

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

**HAVUZLU BALIK GEÇİTLERİNİN DENEYSEL
VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Serhat AKŞİT**

**Danışman
Prof. Dr. A. Alper ÖNER**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2018
KAYSERİ**

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

**HAVUZLU BALIK GEÇİTLERİNİN DENEYSEL VE NÜMERİK
OLARAK İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Serhat AKŞİT**

**Danışman
Prof. Dr. A. Alper ÖNER**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
FYL-2017-7772 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2018
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı : Serhat AKŞİT

İmza :



YÖNERGEYE UYGUNLUK

Havuzlu Balık Geçitlerinin Deneysel ve Nümerik Olarak İncelenmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

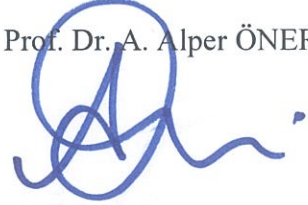
Tezi Hazırlayan

Serhat AKŞİT



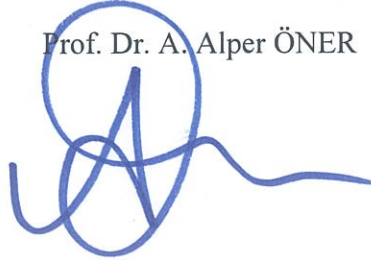
Danışman

Prof. Dr. A. Alper ÖNER



İnşaat Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. A. Alper ÖNER



Prof. Dr. A. Alper ÖNER danışmanlığında Serhat AKŞİT tarafından hazırlanan “Havuzlu Balık Geçitlerinin Deneysel ve Nümerik Olarak İncelenmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

09 / 04 / 2018

(Tez savunma sınav tarihi yazılacaktır.)

JÜRİ:

Danışman

Prof. Dr. A. Alper ÖNER

Üye

Doç. Dr. Melayib BİLGİN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hatice Cıtalıoğlu

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 31/07/2018 tarih ve 2018/33-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Mehmet Akkurt

Prof. Dr. Mehmet Akkurt

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Prof. Dr. A. Alper ÖNER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Deneyisel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Dr. Halil İbrahim FEDAKAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Serhat AKŞİT
Kayseri, Haziran 2018

HAVUZLU BALIK GEÇİTLERİNİN DENEYSEL VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

Serhat AKŞİT

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2018

Danışman: Prof. Dr. A. Alper ÖNER

KISA ÖZET

Artan nüfus ve gelişen teknolojiyle birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç da artmakta ve buna çözüm olarak hidroelektrik santralleri ve barajlar inşa edilmektedir. Nehirlerin doğal yapısının barajlar ya da başka sebeplerle bozulması, göç eden balıkların geçişini zorlaştırmakta ya da imkânsız kılmaktadır. Bu sebeple balıkların geçişini kolaylaştıracak yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Balık geçitleri bu amaç için kullanılan en yaygın çözümdür.

Balık geçitlerinin tasarımında göz önünde bulundurulması gereken iki ana husus vardır. Bunlardan ilki geçmesi hedeflenen balığın balık geçidi girişini bulabilmesi; ikincisi ise balıkların geçitten yüzmeyi başarıyla tamamlayıp engelin diğer tarafına ulaşabilmesidir. Geçitte yüzen balığın karşılaştığı esas zorluk ise, mansaptan membaya doğru yüzerken karşı yönden gelen hızlı akıştır. Bu nedenle balık geçitlerinde kanalın içindeki suyun enerjisini kırarak, akım yönündeki hızı azaltacak çeşitli hidrolik tasarımlar kullanılmaktadır. Havuzlu balık geçitleri bunlardan bir tanesi olup, temel olarak geçitteki suyun bir dizi ardışık havuzlar arasında transfer olurken hızının azaltılması prensibine dayanmaktadır.

Bu tez kapsamında havuzlu balık geçitleri üzerine, 2 farklı orifis-çentik konfigürasyonu ve 4 farklı debi olmak üzere toplam 8 durum için deneysel ve sayısal bir çalışma yapılmıştır. Sayısal çözümler, deneysel hesaplamalarla uyumlu çıkmıştır. Ölçülen veya hesaplanan su yüksekliği ve hız değerleri incelenmiş, her iki konfigürasyonun da ülkemizdeki balıklar için uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca orifis ve çentiklerin kenarlarda ve şaşırtmalı olarak yerleştirildiği durumda, ortada ve aynı hizada olmasına kıyasla suyun enerjisini kırma bakımından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havuzlu Balık Geçidi, Ekolojik Denge, Baraj, Orifis, Çentik.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF POOL TYPE FISHWAYS

Serhat AKŞİT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, June 2018

Supervisor: Prof. Dr. A. Alper ÖNER

ABSTRACT

Along with the increasing population and developing technology, the need for energy is increasing, therefore hydroelectric power plants and dams are being built as a solution. The denaturation of rivers by dams or other causes makes fish migration difficult or impossible. For this reason, there is a need of structures which facilitates the fish migration from downstream to upstream or sometimes opposite direction. Fishways are the most common solution for this purpose.

There are two main points to consider in the design of fishways. Among these the first one is, the desired fish can find the fishway entrance; and the latter is fish can successfully complete the swim throughout the channel and reach the other side of the barrier. The main challenge faced by the swimming fish is the high speed flow from the opposite direction as it swims from downstream to upstream. Consequently, various hydraulic designs are used in the fish passages to break the energy of the water in the channel and to reduce the speed in the flow direction. Pool type fishways are one of them, basically based on the principle that the speed at the channel is reduced while water is transferred between a number of consecutive pools.

In this thesis, an experimental and numerical study has been carried out on pool type fishways for 2 different orifice-notch configurations and 4 different flow rates. Measured or calculated water elevation and velocity values were examined and it's found that both configurations are suitable for the swimming capacities of fishes in our country. In addition, when the orifices and notches are placed offset on the sides, better results are obtained than straight arrangement in the middle.

Keywords: Pool type fishways, Ecological Balance, Dam, Orifice, Notch.

İÇİNDEKİLER

HAVUZLU BALIK GEÇİTLERİNİN DENEYSEL VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMA VE SİMGELER.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
 GİRİŞ	 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Balık Geçitlerinin Tarihi	2
1.2. Hayvansal Göçlere Genel Bakış.....	3
1.3. Balık Göçleri.....	3
1.4. Barajların Balık Göçleri Üzerindeki Etkileri.....	5
1.5. Balık Geçidi Tasarım Kriterleri	5
1.5.1 Yüzme Kapasitesi.....	7
1.5.2 Tasarım Debisi	10
1.6. Balık Geçidi Tipleri.....	11
1.6.1 Denil Balık Geçitleri	11

1.6.2 Dikey Yarıklı Balık Geçitleri	12
1.6.3 Menfez Tipi Balık Geçitleri.....	13
1.6.4 Balık Eklüzleri	14
1.6.5 Balık Asansörleri	15
1.6.6 Taban Rampası Balık Geçitleri	15
1.6.7 Yılan Balığı Merdivenleri.....	16
1.6.8 Havuz Tipi Balık Geçitleri	17
1.7. Balık Geçidi Hidroliği.....	18
1.8. Balık Geçitlerinin Değerlendirilmesi.....	20

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Laboratuvar Deney Düzeneği	21
2.2. Deneyi Yapılan Durumlar	25
2.3. Ölçüm Cihazları	28
2.4. Kullanılan Yazılımlar	30
2.4.1 HAD (CFD) Analizi	31
2.4.2 Ağ Çalışması.....	34

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Deneysel Çalışma.....	39
3.2. Sayısal Analiz Çalışması.....	47
3.2.1. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırılması	47
3.2.2. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırılması.....	57

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma, Sonuç ve Öneriler	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ.....	74

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
yy	Yüzyıl	
m	Metre	
u_{crit}	Kritik Yüzme Hızı	(m/s)
Q	Debi	(l/s)
S_0	Balık Geçidi Yatağının Eğimi	
b_0	Karakteristik Genişlik	(m)
g	Yerçekimi İvmesi	(m/s ²)
Q^*	Boyutsuz Debi	
y_0	Toplam Derinlik	(m)
z_0	Perde Duvar ya da Savak Yüksekliği	(m)
U^*	Boyutsuz Hız ölçeği	
u	y Derinliğindeki Yerel Hız	(m/s)
u_m	Maksimum u Değeri	(m/s)
cm	Santimetre	
m^3	Metreküp	
PVC	Poli Vinil Clorür	
DSİ	Devlet Su İşleri	
lt	Litre	
ADV	Acoustic Doppler Velocimeter	
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği	
CFD	Computational Fluid Dynamics	
VOF	Volume of Fluid	
k	Türbülans Kinetik Enerjisi	
ϵ	Türbülans Enerjisinin Yayılma Hızı	
S_x	x Doğrultusundaki Koordinat	
S_y	y Doğrultusundaki Koordinat	
S_z	z Doğrultusundaki Koordinat	
V_x	x Doğrultusundaki Hız	(m/s)

V_y	y Doğrultusundaki Hız	(m/s)
V_z	z Doğrultusundaki Hız	(m/s)
V_b	Bileşke Hız	(m/s)



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Bazı Balık Türlerinin Ortalama Boyları	6
Tablo 1.2.	Balık Türlerine Bağlı Olarak Tavsiye Edilen Havuzlu Balık Geçidi Ölçüleri .	6
Tablo 2.1.	Ağ Konfigürasyonları, Toplam Hücre Sayıları ve Çözüm Süreleri.....	35
Tablo 2.2.	Ağ Konfigürasyonlarının Ortalama Karesel Hataları	38
Tablo 3.1.	Analizi Yapılan Durumlar	39
Tablo 3.2.	Deneyde Ölçülen Su Yükseklikleri	40
Tablo 3.3.	Ardışık Havuzlar Arasındaki Su Yüksekliği Farkları.....	40
Tablo 3.4.	Deneyde Ölçülen Hız Değerleri.....	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Balıkların Vücut Biçimlerinin Farklı Su Hızlarına Uyumu.....	8
Şekil 1.2.	Balık yüzme modları.....	10
Şekil 1.3.	Denil Balık Geçidi.	12
Şekil 1.4.	Dikey Yarıklı Balık Geçidi	13
Şekil 1.5.	Menfez Tipi Balık Geçidi.	13
Şekil 1.6.	Balık eklüzü	14
Şekil 1.7.	Balık Asansörü.....	15
Şekil 1.8.	Taban Rampası Balık Geçidi.	16
Şekil 1.9.	Yılan Balığı Merdiveni	17
Şekil 1.10.	Havuzlu Balık Geçidi.....	18
Şekil 2.1.	Laboratuvar Deney Düzenegi	21
Şekil 2.2.	Üst Tankta Çalışılan Su Seviyesi.	22
Şekil 2.3.	Pompa	22
Şekil 2.4.	Kanal Giriş Vanası.	23
Şekil 2.5.	Alt Tank Çıkışındaki Vana.	23
Şekil 2.6.	Dinlendirme Havuzu.	23
Şekil 2.7.	Kaldıraç.....	24
Şekil 2.8.	V Savak.	24
Şekil 2.9.	Engel Paneli	25
Şekil 2.10.	Orifis ve Çentiklerin Ortada Olduğu Panellerin Boyutları.	26
Şekil 2.11.	Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Olduğu Panellerin Boyutları.	26
Şekil 2.12.	Panellerin Kanal içerisine Yerleştirilmesi.	27
Şekil 2.13.	Ölçüm Yapılan Noktaların Şematik Gösterimi.....	27
Şekil 2.14.	Debimetre.....	28
Şekil 2.15.	ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) Cihazı.....	29
Şekil 2.16.	ADV Hız Ölçüm Sensörü.	29
Şekil 2.17.	3 Boyutlu Ölçüm Almayı Sağlayan Hareketli Sistem.	30
Şekil 2.18.	Deneyden Ölçülen Hızların Şematik Gösterimi.	31
Şekil 2.19.	Başlangıç Şartı Olarak Tanımlanan Su Seviyeleri.....	33
Şekil 2.20.	Akımın Kararlı Konuma Ulaşması.	33
Şekil 2.21.	Sınır Şartları	34
Şekil 2.22.	Ağ Aralığının Bütün Kanalda Aynı Olması Durumunda Görünüm.	34

Şekil 2.23. Ağ Aralığının Engeller Etrafında Sıklaştırılması Durumunda Görünüm.	35
Şekil 2.24. Ağ Aralığının Engel Paneli Sınırlarına Etkisi.....	36
Şekil 2.25. Ağ Konfigürasyonunun Su Yüzüne Etkisi.....	38
Şekil 3.1. 12.2 lt/s'lik Debi İçin Deneyde Ölçülen Su Yüksekliklerinin Şematik Gösterimi.....	40
Şekil 3.2. Ölçüm Yapılan Noktaların İsimlendirilmesi.....	41
Şekil 3.3. Deneyde Ölçülen Hız Değerlerinin Şematik Gösterimi.....	45
Şekil 3.4. Deneyde Orta Kesitte (F) Ölçülen Hız Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi. ..	46
Şekil 3.5. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	47
Şekil 3.6. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	47
Şekil 3.7. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	48
Şekil 3.8. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	48
Şekil 3.9. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s'lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması.	49
Şekil 3.10. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s'lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması.	49
Şekil 3.11. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması.	49
Şekil 3.12. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması.	50
Şekil 3.13. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumlar İçin Analizlerde Debi Değişiminin Su Yüksekliğine Etkisi.	50
Şekil 3.14. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	51
Şekil 3.15. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	51
Şekil 3.16. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	52

Şekil 3.17. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s’lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	52
Şekil 3.18. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	53
Şekil 3.19. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	54
Şekil 3.20. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	55
Şekil 3.21. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	56
Şekil 3.22. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	57
Şekil 3.23. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	57
Şekil 3.24. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	58
Şekil 3.25. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri.....	58
Şekil 3.26. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 6.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi.	59
Şekil 3.27. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 12.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi.	59
Şekil 3.28. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 20 lt/s’lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi.	59
Şekil 3.29. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 30 lt/s’lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi.	60
Şekil 3.30. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumlar İçin Debi Değişiminin Su Yüksekliğine Etkisi.	60
Şekil 3.31. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	61
Şekil 3.32. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	61

Şekil 3.33. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	62
Şekil 3.34. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar.....	62
Şekil 3.35. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	63
Şekil 3.36. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	64
Şekil 3.37. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	65
Şekil 3.38. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları.....	66

GİRİŞ

Dünya genelindeki akarsular ve nehirler tarım, ulaşım, sanayi ya da hidroelektrik enerji üretimi gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. İnsanlık için büyük önemi olan bu aktivitelerin, sucul ekosistemlerin verimliliği ve biyolojik çeşitliliği üzerinde genellikle şiddetli olumsuz sonuçları vardır [1,2]. Barajlar ve hidroelektrik santrallerinin inşası, su yatakları ve nehirlerin insan kaynaklı değişimlerinin en yaygın örnekleridir. Su yatakları üzerindeki bu engeller, elektrik sağlıyor olmaları bakımından insan ve toplum için hayati önem taşıırken, sucul ekosistemler için istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Bu sonuçlardan bir tanesi, barajların balık göçlerine engel teşkil etmesidir. Bu, bazı balık popülasyonlarının azalmasına hatta yok olmasına neden olabilmektedir [1,3].

Birçok balık türünün ve omurgasız canlıların doğası gereği yaşamlarının bir dönemlerinde göç ettikleri bilinmektedir. Özellikle mersin balığı ya da somon gibi bazı türler yumurtlama dönemlerinde denizden nehirlere doğru binlerce kilometre mesafe kat etmektedirler [4]. Nehirler üzerine inşa edilen su yapıları, üzerinde bulundukları akarsular üzerindeki balık geçişlerini olumsuz etkilemekte, çoğunlukla da imkânsız kılmaktadır. Akarsular üzerindeki bu bariyerlerin balıklar üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için balık geçitleri inşa edilmektedir. Fakat yapılmış olan balık geçitlerinin birçoğunun işlevsel olmadığı kaydedilmiştir [5]. Buradan yola çıkılarak doğrudan balık geçitlerinin çalışmadığı söylenemez fakat mevcut balık türleri ve yer için doğru tasarlanmadığı söylenebilir. Başarısız tasarımların kaydedilen en yaygın sebepleri ise: balıkların balık geçidi girişine çekilememesi ve balıkların balık geçidinden geçememesidir [5]. Bu sebeple balık geçitlerinin hidrolik tasarımı günümüzde araştırma gerektiren bir konudur.

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez kapsamında yapılan deneyler Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda mevcut olan açık kanal düzeneğine uygun paneller imal edilip kanal içine yerleştirilerek, orifisli-çentikli balık geçitleri için bir deneme yapılmıştır. Ölçülen veriler Matlab programı ile düzenlenip görselleştirilmiştir. Ayrıca aynı deney girdileriyle FLOW 3D programı kullanılarak da çözüm yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2.1 Laboratuvar Deney Düzeneği

Laboratuvarda bulunan deney düzeneği, bir açık kanal setinden oluşmaktadır. Kanal uzunluğu 950 cm, kanal genişliği ve yüksekliği 60 cm'dir. Kanal taşıyıcı sistemi çelik konstrüksiyondur. Kanal yan ve alt taraflarında sürtünme faktörünü en aza indirmek için cam paneller kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Laboratuvar Deney Düzeneği

Kanalın memba tarafında yerden 2 m yükseklikte 5 m³ hacminde silindirik kapalı bir tank ve mansap tarafında zemin kotunda 4 m³ hacminde üstü açık dikdörtgen prizma bir tank bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Üst Tankta Çalışılan Su Seviyesi

Sistem içerisinde sirkülasyon yapan suyun üst tanka terfisi için, alt tankın çıkışındaki pompa kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Pompa

Kanal içindeki akışı kontrol etmek için kanal girişindeki vana ve üst tanka giren suyu kontrol etmek için pompa girişindeki vana kullanılmaktadır.



Şekil 2.4. Kanal Giriş Vanası



Şekil 2.5. Alt Tank Çıkışındaki Vana

Kanal girişindeki dinlendirme havuzu sayesinde yukarıdan gelen suyun enerjisi alınarak akış içerisinde oluşması muhtemel türbülanslar ve hava kabarcıkları engellenmektedir.



Şekil 2.6. Dinlendirme Havuzu

Kanal altında bulunan kaldırma vasıtasıyla sistemin eğimi %2'ye kadar çıkarılabilmektedir ve bu çalışmada %0 eğim kullanılmıştır.



Şekil 2.7. Kaldıraç

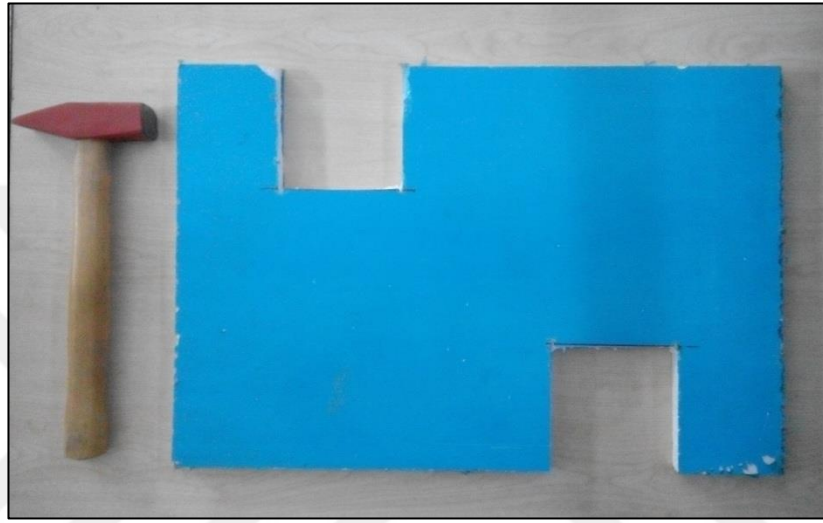
Su seviyesinin istenilen seviyeye çıkarılabilmesi için kanal sonuna V şekilli bir savak takılmıştır.



Şekil 2.8. V Savak

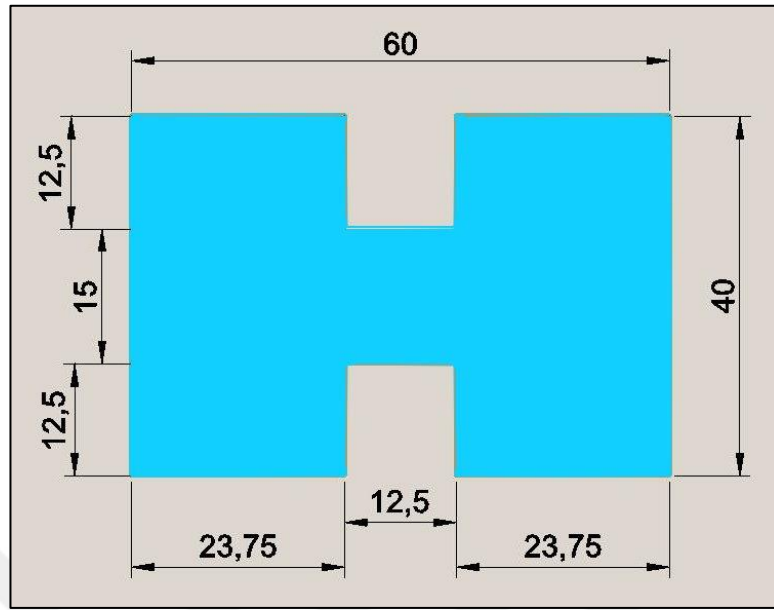
2.2 Deneyi Yapılan Durumlar

Bu çalışmada, daha önce bahsedilen balık geçidi türlerinden orifisli ve çentikli balık geçidi üzerine bir deney yapılmıştır. Laboratuvarında bulunan açık kanal düzeneğinin içine yerleştirilmek üzere engel panelleri imal edilmiştir. Paneller 2 cm kalınlığındadır ve bir tabaka straforun her iki tarafına yapıştırılmış PVC levhalardan oluşmaktadır.

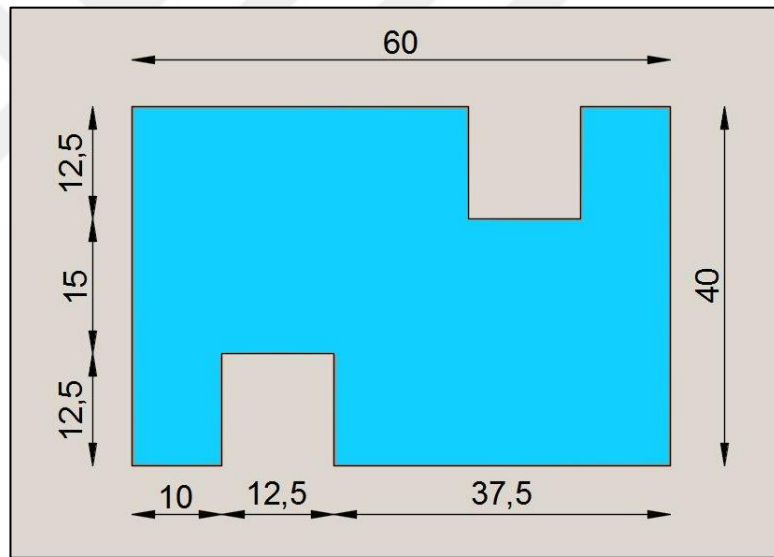


Şekil 2.9. Engel Paneli

Paneller üzerinde daha önce belirlenen orifis ve çentik yerlerinde kesip çıkarma yapılarak gerekli boşluklar oluşturulmuştur. Bu boşluklar su altında batık ise orifis ismini; üstte ise çentik ismini almaktadır. Orifis ve çentikler 12.5 cm eninde ve yüksekliğindedir, panel üzerinde biri ortada diğeri kenarda olmak üzere iki farklı konumda bulunmaktadır. Paneller kanal içerisine sıcak silikon yardımıyla sabitlenmiştir.

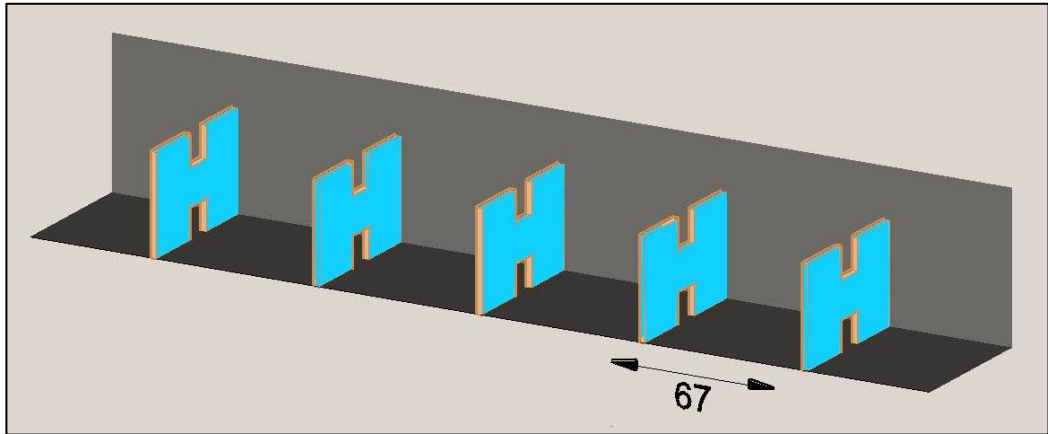


Şekil 2.10. Orifis ve Çentiklerin Ortada Olduğu Panellerin Boyutları



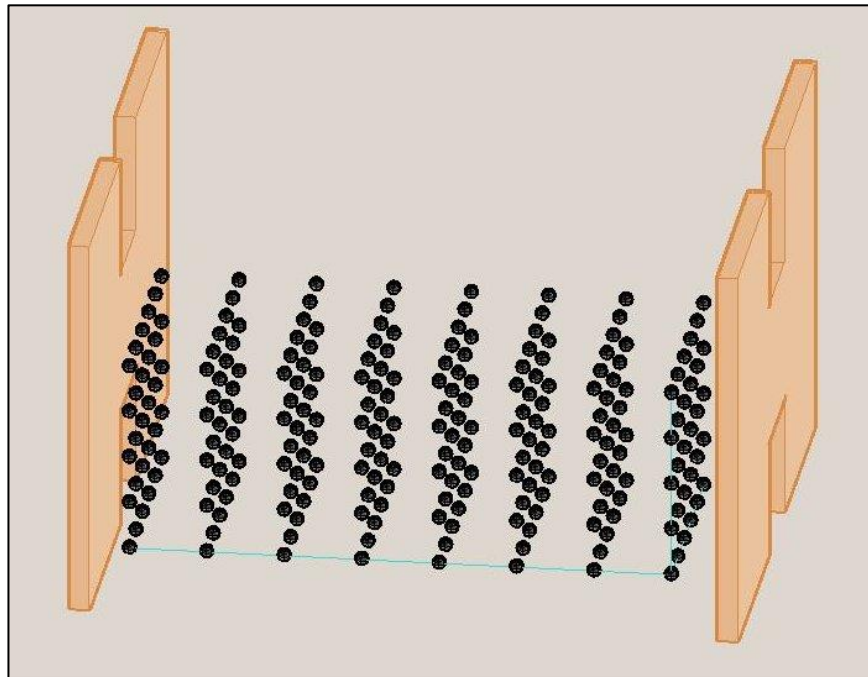
Şekil 2.11. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Olduğu Panellerin Boyutları

Kanal içerisine 5 adet panel 67 cm aralıklarla yerleştirilerek 4 adet havuz oluşturulmuştur. Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de görülen panellerin boyutları, Tablo 1.2’de verilen, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan boyutların 1/2 oranında küçültülmesiyle elde edilmiştir [4]. Deneyde kullanılan boyutlar gerçek uygulamalarda kullanılanlardan küçük olduğundan, debi ve hız değerlerini gerçek değerlere dönüştürmek için Froud benzerliği kullanılmıştır. Buna göre, uzunluk ölçeği 1/2 olduğunda, debi ölçeği 1/5.66 ve hız ölçeği 1/1.414 olmaktadır.



Şekil 2.12. Panellerin Kanal içerisine Yerleştirilmesi

Hız ve su yüksekliği ölçümleri üç boyutlu olarak ilk havuz içerisinde belirlenen 240 noktada yapılmıştır. Bu noktalar akım doğrultusunda 8 cm aralıklarla 8 nokta, kanal eni boyunca 5 cm aralıkla 6 nokta ve derinlik boyunca 5 cm aralıkla 5 nokta olarak belirlenmiştir. Kanal ve panel en kesitleri ortasından geçen düşey eksene göre simetrik olduğundan ölçümler yalnızca bir yarıda yapılmış, diğer yarıdaki değerlerin de simetrik olduğu varsayılmıştır. Kanalın her iki yarısında ölçülen hız değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu, aynı laboratuvar düzeneğinde daha önce yapılan çalışmalardan bilinmektedir [56]. İlk havuzdaki ölçümlerin yanı sıra, müteakip havuzlarda da kanal orta hattı üzerinde ölçümler yapılmıştır.



Şekil 2.13. Ölçüm Yapılan Noktaların Şematik Gösterimi

2.3 ÖLÇÜM CİHAZLARI

Kanal içine verilen akımın debisi, pompadan üst tanka giden boru üzerine monte edilmiş olan debimetre ile yapılmıştır. Okunan değerler lt/s cinsindendir. Yapılan deneylerde debimetre sık sık kontrol edilmiş ve borudan geçen suyun debisindeki dalgalanmanın kabul edilebilir düzeyde düşük gözlemlenmiştir.



Şekil 2.14. Debimetre

Havuzlardaki su hızı ölçümleri ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) cihazı ile yapılmıştır. Cihaz üç kollu bir sensöre sahip olup üç boyuttaki hız değerlerini ölçebilmektedir. Ölçülen değerler cm/s cinsinden cihazın dâhili hafızasına kaydedilip daha sonra bilgisayara aktararak kullanılabilir. Her bir nokta için 40 saniye boyunca ölçüm alınmış ve cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanan ortalama değeri kullanılmıştır.



Şekil 2.15. ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) Cihazı



Şekil 2.16. ADV Hız Ölçüm Sensörü

ADV cihazının kanal içinde istenilen noktaya sabitlenebilmesi için kanalın her iki yanındaki çelik profiller üzerinde kanal boyunca tekerlekleri vasıtasıyla kayabilen özel tasarlanmış sistem kullanılmıştır. Teçhizat, kanal boyunca istenilen noktaya kayabilmesinin yanı sıra, üzerinde hem kanal eni hem de kanal derinliği boyunca hareket eden mini bir raylı mekanizma vardır. ADV cihazının sensör kısmı bu hareketli mekanizma üzerine sabitlenerek kanal içinde üç boyutlu olarak istenilen noktadan ölçüm alınabilmektedir.

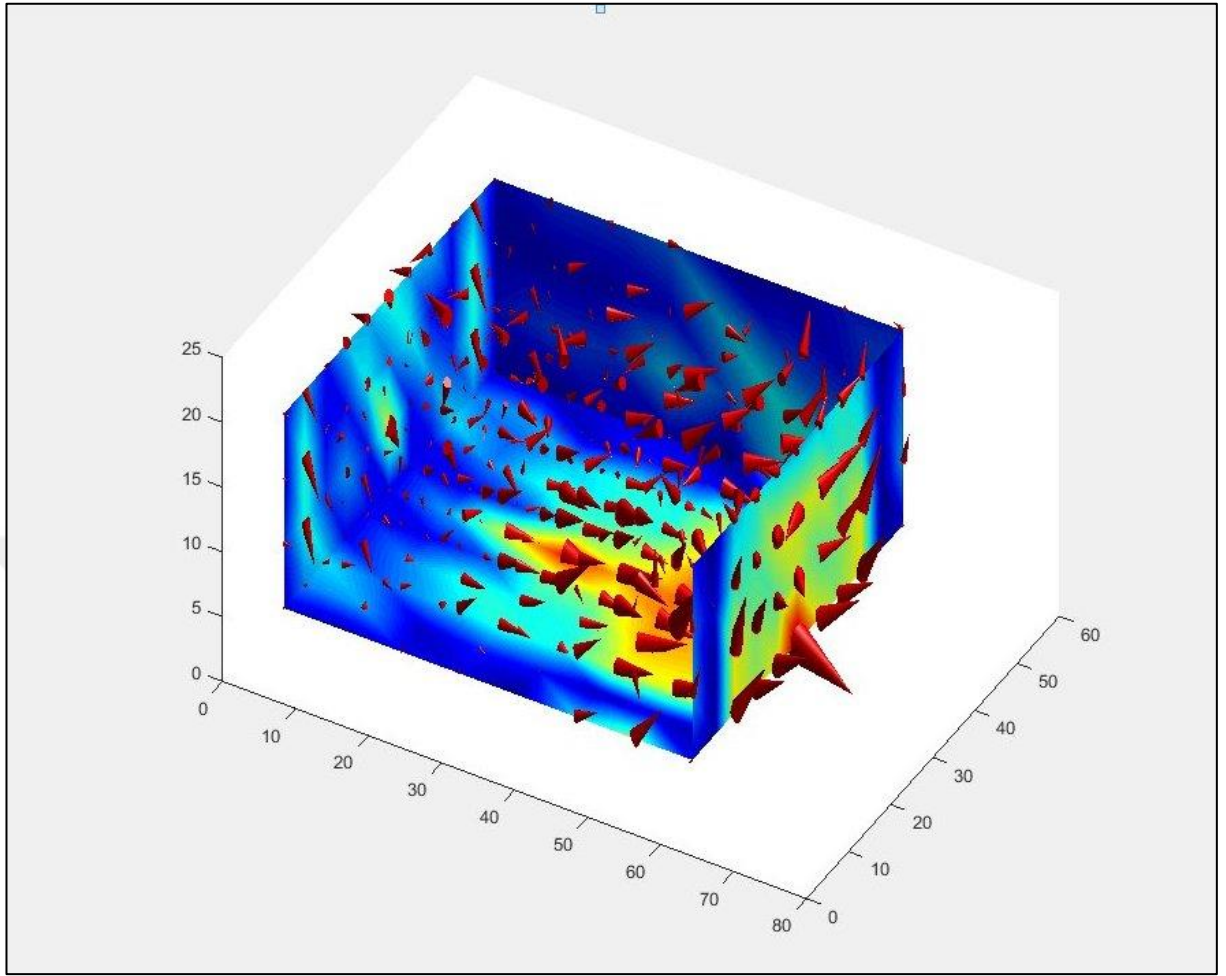


Şekil 2.17. 3 Boyutlu Ölçüm Almayı Sağlayan Hareketli Sistem

Su yüksekliklerinin ölçümleri için de aynı tekerlekli sistem kullanılmıştır. Hareketli mekanizma üzerine takılan sivri uçlu çelik çubuk, önce kanal tabanı seviyesine indirilerek referans alınmış, daha sonra su üst seviyesine çıkartılarak aradaki farktan su derinliği hesaplanmıştır.

2.4 Kullanılan Yazılımlar

Ölçülen değerler Microsoft Excel programı ile düzenlenip grafiklerin çiziminde de bu program kullanılmıştır. Ayrıca görsel olarak daha iyi anlaşılan bir simülasyon görüntüsü oluşturulması amacıyla deney çıktıları Matlab programı ile üç boyutlu olarak çizdirilmiştir. Bu simülasyonda her ölçüm noktasındaki hız değeri, doğrultusu ve büyüklüğü olan bir vektör ile temsil edilmiştir.



Şekil 2.18. Deneyden Ölçülen Hızların Şematik Gösterimi

2.4.1 HAD (CFD) Analizi

Deneylerle aynı sınır şartları kullanılarak, bir HAD paket programı olan “FLOW-3D” sayısal çözümlemelerde kullanılmıştır.

FLOW-3D, serbest yüzeyli akış problemlerini çözmeye yarayan yüksek hassasiyetli bir HAD yazılımıdır. Çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve fiziksel süreçlerde sıvıların ve gazların dinamik davranışlarını araştıran mühendisler için çok yönlü bir HAD simülasyon platformu sağlayan FLOW-3D, mikro akışkanlar, biyomedikal cihazlar, havacılık, mürekkep püskürtmeli baskı, lazer kaynağı, otomotiv, açık deniz, enerji ve otomotiv gibi çok çeşitli sektörlerle odaklanmaktadır [57].

FLOW-3D ile yapılan birçok simülasyonda serbest yüzey bulunmaktadır. Herhangi bir hesaplama ortamında, serbest yüzeylerin modellenmesi zordur, çünkü yoğunluk, hız ve basınç gibi akış parametreleri ve malzeme özellikleri süreksizdirler. FLOW-3D’de,

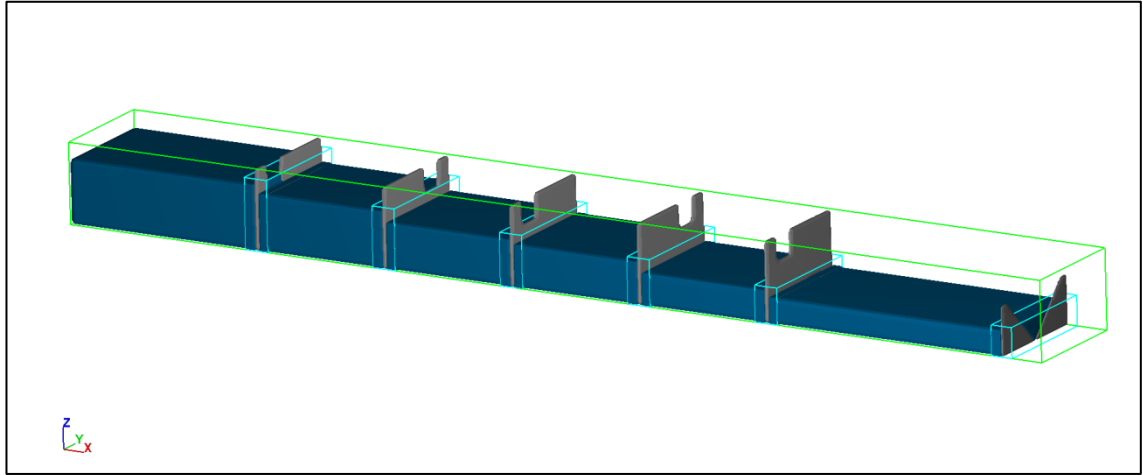
sıvıya komşu gazın ataleti ihmal edilir ve gazın kapladığı hacim, sadece düzgün basınç ve sıcaklık ile temsil edilen boş bir boşluk ile değiştirilir. Bu yaklaşım, çoğu durumda, gaz hareketinin detaylarının, daha ağır bir sıvının hareketine nazaran önemsiz olmasından dolayı, hesaplamayı kolaylaştırma avantajına sahiptir. Serbest yüzeydeki sınır şartlarının uygun olarak tanımlanması, serbest yüzey dinamiklerinin doğru bir şekilde yakalanması için önemlidir. Bu amaçla FLOW-3D'de Akışkan Hacmi (VOF) yöntemi kullanılır [58].

VOF yöntemi, hesaplamalı akışkan dinamiğinde bir serbest yüzey modelleme tekniğidir yani serbest yüzeyin (veya akışkan ara yüzünün) izlenmesi ve oluşturulması için nümerik bir tekniktir. Bu yöntem, sabit ağ ya da ara yüzün değişken şekline uyum sağlamak için belirli bir şekilde hareket eden bir ağ ile karakterize edilen Euler metotları sınıfına aittir [59].

Analizlerde $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanılmıştır ve “Maksimum türbülans karışım uzunluğu” değeri 3 cm olarak verilmiştir. $k-\epsilon$ türbülans modeli, türbülanslı akış koşulları için ortalama akış karakteristiklerini simüle etmede kullanılan en yaygın modeldir ve iki taşıma denkleminin ortalamasıyla bir türbülans tanımı yapmaktadır. Burada, taşınan ilk değişken türbülans kinetik enerjisi (k) ve ikinci değişken türbülans enerjisinin yayılma hızıdır (ϵ) [60].

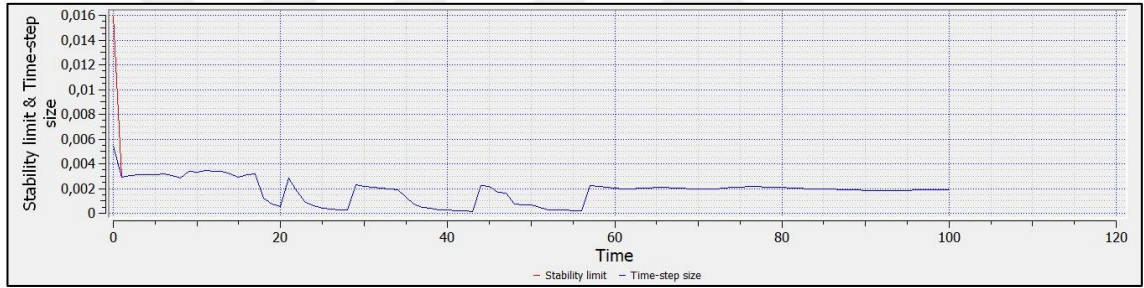
Analiz için programda bütün kanalın bir modeli oluşturulmuştur. Orifis ve çentiklerin ortada olduğu durumlarda havuz ve engeller kanalın ortasından geçen eksene göre simetrik olduğundan, çözüm süresinin kısaltılabilmesi için kanalın yalnızca bir yarısı için çözüm yaptırılmış ve diğer yarısının da simetrik olduğu varsayılmıştır. Orifis ve çentiklerin şaşırtmalı olduğu durumlarda ise simetri kullanılmaksızın bütün kanal modellenmiştir.

Başlangıç şartı olarak, analizin çözüm süresini kısaltmak için, havuzlar içleri su dolu olarak tanımlanmıştır. Su yükseklikleri, deneyde ölçülen su yükseklikleriyle aynı olacak şekilde her havuz için ayrı ayrı tanımlanmıştır.



Şekil 2.19. Başlangıç Şartı Olarak Tanımlanan Su Seviyeleri

Çözüm süresi olarak 100 saniye belirlenmiş, akımın yaklaşık olarak 60. saniyede kararlı duruma ulaştığı gözlemlenmiş ve bu süre fazlasıyla yeterli olmuştur.



Şekil 2.20. Akımın Kararlı Konuma Ulaşması

Sınır şartları,

$x_{min}=V_{fr}$ (Hacimsel debi)

$x_{max}=Outflow$ (Çıkış akışı),

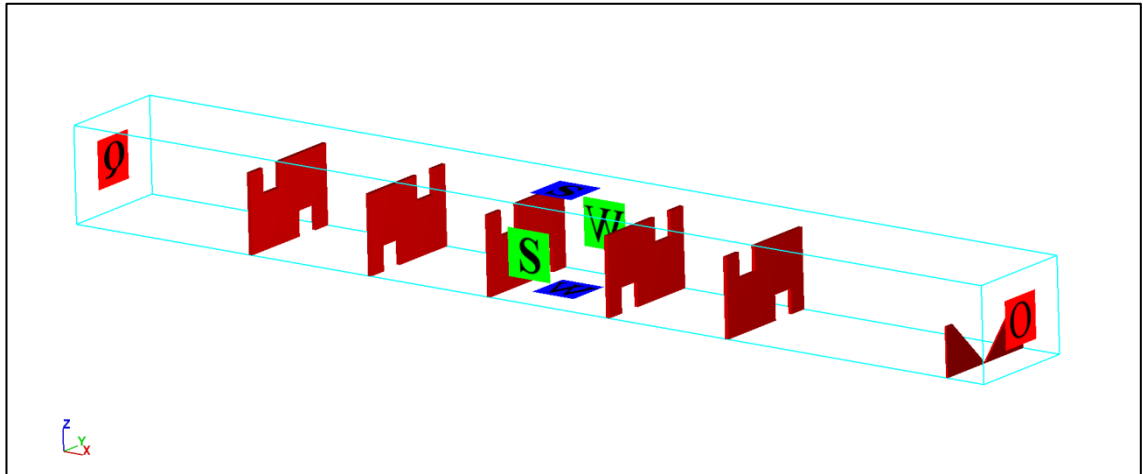
$z_{min}=Wall$ (Duvar),

$z_{max}=Symmetry$ (Simetri)

$y_{min}= Symmetry$ (Orifisler Ortadayken) ya da $Wall$ (Orifisler Kenarlardayken)

$y_{max}= Wall$ (Duvar)

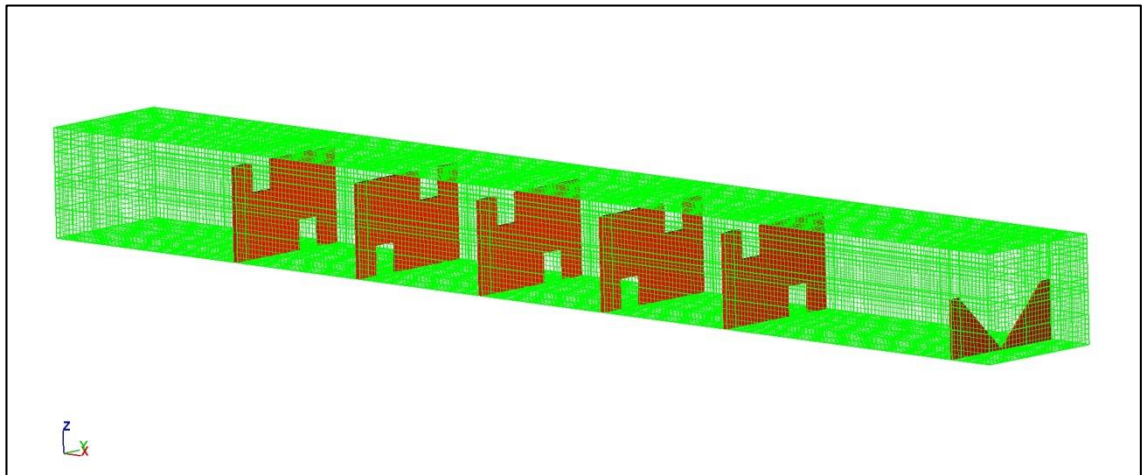
olarak tanımlanmıştır.



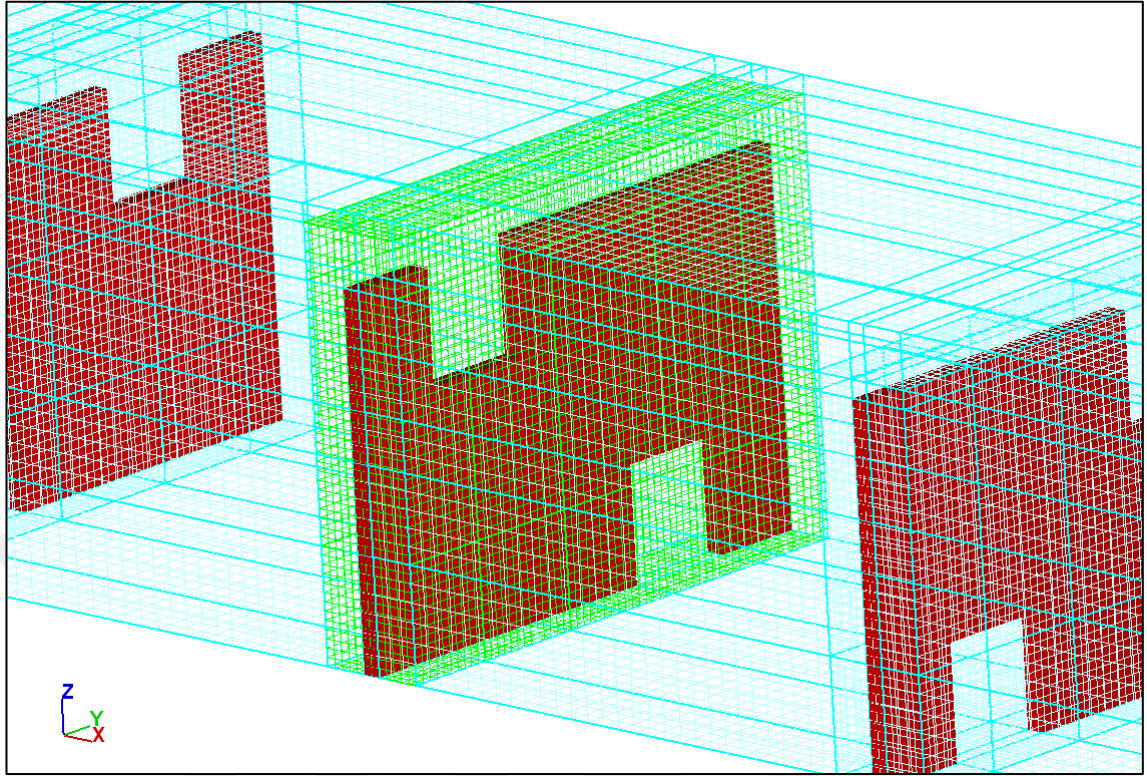
Şekil 2.21. Sınır Şartları

2.4.2 Ağ Çalışması

Analizlere başlanmadan önce ağ çalışması yapılmıştır. Ağ çalışması, orifis ve çentiklerin ortada olduğu 12.2 lt/s'lik debi durumu için yapılmıştır. Ağ çalışmasında süreyi kısaltmak için, kanalın sonundaki V savak kaldırılarak bunun yerine deneyde kuyruk suyunda ölçülen su yüksekliğine eşit olarak basınç şartı tanımlanmıştır. Önce Şekil 2.22'de görüldüğü gibi kanalın tamamında aynı ağ aralığı kullanılmış; daha sonra Şekil 2.23'te görüldüğü gibi engel panellerinin bulunduğu bölgelerde sıklaştırma yapılmıştır. Sıklaştırma her engelin akım doğrultusunda 5 cm öncesinden başlayıp 5 cm sonrasına kadar devam edilecek şekilde yapılmıştır.



Şekil 2.22. Ağ Aralığının Bütün Kanalda Aynı Olması Durumunda Görünüm



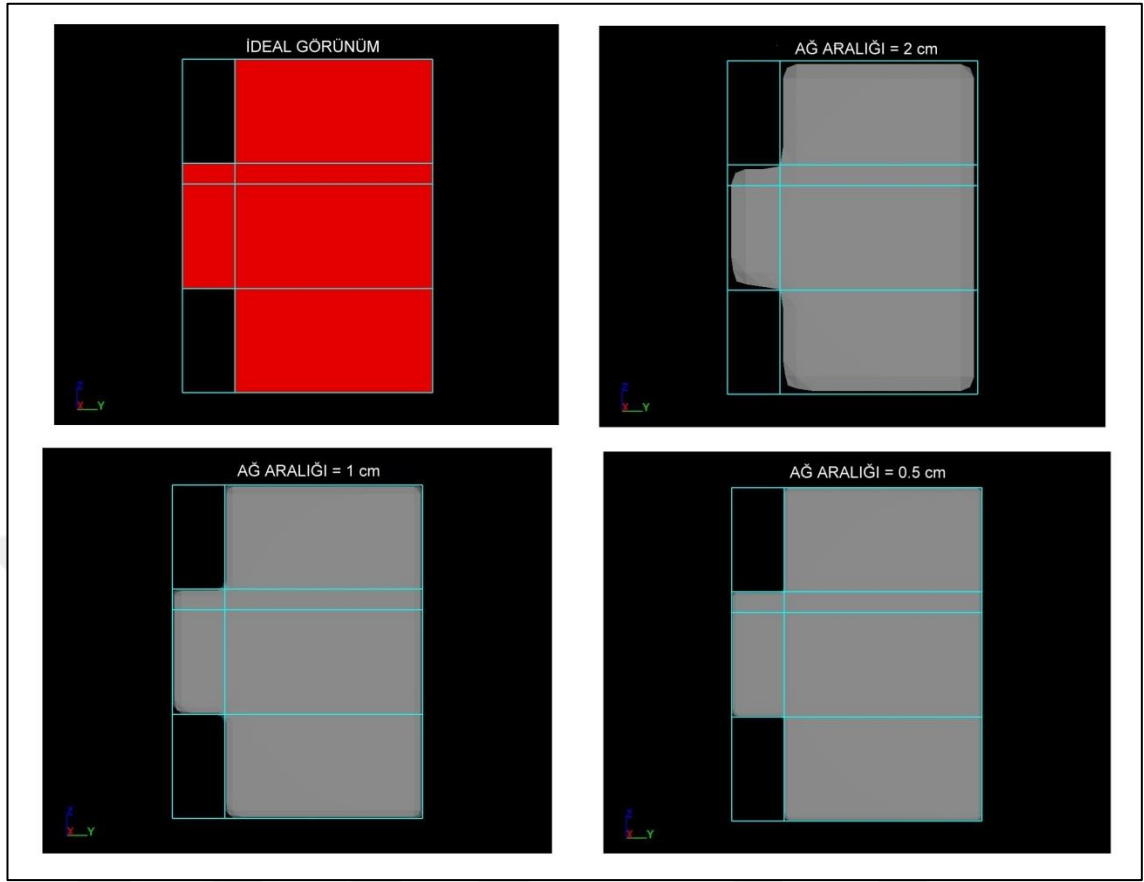
Şekil 2.23. Ağ Aralığının Engeller Etrafında Sıklaştırılması Durumunda Görünüm

Denemesi yapılan ağ konfigürasyonları, ortaya çıkan hücre sayısı ve analiz süreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1. Ağ Konfigürasyonları, Toplam Hücre Sayıları ve Çözüm Süreleri

Ağ Konfigürasyonu	Toplam Hücre Sayısı	1 Saniyelik Çözümün Kaç Dakikada Bittiği
Tamamı 2 cm Aralıklı	75810	0.74
Tamamı 1 cm Aralıklı	504000	9.63
Engel Çevresi 0.5 cm, Diğer Yerler 1 cm Aralıklı	732000	130.45
Engel Çevresi 1 cm, Diğer Yerler 2 cm Aralıklı	91920	2.85
Engel Çevresi 0.5 cm, Diğer Yerler 2 cm Aralıklı	302400	33.15

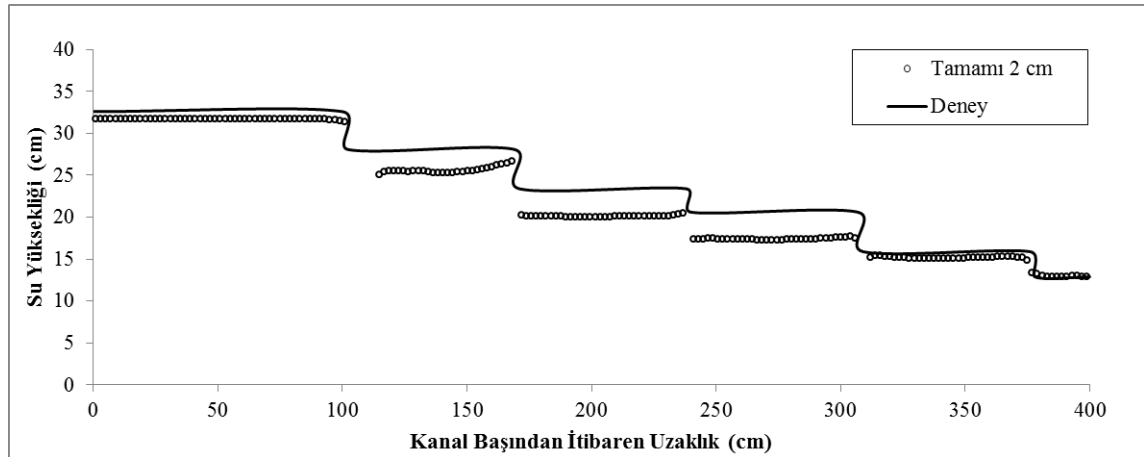
Çözümlerin yapıldığı bilgisayar İ7 işlemcili ve 8 GB Ram'li bir bilgisayardır. Bu şartlar altındaki çözüm süreleri kıyaslandığında en kısa sürede biten analiz, kanalın tamamında 2 cm aralıklı ağ kullanıldığı durumdur. Bununla birlikte kullanılan ağ aralığının engel panellerinin sınırlarını da yeterli çözünürlükte temsil edebilmesi gerekmektedir. Ağ aralığının engel panellerinin sınırlarının görünümüne etkisi Şekil 2.24'te verilmiştir.



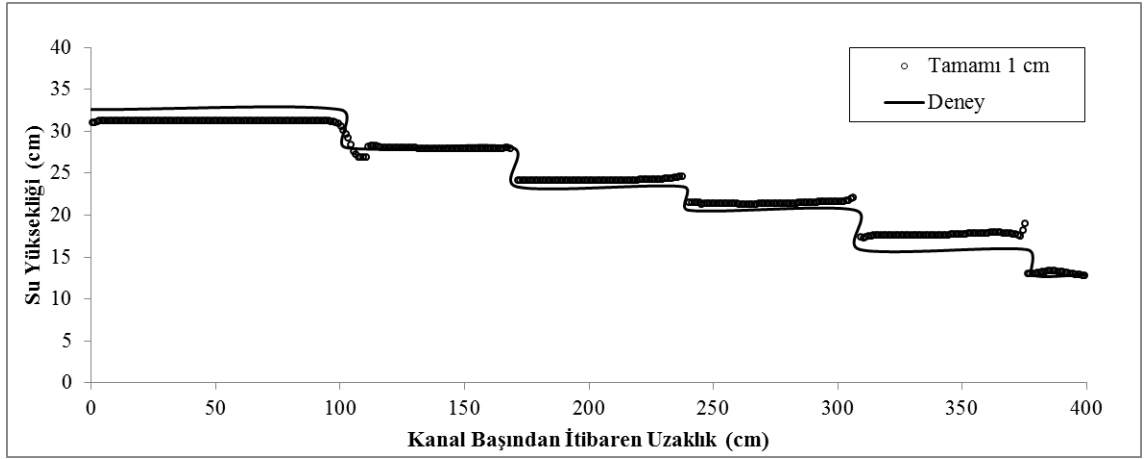
Şekil 2.24. Ağ Aralığının Engel Paneli Sınırlarına Etkisi

Şekilden ağ aralıkları azaldıkça şeklin çözünürlüğünün arttığı ve 1 cm ağ aralığının yeterli doğrulukta olduğu görülmektedir.

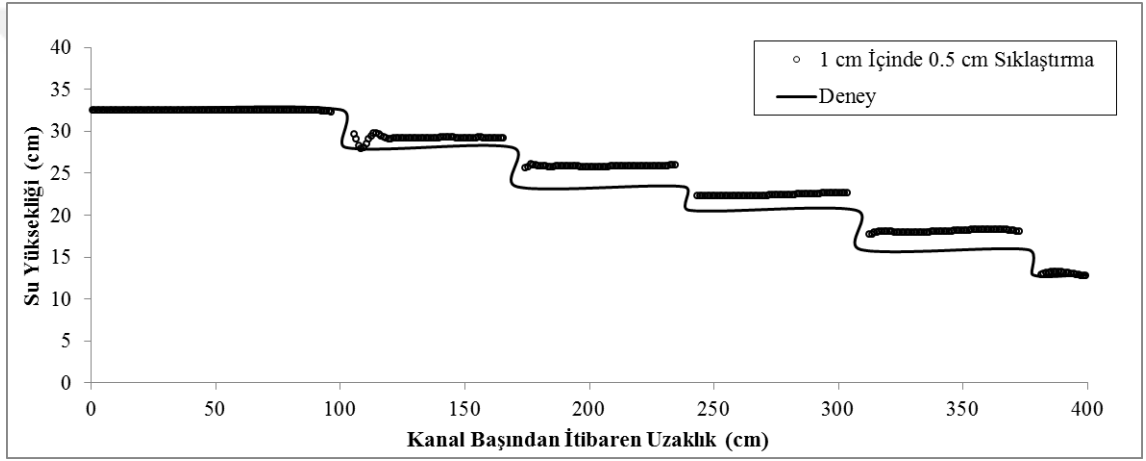
Kanalın bütünü ve sıkılaştırma bölgesi ağ aralıkları için farklı kombinasyonlar denenmiş ve bu denemelerden çıkan su yüzü sonuçlarının deneydekilerle mukayesesi Şekil 2.25'te verilmiştir.



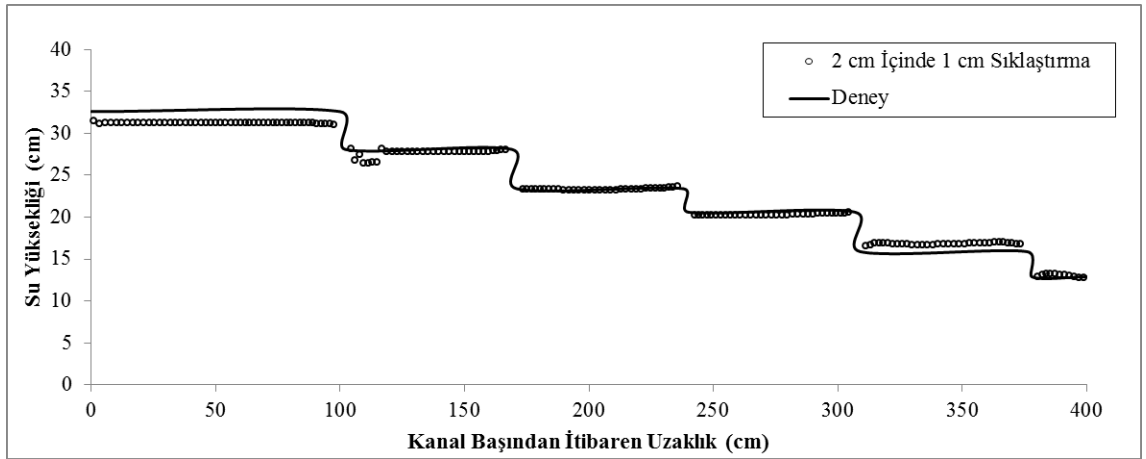
(a)



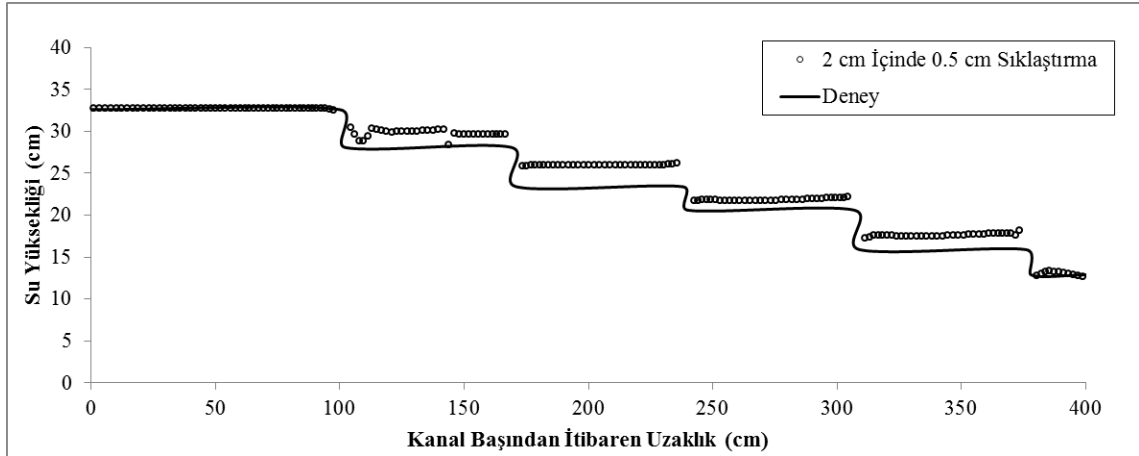
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 2.25. Ağ Konfigürasyonunun Su Yüzüne Etkisi

Şekil 2.25. incelendiğinde deneydekine en yakın su yüzü profilini veren ağ konfigürasyonunun sıklaştırma bölgesinin 1 cm ve geriye kalan yerlerin 2 cm aralıklı olduğu görülmektedir. Tablo 2.2.'de gösterilen su yüzüne göre hesaplanmış ortalama karesel hatalar da bu fikri desteklemektedir. Bu sebeple bütün analizlerin bu ağ konfigürasyonuna göre yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 2.2. Ağ Konfigürasyonlarının Ortalama Karesel Hataları

Ağ Konfigürasyonu	Ortalama Karesel Hata
Tamamı 2 cm Aralıklı	4.802
Tamamı 1 cm Aralıklı	1.055
Engel Çevresi 0.5 cm, Diğer Yerler 1 cm Aralıklı	2.574
Engel Çevresi 1 cm, Diğer Yerler 2 cm Aralıklı	0.511
Engel Çevresi 0.5 cm, Diğer Yerler 2 cm Aralıklı	2.375

3. BÖLÜM

BULGULAR

Bu tez çalışması kapsamında havuzlu balık geçitleri için 2 farklı orifis-çentik konfigürasyonu ve 4 farklı debi ile toplam 8 durum analiz edilmiştir. Orifis ve çentiklerin konumlanması ilk analizlerde aynı hizada, ikinci analizlerde ise şaşırtmalı durumdadır. Uygulanan debi değerleri ise 6.2 lt/s, 12.2 lt/s, 20 lt/s, ve 30 lt/s'dir. Analizi yapılan bütün durumlar Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Analizi Yapılan Durumlar

Orifis ve Çentikler Ortada ve Aynı Hizada	Orifis ve Çentikler Kenarlarda ve Şaşırtmalı
6.2 lt/s	6.2 lt/s
12.2 lt/s	12.2 lt/s
20 lt/s	20 lt/s
30 lt/s	30 lt/s

Orifis ve çentiklerin ortada-aynı hizada olduğu durumlar için ayrıca deneysel çalışma da yapılmıştır. Deneylerde, bütün havuzlarda ve memba-mansap bölgelerinde su yükseklikleri ölçülmüştür. Ayrıca 12.2 lt/s'lik debi durumu için ilk havuzda 3 boyutlu olarak x, y, z doğrultularındaki hızlar da ölçülmüştür.

3.1. Deneysel Çalışma

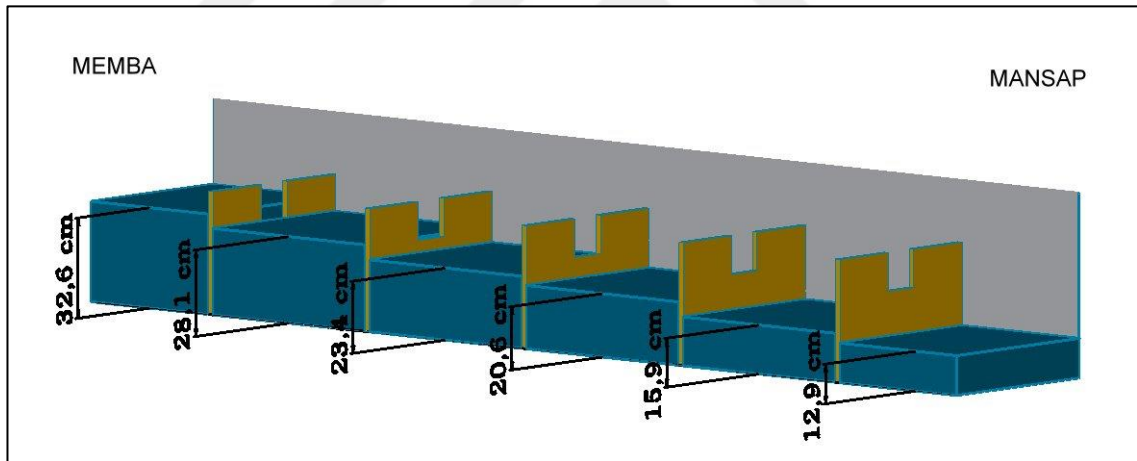
Deneysel çalışmada, su yükseklikleri kanalın orta noktasından alınmıştır. Her bir havuzun kendi içinde bütün noktalarında su yüksekliği eşit olduğundan, her havuzdan tek bir noktadan ölçüm almak yeterli olmuştur. Su yüksekliklerinin ölçümü için laboratuvar kanalı üzerindeki hareketli sehpaye monte edilen sivri uçlu metal çubuk (pointgauge) kullanılmıştır. Çubuğun ucu ilk olarak kanal tabanına değdirilerek referans

seviyesi okuması yapılmış, daha sonra suyun serbest yüzeyine kadar yükseltilip okuma yapılarak aradaki fark alınmıştır. Deneyde ölçülen su yüksekliği değerleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Deneyde Ölçülen Su Yükseklikleri

Debi (lt/s)	Su Yükseklikleri (cm)					
	Memba Bölgesi	1.Havuz	2.Havuz	3.Havuz	4.Havuz	Mansap Bölgesi
6.2	16.3	14	13.5	13.2	12.7	11.8
12.2	32.6	28.1	23.4	20.6	15.9	12.9
20	42.8	39.7	37.5	33	25.5	17
30	46	44	43	40	31.5	16

Tablo 3.2 incelendiğinde, havuzlardaki su yüksekliklerinin memba tarafından mansap tarafına gidildikçe azaldığı; debi arttıkça da arttığı görülebilmektedir. Deneyde ölçülen su yüksekliği değerlerinin şematik gösterimi ise Şekil 3.1’de verilmiştir.



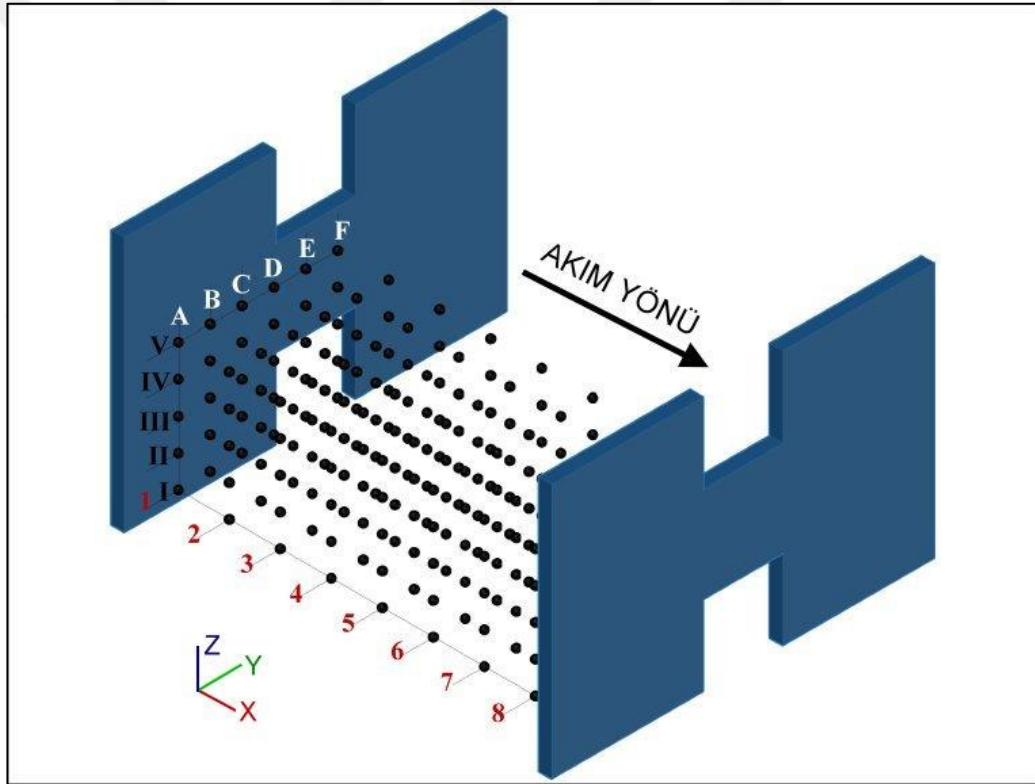
Şekil 3.1. 12.2 lt/s’lik Debi İçin Deneyde Ölçülen Su Yüksekliklerinin Şematik Gösterimi

Ardışık havuzlar arasındaki su yüksekliği farkları Tablo 3.3’te verilmiştir.

Tablo 3.3. Ardışık Havuzlar Arasındaki Su Yüksekliği Farkları

Debi (lt/s)	Su Yüksekliği Farkları (cm)				
	Memba-1.Havuz	1.Havuz-2.Havuz	2.Havuz-3.Havuz	3.Havuz-4.Havuz	4.Havuz-Mansap
6.2	2.3	0.5	0.3	0.5	0.9
12.2	4.5	4.7	2.8	4.7	3
20	3.1	2.2	4.5	7.5	8.5
30	2	1	3	8.5	15.5

Deneysel çalışmada, su hızı ölçümleri yalnızca 12.2 lt/s'lik debi için ilk havuzdan yapılmıştır. Ölçümler kanal uzunluğu boyunca 8 nokta, kanal eni boyunca 6 nokta ve kanal yüksekliği boyunca 5 nokta olmak üzere toplam 240 noktadan yapılmıştır. Deneyde kullanılan kanal, uzunluğu boyunca ortasından geçen eksene göre simetrik olduğundan dolayı ölçümlerin kanalın yalnızca bir yarısında yapılması yeterli olmuştur. Kanaldaki su yüksekliği ve hız değerlerinin simetrik olduğu, aynı deney düzeneğinde daha önce yapılan çalışmalardan bilinmektedir. 240 noktanın her biri için, rakamlar (kanal uzunluğu boyunca), harfler (kanal eni boyunca) ve roma rakamları (kanal yüksekliği boyunca) kullanılarak Şekil 3.2'de görüldüğü gibi bir isimlendirme yapılmıştır.



Şekil 3.2. Ölçüm Yapılan Noktaların İsimlendirilmesi

Her bir noktada x, y, ve z doğrultularında 3 boyutlu olarak ölçülen hız değerleri ve bu hızların bileşkesi Tablo 3.4'te gösterilmiştir. Hız değerlerinin başındaki (-) işaretleri gösterilen hızın ters yönde olduğunu belirtmektedir. Pozitif yönler; x doğrultusu için akım doğrultusu, y doğrultusu için kanal ortasından dışına doğru olan yön ve z doğrultusu için aşağıdan yukarı doğru olan yöndür. Tablo 3.4'te en sağdaki sütunda ise bileşke hız büyüklükleri hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Deneyde Ölçülen Hız Değerleri

Sy	Sz	Sx	Vx (cm/s)	Vy (cm/s)	Vz (cm/s)	Vb (cm/s)	Sy	Sz	Sx	Vx (cm/s)	Vy (cm/s)	Vz (cm/s)	Vb (cm/s)
A	I	1	1.71	-0.41	0.77	1.92	B	I	1	3.89	-0.57	-6.09	7.25
A	I	2	0.64	0.25	1.06	1.26	B	I	2	6.88	-1.00	-3.92	7.98
A	I	3	1.68	0.34	1.95	2.60	B	I	3	1.49	-0.28	-1.07	1.86
A	I	4	0.73	0.18	2.24	2.36	B	I	4	3.87	-0.44	-0.92	4.00
A	I	5	-0.19	-0.05	0.01	0.20	B	I	5	2.46	-0.45	-2.44	3.49
A	I	6	9.30	0.71	2.65	9.70	B	I	6	1.01	-0.22	-0.76	1.28
A	I	7	10.90	2.45	8.48	14.03	B	I	7	2.06	-0.39	-0.95	2.30
A	I	8	-2.20	-0.42	-1.27	2.57	B	I	8	-0.16	0.04	0.55	0.57
A	II	1	3.76	0.40	-0.40	3.80	B	II	1	4.37	-0.09	-10.77	11.62
A	II	2	5.25	1.15	0.73	5.42	B	II	2	4.86	-1.27	-6.99	8.61
A	II	3	4.81	1.37	1.04	5.11	B	II	3	0.43	-0.09	-0.43	0.61
A	II	4	8.54	-0.86	4.76	9.81	B	II	4	0.01	-0.01	0.06	0.06
A	II	5	5.63	1.26	-1.41	5.94	B	II	5	0.12	-0.02	-0.08	0.15
A	II	6	10.03	1.91	4.64	11.22	B	II	6	0.95	-0.18	-0.67	1.18
A	II	7	2.49	0.46	-6.74	7.20	B	II	7	-0.13	-0.03	-0.24	0.27
A	II	8	3.22	0.78	7.55	8.24	B	II	8	0.19	-0.03	0.35	0.40
A	III	1	1.87	-0.16	-0.37	1.91	B	III	1	6.27	0.40	-10.44	12.18
A	III	2	1.43	-0.24	-1.16	1.86	B	III	2	4.05	-0.16	-5.59	6.90
A	III	3	0.59	-0.04	-2.08	2.16	B	III	3	1.15	-0.39	-3.10	3.33
A	III	4	1.09	0.50	-2.74	2.99	B	III	4	1.62	-0.35	-0.89	1.88
A	III	5	9.47	1.62	-0.67	9.63	B	III	5	1.16	-0.33	-0.64	1.37
A	III	6	2.68	1.27	-4.16	5.11	B	III	6	0.26	-0.10	-0.12	0.30
A	III	7	0.65	1.75	3.03	3.56	B	III	7	-0.04	-0.03	9.49	9.49
A	III	8	-0.25	-0.98	6.68	6.76	B	III	8	-1.00	0.26	1.29	1.65
A	IV	1	2.55	0.16	-0.48	2.60	B	IV	1	5.09	0.21	-6.78	8.48
A	IV	2	-3.42	1.21	-3.18	4.82	B	IV	2	1.86	-0.12	-2.59	3.19
A	IV	3	0.28	-0.64	-4.93	4.98	B	IV	3	0.04	-0.01	-0.17	0.17
A	IV	4	6.51	1.39	0.82	6.71	B	IV	4	0.16	-0.05	-0.03	0.17
A	IV	5	0.19	-0.60	-1.48	1.61	B	IV	5	0.05	0.00	-0.03	0.06
A	IV	6	1.52	1.34	-0.23	2.04	B	IV	6	0.19	-0.06	-0.20	0.28
A	IV	7	2.23	3.10	1.61	4.14	B	IV	7	-0.21	-0.07	-0.27	0.35
A	IV	8	-3.66	1.29	1.97	4.35	B	IV	8	-0.05	0.03	-0.01	0.06
A	V	1	2.14	-0.06	0.32	2.16	B	V	1	-0.11	-0.02	-2.72	2.72
A	V	2	5.29	1.85	7.54	9.39	B	V	2	1.26	0.04	2.24	2.57
A	V	3	-0.75	0.34	1.82	2.00	B	V	3	0.06	-0.03	13.15	13.15
A	V	4	-1.48	-0.18	0.57	1.60	B	V	4	-0.68	0.05	-11.92	11.94
A	V	5	-4.98	-0.92	-2.96	5.87	B	V	5	-0.77	0.19	-29.89	29.90
A	V	6	-16.51	1.57	5.42	17.45	B	V	6	-0.76	0.15	8.07	8.11
A	V	7	-10.07	-0.21	-0.80	10.10	B	V	7	-2.78	0.16	-22.00	22.18
A	V	8	-8.41	-0.29	-0.94	8.47	B	V	8	-0.01	0.04	25.46	25.46

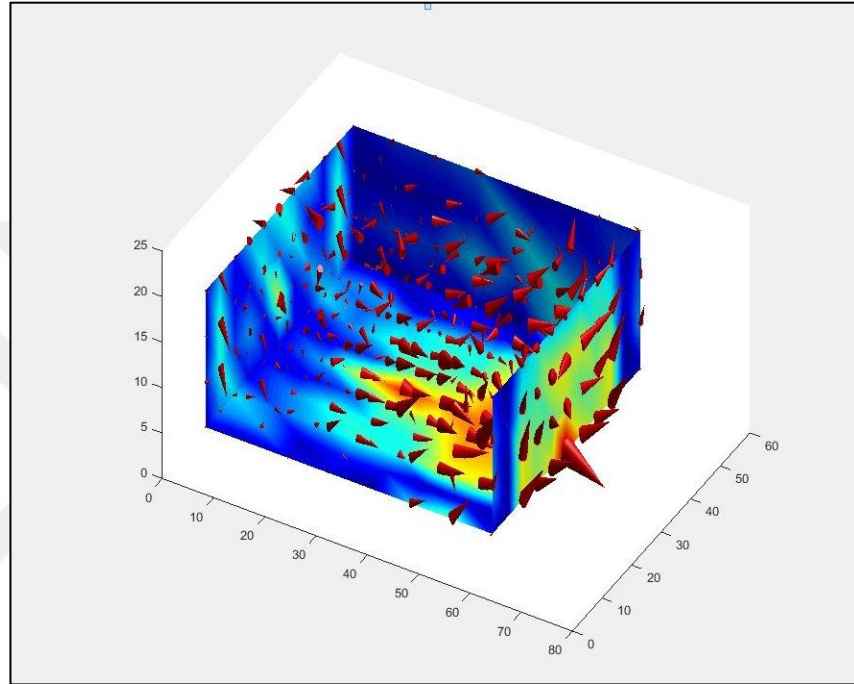
Tablo 3.4. Deneyde Ölçülen Hız Değerleri (Devamı)

Sy	Sz	Sx	Vx (cm/s)	Vy (cm/s)	Vz (cm/s)	Vb (cm/s)	Sy	Sz	Sx	Vx (cm/s)	Vy (cm/s)	Vz (cm/s)	Vb (cm/s)
C	I	1	4.49	-1.83	-8.61	9.88	D	I	1	0.26	2.95	-1.03	3.14
C	I	2	5.39	-2.81	0.18	6.08	D	I	2	6.19	3.19	-1.51	7.13
C	I	3	3.10	-6.32	-5.89	9.18	D	I	3	11.24	-2.03	1.07	11.47
C	I	4	11.70	-1.63	0.96	11.85	D	I	4	10.80	-0.56	2.55	11.11
C	I	5	10.45	-1.25	-3.60	11.12	D	I	5	11.27	2.45	1.08	11.58
C	I	6	16.61	-1.61	2.89	16.94	D	I	6	19.02	4.03	2.96	19.67
C	I	7	16.57	-0.78	4.48	17.18	D	I	7	19.20	-0.56	2.43	19.36
C	I	8	12.40	2.54	12.89	18.07	D	I	8	14.03	-1.86	5.55	15.20
C	II	1	2.73	0.90	-4.05	4.97	D	II	1	-2.30	7.72	-0.58	8.08
C	II	2	4.76	-1.69	-1.28	5.21	D	II	2	-0.84	3.88	-3.39	5.22
C	II	3	4.65	0.82	3.19	5.70	D	II	3	4.58	8.04	-0.56	9.27
C	II	4	11.97	-2.24	2.65	12.46	D	II	4	4.39	3.26	-1.62	5.70
C	II	5	14.13	-0.89	7.92	16.22	D	II	5	11.29	-0.61	1.61	11.42
C	II	6	14.44	-5.17	1.58	15.42	D	II	6	14.53	-2.34	-2.53	14.93
C	II	7	15.09	-3.89	15.61	22.06	D	II	7	11.88	-8.11	2.85	14.66
C	II	8	7.09	-3.45	16.00	17.84	D	II	8	8.15	-5.84	10.48	14.50
C	III	1	-0.17	2.98	0.66	3.06	D	III	1	-2.41	2.14	-1.76	3.67
C	III	2	3.79	1.27	0.90	4.10	D	III	2	-0.69	2.46	-1.61	3.02
C	III	3	3.95	-0.15	-3.33	5.17	D	III	3	4.54	2.62	1.65	5.50
C	III	4	10.71	-2.56	4.54	11.91	D	III	4	1.15	0.48	4.36	4.53
C	III	5	13.22	-3.75	3.49	14.18	D	III	5	12.04	-4.51	0.54	12.87
C	III	6	10.78	-5.79	5.17	13.28	D	III	6	10.80	-7.50	3.57	13.62
C	III	7	7.97	-6.25	8.97	13.53	D	III	7	11.12	-10.07	-0.68	15.02
C	III	8	5.66	-4.40	9.67	12.04	D	III	8	6.35	-9.99	4.58	12.69
C	IV	1	2.85	-1.07	1.96	3.62	D	IV	1	-5.77	6.80	-2.18	9.18
C	IV	2	-0.34	1.69	-3.24	3.67	D	IV	2	-0.11	2.81	-1.64	3.26
C	IV	3	6.91	-2.60	2.18	7.70	D	IV	3	1.21	-0.14	-1.40	1.86
C	IV	4	8.64	-3.03	0.78	9.19	D	IV	4	10.25	-5.65	-0.59	11.72
C	IV	5	10.82	-3.08	3.75	11.86	D	IV	5	0.40	0.60	-0.86	1.12
C	IV	6	1.35	-4.17	2.63	5.11	D	IV	6	2.56	-7.10	-1.50	7.70
C	IV	7	-1.65	-9.10	8.65	12.66	D	IV	7	-0.87	-10.72	0.29	10.76
C	IV	8	-1.67	-6.61	6.38	9.34	D	IV	8	3.29	-10.27	3.42	11.31
C	V	1	-0.65	-1.15	15.09	15.15	D	V	1	-10.40	4.16	21.18	23.96
C	V	2	-2.53	-3.18	-8.15	9.11	D	V	2	-10.82	4.02	20.23	23.29
C	V	3	-0.43	-4.51	-25.07	25.48	D	V	3	-2.34	-1.16	30.60	30.71
C	V	4	-2.85	-5.60	2.46	6.75	D	V	4	-8.27	2.59	5.40	10.21
C	V	5	-8.00	-2.18	-56.03	56.64	D	V	5	-11.33	-5.47	6.64	14.23
C	V	6	-9.18	-7.31	41.71	43.33	D	V	6	-17.96	-13.55	-7.59	23.74
C	V	7	-16.51	-10.28	-9.31	21.56	D	V	7	-18.42	-16.49	-97.07	100.17
C	V	8	-14.05	-7.78	-21.49	26.83	D	V	8	-13.18	-6.24	-5.49	15.58

Tablo 3.4. Deneyde Ölçülen Hız Değerleri (Devamı)

Sy	Sz	Sx	Vx (cm/s)	Vy (cm/s)	Vz (cm/s)	Vb (cm/s)	Sy	Sz	Sx	Vx (cm/s)	Vy (cm/s)	Vz (cm/s)	Vb (cm/s)
E	I	1	0.33	-3.01	-1.36	3.32	F	I	1	1.59	-1.90	-1.85	3.09
E	I	2	2.55	-0.83	-1.13	2.91	F	I	2	6.27	1.38	-4.74	7.98
E	I	3	4.74	-2.26	0.97	5.34	F	I	3	16.40	4.73	-1.83	17.17
E	I	4	13.15	0.10	2.48	13.38	F	I	4	24.21	1.84	-5.75	24.95
E	I	5	15.37	-0.29	-1.38	15.43	F	I	5	19.18	-3.10	4.78	20.01
E	I	6	21.30	-1.31	-0.79	21.35	F	I	6	21.61	-5.55	0.36	22.31
E	I	7	19.14	-5.03	-2.07	19.90	F	I	7	20.38	-2.97	-2.84	20.79
E	I	8	15.95	-3.95	6.61	17.71	F	I	8	27.86	-6.93	-4.43	29.05
E	II	1	-2.65	1.05	-2.48	3.78	F	II	1	-1.06	11.74	-11.66	16.58
E	II	2	5.54	-3.03	2.28	6.71	F	II	2	0.09	7.62	-9.29	12.02
E	II	3	7.81	-5.82	4.29	10.64	F	II	3	7.33	-1.91	-5.12	9.14
E	II	4	8.53	-5.19	3.21	10.49	F	II	4	14.28	-6.17	0.23	15.56
E	II	5	6.31	-4.69	3.40	8.57	F	II	5	16.24	-10.92	4.79	20.15
E	II	6	3.96	-2.68	-2.68	5.48	F	II	6	5.58	-5.83	-0.83	8.11
E	II	7	15.30	-9.71	4.64	18.71	F	II	7	6.81	-7.21	-6.68	11.96
E	II	8	9.75	-8.19	3.70	13.26	F	II	8	10.43	-12.55	1.69	16.41
E	III	1	-10.73	0.76	-0.11	10.76	F	III	1	-5.27	2.03	-4.28	7.09
E	III	2	-3.68	3.50	-2.54	5.68	F	III	2	-3.68	2.70	-8.75	9.87
E	III	3	2.20	-4.06	-0.91	4.71	F	III	3	-2.43	1.09	-4.92	5.59
E	III	4	5.60	-4.72	2.92	7.88	F	III	4	0.15	-1.49	-2.13	2.60
E	III	5	2.90	-2.25	1.82	4.10	F	III	5	6.39	-3.75	1.54	7.57
E	III	6	-0.66	2.27	-5.27	5.78	F	III	6	-0.17	-2.94	-5.41	6.16
E	III	7	3.47	-3.59	-4.20	6.52	F	III	7	2.00	-6.96	-9.26	11.76
E	III	8	7.81	-14.10	6.03	17.21	F	III	8	4.20	-16.71	-0.06	17.23
E	IV	1	-8.42	1.28	-0.72	8.55	F	IV	1	-3.49	5.34	-9.65	11.57
E	IV	2	-6.20	5.88	0.03	8.54	F	IV	2	-13.87	6.50	1.15	15.36
E	IV	3	-5.52	6.27	-1.25	8.45	F	IV	3	-9.88	3.67	1.06	10.59
E	IV	4	-8.83	7.29	-1.03	11.50	F	IV	4	-8.37	9.15	4.68	13.25
E	IV	5	-5.95	5.74	-2.66	8.68	F	IV	5	-7.65	3.73	-4.36	9.56
E	IV	6	-12.38	-0.02	-5.27	13.46	F	IV	6	-5.88	4.76	1.82	7.78
E	IV	7	-8.37	-4.17	-4.94	10.58	F	IV	7	-6.87	1.19	-1.90	7.23
E	IV	8	-1.45	-8.58	3.85	9.52	F	IV	8	-5.76	-4.67	-4.82	8.84
E	V	1	-11.18	6.59	61.77	63.12	F	V	1	-20.78	5.93	22.79	31.41
E	V	2	-13.22	6.84	-4.85	15.65	F	V	2	-16.31	9.11	13.22	22.89
E	V	3	-11.08	6.86	23.41	26.79	F	V	3	-6.30	8.30	5.62	11.84
E	V	4	-6.67	9.76	49.19	50.59	F	V	4	-9.65	11.83	66.52	68.25
E	V	5	-21.05	16.53	97.20	100.82	F	V	5	-10.67	13.70	52.61	55.40
E	V	6	-21.73	16.06	34.21	43.59	F	V	6	-19.93	13.11	135.76	137.84
E	V	7	-19.66	4.83	71.00	73.83	F	V	7	-17.03	6.32	32.09	36.87
E	V	8	-18.25	-2.60	-52.03	55.20	F	V	8	-16.01	8.88	37.42	41.66

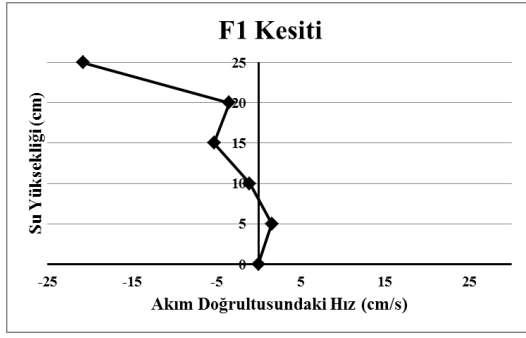
Tabloda verilen x doğrultusundaki hız değerleri incelendiğinde en yüksek hız değerlerinin düşeyde tabana en yakın olan I ve II no'lu kesitlerde; kanal uzunluğu boyunca ise çıkış orifisine yakın bölgelerde (5, 6, 7 ve 8 kesitlerinde) çıktığı görülmektedir. Ölçülen bileşke hız değerlerinin Matlab programı ile görselleştirilmiş hali Şekil 3.3'te verilmiştir.



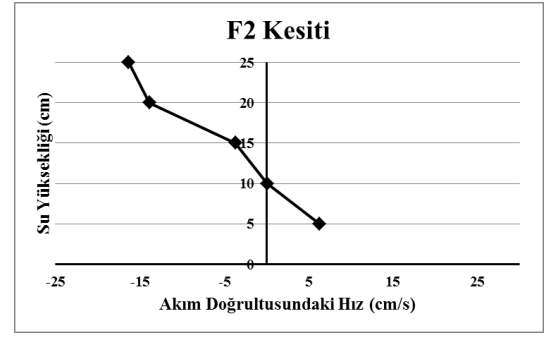
Şekil 3.3. Deneyde Ölçülen Hız Değerlerinin Şematik Gösterimi

Şekil 3.3'ten, orifis ve çentiklerin ortada bulunduğu konfigürasyonda, hız değerlerinin kanal ortasında kenarlarına kıyasla daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir.

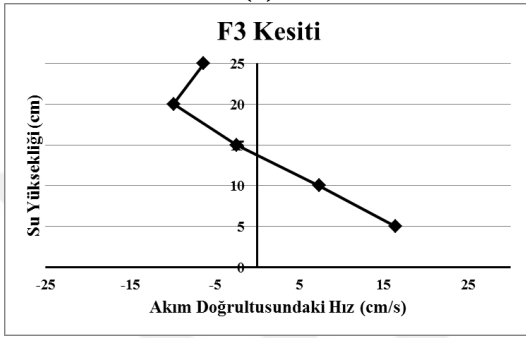
Deneyde ölçülen hızlardan kanalın ortasında (F kesitinde) olanlar grafik haline getirilmiş ve Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



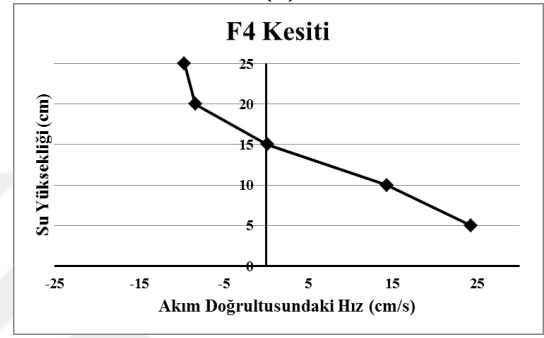
(a)



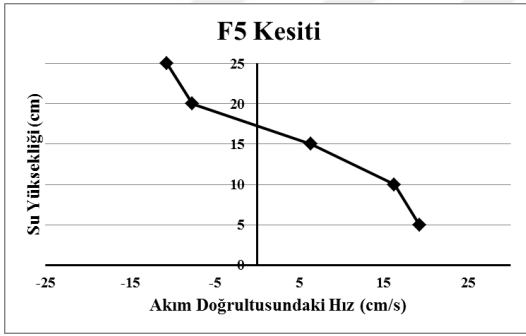
(b)



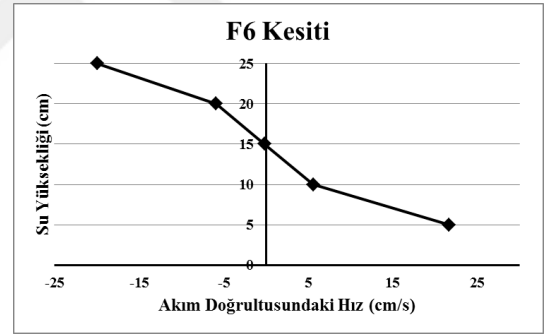
(c)



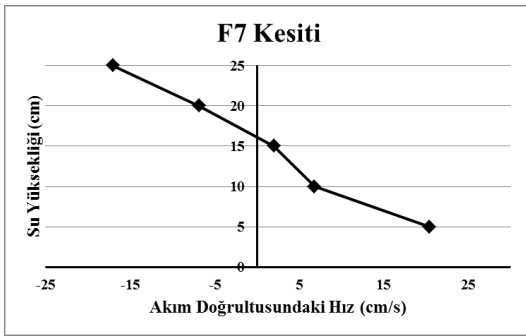
(d)



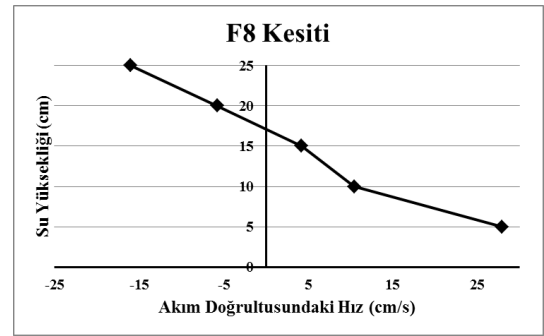
(e)



(f)



(g)



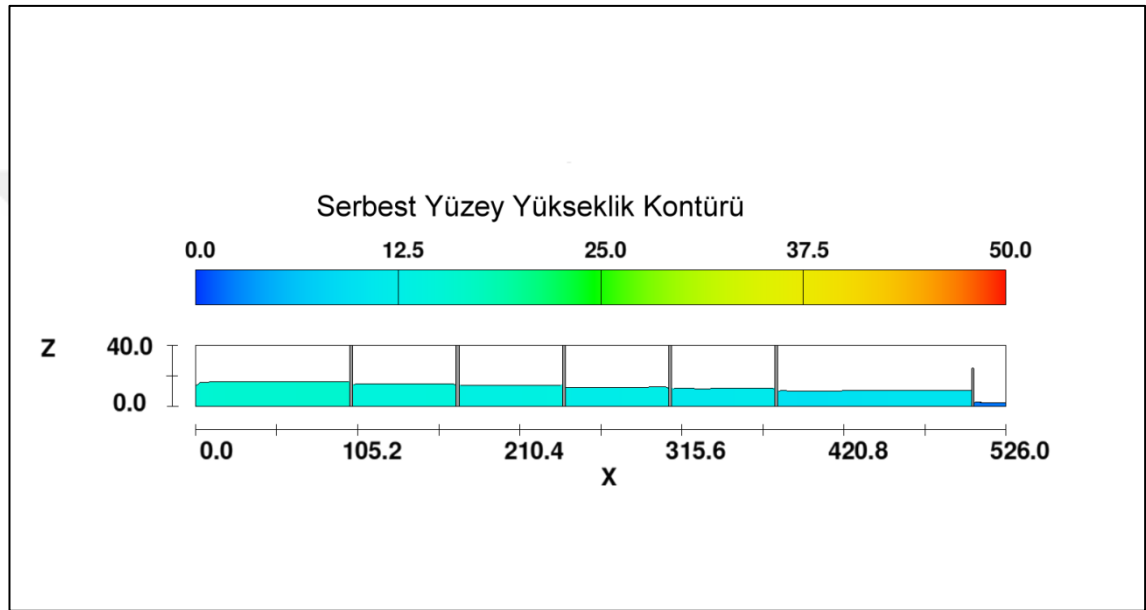
(h)

Şekil 3.4. Deneyde Orta Kesitte (F) Ölçülen Hız Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi

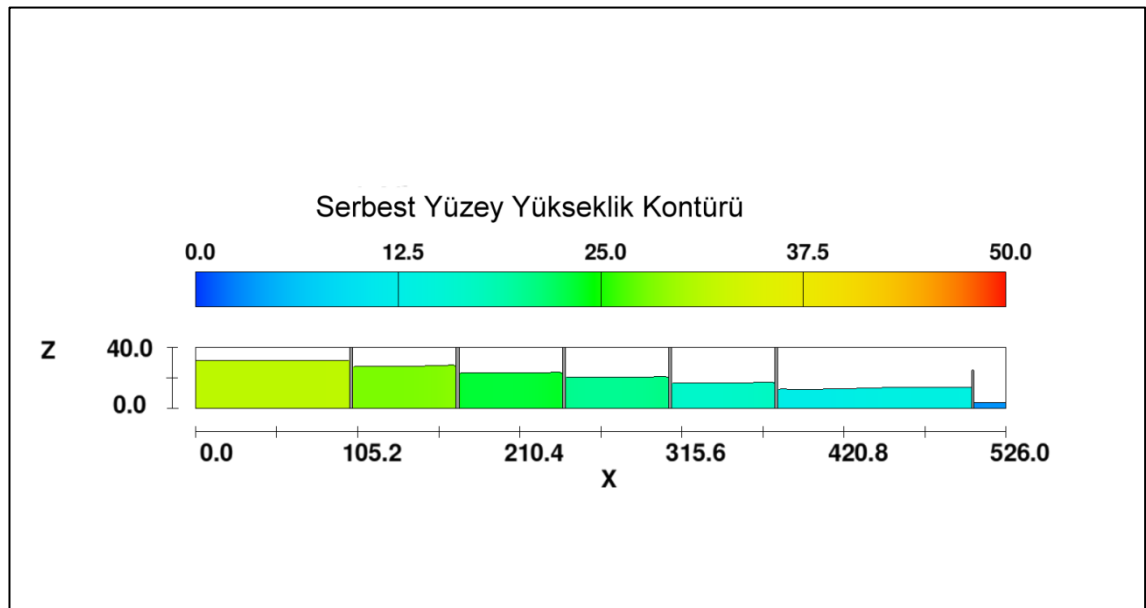
3.2. Sayısal Analiz Çalışması

3.2.1 Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırılması

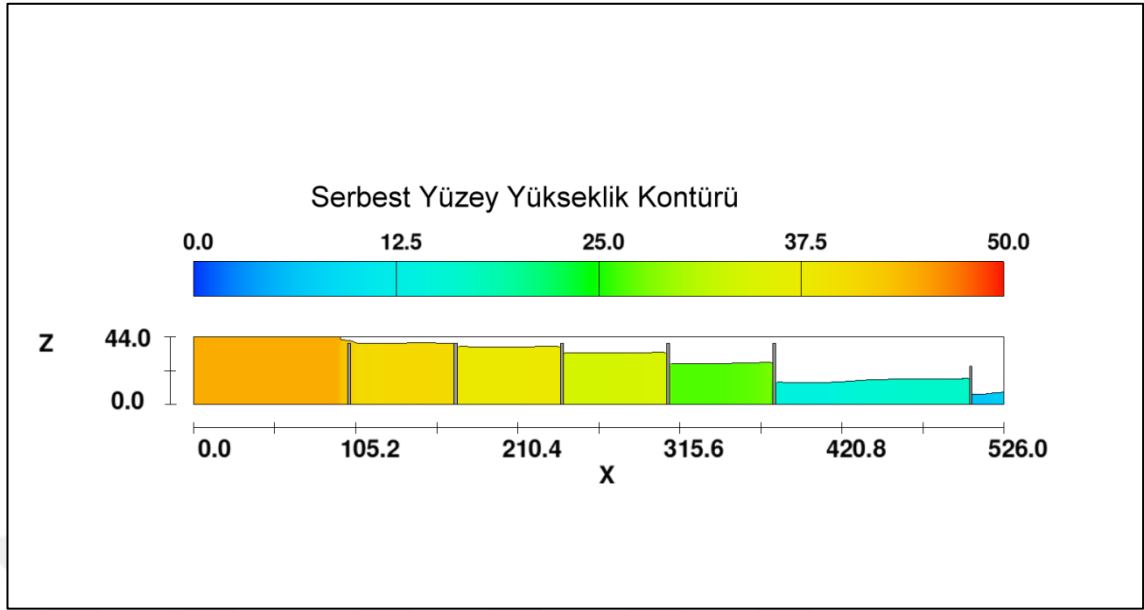
Analiz sonuçlarına göre orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumlar için su yükseklikleri Şekil 3.5-Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



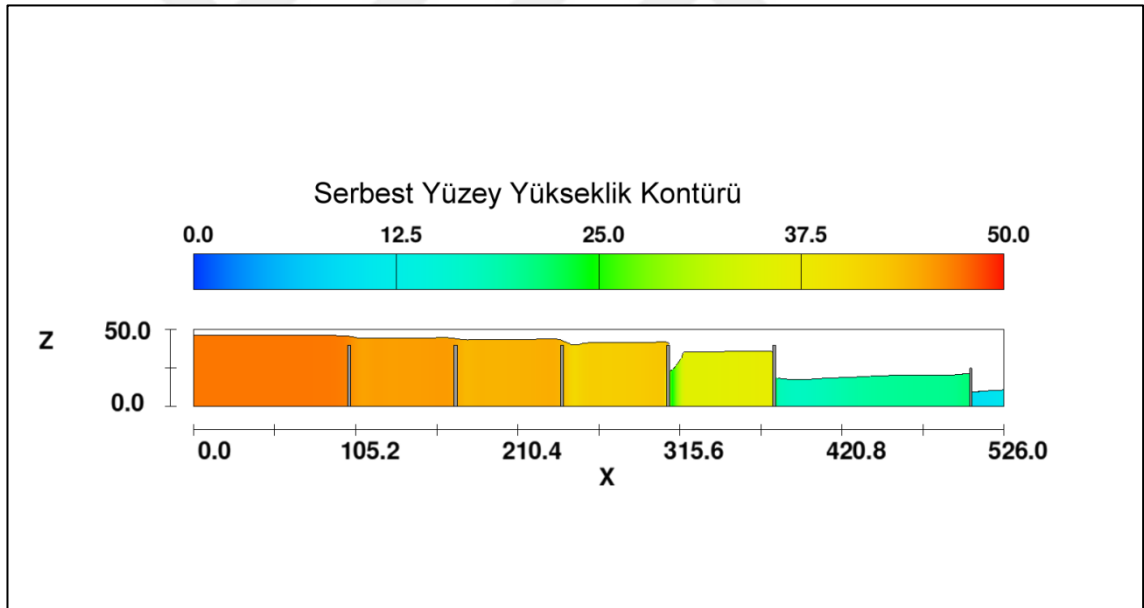
Şekil 3.5. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri



Şekil 3.6. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri



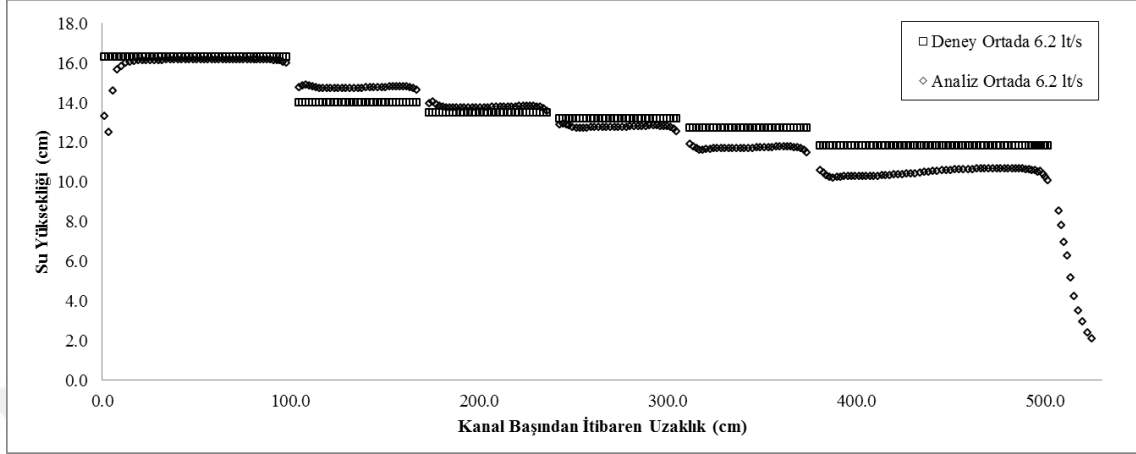
Şekil 3.7. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri



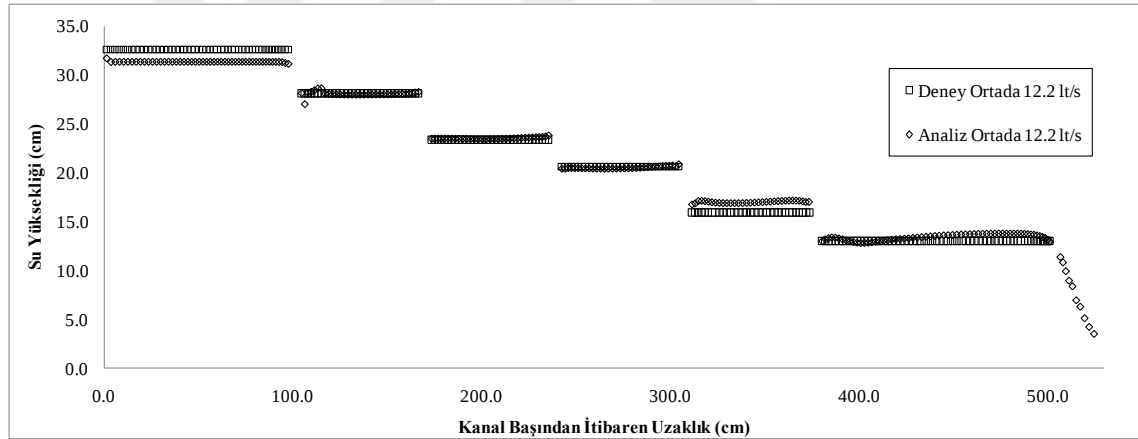
Şekil 3.8. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri

Şekil 3.5-Şekil 3.8 incelendiğinde, deney sonuçlarında olduğu gibi HAD analiz sonuçlarında da benzer şekilde, havuzlardaki su yüksekliklerinin memba tarafından mansap tarafına gidildikçe azaldığı; artan debi ile arttığı görülebilmektedir. 6.2 lt/s ve 12.2 lt/s'lik debilerde su yüksekliği yeterince yüksek olmadığı için üstteki çentiklerden su akışı olmamış, bütün akış yalnızca alttaki orifislerden olmuştur. 20 lt/s ve 30 lt/s'lik debilerde ise bazı engeller için su yüksekliği yeterli olup, hem alttaki orifislerden hem de üstteki çentiklerden akış olduğu gözlemlenmiştir.

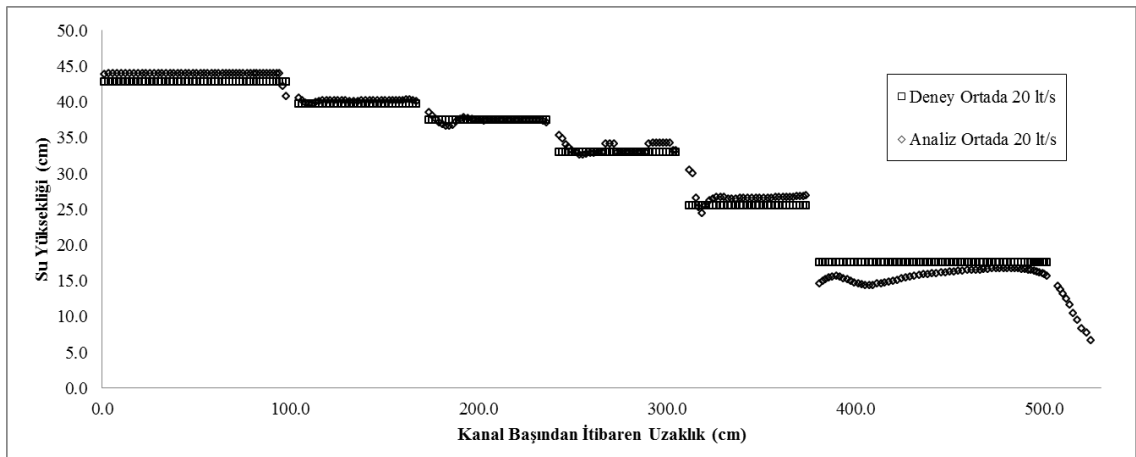
Orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumlar için deneyde ve analiz su yüksekliklerinin karşılaştırması Şekil 3.9 – Şekil 3.12’de verilmiştir.



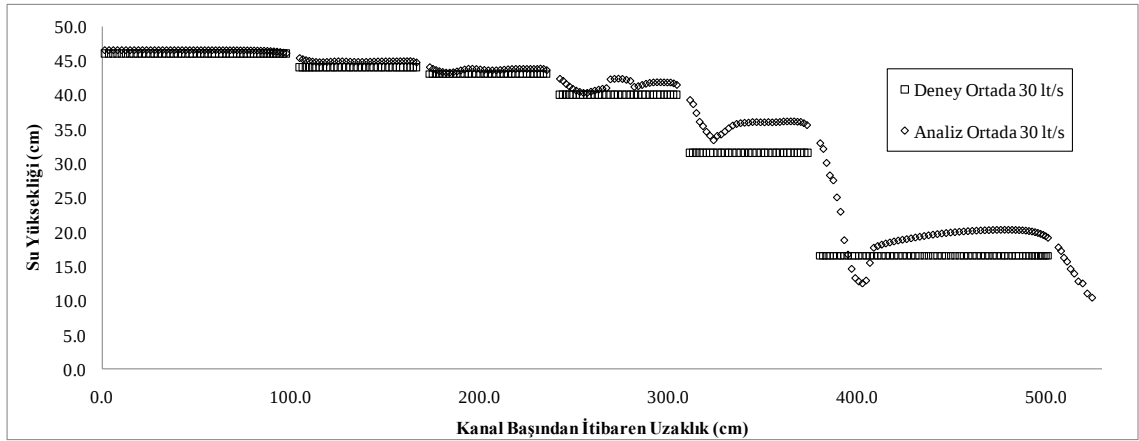
Şekil 3.9. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması



Şekil 3.10. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması



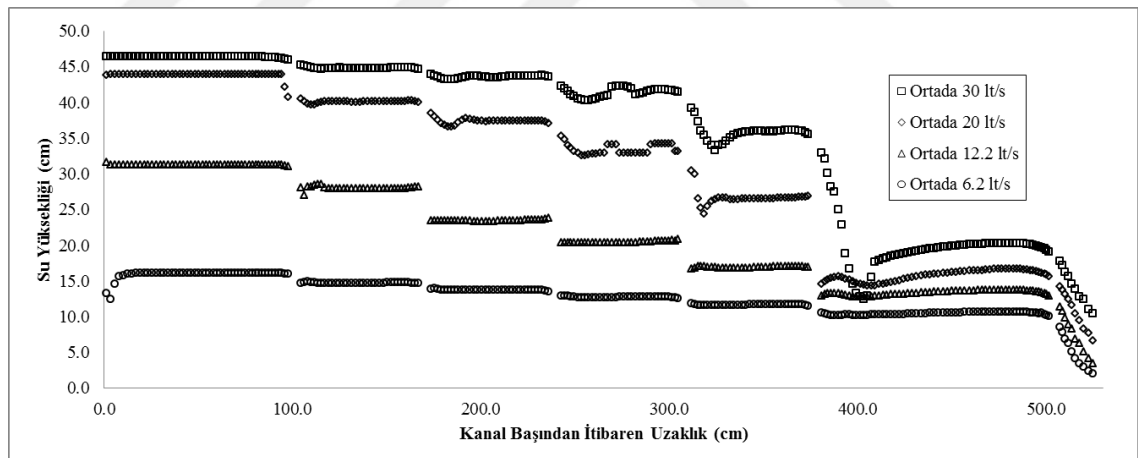
Şekil 3.11. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s’lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması



Şekil 3.12. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Deney ve Analiz Su Yüksekliklerinin Karşılaştırması

Şekil 3.9 – Şekil 3.12 incelendiğinde deneyden ve analizden elde edilen su yüksekliklerinin oldukça benzer olduğu görülmektedir.

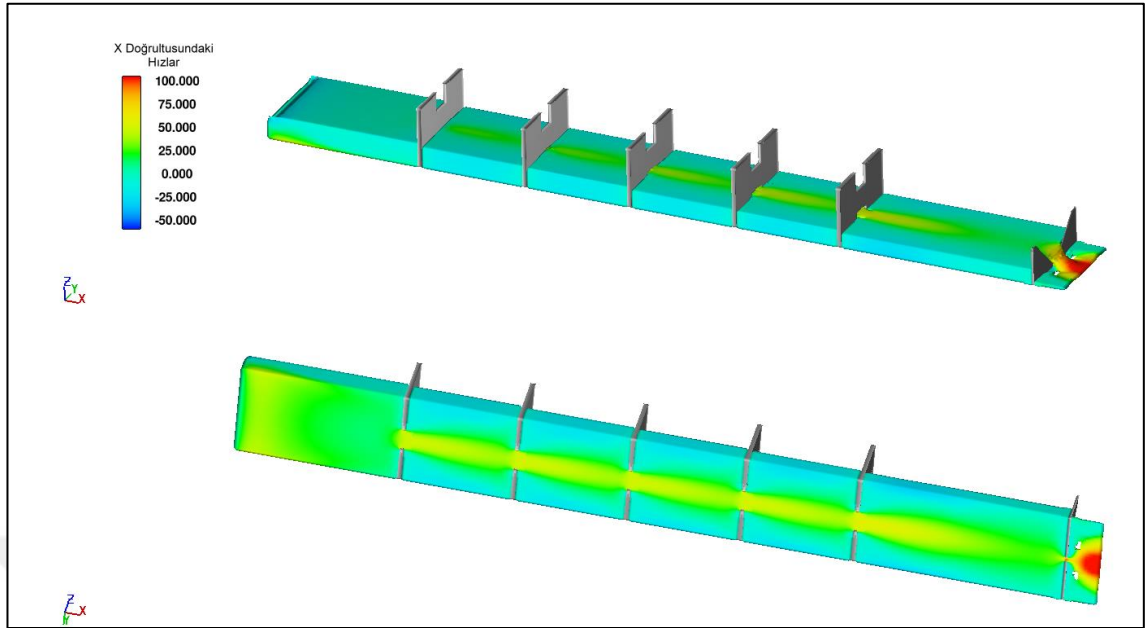
Orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumlar için analizlerde debi değişiminin su yüksekliğine etkisi Şekil 3.13'te verilmiştir.



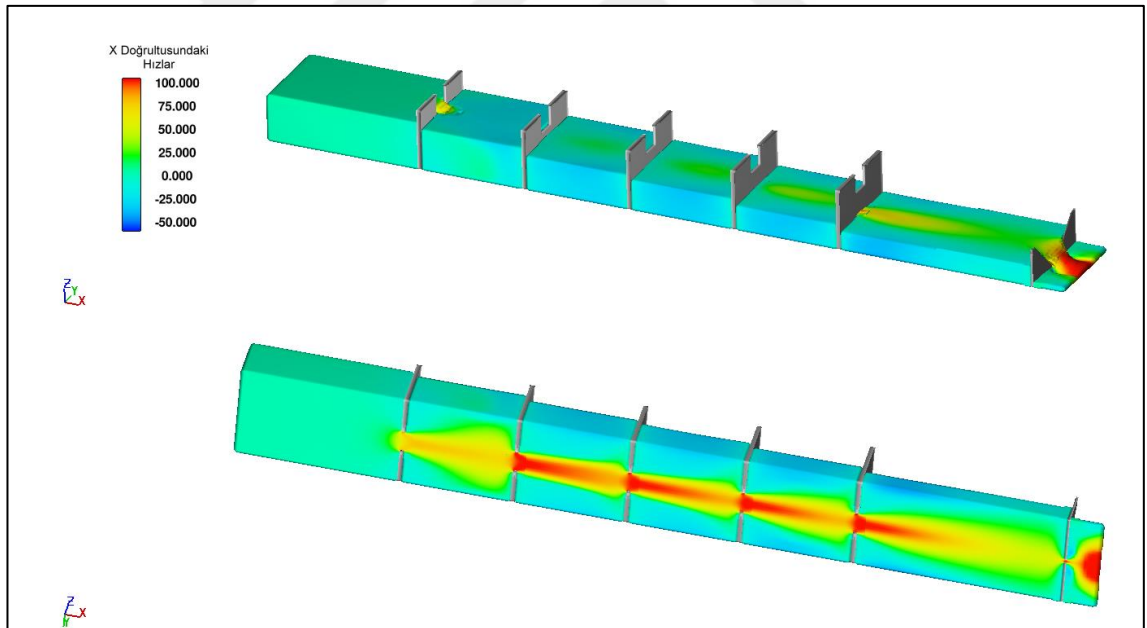
Şekil 3.13. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumlar İçin Analizlerde Debi Değişiminin Su Yüksekliğine Etkisi

Şekil 3.13'den artan debi ile birlikte su yüksekliklerinin de arttığı açıkça görülmektedir.

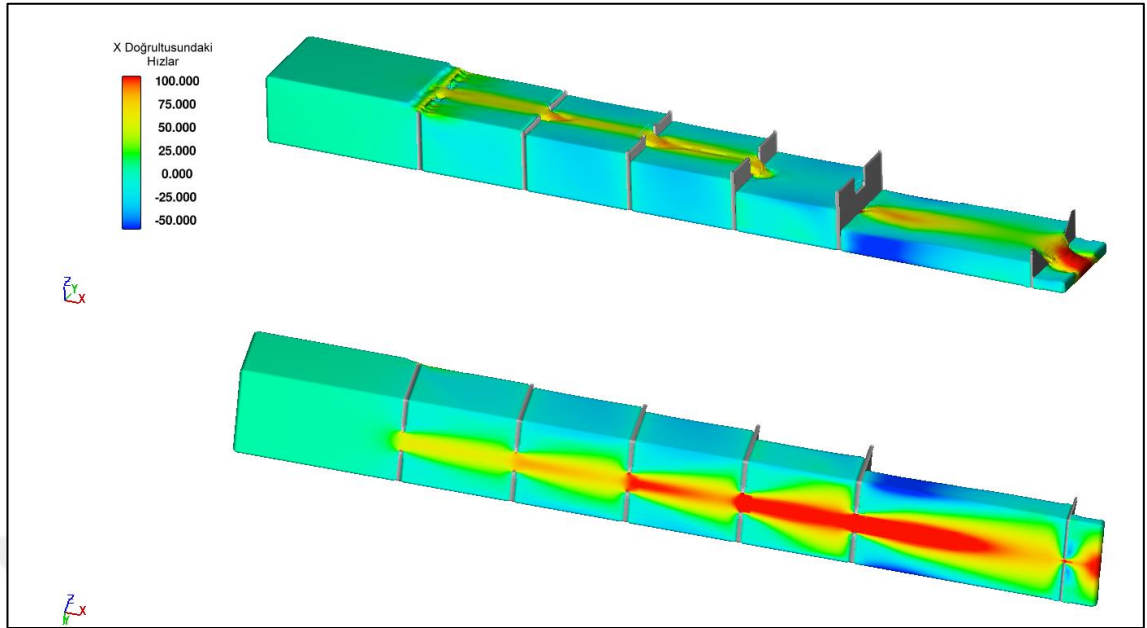
Analiz sonuçlarına göre orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumlar için x doğrultusundaki hızlar Şekil 3.14 – Şekil 3.17'da gösterilmiştir.



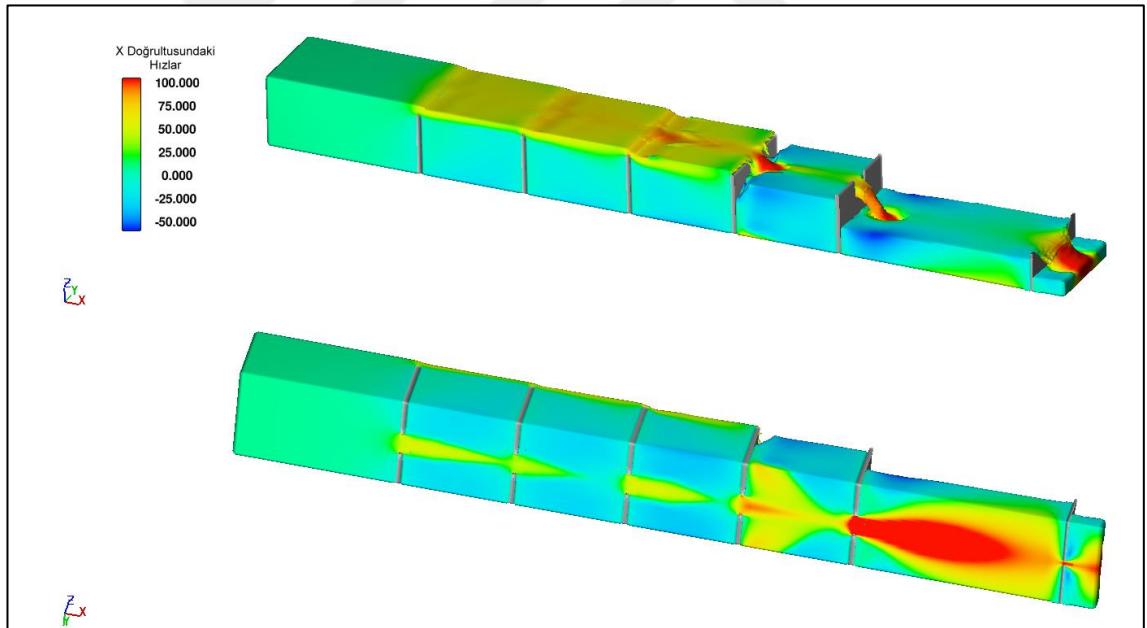
Şekil 3.14. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar



Şekil 3.15. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar



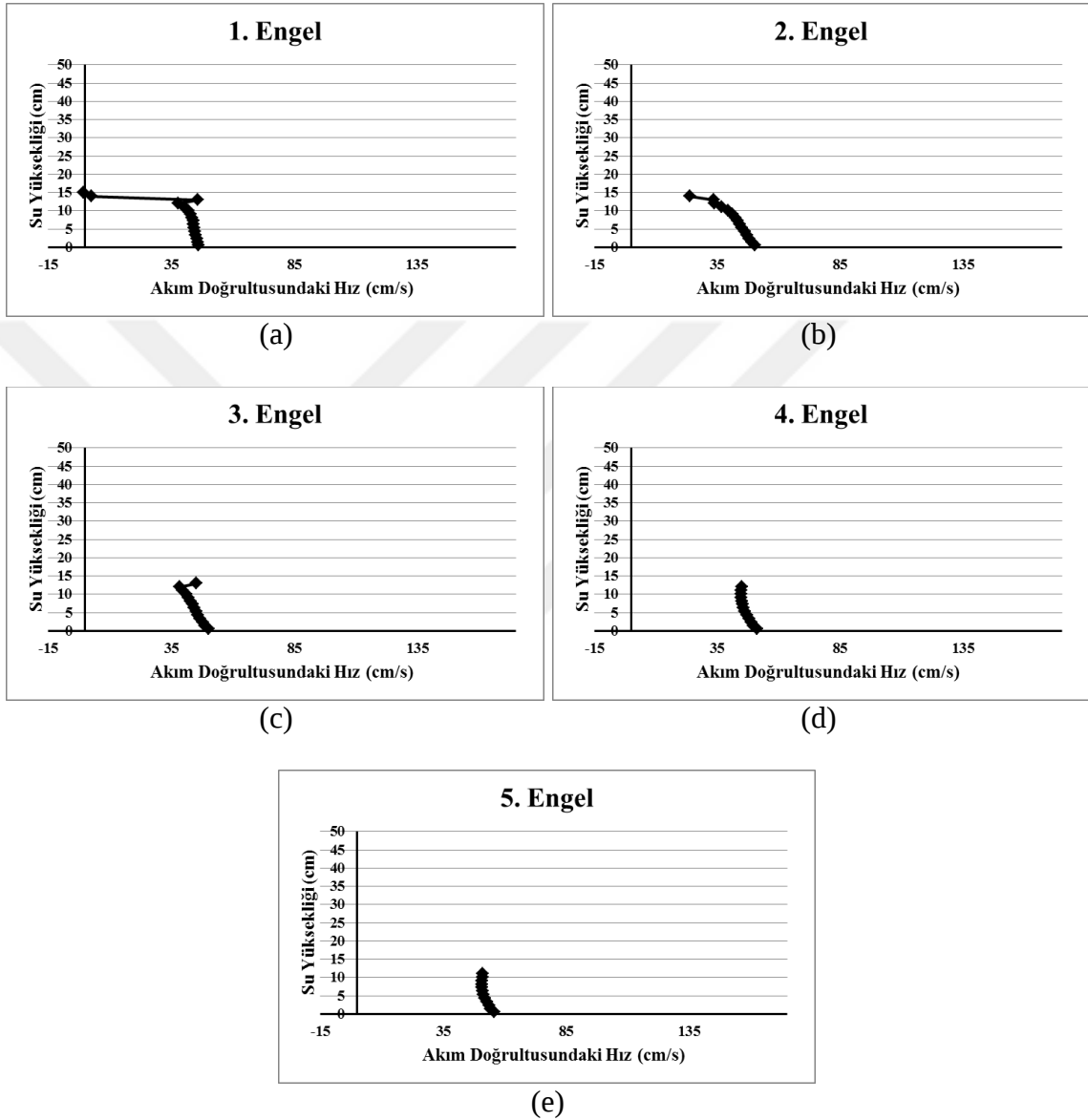
Şekil 3.16. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar



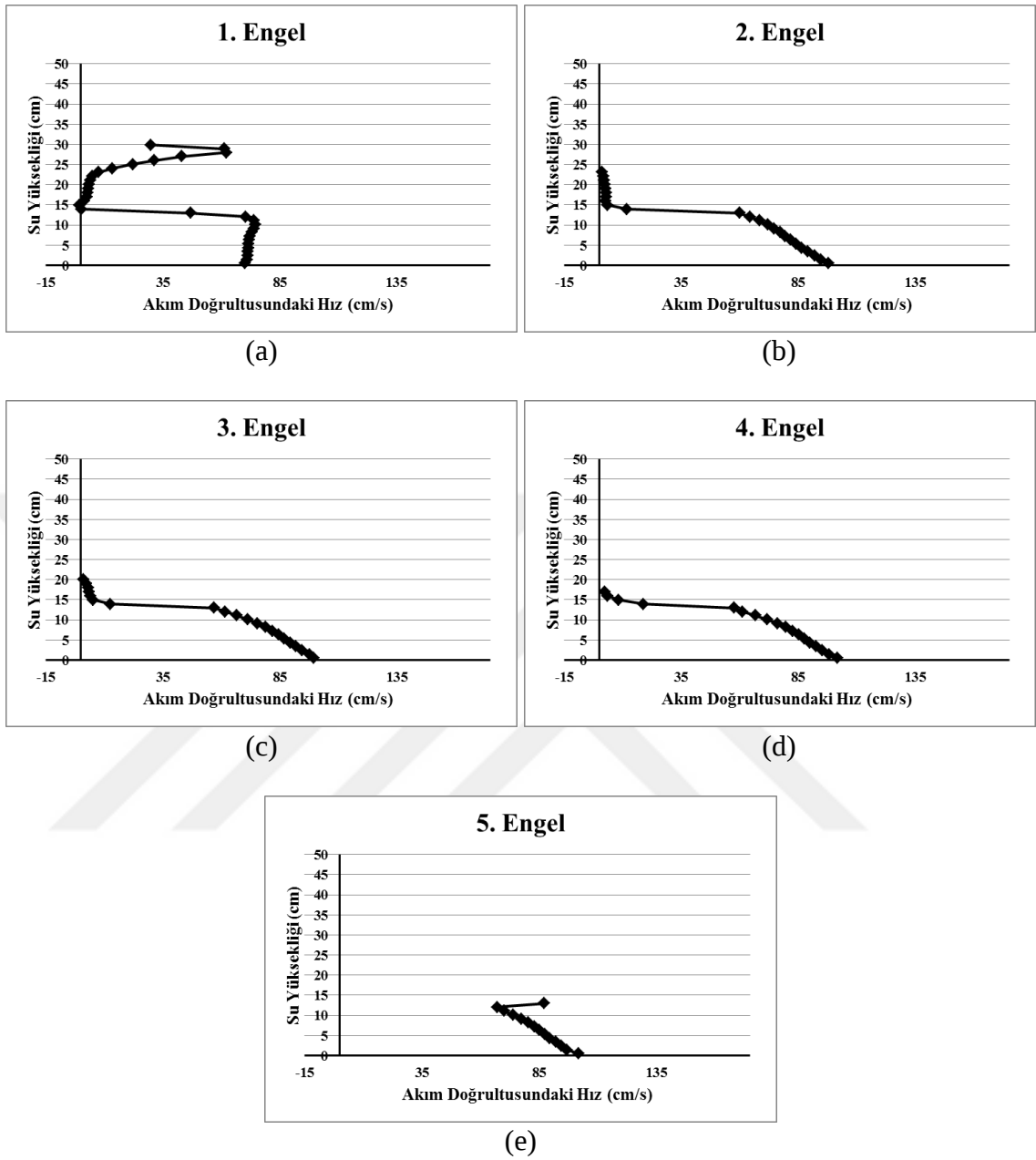
Şekil 3.17. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar

Orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumda farklı debiler için elde edilen x doğrultusundaki hız değerleri incelendiğinde, genel olarak artan debinin hız değerlerini de arttırdığı görülmektedir. Ayrıca, şekillerdeki renk skalasından, x doğrultusundaki (akım doğrultusundaki) en büyük hızların su akışının gerçekleştiği kanalın orta bölgesinde olduğu görülmektedir.

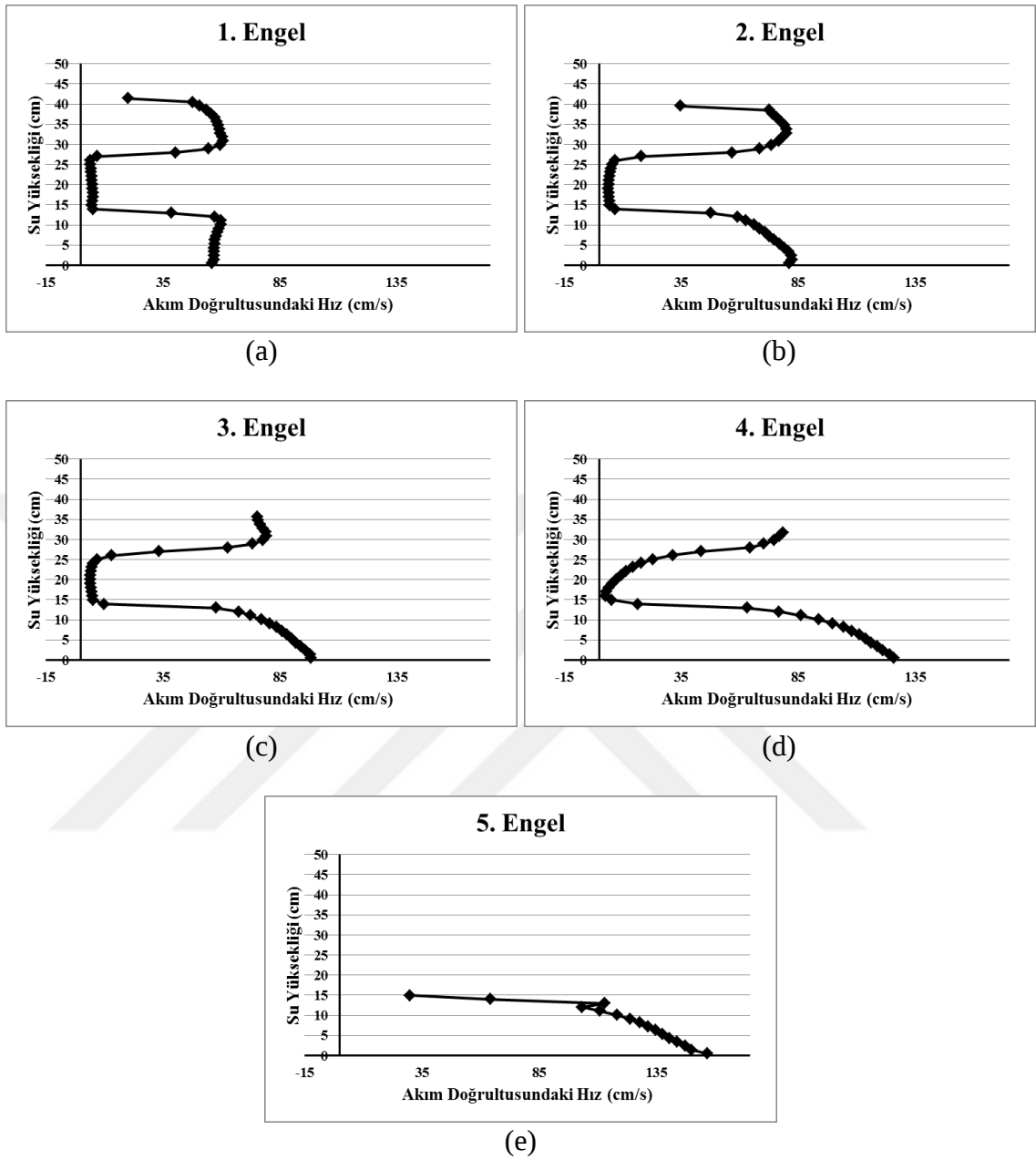
Orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumda, kanalın orta kesiti ve engellerin hemen arkası (1 cm sonrası) için hız dağılımları Şekil 3.18 - Şekil 3.21’de de gösterilmiştir.



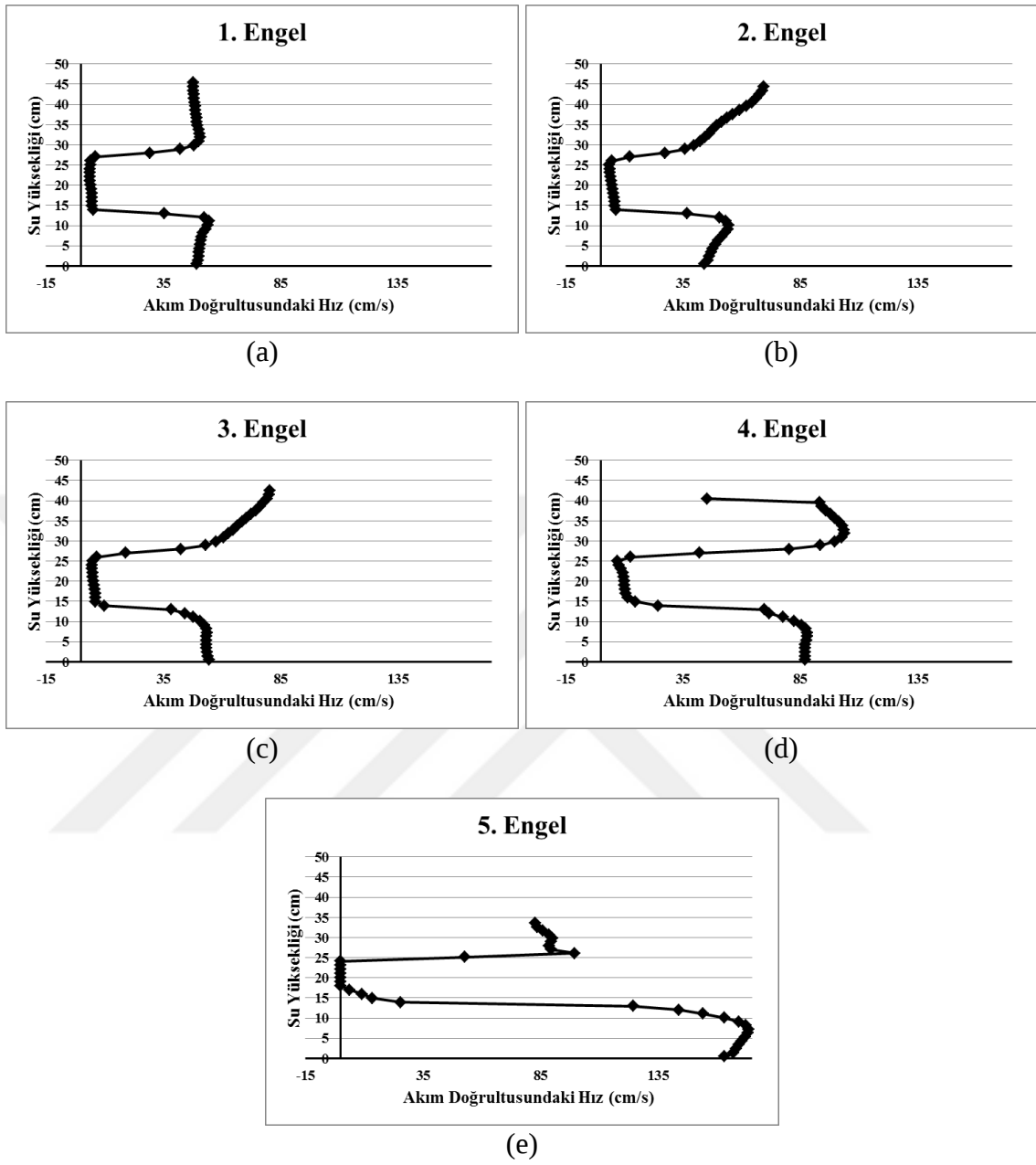
Şekil 3.18. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları



Şekil 3.19. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları



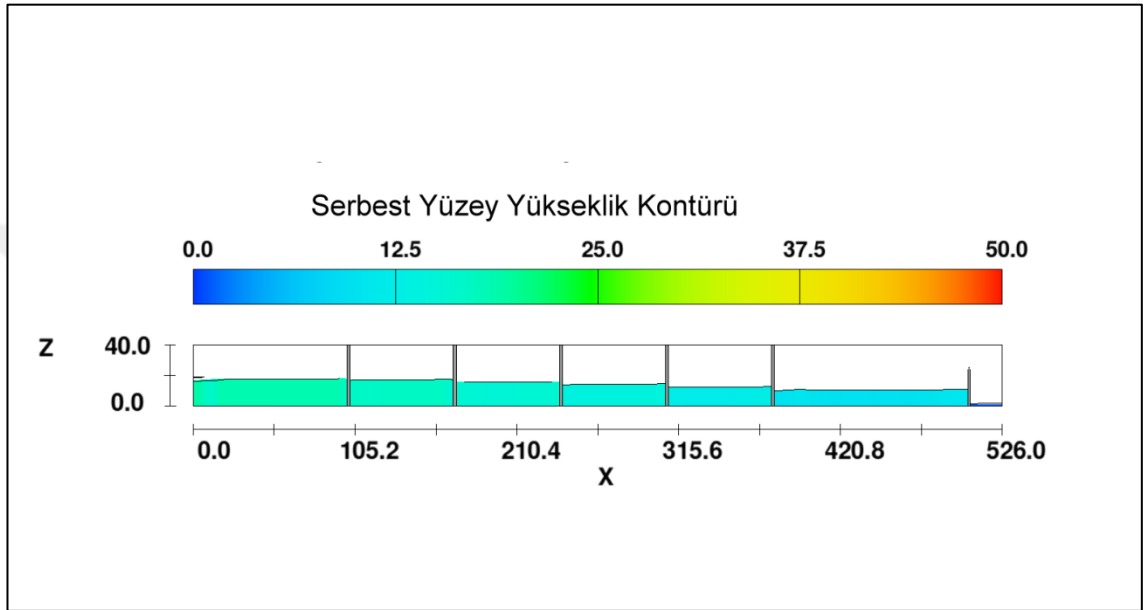
Şekil 3.20. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları



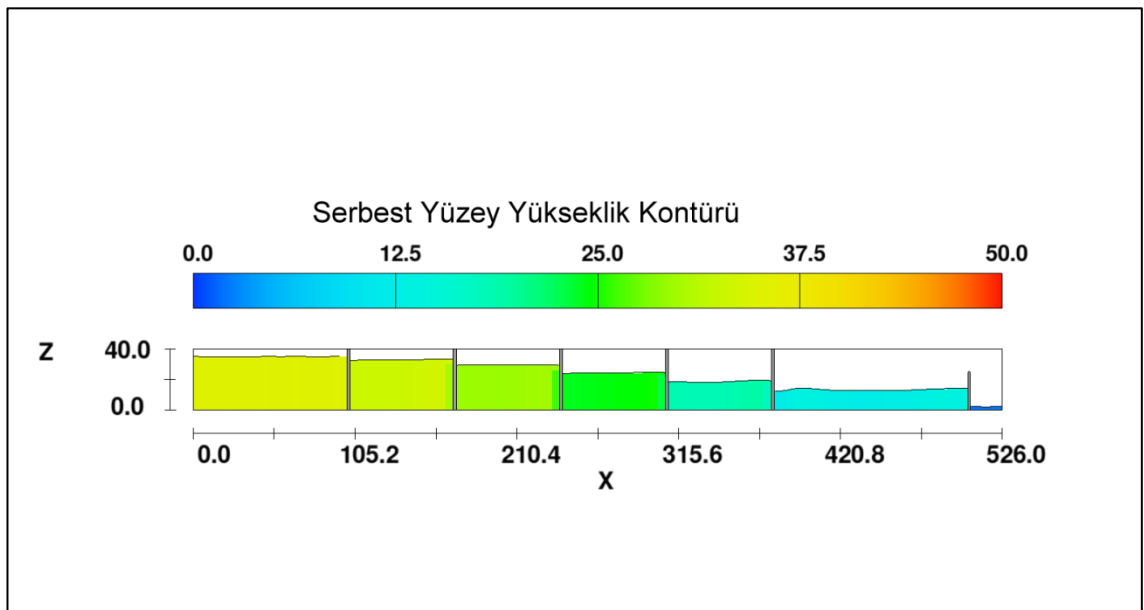
Şekil 3.21. Orifis ve Çentiklerin Ortada Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s’lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları

3.2.2 Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırılması

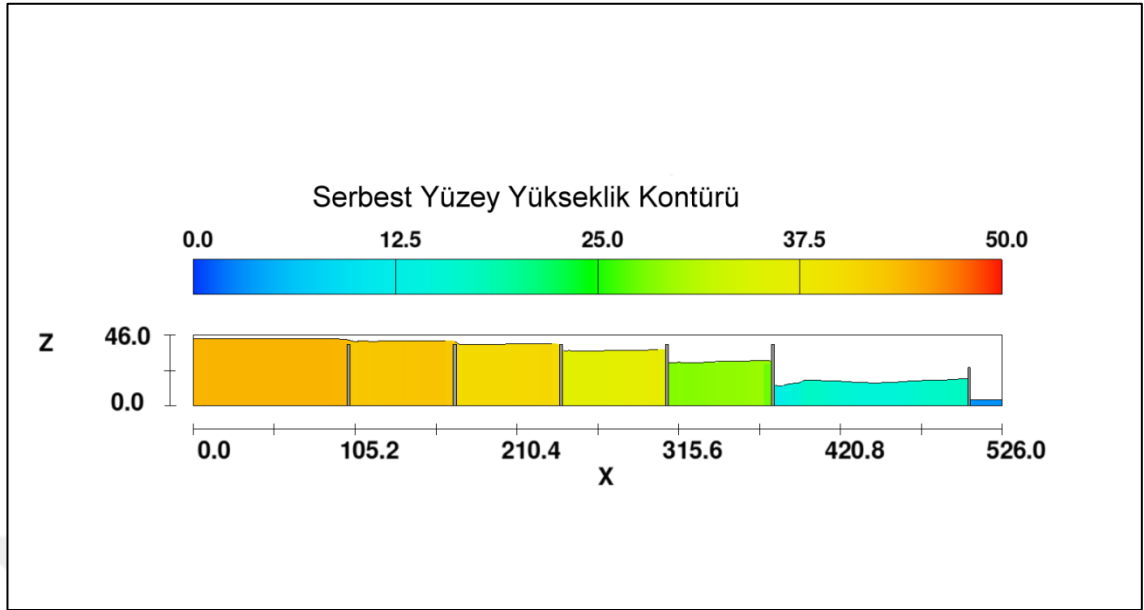
Analiz sonuçlarına göre orifis ve çentiklerin kenarlarda - şaşırtmalı konumlandırıldığı durumlar için su yükseklikleri Şekil 3.22 – Şekil 3.25’te gösterilmiştir.



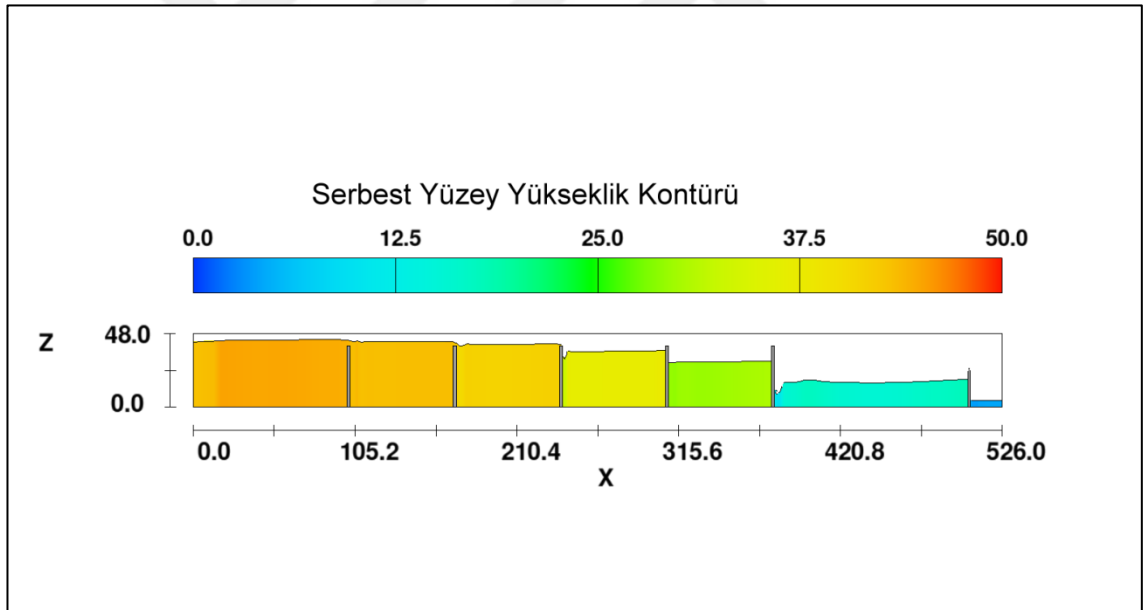
Şekil 3.22. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri



Şekil 3.23. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s’lik Debi İçin Su Yükseklikleri

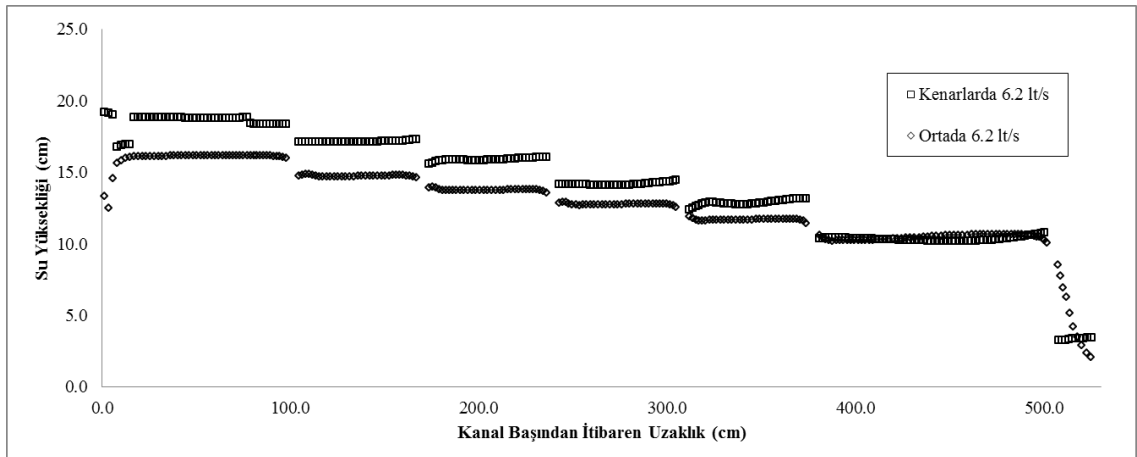


Şekil 3.24. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri

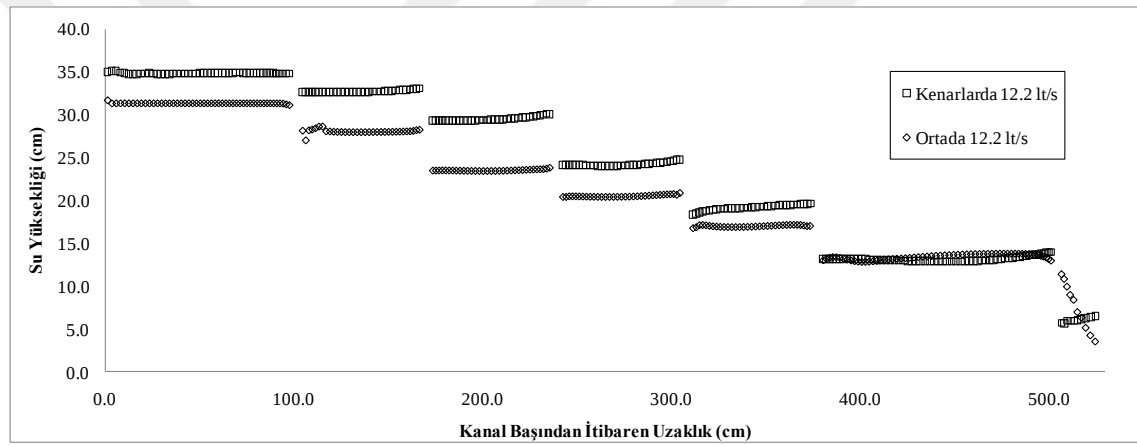


Şekil 3.25. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Su Yükseklikleri

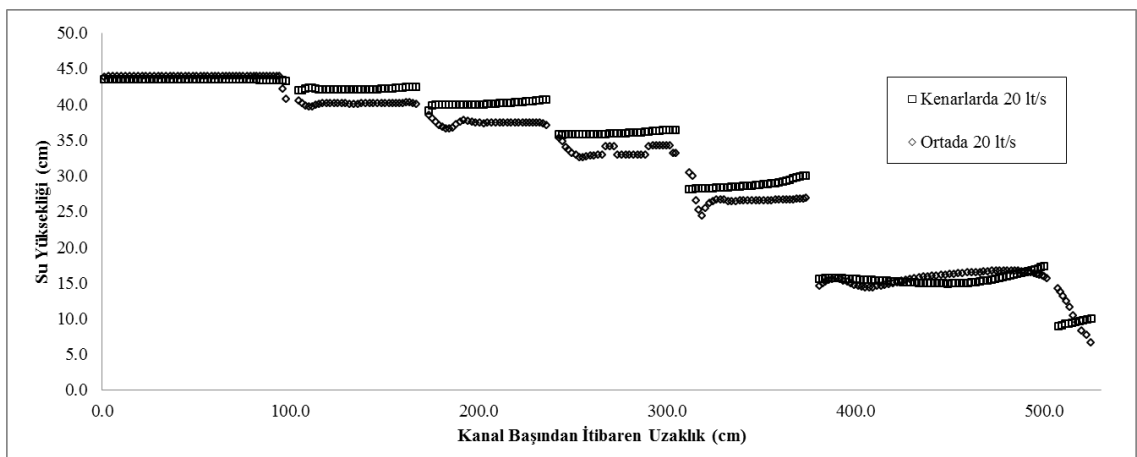
Şekil 3.22 – Şekil 3.25 incelendiğinde havuzlardaki su yüksekliklerinin memba tarafından mansap tarafına gidildikçe azaldığı; artan debi ile arttığı görülebilmektedir. Orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırılmasından elde edilen su yükseklikleri, orifis ve çentiklerin ortada konumlandırılmasından elde edilen su yükseklikleri ile karşılaştırılmış ve orifis-çentik konfigürasyonunun su yüksekliğine etkisi Şekil 3.26 – Şekil 3.29’da gösterilmiştir.



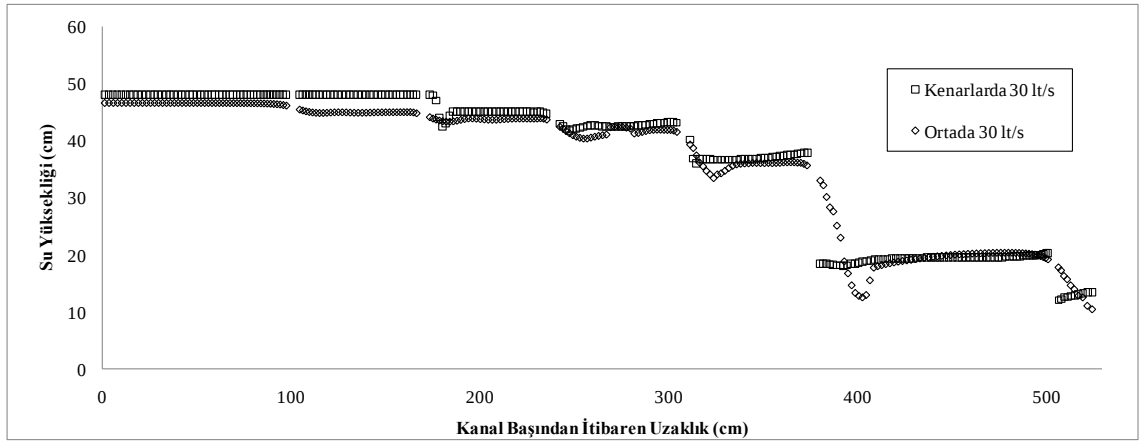
Şekil 3.26. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 6.2 lt/s'lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi



Şekil 3.27. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 12.2 lt/s'lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi



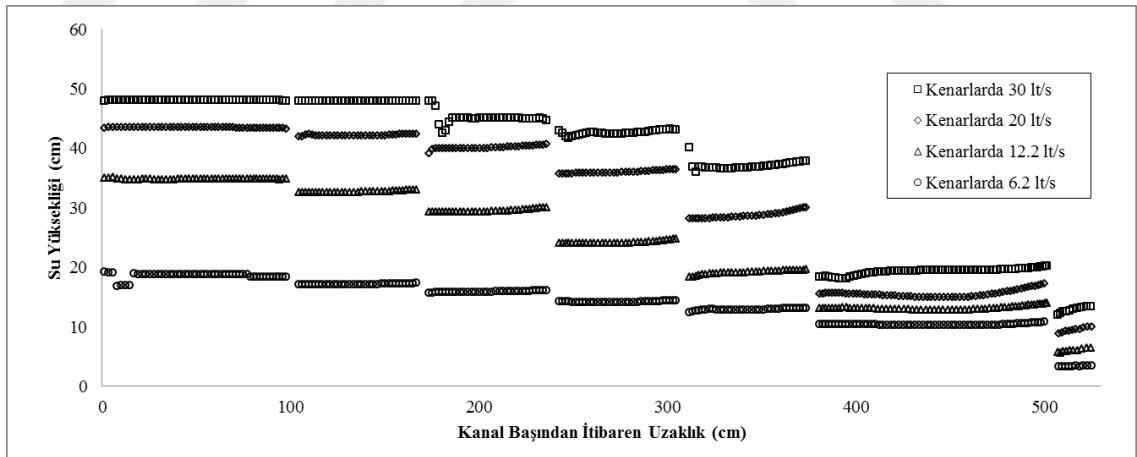
Şekil 3.28. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 20 lt/s'lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi



Şekil 3.29. Orifis-Çentik Konfigürasyonunun 30 lt/s'lik Debi İçin Su Yüksekliğine Etkisi

Şekil 3.26 – Şekil 3.29'dan, orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırıldığı durumlardaki su yüksekliklerinin bütün debiler için orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı su yüksekliklerinden daha fazla olduğu açıkça görülmektedir.

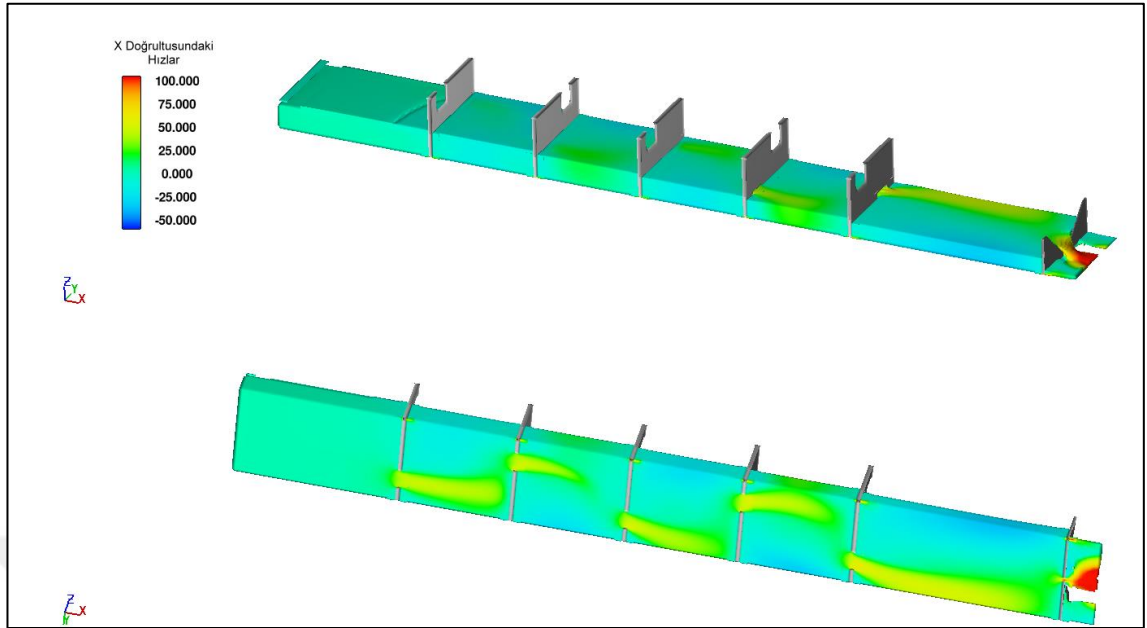
Orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırıldığı durumlar için debi değişiminin su yüksekliğine etkisi Şekil 3.30'da verilmiştir.



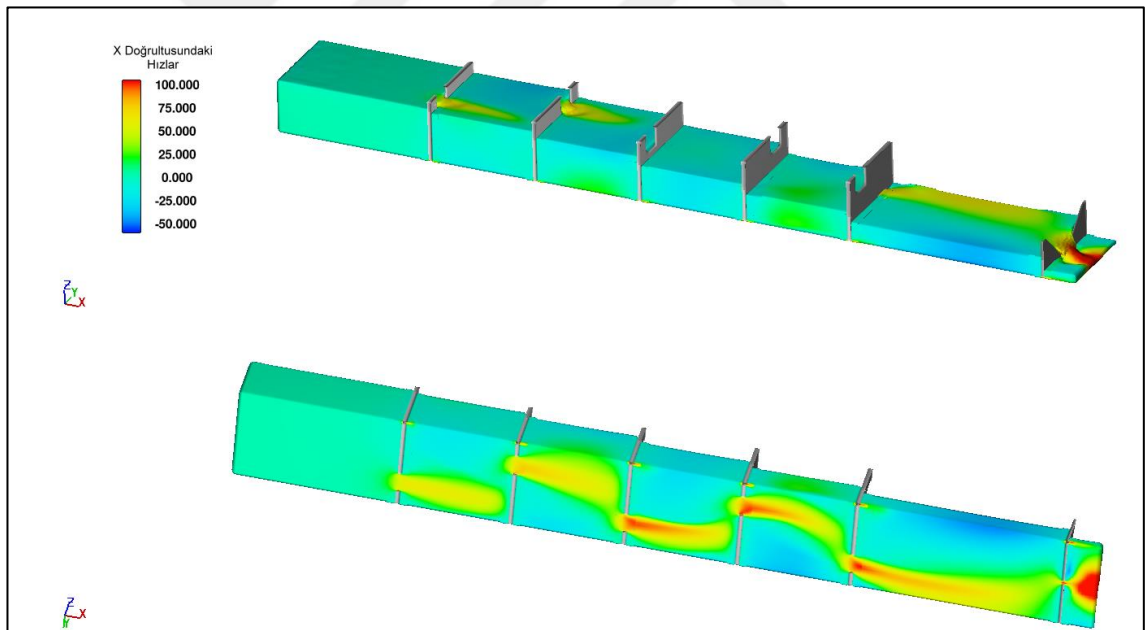
Şekil 3.30. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumlar İçin Debi Değişiminin Su Yüksekliğine Etkisi

Şekil 3.30'dan artan debi ile birlikte su yüksekliklerinin de arttığı açıkça görülmektedir.

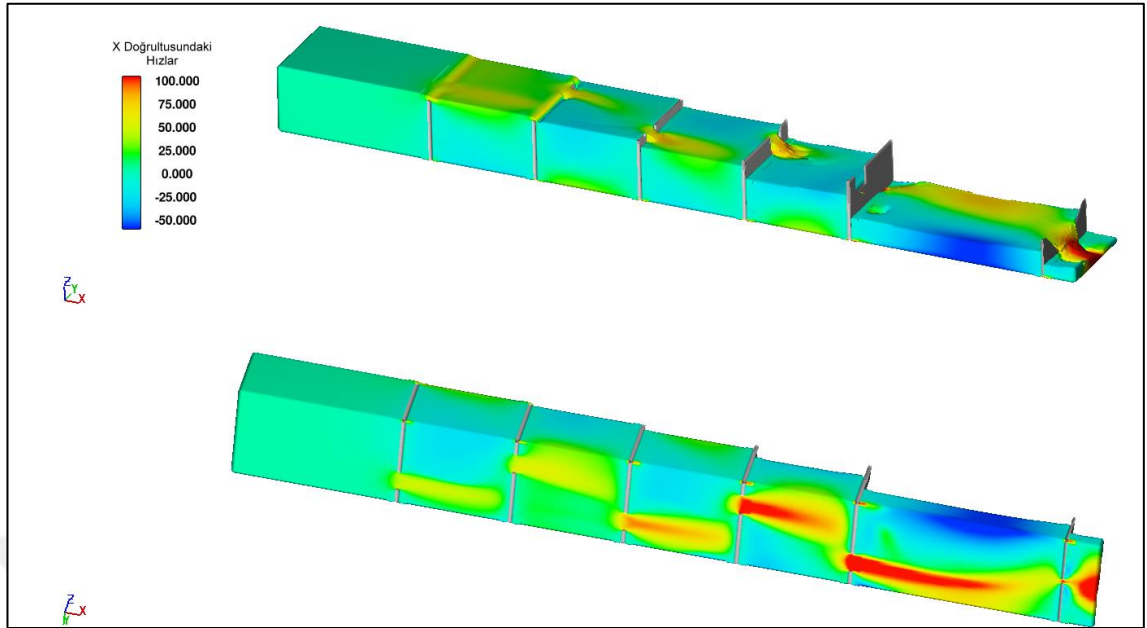
Analiz sonuçlarına göre orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırıldığı durumlar için x doğrultusundaki hızlar Şekil 3.31 – Şekil 3.34'te gösterilmiştir.



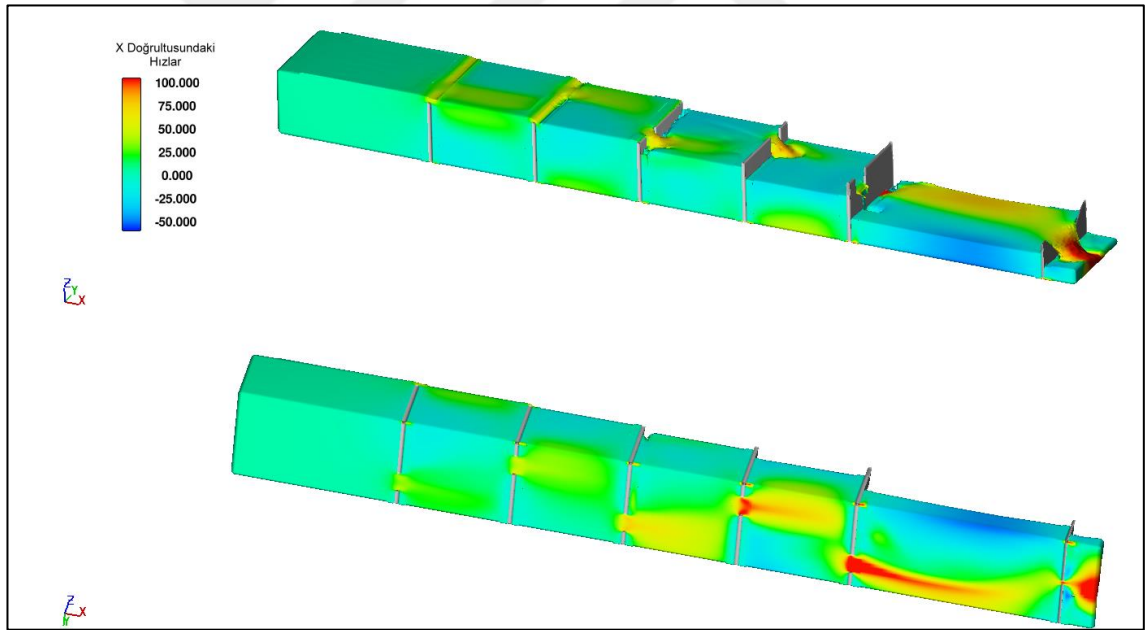
Şekil 3.31. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar



Şekil 3.32. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar

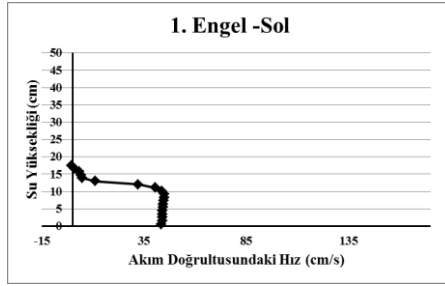


Şekil 3.33. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar



Şekil 3.34. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin x Doğrultusundaki Hızlar

Orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırıldığı durumda, orifis ve çentiklerin bulunduğu kesitler sağ ve sol olarak isimlendirilmiştir. 1, 3, ve 5. Engellerde orifis solda, çentik sağda; 2 ve 4. Engellerde ise orifis sağda çentik solda bulunmaktadır. Engellerin hemen arkası (1 cm sonrası) için hız dağılımları Şekil 3.35 – Şekil 3.38'de gösterilmiştir.



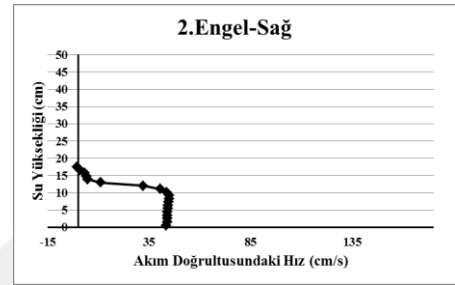
(Orifis)



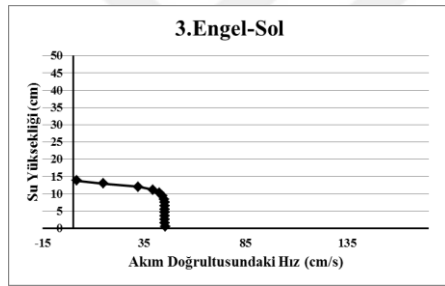
(Çentik)



(Çentik)



(Orifis)



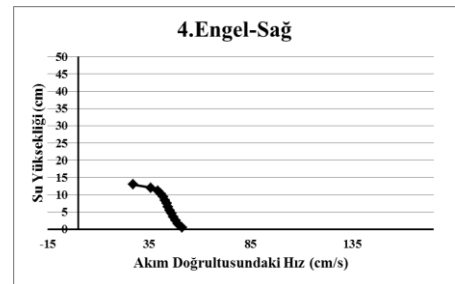
(Orifis)



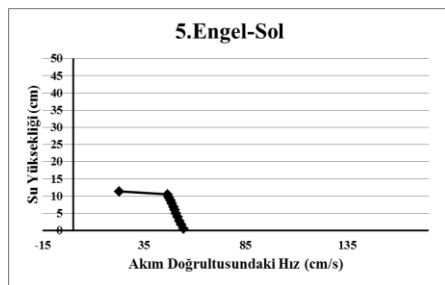
(Çentik)



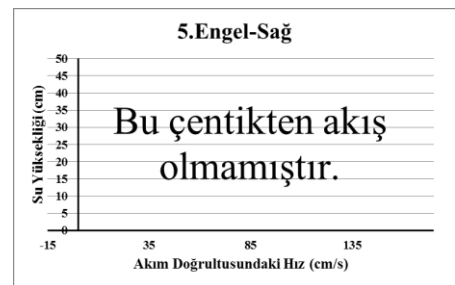
(Çentik)



(Orifis)

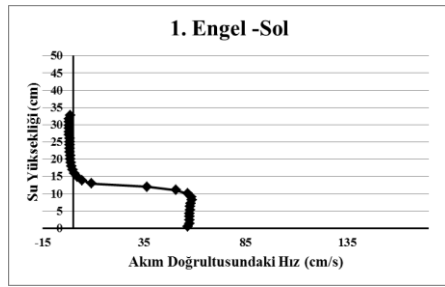


(Orifis)

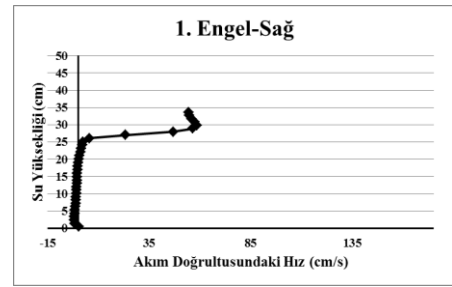


(Çentik)

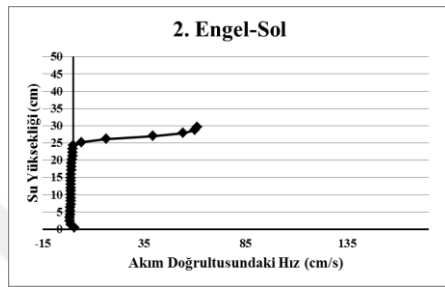
Şekil 3.35. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 6.2 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları



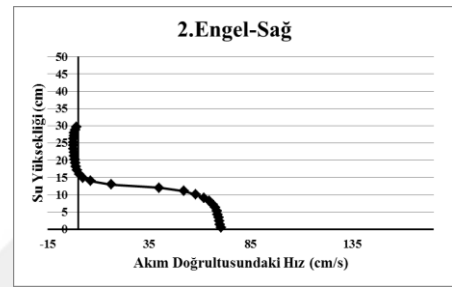
(Orifis)



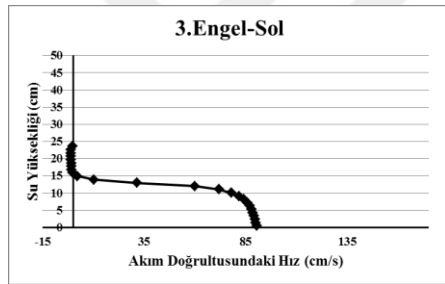
(Çentik)



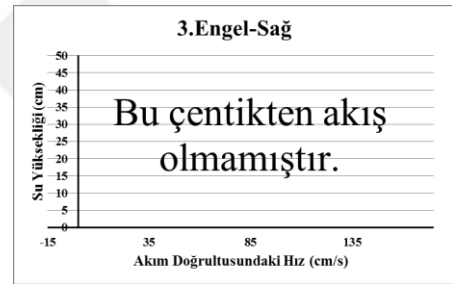
(Çentik)



(Orifis)



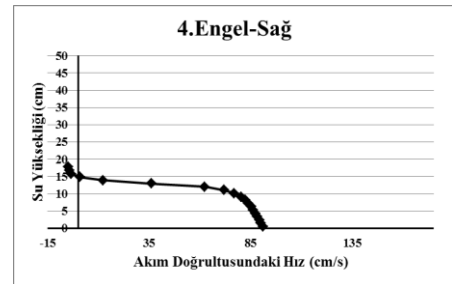
(Orifis)



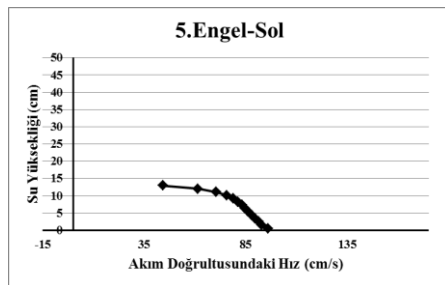
(Çentik)



(Çentik)



(Orifis)

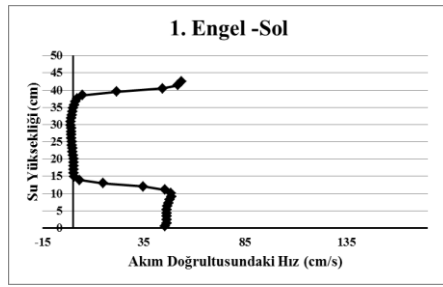


(Orifis)

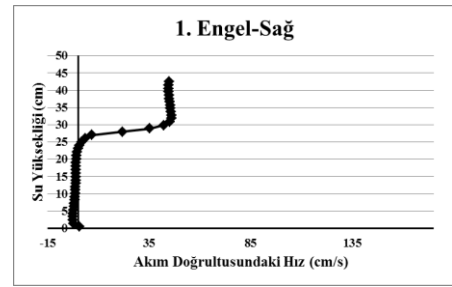


(Çentik)

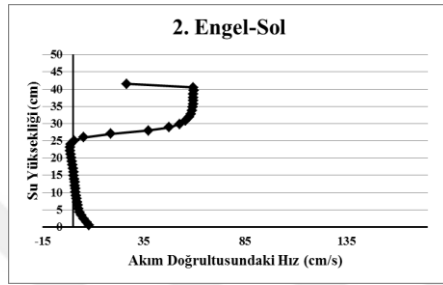
Şekil 3.36. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 12.2 lt/s'lık Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları



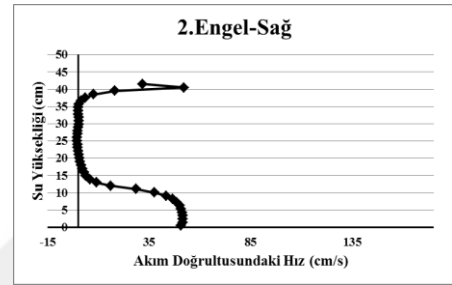
(Orifis)



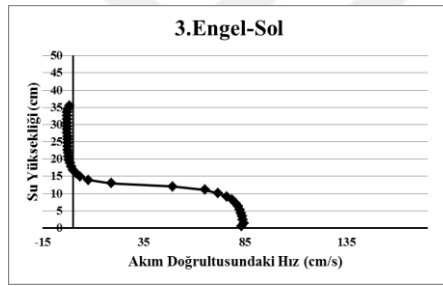
(Çentik)



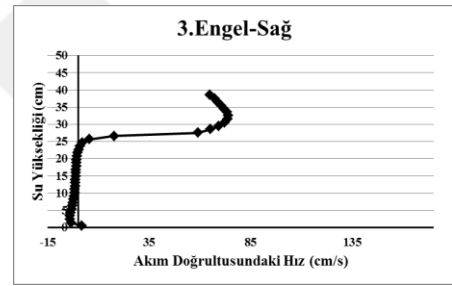
(Çentik)



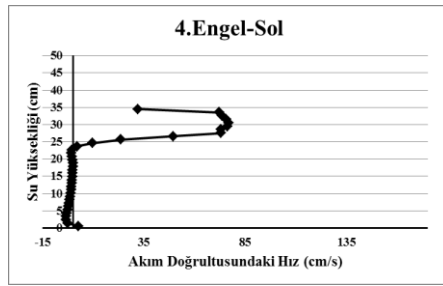
(Orifis)



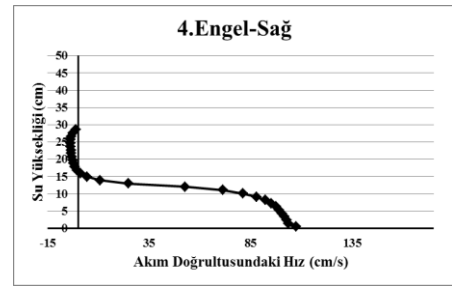
(Orifis)



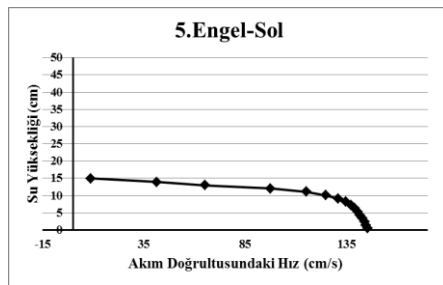
(Çentik)



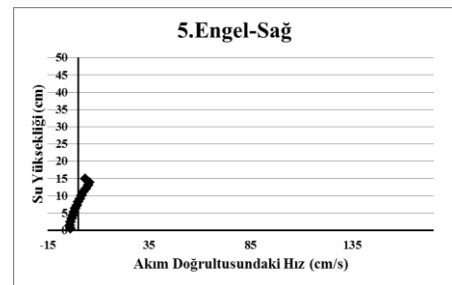
(Çentik)



(Orifis)

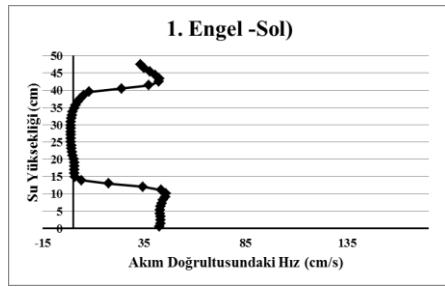


(Orifis)

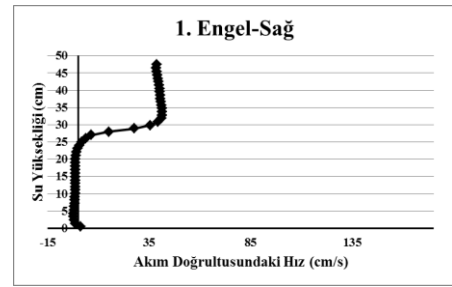


(Çentik)

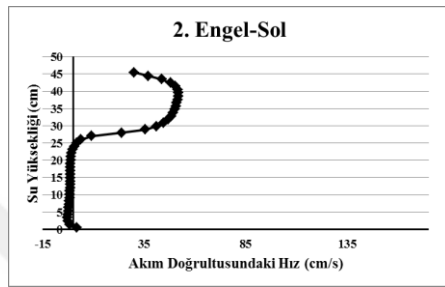
Şekil 3.37. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 20 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları



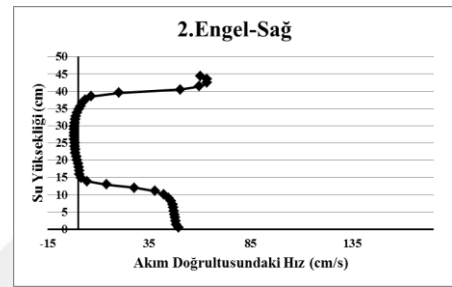
(Orifis)



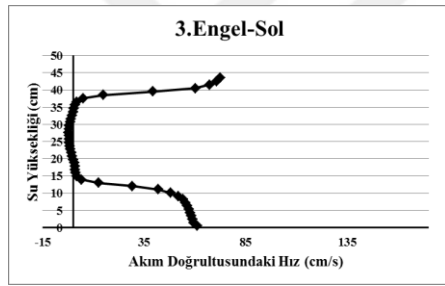
(Orifis)



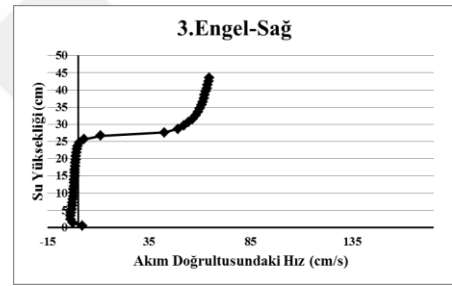
(Orifis)



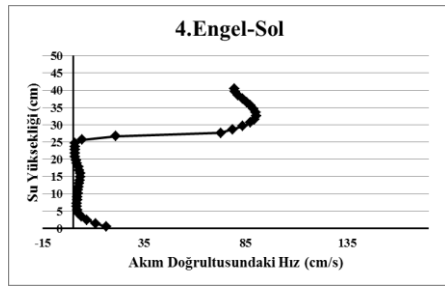
(Orifis)



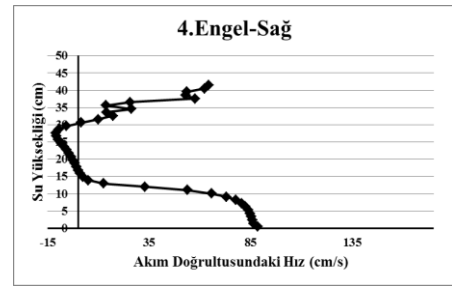
(Orifis)



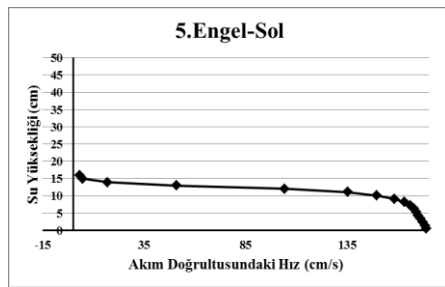
(Orifis)



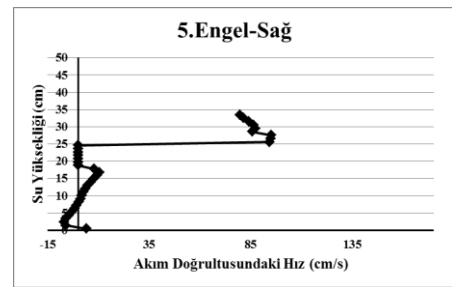
(Orifis)



(Orifis)



(Orifis)



(Orifis)

Şekil 3.38. Orifis ve Çentiklerin Kenarlarda Konumlandırıldığı Durumda 30 lt/s'lik Debi İçin Engel Arkalarındaki Hız Dağılımları

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1 Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışmasında havuzlu balıklı geçitleri üzerine deneysel ve nümerik bir araştırma yapılmıştır. Deneysel çalışmada orifis ve çentiklerin ortada olduğu durumda 4 farklı debi incelenmiştir. HAD analizlerinde ise 2 farklı orifis-çentik konfigürasyonu ve 4 farklı debi olmak üzere toplam 8 durum incelenmiştir. Deneyden ölçülen ve analizlerden elde edilen su yüksekliği ve hız değerleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler 1/2 ölçekli bir modelde elde edilmiş olduğundan, gerçek tasarımlara uygulanabilirliğinin görülmesi için Froud benzerliği kullanılmıştır.

Deneyde ölçülen ve sayısal analiz sonuçları ile elde edilen su yüksekliği değerlerinin birbirine oldukça yakın oldukları gözlemlenmiştir. Aradaki farkın ölçüm ve okuma hatalarından ya da analizde kullanılan türbülans kapatma modeli gibi parametrelerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Gerek deneylerde, gerekse sayısal analizlerde su yüksekliklerinin membadan mansaba doğru gidildikçe azaldığı ve debi arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırıldığı durumlardaki su yükseklikleri, orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumlardaki su yüksekliklerinden daha fazla çıkmıştır. 6.2 lt/s'lik debi için her iki durumda da çentiklerden akış olmamış, 20 lt/s ve 30 lt/s'lik debilerde ise her iki durumda çentiklerden akış olmuştur. 12.2 lt/s'lik debide ise ortada konumlandırmada çentiklerden akış olmazken, kenarlarda konumlandırmada ilk iki engelin çentiklerinden akış olmuştur.

Deneyde hız ölçümleri sadece orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumda 12.2 lt/s'lik debi için ilk havuzdan yapılmıştır. Bu ölçümler incelendiğinde, en büyük

hız değerlerinin orifis ve çentiklerin bulunduğu yer olan kanalın ortasında çıktığı görülmüştür. Orifis ve çentiklerin kenarlarda olduğu durumda HAD çalışmasından elde edilen sonuçlar da yine benzer şekildedir. En büyük hızlar kanalın ortasında çıkarken, kenar bölgelerde oldukça düşük ve hatta negatif hızlar olduğu gözlemlenmiştir. Bu kenar bölgelerin göç eden balıklar için uygun birer dinlenme bölgesi olabileceği düşünülmektedir.

Orifis ve çentiklerin kenarlarda konumlandırıldığı durumda en büyük hızların su akışının gerçekleştiği orifis ve çentiklerin olduğu kesitlerde çıktığı gözlemlenmiştir. Bu en büyük hızlar, ortada konumlandırmada elde edilen en büyük hızlardan daha düşük çıkmıştır. Dolayısıyla orifis ve çentiklerin şaşırtmalı olarak kenarlarda konumlandırılmasının ortada ve aynı hızda konumlandırılmaya kıyasla enerji kırma açısından daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Her iki konumlandırma durumunda, debi artışının en büyük hızlara etkisi incelendiğinde; yalnızca orifislerden akış olması halinde, artan debinin en büyük hızları da arttırdığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, artan debi ile birlikte su seviyesi yükselip üstteki çentiklerden de akış olmaya başladığı anda en büyük hızlarda bir düşüş gözlemlenmiştir. Örneğin, orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumda 3. engelin hemen arkasındaki en büyük hız 20 lt/s'lik debi için, 0.98 m/s iken; 30 lt/s için 0.80 m/s olarak hesaplanmıştır. Bu durum, üstteki çentiklerden akış olamayacak derecede düşük bir debinin, enerji kırılması açısından olumsuz sonuçlar doğurabileceğini açıkça göstermektedir.

Her iki orifis-çentik konumlandırması durumunun bütün debilerinden ölçülen en büyük hız değeri orifis ve çentiklerin ortada konumlandırıldığı durumda 20 lt/s'lik debi için 4. engelin hemen arkasında 1.26 m/s olarak çıkmıştır. Bu değerler, ölçekli bir modelden elde edilmiş olduğu için daha önce bahsedilen Froud benzerliği kullanılarak, $1/1.414$ hız ölçeği ve $1/5.66$ debi ölçeği ile gerçek değere dönüştürüldüğünde debi 113.2 lt/s ve hız 1.78 m/s olmaktadır. Bu hız da ülkemizde bulunan alt alabalık kuşağı balık türlerinin maksimum yüzme hızı kapasitesi olan 2 m/s'den küçüktür. Dolayısıyla yapılan çalışmadaki modelin kullanımında herhangi bir mahsur görülmemektedir.

HAD çalışmasında çözümler 3 boyutlu yapıldığı için çok fazla hücre sayısı ortaya çıkmış ve analiz süreleri çok uzun sürmüş, hatta bazı durumlarda bilgisayarın kapasitesi

yeterli olmadığından çözümler yarıda kalmıştır. İleriki çalışmalarda daha yüksek kapasiteye sahip bir bilgisayarın kullanılması, analizdeki modelin birebir deneydeki şekilde kurulmasına ve daha yakın sonuçlar elde edilmesine imkan verebilir. Ayrıca farklı eğimler için de çalışmalar yapılmasıyla daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir.



KAYNAKLAR

1. Buck, S. (2013). Determining the best location for a nature-like fishway in Gavle River, Sweden.
2. Kauffman, J. B., Beschta, R. L., Otting, N. & Lytjen, D. (1997). An Ecological Perspective of Riparian and Stream Restoration in the Western United States. **Fisheries** 22(5), 12 – 24.
3. Katopodis, C. (2005). Developing a toolkit for fish passage, ecological flow management and fish habitat works. **Journal of Hydraulic Research** 43(5), 451 – 467.
4. Fao, DvWK, 2009. Balık Geçitleri Tasarım, Boyutlandırma ve İzleme, DSİ/FAO/DVWK Yayını, Ankara Devlet Su İşleri.
5. Mallen-Cooper, M. G. (1996). Fishways and freshwater fish migration on South-Eastern Australia (Doctoral dissertation).
6. Roscoe, D. W., & Hinch, S. G. (2008). Fishway passage, water diversion and warming temperatures: Factors limiting successful spawning migration of Seton-Anderson watershed sockeye salmon. Final Report for the Bridge Coastal Restoration Program, Project, 7.
7. Pon, L. B. (2008). The role of fish physiology, behaviour, and water discharge on the attraction and passage of adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at the Seton River dam fishway, British Columbia (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
8. Odeh, M. (1999). Innovations in fish passage technology. American Fisheries Society.
9. Thiem, J. (2013). Behaviour and energetics of sturgeon fishway passage (Doctoral dissertation, Ph. D. Dissertation, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada).
10. Cowx, I. G., & Welcomme, R. L. (1998). Rehabilitation of rivers for fish. Food & Agriculture Org..
11. Brown, J. J., Limburg, K. E., Waldman, J. R., Stephenson, K., Glenn, E. P., Juanes, F., & Jordaan, A. (2013). Fish and hydropower on the US Atlantic coast: failed fisheries policies from half-way technologies. **Conservation Letters**, 6(4), 280-286.
12. McLeod, A. M., & Nemenyi, P. (1941). An investigation of fishways.

13. De Lachadenède, M. S. (1931). Le saumon dans les gaves et les échelles à poissons. **Bulletin Français de Pisciculture**, (40), 97-102.
14. Nemenyi, P. (1941). An annotated bibliography of fishways.
15. Hatry, C. (2012). Advancing fishway science in Canada. Tese de Doutoramento, Carleton University. Ottawa, Ontario. 111p.
16. Roscoe, D. W., & Hinch, S. G. (2010). Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. **Fish and Fisheries**, 11(1), 12-33.
17. Pon, L. B., Cooke, S. J., & Hinch, S. G. (2006). Passage efficiency and migration behaviour of salmonid fishes at the Seton Dam Fishway. Final report for the Bridge Coastal Restoration Program, Project, 5.
18. Nathan, R., Getz, W. M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D., & Smouse, P. E. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105(49), 19052-19059.
19. Fryxell, J. M., & Sinclair, A. R. E. (1988). Causes and consequences of migration by large herbivores. **Trends in Ecology & Evolution**, 3(9), 237-241.
20. Winter, H. V. (2007). A fisheye view on fishways.
21. Northcote, T. G. (1998). Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. Fish migration and fish bypasses, 3.
22. Katopodis, C. (1992). Introduction to fishway design. Freshwater Institute, Central and Arctic Region, Department of Fisheries and Oceans.
23. Gilligan, D., Harris, J. H., & Mallen-Cooper, M. (2003). Monitoring changes in the Crawford River fish community following replacement of an ineffective fishway with a vertical-slot design: Results of an eight-year monitoring program.
24. McDowall, R. M. (1988). Diadromy in fishes: migrations between freshwater and marine environments. Croom Helm.
25. Dekker, W. (2004). Slipping through our hands. Population dynamics of the European eel. Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam (Doctoral dissertation, Ph. D.: 186 pp).

26. Northcote, T. G. (1998). Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. *Fish migration and fish bypasses*, 3.
27. Silwood Park, U. K., Dytham, C., & Perrin, N. (1999). The evolutionary ecology of dispersal. **Trends Ecol Evol**, **14**(3), 88-90.
28. Gresh, T., Lichatowich, J., & Schoonmaker, P. (2000). An estimation of historic and current levels of salmon production in the Northeast Pacific ecosystem: evidence of a nutrient deficit in the freshwater systems of the Pacific Northwest. **Fisheries**, **25**(1), 15-21.
29. Naiman, R. J., Bilby, R. E., Schindler, D. E., & Helfield, J. M. (2002). Pacific salmon, nutrients, and the dynamics of freshwater and riparian ecosystems. **Ecosystems**, **5**(4), 399-417.
30. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, **37**(1), 130-137.
31. Wiens, J. A. (2002). Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. **Freshwater biology**, **47**(4), 501-515.
32. Fisher, M. T. (2008). Spatial and Temporal Patterns of Anadromous Fish Passage at Boshers Dam Vertical Slot Fishway on the James River, Richmond, Virginia (Doctoral dissertation).
33. Ward, J. (Ed.). (2013). *The ecology of regulated streams*. Springer Science & Business Media.
34. Petts, G. E. (1984). *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. John Wiley.
35. Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., ... & Stromberg, J. C. (1997). **The natural flow regime**. **BioScience**, **47**(11), 769-784.
36. Poff, N. L., & Hart, D. D. (2002). How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. **BioScience**, **52**(8), 659-668.
37. Lucas, M., & Baras, E. (2008). *Migration of freshwater fishes*. John Wiley & Sons.
38. Dynesius, M., & Nilsson, C. (1994). Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in. **Science**, **266**, 4.

39. Rosenberg, D. M., McCully, P., & Pringle, C. M. (2000). Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction. **BioScience**, **50**(9), 746-751.
40. Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. **Science**, **308**(5720), 405-408.
41. Drinkwater, K. F., & Frank, K. T. (1994). Effects of river regulation and diversion on marine fish and invertebrates. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **4**(2), 135-151.
42. Larinier, M. (2001). Environmental issues, dams and fish migration. **FAO fisheries technical paper**, **419**, 45-89.
43. Fisher, M. T. (2008). Spatial and Temporal Patterns of Anadromous Fish Passage at Boshers Dam Vertical Slot Fishway on the James River, Richmond, Virginia (Doctoral dissertation).
44. Stanley, E. H., & Doyle, M. W. (2003). Trading off: the ecological effects of dam removal. **Frontiers in Ecology and the Environment**, **1**(1), 15-22.
45. Meyer, L., & Brunken, H. (1997). Historical occurrence and current distribution of migrating fishes and lampreys (Osteichthyes et Cyclostomata) in the drainage system of the River Aller (Lower Saxony) with an evaluation of future developments of their stocks. *Braunschweiger Naturkundliche Schriften*, **5**(2), 281-303.
46. Gehrke, P. C., Gilligan, D. M., & Barwick, M. (2002). Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowa Dam, Australia. **River Research and Applications**, **18**(3), 265-286.
47. Schua, L. F., & Schua, R. (1970). Lebensraum Wasser: geheimnisse in einer unbekannten Welt (Vol. 268). Franckh.
48. Peake, S., Beamish, F. W., McKinley, R. S., Scruton, D. A., & Katopodis, C. (1997). Relating swimming performance of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, to fishway design. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, **54**(6), 1361-1366.
49. Peake, S., Beamish, F. W., McKinley, R. S., Scruton, D. A., & Katopodis, C. (1997). Relating swimming performance of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, to fishway design. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, **54**(6), 1361-1366.

50. Peake, S. (2004). An evaluation of the use of critical swimming speed for determination of culvert water velocity criteria for smallmouth bass. **Transactions of the American Fisheries Society**, 133(6), 1472-1479.
51. Roscoe, D. W., & Hinch, S. G. (2010). Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. **Fish and Fisheries**, 11(1), 12-33.
52. Mallen-Cooper, M., & Brand, D. A. (2007). Non-salmonids in a salmonid fishway: what do 50 years of data tell us about past and future fish passage?. **Fisheries Management and Ecology**, 14(5), 319-332.
53. <https://esi.stanford.edu/exercise/exercise4.htm> (Erişim Tarihi: Temmuz 2017)
54. Hoar, W. S., Randall, D. J., & Donaldson, E. M. (1983). Fish physiology. Academic Press.
55. Clay, C. H. (1994). Design of fishways and other fish facilities. CRC Press.
56. Sorgucu, O. (2016) Balık geçitlerinin hidrolik açıdan değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Kayseri.
57. <https://www.flow3d.com/products/flow-3d/> (Erişim Tarihi: Mayıs 2018)
58. FLOW-3D Documentation, Release 10.1.0, Flow Science, Inc. (2012).
59. Noh, W. F., & Woodward, P. (1976). SLIC (simple line interface calculation). In Proceedings of the fifth international conference on numerical methods in fluid dynamics June 28–July 2, 1976 Twente University, Enschede (pp. 330-340). Springer, Berlin, Heidelberg.
60. Bardina, J.E., Huang, P.G., Coakley, T.J. (1997), "Turbulence Modeling Validation, Testing, and Development", NASA Technical Memorandum 110446.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Serhat AKŞİT

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 29 Ekim 1984, Kayseri

Medeni Durumu: Bekar

GSM: 0505 654 8684

e-posta: serhat.aksit@agu.edu.tr

Yazışma Adresi: Abdullah Gül Üniversitesi Sümer Kampüsü-A100 No'lu Ofis.

Barbaros Mahallesi, Erkilet Blv., 38080 Kocasinan/Kayseri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2017
Lisans	EÜ Müh. Fak. İnş. Müh	2010
Lise	F.K.T.A.L, Kayseri	2002

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2015-Halen	Abdullah Gül Üniversitesi	Araştırma Görevlisi