



# Eğrisel Savaklarda Kret Yüksekliğinin ve Savak Uzunluğunun Su Yüzü Profiline Etkisi

## Effect of Crest Height and Weir Length on Water Surface Profile in Curvilinear Weirs

Eralp Öbek<sup>1\*</sup>, M. Emin Emiroğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, [eralpobek@firat.edu.tr](mailto:eralpobek@firat.edu.tr)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7207-7812>

<sup>2</sup> İstanbul Gelişim Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, [memiroglu@firat.edu.tr](mailto:memiroglu@firat.edu.tr)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3603-0274>

### MAKALE BİLGİLERİ

### ÖZ

#### Makale Geçmişi:

Geliş 17 Ocak 2025  
Revizyon 15 Şubat 2025  
Kabul 3 Mart 2025  
Online 26 Mart 2025

#### Anahtar Kelimeler:

Su yüzü profili, Eğrisel savak, Akım çizgisi, Debi

Savaklar, hidrolik mühendisliğinde suyun akışını kontrol etmek, akımı düzenlemek ve debi ölçümleri yapmak amacıyla yaygın olarak kullanılırlar. Bu çalışmada, deney kanalına yerleştirilen eğrisel savaklar üzerindeki akımın su yüzü profili hassas ölçümlerle belirlenmiştir. Su yüzü ölçümleri için memba bölgesinde beş adet, savak kreti üzerinde on bir adet ve mansap bölgesinde ise yedi adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Böylece belirlenen okuma noktaları ile akımın farklı bölgelerdeki davranışı daha hassas bir şekilde gözlemlenmiş ve su yüzü profilinin daha doğru analiz edilmesine imkân sağlanmıştır. Farklı akım koşulları ve farklı savak geometrileri için gerçekleştirilen deneylerde su yüzü profilinde oluşan değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, savak uzunluğundaki ve savak yüksekliğindeki değişimlerin su yüzü profilinde oluşturduğu değişimler deneysel olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca, savak yüksekliğinin artması ile birlikte su yüzü profili eğriliklerinin de arttığı belirlenmiştir. Genel olarak, debinin artması ile birlikte (nap yükündeki artışla) su yüzünün eğriliği daha belirgin hale gelmiştir.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article history:

Received 17 January 2025  
Received in revised form 15 February 2025  
Accepted 3 March 2025  
Available online 26 March 2025

#### Keywords:

Water surface profile, Curvilinear weir, Streamline, Discharge

Weirs are widely used in hydraulic engineering to control the flow of water, regulate the flow and make flow measurements. In this study, the water surface profile of the flow over the curvilinear weirs placed in the experimental channel was determined by precise measurements. For the water surface measurements, five measurement points in the upstream area, eleven measurement points on the weir crest and seven measurement points in the downstream area were determined. Thus, the behavior of the flow in different regions was observed more precisely with the determined reading points and the water surface profile was analyzed more accurately. The experiments carried out for different flow conditions and different weir geometries aimed to determine the changes in the water surface profile. In the study, the changes in the water surface profile caused by changes in weir length and weir height were experimentally observed. It was also determined that the curvature of the water surface profile increased with the increase in weir height. In general, the curvature of the water surface became more pronounced with increasing flow rate (increase in nappe load).

Doi: 10.24012/dumf.1621235

\* Sorumlu Yazar

## 1. Giriş

Savaklar, bir akarsu enkesiti boyunca akım akım hızı, su seviyesi, debisi, enerji seviyeleri ve akım türü gibi akım özelliklerini değiştirmek amacıyla inşa edilen hidrolik yapılardır. Hidrolik alanında savaklar; suyun güvenli tahliyesini sağlamak, debi ölçümü yapmak, su seviyesini kontrol etmek ve taşkın riskini azaltmak gibi geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Su mühendisliğinde savaklar, literatürde boyutsuz akım derinliğine ( $h/L$ ) göre dört gruba ayrılmıştır, burada,  $h$ =savağın memba bölgesinde kretten ölçülen akım derinliği;  $L$ =savak uzunluğunu ifade etmektedir [1-3]. Bu gruplar, uzun başlıklı savaklar ( $0 < h/L \leq 0.1$ ), geniş başlıklı savaklar ( $0.1 < h/L \leq 0.4$ ), kısa başlıklı savaklar ( $0.4 < h/L \leq 2$ ) ve keskin kenarlı savaklar ( $h/L > 2$ ) olarak isimlendirilir [1-3]. Eğrisel savaklarda, su yüzeyinin akım doğrultusunda izlediği yolun (akım çizgilerinin) eğrisel bir yörüngeyi takip etmesi, savak türünün belirlenmesinde etkin olmaktadır. Bu eğrisel yapı, akımın karakteristik özelliklerini doğrudan etkilediği için,  $h/L$  oranına bağlı olarak geniş başlıklı savak kategorisinde değerlendirilmesine rağmen, akım çizgilerinin düz olmaması ve daha yüksek debi katsayısı değerlerine sahip olması nedeniyle söz konusu gruptan ayrı tutulmaktadır [4]. Yine eğri savaklar üzerindeki akışın, irrotasyonel olduğu, yani akışın herhangi bir noktada dönme hareketi ya da girdap oluşturmadığı, çevrimsiz olduğu kabul edilmektedir [5].

Literatürde, suyun savak yapısı üzerinden geçişi sırasında oluşan akımın özelliklerinin ve su yüzeyi profillerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda deneysel ve sayısal çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, farklı savak türleri ve akım koşulları için su yüzü profillerinin davranışlarının incelenmesi amaçlanmış ve özellikle savakların hidrolik performansını anlamak ve optimize etmek amacıyla değerli veriler sunulmuştur [4-9]. Ramamurthy vd. [10], geniş başlıklı savaklarda, memba köşesinin yuvarlatılmasının akım özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Hager ve Schwalt [2], geniş başlıklı savakların akım özelliklerinin incelenmesi amacıyla deneysel çalışmalar yürütmüşlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, savağın memba yüzünün yuvarlatılması durumunda, keskin kenarlı savaklara göre daha yüksek debi katsayısı değerlerinin elde edildiğini ve su yüzü profilinin daha yumuşak bir geçiş yaptığını belirlemişlerdir. Azimi ve Rajaratnam [3] sivri ve yuvarlatılmış memba yüzüne sahip savakların üzerindeki akım özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarda kullanılan savaklarda, genel olarak memba ve mansap uç kısımları akıma dik olacak şekilde konumlandırılmıştır. Eğimli memba yüzeyi, rüsubat ve sediment birikiminde azalmaya katkı sağladığı ve böylece debi katsayısını artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde eğimli mansap yüzeyi olması durumunda yüksek akım hızlarında oyulma oluşumunun önemli derecede azaltıldığı bulunmuştur. Araştırmacılar bu bulgular dâhilinde, trapez geniş başlıklı savakların incelenmesine yönelmişlerdir [11]. Örneğin Goodarzi vd. [12], farklı memba yüzü eğimlerine sahip dikdörtgen geniş başlıklı savaklar üzerine laboratuvar deneyleri yapmışlardır. Eğimleri  $90^\circ$  (düz) ile  $10^\circ$  arasında değişen sekiz farklı savak konfigürasyonu ile memba yüzü eğiminin debi katsayısı ve su yüzü profili üzerindeki değişimini incelemişlerdir. Yukarıda da belirtildiği üzere, savak performansını optimize etmek için savak geometrisinde değişiklikler yapmak, araştırmacıların

ana hedefi olmuştur. Bu çabalar sonucunda, kısa veya dar başlıklı savakların, geniş ve uzun başlıklı savaklara kıyasla daha yüksek debi katsayısına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca daha kararlı taşma modeli (yani akımın, savak üzerinden geçişi sırasında suyun dalgalanmasının daha az olduğu ve böylece daha düzenli bir akış deseni oluşturduğu) gibi bazı avantajlara da sahip olduğu görülmüştür [13, 14]. Kısa ve dar başlıklı savaklar; ogee, dairesel başlıklı ve hidrofoil savaklar olmak üzere üç farklı türde sınıflandırılmıştır [14]. Bos [13], diğer araştırmacıların deneysel bulgularını derlemiş ve dairesel başlıklı savakların debi katsayısını belirlemek için bir dizi deneyler yürütmüştür. Amerika Birleşik Devletleri İslah Bürosu (USBR) [15] ve Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği (USACE) [16], ogee profilinin tasarımı için prosedürler sunmuşlardır. Ramamurthy ve Vo [5], belirli bir boyutsuz savak yüksekliği aralığında, dairesel başlıklı savakların memba ve mansap eğim açılarının debi katsayısı ve akım karakteristikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Memba eğimi açısının, dairesel savaklarda debi katsayısı üzerinde bir değişiklik meydana getirmediğini belirtmişlerdir. Oksal vd. [4], dairesel başlıklı savak akımlarının sayısal analizini yapmışlardır. Araştırmacılar dairesel savakların etrafındaki akımın hız alanını, basınç dağılımını, akım çizgilerini ve hız vektörlerini, ANSYS Fluent yazılımını kullanarak sayısal olarak incelemişlerdir. Dönmez ve Lekesiz [17], silindir savakların akım karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar dört farklı çap için silindir savakların debi katsayısının savak geometrisindeki değişim ile olan ilişkisini incelemişlerdir. Şimşek vd. [8], eğrisel geniş başlıklı savakların üzerindeki akımı, ANSYS Fluent yazılımı ile analiz etmişlerdir. Üç farklı türbülans modeli kullanarak kesit boyunca akım hızlarını ve su yüzü profillerini belirlemişler ve elde ettikleri bulgular ile literatür karşılaştırması yapmışlardır.

Bu çalışmada, bir açık kanala yerleştirilmiş eliptik eğri şekline sahip savaklar üzerindeki su yüzü profili değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, elektromanyetik debimetre kullanılarak dört farklı debi için yapılmıştır. Dört farklı eliptik eğri savak için su yüzü profili üzerinde toplam yirmi üç farklı okuma noktası seçilerek anlamlı deneyler gerçekleştirilmiştir.

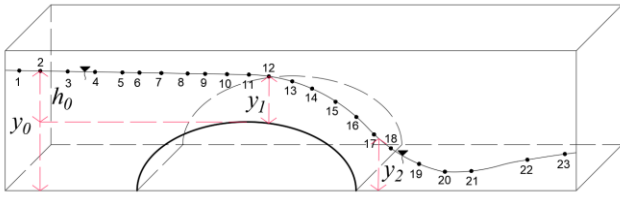
## 2. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmalar Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarında bulunan 12 m uzunluğunda, 0.40 m genişliğinde ve 0.50 m yüksekliğindeki, yan duvarları cam ve tabanı paslanmaz çelikten imal edilen deney kanalında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde; 0.80, 1.00 ve 1.25 m yüksekliğine ve 0.32, 0.42 ve 0.53 m uzunluğuna sahip, galvanizli sac malzemeden imal edilmiş savaklar kullanılmıştır. Deneyler,  $q=0.00235-0.0358 \text{ m}^3/\text{s.m}$  aralığındaki dört farklı birim debi dikkate alınarak, batmamış akım koşulunda yürütülmüştür. Kanaldaki akımın debisi, Krohne marka elektromanyetik debimetre ile ölçülmüştür. Debimetrenin doğruluğu  $\pm 0.50 \text{ L/s}$ 'dir. Kanal tabanının eğimi sabittir ve  $S=0.001$  eğim değerine sahiptir. Savak, kanal başlangıcından 6.50 m uzağa yerleştirilmiştir. Kanalın 5.50 metre uzağından başlayarak, savak girişine kadar (mimba bölgesi) altı, savak kesitinde on bir ve savağın mansap

ucundan itibaren kanal çıkışına doğru 1 m mesafede altı farklı okuma noktaları belirlenmiş ve okuma noktaları kanal ekseninde alınmıştır. Bu noktalardaki akım yükseklikleri dijital limnometre ile okunmuştur (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Deney kanalı görünümü



Şekil 2. Savak üzerinde okunan su seviyelerinin sembolik gösterimi

Şekil 1, bir deney kanalına yerleştirilmiş olan eliptik eğri şekline sahip savak yapısı etrafında oluşan akımın deneysel olarak incelenmesi sırasında kaydedilmiş bir görüntüdür. Şekil 2'de gösterilen okuma noktalarından sırasıyla su seviyeleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Sırasıyla,  $h_0$  memba nap yüksekliğini,  $y_0$  memba su yüksekliğini,  $y_1$  savak tepesi (eğrisel savak kreti boyunca en yüksek kret yüksekliğinin olduğu nokta) üzerindeki su yüksekliğini ve  $y_2$  mansaptaki su yüksekliğini ifade etmektedir. Bu derinlikler, savak yapısı etrafındaki akımın incelenmesinde önemli bir rol üstlenmektedirler.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Deneysel çalışma kapsamında, dört farklı debi değeri için savak profilleri üzerinde yirmi üç noktada su seviyesi okumaları yapılmıştır (Şekil 2). Deneylerden elde edilen bulgular, Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e bakıldığında,

memba su derinliği ( $y$ ), dört farklı değer aralığında gösterilmektedir.

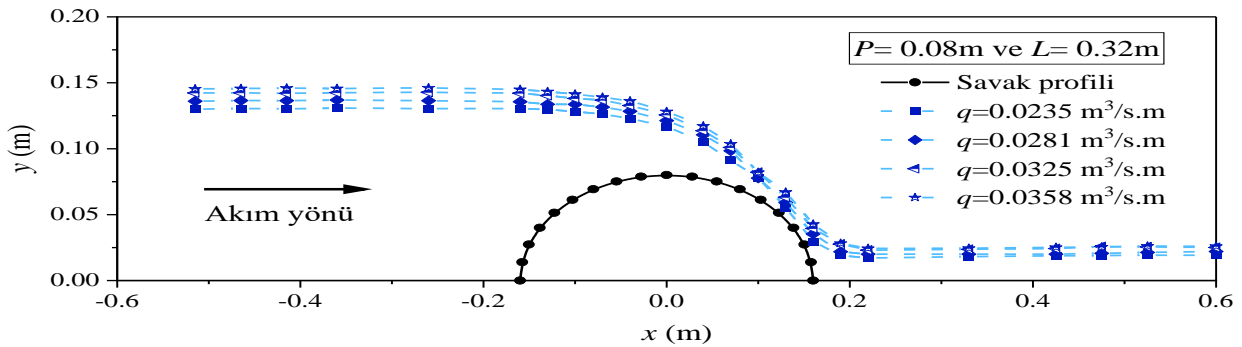
Buradaki değerler yukarıdan aşağıya doğru, sırasıyla  $q=0.0235 - 0.0281 - 0.0325$  ve  $0.0358 \text{ m}^3/\text{s.m}$  debi değerleri için okunan su seviyesi değerleridir. Su seviyesi değerleri belirlenirken, yüzey geriliminin etkisini en aza indirebilmek adına membada ölçülen su derinliğinin (savak kreti referans alınarak)  $0.03 \text{ m}$ 'den büyük olmasına dikkat edilmiş ve aynı zamanda düşük yüksekliklerde savağın çalışmasının incelenmesi için de düşük debi değerleri göz önüne alınmıştır. Ayrıca, toplamda yapılan 16 deney dizisi için, su yüzü profilleri Şekil 3 - 4 - 5 - 6'da gösterilmiştir. Deneyler sırasında okuma hassasiyeti,  $\pm\%0.05$  olarak belirtilmiştir.

Tablo 1. Test edilen savakların geometrik özellikleri ve elde edilen akım karakteristikleri

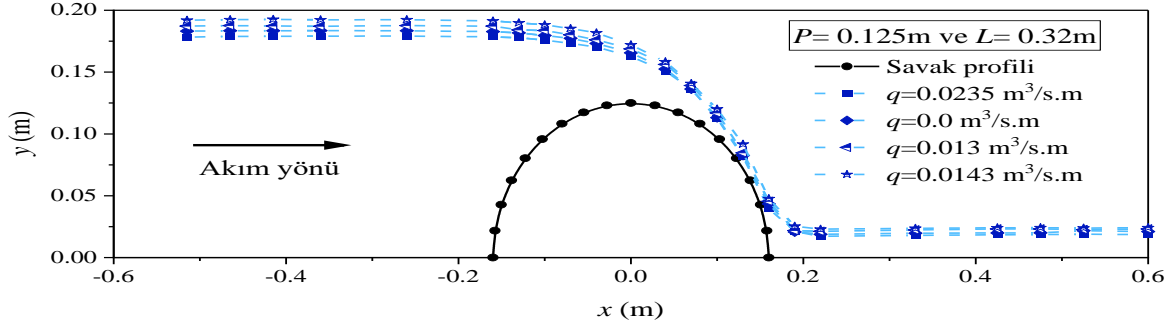
Savak Yüksekliği $P$ (m)	Savak Uzunluğu $L$ (m)	Memba - mansap su derinlikleri $y_0 - y_2$ (m)
0.08	0.32	0.12995-0.01921
		0.13596-0.02209
		0.14231-0.02513
		0.14535-0.02603
0.125	0.32	0.17827-0.01857
		0.18309-0.02102
		0.18723-0.02312
		0.19199-0.02418
0.08	0.53	0.13045-0.01944
		0.13940-0.02274
		0.14264-0.02407
		0.14699-0.02613
0.125	0.53	0.17779-0.01612
		0.18270-0.01716
		0.19038-0.02160
		0.19768-0.02420

#### 3.1. Su Yüzü Profilleri

Şekil 3, 4, 5 ve 6'da, farklı birim debiler için  $x$  eksenindeki akım derinlikleri verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, farklı  $P$  ve  $L$  değerlerine sahip savaklarda oluşan akım profillerinin nasıl değiştiği gözlemlenmektedir. Bu sayede, savak geometrisinin akım üzerindeki etkisi net bir şekilde anlaşılmaktadır.

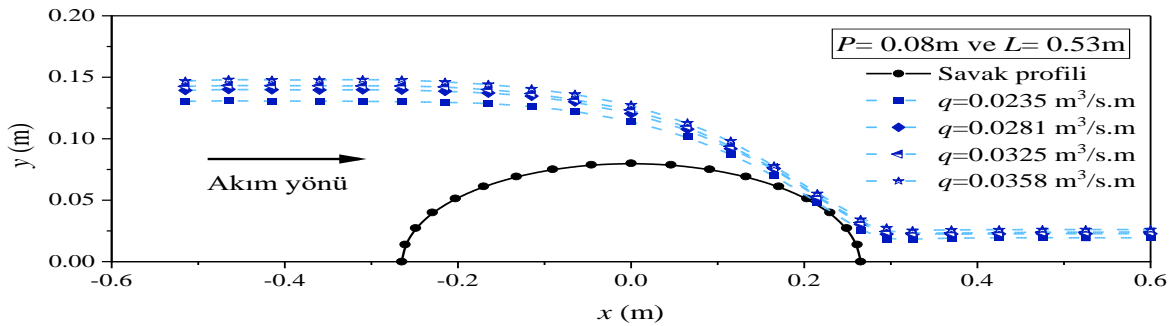


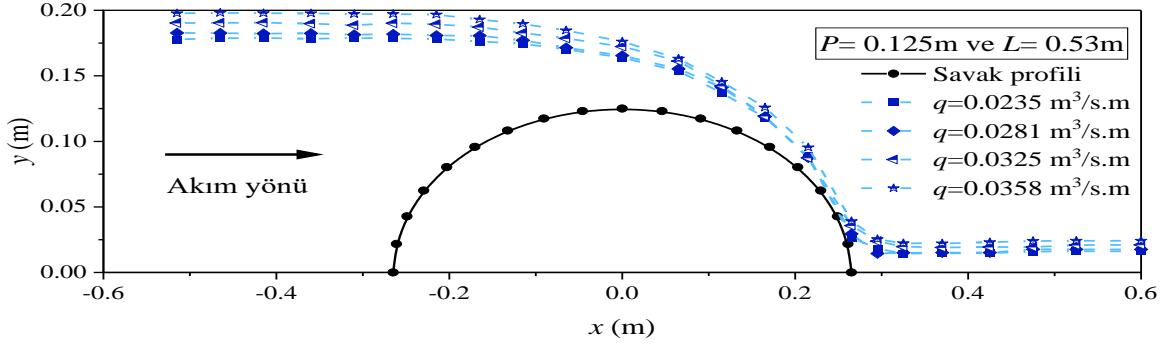
Şekil 3.  $P= 0.8 \text{ m}$  ve  $L= 0.32 \text{ m}$  olan savaklarda su yüzü profilleri

Şekil 4.  $P= 0.125$  m ve  $L= 0.32$  m olan savaklarda su yüzü profilleri

Savaklarla ilgili bir fazlı akım (sadece su olması, hava ve sedimentin olmaması durumu) testlerinin yürütülmesi sırasında ölçek etkilerinden korunmak amacıyla bazı sınırlandırmalar mevcuttur. Tam türbülanslı akımın ( $Re = \frac{V \times R}{\nu} > 500$ , burada  $Re$ =Reynolds sayısı,  $V$ =Ortalama akış hızı,  $R$ =Hidrolik yarıçap ve  $\nu$ =Suyun kinematik viskozitesini ifade eder) ve yüzeysel gerilim kuvvetlerinin etkilerini azaltmak amacıyla  $We$  sayısının 100'den yüksek ve kret üzerindeki akım derinliğinin 30 mm'den fazla olmasına dikkat edilmiştir [18]. Kanal memba bölümünde, her iki savak için de su yükseklikleri aynı seviyelerde ölçülmüştür. Yine savağın memba ucunda, genel olarak su yükseklikleri artan debi değerleri ile birlikte, 0.125'ten 0.150'e kadar çıkmıştır. Savak kreti üzerindeki su seviyeleri, iki şekil için de benzer şekilde değişmektedir. Bu durum savak uzunluğundaki değişimin, kanal girişinden, savak tepesine (savak orta noktası) kadar olan kesitte, su yüzü profili üzerinde önemli bir etki oluşturmayacağını ifade etmektedir. Ancak, savak tepesinden savağın mansap ucuna kadar olan kesitte, savak uzunluğu 0.53 m olan savakta, mansap ucundaki su yükseklikleri yaklaşık olarak 0.025-0.035 m arasında değişirken, savak uzunluğu 0.32 m olan savak için bu değer aralığı, yaklaşık olarak 0.03-0.045 m olarak okunmuştur. Yine  $x$  ekseninde 0.10 m referans olarak seçildiğinde (savağın mansap bölgesindeki değişimi incelemek amacıyla), Şekil 3'te yaklaşık olarak 0.075-0.08 m olarak görülen su yüksekliği değerleri, Şekil 5'te 0.085-0.100 m olarak okunmuştur. Yani, savak uzunluğundaki değişim, savağın tepesinden mansap ucuna kadar olan kesitte, savak üzerinden geçen su yüzünde bir değişikliğe sebep olmaktadır. Özellikle düşük savak uzunluğu için çizilen Şekil 3'te, bahsedilen kesitte kalan su yüksekliklerinin düşüş hızı daha fazladır.

Mansap ucu ile kanal çıkışı arasında ise, savak uzunluğundaki değişimin, gözle görülür bir etkisinin olmadığı açıktır. Savak uzunluğu sabit iken savak yüksekliğindeki değişimin su yüzü profili üzerindeki etkisini ifade etmek amacıyla, Şekil 5 ve 6 arasında karşılaştırma yapılabilir. Bu iki akımın su seviyelerini, kanal girişi-savak memba ucu; savak memba ucu-savak tepesi; savak tepesi- savak mansap ucu ve savak mansap ucu- kanal çıkışı şeklinde parçalara ayırarak gözlemlemek işimizi kolaylaştırmaktadır. Kanal girişinden, memba ucuna kadar olan kısımda savak yüksekliğinin artması ile birlikte memba bölgesinde daha fazla su birikmektedir. Şekil 5'te 0.13-0.15m arasında değişen su seviyeleri, Şekil 6'da 0.175-0.20 arasındadır. Eğer bu su seviyelerinin ölçüm noktası başlangıcını, savak tepesi (referans düzlemi) olarak alırsak, bu durumda su yükseklikleri her iki savak için de 0.05-0.07 arasında değişmektedir. Yani savak yüksekliği, su seviyesinde bir değişim meydana getirmemektedir. Şekil 5 ve 6'da, savağın memba ucundan, savak tepesine kadar olan kesit için, 0.08 m yüksekliğinde savakta, savak tepesi üzerinde okunan su yüksekliği 0.120-0.135 m aralığında olup, 0.125 m yüksekliğindeki savaklarda bu değer aralığı, 0.165-0.180 m civarında ölçülmüştür. Benzer şekilde, savak tepesini referans olarak aldığımızda, bu durum her iki savak için de, savak tepesi üzerinde ortalama 0.05 m bir su seviyesinin ölçüldüğünü göstermektedir. Yani savak yüksekliğindeki bir değişimin, tıpkı Şekil 3 ve 5 arasındaki karşılaştırmada olduğu gibi savak tepesinden önceki kısımda bir değişiklik göstermediğini belirtmek mümkündür. Savak tepesinden savak mansap ucuna kadar olan kesite bakıldığında, öncelikle savak ucunda, her iki savak için de 0.025-0.035 m arasında bir su seviyesi okuması yapıldığı görülmektedir.

Şekil 5.  $P= 0.08$  m ve  $L= 0.53$  m olan savaklarda su yüzü profilleri

Şekil 6.  $P=0.125$  m ve  $L=0.53$  m olan savaklarda su yüzü profilleri

Şekil 5 ve 6'da  $x$  ekseninde 0.10 m referans alınırsa, 0.08 m yüksekliğindeki savak için, 0.085-0.10 m arasında değişen seviye; 0.125 m yüksekliğindeki savakta, 0.135-0.150 m arasında değişmektedir. 0.10 m'ye karşılık gelen  $y$  değeri her iki şekilde başlangıç olarak seçilirse, su seviyelerinin yaklaşık olarak eşit olduğu görülmüştür. Yani, savak yüksekliğindeki değişim, savak üzerindeki herhangi bir noktada su seviyeleri üzerine gözle görülür bir etkide bulunmamaktadır. Şekil 7 ve Şekil 8'de geometrileri verilen savakların deneysel görünümü verilmiştir.

Şekil 7.  $P=0.08$  m ve  $L=0.53$  m olan savak için yapılan deney

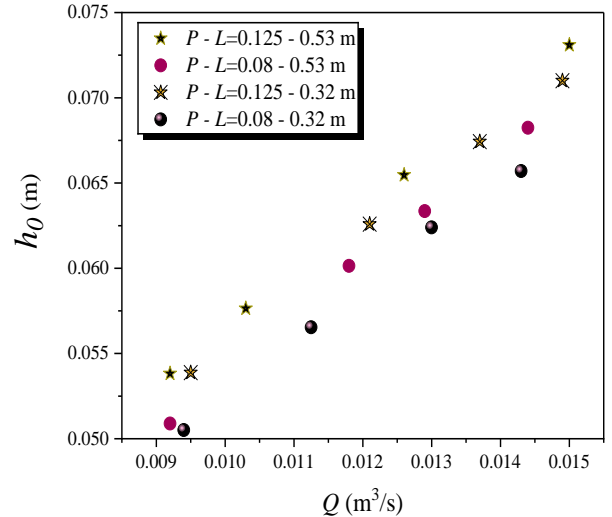
Ancak savak yüksekliğinin artması ile birlikte su yüzü profilinin eğriliği de artmaktadır. Kanal çıkışına kadar olan kesit incelendiğinde, savak yüksekliğinin mansap su seviyesi üzerinde gözle görülür bir etkisi olmamaktadır. Buna ilaveten, artan debi ile birlikte, Şekil 5 ve 6'da görüldüğü üzere, su seviyelerinde bir artış meydana gelmektedir.

Şekil 3, Şekil 4 ve 6 ile mukayese edildiğinde, öncelikle savak yüksekliği aynı olduğunda (Şekil 4 ve 6 için), su yüksekliklerinin, ilk ölçüm istasyonlarında sabit bir değerde başladığını (0.18-0.20 m) ve savak tepesindeki ölçüm istasyonunda da aynı değerlerin okunduğu belirtilmelidir (0.160-0.175 m). Ama dikkat edilmesi gereken nokta, yaklaşık olarak 0.2 m'lik bir su seviyesi düşüşünün Şekil 4'te 0.160 m yatay mesafede gerçekleşirken; Şekil 6'da ise 0.265 m yatay mesafede gerçekleştiğidir. Yani, su yüzü profiline bakıldığında, savak yüksekliği aynı iken, savak uzunluğu azaldığında savak memba bölgesindeki su yüzü düşüş hızının daha fazla olduğu ifade edilebilir. Yine benzer şekilde, savak tepesinden savak mansap ucuna kadar olan kesitte, aynı miktarda bir su seviyesi düşüşü olmasına

rağmen, 0.32 m uzunluğuna sahip savakta bu düşüş daha hızlı gerçekleşmiştir. Her bir şekil için, savak tepesi üzerindeki su yüzü profili, tepenin sağ kesitinde, sol kesitine göre daha eğriseldir, yani ölçüm noktalarında okunan su seviyesi düşüşleri savağın mansap ucuna doğru daha şiddetlidir. Bu da kritik derinliğin savak tepesi ile mansap ucu arasındaki bir noktada olduğunu kanıtlamaktadır. Yukarıda da ifade edildiği üzere, savak uzunluğu arttıkça, su yüzünün eğriliğinin daha az olması, kritik derinliğin savak mansap ucuna daha da yaklaştığına işaret edebilir.

Şekil 8.  $P=0.125$  ve  $L=0.32$  m olan savak için yapılan deney

Şekil 2'de savak yapısı etrafındaki akımın incelenmesi sırasında bazı noktaların daha fazla önem taşıdığı belirtilmişti. Bir savak yapısının, akım ölçümü için kullanılması için bazı değerlerin bilinmesi gereklidir.

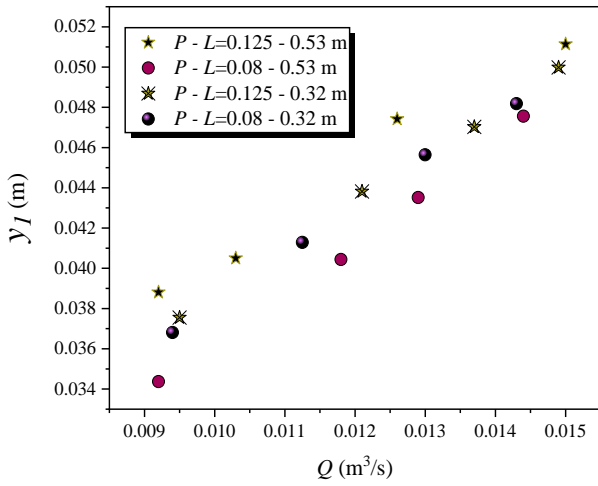
Şekil 9.  $h_o$  ile  $Q$  arasındaki ilişki



Örneğin debi katsayısı ( $C_d$ ), her bir savak türü için farklı değerler almaktadır ve savak üzerindeki akım incelenirken debi katsayısı değerinin belirlenmesi mutlaka gereklidir. Bu nedenle,  $h_0$  memba nap yüksekliği değerinin detaylı olarak incelenmesi gereklidir. Şekil 9, memba nap yüksekliğinin, debi ile olan değişimini incelemek amacıyla çizilmiştir.

Şekil 9'a bakıldığında, dört farklı savak türü için de debinin artması ile birlikte memba nap yükseklikleri artmakta ve bu artış oranı neredeyse eşit olmaktadır. Savak kreti üzerinden okunan bu değerler, savak yüksekliği arttıkça membada biriken suyun arttığını göstermektedir. Aynı zamanda, sabit bir savak yüksekliğinde, savak uzunluğu arttıkça, membada biriken su artmaktadır. Yani, savağın gerçek uzunluğu ne kadar fazla ise membadaki su yükünün o kadar fazla olacağı sonucuna ulaşılabilir.

Şekil 10, dört farklı savak türü için, savak tepesi üzerindeki akım derinliğinin debi ile olan değişimini gösterir.

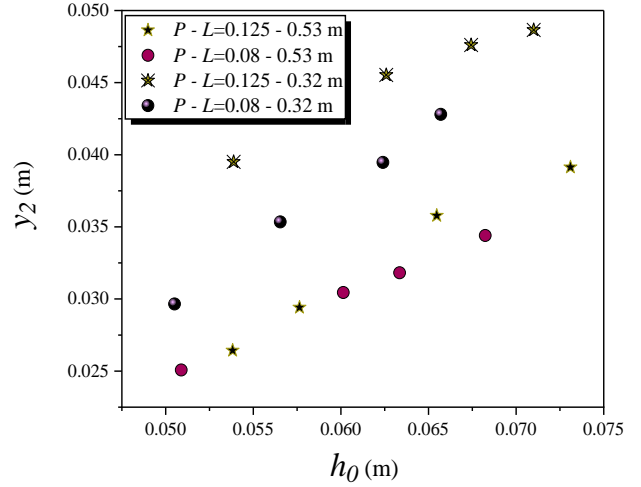


Şekil 10.  $y_1$  ile  $Q$  arasındaki ilişki

Şekil 10'a göre, debinin artması ile birlikte savak tepesi üzerindeki akım derinliğinin arttığı açıktır. Mevcut çalışma aralığında, savak yüksekliğindeki artışın, savak tepesi üzerindeki derinliği arttırdığı görülmektedir. Ayrıca, savak uzunluğuna göre savak tepesindeki değişim incelendiğinde, 0.08 m yüksekliğine sahip savaklarda, akım hızına göre uzunluğun etkisi değişmektedir. Düşük nap yükseklikleri için 0.32m uzunluğa sahip savaklarda,  $y_1$  derinliği daha fazla iken, nap yüksekliği arttıkça 0.53 m uzunluğa sahip savakların daha yüksek bir tepe noktası derinliğine ( $y_1$ ) sahip olacağı ifade edilebilir. 0.125 m yüksekliğe sahip savaklarda ise, bu durum genel olarak tüm nap yükseklikleri için, uzun olan savağın daha büyük  $y_1$  değerine sahip olduğunu göstermektedir.

Mansaptaki su derinliğinin, memba nap yüksekliğine göre olan değişimini incelemek amacıyla Şekil 11 çizilmiştir. Mansap su seviyesi, bir akımın serbest akım (batmamış akım) veya batık akım durumunda oluşunu belirler. Yapılan tüm deneyler serbest akım koşulunda, yani mansap su yüksekliğinin,

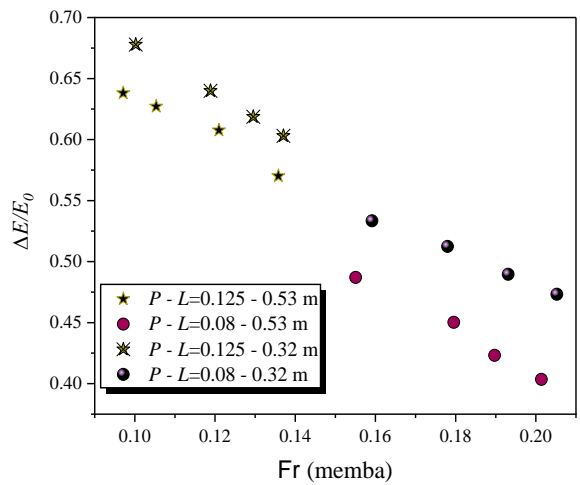
membadaki su seviyesini etkilemediği durum için yapılmıştır.



Şekil 11.  $y_2$  ile  $h_0$  arasındaki ilişki

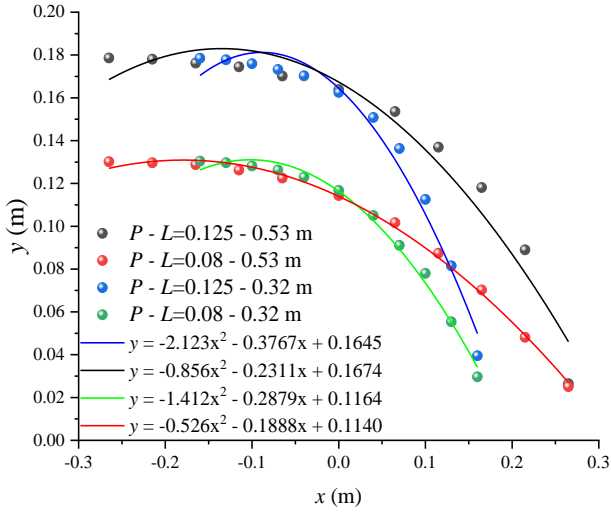
Şekil 11'deki verilerin eğilimine dayanarak, memba su seviyesindeki artışın, mansap su seviyesini de artırdığı sonucuna ulaşılabilir. En büyük mansap su derinlikleri, 0.32 m uzunluğa sahip savaklarda okunmuştur ki bu durum, savak uzunluğunun azalmasının mansaptaki su seviyesinde bir artışa sebep olacağını belirtmektedir. Buna ilaveten, Şekil 11'deki memba derinliklerine göre (küçük debi değerleri için), savak yüksekliği büyük olan 0.125 m savaklar için mansap ucundaki su seviyesi değerleri daha büyüktür. Lakin söz konusu grafikteki verilerin eğilimi, daha büyük memba su seviyesi değerleri için, düşük savak uzunluklarında, mansaptaki su derinliğinin daha fazla olacağı çıkarımında bulunmamıza olanak sağlamaktadır.

Akım hızlarının, savak etrafındaki akımın karakteristiklerini nasıl etkilediğini incelemek adına Şekil 12 verilmiştir. Şekil 12, dört farklı savak için, enerji kayıplarının membadaki Froude sayısı ile ilişkisini göstermektedir.



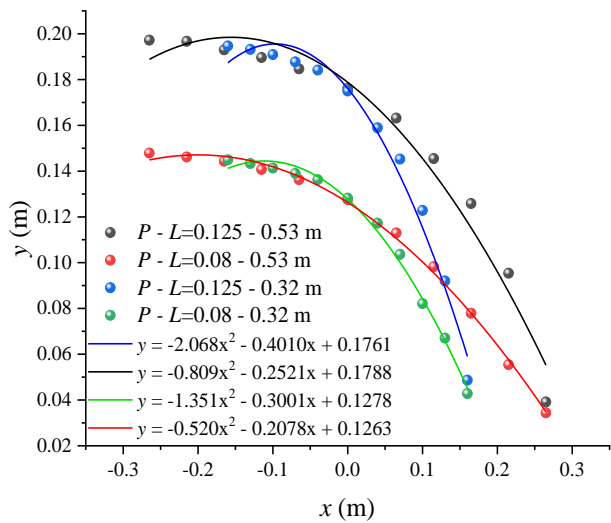
Şekil 12. Boyutsuz enerji kaybı ile Froude arasındaki ilişki

Froude sayısının artması ile birlikte enerji kayıpları azalmaktadır. Düşük debilerde, sabit bir Froude sayısı değeri ve savak yüksekliği için, savak uzunluğunun azalması ile daha büyük enerji kayıpları meydana gelmektedir.



Şekil 13.  $q = 0.0235 \text{ m}^3/\text{s.m}$  debi değeri için savak üzerindeki su seviyelerinin değişimi

Şekil 13'te  $q = 0.0235 \text{ m}^3/\text{s.m}$  değerindeki bir akımın, savak kesiti üzerinden geçerken oluşturduğu su yüzü profili sunulmuştur. Şekil 13'e göre, savak memba ucunda aynı seviyelerde başlayan su seviyesi değerleri aynı savak yükseklikleri için, savak uzunluğuna bağlı olarak değişen eğrilikler ile savak boyunca ilerlemektedir. Daha önce de belirtildiği üzere, savak yüksekliği sabit iken, savak uzunluğunun azalması ile, akımın eğriliği artmaktadır ve parabol daralma eğilimi göstermektedir. Ayrıca savak uzunluğu sabit iken, artan savak yüksekliği ile beraber akımın eğriliği de artmaktadır.



Şekil 14.  $q = 0.0358 \text{ m}^3/\text{s.m}$  debi değeri için savak üzerindeki su seviyelerinin değişimi

Şekil 14'te ise  $q = 0.0358 \text{ m}^3/\text{s.m}$  değerindeki bir akımın, savak kesiti üzerinden geçerken oluşturduğu su yüzü profili sunulmuştur. Şekil 14'e bakıldığında, tıpkı şekil 13'teki ifadeler çıkarılabilir. Ancak, Şekil 13 ve 14 arasındaki en büyük fark, artan debi değeri ile beraber akımın eğriliğinin azalma eğiliminde olduğu sonucudur.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, eliptik eğri şekline sahip savakların etrafındaki akımın incelenmesi ve su yüzü profillerinin belirlenmesi amacıyla bir dizi deneyler yürütülmüştür. Bu amaç doğrultusunda, seçilen iki savak yüksekliği (0.080 ve 0.125 m) ve iki savak uzunluğu (0.32 ve 0.53 m) için savaklar imal edilmiştir. Deney kanalına yerleştirilmiş olan bu savak yapıları kullanılarak dört farklı debi değeri için (0.0235, 0.0281, 0.0325 ve 0.0358  $\text{m}^3/\text{s.m}$ ) deneyler yapılmıştır. Bu çalışmada; savak uzunluğundaki değişimin su yüzü profili üzerinde etkili bir parametre olduğu belirlenmiştir. Özellikle düşük savak uzunluğu için, savak kretinden mansap ucuna kadar olan kesitte kalan su yüksekliklerinin düşüş hızının daha fazla olduğu gözlenmiştir. Savak yüksekliğinin artması ile birlikte su yüzü profilinin eğriliğinin arttığı belirlenmiştir. Genel olarak, debinin artması ile birlikte, nap yüklerinde artışlarla birlikte daha eğrisel bir su yüzü profili meydana gelmiştir.

#### Sembol Listesi

$\Delta E$ = Boyutsuz enerji kaybı (-)

$E_0$ = Membadaki enerji yüksekliği (L)

$Fr$ = Froude sayısı (-)

$h$ = Membada savak kreti üzerindeki su derinliği [L]

$h_0$ = Memba nap yüksekliği (L)

$L$ = Savak uzunluğu (L)

$P$ = Savak yüksekliği (L)

$q$ = Birim debi ( $\text{L}^2\text{T}^{-1}$ )

$Q$ = Debi ( $\text{L}^3\text{T}^{-1}$ )

$Re$ = Reynolds sayısı (-)

$S$ = Eğim (-)

$We$ = Weber sayısı (-)

$x$ = Yataydaki ölçüm noktalarının konumu (L)

$y$ = Memba su yüksekliği (L)

$y_1$ = Savak tepesi üzerindeki su yüksekliği (L)

$y_2$ = Mansap su yüksekliği (L)

**Kaynaklar**

- [1] N. S. Govinda Rao and D. Muralidhar, "Discharge characteristics of weirs of finite crest width," *Houille Blanche*, no. 5, pp. 537–545, 1963.
- [2] W. H. Hager and M. Schwalt, "Broad-Crested Weir," *J.Irrigat. Eng.*, vol. 120 no. 1, pp.13-26, 1994
- [3] A.H. Azimi, N. Rajaratnam, "Discharge characteristics of weirs of finite crest length," *J. Hydraul. Eng.*, vol.135, no. 12, pp. 1081–1085, 2009.
- [4] N. G. Soydan Oksal, M. S. Aköz, and O. Simsek, "Experimental analysis of flow characteristics over hydrofoil weirs," *Flow Meas. Instrum.*, vol. 79, 2021.
- [5] A.S. Ramamurthy, N.-D. Vo, "Characteristics of circular-crested weir," *J. Hydraul. Eng.*, vol. 119, pp. 1055–1062, 1993.
- [6] E. D. Atlas, M. A. Kizilaslan, and E. Demirel, "Experimental investigation of turbulent flow upstream of the broad-crested weir," *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, vol. 26, no. 3, pp. 455–461, 2020.
- [7] M. Ilkentapar, A. A. Oner, "Geniş Başlıklı Savak Etrafındaki Akımın İncelenmesi." *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg.*, vol. 6, no. 2, pp. 615–626, 2017.
- [8] O. Şimşek, M. S. Aköz and V. Gümüş, "Eğrisel Geniş Başlıklı Savak Üzerinden Geçen Açık Kanal Akımının Deneysel Ve Teorik Analizi," *Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Derg.*, vol. 26, no. 2, pp. 47-55, 2011.
- [9] M. C. Yıldız and A. Yarar, "Geniş başlıklı savaklardaki savak yüklerinin deneysel ve sayısal olarak modellenmesi," *Konya J. Eng. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 164–174, 2020,
- [10] B. S. Amruthur Ramamurthy, U. S. Tim, M. V J Rao, and A. Member, "Characteristics of Square-Edged and Round-Nosed Broad-Crested Weirs," *J. Irrig. Drain. Eng.*, vol. 114, no. 1, pp. 61–73, 1988.
- [11] M. R. Madadi, A. Hosseinzadeh Dalir, and D. Farsadizadeh, "Investigation of flow characteristics above trapezoidal broad-crested weirs," *Flow Meas. Instrum.*, vol. 38, pp. 139–148, 2014.
- [12] E. Goodarzi, J. Farhoudi, and N. Shokri, "Flow characteristics of rectangular broad-crested weirs with sloped upstream face," *J. Hydrol. Hydromechanics*, vol. 60, no. 2, pp. 87–100, 2012.
- [13] M.G. Bos, "Discharge Measurement Structures," *International Institute for Land Reclamation and Improvement, ILRI*, Wageningen, The Netherlands, 1976.
- [14] E. Bahman, A. Kabiri-Samani, M.N. Moghim, "Discharge coefficient of hydrofoil weirs based on potential flow theory around a symmetric Joukowski hydrofoil," *J. Hydraul. Res.*, pp. 1–11, 2019.
- [15] U.S. Bureau of Reclamation (USBR), Design of Small Dams, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1987.
- [16] ] U.S., Army Corps of engineers (USACE). Hydraulic Design of Spillways, U.S., Government Printing Office, Washington, DC, 1990.
- [17] S. Dönmez and R. Lekeşiz, "Silindir Savaklar İçin Savak Katsayısı", *Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak. Müh. Bilim. Derg.*, pp. 85–90, 2002.
- [18] E. Afaridegan, N. Amanian, A. Parsaie, and A. Gharehbaghi, "Hydraulic investigation of modified semi-cylindrical weirs," *Flow Meas. Instrum.*, vol. 93, 2023.