

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Öne Çıkan Sonuçlar:

- Deniz deşarjında model sınırlarının belirlenmesi için deşarj debisi, difüzör çapı ve aralığı içeren boyutsuz bir parametre ile hedeflenen seyrelmenin gözlemlendiği mesafe arasında ilişki kurulmuştur.
- Model sonuçları difüzör uzunluğunun yarısı kadar bir yatay mesafeyi içerecek bir model alanının gerekliliğini ortaya koymuştur.

Yazışma yazarı:

Şebnem ELÇİ,
sebnemelci@iyte.edu.tr

Referans:

Elçi ve Ersoy (2019), Deniz Deşarjı Modellemesinde Model Sınırlarının Belirlenmesi, İklim Değişikliği ve Çevre, 4, (1) 1-8

Makale Gönderimi : 26 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 23 OCAK 2019
Online Basım : 25 MART 2019

Deniz Deşarjı Modellemesinde Model Sınırlarının Belirlenmesi

Şebnem Elçi¹, Zeynep Beril Ersoy¹

¹ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Urla, İzmir

Özet Hem endüstriyel kaynaklı hem de evsel kaynaklı atıksuyun artırılmadan yahut arıtıldıktan sonra denizlere deşarjı alıcı ortamda kirliliğe neden olmaktadır. Öngörülen su kalitesi standartlarını sağlamak ve alıcı ortamdaki kirliliği engelleyebilmek üzere derin deniz deşarjı oldukça önem kazanmış ve deniz deşarjındaki etkileri gözlemleyebilmek üzere araştırmacılarca sayısal modeller geliştirilmiştir. Karar verici kurumlar genelde bu modellerin çıktılarını bakarak deşarj için uygunluk raporu veremekteyse de model sonuçlarının değerlendirilmesinde bazı netleşmemiş konular bulunmaktadır. Bu makalede bu netleşmemiş konuların başında gelen 'deniz deşarjında model sınırlarının belirlenmesi' konusunda rehber teşkil edeceği düşünülen bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, Aliağa Termik Santralinin deşarj debileri ve alıcı ortam özellikleri kullanılmak suretiyle, Amerikan Çevre Koruma Teşkilatı (U.S. EPA) tarafından geliştirilen Visual Plumes (VP) paket modelleme programı ile tasarlanan deşarj sisteminde difüzör çapı, aralığı ve debi parametrelerinin istenen seyrelmenin gözlemlendiği mesafeye etkisi boyutsuz olarak incelenmiştir. Bu çalışmanın ileride yapılacak deniz deşarjı modelleme çalışmaları öncesi model sınırlarının seçilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: deniz deşarjı, model sınırları, Visual Plumes, Aliağa Termik Santrali

Determination of Model Boundaries in Sea Discharge Modelling

Abstract Whether treated or not; sea discharges of both industrial and domestic wastewaters result in water quality deterioration of ambient flows. In order to meet the required water quality standards and to prevent the pollution of ambients flows; design of efficient effluent discharge systems to deep sea and accurate assessment of the effects of these discharges is necessary and researchers have developed many numerical models to estimate these effects. In current practice, the decision-makers (Ministry of Environment and Urban Planning) evaluate the environmental impact assessment reports provided by the companies and give permission for the sea discharge based on these reports, however there are some issues need to be clarified for the evaluation process. Of these issues, 'determination of model boundaries' has to be given a special attention and this paper is intended to provide a guide for numerical modeling studies of sea discharges. In this study, Visual Plumes program developed by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) was utilized to model sea discharge from Aliağa Thermal Plant by incorporating the effluent and ambient properties of the discharge. Nondimensionalized horizontal distance was related to the diffuser properties and discharge in the study. We believe that model users and decisionsmakers will benefit from the results of the study for determination of the model boundaries of sea discharges.

Keywords: sea discharge, model boundaries, Visual Plumes, Aliağa Thermal Plant

1. Giriş

Günümüzde sürdürülebilir bir çevrenin gereği olarak insan faaliyetleri sonucu üretilen atıksu bir ön arıtım sürecinden geçirilerek, deniz, göl veya akarsu gibi bir su ortamına deşarj edilmektedir. Dolayısıyla deniz deşarj sistemleri, günümüzde oldukça etkili bir atıksu bertaraf yöntemi olarak uygulanmaktadır. Toplum ve alıcı ortamdaki ekosistem sağlığını tehdit etmeden bunun gerçekleştirilmesi ancak deniz deşarj sisteminin hassas planlanması ile mümkündür. Deniz deşarj sistemleri planlanırken hedeflenen, atıksuların, ihtiyaca göre belirlenen bir atıksu arıtımından sonra deniz ortamına verilerek, çok yüksek seyrelme oranları ile alıcı ortamdaki ekosisteme zararsız hale getirilmesidir. Bu sayede hem atıksu güvenli ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılır hem de karasal kirlilik de önlenir.

Atıksu belirli bir derinlikten deşarj edildiğinde sahip olduğu momentum enerjisi ve atıksu ile

deniz suyu arasındaki yoğunluk farkından dolayı, ortamdaki daha düşük yoğunluğa sahip bir dağılım bulutu meydana getirerek suyun içerisinde yükselmeye başlar. Bu yükselme sırasında deniz suyu ile karışan atıksu seyrelmeye başlar. Bu seyrelme olayı birinci seyrelme olarak adlandırılır. Birinci seyrelmenin hesabında Brooks'un (1960) mevcut sistem inceleme ve araştırmaları sonucunda ortaya koyduğu, Froude sayısına bağlı eğriler kullanılmaktadır. İlk seyrelme hesaplarında kullanılan bir diğer model ise, Türkiye'de de yaygın kullanılan Cederwall (1968) denklemidir. Bu yöntemde de Froude sayısı kullanılmakta ve buna bağlı olarak sonuca ulaşılmaktadır. Birinci seyrelmeden sonra başlangıç enerjisi tamamen ortadan kalkan atıksu, akıntı etkisi ile hareket etmeye başlar. Bu hareket sırasında türbülans ve difüzyon sebebiyle atıksu ve deniz suyu birbirleriyle karışmaya devam eder. Bu karışım sırasında meydana gelen seyrelme ikinci seyrelme olarak tarif edilir. İkinci seyrelmenin tahmininde Brooks (1960) tarafından geliştirilen dispersiyon modeli yaygın kullanılmaktadır. Atık seyrelmesinde üçüncü ve son önemli etken ise, kirleticinin doğası gereği çürüyerek yok olmasıdır. Mikroorganizma çürütmesi durumunda bu yok olma, bakterilerin ölümü, flokleşme ve çökmesi sonucu meydana gelmektedir. Bakteriyel yok olmanın genel olarak birinci dereceden kinetiğe uyduğu kabul edilmekte ve bu şekilde hesaplanmaktadır. Toplam seyrelme ise birinci seyrelme, ikinci seyrelme ve üçüncü seyrelmenin çarpımı ile hesaplanmaktadır.

Deniz deşarjında kullanılan matematiksel modeller arasında en yaygın tercih edilen modeller Visual Plumes ve Cormix modelleridir (Frick v.d., 2003; Frick, 2004; Jirka v.d., 1996). Bu iki model de, birbirleriyle etkileşim kurabilen bilgisayar tabanlı bazı hesaplamaları, programların bazı alt modellerinin içinde çalıştırılabilen programlardır. CORMIX modelleri artık EPA'nın (Çevre Koruma Teşkilatı) Araştırma Değerlendirme Model Merkezi (CEAM) tarafından desteklenmediğinden bu çalışmada Visual Plumes tercih edilmiştir.

Literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak mevcut karışım modellerinin uygulamasını içermektedir (Roberts, 1980; Roberts, 1997; Frick v.d., 2007; J.A. Jankowski v.d., 1996). Roberts (1980), San Francisco kentinde okyanuslardaki akıntı ile çıkıştaki seyrelme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Okyanus ortamına bırakılan kanalizasyon atıklarının seyrelmesi ile okyanus akıntıları arasında ilişki kurmuş, atık bırakıldıktan sonra hızlı bir yayılım olduğunu, kıyıya yaklaştıkça ise akımların değişkenliği sebebiyle seyrelmenin de değişkenlik gösterdiğini gözlemlemiştir. 1997'de yapılan bir çalışmada (Roberts, 1997) İsrail'de bulunan bir kimyasal firmasının atık suyunun Akdeniz'e deşarj hattının tasarlanması amacı ile yapılmıştır. Akış hızı az olan Quishan Nehrine bırakılacak olan atıksu difüzör kullanılarak deşarj edilirken akışın daha yüksekten ve daha hızlı yapılmasının seyrelmeyi arttıracaklarını belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada derin suda sedimentlerin modellenmesi yapılmış ve alansal yayılımı üç boyutlu hidrodinamik modeller yardımıyla karşılaştırılmıştır (J.A. Jankowski ve diğerleri 1996).

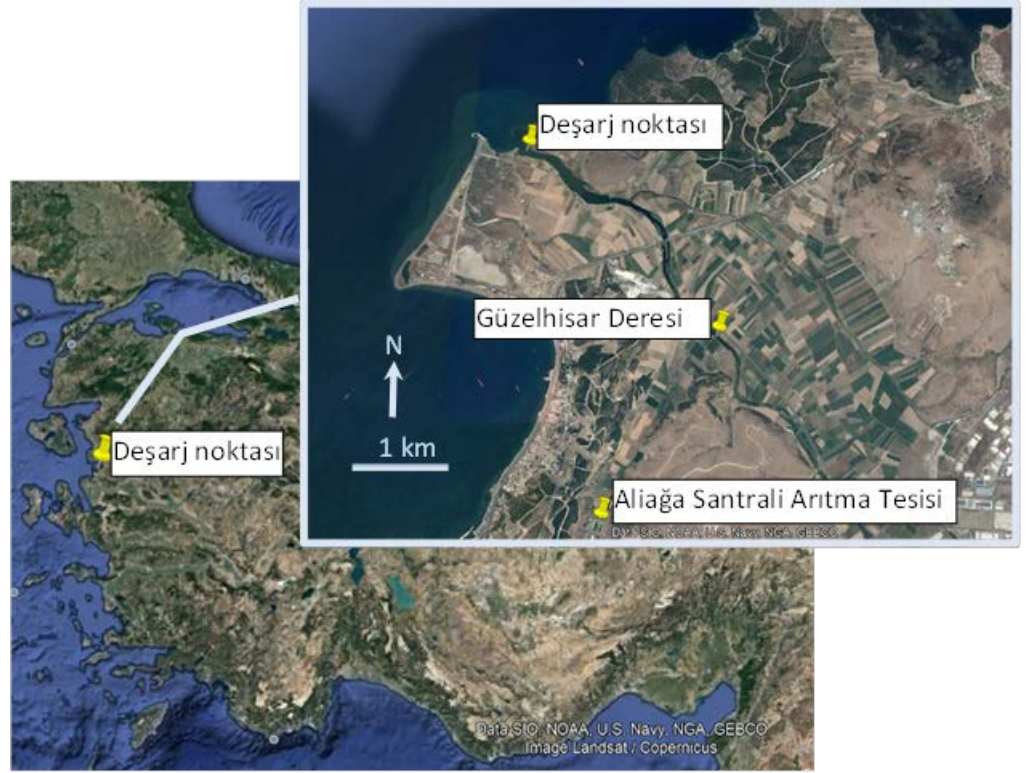
Frick ve diğerleri (2007) de yaptıkları bir çalışmada önemli bir konuya değinmişlerdir. Visual plumes gibi bulut yayılım özelliklerini zamana bağlı olmadan ama hesaplayabilen daha basit program sonuçlarını, Sonlu Hacimler Okyanus Modeli (FVCOM) gibi zamanla değişim akım özelliklerini ve dünyanın rotasyonu gibi büyük su kütlelerinde çok önem kazanan kuvvetleri de içeren 3 boyutlu hidrodinamik bir model kullanarak hesapladıkları bulut yayılım özellikleri ile karşılaştırmışlardır. Yaquina Körfezine yapılan deşarjı modelledikleri çalışma, genel hatlarıyla seyrelme oranlarının tutarlı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma 3 boyutlu modelin deşarj oranları çok büyük olduğunda artık alıcı ortamdaki zamana bağlı değişim olmama varsayımının geçersiz olduğunu gözlemlemiştir. Gerçekçi sonuçlar için çalışma, bu modellerin birlikte kullanımını önermektedir. Türkiye'de yapılan başka bir çalışmada ise Muhammetoğlu (2010) Antalya Körfezine yapılan deşarjların Visual Plumes ile modellenmesi ayrıntılı arazi ölçümleriyle desteklemiş, toplam ve fekal koliform bakteri konsantrasyonlarını hem yakın hem uzak alanda belirlemiştir.

Sunulan çalışmada Visual Plumes karışım modeli Aliağa Termik Santralinin deşarj debileri ve alıcı ortam özellikleri kullanılarak, mesafeye bağlı seyrelmeyi tahmin etmek üzere kullanılmıştır. Çalışmanın amacı deniz deşarjında model sınırlarının belirlenmesi için deşarj debisi, difüzör çapı ve aralığı içeren boyutsuz bir parametre ile hedeflenen seyrelmenin gözlemlendiği mesafe arasında ilişki kurabilmektir.

2. Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Çalışmada Aliağa Termik Santralinin deşarj nokta debileri ve alıcı ortam özellikleri kullanılmıştır. Mevcut durumda santral atıksuyu biyolojik arıtma ve UV dezenfektasyonu sonrası Güzelhisar deresine deşarj etmektedir. Arıtma tesisinin kapasitesi 14714 m³ /gün olarak verilmiştir. Şekil 1 çalışma alanını göstermektedir.



Şekil 1. Çalışma Alanı (Kaynak: Google Earth)

2.2 Kullanılan paket program

Çalışmada ABD Çevre Koruma Teşkilatı (EPA) tarafından geliştirilen Visual Plumes (VP) paket modelleme programı kullanılmıştır. Bu model sıcaklık oranlarına göre yüzey suyu jetleri ve dağılım bulutları, derinlik, yüzen deşarjlar ve su ortamındaki hız şartları v.b. kriterleri için hesaplamalar yapabilmektedir. Atıksu deşarj edilirken hem atksu hem de alıcı ortam özellikleri, ve tasarlanan difüzör konfigürasyonları kolaylıkla uygulanmaktadır. Modelleme sonucu NPDES karışım bölgesi çalışmaları için bir çok su kalitesi degerlendirmesi yapılabilmektedir. VP programı içerisinde yer alan 5 ayrı alt modelden en uygun olan UM3 ve DKHW modelleri ile simülasyonlar yapılmıştır.

2.3 Modele girdi verileri

Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre deniz deşarjına izin verilebilecek atıksularda sıcaklık parametresi için: 'Deniz ortamının seyrelme kapasitesi ne olursa olsun denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35° C'yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S1) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1°C'den, diğer aylarda ise 2°C'den fazla arttıramaz' denmektedir. Toplam seyrelmenin 100 olduğu mesafe hedef mesafe olarak belirlenmiş ve bu ölçütlere göre yani deşarj suyu sıcaklığı yaz dönemi ölçülmüş deniz suyu sıcaklığının 1°C fazlası, ve kış deniz suyu sıcaklığının 2°C fazlasına göre tüm modellemeler gerçekleştirilmiştir. Yaz ve kış olmak üzere iki farklı durum için alıcı ortamdaki sıcaklık ve akım verileri mevcut ÇED raporlarından elde edilmiş (SOCAR 2013) ve modellemede kullanılmıştır. Atıksu debi verileri ise Aliğa Termik Santralinden alınmıştır. Difüzör ve alıcı ortam verileri faal tesis ve projedeki veriler için Çizelge 1'de sunulduğu gibi modele girilmiştir. Modelin veri girişlerinin yapıldığı ekranlar yaz koşulları için; alıcı ortam verilerini (Şekil 2) gösterecek şekilde ve difüzör verilerini (Şekil 3) gösterecek şekilde verilmiştir.

Çizelge 1. Modele Girilen Difüzör ve Alıcı Ortam Verileri.

Difüzör Verileri		Alıcı Ortam Verileri		
			Yaz	Kış
Port çapı (m)	0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1	Portla yüzey arası mesafe (m)	25	
Difüzör uzunluğu (m)	250, 1000	Akım hızı (m/s) Derinlik : 0 Derinlik : 10 Derinlik : 25	13 7 1,7	13 7 1,7
Portlar arası mesafe (m)	25; 12,5; 5; 2,5; 1	Akım yönü (°)	61,5	61,5
Port sayısı	10, 20, 50, 100, 250	Deniz tuzluluğu (ppt) Derinlik : 0 Derinlik : 10 Derinlik : 25	39,4 39,3 39,2	38,7 38,72 38,74
Port yüksekliği (m)	1			
Dikey açı	0	Deniz sıcaklığı (°C) Derinlik : 0 Derinlik : 10 Derinlik : 25	27 26,5 22	17,5 17,535 17,54
Yatay açı (°)	90	Kirleticinin çürüme hızı	2	
Deşarj derinliği (m)	25	Uzak tarla difüzyon katsayısı	0,0003	
Atıksu debisi (m ³ / s)	0,17; 0,34; 0,68; 1,36			

Difuzer: VP plume 25.vpp.db | Ambient: c:\plumes\VP plume 25.001.db | Special Settings | Text Output | Graphical Output

Ambient Inputs

Measurement depth or height	Current speed	Current direction	Ambient salinity	Ambient temperature	Background concentration	Pollutant decay rate[1]	n/1	n/2	Far-field diffusion coeff
Depth or Height	depth	depth	depth	depth	depth	depth	depth	depth	depth
Extrapolation (sf)	constant	constant	constant	constant	constant	constant	constant	constant	constant
Extrapolation (btm)	constant	constant	constant	constant	constant	constant	constant	constant	constant
Measurement unit	m	m/s	deg	psu	C	kg/kg	s-1	m/s	deg
	0	13	61.5	39.4	27	1	2		0.0003
	10	7	61.5	39.3	26.5	1	2		0.0003
	25	1.7	61.5	39.2	22	1	2		0.0003

Ambient file list
Filename
VP plume 25.001.db.1.1

Time-Series Files (optional)

Borrow time-series files from project: c:\plumes\VP plume 25

Time-series filename	click for file	click for file	click for file	click for file	click for file	click for file	click for file	click for file	click for file
Time increment (hrs)									
Cycling period									
File measurement unit									

Şekil 2. Yaz dönemi için alıcı ortam veri giriş ekranı.

Diffuser: VP plume 25.vpp.db | Ambient: c:\plumes\VP plume 25.001.db | Special Settings | Text Output | Graphical Output

Project: c:\plumes\VP plume 25

Notes:

Ambient file list
Filename: Cases
c:\plumes\VP plume 25.001.db 1

After run go to tab:
 Diffuser
 Ambient
 Special
 Text
 Graphics

Units Conversion:
 Convert data
 Label only

UM3

Model Configuration

Brooks far-field solution
 Graph effective dilution
 Average plume boundary
 Amb. current vector averaging
 Tidal pollution buildup
 Same-levels time-series input

Case selection:
 Base or selected case
 Sequential, all ambient list
 Sequential, parse ambient
 All combinations

Diffuser, Flow, Mixing Zone Inputs

Port diameter	n/i	Port elevation	Vertical angle	Hor angle	Num of ports	Port spacing	n/i	n/i	n/i	Acute mix zone	Chronic mix zone	Port depth	Effluent flow	Effluent salinity(‰)	Effluent temp	Effluent conc
m		m	deg	deg		m	s	s	s	m	m	m	m ³ /s	psu	C	kg/kg
1		1	0	90	10	25				50	500	25	1.36	38	25.1	1

Parameters for selected row

Froude number	
Eff density [kg/m ³]	
Port vel [m/s]	
Temp [C]	17.4
Temp [C]	17.4
Case No.	1.0

Time Series-Files (optional)

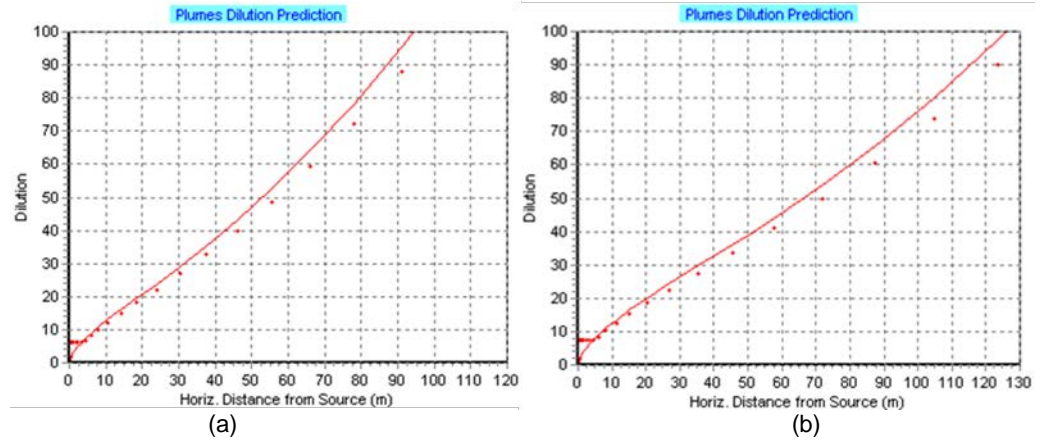
Port depth	Effluent flow	Effluent salinity(‰)	Effluent temp	Effluent conc
click for file	click for file	click for file	click for file	click for file
Time-series filename	click for file	click for file	click for file	click for file
Time increment [hrs]				
Time cycling period				
Measurement unit				

Borrow time-series from project: c:\plumes\VP plume 25

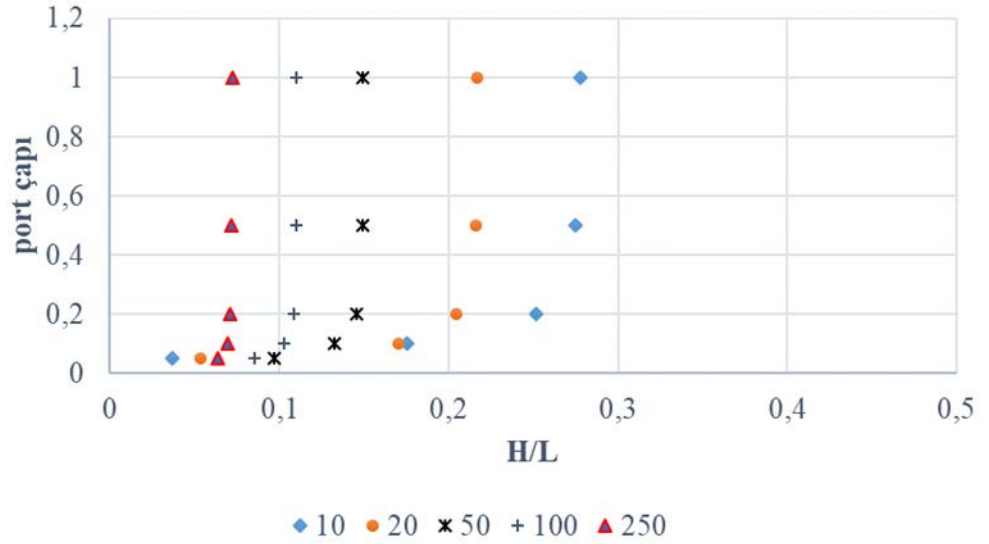
Şekil 3. Yaz dönemi için difüzör veri giriş ekranı.

3. Sonuçlar

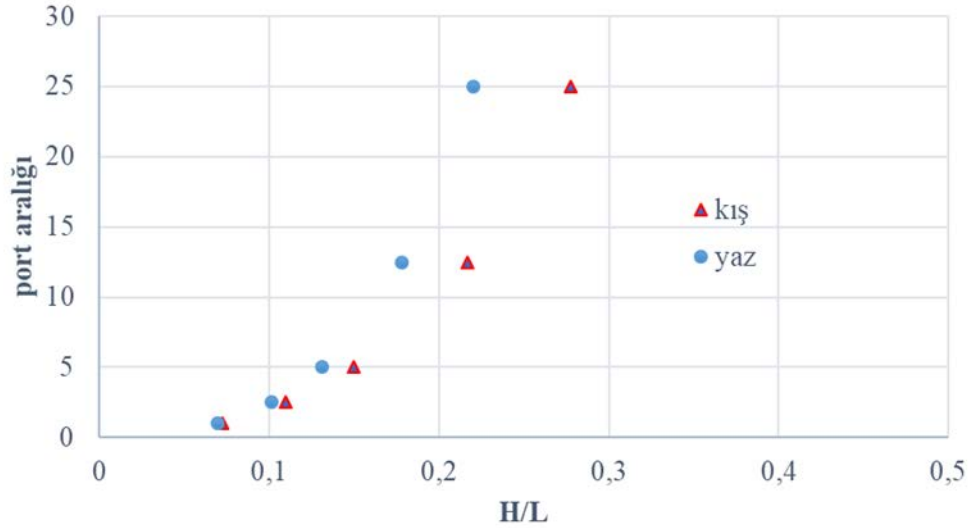
Modelin çalışma bölgesi için farklı koşullarda çalıştırılmasını takiben seyrelmenin 100 olduğu boyutsuzlaştırılmış yatay mesafeler karşılaştırılmıştır. Şekil 4 yaz ve kış dönemi için seyrelmenin yatay mesafeyle değişimini gösteren model çıktısı vermektedir. Farklı port yerleşimleri karşılaştırıldığında Şekil 5'te görüldüğü üzere, port sayısı arttıkça seyrelmenin belirgin bir şekilde daha hızlı gerçekleştiği gözlenmiştir. Port çapı ise port sayısı fazla olduğunda belirleyici bir etkiye sahip olmasa da, az port sayılı difüzörlerde, port çapı büyüklüğünün artmasının seyrelmeyi olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Port çapı arttıkça suyun momentumunun azalması ve jet etkisinin daha az olması nedeniyle bu beklenen bir durumdur. Şekil 6 ise benzer koşullar altında kışa oranla yazın seyrelme hedefine daha hızlı ulaşıldığını göstermektedir. Bunun nedeni de alıcı ortam sıcaklığının atıksu sıcaklığına yakın olmasıdır. Şekil 7'de ise deşarj debisi arttıkça hedeflenen seyrelmenin olduğu mesafenin arttığı ancak bunun lineer bir artış olmadığı, deşarj edilen atıksu debisi 8 kat arttırıldığında artışın belli bir mesafeye (H/L=0,5) yakınsadığı gözlenmektedir.



Şekil 4. Seyrelme oranlarının (a) yaz ve (b) kış dönemleri için yatay mesafe ile değişimini gösteren ekran sonuç çıktısı (port uzunluğu=250 m, port çapı=1 m, port aralığı =25 m, debi=8 kat).



Şekil 5. Boyutsuz yatay mesafenin port çapı ile değişimi (kış).



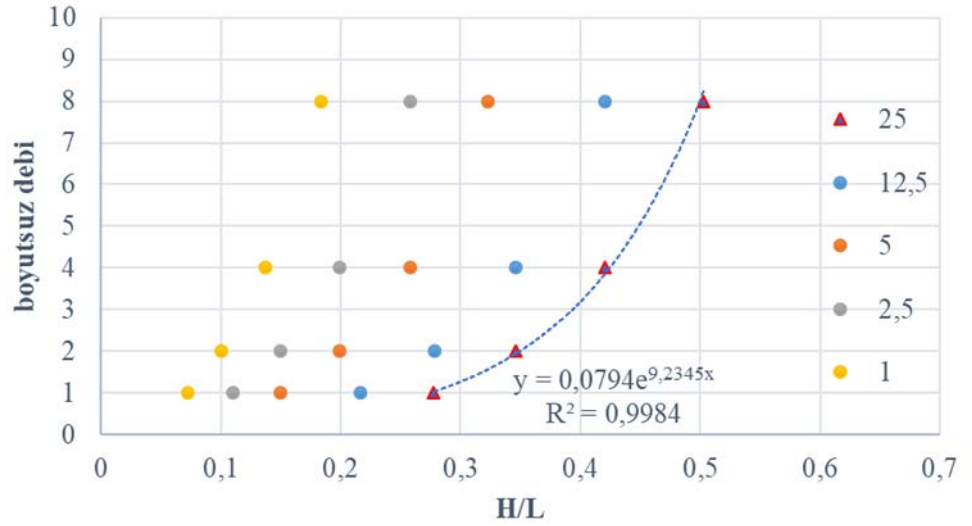
Şekil 6. Boyutsuz yatay mesafenin port aralığı ile değişimi.

4. Tartışma

Çalışmanın devamında ise tüm sonuçlar bir veri tabanında birleştirilerek birden fazla bağımsız değişken kullanılarak yapılan regresyon analizi olan 'çoklu regresyon analizi' seyrelmenin 100 olduğu yatay mesafenin tahmininde kullanılmıştır. Analizde 3 bağımsız değişken; difüzör uzunluğu ile boyutsuzlaştırılmış port aralığı (X_1), difüzör uzunluğu ile boyutsuzlaştırılmış port çapı (X_2), birim debi ile boyutsuzlaştırılmış debi (X_3) tanımlanmış, bağımlı değişken olan ve model ile hesaplanan ve difüzör uzunluğu ile boyutsuzlaştırılmış yatay mesafenin (Y) tahmininde kullanılmıştır. Excel'de yapılan çoklu regresyon analizi sonucu Regresyon katsayıları hesaplanıp regresyon tahmin modeli Denklem 1'deki gibi kurulmuştur.

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 \quad (1)$$

R^2 belirlilik katsayısı (=0,81) çoklu regresyon modellerinde genellikle yeterli değildir. Çünkü çoklu regresyon modelleri için denkleme yeni değişken ilave edilmesi durumunda R^2 değeri



Şekil 7: Boyutsuz yatay mesafenin boyutsuz debi ile değişimi (kış).

genellikle artmaktadır. Bu yüzden anlamlı bir test yapabilmek için çoklu modellerde düzeltilmiş (ayarlı) R^2 hesaplanmaktadır. Ayarlı R^2 değerli bu analiz için 0,64 olmuştur. Excel regresyon modeli için hesaplamalar yapıldıktan sonra ve tahmin değerleri bulunduktan sonra 'Anova tablosu' adı verilen bir tablo hazırlamakta ve bu tabloda standart sapma ve F istatistiği bilgilerini vermektedir. F istatistiği ile model parametrelerinin (katsayıların) anlamlı olup olmadığı test edilmektedir. Çizelge 2 analiz sonrası verilen katsayı değerlerin göstermektedir. Sadece port çapı 0,2'den büyük olan veriler kullanıldığında ise ayarlı R kare 0,75'e yükselmiştir.

Çizelge 2. Visual Plumes Modeli ile hesaplanan sonuçların çoklu regresyon analizi ile değerlendirilmesi.

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R	0,807				
R Kare	0,652				
Ayarlı R Kare	0,643				
Standart Hata	0,074				
Gözlem	120				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	3	1,186	0,395	72,371	1,88004E-26
Fark	116	0,634	0,005		
Toplam	119	1,820			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
Kesişim	0,004	0,017	0,241	0,810	
X Değişkeni 1	3,222	0,231	13,956	0,000	
X Değişkeni 2	5,858	5,112	1,146	0,254	
X Değişkeni 3	0,068	0,015	4,587	0,000	

Sunulan çalışmanın sonuçları termal deşarj modellemesinde model sınırları belirlenirken, difüzör uzunluğunun yarısı kadar bir yatay mesafeyi içerecek bir model alanının gerekliliğini ortaya koymuştur. Ancak belirlenen model sınırları sadece sıcaklık modellemesi için geçerli olup kirlilik modellemesinde çalışma kapsamının arttırılacak şekilde yenilenmesi gerekmektedir.

Konuyla ilgili yapılacak benzer çalışmalarda özellikle uzak alan için yapılacak analizlerde 3 boyutlu hidrodinamik modeller desteğiyle akım ve sıcaklık profillerinin saptanması ve analizlerin bu modellerle birlikte değerlendirilmesi daha sağlıklı kararlar verilmesinde yardımcı olacaktır.

4. Kaynaklar

- Brooks, N., 1960. Dispersion in Hydraulic and Coastal Environments, W. M. Keck Lab. Of Hydraulics and Water Resources, California Institute of Technology, Rep. KH-R.
- Cederwall, K., 1968. Hydraulics of Marine Waste Water Disposal, Hydraulics Division Report No. 42, Chalmers Institute of Technology, Göteborg, Sweden.
- Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J., Baumgartner, D.J., George, K.P., 2003. Dilution Models for Effluent Discharges, fourth ed. Visual Plumes. EPA/600/R-03/025, Athens, GA.
<http://www.epa.gov/ceampubl/swater/vplume/index.htm>.
- Frick, W.E., Sigleo, A.C., Specht, D.T., 2004. Estimating nitrogen and tidal exchange in a North Pacific estuary with EPA's Visual Plumes PDSW model. In: Proceedings of the Third International Conference on Marine Waste Water Discharge, Catania, Italy, PS18, pp. 1-13.
- Jankowski, J.A.; Ma1cherek, A.; and Zielke, W. (1996) Numerical Modeling of Suspended Sediment Due to Deep-Sea Mining. J. Geophys. Res.. 101, C2, 3545.
- Jirka G. H., Doneker R. L., Hinton S. W., 1996, CORMIX: A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges Into Surface Waters.
- Muhammetoglu, A., 2010. Investigation of uncertainties in predicting bacterial concentrations of discharged sewage from deep sea outfalls when submergence occurs in receiving media. Final Project Report (TÜBİTAK Research Project 107Y184), 432 pages (in Turkish).
- Roberts, P.J.W., 1980. Ocean outfall dilution effects of currents. Journal of the Hydraulics Division, ASCE 106 (5), 769-782.
- Roberts PJW, Ferrier, A., and Daviero, G. 1997. Mixing in Inclined Dense Jets. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 123(8): 693-699.
- SOCAR (2013) SOCAR Power Termik Santrali-2 Entegre Projesi ÇED Başvuru Dosyası.