

## Doğrusal Kanallara Yerleştirilen Üçgen Labirent Yan Savaklarda Kret Uzunluğu Değişiminin Debi Katsayısına Etkisi

Nihat KAYA

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ  
e-posta: nkaya@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 25.05.2017; Kabul/Accepted: 12.07.2017)

### Özet

Yan savaklar; bir kanaldaki fazla debinin azaltılması veya herhangi bir kanaldan ihtiyaç olan debinin alınması için kullanılan bir hidrolik yapıdır. Bu çalışmada klasik yan savakların yerine labirent yan savaklar kullanılarak kret uzunluğunun farklı savaklama boyları ele alınmıştır. Çalışmanın asıl amacı, ince kenarlı labirent yan savaklarda kret uzunluğu değişiminin deşarj kapasitesine etkisini detaylı bir şekilde incelemektir. Deneyler doğrusal kanalda 25, 50, 75 cm savak genişliğine sahip, 12, 16, 20 cm kret yükseklikleri için tepe açısı 45° olan üçgen savakta yapılmıştır. Okumalar her bir kret yüksekliğinde savak memba kret uzunluğunu üç aşamalı kapatarak (kısaltılarak) alınmıştır. Deneyler de debi değişimi 7 – 130 L/s ve Froude sayısı 0.07 – 0.95 arasında değişmektedir. Deneyler, nehir rejimli ve kararlı akım şartlarında serbest savaklanma hali için yapılmıştır. Minimum nap kalınlığı 30 mm için ölçümler yapılarak, Froude ve debi katsayısı hesaplanıp gerekli grafikler çizilmiştir. Bu çalışmada, De Marchi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda debi katsayısında azalma olduğu görülmüştür. Yapılan literatür taramalarında uygulanan yöntemler ile kıyaslandığında farklılık arz etmesinden dolayı bu çalışma hidrolik alanında üçgen labirent yan savaklar konusuna büyük katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrusal kanal, Debi katsayısı, Yan savak.

## Influence on Discharge Coefficient of Crest Length Change in Triangular Labyrinth Side Weirs Placed in Straight Channels

### Abstract

Side weirs; a hydraulic structure used to reduce excess discharge in a channel or to retrieve the required discharge from any channel. In this study, different spillway lengths of crest length were considered by using labyrinth side weirs instead of classical side weirs. The main purpose of study is to examine in detail the effect of the change of the crest length variation on the discharge capacity of the thin-edged labyrinth sidewalls. Experiments were carried out in a triangular weir with a weir width of 25, 50, 75 cm in the linear channel and a top angle of 45° for crest heights of 12, 16, 20 cm. Measurements were taken by the weir upstream crest length was shortened as three stages at each crest height. The experiments were changed by taken a flow change of 7-130 L/s and Froude number of 0.07-0.95. The experiments have been carried out under subcritical flow regime and steady flow conditions. Froude numbers and discharge coefficients were calculated and necessary graphics were plotted by measuring for minimum 30 mm nappe thickness. It has been determined that there is a decrease in discharge coefficient as a result of the study by using De Marchi Method. Since this study differs in comparison with the methods applied in literature reviews, this study will contribute greatly to the discussion of triangular labyrinth sidewalls in the hydraulic field.

**Keywords:** Straight channel, Discharge coefficients, Side weirs.

### 1. Giriş

Hidrolik yapılar; suyu kontrol altına alarak suyun çeşitli amaçlar için (örneğin akarsudaki akımın rejimini düzeltmek, su seviyesi kotunu yükseltmek, akarsu taşımacılığını geliştirmek, piknik alanları oluşturmak, balık yetiştirme

çiftlikleri oluşturmak vb.) kullanılmasını sağlayan çok önemli yapılardır [1]. Savaklar, küçük yüklü nap akımlarında ve kanallarda suyun akışını ölçmek için kullanılan en eski hidrolik yapılardandır [2]. Aynı zamanda savaklar, sulamada, yağmur suyu kanallarında, suların havalandırılmasında, oksijen transferinde,

kanalizasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan hidrolik yapılandıdır.

Savaklar genel olarak keskin kenarlı savaklar, kalın kenarlı savaklar ve labirent savaklar olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır [3]. Ayrıca savaklar ya büzülmeli ya da büzülmesiz olarak inşa edilirler. Büzülmesiz savaklar normal karşıdan alışlı dolusavaklar gibi giriş kısmında herhangi bir daralma söz konusu değildir. Büzülmeli savaklarda ise kanalın her iki kısmında aynı oranda daralma yapılmaktadır [4]. Her iki tip de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Savaklar akım doğrultusuna dik olacak şekilde yerleştirildikleri gibi, kırık doğrular veya daire şeklinde ve akış doğrultusu ile bir açı teşkil edecek şekilde de yerleştirilirler. Kret şekli debi deşarj kapasitesini etkileyen parametreler arasında yer almaktadır. Savaklar, hidrolik mühendisliğinde birçok alanda kullanıldığı için, bunların akım özelliklerinin ve farklı kret şekillerinin debi katsayısına etkisinin incelenmesi yararlı olacaktır. Tullis vd. [5], labirent dolusavakların tasarım ilkeleri ile ilgili yaptıkları çalışmalarında kret şeklinin debi katsayısı üzerinde önemli etkisinin olduğunu vurgulamıştır. Amanian [6], yüksek lisans tez çalışmasında; labirent savakların tasarım performansının, savak yüksekliğinin, kalınlığının ve şeklinin debi deşarj kapasitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğunu ifade etmiştir. Aynı şekilde Waldron [7]'de yüksek lisans tezinde bu konunun önemini vurgulamış ve labirent savaklar üzerinde deneysel çalışmalar yapmıştır. Emiroğlu vd. [8], trapez labirent yan savakların hidrolik karakteristiklerini ve deşarj kapasitelerini deneysel olarak araştırmışlardır. Bu tip yan savakların debi katsayılarının klasik yan savaklarınkinden 1.5 – 4.5 kat daha fazla olduğunu sonucuna varmışlardır. Savak açıklığını geniş bir aralıkta yapılan deneyler ile incelemişlerdir. Etkili tüm boyutsuz parametreler dikkate alan doğrusal olmayan bir eşitlik elde etmişlerdir.

Emiroğlu vd. [9] bir ve iki gözlü trapez labirent yan savakların hidrolik karakteristiklerini deneysel olarak araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada De Marchi yaklaşımını uygulayarak belirli bir savak açıklığında bir gözlünün mü yoksa iki gözlünün mü daha uygun olduğunu ayrıntılı olarak

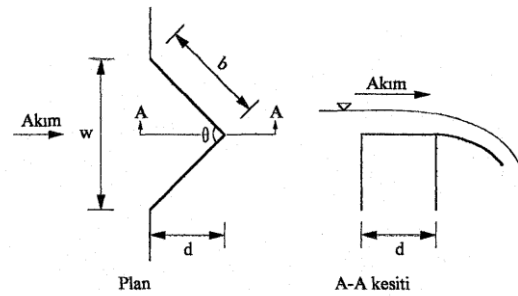
incelemişlerdir. Hem bir gözlü trapez labirent yan savak için ve hem de iki gözlü trapez labirent yan savak için doğrusal olmayan güvenilir eşitlikler elde etmişlerdir.

Savağın etkili kret uzunluğu artırılarak dolusavakların deşarj kapasiteleri artırılabilir. Bu amaçla çeşitli geometrik plan formlarına sahip savakların projelendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Dikdörtgen yan savakların yerine çok daha büyük debi deşarj kapasitesine sahip labirent yan savakların kullanılmasının daha avantajlı olacağı inanılmaktadır. Bu nedenle labirent yan savak tipinin de alternatifler arasında yer alacağı kaçınılmazdır. Labirent ismini savağın geometrik formundan almaktadır. Labirent savak uygulaması bulunan bazı barajlar şunlardır: Ritschard Barajı (ABD), Sarioğlan Barajı (Türkiye), Kızılcapınar Barajı (Türkiye), Avon Barajı (Avusturalya), Hyrum Barajı (A.B.D), Ute Barajı (A.B.D), Lake Brazos Dam (Texas) [10].



Şekil 1. Lake Brazos Barajı (Texas) [11]

Üçgen labirent savaklar, kreti düz olmayan savak çeşididir. Kretin düz olmamasından dolayı kret uzunluğu artmaktadır. Bu artan kret uzunluğu labirent savaklarda, memba seviyesinin düşmesi gibi önemli bir avantaj meydana getirmektedir. Kret boyunun artırılmasıyla daha fazla debi geçirmek mümkün olmaktadır. Şekil 2'de üçgen labirent savak plan ve boykesiti verilmiştir.



Şekil 2. Üçgen labirent savak plan ve boykesiti

Bu çalışmada, bu güne kadar kullanılan ince kenarlı yan savakların (klasik savaklar) yerine labirent yan savaklar kullanılmış olup, üçgen labirent yan savaklarda farklı kret şekillerinin debi deşarj kapasitesi üzerine etkisi deneysel olarak detaylı bir şekilde incelenmiş ve literatürdeki verilerle karşılaştırma yapılmıştır. Yan savak debi katsayısının hesaplanmasında farklı metotlar kullanılabilir. Bu çalışmada, De Marchi metodu kullanılarak farklı kret uzunlukları için bir dizi deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney modelinden elde edilen veriler kullanılarak, debi katsayısının hem Froude sayısına ( $Fr$ ) ve hem de boyutsuz nap yükü değerine  $[(y_1-p)/p]$  göre değişimleri incelenmiştir.

## 2. Debi Katsayısı Belirleme Yöntemi

### 2.1. De Marchi yaklaşımı

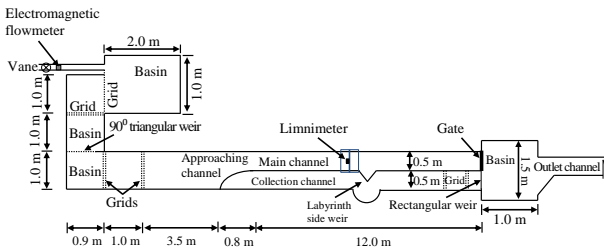
De Marchi debi katsayısını belirlemek için, yan savak boyunca özgül enerjinin sabit kaldığını varsayarak teorik bir çalışma yapan ilk araştırmacılar arasında yer almaktadır. Su yüzü diferansiyel denkleminin kapalı çözümü için ilk kez De Marchi [12] tarafından bir yaklaşım geliştirilmiş ve (1) eşitliği elde edilmiştir.

$$C_d = \frac{3}{2} \frac{B}{L} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad (1)$$

Burada;  $C_d$ =debi katsayısını,  $B$ =ana kanal genişliğini,  $L$ =savak açıklığını ifade etmektedir. ( $\Phi_i$ ) için geçerli olan eşitlik, (2) bağıntısında sunulmuştur. ( $\Phi_i$ ) değişken akış fonksiyonu,  $E$  özgül enerji,  $y$  akım derinliği,  $p$  savak yüksekliğini göstermektedir.

$$\Phi_i = \frac{2E_i - 3p}{E_i - p} \sqrt{\frac{E_i - y_i}{y_i - p}} - 3 \sin^{-1} \left( \sqrt{\frac{E_i - y_i}{y_i - p}} \right) \quad (2)$$

### 3. Deney Düzeneği ve Deneysel Çalışma



Şekil 3. Deney seti

Deneyler, Şekil 3'de gösterilen deney düzeneği kullanılarak Fırat Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

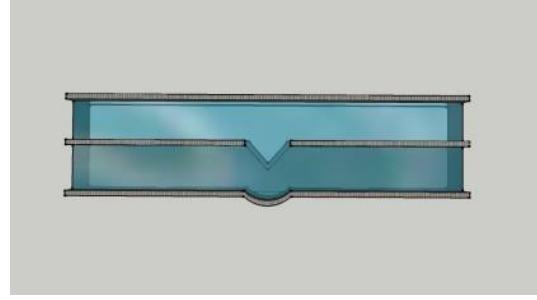
Kullanılan deney setinin uzunluğu 18.20 m olup ana ve toplama kanalının genişliği 0.50 m ve eğimleri 0.001'dir. Yan duvarları cam ile kapatılmış olan ana kanalın derinliği 0.50 m ve toplama kanalının derinliği ise 0.70 m'dir (Şekil 3). Ana kanal ile toplama kanalı birbirinden ince bir sac ile ayrılmıştır. Deneylerde üçgen labirent yan savak kullanılmıştır. Üçgen labirent yan savak, tam gelişmiş akım koşullarını sağlayacak şekilde, kanalın giriş kısmından belli bir mesafe sonra bırakılmıştır. Yan savakların yerleştirileceği kısımların karşısındaki toplama kanalı genişliği 1.30 m yarıçapında daire şeklinde tasarlanmıştır. (Şekil 3). Bunun nedeni, akıma herhangi bir müdahale olmadan labirent yan savaktan serbest naplı savaklanmanın sağlanmasıdır. Akım derinliği,  $x$  ve  $y$  doğrultusunda hareket edebilen ölçüm arabasına monteli bir dijital limnometre (Mitutoyo marka,  $\pm 0.01$  mm hassasiyetli) ile ölçülmüştür. Sistem için debi, ana hazneye bağlı 0.25 m çaplı ana borudan cazibeli olarak akıtılmıştır. Debi, besleme hattına monte edilmiş bir Siemens elektromanyetik akış ölçer vasıtasıyla  $\pm 0.01$  L/s doğrulukla ölçülmüştür. Ayrırma duvarının üzerinde çeşitli kret yüksekliklerinde üçgen labirent yan savaklar yerleştirilmiştir. Kararlı akım şartlarını sağlamak için, kanalın memba kısmına ve toplama kanalının sonundaki uygun kısımların önüne delikli tuğlalar bırakılmıştır. Özellikle ölçek etkilerinden doğabilecek ölçek etkilerini minimize etmek için, minimum nap yüksekliği 0.03 m alınmıştır. Deneylerde debi değerleri 7 ve 130 L/s arasında, Froude sayısı ise 0.07 ile 0.95 arasında değiştirilmiştir. Deneyler; sabit tabanlı doğrusal kanalda  $L=0.25, 0.50, 0.75$  m savak genişliklerinde,  $p=0.12, 0.16$  ve  $0.20$  m kret yüksekliklerinde ve  $\alpha=45^\circ$  lik tepe açısına sahip üçgen labirent yan savaklar kullanılarak yapılmıştır. Deneyler serbest savaklanma hali için, nehir rejimli ve kararlı akım şartlarında gerçekleştirilmiştir. Labirent yan savak teknesi ile ana kanal kotu aynı seviyededir. Bu çalışmada, üç farklı levha boyutuyla birlikte savak uzunluğunun kapatıldığı (dolayısıyla kısaltıldığı) ve savak uzunluğunun kapalı

olmadığı durumlar için deneyler yapılmıştır. Ayrıca memba ve mansap uçlarındaki özgül enerjiler dikkate alındığında rölatif özgül enerji değeri %4'ten oldukça küçük olduğundan De Marchi yaklaşımı da güvenle kullanılmıştır.

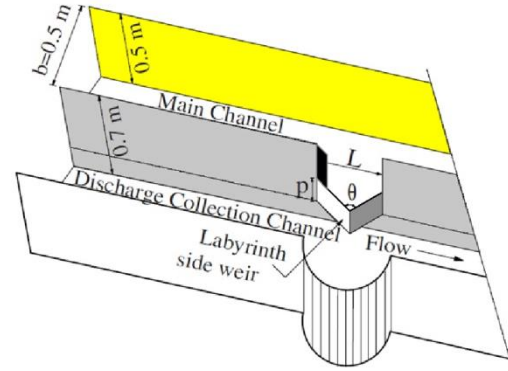
**Tablo 1.** İncelenen değişken aralığı

Değişkenler	Aralıklar
Kanal genişliği, $B$ (m)	0.50
Savak açıklık uzunluğu, $L$ (m)	0.25, 0.50, 0.75
Yan savak derinliği, $d$ (m)	0.3018, 0.6035, 0.9053
Labirent yan savağın toplam savak kret uzunluğu, $\ell$ (m)	0.3266, 0.6533, 0.9799
Savak yüksekliği, $p$ (m)	0.12, 0.16, 0.20
Kanal tabanının eğimi, $J_0$ (-)	0.001
Ana kanal debisi, $Q_1$ (m <sup>3</sup> /s)	0.007-0.130
Memba froude sayısı, $F_r$ (-)	0.07-0.95
Memba akım derinliği, $y_1$ (m)	0.15-0.28
Üçgen labirent yan savak tepe açısı, $\alpha$ (-)	45°

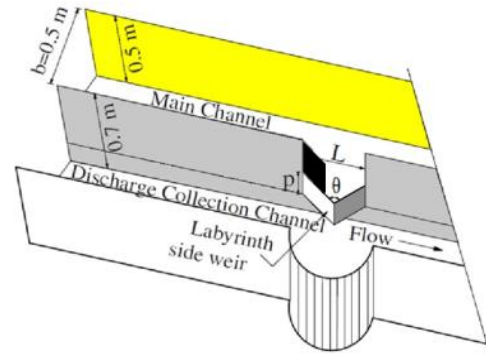
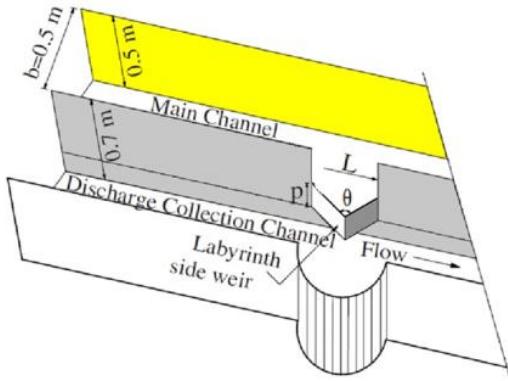
İlk olarak, üç farklı kret yükseklikli yan savak için kret uzunlukları üç aşamalı (1/3, 2/3, 3/3) olarak kapatılıp eksen ve kıyı şeridinde derinlik okumaları gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'te gösterildiği gibi, memba kret uzunluğu levhalar yardımı ile kapatılmıştır. Levhalar 3 mm kalınlığında çelik malzemeden yapılmış olup korozyona karşı boyanmıştır. Emiroğlu vd. [13] tarafından kret uzunluğunun tam açık hali için yapılan deneylerin verileri alınarak grafikler çizilip kıyaslamalar yapılmıştır ( $p = 0.12, 0.16$  ve  $0.20$  m).

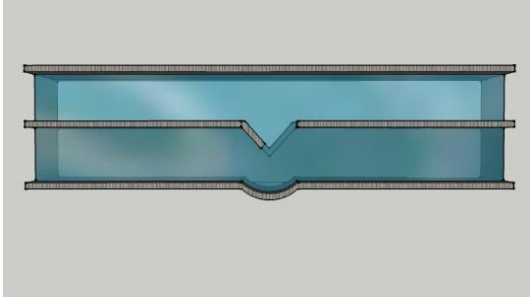


**Şekil 4. a.** Tam açık üçgen labirent yan savak

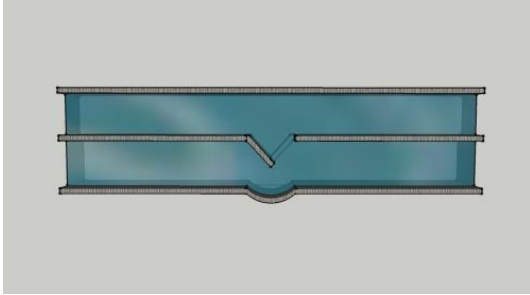
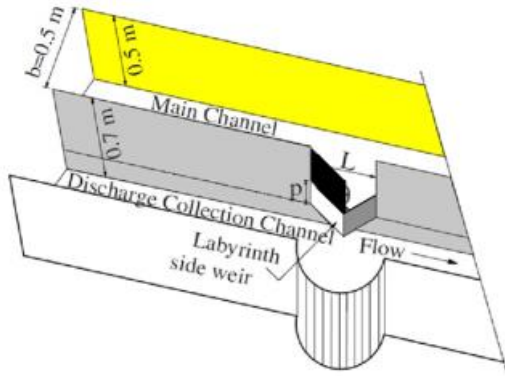


**Şekil 4. b.** 1/3 Kapalı üçgen labirent yan savak



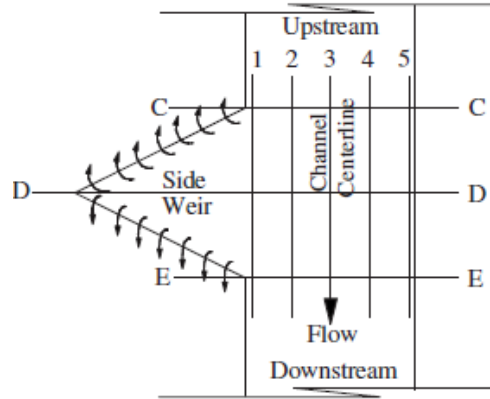


Şekil 4. b. 2/3 Kapalı üçgen labirent yan savak



Şekil 4. c. 3/3 Kapalı üçgen labirent yan savak

Şekil 5'de görüldüğü gibi, su derinliği ölçümleri, C3, D3 ve E3 kanal merkez hattı boyunca ve ana kanalın C1, D1 ve E1'in yan savak tarafındaki noktalarda limnimetre kullanılarak yapılmıştır. Limnimetre, ray üzerinde her iki yönde de hareket edebilen özel bir düzenek yardımıyla okumalar gerçekleştirilmiştir [13].



Şekil 5. Uzunlamasına derinliklerin ölçüldüğü yerler [13]

Deneyler serbest savaklanma hali için, nehir rejimli ve kararlı akım şartlarında yapılmıştır. Novak ve Cabelka [16] yapmış oldukları çalışmada minimum nap yüksekliği 0.03 m'den az olmaması gerektiğini göstermiştir. Bu nedenle minimum nap yüksekliği 30 mm olarak kabul edilmiştir. Deneyler 0.25, 0.50, 0.75 m savak uzunluğu, 0.12, 0.16 ve 0.20 m savak yüksekliği ve 45° savak tepe açısında yapılmıştır. Tablo 1'de test değişkenleri aralığı ve labirent yan savak gösterim ve noktaları gösterilmiştir. Doğrusal kanaldaki labirent yan savak akışının iyi bir fiziksel tanımlamasının ardından labirent yan savak akış oranları, farklı Froude sayısı, farklı  $p / y_1$  oranı, farklı  $\ell / L$  oranının debi katsayısı üzerindeki değişimini göstermek amacıyla bir dizi deneyler yapılmıştır.

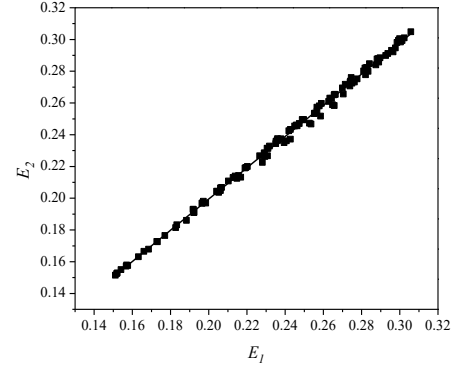
#### 4. Bulguların Yorumlanması

Bu çalışmada, labirent yan savaklarda memba kret uzunluklarının debi katsayısı üzerine etkisini incelemek için, özellikle Froude sayısı  $Fr$ , boyutsuz kret yüksekliği  $p/y_1$ , boyutsuz savak genişliği  $L/B$ , boyutsuz kret uzunluğu ve tepe açısı  $\alpha$  dikkate alınarak deneyler yapılmıştır.

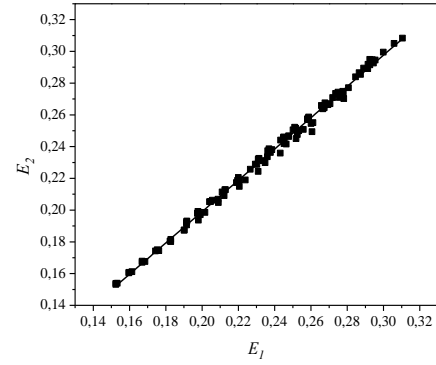
Yan savakların tasarımında en yaygın ve temel ilkelerinden biri olan De Marchi [12] yöntemini uygulamak için ana kanal dikdörtgen kesitli olarak düzenlenmelidir. Aksi takdirde, yöntem kesit alanı için uyarlanmalıdır. Yan savağın memba ve mansabında sabit bir spesifik enerjinin kabul edilmesi sağlanmalıdır. Deneyler

dikdörtgen kesiti olan açık bir kanalda yapılmasından dolayı De Marchi denklemi uyarlanmaksızın uygulanmıştır. Dahası, De Marchi denkleminin kullanılması için, yan savak memba ve mansap arasındaki spesifik enerjideki fark ihmal edilebilir durumu göz önünde bulundurulmalıdır (< % 4) [14]. Şekil 6'da görüldüğü gibi farklı  $L/B$  oranları için çizilen  $E_1$  ve  $E_2$  değerlerine ait grafiklerde hemen hemen tüm değerlerin  $45^\circ$  çizgi hattına yakınsadığı görülmüştür.  $E_1$  ve  $E_2$  arasındaki ortalama fark hesaplamalar sonucunda yaklaşık %0.47 olduğundan De Marchi yaklaşımının güvenle uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

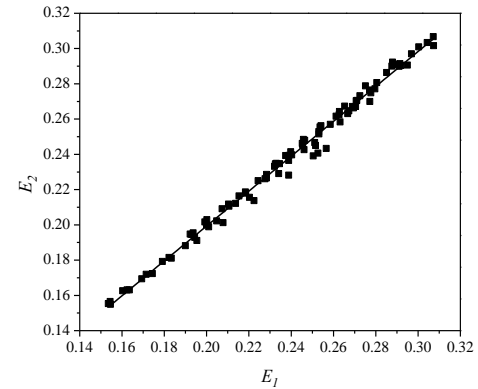
Debi katsayısı üzerindeki  $(y_1-p)/p$  parametresinin etkisini göstermek için,  $C_d'$  ye karşı  $(y_1-p)/p$  değerleri Şekil 7'de grafiklerde verilmiştir. Şekil 7,  $(y_1-p)/p$  değeri arttıkça debi katsayısının azaldığını göstermektedir. Yine Şekil 7'de görülebileceği gibi, üçgen yan savak kapasitesi de nap ile değişim göstermektedir. Khode ve diğ. [15] labirent dolusavaklardaki deşarj kapasitesinin su nap kalınlığı arttıkça azaldığını bulmuşlardır. Benzer şekilde, bu çalışmada su nap kalınlığı arttıkça deşarj kapasitesinde de düşme gözlemlenmiştir. Akım derinliği küçük olduğunda, akış savağın tüm uzunluğu boyunca serbestçe düşmektedir. Hava akışı mansap ve köşelerden erişime sahiptir. Emiroğlu ve diğ. [13] düşük eğim açılarında bu azalış eğiliminin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Şekil 7'de, napın artmasıyla, tepe üzerindeki akış yan savakların üzerindeki akıştan dolayı değişime uğramaktadır. Şekil 7. (a), (b) ve (c)'de gösterildiği gibi  $L/B=0.5$  oranında tam açık ve  $1/3$  kapalı durumu yer yer birbirleri ile yer değişimi göstermesine rağmen tam açık durumunda debi katsayısı daha yüksektir. Üç grafikte gösteriyor ki, debi katsayısının yüksek olduğu durum tam açık halidir. Sırasıyla  $1/3$ ,  $2/3$  ve  $3/3$  kapalı durumu izlemektedir.



(a)

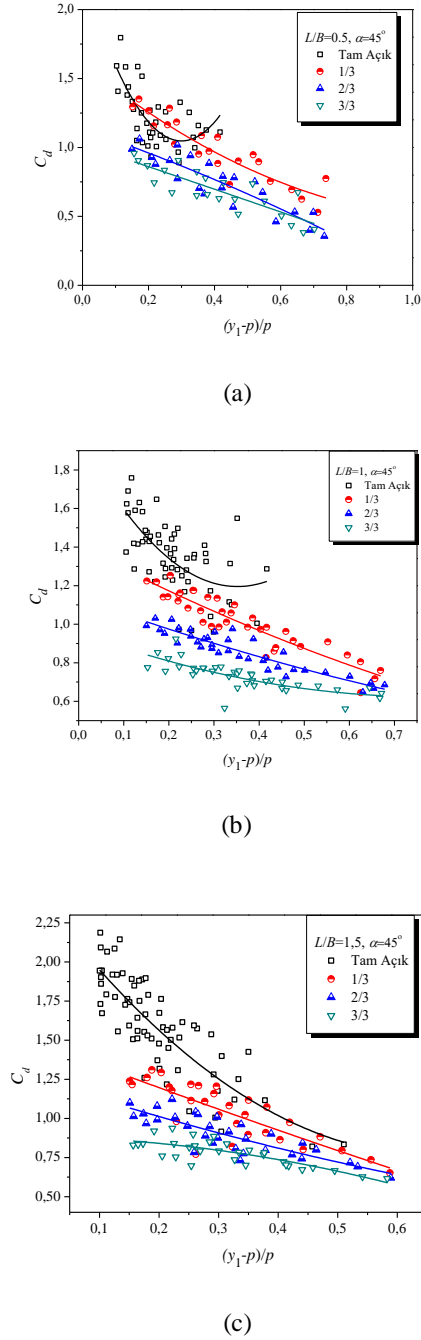


(b)



(c)

Şekil 6.  $E_1$  ile  $E_2$  karşılaştırılması: a)  $L/B = 0.5$   
b)  $L/B = 1.0$  c)  $L/B = 1.5$



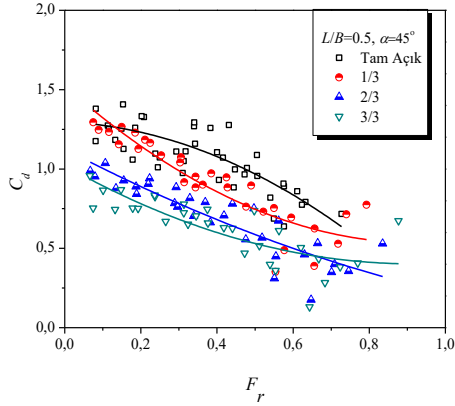
**Şekil 7.** Savak kret uzunlukları ve farklı  $L/B$  değerleri için  $(y_1-p)/p$  değerlerine karşı debi katsayısının ( $C_d$ ) değişimi: **a)**  $L/B = 0.5$  **b)**  $L/B=1$  **c)**  $L/B=1.5$

Şekil 8 de,  $L/B=0.50, 1.0, 1.5$  boyutsuz savak genişlikleri için tam açık,  $1/3, 2/3$  ve  $3/3$  farklı boyutsuz savak kret uzunlukları ile birlikte, Froude sayısı ile deşarj katsayısının değişimini

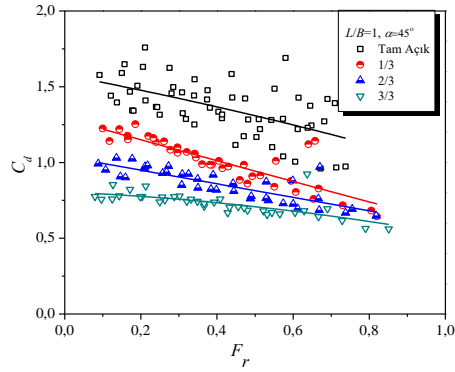
vermektedir. Debi katsayısı ( $C_d$ ), Froude sayısının ( $Fr$ ) artmasıyla azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, azalma eğilimi düşüktür. Şekil 8a'da düşük Froude sayılarında tam açık ile  $1/3$  kapalı durumlarına bakıldığında birbirlerine yakın değerler elde edilmiş olduğu görülmektedir. Froude sayısının artması ile debi katsayısının düşmesi durumunda ise  $2/3$  ile  $3/3$  kapalı durumları yakın seyir etmektedir. Şekil 8(a), (b) ve (c) grafiklerinden çıkan sonuç  $L/B=0.5, 1.0, 1.5$  oranları için en iyi debi katsayısının tamamen açık olması durumunda söz konusudur. Sırasıyla  $1/3, 2/3, 3/3$  oranında memba kret uzunluklarının kapatılması ile debi katsayısında azalma görülmüştür. Şekil 8'de görüldüğü gibi tam açık durumda ( $C_d$ ) daha fazla değişkenlik gösterdiği (saçılım) görülmektedir. Fakat diğer durumlarda bu kadar saçılım söz konusu değildir.

Şekil 9'da verilen grafiklerde yan savaklarda memba kret uzunluğunun farklı  $L/B$  oranlarına göre debi katsayısı ile Froude sayısı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Görülen o ki; burada da Froude sayısının artması ile debi katsayısında azalma olduğu görülmektedir. Debi katsayısının, kret uzunlukları dikkate alındığında  $L/B$  oranlarına göre yüksek çıktığı oran  $1.5$ 'dir. Bunu sırasıyla  $1.0, 0.5$  oranları izlemektedir.

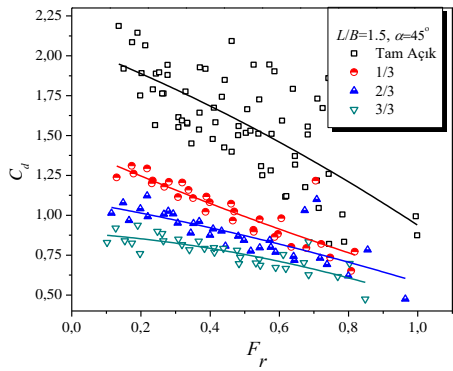
Memba kret uzunluğunun farklı  $L/B$  oranlarına göre debi katsayısı ile  $(y_1-p)/p$  arasındaki bağıntıyı vermektedir (Şekil 10). Şekil 10'daki verilere dayanarak, debi katsayısının en düşük olduğu  $L/B=0.5$  durumudur.  $L/B=1.0$  ve  $1.5$  oranları birbirine yakın seyir etmektedir. Şekil 10a gösteriyor ki  $(y_1-p)/p$  oranının yaklaşık  $0.25$  değerinden sonra  $L/B=1.5$  ve  $1.0$  değerleri yer değiştirmektedir. Aynı durum Şekil 10b'de yaklaşık  $0.32$  ve Şekil 10c'de yaklaşık  $0.46$  değerlerinde ortaya çıkmaktadır.



(a)

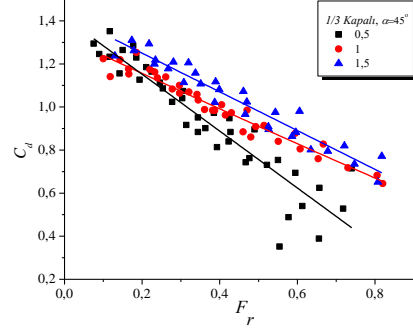


(b)

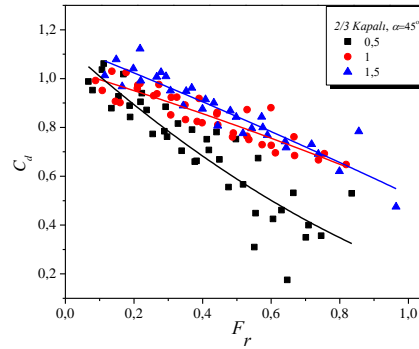


(c)

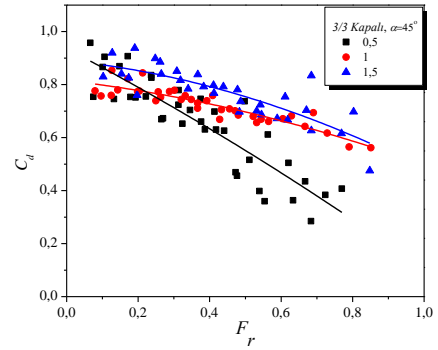
**Şekil 8.** Farklı savak kret uzunlukları ve farklı  $L/B$  değerleri için debi katsayısı ( $C_d$ ) ile Froude sayısına ( $Fr$ ) göre değişimi: **a)**  $L/B = 0.5$  **b)**  $L/B = 1$  **c)**  $L/B = 1.5$



(a)



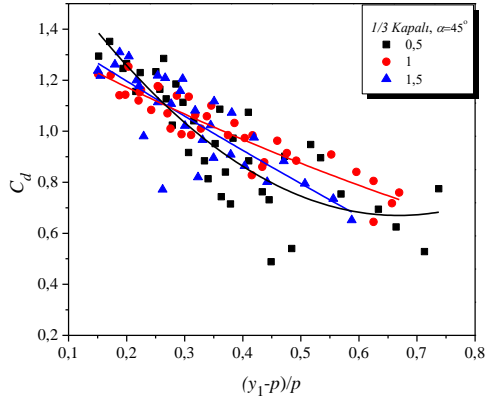
(b)



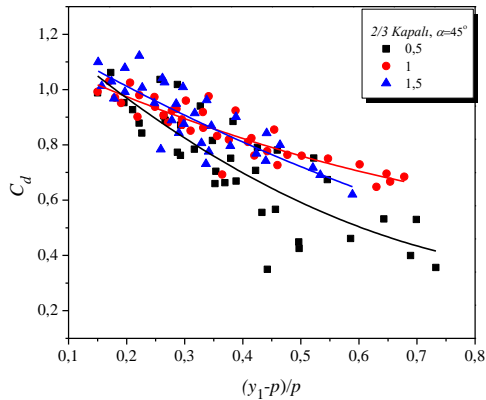
(c)

**Şekil 9.** Farklı membra kret uzunluklarında ve  $L/B = 0.5, 1.0, 1.5$  durumunda debi katsayısı ( $C_d$ ) ile Froude sayısının ( $Fr$ ) değişimi: **a)** 1/3 Kapalı **b)** 2/3 Kapalı **c)** 3/3 Kapalı

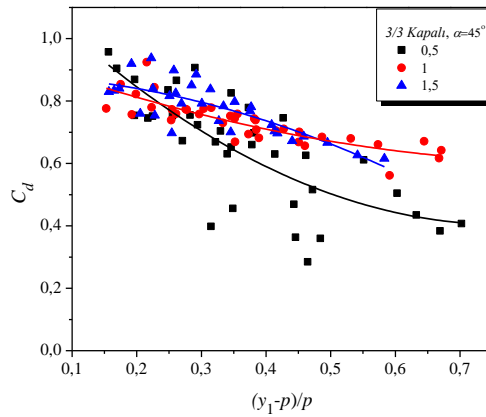




(a)



(b)



(c)

**Şekil 10.** Savak kret uzunluklarının ve farklı  $L/B$  değerleri için  $(y_1-p)/p$  değerlerine karşı debi katsayısının ( $C_d$ ) değişimi: **a)** 1/3 Kapalı **b)** 2/3 Kapalı **c)** 3/3 Kapalı

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, üçgen yan savakların deşarj kapasiteleri, sabit boyutsuz yan savak uzunlukları ( $L/B$ ) ve kret yükseklikleri ( $p$ ) ile birlikte yan savak tepe açısı ( $\alpha=45^\circ$ ) için debi katsayısının değişimi Froude sayısına göre irdelenmiş ve De Marchi yöntemi uygulanarak hesaplanmıştır. De Marchi yaklaşımı, çeşitli debi katsayılarının hesaplanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Laboratuvar deneyleri, doğrusal kanal üzerinde bulunan labirent yan savak üzerinde  $Fr$ ,  $p/h_1$ ,  $L/b$ ,  $L/\ell$  boyutsuz parametrelerin debi katsayısı üzerindeki etkisini araştırmak için yapılmıştır. Deney verileri ve grafikler yorumlandığında Froude sayısının artması ile debi katsayısında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tepe açısının  $45^\circ$  olduğu, farklı kret uzunlukları ve farklı  $L/B$  oranları için  $Fr$  ve  $C_d$  karşılaştırıldığında, maksimum debi katsayısının tamamen açık üçgen labirent yan savakta olduğu görülmüştür. Maksimumdan minimum değere göre sıralama yapılması durumunda memba kret uzunluklarının 1/3, 2/3, 3/3 oranında kapatılarak yapılan seriler olduğu gözlemlenmiştir. Memba kret uzunluğunun azalması durumunda debi katsayısında bir azalma olduğu görülmüştür.  $(y_1-p)/p$  oranı arttıkça debi katsayısının azaldığı sonucuna varılmıştır. Bazı grafiklerde memba kret uzunluğunun tam açık olduğu durum ile 1/3 kapatılma durumu ne kadar yakın olsalar bile tam açık olması durumunda debi katsayısı daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, doğrusal kanalda yapılan deneyler de üçgen labirent yan savakların memba kret uzunluğunun azaltılması debi katsayısında azalmaya neden olmuştur. Aynı zamanda  $L/B$  oranı arttıkça debi katsayısında artış gözlemlenmiştir.

## 6. Kaynaklar

1. USBR, (1987). Design of Small Dams 3rd edition, Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior.
2. USBR, (2001). Water Measurement Manual 3rd edition, Water Resources Research Laboratory, Bureau of Reclamation, U. S. Department of the Interior.

3. Chanson, H. (2004). The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction. *Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2nd edition*, 630 pages (ISBN 978 0 7506 5978 9).
4. Sturm, T.W. (2001). Open Channel Hydraulics . McGraw Hill, Boston, USA, *Water Resources and Environmental Engineering Series*, 493 pages.
5. Tullis, J.P., Amanian, N. and Waldron, D., (1995). Design of Labyrinth Spillway. *Journal of Hydraulic Engineering*, **121(3)**:247-255.
6. Amanian, N. (1987). Performance and design of labyrinth spillway. *MSc thesis, Utah State University, Logan, Utah*.
7. Waldron, D.R. (1994). Design of labyrinth weirs. *MSc thesis, Utah State University, Logan, Utah*.
8. Emiroglu, M.E. and Kaya, N. (2011). Discharge coefficient for trapezoidal labyrinth side weir in subcritical flow. *Water resources management*, **25(3)**: 1037-1058.
9. Emiroglu, M.E., Aydin, M.C. and Kaya, N. (2014). Discharge characteristics of a trapezoidal labyrinth side weir with one and two cycles in subcritical flow. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000709.
10. Emiroglu, M.E., Tunc, M. and İkinciogulları, E. (2016). Determination of Discharge Capacity at The Triangular Labyrinth Side Weirs Using Different Approaches. *10th Icold European Club Symposium, Antalya*
11. <https://www.freese.com/our-work/lake-brazos-labyrinth-weir>
12. De Marchi, G. (1934). Essay on the performance of lateral weirs. *L'Energia Elettrica*, Milan. **11(11)**: 849-860.
13. Emiroglu, M.E., Agaccioglu, H. and Kaya, N. (2011). Discharging capacity of rectangular side weirs in straight open channels. *Flow Measurement and Instrumentation*. **22(4)**: 319-330.
14. Emiroglu, M.E., Kaya, N. and Agaccioglu, H. (2010). Discharge capacity of labyrinth side weir located on a straight channel. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000112, 37–46.
15. Khode, B.V., Tembhurkar, A.R., Porey, P.D. and Ingle, R.N. (2012). Experimental studies on flow over labyrinth weir. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000336, 548–552.
16. Novák, P. and Cabelka, J. (1981). Models in hydraulic engineering; physical principles and design applications. *Pitman Advanced Publishing Program*.