

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**DURGUN SU ORTAMINDA SU ALMA BORUSUNA AİT
HAVA GİRİŞİNE TABAN GEÇİRİMLİLİĞİNİN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE MODELLENMESİ**

Osman SUSEM

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Burhan ÜNAL**

Yozgat 2015

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**DURGUN SU ORTAMINDA SU ALMA BORUSUNA AİT
HAVA GİRİŞİNE TABAN GEÇİRİMLİLİĞİNİN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE ARAŞTIRILMASI**

Osman SUSEM

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Burhan ÜNAL**

Yozgat 2015

T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

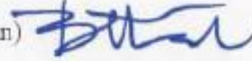
TEZ ONAYI

Enstitümüzün İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı 70110712008 numaralı öğrencisi Osman SUSEM'in hazırladığı "Durgun Su Ortamında Su Alma Borusuna Ait Hava Girişine Taban Geçirimsizliğinin Etkisinin Araştırılması ve Modellenmesi" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 31/07/2015 günü, saat 11:00'de yapılmış, tezin onayına OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Murat ÇOBANER



Üye : Yrd. Doç. Dr. Burhan ÜNAL (Danışman)



Üye : Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 31/07/2015 tarih ve 24... sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Fuat KÖKSAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	2
3. DENEY VE GÖZLEMLER	12
3.1. Durgun Su Tankında Su Alma Borusuna Hava Girişi Deneyi	12
3.2. Portatif Tip Ultrasonik Debimetre ile Ölçüm Yöntemi	14
3.2.1. Transdüser Montaj Yerlerinin Belirlenmesi	16
3.2.2. Portatif Tip Ultrasonik Debimetrenin V–metodu Montajı.....	17
3.3. Deneyin Yapılışı	17
3.4. Durgun Su Ortamında Taban Geçirimsizliğinin İncelendiği Deneylerin Yapılışı	18
3.5. Deneyler Sırasındaki Gözlemler.....	19
4. KRİTİK KÜRESEL KUYU YÜZEYİ İLE VERİLERİN ANALİZİ	20
4.1. Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi	20
4.2. Kritik Batıklık Üzerinde Etki Eden Faktörler	21
4.2.1. Taban Engel Etkisi	21
4.2.2. Su Alma Borusunun Engel Etkisi	22
4.3. Geçirimsiz ve Geçirimli Zemin Ortamında Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi	23
5. YAPAY SİNİR AĞLARI	41
5.1. Giriş	41
5.2. Yapay Sinir Ağları (YSA) Yönteminin Tanımı ve Tarihçesi	41
5.3. Yapay Nöron	42

5.4. Aktivasyon (Transfer) Fonksiyonu	44
5.5. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	46
5.5.1. Mimari Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları	46
5.5.2. Öğrenme Yöntemlerine Göre Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması ..	47
5.6. Çok Katmanlı Perceptron Ağlar (MLP) ve Öğrenme Algoritmaları	49
5.6.1. Çok Katmanlı Perceptron Ağlar (MLP)	49
5.6.2. Geri Yayılım Öğrenme Kuralı	51
5.7. Yapay Sinir Ağları ile Kritik Batıklığın Belirlenmesi.....	53
6. SONUÇLAR	62
KAYNAKLAR	63
EKLER.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	70

**DURGUN SU ORTAMINDA SU ALMA BORUSUNA AİT HAVA GİRİŞİNE
TABAN GEÇİRİMLİLİĞİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE
MODELLENMESİ**

Osman SUSEM

**Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

2015; Sayfa: 70

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Burhan ÜNAL

ÖZET

Bu çalışmada, durgun su tankı deney düzeneği kullanılarak laboratuvarında daire ve kare kesitli su alma boruları için farklı açıklık-çap oranları ve farklı su alma boru hızlarına bağlı olarak elde edilmiş kritik batıklık miktarlarının, farklı taban geçirimsizlikleri de (geçirimsiz zemin, geçirimsiz zemin) göz önünde bulundurularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar ilk aşamada Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi metodu ile karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada ise yapay sinir ağları yöntemi ve çoklu lineer regresyon metodu ile modeller oluşturularak kritik batıklık değerleri tahmin edilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kritik Batıklık, Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi, Su Alma Borusu, Hava Girişi, Taban Geçirimsizliği, Yapay Sinir Ağları.

**THE INVESTIGATION AND MODELLING OF EFFECT OF BASE
PERMEABILITY ON AIR ENTRAINING VORTEX BELONGS TO INTAKE
IN STILL-WATER ENVIRONMENT**

Osman SUSEM

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master of Science Thesis**

2015; Page: 70

Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Burhan UNAL

ABSTRACT

In this study, the experiments were realized as used critical submergence values which have been yielded depends on different radius for circle and square cross section and different intake flow rates realized by means of still water tank experiment equipment in laboratory and also by taking into account the difference base permeabilities (permeable and non-permeable base). The experiment results were compared firstly with critical spherical sink surface method. Secondly, models were created by using neural networks method and multiple linear regression method. The critical submergence values were predicted and were compared with the models.

Keywords: Critical submergence, critical spherical sink surface, intake, air entraining vortex, neural networks method.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin süresince, bilgi ve desteğinden faydalandığım danışman hocam, Yrd. Doç. Dr. Burhan ÜNAL'a tez çalışmamın tamamlanmasında göstermiş olduğu katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Yrd. Doç. Dr. Murat AY'a da yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın tamamlanmasında manevi desteği ile bana güç veren sevgili eşim Ebru ALTINDAL SUSEM'e teşekkür ederim.

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1. Daire Kesit İçin Hesaplanan Korelasyon Katsayıları	55
Tablo 5.2. Kare Kesit İçin Hesaplanan Korelasyon Katsayıları	55
Tablo 5.3. Kritik Batıklık–ap Oranın (S_c/D_i , S_c/a) Modellenmesinde Daire ve Kare Kesitler İçin Oluşan ÇKYSA Modellerinin Eğitme ve Test Aşamalarındaki Hataları ve Determinasyon Katsayıları (R^2) Değerleri	56
Tablo 5.4. Kritik Batıklık–ap Oranın (S_c/D_i , S_c/a) Modellenmesinde Daire ve Kare Kesitler İçin Oluşan LR Modellerinin Eğitme ve Test Aşamalarındaki Hataları ve Determinasyon Katsayıları (R^2) Değerleri	56
Tablo 5.5. Kritik Batıklık–ap Oranın (S_c/D_i , S_c/a) Modellenmesinde Daire ve Kare Kesitler İçin Oluşan Bütün Modellerinin Test Aşamalarındaki Hataları ve Determinasyon Katsayıları (R^2) Değerleri	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Bazı Su Alma Boru Tipleri	1
Şekil 1.2. Su Alma Ağızına Ait; (a) Batıklık, (b) Kritik Batıklık, (c) Hava Girişi [2] ..	2
Şekil 2.1. Rankine Çevrinti Modeli	6
Şekil 2.2. Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi (KKKY)	8
Şekil 3.1. Durgun Su Tankında Su Alma Borusuna Hava Girişi Deney Düzeneği ..	12
Şekil 3.4. Portatif Tip Ultrasonik Debimetrenin Çalışma Prensibi	15
Şekil 3.5. Boru Konfigürasyonu ve Transdüser Pozisyonuna Göre Transdüserler Arası Mesafe Seçim Kriterleri	16
Şekil 3.6. Portatif Tip Ultrasonik Debimetrenin V–Metodu Montajı	17
Şekil 3.7. Su Alma Borularında Hava Girişi	18
Şekil 3.8. Su Alma Borusu İçine Hava Girişi	19
Şekil 4.1. Üniorm Akım ve Noktasal Kuyu için Rankine Şekli	20
Şekil 4.2. Kritik Batıklık Üzerine Engel Etkisi	21
Şekil 4.3. Kritik Batıklık Üzerine Su Alma Borusu Engel Etkisi	22
Şekil 4.4. Geçirimsiz Zemin Ortamında Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi	23
Şekil 4.5. Geçirimli Zemin Ortamında Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi	24
Şekil 4.6. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin $c/D_i=0.75$)	25
Şekil 4.7. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin $c/D_i=1.50$)	25
Şekil 4.8. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin $c/D_i=0.75$)	26
Şekil 4.9. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin $c/D_i=1.50$)	26

Şekil 4.10. Geçirimsiz Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin)	27
Şekil 4.11. Geçirimli Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin)	27
Şekil 4.12. Geçirimsiz Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin)	28
Şekil 4.13. Geçirimli Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin)	28
Şekil 4.14. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin, Daire Kesit)	29
Şekil 4.15. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin, Daire Kesit)	29
Şekil 4.16. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=1.50$ Geçirimsiz Zemin, Daire Kesit)	30
Şekil 4.17. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=1.50$ Geçirimli Zemin, Daire Kesit)	30
Şekil 4.18. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin, Kare Kesit)	31
Şekil 4.19. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=0.75$ Geçirimli Zemin, Kare Kesit)	31
Şekil 4.20. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin, Kare Kesit)	32
Şekil 4.21. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=1.50$ Geçirimli Zemin, Kare Kesit)	32
Şekil 4.22. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin)	33
Şekil 4.23. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin)	33
Şekil 4.24. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=1.50$ Geçirimsiz Zemin)	34
Şekil 4.25. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=1.50$ Geçirimli Zemin)	34

Şekil 4.26. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin)	35
Şekil 4.27. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimli Zemin)	35
Şekil 4.28. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin)	36
Şekil 4.29. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimli Zemin)	36
Şekil 4.30. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin)	37
Şekil 4.31. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin)	37
Şekil 4.32. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Daire Kesit, $c/D_i=1.50$ Geçirimsiz Zemin)	38
Şekil 4.33. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Daire Kesit, $c/D_i=1.50$ Geçirimli Zemin)	38
Şekil 4.34. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin)	39
Şekil 4.35. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimli Zemin)	39
Şekil 4.36. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin)	40
Şekil 4.37. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimli Zemin)	40
Şekil 5.1. Yapay Nöron Yapısı	43
Şekil 5.2. YSA'larda En Çok Tercih Edilen Aktivasyon Fonksiyonları	45
Şekil 5.3. Geri Yayılım MLP yapısı	50
Şekil 5.4. Daire Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	57
Şekil 5.5. Daire Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği	57
Şekil 5.6. Kare Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	58
Şekil 5.7. Kare Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	58
Şekil 5.8. Daire Kesit İçin ÇLR Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	58
Şekil 5.9. Daire Kesit İçin ÇLR Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği	59

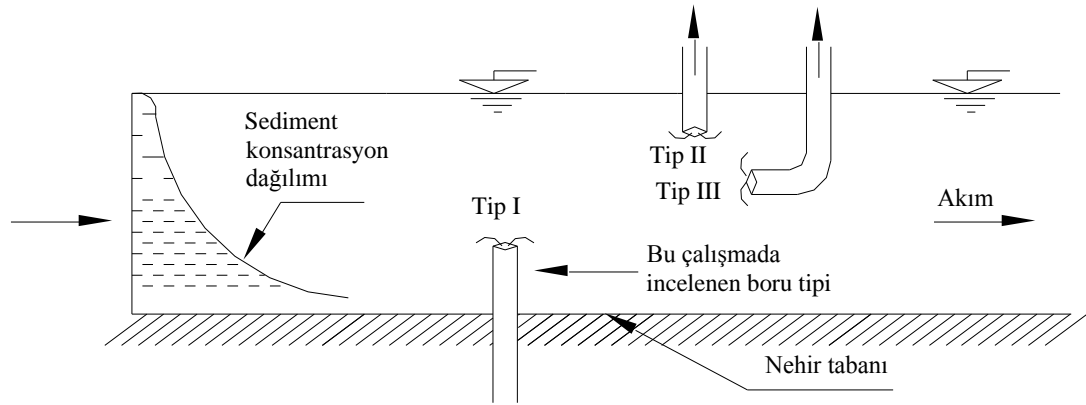
Şekil 5.10. Kare Kesit İçin ÇLR Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	59
Şekil 5.11. Kare Kesit İçin ÇLR Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği	59
Şekil 5.12. Daire Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	60
Şekil 5.13. Daire Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği	60
Şekil 5.14. Kare Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği	60
Şekil 5.13. Kare Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği	61

KISALTMALAR LİSTESİ

A_c	: Kritik küresel kuyu yüzeyinin çalışan alanı
A_{pb}	: Küre kapağı alanı
c	: Su alma borusunun kanal tabanına olan düşey mesafesi (açıklık)
D_0	: Su alma borusu dış çapı
D_i	: Su alma borusu iç çapı
Fr	: Froude sayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
KKKY	: Kritik küresel kuyu yüzeyi
M	: Ultrasonik sesin geçiş zamanı
n	: Porozite katsayısı
N	: Sirkülasyon sayısı
Q_i	: Noktasal kuyu debisi
r	: Noktasal kuyu merkezinden olan yarıçap
Re	: Reynolds sayısı
S	: Batıklık
S_c	: Kritik batıklık
T_{up}	: Pozitif yayılma zamanını
T_{down}	: Negatif yayılma zamanını
V_i	: Su alma borusundaki akıma ait hız
V_s	: Havalı çevrintinin yatay hızı
YSA	: Yapay sinir ağları
Γ	: Serbest çevrintiye ait sirkülasyon
θ	: Ses dalgası gönderme (iletim) açısı

1. GİRİŞ

Su alma ağız yapısı deniz, göl ve baraj haznesi gibi bir durgun su ortamından veya nehir ve kanal gibi bir akım ortamından sulama, içme suyu ve enerji üretimi gibi ihtiyaçları karşılamak için, su alınırken kullanılır. İhtiyaca ve mevcut koşullara göre su alma ağız yapıları değişik şekillerde inşa edilebilir. Bunlardan birkaçı Şekil 1.1’de gösterilmiştir [1].



Şekil 1.1. Bazı Su Alma Boru Tipleri [1]

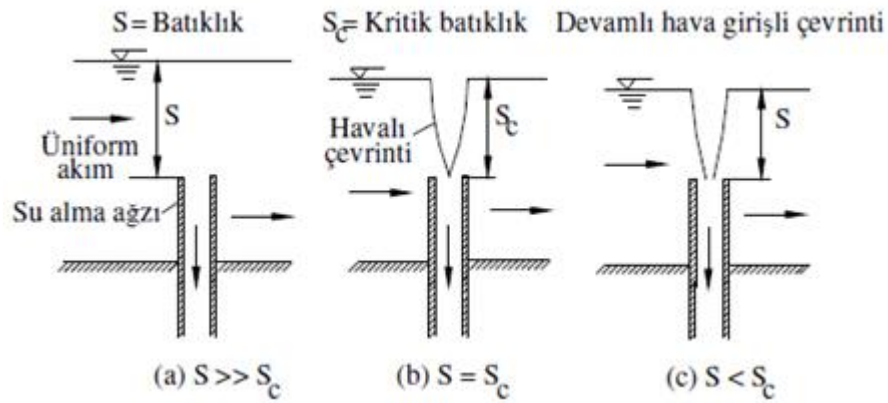
Şekil 1.1’de verilen su alma düzeneklerinde yapının verimini ve işletmesini aksatan olaylar arasında iki önemli etken vardır. Bunlar;

- Su alma borusuna “Hava Girmesi”
- Su alma borusuna “Sediment Girmesi”

Sediment taşıyan kanal ve nehirlerde mevcut hidrolik yapıların en büyük düşmanı “Sediment”tir. Sediment taşıyan kanal ve nehirlerde mevcut hidrolik yapıların ekonomik ömürlerinin ne olacağına karar veren birçok etken arasında sediment başta gelir. Alınan suda fazla miktarda ve boyutta sedimentin olması istenmez. Şekil 1.1’de sediment konsantrasyon dağılımından da görüldüğü üzere tabana doğru inildikçe sediment konsantrasyonu artar. Su alma borusunun tabana yakın olması durumunda sediment girişi, tabandan uzaklaşması durumundaki sediment girişinden fazla olacaktır Şekil 1.1’de görülebilmektedir. Buna karşılık tabandan uzaklaşıldığında su alma borusu ile su yüzeyi arasındaki düşey mesafe azalacağından hava girişi kolaylaşır. Su alma ağızlarına serbest çevrinti yoluyla hava girişi, yapının verimini

düşüren, işletmesini aksatan ve hidrolik mühendisliğinde de sık karşılaşılan problemlerden biridir. Ağıza hava girişi, pompa ve türbin gibi elemanlarda kavitasyonlara, titreşimlere, tahriplere ve işletim güçlüklerine neden olarak su iletim sisteminin verimli çalışmasını olumsuz etkileyeceğinden istenmeyen bir durumdur. Ayrıca, su alma ağzına giren hava, su alma düzeneğinin içerisinde akım kesitini de küçülteceğinden istenilen debinin alınamamasına neden olur. Su alma borusuna hava girişini azaltmak veya önlemek sediment girişini önlemekten çok daha kolay ve ucuzdur. Dolayısıyla bir su alma yapısı projelendirilirken hava ve sediment girişini azaltıcı bazı proje kriterlerinin bulunması gerekmektedir. Bu çalışmada durgun su ortamında su alma borusuna hava girişini azaltıcı kriterlerin başında gelen su alma borusunun su alma yüzeyine olan düşey mesafe ve bu düşey mesafeye zemin geçirimsizliğinin etkisi deneysel olarak araştırılmış ve çıkan sonuçlar teorik sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Su alma ağzının su yüzeyine olan düşey mesafesi “batıklık” olarak adlandırılır (Şekil 1.2.a). Su alma ağzına ait batıklık miktarı belirli bir değerin altına düştüğünde, su alma ağzının üzerindeki su yüzeyinde serbest çevrinti oluşur ve yüzeydeki hava bu serbest çevrintinin ortasında oluşan boşluklu yol vasıtası ile su alma ağzına girer. Su alma ağzına ilk hava girişinin başladığı andaki batıklığa (hava girişli serbest çevrintinin alt ucu ağız seviyesine ulaştığı durumdaki batıklık) “kritik batıklık” denir (Şekil 1.2.b). Su yüzeyi ile su alma ağızı arasındaki mesafe kritik batıklığın altına düşerse sürekli hava girişi olur (Şekil 1.2.c) [2].



Şekil 1.2. Su Alma Ağzına Ait; (a) Batıklık, (b) Kritik Batıklık, (c) Hava Girişi [2]

2. LİTERATÜR TARAMASI

Durgun su ortamında su borusu üzerinde oluşan serbest çevrinti ve hava girişi ile ilgili olarak çok sayıda deneysel ve teorik çalışma vardır. Serbest çevrinti ve hava girişi olayının su alma borusunun bulunduğu yerdeki yerel şartlara son derece bağlı olması ve su alma borusu civarındaki akımın son derece karışık olması nedeniyle çalışmaların çok büyük bir bölümü deneysel yapılmıştır. Konu ile ilgili çalışmalar genellikle batıklık miktarının, ortalama hız, yan duvarlara olan mesafesi, su alma borusu boyutu, şekli ve konumu gibi belirli parametrelerden etkilendiği gözlemlenmiştir.

Posey ve Hsu (1950) hava girişinin orifise ait debi katsayısı üzerindeki etkisini incelemişler ve çevrintinin şiddetinin artmasının debi katsayısını azalttığını göstermişlerdir [3].

Fraser ve Harrison (1953) su alma ağzına yaklaşan akımdaki rahatsızlıkların hava girişli çevrintiyi tahrik etmemesi için su alma ağzına yaklaşan akımın mümkün olduğunca üniform olması gerektiğini göstermişler ve bunun için akımı yönlendirici bölme duvarların konmasını tavsiye etmişlerdir [4].

Iversen (1953) akım sınırlarının hava girişli çevrintiyi tahrik etmemesi için su alma ağız dış cidarının yan duvarlara ve ölü son duvarına mesafesinin $D/2-D/4$ arasında, kanal tabanı ile ağız merkezi arasındaki mesafenin ise yaklaşık olarak $D/2$ olması gerektiğini ifade etmiştir. Buradaki D , su alma ağzının iç çapıdır [5].

Markland ve Pope (1956) ağzın ölü son duvarına mesafesi azaldıkça kritik batıklığında azaldığını deneysel olarak göstermişlerdir [6].

Denny (1956) ağzın tabana olan mesafesi arttıkça ve ağzın yan duvarlara olan mesafesi azaldıkça kritik batıklığın azaldığını deneysel olarak göstermiştir [7].

Denny ve Young (1957) model ve prototip arasında hız eşitliğine dayalı benzeşimin 1:16 model ölçeğinden büyük modellerde iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir [8].

Haindl (1959) ağıza giren hava miktarı ile çevrintinin gücü arasındaki ilişkiyi incelemiştir [9].

Quick (1962) model ve prototip arasında Froude sayısını esas alan dinamik benzerliğin olmasının çevrintiye ait hız dağılımı açısından yakın sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Fakat çok küçük modellerde Reynolds sayısı etkisinin ihmal edilmemesi gerektiğini ifade etmiştir [10].

Zielinski ve Villemonte (1968) çevrinti oluşumu üzerinde viskozitenin etkisini deneysel olarak incelemiştir. Viskozite büyüdükçe, artan kayma gerilmesinin etkisiyle, sirkülasyonun azaldığını ve orifise ait debi katsayısının arttığını göstermişlerdir. Orifise ait Reynolds sayısının 1×10^4 'den yüksek olması durumunda, viskozitenin etkisinin ihmal edilebileceğini ve debi katsayısının sadece çevrinti sayısı (Kolf sayısı) ile değiştiğini belirtmişlerdir [11].

Anwar (1968) su alma ağızlarında hava girişli çevrinti yoluyla oluşacak problemleri önlemek amacıyla bazı düzenlemeler önermiştir [12].

Gordon (1970) daire kesitli bir su alma ağzına hava girişini önlemek için gerekli kritik batıklık miktarı ($S=S_c$) ile su alma ağzındaki akıma ait ortalama hız (V_i) ve su alma ağzının iç çapı (D_i) arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı olması gerektiğini ileri sürmüştür [13].

$$S_c \geq 0.4V_i\sqrt{D_i} \quad (2.1)$$

Bu ifade S (ft) , V (ft/s) ve D_i (ft) cinsindedir.

Reddy ve Pickford (1972) serbest çevrintinin oluşması için gereken sirkülasyonun akım sınırları tarafından oluşturulduğunu ve bu sirkülasyon akım içerisine yayılarak serbest çevrintiye sebep olduğunu ve hava girişinin olmaması için gereken kritik batıklık miktarı ile akıma ait Froude sayısı arasındaki bağıntının su şeklinde olması gerektiğini vurgulamışlardır [14].

$$\frac{S_c}{D_i} \geq \frac{V_i}{\sqrt{gD_i}} \quad (2.2)$$

Burada g, yerçekimi ivmesidir.

Daggett ve Keulegan (1974) silindirik bir su tankının tabanına yerleştirilen bir orifise serbest çevrinti yoluyla hava girişi üzerinde viskozite, yüzeysel gerilme ve akıma dışarıdan uygulanan çevrinin etkilerini araştırmışlardır. Akıma, tankın çevresine yerleştirilen kanatlar yardımıyla verilen çevrinin ve viskozitenin hava girişli çevrinti üzerinde etkili olduğunu yüzeysel gerilmenin ise test edilen aralıkta herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Orifise ait Reynolds sayısının 5×10^4 'den büyük olması durumunda ağıza ait debi katsayısının sadece çevrinti sayısına bağlı olduğunu ve viskozite büyüdükçe akıma dışarıdan uygulanan çevrinin hava girişi üzerinde etkisinin azaldığını göstermişlerdir. Ayrıca tank içerisinde yaptıkları hız ölçümlerinde teğetsel hızın tank tabanındaki sınır tabakası dışında, derinlik boyunca yaklaşık sabit olduğunu; radyal hızın ise derinlik boyunca önemli ölçüde değiştiğini göstermişlerdir. Radyal hızın tank tabanının hemen üzerinde orifise yakın bölgede büyüdüğünü bu yüzden taban pürüzlüğünün etkisinin önemli olabileceğini ifade etmişlerdir [15].

Jain ve ark. (1978) silindirik bir tankın tabanına yerleştirdikleri su alma ağzına ait kritik batıklık üzerinde yaptıkları deneylerde, ağıza ait Reynolds sayısının 2.5×10^3 ile 6.5×10^5 arasında Weber sayısının ise 1.2×10^2 ile 3.4×10^4 arasında olduğunda bu sayıların kritik batıklık üzerinde etkilerinin ihmal edilebileceğini göstermişlerdir. Sıvının viskozitesinin artmasının çevrintinin gücünü ve dolayısıyla kritik batıklığı azalttığını belirlemişlerdir. Model ve prototip arasında geometrik benzerlik sağlandığında, dinamik benzerliğin de Froude sayılarının eşitliği ile sağlanması gerektiğini, fakat viskozite (Reynolds sayısının) etkisinin de göz önüne alınması için bir düzeltme faktörü kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir [16].

Tullis (1979) yüzey ve yüzey altı (su altı) çevrintilerinin pompalar için büyük sorun teşkil ettiğini belirtmiş ve bunların önlenmesi için bazı tasarım kriterleri vermiştir [17].

Anwar ve Amphlett (1980) düşey yukarı su alan bir su alma ağzı üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada Reynolds sayısının 3×10^4 'den büyük olması durumunda viskozitenin ağıza ait kritik batıklık üzerinde etkisinin ihmal edilebileceğini

göstermişlerdir. Düzgün dairesel kesitli giriş ağız ile çan şeklinde giriş ağzının kritik batıklık açısından bir fark yaratmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca ağzın kanal akım sınırlarına mesafesinin ve akıma uygulanan çevrinin de kritik batıklık üzerinde etkili olduğunu, düşük çevri değerlerinde ağız merkezinin yan duvara olan mesafesinin ağız çapına oranının 4'den büyük olması durumunda sınır etkilerinin göz ardı edilebileceği sonucuna varmışlardır [18].

Yıldırım ve Jain (1981) düşük çevrinti (sirkülasyon) değerlerinde yüzeysel gerilmenin özellikle serbest çevrintinin çekirdek bölgesinde önemli olduğunu ve çevrintinin gücü azaldıkça yüzeysel gerilmenin etkisinin arttığını göstermişlerdir [19].

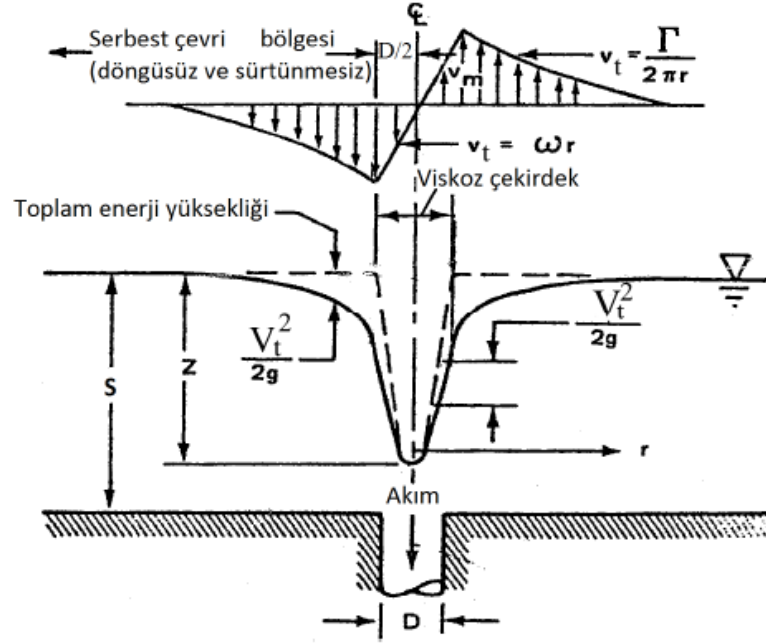
Hecker (1981) model ve prototip arasında ağıza hava girişi bakımından model ile prototip arasında oluşan farklılıkları, dünyanın farklı yerlerindeki uygulamalardan aldığı verilerle ortaya koyduğu bir özet-derleme hazırlamıştır. Ağıza ait Froude sayısının benzerliğine dayanan modellerde bir miktar ölçek etkisinin var olduğu bu yüzden model değerleri bulunurken Froude sayısının artırılması gerektiğini ifade etmiştir. Model ve prototip arasında hız eşitliğine dayanan modellerin ancak büyük modellerde uygun olabileceği sonucuna varmıştır [20].

Sweeney ve ark. (1982) pompaların işletilmesi sırasında hava girişli çevrinti nedeniyle karşılaşılan sorunları ve bunlar için dünya üzerinde uygulanmış çözüm yollarını özetleyen bir çalışma yapmışlardır [21].

Padmanabhan ve Hecker (1984), yüzeysel gerilmenin, viskozitenin ve boyut etkisinin havalı serbest çevrintinin oluşumu ve kritik batıklık üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu araştırmacılar, özellikle laboratuvar çalışmalarında boyut etkisinin önemli olduğunu göstermişlerdir [22].

Odgaard (1986) kritik batıklığı, Rankine çevrinti modelini kullanarak analitik olarak elde etmiştir. Bu yaklaşıma göre su alma ağzının merkezinden belirli bir mesafeye kadar olan kısımda zorlanmış çevrinti, bu mesafeden daha büyük mesafelerde ise serbest çevrinti kabulü yapılmıştır (Şekil 2.1). İçerideki çekirdek kısmının hem laminar hem de türbülanslı olmasına göre kritik batıklığın, ağıza ait Froude,

Reynolds ve çevrinti sayılarıyla değişimini veren bir ifade elde edilmiştir. Kritik batıklık üzerinde asıl etkili olan parametrelerin Froude ve çevrinti sayıları olduğunu, Reynolds sayısının da 1.1×10^5 'den büyük olması durumunda kritik batıklık üzerinde etkilerinin ihmal edilebileceğini göstermiştir [23].



Şekil 2.1. Rankine Çevrinti Modeli

Teorik yaklaşımında hava girişi olayını bir serbest çevrinti ile çizgisel kuyunun birleşmesi sonucu oluştuğunu varsayarak incelemiş ve aşağıdaki şekilde formüle etmiştir.

$$\frac{S_c}{D_i} = 0.074 \frac{\Gamma}{\sqrt{gD_i^3}} \sqrt{Re} \quad (2.3)$$

Denklem (2.3)'e göre batıklık miktarı su alma borusuna ait Froude sayısına (sirkülasyon $\Gamma = \text{Hız} \times \text{Yol}$ olduğundan) ve Reynolds sayısına bağlıdır.

Hite ve Mih (1994), serbest çevrintiye ait hızın değişimi ve serbest çevrintinin şekli ile ilgili teorik çalışmalar yapmışlardır. Bu araştırmacılar teorik neticelerle deneysel neticeleri karşılaştırıp kritik batıklık miktarı S_c için aşağıdaki ifadeyi vermişlerdir [24].

$$\frac{S_c}{D_i} = kNF_r \quad (2.4)$$

Burada; k , su alma borusunun bulunduğu yerde bir sonu kapalı yaklaşım kanalının geometrisine ait katsayı olup deney verilerine dayanarak yaklaşık olarak $k=6 \times 10^{-5}$ verilmektedir.

$$N = \text{Sirkülasyon Sayısı} = \frac{\Gamma}{D_i V_i}$$

Γ = Serbest çevrintiye ait sirkülasyon

Yıldırım ve Kocabaş (1995) üniform akım ortamında bulunan düşey aşağı su alan bir su alma ağzına ait kritik batıklığı bulmak için potansiyel akım yaklaşımını kullanmışlardır. Ağıza hava girişi olabilmesi için, üniform akım ve noktasal kuyu akımlarının oluşturduğu Rankine ovalinin üst sınırının, ağız üzerinde su yüzü ile çakışması gerektiğini göstermişlerdir (Şekil 2.2). Bu araştırmacılar su alma ağzına ait kritik batıklığın, ağız ile aynı merkez ve debiye sahip hayali “kritik küresel kuyu yüzeyinin (KKKY)” yarıçapına eşit olduğunu hesaplamışlar. Su alma borusunun tabandan olan mesafesinin batıklık üzerine etkisini ifade eden denklem olarak aşağıdaki ifadeyi vermişlerdir [25].

$$\frac{S_c}{D_i} = \frac{-(c/D_i) + \sqrt{(c/D_i)^2 + (V_i/2V_s)}}{2} \quad (2.5)$$

Burada:

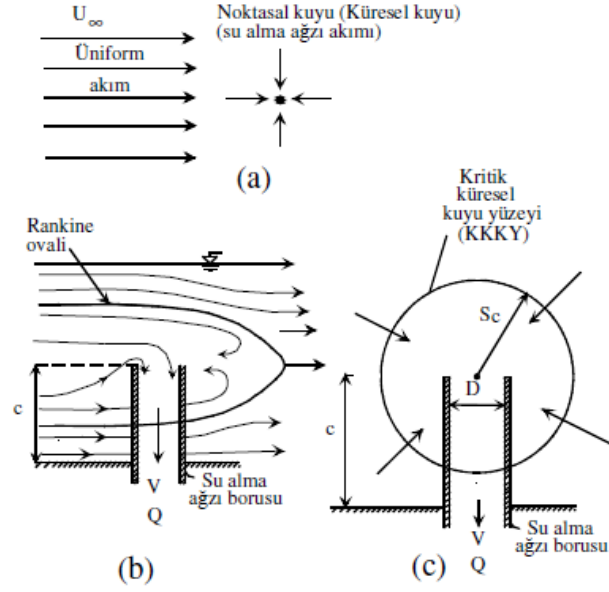
S_c : Hava girmeye başladığı anda su alma borusunun üst seviyesinin su yüzeyine olan düşey mesafesi (kritik batıklık),

D_i : Su alma borusu iç çapı,

c : Su alma borusunun üst seviyesinin tabandan olan düşey mesafesi (açıklık),

V_s : Kritik Küresel Kuyu Yüzeyindeki (KKKY) radyal hız,

V_i : Su alma borusu içerisindeki hız.



Şekil 2.2. a) Üniorm Akım ve Noktasal Kuyu b) Rankine Ovali c) Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi (KKKY)

Yıldırım ve Kocabaş (1998) üniorm akım için geliştirilen KKKY kavramının durgun su ortamından su alan ağzlar için de kullanılabileceğini göstermişlerdir [26].

Yıldırım ve ark. (2000) akım sınırları ve ağız borusunun kritik batıklık üzerindeki engel etkilerini incelemişlerdir [27].

Rajendran ve Patel (2000) yüzey ve yüzey altı çevrintilerinin yerlerini, şekillerini oluşma sıklıklarını, güçlerini ve bunlara ait hız dağılımlarını deneysel olarak gözlemlemişlerdir. Ölü son duvarı ve yan duvarlarda oluşan yüzey altı çevrintilerinin yerinin zamanla değiştiğini kanal tabanında oluşan yüzey altı çevrintisinin ise diğerlerine göre daha dengeli olduğu sonucuna varmışlardır [28].

Ansar ve Nakato (2001) tek bir su alma ağzında oluşabilecek yüzey ve yüzey altı çevrintilerini ve bunlara ait hız dağılımlarını yaklaşım akımı olması ve olmaması durumunda deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler sonucunda yaklaşım akımı olması durumunda kanal yan duvarlarından ve tabandan kaynaklanan ayrılma çevrintilerinin daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir [29].

Ansar ve ark. (2002) tek ve ikili düşey yukarı su alan ağzlar için yaklaşım akımı olması ve olmaması durumunda yüzey ve yüzey altı çevrintilerine ait hız

dağılımlarını Navier-Stokes denklemlerini sayısal olarak çözerek elde etmişlerdir [30].

Yıldırım ve Kocabaş (2002) potansiyel akım çözümünü kullanarak bir su alma ağzına ait kritik batıklığın, su alma ağzı merkezi ile Rankine duraklama noktası arasındaki mesafeyi yarıçap kabul eden bir KKKY ile hesaplanabileceğini gösteren bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Ağız ile ölü son duvarı arasındaki mesafenin ağız çapından daha küçük olduğu durumlarda Rankine duraklama noktasının noktasal kuyuya (ağız merkezine) olan mesafesini yarıçap kabul eden KKKY kavramının deneysel neticelerle daha iyi uyum sağladığını görmüşlerdir. Diğer durumlarda ise daha önceki çalışmalarında kullandıkları KKKY'nin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir [31].

Kocabaş ve Yıldırım (2002) akıma dışarıdan uygulanan çevirinin (sirkülasyonun) kritik batıklık üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kritik batıklığın ve hava girişli çevrintinin oluşumunun akıma uygulanan sirkülasyona çok hassas olduğunu göstermişlerdir [32].

Yıldırım (2004) dikdörtgen kesitli bir su alma ağzına ait kritik batıklığı potansiyel akım çözümüyle bulmuştur. Dikdörtgen ağız için kritik kuyu yüzeyinin, iki sonu yarım küresel kritik kuyu yüzeyi ile kapanmış bir silindirik kuyu yüzeyi ile tanımlanabileceğini göstermiştir [33].

Kocabaş ve ark. (2004) tabakalı sıvı ortamında bulunan bir su alma ağzına ait kritik batıklığı deneysel olarak araştırmışlardır. Tabakalı sıvı (su-yağ) ortamındaki kritik batıklığın sadece tek tür sıvı (su) olması durumuna göre daha fazla olduğunu görmüşlerdir [34].

Yıldırım ve ark. (2007) akım sınırları ve ağız borusunun kritik batıklık üzerindeki engel etkisini, tam bir KKKY' de meydana gelen yüzey alanı kaybı olarak tanımlamışlardır. Normal şartlarda, su alma ağzına ait KKKY üzerinde oluşan engel etkileri aşağıda sıralanmıştır [35]:

Tip I: Geçirimsiz sınırlardan kaynaklanan engel etkileri;

- a) Geçirimsiz kanal sınırlarının su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri
- b) Su alma ağız borusunun kendisinin su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri
- c) Akım içinde varsa diğer su alma ağız boru veya yapılarının göz önüne alınan su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri
- d) Tabakalı sıvılarda sıvıların ara yüzeyinin sebep olduğu engel etkileri

Tip II: Siperleme engel etkileri (kanal cidarları, varsa diğer su alma ağız boruları ve göz önüne alınan su alma ağız borusu yakınlarında sınır tabakası veya viskozite etkileri)

Tip III: Akım içinde varsa diğer su alma ağızlarına ait akımların grup içinde göz önüne alınan su alma ağız akımı üzerindeki akım engel etkileri

Eroğlu ve Bahadır (2007) dikdörtgen kesitli bir su alma ağızına ait kritik batıklığı, Rankine duraklama noktasının (stagnation point) yerinden yararlanarak buldukları mesafeyi kritik kuyu yüzeyinin yarıçapı olarak kullandıkları potansiyel akım çözümüyle elde etmişlerdir [36].

Yıldırım ve Taştan (2009) bir su alma ağızının kritik batıklığı üzerinde akım sınır etkilerini deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Akım yüzeyini kesen sınırların (ölü son duvarı ve yan duvarlar gibi) yüzey altı sınırlardan (kanal tabanı) hava girişi çevrintinin oluşması bakımından daha etkili olduğunu göstermişlerdir [37].

Yıldırım ve ark. (2009) üniform akım doğrultusunda kanal eksenine yerleştirilmiş iki su alma ağızına ait kritik batıklığı potansiyel akım çözümüyle elde etmişlerdir [38].

Yıldırım ve Taştan (2009) üniform akım ortamına farklı konumlarda yerleştirilmiş çoklu su alma ağızlarına ait kritik batıklığı süperpozisyon yöntemiyle bulmuşlardır [39].

Nakayama ve Hisasue (2010) su alma ağızına yüzeyde oluşan çevrinti yoluyla hava girişi olayını sayısal olarak LES (Large Eddy Simulation) türbülans modelini kullanarak incelemişlerdir [40].

Yıldırım ve ark. (2011) kanal içerisinde farklı konumlarda yerleştirilmiş çoklu su alma ağızlarına ait kritik batıklığı potansiyel akım çözümüyle analitik olarak elde etmişlerdir [41].

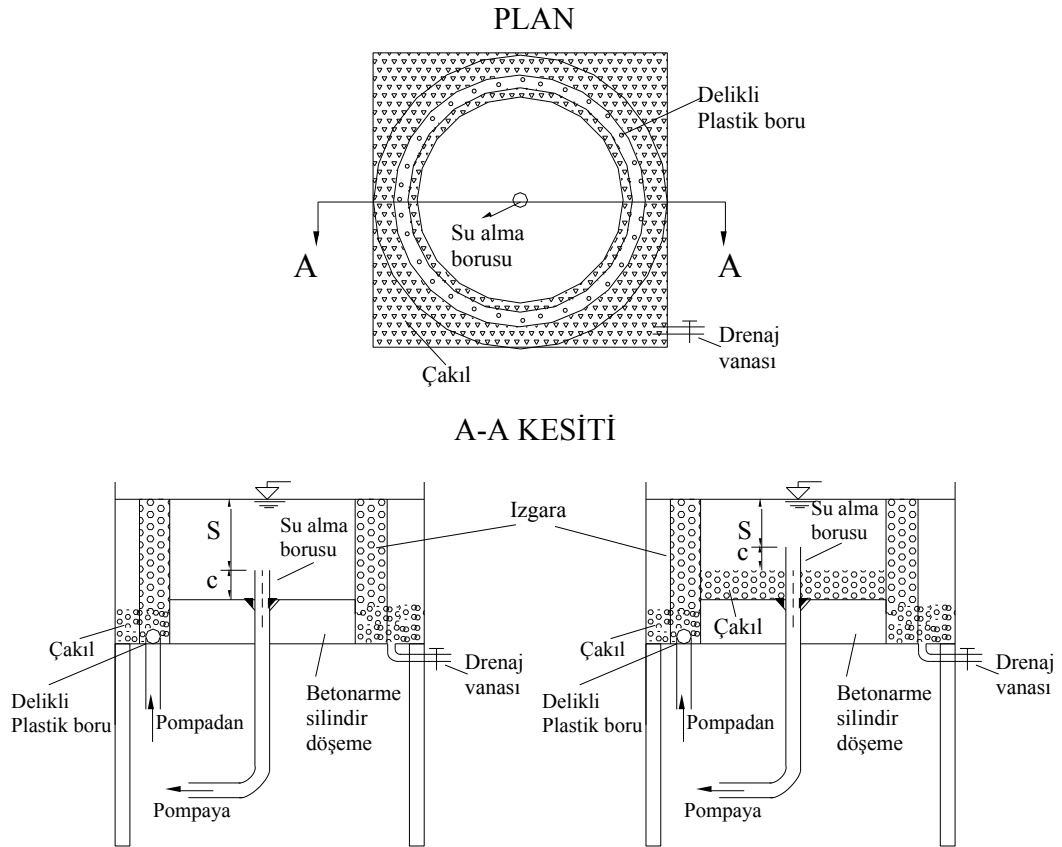
Yıldırım ve ark. (2012) kanal akımı içerisinde farklı konumlarda yerleştirdikleri ikili dikdörtgen su alma ağızı için kritik batıklığı süperpozisyon yöntemiyle elde etmişlerdir [42].

Literatürde daha önce yapılan çalışmalara ilave olarak bu çalışmada; durgun su ortamında bulunan farklı tip ve çaptaki su alma borusuna hava girişi anında, tabanı farklı zeminlerde kritik batıklığın değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde durgun su ortamında durgun su tankı düzeneğinde hem geçirimli zeminde hem de geçirimsiz zeminde, daire ve kare kesitli su alma ağızlarında $c/D_i=0.75$, $c/D_i=1.50$ ve $c/a=0.75$, $c/a=1.50$ için deneyler yapılmıştır.

3. DENEY VE GÖZLEMLER

3.1. Durgun Su Tankında Su Alma Borusuna Hava Girişi Deneyi

Bu çalışma, Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında mevcut 0.80×0.80 m kesitli ve yüksekliği 0.60 m bir yan duvarı sac, diğer yan duvarları camdan olan tank kullanılarak yapılmıştır. (Şekil 3.1). Tank ayaklar üzerinde olup yerden 1.00 m yukarı yerleştirilmiştir. Su alma borusu olarak iç çapı $D_i=2.75$ cm olan daire kesitli demir boru ve $a=4.00$ cm olan kare kesitli demir boru kullanılmıştır. Borunun tabandan olan mesafesinin etkisini görebilmek amacıyla hem daire kesitli demir borularda hem de kare kesitli demir borularda uzunlukları farklı iki adet boru kullanılmıştır. ($c/D_i=0.75$, $c/D_i=1.50$ ve $c/a=0.75$, $c/a=1.50$).



Şekil 3.1. Durgun Su Tankında Su Alma Borusuna Hava Girişi Deney Düzeneği



Şekil 3.2. Durgun Su Tankında Su Alma Borusuna Hava Giriş Deney Düzeneği

Deneyleerde istenen debinin ve devridaimin sağlanabilmesi için 0.5 BG gücünde pompa kullanılmıştır. Çekilen debi, boru hattı üzerine yerleştirilen ultrasonik debimetre ile ölçülmüştür.

Su alma borusunun tabandan mesafesinin ayarlanması ve yatay yüzey oluşturulması için tankın i tabanına 0.60 m çapında ve 0.15 m yüksekliğinde bilezik şeklindeki sac içerisine beton dökülmek suretiyle silindirik beton döşeme yapılmıştır. Döşemenin merkezinde boşluk bırakılarak buraya su alma borusunun ve pompayla temasta olan borunun bağlantısını gerçekleştirmek için tank tabanına dişli boru parçası yerleştirilmiştir. Böylece tankın merkezindeki su alma borusunun, beton döşemenin içerisinden geçirilerek tank dışındaki motorla bağlantısı sağlanmıştır. Pompa ile devridaim yaparak tanka döndürülen su, üzerinde delikler açılmış olan bir hortum içerisinden geçirilerek tekrar tank içerisine dağıtılmıştır. Akımın tamamen durgun hale gelebilmesi için silindir beton döşemenin etrafına iki tel örgü yerleştirilerek içerisi agrega ile doldurulmuştur. Tank içerisindeki su seviyesini ayarlamak için tabana bir drenaj vanası yerleştirilerek tabanda olan su alma borusu tankın merkezine yerleştirilmiş, etrafındaki boşluk dairesel sac ile kapatılmıştır. Zemin geçirgenliğini incelemek için aynı deney düzeneğinde silindir beton bloğun üzeri 7–15 mm arası granülometreye sahip agrega ile doldurulmuştur (şekil 3.2).

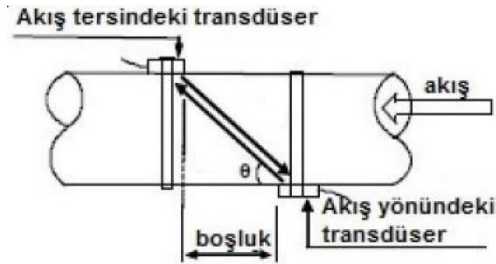
3.2. Portatif Tip Ultrasonik Debimetre ile lm Yöntemi

Deneyleerde kapalı borudaki sıvının hızını ölçmek için dizayn edilmiş, boru dışından hassas ölçüm yapabilen şekil 3.3'de gösterilen TUF2000H portatif tip ultrasonik debimetre kullanılmıştır.



Şekil 3.3. TUF2000H Portatif Tip Ultrasonik Debimetre

Transit zamanlı debimetre hem ultrasonik iletici hem de ultrasonik alıcı olarak çalışan iki adet transdüser kullanılmaktadır. Transdüserler birbirlerinden belirli uzaklıkta kapalı boru üzerine kelepçelenir. Transdüserler kapalı boru üzerine 15–400 mm arasındaki boru çapları için uygun olan sesin borudan iki kez geçtiği “V” metodu ile monte edilmiştir. Montaj metodunun seçimi boru ve sıvı karakteristiklerine bağlıdır. Debimetre iki transdüser arasında ses enerjisindeki modüle edilmiş frekansın sıra ile gönderilmesi ve alınması ile çalışır. Ses iki transdüser arasında yol alırken geçen süre yani transit geçiş zamanı ölçülür. Şekil 3.4’te gösterildiği gibi, ölçülmüş transit zamandaki fark borudaki sıvının hızı ile doğrudan ilgilidir.



Şekil 3.4. Portatif Tip Ultrasonik Debimetrenin Çalışma Prensibi

$$V = \frac{MD}{\sin 2\theta} \times \frac{\Delta T}{T_{up} T_{down}} \quad (3.1)$$

θ = Ses dalgası gönderme (iletim) açısını,

M = Ultrasonik sesin geçiş zamanını,

D = Borunun iç çapını,

T_{up} = Pozitif yayılma zamanını,

T_{down} = Negatif yayılma zamanını,

ΔT = Pozitif ve negatif yayılma zamanları arasındaki farkı

ifade etmektedir.

3.2.1. Transdüser Montaj Yerlerinin Belirlenmesi

Montaj işleminin ilk adımı daha doğru ölçüm elde etmek için en uygun yerin seçimidir. Montajın en iyi şekilde tamamlanabilmesi için borulama tesisatı ile ilgili temel bir bilgi tavsiye edilir. En uygun yer, ölçülecek sıvı ile tam dolu olan düz bir boru olarak tanımlanır. Boru sistemi Akış yukarı dikey, Akış yukarı eğimli veya yatay pozisyonda olabilir (Şekil 3.5).

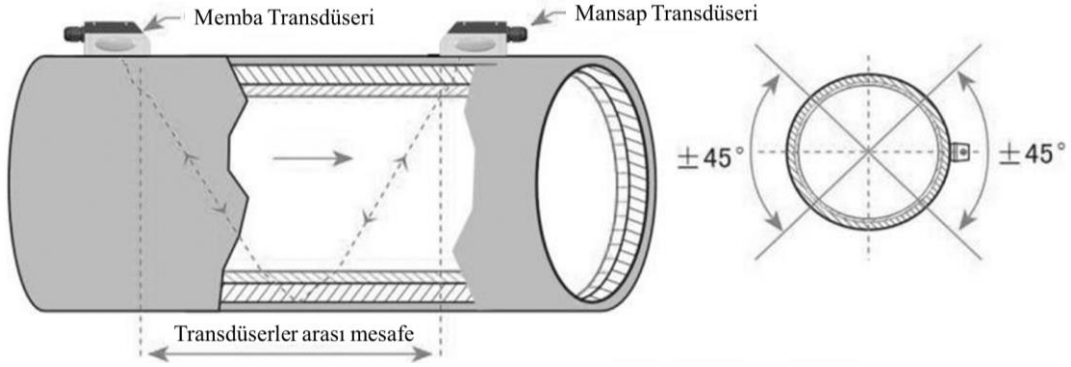
Boru konfigürasyonu ve Transdüser pozisyonu	Memba Mesafesi	Mansap Mesafesi
	L up × Çap	L dn × Çap
	10D	5D
	10D	5D
	10D	5D
	12D	5D
	20D	5D
	20D	5D
	20D	5D

Şekil 3.5. Boru Konfigürasyonu ve Transdüser Pozisyonuna Göre Transdüserler Arası Mesafe Seçim Kriterleri

Hâlihazırda mevcut deney düzeneğine uygun boru konfigürasyonu ve transdüser pozisyonu beşinci sıradaki montaj gösterimi olup; deneylerde transdüser arası mesafeler bu esasa göre konumlandırılmıştır.

3.2.2. Portatif Tip Ultrasonik Debimetrenin V–metodu Montajı

V–metodu, 15–400 mm iç çaplarındaki borularda yapılan günlük ölçümler için en fazla kullanılan mod olup yansıtıcı mod olarak da adlandırılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Portatif Tip Ultrasonik Debimetrenin V–Metodu Montajı

3.3. Deneyin Yapılışı

Deneyler, tabandan yukarıya doğru yerleştirilmiş olan düşey su alma borusuna hava girişine ait kritik batıklıkları karşılaştırmak ve zemin geçirimsizliğinin etkisini incelemek amacıyla daire kesitli su alma borusu için $c/D_i=0.75$, $c/D_i=1.50$ ve kare kesitli su alma borusu için $c/a=0.75$, $c/a=1.50$ 'ye göre yapılmıştır. Su alma borusunun tabandan mesafesi istenen c/D_i ve c/a oranına uygun olarak tank içerisine yerleştirilir. Sonra boşlukları kapatacak olan sac su alma borusuna takılır. Tank, seviyesi kritik batıklığın çok üzerinde olacak şekilde su ile doldurulur. İstenen seviyeye ulaşıldıktan sonra doldurma işlemi durdurularak suyun durgun hale gelmesi için bir süre beklenir. Pompa çalıştırılıp vana yavaş yavaş açılarak su alma borusu içinde akım oluşturulur. İstenen debi sağlanıncaya kadar vana yavaş yavaş açılır.

İstenen debideki akım şartları sağlandığında akımın permenan hale gelmesi için bir süre daha beklenir. Tanktaki su seviyesi kritik batıklığın çok üzerinde olduğundan kritik batıklığın tespiti için tank tabanındaki drenaj vanası çok az açılarak su seviyesinin düşmesi sağlanır. Drenaj vanası açıldıktan sonra akım koşulları tekrar

kontrol edilerek su yüzeyinde çevrinti olup olmadığı kontrol edilmiştir. Düşüş devam ettikçe su yüzeyinde çevrintiler oluşmaya başlamıştır. Seviye inmeye devam ettikçe yüzeydeki çevrintilerin dönüş hızı artmaya başlamış ve daha sonra küçük çukurlaşmalar görülmüştür. Seviye inmeye devam ederken çukurlaşmalarda kuyruk uzamaları görülür. Bu seviye kritik bir değere indiğinde oluşan kuyruk su alma borusuna kadar uzamış ve su alma borusu içerisine hava girişi olmuştur. Su alma borusu içerisine hava girişi olduğu an tank içerisindeki su seviyesi ölçülmüştür (Şekil 3.7). Farklı debiler için aynı işlemler tekrarlanmıştır. Deneyler sonucu elde edilen veriler Ek 1'deki tablolarda verilmiştir.



Şekil 3.7. Su Alma Borularında Hava Girişi

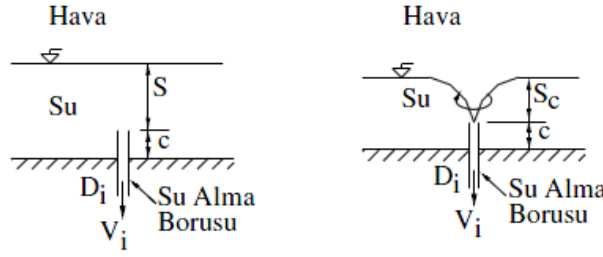
3.4. Durgun Su Ortamında Taban Geçirimsizliğinin İncelendiği Deneylerin Yapılışı

Zemin geçirimsizliğinin incelendiği deneylerinde 7–15 mm arası granülometreye sahip agrega kullanılmıştır. Zemine silindirik döşemenin üzeri $c/D_i=0.75$ ve $c/D_i=1.50$ değerlerini sağlayacak yüksekliğe kadar agregalarla doldurulmuştur. Sonra tank kritik derinliğin çok üzerinde bir derinliğe ulaşmaya kadar su ile doldurulmuştur. Pompa çalıştırılıp vanası açılarak istenilen debinin çekilmesi sağlanmıştır. Akımın permenan duruma ulaşması için bir müddet beklenerek tank tabanındaki drenaj vanası açılıp su seviyesinin düşmesi sağlanmıştır. Su seviyesi düştükten sonra, su yüzeyinde her hangi bir çevrinti çöküntüsünün olup olmadığı gözlenmiştir. Su yüzeyinde havalı çevrinti oluşup alt ucunun su alma borusuna ulaştığı anda tank içerisindeki su seviyesi ve su alma borusunun debisi ölçülmüştür. Farklı debiler için

de yukarıdaki işlemler tekrarlanmıştır. Deneyler zeminin geçirimsiz ve geçirimli olması durumları için benzer şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.5. Deneyler Sırasındaki Gözlemler

Yapılan deneyler sırasında drenaj devam ettikçe su seviyesi alçalarak belirli bir seviyeye geldiğinde su yüzeyinde çevrıntiler oluşmaya başladığı ve su seviyesi azaldıkça çevrintinin şiddetinin arttığı gözlemlenmiştir. Seviye düştükçe su yüzeyinde su alma borusu civarında çukurluk oluşturduğu gözlenmiştir. Su seviyesinin daha da azalmasıyla birlikte çukurluğun ortasının uzayarak kuyruk şekline geldiği ve boşluğun aşağı doğru parabolik olarak azaldığı görülmüştür (Şekil 3.8).



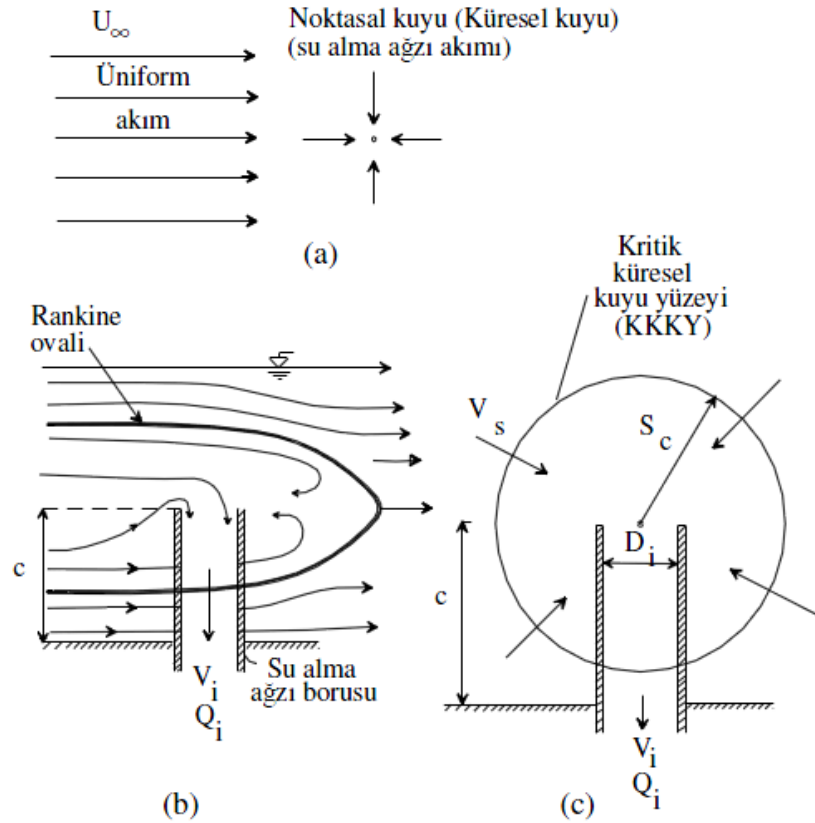
Şekil 3.8. Su Alma Borusu İçine Hava Girişi

Çevrintinin kuyruk şeklindeki uzantısının uzun süre konumunu koruduğu (boyunun ne uzadığı ne de kısaldığı) görülmüştür. Su seviyesinin azalmasıyla kuyruğun uzayıp alt ucunun su alma borusuna ulaştığı gözlenmiştir. Pompa ile çekilen debi fazla olduğunda çevrintinin daha güçlü, çukurluk çapının daha büyük olduğu görülmüştür. Su alma borusunun tabandan olan mesafesi (c) büyüdükçe çukurluğun daha zayıf olduğu gözlenmiştir. Su alma borusuna hava girişi olduğu anda pompanın sesinin değiştiği, hava girişi nedeniyle gürültü oluştuğu ve vananın açılıp ya da kapanmamasına rağmen pompa debisinin önemli oranda azaldığı ultrasonik debimetreden gözlenmiştir. Zemin geçirimliliğinin incelendiği deneyler sırasındaki gözlemler ise; drenajla birlikte su seviyesi düştükçe su-hava ortamına benzer şekilde su yüzeyinde çevrıntiler oluşmaya başlamış aynı debide oluşan kritik batıklık değeri düştüğü gibi çevrinti çukurunun çapının da küçüldüğü gözlenmiştir.

4. KRİTİK KÜRESEL KUYU YÜZEYİ İLE VERİLERİN ANALİZİ

4.1. Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi

Yıldırım ve Kocabaş, su alma ağzlarının kritik batıklığına ilişkin problemi potansiyel akım yaklaşımı ile çözmeye çalışmışlardır [25]. Yaklaşımlarında akımın, üniform akım ile su alma ağzıyla aynı merkeze ve debiye sahip noktasal kuyudan oluştuğunu kabul etmişlerdir. Üniform kanal akımındaki su alma ağzına ait batıklığın, su alma ağzı ile aynı debiye ve merkeze sahip olan hayali kritik küresel kuyu yüzeyinin (KKKY) yarıçapına eşit olduğunu göstermişlerdir (Şekil 4.1). Kritik küresel kuyu yüzeyi (KKKY) kavramının durgun sularda da geçerli olduğunu, verilen geometri ve akım şartları için KKKY'deki radyal hızın sabit olduğunu deneysel ve teorik olarak göstermişlerdir.



Şekil 4.1. Üniform Akım ve Noktasal Kuyu için Rankine Şekli

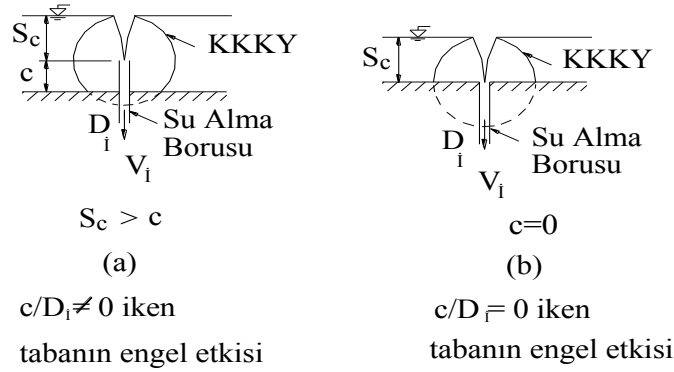
4.2. Kritik Batıklık Üzerinde Etki Eden Faktörler

Yıldırım ve Kocabaş, yaptıkları çalışmalarda kritik batıklığın aynı akım şartları için her zaman sabit olmadığını ve bazı faktörler etkisiyle değiştiğini göstermişlerdir [25]. Bunlar;

- 1) Taban Engel Etkisi
- 2) Su Alma Borusunun Engel Etkisi

4.2.1. Taban Engel Etkisi

Su alma borusu tabanda ya da tabandan olan mesafesi (c), oluşan KKKY yarıçapından küçük olduğunda, kanal tabanı tam küre oluşumuna engel olur. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2. Kritik Batıklık Üzerine Engel Etkisi

Yıldırım ve Kocabaş, taban engeli etkisi olduğunda kritik batıklığın aşağıdaki ifadeden elde edilebileceğini göstermiştir [26].

$$\frac{S_c}{D_i} = \frac{-\frac{c}{D_i} + \sqrt{\left(\frac{c}{D_i}\right)^2 + \frac{V_i}{2V_s}}}{2} \quad (4.1)$$

Burada;

V_s : KKKY üzerindeki radyal hız,

V_i : Su alma borusu içerisindeki hız,

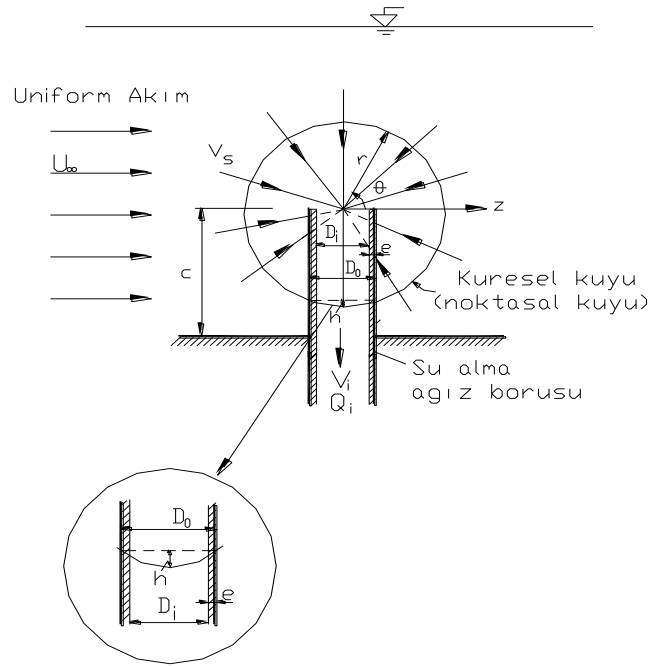
c : Su alma borusu üst seviyesinin tabandan olan düşey mesafesi,

D_i : Su alma borusu iç çapı,

S_c : Üst tabakadaki sıvının girmeye başladığı anda su alma borusunun üst seviyesinin kesişim yüzeyine olan düşey mesafesi (kritik batıklık).

4.2.2. Su Alma Borusunun Engel Etkisi

Su alma borusunun engel etkisi, su alma borusunun dış sınırları içinde kalan ve ağıza su sağlamayan KKKY' ye ait küresel kapağın yüzey alanı kısmıdır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Kritik Batıklık Üzerine Su Alma Borusu Engel Etkisi

Yıldırım, Kocabaş, Gülcan [27], yaptıkları çalışmada süreklilik kanununda çalışan net KKKY alanının göz önüne alınması gerektiğini göstermişlerdir.

$$\frac{S_c}{D_i} = 0.25 \frac{\sqrt{(V_i / V_s)}}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_0}{D_i}\right)^2 \frac{V_s}{V_i}}} \quad (4.2)$$

Burada;

V_s : KKKY üzerindeki radyal hız,

V_i : Su alma borusu içerisindeki hız,

c : Su alma borusu üst seviyesinin tabandan olan düşey mesafesi,

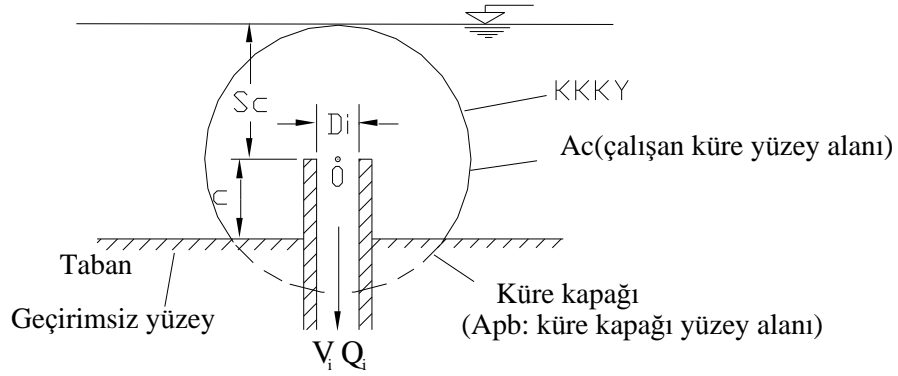
D_i : Su alma borusu iç çapı,

S_c : Üst tabakadaki sıvının girmeye başladığı anda su alma borusunun üst seviyesinin kesişim yüzeyine olan düşey mesafesi (kritik batıklık).

D_o : Su alma borusu dış çapı

Su alma borusunun engel etkisi ve kanal tabanın engel etkisinin olması durumunda kritik batıklığın hesabı için V_s değerinin hesabına ihtiyaç duyulmaktadır. Yıldırım ve Kocabaş [6] durgun su gövdesinde yaptıkları çalışmalarda su alma borusu konumunun V_s değerini etkilediğini ve verilen geometri ve akım şartı için V_s 'nin değerinin sabit olduğu göstermiştir. Tank geometrisinin, su alma boru çapının, su alma borusunun tankın duvarlarına olan mesafelerinin ve tabandan olan mesafesinin V_s değerini etkilediği görülmüştür. Denklem (4.2)'den V_s azaldıkça kritik batıklık (S_c) değerinin büyüyeceği görülmektedir.

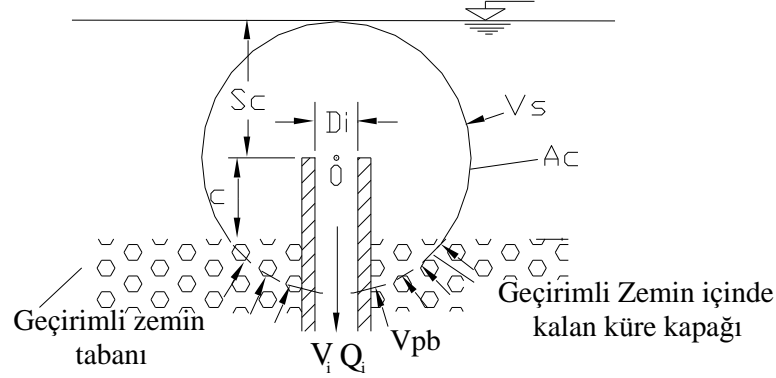
4.3. Geçirimsiz ve Geçirimli Zemin Ortamında Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi



Şekil 4.4. Geçirimsiz Zemin Ortamında Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi

Batıklık değeri (S_c) hava girişinin olduğu anda, su alma borusu ile taban arasındaki düşey mesafe (c) kritik batıklık değerinden küçük olduğundan tam bir küre oluşmaz. Kürenin taban dolayısıyla oluşmayan kısmı küre kapağı olarak adlandırılır ve zemin geçirimsiz olduğunda bu küre kapağından su alma borusuna doğru akım girişi olmaz (Şekil 4.4). Taban altında kalan zeminin geçirimli olması durumunda ise zeminden ne kadar akım su alma borusuna girebiliyorsa, sağlanamayan debi kadar debi üstteki küre yüzeyinden sağlanır. Debi azaldığı için de yüzey alanı daha az artmayı

gerektirir. Bu durum zemin geçirgen olduğunda kritik batıklık değerinin azalmasını gerektirir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Geçirimli Zemin Ortamında Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi

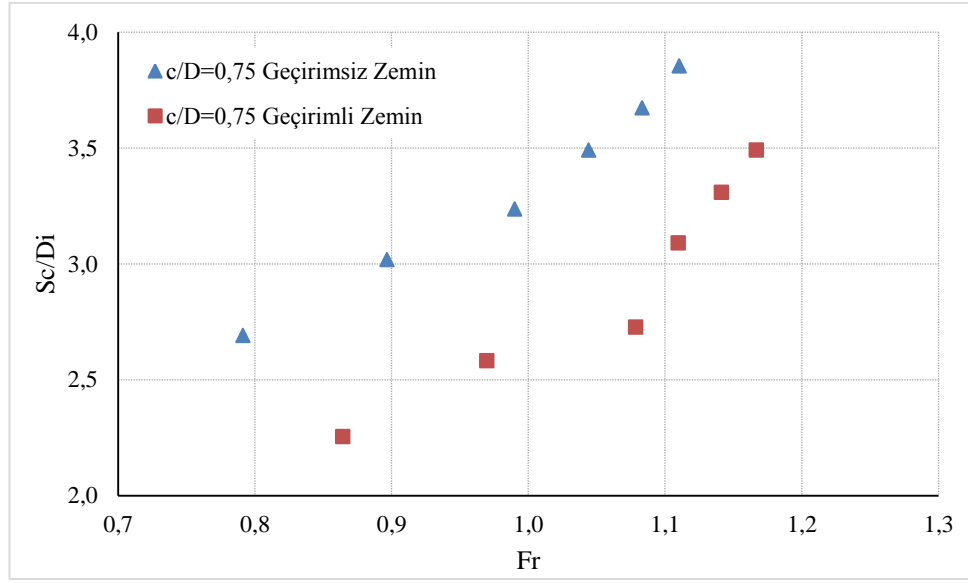
Geçirimli Zemin içinde kalan küre kapağının alanı $A_{pb} = 2\pi S_c (S_c - c)$ ve çalışan küre yüzey alanı $A_c = 2\pi S_c (S_c + c)$ 'dir. Zemin ile ilgili olarak porozitenin (n) de önemi göz önünde bulundurularak üst küre yüzey alanı $A_g = (1 - n) A_{pb}$ olur.

Yıldırım (2004), daire kesitli çıkarılan bu kritik batıklık denklemlerinin daire kesitli olmayan (boyut oranlarının 1'e eşit (kare kesitli) veya 1'e yakın olan (dikdörtgen kesitli) su alma boruları için de kullanılacağını belirlemiştir [33].

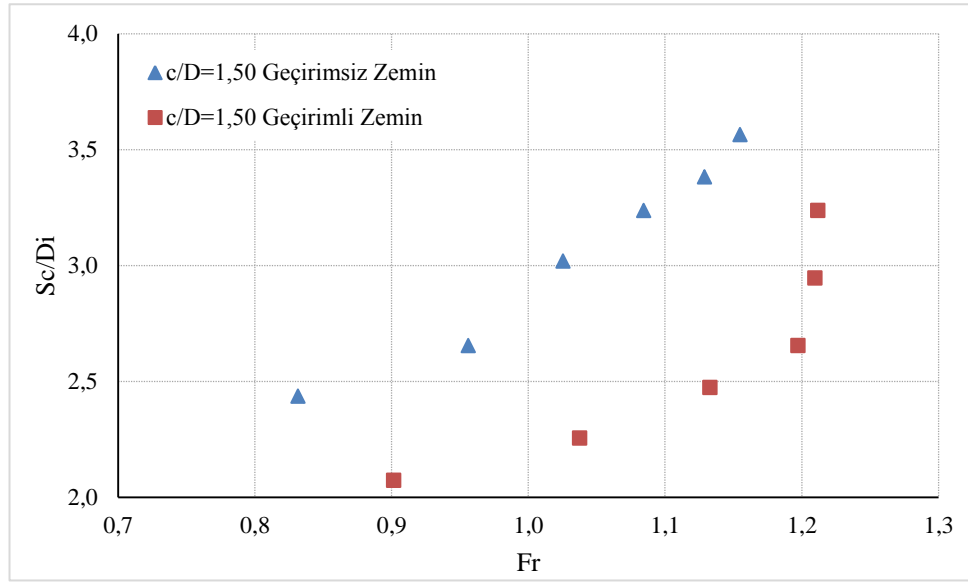
Bu çalışmada, kare kesitli su alma boruları için kritik batıklık hesaplamalarında daire kesitli su alma boruları için kullanılan denklemler kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki deneylerde 7–15 mm arası granülometreye sahip agregaya ile doldurulmuş deney tankı zeminine ait porozite değeri $n=0.62$ 'dir.

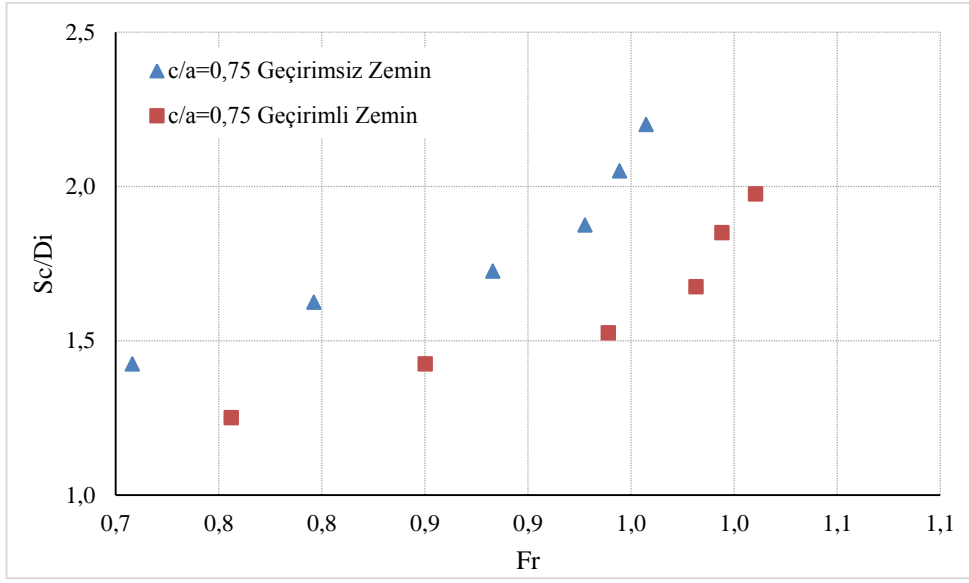
Daire ve kare kesitli su alma boruları için yapılan deneylerde, zeminin geçirimli olması durumunda geçirimsiz zemine göre S_c oranı azalmıştır (Şekil 4.6 – Şekil 4.9).



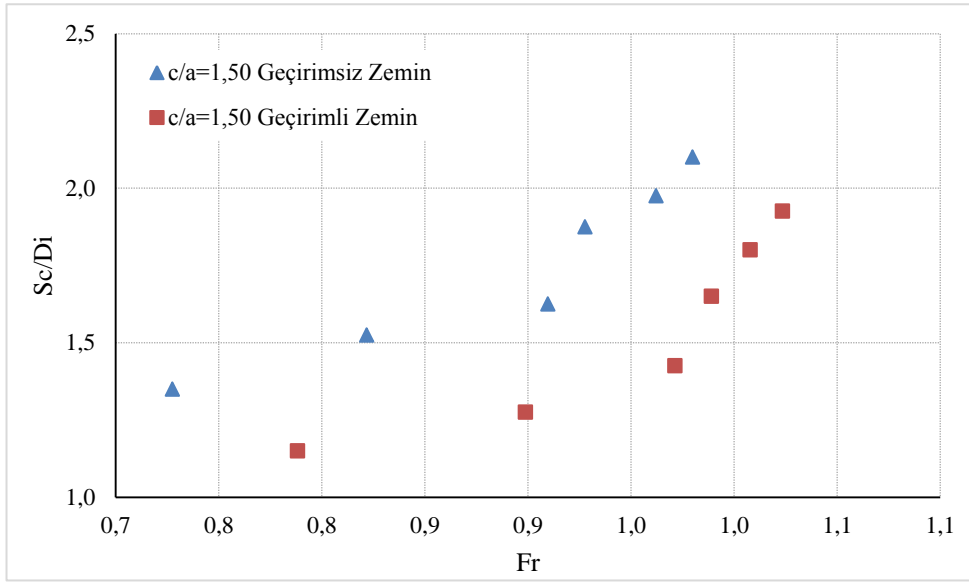
Şekil 4.6. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin $c/D_i=0.75$)



Şekil 4.7. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin $c/D_i=1.50$)

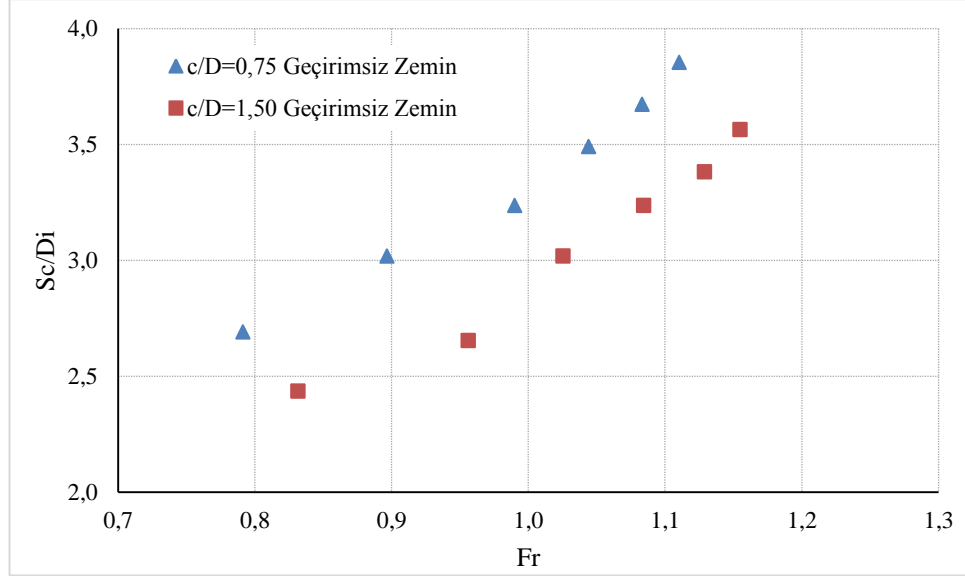


Şekil 4.8. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin $c/D_i=0.75$)

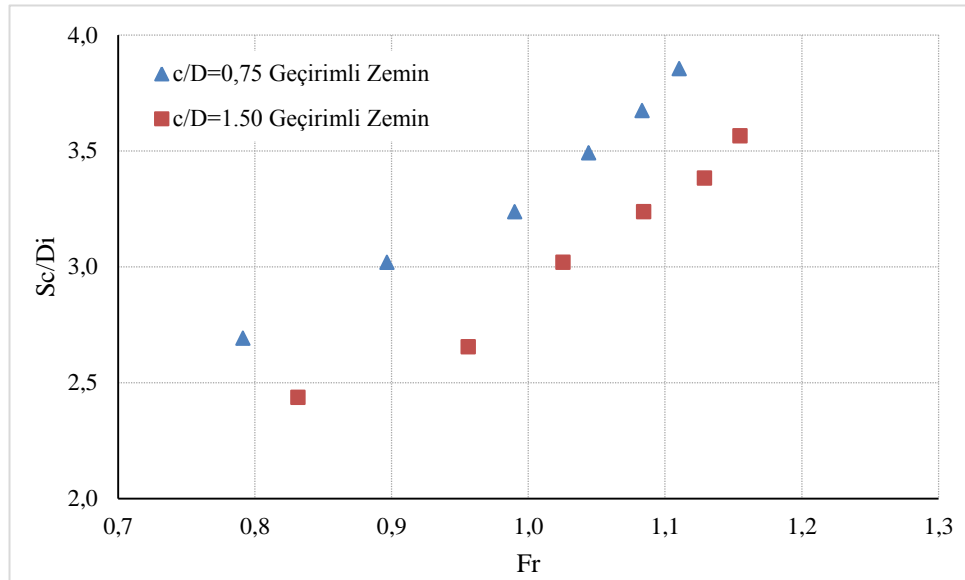


Şekil 4.9. Zemin Geçirgenliğinin Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin $c/D_i=1.50$)

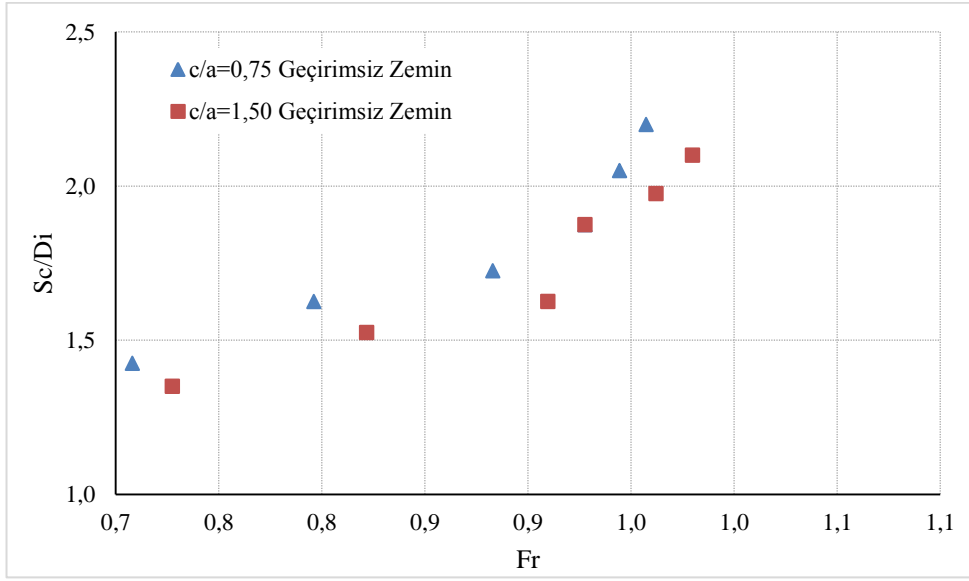
Yapılan deneylerde c/D_i oranı arttıkça S_c mesafesinin arttığı görülmüştür (Şekil 4.10–Şekil 4.13)



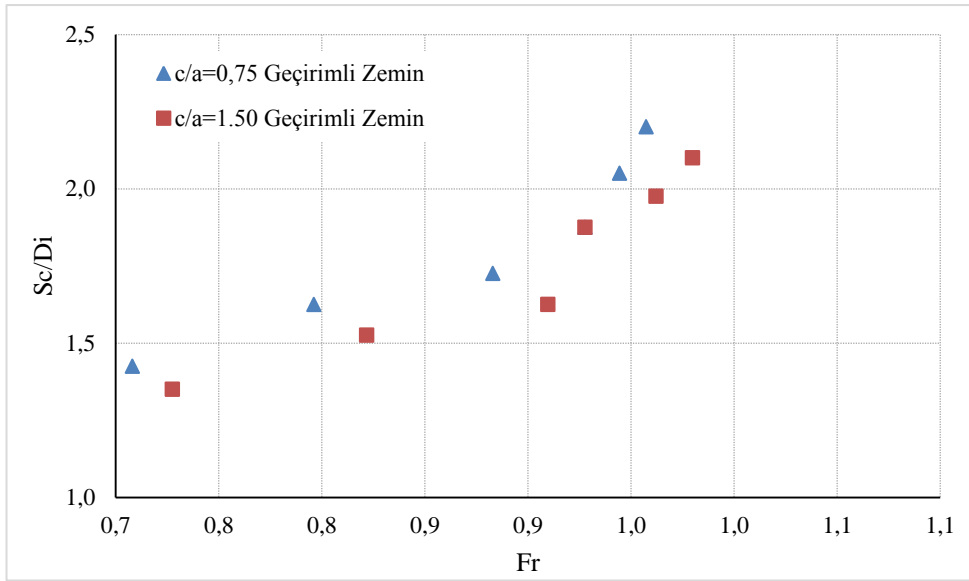
Şekil 4.10. Geçirimsiz Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin)



Şekil 4.11. Geçirimli Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Daire Kesit İçin)

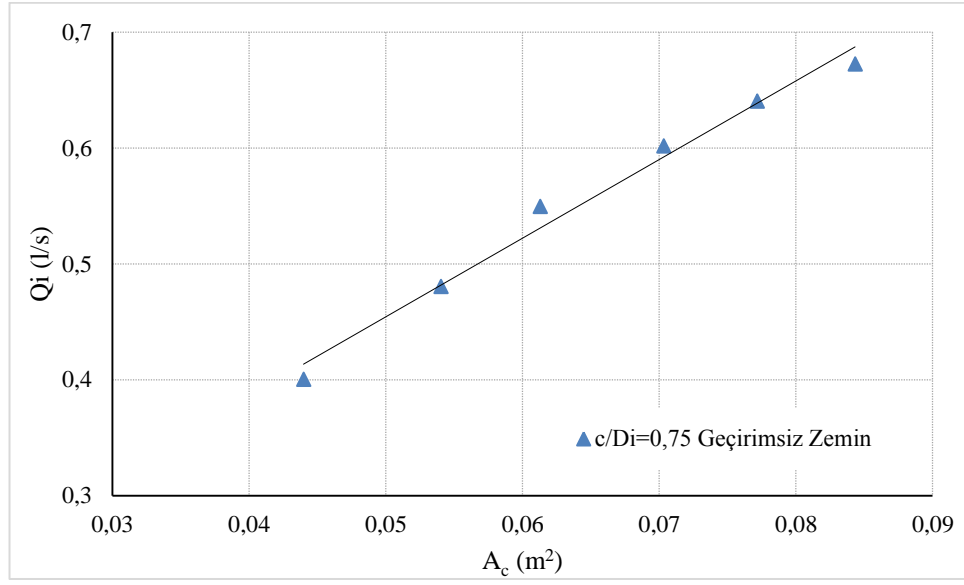


Şekil 4.12. Geçirimsiz Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin)

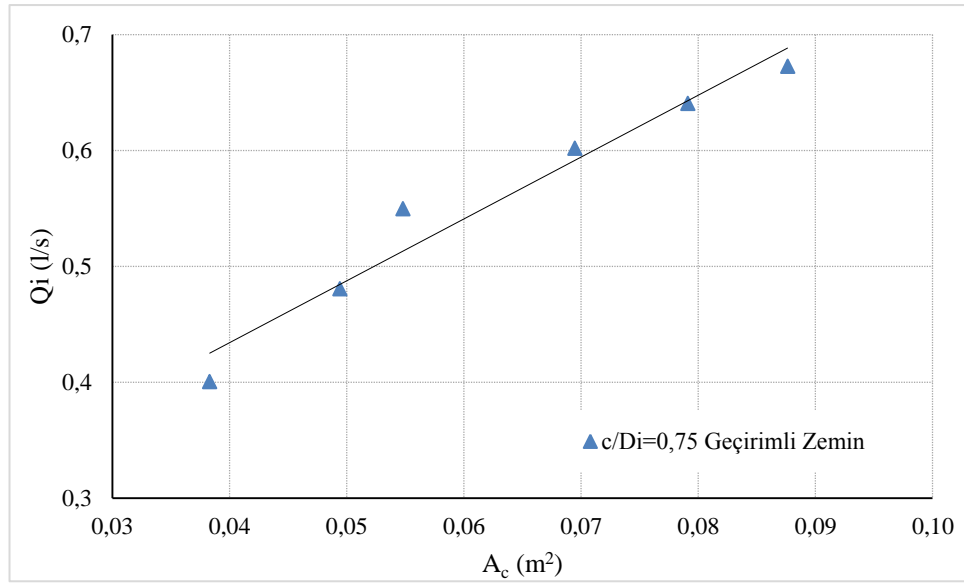


Şekil 4.13. Geçirimli Zeminde Su Alma Borusu Konumunun Kritik Batıklığa Etkisi (Kare Kesit İçin)

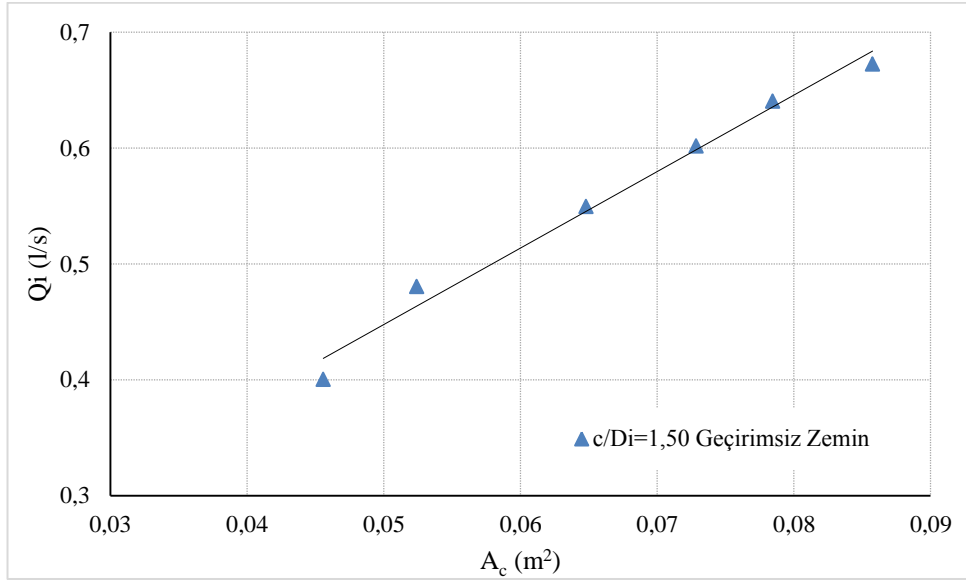
Şekil 4.14 ~ Şekil 4.21'lerde çekilen debi ile küresel alanın değişimi, zeminin geçirimli ve geçirimsiz olması durumları için daire ve kare kesitler için ayrı ayrı verilmiştir.



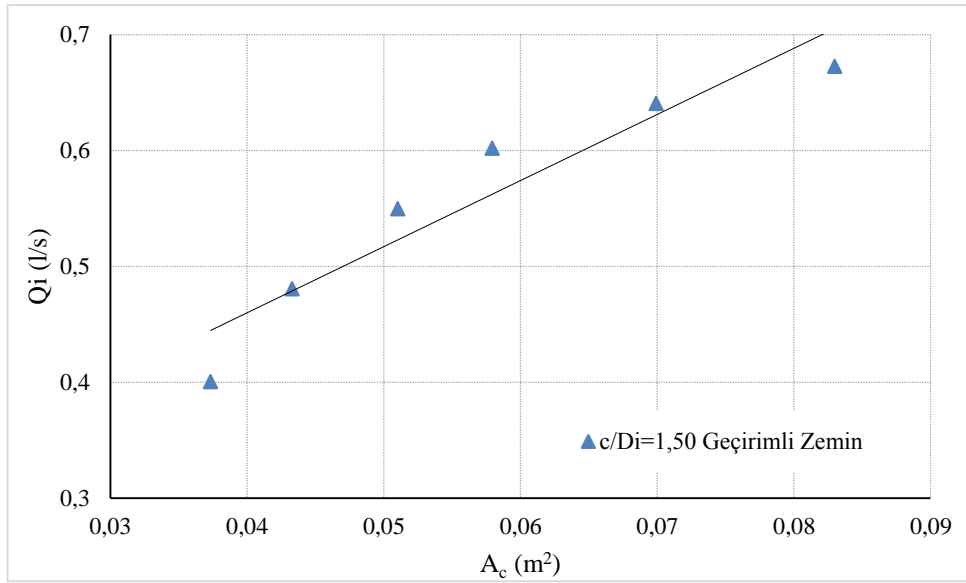
Şekil 4.14. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin, Daire Kesit)



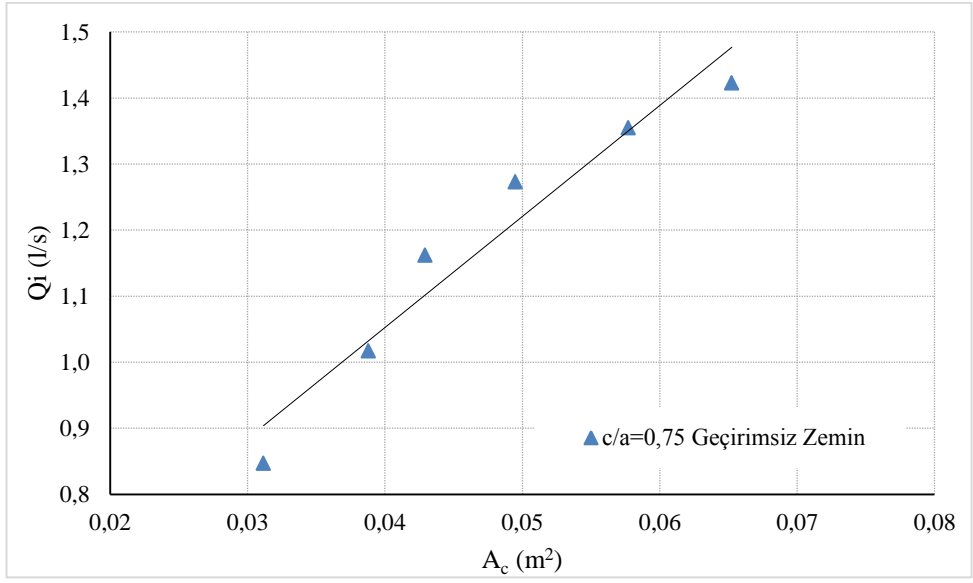
Şekil 4.15. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin, Daire Kesit)



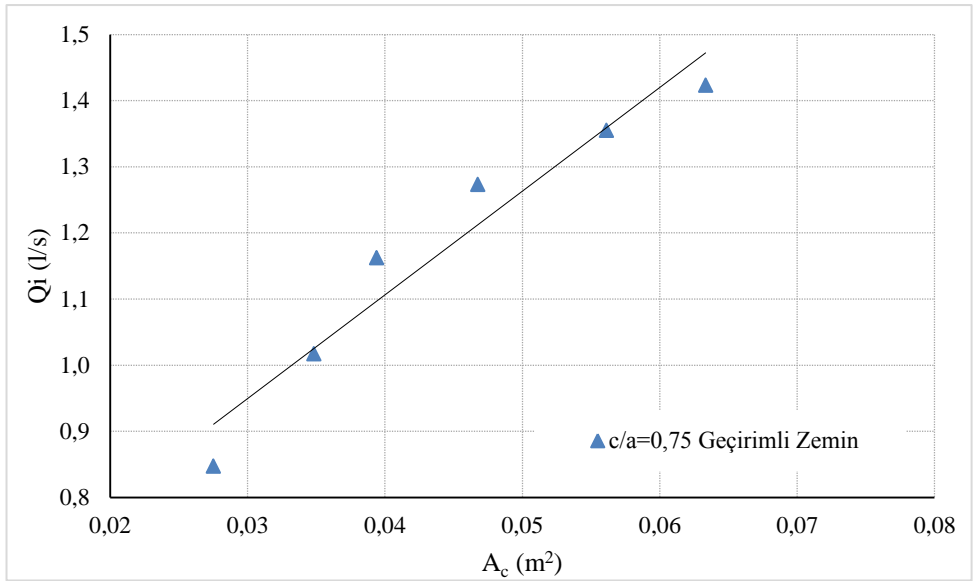
Şekil 4.16. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=1.50$ Geçirimsiz Zemin, Daire Kesit)



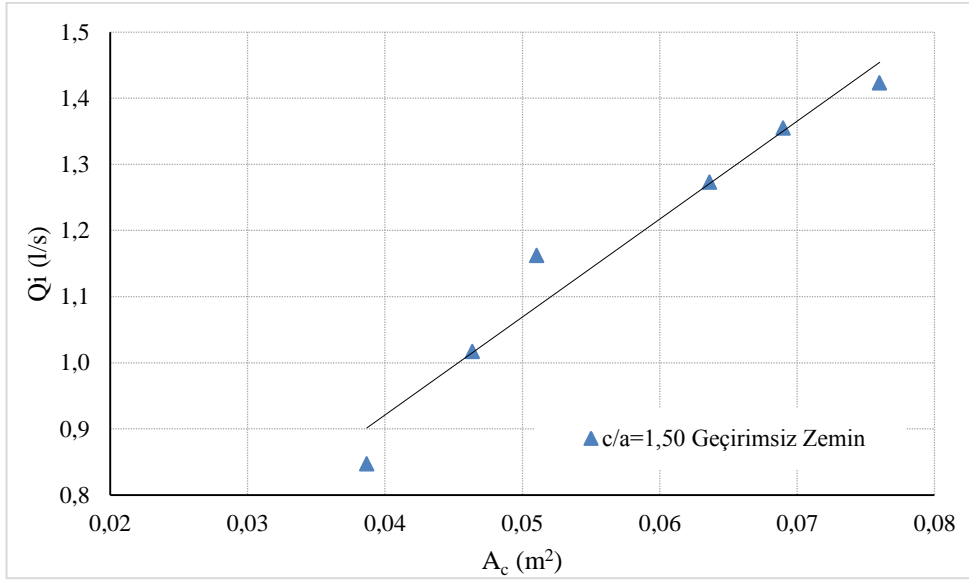
Şekil 4.17. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/D_i=1.50$ Geçirimli Zemin, Daire Kesit)



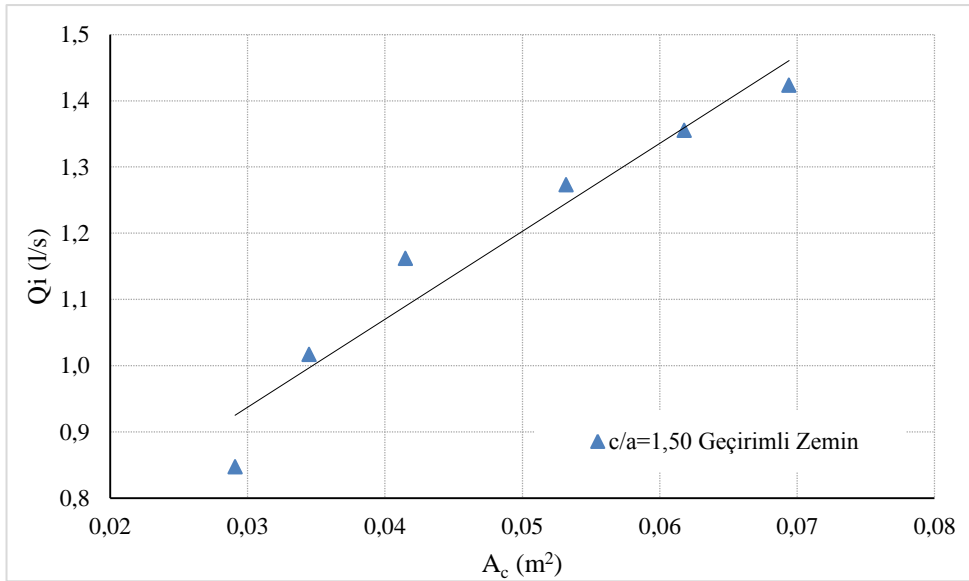
Şekil 4.18. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin, Kare Kesit)



Şekil 4.19. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=0.75$ Geçirimli Zemin, Kare Kesit)

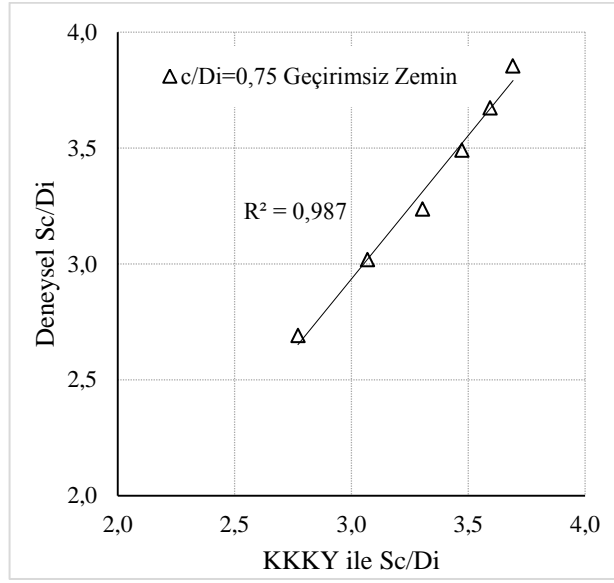


Şekil 4.20. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin, Kare Kesit)

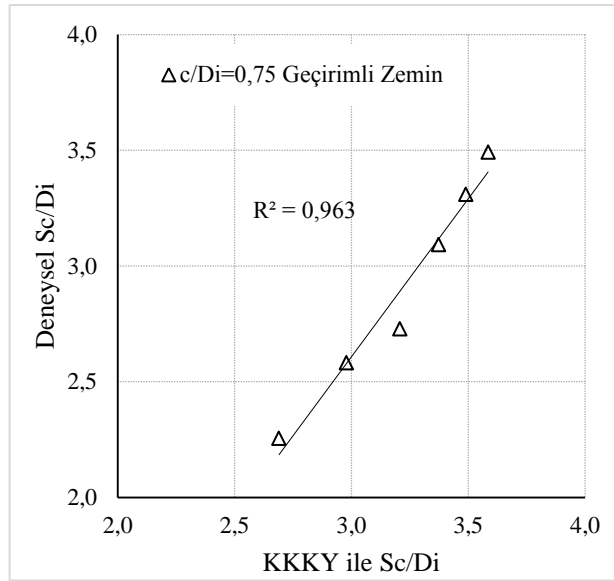


Şekil 4.21. Çekilen Debi – Küresel Alan Değişimi ($c/a=1.50$ Geçirimli Zemin, Kare Kesit)

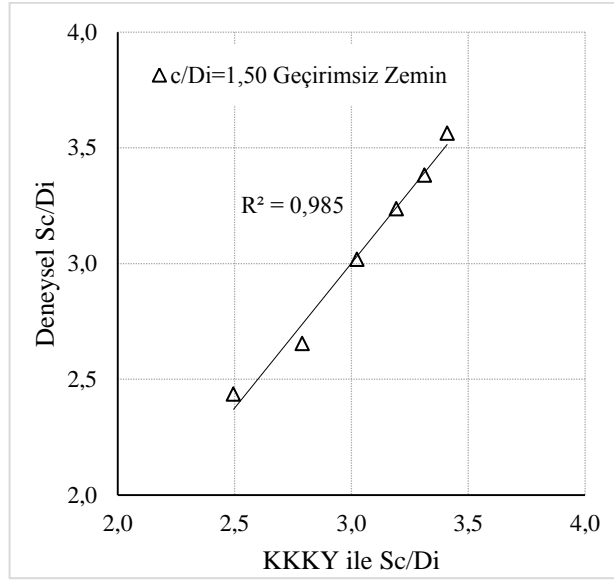
Yapılan deneylerde belirlenen S_c/D_1 değerleri, KKKY ile bulunan S_c/D_1 değerine çok yakın olduğu görülmüştür (Şekil 4.22 ~ 4.29).



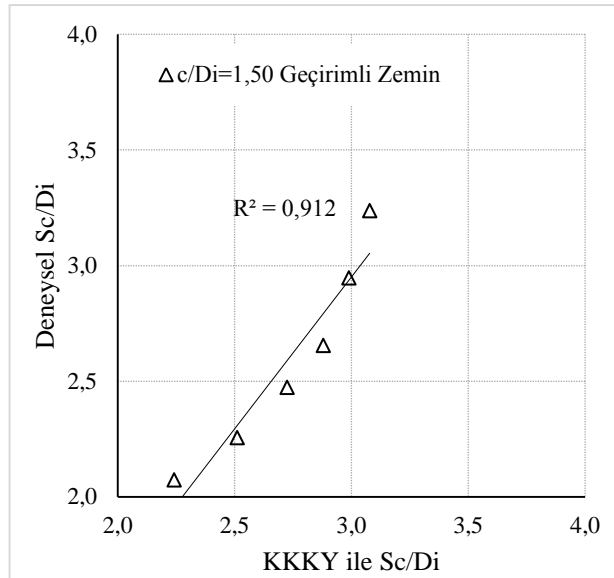
Şekil 4.22. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin)



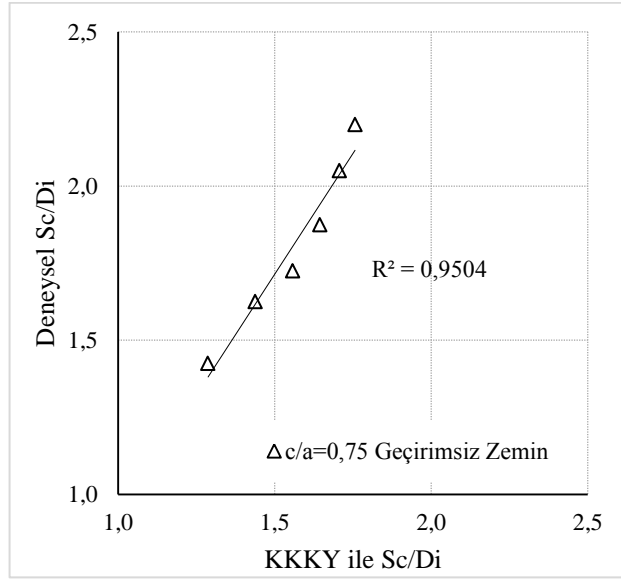
Şekil 4.23. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin)



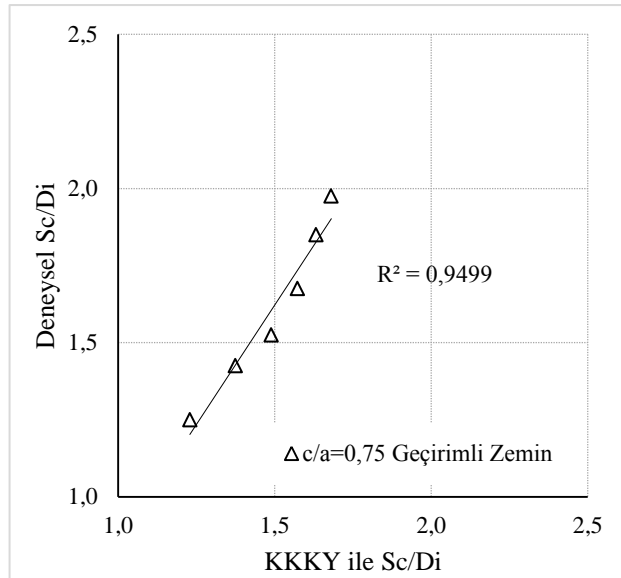
Şekil 4.24. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=1.50$ Geçirimsiz Zemin)



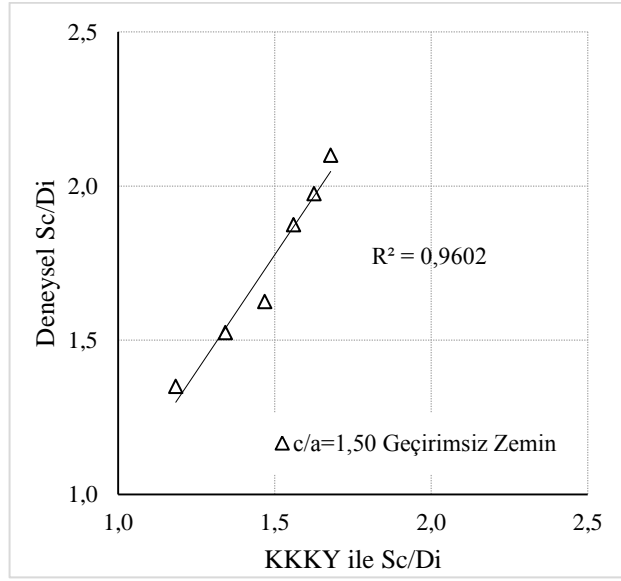
Şekil 4.25. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Daire Kesit, $c/D_i=1.50$ Geçirimli Zemin)



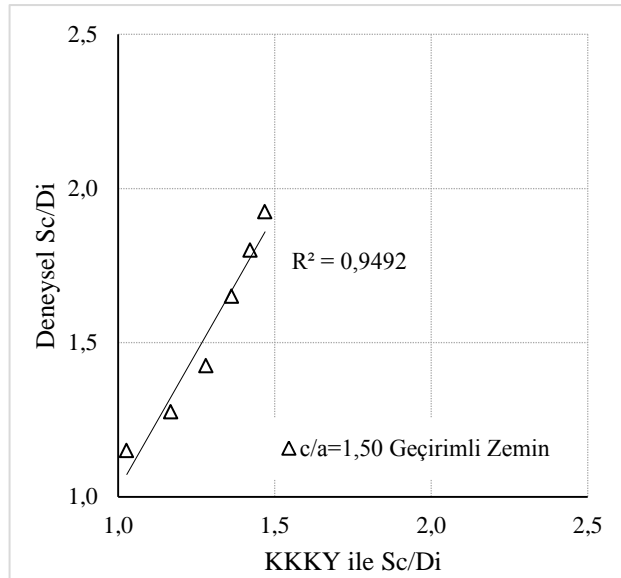
Şekil 4.26. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin)



Şekil 4.27. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimli Zemin)

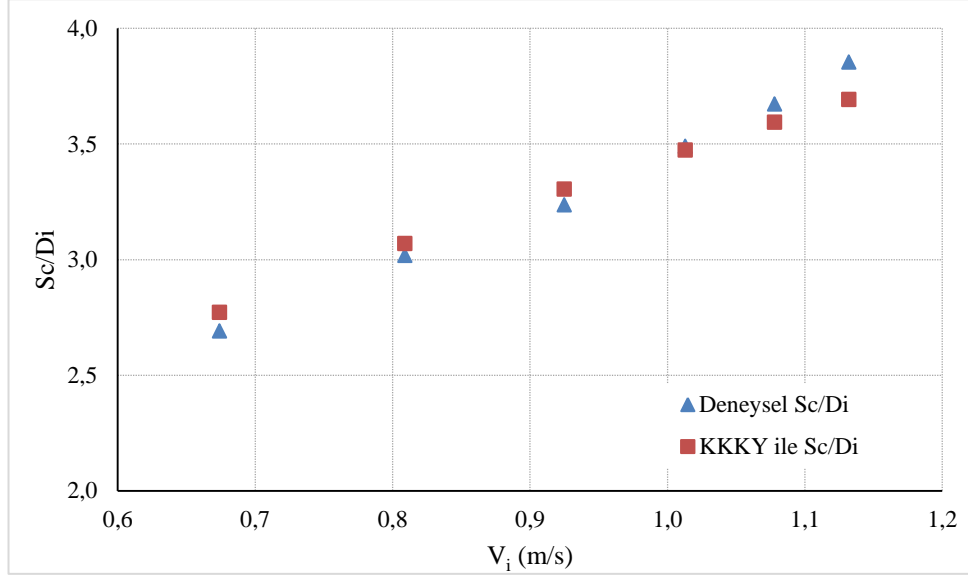


Şekil 4.28. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin)

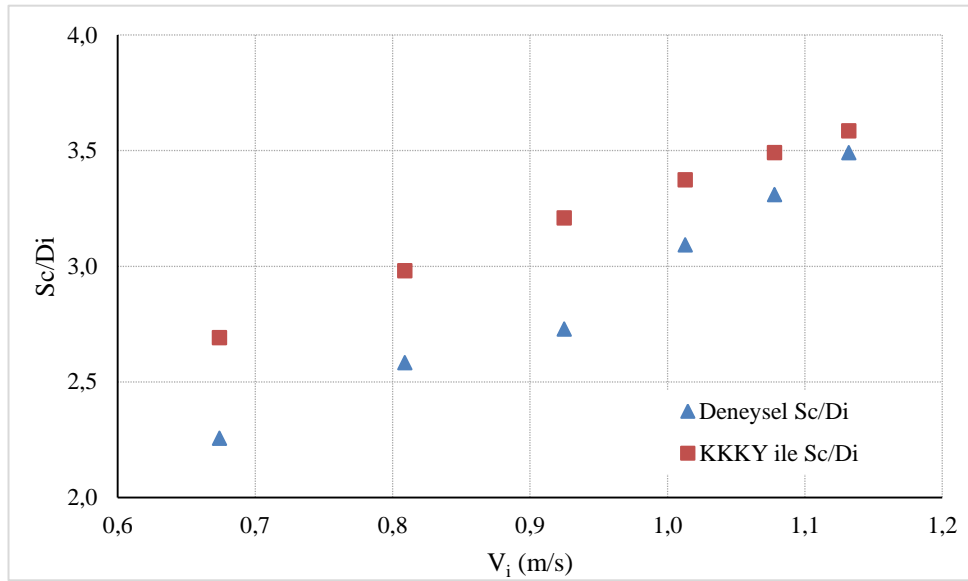


Şekil 4.29. KKKY ve Deneysel S_c/D_i Karşılaştırması (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimli Zemin)

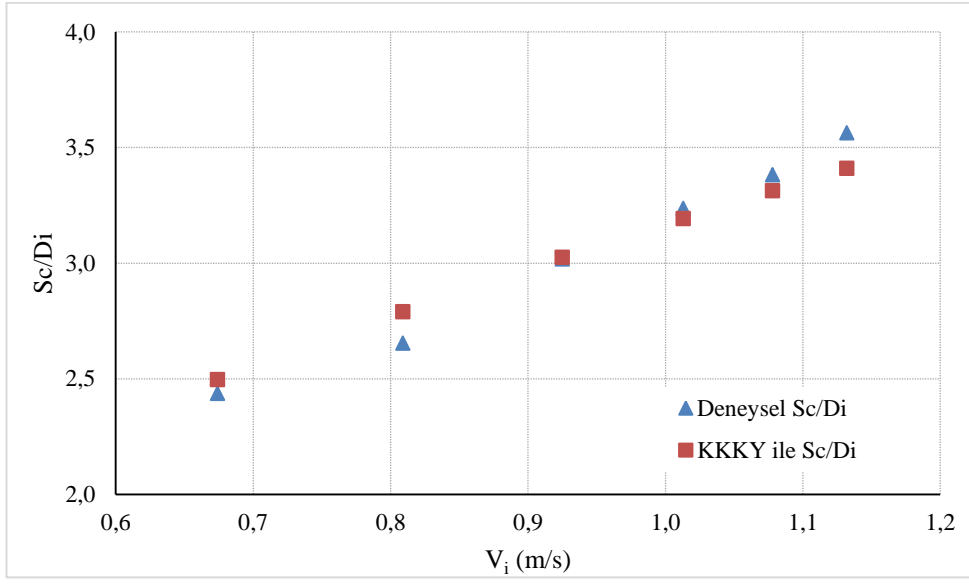
Geçirimli ve geçirimsiz zemin durumları için S_c miktarının, su alma borusundaki hız artıkça arttığı görülmektedir (Şekil 4.30 ~ Şekil 4.37).



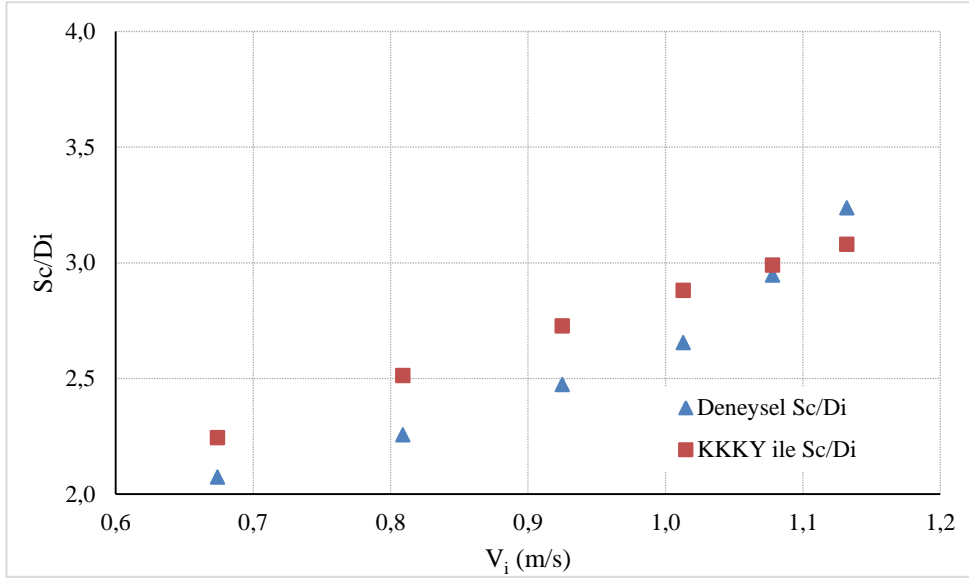
Şekil 4.30. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin)



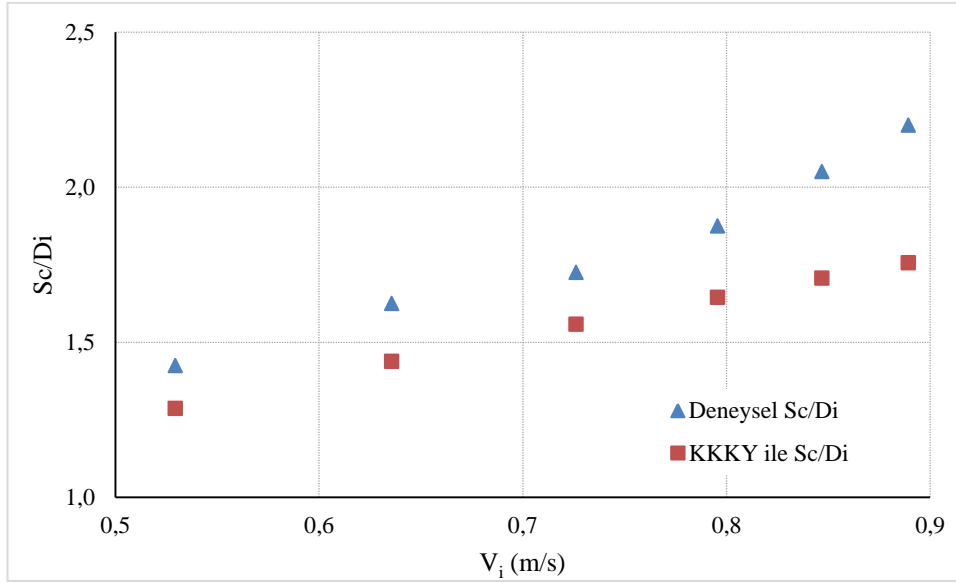
Şekil 4.31. Boru Hızı – S_c/D_i Değişimi (Daire Kesit, $c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin)



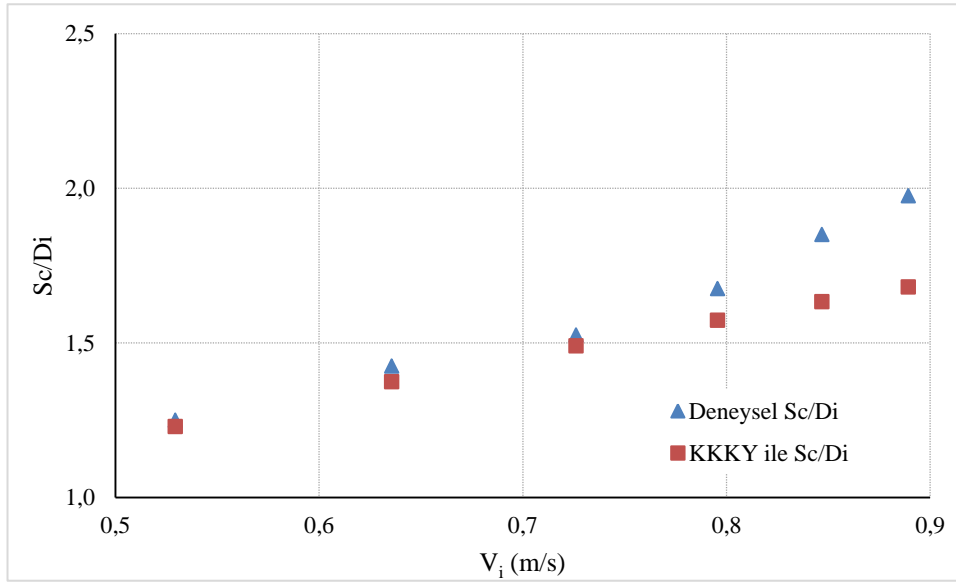
Şekil 4.32. Boru Hızı – Sc/Di Değişimi (Daire Kesit, $c/Di=1.50$ Geçirimsiz Zemin)



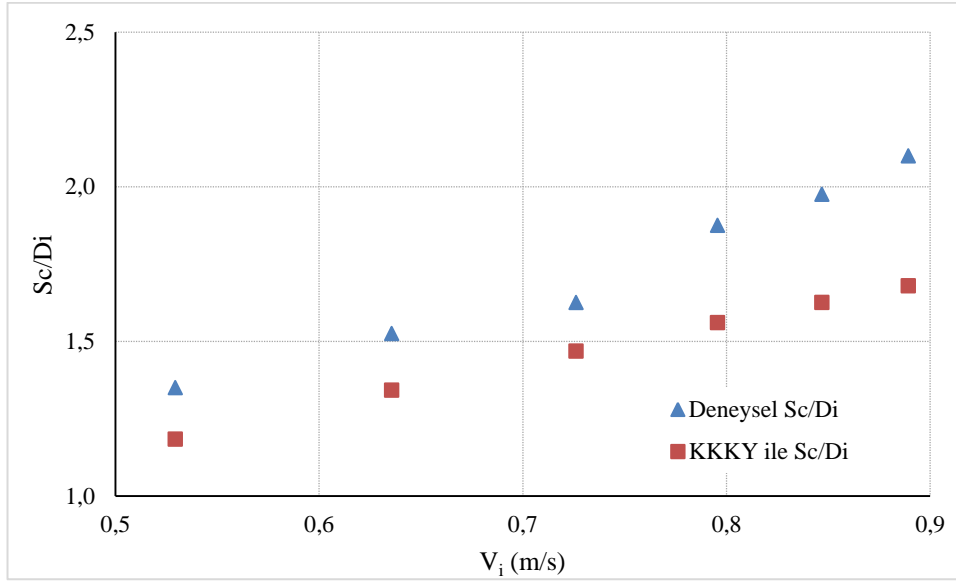
Şekil 4.33. Boru Hızı – Sc/Di Değişimi (Daire Kesit, $c/Di=1.50$ Geçirimli Zemin)



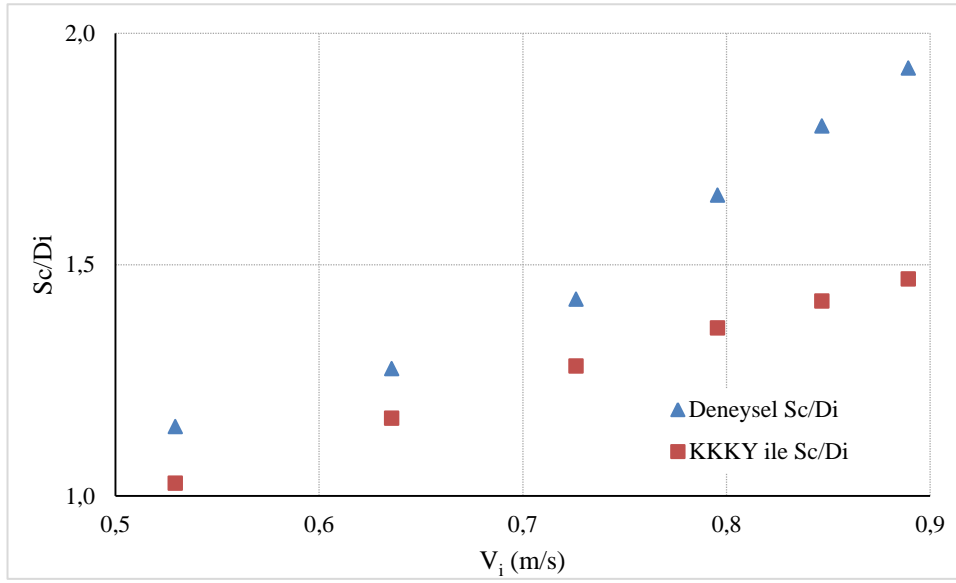
Şekil 4.34. Boru Hızı – Sc/Di Değişimi (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin)



Şekil 4.35. Boru Hızı – Sc/Di Değişimi (Kare Kesit, $c/a=0.75$ Geçirimli Zemin)



Şekil 4.36. Boru Hızı – Sc/Di Değişimi (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin)



Şekil 4.37. Boru Hızı – Sc/Di Değişimi (Kare Kesit, $c/a=1.50$ Geçirimli Zemin)

5. YAPAY SINİR AĞLARI

5.1. Giriş

Bu bölümde Yapay sinir ağları (YSA) ile ilgili kısa bilgi verildikten sonra su alma borularında kritik batıklığın, yapay sinir ağları ile belirlenmesi için model oluşturulacaktır.

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek geliştirilen ve beynin işlevlerini belirli bir yazılım aracılığı ile gerçekleştirmeye çalışan mantıksal programlama teknikleridir.

5.2. Yapay Sinir Ağları (YSA) Yönteminin Tanımı ve Tarihçesi

Yapay sinir ağları (YSA) insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, bağlantılar aracılığı ile birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip olan işlemci elemanlardan oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Bir başka deyişle YSA'lar biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır [43]. Yapay sinir ağlarının literatürde mevcut olan, yapılmış birçok tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlamalardan birkaçı aşağıda verilmiştir.

Haykin (1994), YSA'lar deneysel bilgiyi saklayan ve onu kullanmak için işe yarar hale getiren paralel dağılmış işlemcilerden oluştuğunu ve YSA'ların iki yönden beyine benzediğini belirtmiştir [44]. Bunlar;

1. Bilgi, ağ yapısı tarafından bir öğrenme işlemi yoluyla kazanılır.
2. Nöronlar arasında bulunan ve sinaptik ağırlıklar olarak adlandırılan ağırlıklar bilgiyi depolamak için kullanılır.

Zurada (1992) ise “deneysel bilgiyi kazanan, saklayan ve bu bilgileri kullanan fiziksel hücre sistemleri olarak” YSA'yı tanımlanmıştır [45].

Yapay sinir ağları, genellikle, matematiksel bir model olarak ifade edilemeyen ya da matematiksel modelleri çok karmaşık olan problemlerin çözümlenmesinde başarı ile uygulanmaktadır. Beynin fizyolojisinden esinlenerek oluşturulmuş olan YSA'larda

nöron adı verilen ve birbirleri ile bağlantılı olan işlemci elemanlar bulunmaktadır. YSA'ların öğrenbilme özelliği birçok araştırmacının dikkatini çeken bir özelliktir. Öyle ki YSA'lar, doğrusal olan ya da olmayan bir probleme ait tek veya çoklu değişkenlere bağlı olarak tanımlanabilen giriş verileri ile yine tek veya çoklu değişkenlere bağlı olarak tanımlanabilen çıkış değerleri arasında ilişki kurabilme yeteneğine sahiptir.

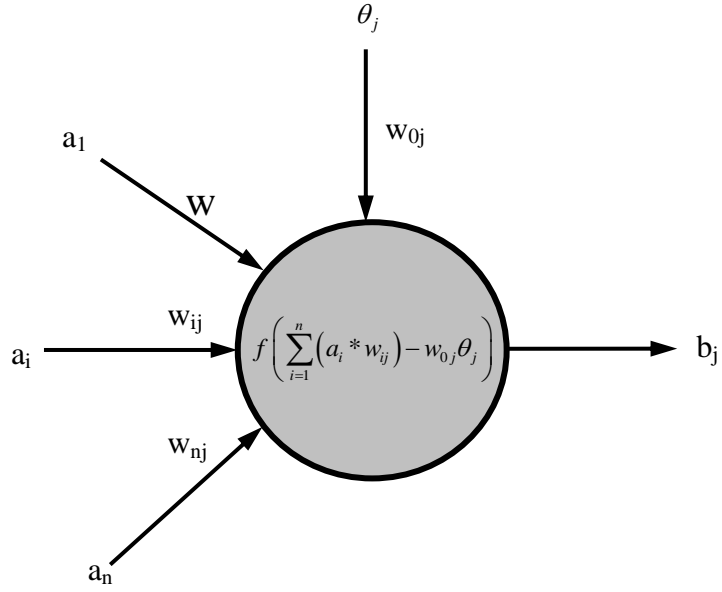
Modern anlamda YSA'lar üzerinde yapılan ilk çalışmalar; 1940'lı yıllarda McCulloch ve Pitts tarafından yapılan çalışma ile başlamıştır. McCulloch ve Pitts 1943 yılında yaptıkları çalışma ile yapay nöronlarda oluşan ağ yapılarının aritmetik ve mantıksal fonksiyonları hesaplayabileceğini göstermiştir. McCulloch ve Pitts tarafından yapılan çalışma ile aynı zamanda, nöron adı verilen işlemci elemanın biçimsel modeli de ilk defa ortaya konmuştur [46].

Yapay sinir ağları konusunda pratik ilk uygulama 1950'li yılların sonlarında, perseptron ağı ve bu ağ yapısına ait öğrenme kuralının Rosentblatt tarafından önerilmesi ile yapılmıştır. Rosentblatt tarafından 1958 yılında bulunan ve perseptron olarak adlandırılan nöron benzeri yapının desen tanıma işlemindeki başarısı YSA araştırmalarına karşı büyük ilgi uyandırmıştır [47].

YSA'lar ile ilgili olarak 1970'li yıllarda da bazı önemli çalışmalar yapılmıştır. 1972 yılında Kohonen ve Anderson birleşik hafızalar üzerine çalışmalar yapmışlar ve bu çalışmaları ile de danışmansız öğrenme yöntemlerinin gelişmesine ışık tutmuşlardır. 1980'li yıllarda kapasiteleri oldukça artmış olan kişisel bilgisayarların yaygınlaşması, yeni ve önemli fikirlerin ortaya atılması ile YSA konusundaki araştırmalar tekrar hız kazanmıştır [43, 45, 48].

5.3. Yapay Nöron

Nöronlar, YSA'ların temel elemanı olan bilgi işleme birimleridir. Şekil 5.1'de yapay bir nöron modeli gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Yapay Nöron Yapısı

Yapay bir nörona ait olan üç temel bileşen tanımları aşağıda yapılmış olan bağlantı ağırlıkları, toplama fonksiyonu ve aktivasyon (transfer) fonksiyonudur.

1. **Bağlantı Ağırlıkları:** Nöronlar arasında bulunan bağlantıların her biri kendilerine ait w değeri ile gösterilmektedir. Öyle ki bir j nöronunu bir k nöronuna bağlayan bağlantının girişinde bulunan bir x_j sinyali x_k ağırlık değeri ile çarpılıp k nöronuna giriş değeri olarak iletilir. j ve k nöronları arasında bulunan bağlantı aracılığı ile k nöronuna aktarılan sinyal k nöronu üzerinde uyarıcı bir etki yapıyor ise (+) bir ağırlık değeri ile, engelleyici bir etki yapıyor ise (-) ağırlık bir değeri ile ağırlıklandırılır.
2. **Toplama Fonksiyonu:** Herhangi bir nöron tarafından kabul edilen ağırlıklandırılmış olan giriş değerleri nöron yapısında bulunan doğrusal bir toplama fonksiyonu aracılığı ile toplanarak nöronun giriş değeri bulunur.
3. **Aktivasyon Fonksiyonu:** Herhangi bir nöronun net giriş değerine karşılık olan çıkış değerinin belli bir değer aralığında kalmasını sağlayan fonksiyondur. Nöronun giriş ve çıkış değerleri arasında ilişki kurmaktadır. Şekil 5.1’de gösterilen doğrusal olmayan bir nöron modelinde dış ortamdaki uygulanan ve threshold (eşik) değeri adı verilen bir θ_k değeri de bulunmaktadır. Bu değer nöronun net giriş değerlerini azaltan bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan nörona ait net giriş değerini artırıcı bir etkisi olan ve threshold değerinin negatifi olarak

ifade edilen bias terimi de nöron yapısına dış ortamdan uygulanabilmektedir. Yapay bir k nöronu matematiksel olarak Denklem (5.1) ve Denklem (5.2)'de verilen eşitlikler ile tanımlanabilir [44].

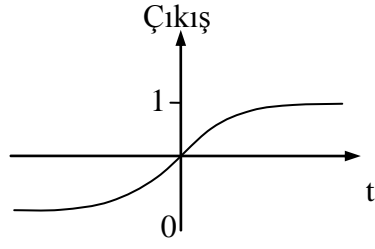
$$u_k = \sum_{j=1}^P w_{kj} x_j \quad (5.1)$$

$$y_k = \varphi(u_k - \theta_k) \quad (5.2)$$

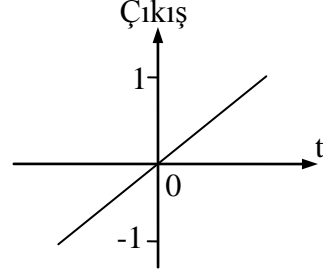
Burada; $x_1, x_2, x_j, \dots, x_p$, değerleri k nöronuna gelen giriş sinyalleri; $x_{k1}, x_{k2}, x_{kj}, \dots, x_{kp}$, , değerleri k nöronu bağlantı ağırlıkları; u_k , ağırlıklandırılmış giriş değerlerin doğrusal toplamı; θ_k , k nöronu threshold (eşik) değeri; φ , k nöronu aktivasyon fonksiyonu; y_k , k nöronu çıkış sinyalidir.

5.4. Aktivasyon (Transfer) Fonksiyonu

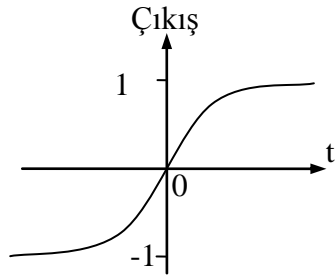
Yapay sinir ağları (YSA), herhangi bir nörona gelen ağırlıklandırılmış girişlerin toplamı ile nöronun threshold (eşik) değeri arasındaki fark bu nörona ait net giriş değeri, başka bir ifade ile nöronun aktiflik seviyesi olarak tanımlanır. Nöronun net giriş değeri ile bu değere karşılık elde edilecek olan çıkış değeri arasındaki ilişki aktivasyon fonksiyonları yardımı ile sağlanır. Aktivasyon fonksiyonları, öğrenme eğrisi ya da transfer fonksiyonları olarak da adlandırılabilirler. YSA yapısı içerisinde kullanılacak transfer fonksiyonlarının sürekli ve türevi alınabilir fonksiyonlar olması gerekmektedir. Ağ yapısına sunacağımız problemin özelliklerine göre doğrusal ya da doğrusal olmayan bir transfer fonksiyonu seçilebilir. YSA'larda en çok tercih edilen transfer fonksiyonları Şekil 5.2'de gösterilmiştir [49].



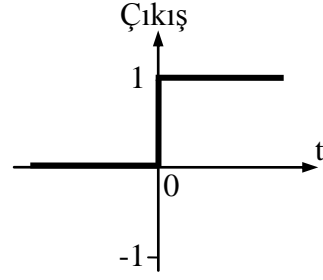
(a) Sigmoid



(b) Doğrusal



(c) Hiperbolik Tanjant



(d) Keskin Sınırlayıcı

Şekil 5.2. YSA'larda En Çok Tercih Edilen Aktivasyon Fonksiyonları

Keskin sınırlayıcı aktivasyon fonksiyonu (Hard Limit) herhangi bir nöronun net giriş değeri sıfırdan küçükse nöronun çıkış değerini 0'a, sıfırdan büyük ya da sıfıra eşit ise 1 değerine atamaktadır. Giriş değerlerine karşılık elde edilecek çıkış değerlerinin iki ayrı grupta sınıflandırılacağı problemler için tercih edilen bir aktivasyon fonksiyonudur. Nöronun çıkış değerinin aynı nöronun net giriş değerine eşit olduğu doğrusal transfer fonksiyonları Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile ifade edilebilirler.

$$v_k = u_k - \theta_k \quad (5.3)$$

$$y_k = v_k \quad (5.4)$$

Burada; v_k , k nöronu net giriş değeridir.

Doğrusal transfer fonksiyonu doğrusal YSA yapılarında ve çok katmanlı ileri beslemeli YSA yapılarının çıkış katmanında kullanılmaktadır.

Logaritma sigmoid (S) transfer fonksiyonu Denklem (5.5)'i kullanarak $+\infty$ ile $-\infty$ aralığında herhangi bir değere sahip olan nöron net giriş değerlerini 0 ile 1 aralığında sınırlandırılmış herhangi bir çıkış değerine atamaktadır. Genellikle geri yayılım öğrenme kuralının kullanıldığı çok katmanlı ağ yapılarında tercih edilen bir transfer fonksiyonudur [44, 49].

$$y_k = \frac{1}{1 + e^{-v_k}} \quad (5.5)$$

Nöron çıkış değerlerinin -1 ile $+1$ aralığında olduğu problemlerde Denklem (5.6) ile ifade edilen ve orjine göre ters simetrik olan hiperbolik tanjant (TH) fonksiyonu kullanılabilir. Hiperbolik tanjant fonksiyonunun kullanıldığı problemlerde nöron net giriş değeri $-\infty$ ile $+\infty$ aralığında değerler alabilmektedir:

$$y_k = \frac{1 - e^{-2v_k}}{1 + e^{2v_k}} \quad (5.6)$$

5.5. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA'lar, nöronlardan ve ağ bağlantılarından meydana gelmektedir. Ağ bağlantı şekillerine ve öğrenme kurallarına göre YSA yapıları farklı şekillerde sınıflara ayrılırlar.

5.5.1. Mimari Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları nöron adı verilen çok sayıdaki işlemci elemanın bir araya gelmesi sonucu oluşmaktadır. YSA yapılarında işlemci elemanlar ve bağlantıları çok farklı şekillerde bir araya getirilebilirler. Bunun sonucu olarak da ağ yapıları işlemci eleman ve bağlantı mimarilerine göre değişik isimler alırlar. YSA mimarileri, işlemci elemanlar arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ yapısı içerisindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu ifadeye göre YSA'lar için ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisi tanımlanabilir.

5.5.1.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları Yapısı

Bu tip YSA yapıları genellikle katmanlar şeklinde tasarlanmaktadır. Çoğunlukla, parametrelere bağlı olarak tanımlanan giriş verileri ağ yapısı içerisinde giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü olarak iletilirler. Her katmandaki işlemci elemanlar sadece kendilerinden önceki katmanda bulunan işlemci elemanlardan giriş kabul edebilirler. Bir işlemci eleman kendisinin bulunduğu katmandan bir sonraki katmanda yer alan herhangi bir işlemci elemana bağlanabilirken kendi bulunduğu katmanda yer alan işlemci elemanlar ile bağlantı kuramamaktadır. Bu tip ağ yapıları giriş ve çıkış vektörleri arasında statik eşleme yapmaktadır. Yani, herhangi bir andaki çıkış değeri o andaki giriş vektörünün bir fonksiyonudur. Çok katmanlı perseptron ağlar (MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağ yapıları ileri beslemeli ağ yapılarına örnek olarak verilebilirler.

5.5.1.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları Yapısı

Geri beslemeli ağ yapıları genellikle danışmansız öğrenme kurallarının uygulandığı ağ yapıları olarak da tanımlanabilirler. Bu tip ağ yapıları, çıkış katmanı dâhil olmak üzere herhangi bir katmanın veya tüm katmanların çıkışlarını bir önceki katmana veya giriş katmanına ilettikleri yapılardır. Geri beslemeli YSA yapısında veri, giriş katmanından çıkış katmanına doğru ve çıkış katmanından giriş katmanına doğru olmak üzere iki yönlü olarak iletilir. Veri akışının çift yönlü olmasından dolayı bu tip ağ yapılarına yer alan ağırlıklar dinamik bir hafıza özelliği taşımaktadır. Bu tip YSA yapılarında herhangi bir anda gözlenen çıkış değeri o ana kadar işlenmiş olan tüm verilerin bir sonucu olarak elde edilir. Hopfield, Elman ve Jordan ağ yapıları bu tip YSA yapılarına örnek olarak gösterilebilirler [43, 50].

5.5.2. Öğrenme Yöntemlerine Göre Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Öğrenme kuralı, herhangi bir ağ yapısı içerisinde bulunan bağlantı ağırlıkları ve bias değerlerinin güncellenebilmesi için gerekli olan prosedürü tanımlamaktadır. Öğrenme kuralı aynı zamanda eğitim algoritması olarak da ifade edilebilir. Öğrenme kuralının amacı, ağ yapısının kendisine sunulan bir probleme karşılık en iyi sonuç değerlerini üretmesi için gerekli olan ağırlık ve bias değerlerinin tanımlanmasını sağlamaktır. Ağ yapılarının eğitimi için kullanılan öğrenme kuralları, danışmanlı

öğrenme (supervised learning), danışmansız öğrenme (unsupervised learning) ve takviyeli öğrenme (reinforcement learning) olmak üzere üç öğrenme yöntemi başlığı altında toplanabilir [43, 49].

5.5.2.1. Danışmanlı Öğrenme

Danışmanlı öğrenmede öğrenme kuralı eğitim seti adı verilen bir örnekler kümesi ile desteklenmektedir. Denklem (5.7)'de yer alan bu örnekler kümesinde p_q ağ yapısına sunulan bir giriş örneği ve t_q da bu giriş değerine karşılık olan çıkış değeridir. Giriş örneklerinin ağ yapısına uygulanmasının ardından ağ yapısının bu giriş örnekleri için üretmiş olduğu çıkış değerleri elde edilir. Ağ yapısının giriş örnekleri için üretmiş olduğu çıkış değerleri bu giriş örneklerine ait olan gerçek çıkış değerleri ile karşılaştırılır.

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \{p_3, t_3\}, \dots, \{p_q, t_q\} \quad (5.7)$$

Ağ tarafından üretilmiş olan çıkış değeri ile giriş örneklerine ait gerçek çıkış değerleri arasındaki farkın azaltılması için ağ yapısının ağırlık ve bias değerleri kullanılan öğrenme kuralı ile güncellenir. İki çıkış değeri arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenmiş olan değerden küçük oluncaya kadar eğitim işlemine devam edilir. Hata değeri istenilen değer altına düştüğünde ağ yapısı içerisinde bulunan tüm ağırlık değerleri sabitlenerek eğitim işlemine son verilir. Danışmanlı öğrenmeye, geri yayılım kuralı örnek olarak verilebilir [43, 49].

5.5.2.2. Danışmansız Öğrenme

Bu öğrenme şeklinde ağ yapısı içerisinde bulunan ağırlık ve bias değerleri sadece ağ yapısına uygulanan giriş örneklerine göre değiştirilir. Ağ yapısına giriş örneklerine ait gerçek çıkış değerleri sunulmaz. Danışmansız öğrenmede; ağ, giriş verilerini üyeleri birbirinin benzeri olan sınıflara yol göstermeksizin ayırmaktadır. YSA bu sınıflandırma yaklaşımını gerçekleştirebilmek için ağırlıklarını benzer nitelikli verileri ayırt edebilecek şekilde değiştirir. Yarışmacı öğrenme (competitive learning), Grossberg tarafından geliştirilmiş olan ART (Adaptive Resonance Theory) ve Kohonen tarafından geliştirilmiş olan SOM (Self-Organizing Map) öğrenme kuralları danışmansız öğrenmeye örnek olarak gösterilebilirler [43, 49, 50].

5.5.2.3. Takviyeli Öğrenme

Bu öğrenme şekli danışmanlı öğrenmeye benzemektedir. Ancak bu öğrenme şeklinde ağ yapısına sunulan her bir giriş örneğinin karşılığı olarak gerçek çıkış değerleri ağ yapısına sunulmaz. Buna karşılık ağ yapısının üretmiş olduğu çıkış değerlerinin uygulanan giriş verilerine uygunluğunun belirlenmesi için bir kriter kullanılır. Bu öğrenme şeklinde, ağ yapısı kullanılan kritere göre üretmiş olduğu çıkış değerlerinin iyi veya kötü olarak değerlendirmesini yapar. Optimizasyon problemlerinin çözümü için uygun bir öğrenme şeklidir. Hinton ve Seynowskin tarafından geliştirilmiş olan Boltzman kuralı ve genetik algoritma bu öğrenme şekline örnek olarak gösterilebilir [43, 49, 50].

5.6. Çok Katmanlı Perceptron Ağlar (MLP) ve Öğrenme Algoritmaları

MLP ağ yapıları, özellikle mühendislik uygulamalarında son derece yaygın olarak kullanılan bir sinir ağı modelidir. Bu ağ yapısının yaygın olarak tercih edilmesinin en büyük nedeni ise birçok öğrenme algoritmasının bu ağı eğitmede kullanılabilir olmasıdır.

5.6.1. Çok Katmanlı Perceptron Ağlar (MLP)

Ara katmanların bulunmadığı, sadece giriş ve çıkış katmanlarından oluşan perceptron ağ yapıları benzer giriş örneklerinin benzer çıkış örneklerine eşlenmesi konusunda oldukça başarılı tahminler yapmışlardır.

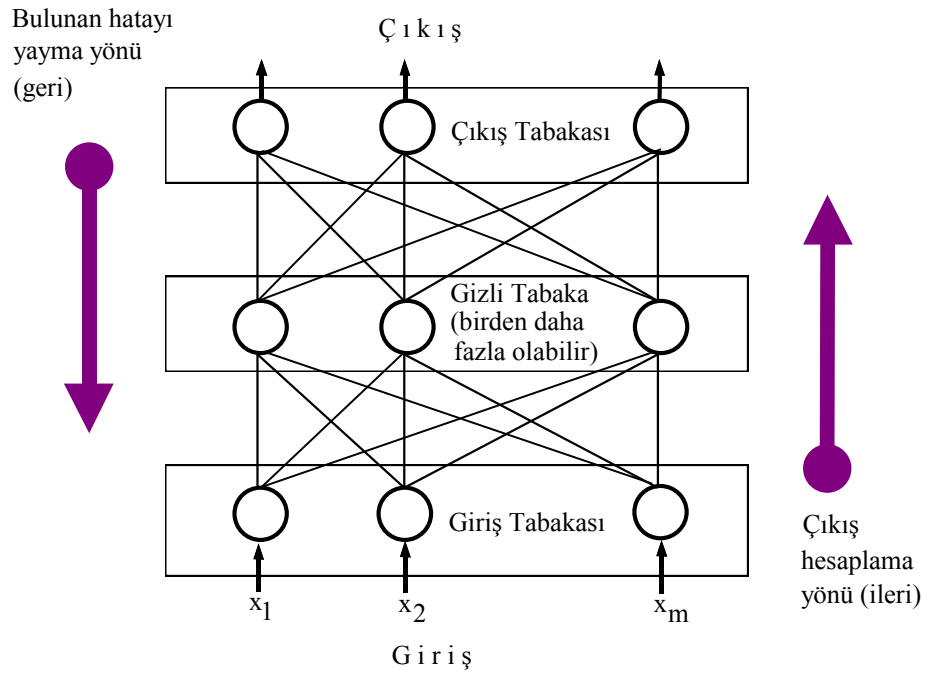
Ancak giriş ve çıkış örneklerinin çok farklı olduğu problemlerde bu tek katmanlı ağ yapılarının benzer başarıyı sergileyemedikleri gözlenmiştir. Tek katmanlı ağ yapılarının geliştirilmesi ile çok katmanlı perceptron (MLP) ağ yapıları oluşturulmuştur.

MLP ağ yapıları; dış ortamdan gelen sinyalleri algılayan giriş nöronlarının oluşturduğu bir giriş katmanı, gizli nöronlardan oluşan bir ya da daha fazla sayıdaki ara katman ve çıkış nöronlarının oluşturduğu bir çıkış katmanından meydana gelmektedir. Bu ağ yapısının en önemli özelliği; herhangi bir tabakada bulunan nöronun kendinden sonraki tabakada yer alan nöronlara kendi çıkış değerini gönderebilmesi ve kendi bulunduğu katmandan bir önceki katmanda yer alan

nöronların her birinden giriş verisi kabul edebilmesidir. MLP ağ yapılarında katmanlar ve aynı katman içerisinde yer alan nöronlar arasında bağlantı bulunmamaktadır. Şekil 5.3’de bir MLP ağ yapısı gösterilmiştir.

MLP ağ yapılarında giriş katmanında bulunan giriş nöronları dış ortamdan iletilen sinyallerin algılanmasını sağlarlar. Giriş katmanında, algılanan sinyaller üzerinde herhangi bir bilgi işleme yapılmaz.

Bu katmanda yer alan işlemci eleman sayısı tamamen uygulanan problemin giriş parametresi sayısına bağlıdır. Ara katmanda bulunan gizli nöronlar ile çıkış katmanında yer alan çıkış nöronları ise veri işleme yeteneğine sahip işlemci elemanlardır. Ara katmanda yer alan gizli nöronlar probleme ait olan giriş ve çıkış örnekleri arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkinin çözümlenmesinde büyük rol oynarlar. MLP ağ yapılarında ara katman sayısı ve ara katmanlarda kullanılacak nöron sayısı deneme–yanılma yolu ile bulunurken çıkış katmanında kullanılacak nöron sayısı uygulanan problemin özelliklerine bakılarak belirlenmektedir. Bu tip ağ yapılarında giriş sinyalleri ağ yapısı boyunca giriş katmanından çıkış katmanına doğru tabakalar boyunca ileri doğru yayılır. Geri besleme yoktur. Bu yüzden bu tip ağ yapıları ileri beslemeli sinir ağları sınıfında yer alırlar.



Şekil 5.3. Geri Yayılım MLP yapısı

5.6.2. Geri Yayılım Öğrenme Kuralı

Perseptron yakınsama kuralı ya da diğer bir adı ile Delta kuralı olarak da bilinen bu kural, basit ağ yapıları ile kullanılabilen ve oldukça iyi sonuçlar veren bir öğrenme kuralıdır. Fakat bu öğrenme kuralı ara katmanların olduğu çok katmanlı ağ yapıları ile kullanılamamaktadır. Bu eksikliğin giderilebilmesi amacıyla Rumelhart, Hinton ve Williams tarafından günümüzün en popüler algoritması olan ve genelleştirilmiş delta kuralı ya da geri yayılım (back propagation) yöntemi olarak adlandırılan öğrenme kuralı geliştirilmiştir [47].

Delta kuralında; ağ yapısı öncelikle sunulan giriş örneklerine karşılık olan çıkış değerlerini üretir. Daha sonra giriş örneklerine ait gerçek çıkış değerleri ile kendisinin üretmiş olduğu çıkış değerlerini karşılaştırır. Eğer ağ çıkış değeri ile gerçek çıkış değeri arasında fark yoksa bu durumda ağ yapısının kendisine uygulanan problemi öğrenemediği anlaşılır. Aksi takdirde ise ağ yapısı içerisinde bulunan bağlantı ağırlıkları iki çıkış değeri arasındaki farkın azaltılması ve bu iki sonuç değerinin birbirine yakınsamasının sağlanması amacıyla değiştirilir. Eğitim seti içerisinde bulunan her bir veri örneğine ait gerçek çıkış değeri ile ağ tarafından üretilen çıkış değeri arasındaki farkın kareleri toplamı minimize edilir. Hata değerinin her bir ağırlığa göre türevinin, negatif bir orantılılık sabiti ile, ağırlık değişimi ile doğru orantılı olması durumu delta kuralı olarak ifade edilir. Delta kuralı hata değeri ile orantılı bir şekilde ağ yapısı içerisinde bulunan bağlantı ağırlıklarını kuvvetlendirir ya da zayıflatır [51, 52].

Literatürde öğrenme algoritmaları sayısı oldukça fazladır ve bu algoritmaların farklı alanlardaki problemlere uygulamaları yapılarak karşılaştırmaları yapılmıştır [53, 54].

Öğrenme algoritmalarından Levenberg–Marquardt tekniği, geleneksel gradient descent tekniğine göre çok daha hızlı ve güçlüdür [48, 55]. Gopalakrishnan (2010) çalışmasında on iki farklı öğrenme algoritması karşılaştırmıştır. Levenberg–Marquardt tekniği diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında eğitime ve test aşamalarında en iyi performansa ve aynı zamanda en hızlı yakınsama özelliğine sahiptir. Bu nedenle çalışmada Levenberg–Marquardt algoritması kullanılmıştır. Diğer öğrenme algoritmaları ile ilgili detaylı bilgi literatürden temin edilebilir [48, 49, 54, 56, 57].

5.6.2.1. Levenberg–Marquardt Eğitim Algoritması (LM)

Levenberg–Marquardt (LM) eğitim algoritmasında da Quasi–Newton yöntemlerinde olduğu gibi Hessian matrislerinin hesaplanmadığı bir optimizasyon tekniği kullanılmıştır. LM eğitim algoritması, hata fonksiyonunun hata değerlerinin kareleri toplamı şeklinde ifade edilmesi durumunda Hessian matrislerini Denklem (5.8)'de belirtilen ifade yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$H = J^T J \quad (5.8)$$

Bu eşitlikte yer alan J , Jacobian matrisidir. Jacobian matrisi ağ yapısında oluşan hata değerlerinin ağırlık ve bias değişkenlerine göre birinci dereceden kısmi türevlerinden oluşur. LM eğitim algoritmasında hata fonksiyonunun gradientinin hesaplanabilmesi için de Denklem (5.9) kullanılır.

$$g = J^T e \quad (5.9)$$

Burada; e , ağ yapısında meydana gelen hata değerlerinin oluşturduğu bir hata vektörüdür.

Hessian matrislerinin hesaplanmasına göre daha basit bir şekilde bulunabilen Jacobian matrisleri standart geri yayılım kuralına göre hesaplanabilmektedir. LM eğitim algoritması, Newton yönteminde kullanılan değişim ifadesine benzer bir yaklaşımı Hessian matrislerine uygulamaktadır. Bu yaklaşım Denklem (5.10)'da gösterilmiştir.

$$x_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (5.10)$$

Skaler μ ifadesinin sıfır olduğu durumda ifade hemen hemen Newton yöntemi ile benzer olmaktadır. μ değerinin büyümesi durumunda ise eşitlik küçük bir adım boyunun kullanıldığı bir Gradient Descent ifadesine dönüşmektedir.

LM eğitim algoritması uygun ölçülerde boyutlandırılmış ileri beslemeli bir ağ yapısı için en hızlı şekilde yakınsayan bir yöntem olarak görünmektedir [47].

5.7. Yapay Sinir Ağları ile Kritik Batıklığın Belirlenmesi

Yapay sinir ağları birçok bilim dalında kullanıldığı gibi hidroloji ve hidrolik bilim dallarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda, Minns (1995), Babovic (1995) ve Ervin ve Macleod (1999), YSA kullanarak bazı hidrolik problemlerinin çözümünde önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Çobaner ve ark. (2008), nehirler üzerindeki köprülerin gerisindeki su kabarmalarının belirlenmesinde YSA'ni başarılı bir şekilde uygulamışlardır [58, 59, 60, 61].

Levenberg–Marquardt tekniği kullanılarak çok tabakalı perseptron (MLP) ağı eğitilmiştir. Bu Levenberg–Marquardt tekniği, geleneksel gradient descent tekniğine göre çok daha hızlı ve güçlüdür [47, 55].

Kritik batıklığın belirlenebilmesi için, YSA ve çoklu lineer regresyon (ÇLR) modellerinde giriş parametreleri olarak porozite (n), açıklık–çap oranı (c/D_i , c/a) ve su alma boru hızı (V_i) alınırken, çıkış parametresi olarak ise kritik batıklık–çap oranı (S_c/D_i , S_c/a) alınmıştır.

Nöronların sınırlı aralıklı transfer fonksiyonlarına sahip olduğundan ağ modeli için veri örnekleri sunulmadan önce dataların ön işleme tabi tutulması genellikle zorunludur. Data örneklerinin ölçeklendirilmesinin sebebi, ağ ağırlıklarının yorumlanabilmesinin geliştirilmesi ve değişkenlerin önemliliğinin eşitlenmesi olarak tarif edilebilir [62, 63]. Verilere YSA uygulamadan önce, eğitime seti giriş ve çıkış değerleri Denklem (5.11) kullanılarak standartlaştırılmıştır.

$$x_{ni} = a \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + b \quad (5.11)$$

Burada, x_{\min} ve x_{\max} parametrelerin minimum ve maksimum değerlerini, x_{ni} standartlaştırılmış parametreyi belirtmektedir. a ve b ölçek faktörü olarak farklı değerler atanabilmektedir. Standartlaştırma yaklaşımı belli durumlarda kullanılabileceği konusunda sabit bir kural yoktur [63, 64]. Hesaplamalarda bu değerler sırasıyla 0.6 ve 0.2 alınmıştır.

YSA'da; gizli düğümlerin sayısı, öğrenme oranı ve başlangıç ağırlıkları gibi parametrelerin seçimi zor görevlerdendir. Optimum ağ geometrisi, deneme–yanılma yaklaşımı kullanılarak elde edilmiştir. YSA, tek gizli tabaka ile eğitilmiştir. Yeterli bağlantı ağırlıkları kullanıldıkça, tek gizli tabakanın herhangi bir sürekli fonksiyona yaklaşılabileceği de belirtilmelidir [65, 66].

Burada, modelin gizli tabaka düğüm sayısı, verilen herhangi bir fonksiyona yaklaşması için ne kadar gizli tabakaya gereksinim olduğunu söyleyen bir teori henüz olmadığından çeşitli ağ yapıları denendikten sonra belirlenmiştir. Eğitim aşamasında, uyarlamalı öğrenme oranları ve aynı başlangıç ağırlıkları Kişi (2005)'nin kullandığı gibi her YSA ağı için kullanılmıştır [66].

Tanjant sigmoid, logaritmik sigmoid ve doğrusal fonksiyonları, en iyi ağ modeli belirlemek için gizli ve çıkış tabaka nöronlarının aktivasyon fonksiyonları olarak denenmiştir. Gizli ve çıkış tabaka nöronları için sırasıyla logaritmik sigmoid ve doğrusal aktivasyon fonksiyonları kullanılarak uygun gizli düğüm sayısı, deneme yanılma açısından 10 olarak ayarlanırken, eğitim iterasyonu ise 100 olarak ayarlanmıştır.

Her metoda ait eğitim ve test aşamaları için Ortalama Karesel Hataların Karekökü (OKHK), Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) değerleri hesaplanmıştır. Ortalama Karesel Hatanın Karekökü (OKHK) ve Ortalama Mutlak Hata (OMH) sırasıyla;

$$OKHK = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{Sc}{Di_{mak \text{ ölçülen}, i}} - \frac{Sc}{Di_{mak \text{ tahmin}, i}} \right]^2} \quad (5.12)$$

$$OMH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Sc}{Di_{mak \text{ ölçülen}, i}} - \frac{Sc}{Di_{mak \text{ tahmin edilen}, i}} \right| \quad (5.13)$$

denklemleri ile verilmiştir.

Kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i , S_c/a) modellenmesinde model değişkenleri olarak olaya etki eden değişkenler seçilmiştir. Seçilen değişkenlerin istatistiksel

olarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan korelasyon katsayıları Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Daire Kesit İçin Hesaplanan Korelasyon Katsayıları

Değişkenler	Kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i) ile ilişkili olarak hesaplanan korelasyon katsayıları (r)
Porozite (n)	-0.45
Açıklık–Çap Oranı (c/D_i)	0.30
Su Alma Boru Hızı (V_i)	0,83

Tablo 5.2. Kare Kesit İçin Hesaplanan Korelasyon Katsayıları

Değişkenler	Kritik batıklık–çap oranının (S_c/a) ile ilişkili olarak hesaplanan korelasyon katsayıları (r)
Porozite (n)	-0.36
Açıklık–Çap Oranı (c/a)	-0.14
Su Alma Boru Hızı (V_i)	0.91

Giriş değişkenlerine bakıldığında ÇKYSA ve ÇLR modellerinde daire ve kare kesit için kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i , S_c/a) ile korelasyonları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlere göre model girişleri sırasıyla belirlenmiştir. Daire ve kare kesit için en yüksek korelasyona sahip olan değişken ve en düşük korelasyona sahip değişken sırasıyla Su alma boru hızı (V_i) ve Porozite (n) olarak bulunmuştur.

Tablo 5.3’te kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i , S_c/a) modellenmesinde daire ve kare kesitler için oluşan çok katmanlı yapay sinir ağları (ÇKYSA) modellerinin eğitme ve test aşamalarındaki hataları ve determinasyon katsayıları (R^2) değerleri verilmiştir. Tablo 5.3’te ise kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i , S_c/a) modellenmesinde daire ve kare kesitler için oluşan ÇLR modellerinin eğitme ve test aşamalarındaki hataları ve determinasyon katsayıları (R^2) verilmiştir. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’te daire kesit için ÇKYSA (3,1,1) modelinin test aşaması saçılma ve gidiş grafikleri verilmiştir. Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de kare kesit için ÇKYSA (3,1,1) modelinin test aşaması saçılma ve gidiş grafikleri verilmiştir. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da daire kesit için ÇLR (3,1,1) modelinin test aşaması saçılma ve gidiş grafikleri verilmiştir. Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de kare kesit için ÇLR (3,1,1) modelinin test aşaması saçılma ve gidiş grafikleri verilmiştir.

Tablo 5.3. Kritik Batıklık–Çap Oranın (S_c/D_i , S_c/a) Modellenmesinde Daire ve Kare Kesitler İçin Oluşan ÇKYSA Modellerinin Eğitim ve Test Aşamalarındaki Hataları ve Determinasyon Katsayıları (R^2) Değerleri

Kesit	Komb.	Girişler	Model	Eğitme aşaması			Test aşaması		
				OKHK	OMH	R^2	OKHK	OMH	R^2
Daire	(i)	n	ÇKYSA (1,1,1)	0.38	0.32	0.25	0.57	0.49	0.01
	(ii)	n, c/D	ÇKYSA (2,1,1)	0.37	0.31	0.25	0.83	0.75	0.01
	(iii)	n, c/D, V_i	ÇKYSA (3,1,1)	0.05	0.03	0.98	0.09	0.08	0.93
Kare	(i)	n	ÇKYSA (1,1,1)	0.23	0.19	0.22	0.32	0.29	0.00
	(ii)	n, c/a	ÇKYSA (2,1,1)	0.23	0.19	0.27	0.51	0.45	0.00
	(iii)	n, c/a, V_i	ÇKYSA (3,1,1)	0.04	0.03	0.97	0.06	0.05	0.94

Tablo 5.3'e bakıldığında ÇKYSA modellerinin kritik batıklık–çap oranın (S_c/D_i , S_c/a) modellenmesinde eğitim ve test aşamalarındaki hata değerleri ile belirginlik katsayıları görülmektedir. Modele farklı değişkenlerin eklenmesiyle hata değerleri düşmektedir. Belirginlik katsayılarının da arttığı görülmektedir. Daire kesit için 3 girişli, 1 ara tabakalı ÇKYSA (3,1,1) modelinin test aşamasında en küçük hata değerleri verdiği görülmektedir. Kare kesit için ise 3 girişli ÇKYSA (3,1,1) modelinin en küçük hata değerleri verdiği görülmektedir.

Tablo 5.4. Kritik Batıklık–Çap Oranın (S_c/D_i , S_c/a) Modellenmesinde Daire ve Kare Kesitler İçin Oluşan ÇLR Modellerinin Eğitim ve Test Aşamalarındaki Hataları ve Determinasyon Katsayıları (R^2) Değerleri

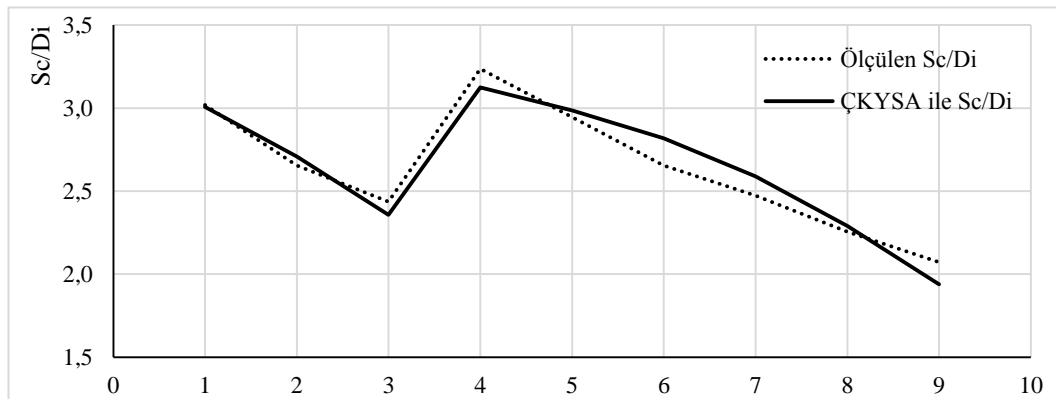
Kesit	Komb.	Girişler	Model	Eğitme aşaması			Test aşaması		
				OKHK	OMH	R^2	OKHK	OMH	R^2
Daire	(i)	n	ÇLR (1)	2.62	2.16	0.25	2.2	1.62	0.01
	(ii)	n, c/D	ÇLR (2)	0.92	0.80	0.00	2.34	2.28	0.01
	(iii)	n, c/D, V_i	ÇLR (3)	0.19	0.14	0.93	0.24	0.20	0.85
Kare	(i)	n	ÇLR (1)	1.47	1.21	0.22	0.90	0.67	0.00
	(ii)	n, c/a	ÇLR (2)	0.48	0.42	0.07	1.27	1.24	0.00
	(iii)	n, c/a, V_i	ÇLR (3)	0.07	0.05	0.95	0.09	0.08	0.94

Tablo 5.4'ya bakıldığında modele farklı değişkenlerin eklenmesiyle hata değerlerinin düştüğü çoklu lineer regresyon (ÇLR) yönteminde de görülmektedir. Daire kesit için 3 girişli, 1 ara tabakalı ÇLR (3,1,1) modelinin test aşamasında en küçük hata değerlerini verdiği görülmektedir. Kare kesit için ise 3 girişli ÇLR (3,1,1) modelinin en küçük hata değerleri verdiği tespit edilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen modellere bakıldığında 3 girişli modellerin en iyi sonuçları verdiği görülmektedir. ÇKYSA yöntemi sonucu oluşan saçılma grafiklerine bakıldığında veri noktalarının doğru eksenine ÇLR yönteminde daha yakın olduğu görülmektedir. Bu durum da hata değerlerinin ÇLR'ye göre daha az olduğu söylenebilir.

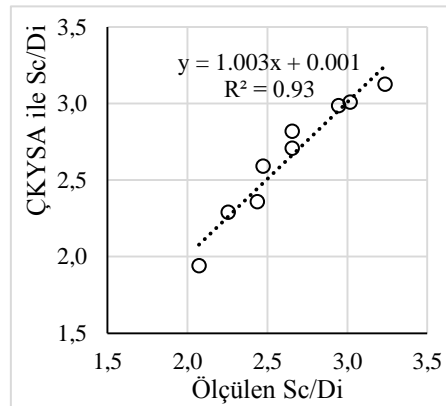
Tablo 5.5. Kritik Batıklık–Çap Oranın (S_c/D_i , S_c/a) Modellenmesinde Daire ve Kare Kesitler İçin Oluşan Bütün Modellerinin Test Aşamalarındaki Hataları ve Determinasyon Katsayıları (R^2) Değerleri

Kesit	Model	Test aşaması		
		OKHK	OMH	R^2
Daire	ÇKYSA (3,1,1)	0.09	0.08	0.93
	ÇLR (3)	0.24	0.20	0.85
	KKKY	0.17	0.15	0.91
Kare	ÇKYSA (3,1,1)	0.06	0.05	0.94
	ÇLR (3)	0.09	0.08	0.94
	KKKY	0.25	0.22	0.87

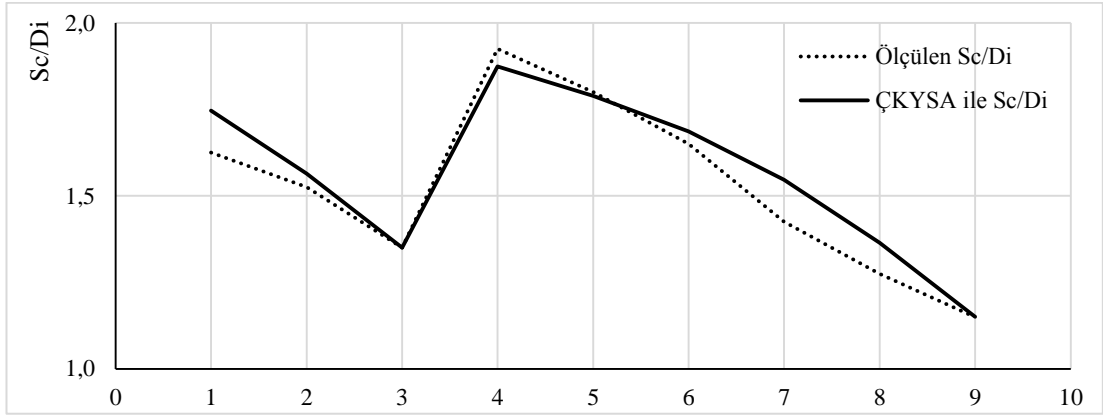
Tablo 5.5'e bakıldığında modellerin test aşamasındaki hata değerleri ve determinasyon katsayılarına göre ÇKYSA modeli, hem daire hem de kare kesitler için daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. KKKY Modelinin ise daire kesitler için ÇLR Modelinden daha iyi sonuç verdiği, buna karşılık ÇLR Modelinin kare kesitlerde KKKY Modelinden daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.



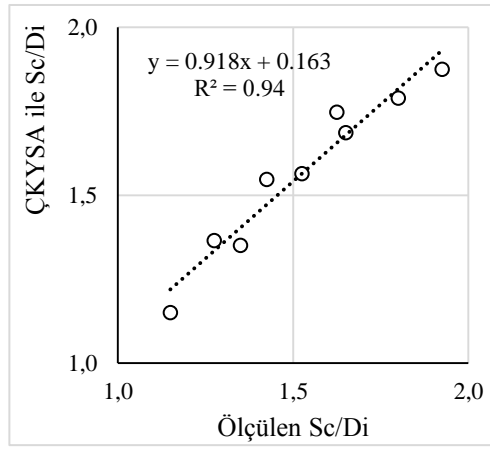
Şekil 5.4. Daire Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



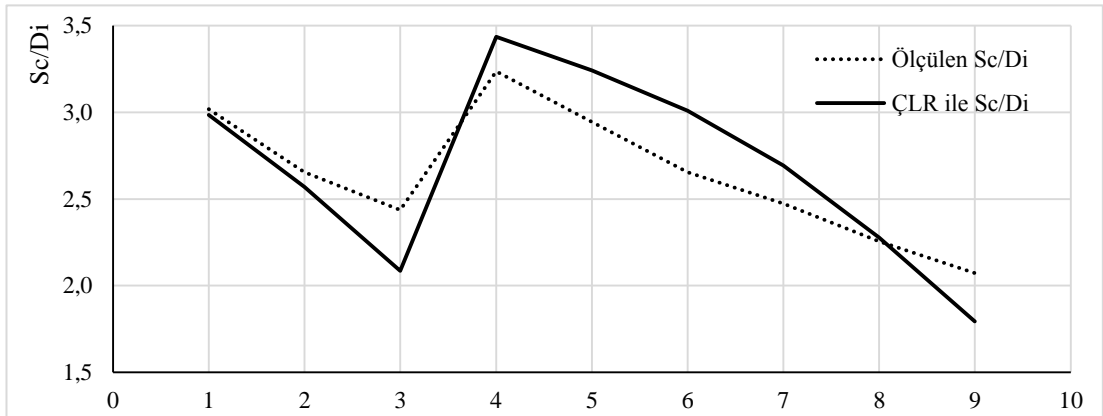
Şekil 5.5. Daire Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği



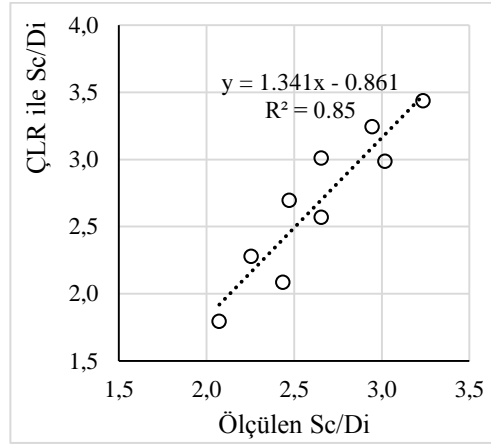
Şekil 5.6. Kare Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



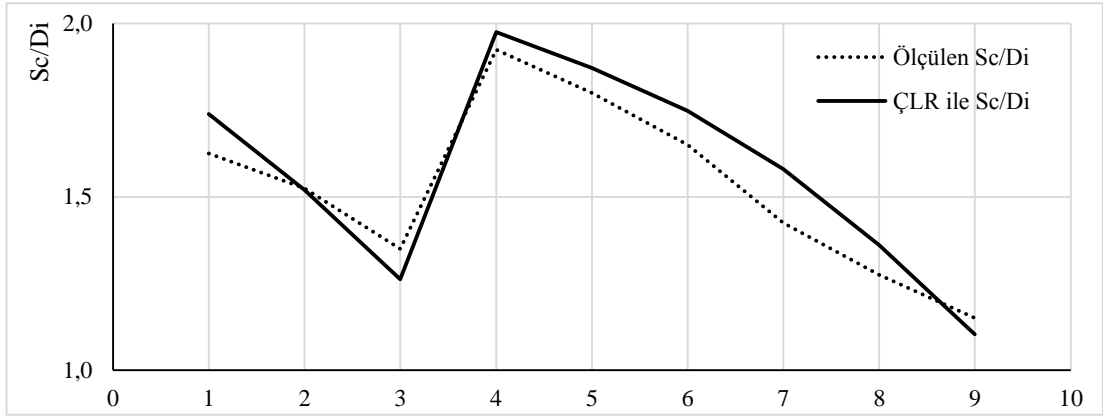
Şekil 5.7. Kare Kesit İçin ÇKYSA Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



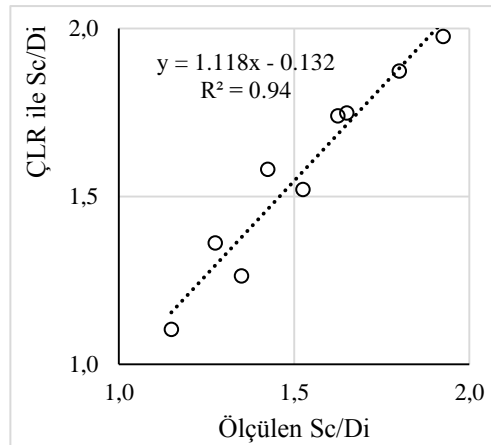
Şekil 5.8. Daire Kesit İçin ÇLR Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



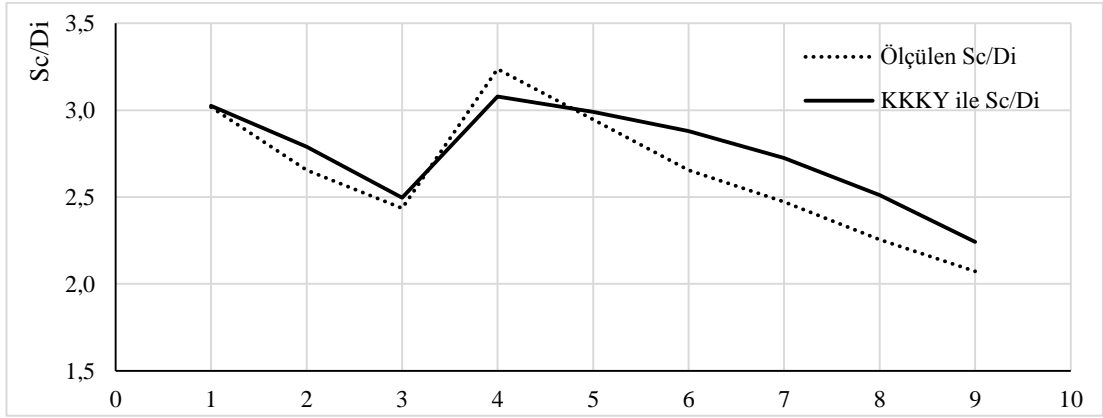
Şekil 5.9. Daire Kesit İçin CLR Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği



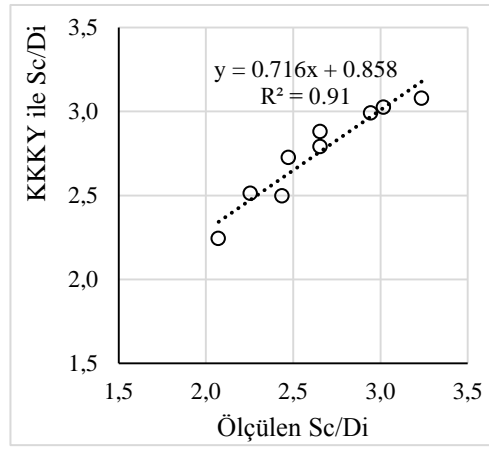
Şekil 5.10. Kare Kesit İçin CLR Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



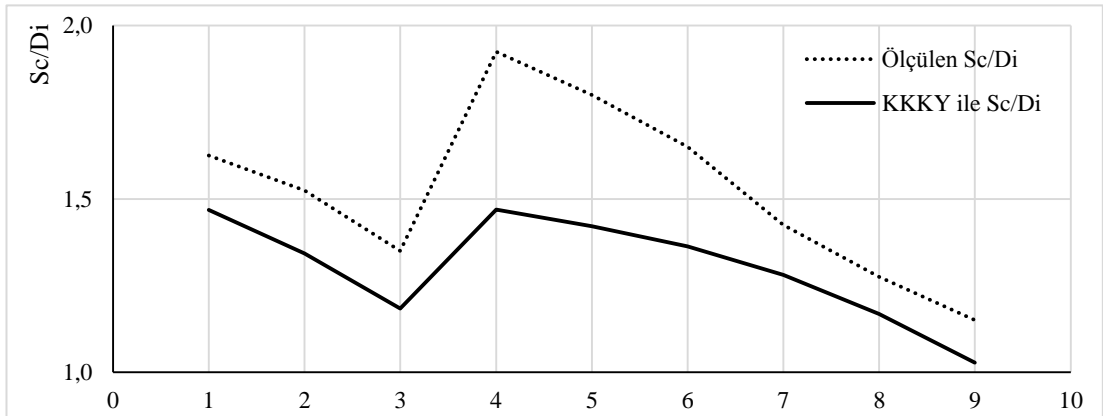
Şekil 5.11. Kare Kesit İçin CLR Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği



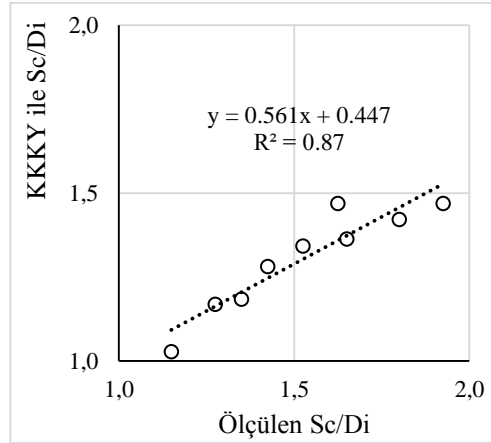
Şekil 5.12. Daire Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



Şekil 5.13. Daire Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği



Şekil 5.14. Kare Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Gidiş Grafiği



Şekil 5.13. Kare Kesit İçin KKKY Modelinin Test Aşaması Saçılma Grafiği

Sonuç olarak, ÇKYSA modelleri ÇLR ve KKKY modellerinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yani gerçek değerlere daha yakın sonuçlar vermiştir. Ancak en iyi modellere bakıldığında değişken sayısının 3 olduğu yani modele etkiyen tüm değişkenlerin hesaba girdiği görülmektedir. Modellemelerin bir amacı da az değişken ile fiziksel bir olayın sonuçlarına yakın sonuçlar veren fonksiyonları, ağı (modeli) bulmaktır. Bu sebeple, kritik batıklık-çap oranının (S_c/D_i , S_c/a) modellenmesinde kullanılan ÇKYSA (3 girişli model) ve ÇLR (3 girişli model) yöntemlerinin tablo ve grafiklerindeki sonuçlar doğrultusunda tüm değişkenler ile deney düzeneğine paralel sonuçlar verdiği söylenebilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada durgun su ortamında su alma borusuna ait hava girişine zemin geçirimsizliğinin kritik batıklık üzerine etkisini görmek üzere farklı kesitler kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

- 1) Durgun su ortamında yapılan deneylerde c/D_i oranı artıkça S_c mesafesinin arttığı görülmüştür
- 2) Zemin geçirimsizliğinin artması durumunda ters orantılı olarak S_c oranının azaldığı görülmüştür.
- 3) Yapılan deneylerde bulunan S_c/D_i değerleri ile KKKY kullanılarak bulunan S_c/D_i değerleri çok yakın olduğu belirlenmiştir.
- 4) Kare kesitli su alma borularındaki kritik batıklık hesabında dairesel kesitli su alma borularında kullanılan KKKY denklemleri kullanılarak doğruluğu teyit edilmiştir.
- 5) Kritik batıklık, zemin geçirgenliğinden etkilenmekte ve zeminin geçirgen olması durumunda, hava girişine sebep olan kritik batıklık azalmaktadır.
- 6) Ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında daire kesitli su alma borularında kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i) modellenmesinde kullanılan ÇKYSA (3 girişli model), 0.09 OKHK, 0.08 OMH ve 0.93 R^2 değerleri ile ÇLR ve KKKY yöntemlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.
- 7) Ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında kare kesitli su alma borularında kritik batıklık–çap oranının (S_c/D_i) modellenmesinde kullanılan ÇKYSA (3 girişli model), 0.06 OKHK, 0.05 OMH ve 0.94 R^2 değerleri ile ÇLR ve KKKY yöntemlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Deneyler; daha yüksek debi kapasitesine sahip pompalar kullanarak ve büyük ölçekli düzeneklerde, farklı zemin ortamları için sediment girişi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Ünal, S., Durgun Su ve Açık Kanal Ortamında Zemin Geçirgenliğinin Su Alma Borusuna ait Hava Girişine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2006.
2. Taştan, K., Su Alma Yapılarında Oluşan Havalı Çevrintinin Özellikleri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2013.
3. Posey, C. J., Hsu H., How the Vortex Affects Orifice Discharge, Engineering News, 144 (10) p. 30, 1950.
4. Fraser W. H, Harrison N. J., Hydraulic Problems Encountered in Intake Structures of Vertical Wet-Pit Pumps and Methods Leading to Their Solution, A.S.M.E., 75 (4), p. 643–652, 1953.
5. Iversen, H. W., Studies of Submergence Requirements of High-Specific-Speed Pumps, A.S.M.E., 75 (4), p. 635–641, 1953.
6. Markland, E., Pope, J. A., Experiments on a Small Pump Suction Well with Particular Reference to Vortex Formations, The Institution of Mechanical Engineers, 170, p. 635–641, 1956.
7. Denny, D. F., An Experimental Study of Air–Entraining Vortices in Pump Sumps, The Institution of Mechanical Engineers, 170 (2), p. 106–116, 1956.
8. Denny, D.F., Young, A.J., The Prevention of Vortices and Swirl at Intakes, Proceedings of the 7th International Association for Hydraulic Research (IAHR), Lisbon, 1: C1, 1957.
9. Haindl K., Contribution to Air–Entrainment by a Vortex, International Association for Hydraulic Research (IAHR), Montreal, 1: 16D, 1959.
10. Quick, M.C., Scale Relationships between Geometrically Similar Free Spiral Vortices, Civil Engineering and Public Works Reviews, 1962.
11. Zielinski, P.B., Villemonte, J.R., Effect of Viscosity on Vortex–Orifice Flow, Journal of Hydraulics Division, ASCE, p. 745–751, 1968.
12. Anwar, H. O., Prevention of Vortices at Intakes, Water Power, 4, p. 393–401, October, 1968.
13. Gordon, J. L., Vortices at Intakes, Water Power, 4, p. 137–138, 1970.
14. Reddy, Y., Pickford J. A., Vortices at Intakes in Conventional Sumps, Water Power, 24 (3), p.108–109, 1972.
15. Dagget, L. L, Keulegan, G. H., Similitude in Free Surface Vortex Formations, Journal of Hydraulics Division, ASCE, 100 (11), p. 1565–1581, 1974.

16. Jain, A. K., Ranga Raju, K.G., and Garde, R. J., Vortex Formation at Vertical Pipe Intakes, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 104 (10), p. 1429–1448, 1978.
17. Tullis, J.P., Modeling in Design of Pumping Pits, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 105 (9), p. 1053–1063, 1979.
18. Anwar, H.O., Amphlett, M.B., Vortices at Vertically Inverted Intake, *Journal of Hydraulic Research*, 18 (2), p. 123–134, 1980.
19. Yıldırım, N., Jain, S.C., Surface Tension Effect on Profile of a Free Vortex, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 107 (1), p. 132–136, 1981.
20. Hecker, G.E., Model–Prototype Comparison of Free Surface Vortices, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 107 (10), p. 1243–1259, 1981.
21. Sweeney, C.E., Elder, R.A., Hay, D., Pump Sump Design Experience, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 108 (3), p. 361–377, 1982.
22. Padmanabhan, M., Hecker, G.E., Scale Effects in Pump Sump Models, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 110 (11), p.1540–1556, 1984.
23. Odgaard, A.J., Free Surface Air Core Vortex”, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 112 (7), p. 610–620, 1986.
24. Hite, J.E., Mih, W.C., Velocity of Air-Core Vortices at Hydraulic Intakes, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 120 (3), p. 284–297, 1994.
25. Yıldırım, N., Kocabaş, F., Critical Submergence for Intakes in Open Channel Flow, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 121 (12), p. 900–905, 1995.
26. Yıldırım, N., Kocabaş, F., Critical Submergence for Intakes in Still-Water Reservoir, *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, 124 (1), p. 103–104, 1998.
27. Yıldırım, N., Kocabaş, F., Gülcan, S.C., Flow-Boundary Effects on Critical Submergence of Intake, *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 126 (4) p. 288–297, 2000.
28. Rajendran, V.P., Patel, V.C., Measurement of Vortices in Model Pump-Intake by PIV, *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 126 (5), p. 322–334, 2000.
29. Ansar, M., Nakato, T., Experimental Study of 3D Pump-Intake Flows with and without Cross-Flow, *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 127 (10), p.825–834, 2001.
30. Ansar, M., Nakato, T., Constantinescu, C., Numerical Simulations of Inviscid Three-Dimensional Flows at Single-and Dual-Pump Intakes, *IAHR, Journal of Hydraulic Research*, 40 (4), p. 461–470, 2002.
31. Yıldırım, N., Kocabaş, F., Prediction of Critical Submergence for an Intake Pipe, *Journal of Hydraulic Research*, 40 (4), p. 507–518, 2002.

32. Kocabaş, F., Yıldırım, N., Effect of Circulation on Critical Submergence of an Intake Pipe, IAHR, Journal of Hydraulic Research, 40 (6), p. 741–752, 2002.
33. Yıldırım, N., Critical Submergence for a Rectangular Intake”, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 130 (10), p. 1195–1210, 2004.
34. Kocabaş, P., Kocabaş, F., Eroğlu, N., Tabakalı Akışkan Ortamındaki Su Alma Ağzına ait Kritik Batıklık, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19 (2), p. 185–190, 2004.
35. Yıldırım, N., Kocabaş, F., Gülcan, S.C., Errata for Flow-boundary Effects on Critical Submergence of Intake Pipe, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 133 (4), p. 461, 2007.
36. Eroğlu, N., Bahadırılı, T., Prediction of Critical Submergence for a Rectangular Intake, Journal of Energy Engineering, 133 (2), p. 91–103, 2007.
37. Yıldırım, N., Taştan, K., Bir Su Alma Ağzının Kritik Batıklığı Üzerinde Akım Sınır Etkilerinin Karşılaştırılması, İ.M.O Teknik Dergi, 20 (3), p. 4779–4792, 2009.
38. Yıldırım, N., Taştan, K., Arslan, M. M., Critical Submergence for Dual Pipe Intakes, Journal of Hydraulic Research, 47 (2), p. 242–249, 2009.
39. Yıldırım, N., Taştan, K., Critical Submergence for Multiple Pipe Intakes, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 135 (12), p. 1052–1062, 2009.
40. Nakayama, A., Hisasue, N., Large Eddy Simulation of Vortex Flow in Intake Channel of Hydropower Facility, Journal of Hydraulic Research, 48(4), p. 415–427, 2010.
41. Yıldırım, N., Akay, H., Taştan, K., Critical Submergence for Multiple Pipe Intakes by Potential Flow Solution, Journal of Hydraulic Research, 49 (1), p. 117–121, 2011.
42. Yıldırım, N., Eyüpoğlu, A.S., Taştan, K., Critical Submergence for Dual Rectangular Intakes, Journal of Energy Engineering, ASCE, 138 (4), p. 237–245, 2012.
43. Elmas, Ç., Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Ankara, 2003.
44. Haykin, S., Neural Networks. A Comprehensive Foundation, Macmillian College Publishing Company, New York, 1994.
45. Zurada, M.J., Introduction to Artificial Neural Systems, West Publishing Company, St. Paul, 1992.
46. McCulloch W.S., Pitts, W.H., A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity, Bulletin of Mathematical Biophysics, Vol. 5, p. 115–133, 1943.

47. Uncuoğlu, E., Kaba Daneli Zeminlerde Sükunetteki Toprak Basıncı Katsayısının Yapay Sinir Ağları ile Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2003.
48. Hagan, M.T., Menhaj, M.B., Training Feed Forward Networks with the Marquardt Algorithm, IEEE Transactions on Neural Networks, 5, p. 989–993, 1994.
49. Hagan, T.M., Demuth, B.H., Beale, M., Neural Network Design, PWS Publishing Company, Boston, 1996.
50. Beşdok, E., Raster Verilerin İşlenmesinde YSA'ların kullanımı, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul, 2005.
51. Rumelhard, D.E., Hinton, E.G., Williams, J.R., Learning Internal Representation by Error Propagation. Parallel Distributed Processing, Vol.1, MIT Press, Cambridge 1986.
52. Carling, A., Introducing Neural Networks, Sigma Press, United Kingdom, 1992.
53. Kişi, O., Uncuoğlu, E., Comparison of Three-Back-Propagation Training Algorithms for Two Case Studies. Indian Journal of Engineering and Materials Sciences, 12, p. 434–442, 2005.
54. Gopalakrishnan, K., Effect of Training Algorithms on Neural Networks Aided Pavement Diagnosis, International Journal of Engineering, Science and Technology, 2, p. 83–92, 2010.
55. Cigizoğlu, H.K. and Kişi, O., Flow Prediction By Three Back Propagation Techniques Using K-Fold Partitioning Of Neural Network Training Data, Nordic Hydrology, 36, p. 49–64, 2005.
56. ASCE Task Committee, Artificial Neural Networks in Hydrology I: Preliminary Concepts, Journal of Hydrologic Engineering, 5 (2), p. 115–123, 2000.
57. ASCE Task Committee, Artificial Neural Networks in Hydrology II: Hydrologic Applications, Journal of Hydrologic Engineering, 5 (2), p. 124–137, 2000.
58. Babovic, V., Genetic Model Induction Based on Experimental Data, In: Proceedings of the IAHR Congress, Hydra 2000, London, p. 212–217, 1995.
59. Ervine, D.A., Macleod, A.B., Modelling a River Channel with Distant Floodbanks, Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Water Maritime and Energy, 136, p. 21–33, 1999.

60. Minns, A.W., Analysis of Experimental Data Using Artificial Neural Networks, In: Proceedings of the IAHR Congress, Hydra 2000, London, p. 218–223, 1995.
61. Çobaner, M., Seçkin, G., Kişi, O., Initial Assessment of Bridge Backwater Using An Artificial Neural Network Approach, Canadian Journal of Civil Engineering, 35, p. 500–510, 2008.
62. Masters, T., Practical Neural Network Recipes in C++, San Diego, Academic Pres, 1993.
63. Goh, A.T.C., Backpropagation Neural Networks for Modeling Complex–Systems, Artificial Intelligence in Engineering, 9, p. 143–151, 1995.
64. Dawson, W.C., Wilby, R., An Artificial Neural Network Approach To Rainfall–Runoff Modeling, Hydrological Science Journal, 43(1), p. 47–66, 1998.
65. Hornik, K., Stinchcombe, M., White, H., Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators, Neural Networks, 2, p. 359–366, 1989.
66. Kişi, O., Suspended Sediment Estimation Using Neuro–Fuzzy And Neural Network Approaches, Hydrological Sciences Journal–Journal Des Sciences Hydrologiques, p. 50, 683–696, 2005.

EKLER

Tablo 1. $c/D_i=0.75$ Geçirimsiz Zemin için Deney Verileri (Daire Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
0.672	1.132	0.106	0.084	0.008	1.110	3.85	3.69
0.640	1.078	0.101	0.077	0.008	1.083	3.67	3.59
0.602	1.013	0.096	0.070	0.009	1.044	3.49	3.47
0.549	0.925	0.089	0.061	0.009	0.990	3.24	3.30
0.481	0.809	0.083	0.054	0.009	0.897	3.02	3.07
0.400	0.674	0.074	0.044	0.009	0.791	2.69	2.77

Tablo 2. $c/D_i=0.75$ Geçirimli Zemin için Deney Verileri (Daire Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
0.672	1.132	0.096	0.088	0.008	1.167	3.49	3.59
0.640	1.078	0.091	0.079	0.008	1.141	3.31	3.49
0.602	1.013	0.085	0.069	0.009	1.110	3.09	3.37
0.549	0.925	0.075	0.055	0.010	1.079	2.73	3.21
0.481	0.809	0.071	0.049	0.010	0.970	2.58	2.98
0.400	0.674	0.062	0.038	0.010	0.864	2.25	2.69

Tablo 3. $c/D_i=1.50$ Geçirimsiz Zemin için Deney Verileri (Daire Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
0.672	1.132	0.098	0.086	0.008	1.155	3.56	3.41
0.640	1.078	0.093	0.078	0.008	1.129	3.38	3.31
0.602	1.013	0.089	0.073	0.008	1.084	3.24	3.19
0.549	0.925	0.083	0.065	0.008	1.025	3.02	3.02
0.481	0.809	0.073	0.052	0.009	0.956	2.65	2.79
0.400	0.674	0.067	0.046	0.009	0.831	2.44	2.50

Tablo 4. $c/D_i=1.50$ Geçirimli Zemin için Deney Verileri (Daire Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
0.672	1.132	0.089	0.083	0.008	1.212	3.24	3.08
0.640	1.078	0.081	0.070	0.009	1.210	2.95	2.99
0.602	1.013	0.073	0.058	0.010	1.197	2.65	2.88
0.549	0.925	0.068	0.051	0.011	1.133	2.47	2.73
0.481	0.809	0.062	0.043	0.011	1.038	2.25	2.51
0.400	0.674	0.057	0.037	0.011	0.901	2.07	2.24

Tablo 5. $c/a=0.75$ Geçirimsiz Zemin için Deney Verileri (Kare Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
1.423	0.889	0.088	0.065	0.022	0.957	2.20	1.76
1.355	0.847	0.082	0.058	0.023	0.944	2.05	1.71
1.273	0.796	0.075	0.049	0.026	0.928	1.88	1.64
1.162	0.726	0.069	0.043	0.027	0.883	1.73	1.56
1.017	0.636	0.065	0.039	0.026	0.796	1.63	1.44
0.847	0.529	0.057	0.031	0.027	0.708	1.43	1.29

Tablo 6. $c/a=0.75$ Geçirimli Zemin için Deney Verileri (Kare Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
1.423	0.889	0.079	0.063	0.022	1.010	1.98	1.68
1.355	0.847	0.074	0.056	0.024	0.994	1.85	1.63
1.273	0.796	0.067	0.047	0.027	0.982	1.68	1.57
1.162	0.726	0.061	0.039	0.029	0.939	1.53	1.49
1.017	0.636	0.057	0.035	0.029	0.850	1.43	1.37
0.847	0.529	0.050	0.028	0.031	0.756	1.25	1.23

Tablo 7. $c/a=1.50$ Geçirimsiz Zemin için Deney Verileri (Kare Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
1.423	0.889	0.084	0.076	0.02	0.980	2.10	1.68
1.355	0.847	0.079	0.069	0.02	0.962	1.98	1.63
1.273	0.796	0.075	0.064	0.02	0.928	1.88	1.56
1.162	0.726	0.065	0.051	0.02	0.910	1.63	1.47
1.017	0.636	0.061	0.046	0.02	0.822	1.53	1.34
0.847	0.529	0.054	0.039	0.02	0.727	1.35	1.18

Tablo 8. $c/a=1.50$ Geçirimli Zemin için Deney Verileri (Kare Kesit)

Q_i (l/s)	V_i (m/s)	S_c (m)	A_c (m ²)	V_s (m/s)	$Fr = \frac{V_i}{\sqrt{gS_c}}$	Deneysel S_c/D_i	KKKY ile S_c/D_i
1.423	0.889	0.077	0.069	0.021	1.023	1.93	1.47
1.355	0.847	0.072	0.062	0.022	1.008	1.80	1.42
1.273	0.796	0.066	0.053	0.024	0.989	1.65	1.36
1.162	0.726	0.057	0.041	0.028	0.971	1.43	1.28
1.017	0.636	0.051	0.034	0.030	0.899	1.28	1.17
0.847	0.529	0.046	0.029	0.029	0.788	1.15	1.03

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında doğan Osman SUSEM, lise öğrenimini Mesut Özata Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2000 yılında kazandığı Dicle Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2005 yılında başarıyla bitirmiştir.

2012 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında başlamıştır. Yrd. Doç. Dr. Burhan ÜNAL danışmanlığında hazırladığı “Durgun Su Ortamında Su Alma Borusuna Ait Hava Girişine Taban Geçirimsizliğinin Etkisinin Araştırılması ve Modellenmesi” başlıklı teziyle 2015 yılında mezun olmuştur.

2005 yılından beri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’ne bağlı olarak farklı bölge ve şubelerde çalışan Osman SUSEM, evli ve iki çocuk babasıdır.

İletişim Bilgileri

Adres : Devlet Su İşleri 45. Şube Müdürlüğü - NİĞDE

Telefon : +90 (536) 543 97 99

E-Posta : osusem@dsi.gov.tr