

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA EŞİK TÜRÜNÜN
DEBİ KATSAYISI ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal BEYHAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömerul Faruk DURSUN

HAZİRAN 2020

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA EŞİK TÜRÜNÜN
DEBİ KATSAYISI ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bilal BEYHAN
(13617210402)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Ömerul Faruk DURSUN

HAZİRAN 2020

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA EŞİK TÜRÜNÜN
DEBİ KATSAYISI ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ÖMERUL FARUK
DURSUN

HAZIRLAYAN
BİLAL BEYHAN

Jürimiz tarafından 29/06/2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda bu tez **oybirliği** ile başarılı bulunarak İnşaat Mühendisliği **Anabilim** Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul etmiştir.

Jüri Üyelerinin Unvanı Adı Soyadı	İmza
1. Doç. Dr. Ömerul Faruk DURSUN
2. Prof. Dr. M. Emin EMİROĞLU
3. Prof. Dr. Mahmut FIRAT

O N A Y

Bu tez, İnönü Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../20... tarih ve 20.../..... sayılı Kararıyla da uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Kazım TÜRK
Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalıőmasının her aőamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemenen beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ömerul Faruk DURSUN'a,

tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalıőmalarım süresince de benden her türlü desteği esirgemeyen sevgili aileme,

ayrıca çalıőmama yardımları ve fikirleri ile katkı sunan değerli arkadaşım İnşaat Mühendisi Furkan GÜNDÜZ'e

teşekkür ederim.



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Radyal Kapaklı Açık Kanallarda Eşik Türünün Debi Katsayısı Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Bilal Beyhan



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KAPAKLAR	8
3.1 Düşey (Düz) Kapaklar	9
3.2 Radyal Kapaklar	9
3.3 Silindir Kapaklar.....	11
3.4 Balıkkarnı Kapaklar.....	11
3.5 Sektör Kapaklar	12
3.6 Çatı Kapaklar	12
4. KAPAKLARIN HİDROLİĞİ	13
5. DENEY DÜZENİĞİ VE DENEYLERİN YAPILIŞI.....	18
5.1 Deney Yapılan Açık Kanal	18
5.2 Deneyde Kullanılan Eşikler	24
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	31
6.1 Kapak Açıklıklarına Göre Debi Katsayısının Karşılaştırılması.....	31
6.1.1 Kapak açıklığının 2.5 cm olması durumu.....	31
6.1.2 Kapak açıklığının 5 cm olması durumu.....	34
6.2 Eşiklerin Yüksekliklerine Göre Debi Katsayısının Karşılaştırılması	39
6.2.1 Eşik 1	39
6.2.2 Eşik 2	40
6.2.3 Eşik 3	41
6.2.4 Eşik 4	42
6.2.5 Eşik 5	44
6.2.6 Eşik 6	45
6.3 Mevcut Çalışma ile Önceki Çalışmaların Karşılaştırılması.....	46
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.2.1 : Deneylerde kullanılan eşikler	27
Çizelge 5.2.2 : Kullanılan eşik boyutları	28
Çizelge 5.2.3 : Eşiklerin açık kanaldaki görünümü	29



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 : Düz kapağın gösterimi	9
Şekil 3.2 : Radyal kapağın gösterimi	10
Şekil 3.3 : Silindir kapağın gösterimi.....	11
Şekil 3.4 : Balıkkarnı kapağın gösterimi.....	11
Şekil 3.5 : Sektör kapağın gösterimi	12
Şekil 3.6 : Çatı kapağın gösterimi	12
Şekil 4.1 : Düz kapak altındaki akışa ait su yüzü profili.....	13
Şekil 4.2 : Henry'nin debi katsayısı eğrisi [9]	14
Şekil 5.1.1 : Deney setinin şematik gösterimi.....	19
Şekil 5.1.2 : Açık kanalın içten gösterimi.....	19
Şekil 5.1.3 : Deney setinin genel gösterimi.....	20
Şekil 5.1.4 : Deney düzeneğindeki su deposu ve pompanın gösterimi.....	20
Şekil 5.1.5 : Deney düzeneğindeki haznenin gösterimi	21
Şekil 5.1.6 : Çelik şerit cetvel ile ölçüm alınması.....	21
Şekil 5.1.7 : Küresel vananın gösterimi	22
Şekil 5.1.8 : Dijital debimetrenin gösterimi	22
Şekil 5.1.9 : Radyal kapak düzeneğinin gösterimi.....	23
Şekil 5.2.1 : Eşiksiz durumda deney yapılan radyal kapaklı açık kanalın gösterimi	25
Şekil 5.2.2 : Radyal kapaklı açık kanal ve eşik konumunun gösterimi (Eşik 1).....	25
Şekil 5.2.3 : Radyal kapaklı açık kanal ve eşik konumunun gösterimi (Eşik 2).....	25
Şekil 6.1.1 : m' değerinin 1.2 olduğu durum	31
Şekil 6.1.2 : m' değerinin 2 olduğu durum	32
Şekil 6.1.3 : m' değerinin 2.8 olduğu durum.....	33
Şekil 6.1.4 : m' değerinin 3.6 olduğu durum.....	33
Şekil 6.1.5 : m' değerinin 4.4 olduğu durum	34
Şekil 6.1.6 : m' değerinin 0.6 olduğu durum.....	35
Şekil 6.1.7 : m' değerinin 1 olduğu durum.....	35
Şekil 6.1.8 : m' değerinin 1.4 olduğu durum.....	36
Şekil 6.1.9 : m' değerinin 1.8 olduğu durum	37
Şekil 6.1.10 : m' değerinin 2.2 olduğu durum.....	37
Şekil 6.1.11 : m' değerinin 2.6 olduğu durum.....	38
Şekil 6.1.12 : m' değerinin 3 olduğu durum.....	38
Şekil 6.2.1 : Eşik 1 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm	39
Şekil 6.2.2 : Eşik 1 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm.....	39
Şekil 6.2.3 : Eşik 2 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm.....	40
Şekil 6.2.4 : Eşik 2 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm.....	41
Şekil 6.2.5 : Eşik 3 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm.....	41
Şekil 6.2.6 : Eşik 3 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm.....	42
Şekil 6.2.7 : Eşik 4 için debi katsayısının incelenmesi , $G_k=2.5$ cm.....	43
Şekil 6.2.8 : Eşik 4 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm.....	43
Şekil 6.2.9 : Eşik 5 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm.....	44
Şekil 6.2.10 : Eşik 5 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm.....	44
Şekil 6.2.11 : Eşik 6 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm.....	45
Şekil 6.2.12 : Eşik 6 için debi katsayısının incelenmesi. $G_k=5$ cm.....	45
Şekil 6.3.1 : Önceki çalışmalar ve mevcut çalışma.....	47

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

C_d	: Debi katsayısı
m	: Eşik yüksekliği (cm)
n,p	: Eşiklerin uzunlukları (cm)
Y_u	: Memba su yüksekliği (cm)
G_k	: Kapak açıklığı (cm)
μ	: Suyun viskozitesi
ρ	: Su yoğunluğu
V	: Kapak altındaki ortalama hız (m/s)
g	: Yerçekimi ivmesi (m/s ²)
R	: Kapak yarıçapı (cm)
Q	: Kanaldan geçen debi (m ³ /s)
s	: Savak üzerindeki su yüksekliği (cm)
d	: Kapak üstü ile kanal tabanı arasındaki mesafe (cm)
Y_{d, y₃}	: Batmış akım durumunda mansap su yüksekliği (cm)
Y₀	: Memba enerji yüksekliği (cm)
F_r	: Froude sayısı
R_e	: Reynolds sayısı
α	: Bağlı kapak açıklığı
β	: Kapağa etki eden basınç dağılımının boyutsuz fonksiyonu
y_{1, y₂}	: Serbest akım durumunda mansap su yükseklikleri (cm)
m'	: Eşik yüksekliğinin kapak açıklığına oranı
a	: Kapak ekseni yüksekliği (cm)
b	: Kanal genişliği, eşik genişliği (cm)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA EŞİK TÜRÜNÜN DEBİ KATSAYISI ÜZERİNE ETKİSİ

Bilal BEYHAN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

54+viii sayfa

2020

Danışman: Doç. Dr. Ömerul Faruk DURSUN

Açık kanal akımlarında kapak altı akışların modellenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Kapak boyutlarının ve maliyetinin düşürülmesi Hidrolik Mühendislerinin araştırma alanları arasında yer almaktadır. Baraj ve bağlamaların dolusavakları, dipsavak ve su alma yapıları ile açık kanalların içerisinde kontrol yapısı olarak düz ve radyal kapaklar yaygın olarak kullanılmaktadır. Kapaklar, mansap su seviyelerine bağlı olarak serbest yüzeyli ve batmış akım koşullarında çalıştırılırlar.

Bu tez çalışmasında, serbest akım koşullarındaki bir açık kanal içerisinde eşik kullanımının, radyal kapakların debi katsayısına olan etkisi araştırılmıştır. Farklı geometri ve yüksekliklerdeki eşikler, farklı debi değerleri için test edilmiştir. Bu kapsamda 38.5 cm genişliğindeki açık kanalda 9 farklı debi değeri için toplamda 666 adet deneysel çalışma yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, farklı eşik yükseklikleri ve farklı eşik geometrilerinin debi katsayısı üzerindeki etkisi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Debi Katsayısı, Radyal Kapak, Açık Kanallar, Eşik

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF SILL TYPE ON DISCHARGE COEFFICIENT IN OPEN CHANNELS WITH RADIAL GATE

Bilal BEYHAN

İnönü University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

54+viii pages

2020

Supervisor: Doç. Dr. Ömerul Faruk DURSUN

Many studies have been carried out to model under-gate flows in open channel flows. Reducing gate dimensions and costs is the field of research for hydraulic engineers. Sluice and radial gates are widely used as the control structure at the spillways, bottom outlet and water intake structures of the dams and in open channels. The gates are operated under free surface and submerged flow conditions depending on the downstream water levels.

In this thesis, the effect of the sills on the discharge coefficient of radial gates in the case of free flow condition were investigated. Sills of different geometry and different heights were tested for different flow rates. In this context, a total of 666 experimental studies were carried out for 9 different flow values in the 38.5 cm width open channel. According to the results, the effect of different sill heights and different sill geometries on the flow coefficient is discussed. The effects of the sills as variable geometric parameters on length, height and slope of discharge coefficient were investigated.

Keywords: Discharge Coefficient, Radial Gate, Open Channels, Sill

1. GİRİŞ

Kapak yapıları açık kanallarda çeşitli amaçlarla kullanılır. Su akımını birbirinden ayırmak, su akımını birbirine bağlamak, akımı deşarj etmek ve seviyesini ayarlamak bunlardan bazılarıdır. En yaygın kullanılan kapak türleri arasında radyal kapaklar ve düz kapaklar bulunur. Düz kapakların ekonomik genişlik değerleri genelde 3 ile 6 metre arasındadır. Silindirik kapak, çatı kapak, sektör kapak ve balıkkarnı kapaklar da açık kanallarda kullanılan diğer kapak türleridir.

Hidrolik tasarımcılar, kapak genişliğinin büyük olduğu yerlerde kapağı kaldırmak için büyük kuvvet gerekeceğinden radyal kapakları tercih ederler. Ayrıca büyük barajların (Keban, Karakaya, Atatürk barajı gibi) dolusavaklarındaki geniş açıklıklarında radyal kapakların kullanılması tercih edilmektedir. Radyal kapağın silindirik bir kabuğu vardır. Bu yüzden kapağa etki eden akımdan kaynaklanan basınç kuvvetleri, kapağın kendi eksenini boyunca geçer ve kapağın etrafında bir dönme momenti oluşturmaz. Bu nedenle kapağı yükseltmek için gereken kuvvetin yalnızca kapağın üst kısmının ağırlığına göre ölçülmesi gerekir.

Bir radyal kapağın düz kayar bir kapağa göre kullanım ve bakım kolaylığı, arkada bir çıkıntıya, tekerlek, raylar ve makara gibi diğer tesislere ihtiyaç duyulmaması ve kapağı açmak ve kapatmak için gereken kuvvetin önemli ölçüde azaltılması gibi üstünlükleri vardır. Radyal kapak kullanılırken debi katsayılarının akım koşullarına göre uygun şekilde belirlenmesi gerekir. Kapak hem batmış hem de serbest akımlarda çalışır ve bu koşulların her biri için belirli parametreler kapak performansı için önemlidir.

Bazı tasarımcılar, kapakların taban kısmında eşik kullanımını tercih ederler. Eşik kullanımı, kapağın çalışmasını kolaylaştırabileceği gibi performansı üzerinde olumsuz bir etkiye de yol açabilir. Radyal kapak altına konulan eşiğin yararı, sedimentlerin sistemin çalışması üzerindeki etkisini önlemek ve eşiğin farklı modelleri için debi katsayısında değişiklik yapabilmektir. Eşikler, kapakların yüksekliğini azaltır ve sonuç olarak kapağın üzerine etki eden basınç kuvvetlerini, kapağın ağırlığını, çalışma kuvvetini ve maliyetini azaltmış olur.

Eşikler, kapakların altındaki basınç dağılımında da etkilidir. Eşikler düzgün ve uygun bir yere yerleştirilirse sistem daha düzgün çalışabilir. Eşikler, suyun yönlendirilmesinde ve su seviyesinin kontrolünü sağlamada önemli bir faktördür. Bu anlamda eşik yüksekliği ve geometrisi de önem kazanmaktadır. Uygun şekilde eşik kullanımı akım çizgilerini etkilemekte ve bu durum, enerji kaybının azaltılabilmesi noktasında önem kazanmaktadır. Bu çalışmadaki amaçlardan biri akım çizgilerini rahatsız etmeyecek en uygun eşik profili tasarlamaktır.

Açık kanallarda, kapak altı akışların modellenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Düz veya radyal bir kapak altından geçen akımın debi katsayısını artırmak kanal içi tesislerin boyutlarını etkilemektedir. Kanal içi tasarımında maksimum debi dikkate alınarak kanal boyutlarına göre membadaki su derinliği artmaktadır. Kapak boyutlarının ve maliyetinin düşürülmesi, hidrolik mühendislerinin araştırma alanlarından biridir. Araştırmacılar bu doğrultuda farklı kapak tipleri için farklı eşik kullanımlarını incelemektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, kapaklı yapılarda eşik kullanımı konusunda literatürde bulunan çalışmalar incelenmiştir. Çalışma kapsamında farklı geometrik şekillerdeki ve yüksekliklerdeki eşiklerin debi katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Bu çalışmadaki deneyler, serbest akış koşullarında radyal kapaklı açık kanalda yapılmıştır. Eşiksiz durum için de çalışmalar yapılmış olup, eşikler hem kendi arasında kıyaslanmış hem de eşiksiz duruma göre değerlendirilmiştir. Debi katsayısı boyutsuz parametrelerle karşılaştırılarak grafikler çizilmiştir. Çizilen bu grafikler üzerinden yorumlar yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Saad (2011), 250 cm uzunluğunda, 15 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğindeki açık kanalın bulunduğu bir laboratuvar çalışmış ve dairesel tepeli bir eşiğin debi katsayısına etkisini incelemiştir. Bu laboratuvar çalışmasında, farklı çalışma seçeneklerine sahip yedi model çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçları, debi katsayısını etkileyen en önemli faktörün b/m oranı (m, eşik yüksekliği ve b, eşik genişliği) olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada Saad, dairesel tepeli eşiklerin kullanılmasının düz tepeli eşiklere göre daha yüksek debi katsayıları üreteceğini söylemiştir [1].

Salmasi ve diğ. (2019), bir eşiğin debi katsayısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Toplamda, değişik şekillerde ve ebatlarda 43 fiziksel model kullanılmış ve 740 deney yapılmıştır. Sonuçlar, radyal kapak açıldığında ve eşiklerin kapağın ön tarafında olduğu zaman, eşiğin bir engel olarak çalıştığını ve debi katsayısını azalttığını göstermiştir. Eşik, kapağın altına yerleştirildiğinde ise debi katsayısının arttığı gözlemlenmiştir. Dikdörtgen ve yamuk eşikler her zaman debi katsayısını arttırmıştır. Bu eşiklerde, debi katsayısındaki artışlar eşik boyuna ve yüksekliğine n/m'ye bağlıdır. Küçük n/m değerleri debi katsayısını % 13'e kadar arttırmıştır. Yuvarlak şekilli eşiklerin debi katsayısını diğer eşiklere göre daha fazla arttırdığı belirlenmiştir. Son olarak, dairesel ve yarım dairesel biçimli eşik şekilleri için tasarımcılar tarafından kullanılabilir iki regresyon denklemi sunulmuştur [2].

Jalil (2014), malzeme ve inşaat maliyetini azaltmak için eğimli eşikler yerine kullanılan bir yapı olan basamak eşiği kullanmıştır. Bu basamaklı eşiklerin performansı sulama yapılarında eşiklerin yaygın olarak kullanılması nedeniyle önemlidir. Laboratuvar kanalındaki çalışma, düşey kapak ve basamaklı eşik altında batmış bir akımda gerçekleştirilmiştir. Dört farklı kapak açıklığı ile beş model grubu deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sınırlamalar dahilinde ölçülen fiziksel nicelikler, akımı etkileyen fiziksel parametreler arasında korelasyon sağlamak ve bu değişkenler arasındaki matematiksel ilişkileri bulmak için metodik istatistiksel analizde kullanılmıştır. Bunlara dayatılan parametrelerin bazıları olan F_r ve m/Y_d gibi değerlerinin artırılması debi katsayısını olumlu yönde etkilemiştir. Parametreler arasındaki ilişki için doğrusal ve güç modelleri son derece önemlidir. Debi katsayısı, 0.005725 standart hatası ile 0.33 ve 0.74 arasındadır. Debi katsayısı değerini, sırasıyla 0.966 ve 0.932 tespit katsayısı ile tahmin etmek için farklı denklemler önerilmiştir [3].

Negml ve diğ. (2001), prizmatik olmayan kanallarda kapak altında eşik kullanarak su akımının özelliklerini incelemiştir. Deney, 10 cm genişliğinde, 31 cm derinliğinde ve 3 m uzunluğunda bir laboratuvar kanalında yürütülmüştür. Sabit uzunlukta ve sabit bir eğime sahip bir kanal kullanılmıştır. Kapağın altında sabit yükseklikte, sabit memba eğiminde ve değişken mansap eğiminde çokgen kenarlı eşikler kullanılmıştır. Bu eşikler, eşik eğiminin akış özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için geniş çapta benzer batmış akım koşulları altında test edilmiştir. Ayrıca, eşik yüksekliğinin akım özellikleri üzerindeki etkisini ele almak için farklı yüksekliklerde belirli bir eşik test edilmiştir. Batmış akımın ve Froude sayısının kapak altı akış üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Farklı akım rejimleri göz önünde bulundurulmuştur (Süperkritik, kritik ve kritik altı akım). Kapağın altındaki eşik varlığının debi katsayısı üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [4].

Alhamid (1999), serbest akımlı kanalda debi katsayısını incelemiştir. Eşik şeklinin ve eşik yüksekliğinin serbest akım koşullarında debi katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Test edilen şekiller arasında poligonal ve poligonal olmayan eşikler vardır. Çoğu zaman test edilen şekillerde, dairesel eşik en ideal şekildir ve üçgen eşik çokgen eşiklerin arasında en iyisidir. Şeklin yanı sıra eşik yüksekliği de debi katsayısı üzerinde önemli bir rol oynar. Boyutsal analiz ve doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak hem eşikli hem de eşiksiz durumda serbest akım durumunda debi katsayısını tahmin etmek için bir denklem oluşturulmuştur. Bu analizde akım parametreleri, kapak açıklığı, eşik yüksekliği ve eşik şekil faktörleri kullanılmıştır. Geliştirilen analiz, diğer araştırmacıların yayınlanmış verilerinin yanı sıra deneysel sonuçlarla da uyumlu olduğu saptanmıştır [5].

Sarhan (2013), prizmatik eşik yüksekliğinin batmış bir akım durumunda debi katsayısı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Farklı yüksekliğe sahip dört prizmatik eşik incelenmiştir. Sonuçlar, prizmatik eşiklerin yüksekliği arttıkça debi katsayısının arttığını göstermiştir. Kapak açıklığındaki azalma ile debi katsayısının azaldığı görülmüştür. Genel olarak prizmatik eşiklerin kapak üzerindeki etkisi olumlu olarak belirtilmiştir. Son olarak çalışmada, prizmatik eşikli kapaklardaki debi katsayılarını hesaplamak için kullanılacak bir analiz sunmuştur [7].

Abdelhaleem (2017), eşikli ve eşiksiz durumdaki radyal kapaklardan geçen su akışı deneysel olarak incelemiştir. Farklı eşik yüksekliklerinin büzülme katsayısı, debi katsayısı, kuyruk suyu derinliği, akış enerjisi dağılımı, hidrolik sıçrama yüksekliği ve farklı hidrolik parametrelerle hız dağılımı üzerindeki etkisi analiz edilmiş ve grafiksel olarak sunulmuştur. İncelenen parametreleri tahmin etmek ve güvenilir formüller geliştirmek için boyutsal ve regresyon analizi yapılarak çalışma geliştirilmiştir. Kapak altındaki eşik yüksekliğinin büzülme katsayısı üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Kapak altındaki eşik yüksekliğinin artmasıyla debi katsayısı, hidrolik sıçramada oluşan ileri ve geri akımlar, dip akımda oluşan hız artmıştır. Bu araştırma sonucunda debi katsayısıyla ilgili olarak mansap derinliği, hidrolik sıçrama uzunluğu ve enerji arasındaki ilişki açığa çıkarılarak incelenmiştir [6].

Yardelen ve diğ. (2016), yaptıkları çalışmada açık kanal akımlarında akım derinliklerinin grafiğini çıkararak su yüzeyi profilini oluşturmuşlardır. 12 farklı çeşitte su yüzeyi profili oluşturmuşlardır. Debi ve eşik boyutlarını değiştirerek bunun su yüzeyi profilindeki hidrolik sıçrama mesafeleri üzerindeki etkisini incelemiştirler. Deneyler, dikdörtgen açık kanalda yapılmıştır. Kanal eğimleri kritik eğime göre ayarlanmıştır. Bu çalışmada eşğin hidrolik sıçramaya olan mesafesinin eşik yüksekliği ve debiyle orantılı olduğu saptanmıştır [8].

Shayan ve diğ. (2013), enerji ve momentum denklemlerini kullanarak serbest ve batmış akım koşullarında düz kapaklardaki akımın özelliklerini incelemiştirler. Farklı araştırmacıların yaptığı çalışmalar doğrultusunda denklemler kalibre edilmiştir. Açık kanalın serbest akışta enerji kaybı faktörü için bir denklem oluşturmuşlardır. Ayrıca bu faktörün debi katsayısına etkisi gösterilmiştir. Düz kapağın debi katsayısına ve kuyruk suyu derinliğine bağlı olarak denklemler oluşturulmuştur. Kapak üzerindeki etkili basınçlar belirlenerek varyasyonlar yapılmış ve buna göre kapağın açılma ve kapanma durumları için büzülme katsayıları incelenmiştir. Sonuç olarak serbest akım koşullarında belirli kapak açıklığı değerinde minimum büzülme katsayısı elde edilmiştir. Enerji kaybının maksimum değerinde olduğu belirli bir kapak açıklığı vardır. Düz kapağın enerji kaybı katsayısı ne kadar doğru tespit edilirse debi katsayısının doğruluğunun aynı oranda arttığı görülmüştür. Serbest akım koşullarında debi katsayısı, belli bir kapak açıklığına kadar azalma eğilimi göstererek minimum değere ulaşmış ve daha sonra artmaya başlamıştır. Serbest akım durumunda debi katsayısı, kapak açıklığının kanal genişliğine oranıyla bağlantılı olduğu görülürken batmış akım durumunda ise kuyruk suyu derinliğinin kanal genişliğine oranıyla bağlantılı olduğu görülmüştür [22].

Dođan (2009), farklı savak kret Őekilleri kullanarak bu durumun debi katsayısına etkisini incelemiŐtir. Keskin kenarlı, dűz kretli, 1/4 yuvarlatılmıŐ ve 1/2 yuvarlatılmıŐ Őekilde geometrieleri farklı 4 adet savak kret Őekli kullanmıŐtır. Sonuç olarak savak kret Őeklinin debi katsayısını etkilediđi belirlenmiŐtir. Debi katsayısında en kűtű sonucu keskin kenarlı savak kret tipi savak verirken en iyi sonucu 1/4'ű yuvarlatılmıŐ dođrusal savak tipi vermiŐtir [23].

Őztűrkmen (2008), açık kanalda farklı taban eŐikleri kullanarak bunların yerel deđiŐim bűlgelerinde oluŐturduđu su yűzű profillerini incelemiŐtir. Deneyin yapıldıđı kanal dikdűrtgen kesitlidir. 12 adet farklı Őekil ve boyutta taban eŐiđi kullanılmıŐtır. Deneyler yapılırken kanal eđimi ve debi sabit tutulmuŐtur. Su yűzű profillerinin deđiŐimi incelenmiŐ ve űlűlműŐtűr [25].

Moussa ve diđ. (2018), Naga Hamadi barajında eŐik performansını incelemiŐlerdir. Farklı debiler ve farklı eŐik Őekilleri test edilmiŐtir. EŐiklerin farklı deđiŐkenler űzerindeki etkisi araŐtırılmıŐtır. EŐiđin akıŐ karakteristikleri űzerindeki etkisine bakıldıđında eŐiksiz duruma gűre durgun havzada daha stabilitede olduđu tespit edilmiŐtir. Deneyler, 1 metre geniŐliđinde 26 metre uzunluđunda ve 1.2 metre derinliđindeki yan duvarları cam olan açık kanalda yapılmıŐtır. Ayrıca hidrolik sıçrama uzunluđunun Froude sayısı arttıkça arttıđı gűrűlműŐtűr [26].

Ardıçlıođlu ve diđ. (2015), açık kanal akımında debinin belirlenmesi űzerinde farklı yűntemler uygulayarak çalıŐmıŐlardır. Kanalın baŐından itibaren 5.7 metre uzađa betondan imal edilmiŐ bir savak yerleŐtirilmiŐtir. Belli bir kanal eđimi verilerek űlűmler bu eđime gűre yapılmıŐtır. Kanalın belirlenen kısımlarında hız űlűmleri yapılmıŐtır. Debi hesaplanırken hız alan yűntemi, savak forműlű, anahtar eđrisi, manning denklemi ve entropi yűntemi kullanılmıŐtır. Ayrıca debimetre yardımıyla da űlűmler yapılmıŐtır. Yapılan bu hesaplamalarda en az farkın entropi yűnteminde olduđu tespit edilmiŐtir [27].

Kaya ve diđ. (2017), dođrusal kanala yerleŐtirilen űgen labirent yan savaklarda kret uzunluđu deđiŐiminin debi katsayısına etkisini araŐtırmıŐtır. Farklı debilerde farklı savaklar kullanılarak deneyler yapılmıŐtır. ÇalıŐmada debi katsayısını belirlemede De Marchi metodu kullanılmıŐtır. Deney verileri ve grafikler yorumlandıđında debi katsayısının Froude sayısının artmasıyla azaldıđı gűrűlműŐtűr. Debi katsayısının en bűyűk olduđu durum tamamen açık űgen labirent yan savakta olduđu tespit edilmiŐtir. Memba kret uzunluđunun azalmasıyla debi katsayısında azalma olduđu gűrűlműŐtűr [28].

Soydan (2019), açık kanalda farklı tipte savaklardan geçen akımın karakteristik özelliklerini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Bu savaklar için 25 adet debi değerinde su derinliği ölçümleri yapılmıştır. Bu savakların geometrileri belirlenirken Kutta – Joukowsky transformasyonu kullanılmıştır. Debinin artmasıyla savaklardaki savak yükü, tabandaki basınç dağılımları, debi katsayısı artmıştır. Debi sabit tutulup savak yüksekliği arttıkça debi katsayısının azaldığı tespit edilmiştir. Savakların üzerinden geçen akımın Froude sayısı ve savak yüksekliği arttıkça akım çizgilerinin eğriliğinin arttığı görülmüştür [29].

Balouchi ve Rakhshandehroo (2018), yaptıkları çalışmada üçgen keskin tepeli savak ve dikdörtgen kapaklardan oluşan yapı kullanmışlardır. Savak üzerindeki su yüksekliği s , kapak açıklığı G_k , kanal genişliği b gibi geometrik parametreler kullanılarak debi katsayısı incelenmiştir. Kapağın üstü ile kanal tabanı arasındaki mesafe, d olarak belirlenmiştir. Deneysel yapılmış ve sonucunda boyutsuz s/G_k , s/b ve s/d oranları arttıkça debi katsayısının arttığı görülmüştür. Bu çalışmada ayrıca debi katsayısını hesaplayabilmek için yeni formüller önerilmiştir. Bunlara ek olarak aynı akım hızlarında kapak açıklığının artırılmasıyla debi katsayısında artma olduğu görülmüştür [30].

3. KAPAKLAR

Nehirlerin, kanalların ve rezervuarların kontrolü savaklar veya kapaklı yapılarla sağlanır. Güvenilir ve bakımı yapılabilmesi hususunda sabit savak yapıları tercih edilmektedir. Savakların yerleştirilemediği durumda, sel durumunda, değişken nehir seviyeleri olduğu durumda, durgun su seviyesinin kabul edilemediği durumda debi deşarjını kontrol edecek bir yapıya ihtiyaç duyulur. Bu nedenle kapaklar; birçok sel kontrolü, rezervuar yönetimi ve nehir yollarında suyun kontrolünün sağlanmasında kritik öneme sahiptir.

Birçok kapak tipi başarılı bir şekilde işletilmektedir. Kapaklar tasarlanırken istenen duruma uygun ve maliyet yönünden avantajlı olmalıdır. Bu bakımdan tasarlama yapılırken hidrolik, operasyonel, sahaya özgü ve ekonomik gereksinimleri karşılayacak en uygun tipte ve boyutta kapak seçilmelidir.

Kapaklar, suyun akışını kontrol eder. Bu nedenle hidrolik koşullar, kurulumun başarısının temelini oluşturur. Bu durum, sadece kapağın altındaki ve üstündeki akışı değil aynı zamanda memba ve mansaptaki akış hidroliğini de içerir. Kapaklar, olağanüstü durumlara göre tasarlandığından alınacak verim ya da performans sınırlı olmaktadır. Bu durumda doğru kapak tasarımı yapmak ve seçmek önemlidir.

Kapaklar, serbest yüzeyli akımlarda ve kanallarda olmak üzere iki kısımda kullanılmaktadır. Her iki grupta da benzer kapak türleri bulunurken özellikle yüksek (baş) kısımlarda ve batmış akımın çıkışındaki kapakların tasarımı zordur.

Birçok kapak tipi olmasına rağmen uygunlukları ve avantajları nedeniyle sınırlı sayıda kapak kullanımı mümkündür. Açık kanallarda, dolusavaklarda, barajlarda radyal kapak kullanımı ilk tercihtir. Bazen görsellik açısından uygun olması bakımından radyal kapak yerine menteşeli kanatlı kapak vb. kapak çeşitleri kullanılmaktadır.

Kanallarda düz kapaklar, kurulumdaki esneklik ve rahatlık nedeniyle radyal kapaklardan daha sık kullanılmaktadır. Düz kapakların bağlantı yuvaları yüksek hızlı akımda çeşitli hidrolik problemler oluştururken radyal kapaklar yapısı itibariyle yuva gerektirmez. Bu avantaja rağmen radyal kapaklarla ilgili montaj problemleri sebebiyle düz kapaklar tercih edilir.

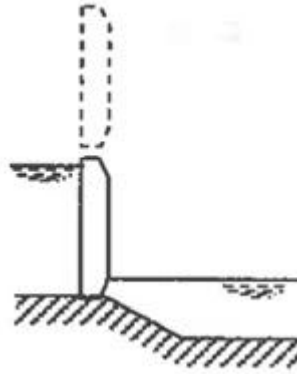
Özel koşullarda kullanılmak üzere örneğin gelgit ve fırtına dalgalanmaları durumlarında değişik tasarımda kapaklar tasarlanır. Farklı kapak tipleri; karmaşık yapısı, maliyetleri, uygulanabilirliği ile birbirinden ayrılmakta ve tasarlanmaktadır.

Kapaklar, gelen debiye göre gerektiği kadar açılarak memba tarafındaki su kotu istenilen seviyede tutulmuş olur. Genel olarak kullanılan kapak çeşitleri; düz (düşey), radyal, silindir, balıkkarnı, sektör, çatı kapaklar olmak üzere altı çeşittir.

3.1 Düşey (Düz) Kapaklar

Sulama kanallarında akım kontrolü için yaygın olarak kullanılan cihazlardır. Ayrıca, akım ölçümü için basit yapılar olarak kullanılabilirler. Bu yüzden düz kapaklar, bir akım ölçüm yapısı olarak düşünülüp üzerinde çalışma yapılabilir. Her ne kadar bu yapı basit bir tasarıma sahip olsa ve uzun yıllar önce kullanılmış olsa da hidrolik mühendisliğinde kapak altı akım ile ilgili bazı hususlar vardır. Bunlar arasında kapak altından geçen akımın debi katsayısının belirlenmesi, enerji kayıp faktörü, büzülme katsayısı ve bu parametrelerin debi katsayısına etkileri olarak söylenebilir.

Düz kapakta yapılan çalışmalar, genelde serbest akımda yapılmış olup batmış akımda da küçük çalışmalar yapılmıştır. Dikey yönde hareket eden tüm dikdörtgen kapaklar için kullanılan terimdir. Hidrostatik basınç büyüdükçe sürtünmeye bağlı olarak kaldırma tertibatı ağırlaşacağı için büyük boyutlarda kullanılamazlar. Şekil 3.1'de düz kapağın çizimi gösterilmektedir.



Şekil 3.1 : Düz kapağın gösterimi

3.2 Radyal Kapaklar

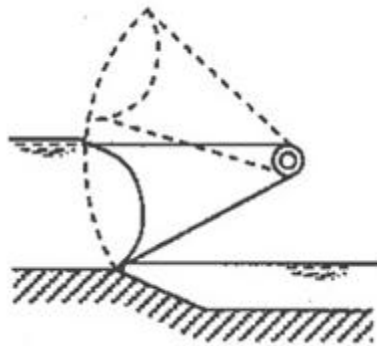
Genellikle hareketli su kontrol yapıları olup bir silindir parçası ile bunu tutan kafes elemanlarından meydana gelir. İnce bir plaka formundaki açılabilir segmentlerin bir milin etrafını çevirmesiyle oluşur. Bu ince plakalar dikey ve yatay elemanlarla güçlendirilmiştir.

Bu kompozit yapı ince plakayla beraber hareket eder. İnce plakaların montajı iki veya daha fazla mesnetlenmiş açılabilir kolla desteklenir. Mafsal boyunca moment sağlandığından su yükü kapak boyunca dengeli dağılmaz. Kaldırma kuvveti, kapak ağırlığı ile conta ve bağlantı noktaları arasındaki sürtünme kuvvetinden oluşur. Kaldırma tertibatı; kapağa bağlı bir halat, kablo ve elle ya da motorla çalışan bir vinçten oluşur. Sabit bir eksen etrafında dönecek şekilde mesnetlendirilir.

Radyal kapaklar, su basıncının büyük ve sürüntü madde hareketinin çok olduğu yerde tercih edilirler. Bu tip kapaklar, kapak ağırlığının su basıncının sebep olduğu ve karşılayamadığı durumlar için idealdir. Bu sistem, sürtünme kuvvetinin tümünü mafsalda topladığı için kaldırma kuvveti düşey kapaklara göre azdır ancak düşey kapaklara göre daha maliyetlidir.

Çok yaygın olarak kullanılırlar. Su basıncı bileşkesi silindirik merkezinden mafsal olarak mesnetlendirilir. Böylece döndürme momenti önlenmiş olur. Bu durumda radyal kapağın hareketi için yalnız kendi ağırlığının ve sürtünmelerin yenilmesi gerektiğinden kaldırma kuvveti ihtiyacı azalmış olur.

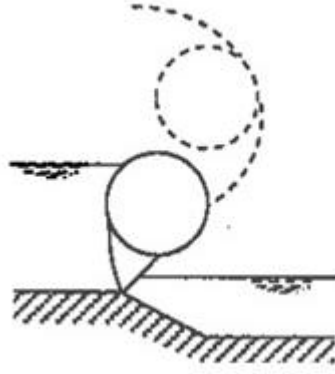
Şekil 3.2’de çizimi verilen radyal kapaklar, düz kapaklara göre daha kolay işletilmesi ve daha iyi deşarj sağlaması gibi birçok avantaja sahiptir. Radyal kapaklar; basit, güvenilir, ucuz yapıma maliyeti, dayanıklı olması, kolay işletilmesi nedeniyle tercih edilir. Kapağın dairesel yapısından dolayı yabancı ve sürüntü maddelerin geçmesini önlemede etkilidir. Ayrıca kapak yuvasının olmaması ve conta kullanımı nedeniyle iskele yapılarında ve hidrolik akımlarda yarar sağlar. Artan fabrikasyon zorlukları ve kapak su yükünün mafsal tarafından karşılanması nedeniyle bu yükü karşılamak için daha büyük yüzey alanına sahip olmasının gerekmesi, radyal kapakların dezavantajları arasında gösterilebilir.



Şekil 3.2 : Radyal kapağın gösterimi

3.3 Silindir Kapaklar

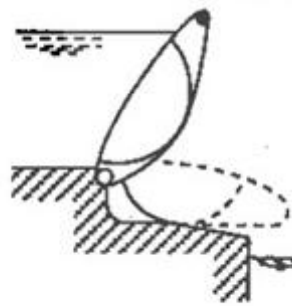
Küçük tip palangalar ve dişli çark sistemi ile hareket ettirilir. Kapak, 70 derece eğik bir hat üzerindeki düz dişlinin dönmesi ile indirilir veya yükseltilir. Kaldırma tertibatı çekildiği zaman kapak dişli çubuk üzerinden yukarıya çıkarılır. Yüksekliği arttırmak için gövdeye bir kanat eklenebilir. Kapak projelendirilirken titreşim kuvvetlerinin minimum olmasına dikkat edilmelidir. Şekil 3.3’de silindir kapağın çizimi verilmektedir.



Şekil 3.3 : Silindir kapağın gösterimi

3.4 Balıkkarnı Kapaklar

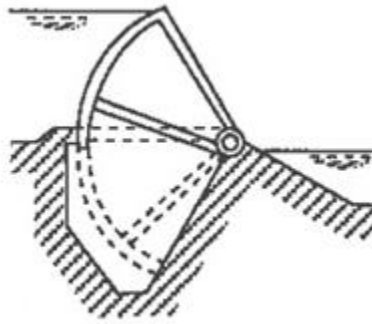
Kapak açıklığının çok büyük olması durumunda burulma momentlerine karşı mukavemeti fazla olan kapaklardır. Ekonomik olarak kullanıldıkları yükseklik 4 metre mertebesindedir. Su seviyesini hassas bir şekilde düzenler. Yüzen maddeleri çok az bir su kaybı ile mansaba verir. Dişli çark veya zincir dişli sistemi ile işletilir. Şekil 3.4’de balıkkarnı kapağın çizimi verilmektedir.



Şekil 3.4 : Balıkkarnı kapağın gösterimi

3.5 Sektör Kapaklar

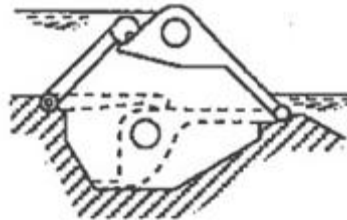
Hidrolik kumanda düzeni ile işletilir. Bu tip kapaklar, taban eşikleri ve sabit bağlama üzerindeki su seviyesini sabit tutmak amacıyla seçilir. Radyal kapak, kolu ile eklemli olmasına karşın kapak boyunca mafsallıdır. Bunlar daima su altında kalırlar ve kret kotuna göre planlama yapılırlar. Zemini sağlam olan yerlere inşa edilen bağlama yapılarında kapakların hızlı işletilmesi gerektiği durumda kapak tipi olarak seçilirler. Şekil 3.5’de gösterilen sektör kapağın hareketli parçaları daima su altında kaldığından ve memba yüzünde geçirimsizliği sağlamama yönünden dezavantajlıdır.



Şekil 3.5 : Sektör kapağın gösterimi

3.6 Çatı Kapaklar

Şekil 3.6’da gösterilen çatı kapak, basınç tesiri ile kendi kendine çalışır. Kabartma yüksekliği 3-4 metre olan hareketli bağlamalarda kullanılabilir. Her iki tarafı yatayla yaklaşık 40 derece açı yapacak şekilde tabana boydan boya mafsallıdır. Yük dengeli şekilde dağılmıştır. Kapak ve işletme mekanizmasının daima su altında kalması, mafsalların aşınması, uzun bir altyapıya ihtiyaç göstermesi dezavantajlarıdır [24], [31], [32], [33].



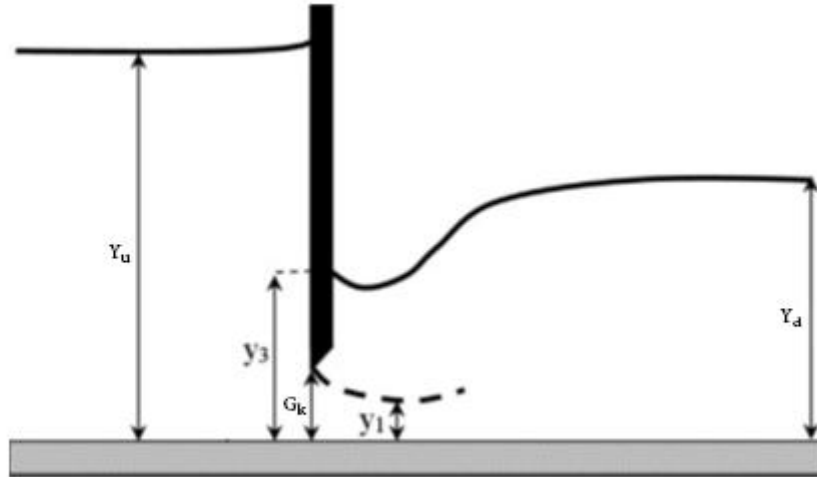
Şekil 3.6 : Çatı kapağın gösterimi

4. KAPAKLARIN HİDROLİĞİ

Hidrolik mühendisliğinde açık kanalda kapağın altından geçen akımın debi katsayısının belirlenmesi, enerji kaybı faktörü ve bu parametrelerin debi katsayısı üzerindeki etkisi klasik bir sorundur. Bu konu hakkında fazla araştırma yapılmıştır ve genellikle sulama şebekelerinde meydana gelen batmış akım koşullarında çalışmalar yapılmıştır.

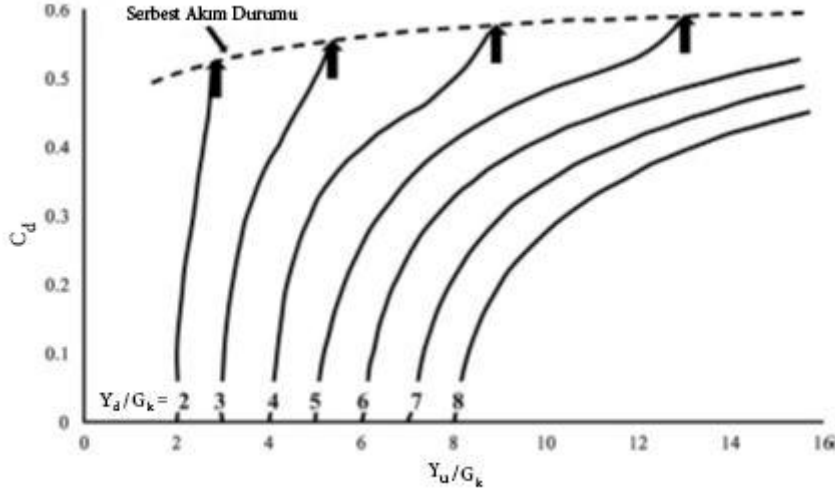
Günümüzdeki çalışmalar, eşiklerin araştırılması ve eşiklerin debi katsayısına etkisi üzerinedir. Araştırmalarda; eşiklerin sayısı, yerleri, kapağın açısı ve eşik şekilleri incelenmiştir. Bu çalışmalarda; eşiğin yerinin debi katsayısına etkisi, eşik yüksekliğinin debi katsayısına etkisi ve kapağın şeklinin debi katsayısına etkisi üzerine yoğunlaşmıştır. Her eşik modelinde farklı debi katsayılarını deneyimlemek amacıyla serbest ve batmış akım koşulları kullanılmıştır.

Şekil 4.1'de Rajaratnam (1978) tarafından verilen, düz kapaklı açık kanaldaki akış çizimi gösterilmiştir. Burada; Y_u , memba su yüksekliği, Y_d ve y_3 batmış akım durumundaki mansap su yükseklikleri, G_k , kapak açıklığı, y_1 , serbest akım durumundaki mansap su yüksekliğidir [21].



Şekil 4.1 : Düz kapak altındaki akışa ait su yüzü profili

Şekil 4.2'de Henry (1950) tarafından verilen, düz kapaklı kanalda serbest ve batmış akım koşulları altında eşiksiz durumdaki debi katsayısının belirlenmesi için kapsamlı yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarına ait grafik verilmiştir [9].



Şekil 4.2 : Henry nin debi katsayısı eğrisi [9]

Rajaratnam ve Subramanya (1967), serbest ve batmış akım koşullarında düz kapak üzerinde etki eden debi katsayısının tanımını ve formülünü vermişlerdir [10].

Swamee (1992) tarafından Şekil 4.2'deki debi katsayısı eğrisi sayısallaştırılmış ve bunun debi katsayısı olacağı varsayılmıştır. Kapağın membasındaki serbest akım derinliği kapak açıklığına eşit veya daha az olduğunda, debi katsayısı sıfır olarak kabul edilmiş olup debi katsayısının belirlenmesi için denklemler üretmiştir [11].

Ferro (2000), serbest akım durumunda düz kapaklı açık kanalda, kapak açıklığının memba derinliğine oranının debi katsayısıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir [12].

Lin ve diğ. (2002), kapak kenarının ve şeklinin debi katsayısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Debi katsayısının yuvarlak kenarda arttığı görülmüştür [13].

Belaud ve diğ. (2009), enerji-momentum dengesini kullanmışlar ve serbest ve batmış akım koşulları altında debi katsayısını tahmin etmek için teorik bir rapor sunmuşlardır [14].

Lozano ve diğ. (2009), batmış akım altındaki koşullarda çalışan sulama kanallarındaki bazı düz kapakları dikkate alarak yapılan çalışmada, büzülme katsayısı ve enerji kaybının debi katsayısı üzerindeki etkisinin yüksek su seviyesinde önemli olduğunu bildirmişlerdir [15].

Habibzadeh ve diğ. (2011), düz kapaktaki enerji kaybının debi katsayısı üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Düz kapakta oluşan enerji kaybına dikkat edilmesinin doğru debi katsayısı tahmini için gerekli olduğunu ifade etmişlerdir [16].

Bazı araştırmacıların kullandığı debi katsayısı formülleri aşağıda sunulmuştur:

a) Rajaratnam ve Subramanya [10]

$$C_d = \frac{0,611}{\sqrt{1-0,611^2 \left(\frac{G_k}{Y_u}\right)^2}} \quad (1)$$

b) Larsen and Mishra [17]

$$C_d = 0,489 \left(\frac{G_k}{Y_u}\right)^{0,075} \quad (2)$$

c) Swamee [11]

$$C_d = 0,611 \left(\frac{Y_u - G_k}{Y_u + 15G_k}\right)^{0,072} \quad (3)$$

d) Alhamid [5]

$$C_d = 0,6113 \left(\frac{Y_u - G_k}{Y_u + 15G_k}\right)^{0,0649} \quad (4)$$

e) Noutsopoulos and Fanariotis [18]

$$C_d = 0,62 - 0,15 \sqrt{\frac{G_k}{Y_u}} \quad (5)$$

f) Nago [19]

$$C_d = 0,6 \exp\left(-0,3 \frac{G_k}{Y_u}\right) \quad (6)$$

g) Ferro [12]

$$C_d = \frac{\alpha^{-\frac{G_k}{2\beta}}}{\sqrt{2}} \alpha \left(\frac{G_k}{4\beta}\right) \quad (7)$$

h) Garbrecht [20]

$$C_d = 0,6468 - 0,1641 \sqrt{\frac{G_k}{Y_u}} \quad (8)$$

Burada; G_k , kapak açıklığı, Y_u , memba su yüksekliği, β , serbest akımda kapağın arkasındaki basınç dağılımının boyutsuz fonksiyonu, α , bağıl kapak açıklığı $\frac{G_k}{Y_u}$ 'dur.

Çalışmalarda kullanılan parametrelerle debi katsayısı denklemleri geliştirilmektedir. Bu denklemlerin dizaynı uygulanacak eşiğe göre değiştirilmesi mümkündür. Geliştirilen denklemlerin limitleri daire eşik için $0,8 < (Y_u - m)/G_k < 7,9$ olarak etek eğriliği verilerek uçları uzatılmış daire eşik için $0,9 < (Y_u - m)/G_k < 7,6$ olarak belirlenmektedir.

Çoğu çalışmada, radyal kapağın serbest akım durumundaki debi katsayısının (C_d), radyal kapak altındaki akımın ve buna bağlı olarak geometrik özelliklerinin bir fonksiyonu olduğu gösterilmiştir. Bunlar; akım özelliklerini, memba su derinliğini, eşiğin geometrik özelliklerini, kapağın yarıçapını, kapağın ekseninin kanalın tabanından yüksekliğini ve radyal kapağın açılmasını içerir. Etkin kullanılan bu parametrelerle boyutsal analiz kullanılarak bir denklem ve kıyas ilişkisi kurulur. Denklem ilişkisi şu şekildedir:

$$f_1(Y_u, G_k, a, R, m, n, b, \mu, \rho, Q, g, V) = 0 \quad (9)$$

Y_u , memba suyu derinliğidir. G_k , kapak açıklığıdır. a , kapak ekseninin yüksekliğidir. R , kapak yarıçapıdır. m , eşiğin yüksekliğidir. n , eşik uzunluğudur. b , kanalın genişliğidir. μ , suyun viskozitesini temsil eder. ρ , su yoğunluğudur. Q , debidir. g , yerçekimi ivmesidir. V , kapak altındaki ortalama hızdır. y_1 , serbest akım durumunda kapağın mansabındaki su derinliğidir.

$$V = \frac{Q}{by_1} \quad (10)$$

Buckingham teoremine göre ve ρ , V ve G_k 'yi bağımsız değişkenler olarak kabul ederek, aşağıdaki sekiz boyutsuz grup elde edilir:

$$f_2\left(\frac{Y_u - m}{G_k}, \frac{G_k}{R}, \frac{G_k}{m}, \frac{n}{m}, \frac{a}{G_k}, \frac{b}{G_k}, \frac{Q}{bG_k\sqrt{2g(Y_u - m)}}, \frac{\rho Q}{b\mu}\right) = 0 \quad (11)$$

Denklem (11) kısaltılıp denklem (12) olarak yazılırsa:

$$f_3\left(\frac{Y_u - m}{G_k}, \frac{G_k}{R}, \frac{G_k}{m}, \frac{n}{m}, \frac{a}{G_k}, \frac{b}{G_k}, F_r, R_e\right) = 0 \quad (12)$$

a/G_k 'yi b/G_k 'ye bölerek a/b oranı üretilir ve bu çalışmada hem a hem de b sabit parametreler olduğu için diğer parametreler için kullanılırlar.

Denklem (12)'deki $F_r = \frac{Q}{bG_k\sqrt{2g(Y_u-m)}}$ kapak altından geçen akımın Froude sayısıdır. Bu durumda, $F_r = C_d$ olur ve C_d , debi katsayısı olarak bilinir. Denklem (12)'deki R_e , Reynolds sayısına eşittir ve viskoz etkileri ihmal edilerek aşağıdaki şekilde basitleştirilir:

$$f_4 \left(\frac{Y_u-m}{G_k}, \frac{G_k}{R}, \frac{G_k}{m}, \frac{n}{m} \right) \quad (13)$$

Debi katsayısı değerlendirilirken şu formül kullanılır:

$$C_d = \frac{Q}{bG_k\sqrt{2g(Y_u-m)}} \quad (14)$$

Bu çalışmada yukarıda yapılan boyutsal analiz dikkate alınarak boyutsuz parametrelerle debi katsayısı kıyaslaması yapılmaktadır. Buna göre (C_d) ile $\left(\frac{Y_u-m}{G_k}\right)$ için hesaplanan değerler farklı eşik yükseklikleri ve farklı eşik türlerine göre kıyaslanarak grafikleri oluşturulur. Bu grafikler oluşturulurken boyutsuz değişken kullanılır. Değerlendirmede kullanılan boyutsuz değişken m' :

$$m' = \frac{m}{G_k} \quad (15)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Denklem (15) 'deki m' boyutsuz değişken değeri, eşik yüksekliğinin kapak açıklığına oranıdır. Bu denklemde m , eşik yüksekliği ve G_k , kapak açıklığıdır. m' değerine bağlı olarak debi katsayısı grafikleri oluşturulmaktadır. Böylece eşiklerin yüksekliklerine, farklı geometrik yapısına ve eşiksiz duruma göre debi katsayısı karşılaştırması yapılmakta olup hangi durumun daha avantajlı olduğu tespit edilmektedir.

5. DENEY DÜZENEĞİ VE DENEYLERİN YAPILIŞI

5.1 Deney Yapılan Açık Kanal

Açık kanallar, içerisinde serbest yüzeyli akımların olduğu su yollarıdır. Açık kanallara örnek olarak; sulama kanalları, kısmen dolu akışlı borular, dere ve akarsular gösterilebilir. Açık kanal akımlarının karakteristiği basınçlı boru akımlarına göre daha karmaşık yapıdadır. Açık kanal akımlarında serbest akım yüzeyinin şekil değiştirmesi mümkündür. Oysa basınçlı akımlarda, akım kesiti tamamen doldurur ve katı cidarın şeklini alır.

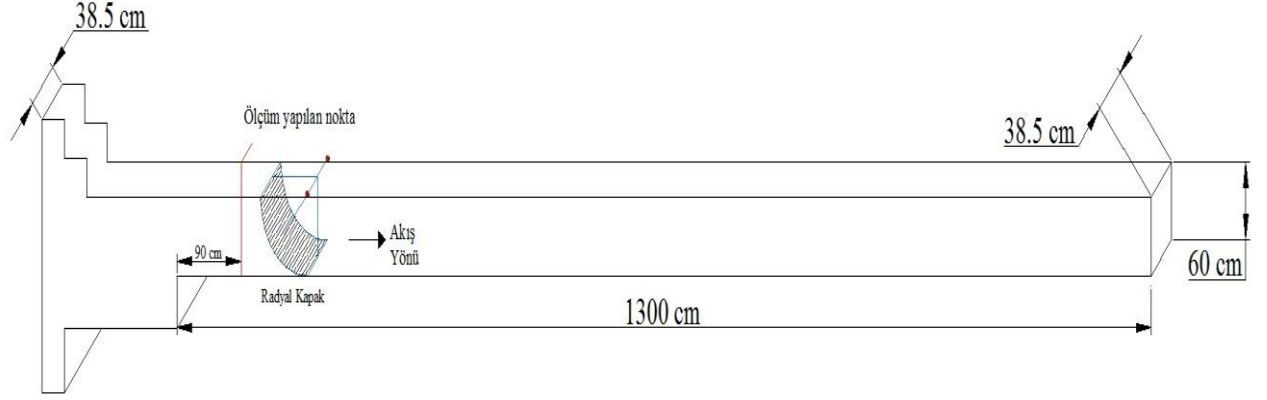
Açık kanal akımını sağlayan asıl enerji faktörü yer çekimidir. Açık kanal akımı, üniform ve üniform olmayan akım olmak üzere iki çeşittir. Üniform akımda kanal boyunca akım derinliği stabildir. Üniform olmayan akımda ise bu derinlik değişir. Üniform olmayan akım, ani değişen akım ve tedrici (yavaş) değişen akım olmak üzere ikiye ayrılır. Tedrici değişen akımda akım çizgileri yaklaşık olarak düzgün ve birbirine paraleldir. Ani değişen akımlarda ise türbülansların neden olduğu kaotik bir akım ortamı oluşur ve akım çizgileri birbirleri ile kesişir.

Bu tez çalışması kapsamında deneyler, İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında bulunan açık kanal deney düzeneğinde yapılmaktadır. Laboratuvarın zemin seviyesinin altında yer alan 35 m³ kapasiteli su deposundan alınan sular pompa-boru-açık kanal bağlantısı yardımıyla deney seti ile su deposu arasında devir daim yaptırılmaktadır. Debiler, deney boru hattı üzerine monte edilmiş olan elektromanyetik debimetre ve küresel vana yardımıyla ayarlanır.

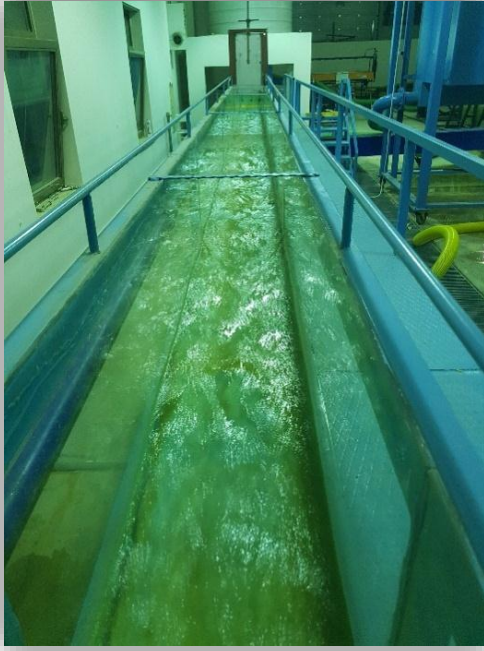
Debimetre, uzaktan kontrol yardımıyla eRemote uygulamasından ayarlanarak hassas kontrol sağlanır. Debi kontrolü; frekans değeri girilerek, debi değeri girilerek ve hassas modda debi değeri girilmek suretiyle üç farklı şekilde gerçekleştirilmekte ve güvenli şekilde debi kontrolü yapılmaktadır.

$G_k=2.5$ cm kapak açıklığında, 9 farklı debi değerinde 6 farklı geometrideki eşğin 5 farklı yükseklik değerleri için 270 deney yapılmaktadır. $G_k=5$ cm kapak açıklığında, 9 farklı debi değerinde 6 farklı geometrideki eşğin 7 farklı yükseklik değerleri için 378 deney yapılmaktadır. Eşiksiz durum için de ayrıca 18 deney yapılmaktadır. Toplamda 666 deney uygulanmaktadır.

Açık kanalın yan duvarları belli aralıklarla metal çubuklarla ayrılmış ve komple pleksi glass dan yapılmış olup tabanı metaldir. Açık kanalın uzunluğu 13 metre, yüksekliği 60 cm, genişliği 38.5 cm'dir. Kanal tabanı eğimsizdir (Şekil 5.1.1, Şekil 5.1.2 ve Şekil 5.1.3).



Şekil 5.1.1 : Deney setinin şematik gösterimi



Şekil 5.1.2 : Açık kanalın içten gösterimi



Şekil 5.1.3 : Deney setinin genel gösterimi

Deney düzeneğine su, su deposundan pompa yardımıyla basılmakta olup boruyla deney düzeneğindeki hazneye ulaştırılmaktadır. Pompa, belli bir güçte suyu almaktadır. Hazneye gelen su, kanala verilerek suyun stabil olduğu yerlerde ölçümler alınmaktadır (Şekil 5.1.4).



Şekil 5.1.4 : Deney düzeneğindeki su deposu ve pompanın gösterimi

Deneyleer yapılırken eRemote uygulamasından ayarlanan debiye göre pompanın gücü ayarlanır ve ona göre su deposundan pompa yardımıyla su basılır ve kanalın haznesinde birikerek yavaş yavaş su yükselir. Su yüksekliği kanal tabanıyla aynı hizaya geldikten sonra su kanaldan akmaya başlar (Şekil 5.1.5).



Şekil 5.1.5 : Deney düzeneğindeki haznenin gösterimi

Debi katsayısını hesaplamak amacıyla kanal tabanından itibaren 100 cm'lik ve 50 cm'lik çelik cetveller kullanılarak su yükseklikleri ölçülür. Bu ölçümlerin doğruluğu her defasında mitutoyo marka dijital derinlik ölçer ile de kontrol edilir. Su yüzü ölçümlerinin daha sağlıklı olabilmesi amacıyla kanalın memba tarafında üç noktada ölçümler yapılır ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak ölçümlerin daha güvenli olması sağlanmaktadır. Kanal başından itibaren yatay olarak, 60 cm, 90 cm ve 120 cm mesafede yapılan ölçümlerin ortalaması alınır (Şekil 5.1.6).



Şekil 5.1.6 : Çelik şerit cetvel ile ölçüm alınması

Deney setinin debisi ayarlanırken bilgisayar uygulamasından yararlanılmakta aynı zamanda debimetredeki gösterge, verilen debiyle uyuşmadığı durumda haznenin alt tarafında bulunan vana kısılıp açılarak uygun debinin bulunması için hassas ayar yapılmaktadır. Debimetre olarak dijital debimetre kullanılır. Böylece debi ölçümlerinin güvenli olması sağlanarak deneyin doğru sonuçlar vermesi sağlanır (Şekil 5.1.7 ve Şekil 5.1.8).



Şekil 5.1.7 : Küresel vananın gösterimi



Şekil 5.1.8 : Dijital debimetrenin gösterimi

Kanalda farklı debilerde su yüksekliğinin ölçümü yapılırken memba kısmında üç farklı konumda ölçümler alınarak bu ölçümlerin ortalaması memba yüksekliği olarak belirlenir. Alınan ölçümler Microsoft Office Excell programına girilerek tablo haline getirilir ve gerekli formüller yazılarak birimsiz değişkenlere bağlı olarak grafikler oluşturulur.

Kanaldaki radyal kapağın yarıçapı 62.5 cm'dir. Radyal kapağın iskeleti metal olup dış kısmı 0.5 cm kalınlıkta pleksiglas ile kaplıdır. Radyal kapağın merkezinin yataydaki konumu 173.5 cm'dir. Eşikler, kapak kapandığında eşiğin ortasına gelecek şekilde yerleştirilir. Radyal kapak üstten makara yardımıyla döndürülmektedir. Radyal kapak, makaraya çelik halat yardımıyla bağlanmış olup bu makara da demir çubuklara tutturulmuştur. Böylece çelik halatlı makara bir kol yardımıyla döndürülerek kapak güvenli bir şekilde hareket ettirilebilmekte ve radyal kapağın kanal tabanından ve eşik yüzeyinden itibaren yükseklikleri ayarlanmaktadır (Şekil 5.1.9).



Şekil 5.1.9 : Radyal kapak düzeneğinin gösterimi

5.2 Deneyde Kullanılan Eşikler

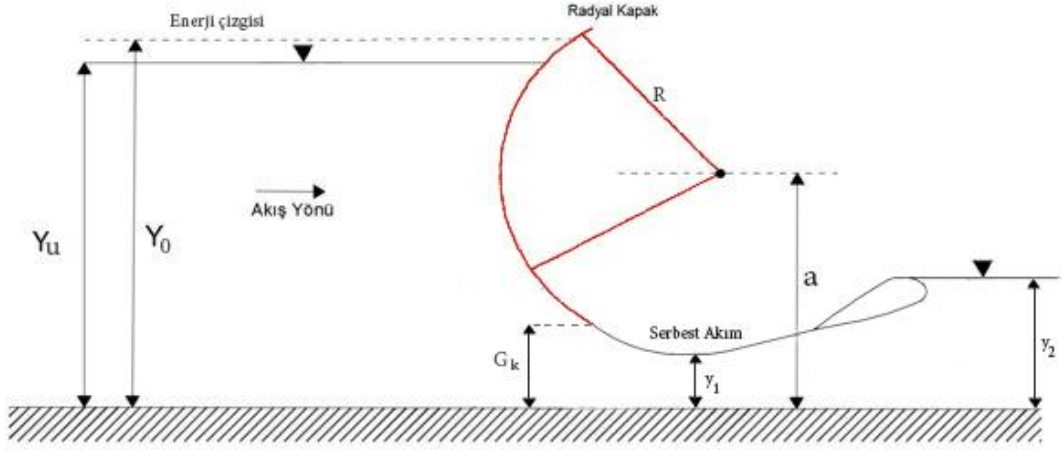
Eşikler 6 farklı geometrik yapıdadır. Eşiklerin çizimleri Autocad programında yapılmaktadır. İki boyutlu çizimler, üç boyutlu çizimlere çevrilmekte ve CNC makinesi yardımıyla çizime ve ölçülere uygun şekilde ahşap malzemeye şekil verilerek imal edilmektedir. Ahşap malzemedan yapılan eşiklere kanal içinde suyun olumsuz etkilerine maruz kalmaması için su bazlı vernik sürülmektedir. Ayrıca uçları tutkalla kaplanarak suyla teması engellenir. Kanalin genişliğine uygun olarak üretilirler.

Eşiklerin genişliği, kanalı tam kapatacak şekilde radyal kapağın altına yerleştirilirler. Kapak kapandığında eşiklerin net yüksekliğine gelecek şekilde yerleştirilerek kapak açıklığının net ölçüde olması sağlanmaktadır. Eşiksiz yapılan deneyde 2.5 cm ve 5 cm şeklinde iki farklı yükseklikten su geçtiği gibi eşğin üst kotu ile kapağın alt kotu arasında 2.5 ve 5 cm net ölçü olacak şekilde su geçirilir. Bu şekilde yapılarak eşiksiz ve eşikli durumlar için aynı deney koşullarının oluşması sağlanır.

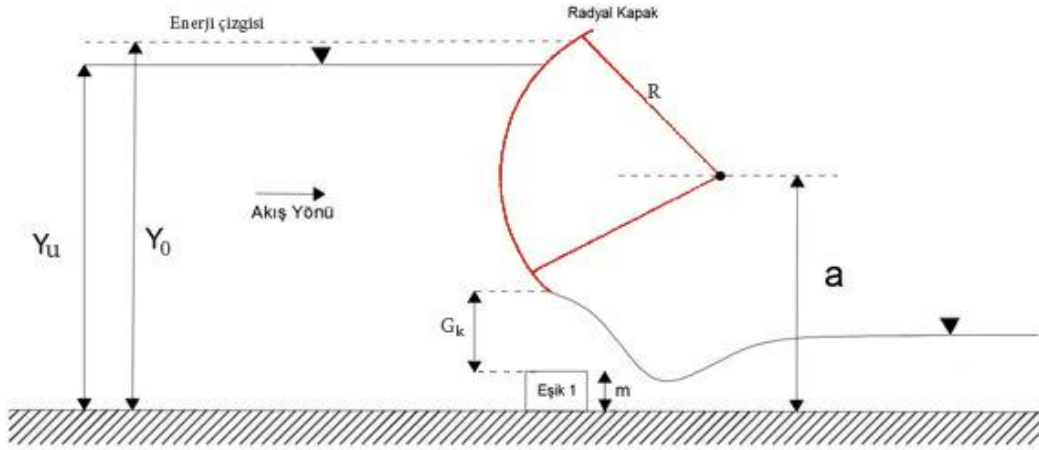
Eşikler, metalden yapılmış olan açık kanal tabanına yerleştirilir. Bu yerleştirme işleminde şeffaf soğuk silikon kullanılmaktadır. Önce eşğin kanal içinde konulacağı yer belirlenmekte ve bu belirlenen yere soğuk silikonla ahşap eşikler yapıştırılmaktadır.

Akım geometrisinin bozulmamasına dikkat edilerek özenle silikonu pahlama işlemi yapılır. Suyun, eşği kanal içinde sürükleyemeyecek duruma gelene kadar belli bir zaman dilimi silikonun kurumması beklenir ve böylece eşik bulunduğu konumda sabit tutularak deney güvenli bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

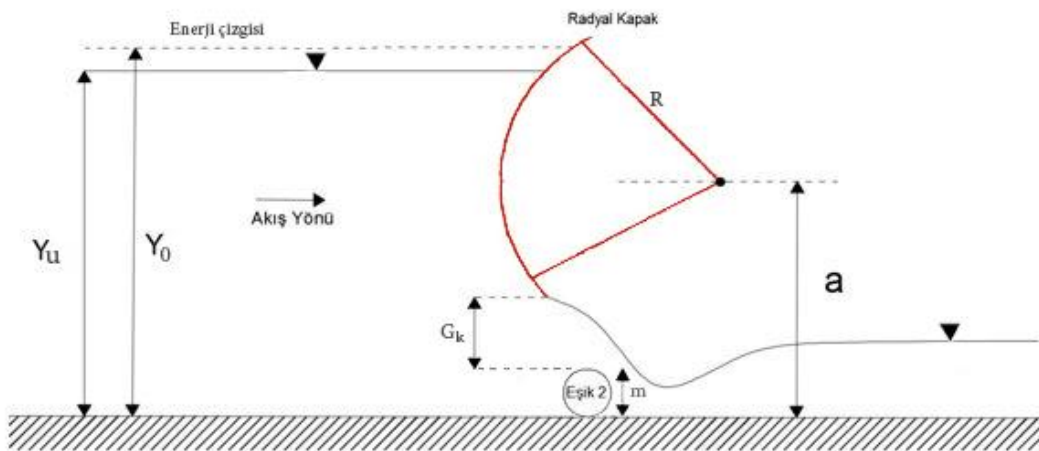
Şekil 5.2.1’de radyal kapaklı açık kanalda yapılan deneyin eşiksiz durum için şematik çizimi verilmektedir. Radyal kapaklı açık kanalda eşikli durumlar için yapılan deneylerden Şekil 5.2.2’de Eşik 1’in ve Şekil 5.2.3’de Eşik 2’nin konumu gösterilmektedir. Eşikler, radyal kapak kapandığında eşğin ortasına gelecek şekilde yerleştirilir. Şekil 5.2.1, Şekil 5.2.2 ve Şekil 5.2.3’e bakıldığında; a, kanalın tabanından radyal kapağın merkezine olan yüksekliktir. G_k , kapak açıklığıdır. m, eşik yüksekliğidir. Y_u , memba kısmındaki su yüksekliğidir. Y_0 , memba kısmındaki enerji yüksekliğidir. R, radyal kapağın yarıçapıdır. y_1 ve y_2 ise mansap su yüksekliğidir. Akış yönü ve enerji çizgisi şekillerde gösterilmektedir. Yapılan deneylerin tamamı serbest akım durumunda uygulanmaktadır.



Şekil 5.2.1 : Eşiksiz durumda deney yapılan radyal kapaklı açık kanalın gösterimi



Şekil 5.2.2 : Radyal kapaklı açık kanal ve eşik konumunun gösterimi (Eşik 1)



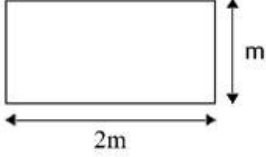

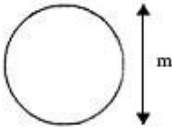

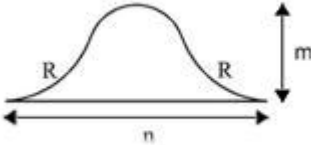

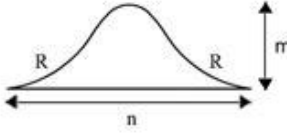

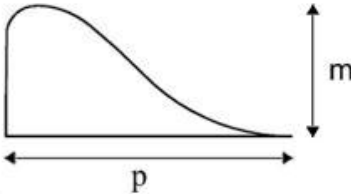

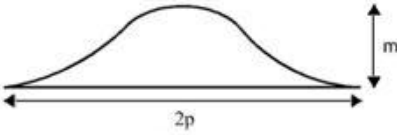

Şekil 5.2.3 : Radyal kapaklı açık kanal ve eşik konumunun gösterimi (Eşik 2)

6 farklı geometride ve 7 farklı yükseklikte olmak üzere toplamda 42 adet ahşap eşik üretilmiştir. Deneyde kullanılan eşiklerin özellikleri şu şekildedir:

- Eşik 1, dikdörtgen şeklinde olup yüksekliği m 'dir. Yüksekliğin uzunluğa oranı 0.5'dir.
- Eşik 2, daire şeklinde olup yüksekliği m 'dir.
- Eşik 3, dairenin memba ve mansap tarafına R yarıçapında etek eğriliği verilerek uzatma ucu eklenmesiyle oluşturulur. Yüksekliği m olup n uzunluğu R yarıçapına göre belirlenir.
- Eşik 4, elipsin memba ve mansap tarafına R yarıçapında etek eğriliği verilerek uzatma ucu eklenmesiyle oluşturulur. Yüksekliği m olup n uzunluğu R yarıçapına göre belirlenir.
- Eşik 5, Creager profiline uygun olarak biçimlendirilmektedir. Yüksekliği m olup uzunluğu eğriliğe uygun olacak şekilde p olarak belirlenmektedir.
- Eşik 6, Creager profiline uygun olarak çizilen iki eşik simetrik olarak birleştirilir. Yüksekliği m olup uzunluğu iki eşiğin birleştirilmesiyle oluştuğu için $2p$ olarak belirlenmektedir.
- Eşik boyutları belirlenirken kapak açıklığı, kanal genişliği, radyal kapağın yarıçapı, açık kanalın yüksekliği dikkate alınarak belirlenir. Çizimler Autocad programında yapılmakta olup CNC makinesinde bu boyutlar ve şekiller dikkate alınarak ahşap malzemedен üretim yapılmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda debi katsayısı yönünden en avantajlı eşik dikkate alınmakta ve buna göre uygun boyutlar belirlenmektedir.

Ahşaptan yapılan eşiklerin çizim modelleri bazılarının görüntüsü isimleriyle beraber Çizelge 5.2.1'de gösterilmektedir. Eşiklerin tamamının boyutları ise Çizelge 5.2.2'de sunulmaktadır. Çizelge 5.2.3'de ise deneyde kullanılan eşiklerin farklı debi değerleri ve farklı eşik yüksekliklerinde açık kanal içindeki görünüşleri ve buna bağlı olarak oluşan akımın hareketinin görüntüsü verilmektedir.

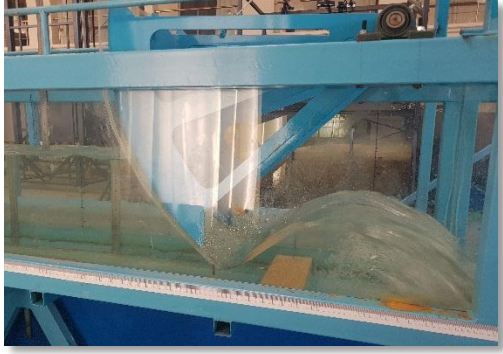


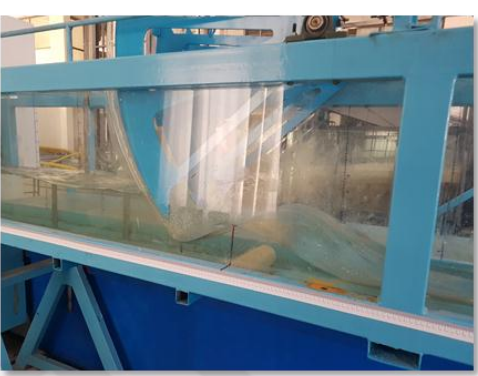
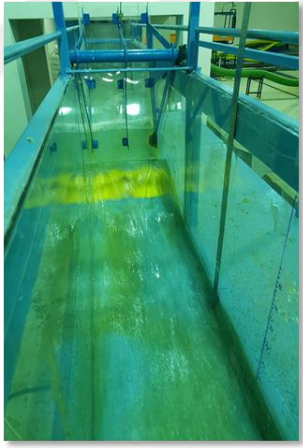
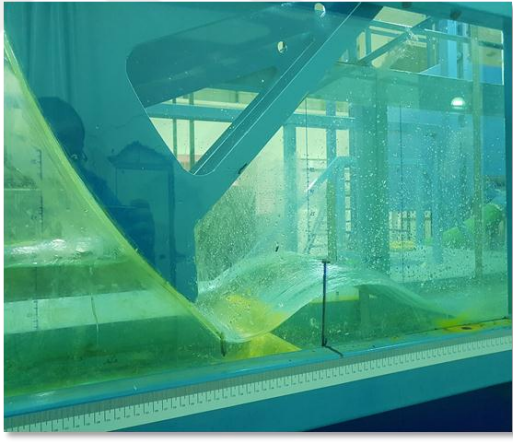

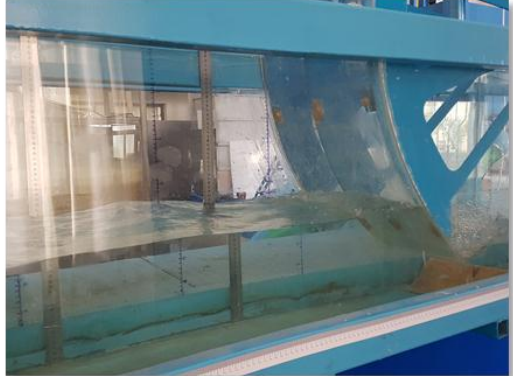
Çizelge 5.2.1 : Deneylerde kullanılan eşikler

Eşik Adı	Eşik Şekli	Eşik Görüntüsü
Eşik 1		
Eşik 2		
Eşik 3		
Eşik 4		
Eşik 5		
Eşik 6		


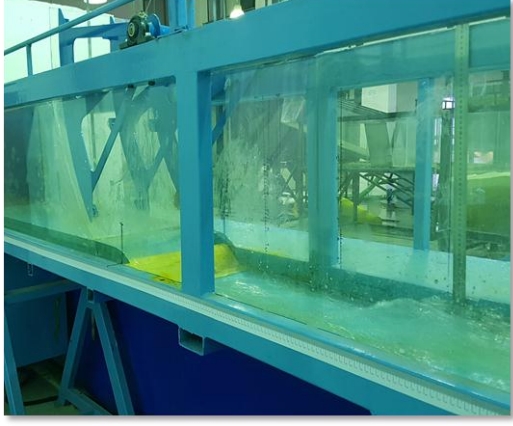
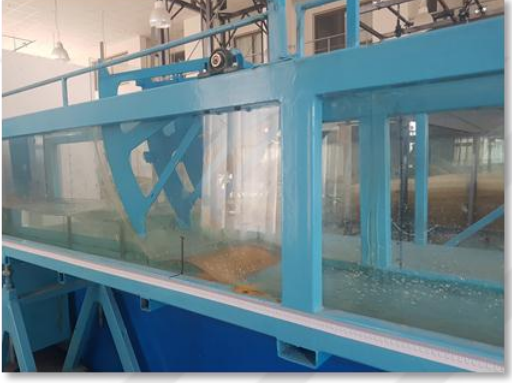

Çizelge 5.2.2 : Kullanılan eşik boyutları

Eşik Adı	Kapak Açıklığı (G _k) (cm)		Boyutlar (cm)		Deney Sayısı
Eşik 1	2.5	5	m=3, 5, 7, 9, 11	m=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	108
Eşik 2	2.5	5	m=3, 5, 7, 9, 11	m=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	108
Eşik 3	2.5	5	m=3, 5, 7, 9, 11	m=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	108
			R=3, 5, 7, 9, 11	R=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	
			n=8.08, 13.46, 18.85, 24.24, 29.63	n=8.08, 13.46, 18.85, 24.24, 29.63, 35, 40.4	
Eşik 4	2.5	5	m=3, 5, 7, 9, 11	m=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	108
			R=4.2, 7, 9.8, 12.6, 15.4	R=4.2, 7, 9.8, 12.6, 15.4, 18.2, 21	
			n=8.66, 14.44, 20.22, 25.98, 31.75	n=8.66, 14.44, 20.22, 25.98, 31.75, 37.53, 43.3	
Eşik 5	2.5	5	m=3, 5, 7, 9, 11	m=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	108
			p=6.6, 11, 15.4, 19.81, 24.21	p=6.6, 11, 15.4, 19.81, 24.21, 28.61, 33	
Eşik 6	2.5	5	m=3, 5, 7, 9, 11	m=3, 5, 7, 9, 11, 13, 15	108
			p=6.6, 11, 15.4, 19.81, 24.21	p=6.6, 11, 15.4, 19.81, 24.21, 28.61, 33	

Çizelge 5.2.3 : Eşiklerin açık kanaldaki görünümü

Eşik 1		
Eşik 2		
Eşik 3		
Eşik 4		

Çizelge 5.2.3 (devam) : Eşiklerin açık kanaldaki görünümü

Eşik 5		
Eşik 6		

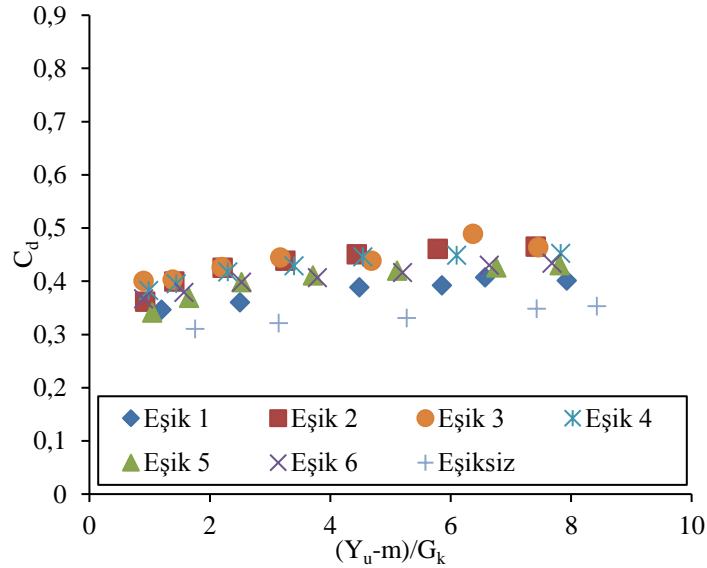
6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1 Kapak Açıklıklarına Göre Eşiklerin Debi Katsayısının Karşılaştırılması

Mevcut çalışmada elde edilen verilere göre grafikler oluşturulmaktadır. Grafik oluştururken debi katsayısı ile boyutsuz parametreler karşılaştırılmaktadır. Bu durumda debi katsayısı belli bir değere kadar artmaya devam etmekte pik değere ulaştıktan sonra azalmaya başlamaktadır. Debi katsayısı (C_d), boyutsuz bir değer olarak $(Y_u-m)/G_k$ boyutsuz değeriyle kıyaslama yapılmakta ve gerekli değerlendirmeler yapılmaktadır.

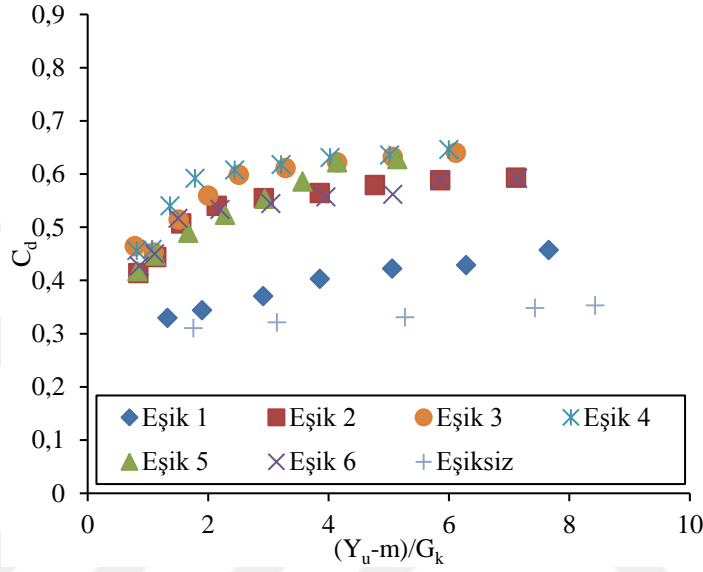
6.1.1 Kapak açıklığının 2.5 cm olması durumu

Şekil 6.1.1'de m' değerinin 1.2 olduğu durum için değerlendirme yapıldığında Eşik 3'ün diğer eşiklere göre debi katsayısı yönünden daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Eşiksiz durumda C_d değeri en azdır ve grafik boyunca da diğer eşiklere göre kötü bir performans sergilemektedir. Eşik 1, diğer eşiklere göre C_d değeri bakımından düşük durumdadır. Eşik 2, bazı C_d değerleri yönüyle Eşik 3'e göre daha iyi durumdadır. Eşik 3'ün ucuna eklenen uzatmanın akım çizgilerini etkilediği ve bu durumun C_d 'nin artmasında etkili olduğu söylenebilir.



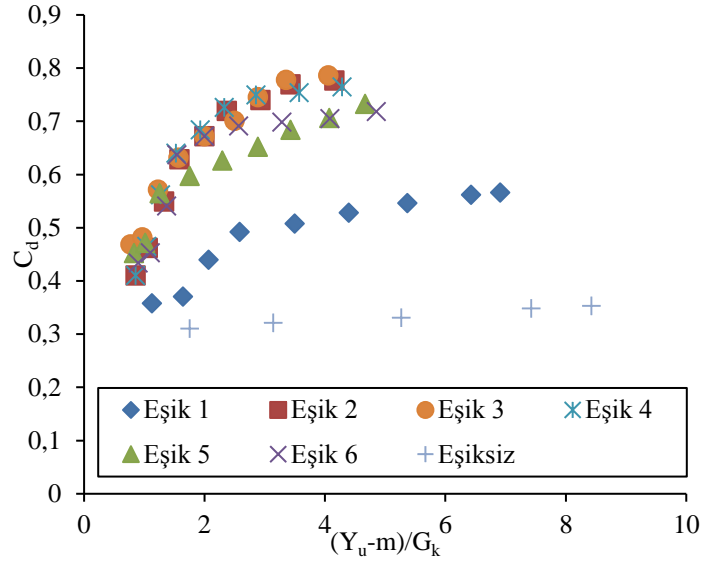
Şekil 6.1.1 : m' değerinin 1.2 olduğu durum

Şekil 6.1.2’de m' değerinin 2 olduğu durum için inceleme yapıldığında C_d değeri bakımından Eşik 4’ün en iyi durumda olduğu ve onu, Eşik 3’ün takip ettiği görülmektedir. Eşiklerin tamamına bakıldığında debi katsayılarının aynı oranda artmadığı görülmektedir. Eşiksiz durumun C_d performansına en yakın olan eşğin, Eşik 1 olduğu tespit edilmektedir. Eşik yüksekliğinin artmasıyla eşiksiz durumla olan C_d değeri farkı artmaktadır. Debi değeri arttıkça eğrisel şekilli eşiklerin, köşeli şekilli eşik ve eşiksiz durum ile arasındaki C_d farkları artmaktadır.

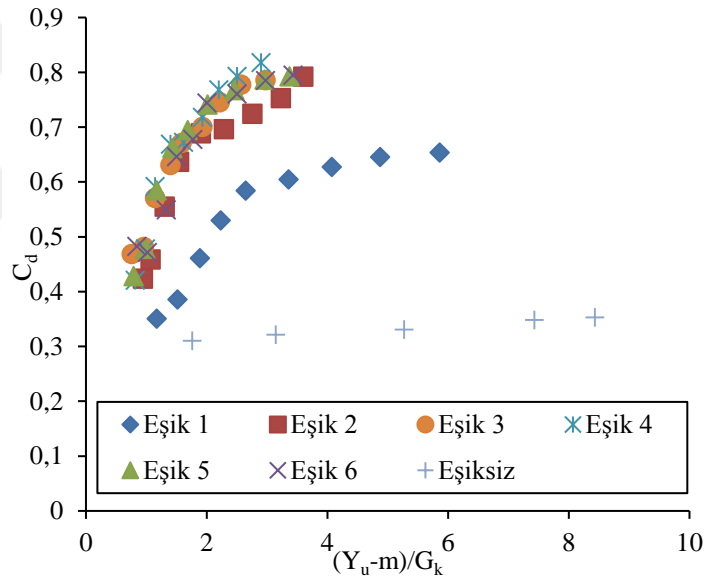


Şekil 6.1.2 : m' değerinin 2 olduğu durum

Şekil 6.1.3 ve Şekil 6.1.4 incelendiğinde m' değerinin 2.8 olduğu durum için Eşik 2, $(Y_u-m)/G_k$ 'nin 2 ile 8 arasında olduğu değerlerde debi katsayısındaki artışın azaldığı daha yatay bir artış olduğu tespit edilmekte olup genel olarak Eşik 3 en iyi durumdadır. Tüm eşiklerde önce dikey bir artış varken zamanla artışın azalarak daha yatay bir hal aldığı görülmektedir. m' değerinin 3.6 olduğu durumda bir önceki grafiğe göre debi katsayısında daha dikey bir artış olduğu görülmektedir. $(Y_u-m)/G_k$ 'nin yaklaşık 3 olduğu değere kadar C_d 'nin arttığı daha sonra artış miktarının azalarak grafiğin daha yatay bir hal aldığı tespit edilmektedir.

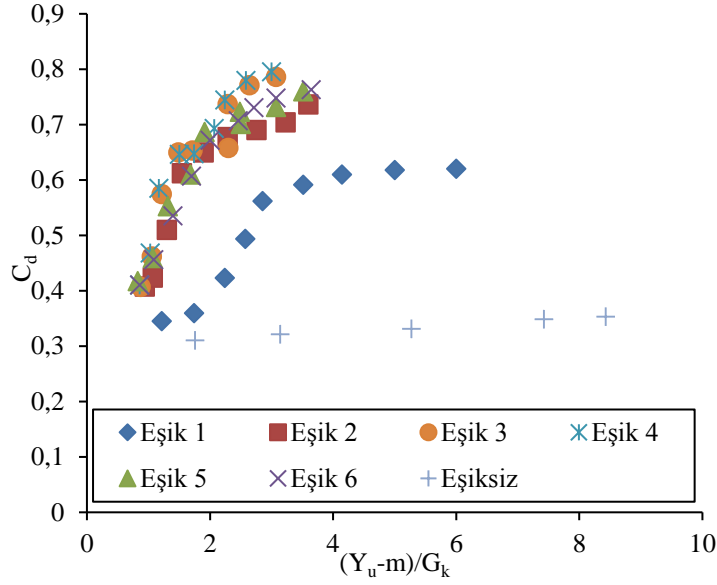


Şekil 6.1.3 : m' değerinin 2.8 olduğu durum



Şekil 6.1.4 : m' değerinin 3.6 olduğu durum

Şekil 6.1.5'de m' değerinin 4.4 olduğu durumda en yüksek debi katsayısı değeri tespit edilirken en iyi sonucu Eşik 4'ün verdiği görülmektedir. Önceki durumlara göre grafiğin eğiminin arttığı tespit edilmiş olup düzensiz bir artış söz konusudur. Eşik 3'ün Eşik 4'e göre kısmen daha kötü performans göstermesinde eşikğin üst kısmının daha yayvan olmasının etkisinin olduğu söylenebilir. Önceki grafiklerle kıyaslama yapıldığında kısmen daha düzensiz bir artış olduğu tespit edilmektedir.

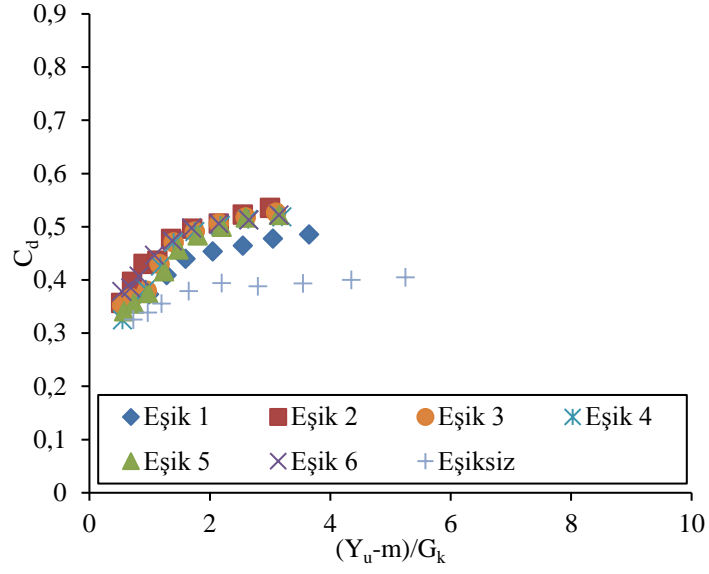


Şekil 6.1.5 : m' değerinin 4.4 olduğu durum

İncelenen grafiklerde C_d açısından genel bir kıyaslama yapıldığı zaman m' değerinin 1.2 olduğu durumda en iyi performans gösteren eşiklerin Eşik 3, daha sonra Eşik 2 olduğu görülmektedir. m' değerinin 2 olduğu durumda C_d bakımından en iyi performans gösteren eşik, Eşik 4 olduğu ve onu, Eşik 3'ün takip ettiği tespit edilmektedir. m' değerinin 2.8 olduğu durumda debi katsayısı performansında sıralamanın sırasıyla Eşik 3, Eşik 2 ve Eşik 4 olduğu görülmektedir. m' değerinin 3.6 olduğu durumda ise sırasıyla Eşik 4, Eşik 3 ve Eşik 5'in iyi durumda olduğu görülmektedir. m' değerinin 4.4 olduğu durumda Eşik 4 ve Eşik 3'ün iyi durumda olduğu görülmekte olup önceki grafiklere göre bu grafikte daha düzensiz bir C_d artışı olduğu tespit edilmektedir. Eşik 1, tüm grafiklerde C_d bakımından eşiksiz duruma göre daha iyi, diğer tüm eşiklere göre kötü durumdadır.

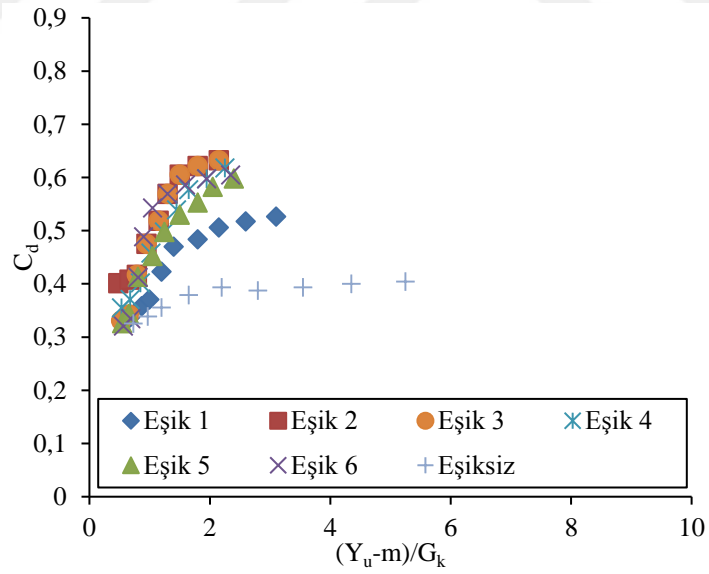
6.1.2 Kapak açıklığının 5 cm olması durumu

Bundan önceki bölümde kapak açıklığı 2.5 cm idi. Bu bölümde, radyal kapak açıklığının 5 cm olduğu durum için çalışma yapılmaktadır. Bir önceki bölümde olduğu gibi bu bölümde de boyutsuz parametreler arasında kıyaslama yapılmaktadır. Şekil 6.1.6'da m' değerinin 0.6 olduğu durumda C_d için en iyi performansı Eşik 2 gösterirken en kötü performansı eşiksiz durum göstermektedir. Eşik 6, C_d sıralamasında ikinci sıradadır. Eşiklerin C_d değerleri birbirine yakındır.



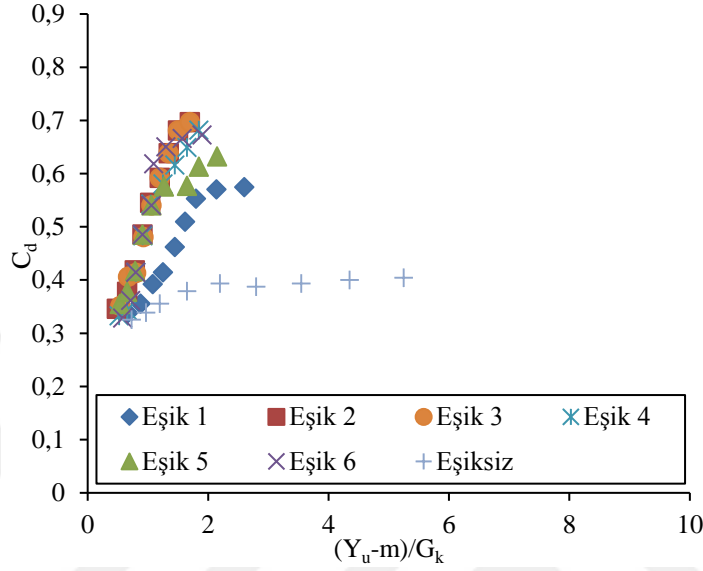
Şekil 6.1.6 : m' değerinin 0.6 olduğu durum

Şekil 6.1.7’de Eşik 2 ve Eşik 3, m' değerinin 1 olduğu zaman C_d değerleri birbiriyle genelde aynıdır ve en iyidir. Eşikli durum ile eşiksiz durum arasındaki debi katsayısı farkı bir önceki duruma göre zamanla artmaktadır. Eşiklerde kısmen doğrusal kısmen doğrusal olmayan bir artış görülmektedir. Debi katsayısı değerleri önce dikey şekilde artmakta olup daha sonra artış miktarı azalarak grafik daha yatay bir hal almaktadır.



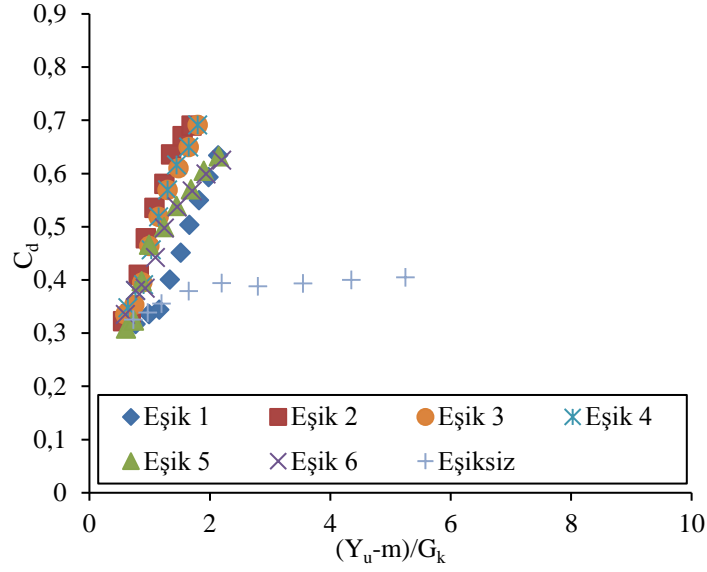
Şekil 6.1.7 : m' değerinin 1 olduğu durum

Şekil 6.1.8’de bütün eşiklerin C_d değeri, m' değerinin 1 olduğu duruma göre artmaya devam etmektedir. Daha önceki grafiklere göre daha dikey bir artış olduğu görülmektedir. Grafiklerin dikey şekilde olmasının nedeni olarak $(Y_u-m)/G_k$ değerlerinin küçük olması gösterilebilir. C_d yönünden en iyi eşiğin Eşik 2 ve Eşik 3 olduğu görülmektedir. Bunları performans yönünden Eşik 6 takip etmektedir.

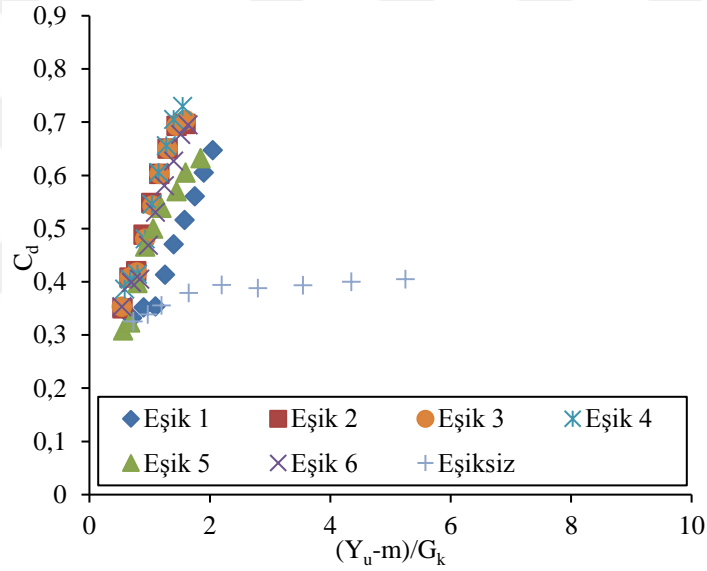


Şekil 6.1.8 : m' değerinin 1.4 olduğu durum

Şekil 6.1.9 ve Şekil 6.1.10'a bakılarak değerlendirme yapıldığında m' değerinin 1.8 olduğu durumda Eşik 2'nin debi katsayısı performansı bakımından birinci sırada olduğu görülürken m' değerinin 2.2 olduğu durumda en iyi debi katsayısı performansının Eşik 3'de olduğu görülmektedir. Yuvarlak şekilli eşiklerin genel olarak birbirine yakın olduğu köşeli şekilli eşiğin ise her zaman C_d bakımından yuvarlak şekilli eşiklere göre geride kaldığı tespit edilmektedir. Bu durumun etkili olmasında akım çizgileri önem kazanmaktadır. Eşikli durumdaki debi katsayısı artışları genellikle doğrusaldır. Eşik şekli faktörünün bu grafiklerde önemli olduğu görülmektedir. Grafikler, bir önceki grafiklere göre daha dikey bir artışa sahiptir. Akım çizgileri, yuvarlak şekilli eşiklerde daha az rahatsız olur ve daha düzenlidir. Bu durum C_d 'nin yuvarlak şekilli eşiklerde daha yüksek değerde olmasını sağlar.

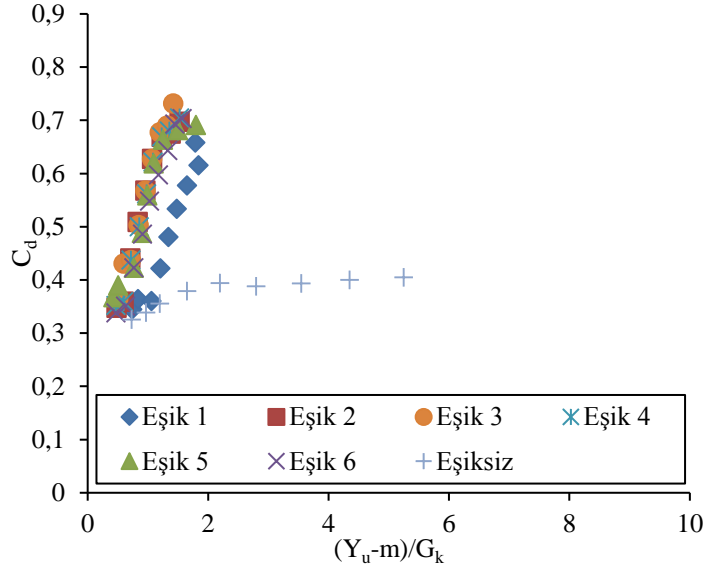


Şekil 6.1.9 : m' değerinin 1.8 olduğu durum

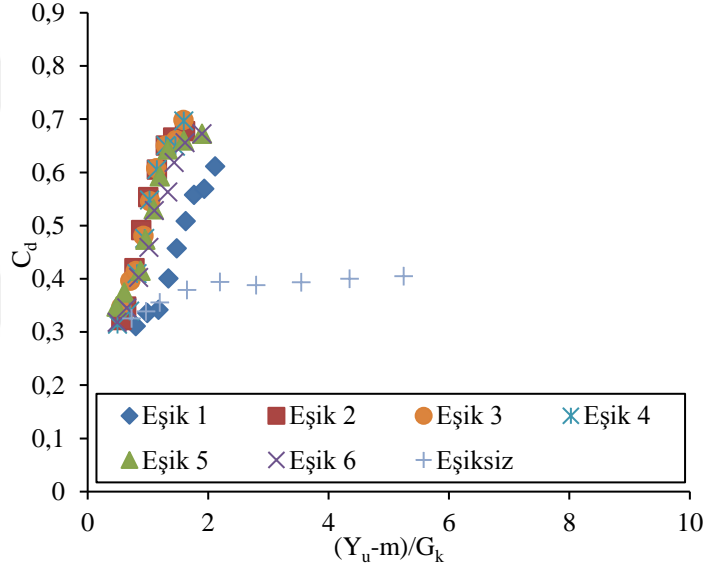


Şekil 6.1.10 : m' değerinin 2.2 olduğu durum

Şekil 6.1.11 ve 6.1.12 grafikleri üzerinde inceleme yapıldığında, C_d bakımından en iyi olarak Eşik 2 ve Eşik 3 gösterilebilir. Bunları Eşik 4 ve Eşik 5 takip etmektedir. Bu grafiklerin geneline bakıldığı zaman dikkat edilecek diğer bir durum da debi faktörüdür. Genelde debinin artmasıyla birlikte belli bir eşik noktasına kadar debi katsayısının da arttığı tespit edilmektedir. Ayrıca m' değeri arttıkça eşiğin debi katsayısı üzerindeki etkisinin arttığı tespit edilir. Grafiklerden görüldüğü üzere köşeli şekilli eşikler, C_d değeri yönünden yuvarlak şekilli eşiklere göre dezavantajlıdır. Köşeli şekilli eşiklerde akım çizgileri rahatsız olur ve bunun sonucu olarak türbülanslı akım oluşarak enerji kaybının artmasına neden olur. Bu durum, C_d değerinin daha az olmasına sebep olur.



Şekil 6.1.11 : m' değerinin 2.6 olduğu durum



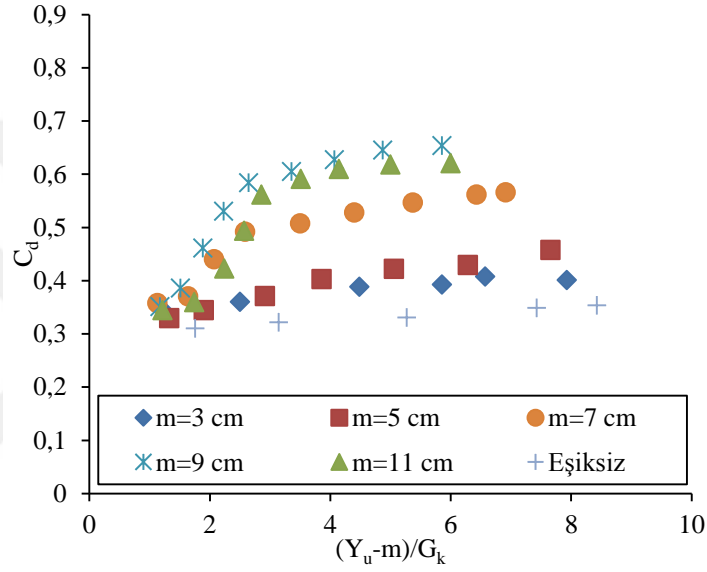
Şekil 6.1.12 : m' değerinin 3 olduğu durum

Kapak açıklığının 5 cm olduğu durum için genel bir değerlendirme yapıldığında C_d değeri bakımından Eşik 3 ve Eşik 2'nin birbirine yakın olduğu ve en iyi durumda olduğu tespit edilmektedir. Eşikli durumun eşiksiz duruma göre daha dikey bir artışa sahip olduğu, ve eşiksiz durumun debi katsayısı performansı bakımından en kötü durumda olduğu görülmektedir. Eşik 1 ise eşikler arasında en kötü performansa sahiptir. Bu durumda yuvarlak şekilli eşiklerin köşeli şekilli eşiklere göre C_d bakımından daha iyi durumda olduğu tespit edilmektedir. Kapak açıklıkları arasında değerlendirme yapıldığında $G_k=5$ cm için çizilen grafiklerde $G_k=2.5$ cm için çizilen grafiklere göre daha dikey ve doğrusal bir artışın görüldüğü söylenebilir. Kapak açıklığının artması akımı daha az rahatsız eder. Bu durum C_d değerini genel olarak olumlu yönde etkilemektedir.

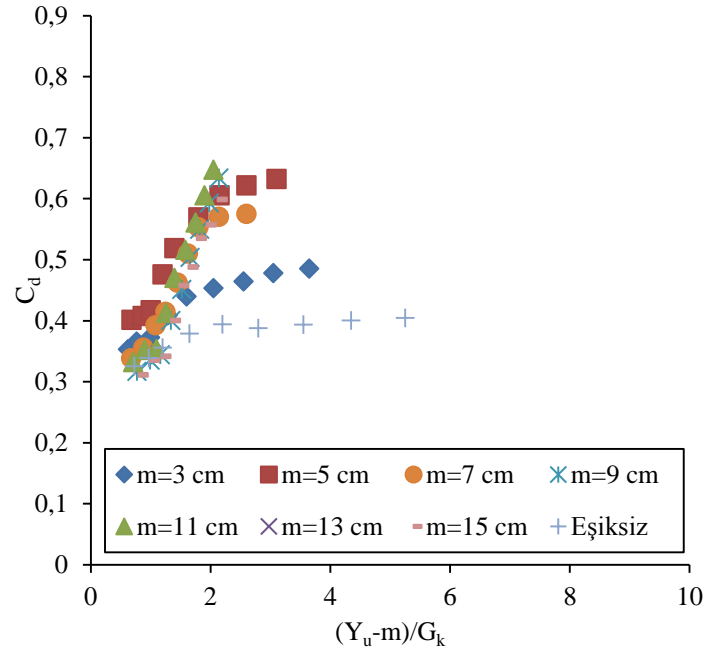
6.2 Eşiklerin Yüksekliklerine Göre Debi Katsayısının Karşılaştırılması

6.2.1 Eşik 1

Eşik 1, dikdörtgen şeklinde olup uzunluğuyla yüksekliği arasındaki oran 2'dir. Bu eşik tipi için C_d 'yi en yüksek yapan değere $G_k=2.5$ cm için $m=9$ cm den sonra, $G_k=5$ cm değerinde $m=11$ cm olduğu değerden sonra ulaşıldığı görülür. Eşik 1, tüm yükseklik değerlerinde, eşiksiz duruma göre C_d değeri bakımından daha avantajlıdır. Kapak açıklığının 5 cm olduğu şekil için ise eşik yüksekliğinin 13 cm olduğu değerden sonra C_d , pik değere ulaşır. C_d değeri, $m=15$ cm olmasıyla bir önceki değere göre azalır (Şekil 6.2.1 ve Şekil 6.2.2).



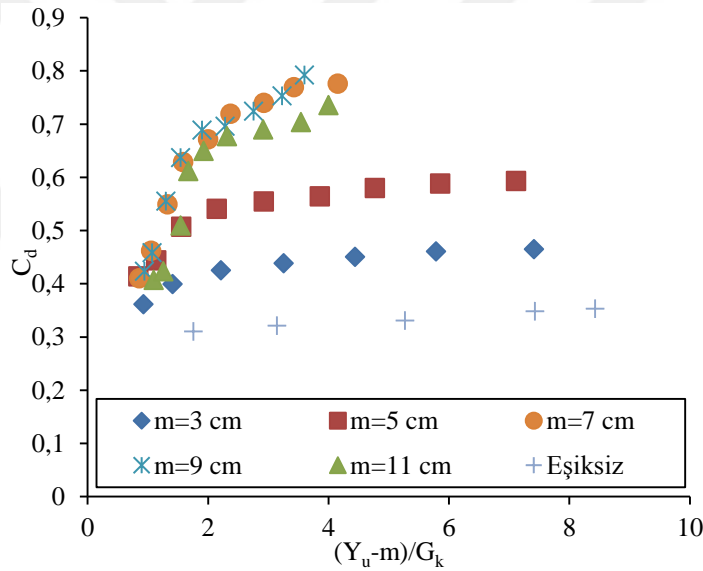
Şekil 6.2.1 : Eşik 1 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm



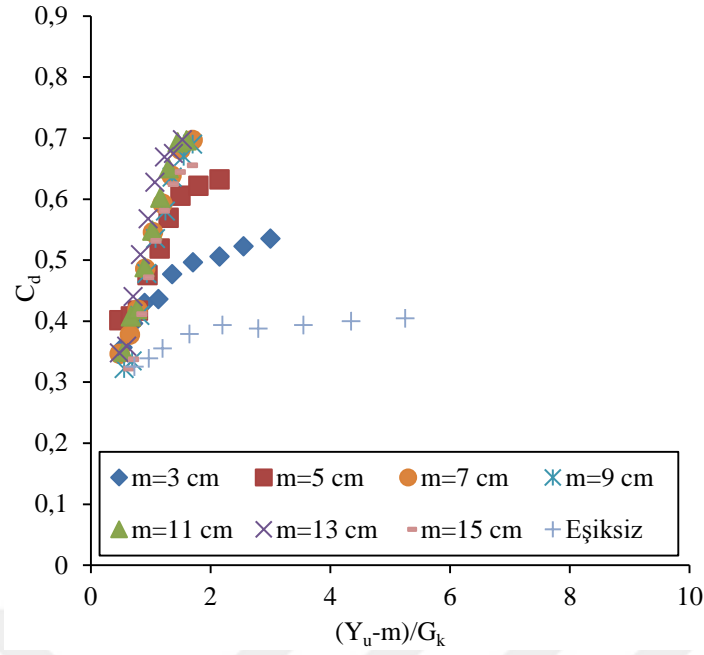
Şekil 6.2.2 : Eşik 1 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm

6.2.2 Eşik 2

Eşik 2, daire şeklindedir. 5 farklı çapta daire eşikler, iki farklı kapak açıklığı için ayrı ayrı incelenmektedir. Bu grafiklere bakıldığı zaman C_d , en iyi performansı kapak açıklığının $G_k=2.5$ cm olduğu durum için $m=9$ cm yüksekliğindeki eşğin sağladığı görülmektedir. Eşik yüksekliğinin 9 cm olduğu değerden sonrası için debi katsayısının pik değerde olduğu tespit edilmektedir. 11 cm yükseklik için daire eşğin debi katsayısının değerinde $m=9$ cm olduğu değere göre azalma tespit edilmektedir. Eşik yüksekliğinin 7, 9, 11 cm olduğu durumlar için debi katsayısında, eşğin diğer durumdaki yüksekliklerine göre daha dikey ve doğrusal bir artış görülmektedir. Kapak açıklığının 5 cm olduğu durum için inceleme yapıldığında, 13 cm eşik yüksekliği değerinden sonra debi katsayısının pik değerde olduğu görülmektedir. Eşik yüksekliğinin 15 cm olduğu değerinde yüksekliğin 13 cm olduğu duruma göre debi katsayısı değerinde önceki yükseklik durumuna göre azalma olduğu tespit edilmektedir (Şekil 6.2.3 ve Şekil 6.2.4).



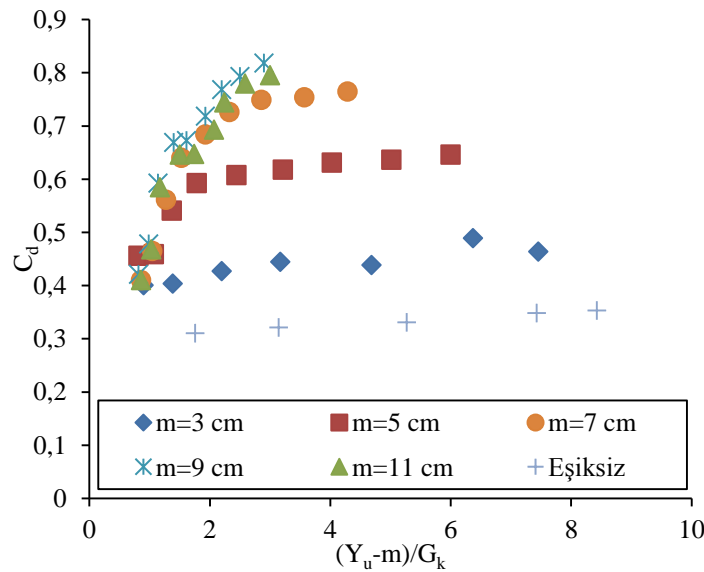
Şekil 6.2.3 : Eşik 2 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm



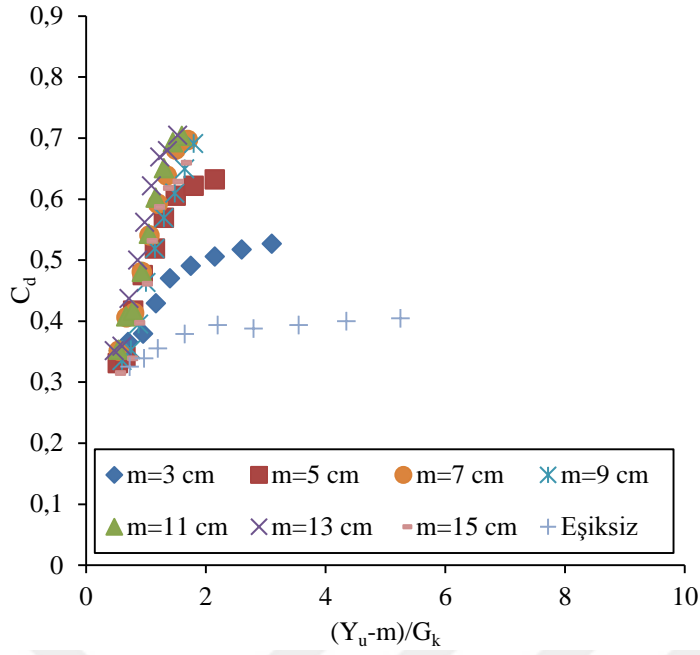
Şekil 6.2.4 : Eşik 2 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm

6.2.3 Eşik 3

Özel daire şeklinde olup dairenin her iki tarafına R yarıçapında etek eğriliği verilerek uzatma ucu eklenmiştir. Eşik yüksekliğinin pik değeri, kapak açıklığının 2.5 cm olduğu durumda $m=9$ cm, kapak açıklığının 5 cm olduğu durumda $m=13$ cm olduğu görülür. Farklı kapak açıklıkları ve $m=9$ cm eşik yükseklikleri için C_d değeri üzerinde karşılaştırma yapıldığında kapak açıklığının 5 cm olduğu durumda kapak açıklığının 2.5 cm olduğu duruma göre genelde daha yüksek olduğu tespit edilmektedir. Kapak açıklığı fazlayken akım çizgileri daha az rahatsız olur (Şekil 6.2.5 ve Şekil 6.2.6).



Şekil 6.2.5 : Eşik 3 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm

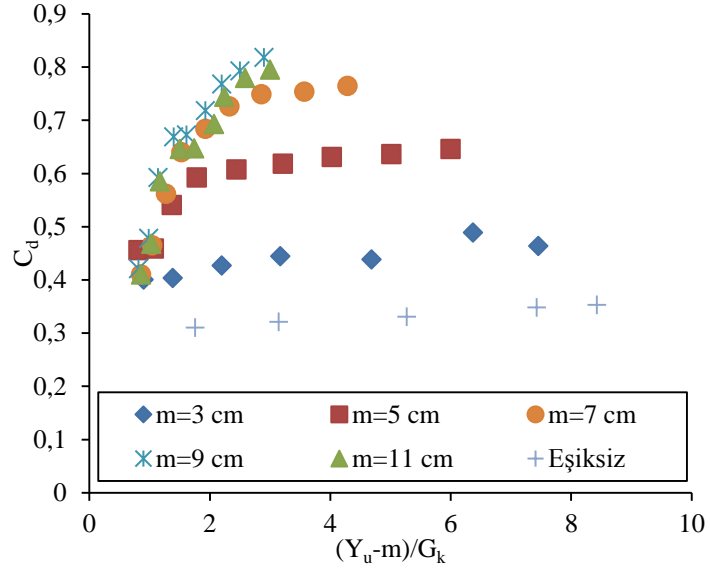


Şekil 6.2.6 : Eşik 3 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm

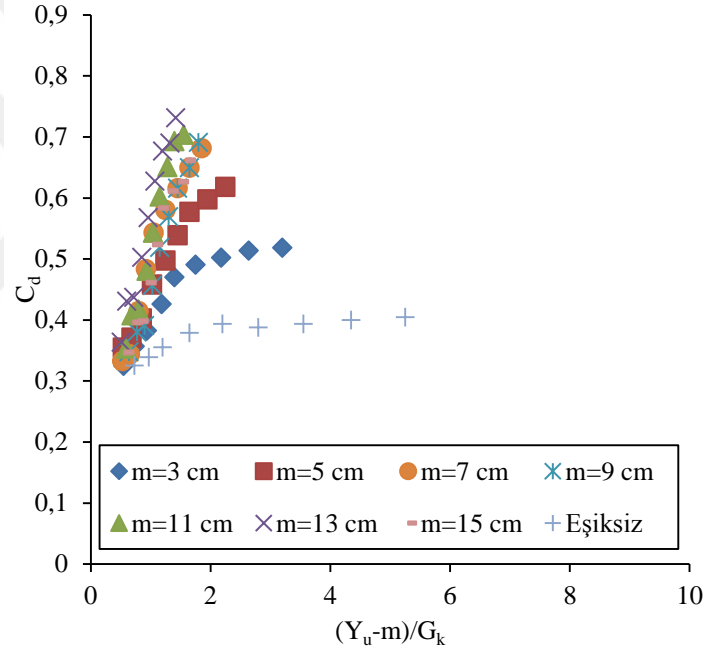
6.2.4 Eşik 4

Özel elips şeklindedir. Elipsin her iki kenarına R yarıçapında etek eğriliği verilerek uzatma ucu eklenmesiyle oluşturulur. 5 cm kapak açıklığında C_d değerleri, 2.5 cm kapak açıklığındaki C_d değerlerine göre daha düşüktür. Farklı kapak açıklıklarında aynı yükseklikler arasındaki debi katsayısı değerleri arasındaki fark incelendiğinde kapak açıklığının 2.5 cm olduğu değerdeki debi katsayısı farkının kapak açıklığının 5 cm olduğu durumdaki debi katsayısı farkı değerine göre daha fazla olduğu görülür.

Örneğin $m=9$ cm olduğu değer için 2.5 cm kapak açıklığında en büyük ve en küçük debi katsayısı arasındaki fark yaklaşık 0.4'tür. Aynı durum 5 cm kapak açıklığı için incelendiğinde debi katsayıları arasındaki farkın 0,4 değerinden daha az olduğu tespit edilmektedir (Şekil 6.2.7 ve Şekil 6.2.8).



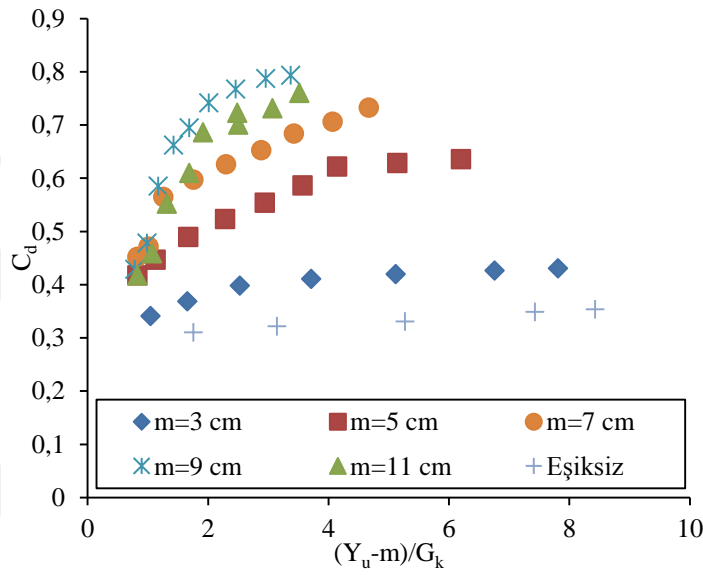
Şekil 6.2.7 : Eşik 4 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm



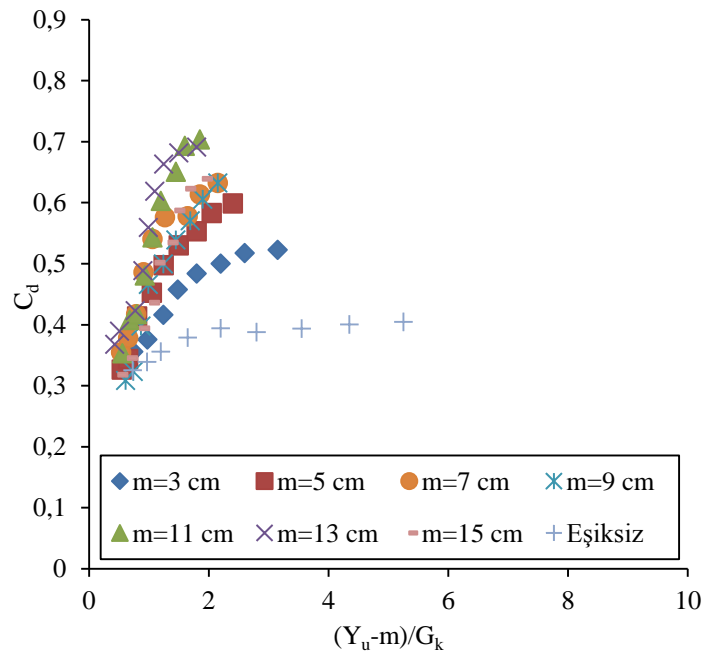
Şekil 6.2.8 : Eşik 4 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm

6.2.5 Eşik 5

Craeger profilli bağlama şeklindedir. Kapak açıklığının 2.5 cm olduğu durumda eşik yükseklik değerinin diğer eşiklerde olduğu gibi $m=9$ cm den sonra olduğu $m=11$ cm itibariyle C_d değeri daha düşük bir değerde olduğu görülür ve bundan sonraki eşik yükseklikleri değeri için de debi katsayısı değerinin azalmaya devam edeceği öngörülür. Kapak açıklığı değerine göre kıyaslama yapıldığında, Eşik 5'in $m=3$ cm olduğu durumdaki debi katsayısı değeri, kapak açıklığının 5 cm olduğu durumda daha iyi performans sergilediği tespit edilir (Şekil 6.2.9 ve Şekil 6.2.10).



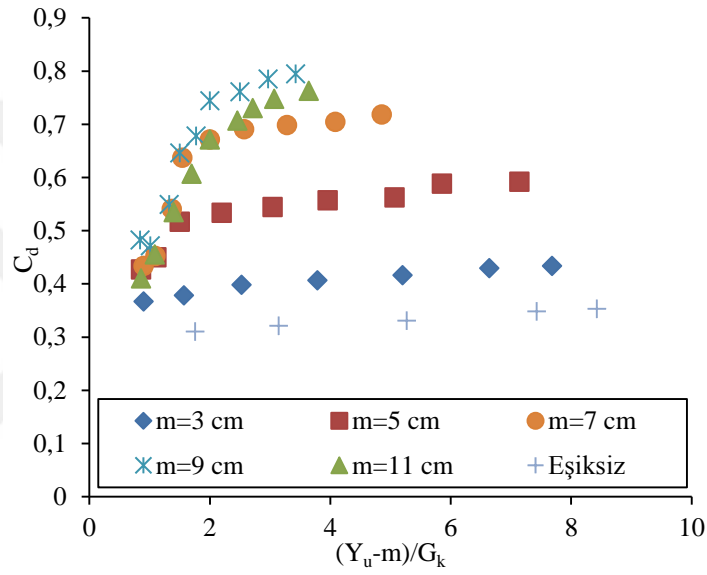
Şekil 6.2.9 : Eşik 5 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm



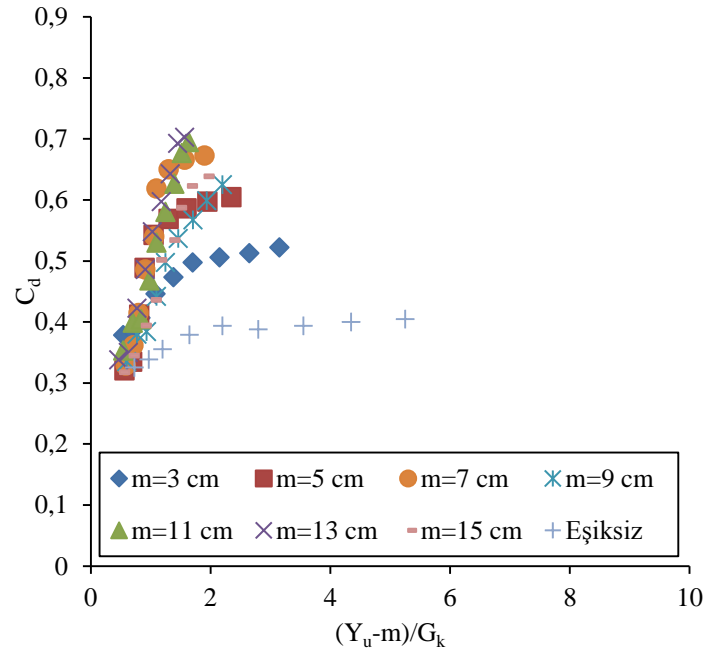
Şekil 6.2.10 : Eşik 5 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm

6.2.6 Eşik 6

Creager profilli iki bağlamanın simetrik şekilde birleştirilmesiyle oluşturulur. Eşik 6, Eşik 5'in simetrik şekilde birleştirilmesiyle meydana gelir. Eşik 5'de bulunan dikey bağlama sırtının Eşik 6'da olmaması ve Eşik 6'da eğimli pahlı bir yüzeyin olması akışkanın hareketine ve akım çizgilerine etki edeceği daha düzenli bir akım oluşarak enerji kaybını azaltacağı öngörülür. Bu durumun, debi katsayısı üzerinde olumlu bir etki yapacağı tespit edilmektedir. Kapak açıklıkları arasında C_d grafikleri karşılaştırıldığı zaman, 2.5 cm kapak açıklığında 5 cm kapak açıklığına göre daha düzenli bir artış olduğu tespit edilir (Şekil 6.2.11 ve Şekil 6.2.12).



Şekil 6.2.11 : Eşik 6 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=2.5$ cm



Şekil 6.2.12 : Eşik 6 için debi katsayısının incelenmesi, $G_k=5$ cm

Radyal kapak açıklıkları dikkate alınarak değerlendirme yapıldığı zaman eşiksiz durumda, $G_k=5$ cm değerlerindeki debi katsayısı değerlerinin $G_k=2.5$ cm'deki debi katsayısı değerlerine göre daha yüksek olduğu görülür. Ayrıca eşikli durumlar kendi arasında değerlendirildiğinde 5 cm kapak açıklığındaki debi katsayısı değerleri 2.5 cm kapak açıklığındaki grafiklere göre daha dikey ve düzensiz bir artış sergilediği tespit edilmektedir.

6.3 Mevcut Çalışma ile Önceki Çalışmaların Karşılaştırılması

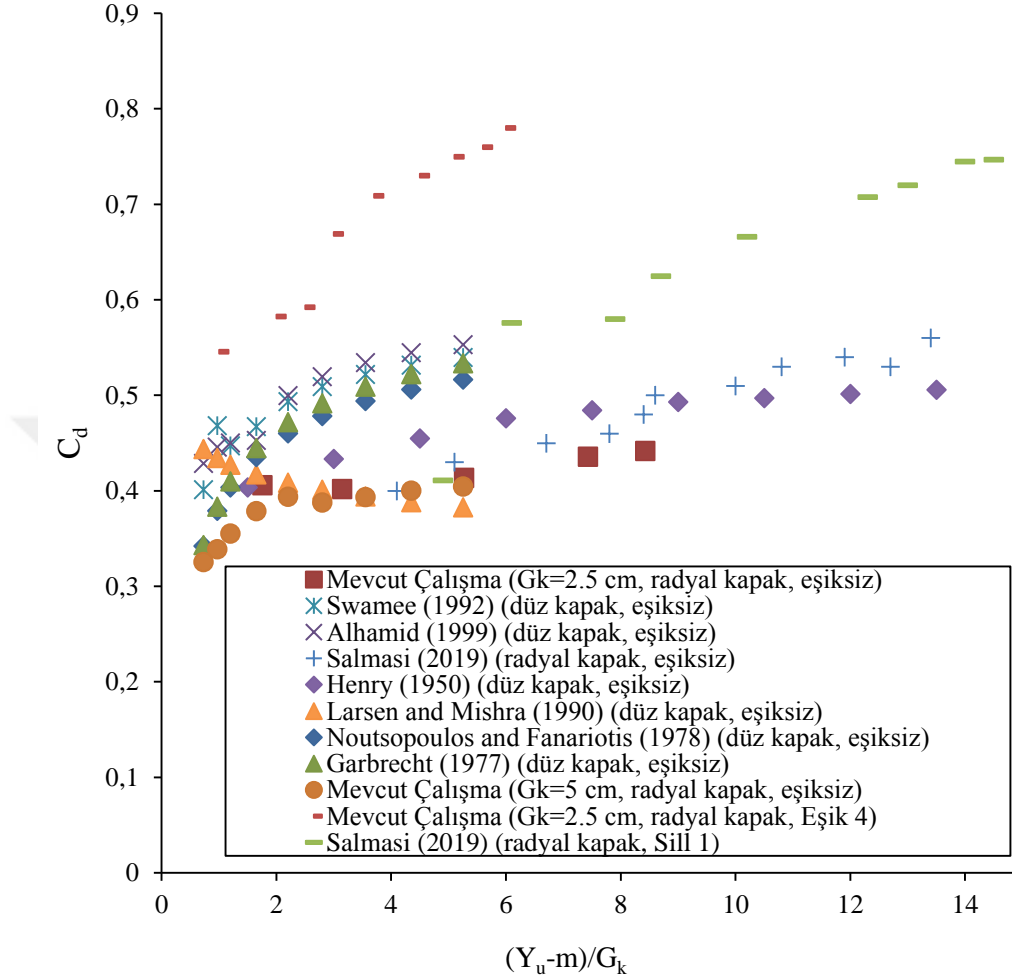
Şekil 6.3.1'de literatür ile mevcut çalışma incelenmektedir. Literatüre genel olarak bakıldığında, serbest akım koşullarında kapak altındaki eşik varlığının her zaman eşiksiz duruma göre debi katsayısını arttırma yönünden daha avantajlı olduğu görülür. Eşikler arasındaki kıyaslamada ise trapez şekilli eşiklerin köşeli şekilli eşiklere göre debi katsayısı bakımından daha iyi durumda olduğu göze çarpmaktadır.

Önceki yapılan çalışmalara bakıldığında Henry (1950), düz kapakla eşiksiz olarak serbest akımda çalışma yapmıştır. Salmasi (2019), hem eşiksiz hem de eşik kullanarak serbest akımda çalışma yapmıştır. Swamee (1992), Alhamid (1999), Larsen and Mishra (1990), Garbrecht (1977), Noutsopoulos and Fanariotis (1978) düz kapaklı açık kanalda eşiksiz olarak debi katsayısı ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Tüm çalışmalar ve mevcut çalışma Şekil 6.3.1 üzerinde gösterilmektedir.

Bu grafiğe bakıldığında eşiksiz durumdaki debi katsayısı değerlerinin genelde birbirine yakın olduğu görülmektedir. Eşiksiz durumdaki debi katsayısının eşikli duruma göre daha yatay bir şekilde arttığı tespit edilmektedir. Larsen and Mishra (1990), debi katsayısı grafiğinde diğer grafiklerin tersi yönünde azalma gösterdiği görülür. Bunun dışındaki çalışmalarda debi katsayısı değerinin arttığı görülmektedir. Eşikli durumun her zaman eşiksiz duruma göre debi katsayısı yönünden avantajlı olduğu görülmektedir.

Eşikli durum kendi arasında karşılaştırıldığında ise Salmasi (2019) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları kendi içinde kıyaslandığında debi katsayısı yönünden en iyi durumda olan eşğin, Sill 1 yani dairesel eşik olarak tespit edildiği görülür. Mevcut çalışmanın sonuçları kendi arasında değerlendirildiğinde ise en iyi eşiklerin Eşik 3 ve Eşik 4 yani R yarıçapında etek eğriliği verilerek uçlarına uzatma eklenen daire ve etek eğriliği verilerek uçlarına uzatma eklenen elips olduğu tespit edilir.

Salmasi (2019) ve mevcut yapılan çalışma kıyaslandığında, Eşik 4 'ün Sill 1'e göre C_d yönünden daha iyi durumda olduğu görülür. Şekil 6.3.1'de görüldüğü üzere mevcut çalışmada kullanılan eşğin C_d yönünden en avantajlı durumda olduğu görülmektedir.



Şekil 6.3.1 : Önceki çalışmalar ve mevcut çalışma

Önceki çalışmalar incelendiğinde, üçgen şekilli eşikler kendi arasında değerlendirildiğinde memba eğimi 1/1, mansap eğimi 1/0 olduğunda debi katsayısı üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülür. Trapez şekilli eşikler kendi aralarında değerlendirildiğinde ise memba kısmındaki eğim 1/3 olduğunda debi katsayısı üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülmektedir. Mansap kısmındaki etkisi araştırıldığında ise mansap eğimi 1/3'e düşürüldüğünde bu durumun debi katsayısına etkisinin en fazla olduğu görülür.

Eğrisel şekilli eşiklerin ise hem trapez hem köşeli şekilli eşiklere göre debi katsayısı bakımından daha iyi durumda olduğu tespit edilmektedir. Çokgen olmayan eğrisel şekilli eşikler arasında kıyas yapıldığında daire, yarım daire ve çeyrek daire arasında debi katsayısı performansı yönünden en iyi sonucu yarım daire şeklinin verdiği görülür. En az etkili olanın ise çeyrek daire olduğu görülmektedir. Yarım daire şeklinin diğer şekillere göre debi katsayısını yüzde 30'a kadar arttırdığı öngörülmektedir.

Lieratür incelemeye devam edildiğinde, farklı eğimlerde trapez şekilli eşikler kullanılan çalışmada debi katsayısına en fazla etki yapan eğimin 1/0 eğimi olduğu göze çarpar. Bunun sebebi, su eşiğin memba tarafından serbest akımda geldiği için en üst kısımda membaya doğru akım çizgilerinin dönme hareketi oluşturmasıdır. Eğimi arttırmak, akım çizgilerinin dönme hareketini düşürerek debi katsayısını azaltır. Kapak açıklığı da debi katsayısını etkiler.

Önceki çalışmalara bakıldığında, dairesel ve yarı dairesel eşiklerin akım çizgilerini ayırma miktarları çeyrek dairesel şekildeki eşığe göre daha azdır. Sonuç olarak, yüksek debi katsayıları bazı eşik şekillerinde beklenebilir. Dairesel eşik, diğer eşiklere göre akım çizgilerinde daha az çarpışma meydana getirir. Dairesel eşiklerdeki debi katsayısı değeri, yarım dairesel eşiklerdeki debi katsayısı değerine göre daha azdır.

Debi katsayısı hakkında yapılan önceki araştırmalarda debi katsayısı değerinin en ideal olduğu eşik şeklinin daire şekli olduğu görülürken mevcut çalışmada ise etek eğriliği verilerek ucu uzatılan daire ve etek eğriliği verilerek ucu uzatılan elipsin normal daireye göre debi katsayısı yönünden daha iyi durumda olduğu görülür.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

C_d kıyaslaması, her bir eşiğin farklı yükseklikleri için yapılmaktadır. Kapak açıklığının 2.5 cm olduğu durum için eşik yüksekliğinin 11 cm olduğu değerde bir önceki eşik yüksekliği değerine göre her eşik için C_d 'nin daha düşük bir değerde olduğu görülmektedir. Bu duruma göre eşik yüksekliğinin 9 cm olduğu değerden sonra C_d değeri pik noktaya ulaşmaktadır. Kapak açıklığının 5 cm olduğu durum için eşik yüksekliğinin 15 cm olduğu zaman bütün eşikler için C_d 'nin bir önceki yükseklik değerine göre yani 13 cm olduğu duruma göre azaldığı görülmektedir. 13 cm olduğu değere kadar debi katsayısı artmaya devam eder. Bu durum için debi katsayısındaki pik değer eşik yüksekliğinin 13 cm olduğu durumdan sonra olduğu tespit edilmektedir.

Ayrıca her bir m' değeri için eşikli ve eşiksiz durumdaki C_d değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde eşikli durumlardaki C_d değerlerinin eşiksiz duruma göre daha iyi olduğu görülmektedir. Eşikler, 6 farklı geometrik şekilde üretilmiştir. Bu çalışmayla eşik kullanımının ve eşik geometrisinin C_d üzerinde etkili olduğu tespit edilmektedir.

Kapak açıklığı 2.5 cm olduğu durum için;

- Bütün grafikleri için en kötü C_d performansının eşiksiz durumda olduğu görülür. Yani eşikli durum her zaman eşiksiz duruma göre C_d bakımından daha iyi performans göstermiştir.
- Bütün eşik yükseklik değerleri ve tüm eşikler arasında en kötü C_d performansının Eşik 1'de olduğu tespit edilmiştir.
- m' değerinin 1.2 olduğu durumda C_d değeri en yüksek olan eşiğin Eşik 3 olduğu görülmüştür. Eşik 3'den sonra en iyi performansın Eşik 2'de olduğu görülmüştür.
- m' değerinin 2 olduğu durumda debi katsayısının en yüksek olduğu değer Eşik 4'tür. Eşik 4'den sonra Eşik 3 gelmiştir.
- m' değerinin 2.8 olduğu durumda C_d bakımından en iyi eşik performansı Eşik 3'de görülmektedir. Performans bakımından Eşik 3'ü, Eşik 2 ve Eşik 4 izlemiştir.
- m' değerinin 3.6 olduğu durumda Eşik 4'ün C_d bakımından en iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.
- m' değerinin 4.4 olduğu durumda C_d 'de en yüksek değer Eşik 4'de görülmüştür. Bu eşigi Eşik 3 takip etmiştir.

- C_d grafikleri, gözlemlendiği zaman m' değerinin 1.2 olduğu durumda C_d 'de daha yatay bir artış görülürken eşik yüksekliğinin artmasıyla birlikte C_d 'de daha dikey bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Kapak açıklığının 5 cm olduğu durum için;

- Eşikli durumdaki C_d , eşiksiz duruma göre her zaman daha yüksektir.
- Bütün m' değerleri için ve eşik çeşitleri arasında C_d değerleri için kıyaslama yapıldığında C_d yönünden en düşük değere sahip eşik Eşik 1 'dir. Ayrıca Eşik 1, debi katsayısı değerleri yönünden diğer eşik çeşitlerine göre yatay bir artış sergilemiştir. Diğer eşik çeşitlerindeki debi katsayısındaki artış dikey bir şekilde artmıştır.
- m' değerinin 0.6 olduğu durumda debi katsayısının en yüksek olduğu eşik çeşidi Eşik 2 dir. Eşik 3 ve Eşik 6, C_d yönünden Eşik 2 'yi takip etmiştir.
- m' değerinin 1 ve 1.4 olduğu durumda C_d yönünden en iyi performans gösteren eşik Eşik 3 'tür. Bundan sonra sırasıyla Eşik 2 ve Eşik 6 gelmiştir.
- m' değerinin 1.8 olduğu durumda C_d performansı bakımından Eşik 2 en iyi durumda olup daha sonra Eşik 3 ve Eşik 4 gelmiştir.
- m' değerinin 2.2 olduğu durum için en iyi C_d performansı Eşik 4 'de tespit edilmiştir. Daha sonra Eşik 3 ve Eşik 2, C_d performansı yönünden Eşik 4 'den sonra gelmiştir.
- m' değerlerinin 2.6 ve 3 olduğu durumlarda C_d değeri bakımından en iyi durumda olan eşik, Eşik 3 olup bu eşiği Eşik 2 ve Eşik 4 takip etmiştir.

Sonuç olarak, debi katsayısına bakılarak eşik kıyaslamasında bir sıralama yapıldığında sırasıyla Eşik 4, Eşik 3, Eşik 2, Eşik 6, Eşik 5, Eşik 1 ve eşiksiz durum olduğu tespit edilmiştir.

Eşik 3 ve Eşik 4, genel olarak C_d yönünden en iyi performansı göstermiştir. Eşik 3 ve Eşik 4 'ün Eşik 2 'ye göre C_d bakımından daha iyi performans göstermesinde Eşik 3 ve Eşik 4 'e R yarıçapında etek eğriliği verilerek uçlarına uzatma eklenmesi etkili olmuştur. Eşik 3 ve Eşik 4 'deki bu durum, akım çizgilerini etkilemekte ve C_d değerinin daha yüksek olmasını sağlamıştır.

Mevcut çalışma sonuçları hakkında genel olarak değerlendirme yapılırsa;

- Köşeli şekilli eşiklerin yuvarlak şekilli eşiklere göre C_d yönünden dezavantajlı olduğu tespit edilmiştir. Köşeli şekilli eşiklerde akım çizgileri birbiriyle kesişerek hareket ederek çarpışır ve türbülans oluşturur. Bu durum, enerji kaybını artırarak C_d değerinin azalmasına sebep olmuştur.
- Eğrisel şekilli eşikler arasında bir değerlendirme yapıldığında ise daireye ve elipse R yarıçapında etek eğriliği verilmek suretiyle uçlarına uzatma eklenerek oluşturulan eşiklerin, C_d yönünden en iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun oluşmasında akım çizgileri etkili olmuştur. Eğrisellik ve memba ile mansap tarafına eklenen uzatma akım çizgilerinin daha az rahatsız olmasını sağlar. Akım çizgileri birbirine paralel şekilde birbiriyle daha az kesişir. Bu durum, enerji kaybının daha az olmasında etkili olarak C_d değerinin artmasını sağlamıştır.
- Eşikli ve eşiksiz durum üzerinde kıyas yapıldığında eşikli durumun eşiksiz duruma göre C_d yönünden daha avantajlı durumda olduğu görülmüştür.
- Eşiksiz durum için kapak açıklığı arttıkça C_d artmıştır. Eşikli durumda ise eşik yüksekliği arttırıldıkça eşğin C_d üzerindeki etkisi artmıştır.
- Her iki kapak açıklığında kullanılan eşik türlerinin C_d değerlerinin pik yaptığı eşik yükseklikleri belirlenmiştir.
- Enerji kaybı arttıkça C_d azalmıştır. Ters orantı vardır. Enerji kaybına sebep olan eşik C_d 'yi azaltmaktadır.
- Dikdörtgen şekilli eşğin C_d değeri, eşiksiz durumdan yüksektir ancak eğrisel şekilli eşiklerden düşük olduğu görülmüştür. Eğrisel şekilli eşiklerin C_d değerleri birbirine yakındır ancak tüm çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde C_d değeri en yüksek olan eşik tipinin elipsin memba ve mansap tarafına R yarıçapında etek eğriliği verilerek uzatma eklenen eşik, Eşik 4 olduğu tespit edilmiştir.
- Eşik 4 ve Eşik 3 genelde birbirine C_d değeri yönünden birbirine yakındır ancak Eşik 3'ün Eşik 4'e göre tepe kısmının daha yayvan olması C_d değerini bir miktar azaltmış olup Eşik 4'ün C_d performansında en iyi olmasını sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Saad N. Y.** (2011). "Flow under a submerged gate with a circularcrested sill." Nile Basin Water Science & Engineering Journal, Vol. 4, No. 2, pp,1-9.
- [2] **Salmasi, F., Nouri, M., & Abraham, J.** (2019). Laboratory study of the effect of sills on radial gate discharge coefficient. KSCE Journal of Civil Engineering, 23(5), 2117-2125.
- [3] **Jalil, S. A.** (2014). Submerged flow analysis below a vertical gate with stepped sill. Caspian Journal of Applied Sciences Research, 3(5).
- [4] **Negm, A. M., Abdel-Aal, G. M., & Salem, M. N.** (2001, March). Characteristics of submerged flow below gate with sill in non-prismatic channels. In Proceedings of the International Conference on Water Technology (pp. 77-89).
- [5] **Alhamid, A. A.** (1999). Coefficient of discharge for free flow sluice gates. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 11(1), 33-47.
- [6] **Abdelhaleem, F. S. F.** (2017). Hydraulics of submerged radial gates with a sill. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 23(2), 177-186.
- [7] **Sarhan, A. S.** (2013). Analysis of submerged flow under a gate with a prismatic sill. J. Eng. Appl. Sci, 8(10), 849-856.
- [8] **Yerdelen, C., & Özyaman, C.** Açık kanallarda debi ve eşik yüksekliği değişiminin su yüzeyi profillerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi. Dsi Teknik Bülteni, 1.
- [9] **Henry, H. R.** (1950). Discussion of diffusion of submerged jets, Transaction. In ASCE (Vol. 115, pp. 687-694)
- [10] **Rajaratnam, N., & Subramanya, K.** (1967). Flow equation for the sluice gate. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 93(3), 167-186.
- [11] **Swamee, P. K.** (1992). Sluice-gate discharge equations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 118(1), 56-60.
- [12] **Ferro, V.** (2000). Simultaneous flow over and under a gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 126(3), 190-193.
- [13] **Lin, C. H., Yen, J. F., & Tsai, C. T.** (2002). Influence of sluice gate contraction coefficient on distinguishing condition. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128(4), 249-252.
- [14] **Belaud, G., Cassan, L., & Baume, J. P.** (2009). Calculation of contraction coefficient under sluice gates and application to discharge measurement. Journal of Hydraulic Engineering, 135(12), 1086-1091.
- [15] **Lozano, D., Mateos, L., Merkle, G. P., & Clemmens, A. J.** (2009). Field calibration of submerged sluice gates in irrigation canals. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135(6), 763-772.
- [16] **Habibzadeh, A., Vatankhah, A. R., & Rajaratnam, N.** (2011). Role of energy loss on discharge characteristics of sluice gates. Journal of Hydraulic Engineering, 137(9), 1079-1084.

- [17] **Larsen, A. P., & Mishra, P. K.** (1990). Constant discharge device for field irrigation. *Journal of Hydraulic Research*, 28(4), 481-489.
- [18] **Noutsopoulos, G. K., & Fanariotis, S.** (1978). Free flow immediately below sluice gates.
- [19] **Nago, H.** Influence of gate-shape son discharge coefficients. *Transactions of the Japanese Society of Civil Engineers*10(2):116–9.
- [20] **Garbrecht, G.** (1977). Discharge computations at river control structures. *Journal of The Hydraulics Division-Asce*, 103(12), 1481-1484.
- [21] **Rajaratnam, N.** (1978). Free flow immediately below sluice gates-closure. *Journal of The Hydraulics Division-Asce*, 104(10), 1462-1463.
- [22] **Shayan, H. K., & Farhoudi, J.** (2013). Effective parameters for calculating discharge coefficient of sluice gates. *Flow Measurement and Instrumentation*, 33, 96-105.
- [23] **Doğan, Y.,** (2009). Savaklarda kret şeklinin debi katsayısına etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Türkiye
- [24] **Berkün, M.** (2005). Su kaynakları mühendisliği, Birsen Yayınevi, Trabzon, Türkiye
- [25] **Öztürkmen, G.,** (2008). Açık kanallarda su yüzü profilinin farklı hidrolik koşullar altında belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Türkiye
- [26] **Moussa, Y. A., Abde-lAzim, M. A., & Saleh, Y. K.** (2018). Performance of sills over aprons under the effect of submerged hydraulic jump,(case study: Naga Hammadi Barrage). *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1365-1374.
- [27] **Ardıçlıoğlu, M., İlkentapar M.,** (2015). Açık kanal savak akımlarında debinin farklı yöntemler ile belirlenmesi, 4. Su Yapıları Sempozyumu, Antalya Türkiye, syf: 371 – 380
- [28] **Doğan, Y., & Kaya, N.** (2017). Doğrusal kanallara yerleştirilen üçgen labirent yan savaklarda memba kret uzunluğu değişiminin debi katsayısına etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(2).
- [29] **Soydan, N.** (2019). Hidrofoil savak akımının deneysel ve sayısal analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
- [30] **Balouchi, B., & Rakhshandehroo, G.** (2018). Using physical and soft computing models to evaluate discharge coefficient for combined weir–gate structures under free flow conditions. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 42(4), 427-438.
- [31] **Lewin, J.** (2001). *Hydraulic gates and valves*, Jack Lewin and Thomas Telford Limited, London, England
- [32] **Erkek, C., Ağralıoğlu, M.,** (2010). Su kaynakları mühendisliği, Beta Yayınları, İstanbul, Türkiye
- [33] **Te, C. V. (1959).** *Open-channel Hydraulics: International Student Ed.*

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Bilal BEYHAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.08.1993 ELAZIĞ
E-posta : bilalbeyhan@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2016, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 2016 – 2017 yılları arasında özel sektörde çalıştı.
- 2019 yılında İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nde İnşaat Mühendisi olarak göreve başladı. İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksu İnşaat Daire Başkanlığı Asya Atıksu İnşaat Şube Müdürlüğü'nde İnşaat Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.

