = 2 S_m \quad (4.8)$$

(i). tabaka için jet eksenindeki oşinografik yoğunluğun hesabı;

$$\sigma_{m,i} = \frac{\sigma_{m,i-1} + (S_{m,i} \cdot S_{m,i-1}^{-1} - 1)\sigma_{a,i}}{S_{m,i} \cdot S_{m,i-1}^{-1}} \quad (4.9)$$

(i). tabaka için jet eksenindeki ortalama oşinografik yoğunluğun hesabı;

$$\sigma_{ma,i} = \frac{\sigma_{ma,i-1} + (S_{ma,i} \cdot S_{ma,i-1}^{-1} - 1)\sigma_{a,i}}{S_{ma,i} \cdot S_{ma,i-1}^{-1}} \quad (4.10)$$

Deşarj sonrasında oluşacak ilk seyrelmeye bağlı ortalama deniz suyu sıcaklıklarının hesaplamak için süreklilik denklemi yazılırsa oşinografik yoğunluk denklemine (denklem 4.6) benzer aşağıdaki denklem elde edilebilir;

$$T_{ma,i} = \frac{T_{ma,i-1} + (S_{ma,i} \cdot S_{ma,i-1}^{-1} - 1)TDA_i}{S_{ma,i} \cdot S_{ma,i-1}^{-1}} \quad (4.11)$$

Bu denklemde,

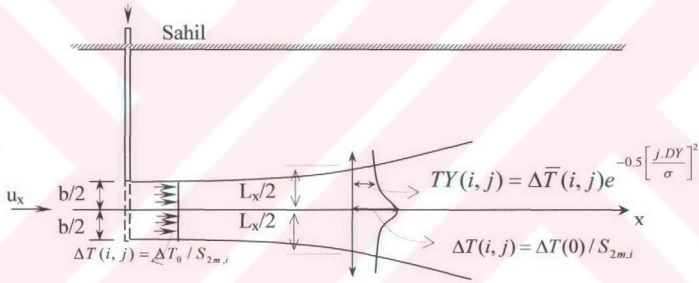
- TD (i) : (i-1). tabakadaki deniz suyu sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
- TD (i+1) : (i). tabakadaki deniz suyu sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
- TDA_i : (i-1). ve (i). tabakadaki ortalama deniz suyu sıcaklığı , ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{ma,i} : Seyrelmeye bağlı, kanşım sonrası ortalama deniz suyu sıcaklığı , ($^{\circ}\text{C}$)
- ρ_i : (i). tabakadaki deniz suyu yoğunluğu, (kg/m^3)
- $\rho_{a,j}$: Difüzör deliği hizasından itibaren (j). dilimdeki ortalama deniz suyu yoğunluğu
- ρ_0 : Deşarj suyu yoğunluğu, (kg/m^3)
- $\sigma_{m,i}$: (i). tabakadaki jet eksenine ait oşinografik yoğunluk, (kg/m^3)
- $\sigma_{a,i}$: (i). ve (i+1). tabakadaki oşinografik yoğunlukların ortalaması, (kg/m^3)
- $\sigma_{ma,i}$: Deşarj sonrasında (i). tabakada karışım vasıtasıyla oluşacak ortalama yoğunluk, (kg/m^3)
- S_{m,i} : Jet eksenindeki seyrelme, (boyutsuz)
- S_{ma,i} : Jet içindeki ortalama seyrelme, (boyutsuz)
- V_j : Deşarj edilen suyun difüzörden çıkış hızı, (m/sn)
- F_i : Densimetrik froude sayısı, (boyutsuz)

olarak kabul edilmiştir. (Öztürk ve diğerleri, 1995)

4.1.3. İkinci Seyrelmenin Hesaplanması

Denize deşarj edilen atıksular su yüzeyine veya tutulma seviyesine yükseldikten sonra akıntılar ile taşınmaktadır. Bu esnada deniz ortamındaki türbülansın etkisi ile deniz suyu ile atıksu tarlası arasında karışımlar ve ilave seyrelmeler oluşmaktadır. Bu tip türbülanslı difüzyon tarafından oluşturulan bu seyrelme ikinci seyrelme olarak tanımlanmaktadır.

Termal Deniz Deşarjı ve Dispersiyon Modelinde (THERMOD), ikinci seyrelme (S_2) hesaplarında, Brooks (1972) tarafından çözümleri verilen özel fonksiyonların bulunduğu aşağıda denklemleri icra etmektedir. Özellikle türbülans difüzyonu katsayısının çözümü sırasında karşılaşılan erf fonksiyonunu simüle etmek için orijinal bir alt program tasarlanmıştır. Şekil 4.5 'te bu denklemlere ait şematik kabuller detaylı şekilde verilmektedir.



Şekil 4.5. Termal Deşarj ve Dispersiyon Modelinde İkinci Seyrelme

Yaklaşımı

Modelde $TY(i, j)$ dağılımının standart sapması, σ

$$\sigma = \frac{L_x}{2\sqrt{3}} \quad (4.12)$$

olarak alınmaktadır . Difüzörden olan uzaklık (x)'in belli bir değeri için atıksu tarlasının genişliği L_x ,

$$L_x = b \left(1 + \frac{2}{3} \frac{x}{b} \right)^{3/2} \quad (4.13)$$

ifadesinden hesaplanarak, boyutsuz b katsayısı (14) nolu eşitlik yardımıyla bulunmaktadır.

$$\beta = \frac{12\varepsilon}{u_x b} \quad (4.14)$$

$$\varepsilon = 4.53.10^{-4} .b^{4/3} \quad (4.15)$$

İkinci seyrelmeyi (S₂) bulmak için Brooks (1972) tarafından verilen çözümlerden yararlanılmaktadır.

$$S_{2m,i} = \frac{1}{\operatorname{erf}\left\{1.5/\left[\left(1+\frac{2}{3}\beta\frac{x}{b}\right)^3-1\right]\right\}^{0.5}} \quad (4.16)$$

Atıksu tarlasının x eksenini boyunca yatay hareketi sırasında sıcaklık farkları TY (i,j) olarak ifade edilirse, DY=L_X /10 alınarak 4.17 nolu denklem yardımıyla

$$TY(i,j) = \Delta\bar{T}(i,j)e^{-0.5\left[\frac{j.DY}{\sigma}\right]^2} \quad (4.17)$$

fark dağılımları elde edilebilmektedir. Deşarj öncesi deniz yüzeyindeki sıcaklık T_{DENİZ} bilindiğinden, atıksu tarlasının x eksenini boyunca yatay hareketi sırasında sıcaklık dağılımı [TS₂(i,j)] 4.18 nolu denklem ile bulunabilmektedir.

$$TS_2(i,j) = T_{DENİZ} + \Delta\bar{T}(i,j)e^{-0.5\left[\frac{j.DY}{\sigma}\right]^2} \quad (4.18)$$

x eksenini üzerindeki eksenel sıcaklık farkları ise

$$\Delta T(i,j) = \Delta T_0 / S_{2m,i} \quad (4.19)$$

şeklinde bulunmaktadır. Burada;

- L_X : x 'in belli bir değeri için atıksu tarlası genişliği, [m]
- b : x = 0 noktasındaki tarla genişliği (akıntıya dik etkili difüzör boyu), [m]
- β : Boyutsuz bir sabit
- ε : x = 0 noktasında türbülans difüzyonu katsayısı

$S_{2m,i}$: (i). kademede eksen üzerindeki ikinci seyrelme

u_x : Akıntı hızı, [m/sn]

$\Delta T(i,j)$: x eksenı üzerindeki eksenel sıcaklık, [$^{\circ}\text{C}$]

$TY(i,j)$: Atıksu tarlasının x eksenı boyunca yatay hareketi sırasında sıcaklık dağılımı

TD : Deşarj öncesi denizsuyu sıcaklığı, [$^{\circ}\text{C}$]

olarak tanımlanmıştır. (Öztürk ve diğerleri, 1995)

Sonuç olarak modelin çalıştırılması ile elde edilen $TY(i,j)$ sıcaklık dağılım değerleri x, y, $TY(i,j)$ şekli ile “OUT.DAT” isimli çıkış dosyasına yazdırılarak yüzeydeki sıcaklık dağılımı hesabı sonuçları ASCII olarak program dışına taşınmış olur. Program giriş verisi olarak denizsuyu sıcaklık ve tuzluluk değerlerini, dipten yüzeye doğru olmak üzere kullanıcı tarafından hazırlanan dosyalardan okumaktadır. Elde edilen OUT.DAT dosyasındaki veriler kullanılarak Golden Software Surfer 7.0 programı ile eş sıcaklık (izoterm) eğrileri çizdirilmektedir.

4.2. THERMOD Üzerinde Gerçekleştirilen Değişiklikler

THERMOD yukarıda anlatıldığı üzere difüzör üzerindeki her bir deliği özdeş kabul ederek tek bir delikten çıkan sıcak su jetinin yüzeye ulaşana kadar uğradığı birinci seyrelmeyi ve istenirse bu noktadan itibaren akıntı yoluyla uğrayacağı ikinci seyrelmeyi hesaplamaktadır. İlk haliyle program difüzördeki delik sayılarını kendisi hesaplayıp her bir delikten çıkan debiyi bu hesaplamalar sonucunda bulduğu delik sayısına göre belirlemektedir. Bu da programın sadece tasarım amaçlı kullanımına izin vermekte ve mevcut bir sistemin modellenmesi durumunda sorunlara yol açmaktaydı. Bu nedenle program kodunda gerekli değişiklikler yapılarak istenildiği takdirde difüzör delik sayısının kullanıcı tarafından girilmesi seçeneği eklenmiştir.

Bu aşamayı takiben özel durumların da modellenmesine imkan sağlamak amacıyla kullanıcıya difüzör deliklerinden çıkan debinin üniform olması yada olmaması durumları için ayrı seçenekler sunacak şekilde program değiştirilmiştir. Burada kullanıcının debi dağılımının üniform olduğu durumu seçmesi halinde program ilk halindeki gibi her bir deliği özdeş kabul ederek hesaplamalarını yürütmekte, üniform olmayan debi dağılımı durumunun seçilmesi halinde ise kullanıcıdan difüzör delikleri ile ilgili bir dosya istemektedir. Kullanıcı tarafından hazırlanan bu dosyada difüzör üzerindeki her deliğin çapı, derinliği ve delikten çıkan debi bilgileri

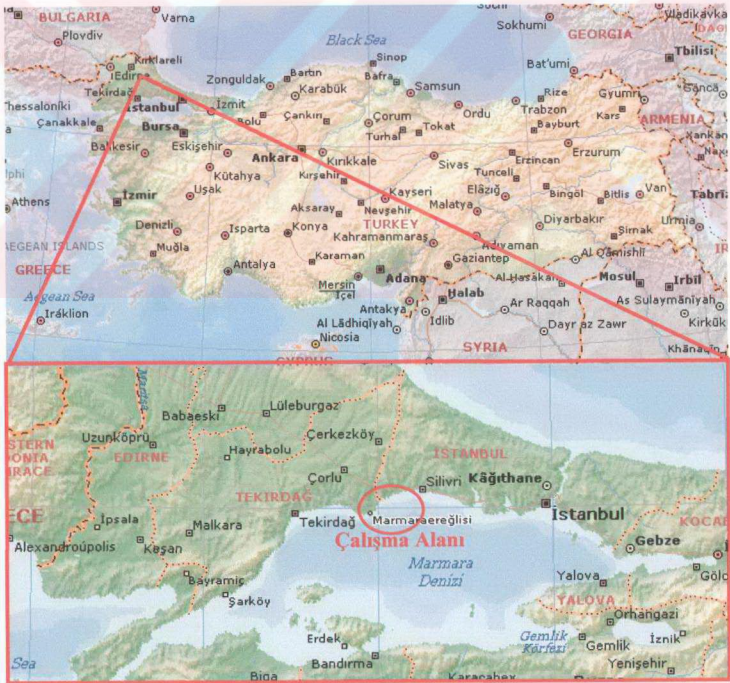
bulunmakta ve program bu dosyadan aldığı veriler ile her bir delik için ayrı ayrı birinci seyrelme hesaplamakta ve çıktı dosyasına her bir delik için ayrı bir tablo olarak sonuçları yazdırmaktadır. Kullanıcı bu tablolar içerisinde benzetimini yaptığı özel durum için en kritik seyrelme durumunu ve bunun hangi delikte olduğunu görebilmektedir.

5.THERMOD MODELİNİN DOĞRULANMASI ÇALIŞMALARI

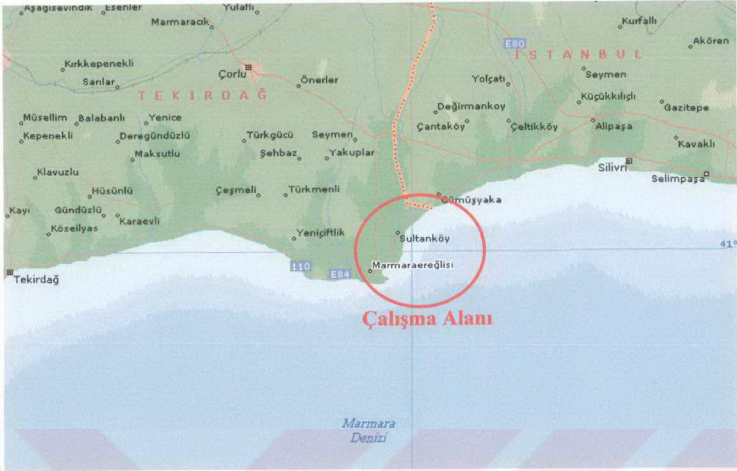
THERMOD modelinin doğrulama çalışmaları için model mevcut bir termal deşarj sistemi verileri ile çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar bölgede yürütülen deniz çalışmalarının sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

5.1.Çalışma alanının tanıtımı

Bu çalışma, Tekirdağ İli, Marmara Ereğlisi İlçesi Sultanköy bölgesinde bulunan 480 MW kurulu güç kapasiteli doğalgaz kombine çevrim enerji santralinin soğutma suyu deşarj hattı bölgesinde yürütülmüştür. (Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.).



Şekil 5.1. Çalışma bölgesinin Türkiye üzerindeki konumu



Şekil 5.2. Çalışma alanının yakın civarı

Çalışmanın yürütüldüğü alanda iki doğalgaz çevrim santrali ile bir sıvı doğalgaz dönüşüm tesisi bulunmaktadır. Çevrim santralleri soğutma amacıyla denizden su çekmekte ve termal atıksularını deşarj hattı ve difüzörler ile denize vermektedirler. Sıvı doğalgaz dönüşüm tesisi ise ihtiyaç duyduğu ısıtma suyunu denizden çekmekte ve soğumuş olarak kıyıdan, açık boru sistemiyle denize boşaltmaktadır. Her üç tesisin de ÇED çalışmaları kapsamında karada ve denizde detaylı araştırmalar yürütülmüştür. Aşağıda bölgenin deniz ortamı hakkında yapılan araştırmaların sonuçlarından elde edilmiş bilgilerden bazıları sunulmaktadır.

Çalışma alanı Marmara Denizi'nin Kuzey bölgesinde, 41° Kuzey Enlemi ile 28° Doğu Boyamlarının kesiştiği yerdedir. Soğutma sularının alındığı ve deşarjların yapıldığı alan Marmara Denizi ile doğrudan bağlantılı bir noktadadır. Bu sebeple Marmara Denizi'nin ve bu denizin komşu denizlerle bağlantısını oluşturan Boğazlar Sistemi'nin genel özelliklerinin bilinmesi önem taşımaktadır.

5.1.1. Marmara Denizi ve Boğazlar Sisteminin Genel Özellikleri

5.1.1.1.Coğrafi ve Hidrografik Özellikler

Marmara Denizi, Karadeniz ile Akdeniz arasında yer alan bir iç denizdir. Marmara Denizi, Karadeniz ve Ege Denizi'ne dar, sık ve uzun olan İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile bağlanmaktadır. Marmara Denizi'nin kuzeyinde doğu-batı doğrultusunda uzanan ve derinliği 1700m'lere ulaşan üç çukur bulunmaktadır. Bunlar Çınarcık Çukuru, Merkez Çukur ve Tekirdağ Çukuru olarak adlandırılmaktadırlar. Marmara Denizi'nin toplam yüzey alanı 11.500 km² ve su hacmi 3.378km³'tür.

Marmara Denizi'nin Karadeniz'le bağlantısını sağlayan İstanbul Boğazı 31km uzunluğa, 0,7 ila 3,5 km arasında değişen genişliğe ve 35m ortalama derinliğe sahiptir.

Marmara Denizi'nin Ege Denizi ile bağlantısını sağlayan Çanakkale Boğazı ise 62km uzunluğa, 1,2 ila 7km genişliğe ve 55m ortalama derinliğe sahiptir.

5.1.1.2.Oşinografik Özellikler

Marmara Denizi'nin oşinografik olarak en önemli özelliği 20-25m derinlikte keskin ve sürekli bir tuzluluk tabakalaşması olmasıdır. Akdeniz kaynaklı ortalama ‰38,5 tuzluluktaki sular ile Karadeniz kaynaklı daha düşük tuzluluktaki (‰18-20) sular arasındaki önemli yoğunluk farkı bu sürekli ve kesin tabakalaşmaya sebep olmaktadır.

Marmara Denizi'nin üst tabakadaki en düşük sıcaklık Şubat ve Mart aylarında 8°C, en yüksek sıcaklık ise Ağustos ayında 24°C civarındadır. Alt tabaka sıcaklığı üniform ve yaklaşık 14,5°C civarındadır.

Marmara Denizi üst tabakasında kış aylarında tuzluluk genelde %30, yaz aylarında ise %24 civarındadır. Alt tabakadaki tuzluluk ise %38,5 civarında bulunmaktadır. Hem Çanakkale hem de İstanbul Boğazlarında akıntı yönüne doğru üst tabakaların tuzluluk değerlerinde artış, alt tabakaların tuzluluk değerlerinde ise düşüş gözlenmektedir. Bu da her iki boğazda da düşey karışımlar olduğuna işaret etmektedir.

Marmara Denizi'nin üst tabakasında oşinografik yoğunluk değerleri yıl boyunca 15-23,5 arasında değişiklik göstermekte, alt tabakanın yoğunluğu ise 28,5 civarında sabit kalmaktadır.

5.1.2. Çalışma Alanının Yöresel Özellikleri

5.1.2.1. Batimetri

Sultanköy sahillerinde geniş bir kumsal bulunup deniz sığdır. Sahilden itibaren deniz tabanı yaklaşık %6'lık bir eğim ile derinleşerek 350m mesafede 20m derinliğe ulaşılmasını sağlamaktadır. Sultanköy'ün 2km kadar güneybatısında sahil kaybolmakta ve deniz tabanı hızla derinleşerek 70m açıktaki 20m derinliğe ulaşmaktadır.

5.1.2.2. Akıntılar

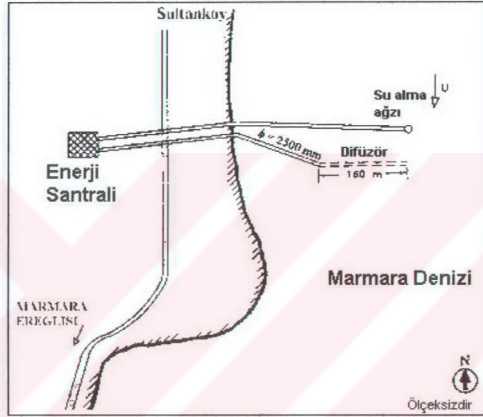
Bölgede farklı kurumların yürütmüş olduğu çeşitli çalışmaların sonucunda yöredeki hakim akıntının zamanın en az %90'ında sahile paralel olarak Çanakkale yönünde olduğu saptanmıştır. Yüzeye yakın kısımlardaki akıntı hızlarının 5 ila 40cm/s arasında değişmekle birlikte çoğunlukla 10cm/s'den büyük değerler taşıdığı belirtilmiştir.

5.1.2.3. Dalga İklimi

Yörede yapılmış olan çalışmalar sonucunda maksimum dalga yüksekliği 1,75m, periyodu da 5sn'den küçük olarak belirtilmiştir.

5.2.Termal Deşarj Hattının Özellikleri

Tesisin buhar türbin kondenserleri, ana ve yardımcı soğutma sistemleri için gerekli soğutma suyu, açık devre deniz suyu sistemi ile karşılanmaktadır. Denizden temin edilen bu su türbinlerin soğutulmasında kullanıldıktan sonra sıcaklığı yaklaşık 10°C artmış bir şekilde deşarj hattına verilerek 160 m uzunluğunda ve 81 şaşırtmalı yatay deliği olan bir difüzör ile 6,5 ila 11 m derinlikten deşarj edilmektedir (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Enerji santrali, su alma ve deşarj hatları şematik gösterimi.(Aydın ve diğerleri, 2001)

Tesisin su alma ve deşarj hatlarının teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Debi	:31 000 m ³ /saat = 8.6 m ³ /sn
Su alma hattı çapı	:Ø2500mm CTP
Su alma hattı uzunluğu	:500m
Su alma ağzı derinliği	:-10m
Termal deşarj hattı çapı	:Ø2500mm CTP
Termal deşarj hattı uzunluğu	:150m (difüzör hariç)
Difüzör başlangıç ucu çapı	:Ø2500mm
Difüzör bitiş ucu çapı:	: Ø 480mm
Difüzör boyu	:160m

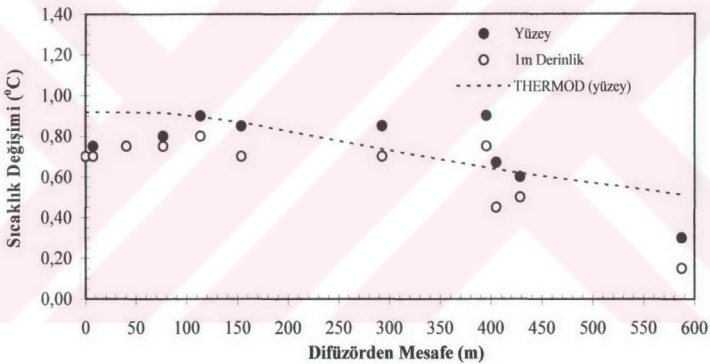
Difüzör delik sayısı ve çapı :n=81 adet Ø250mm şaşırtmalı yatay delik

Difüzör başlangıç derinliği :-6,5m

Difüzör bitiş ucu derinliği :-11m

5.3.THERMOD Modeli Üzerinde Eski Tarihli Çalışmalar

Bölüm 3'te belirtildiği gibi THERMOD İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü bünyesinde geliştirilmiş bir modeldir. Model geliştirilme aşamasından sonra bu çalışmanın da yürütüldüğü bölgede kalibrasyon ve gerçekleştirme işlemlerine başlanmıştır. Bu amaçla 1999 ve 2001 yıllarında iki deniz çalışması yürütülmüş olup elde edilen sonuçlar ile modelin kalibrasyonu yapılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile THERMOD modelinin ölçüm koşullarında çalıştırılması ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması şekil 5.4'te verilmektedir.



Şekil 5.4. THERMOD ile 2001 Yılı deniz ölçümünün sonuçlarının karşılaştırılması (Aydın ve diğerleri, 2001)

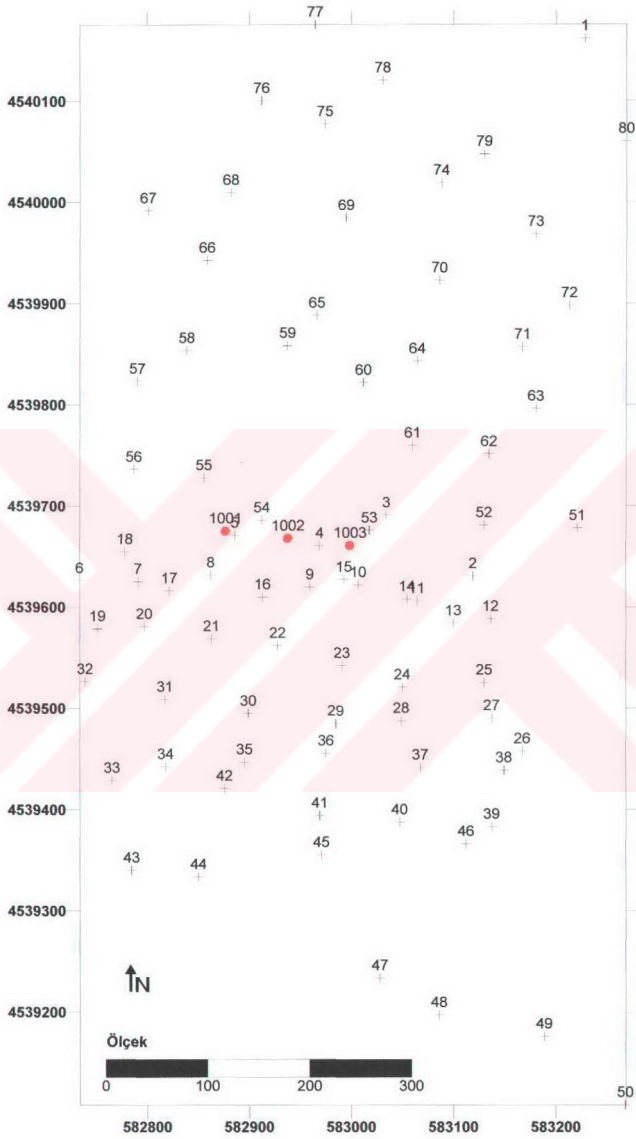
Grafikte de görüldüğü gibi model özellikle ilk karışım bölgesinde sıcaklık değişimlerini deniz çalışmalarında ölçülen değerlerden biraz daha yüksek tahmin etmektedir. Bu da modelin difüzör tasarımı açısından güvenli tarafta kaldığını göstermektedir. (Aydın ve diğerleri, 2001)

5.4.Deniz Çalışmaları

Thermod modelinin doğrulanması amacıyla iki ayrı deniz çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında izlenen yöntemler ve elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

5.4.1. 18 Haziran 2003 Tarihli Deniz Çalışmaları

Çalışma kapsamında, doğalgaz çevrim ve enerji santralinin termal deşarj bölgesinde çeşitli noktalarda ve derinliklerde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık ölçümleri için İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümüne ait Beckmann cihazı kullanılmıştır. Termal deşarj hattında difüzörün sağ ve sol yanında, difüzöre 10, 20, 40 ve 60m mesafelerde ve difüzör başlangıcı, ortası ve sonu hizalarında olmak üzere toplam 24 noktada yüzeyden tabana kadar birer metre arayla sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca çalışma alanında 80 noktada daha yüzeyde ve 1m derinlikteki deniz suyu sıcaklıkları ölçümleri yapılmıştır. Şekil 5.5. te bu istasyonların ve deşarj yapılan difüzörün başlangıç, orta ve bitiş noktalarının konumları UTM koordinat sisteminde gösterilmektedir.



Şkil 5.5. 18 Haziran 2003 Tarihli çalışma sırasında ölçüm yapılan istasyonların konumu

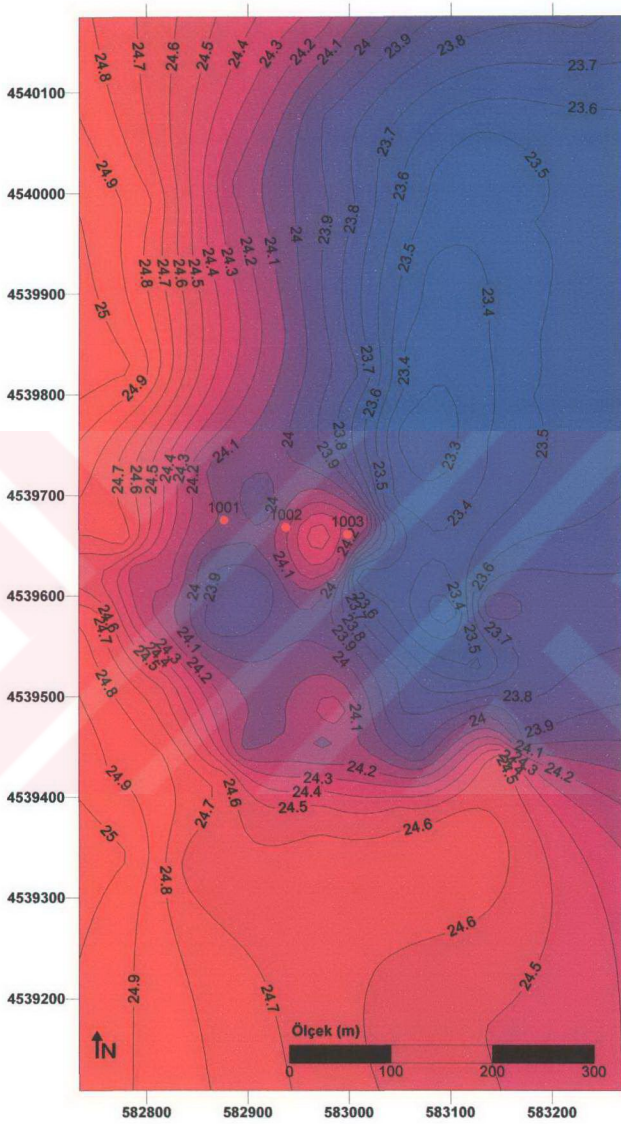
Ölçümler süresince elde edilen veriler nokta numarası, koordinatlar, derinlik ve sıcaklık şeklinde kayıt edilmiş, daha sonra bu kayıtlar bilgisayar ortamına excel dosyası olarak aktarılmıştır. Son adım olarak Golden Software Surfer 7.0 programı kullanılarak bu veriler eş sıcaklık eğrileri haline dönüştürülmüştür. Yüzey ve bir metre derinlikteki sıcaklık verileri ile oluşturulmuş olan eş sıcaklık grafikleri Şekil 5.6 te gösterilmektedir.

Verilen grafiklerde görülen 1001, 1002 ve 1003 numaralı kırmızı noktalar sırasıyla difüzörün başlangıç, orta ve bitiş kısımlarını göstermektedir. Grafiklerin düşey eksenleri aynı zamanda kıyı çizgisini de temsil etmektedir.

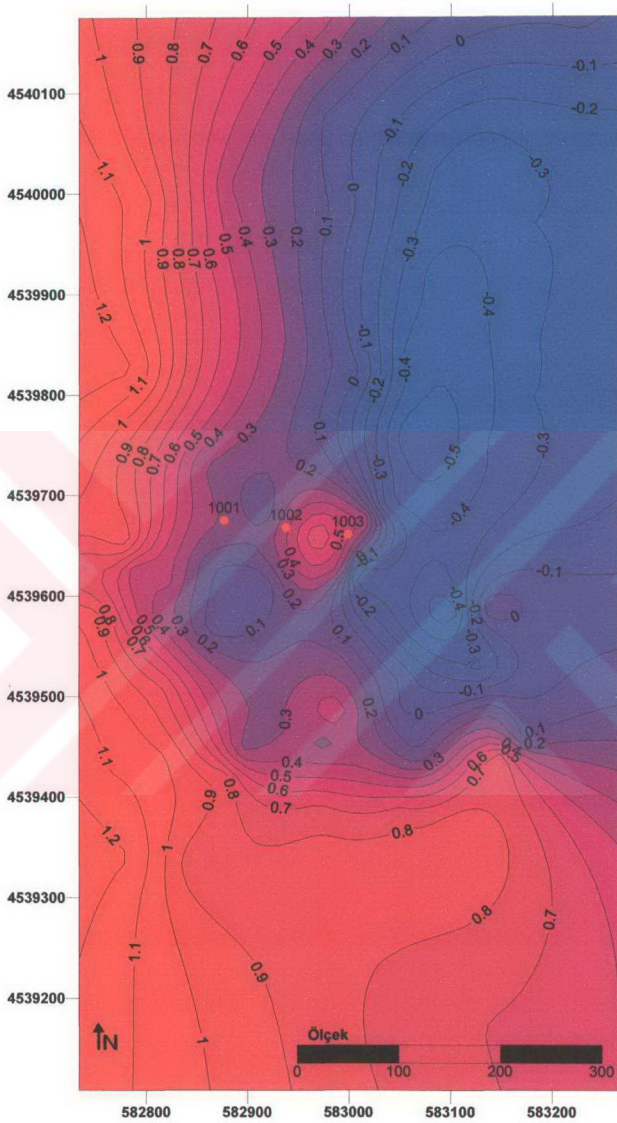
Şekil 5.6.'te difüzörün Kuzey bölgesinde yüzey sıcaklığının batıya doğru gidildikçe arttığı görülmektedir. Bu eş sıcaklık eğrileri bölgenin taban batimetrisi ile büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu da ölçümlerin yapıldığı günde havanın açık oluşu sebebiyle yüzey suyunun güneş etkisiyle ısınmasından ve derinlik azaldıkça bu ısınmanın artmasından kaynaklanmaktadır. Zira ölçümler sırasında akıntı kuzeydoğu yönünde olup bu bölge termal deşarjın etkisi altında kalmamaktadır.

2. Bölümde de belirtildiği üzere Termal atıksu deşarjları ile ilgili standartlar sıcaklık değişimi ile ilgili olduğundan bölgede deşarj sonrası sıcaklık değişimini gösteren bir grafik çizilmesi gereklidir. Bu amaçla karşılaştırma yapabilmek amacıyla bölgedeki deşarjlardan etkilenmeyecek bir noktada sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Bu referans noktası belirlenirken bölgede mevcut olan iki sıcak ve bir soğuk deşarjdan yeterince uzak bir mesafede olmasına ve ortamın sığ olmasından dolayı yaz mevsiminde hava sıcaklığının ve güneşin etkisi önemli olduğu için difüzörün bulunduğu derinliğe yakın bir derinliğe sahip olmasına özen gösterilmiştir. Bu şartları sağlayan bir noktadan alınan referans değeri ile ölçüm sonuçları birlikte değerlendirilerek sıcaklık değişim verileri elde edilip bu veriler ile Şekil 5.7.'da verilmiş olan sıcaklık değişimi grafiği oluşturulmuştur.

Şekil 5.6. ve Şekil 5.7.'de difüzörün orta kısmı ile bitiş ucu arasında termal deşarjın yol açtığı sıcaklık artışı belirgin bir şekilde görülmektedir. Tam difüzör üzerine denk gelen bu noktadaki en yüksek sıcaklık artışının 0.7°C olduğu ve standartları sağladığı şekilde görülmektedir.



Şekil 5.6. Değirli bölgesinde yüzey suyu eş sıcaklık grafiği (Haziran 2003)



Şekil 5.7. Deşarj bölgesinde yüzey suyu sıcaklık değişimi grafiği (Haziran 2003)

5.4.2. 5 Ağustos 2004 Tarihli Deniz Çalışmaları

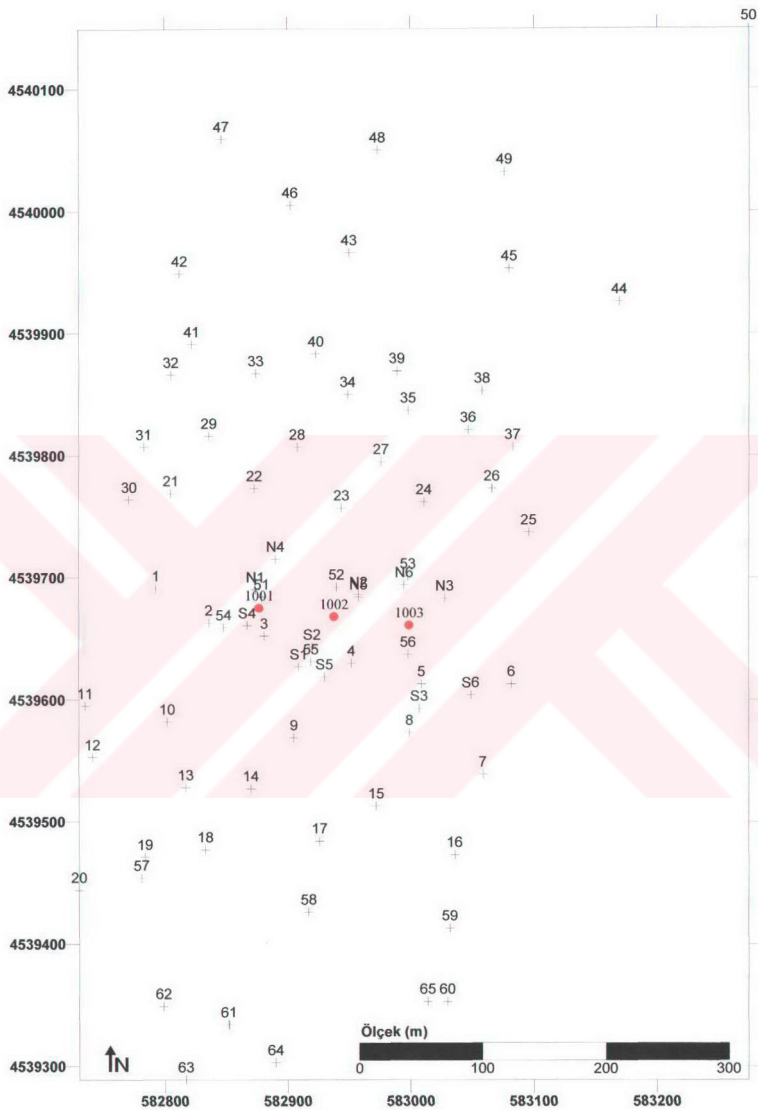
18 Haziran 2003 tarihinde yapılmış olan deniz çalışmalarının sonuçlarının THERMOD modelinin doğrulanması için yeterli olmaması ve ölçümde hata olması yada boru hattında bir problem olması şüphelerini doğurması sebebiyle aynı bölgede, mümkün olduğunca yakın koşullar altında ancak farklı bir cihaz ile bir deniz çalışması daha yapılması uygun görülmüştür. Bu amaçla 5 Ağustos 2004 tarihinde yeni bir çalışma planlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

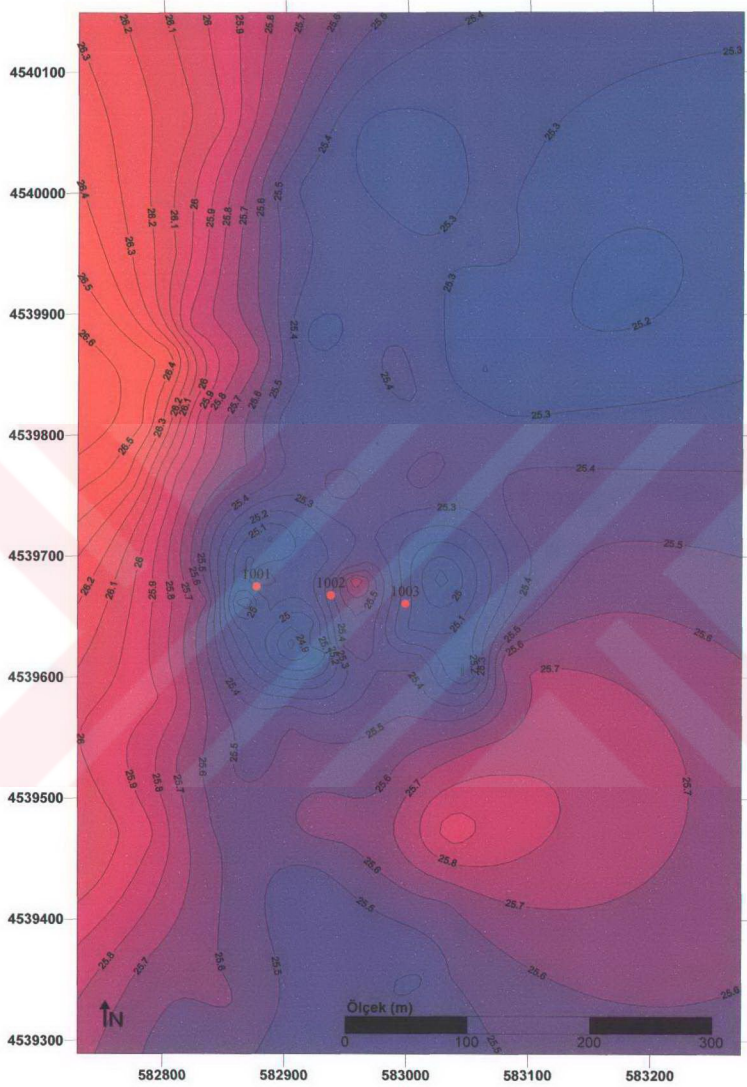
Çalışma öncesinde T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Denizlerimize Ait Tahmin Bülteni'nden elde edilen bilgiler ışığında 5 Ağustos 2004 tarihinde bölgede rüzgarların Kible ve Lodos yönünde eseceği bunun da bölgede hakim olan güneybatı yönündeki yüzey akıntısını bir önceki çalışmada olduğu gibi kuzeydoğu yönüne çevirebileceği düşünülmüş ve çalışma sırasında beklenen bu durumun gerçekleştiği gözlenmiştir.

Bu çalışmada da bir önceki çalışmada olduğu gibi difüzör civarında ve deşarjın etki alanında belirlenmiş olan toplam 77 noktada sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu sıcaklık ölçümlerinde bir önceki çalışmadan farklı olarak İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne ait olan RCM 9 cihazı kullanılmıştır. Ölçüm Yapılan noktalardan difüzör civarındaki 12sinde yüzeyden tabana kadar birer metrelik dilimler halinde, deşarj alanına yayılmış olan diğer 65 noktada ise yüzeyde ve 1m derinlikte sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler bir önceki çalışmada olduğu gibi Golden Software Surfer 7.0 programı ile işlenip değerlendirilmiş ve aşağıda sunulan grafikler elde edilmiştir.

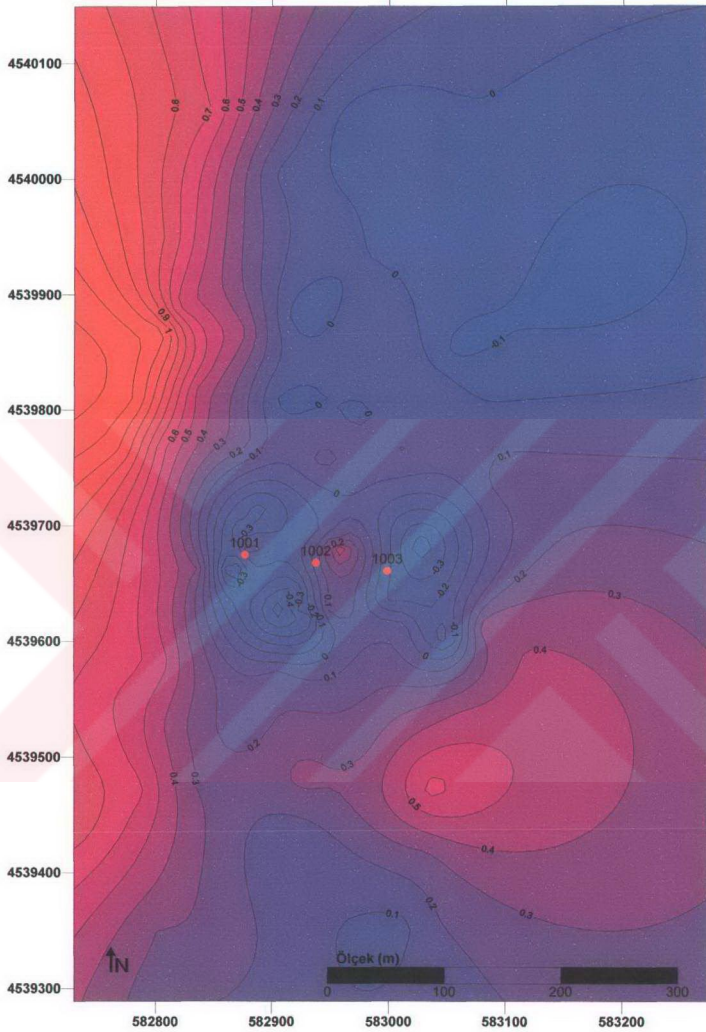
Şekil 5.8. de bu çalışma sırasında ölçüm yapılan istasyonların konumları UTM koordinat sisteminde gösterilmektedir. Şekilde gösterilen istasyonlardan numara ile isimlendirilmiş olanları yüzey ve 1m derinlikte ölçüm yapılan istasyonları, N ve S harfleriyle isimlendirilmiş olan istasyonlar ise yüzeyden tabana kadar birer metrelik dilimler halinde ölçüm yapılan istasyonları, 1001, 1002 ve 1003 numaralı kırmızı noktalar sırasıyla difüzörün başlangıç, orta ve bitiş kısımlarını göstermektedir.

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da bir önceki çalışmanın sonucundakine benzer şekilde tam difüzör üzerinde bir sıcaklık artışı görülmektedir.





Şekil 5.9. Değirli bölgesinde yüzey suyu eş sıcaklık grafiği (Ağustos 2004)



Şekil 5.10. Deşarj bölgesinde yüzey suyu sıcaklık değişimi grafiği (Ağustos 2004)

5.4.3. Deniz Çalışmalarının Sonuçlarının Model Verileri ile Karşılaştırılması

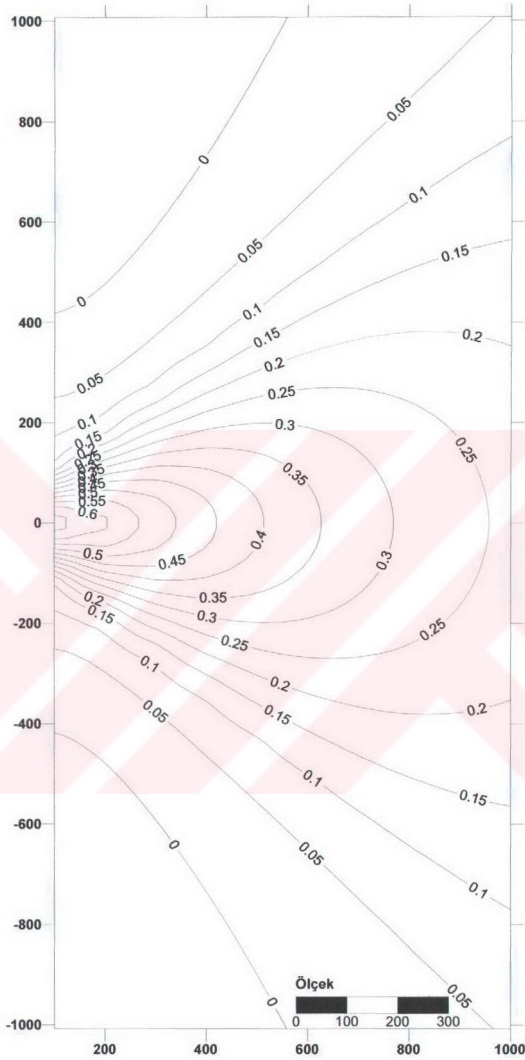
18 Haziran 2003 ve 5 Ağustos 2004 tarihlerinde yapılmış olan deniz çalışmaları sırasında bölgede hakim olan rüzgar ve akıntı yönlerinin benzer olması bu iki çalışmanın sonuçlarının birlikte değerlendirilmesine ve karşılaştırma yapılmasına olanak tanımaktadır.

5 Ağustos 2004 tarihinde yapılan deniz çalışmalarının sonuçları 18 Haziran 2003 tarihinde yapılan deniz çalışmalarının sonuçlarıyla büyük oranda örtüşmektedir. Her iki çalışmanın sonucunda elde edilen eş sıcaklık ve sıcaklık artışı grafikleri paralellik göstermektedir. Şekil 5.7 ve Şekil 5.10 birlikte değerlendirildiğinde her iki durumda da difüzörün uç kısmına doğru yüzeyde belirgin bir sıcaklık artışı olduğu, bunun dışında difüzörün başlangıç kısımlarının her iki yanında da soğuk bulutların olduğu görülmektedir. Aynı şekilde her iki durumda da difüzörün hemen ilerisinde bir soğumanın olduğu görülmektedir. Bu soğumalar difüzörden deşarj edilen büyük miktarlardaki su kütlelerinin sıkı olan bölgede hidrodinamik koşulları önemli ölçüde etkileyerek düşey karışımlara yol açması ve dip sularının yüzeye çıkması ile açıklanabilir. Nitekim difüzör yakınlarında belirli noktalarda tüm derinlik boyunca yapılan sıcaklık ölçümlerinde dip sularının yüzey sularına göre yaklaşık 2°C daha soğuk olduğunun tespit edilmiş olması da bu açıklamayı desteklemektedir.

Her iki çalışma sonucunda da difüzör boyunca debi dağılımının üniform olmadığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak difüzör üzerinde bir noktada sıcaklık artışı gözlenmektedir.

Şekil 5.11 da THERMOD modeli kullanılarak, ölçüm yapılan koşullarda ortaya çıkacak olan sıcaklık artış grafiği görülmektedir. Model çıktılarında difüzör üzerinde oluşan en yüksek sıcaklık artışı 0,65°C olarak görülmektedir. Bu değer de deniz ölçümlerinde gözlenmiş olan en yüksek 0,5°C'lık artışa yakınlık gösterip emniyetli tarafta kalmaktadır.

Ölçüm yapılan bölgede debi dağılımının difüzör boyunca üniform olması halinde ortaya çıkacak olan durumun şekil 5.11 da gösterilen duruma yakın olacağı söylenebilir.



Şekil 5.11. 5 Ağustos 2004 Tarihli ölçümlerin yapıldığı koşullarda THERMOD modeli çalıştırılarak elde edilen sıcaklık değişimi grafiği

5.5. THERMOD ile CORMIX Modellerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde THERMOD modeli ile ticari bir yazılım olarak satılan CORMIX-GI 4.2 modelinin deneme sürümü aynı koşullar altında çalıştırılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada kullanılan CORMIX modeli 3.bölümde anlatılmaktadır. Karşılaştırma için CORMIX modelinin seçilmesinde en temel etken CORMIX in USEPA (United States Environmental Protection Agency) tarafından onaylı bir model olmasıdır. Karşılaştırma için her iki modelin de çalıştırıldığı koşullar tablo 5.1. ve 5.2.'de verilmiştir.

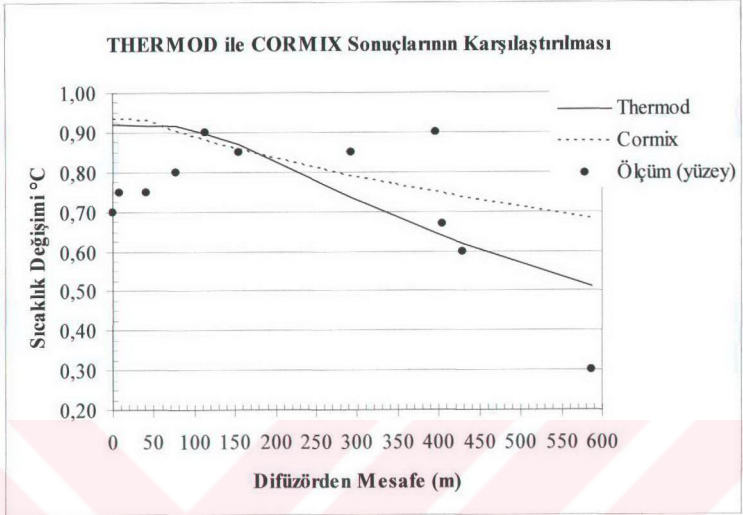
Tablo 5.1. Modellerin çalıştırılmasında kullanılan parametreler

Parametre	Değer
Deşarj Debisi, m ³ /s	8.0
Çıkış Suyu Sıcaklığı, °C	21.77
Çıkış Suyu Tuzluluğu, g/kg	23.300
Deşarj Boru Çapı, m	2.5
Difüzör Delik Çapı, m	0.25
Tabaka Kalınlığı, m	1.00
Deşarj Derinliği, m	5.0
Difüzör Delik Sayısı	81
Difüzör Uzunluğu, m	160
Difüzöre Dik Akıntı Hızı, m/s	0.087

Tablo 5.2. Modellerin çalıştırılmasında kullanılan alıcı ortam oşinografik yoğunluk değerleri

Derinlik	Oşinografik Yoğunluk
Yüzey	17.242
1	17.141
2	17.034
3	-
4	17.216
5	-
6	17.228
7	-
8	17.709
10	17.687
12	17.692
14	17.692

Tablo 5.1. ve Tablo 5.2'de verilen girdiler ile her iki program da çalıştırılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak şekil 5.12.'de sunulmaktadır.



Şekil 5.12.THERMOD ile CORMIX sonuçlarının karşılaştırılması

Şekilde görüldüğü gibi özellikle ilk karışım bölgesi civarında her iki model birbirine çok yakın değerler vermektedir. Her iki modelin de difüzörden ilk 150 metre mesafe için verdikleri sonuçlar arasındaki fark ihmal edilecek seviyededir. Difüzörden 150m mesafeden itibaren THERMOD daha yüksek seyrelme değerleri hesaplayarak CORMIX'e göre daha düşük sıcaklık farkları vermektedir. Difüzörden itibaren 400 metre mesafede iki modelin sonuçları arasındaki fark 0.1°C 'a ulaşmaktadır. Ancak önceki çalışmalarda da görüldüğü üzere THERMOD'un CORMIX'e göre daha düşük olarak hesapladığı bu sıcaklıklar bile ortamda ölçülen gerçek sıcaklıklara göre yüksek kalmakta ve emniyetli bir difüzör tasarımını sağlamaktadır.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada THERMOD modeli kullanılarak bir termal deşarjın modellemesi yapılmış ve yapılan deniz çalışmalarıyla model tahminleri karşılaştırılarak modelin doğrulanması çalışmaları yürütülmüştür. Ayrıca model Amerika Birleşik Devletleri'nde yasal olarak onaylı olan bir ticari yazılım ile paralel olarak çalıştırılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışma öncesinde ve bu çalışmada yürütülen deniz ölçümleri ışığında ve diğer model ile yapılan karşılaştırma sonucunda modelin tatmin edici sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Ancak bugüne dek yapılmış olan deniz çalışmalarında çalışmanın yürütüldüğü deşarj hattında gözlenen anormal durumlar sebebiyle bu bölgedeki mevcut koşullar altında modelin tam olarak doğrulamasının yapılabilmesinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Gerek denizde yapılan çalışmalar sonucunda, gerekse modelin çalıştırılmasıyla görülmüştür ki uygun bir şekilde tasarlanmış bir termal deşarj sisteminin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen standartları sağlaması ve zararlı çevresel etkilerinin minimum seviyede tutulabilmesi mümkün olmaktadır.
- Gelecekte yapılması düşünülen benzer tesisler için planlama aşamasında modelin kullanımı ile sistemin verimliliğinin ve muhtemel çevresel etkilerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır.
- Model kullanılarak tasarlanan ya da işletme halindeki termal deşarj sistemlerinin değişik senaryolarda çeşitli koşullar altındaki verimleri değerlendirilebilmektedir.
- Gerek THERMOD gerekse CORMIX modelleri birçok basitleştirici kabuller içeren ve kısmen ampirik hesap yapan matematiksel modellerdir. Bu modeller herhangi bir termal deşarj sisteminin etki alanını belirleyebilmekte ve deşarj sisteminin ortamda neden olduğu sıcaklık değişimlerinin

mertebelerini tahmin etmekte kullanabilmekle birlikte termal deşarjların yakın alanda neden oldukları hidrodinamik değişimlerin benzetimini gerçekleştirememektedir. Bu modellerin kullandıkları denklemlerden bazıları deneysel veriye dayalı olarak geliştirilmiş olup deney koşullarından farklı ortamlarda geçerliliklerini kaybedebilmekte ve hesaplanan sonuçlar arazi koşullarındaki sonuçlardan sapmalar gösterebilmektedir. Ancak bu modellerden elde edilen sonuçlar, daha hassas sonuç veren kuramsal ağırlıklı modellerin (türbülanslı Navier-Stokes ve taşınım denklemlerini 3 boyutta çözen) kurulup geliştirilmelerinde kullanılabilir. THERMOD yardımıyla bulunan etki alanı, karmaşık 3 boyutlu ayırık model uzayları (sonlu eleman, sonlu fark, sonlu hacim vb.) oluşturulabilmektedir. Benzer şekilde THERMOD kullanılarak bir termal deşarj sisteminin çeşitli tasarım parametreleri için sınır değerler belirlenerek gerekirse daha hassas ve kapsamlı modellerin bu sınır değerler arasında çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçların nihai tasarım aşamasında kullanılmaları mümkün olmaktadır.

- THERMOD ve CORMIX gibi ampirik bileşenler içeren modellerinin nihai tasarım aşamalarında kullanıldıkları durumlarda ise elde edilen model sonuçları dikkatle yorumlanmalıdır. Ayrıca her iki modelde de özellikle deşarj sisteminin yapısını tanımlayan model girdileri ve seçenekleri kısıtlı olup bu girdiler ile tanımlanan deşarj sisteminin gerçeğe mümkün olduğu kadar yakın olması sağlanmalı, gerçek sistemle olası farkları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Orijinal THERMOD (Öztürk ve diğerleri, 1995) ve CORMIX modelleri difüzördeki her deliği özdeş (debi, boyut, derinlik vb.) kabul etmekte olup bu da özellikle kıyıya yakın ve uzun difüzörlerin modellenmesinde problemlere yol açmaktadır. Bu tür problemlerin en aza indirilmesi amacıyla model üzerinde değişiklikler yapılarak difüzör üzerindeki her bir deliğin boyutunu, debisini ve deşarj derinliğini birbirinden bağımsız olarak girilmesi seçeneği modele kazandırılmıştır. Yapılan değişiklikler ile ilgili ayrıntılar Bölüm 4 ve eklerde verilmektedir.
- THERMOD modelinin basit yapısı ve açık kodlu olması sebebiyle farklı durumlar için kolayca modifiye edilip geliştirilmesi mümkün olmaktadır. THERMOD modelinin, değişik türde difüzörlerin ya da deşarj hattı üzerinde

difüzör dışında oluşabilecek su çıkışlarının (kırık, çatlak vb.) 1. seyrelme üzerindeki etkilerini de modelleyebilecek şekilde geliştirilmesi modelin uygulama olanaklarını arttıracaktır. Ayrıca atıksu tarlasının yüzeyindeki ısı transferi ile ortaya çıkacak sıcaklık değişimlerinin de modele dahil edilmesi daha gerçekçi sonuçlar veren sıcaklık benzetimlerinin yapılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Abraham, G. (1963). Jet Diffusion in Stagnant Ambient Water, Delft Hydraulics Laboratory, Publication, No.29
2. Abraham, G. (1965). Horizontal Jets in Stagnant Fluids of Other Density. Journal of Hydraulics Division, ASCE, 4.
3. P.J. Akar and G.H. Jirka, "CORMIX2: An Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Multiport Diffuser Discharges", Technical Report EPA/600/3-91/073, U.S. Environmental Research Lab, Athens, Georgia, 1991
4. Aydin, A.F., Ozturk, I., Sarikaya, H.Z., Yuksel, E. and Alkan, R. (2001). Verification Of The Simplified Model For Thermal Discharges, Proceedings of Third Black Sea Conference on Environmental Protection Technologies for Coastal Areas, 61-70, 6-8 June 2001, Varna, Bulgaria
5. Baumgartner, D.J., W.E. Frick and P.J.W. Robert, "Dilution Models for Effluent Discharges (Third Edition)", U.S. EPA, OR, EPA/600/R-94/086, 1994. Pacific Ocean Systems Branch, Newport,
6. Brooks, N. H.(1972). Dispersion in Hydrologic and Coastal Environments, California Institute of Technology, Report No. KH-R-29, p.136
7. Cederwall, K. (1968). Hydraulics of Marine Waste Water Disposal, Chalmers Institute of Technology, Göteborg Sweden, Report No.42, p.273
8. Chapra, 1997 "Surface Water Quality Modeling", McGraw Hill
9. Delft Hydraulics: 2001, User Manual Delft3D-Flow, WL Delft Hydraulics
10. DHI, 2003a "MIKE 21 "Hydrodynamic Module Scientific Documentation"
11. DHI, 2003b "MIKE 21 "Advection-Dispersion Module Scientific Documentation"
12. DHI, 2003c "MIKE 3 "Hydrodynamic Module Scientific Documentation"
13. DHI, 2003d "MIKE 3 "Advection-Dispersion Module Scientific Documentation"
14. FLUENT, Inc., 1996 "Fluent User's Guide"
15. Fisher, H.B., List, E.J., Koh, R.C.Y., Imberger, J. ve Brooks, N.H. 1979. "Mixing in inland and coastal waters", Academic Pres, NewYork

16. Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J., Baumgartner, D.J. ve George, K.P. "Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes)", Environmental Research Division, NERL, ORD, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia
17. Hamrick, J. M., 1992. "A THREE-DIMENSIONAL ENVIRONMENTAL FLUID DYNAMICS COMPUTER CODE: THEORETICAL AND COMPUTATIONAL ASPECTS", Special Report No. xxx in Applied Marine Science and Ocean Engineering , Virginia Institute of Marine Science School of Marine Science, The College of William and Mary Gloucester Point, VA 23062
18. Hamrick, J. M., 1996. "USER'S MANUAL FOR THE ENVIRONMENTAL FLUID DYNAMICS COMPUTER CODE", Special Report No. 331 in Applied Marine Science and Ocean Engineering , Virginia Institute of Marine Science School of Marine Science, The College of William and Mary Gloucester Point, VA 23062
19. Hillebrand, G., 2003 "Coupling of near- and far-field models for prediction of treated sewage effluent discharges into the coastal ocean"
20. R.L. Doneker and G.H. Jirka (1990), "Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Single Port Discharges (CORMIX1)", Technical Report EPA/600/3-90/012, U.S.EPA Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia, 1990.
21. G.H. Jirka and R.L. Doneker, 1991 "Hydrodynamic Classification of Submerged Single Port Discharges", J. Hydraulic Engineering, ASCE, 117, No.9, 1095-1112
22. G.H. Jirka and P.J. Akar, 1991 "Hydrodynamic Classification of Submerged Multiport Diffusers Discharges", J. Hydraulic Engineering, ASCE, 117, No.9, 1113-1128
23. Jirka, G. H., Doneker, R. L., and Hinton, S. W.: 1996, "User's Manual for CORMIX: A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges into Surface Waters", DeFrees Hydraulics Laboratory School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University
24. G.R. Jones and G.H. Jirka, "CORMIX3: An Expert System for the Analysis and Prediction of Buoyant Surface Discharges", Tech. Rep., DeFrees Hydraulics Laboratory, Cornell University, 1991
25. Jones, G.R, Nash, J.D. ve Jirka, G., H. 1996. "CORMIX3: An Expert System for Mixing Zone Analysis and Prediction of Bouyant Surface Discharges", DeFrees Hydraulics Laboratory School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, New York 14853-3501

26. Law, A.W.K., Lee, C.C. ve Qi, Y. 2002, "CFD Modeling of a Multi-Port Diffuser in an Olique Current", 2ND International Conference on Marine Wastewater Discharges, MWWD 16-20 Eylül, İstanbul
27. Muellenhoff, W.P., Soldate, Jr., D.J., Baumgartner, M.D., Schuldt, L.R., Davis, L.R. ve Frick, W.E. 1985, "Initial mixing characteristics of municipal ocean outfall discharges: Volume 1. Procedures and Applications", EPA/600/3-85/073a
28. Nash, J.D. "Buoyant Discharges into Reversing Ambient Currents", 1995, Master of Science Thesis (abbreviated version), Civil and Environmental Engineering, DeFrees Hydraulics Laboratory, Cornell University, Ithaca NY. Advisor: Gerhard H. Jirka
29. ODTÜ 1994, "Marmara Çevrim Santrali Çevresel Etki Değerlendirmesi Çalışması", Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, ENSR Consulting and Engineering.
30. Öztürk, İ., Sarıkaya, H.Z., Aydın, A.F. ve Demir, İ. 1995, "A Simplified Model for Thermal Discharges", Wat.Sci.Tech. Vol 32(2), sayfa 183-191
31. Öztürk, İ., 1996. "Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayınları"
32. Öztürk, İ., Sarıkaya, H.Z., Aydın, A.F., Yüksel, E. ve Ökten, H.E. 2000. "Environmental Impact Assessment of Thermal Discharges in Turkey", International Conference on Marine Waste Water Discharges 2000, November 28-December 1 2000, Genova, Italy.
33. Parker F.L. ve Krenkel P.A., 1970. Physical and Engineering Aspects of Thermal Pollution, Butterworks, London.
34. Roberts, P.J.W., Snyder, W.H. ve Baumgartner, D.J. 1989a "Ocean outfalls I: submerged wastefield formation", ASCE Journal of Hydraulic Engineering, Vol 15(1), sayfa 1-25
35. Roberts, P.J.W., Snyder, W.H. ve Baumgartner, D.J. 1989b "Ocean outfalls II: spatial evolution of submerged wastefield", ASCE Journal of Hydraulic Engineering, Vol 15(1), sayfa 26-48
36. Roberts, P.J.W., Snyder, W.H. ve Baumgartner, D.J. 1989b "Ocean outfalls III: effect of diffuser design on submerged wastefield", ASCE Journal of Hydraulic Engineering, Vol 15(1), sayfa 49-70
37. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 1988, Resmi Gazete 4 Eylül 1988, No.19919
38. Su Ürünleri Yönetmeliği 1995, Resmi Gazete 10 Mart 1995, No.22223.
39. Thomann ve Mueller, 1987 "Principles of Surface Water Quality Modelling"

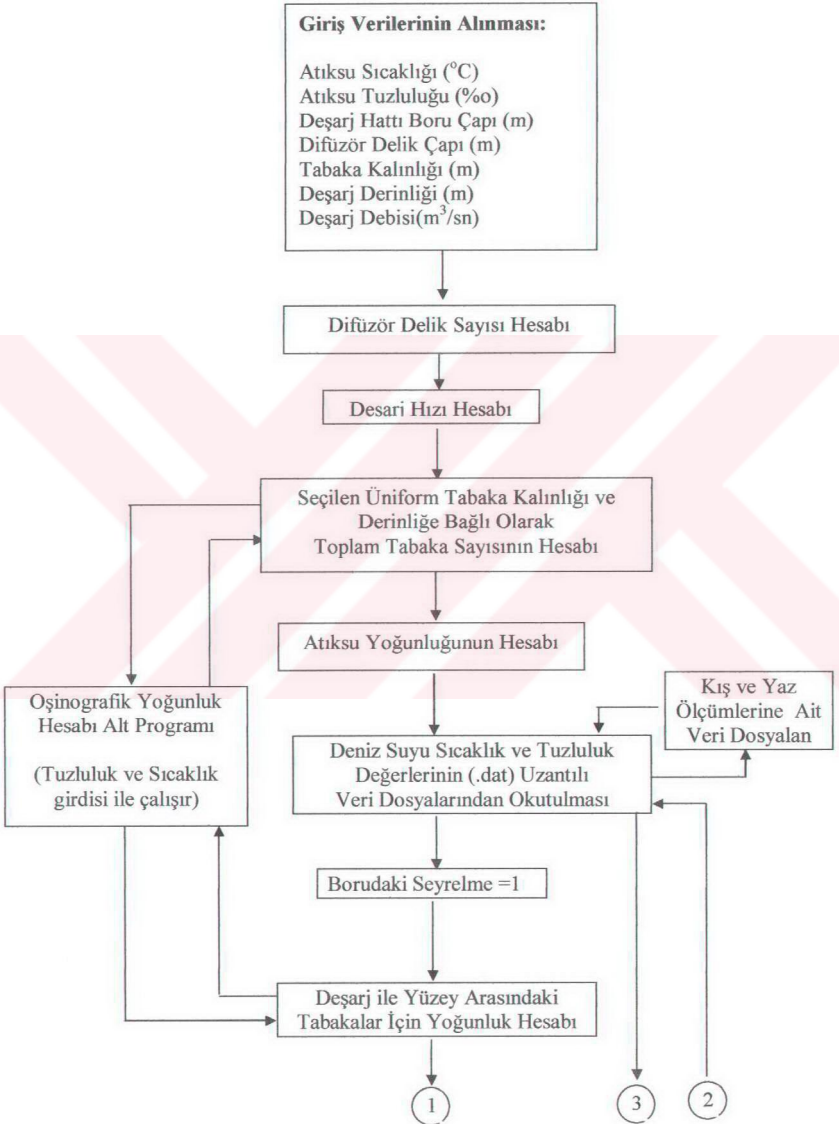
40. Varol, E. 2001. "Atıksu Deniz Deşarj Sistemleri Tasarımında Bilgisayar Programlama", Bitirme Çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
41. Varol, E., Ertürk, A., Yüksel, E., Aydın, A.F. ve Öztürk, İ. 2004. "Atıksu Derin Deşarj Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Ön Tasarımı", Türkiye Kıyı Alanları Milli Komitesi Türkiye Kıyıları 2004 Sempozyumu, 4-7 Mayıs 2004, Adana

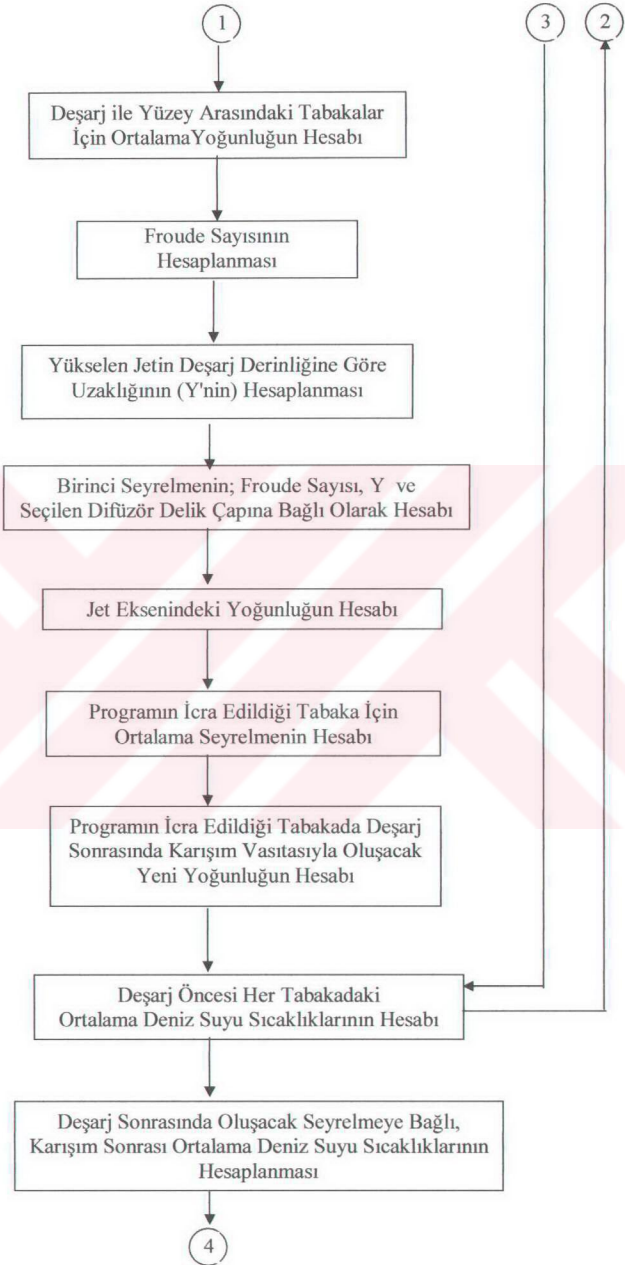


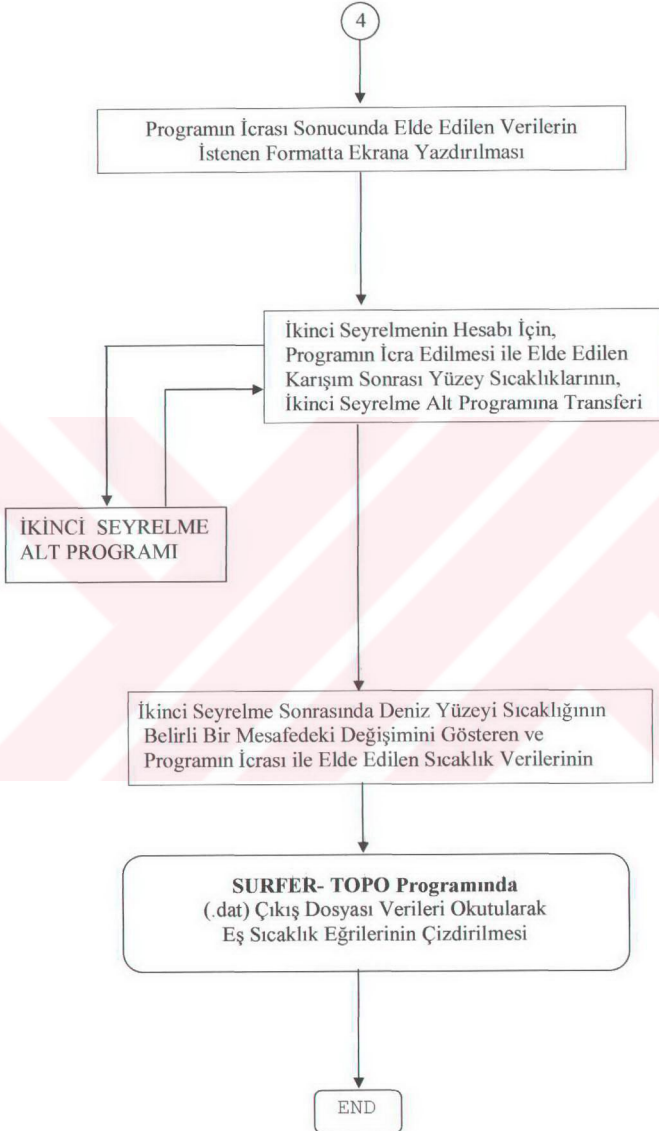
EKLER

EK A1 Termal Deşarj Ve Dispersiyon Modeli (Thermod) Akım Seması

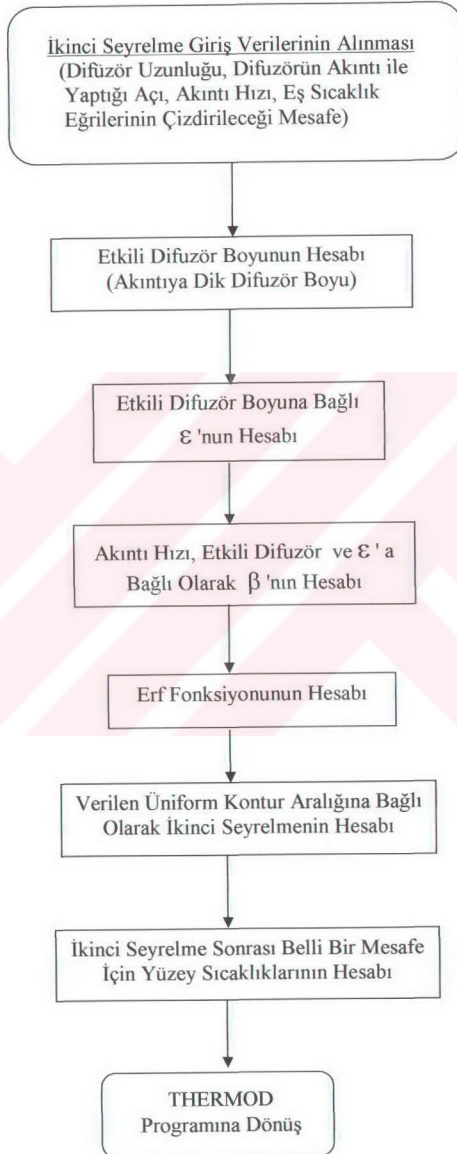
Ana Modül







İkinci Seyrelme Alt Programı



EK A2 Termal Deşarj Ve Dispersiyon Modeli (THERMOD) Program Kodu

\$DYNAMIC

DECLARE SUB SEYRELME2 (M, NX, DX)

DECLARE SUB OS (I)

CLS

DIM SHARED TD(50) AS SINGLE

DIM SHARED OD(50) AS SINGLE

DIM SHARED SLN(50) AS SINGLE

DIM SHARED X(30) AS SINGLE

DIM SHARED TX(30) AS SINGLE

DIM SHARED RA(50), F(50), SM(50), ODM(50)

DIM SHARED SMA(50), TDA(50), TMA(50), ODA(50), ODMA(50)

DIM SHARED T2S(50, 50), YCOORD(50)

DIM QD(0) AS SINGLE 'dinamik dizi

DIM VD(0) AS SINGLE 'dinamik dizi

DIM AD(0) AS SINGLE 'dinamik dizi

DIM DD(0) AS SINGLE 'dinamik dizi

DIM H0D(0) AS SINGLE 'dinamik dizi

DIM MD(0) AS SINGLE 'dinamik dizi

PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT

INPUT " Atıksu Sicakligi (°C): "; T0

INPUT " Atıksu Tuzlulugu (%.): "; SLN0

INPUT " Desarj Hatti Boru Capi (m): "; DBD

INPUT " Difuzör Delik Capi (m): "; D

INPUT " Tabaka Kalinligi (m): "; DY

INPUT " Desarj Derinligi (m): "; H0

INPUT " Desarj Debisi (m3/sn): "; Q

EH1\$ = "A"

DO

INPUT " Difüzör Delik Sayısı otomatik hesaplanıyor mu? (E/H) ";

EH1\$

LOOP UNTIL UCASE\$(EH1\$) = "E" OR UCASE\$(EH1\$) = "H"

CLS

ADB = 3.14 * DBD * DBD / 4

DA = 3.14 * D * D / 4

IF UCASE\$(EH1\$) = "H" THEN

INPUT "Difüzör Delik Sayısını Giriniz"; N

ELSE

N = INT(.6 * (ADB / DA))

END IF

REDIM QD(N)

REDIM VD(N)

REDIM AD(N)

REDIM DD(N)

REDIM H0D(N)

REDIM MD(N)

INPUT "Difüzör deliklerinin derinliklerini içeren dosyanın adını giriniz";
DERINLIKDOSYA\$

OPEN DERINLIKDOSYA\$ FOR INPUT AS #21

FOR JJ = 1 TO N

INPUT #21, H0D(JJ)

NEXT JJ

PRINT "Difüzör deliklerinden fırlayan debi dağılımı:"; PRINT

PRINT "<--A--> Debi dağılımı uniform"

PRINT "<--B--> Debi dağılımı uniform değil"

EH1\$ = "C"

DO

INPUT "Debi dağılımını seçiniz (A/B)"; EH1\$

LOOP UNTIL UCASE\$(EH1\$) = "A" OR UCASE\$(EH1\$) = "B"

IF UCASE\$(EH1\$) = "A" THEN

FOR JJ = 1 TO N

```

DD(JJ) = D
AD(JJ) = (3.14 * DD(JJ) ^ 2) / 4
VD(JJ) = (Q / N) / AD(JJ)
NEXT JJ

ELSE

INPUT "Debi dağılımı hesabı veri dosyasının adını giriniz";
DEBIDOSYA$
OPEN DEBIDOSYA$ FOR INPUT AS #10

FOR JJ = 1 TO N
INPUT #10, DD(JJ), QD(JJ)
AD(JJ) = (3.14 * DD(JJ) ^ 2) / 4
VD(JJ) = QD(JJ) / AD(JJ)
NEXT JJ

END IF

FOR JJ = 1 TO N
MD(JJ) = INT(H0D(JJ) / DY)
NEXT JJ

PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT

PRINT "          Atiksu Sicakligi (oC): "; T0
PRINT "          Atiksu Tuzlulugu (%.): "; SLN0
PRINT "          Desarj Hatti Boru Capi (m): "; DBD
PRINT "          Difuzor Delik Capi (m): "; D
PRINT "          Tabaka Kalinligi (m): "; DY
PRINT "          Desarj Derinligi (m): "; H0
PRINT "          Desarj Debisi (m3/sn): "; Q
PRINT "          Difuzor Delik Sayisi (adet): "; N
INPUT "", dummy
CLS

REM ----- ATIKSU R0 HESABI -----

I = 0
SLN(0) = SLN0
TMA(0) = T0
TD(0) = T0
CALL OS(I)

```

```
R0 = OD(I) + 1000
ODM(0) = OD(0)
ODMA(0) = ODM(0)
```

```
PRINT "İİİİİİİİ DENİZSUYU SICAKLIK ve TUZLULUK
DEGERLERİNİN OKUTULMASI İİİİİİİİİİ"
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
PRINT " Deniz suyu tuzluluk ve sicaklik veri dosyasinin bulunduğu
Surucu (A, B, C)"
```

```
PRINT
```

```
INPUT " "
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
PRINT " Veri Dosyasi Path ve Ismi ? (Isim 8 harften az ve sonu .DAT
olacak !)"
```

```
PRINT
```

```
PRINT
```

```
INPUT " ", file$
```

```
CLS
```

```
OPEN "OUTPUT.DAT" FOR OUTPUT AS #20
CLOSE #20
```

```
FOR JJ = 1 TO N
```

```
OPEN file$ FOR INPUT AS #1
```

```
INPUT #1, dummy$
```

```
FOR I = 1 TO (MD(JJ) + 1)
INPUT #1, SLN(I), TD(I)
NEXT I
```

```
I = 1
CALL OS(I)
ODM(I) = R0 - 1000
```


CLOSE #1

SUM = 0
SM(0) = 1

OPEN "OUTPUT.DAT" FOR APPEND AS #20

PRINT #20, "DIFUZOR DELIK NO : "; JJ

PRINT #20, TAB(2); "NO"; TAB(6); "DERIN."; TAB(13);
PRINT #20, "SICAK."; TAB(20); "TUZL."; TAB(28); "ORT.YOG";
PRINT #20, TAB(37); "EKS.SEY"; TAB(46); "EKS.YOG"; TAB(55);
PRINT #20, "ORT.SEY"; TAB(64); "ORT.YOG"; TAB(72); "ORT.SIC"

FOR I = 2 TO (MD(JJ) + 1)

CALL OS(I)

ODA(I - 1) = (OD(I) + OD(I - 1)) / 2
RA(I - 1) = 1000 + ODA(I - 1)
SUM = SUM + RA(I - 1) - R0

$F(I - 1) = VD(JJ) * ((I - 1) * R0 / (9.810001 * DD(JJ) * SUM))^{.5}$

Y = DY * (I - 1)

IF (Y / DD(JJ)) < .89 * F(I - 1) THEN GOTO 10 ELSE 20

10 SM(I - 1) = .54 * F(I - 1) * Y ^ .44 * (DD(JJ) * F(I - 1)) ^ (-.44):
GOTO 25

20 SM(I - 1) = .54 * F(I - 1) * (.38 * Y / (DD(JJ) * F(I - 1)) + .68) ^ 1.67
25 ODM(I - 1) = (ODM(I - 2) + (SM(I - 1) / SM(I - 2) - 1) * ODA(I - 1))
/ (SM(I - 1) / SM(I - 2))

SMA(I - 1) = 2 * SM(I - 1)
SMA(0) = 1
ODMA(I - 1) = (ODMA(I - 2) + (SMA(I - 1) / SMA(I - 2) - 1) *
ODA(I - 1)) / (SMA(I - 1) / SMA(I - 2))

TDA(I - 1) = (TD(I - 1) + TD(I)) / 2
TMA(I - 1) = (((SMA(I - 1) / SMA(I - 2)) - 1) * TDA(I - 1) + TMA(I -
2)) * SMA(I - 2) / SMA(I - 1)

```

IF (ODMA(I - 1) - ODA(I - 1)) > .001 THEN GOTO 50

PRINT #20, TAB(2); (I - 1); TAB(6); Y;
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(12); TD(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(20); SLN(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(28); ODA(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(37); SM(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(46); ODM(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(55); SMA(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(64); ODMA(I - 1);
PRINT #20, USING "##.###"; TAB(72); TMA(I - 1);

NEXT I

PRINT #20, : PRINT #20,

CLOSE #20

NEXT JJ

PRINT : PRINT : PRINT
INPUT "    ikinci Seyrelme Hesabini Yaptirmak Istiyormusunuz  [E/H] ";
A$
IF A$ = "H" OR A$ = "h" THEN GOTO 100

CALL SEYRELME2(M, N0, DX)

OPEN "OUT.DAT" FOR OUTPUT AS #12

N = 10
NY = N0

FOR I = 1 TO N

FOR J = 1 TO NY

WRITE #12, DX * I, YCOORD(I) * J, T2S(I, J)
NEXT J

NEXT I

FOR I = 1 TO N
FOR J = 1 TO NY
WRITE #12, DX * I, -YCOORD(I) * J, T2S(I, J)
NEXT J
NEXT I: CLOSE #12
GOTO 100
50 PRINT "          !!!!!.....Verilere Gore Batik Tarla
Olusmaktadır.....!!!!!!"

```

100 END

REM \$STATIC
SUB OS (I)

C = SLN(I) / 1.80655
SIGO = -.069 + 1.4708 * C - .00157 * C ^ 2 + .0000398 * C ^ 3
AT = .0047867 * TD(I) - 9.8185E-05 * TD(I) ^ 2 + 1.0843E-06 * TD(I) ^ 3
BT = 1.803E-05 * TD(I) - 8.146E-07 * TD(I) ^ 2 + 1.667E-08 * TD(I) ^ 3
SIGT = -(TD(I) - 3.98) ^ 2 * (TD(I) + 283) / (503.57 * (TD(I) + 67.26))
OD(I) = (SIGO + .1324) * (1 - AT + BT * (SIGO - .1324)) + SIGT
END SUB

SUB SEYRELME2 (M, N0, DX)
DIM TY(50, 50) AS SINGLE, S2M(50) AS SINGLE

CLS
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
INPUT " Difuzor Uzunlugu (m) : "; B0
INPUT " Difuzorun Akinti ile Yaptigi Aci (ø) : "; TETA
INPUT " Akinti Hizi (m/sn) : "; U
INPUT " Es Sicaklik Egrileri Kac Metre Icin Cizdirilecek : "; XTOP

N = 10
DX = XTOP / N
B = B0 * SIN(3.14 * TETA / 180)
EPSILON = .000453 * B ^ (4 / 3)
BETA = 12 * EPSILON / (U * B)
TI = TMA(M)
TDENIZ = TD(M + 1)
FOR I = 1 TO N
X1 = ((3 / 2) / ((1 + 2 * BETA * (I * DX) / (3 * B)) ^ 3 - 1)) ^ .5
A1 = .47047
A2 = .34802
A3 = -.09587
A4 = .74785
X2 = 1 / (1 + A1 * X1)
ERF = 1 - (A2 * X2 + A3 * X2 ^ 2 + A4 * X2 ^ 3) * EXP(-X1 ^ 2)
S2M(I) = 1 / ERF
TX(I) = (TI - TDENIZ) / S2M(I)
NEXT I
N0 = 12
NY = N0

FOR I = 1 TO N

LX = B * (1 + (2 / 3) * (DX * I) / B) ^ (3 / 2)
SIGMA = LX / (2 * SQR(3))

```
DY = LX / (2 * NY)
YCOORD(I) = DY
T2S(I, 0) = TDENIZ + TX(I)
```

```
FOR J = 1 TO NY
TY(I, J) = TX(I) * EXP(-.5 * (J * DY / SIGMA) ^ 2)
T2S(I, J) = TDENIZ + TY(I, J)
```

```
NEXT J
NEXT I
CLS
```

```
NY = N0
```

```
FOR I = 1 TO N
PRINT "          T("; DX * I; " 0 )="; TDENIZ + TX(I)
FOR J = 1 TO NY
PRINT "          T("; DX * I; INT(DY * J); ")="; TDENIZ + TY(I,
J)
```

```
NEXT J
PRINT
PRINT : PRINT
INPUT "          Devam icin herhangi bir tusa basiniz..!", Z
PRINT : PRINT
NEXT I
```

```
FOR I = 1 TO N
PRINT "          T("; DX * I; " 0 )="; TDENIZ + TX(I)
FOR J = 1 TO NY
PRINT "          T("; DX * I; INT(-(DY * J)); ")="; TDENIZ +
TY(I, J)
NEXT J
PRINT
PRINT : PRINT
INPUT "          Devam icin herhangi bir tusa basiniz..!", Z
PRINT : PRINT
NEXT I
```

```
END SUB
```

82

Project		Ambient		Effluent		Discharge		Mixing Zone		Output		Processing	
												Discharge Page	

CORMIX1 Single Port	CORMIX2 Multipoint	CORMIX3 Surface
------------------------	-----------------------	--------------------

Nearest bank is on the: left

Diffuser length: 180 m

Distance to one endpoint: 150 m

Distance to other endpoint: 310 m

Port Height: 0 m

Pot Diameter: 25 m

Contraction Ratio: 1

Total Number of Openings: 61

Alignment Angle GAMMA: 90 degrees

Submerged Multiport Discharge

Nozzles Per Riser

Single Two Several

Diffuser Arrangement

Unidirectional Alternating

Angles (degrees)

Vertical THETA: 0

Horizontal SIGMA: 0

Relative Orientation - BETA: 90

Direction of nozzles on each side: Same Direction

Load

Clear

SWW

SWW

S-Units

CoData

CoSpy

CoVue & Run

3D CoVue

CoVue

FFL

CoSense

Help

Manual

Project

Ambient

Effluent

Discharge

Mixing Zone

Output

Mixing Zone Page

Processing

Mixing Zone Specification

Note: Concentration units are set in the Discharge Concentration field on the Effluent page.

Non-Toxic Effluent	Toxic Effluent
WQ Standard	No WQ Standard

Ambient Water Quality Standard is NOT specified for this conventional effluent.

Mixing Zone Specified | No Mixing Zone Specified

Mixing Zone is NOT specified.

Region of Interest: 600 m

Grid Intervals for Display: 400

Session Report

DISCHARGE PARAMETERS:

Diffuser type Submerged Multiport Diffuser Discharge
 Diffuser length LITYPE = alternating perpendicular
 Diffuser bank LD = 180 m
 Diffuser endpoints YB1 = 150 m; YB2 = 310 m
 Number of openings NOLEN = 81
 Spacing between risers/openings SPAC = 2 m
 Port/Nozzle diameter DO = 0.25 m
 With contraction ratio
 Equivalent slot width BO = 0.0548 m
 Total area of openings TAO = 3.9761 m²
 Discharge velocity QO = 5.01 m/s
 Total discharge flowrate QO = 0 m³/s
 Discharge port height QO = 0 m
 Nozzle arrangement RITYPE = alternating without fanning
 Diffuser alignment angle SAMX = 90 deg
 Vertical discharge angle THETA = 90 deg
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg
 Relative orientation angle BETA = 90 deg
 Discharge density RHOO = 1017.280 kg/m³
 Density difference DRHO = 0.2475 kg/m³
 Buoyant acceleration GPO = 0.0024 m/s²
 Discharge concentration CO = 10.32 dwt.-%
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s
 Coefficient of decay KD = 0 /s

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

qO = 0.05 m²/s
 Discharge (Volume flux) mO = 0.100502 m³/s²
 Momentum flux JO = 0.000119 m³/s³
 Buoyancy flux

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.02 m LM = 13.29 m LN = 41.64 m
 Lb' = 99999 m La = 99999 m
 (These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number FRO = 261.33
 Port/nozzle Froude number FROO = 82.39
 Velocity ratio R = 23.13

Clear

Close

Session Report

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:
Toxic discharge = no
Water quality standard specified = no
Regulatory mixing zone = no
Region of interest = 600 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

F-----F
| FLOW CLASS = MUS |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site. The ambient density stratification at the discharge site is relatively weak and unimportant so the discharge flow penetrates to the surface and/or breaks down the existing stratification through vigorous mixing.

Applicable layer depth = water depth = 6.3 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:
330 m from the left bank/shore.
Number of display steps NSTEP = 400 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at edge of NFR = 0.9181 deg.C

Dilution at edge of NFR

NFR Location: x = 11.5

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 6.3 m

NFR plume dimensions: half-width = 84.96 m

thickness = 6.20 m

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level

Session Report

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level. Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is weak relative to the discharge conditions and is dynamically unimportant. The discharge will behave as if the ambient were unstified.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field. There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

UPSTREAM INTRUSION SUMMARY:

Plume exhibits upstream intrusion due to low ambient velocity or strong discharge buoyancy.
Intrusion length = 2.88 m
Intrusion stagnation point = -2.89 m
Intrusion thickness = 72.71 m
Intrusion half width at impingement = 84.96 m
Intrusion half thickness at impingement = 6.20 m

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section does not contact bank in this simulation.
***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****
No TD2 was specified for this simulation.
***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****
No RM2 and no ambient water quality standard have been specified.
***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****
CORRIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles

Draw

Close

Session Report

Intrusion thickness = 72.71 m
Intrusion half width at impingement = 84.96 m
Intrusion half thickness at impingement = 6.20 m

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:
Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m
downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:
Plume in unbounded section does not contact bank in this simulation.
***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****
No TD2 was specified for this simulation.
***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****
No RM2 and no ambient water quality standard have been specified.
***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****
CORNIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent
the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates
the details of the merging process of the individual jets from each
port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles
(or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local
water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a
final CORNIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data
for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to
the present near-field prediction.

DIFFUSER DESIGN DETAILS: Because of the alternating arrangement
of the opposing nozzles/ports, the AVERAGE VERTICAL ANGLE (THETA)
has been set to 90 deg. This represents a ZERO NET HORIZONTAL
MOMENTUM FLUX for the entire diffuser.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known
technique is NOT AN EXACT SCIENCE.
Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the
CORNIX predictions on dilutions and concentrations (with associated
plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate
to within about $\pm 50\%$ (standard deviation).
As a further safeguard, CORNIX will not give predictions whenever it judges
the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

Clear

Close

Close

Clear

Site name/label:

INQUEST: no

1000 3000000 3000000 3000000 3000000

HA	=	9.00	HT	=	6.30
----	---	------	----	---	------

```
0X      = 0.0001 5890F-02
0X      = 5.0001 5890F-02
```

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

RHOAS = 1017.2420 RHOAB = 1017.7090

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (METRIC

BANK = LEFT DISTB = 230.00

$$D0 = 0.250 \text{ A0} = 0.049$$

$\Gamma = 90.00$ $\Theta = 90.00$

RH00 = 1017.2280 DRH00 = 0.2475E+00

```
IPOLL = 3      RS = 0.0000E+00
```

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH

Associated 2-d length scales (meters)

$$1\text{mn} = 99999.00 \text{ lbn} = 99999.00$$

ENTIRE ADJUSTED = ENTIRE DEFICIT / (100 - 100)

92

Lm	=	46.12	Lb	=	28.98
Lmp	=	9999.00	Lbp	=	9999.00

23.13

23.13

2222 2 2 2222

INTEREST PARAMETERS

deg. C

1

0 0

□ □

0000

STEM:

ORIGIN is located at the bottom end the diffuser mid-point:

ore.

oints to left 2-axis joints inverted

of 1000

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	52
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

OF THIS HEATED DISCHARGE (T_{POLE}=3):

buoyancy (heat) loss effects, but

 $\leq \deg C_i$ (always in " $\deg C_i$ "),

.....

.....

EQUIVALENT SLOT DIFFUSER (2-D) GEOMETRY

[illegible]

Dear

Close

Prediction File

BEGIN MOD201: DIFFUSER DISCHARGE MODULE

Due to complex near-field motions: EQUIVALENT SLOT DIFFUSER (2-D) GEOMETRY

Profile definitions:

EV = Gaussian $1/e$ (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory
 BH = top-hat half-width, in horizontal plane normal to trajectory
 S = hydrodynamic centerline dilution
 C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	EV	BH
0.00	0.00	0.00	1.0	0.105E+02	0.02	80.00

END OF MOD201: DIFFUSER DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD234: UNSTABLE RECIRCULATION REGION OVER LAYER DEPTH

INITIAL LOCAL VERTICAL INSTABILITY REGION:

Bulk dilution (S = 11.39) occurs in a limited region (horizontal extent = 174.52 m) surrounding the discharge location.

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	EV	BH
0.00	0.00	0.00	1.0	0.105E+02	0.02	80.00

Control volume outflow:

X	Y	Z	S	C	EV	BH
0.00	0.00	3.15	11.4	0.824E+00	6.30	95.75

END OF MOD234: UNSTABLE RECIRCULATION REGION OVER LAYER DEPTH

BEGIN MOD234a: UPSTREAM SPREADING AFTER NEAR-FIELD INSTABILITY

UPSTREAM INTRUSION PROPERTIES:

Upstream intrusion length	=	2.88 m
X-position of upstream stagnation point	=	-2.88 m
Thickness in intrusion region	=	6.30 m
Half-width at downstream end	=	94.96 m
Thickness at downstream end	=	2.70 m

Prediction File

BEGIN MOD234a: UPSTREAM SPREADING AFTER NEAR-FIELD INSTABILITY

UPSTREAM INTRUSION PROPERTIES:

Upstream intrusion length = 2.88 m
 X-position of upstream stagnation point = -2.88 m
 Thickness in intrusion region = 6.30 m
 Half-width at downstream end = 84.56 m
 Thickness at downstream end = 6.30 m

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH
0.00	0.00	3.15	11.4	0.524E+00	6.30	95.75

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically
 BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction
 ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)
 ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)
 S = hydrodynamic average (bulk) dilution
 C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
-2.88	0.00	6.30	9999.9	0.000E+00	0.00	0.00	6.30	6.30
-1.97	0.00	6.30	16.5	0.637E+00	6.30	12.02	6.30	0.00
2.47	0.00	6.30	13.4	0.523E+00	6.30	29.18	6.30	0.00
6.92	0.00	6.30	13.4	0.523E+00	6.30	39.49	6.30	0.00
11.36	0.00	6.30	13.4	0.522E+00	6.30	47.61	6.30	0.00
15.81	0.00	6.30	13.4	0.521E+00	6.30	54.53	6.30	0.00
20.25	0.00	6.30	13.4	0.520E+00	6.30	60.67	6.30	0.00
24.70	0.00	6.30	13.4	0.520E+00	6.30	66.25	6.30	0.00
29.14	0.00	6.30	13.4	0.519E+00	6.30	71.39	6.30	0.00
33.59	0.00	6.30	13.5	0.519E+00	6.30	76.18	6.30	0.00
38.03	0.00	6.30	13.5	0.518E+00	6.30	80.69	6.30	0.00
42.48	0.00	6.30	13.5	0.518E+00	6.30	84.96	6.30	0.10

Cumulative travel time = 488. sec

END OF MOD234a: UPSTREAM SPREADING AFTER NEAR-FIELD INSTABILITY

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

Prediction File

BEGIN NO0241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

SV = top-hat thickness, measured vertically
 BV = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction
 ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)
 ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)
 S = hydrodynamic average (bulk) dilution
 C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

Plume Stage 1 (not bank attached):

Plume X	Y	Z	S	C	SV	BV	ZU	ZL
42.88	0.00	6.30	11.5	0.91E+00	6.10	84.06	6.30	0.10
43.57	0.00	6.30	11.3	0.91E+00	6.18	85.26	6.30	0.12
44.27	0.00	6.30	11.3	0.91E+00	6.16	85.76	6.30	0.14
44.88	0.00	6.30	11.3	0.91E+00	6.14	86.17	6.30	0.16
46.03	0.00	6.30	11.3	0.91E+00	6.12	86.57	6.30	0.18
45.48	0.00	6.30	11.3	0.91E+00	6.10	86.97	6.30	0.20
50.84	0.00	6.30	11.3	0.91E+00	6.08	87.37	6.30	0.22
52.24	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	6.06	87.77	6.30	0.24
53.63	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	6.04	88.17	6.30	0.26
55.02	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	6.02	88.57	6.30	0.28
56.42	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	6.00	88.96	6.30	0.30
57.81	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	5.98	89.36	6.30	0.32
59.21	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	5.96	89.75	6.30	0.34
60.60	0.00	6.30	11.6	0.90E+00	5.94	90.15	6.30	0.36
61.99	0.00	6.30	11.7	0.90E+00	5.92	90.54	6.30	0.38
63.39	0.00	6.30	11.7	0.90E+00	5.90	90.93	6.30	0.40
64.78	0.00	6.30	11.7	0.90E+00	5.88	91.32	6.30	0.42
66.17	0.00	6.30	11.7	0.89E+00	5.87	91.71	6.30	0.43
67.57	0.00	6.30	11.7	0.89E+00	5.85	92.10	6.30	0.45
68.96	0.00	6.30	11.7	0.89E+00	5.83	92.49	6.30	0.47
70.36	0.00	6.30	11.7	0.89E+00	5.81	92.88	6.30	0.49
71.75	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.80	93.27	6.30	0.50
73.14	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.78	93.65	6.30	0.52
74.54	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.76	94.04	6.30	0.54
75.93	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.74	94.42	6.30	0.56
77.32	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.73	94.80	6.30	0.57
78.72	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.71	95.19	6.30	0.59
80.11	0.00	6.30	11.8	0.89E+00	5.69	95.57	6.30	0.61
81.51	0.00	6.30	11.9	0.89E+00	5.69	95.95	6.30	0.62
82.90	0.00	6.30	11.9	0.89E+00	5.66	96.33	6.30	0.64

Clear Close

Prediction File

81.51	0.00	6.30	11.9	0.868E+00	5.59	95.95	6.30	0.62
82.90	0.00	6.30	11.9	0.887E+00	5.66	96.33	6.30	0.64
84.29	0.00	6.30	11.9	0.886E+00	5.65	96.71	6.30	0.65
85.69	0.00	6.30	11.9	0.884E+00	5.63	97.09	6.30	0.67
87.08	0.00	6.30	11.9	0.884E+00	5.62	97.47	6.30	0.68
88.48	0.00	6.30	11.9	0.883E+00	5.60	97.85	6.30	0.70
89.87	0.00	6.30	11.9	0.882E+00	5.59	98.22	6.30	0.72
91.26	0.00	6.30	11.9	0.881E+00	5.57	98.60	6.30	0.73
92.66	0.00	6.30	12.0	0.880E+00	5.55	98.97	6.30	0.75
94.05	0.00	6.30	12.0	0.879E+00	5.54	99.35	6.30	0.76
95.44	0.00	6.30	12.0	0.878E+00	5.52	99.72	6.30	0.78
96.84	0.00	6.30	12.0	0.877E+00	5.51	100.09	6.30	0.79
98.23	0.00	6.30	12.0	0.876E+00	5.49	100.47	6.30	0.81
99.63	0.00	6.30	12.0	0.875E+00	5.48	100.84	6.30	0.82
101.02	0.00	6.30	12.0	0.874E+00	5.47	101.21	6.30	0.83
102.41	0.00	6.30	12.0	0.873E+00	5.45	101.58	6.30	0.85
103.81	0.00	6.30	12.1	0.872E+00	5.44	101.95	6.30	0.86
105.20	0.00	6.30	12.1	0.872E+00	5.42	102.32	6.30	0.88
106.59	0.00	6.30	12.1	0.871E+00	5.41	102.69	6.30	0.89
107.99	0.00	6.30	12.1	0.870E+00	5.40	103.05	6.30	0.90
109.38	0.00	6.30	12.1	0.869E+00	5.39	103.42	6.30	0.92
110.78	0.00	6.30	12.1	0.868E+00	5.37	103.79	6.30	0.93
112.17	0.00	6.30	12.1	0.867E+00	5.36	104.15	6.30	0.94
113.56	0.00	6.30	12.1	0.866E+00	5.34	104.52	6.30	0.96
114.96	0.00	6.30	12.2	0.865E+00	5.33	104.88	6.30	0.97
116.35	0.00	6.30	12.2	0.864E+00	5.32	105.25	6.30	0.98
117.74	0.00	6.30	12.2	0.864E+00	5.30	105.61	6.30	1.00
119.14	0.00	6.30	12.2	0.863E+00	5.29	105.97	6.30	1.01
120.53	0.00	6.30	12.2	0.862E+00	5.28	106.33	6.30	1.02
121.93	0.00	6.30	12.2	0.861E+00	5.27	106.69	6.30	1.03
123.32	0.00	6.30	12.2	0.860E+00	5.25	107.05	6.30	1.05
124.71	0.00	6.30	12.2	0.859E+00	5.24	107.41	6.30	1.06
126.11	0.00	6.30	12.3	0.858E+00	5.23	107.77	6.30	1.07
127.50	0.00	6.30	12.3	0.858E+00	5.22	108.13	6.30	1.08
128.90	0.00	6.30	12.3	0.857E+00	5.20	108.49	6.30	1.10
130.29	0.00	6.30	12.3	0.856E+00	5.19	108.85	6.30	1.11
131.68	0.00	6.30	12.3	0.855E+00	5.18	109.20	6.30	1.12
133.08	0.00	6.30	12.3	0.854E+00	5.17	109.56	6.30	1.13
134.47	0.00	6.30	12.3	0.853E+00	5.16	109.92	6.30	1.14
135.86	0.00	6.30	12.3	0.853E+00	5.15	110.27	6.30	1.15
137.26	0.00	6.30	12.4	0.852E+00	5.13	110.63	6.30	1.17
138.65	0.00	6.30	12.4	0.851E+00	5.12	110.98	6.30	1.18

Close

Close

Prediction File

137.26	0.00	6.30	12.4	0.8532+00	5.13	110.63	6.30	1.17
138.65	0.00	6.30	12.4	0.851E+00	5.12	110.98	6.30	1.18
140.05	0.00	6.30	12.4	0.850E+00	5.11	111.33	6.30	1.19
141.44	0.00	6.30	12.4	0.849E+00	5.10	111.69	6.30	1.20
142.83	0.00	6.30	12.4	0.848E+00	5.09	112.04	6.30	1.21
144.23	0.00	6.30	12.4	0.848E+00	5.08	112.39	6.30	1.22
145.62	0.00	6.30	12.4	0.847E+00	5.07	112.74	6.30	1.23
147.01	0.00	6.30	12.4	0.846E+00	5.06	113.09	6.30	1.24
148.41	0.00	6.30	12.4	0.845E+00	5.04	113.44	6.30	1.26
149.80	0.00	6.30	12.5	0.844E+00	5.03	113.79	6.30	1.27
151.20	0.00	6.30	12.5	0.844E+00	5.02	114.14	6.30	1.28
152.59	0.00	6.30	12.5	0.843E+00	5.01	114.49	6.30	1.29
153.98	0.00	6.30	12.5	0.842E+00	5.00	114.83	6.30	1.30
155.38	0.00	6.30	12.5	0.841E+00	4.99	115.18	6.30	1.31
156.77	0.00	6.30	12.5	0.840E+00	4.98	115.53	6.30	1.32
158.17	0.00	6.30	12.5	0.839E+00	4.97	115.87	6.30	1.33
159.56	0.00	6.30	12.6	0.838E+00	4.96	116.22	6.30	1.34
160.95	0.00	6.30	12.6	0.837E+00	4.95	116.57	6.30	1.35
162.35	0.00	6.30	12.6	0.837E+00	4.94	116.91	6.30	1.36
163.74	0.00	6.30	12.6	0.836E+00	4.93	117.25	6.30	1.37
165.13	0.00	6.30	12.6	0.836E+00	4.92	117.60	6.30	1.38
166.53	0.00	6.30	12.6	0.835E+00	4.91	117.94	6.30	1.39
167.92	0.00	6.30	12.6	0.834E+00	4.90	118.29	6.30	1.40
169.32	0.00	6.30	12.6	0.834E+00	4.89	118.62	6.30	1.41
170.71	0.00	6.30	12.6	0.833E+00	4.88	118.97	6.30	1.42
172.10	0.00	6.30	12.6	0.832E+00	4.87	119.31	6.30	1.43
173.50	0.00	6.30	12.7	0.831E+00	4.86	119.65	6.30	1.44
174.89	0.00	6.30	12.7	0.831E+00	4.85	119.99	6.30	1.45
176.28	0.00	6.30	12.7	0.830E+00	4.84	120.33	6.30	1.46
177.68	0.00	6.30	12.7	0.829E+00	4.83	120.67	6.30	1.47
179.07	0.00	6.30	12.7	0.828E+00	4.83	121.00	6.30	1.47
180.47	0.00	6.30	12.7	0.828E+00	4.82	121.34	6.30	1.48
181.86	0.00	6.30	12.7	0.827E+00	4.81	121.68	6.30	1.49
183.25	0.00	6.30	12.7	0.826E+00	4.80	122.02	6.30	1.50
184.65	0.00	6.30	12.7	0.826E+00	4.79	122.35	6.30	1.51
186.04	0.00	6.30	12.8	0.825E+00	4.78	122.69	6.30	1.52
187.43	0.00	6.30	12.8	0.824E+00	4.77	123.03	6.30	1.53
188.83	0.00	6.30	12.8	0.823E+00	4.76	123.36	6.30	1.54
190.22	0.00	6.30	12.8	0.823E+00	4.75	123.69	6.30	1.55
191.62	0.00	6.30	12.8	0.822E+00	4.74	124.03	6.30	1.56
193.01	0.00	6.30	12.8	0.821E+00	4.74	124.36	6.30	1.56
194.40	0.00	6.30	12.8	0.820E+00	4.73	124.70	6.30	1.57

Close

Close

Prediction File

194.40	0.00	6.30	12.8	0.820E+00	4.73	124.70	6.30	1.57
195.80	0.00	6.30	12.8	0.820E+00	4.72	125.03	6.30	1.58
197.19	0.00	6.30	12.8	0.819E+00	4.71	125.36	6.30	1.59
198.59	0.00	6.30	12.9	0.819E+00	4.70	125.69	6.30	1.60
199.98	0.00	6.30	12.9	0.818E+00	4.69	126.02	6.30	1.61
201.37	0.00	6.30	12.9	0.817E+00	4.69	126.36	6.30	1.62
202.77	0.00	6.30	12.9	0.816E+00	4.68	126.69	6.30	1.62
204.16	0.00	6.30	12.9	0.815E+00	4.67	127.02	6.30	1.63
205.55	0.00	6.30	12.9	0.815E+00	4.66	127.35	6.30	1.64
206.95	0.00	6.30	12.9	0.814E+00	4.65	127.68	6.30	1.65
208.34	0.00	6.30	12.9	0.813E+00	4.65	128.00	6.30	1.65
209.74	0.00	6.30	12.9	0.813E+00	4.64	128.33	6.30	1.66
211.13	0.00	6.30	13.0	0.812E+00	4.63	128.66	6.30	1.67
212.52	0.00	6.30	13.0	0.811E+00	4.62	128.99	6.30	1.68
213.92	0.00	6.30	13.0	0.811E+00	4.61	129.32	6.30	1.69
215.31	0.00	6.30	13.0	0.810E+00	4.61	129.64	6.30	1.69
216.70	0.00	6.30	13.0	0.809E+00	4.60	129.97	6.30	1.70
218.10	0.00	6.30	13.0	0.808E+00	4.59	130.29	6.30	1.71
219.49	0.00	6.30	13.0	0.808E+00	4.58	130.62	6.30	1.72
220.89	0.00	6.30	13.0	0.807E+00	4.58	130.94	6.30	1.72
222.28	0.00	6.30	13.0	0.807E+00	4.57	131.27	6.30	1.73
223.67	0.00	6.30	13.1	0.806E+00	4.56	131.59	6.30	1.74
225.07	0.00	6.30	13.1	0.805E+00	4.55	131.92	6.30	1.75
226.46	0.00	6.30	13.1	0.805E+00	4.55	132.24	6.30	1.75
227.86	0.00	6.30	13.1	0.804E+00	4.54	132.56	6.30	1.76
229.25	0.00	6.30	13.1	0.803E+00	4.53	132.89	6.30	1.77
230.64	0.00	6.30	13.1	0.803E+00	4.52	133.21	6.30	1.78
232.04	0.00	6.30	13.1	0.802E+00	4.52	133.53	6.30	1.78
233.43	0.00	6.30	13.1	0.801E+00	4.51	133.85	6.30	1.79
234.82	0.00	6.30	13.1	0.801E+00	4.50	134.17	6.30	1.80
236.22	0.00	6.30	13.2	0.800E+00	4.50	134.49	6.30	1.80
237.61	0.00	6.30	13.2	0.799E+00	4.49	134.81	6.30	1.81
239.01	0.00	6.30	13.2	0.799E+00	4.48	135.13	6.30	1.82
240.40	0.00	6.30	13.2	0.798E+00	4.47	135.45	6.30	1.83
241.79	0.00	6.30	13.2	0.797E+00	4.47	135.77	6.30	1.83
243.19	0.00	6.30	13.2	0.797E+00	4.46	136.09	6.30	1.84
244.58	0.00	6.30	13.2	0.796E+00	4.45	136.41	6.30	1.85
245.97	0.00	6.30	13.2	0.795E+00	4.45	136.72	6.30	1.85
247.37	0.00	6.30	13.2	0.795E+00	4.44	137.04	6.30	1.86
248.76	0.00	6.30	13.2	0.794E+00	4.43	137.36	6.30	1.87
250.16	0.00	6.30	13.3	0.794E+00	4.43	137.68	6.30	1.87
251.55	0.00	6.30	13.3	0.793E+00	4.42	138.00	6.30	1.88

Clear

Close

Prediction File

246.72	0.00	6.30	13.2	0.7942E+00	4.43	137.36	6.30	1.87
250.16	0.00	6.30	13.3	0.7942E+00	4.43	137.66	6.30	1.87
251.55	0.00	6.30	13.3	0.7932E+00	4.42	137.39	6.30	1.85
252.94	0.00	6.30	13.3	0.7922E+00	4.41	136.31	6.30	1.89
254.34	0.00	6.30	13.3	0.7912E+00	4.40	136.62	6.30	1.99
255.73	0.00	6.30	13.3	0.7912E+00	4.40	136.94	6.30	1.90
257.12	0.00	6.30	13.3	0.7902E+00	4.39	136.25	6.30	1.94
259.52	0.00	6.30	13.3	0.7902E+00	4.39	136.57	6.30	1.94
259.91	0.00	6.30	13.3	0.7892E+00	4.38	136.66	6.30	1.92
261.31	0.00	6.30	13.3	0.7882E+00	4.38	140.20	6.30	1.92
262.70	0.00	6.30	13.4	0.7882E+00	4.37	140.51	6.30	1.93
264.09	0.00	6.30	13.4	0.7872E+00	4.36	140.62	6.30	1.94
265.49	0.00	6.30	13.4	0.7872E+00	4.36	141.13	6.30	1.94
266.88	0.00	6.30	13.4	0.7862E+00	4.35	141.45	6.30	1.93
268.28	0.00	6.30	13.4	0.7862E+00	4.34	141.76	6.30	1.96
269.67	0.00	6.30	13.4	0.7852E+00	4.34	142.07	6.30	1.96
271.06	0.00	6.30	13.4	0.7842E+00	4.33	142.38	6.30	1.97
272.46	0.00	6.30	13.4	0.7832E+00	4.32	142.69	6.30	1.97
273.85	0.00	6.30	13.4	0.7832E+00	4.31	143.00	6.30	1.99
275.24	0.00	6.30	13.4	0.7822E+00	4.31	143.31	6.30	1.99
276.64	0.00	6.30	13.5	0.7822E+00	4.31	143.62	6.30	1.99
278.03	0.00	6.30	13.5	0.7812E+00	4.30	143.93	6.30	2.00
279.43	0.00	6.30	13.5	0.7802E+00	4.30	144.24	6.30	2.00
280.82	0.00	6.30	13.5	0.7802E+00	4.29	144.55	6.30	2.01
282.21	0.00	6.30	13.5	0.7792E+00	4.29	144.86	6.30	2.01
283.61	0.00	6.30	13.5	0.7782E+00	4.28	145.17	6.30	2.02
285.00	0.00	6.30	13.5	0.7782E+00	4.27	145.47	6.30	2.03
286.39	0.00	6.30	13.5	0.7772E+00	4.27	145.78	6.30	2.03
287.79	0.00	6.30	13.5	0.7772E+00	4.26	146.09	6.30	2.04
289.18	0.00	6.30	13.6	0.7762E+00	4.26	146.40	6.30	2.04
290.58	0.00	6.30	13.6	0.7752E+00	4.25	146.70	6.30	2.05
291.97	0.00	6.30	13.6	0.7752E+00	4.25	147.01	6.30	2.05
293.36	0.00	6.30	13.6	0.7742E+00	4.24	147.31	6.30	2.06
294.76	0.00	6.30	13.6	0.7742E+00	4.24	147.62	6.30	2.06
296.15	0.00	6.30	13.6	0.7732E+00	4.23	147.92	6.30	2.07
297.54	0.00	6.30	13.6	0.7722E+00	4.22	148.23	6.30	2.08
298.94	0.00	6.30	13.6	0.7722E+00	4.22	148.53	6.30	2.08
300.33	0.00	6.30	13.6	0.7712E+00	4.21	148.94	6.30	2.09
301.73	0.00	6.30	13.7	0.7712E+00	4.21	149.14	6.30	2.09
303.12	0.00	6.30	13.7	0.7702E+00	4.20	149.45	6.30	2.10
304.51	0.00	6.30	13.7	0.7692E+00	4.20	149.75	6.30	2.10
305.91	0.00	6.30	13.7	0.7682E+00	4.19	149.86	6.30	2.11

Clear Date

Prediction File

304.51	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.20	149.75	6.30	2.10
305.91	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.19	150.08	6.30	2.11
307.30	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.19	150.35	6.30	2.11
308.70	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.18	150.66	6.30	2.12
310.09	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.18	150.96	6.30	2.12
311.46	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.17	151.26	6.30	2.13
312.86	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.17	151.56	6.30	2.13
314.27	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.16	151.86	6.30	2.14
315.66	0.00	6.30	13.7	0.7682+00	4.16	152.16	6.30	2.14
317.06	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.15	152.46	6.30	2.15
318.45	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.15	152.76	6.30	2.15
319.85	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.14	153.06	6.30	2.16
321.24	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.14	153.36	6.30	2.16
322.63	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.13	153.66	6.30	2.17
324.03	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.13	153.96	6.30	2.17
325.42	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.12	154.26	6.30	2.18
326.81	0.00	6.30	13.8	0.7682+00	4.12	154.56	6.30	2.18
328.21	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.11	154.85	6.30	2.19
329.60	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.11	155.15	6.30	2.19
331.00	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.10	155.45	6.30	2.20
332.39	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.10	155.75	6.30	2.20
333.78	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.09	156.04	6.30	2.21
335.18	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.09	156.34	6.30	2.21
336.57	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.08	156.64	6.30	2.22
337.97	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.08	156.93	6.30	2.22
339.36	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.08	157.23	6.30	2.22
340.75	0.00	6.30	13.9	0.7582+00	4.07	157.52	6.30	2.23
342.15	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.07	157.82	6.30	2.23
343.54	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.06	158.11	6.30	2.24
344.93	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.06	158.41	6.30	2.24
346.33	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.05	158.70	6.30	2.25
347.72	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.05	158.99	6.30	2.25
349.12	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.04	159.29	6.30	2.26
350.51	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.04	159.59	6.30	2.26
351.90	0.00	6.30	14.0	0.7582+00	4.04	159.87	6.30	2.26
353.30	0.00	6.30	14.0	0.7482+00	4.03	160.17	6.30	2.27
354.69	0.00	6.30	14.1	0.7482+00	4.03	160.46	6.30	2.27
356.08	0.00	6.30	14.1	0.7482+00	4.02	160.75	6.30	2.28
357.48	0.00	6.30	14.1	0.7482+00	4.02	161.04	6.30	2.28
358.87	0.00	6.30	14.1	0.7482+00	4.01	161.34	6.30	2.29
360.27	0.00	6.30	14.1	0.7482+00	4.01	161.63	6.30	2.29
361.66	0.00	6.30	14.1	0.7482+00	4.01	161.93	6.30	2.30

Clear Close

Prediction File

360.27	0.00	6.30	14.1 0.744E+00	4.01	161.63	6.30	2.29
361.66	0.00	6.30	14.1 0.744E+00	4.01	161.92	6.30	2.29
363.05	0.00	6.30	14.1 0.744E+00	4.00	162.21	6.30	2.30
364.45	0.00	6.30	14.1 0.744E+00	4.00	162.50	6.30	2.30
365.84	0.00	6.30	14.1 0.744E+00	3.99	162.79	6.30	2.31
367.23	0.00	6.30	14.1 0.744E+00	3.99	163.08	6.30	2.31
368.63	0.00	6.30	14.2 0.743E+00	3.98	163.37	6.30	2.32
370.02	0.00	6.30	14.2 0.743E+00	3.98	163.66	6.30	2.32
371.42	0.00	6.30	14.2 0.743E+00	3.98	163.95	6.30	2.32
372.81	0.00	6.30	14.2 0.741E+00	3.97	164.24	6.30	2.33
374.20	0.00	6.30	14.2 0.741E+00	3.97	164.53	6.30	2.33
375.60	0.00	6.30	14.2 0.740E+00	3.96	164.81	6.30	2.34
376.99	0.00	6.30	14.1 0.740E+00	3.96	165.10	6.30	2.34
378.39	0.00	6.30	14.2 0.739E+00	3.96	165.39	6.30	2.34
379.78	0.00	6.30	14.2 0.738E+00	3.95	165.68	6.30	2.35
381.17	0.00	6.30	14.3 0.738E+00	3.95	165.96	6.30	2.35
382.57	0.00	6.30	14.3 0.737E+00	3.94	166.25	6.30	2.36
383.96	0.00	6.30	14.3 0.737E+00	3.94	166.54	6.30	2.36
385.35	0.00	6.30	14.3 0.736E+00	3.94	166.82	6.30	2.36
386.75	0.00	6.30	14.3 0.736E+00	3.93	167.11	6.30	2.37
388.14	0.00	6.30	14.3 0.735E+00	3.93	167.40	6.30	2.37
389.54	0.00	6.30	14.3 0.735E+00	3.92	167.69	6.30	2.38
390.93	0.00	6.30	14.3 0.734E+00	3.92	167.97	6.30	2.38
392.32	0.00	6.30	14.3 0.734E+00	3.92	168.25	6.30	2.38
393.72	0.00	6.30	14.4 0.733E+00	3.91	168.54	6.30	2.39
395.11	0.00	6.30	14.4 0.733E+00	3.91	168.82	6.30	2.39
396.50	0.00	6.30	14.4 0.732E+00	3.91	169.11	6.30	2.39
397.90	0.00	6.30	14.4 0.731E+00	3.90	169.39	6.30	2.40
399.29	0.00	6.30	14.4 0.731E+00	3.90	169.68	6.30	2.40
400.69	0.00	6.30	14.4 0.730E+00	3.89	169.96	6.30	2.40
402.08	0.00	6.30	14.4 0.730E+00	3.89	170.24	6.30	2.41
403.47	0.00	6.30	14.4 0.729E+00	3.89	170.53	6.30	2.41
404.87	0.00	6.30	14.4 0.729E+00	3.89	170.81	6.30	2.41
406.26	0.00	6.30	14.4 0.728E+00	3.89	171.09	6.30	2.42
407.66	0.00	6.30	14.5 0.728E+00	3.89	171.38	6.30	2.42
409.05	0.00	6.30	14.5 0.727E+00	3.88	171.66	6.30	2.42
410.44	0.00	6.30	14.5 0.727E+00	3.87	171.94	6.30	2.43
411.84	0.00	6.30	14.5 0.726E+00	3.87	172.22	6.30	2.43
413.23	0.00	6.30	14.5 0.726E+00	3.86	172.50	6.30	2.44
414.62	0.00	6.30	14.5 0.725E+00	3.86	172.78	6.30	2.44
416.02	0.00	6.30	14.5 0.724E+00	3.86	173.07	6.30	2.44
417.41	0.00	6.30	14.5 0.724E+00	3.85	173.35	6.30	2.45

Clear Close

Prediction File

416.02	0.00	6.30	14.5 0. 724E+00	3.86	173.07	6.30	2.44
417.41	0.00	6.30	14.5 0. 724E+00	3.85	173.35	6.30	2.45
418.61	0.00	6.30	14.5 0. 723E+00	3.85	173.63	6.30	2.45
420.20	0.00	6.30	14.5 0. 723E+00	3.85	173.91	6.30	2.45
421.59	0.00	6.30	14.5 0. 722E+00	3.84	174.19	6.30	2.46
422.99	0.00	6.30	14.5 0. 722E+00	3.84	174.47	6.30	2.46
424.36	0.00	6.30	14.5 0. 721E+00	3.84	174.75	6.30	2.46
425.77	0.00	6.30	14.5 0. 721E+00	3.83	175.03	6.30	2.47
427.17	0.00	6.30	14.5 0. 720E+00	3.83	175.31	6.30	2.47
428.56	0.00	6.30	14.5 0. 720E+00	3.83	175.59	6.30	2.47
429.96	0.00	6.30	14.5 0. 719E+00	3.82	175.86	6.30	2.48
431.35	0.00	6.30	14.5 0. 719E+00	3.82	176.14	6.30	2.48
432.74	0.00	6.30	14.7 0. 718E+00	3.82	176.42	6.30	2.48
434.14	0.00	6.30	14.7 0. 717E+00	3.82	176.70	6.30	2.48
435.53	0.00	6.30	14.7 0. 717E+00	3.81	176.98	6.30	2.49
436.93	0.00	6.30	14.7 0. 716E+00	3.81	177.25	6.30	2.49
438.32	0.00	6.30	14.7 0. 716E+00	3.81	177.53	6.30	2.49
439.71	0.00	6.30	14.7 0. 715E+00	3.80	177.81	6.30	2.50
441.11	0.00	6.30	14.7 0. 715E+00	3.80	178.09	6.30	2.50
442.50	0.00	6.30	14.7 0. 714E+00	3.80	178.36	6.30	2.50
443.89	0.00	6.30	14.7 0. 714E+00	3.79	178.64	6.30	2.51
445.29	0.00	6.30	14.6 0. 713E+00	3.79	178.94	6.30	2.51
446.68	0.00	6.30	14.6 0. 713E+00	3.79	179.15	6.30	2.51
448.08	0.00	6.30	14.6 0. 712E+00	3.78	179.47	6.30	2.52
449.47	0.00	6.30	14.6 0. 712E+00	3.78	179.74	6.30	2.52
450.86	0.00	6.30	14.6 0. 711E+00	3.78	180.02	6.30	2.52
452.26	0.00	6.30	14.6 0. 711E+00	3.78	180.29	6.30	2.52
453.65	0.00	6.30	14.6 0. 710E+00	3.77	180.57	6.30	2.53
455.04	0.00	6.30	14.6 0. 710E+00	3.77	180.84	6.30	2.53
456.43	0.00	6.30	14.6 0. 709E+00	3.77	181.12	6.30	2.53
457.83	0.00	6.30	14.6 0. 709E+00	3.76	181.39	6.30	2.54
459.23	0.00	6.30	14.9 0. 708E+00	3.76	181.67	6.30	2.54
460.62	0.00	6.30	14.9 0. 708E+00	3.76	181.94	6.30	2.54
462.01	0.00	6.30	14.9 0. 707E+00	3.75	182.21	6.30	2.55
463.41	0.00	6.30	14.9 0. 707E+00	3.75	182.49	6.30	2.55
464.80	0.00	6.30	14.9 0. 706E+00	3.75	182.76	6.30	2.55
466.19	0.00	6.30	14.9 0. 706E+00	3.75	183.03	6.30	2.55
467.59	0.00	6.30	14.9 0. 705E+00	3.74	183.31	6.30	2.56
468.98	0.00	6.30	14.9 0. 705E+00	3.74	183.58	6.30	2.56
470.38	0.00	6.30	14.9 0. 704E+00	3.74	183.85	6.30	2.56
471.77	0.00	6.30	15.0 0. 703E+00	3.73	184.12	6.30	2.57
473.16	0.00	6.30	15.0 0. 703E+00	3.73	184.40	6.30	2.57

Clear

Date

Prediction File

471.77	0.00	6.30	15.0 0.703E+00	3.73	184.12	6.30	2.57
473.16	0.00	6.30	15.0 0.703E+00	3.73	184.40	6.30	2.57
474.56	0.00	6.30	15.0 0.702E+00	3.73	184.67	6.30	2.57
475.95	0.00	6.30	15.0 0.702E+00	3.73	184.94	6.30	2.57
477.35	0.00	6.30	15.0 0.701E+00	3.72	185.21	6.30	2.58
478.74	0.00	6.30	15.0 0.701E+00	3.72	185.48	6.30	2.58
480.13	0.00	6.30	15.0 0.700E+00	3.72	185.75	6.30	2.58
481.53	0.00	6.30	15.0 0.700E+00	3.72	186.02	6.30	2.58
482.92	0.00	6.30	15.0 0.699E+00	3.71	186.29	6.30	2.59
484.31	0.00	6.30	15.1 0.699E+00	3.71	186.56	6.30	2.59
485.71	0.00	6.30	15.1 0.698E+00	3.71	186.83	6.30	2.59
487.10	0.00	6.30	15.1 0.698E+00	3.71	187.10	6.30	2.59
488.50	0.00	6.30	15.1 0.697E+00	3.70	187.37	6.30	2.60
489.89	0.00	6.30	15.1 0.697E+00	3.70	187.64	6.30	2.60
491.28	0.00	6.30	15.1 0.696E+00	3.70	187.91	6.30	2.60
492.68	0.00	6.30	15.1 0.696E+00	3.70	188.18	6.30	2.60
494.07	0.00	6.30	15.1 0.695E+00	3.69	188.45	6.30	2.61
495.46	0.00	6.30	15.1 0.695E+00	3.69	188.72	6.30	2.61
496.86	0.00	6.30	15.2 0.694E+00	3.69	188.99	6.30	2.61
498.25	0.00	6.30	15.2 0.694E+00	3.68	189.25	6.30	2.62
499.65	0.00	6.30	15.2 0.693E+00	3.68	189.52	6.30	2.62
501.04	0.00	6.30	15.2 0.693E+00	3.68	189.79	6.30	2.62
502.43	0.00	6.30	15.2 0.692E+00	3.68	190.06	6.30	2.62
503.83	0.00	6.30	15.2 0.692E+00	3.67	190.33	6.30	2.62
505.22	0.00	6.30	15.2 0.691E+00	3.67	190.59	6.30	2.62
506.61	0.00	6.30	15.2 0.691E+00	3.67	190.86	6.30	2.63
508.01	0.00	6.30	15.4 0.690E+00	3.67	191.13	6.30	2.63
509.40	0.00	6.30	15.3 0.689E+00	3.67	191.39	6.30	2.63
510.80	0.00	6.30	15.3 0.689E+00	3.66	191.66	6.30	2.64
512.19	0.00	6.30	15.3 0.688E+00	3.66	191.93	6.30	2.64
513.58	0.00	6.30	15.3 0.688E+00	3.66	192.19	6.30	2.64
514.98	0.00	6.30	15.3 0.687E+00	3.66	192.46	6.30	2.64
516.37	0.00	6.30	15.3 0.687E+00	3.65	192.72	6.30	2.65
517.77	0.00	6.30	15.3 0.686E+00	3.65	192.99	6.30	2.65
519.16	0.00	6.30	15.3 0.686E+00	3.65	193.26	6.30	2.65
520.55	0.00	6.30	15.3 0.685E+00	3.65	193.52	6.30	2.65
521.95	0.00	6.30	15.4 0.685E+00	3.64	193.79	6.30	2.66
523.34	0.00	6.30	15.4 0.684E+00	3.64	194.05	6.30	2.66
524.73	0.00	6.30	15.4 0.684E+00	3.64	194.31	6.30	2.66
526.13	0.00	6.30	15.4 0.683E+00	3.64	194.58	6.30	2.66
527.52	0.00	6.30	15.4 0.683E+00	3.64	194.84	6.30	2.66
528.92	0.00	6.30	15.4 0.682E+00	3.63	195.11	6.30	2.67

Clear Close

Prediction File

527.52	0.00	6.30	15.4	0.6632+00	3.54	194.64	6.30	2.66
528.32	0.00	6.30	15.4	0.6632+00	3.53	195.11	6.30	2.67
530.31	0.00	6.30	15.4	0.6632+00	3.53	195.37	6.30	2.67
531.70	0.00	6.30	15.4	0.6632+00	3.53	195.63	6.30	2.67
533.10	0.00	6.30	15.3	0.6632+00	3.53	195.90	6.30	2.67
535.49	0.00	6.30	15.3	0.6632+00	3.52	196.16	6.30	2.69
535.98	0.00	6.30	15.3	0.6632+00	3.52	196.42	6.30	2.69
537.26	0.00	6.30	15.3	0.6732+00	3.52	196.69	6.30	2.69
538.67	0.00	6.30	15.3	0.6732+00	3.52	196.95	6.30	2.69
540.07	0.00	6.30	15.3	0.6732+00	3.52	197.21	6.30	2.69
541.46	0.00	6.30	15.3	0.6732+00	3.51	197.47	6.30	2.69
542.86	0.00	6.30	15.3	0.6732+00	3.51	197.74	6.30	2.69
544.26	0.00	6.30	15.3	0.6732+00	3.51	198.00	6.30	2.69
545.64	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.51	198.26	6.30	2.69
547.03	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	198.52	6.30	2.70
548.43	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	198.78	6.30	2.70
549.82	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	199.04	6.30	2.70
551.22	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	199.31	6.30	2.70
552.61	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	199.57	6.30	2.70
554.00	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	199.83	6.30	2.71
555.40	0.00	6.30	15.6	0.6732+00	3.50	200.09	6.30	2.71
556.79	0.00	6.30	15.7	0.6732+00	3.50	200.35	6.30	2.71
558.19	0.00	6.30	15.7	0.6732+00	3.50	200.61	6.30	2.71
559.58	0.00	6.30	15.7	0.6732+00	3.50	200.87	6.30	2.71
560.97	0.00	6.30	15.7	0.6732+00	3.50	201.13	6.30	2.72
562.37	0.00	6.30	15.7	0.6732+00	3.50	201.39	6.30	2.72
563.76	0.00	6.30	15.7	0.6732+00	3.50	201.65	6.30	2.72
565.15	0.00	6.30	15.7	0.6632+00	3.50	201.91	6.30	2.72
566.55	0.00	6.30	15.7	0.6632+00	3.50	202.17	6.30	2.72
567.94	0.00	6.30	15.7	0.6632+00	3.50	202.42	6.30	2.73
569.34	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	202.68	6.30	2.73
570.73	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	202.94	6.30	2.73
572.12	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	203.20	6.30	2.73
573.52	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	203.46	6.30	2.73
574.91	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	203.72	6.30	2.73
576.30	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	203.97	6.30	2.74
577.70	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	204.23	6.30	2.74
579.09	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	204.49	6.30	2.74
580.49	0.00	6.30	15.6	0.6632+00	3.50	204.75	6.30	2.74
581.88	0.00	6.30	15.5	0.6632+00	3.50	205.00	6.30	2.74
583.27	0.00	6.30	15.5	0.6632+00	3.50	205.26	6.30	2.75
584.67	0.00	6.30	15.5	0.6632+00	3.50	205.52	6.30	2.75

Close

Close

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Ankara’da doğdu. İlk öğrenimini 1983-1988 yılları arasında İzmir Ankara İlkokulu ve Adana Celaleddin Sayhan İlkokulu’nda, orta öğretimini 1988-1995 yılları arasında Tarsus Amerikan Koleji, Ankara Arı Koleji ve Ankara Kılıçarslan Lisesinde tamamladı. 1995 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2001 yılında mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.