



T.C.

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI DEŞARJ TÜRLERİNİN SEYRELME VERİMLİLİĞİNİN FİZİKSEL
MODELLEME YARDIMIYLA İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet KARATAŞ

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet DİKİCİ**

**ALANYA
2024**

T.C.
ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FARKLI DEŞARJ TÜRLERİNİN SEYRELME VERİMLİLİĞİNİN FİZİKSEL
MODELLEME YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet KARATAŞ

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Program Adı: İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman

Doç. Dr. Mehmet DİKİCİ

ALANYA

(2024)

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını” ve “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ahmet KARATAŞ

TEŞEKKÜR

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalına Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “FARKLI DEŞARJ TURLERİNİN SEYRELME VERİMLİLİĞİNİN FİZİKSEL MODELLEME YARDIMIYLA İNCELENMESİ” başlıklı tezimin çalışma süresince bana projenin ilerlemesi, gerekli ekipmanların temin edilmesi ve laboratuvarın tezimize uygun çalışma ortamının sağlanmasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Murat AKSEL’e en içten dileklerimle teşekkür eder akademik kariyerinde başarılarının devamını diliyorum.

Deneysel çalışma süresince yardımlarından ötürü Doç. Dr. Mehmet DİKİCİ ’ye teşekkür eder akademik kariyerinde başarılar dilerim.

Deneysel çalışma sürecinde ihtiyacım olan sıcaklık sensörlerinin temininde bana yardımcı olan Sayın İbrahim BOSTANCI ‘ya en içten dileklerimizle teşekkür eder ticari hayatında başarılarının devamını dilerim.

ÖZET

FARKLI DEŞARJ TÜRLERİNİN SEYRELME VERİMLİLİĞİNİN FİZİKSEL MODELLEME YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Ahmet KARATAŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,

Temmuz, 2024 (45 Sayfa)

Sanayileşmenin artmasıyla beraber su kıyılarına çeşitli tesisler kurulmaktadır. Bu tesisler, deniz ekosistemini olumsuz yönde etkilediği bazı durumlar vardır. Bunlardan biri de ısıl deşarjlardır. Yapılan ısıl deşarjlar deniz ekosisteminde olumsuzluklar yaratabilmektedir. Isıl deşarjların oluşma nedeni; enerji santralleri, Demir-Çelik fabrikaları gibi tesislerin soğutma işlemini yapmak için deniz gibi büyük su kütlelerini soğutucu olarak kullanmalarıdır. Bu tür olumsuzlukların oluşmaması için deşarj suyunun sıcaklığına bağlı olarak alıcı ortamın sıcaklık değişimi yasalar ile kısıtlanmıştır. Bundan dolayı en iyi seyrelmeyi ve en ekonomik olan sistemin belirlenmesi önem kazanmıştır. Bunu öğrenebilmek için 3 farklı sistem laboratuvar ortamında test edilmiştir. İlk deneyde serbest düşen jetler, ikinci deneyde su yüzeyinden suya paralel jetler oluşturulmuş ve üçüncü deneyde ise su yüzeyine ikincil bir hazne yapılarak üç delikten deşarj yapılmıştır. Jetlerin oluşturduğu termal bulutlar incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sıcak Su Deşarjı, Termal Deşarj, Deniz Deşarjı, Fiziksel Model Deneyi.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF DILUTION PERFORMANCE DEPENDING ON DISCHARGE CONDITIONS VIA PHYSICAL MODELLING

Ahmet KARATAŞ

Department of Civil Engineering

Graduate School of Alanya Alaaddin Keykubat University,

July, 2024

With the increase of industrialization, various facilities are being established on the water shores. There are some cases when these facilities negatively affect the marine ecosystem. One of them is thermal discharges. Thermal discharges can create negativities in the marine ecosystem. The reason for the occurrence of thermal discharges is that facilities such as power plants, iron and steel factories use large bodies of water such as the sea as a coolant to perform the cooling process. In order to prevent the occurrence of such negativities, the temperature change of the receiving medium depending on the temperature of the discharge water is restricted by law. Therefore, it has become important to determine the best dilution and the most economical system. In order to learn this, 3 different systems have been tested in a laboratory environment. In our first experiment, free falling jets, in our second experiment, jets parallel to the water were created from the water surface, and in our third experiment, a secondary reservoir was made on the water surface and discharged through three holes. Thermal clouds formed by jets have been studied.

Keywords: Hot Water Discharge, Thermal Discharge, Marine Outfall, Physical Model Test.

İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK SAYFASI

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER SAYFASI	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR	4
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	8
3.1. Deney Sistemi.....	8
3.1.1. Senaryo 1 serbest düşü.....	9
3.1.2. Senaryo2 yüzeye paraleldeşarj.....	11
3.1.3. Senaryo 3 geniş açıklıkladeşarj.....	13
3.2. Deneylerde Kullanılan Cihaz Ve Ekipmanlar	15
3.2.1. Pleksiglas deney tankı.....	15
3.2.2. Debimetre.....	16
3.2.3. PT100 sıcaklık sensorü.....	17
3.2.4. PT100 rtd sıcaklık sensörü amplifaktörü max31865.....	18
3.2.5. Projektör led aydınlatması.....	19
3.2.6. Pompa.....	19
3.2.7. Arduino uno.....	20
3.2.8. Boyalı su içerendeşarj tankı.....	22
3.2.9. Su kalitesi ölçüm cihazı.....	23
3.2.10. Video kaydedici ve fotoğraf makinesi.....	24
3.2.11 Plastik tekne.....	24
3.2.12 Deşarj tankı.....	25
3.3. Deneyde Kullanılan Yan Ekipmanlar.....	25
3.3.1. Kavanoz kapağı.....	25
3.3.2. Silikon hortum.....	26

3.3.3. Karelaj.....	26
3.3.4. Su sızdırmaz bant.....	26
3.3.6. Breadboard.....	27
3.3.8. T şeklinde yapılmış prob tutacağı.....	28
3.3.9. L şeklinde yapılmış deşarj hortumu ayağı.....	29
3.4. Deneyin Sonuçları.....	29
3.4.1. Senaryo 1 sonuçları.....	31
3.4.2. Senaryo 2 sonuçları.....	34
3.4.3. Senaryo 3 sonuçları.....	37
4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
5. KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Deney Sistemi.....	8
Şekil 3.2 Deney Sisteminin Kesiti.....	8
Şekil 3.3 Senaryo 1’de kullanılan deney sisteminin kesiti.....	9
Şekil 3.4 Senaryo 1 deney düzeneğinin görünüşü.....	10
Şekil 3.5 Senaryo 2’de kullanılan deney sisteminin kesiti.....	11
Şekil 3.6 Senaryo 2 Deney düzeneğinin görünüşü	12
Şekil 3.7 Senaryo 3’de kullanılan deney sisteminin kesiti.....	13
Şekil 3.8 Senaryo 3 Deney düzeneğinin görünüşü.....	14
Şekil 3.9 Pleksiglas deney tankı.....	16
Şekil 3.10 Debimetrenin Ardiuno’ya Bağlanması.....	16
Şekil 3.11 Arduino’da kullanılan kodlar.....	17
Şekil 3.12 Deneyde kullandığımız sıcaklık sensörleri.....	18
Şekil 3.13 Deneyde kullanmış olduğumuz iki çıkışa sahip Max31865.....	18
Şekil 3.14 Projektör led aydınlatması.....	19
Şekil 3.15 Pompa.....	20
Şekil 3.16 Deneyde kullanılan Arduino.....	20
Şekil 3.17 Sıcaklık sensörlerini eş zamanlı çalışır duruma getirmek için kullanılan kodlar.....	21
Şekil 3.18 Sıcaklık sensörlerini eş zamanlı çalışır duruma getirmek için kullanılan kodların devamı.....	22
Şekil 3.19 Stampa mürekkebi.....	23
Şekil 3.20 Atık suyun tank içerisinde görünümü.....	23
Şekil 3.21 Su kalitesi ölçüm cihazı.....	24
Şekil 3.22 Deneyde kullanılan tekne.....	24
Şekil 3.23 Deşarj tankı.....	25
Şekil 3.24 Kavanoz kapağı.....	25
Şekil 3.25 6mm iç çapa sahip hortum.....	26
Şekil 3.26 Su sızdırmaz bant ile oluşturulan hazne.....	27
Şekil 3.27 Kullandığımız tripod.....	27
Şekil 3.28 Max31865’lerin Breadboarda Entegre Edilmesi.....	28
Şekil 3.29 Lehim seti.....	28
Şekil 3.30 T şeklinde yapılmış prob tutacağı.....	29
Şekil 3.31 L şeklinde yapılmış Deşarj Hortumu Ayağı.....	29
Şekil 3.32 Senaryo 1’ de termal bulutların karşı çepere çarptığı andaki görünümü.....	32

Şekil 3.33 Senaryo 1 de P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	32
Şekil 3.34 Senaryo 1 de P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	32
Şekil 3.35 Senaryo 1 de P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	33
Şekil 3.36 Senaryo 1 de P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	33
Şekil 3.37 Senaryo 1 de P1, P2, P3, P4 Sıcaklık sensörlerinin bulundukları noktalardaki zamana bağlı seyrelme yüzdeleri.....	33
Şekil 3.38 Probların bulundukları noktalardaki ortalama seyrelme yüzdeleri.....	34
Şekil 3.39 Senaryo 2’ de termal bulutların karşı çepere çarptığı andaki görünümü.....	35
Şekil 3.40 Senaryo 2 de P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	35
Şekil 3.41 Senaryo 2 de P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	35
Şekil 3.42 Senaryo 2 de P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	36
Şekil 3.43 Senaryo 2 de P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	36
Şekil 3.44 Senaryo 2 de P1, P2, P3, P4 Sıcaklık sensörlerinin bulundukları noktalardaki zamana bağlı seyrelme yüzdeleri.....	36
Şekil 3.45 Senaryo 2’de problemlerin bulundukları noktalardaki ortalama seyrelme yüzdeleri.....	37
Şekil 3.46 Senaryo 3’ de termal bulutların karşı çepere çarptığı andaki görünümü.....	38
Şekil 3.47 Senaryo 3’te P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	38
Şekil 3.48 Senaryo 3’te P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	39
Şekil 3.49 Senaryo 3’te P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	39
Şekil 3.50 Senaryo 3’te P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu no.....ktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi.....	39
Şekil 3.51 Senaryo 3’te P1, P2, P3, P4 Sıcaklık sensörlerinin bulundukları noktalardaki zamana bağlı seyrelme yüzdeleri.....	40
Şekil 3.52 Senaryo 3’te problemlerin bulundukları noktalardaki ortalama seyrelme yüzdeleri.....	40

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Her senaryo için detaylı açıklamalar	9
Tablo 3.2 Senaryo 1 çalışma koşulları.....	11
Tablo 3.3 Senaryo 2 çalışma koşulları.....	13
Tablo 3.4 Senaryo 3 çalışma koşulları.....	15
Tablo 3.5 Deney süresince zamana bağlı olarak termal bulutların görünüşü	30



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°	Derece
---	--------

Kısaltmalar

cm	Santimetre
mm	Milimetre
L	Litre
V	Volt
GND	Toprak pini
C	Celsius
dk	Dakika
P1	P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu konum
P2	P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu konum
P3	P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu konum
P4	P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu konum

1. GİRİŞ

Sular dünyamızın %71'lik kısmını oluşturduğu bilinmektedir. Yeryüzünde bulunan su miktarı 1,34 milyon km³ olduğu bilinmektedir. Bu büyük su kütlesinin %97,5'u tuzlu su, %2,5'u ise tatlı su oluşturmaktadır. Gerek ülkemizde gerekse Dünyada yapılan çalışmalarda küresel iklim değişikliği ve ekolojik ayak izinin etkileri doğal ve yenilenebilir enerji kaynaklarının optimum şekilde kullanılması gerektiğini ortaya koyuyor. Birleşmiş Milletler Dünya Su Geliştirme raporuna göre, Dünya'da 2 milyar insanın suya doğrudan erişiminin olmadığı raporlanmıştır. Aynı raporda Küresel ısınma, Nüfus artışı ve Enerji ihtiyacının artmasından kaynaklı olarak 2050 yılına kadar su talebinin %55 oranında artacağı belirtilmiştir [48]. Sıcaklıkların yükselmesi ve iklim değişikliğinden kaynaklanan buharlaşmanın artması, deniz suyunun musilaj oranının arttırmasında etkili olan sebeplerdendir. Bundan dolayı Marmara Denizi'ne ısıl deşarj yapmak yasaklanmıştır. Su kaynakları; evsel kaynaklı kullanımlara, soğutma suyu teminine, su sporları, turizm ve ulaşım gibi çeşitli kullanımlara da imkân sağlamaktadır.

Su ortamı fiziksel, kimyasal ve içindeki canlıların değerine göre birincil ve ikincil biyolojik bölgelere ayrılmaktadır. Sulardan sürekli yararlanılabilmek için bu kaynakların korunması oldukça önemlidir.

Isıl deşarj diğer adıyla sıcak su deşarjı, termik santraller, endüstriyel tesisler ve nükleer santraller gibi tesislerin prosesi soğutma amacıyla kullandıkları soğutma suyunu denize bırakmasıdır. Bu sıcak su deşarjı, çevresel olası etkileri nedeniyle tartışmalı bir konudur. Sıcak su deşarjı, proseslerin yüksek sıcaklıklarla işlem yapan tesisler genellikle deniz, göl, akarsu gibi su kaynaklarının kıyısında konumlandırılarak soğutma faaliyetlerinde suyun soğutma kapasitesinden faydalanır. Bu tesislerde soğutma sonrası ısıl kirliliğe sahip su alıcı ortam içine (göl, deniz, akarsu vb.) deşarj edilir. Sıcak su deşarjının deniz ekosistemini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bu olumsuz etkiler planktonların aşırı çoğalması, deniz suyunda bulunan oksijen seviyesinde değişikliklere, deniz çayıruları habitatlarının yok olması olarak tespit edilmiştir. Yaşanan bu değişiklikler deniz yaşamı için potansiyel olarak zararlıdır. Su içerisinde yaşayan bazı canlılar yüksek sıcaklığa karşı hassas olmasından dolayı ısıl değişikliklere neden olan bir deşarj yapıldığı durumda sıcaklığa karşı dayanıklı olan canlılar, sıcaklığa karşı dayanıklı olmayan canlıların yerini almaya başlar. Özellikle sık aralıklarla termal deşarj yapan termik nükleer elektrik santralleri gibi tesisler deşarj ortamında olumsuz etkiler

bırakabilmektedir. Bu nedenle, çoğu ülkede sıcak su deşarjına yönelik sıkı düzenlemeler ve kontroller vardır.

Bu olumsuz etkilerin azaltılması amacıyla yasal mevzuatlar geliştirilmiştir ve alıcı ortam kapasitesine bağlı olarak limit değerler tanımlanmıştır. Bu limit değerlerle uyumlu deşarj yapılması gerekli olup diğer yandan bölgesel koşullar ve ekonomik maliyetler gözetildiğinde kıyıya en yakın konumdan (sığ su bölgesinde veya kıyıda) deşarj yapılması gerekebilir. Özellikle 2018/14 sayılı “Atık su Arıtma/Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onayı Genelgesi” öncesinde yapılan tesislerde ekonomik şartlar ön planda tutularak kıyından deşarj uygulaması tercih edilmiştir. Kapalı devre sistemlerinin maliyetinin, açık devre sistemlerin maliyetinden çok fazla olmasından kaynaklanan ekonomik koşullardan dolayı büyük su kütlelerinin kıyısında bulunan tesislerde açık devre sistemler kullanılmaktadır. Deşarj edilen termal su, su ekosisteminde ısı değişim toleransı düşük olan sucul canlılar bulunmasından dolayı alıcı ortamın sıcaklığının değişmesi canlıların habitatını ve üremelerini olumsuz etkilemektedir. Bundan dolayı gerek ülkemizde gerekse dünyada atık ısının alıcı ortama verilmesi için limit değerler mevzuatlarla belirlenmiştir. 31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” hükümleri çerçevesinde düzenlenmiştir. Bu yönetmeliğe göre alıcı ortamın kapasitesine bakılmaksızın deşarj edilen suyun sıcaklığı en fazla 35 °C olmak zorundadır. Alıcı ortam ile yapılan termal deşarj arasındaki fark yaz aylarında (Haziran-Eylül arası) 1°C ‘yi aşmaması, diğer aylarda ise 2°C ‘yi aşmaması gerekmektedir. Ancak alıcı ortamın sıcaklığı 28°C üzerinde olduğu durumlarda deşarj edilen suyun alıcı ortam sıcaklığını 3°C ‘den fazla artırmayacak şekilde deşarj yapılırsa, deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeden deşarj yapılmasına izin verilebilir. Ancak bu limit değerler yakın kıyı bölgesinden yapılan deşarjlarda sağlanamayabilmektedir. Yakın kıyı bölgesinden yapılan sığ su deşarjlarının seyrelme süreçleriyle ilgili yapılan çalışmalarda termal bulut yoğunluk tabakalaşmasından etkilenecek belli bir bölgede kaldığını ve seyrelmenin az olduğunu, tabakalaşmanın olmadığı durumlarda ise seyrelmenin arttığı bulunmuştur. Roberts ve diğerlerinin yaptıkları çalışmalarda; termal suyun yüzeye yaklaştığı durumlarda seyrelme değerinin 600-5400 ppm arasında değiştiğini ortalama 1350 ppm değerine ulaştığını göstermiş, elde edilen değerlerin mevsimsel değişimle atık suyun alıcı ortamdaki davranışını etkilediğini bulmuşlardır. Kanberli yapmış olduğu çalışmasında; seyrelme ve iletim uzunluğunun yüksek olması için difüzörler yatay doğrultuda konulması gerektiğini bulmuştur [10]. Bu çalışmada durgun haldeki bir su kütlesi alıcı ortam kabul edilerek $\Delta T = + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ sabit sıcaklık farkı ile çıkış kesitleri kurgulanarak sıcak

su deşarjı yapılmış, sıcak su bulutunun seyrelmesi süreci çeşitli noktalara yerleştirilen sıcaklık ölçüm problemleri ile incelenmiştir. Deneylerde yapılan çalışma termal suyun deniz içine batık jet ve kıyıda dūřu şeklinde deşarjının karşılaştırıldığı bir çalışmadır. Bu durum karşılaştırması deniz içi soğutma suyu deşarjının seyrelme performansının iyileştirilmesi amacıyla hangi deşarj yönteminin seyrelme açısından daha verimli olduğunu göstermektedir. Deřarj sistemlerinin tasarımı ve deşarj kontrolü yönetmeliklerinde durumun değerlendirilmesi açısından önemlidir.



2. LİTERATÜR

Fan ve Brooks (1969) “Durgun alıcı ortamda yatay açıyla deşarj edilen çizgisel jetlerin birinci seyrelmesi” adlı çalışmasında bulmuş olduğu formüllerle birinci seyrelme değerlerinin hesaplanmasına yardımcı olmuştur. Odgaard ve arkadaşları (1976) difüzörlerin, birincil seyrelmelerini artırmak için atık su alıcı ortama verildiğinde çıkış kısımlarına yerleştirilmelidir. Seyrelme değeri ve iletim uzunluğunun yüksek olması için difüzörler yatay şekilde konulması gerektiğini belirtmiştir. Chou vd. (1976) difüzör boyunca debi dağılımının analitik, nümerik ve deneysel yollarla duvar sürtünme katsayısı, delik momentumu gibi parametreler için delik çapları değerleri belirlemiştir. Hakkı Özkan vd. (1976) evsel ve endüstriyel atık suların yoğunluğunun deniz suyundan düşük olduğunu söylemiştir. Bundan dolayı, suda yoğunluk tabakası yoksa her zaman atık su bulutu deniz yüzeyine ulaştığını söylemiştir. Eğer suda yoğun bir tabaka varsa diplerdeki Yoğunluk tabakalaşması olması durumunda derinlerdeki yoğun suyun atık suyla karışması bulut içerisindeki karışımın yoğunluğunun deniz yüzeyine gidildikçe suyun yoğunluğuna eşit olması sağlanmakta olduğunu söylemiştir. Yoğunluk tabakalaşması durumunda atık su bulutunun izlediği yolu gösterdiğini söylemiştir. Hansen vd. (1977) deşarj sistemi tasarlanırken ısı, tuzluk ve yoğunluk gibi özelliklerin bilinmesi gerektiğini söylemiştir. Deşarj noktasındaki deniz suyu yoğunluğunun kesiti, difüzör çıkışlarından çıkan atık suyun izlediği yolu etkilediğini söylemiştir. Hasan Akyarlı (1991) kanalizasyon ile difüzör bağlantılarını sağlayan deşarj borularının tasarımı, hidrolik kriterlere göre boruların çaplarının hesaplanması ve borulara etki edecek kuvvetlerin boruları deforme olmayacak şekilde planlanması büyük önem taşıyacağını söylemiştir. Difüzörlerin yapısal özellikleri, stabilize edilmesi ve yönünün çok önemli olduğuna değinmiştir. Difüzörün derinliğinin seyrelme olayı üzerinde çok önemli rol oynadığını söylemiştir. Novak vd. (1996) atık su deşarj edildikten sonra ilk seyrelmesi ve dispersiyon yoluyla seyrelmesi ile alıcı ortamdaki atık su konsantrasyonunun azaldığını belirtmiştir. Oksijen ihtiyacı ve askıda madde miktarı seyrelmeyle indirgendığını söylemiştir. Kıyıya taşınımın olmaması için uygun mesafe olması gerektiğini söylemiştir. Deşarj sistemine mümkün olduğu kadar az askıda madde girmesi gerektiğini belirtmiştir. Deşarj verimi düşük olması durumunda dezenfeksiyon yapılması gerektiğini söylemiştir. İzzet Öztürk (1996) ısı işlemler yapan büyük kapasiteli tesislerde, deşarj suyu mümkün olduğu kadar uzak mesafelere deşarj edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Termik, nükleer, elektrik santralleri, fabrikalar su kullanılarak soğutma yaptığını belirtmiştir. Kapalı devre soğutma kulelerine

ya da açık devre soğutma kulelerine gönderilip deşarj suyu uzaklaştırıldığını belirtmiştir. Gerek maliyetinin az olması gerekse kolay tasarlanabilmesi için uygun su kütlelerinin bulunduğu yerlerde deşarj yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Langenber (1997) Kuzey Denizindeki temiz su alanlarını rüzgâr ve yoğunluktan dolayı oluşan akıntılarla etkileşimini incelemiştir. Yapmış olduğu çalışmada baroklinik çalkantı modelini kullanmıştır. Tuzluluk ve sıcaklık değerlerini barotropik modelleme ile karşılaştırmıştır. Yoğunluk değişiminin yüzey akıntılarına gözle görülür bir etki sağladığını ancak derinlik artıkça deniz suyu ısisının azalmasından kaynaklanan akıntıların güçsüzleştiğini görmüştür. Roberts vd. (2001) yaptıkları modelde atık su bulutunun yüzeye ulaşması durumunda seyrelmenin yüksek olduğu ve seyrelme değerinin 600-5400 ppm arasında değiştiğini seyrelme değerinin ortalama 1350 ppm değerlerine sahip olduğunu belirtmiştir. Atık su bulutlarının yüzeye ulaşmaması ve belli bir yükseklikte durması sağlandığında seyrelme değerinin 630 ppm olduğu saptanmıştır. Seyrelme değerlerinin değişimi alıcı ortamın çeşidine ve mevsimine göre değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Doneker vd. (2001) Cormix Mixing Zone Model adlı çalışmalarında su kalitesinin analiz edilmesi için modellemiştir. Karışım süreci ve atık deşarj konusunda doğru sonuçların alınabilmesine katkı sağlamıştır. Schreiner vd. (2002) yapmış olduğu çalışmalarında Cormix modelini kullanarak Amerika Birleşik Devleti'nin Maryland eyaletinde bulunmuş olan dört termik santrale ait soğutma sularının deşarjı modellenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Cormix modelinin bulut eksenini ve bulut yönünü doğru olarak tahmin ettiğini belirtmiştir. Ayrıca tahmin edilen tam karışım durumunun aslından çok daha önce ortaya çıktığı belirtmiştir. Carvalho vd. (2002) atık suya boya karıştırıp sahada ölçümler yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda atık su bulutlarının yoğunluk tabakalaşmasından etkilendiği, belli bir derinlikte hapsedildiğini görmüş ve düşük seyrelme değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Tabakalaşmanın olmadığı durumlarda atık su bulutlarının deniz yüzeyine ulaştığı ve seyrelme değerinin yükseldiği çıkarımını elde etmiştir. Semih Nemlioğlu (2002) delik şeklinin servis ömrüne ve performansa etkisini incelemiştir. Eski tip delik şekilleri yerine çanağz ve keskin-kenar ağz delikleri tercih edilmesinin daha uygun olacağını belirtmiştir. Hidrolik kapasitelerinin artması ile atık su deşarj hacminin ve kalitesinin artırılabilirliğini söylemiştir. Shahidi vd. (2003) farklı alanlara deşarj edilen batan ve batmayan kıyıs al bölge atık sularının seyrelmelerini incelemiştir. Atık su için dizayn edilen difüzörlerle çalışmışlardır. Cormix2 ve Visjet modelleri ile kısmen paralel sonuç ortaya çıktığı belirtilmiştir. Semih Nemlioğlu (2003) atık ısı lı deşarjlarda sadece soğutma suyunda olduğu gibi sıcaklığı yükselmiş su olarak

çıkmadığını belirtmiştir. LNG depolama tesislerinin gazlaştırma ünitelerinde, sıvılaştırılmış gazın tekrar gaz haline dönmesinde de su kullandığını belirtmiştir. Bu gibi durumlarda da soğuk deşarj ortaya çıktığını belirtmiştir. Roberts vd. (2004) Um3 ve Cormix gibi ortamdaki karışım zonlarının modellenmesinde kullanılan yöntemleri test etmişlerdir. Doneker vd. (2004) yapmış oldukları çalışmada sediment yoğunluk akıntılarında atık suyun taşınımı ve karışım zonunun simülasyonunu yapmışlardır. Askıda katı maddelerin konsantrasyonunun su kolonundaki tahminlerinin endüstriyel atıklar için öneminden bahsetmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda çöken maddeleri bir kaynaktan devamlı olarak deşarjının askıda sediment yükleri açısından su kalite parametrelerinde belirleyici olduklarını belirtmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada verilerin tutarlı olduğunu saptamışlardır. Kanber (2005) deniz deşarj sistemleri konusunda bir çalışma yapmıştır. Yapmış olduğu bu çalışmada atık suların kıyıdan borular yardımı ile belli bir mesafeye ulaştırmasını sağlayarak, çevre standartlarına uygun derinlikteki noktaya deşarj sağlamıştır. Yapmış olduğu sistem deşarj borusu, tespit kitleleri, difüzör, terfi merkezi vb. elemanlardan oluşturmuştur. Çevre standartlarına uygun koşulların oluşması için boruların ucuna difüzörler yerleştirmiştir. Difüzörler, tespit kitleri tarafından sabit kalacak şekilde yerleştirmiştir. Robert ve Daviero (2006) durağan olup yoğunluk tabakalaşmasının bulunduğu su ortamına benzeyen bir çalışmayı yürütmüş olan aynı zamanda yoğunluk tabakalaşması bulunan bir ortamda yakın alan seyreltisinin bitmiş olduğu noktanın difüzöre olan uzaklığının en fazla bulut yüksekliğine eşit olduğu kanaatine varmışlardır. Belirtilen noktadan sonra deşarjdan kaynaklı olan karışmanın ve türbülansın ortamdaki yoğunluk tabakalaşmasından kaynaklı ortadan kalktığını ve dolayısıyla bu noktanın ilerisindeki yakın bölge etkileşimlerinden kaynaklı atık suyun herhangi bir seyreltiye uğramadığını belirtmişlerdir. Jones vd. (2007) yüzebilir deniz deşarjlarının sınıflandırılması ve tahmin metodunu kullanarak incelemiştir. Yüzer biçimde deşarj edilen suyun akarsu, göl ve denize dökülmesi gibi değerlendirmiştir. Yüzer tipli deşarjlarda kalitatif ve kantitatif tanımlara güvenilir koruma teknikleri geliştirmek için önemli olduğunu vurgulamışlardır. Bleninger ve Jirka (2008) deniz suyundan tatlı su elde eden tesisleri incelemiştir. Bu tesislerden kıyısız suların konsantre edilmiş tuzlu suların deşarjı konusunda çalışmalar yapan Bleninger ve Jirka konsantre tuzlu suların ortama bırakıldığını özellikle modern ve büyük kapasiteye sahip olan tesislerde Denizel ortama minimize edilen yarardan ziyade zararlı etkiyi sağlamak amacıyla seyrelmeyi yüksek oranda sağlayacak bir dip deşarja ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur. Bunun için Corjet, Cormix ve çok özel bir versiyona sahip olan

Dcormix'den yararlanmışlardır. Corjet yalnızca diğer karışım yöntemlerinde değil aynı zamanda dip yoğunluk akışların formasyonu gibi uzak alan karışımlarının değişimleri, sınırda olan etkileşimler ve yüzebilir jetlerin tahminine de izin vermiş olan Cormix uzman sistem içinde de kullanılabilir olduğunu söylemiştir. Aynı zamanda özel bir versiyona sahip diye tanımladığımız Dcormix'in tuz giderme tesislerinde tuzlu su deşarjı veya azalıp yayılan yoğunluk akıntılarının dinamiklerini barındıran sediment akıntıları için yakın veya orta düzeye sahip olan alandaki bütün çevresel etki için kullanılabilirliği uygunluğunu söylemişlerdir. Hunt vd. (2010) bu çalışmalar sonucunda model tahminleriyle birlikte yakın alan seyrelmesi için yapılmış olan ölçümlerin birbirlerine çok yakın olduğunu tespit etmiştir. Uzak alanda ilerlemiş olmaya devam eden atık suyun 24 saatin sonucunda izlenilebilir düzeyde iz maddesi içermiş olduğu ve fiziksel uzak alan seyreltisinin yaklaşık olarak 200 ppm gibi bir değere ulaştığı, 48 saat sonrasında ise atık su bulutunun parçalara bölündüğünü ve seyrelti değerlerinin ortalama olarak 1000'li rakamlara ulaşmış olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumu araştıranlar iz maddesinin 52 saat sonrasında hâlâ izlenilebilir olduğunu ve seyrelmenin yalnızca yatayda bulunan difüzyondan kaynaklandığını ve düşey karışımın ihmal edilebilir bir düzeyde olduğu sonucuna varmışlardır. Pinheiro ve Ortiz'in (2010) yapmış oldukları başka bir çalışmada ise Phoenix, Cormix1 ve Plumac 2.2 karşılaştırmasını yapmışlardır. Bu karşılaştırma sonucunda Plumac 2.2 ve Cormix1 uzman sistemleri termal plum derecesine yakın bulunmuştur. Elde edilen sonuçlarla çizilmiş olan grafiklerde bu 2 uzman sistemin oluşturmuş olduğu eğrilerin tüm durumda makul bir oranda benzeştiğini öngörmüşlerdir. Fakat 52 phoenix birbirinden farklı eğriler oluşturacak şekilde sonuç verdiğini, aynı standardı sağlayamadığını gözlemlemişlerdir. Sezgin (2016) yaptığı çalışmada yatay deşarj edilen soğuk-yoğun atık suların bazı deşarj parametrelerinin belirlenmesini sağlamış, yoğunluk farkı oluşturmak için alıcı ortamdan daha soğuk deşarj suları kullanmıştır. Yoğun atık su jetlerinin negatif yüzen jetler gibi davrandığını ve tabana çarpma noktasından sonra ise yoğunluk akıntısı oluştuğunu görmüştür. Çarpma noktasının kaynağa olan uzaklığının artmasına rağmen sabit momentum şartlarında sıcaklık farkının artmasıyla azaldığını belirtmiştir. Ozan vd. (2021) jet akımının rijit bitki bölgesindeki davranışını incelemek amacıyla yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, rijit batık bitki örtüsü bölgesinde bulunan batık jet akımını incelemiştir.

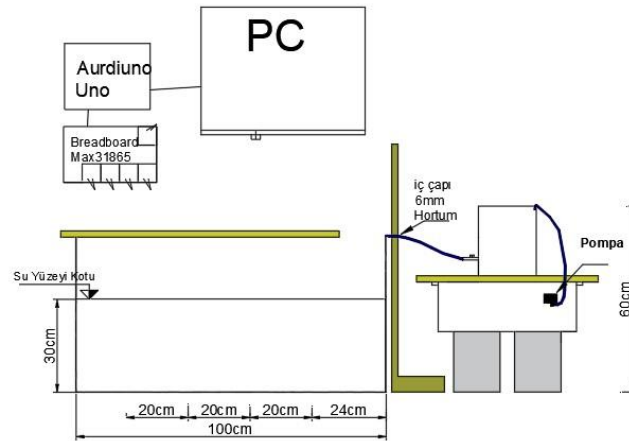
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Deney Sistemi

Deneylerde kullanılan sistem, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm laboratuvarında kurulmuştur. Deney Sistemine ait görseller Şekil 3.1 – Şekil 3.8 arasında sunulmaktadır. Deney sistemi bir adet deşarj yükleme tankı, alıcı ortam olarak hizmet veren büyük tank, sabit su seviyesi tutulmasına imkân sağlayan taşma sistemi ve basma pompası, deşarj borusu ve çeşitli noktalarda kurulu olan ve her bir senaryoda çalışmasında yerleşim planı daha sonraki alt bölümde sunulacak PT100 sıcaklık ölçüm problemleri ve bu problemlerden veri iletiminde ve kaydında kullanılan bilgisayar altyapısını kapsamaktadır. Deney sistemine ait görsel Şekil 3.1’de sunulmaktadır.



Şekil 3.1 Deney Sistemi



Şekil 3.2 Deney Sisteminin Kesiti

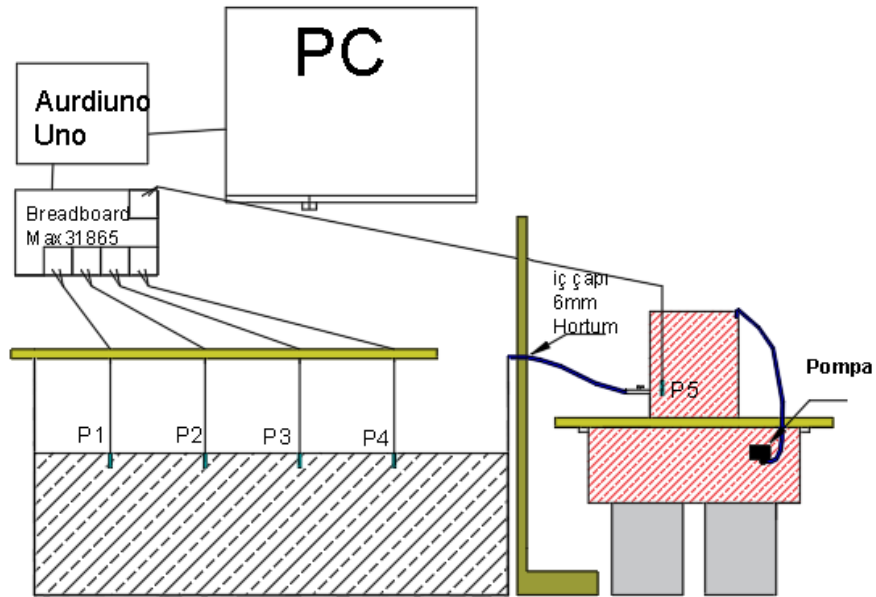
Deney sistemi kurulduktan sonra üç farklı bölgeden deşarj yapılarak, ilgili deşarjın uygun izlenebileceği şekilde de ölçüm problemleri yerleştirilmiştir. Her senaryo için detaylı açıklamalar sonraki alt bölümlerde verilmektedir.

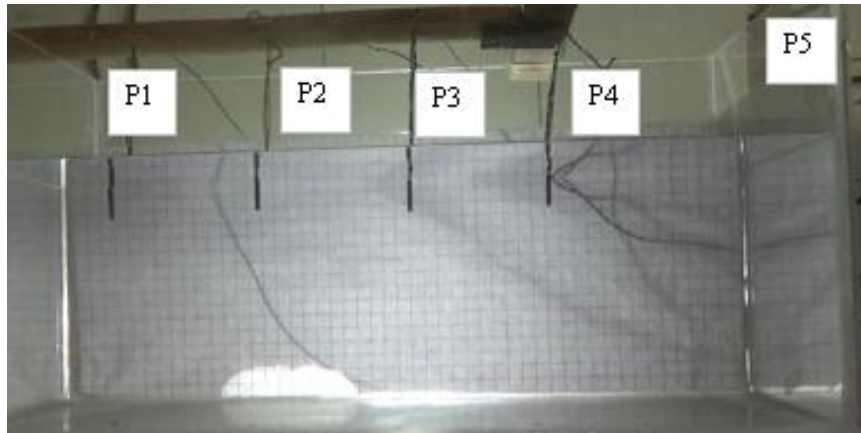
Tablo 3.1 Senaryolar

Senaryo Adı	Deşarj Biçimi	Deşarj Yüksekliği	Açıklama
Senaryo 1	Serbest Düşü (SD)	50cm	Su yüzeyine 20cm yükseklikten serbest düşü ile yapılan deşarj
Senaryo 2	Yüzeye Paralel Deşarj (YPD)	30cm	Su yüzeyine paralel olarak yapılan deşarj
Senaryo 3	Geniş Açıklıkla Deşarj (GAD)	30cm	Su yüzeyine paralel olarak geniş açıklıkla yapılan deşarj

3.1.1 Senaryo 1 serbest düşü

Senaryo 1’de kullanılan deney sisteminin yerleşimin açıklamalı çizimi Şekil3.3’te, yerleşimini gösteren fotoğraf Şekil 3.4’te verilmektedir.

**Şekil 3.3** Senaryo 1’de kullanılan deney sisteminin kesiti



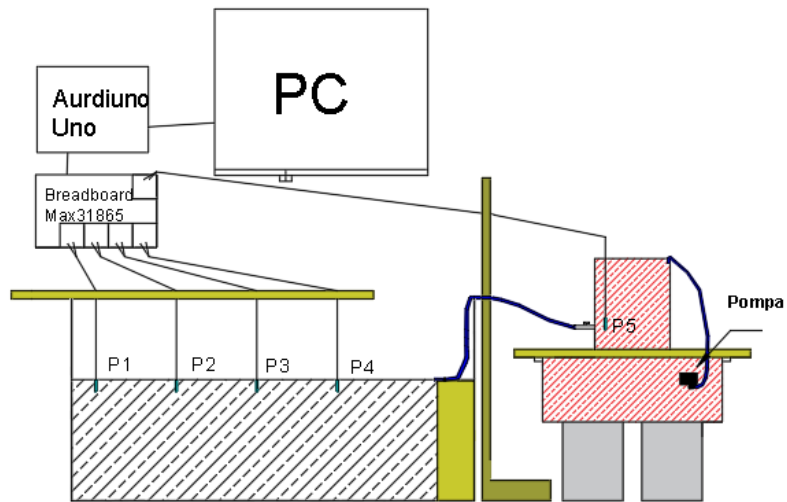
daha çok ısıl seyrelme oluşturulmak istenmiştir. Deney sırasında ortam ile ilgili bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Senaryo 1 çalışma koşulları

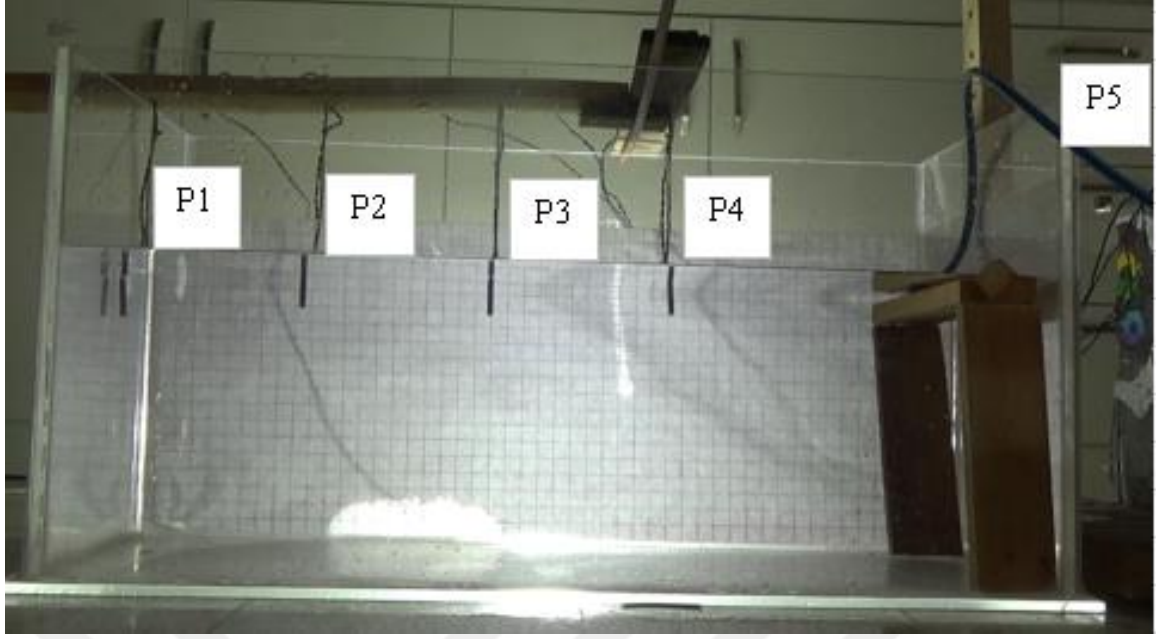
SENARYO 1	
Ortam Sıcaklığı (°C)	20,6
Atık Suyun Sıcaklığı (°C)	32
Tanktaki Suyun Sıcaklığı (°C)	17
Atık Suyun Musluk Kotu(Yer Göre) (cm)	77
Tanktaki Suyun Kotu (cm)	90
Deşarj Edilen Su ile Tanktaki Suyun Kot Farkı (cm)	32
Deşarj Hortumunun Yerden Yüksekliği (cm)	58
Deşarj Edilen Hortum Çapı (mm)	52,5
İlk Probu Jet Çıkış Noktasına Olan Uzaklığı (cm)	6
Nem (%)	33
Tanktaki Suyun iletkenliği	332
Atık Suyun İletkenliği	386

3.1.2 Senaryo 2 yüzeye paralel deşarj

Senaryo 2’de kullanılan deney sisteminin yerleşimin açıklama çizimi Şekil 3.5’te, yerleşimini gösteren fotoğraf Şekil 3.6’da verilmektedir. Su yüzeyine paralel ısı deşarj yaptığımız bu deneyimiz de deşarj hortumunun sabit durması için 30cm kotunda tahtadan yapılmış bir aparat kullanılmıştır. Yapmış olduğumuz bu aparat sayesinde deşarj hortumunun her zaman aynı konumda kalması sağlanmıştır.



Şekil 3.5 Senaryo 2’de kullanılan deney sisteminin kesiti



Şekil 3.6 Senaryo 2 deney düzeneğinin görünüşü

Senaryo 2 kapsamında tank 30cm derinliğinde ve 17° sıcaklıkta su ile doldurulmuştur. Atık su yüzey kotu 60cm ve 32° sıcaklıkla su ile doldurulmuştur. Deneysel çalışmada deşarj hortumunun çapı 6mm olarak belirlenmiştir. Atık suyun deşarj edildiği esnada termal bulutların güzergâhını görebilmek için stampa mürekkep ile kırmızı renkte boyanmıştır. Deşarj edilecek su ile deşarj tankının arasındaki bağlantıyı kesmek için deşarj tankına vana kullanılmıştır. Deşarj edilecek suyun debisini ölçmek için debimetre, deşarj hortumuna monte edilmiştir. Bu sayede atık suyun debisinin (l/dk) hesaplanması amaçlanmıştır. Deşarj tankındaki suyun karışması ve sıcaklığının homojen dağılması için 2 adet sobo marka wp-4880 model pompa kullanılmıştır. Bu pompalar saate 600L su pompalayabilme kapasitesine sahiptir. Probların konumlarının değişmemesi için Şekil 3.4.8’de görüldüğü gibi “T” şeklinde yapılmış prob tutacağı tasarlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmada 4 adet prob tankın içerisinde, 1 adet prob deşarj tankının içerisinde olmak üzere 5 prob kullanılmaktadır. Yerleştirilen ilk prob deşarj hortumunun ucuna uzaklığı 24cm olacak şekilde, kalan problemlerin 20cm aralıklarla yerleştirilmesi ile problemler deney tankının içerisine yerleştirilmiştir. Böylelikle oluşturulan jetlerin oluşturduğu termal bulutların zamana bağlı sıcaklıklarının değişimleri izlenilmesi hedeflenmiştir. Deney hazırlıkları boyunca geçen sürede tanktaki suyun sıcaklığının homojen olarak dağılması için deneye başlamadan önce karıştırıcı çubuk yardımı ile su karıştırılıp homojenize edilmiştir. Tanka dik bir şekilde yerleştirilmiş dijital kamera ile deney süresince video kaydı alınmaktadır. Değerlendirme aralığı termal bulutlar

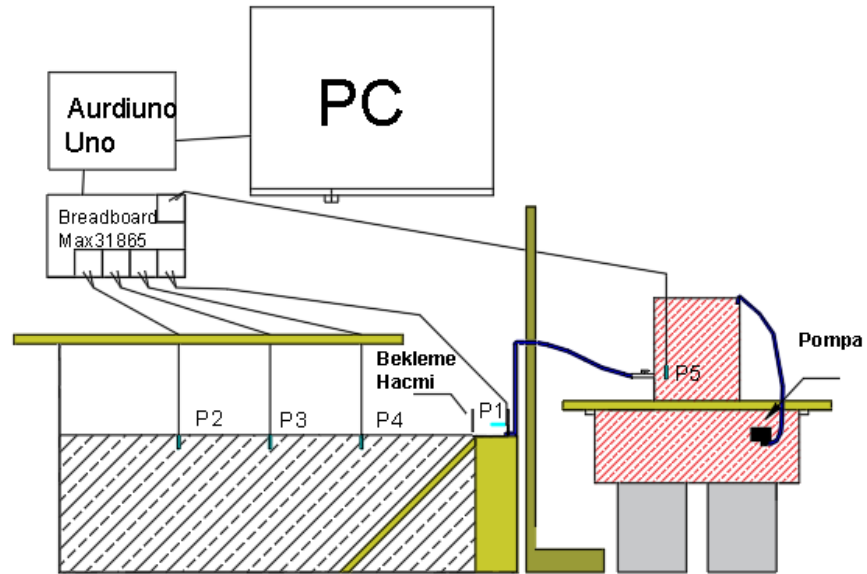
pleksiglas tankının yüzeyine çarptığı andaki sürece kadardır. Video kaydı sayesinde termal bulutların izlediği yörünge izlenmiştir. Deney sırasında ortam ile ilgili bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Senaryo 2 çalışma koşulları

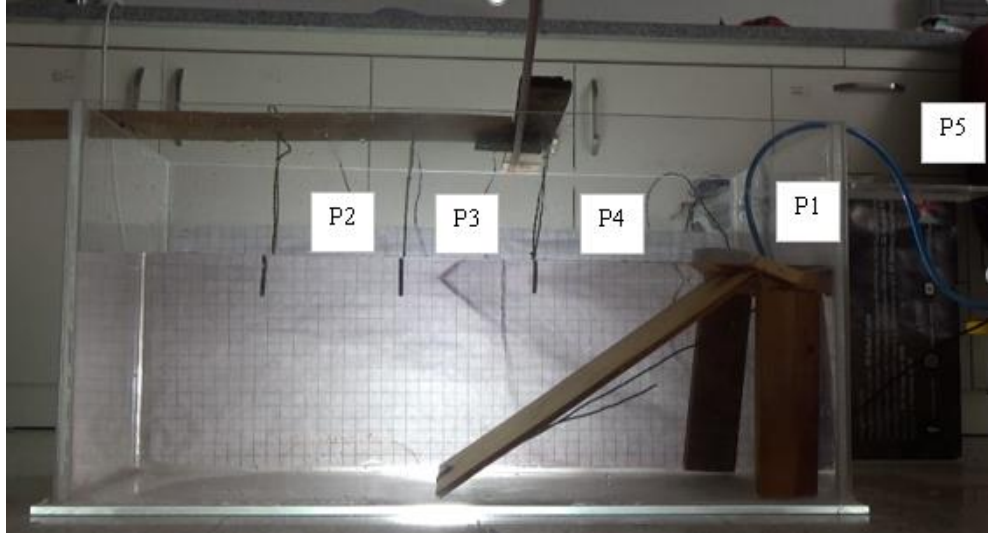
SENARYO 2	
Ortam Sıcaklığı (°C)	18,1
Atık Suyun Sıcaklığı (°C)	32
Tanktaki Suyun Sıcaklığı (°C)	17
Atık Suyun Musluk Kotu(Yer Göre) (cm)	36
Atık Su Kotu (Yere Göre) (cm)	60
Tanktaki Su Kotu (cm)	32
Deşarj Edilen Su ile Tanktaki Suyun Kot Farkı (cm)	28
Deşarj Hortumunun Yerden Yüksekliği (cm)	32
Deşarj Edilen Hortum Çapı (mm)	6
İlk Probu Jet Çıkış Noktasına Olan Uzaklığı (cm)	24
Nem (%)	33
Tanktaki Suyun iletkenliği	332
Atık Suyun İletkenliği	374

3.1.3 Senaryo 3 geniş açıklıkla deşarj

Senaryo 3'te kullanılan deney sisteminin yerleşimin açıklamalı çizimi Şekil 3.7'de, yerleşimini gösteren fotoğraf Şekil 3.8'de verilmektedir.



Şekil 3.7 Senaryo 3'de kullanılan deney sisteminin kesiti



Şekil 3.8 Senaryo 3 deney düzeneğinin görünüşü

Senaryo 3 kapsamında tank 30cm derinliğinde ve 17° sıcaklıkta su ile doldurulmuştur. Atık su yüzey kotu 60cm ve 32° sıcaklıkla su ile doldurulmuştur. Senaryo 3 için kavanoz kapağının etrafını su sızdırmaz bant ile sarılarak bir hazne yapılmıştır. 37mm genişliğinde olan su sızdırmaz bant üzerinde 7mm çapında üç adet delik ve üç deliğin orta noktası ile aynı ekseninde olan 12mm çapında deşarj hortumunun girebileceği bir adet delik bulunmaktadır. Bu sayede 3,5cm yüksekliğinde 8,5cm çapında ikincil hazne olarak kullanılacak bir hazne yapılmıştır. Atık su tankından gelen atık su, yapmış olduğumuz ikincil haznede birikmesi ile hem su ile temas edebilecek hem de tek bir delikten vermek yerine 3 farklı delikten deşarj yapılarak daha geniş alanlara deşarj yapabilmeyi sağlayacağı düşünülmektedir. Atık suyun dibe çökmesini engellemek ve yayılımını artırmak için 30° açı ile bir tahta plaka tankın içine yerleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada deşarj hortumunun çapı 6mm olarak belirlenmiştir. Atık suyun deşarj edildiği esnada termal bulutların güzergahını görebilmek için stampa mürekkep ile kırmızı renkte boyanmıştır. Deşarj edilecek su ile deşarj tankının arasındaki bağlantıyı kesmek için deşarj tankına vana kullanılmıştır. Deşarj edilecek suyun debisini ölçmek için debimetre, deşarj hortumuna monte edilmiştir. Deşarj edilecek suyun debisini ölçmek için debimetre, deşarj hortumuna monte edilmiştir. Bu sayede atık suyun debisinin (l/dk) hesaplanması amaçlanmıştır. Deşarj tankındaki suyun karışması ve sıcaklığının homojen olması için 2 adet sobo marka wp-4880 model pompa kullanılmıştır. Bu pompalar saate 600L su pompalayabilme kapasitesine sahiptir. Probların konumlarının değişmemesi için Şekil3.4.8’de görüldüğü gibi ‘‘T’’ şeklinde yapılmış prob tutacağı tasarlanmıştır. Deşarj tankının içerisinde 4 adet prob tankın içerisinde, 1 adet prob deşarj tankının içerisinde

olmak üzere 5 prob kullanılmıştır. Yerleştirilen ilk prob deşarj hortumunun ucuna uzaklığı 24cm olacak şekilde, kalan problemlerin 20cm aralıklarla yerleştirilmesi ile problemler deney tankının içerisine yerleştirilmiştir. Böylelikle oluşturulan jetlerin oluşturduğu termal bulutların zamana bağlı sıcaklıklarının değişimleri izlenilmesi hedeflenmiştir. P1, P2, P3, P4 ve P5 noktalarındaki problemlerden elde ettiğimiz değerler Excel dosyasına kaydedilmiştir. Deneyimizin yapım hazırlıkları boyunca geçen sürede tanktaki suyun sıcaklığının homojen olarak dağılması için deneye başlamadan önce karıştırıcı çubuk yardımı ile su karıştırılıp homojenize edilmiştir. Tanka dik bir şekilde yerleştirilmiş dijital kamera ile deney süresince video kaydı alınmaktadır. Değerlendirme aralığı termal bulutlar pleksiglas tankının yüzeyine çarptığı andaki sürece kadardır. Video kaydı sayesinde termal bulutların izlediği yörünge izlenmiştir. Deney sırasında ortam ile ilgili bilgiler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 3.4 Senaryo 3 çalışma koşulları

SENARYO 3	
Ortam Sıcaklığı (°C)	18,1
Atık Suyun Sıcaklığı (°C)	32
Tanktaki Suyun Sıcaklığı (°C)	17
Atık Suyun Musluk Kotu(Yer Göre) (cm)	36
Atık Su Kotu (Yere Göre) (cm)	60
Tanktaki Su Kotu (cm)	32
Deşarj Edilen Su ile Tanktaki Suyun Kot Farkı (cm)	28
Deşarj Hortumunun Yerden Yüksekliği (cm)	32
Deşarj Edilen Hortum Çapı (mm)	6
İlk Probun Jet Çıkış Noktasına Olan Uzaklığı (cm)	24
Nem (%)	33
Tanktaki Suyun iletkenliği	332
Atık Suyun İletkenliği	374

3.2 Deneylerde Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar

3.2.1 Pleksiglas deney tankı

Deney tankının boyutları içten içe en x boy x yüksekliği; 40cm x 100cm x 50cm üst yüzeyi açık olacak şekilde pleksiglas malzemeden üretilmiştir. Deney tankı Şekil 3.9’da de görüldüğü gibidir. Tankın içine su doldurulması için 1 adet bağlantı hortumu kullanılmaktadır.

Tankın iki yüzeyi karelaj kağıdıyla kaplanmıştır. Bir ayırıtının yüksekliği 2cm olacak şekilde çizilmiştir. Bu sayede su tankının ihtiyacımız olan su kotuna çıkarılması

kolaylaştırılmış ve oluşan jetlerin perspektif nedeniyle jet boyutlarının yanlış ölçülmesi engellenmiştir.



Şekil 3.9 Pleksiglas deney tankı

3.2.2 Debimetre

Deneysel çalışma esnasında YF-S201 model debimetre kullanılmaktadır. Atık su tankından gelen suyun debisini ölçmek için kullanılır. Çalışma aralığı 1L/dk ile 30L/dk sıcaklık hassasiyetine sahiptir. Sistemimize entegre ederken; Şekil.3.10’da Görüldüğü gibi debimetremizden kırmızı, sarı ve siyah olmak üzere 3 farklı kablo gelmektedir. Kırmızı, sarı ve siyah kablolar jumperlar aracılığıyla sırasıyla 5V, GND ve 2 pinlerine gelecek şekilde bağlanılır. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi arduino programında görünen kodlar kullanılarak çalışır duruma getirilir. Almış olduğumuz verilerin ortalamasını alarak ortalama debiyi elde ettik.



Şekil.3.10 Debimetrenin Ardino’ya Bağlanması

```

int flowPin = 2;
double flowRate;
volatile int count;

void setup() {
  pinMode(flowPin, INPUT);
  attachInterrupt(0, Flow, RISING);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  count = 0;
  interrupts();
  delay (1000);
  noInterrupts();
  flowRate = (count / 7.75);
  Serial.println(String(flowRate) + "L/min");
}

void Flow()
{
  count++;
}

```

Şekil.3.11 Arduino’da kullanılan kodlar

3.2.3 Pt100 sıcaklık sensörü

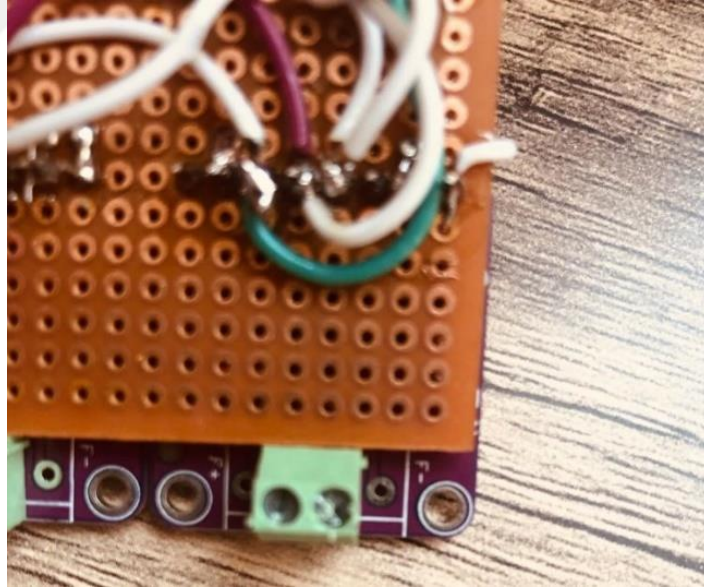
Deney esnasında kullanılan sıcaklık sensörleri Şekil 3.12’de görüldüğü gibidir. Sıcaklık sensörlerinin gönderdiği iki veri arasında geçen süre 1,5 saniyedir. PT100 sıcaklık sensörleri ölçülmek istenen ortama temas ettiği anda verileri alan metal kısmının uzunluğu 4cm ve çapı 0,5cm boyutlarındadır. Jetlerin sıcaklık sensörlerine dik olacak şekilde suyun içine konulması ile gerçekleştirilir. PT100’ün ölçüm aralığı -50° ile +250° arasında olup, ölçüm hassasiyeti 0,13 °C’dir. Okuduğu değerler referans bir değere göre kalibre edilir. Deney tankının içerisinde ve jet oluşturmak için kullanılan deşarj tankının içerisinde toplamda 5 tane PT100 sıcaklık sensörümüz bulunmaktadır. Her bir PT100 sıcaklık sensörü için bir tane max31865 amplifaktör kullanılmaktadır. Amplifaktör giriş ve çıkış verilerini birbirine eşitlemek için kullanılır ve gelen sinyalleri düzenler.



Şekil 3.12 Deneyde kullandığımız sıcaklık sensörleri

3.2.4 Pt100 rtd sıcaklık sensörü amplifaktörü max31865

Deneyisel çalışmada kullanılan Max31865 iki çıkışa sahiptir. Şekil.3.13'te görüldüğü gibidir. Ölçüm hassasiyetini ve doğruluğunu artırmak için kullanılır. 28mm, 25,5mm ve 3mm boyutlarına sahiptir.

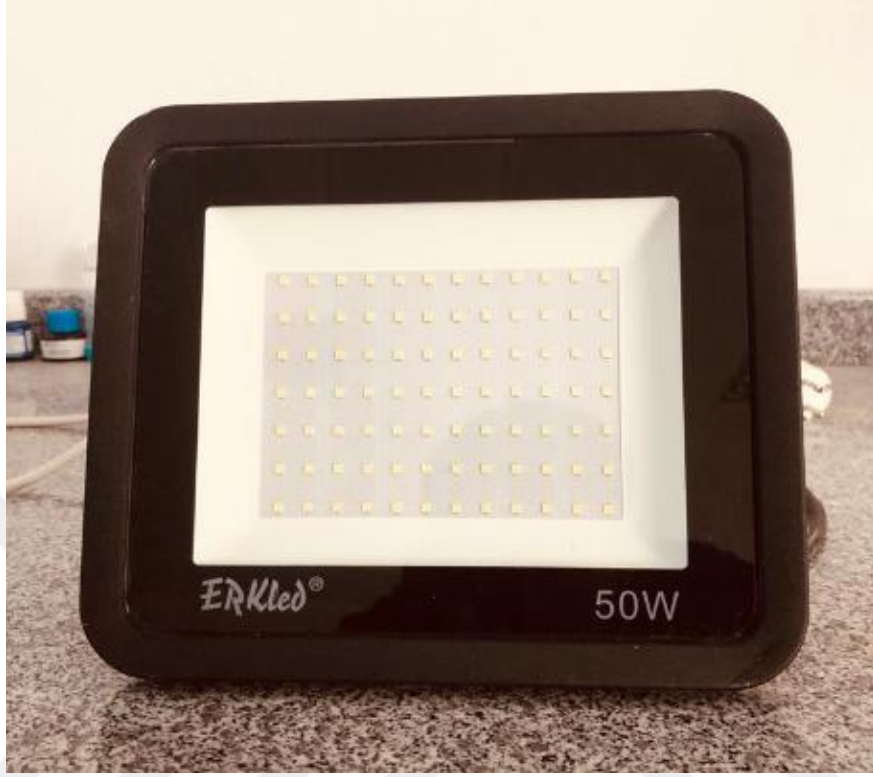


Şekil 3.13 Deneyde kullanılan iki çıkışa sahip Max31865

3.2.5 Projektör led aydınlatması

Deneyde kullandığımız led aydınlatması Şekil 3.14'te görüldüğü gibidir. Deney esnasında deşarj tankının arkasında aydınlatmanın yetersiz olduğu fark edilmesinden dolayı karelajların görünmediğini bu nedenle oluşan jetlerin boyutları saptanamadığı

görülmüştür. Bu sorunu çözmek adına çeşitli aydınlatılmalar denenmiştir. Yapılan denemelerde kamera ile video çekim esnasında videoların kırıldığı gözlemlenmiş ve çözüm olarak projektör led aydınlatması kullanılmıştır.



Şekil 3.14 Projektör led aydınlatması

3.2.6 Pompa

Deney sırasında deşarj tankının su kotunun değişmemesi için sürekli bir şekilde tankın altındaki leğenden deşarj tankına 2 adet sobo marka wp-4880 model pompa ile deşarj tankına su pompalanmasını ve bu sayede suyun karışmasını sağladık. Pompamız saate 3000L su pompalama gücüne sahiptir.

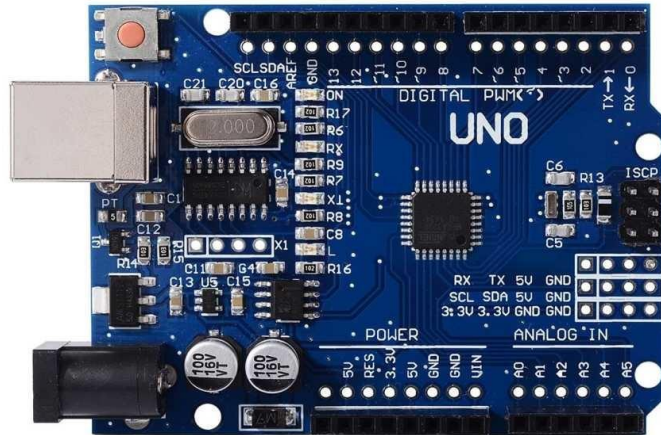


Şekil 3.15 Pompa

3.2.7 Arduino uno

Deneyisel çalışma esnasında kullandığımız arduino uno Şekil 3.16’da görüldüğü gibidir. Arduino Uno çeşitli sensörlerden fiziksel verileri almaya yarayan bir karttır. 14 tane dijital çıkış pini bulunması 14 farklı sensörün beraber çalışılabileceği anlamına gelir. Arduinonun geniş bir kitaplığı bulunmaktadır. Bu kitaplıkta hazır kodlar bulunmaktadır. İstedığınız sensör, led vb. gibi cihazların kodlarını bulabilirsiniz.

Yapılan deneyisel çalışma sürecinde 2 adet arduino uno kullanıldı. Bunlardan biri 5 tane sıcaklık sensöründen (PT100) gelen verileri, diğeri ise debimetreden gelen verileri almak için kullanılmıştır. Sıcaklık sensörlerinin birlikte çalışması için Şekil.3.17 ve Şekil.3.18’de bulunan kodlar kullanılmıştır.



Şekil 3.16 Deneyde kullanılan Arduino

```

#include <Adafruit_MAX31865.h>

// Use software SPI: CS, DI, DO, CLK
Adafruit_MAX31865 thermo = Adafruit_MAX31865(10, 11, 12, 13); //tank
Adafruit_MAX31865 thermo2 = Adafruit_MAX31865(9, 11, 12, 13);
Adafruit_MAX31865 thermo3 = Adafruit_MAX31865(8, 11, 12, 13);
Adafruit_MAX31865 thermo4 = Adafruit_MAX31865(7, 11, 12, 13);
Adafruit_MAX31865 thermo5 = Adafruit_MAX31865(6, 11, 12, 13);
//Adafruit_MAX31865 thermo2 = Adafruit_MAX31865(9, 11, 12, 13);
// use hardware SPI, just pass in the CS pin
//Adafruit_MAX31865 thermo = Adafruit_MAX31865(8);

// The value of the Rref resistor. Use 430.0 for PT100 and 4300.0 for PT1000
#define RREF 430.0
// The 'nominal' 0-degrees-C resistance of the sensor
// 100.0 for PT100, 1000.0 for PT1000
#define RNOMINAL 100.0

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  //Serial.println("Adafruit MAX31865 PT100 Sensor Test!");

  thermo.begin(MAX31865_2WIRE); // set to 2WIRE or 4WIRE as necessary
  thermo2.begin(MAX31865_2WIRE);
  thermo3.begin(MAX31865_2WIRE);
  thermo4.begin(MAX31865_2WIRE);
  thermo5.begin(MAX31865_2WIRE);
  Serial.print("T 4");
  Serial.print("\tT 3");
}

```

Şekil 3.17 Sıcaklık sensörlerini eş zamanlı çalışır duruma getirmek için kullanılan kodlar



Şekil 3.19 Stampa mürekkebi



Şekil 3.20 Atık suyun tank içerisinde görünümü

3.2.9 Su kalitesi ölçüm cihazı

Şekil 3.21’de AZ marka 84501 model su kalitesi ölçüm cihazı suda çözünmüş oksijen oranını ve problardan alınan verilerin doğruluğunu teyit etmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.21 Su kalitesi ölçüm cihazı

3.2.10 Video kaydedici ve fotoğraf makinesi

Termal bulutların oluşturduğu jetlerin zamana bağlı oluşumlarını incelemek ve boyutlarının belirlenmesini sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

3.2.11 Plastik tekne

Atık su deşarj kovanının belirlenen kotta kalmasını, sabit debi ile akmasını sağlamak amacıyla tekneden atık su deşarj tankı pompa yardımı ile su aktarmaya olanak sağlamaktadır. Şekil 3.22’de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.22 Deneyde kullanılan tekne

3.2.12 Deşarj tankı

Metal silindir şeklinde tasarlanmış, 10'luk jak ile deşarj hortumunun takılması sağlanmaktadır. Çapı 19cm yüksekliği 25,5cm boyutlarındadır. Şekil 3.23'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.23 Deşarj tankı

3.3 Deneyde kullanılan Yan Ekipmanlar

3.3.1 Kavanoz kapağı

Şekil 3.24'te görüldüğü üzere deneysel çalışmamıza öznelilik katmak ve ikinci bir hazne tasarlamak amacı ile kavanoz kapağı kullanılmıştır. Kullanılan kavanoz kapağının 8,5cm'dir.



Şekil 3.24 Kavanoz kapağı

3.3.2 Silikon hortum

Şekil 3.25'te görüldüğü gibi iç çapı 6mm dış çapı 10mm olan silikon hortum kullanılmıştır.



Şekil 3.25 6mm iç çapa sahip hortum

3.3.3 Karelaj

Bir ayrıtının yüksekliği 2cm olacak şekilde çizilmiştir. Bu sayede su tankının ihtiyacımız olan su kotuna çıkarılması kolaylaştırılmış ve oluşan termal bulutların perspektif nedeniyle boyutlarının yanlış ölçülmemesi sağlanmıştır.

3.3.4 Su sızdırmaz bant

Şekil 3.26'da görüldüğü gibi kavanoz kapağının etrafına sarılarak bir hazne yapılmıştır. 37mm genişliğinde olan su sızdırmaz bant üzerine 7mm çapında 3 adet delik delinmiştir. 3 deliğin orta noktası ile aynı ekseninde bulunan 12mm çapında deşarj hortumunun girebileceği bir delik bulunmaktadır.



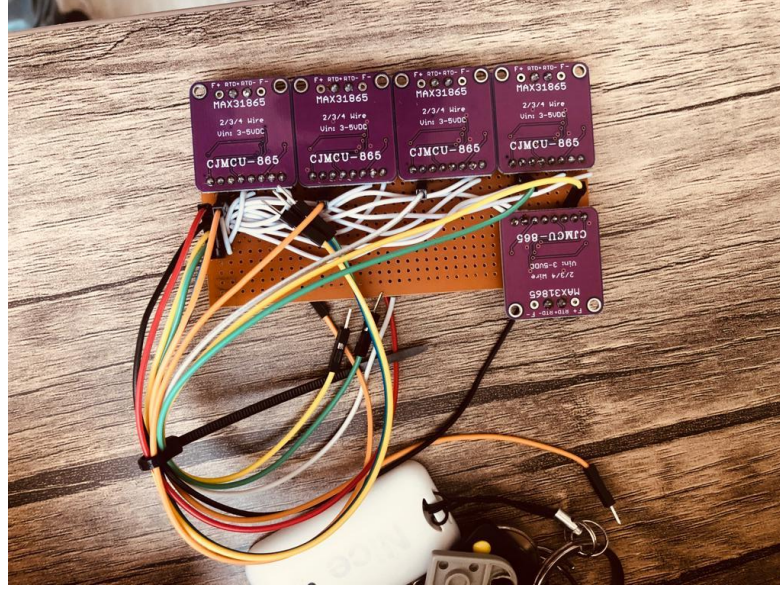
Şekil 3.26 Su sızdırmaz bant ile oluşturulan hazne



Şekil 3.27 Kullandığımız tripod

3.3.6 Breadboard

Şekil 3.28’de görüldüğü gibi sistemi stabilize hale getirmek için max31865’lerbreadboardüzerine entegre edilmiştir.



Şekil 3.28 Max31865'lerin Breadboarda Entegre Edilmesi



Şekil 3.29 Lehim seti

3.3.8 T Şeklinde yapılmış prob tutacağı

PT100'lerin sıcaklık sensörlerinin tankın içerisinde bulunan konumlarının ayarlanmasını ve hareketsiz durmasını sağlamak için Şekil 3.30'da görüldüğü gibi 2 ayrı parçadan "T" şeklinde yapılmıştır. 100cm x 8 cm ve 56cm x 7cm boyutlarında 2 tane tahtadan yapılmış ve 20cm aralıklarla 1cm çapında 4 adet delik açılmıştır.



Şekil 3.30 T şeklinde yapılmış prob tutacağı

3.3.9 L şeklinde yapılmış deşarj hortumu ayağı

Deney tankına atık suyun belli bir kotta deşarj edilebilmesi ve hareketsiz kalabilmesi için deney tankının yanına şekil 3.31’de olduğu gibi “L” şeklinde yapılmıştır. 100cm x 6cm ve 56cm x 7cm olmak üzere iki tahtadan yapılmıştır. Üzerine 50cm kotunda 11mm çapında delik yapılmıştır. Deneyisel çalışma esnasında hortumun 50cm kotunda sabit tutulması sağlanmıştır.

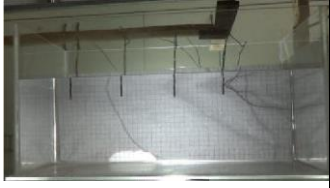
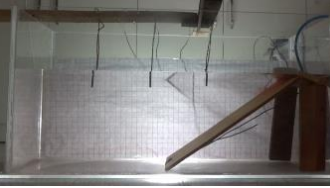
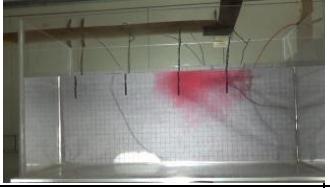
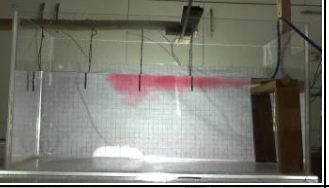
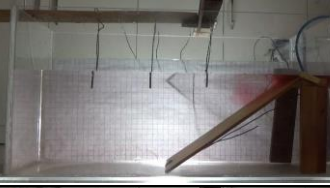
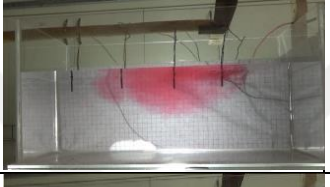
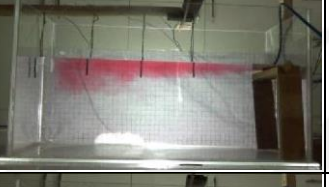
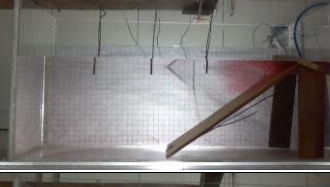
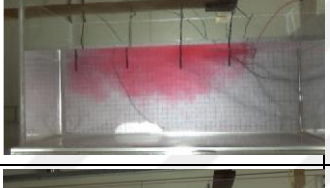
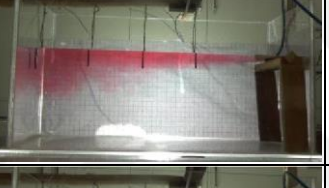
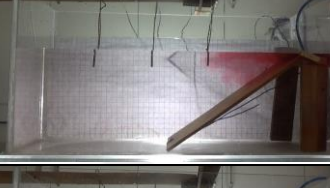
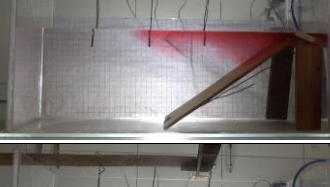
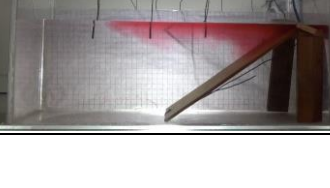


Şekil 3.31 L şeklinde yapılmış Deşarj Hortumu Ayağı

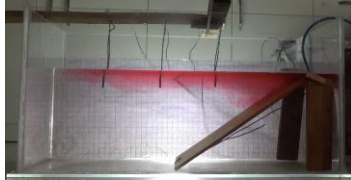
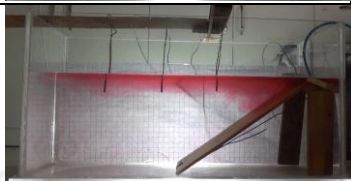
3.4 Deneyin Sonuçları

Tüm senaryolarda jet çıkış anı $t=0$ sn olarak kabul edilerek, 10 saniye aralıklarla deney düzeneğinin fotoğrafları tankın çeperine çarptığı ana kadar çekilip Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Deney süresince zamana bağlı olarak termal bulutların görünüşü

t (sn)	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
0			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			

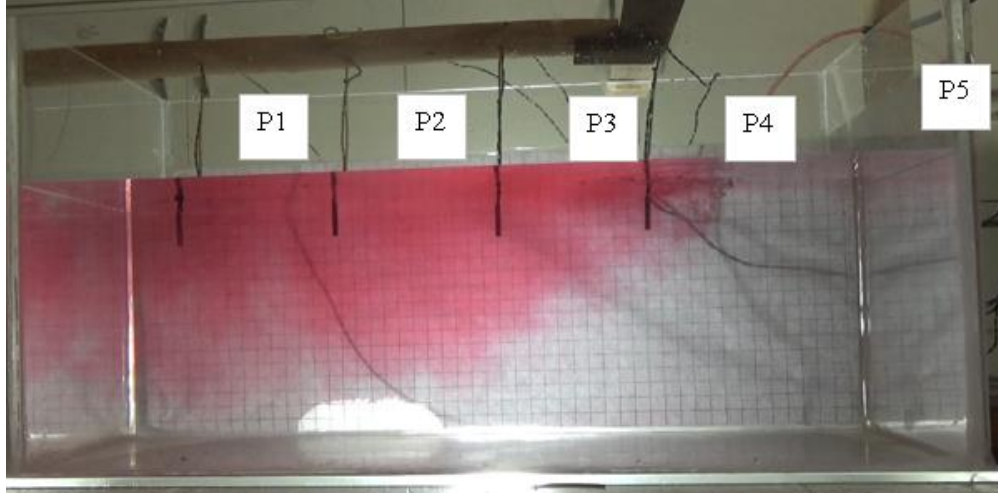
Tablo 3.5 Deney süresince zamana bağlı olarak termal bulutların görünüşü (Devamı)

t (sn)	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
80			
90			
100			

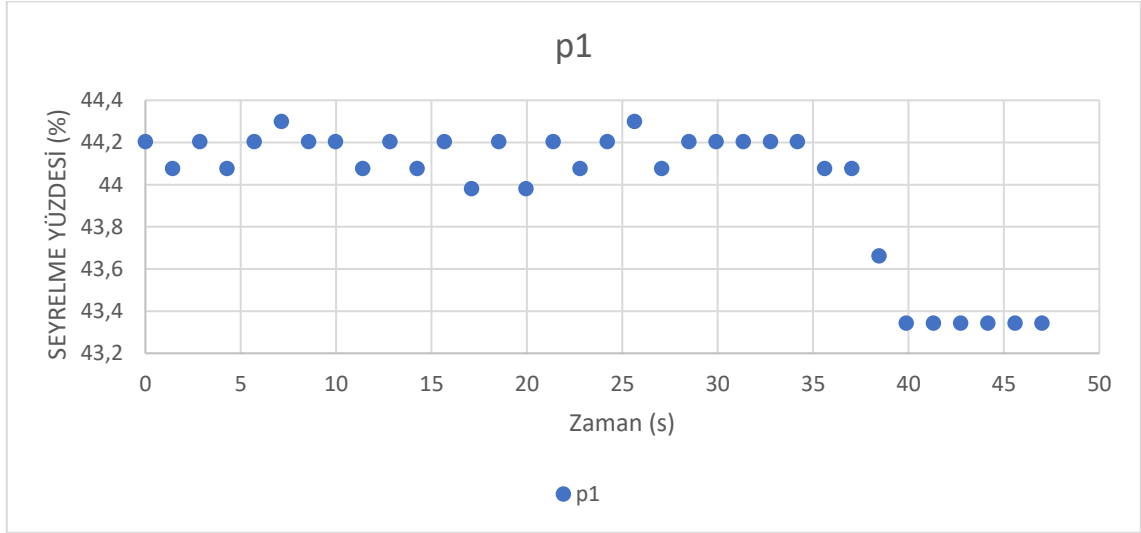
3.4.1 Senaryo 1 sonuçları

Senaryo 1 serbest düşü deneysel çalışmasından elde edilen sonuçlar, Şekil 3.32 ile Şekil 3.38 arasında gösterilmektedir. Atık su bulutunun ilk temas ettiği sıcaklık sensörünün (P4 sıcaklık sensörü) seyrelme oranı Şekil 3.36’da görüldüğü gibi %44,5’ten başlayıp %42’ye kadar düştüğü görülmektedir. Şekil 3.35’de görüldüğü üzere P3 konumunda seyrelme oranı %42,4’ten başlayıp %41,2’ye kadar düştüğü görülmektedir. Şekil 3.34’te görüldüğü üzere P2 konumunda seyrelme oranı %45,2’den başlayıp %44’e kadar düştüğü görülmektedir. Şekil 3.33’te görüldüğü üzere P1 konumunda seyrelme oranı %44,2’den başlayıp %43,4’e kadar düştüğü görülmektedir.

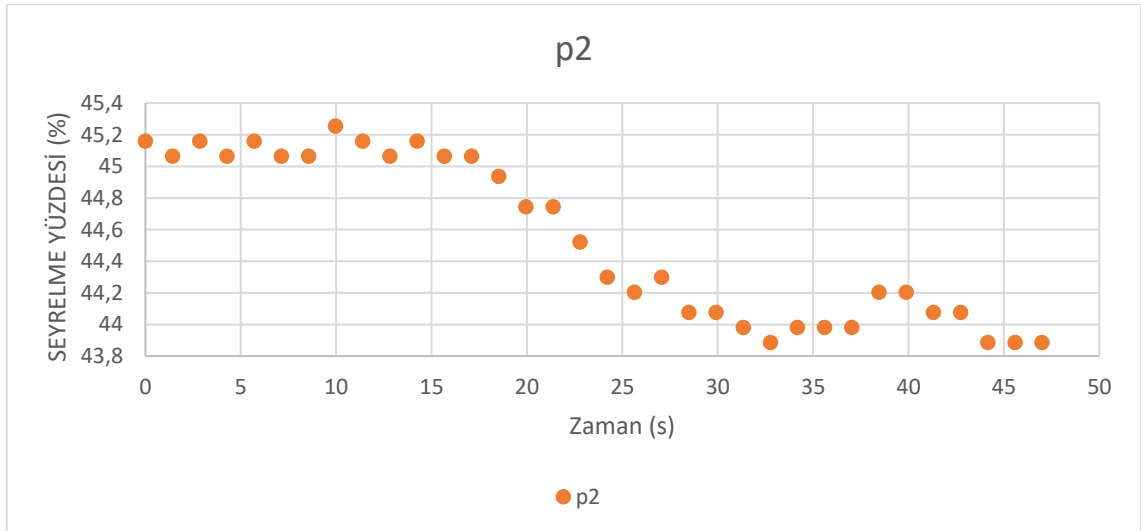
Teorik olarak seyrelmenin jet çıkış noktasından uzaklaştıkça artması gerektiği bilinmektedir. Senaryo 1’de elde ettiğimiz P4, P3, P2 ve P1 sıcaklık sensörleri konumundaki veriler Şekil 3.37’de görüldüğü gibi tek bir grafikte gösterilmektedir. Jet çıkış noktasından uzaklaştıkça P4, P3, P2, P1 sıcaklık sensörlerinin konumlarındaki ortalama seyrelme Şekil 3.38’de görüldüğü gibidir. Senaryo 1 deneysel çalışma sonucunda seyrelmenin en fazla %44 oranında P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu konumda gerçekleştiği ve seyrelmenin en az %41,16 oranında P2 konumunda gerçekleştiği belirlenmiştir. P4 konumunda seyrelmenin, P3 konumunda seyreilmeye oranla az olmasının sebebi, P4 sıcaklık sensörünün termal bulutların içerisinde kalmamasından kaynaklıdır. P2 konumunda seyrelmenin, P1 konumundaki seyrelmeden fazla olmasının sebebi, P1 sıcaklık sensörü ile deşarj tankının çeperi ile yakın olmasıdır.



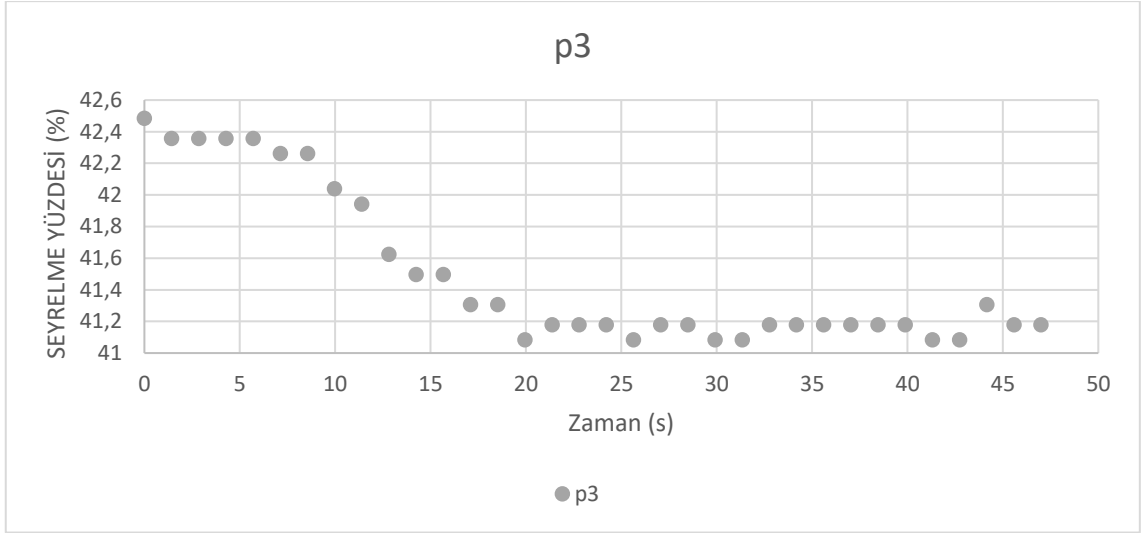
Şekil 3.32 Senaryo 1’ de termal bulutların karşı çepere çarptığı andaki görünümü



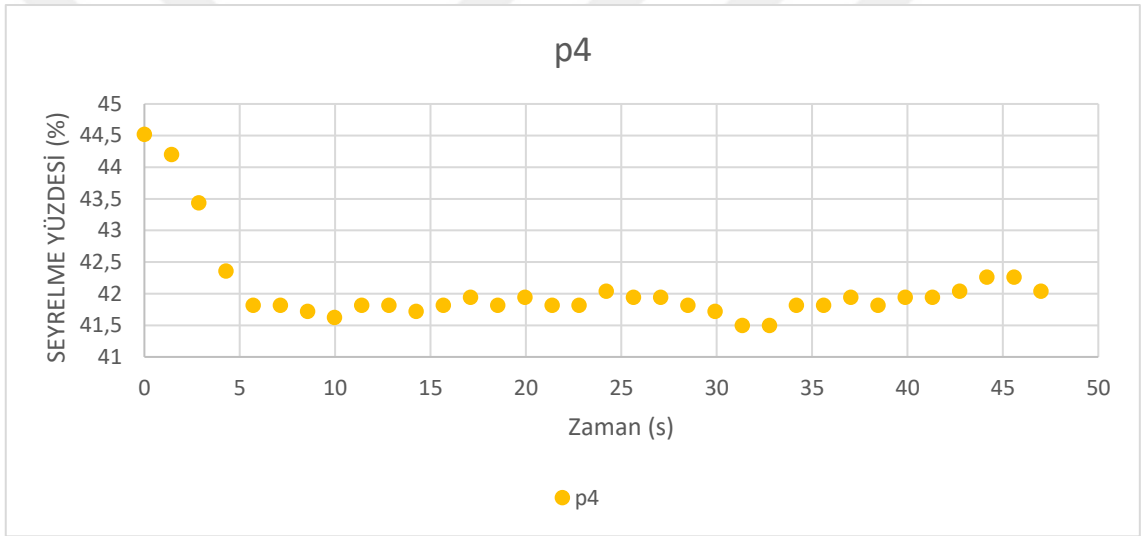
Şekil 3.33 Senaryo 1 de P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



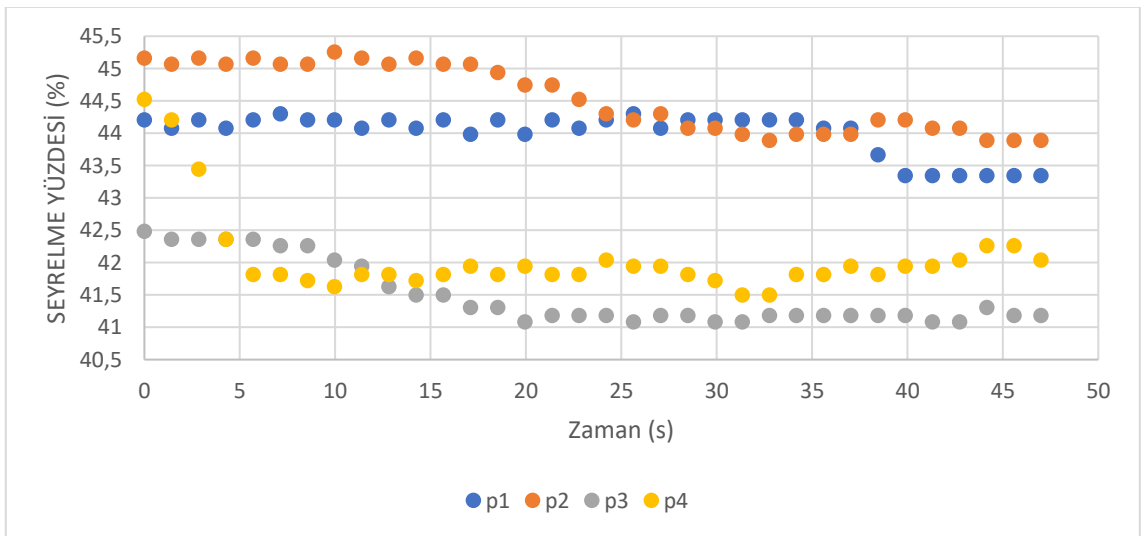
Şekil 3.34 Senaryo 1 de P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



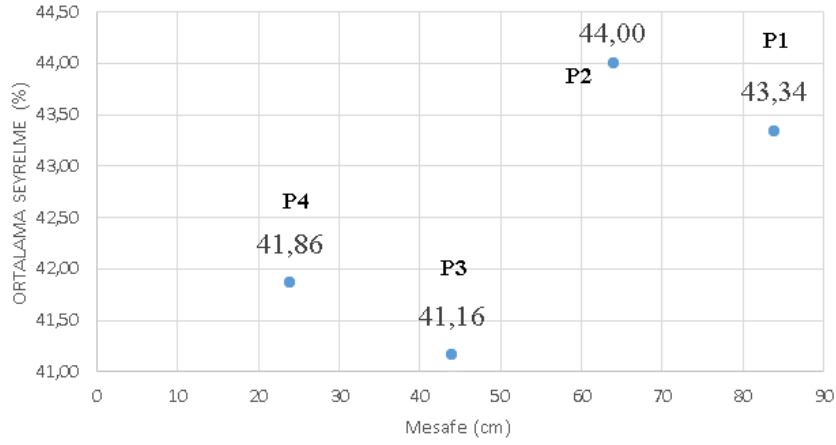
Şekil 3.35 Senaryo 1 de P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



Şekil 3.36 Senaryo 1 de P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



Şekil 3.37 Senaryo 1 de P1, P2, P3, P4 Sıcaklık sensörlerinin bulundukları noktalardaki zamana bağlı seyrelme yüzdesi



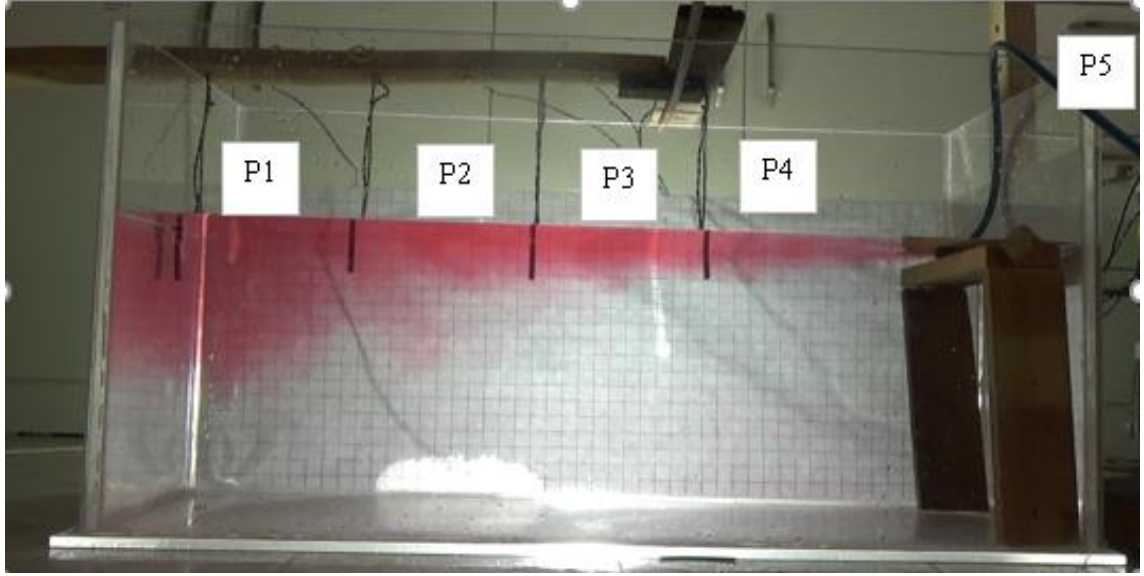
Şekil 3.38 Probların bulundukları noktalardaki ortalama seyrelme yüzdeleri

3.4.2 Senaryo 2 sonuçları

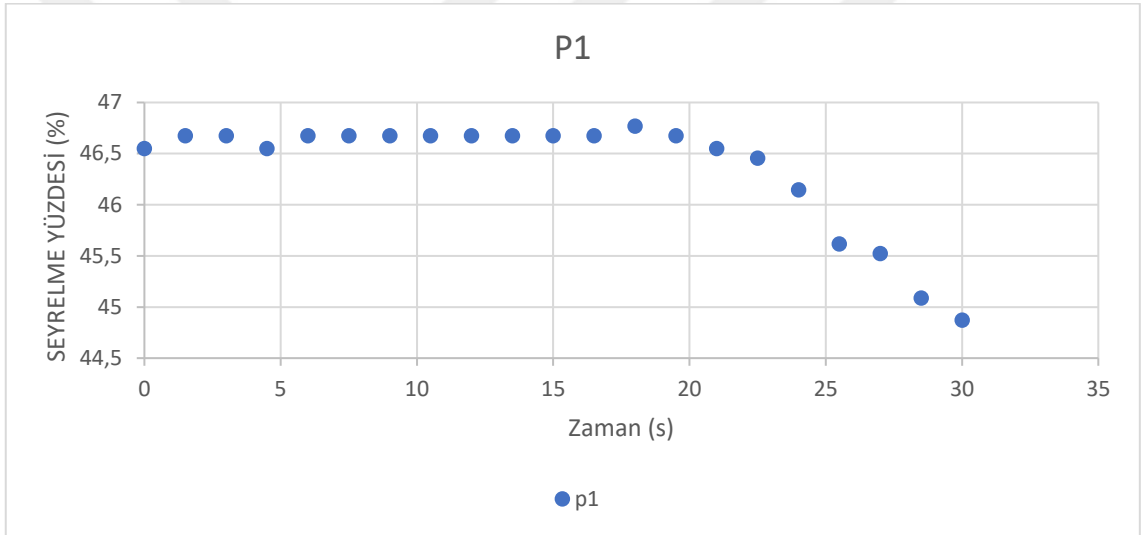
Senaryo 2 yüzeye paralel ısıl deşarj adlı deneysel çalışmalardan çıkan sonuçlar Şekil 3.39- Şekil 3.45 arasında gösterilmiştir. Atık su bulutunun ilk çarptığı sıcaklık sensörünün (P4 sıcaklık sensörü) seyrelme oranı Şekil 3.43'te görüldüğü gibi %47,2'den başlayıp %45,8'de bitmiştir. Şekil 3.42'de görüldüğü üzere P3 konumunda seyrelme oranı %48'den başlayıp %45,9'da bitmiştir. Şekil 3.41'de görüldüğü üzere P2 konumunda seyrelme oranı %47,5'den başlayıp %46'da bitmiştir. Şekil 3.40'da görüldüğü üzere P1 konumunda seyrelme oranı %46,5'te başlayıp %44,9'da bitmiştir.

Teorik olarak seyrelmenin jet çıkış noktasından uzaklaştıkça artması gerektiği bilinmektedir. Senaryo 2'de elde ettiğimiz P4, P3, P2 ve P1 konumlarında alınan veriler

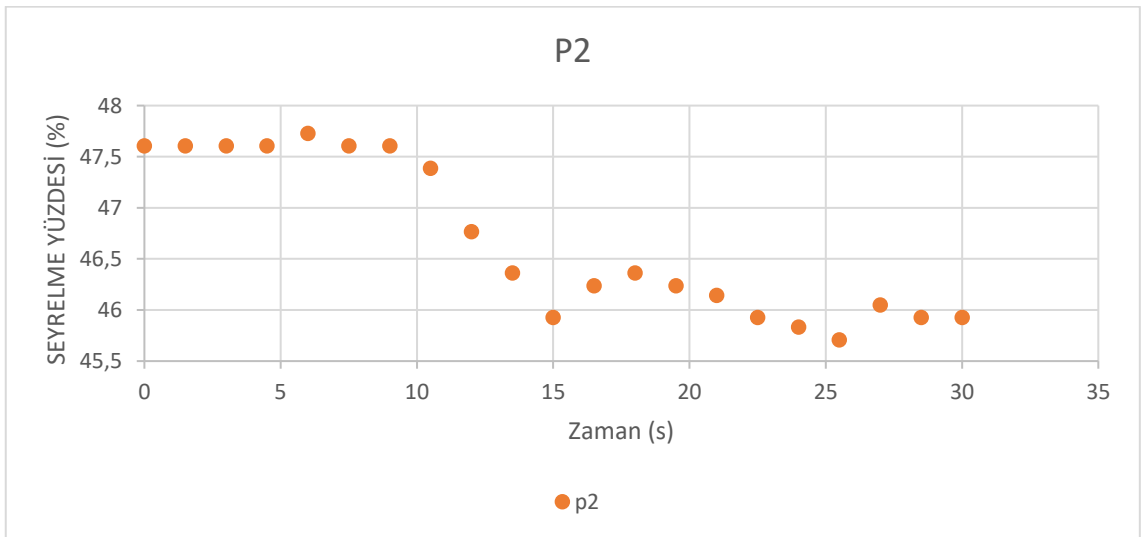
Şekil 3.44'te görüldüğü gibi tek bir grafikte gösterilmiştir. Jet çıkış noktasından uzaklaştıkça P4, P3, P2, P1 sıcaklık sensörlerinin konumlarındaki ortalama seyrelme Şekil 3.45'te görüldüğü gibidir. Senaryo 2 deneyimizin sonucunda seyrelmenin en fazla %45,9 oranında P3 konumunda gerçekleştiği ve seyrelmenin en az %45,27 oranında P1 konumunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Teorik ve deneysel tutarlılık sağlanmıştır. P1 noktasında seyrelmenin az olmasının nedeni, çeper ile P1 sıcaklık sensörü arasındaki mesafenin çok az olmasıdır.



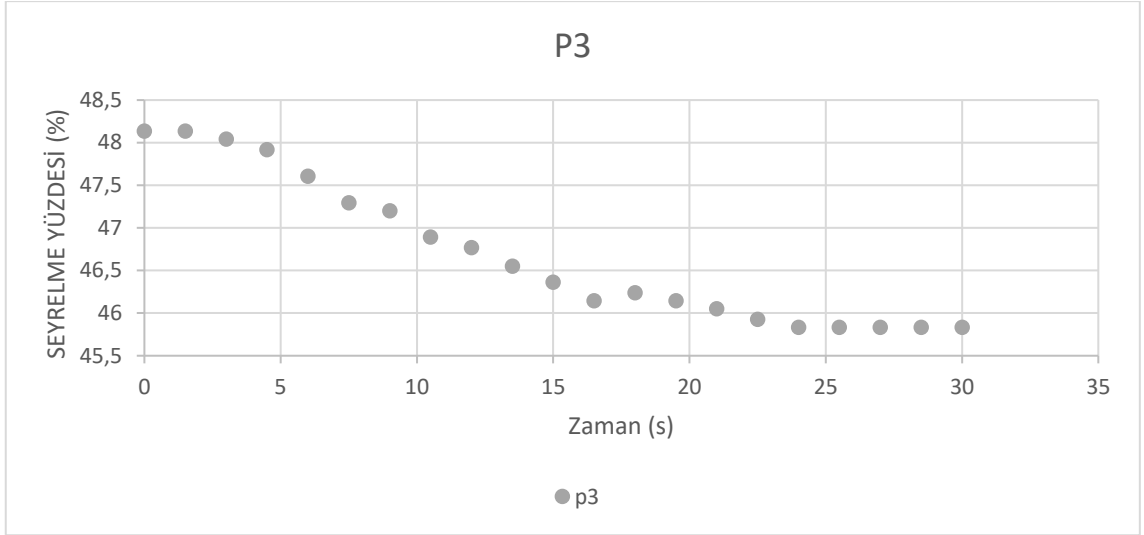
Şekil 3.39 Senaryo 2’ de termal bulutların karşı çepere çarptığı andaki görünümü



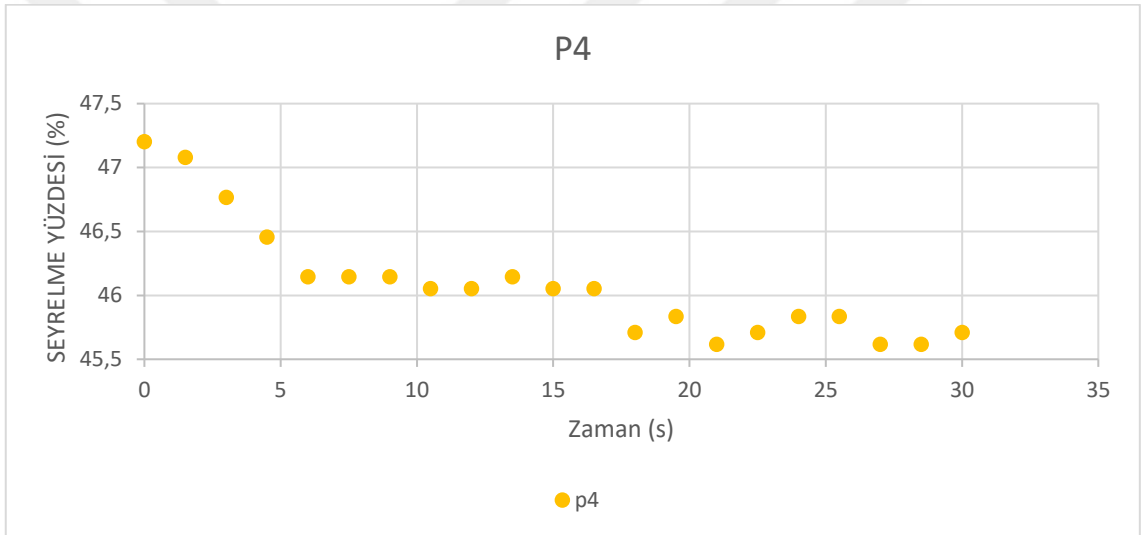
Şekil 3.40 Senaryo 2 de P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



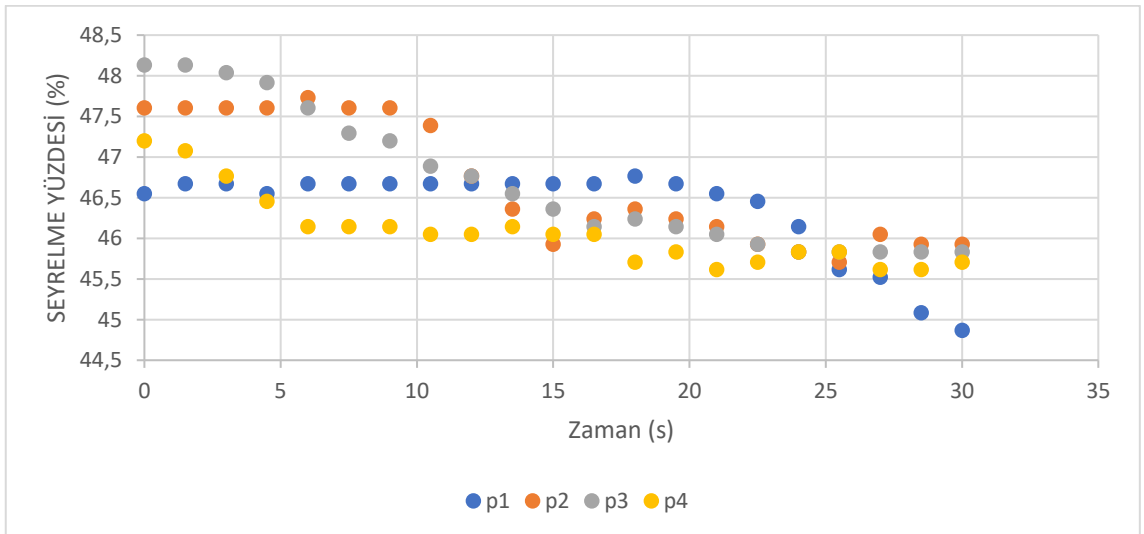
Şekil 3.41 Senaryo 2 de P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



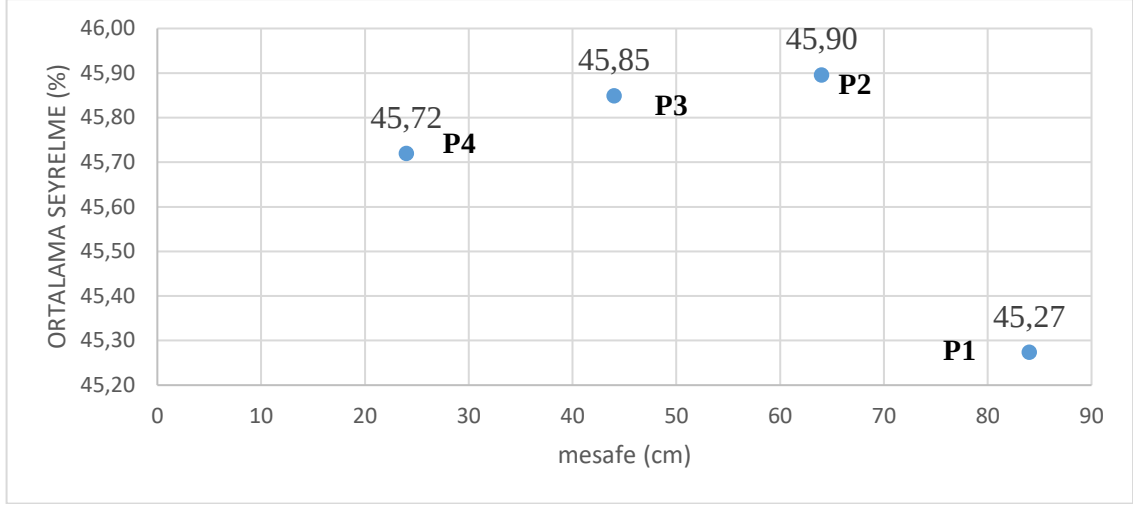
Şekil 3.42 Senaryo 2 de P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



Şekil 3.43 Senaryo 2 de P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



Şekil 3.44 Senaryo 2 de P1, P2, P3, P4 Sıcaklık sensörlerinin bulundukları noktalardaki zamana bağlı seyrelme yüzdeleeri

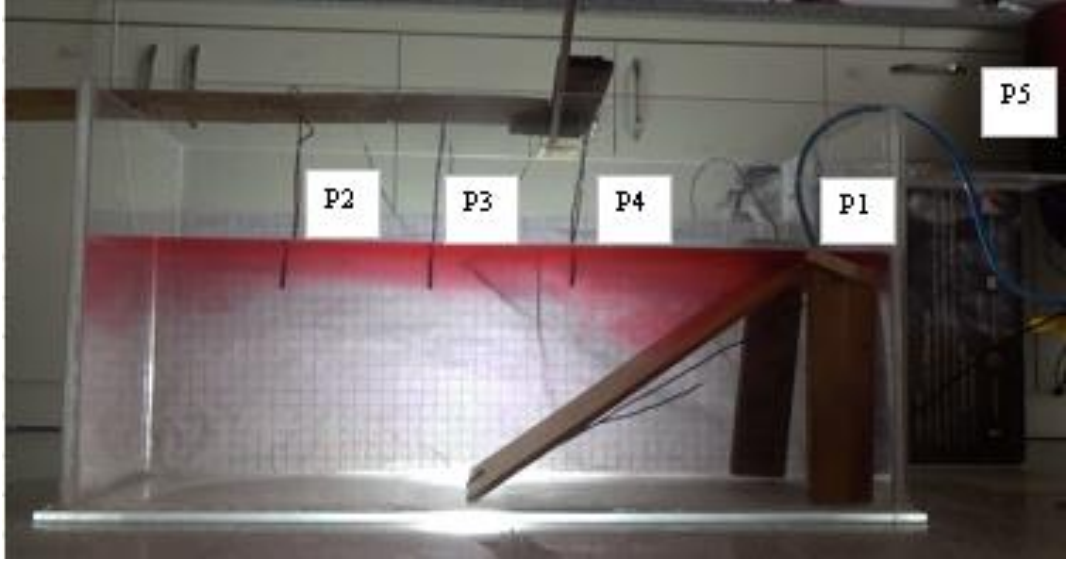


Şekil 3.45 Senaryo 2’de problemlerin bulundukları noktalardaki ortalama seyrelme yüzdeleri

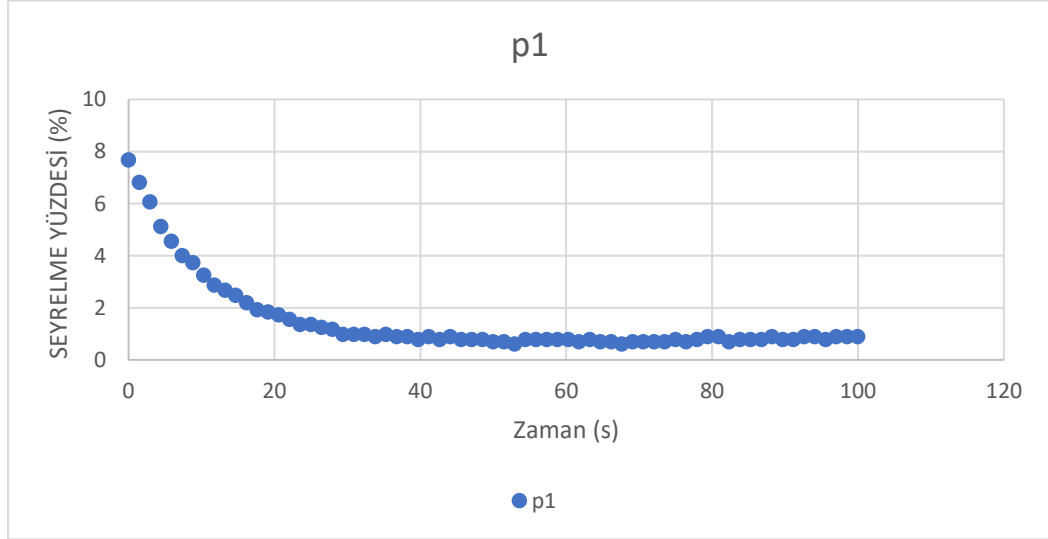
3.4.3. Senaryo 3 sonuçları

Senaryo 2 Geniş Açıklıkla deşarj adlı deneysel çalışmalardan çıkan sonuçlar Şekil 3.46- Şekil 3.52 arasında gösterilmiştir. Atık su bulutunun ilk çarptığı sıcaklık sensörünün (P4 sıcaklık sensörü) seyrelme oranı Şekil 3.50’de görüldüğü gibi %46,5’ten başlayıp %43,7’de bitmiştir. Şekil 3.49’da görüldüğü üzere P3 konumunda seyrelme oranı %47,8’den başlayıp %44,6’da bitmiştir. Şekil 3.48’de görüldüğü üzere P2 konumunda seyrelme oranı %47’den başlayıp %45,8’de bitmiştir. Şekil 3.47’de görüldüğü üzere P1 konumunda seyrelme oranı %8’den başlayıp %1’de bitmiştir. P1 konumunda seyrelmenin az olmasının sebebi, atık suyun ikincil hazneye depolanması esnasında sadece hortumun içinden aktarılması seyrelmenin düşük çıkmasına neden olmuştur, ilk seyrelme oranının %8 olmasının sebebi ise ikincil haznenin önceden boş olmasıdır.

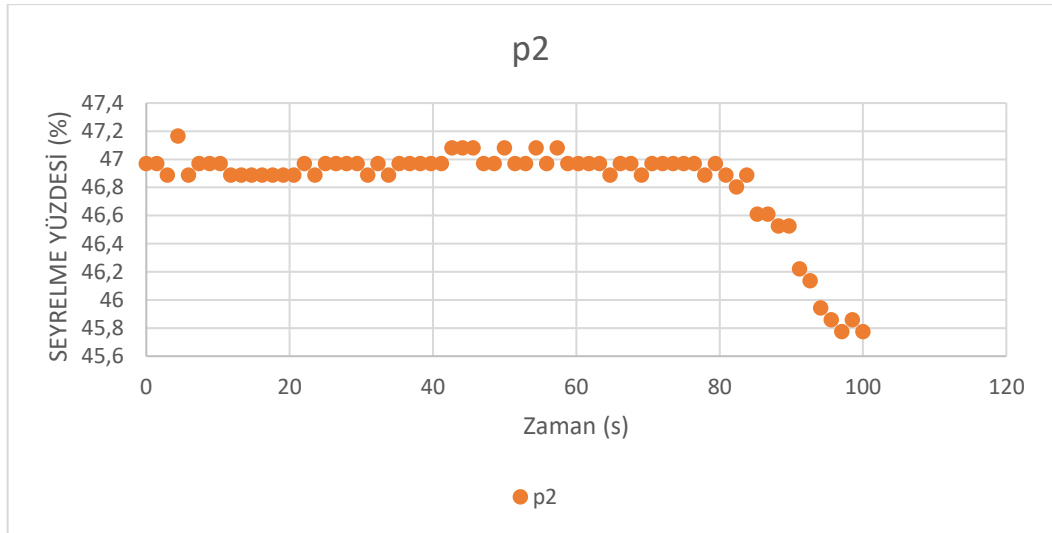
Teorik olarak seyrelmenin jet çıkış noktasından uzaklaştıkça artması gerektiği bilinmektedir. Bu deneyimizde teorik ve deneysel sonuçların tutarlı olduğu görülmektedir. Senaryo 3’de elde ettiğimiz P4, P3, P2 ve P1 konumların da alınan veriler Şekil 3.51’de görüldüğü gibi tek bir grafikte gösterilmiştir. Jet çıkış noktasından uzaklaştıkça P4, P3, P2, P1 sıcaklık sensörlerinin konumlarındaki ortalama seyrelme Şekil 3.52’de görüldüğü gibidir. Senaryo 2 deneyimizin sonucunda seyrelmenin en fazla %45,94 oranında P4 konumunda gerçekleştiği ve seyrelmenin en az %0,77 oranında P1 konumunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Seyrelmenin jet çıkış noktasından uzaklaştıkça arttığı görülmüştür. Teorik ve deneysel tutarlılık sağlanmıştır.



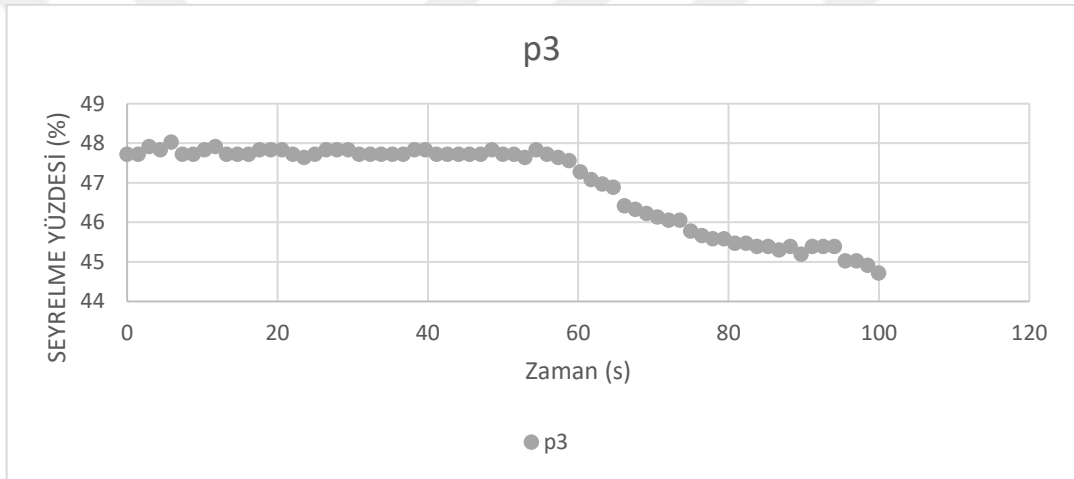
Şekil 3.46 Senaryo 3’ de termal bulutların karşı çepere çarptığı andaki görünümü



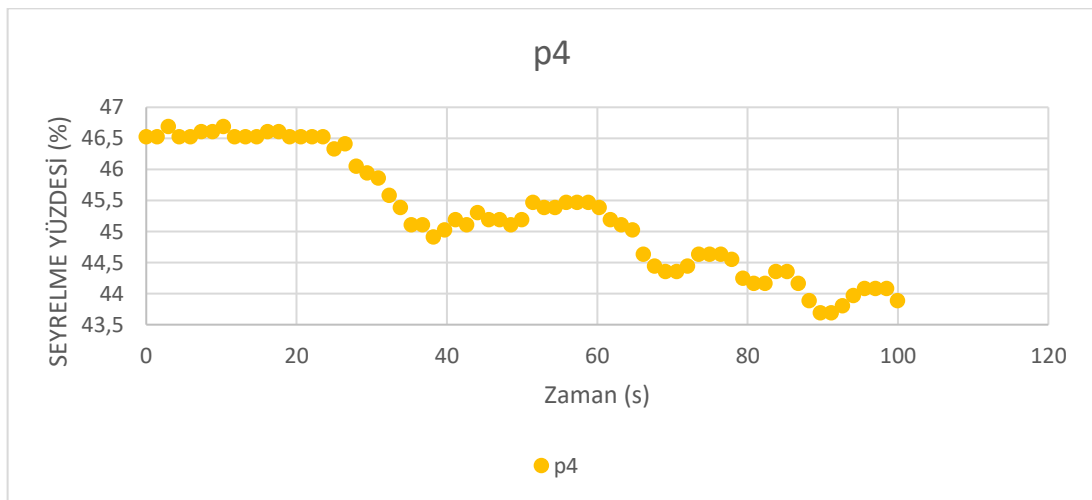
Şekil 3.47 Senaryo 3’te P1 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



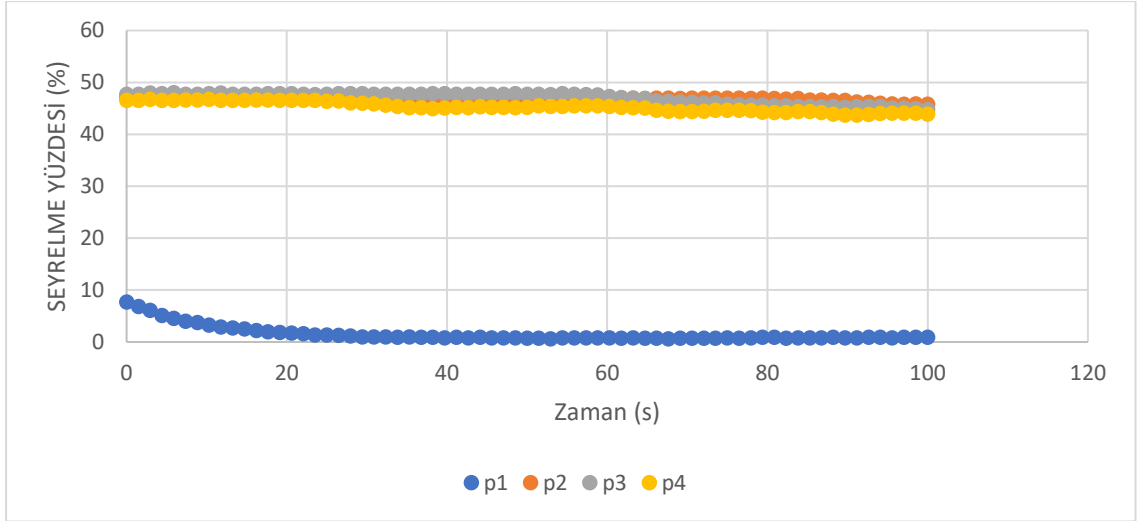
Şekil 3.48 Senaryo 3'te P2 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



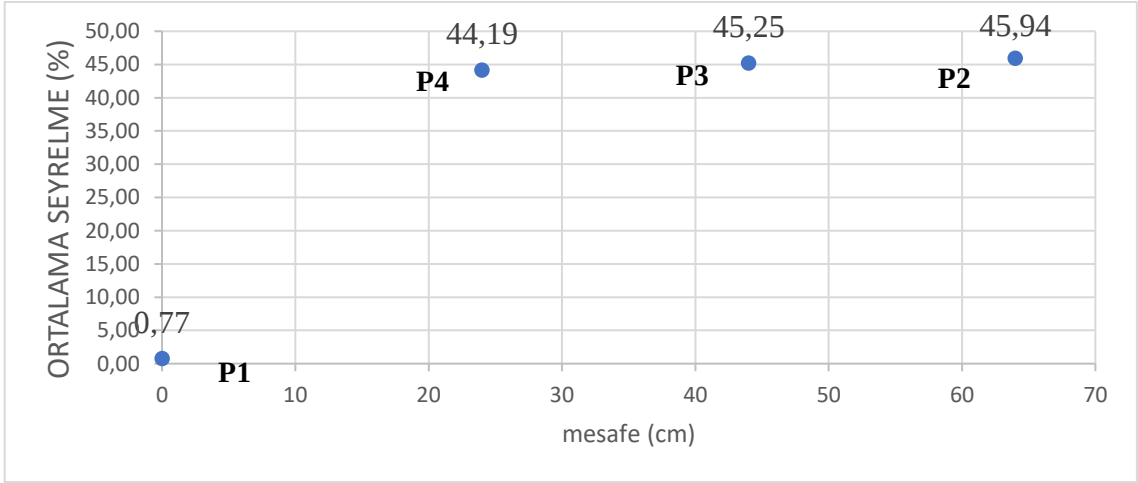
Şekil 3.49 Senaryo 3'te P3 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



Şekil 3.50 Senaryo 3'te P4 sıcaklık sensörünün bulunduğu noktadaki atık suyun seyrelme yüzdesi



Şekil 3.51 Senaryo 3'te P1, P2, P3, P4 Sıcaklık sensörlerinin bulundukları noktalardaki zamana bağlı seyrelme yüzdeleri



Şekil 3.52 Senaryo 3'te problemlerin bulundukları noktalardaki ortalama seyrelme yüzdeleri

Sıcaklık sensörlerinin su jetinin içerisine konularak elde edilen sıcaklık verileri, birbirine paralel 4 tane sıcaklık sensörünün jetin merkezinde olduğu kabul edildi. Sıcaklık ölçümleri sırasında hem termal bulut hem de problemlerde oluşabilecek şekil bozuklukları ihmal edildi. Suyun sıcaklığının homojen dağıldığı kabul edilmiştir.

4. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışma kapsamında yapılan üç farklı senaryoya göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Deney sistemi tasarlanırken tank çeperine termal bulutlar çarptığı anda senaryo tamamlanmış olacak. Tablo 4'te görüldüğü gibi senaryoların zamana bağlı termal bulutların konumu gösterilmiştir. Senaryo 1'de 47 saniyede 80cm, Senaryo 2'de 30 saniyede 76cm, Senaryo 3'te 100 saniyede 76cm yol almıştır. Senaryo 1'de oluşan jetlerin hızı 0,0172m/s, Senaryo 2'de oluşan jetlerin hızı 0,0253m/s, Senaryo 3'te oluşan jetlerin hızı ise 0,0076m/s olarak hesaplanmıştır. Jetlerde, itici güç akışkanın momentumu ve termal bulutlarda ise atık su ile deşarj tankının içerisinde bulunan sıvıların yoğunluk farkları etkilidir. Alıcı ortama yapılan deşarjlarda, jet momentumu ve yüzdürme kuvvetleri etkilidir. Başlangıçta akım çıkış jetinin momentumu ile hareket eder ancak momentumunu kaybeden sıcak su bulutu, alıcı ortamdaki sıcaklık farkından kaynaklanan yoğunluk farkı sebebiyle yüzdürme kuvvetlerinin etkisinde seyrelme sürecini tamamlar. Carvalho vd. (2002) tarafından işaret edildiği gibi kıyıda yapılan sıg su bölgesindeki deşarjın seyrelmesinin derinden yapılan deşarja göre sınırlı kaldığı deneylerde de ölçülmüştür. Yapılan çalışmalara göre en iyi seyrelmenin su yüzeyine paralel (Senaryo 2) şekilde yapılan deşarj olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni yatayda oluşturulan jetlerin momentumunun yüksek olması ve bu yüksek momentumun katı yüzeylerle etkileşiminin sınırlı olması ile sürekliliğini koruyabilmesi ve böylece termal bulutların daha fazla alana dağılmasıdır. Bundan dolayı atık su daha fazla alana yayılarak hava ile temas yüzey alanı artırılmış, temas alanı arttığı için seyrelme oranı da artmıştır. Eşdeğer sıcaklık farkında serbest düşüş ile deşarj (Senaryo 1) yapılması durumunda jetler potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesi nedeni ile daha düşük kota doğru daha hızlı jetler oluşacak ve suyun dibine doğru hız kazanacak, jetin yataydaki momentumundan kaynaklanan yatayda da bir hız elde edecektir. Yerçekimi kuvveti etkisiyle suyun dibine senaryo 2'den daha fazla batarak termal bulutların daha derine ulaşmasını sağlamıştır. Bundan dolayı seyrelme yüzeye paralel (senaryo 2) ve geniş açıklıkla deşarj ile deşarj senaryolarından daha az seyrelme sağladığı ölçülmüştür. Senaryo 3'te verilen durumda sıcak su kütlesi küçük bir hacimde birikerek tank içine geçiş yaptığından birikme bölgesinde sıcaklık zamansal olarak artmıştır. İkincil haznede açılan üç tane deliğin alanı, hortumun kesit alanından büyük olduğu için $Q=V.A$ formülünden debinin sabit olduğu bilindiğine göre hız ve alan ters orantılıdır. Senaryo 3'te çıkış noktasının alanı büyük olduğu için atık suyun hızı Senaryo 1 ve Senaryo 2'ye göre daha düşüktür. Bundan dolayı oluşan jetlerin

momentumu düşüktür, termal bulutun yayılması daha az olduğu için seyrelme senaryo 2'ye göre daha az, Senaryo 1' göre daha fazladır. Deneysel çalışma sonucunda Senaryo 2'nin en fazla, Senaryo 1' in en az seyrelme sağladığı görülmüştür. Termal deniz deşarjında sıcak suyun ölü bölge oluşturularak beklemesine engel olunmalıdır. Sıcak su deşarjında alıcı ortama çıkış yapan jetin ilk hareket bölgesinde (senaryo 2 P4 ve P3 problemleri) seyrelme oranı hesaplanmıştır ancak bu bölgede jetin hızından kaynaklı olarak sıcak su bulutu dağılamamakta ve problemlerin ölçebileceği bir hacim oluşturulamamaktadır. Bu tür jet deşarjında ölçüm ve izleme noktalarının bölgesel durum ve deşarj olan sıcak su jetinin etki mesafesi gözetilerek planlanması önem arz etmektedir.

Deneylerle elde edilen bulgulara ve mevcut literatür ile yapılan karşılaştırmalara istinaden aşağıdaki sonuçlar ön plana çıkmaktadır. Termal seyrelme veriminin iyileştirilmesi için deneysel çalışmalar ve saha ölçümleri karşılaştırmalı durumlar için limitlidir. Bu konuda daha fazla araştırma yapılmasına gerek vardır. Deneylerde kullanılan deşarj ortamının sınırlı bir alıcı ortam olması uzun süreli deşarj durumundaki olası etkilerin gözlenmesine imkân sağlamamaktadır ve bu durum ileri araştırma konularında mutlaka ele alınması gereken bir noktadır. Su yüzeyine paralel şekilde hareket eden bir sıcak su jeti ve oluşturduğu bulutun seyrelme durumu diğer alternatiflere göre daha iyi olduğu ölçülmüştür. Bunu nedeninin hava ile temas süresi daha fazla ve hızı da diğer senaryolardan daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Derinden yapılacak bir deşarjın eşdeğer bir derinlik kısmında yüzeye paralel yapılması ile ilgili çalışmalara önem verilmesi çevrenin korunması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Abessi, O. & Saeedi, M. (2012). Surface discharge of negatively buoyant effluent in unstratified stagnant water. *Journal of Hydro-Environment Research*, 6(3), 181-193. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2012.05.004>.
- Abraham, G. (1967). Jets with negative buoyancy in homogeneous fluid. *Journal of Hydro-Environment Research*, 5(4), 235-248. <https://doi.org/10.1080/00221686709500209>
- Akten, M. & Akten S. (2008). Kentsel atık su yönetimi ve atık suların yeniden kazanımında yapay sulak alanların çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri. TMMOB, 2, Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı II: 483-492.
- Akyarlı, A.O. (1991). Deniz deşarjı sistemlerinin tasarımında meteoşinografik süreçlerin etkisi. İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı, Deniz Deşarjında Proje, *İnşaat ve Kontrol Hizmetleri Paneli*, Ankara, Türkiye.
- Anwar, H. O. (1992). Spread of a surface plume in unsteady and steady flows. *Proc. Instn. Civ. Engrs. Wat., Marit. & Energy*, 96, 95-102.
- Bashitialshaaer, R.. & Larson, M., (2012). An experimental investigation on inclined negatively buoyant jets. *Water*, 4(3), 720-738.
- Berkün, M. (2006). Atık su arıtma ve deniz deşarjı yapıları. *Seçkin Yayıncılık A.Ş.*, 9(5), 22-66.
- Berkün, M. & Nemlioğlu, S. (1996). *Deniz deşarjı yayıcı hidroliğinde deşarj katsayısı, sürtünme katsayısı ve atık su yoğunluğu ilişkilerinin incelenmesi*. I. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Samsun, 191-194.
- Bleninger, T. & Jirka, G.H. (2010). Desalination plant discharge Calculator. *Desalination and Water Treatment*, 13(1-3), 156-173.
- Bleninger, T. & Jirka, G.H. (2008). Modelling and environmental sound management of brine discharges from desalination plants. *Desalination*, 221(1-3), 585-597.
- Bleninger, T. (2006). *Coupled 3d hydrodynamic models for submarine outfalls: environmental hydraulic design and control of multiport diffusers*. (Doctoral dissertation, Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2006).
- Bleninger, T. & Jirka, G.H. (2005). *Environmental hydraulics and sustainable water management*. ifh.uni-karlsruhe.de, Almanya.
- Brooks, N. H. (1973). *Dispersion in hydrologic and coastal environments*. Office of Research and Monitoring, US Environmental Protection Agency.
- Carvalho, J.L.B. & Roberts, P.J.W. (2002). Field observations of İpanema beach outfall. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(2), 151-160.
- Canlı, M. & Atlı, G. (2002). The relationships between heavy metal (cd, cr, cu, fe, pb, zn) levels and the size of six mediterranean fish Species. *Environmental Pollution*, 121, 129-136.
- Cheng, H.E. (2009). Temperature impact of the industrial cooling water discharges in a long boat slip of Hamiltonharbour. *Water Quality Research Journal*, 44(3), 221-231.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, Sayı: 25687 (Erişim Tarihi: 14.06.2024).

- Darama, S. (2009). *Yoğun Atıksu deşarjının birinci seyrelmesinde görünür saçak modelinin uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Davidson, M.J. & Pun, K.L. (2000). Locating discharge trajectories in still and moving ambient fluids. *Journal of Hydraulic Engineering*, 126(7), 513-524.
- Doneker, R.L. & Jirka, G.H. (2004). Pollutant transport and mixing zone simulation of sediment density currents. *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(4), 349-359.
- Doneker, R.L. & Jirka, G.H. (2001). Cormix-gı systems for mixing zone analysis of brine wastewater disposal. *Desalination*, 139(1-3), 263-274.
- Etemad-Shahidi, A. and Zoghi, M.J. (2010). An alternative data driven approach for prediction of thermal discharge initial dilution using tee diffusers. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(1), 29-36.
- Etemad-Shahidi, A. & Azimi, A.H. (2007). Simulation of thermal discharges using two mixing zone models. *Journal of Coastal Research*, 50(1), 663-667.
- Fox, D.G. (1970). Forced plume in a stratified fluid. *Journal of Geophysical Research*, 75(33), 6818-6835.
- Habibi, K. & Amiri, S. (2013). Study of mixed convection characteristics of confined planar jet impingement using the direct temperature gradient interferometric Method. *International Journal of Thermal Sciences*, 71, 205-215.
- James, W.S. & Kim, K. (1983). Dilution of a dense vertical jet. *Journal of Environmental Engineering*, 109(6), 1273-1283.
- Jirka, G. H., Doneker, R. L., & Hinton, S. W. (1996). *User's manual for CORMIX: A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters*. US Environmental Protection Agency, Office of Science and Technology.
- Jirka, G.H. & Doneker, R.L. (1991). Hydrodynamic classification of submerged single-port discharges. *Journal of Hydraulic Engineering/ASCE*, 117(9), 1095-1112.
- Jones, G.R. et al. (2007). Buoyant surface discharges into water bodies. 1: flow classification and prediction Methodology. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(9), 1010-1020.
- Kanber, M. (2005). *Deniz deşarjında seyrelme modellemesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç, T. (2008). *Deniz deşarjı sistemlerinde t90 'in tayini ve sistem boyutlandırması üzerindeki etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nemlioğlu, S. (2015). Duckbill elastomer check valve use effects on domestic wastewater discharging marine outfalls initial dilution performance Improvement. *Desalination and Water Treatment*, 57(6), 2576-2581.
- Nemlioğlu, S. & Sezgin, N. (2013). Use of duckbill valve on horizontal cold water discharge initial dilution. In *6th International Perspectives on Water Resources & the Environment Conference (IPWE 2013)*.

- Nemlioğlu, S. (2006). *Yayıcılardan deşarj edilen yoğun atıksuların hidrodinamiğinin ve karışmasının deneysel olarak incelenmesi*. TÜBİTAK Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı Proje Sonuç Raporu, Proje No: 647-1793.
- Nemlioğlu, S. (2003). *Soğuk deşarjda birinci seyrelmenin incelenmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nemlioglu, S. (2002). Marine outfall lifetime improvement by changing port type of diffuser pipe in the black sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 11(9), 647-651.
- Nemlioğlu, S. (1996). *Deniz deşarjı yayıcıları iç akış hidrolik parametrelerinin ve yayıcı özelliklerinin boyutlandırma üzerindeki etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, İ. (1996). Atıksu ön arıtma ve deniz deşarj sistemleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları*, ss: 238.
- Pantokratoras, A. (1999). *Vertical penetration of inclined heated water jets discharged Downward*. *Journal of Environmental Engineering*, 125(4), 389-393.
- Pantokratoras, A. (1998). Horizontal penetration of inclined thermal buoyant water jets. *Elsevier*, 125(4), 561-569.
- Sezgin, N. (2015). Investigation of horizontal cold water discharge initial dilutions at various temperature differences using duckbill valve. *Desalination and Water Treatment*, 57(6), 2437-2445. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1022805>
- Shahidi, A.E. & Azimi, A.H. (2003). Testing the cormix 2 and visjet models to predict the dilution of san francisco outfall. *Difuse Pollition Conference*, 6(1), 129-133.
- Tian, X. (2004). Marine wastewater discharges from multiport diffusers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(12), 1147-1155.
- Topkaya, B. (1997). *Antalya kenti evsel atık su arıtma tesisi projesi ve çevresel etkileri*. Çevre Enerji Kongresi, Antalya Sempozyumu, Türkiye'nin Enerji Politikaları Paneli, Nisan, Ankara, Bildiriler Kitabı; 157-170.
- Yılmaz, S. (2015). *Evsel atıksu derin deniz deşarjlarında ördek gaga çek valf kullanımının birinci seyrelme üzerindeki etkilerinin incelemesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zeng, Y.H. (2008). Characteristics of Round Thermal Discharging in a Flowing Environment, *Journal of Hydro-Environment Research*, 2(3), 164-171.
- Zeller, R.W. (1971). Heated surface jets in steady Crosscurrent. *Journal of the Hydraulics Division*, 9(7), 1403-1426.
- Karaca, E. (2018, Ocak). *Deniz nedir? nasıl oluşur? özellikleri nelerdir*. Bilgihanem. <https://bilgihanem.com/deniz-nedir/> (Erişim tarihi: 14.06.2024)
- Vakfı, T. D. A. (2019). Türkiye denizlerinde kirlenme. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı. <https://tudav.org/calismalar/kirlilik/turkiye-denizlerinde-kirlenme/> (Erişim tarihi: 14.06.2024)
- Sezgin, N. (2018). Yatay deşarj edilen soğuk-yoğun atıksuların bazı deşarj parametrelerinin belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(3), 494-499.
- Qanbari, M.B. (2021). *Jet akımının rijit bitki bölgesindeki davranışı* (yayınlanmamış yüksek lisans tezi) Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Ahmet KARATAŞ

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2022, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- 2023, İnşaat Mühendisi, Altek Mühendislik Hizmetleri
- 2024, İnşaat Mühendisi, Antep İnş. Tur. San. ve Tic. Ltd. Şti.

Yayınları ve Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Karataş, A. (2023). Farklı deşarj türlerinin seyrelme verimliliğinin fiziksel modelleme yardımıyla incelenmesi. *Alkü Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt (5), Sayfa 1.

