

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

**FARKLI TİP VENTURİ SAVAKLARDA HAVA GİRİŞ
ORANLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Turğut KAYA

Anabilim Dalı: Yapı Eğitimi

Programı: Yapı Eğitimi

ŞUBAT-2010

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

**FARKLI TİP VENTÜRİ SAVAKLARDA HAVA GİRİŞ
ORANLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Turğut KAYA

(07125105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Ocak 2010

Tezin Savunulduğu Tarih: 11 Şubat 2010

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Fahri ÖZKAN (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ahmet BAYLAR (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Servet YILDIZ (F.Ü)

ŞUBAT-2010

ÖNSÖZ

Tez ve bilimsel anlamda bu çalışmayı yöneten ve çalışmalarım sırasında büyük desteğini ve emeğini gördüğüm danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Fahri ÖZKAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmasının deneylerinin yapım aşamasında ve hazırlanmasında zamanını ayırarak bu çalışmanın meydana gelmesinde büyük katkıları olan Doç.Dr. Ahmet BAYLAR'a, Yrd. Doç. Dr. Davut HANBAY'a ve Doç.Dr. Salih YAZICIOĞLU'na ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Turğut KAYA
ELAZIĞ - 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	IX
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	3
3. HAVALANDIRMA AMAÇLI KULLANILAN HİDROLİK YAPILAR....	6
3.1. Havalandırma Amaçlı Kullanılan Serbest Yüzeyli Hidrolik Yapılar.....	9
3.1.1. Savaklar.....	9
3.1.1.2. Savakların Penetrasyon Derinliği.....	13
3.1.2. Basamaklı Kaskatlar.....	14
3.1.3. Serbest Yüzeyli Konduitler.....	16
3.2. Havalandırma Amaçlı Kullanılan Basınçlı Akım Sistemleri.....	16
3.2.1. Su Jetleri.....	16
3.2.2. Venturiler.....	18
3.2.2.1. Venturi Aygıtının Havalandırma Amaçlı Kullanımı.....	18
3.2.3. Basınçlı Konduitler.....	19
4. YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ.....	20
4.1. Yapay Sinir Ağları.....	21
4.2. Uyarlamalı Bulanık Sinir Ağ Yapısı.....	23
5. MATERYAL VE METOT.....	26
6. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	34
7. YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE DENEY SONUÇLARININ MODELENMESİ.....	53
7.1. Uyarlamalı Bulanık Sinir Ağ Yapısı ile Deney Sonuçlarının Modellenmesi....	54
7.1.1. Daralma Oranı $\beta=0.75$ için UBSA' nın Uyarlanması.....	54
7.1.2. Daralma Oranı $\beta=0.50$ için UBSA' nın Uyarlanması.....	56
7.2. Yapay Sinir Ağ Yapısı ile Deney Sonuçlarının Modellenmesi.....	57
7.2.1. Daralma Oranı $\beta=0.75$ için YSA' nın Uyarlanması.....	57
7.2.2. Daralma Oranı $\beta=0.50$ için YSA' nın Uyarlanması.....	59
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Havalandırma, havanın su ile temas yüzeyini artırarak, suyun fiziksel ve kimyasal karakteristiklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan doğal ya da yapay bir metottur. Hidrolik yapılar, suya sürüklenen hava kabarcıkları ile su arasında yoğun türbülans ve karıştırma yapmak suretiyle hava transfer verimini artırabilen önemli yapılardır. Havalandırma çalışmaları uzun sürelerden beri laboratuvarlarda yaygın biçimde araştırılan savaklar bu hidrolik yapıların en bilinen örneklerindendir. Bu tezde venturi savakların hava giriş performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, venturi savakların hava giriş oranı bakımından çok etkili olduğunu ancak, havalandırma açısından venturi savaklarda tip etkisinin önemli olmadığını göstermiştir. Çalışmamızda Froude sayısı ve hava transfer oranı ile bağıntılı olarak farklı daralma oranları için ampirik bağıntılarda elde edilmiştir

Yapay zeka metotları günümüzde pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmamızda da elde edilen deney sonuçlarından yararlanarak, yapay zeka metotları vasıtasıyla, venturi savakların hava giriş oranlarını tahmin etmek için model geliştirilmiştir. Bu amaçla, uyarlamalı bulanık sinir ağları (UBSA) ve yapay sinir ağları (YSA) metotları kullanıldı. UBSA model ile tahmin edilen sonuçlar ile deneysel ölçümlerin doğruluk derecesinin YSA' dan biraz daha yüksek olduğunu göstermiştir. UBSA model ortalama korelasyon katsayısı (R^2) $\beta=0.75$ için 0.9623, $\beta=0.50$ için 0.9666 olarak elde edilmiştir. Tahmin edilen ve ölçülen değerler arasında büyük bir uyum bulunan UBSA metodu venturi savakların hava giriş oranlarını tahminde başarıyla kullanılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Hava Giriş Oranı, Venturi, Savak, UBSA, YSA

SUMMARY

An Investigation of Effect of Venturi Weir Type on Air Entrainment Ratio

Aeration is a natural or mechanical process of increasing the contact between water and air for the purpose of releasing entrained gases, adding oxygen, and improving the chemical and physical characteristics of water. Hydraulic structures can be accepted as the key components in improving aeration efficiency because of the strong turbulent mixing associated with substantial air bubble entrainment at these structures. Weir is the most classic example of a hydraulic structure where aeration occurs and the aeration properties of such a structure has been widely studied in the laboratory and field over a number of years. The present paper investigates the effect of the venturi weir type on air entrainment ratio. The results indicate that the venturi weirs are highly effective in terms of air entrainment ratio but however, the venturi weir type do not have a significant effect air entrainment ratio. Moreover, regression equations are obtained for the venturi weirs relating air entrainment ratio to jet Froude number.

Artificial intelligent methods are today extensively used in many areas. In this study was to develop a model, using artificial intelligent methods, for estimating air entrainment ratio in venturi weirs. For this aim, Adaptive Network based Fuzzy Inference Systems (ANFIS) and artificial neural network (ANNs) methods were used. The test results revealed that ANFIS model predicted the measured values at higher accuracy than ANNs model. Average correlation coefficients (R^2) in ANFIS models were achieved equal to 0.9623 for $\beta = 0.75$ and 0.9666 for $\beta = 0.50$. Extremely good agreement between the predicted and measured values confirms that ANFIS model can be successfully used to predict air entrainment ratio in venturi weirs.

Key Words: Air Entrainment Ratio, Venturi, Weir, ANFIS, ANN

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. a-b Savaklar.....	6
Şekil 3.2. a-b Dolusavaklar.....	7
Şekil 3.3. Kapaklı eşik (batmış akım durumu).....	7
Şekil 3.4. Kapaklı dipsavak.....	7
Şekil 3.5. Doğal olarak havalanan akım örnekleri.....	8
Şekil 3.6. a-e Şekil bakımından ince kenarlı savak tipleri.....	10
Şekil 3.7. a-d Şekil bakımından kalın kenarlı savak tipleri.....	11
Şekil 3.8. a-c Üçgen labirent savak.....	12
Şekil 3.9. Savaklarda hava giriş mekanizmaları.....	13
Şekil 3.10. a-c Basamaklı kaskatlarda akım tipleri.....	15
Şekil 3.11. Basamaklı kaskat yapıların tasarım parametreleri.....	15
Şekil 3.12. Serbest yüzeyli konduitte iki fazlı akım.....	16
Şekil 3.13. Su jeti tipleri.....	17
Şekil 3.14. Hava delikli ağızlıklar.....	17
Şekil 3.15. Bir venturi aygıtının görünümü.....	18
Şekil 3.16. Venturi aygıtının havalandırma amaçlı kullanımı.....	18
Şekil 3.17. Kapaklı konduit mansabında iki fazlı akım.....	19
Şekil 3.18. a-g Kapaklı konduit içerisindeki oluşan iki fazlı akım rejimleri.....	20
Şekil 4.1. Biyolojik nöronun şematik yapısı.....	22
Şekil 4.2. Bir YSA hücresi modeli.....	22
Şekil 4.3. YSA'lar için kullanılan bazı eşik fonksiyonları.....	23
Şekil 4.4. 2 girişli 4 kurallı bir UBSA sınıflandırıcı yapısı.....	24
Şekil 5.1. a-f Deneyler için kullanılan farklı tip venturi savaklar.....	27
Şekil 5.2. Venturi savaktan serbest düşen jet.....	28
Şekil 5.3. Venturi savak görünüşleri.....	29
Şekil 5.4. Venturi savaktan serbest düşen jet ile hava sürüklenme.....	29
Şekil 5.5. Deney düzeneği.....	30
Şekil 5.6. a-f Deney düzeneği ve deneylerde kullanılan materyallere ait fotoğraflar.....	33

Şekil 6.1.	a-f Farklı savak tipleri ve daralma oranları için Froude sayısı ve debiye bağlı olarak Q_h/Q_s değişimi.....	37
Şekil 6.2.	a-f Farklı savak tipleri ve daralma oranları için düşme yüksekliği ve debiye bağlı olarak Q_h/Q_s değişimi.....	40
Şekil 6.3.	a-c Farklı savak tipleri ve daralma oranları için Froude sayısı ile Q_h/Q_s değişimi.....	42
Şekil 6.4.	a-f Farklı savak tipleri ve daralma oranları için debi ve düşme yüksekliğine bağlı olarak çarpma noktasındaki jet genişliğinin değişimi....	45
Şekil 6.5.	a-f Farklı debi değerleri ve daralma oranları için Froude sayısı ve savak tipine bağlı olarak Q_h/Q_s değişimi.....	50
Şekil 6.6.	a-b Daralma oranı $\beta=0.50$ ve $\beta=0.75$ için ölçülen ve hesaplanan hava giri oranlarının kıyaslanması.....	52
Şekil 7.1.	Üyelik fonksiyonları($\beta=0.75$).....	55
Şekil 7.2.	Daralma oranı $\beta=0.75$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranlarının UBSA modeli ile kıyaslanması.....	55
Şekil 7.3.	Üyelik fonksiyonları($\beta=0.50$).....	56
Şekil 7.4.	Daralma oranı $\beta=0.50$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranlarının UBSA modeli ile kıyaslanması.....	57
Şekil 7.5.	Daralma oranı $\beta=0.75$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranı değerlerinin YSA modeli ile kıyaslanması.....	59
Şekil 7.6.	Daralma oranı $\beta=0.50$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranlarının YSA modeli ile kıyaslanması.....	60

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 7.1. Farklı tip venturi savaklara ait deney sonuçlar.....	53
Tablo 7.2. UBSA modelleri ($\beta=0.75$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerleri.....	55
Tablo 7.3. UBSA modelleri ($\beta=0.50$) için korelasyon ve toplam karesel hata Değerler.....	57
Tablo 7.4. Çok katmanlı algılayıcılar yapısı ve eğitim parametreleri ($\beta=0.75$).....	58
Tablo 7.5. YSA modelleri ($\beta=0.75$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerler.....	59
Tablo 7.6. Çok katmanlı algılayıcılar yapısı ve eğitim parametreleri ($\beta=0.50$).....	60
Tablo 7.7. YSA modelleri ($\beta=0.50$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerleri.....	60

SEMBOLLER LİSTESİ

A_i, B_i	: Bulanık kümeler
b	: Savak genişliği (m)
b_t	: Trapez savaklarda küçük tabanın genişliği (m)
b_L	: Labirent savakta yarım kret uzunluğu (m)
b_j	: Jet genişliği (m)
β	: Savakta daralma oranı (m)
B	: Venturi boğaz genişliği (m)
B	: Kaskat genişliği (m)
D	: Venturi giriş çapı (mm)
D_g	: Dairesel savağın çapı (m)
D_p	: Kabarcık nüfus derinliği (m)
d	: Jet kalınlığı (m)
d_L	: Labirent savağın kret genişliği (m)
E_{20}	: 20 °C'deki oksijen transfer verimi
f	: Fonksiyon
F_r	: Froude sayısı
F_j	: Jet Froude Sayısı
g	: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
H	: Mansap su derinliği (m)
H	: Suyun düşme yüksekliği (m)
H	: Basamaklı kaskat yapısının yüksekliği (m)
h	: Suyun düşme yüksekliği (m)
h	: Su yükü (m)
h	: Basamak yüksekliği (m)
L	: Kanal uzunluğu (m)
L_w	: Savak genişliği (m)
L_v	: Savak çıkış genişliği (m)
L_s	: Basamaklı kaskat yapısının uzunluğu (m)
μ_i	: Fonksiyonun orta noktasını
q_i	: Sonuç değişkenleri

q	: Birim genişlikten geçen debi ($m^3/s/m$)
q_j	: Birim genişlikten geçen debi ($m^3/s/m$)
q_w	: Birim genişlikten geçen debi ($m^3/s/m$)
Q	: Savak debisi (m^3/s)
Q_A	: Hava debisi (m^3/s)
Q_W	: Su debisi (m^3/s)
Q_h	: Hava debisi (m^3/s)
Q_s	: Su debisi (m^3/s)
p_i, r_i	: Sonuç değişkenleri
R	: Dairesel savak çapı (m)
Re	: Reynolds sayısı
R^2	: Korelasyon kat sayısı
s	: Basamak genişliği (m)
v	: Jetin hızı (m/s)
ν	: Suyun kinematik vizkositesi
y_c	: Savak üzerindeki kritik akım derinliği (m)
y	: Sistem çıkışı
x	: Sistem girişi
W	: Savak genişliği (m)
w_i	: Yapay sinir ağı ağırlıkları
α	: Basamaklı kaskat yapıların açısı (derece)
σ_i	: Standart sapma
θ	: Savak açısı (derece)
ϕ	: Labirent savağın eşik eğimi (derece)

KISALTMALAR LİSTESİ

UBSA : Uyarlamalı Bulanık Sinir Ağları

TKH : Toplam Karesel Hata

YSA : Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Su kalitesini belirleyen başlıca parametreler olarak sıcaklık, pH değeri, elektriksel iletkenlik, suya katı maddeler, bulanıklık ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu verilmektedir [1]. Su içindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu bu parametreler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Tabii olarak meydana gelen birçok biyolojik faaliyet ve kimyasal reaksiyonlarda oksijen kullanılır. Bu nedenle, sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Azalan bu çözünmüş oksijen konsantrasyonunu limit değerlerine yükseltmek amacıyla fiziksel olarak oksijenin, atmosfere alınarak yeniden suya kazandırılmasına gerekir. Bu işleme havalandırma adı verilir. Havalandırma ile gazların suya transfer edilmesi veya bu gazların sulardan uzaklaştırılması mümkün olmaktadır. Genel olarak suların havalandırılması aşağıdaki amaçlar için yapılmaktadır [2]:

Oksijen kazandırmak, karbondioksit gidermek veya kazandırmak, hidrojen sülfür gidermek, metanın giderilmesi, uçucu yağlar ve kimyasal maddeleri giderilmek.

Günümüzde çeşitli nedenlerle akarsularda oluşan çözünmüş oksijen konsantrasyonu eksikliğinin ekolojik dengeyi tehdit ettiği bilinmektedir. Bu doğrultuda ekolojik dengeyi korumak için akarsularda gerekli olan çözünmüş oksijen konsantrasyonu (5 mg/L) sağlanmalıdır [3]. Akarsular üzerinde inşa edilecek olan hidrolik yapılarla havalandırma yapılarak gerekli çözünmüş oksijen konsantrasyonu suya kazandırılabilir. İnce kenarlı veya kalın kenarlı savaklar, kapaklı veya kapaksız dolusavaklar, kapaklı eşikler ve kapaklı dipsavak çıkış ağızları gibi hidrolik yapılar ile havalandırma kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

Oksijen transferinin hızlandırılması için, çok miktarda hava kabarcığının su içerisine kazandırılması gerekmektedir. Bu hava kabarcıkları, kütle transferi için mevcut olan yüzey alanını artırır. Hidrolik yapılar ile bir düşü yüksekliği kazandırılmış suyun, mansap tarafındaki su yüzeyine çarptırılması sonucu atmosfere absorbe edilen hava, su içerisine aktarılır. Böylece suya hızlı bir şekilde oksijen kazanımı sağlanmış olur. Hidrolik yapılarla yapılan oksijen transferinin verimi (havalandırma verimi); su kalitesi, su sıcaklığı, mansap su derinliği, savak üzerindeki suyun düşme (düşü) yüksekliği, hidrolik savak yükü, çözünmüş oksijen eksikliği ve savak tipi gibi ana parametrelere bağlıdır.

Birçok akarsuda doğal ortamda oksijen transferi için kilometrelerce mesafeye ihtiyaç duyulmasına rağmen, bu akarsular üzerinde yapılacak olan bir hidrolik yapı ile oksijen transferi çok kısa bir mesafede ve düşük bir maliyet ile sağlanabilir.

Serbest düşülü akımlarda su jeti şekilleri su içerisine sürüklenen hava miktarını etkilemektedir. Bunun nedeni su jetlerinde hava giriş mekanizmalarının farklılıklar göstermesidir. Su jetlerindeki bu değişikliklerin savak tipine bağlı olarak değişmesi nedeniyle bu çalışmada; hava giriş miktarının ve oksijen transferinin artırılması için farklı tiplerde (boğazlı, boğazsız ve dairesel kesitli) venturi savaklar kullanılmıştır. Bu savaklarda farklı debi değerleri, farklı daralma oranları ve farklı düşü yüksekliklerine bağlı olarak hava girişleri detaylı olarak sunulmuştur. Ayrıca son zamanlarda çeşitli kompleks mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan yapay zeka teknikleri kullanılarak elde edilen deney dataları ile modelleme yapılmıştır.

Son zamanlarda, Avery ve Novak [4], Tsang [5], Nakasone [6], Chanson [7], Tang ve diğ. [8], Labocha ve diğ. [9], Watson ve diğ. [10], Wormleaton ve Soufiani [11], Wormleaton ve Tsang [12], Baylar ve Bagatur [13- 16], Baylar ve diğ. [17-20], Baylar ve Emiroglu [21,22], Baylar [23], Emiroglu ve Baylar [24-27], Baylar ve Ozkan [28], Ozkan ve diğ. [29] suların havalandırılması ve havalandırmada kullanılan hidrolik yapılar konusunda çeşitli çalışmalar yapmışlardır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Nakasone [6], savaklarda ve kaskatlardaki havalandırma ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Araştırmacı, savak havalandırılmasında düşey yüksekliği, debi ve kuyruk suyu derinliği parametrelerinin önemli olduğunu vurgulanmıştır. Yazar, penetrasyon derinliğinin oksijen kazanımında önemli olduğunu vurgulamış ve deneylerinde buna dikkat ettiğini ifade etmiştir.

Apted ve diğ. [6, 30, 31], kuyruk suyu derinliğini kütle transferini etkileyen önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Grindrod [32] ve Albrecht [33] kuyruk suyu derinliğinin artmasıyla birlikte havalandırmanın etkisinin de artacağına işaret etmişlerdir. Bununla birlikte, bir limitin olması gerekir çünkü hava kabarcıkları sonsuz bir derinliğe kadar gidemeyecektir. Gerçekten debinin, düşme yüksekliğinin ve savak tipinin her bir kombinasyonu için, yaklaşık bir maksimum derinlik belirlemek gerekir. Nakasone'nin [6], [34, 35], yaptığı çalışmalar, savak havalandırmasının deneysel incelemelerine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Nakasone [6] hava kabarcıklarının, enerji kırıcı havuzun tabanına ulaşması ya da ulaşmaması durumunu incelememiştir. Nakasone [6] kuyruk suyu derinliğinin, düşme yüksekliğinin 2/3'ü kadar olmasını önermiştir. Bununla birlikte, penetrasyon derinliği ve serbest düşen jetin genişliğinin, her bir savak tipi ve şekli için farklı olacağını belirtmiş ve penetrasyon derinliğini, yalnızca düşme yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak vermenin doğru olmayacağını ileri sürmüştür.

Kobus ve Koschizky [36], yeniden oksijen kazanımı yöntemini, hava sürüklenmesinin mekaniğini içeren üç ardışık evrede gerçekleştirdiğini açıklamışlardır. Bunlar; hava girişinin olduğu yerden ve sonlandığı yerden hava taşınmasının mekaniği, çözelti içindeki hava kabarcıklarından oksijen transferi. İlk iki evre yalnızca hidromekaniğe dayanmakta olup, üçüncüsünün ise suyun özelliklerine; sıcaklık, ilk çözünmüş oksijen içeriği, tuzluluk ve suyun kirlilik derecesine bağlı olduğu yazarlar tarafından belirtilmiştir. Ayrıca, oksijen transferinde, penetrasyon derinliğinin oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır. Yazarlar, savakların penetrasyon derinliği için aşağıdaki eşitliği sunmuşlardır.

$$D_p = 0.00433R_e^{0.39}F_j^{0.24} \quad (2.1)$$

Burada; $R_e = \frac{v.d}{\nu}$ veya $R_e = \frac{q_w}{\nu}$ dür.

v = jetin hızı; d = jetin kalınlığı; q_w =birim debi; ν =suyun kinematik vizkositesi ve F_j = jetin Froude sayısını göstermektedir. Froude sayısı:

$$F_j = \frac{v}{\sqrt{gd}} = \left(\frac{\pi\sqrt{2gH^5}}{Q} \right)^{1/4} = \left(\frac{gH^3}{2q_j^2} \right)^{1/4} \quad (2.2)$$

Şeklindedir. Burada; g =yerçekimi ivmesi, Q =debi, H =düşme yüksekliği ve q_j =birim debiyi göstermektedir [29]. Birim debi:

$$q_j = Q/2b_j \quad (2.3)$$

Şeklindedir. Burada; b_j =çarpma noktasındaki jet genişliğidir.

Baylar ve Emiroglu [21], farklı şekilli ince kenarlı savakların hava sürüklenme hızı değerlerini belirlemek için bir dizi deneysel çalışma yürütmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada üçgen şekilli özellikle, 30° ince kenarlı savağın en iyi hava sürüklenme hızına sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Yazarlar, savak şeklinin, hava sürüklenme hızı üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Emiroglu ve Baylar [23- 25], dairesel ağızlık üzerine hava delikleri yerleştirerek farklı ağızlık tipleri geliştirmiş ve bu yeni ağızlık tiplerinin mansap havuzundaki hava giriş verimine etkisini araştırmışlardır. Bu yeni ağızlıklar ile klasik olarak kullanılan dairesel ağızlıktan daha yüksek hava giriş verimi elde edildiğini ifade etmişlerdir. Farklı tipli savakların hava sürüklenme hızı üzerinde yaptıkları çalışmalarında, bu savakların birbirinden oldukça farklı hava sürüklenme hızı değerlerine sahip oldukları göstermişlerdir. Labirent savakların hava sürüklenme hızı değerlerini tespit etmek için deneysel bir çalışma yürütmüşlerdir.

Cummings ve Chanson [37, 38], suya dalan jetin oluşturduğu akım alanındaki hava sürüklenmesi ile ilgili teorik bir çalışma yürütmüşlerdir. Birçok mühendislik uygulamalarında hava-su kabarcık akımları karşılaştırılmıştır. Bunların bir çeşidi, suya dalan jetin oluşturduğu akım bölgesidir. Suyu dalan jetin sürüklediği havayı, yaptıkları yeni deneysel çalışmalar ışığında incelemişler ve daha sonra suya dalan ikiboyutlu ve dairesel jetlerin oluşturduğu akım alanlarında hava kabarcıklarının yayılmasını analitik olarak analiz etmişlerdir. Teorik gelişmeler ile suya dalan iki-boyutlu ve dairesel jetlerle yapılan deneylerin verilerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, bu çalışmaları ile jetin çarpma hızına bağlı olarak dalma noktasındaki hava sürüklenmesine ışık tutmuşlar ve

sonuçta kesme tabakasının içindeki hava kabarcıklarının yayılmasının aslında bir advectif yayılma olduğunu göstermişlerdir.

McKeogh ve Ervine [39], sıvıya dalan jetlerin yayılışı ve hava sürüklenme oranları hakkında bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar, çalışmalarının birinci bölümünde jetlerin sürüklediği havanın oranını belirleyen faktörleri incelemişlerdir. Bu faktörler; jetin hızı, jetin çapı, jetin türbülans seviyesi (düz türbülans, çok pürüzlü türbülans) ve ağızlığın ucundan jetin düştüğü yüksekliktir. Bütün bu dört faktörün, hava sürüklenmesinin oranını hesaplamada önemli olduğu kadar jet yüzeyinin pürüzlülüğü ve jetin dağılma eğiliminin derecelerini hesaplamada da önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, deneylerin yapıldığı şartlarda gaz sürüklenme oranını hesaplaya bilmek için de ayrı bir deneysel ilişki geliştirmişlerdir.

Yazarlar, ikinci kısımda ise pürüzlü ve düz jetlerin iki fazlı akım ortamında yayılma bölgelerinin kapsamını incelemişlerdir. Her iki çeşit jetin de mansap havuzunda çok farklı sürüklenme modelleri ürettiklerini göstermişlerdir.

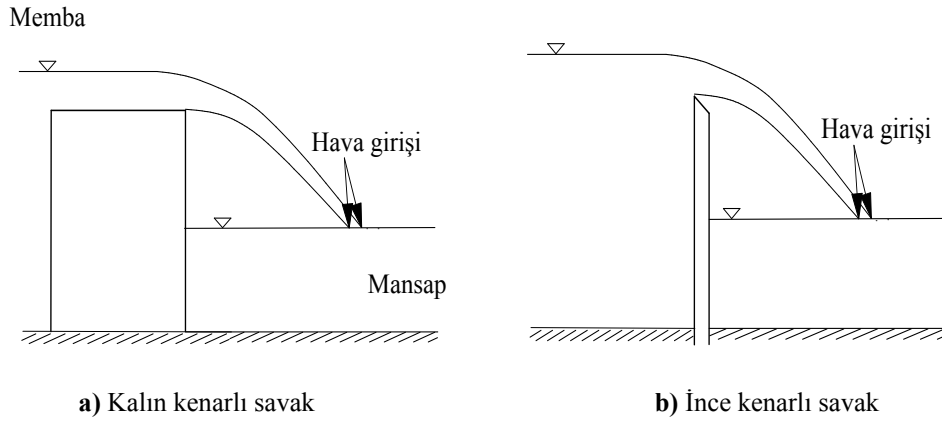
Bin [40], sıvıya dalan jetin gazı sürüklemesi ile ilgili yapmış olduğu çalışmada. Suya dalan jetin sürüklediği gaz ile ilgili yapılmış, elde mevcut bütün deneysel ve teorik çalışmaların sonuçlarını kapsamlı bir şekilde sunmuştur. Ayrıca araştırmacı; sürüklenmenin başlangıcı ve mekanizması, sürüklenen gazın miktarı, kabarcık yayılmasının karakteristiği (kabarcık boyutu, kabarcığın penetrasyon derinliği, gaz engeli ve kabarcık kalma zamanı) ve kütle transferi hakkında da görüşünü sunmuştur. Sürüklenmeyi karakterize eden uygun niceliklerin tahminine olanak sağlayan ampirik korelasyonların bulunduğu çalışmaları da sunmuştur.

Toombes ve Chanson [41] çalışmalarında, basamaklı yapıların eğimli-düz kanallara göre 10 kat daha fazla oksijen verimi sağladıklarını buldular.

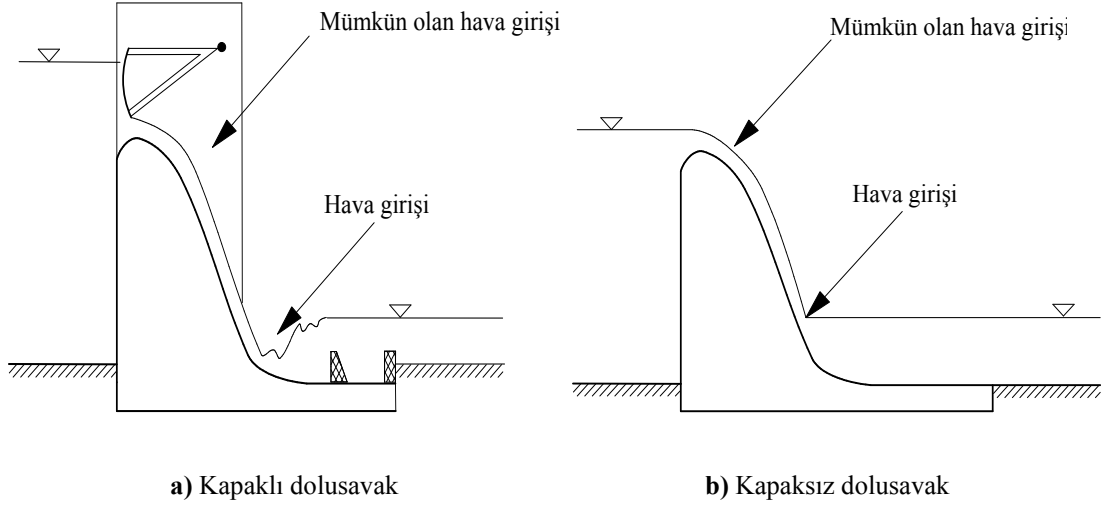
Baylar vd. [42, 43], basamaklı dolusavak ve kaskat yapılarının havalandırma verimleri üzerinde bir seri deneysel çalışmalar yürüttüler. Basamaklı kaskat havalandırıcıların en yüksek verimleri 20° ile 25° arasındaki kaskat açılarında gözlemlenmektedir. Bu değer optimal olarak 22° açı için uygunluk gösterdiğini ifade etmişlerdir.

3. HAVALANDIRMA AMAÇLI KULLANILAN HİDROLİK YAPILAR

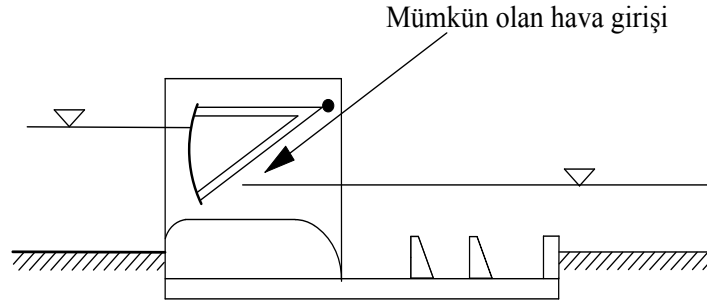
Havalandırma ile sulardaki çözünmüş oksijen miktarını arttıracak hidrolik yapılar; kalın kenarlı veya ince kenarlı savaklar, kapaklı veya kapaksız dolusavaklar, kapaklı eşikler ve kapaklı dipsavak çıkış ağızları olmak üzere dört tiptir (Şekil 3.1-3.4). Bu hidrolik yapılar, akarsu şartları (büyüklüğü, yeri, vs.) ve akım tipine bağlı olarak yapılmalıdır (Şekil 3.5). Şekil 3.1. ve 3.2.'de görülen savaklarda, suyun membardan mansaba düşme yüksekliğinin belirli bir kritik değeri aşması sonucu, serbest düşen su jeti parçacıklar haline gelmekte ve mansapta küçük bir penetrasyon (nüfuz) derinliği oluşturmaktadır. Dolayısıyla hava kabarcıkları ile mansap suyu daha az temas halinde olduğundan, oksijen transfer veriminin artış oranı azalmaktadır. Bu nedenle büyük düşme yüksekliğine sahip yerlerde bu tip savak yapılması uygun değildir. Ayrıca, batmış akım durumunun olduğu bir kapaklı eşikte hava girişi, dolayısıyla oksijen transferi az olacağından bu akım şartını oluşturacak bir yapı yapılması uygun değildir (Şekil 3.3) [3].



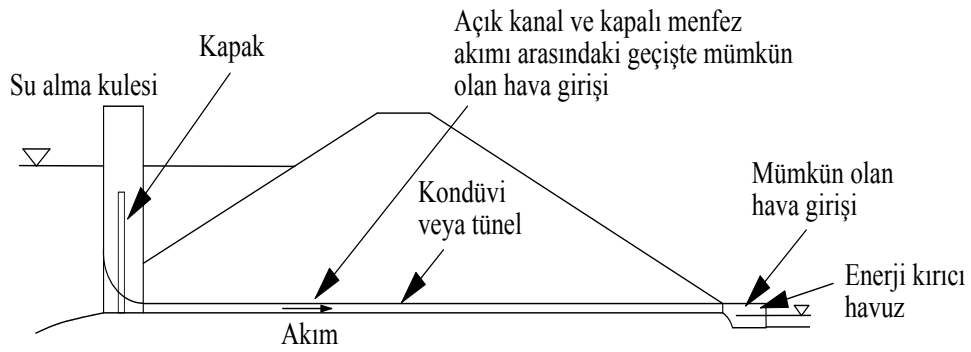
Şekil 3.1. a-b Savaklar



Şekil 3.2. Dolusavaklar [3].

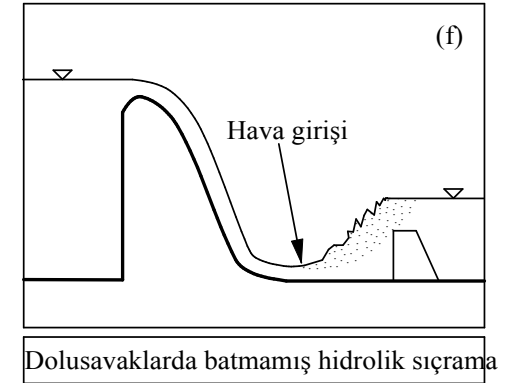
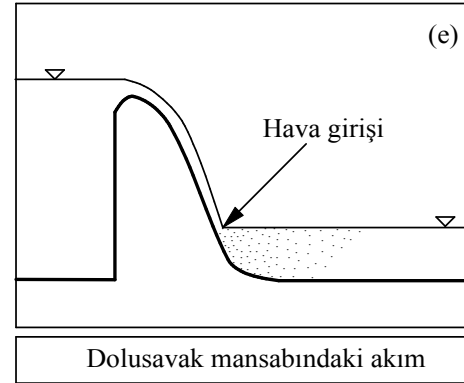
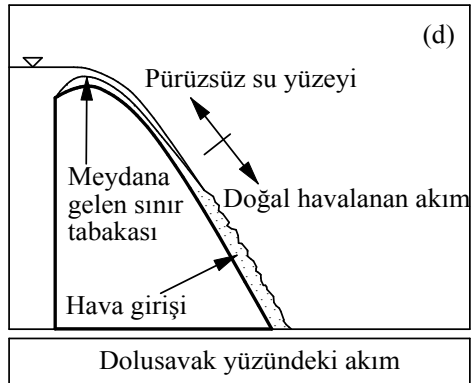
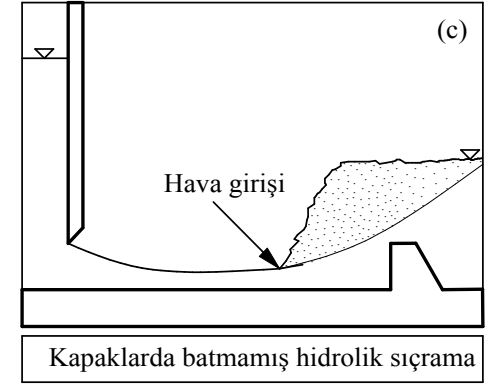
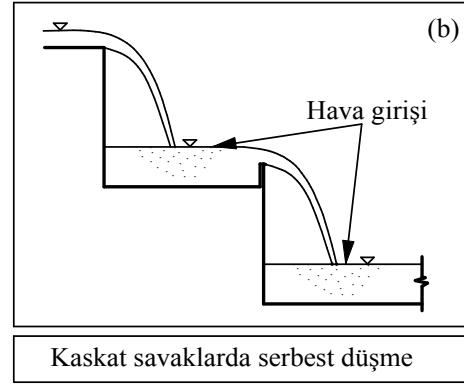
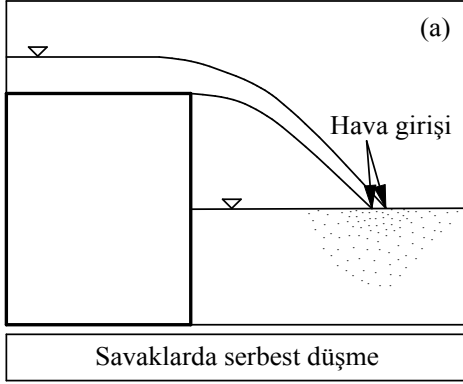


Şekil 3.3. Kapaklı eşik (batmış akım durumu) [3].



Şekil 3.4. Kapaklı dipsavak [3].

Şekil 3.5. Doğal olarak havalandıran akım örnekleri [3].



3.1. Havalandırma Amaçlı Kullanılan Serbest Yüzeyli Hidrolik Yapılar

Akımı sınırlayan yüzeylerden birine sabit bir basınç etkirse, bu akım serbest yüzeyli olarak isimlendirilir. Genelde bu sabit basınç atmosfer basıncıdır. Kanal ve nehir akımları ve kapalı yatakları tamamen doldurmayan, yani sıvı üst yüzeyine yalnız atmosfer basıncının etki ettiği akımlar serbest yüzeyli akımlara örnek olarak verilebilir.

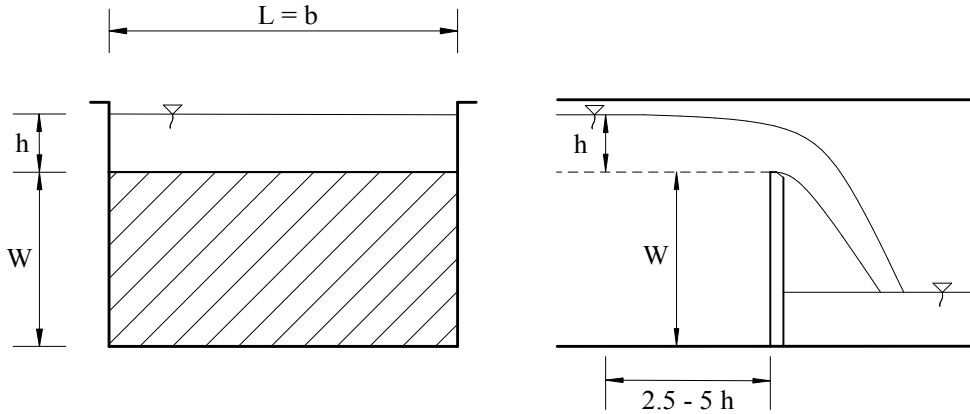
Aşağıda; savaklar, basamaklı kaskatlar ve konduitler gibi serbest yüzeyli akım sistemlerinin hava giriş mekanizmaları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1. Savaklar

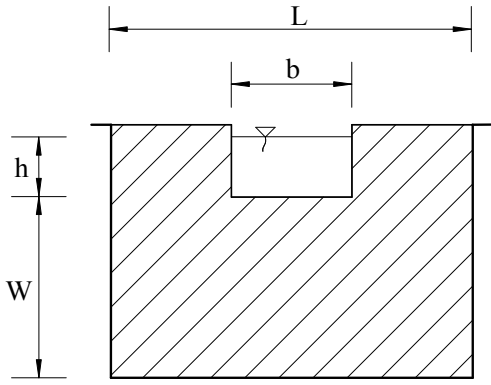
Bir su tesisinin üstünü aşan sıvı, mansapta serbest hareketli bir akım temin edebiliyorsa, bu tesise savak adı verilir.

Başka bir deyimle; düşey vaziyetli bir çeperde açılan ve üst kısmı serbest ve atmosferle temas halinde bulunan bir orifise savak denir. Savaklar birçok tipte olabilirler. İnce çeperli, kalın eşikli, dik memba veya mansap tarafına eğik, yanlarından büzülmemiş veya büzülmüş olabilecekleri gibi, şekil bakımından da, dikdörtgen, üçgen, trapez, daire şeklinde olurlar (Şekil 3.6, 3.7) [44].

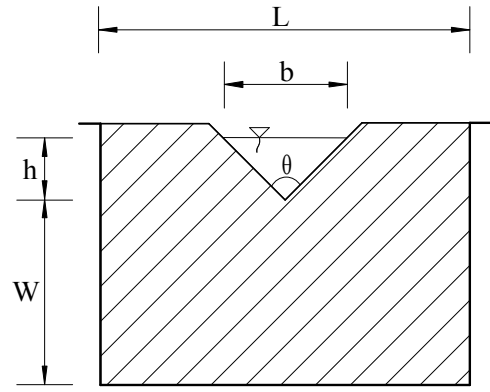
Savaklarda hava girişi, suyun savak üzerinden mansap havuzuna dökülürken atmosferdeki havanın suyla birlikte mansap havuzuna sürüklenmesi ile meydana gelir (Şekil 3.5-a). Kabarcıklar halinde mansap havuzuna giren hava, kütle transferi için gerekli yüzey alanını arttırarak oksijen transferinin gerçekleşmesini sağlar. Savaklardaki oksijen transfer verimi şekil 3.9’da görülen hava giriş mekanizmalarına bağlı olarak değişmektedir.



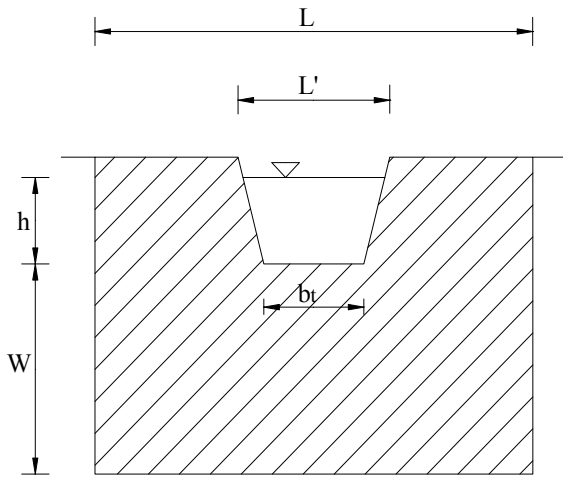
a) Yanal büzülmesiz dikdörtgen şekilli savak



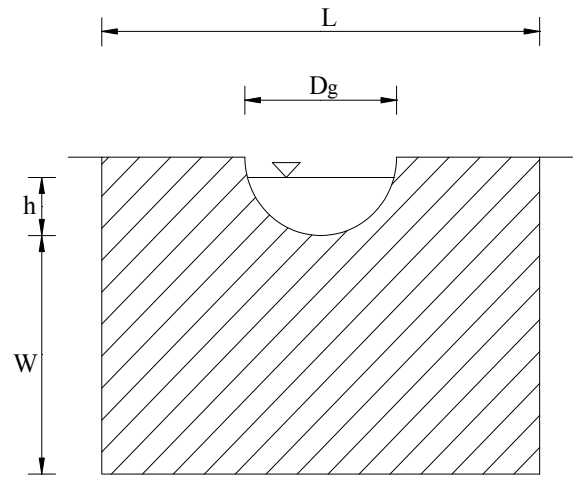
b) Yanal büzülmeli dikdörtgen şekilli savak



c) Üçgen şekilli savak

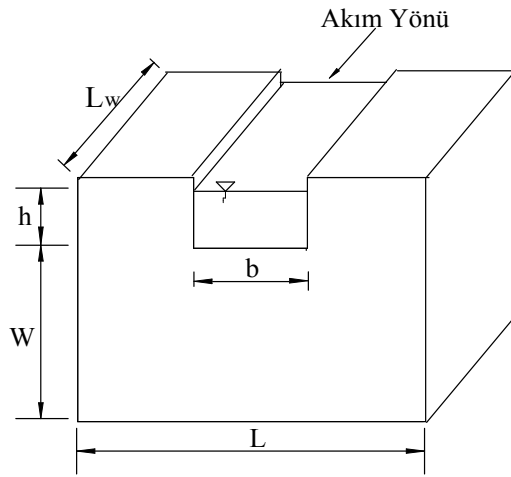


d) Trapez şekilli savak

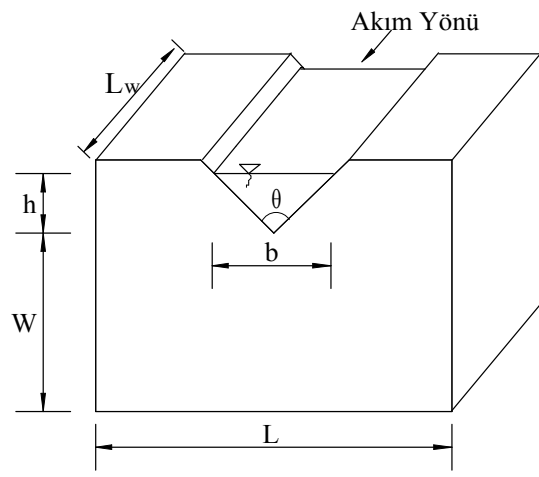


e) Dairesel şekilli savak

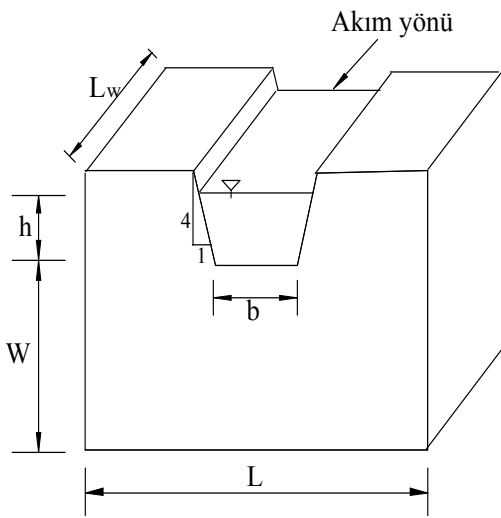
Şekil 3.6. Şekil bakımından ince kenarlı savak tipleri [3].



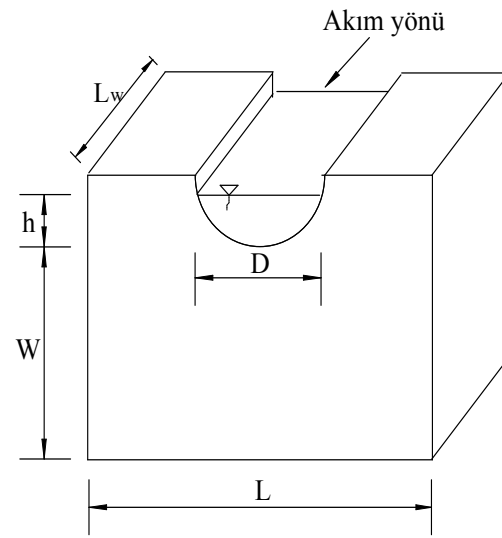
a) Dikdörtgen şekilli savak



b) Üçgen şekilli savak

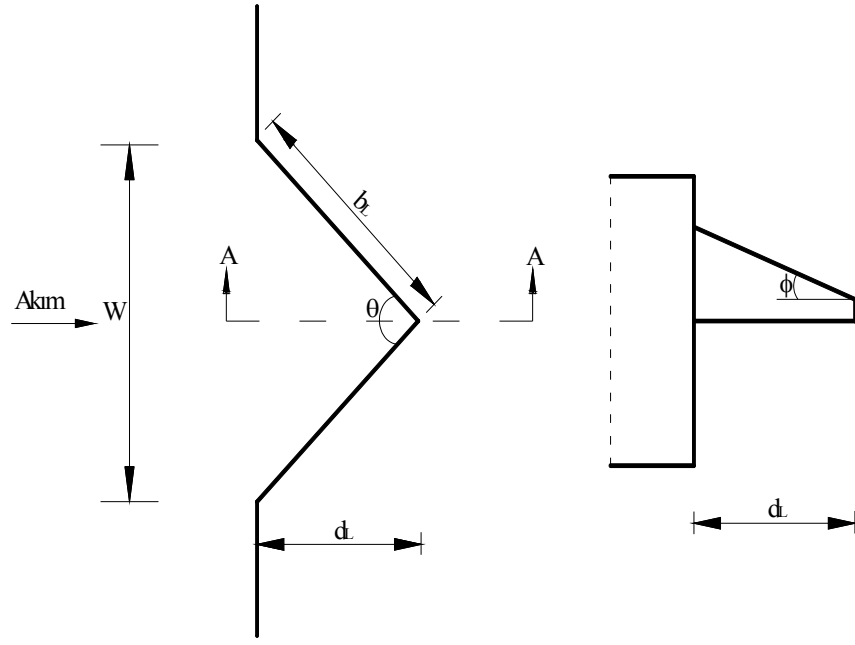


c) Trapez şekilli savak



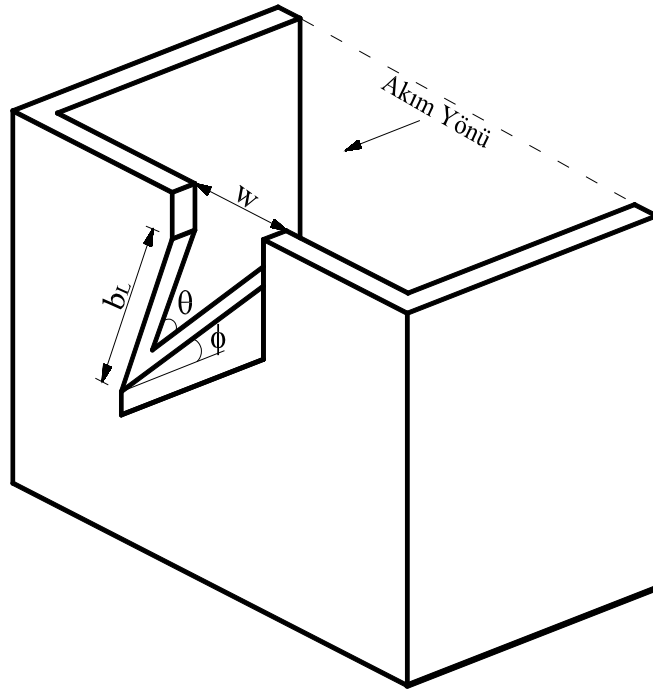
d) Dairesel şekilli savak

Şekil 3.7. Şekil bakımından kalın kenarlı savak tipleri



a) Plan

b) Kesit



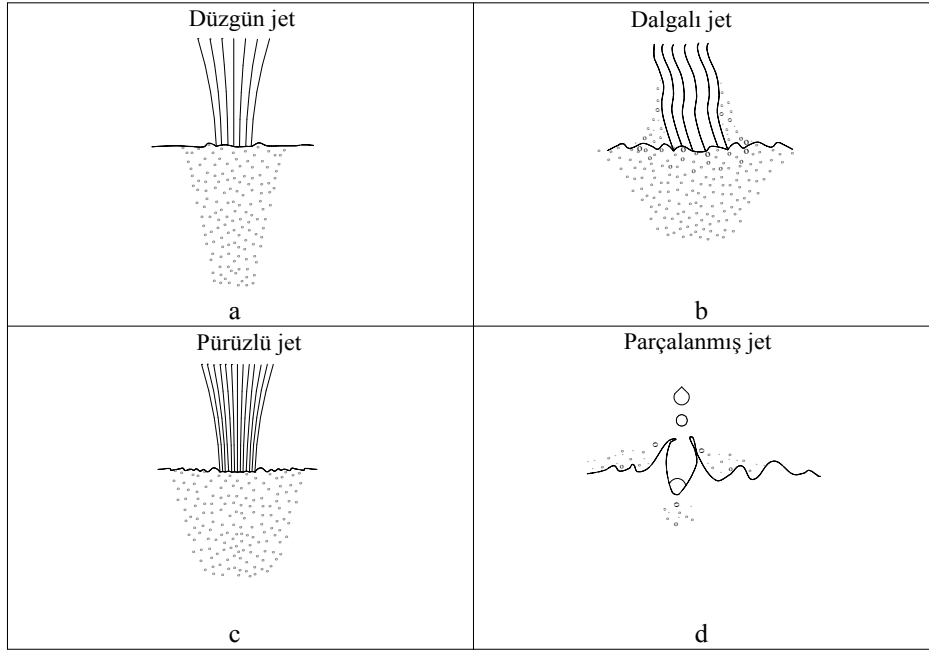
c) Perspektif

Şekil 3.8. (a-c) Üçgen labirent savak [22, 23].

3.1.1.2. Savakların Penetrasyon Derinliği

Su jeti tarafından mansap havuzuna sürüklenen kabarcıklar mansap havuzu içerisinde iki fazlı akım bölgesi oluşturmaktadır. Bu kabarcıklar mansap havuzunda belirli bir derinliğe kadar inmektedir. Kabarcıkların indiği bu derinlik ile su yüzeyi arasındaki düşey mesafe penetrasyon derinliği olarak isimlendirilmektedir. Penetrasyon derinliği; savak tipi ve şekli, debi, düşme yüksekliği ile büyük ölçüde değişmektedir.

Penetrasyon derinliği, düşme yüksekliği ile de yakından ilgilidir. Küçük düşme yüksekliklerinde penetrasyon derinlikleri az olmaktadır. Çok büyük düşme yüksekliklerinde ise, jette kırılmalar ve parçalanmalar gözlenmektedir (Şekil 3.9). Bu kırılma ve parçalanmalar da penetrasyon derinliğinin azalmasına ve mansap havuzuna çok daha az hava kabarcığının girmesine neden olmaktadır. Mansap havuzuna çok miktarda hava kabarcığı sürüklemek için düşme yüksekliğini debiye bağlı olarak uygun seçilmesi gerekmektedir [45].

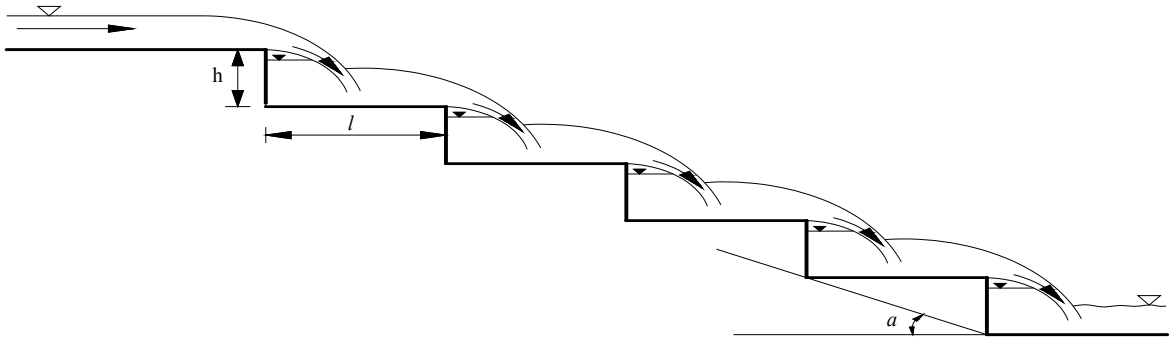


Şekil 3.9. (a-d) Savaklarda hava giriş mekanizmaları [4].

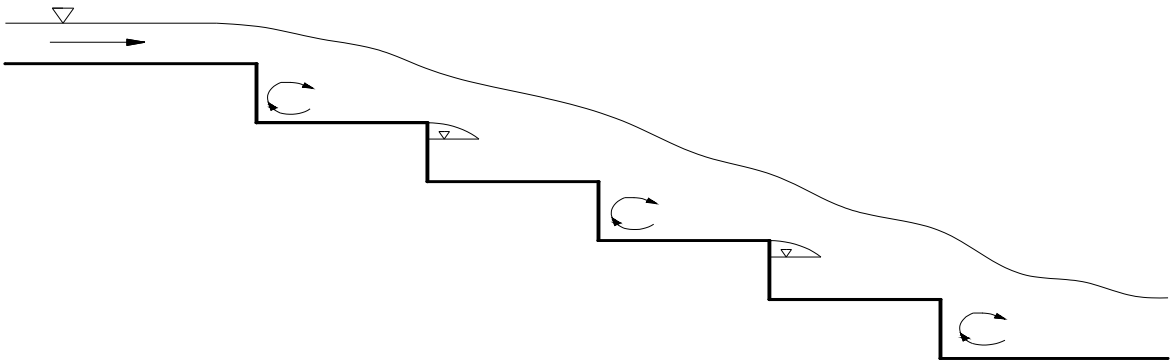
3.1.2. Basamaklı Kaskatlar

Basamaklı yapı sistemleri, uzun yıllardan beridir enerji sönümleme ve havalandırma yapıları olarak kullanıla gelmiştir. Basamaklı kaskat yapılar, mühendislikte havalandırma yapıları olarak bilinir. Basamaklı kaskat havalandırıcılar, nap akım durumunda yeterli hava kabarcığı girişi, uzun bekleme zamanı ve türbülanslı karışım özelliklerinden dolayı etkili havalandırma yapılarından biridir. Toombes ve Chanson [41] çalışmalarında, basamaklı yapıların eğimli-düz kanallara göre 10 kat daha fazla oksijen verimi sağladıklarını buldular.

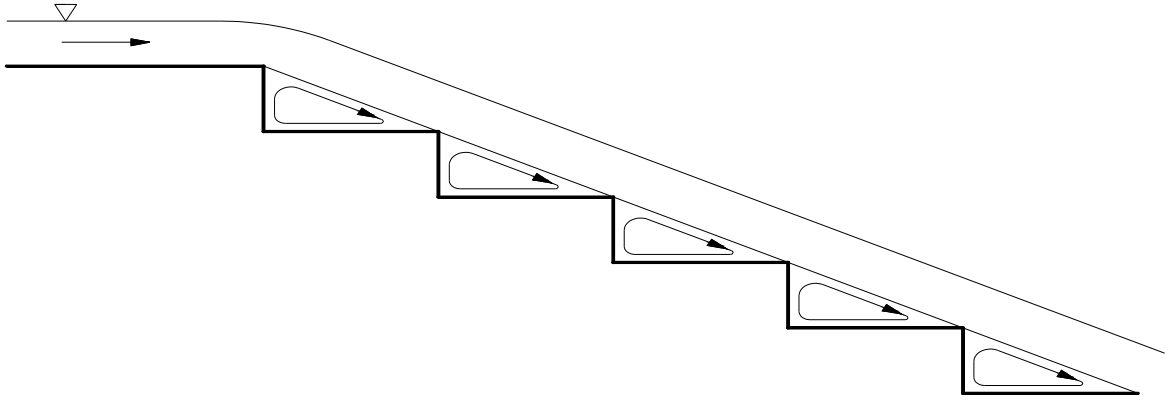
Basamaklı kaskatlarda su membadan mansaba iletilirken her basamakta oluşan türbülans nedeniyle suya hava girişi sağlanır. Hava giriş miktarı basamaklı kaskatlar üzerindeki akım tipine bağlı olarak değişmektedir. Şekil 3.10'da görüleceği gibi basamaklı kaskatlar üzerinde nap, geçiş ve sıçramalı olmak üzere üç farklı akım tipi meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak da her akım tipinde oksijen transfer verimi farklılık gösterecektir [4].



(a) Nap akımı

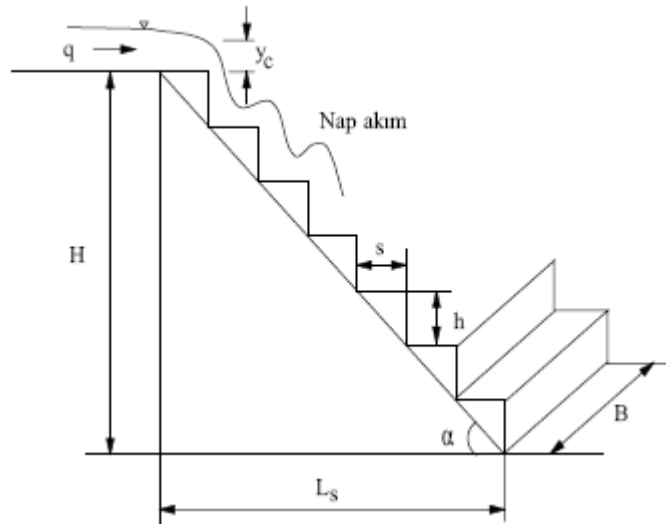


(b) Geçiş akımı



(c) Sıçramalı akım

Şekil 3.10. (a-c) Basamaklı kaskatlarda akım tipleri [4].



Şekil 3.11. Basamaklı kaskat yapıların tasarım parametreleri [46].

Basamaklı kaskat havalandırıcıların en yüksek verimleri 20° ile 25° arasındaki kaskat açılarında gözlemlenmektedir. Bu değer optimal olarak 22° açı için uygunluk göstermektedir.

Bir bireysel basamağın havalandırma verimi aşağıdaki eşitlikle verilmektedir [46]:

$$E_{1(20)} = 1 - \exp [-5,730 q^{-0,335} h^{0,998} (\cos \alpha)^{12,042} (\sin \alpha)^{1,590}] \quad (3.1)$$

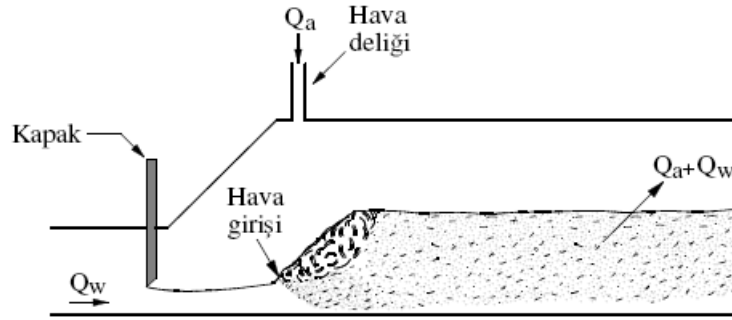
Burada; $E_{1(20)}$ = Bir bireysel basamağın havalandırma verimi (20°C),

q = Birim debi ($q=Q/B$)

h = Basamak yüksekliği ve α =Kaskatın açısıdır.

3.1.3. Serbest Yüzeyli Konduitler

Kapaklı konduitlerde, kapağın kısmi olarak açılmasıyla oluşan yüksek hızdan dolayı, kapak mansabındaki hava deliğinde açık hava basıncından daha düşük bir basınç meydana gelir (Şekil 3.12). Oluşan bu düşük basınç etkisiyle hava deliğinden hava vakumlanır. Bu vakumlanan hava konduit içerisinde iki fazlı akımın oluşmasına neden olur. Bu iki fazlı akım sebebiyle hızlandırılmış bir oksijen transferi sağlanmış olur [47].



Şekil 3.12. Serbest yüzeyli konduitte iki fazlı akım [47].

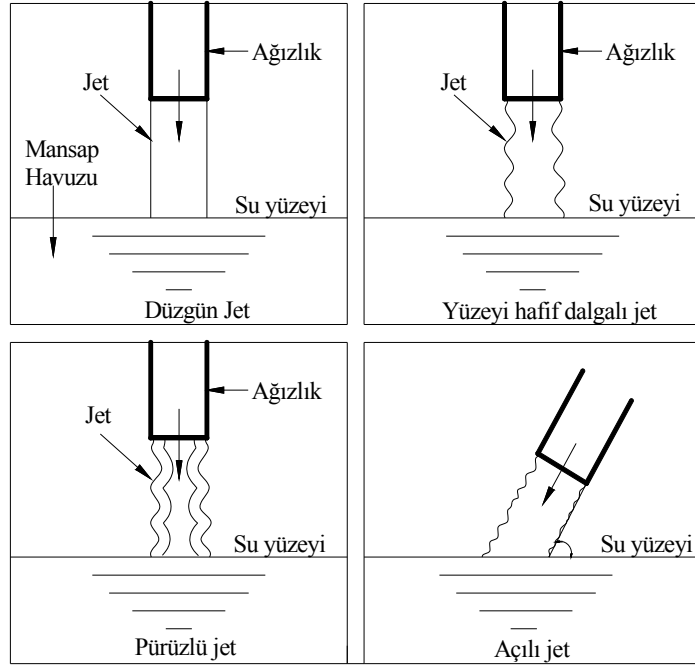
3.2. Havalandırma Amaçlı Kullanılan Basıncı Akım Sistemleri

Su taşıyan bir hidrolik yapının içindeki akımın, tamamen dolu olarak, atmosferle teması olmadan akmasına basınçlı akım denir. Bu tür akımlar; boru, tünel, galeri, kuyu ve benzeri yapılarda meydana gelebilir. Basınçlı akımların meydana geldiği hidrolik yapılar, herhangi bir yerinden delindiğinde, içerisindeki su basınçlı olarak dışarı çıkar. Bu bölümde suların havalandırılmasında kullanılabilecek su jetleri, venturiler ve konduitler gibi basınçlı akım sistemlerinin hava giriş ve havalandırma verimleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

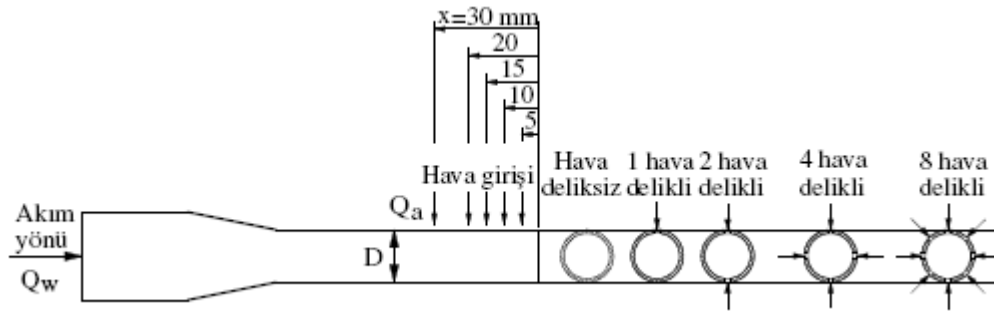
3.2.1. Su Jetleri

Su jeti bir ağızlıktan çıkan yüksek hızlı akışkan akımıdır. Su jeti tipleri şekil 3.13'te görülmektedir. Hava ortamından geçtikten sonra su havuzuna çarpan su jeti önemli miktarda havayı su kütlesi içerisine taşır ve iki fazlı (gaz-sıvı) bir bölge oluşturur. Böylece, havuz içerisine giren hava kabarcıkları ve havuz suyu arasında oksijen transferi meydana gelir. Bu konuda yapılan mevcut çalışmalar incelendiğinde, araştırmaların çoğunda dairesel ağızlıkların kullanıldığı görülmektedir. Emiroğlu ve Baylar [24], dairesel ağızlık üzerine hava delikleri yerleştirerek farklı ağızlık tipleri geliştirmiş ve bu yeni ağızlık

tiplerinin mansap havuzundaki hava giriş verimine etkisini araştırmışlardır. Şekil 3.14’te görüleceği gibi bu yeni ağızlıklar ile klasik olarak kullanılan dairesel ağızlıktan daha yüksek hava giriş verimi elde edilmiştir [24].



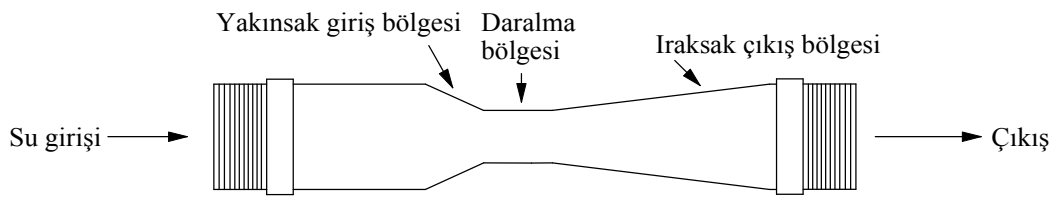
Şekil 3.13. Su jeti tipleri [24].



Şekil 3.14. Hava delikli ağızlıklar [24].

3.2.2. Venturiler

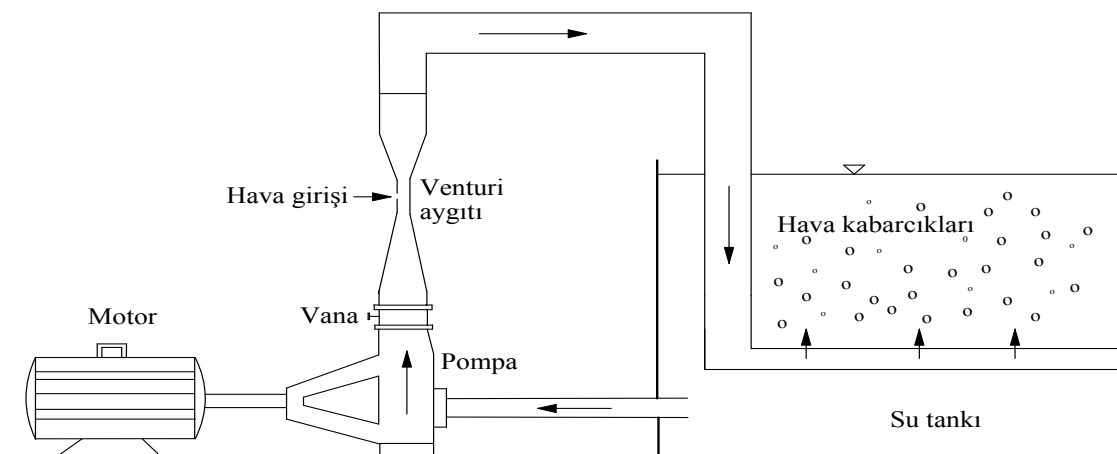
Venturi aygıtı, bir boru boyunca deşarj edilen akışkan akımının debisini ölçmek için uzun yıllardan beri kullanılan bir aygıttır. Boru içindeki akışkan akımının hızını arttırmak için girişteki boru kesitinden daha küçük kesit alanına sahip bir boğaz bölgesinde daralma yapılmıştır (Şekil 3.15). Bu bölgede akışkan hızının artmasına paralel olarak basınç düşüşü olmaktadır. İki kesit arasındaki basınç farkından yararlanılarak akışkan akımının debisi hidrolik olarak hesaplanmaktadır [48].



Şekil 3.15. Bir venturi aygıtının görünümü [48].

3.2.2.1. Venturi Aygıtının Havalandırma Amaçlı Kullanımı

İçme suyu ve atık su tesislerinin havalandırma ünitelerinde kullanılan klasik havalandırıcılara göre venturi aygıtı ile havalandırma daha verimli, daha ekonomik ve işletimi daha kolay olmaktadır. Venturi aygıtının havalandırma ve oksijen transferi amaçlı olarak kullanımı şekil 3.16’da görülmektedir.

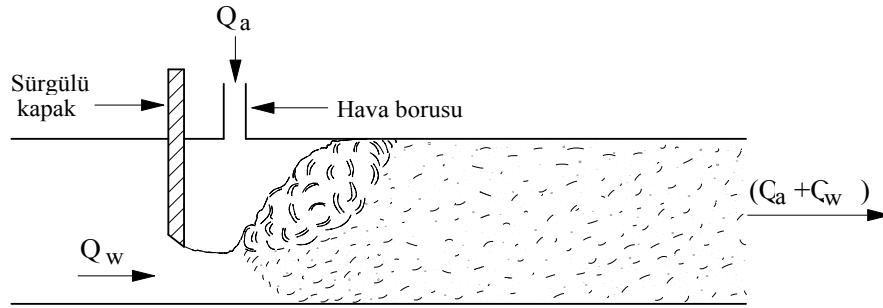


Şekil 3.16. Venturi aygıtının havalandırma amaçlı kullanımı [48].

3.2.3. Basınçlı Konduitler

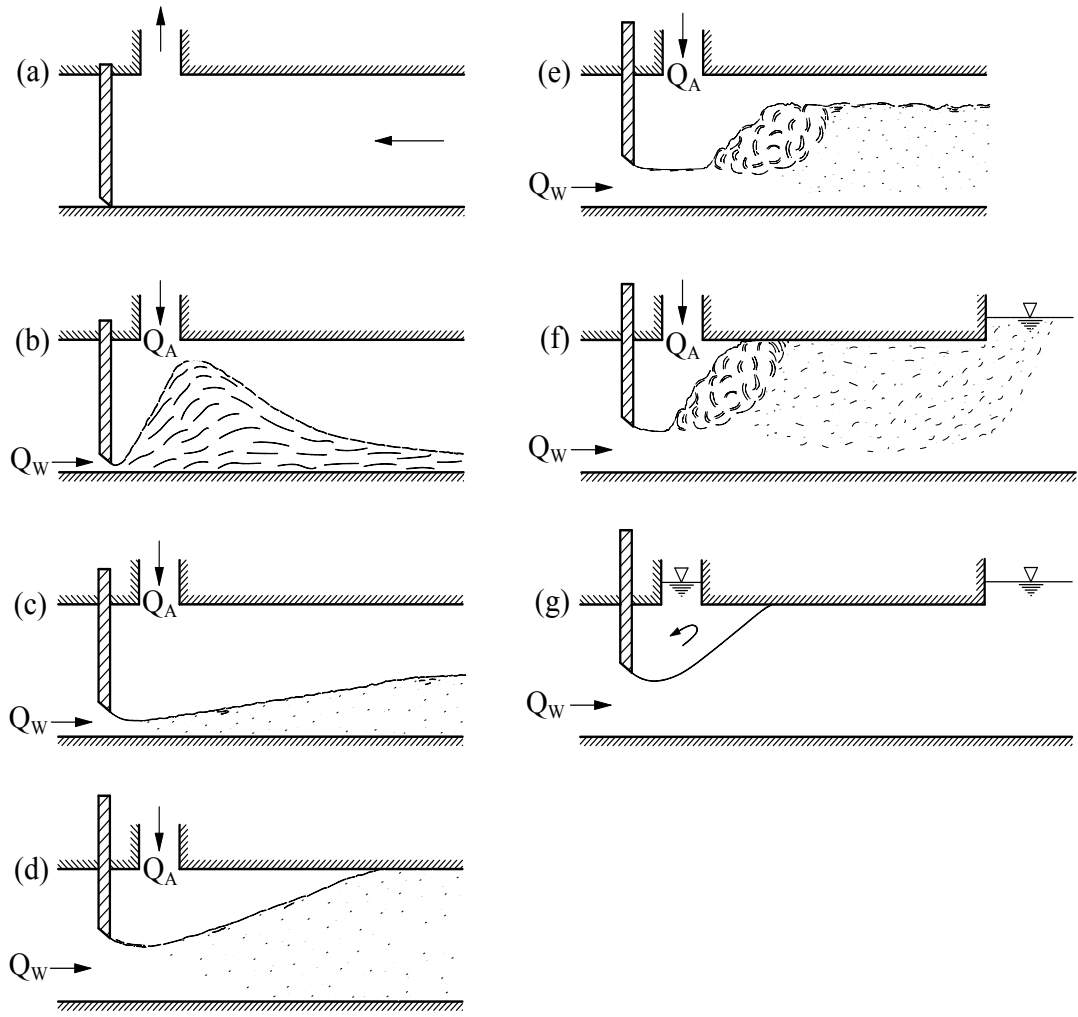
Kapaklı konduitlerde serbest yüzeyli akım şartlarında hidrolik sıçrama ve türbülans neticesinde havanın suya karışması mümkün olmaktadır. Su akımına hava girişini sağlamak için pompa vasıtasıyla suyun basınç değeri yükseltilir. Kapak mansabında, su hızla savaklanırken oluşan düşük basınç nedeniyle bu noktada bir vakumlama etkisi meydana gelir ve bu düşük basınç etkisiyle dış ortamdan alınan hava baloncuklar halinde suya karışmış olur (Şekil 3.17) [48].

Basınçlı konduitler; kavitasyon hasarlarını azaltmak, vibrasyon etkisi ve kararlı akım şartlarını limit değerlere çekmek için kullanılır.



Şekil 3.17. Kapaklı konduit mansabında iki fazlı akım [48].

Yapılan son çalışmalarda kapaklı konduitlerde savaklama kapağı mansabında oluşabilecek iki fazlı akım rejimleri şekil 3.18. a-g'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Kapaklı konduit içerisindeki oluşan iki fazlı akım rejimleri; a) sadece hava akışı; b) sprey (püskürme şeklinde) akım; c) serbest yüzeyli akım; d) köpüklü akım; e) hidrolik sıçrama1; f) hidrolik sıçrama-2; g) sadece su akışı [48]

4. YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ

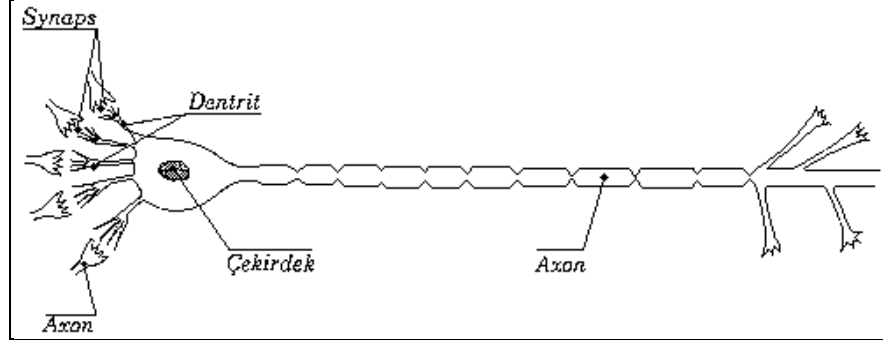
Başlıca yapay zeka teknikleri; uzman sistemler, genetik algoritmalar, zeki etmenler, yapay sinir ağları (YSA), bulanık mantık ve uyarlamalı bulanık sinir ağları (UBSA) yapılarıdır. Bu tezde bilimsel yazında da yaygın olarak kullanılan yapay zeka teknikleri YSA ve UBSA kullanılmıştır.

4.1. Yapay Sinir Ağları

YSA, insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek oluşturulmuş bir bilgi işleme yöntemidir. YSA'nın çalışma prensibi ile insan beyninin çalışması arasında benzerlikler vardır.

Biyolojik beyin, tecrübe ile öğrenme ve bilgiyi kendi kendine yorumlama, hatta eksik bilgilerden sonuçlar çıkartma kabiliyetine sahiptir. Hücreler birbirine bağlı ve paralel çalıştıklarından bazılarının işlevini yitirmesi halinde, diğerleri çalıştığı için sinir sistemi, fonksiyonunu tamamen yitirmez. YSA, bu özellikleri bünyesinde toplayacak şekilde geliştirilmektedir.

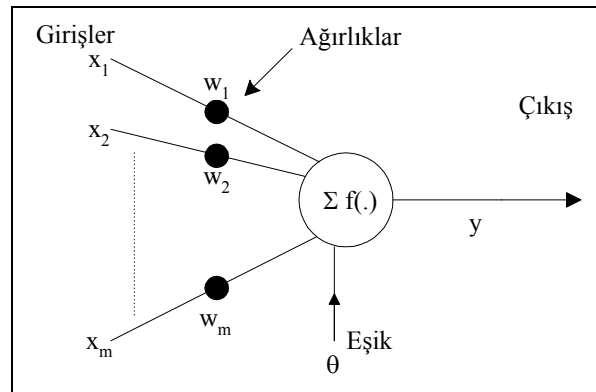
Biyolojik sinir ağının en temel elemanı olan sinir hücresi, şekil 4.1' de verilmiştir. Sinir sistemi içerisindeki fonksiyon ve görevlerine göre, değişik şekil ve büyüklükte olabilir. Nöronun bir ucunda “dentrit” adı verilen ve hücreye, diğer hücrelerden veya dış dünyadan gelen bilgileri toplayan bağlantı elemanı, diğer ucunda ise tek bir life benzer “akson” adı verilen ve hücreden diğer hücrelere ve dış dünyaya bilgi taşıyan bağlantı elemanı vardır. Akson diğer hücrelerle birleşme esnasında dağınık dallara ayrılmaktadır. Hücrelerin birbiri ile elektrik işaretleri vasıtasıyla irtibat kurduğu belirlenmiştir. İşaretler, bir hücrenin aksonundan, diğerinin dentritine gönderilir. Bir akson birden fazla dentrit ile bağlantı kurabilir. Bu bağlantıların yapıldığı yere “synaps” denir [49, 50].



Şekil 4.1. Biyolojik nöronun şematik yapısı [49].

Hücreler, elektrik işaretini hücre duvarlarındaki gerilimi değiştirerek üretirler. Bu ise, hücrenin içinde ve dışında dağılmış iyonlar vasıtası ile olur. Bir hücre, diğer hücreye elektrik enerjisini kimyasal iyonlar vasıtasıyla transfer eder. Bir hücrenin etkinliği, hücreye gelen synaps sayısı, synapslardaki iyonların konsantrasyonu ve bir de synapsın sahip olduğu güç olmak üzere üç faktöre bağlıdır. Bir hücre sahip olduğu dürtü miktarınca diğer hücreleri etkiler. Hücrelerden bazıları diğerlerinin dürtülerini pozitif yönde, bazıları da negatif yönde etkiler. YSA'lar, biyolojik sinir ağlarından esinlenerek modellenmiş olup, onlardan çok daha basit bir yapıya sahiptir. Geliştirilen birçok YSA biyolojik sinir ağlarının bilinen birkaç özelliğini (öğrenme kabiliyeti gibi) temsil etmek üzere geliştirilmiştir. Bir YSA'nın yapısını belirleyen bazı faktörler vardır. Yapay sinir hücreleri veya mühendislik tabiriyle işlem elemanları, sinir ağının yapısal modelleri, ağın sahip olduğu kural ve stratejisi bunların başında gelir.

YSA, biyolojik sinir ağları gibi yapay sinir hücrelerinin veya işlem elemanlarının bir araya gelmesinden oluşur. İşlem elemanları şekil 4.2' de görüldüğü gibi beş parçadan oluşur. Bunlar; girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkıştır.

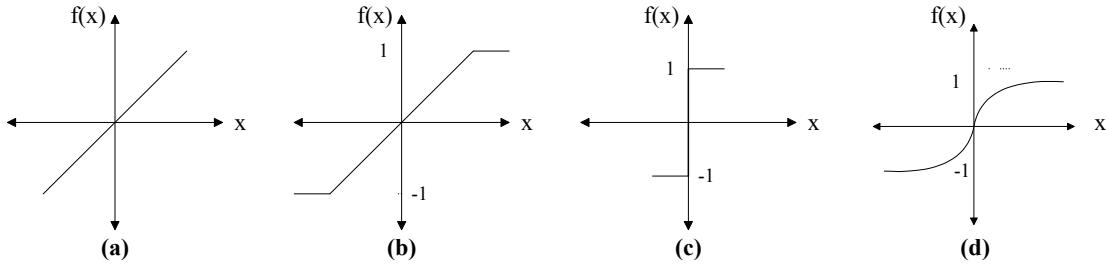


Şekil 4.2. Bir YSA hücresi modeli [49].

Şekil 4.2’de görülen bir YSA hücresinin matematiksel ifadesi,

$$y = f\left(\sum_{i=1}^m w_i \cdot x_i = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + \dots + w_m \cdot x_m\right) + \theta \quad (4.1)$$

olarak yazılır. Tıpkı biyolojik sinir hücresi gibi, işlem elemanına birden fazla giriş gelmekte ve sadece bir çıkış gitmektedir. Girişler, dentritlere benzer şekilde diğer yapay hücrelerden bağlantılar vasıtasıyla işlem elemanına bilgi gelmesini sağlarlar. Bazı durumlarda bir işlem elemanı kendisine de bilgiyi geri gönderebilir (geri besleme). Her bağlantının bir ağırlığı vardır. Bu ağırlık bir işlem elemanının diğer üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlık büyüdükçe etki de büyür. Ağırlığın sıfır olması hiç bir etkinin olmaması, negatif olması ise etkinin ters yönde olması demektir.



Şekil 4.3. YSA’lar için kullanılan bazı eşik fonksiyonları [49, 50].

Eşik fonksiyonları, işlem elemanlarının sınırsız sayıdaki girişini önceden belirlenmiş sınırdaki çıkış olarak düzenler. En çok kullanılan dört tane eşik (aktivasyon) fonksiyonu vardır. Şekil 4.3’te bu fonksiyonlar gösterilmiştir. Bunlar; lineer (a), rampa (b), basamak (c) ve sigmoid (d) fonksiyonudur.

Toplama fonksiyonu, bir işlem elemanına gelen net girişi hesaplayan bir fonksiyondur. Net giriş genellikle gelen bilgilerin ilgili bağlantıların ağırlıkları ile çarpılıp toplanması ile belirlenir. Eşik fonksiyonu da, toplama fonksiyonu tarafından belirlenen net girişi alarak, işlem elemanının çıkışını belirleyen fonksiyondur.

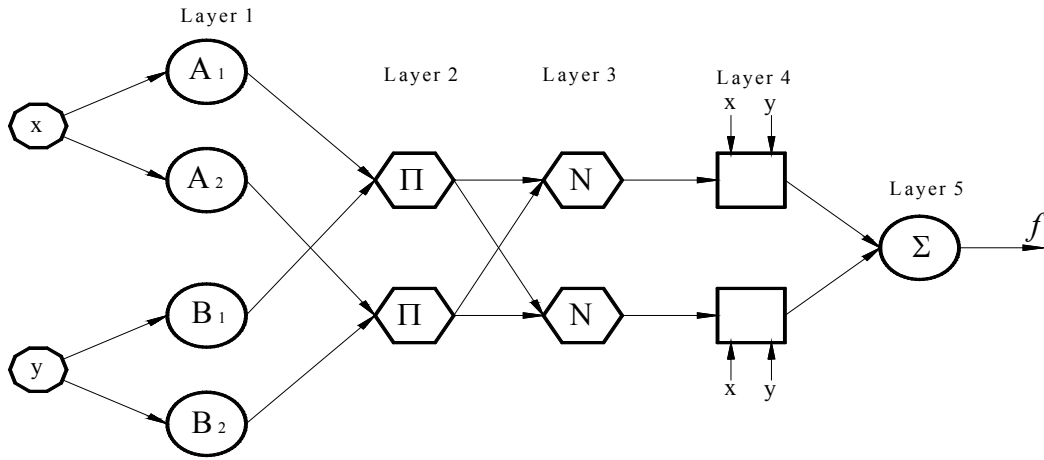
İşlem elemanının çıkış ünitesi ise çıkış fonksiyonunun ürettiği dürtüyü diğer işlem elemanlarına veya dış dünyaya aktarma işlevini yapar.

4.2. Uyarlamalı Bulanık Sinir Ağ Yapısı

Uyarlamalı Bulanık Sinir Ağ (UBSA) sisteminin yapısında hem YSA hem de Bulanık Mantık (BM) kullanılır [51]. Yapı bakımından UBSA, bulanık çıkarım sistemindeki eğer-ise kuralları ve giriş-çıkış bilgi çiftlerinden oluşur. Ancak sistem eğitiminde YSA öğrenme algoritmaları kullanılır. UBSA yapısını basit bir şekilde anlatabilmek için örnek olarak iki girişli ve tek çıkışlı bir sistemin beş katmanlı UBSA yapısı, şekil 4.4’ te görülmektedir. Her giriş için iki üyelik fonksiyonu tanımlandığı ve x, y giriş f çıkış olmak üzere, kurallar aşağıdaki gibi tanımlanır. Burada, A_i ve B_i bulanık kümeleri, p_i, q_i ve r_i sonuç değişkenlerini göstermektedir [51].

Kural 1: Eğer x_1, A_1 ve y_1, B_1 ise $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$ (4.2)

Kural 2: Eğer x_2, A_2 ve y_2, B_2 ise $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$ (4.3)



Şekil 4.4. 2 girişli 4 kurallı bir UBSA sınıflandırıcı yapısı

1. Katman: Bu katmandaki her bir düğüm bir bulanık kümeyi ifade eder. Bu katmandaki hücre sayısı, iki giriş ve bu iki girişin her birine iki üyelik fonksiyonu tanımlandığına göre dördür. Bu katmandaki düğümlerin çıkışı, giriş örneklerine ve kullanılan üyelik işlevine bağlı olan üyelik dereceleridir. Bu düğümlerden elde edilen üyelik dereceleri veya düğüm çıkışları (4.4)’deki gibidir.

$$\begin{aligned} O_i^1 &= \mu_{Ai}(x) \\ O_{i+2}^1 &= \mu_{Bi}(y) \end{aligned} \quad i=1,2 \quad (4.4)$$

Kullanılan üyelik fonksiyonu olarak çan eğrisi fonksiyonu kullanıldığı kabul edilmiştir. (4.5)'te m_i ; çan eğrisi üyelik fonksiyonunun orta noktasını, σ_i ; standart sapmasını göstermek üzere sonuç işlevi (4.5)'da verilmiştir.

$$\mu_{Ai}(x) = \exp \left[- \left(\frac{x - m_i}{\sigma_i} \right)^2 \right] \quad (4.5)$$

2. Katman: Burada kuralların kesinlik dereceleri cebirsel çarpım kullanılarak bulunur.

$$O_i^2 = \mu_i = \mu_{Ai}(x) \mu_{Bi}(y) \quad i=1,2 \quad (4.6)$$

3. Katman: Bu katmanda kuralların normalizasyon işlemi yapılmaktadır.

$$O_i^3 = \bar{\mu}_i = \frac{\mu_i}{\mu_1 + \mu_2} \quad i=1,2 \quad (4.7)$$

4. Katman: Bu katmanda normalize edilmiş her bir kural kendine ait çıkış fonksiyonu ile çarpılır.

$$O_i^4 = \bar{\mu}_i f_i = \bar{\mu}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (4.8)$$

Buradaki p , q ve r lineer parametreleri, sonuç parametreleri olarak adlandırılır.

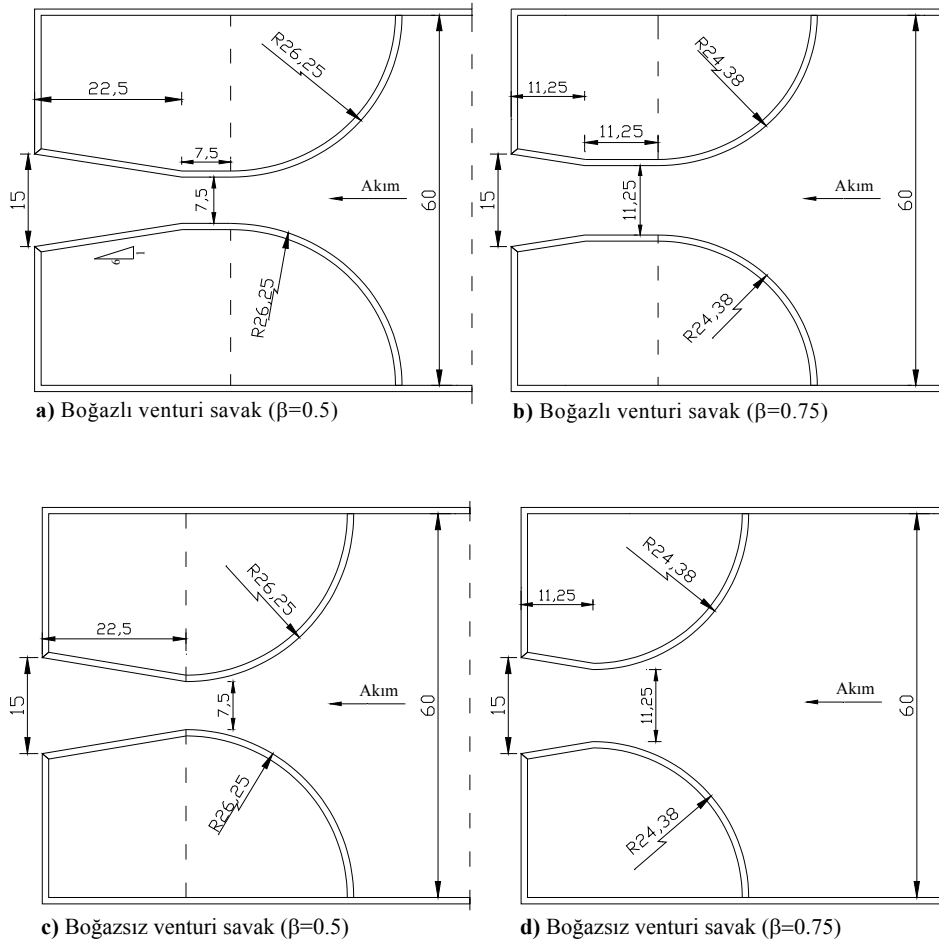
5. Katman: 4. Katman çıkışlarının toplanarak UBSA çıkışının sayısal değerinin bulunduğu kısımındır.

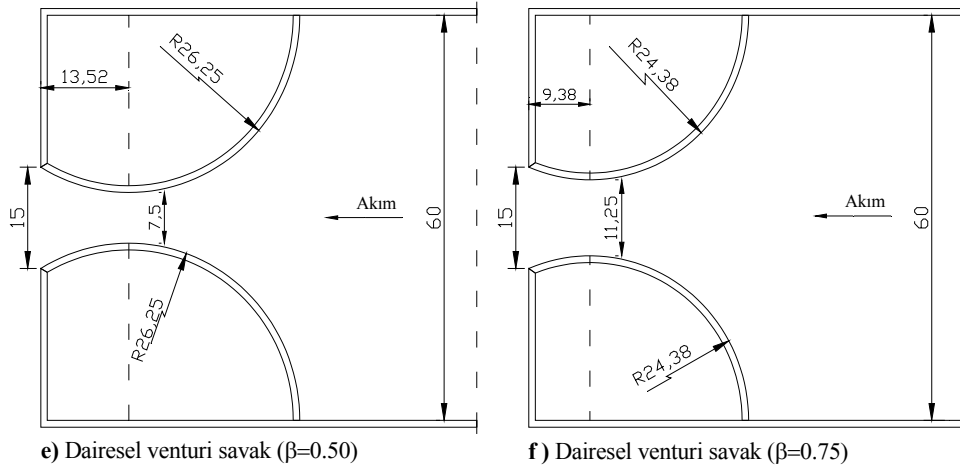
$$O^5 = \sum_i \bar{\mu}_i f_i = \frac{\sum_i \mu_i f_i}{\sum_i \mu_i} \quad (4.9)$$

5. MATERYAL VE METOT

Hava giriş miktarının ve oksijen transferinin artırılması için farklı tiplerde, boğazlı venturi savak ($\beta=0.50, 0.75$), boğazsız venturi savak ($\beta=0.50, 0.75$) ve dairesel ($\beta=0.50, 0.75$), venturi savaklar kullanılmıştır. Şekil 5.1 (a-f)'de deneylerde kullanılan savak tipleri görülmektedir.

Her bir savak tipi 1 L/s'den 5 L/s'ye kadar 1 L/s 'lik debi aralıklarında ve savağın memba ve mansap kısmındaki su seviyeleri arasındaki fark olarak tanımlanan düşme yüksekliği (h), 0.20 m'den 1.00 m'ye 0.20 m'lik adımlarla değiştirilmiştir. Farklı tip venturi savaklarda boğaz bölgesinde akım şartlarında meydana gelen değişiklikler nedeniyle savak çıkışında oluşan su jetinin hızında, yüzey pürüzlülüğünde ve düşüm alanında değişiklikler oluşmaktadır (Şekil 5.2, 5.3 ve 5.4). Bu değişimle suya sürüklenen hava miktarları bir kapalı yardımcı tutularak hava debimetresi ile ölçülmüştür.

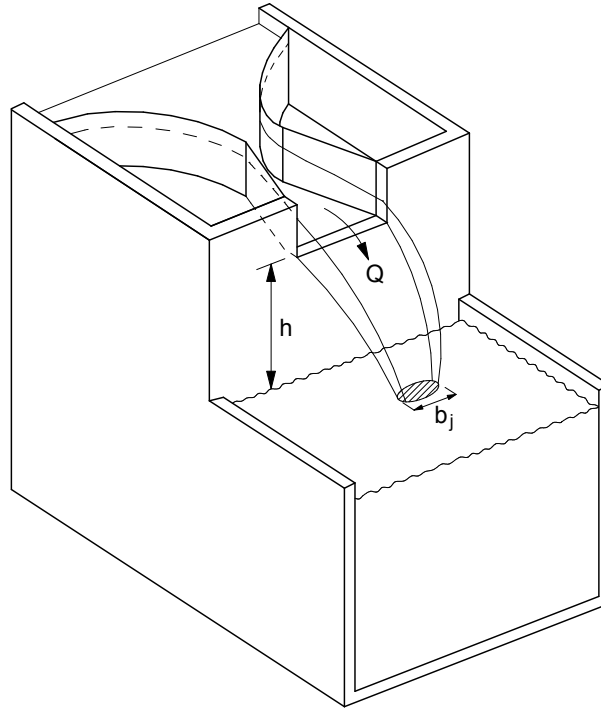




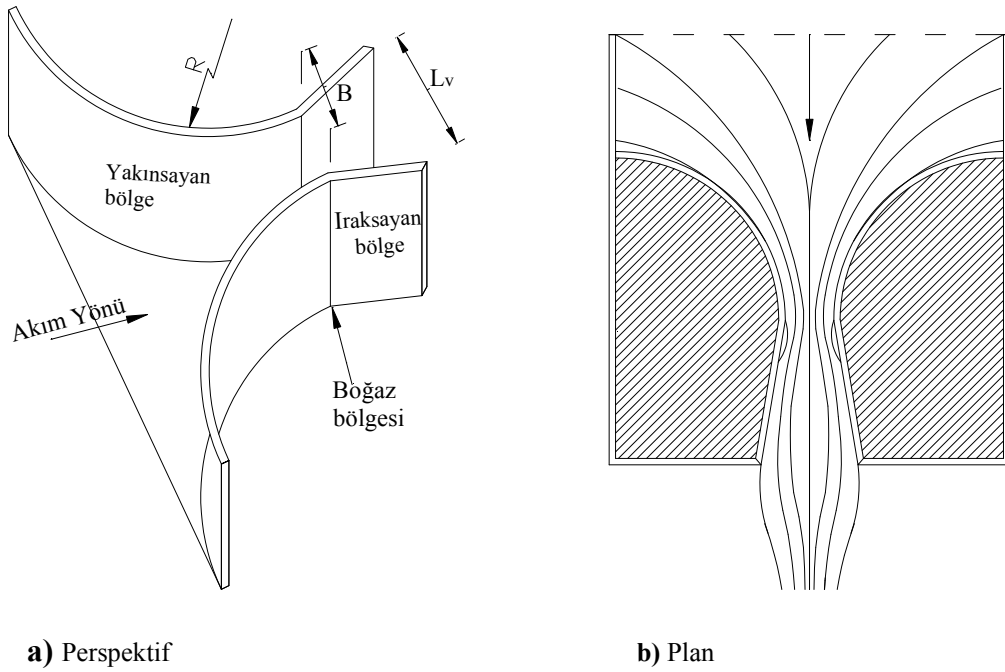
Şekil 5.1. a-f Deneyler için kullanılan farklı tip venturi savaklar

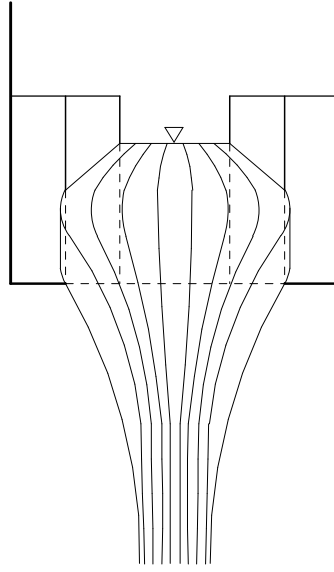
Şekil 5.5’te çalışmada kullanılan laboratuvar düzeneği, şekil 5.6. a-f’ de deney düzeneğinin ve deneylerde kullanılan hava debimetresi, savak tipleri ve akım ölçer fotoğrafları görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan kanalın uzunluğu 3.40 m, genişliği 0.60 m ve derinliği 0.50 m dir. Kanal düz yatay sac yataktan ve düşey cam yan duvarlardan inşa edilmiştir. Metal malzemelerle yapılmış olan mansap su havuzu 1.75 m uzunlunda, 1.5 m genişliğinde ve 2 m yüksekliğindedir. Hava debilerini ölçmek amacıyla kullanılan kapan 0.50 m genişlikte, 0.75 m uzunluğunda ve 0.60 m yüksekliğindedir.

Mansap havuzuna yerleştirilen kapan, su yüzeyinden batmış iki fazlı bölgenin en alt mesafesi olarak tanımlanan, jetin ürettiği kabarcıkların penetrasyon derinliğini kapsayacak şekilde kabarcıkların tamamını hapsettikten sonra hava miktarı, Q_h , hava debimetresi yardımıyla ölçülmüştür. Bütün savak tipleri için yürütülen deneylerin hepsinde de kuyruk suyu derinliği maksimum penetrasyon derinliğinden fazla seçilmiştir. Böylece mansap su havuzunun tabanına ulaşmamıştır. Bu tezde toplam 150 adet deney yapılmıştır.



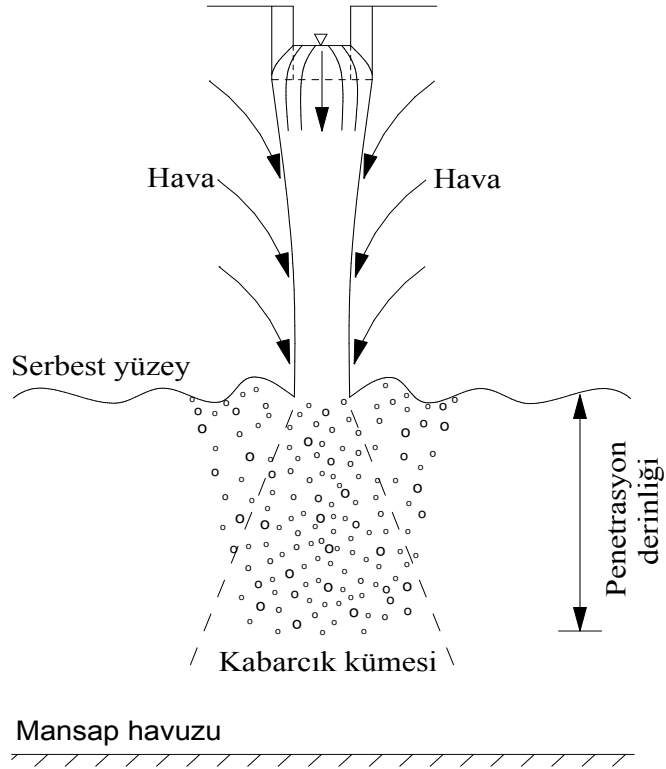
Şekil 5.2. Venturi savaktan serbest düşen jet [29].



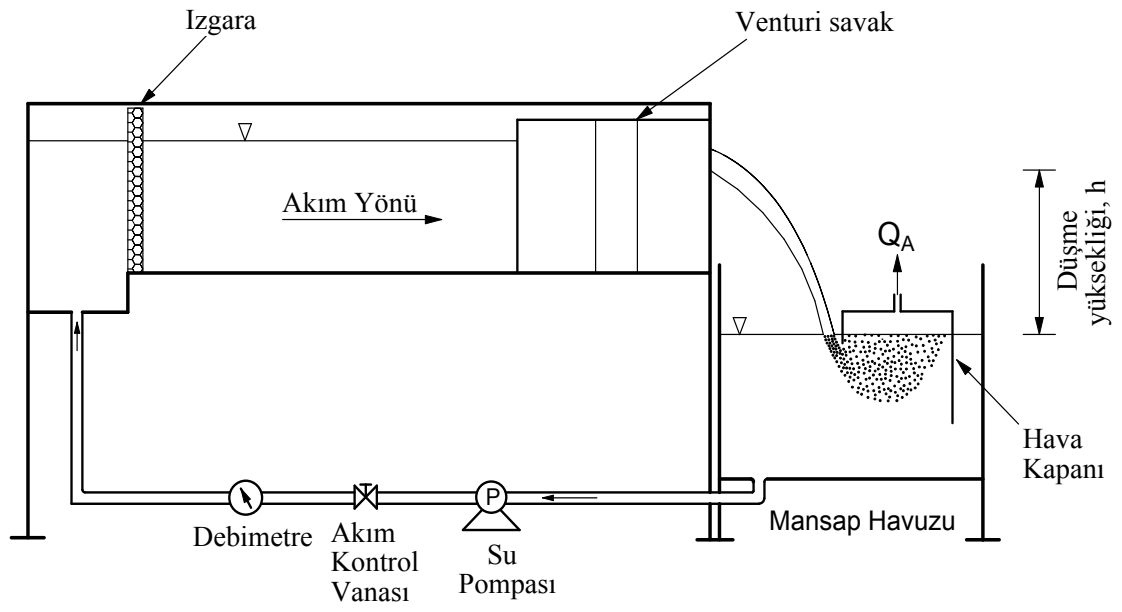


c) Mansaptan görünüş

Şekil 5.3. Venturi savak görünüşleri [29].



Şekil 5.4. Venturi savaktan serbest düşen jet ile hava sürükleme [29].



Şekil 5.5. Deney düzeneği [29].



a) Deney düzeneğine ait fotoğraf



b) Deneylerde kullanılan farklı tip venturi savaklar



c) Deneylerde kullanılan akım kontrol vanası ve dijital debi ölçme aleti



d) Deneylerde kullanılan dijital hava debisi ölçme aleti (anemometre)



e) Hava kapalı ile hava kabarcıklarının hapsedilmesi



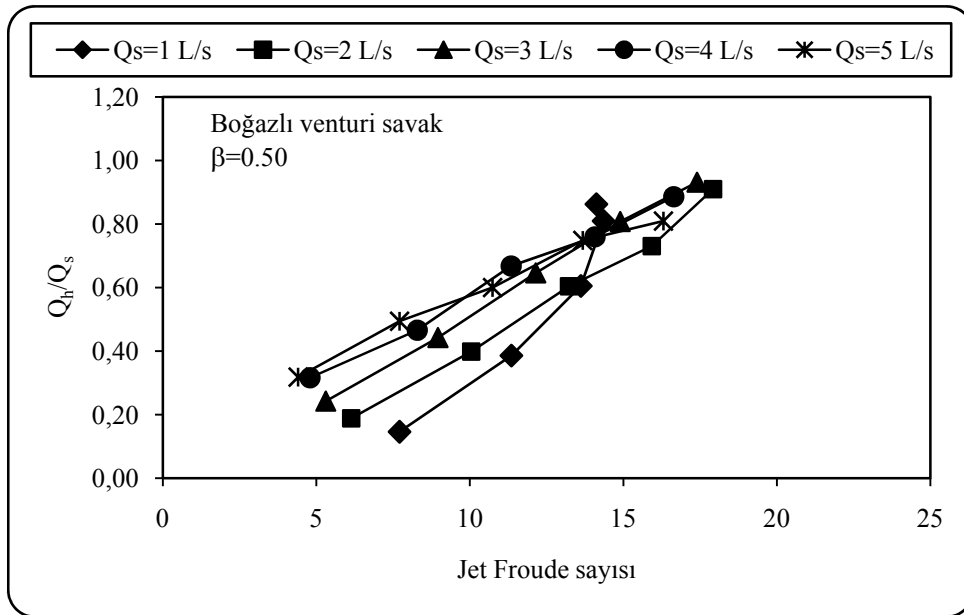
f) Anemometre ile hava debisinin ölçülmesi

Şekil 5.6. a-f Deney düzeneği ve deneylerde kullanılan materyallere ait fotoğraflar

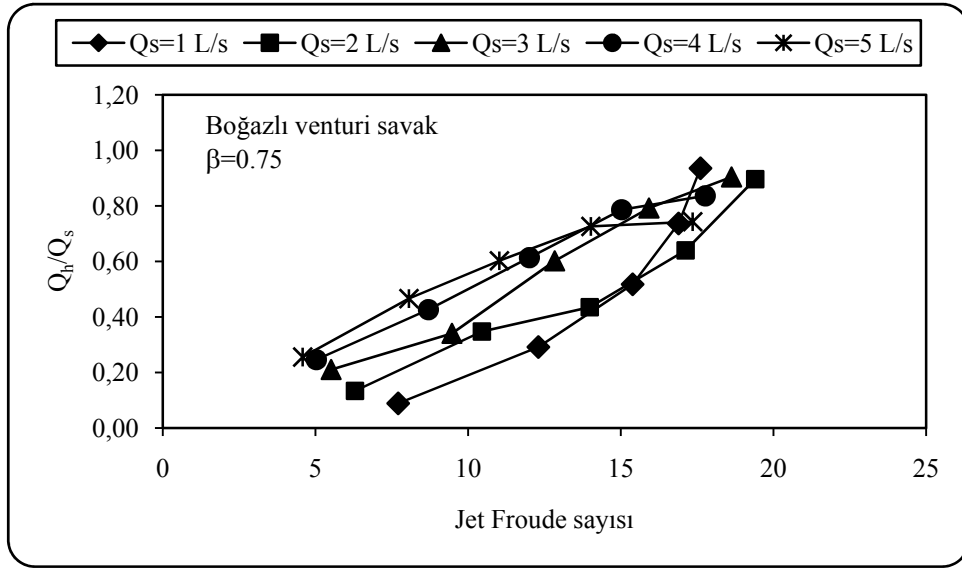
6. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şekil 6.1. a-f' de görüldüğü üzere $\beta=0.5$ ve $\beta=0.75$ daralma oranları için bütün venturi savak tiplerinde Froude sayısının artışına bağlı olarak hava giriş oranı Q_h/Q_s artış göstermiştir. Debi aynı kaldığı halde Froude sayısındaki bu artışın nedeni düşme yüksekliğindeki artıştır. Froude sayısı düşme yüksekliği ile doğru orantılı, jet genişliği ile ise ters orantılıdır. Ancak düşme yüksekliğindeki artış jet genişliğindeki azalıştan daha fazla olduğundan sonuçta Froude sayısı büyümektedir.

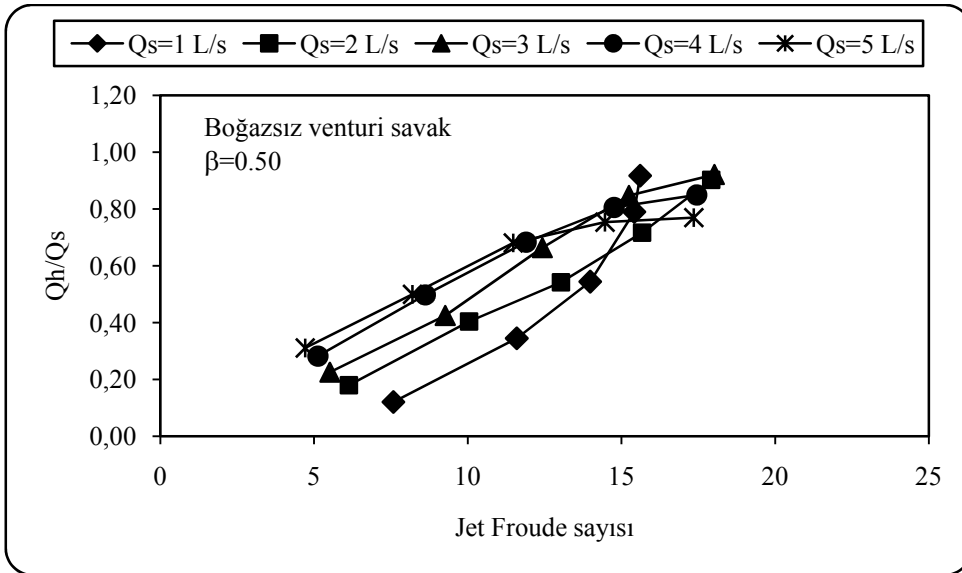
Şekil 6.2. a-f' de ise düşme yüksekliğine bağlı olarak farklı tip ve daralma oranları için venturi savaklarda hava giriş oranı Q_h/Q_s değişimi görülmektedir. Düşme yüksekliği arttıkça suya giren hava miktarının da arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak su jetinin momentumundaki artış gösterilebilir. Bütün savak tipleri için özellikle yüksek debi değerlerinde düşüm yüksekliği arttıkça Q_h/Q_s artış eğiliminin nispeten azaldığı belirlenmiştir. Yüksekten düşen su jetinin çarpmadan önce parçalara ayrılması ve momentumunu bir miktar kaybetmesi bu azalışın sebebi olarak görülmektedir. Ayrıca küçük debi ve düşüm yüksekliklerinde su yüzeyi pürüzlülüğünün az olmasının da daha fazla hava sürüklenmesini olumsuz etkilediği söylenebilir.



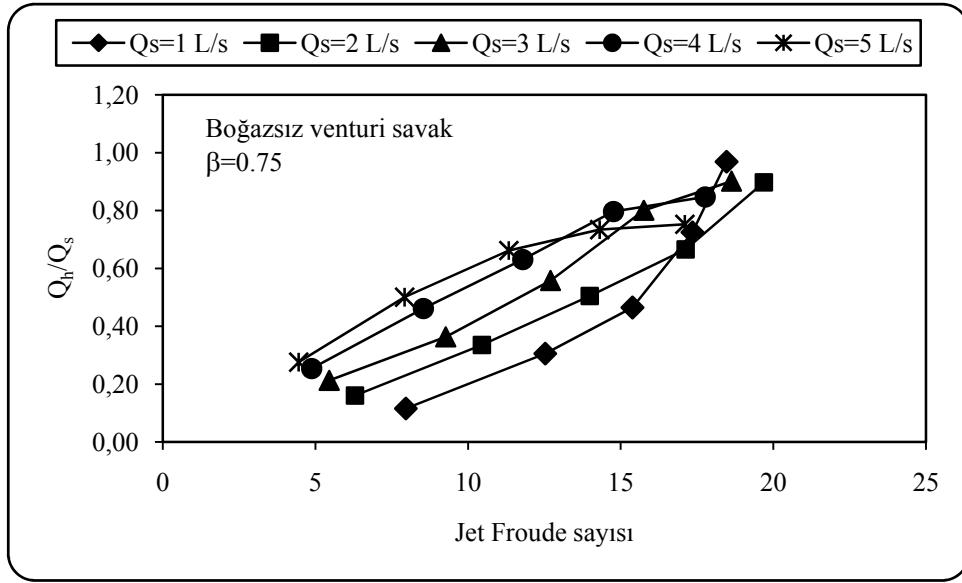
(a)



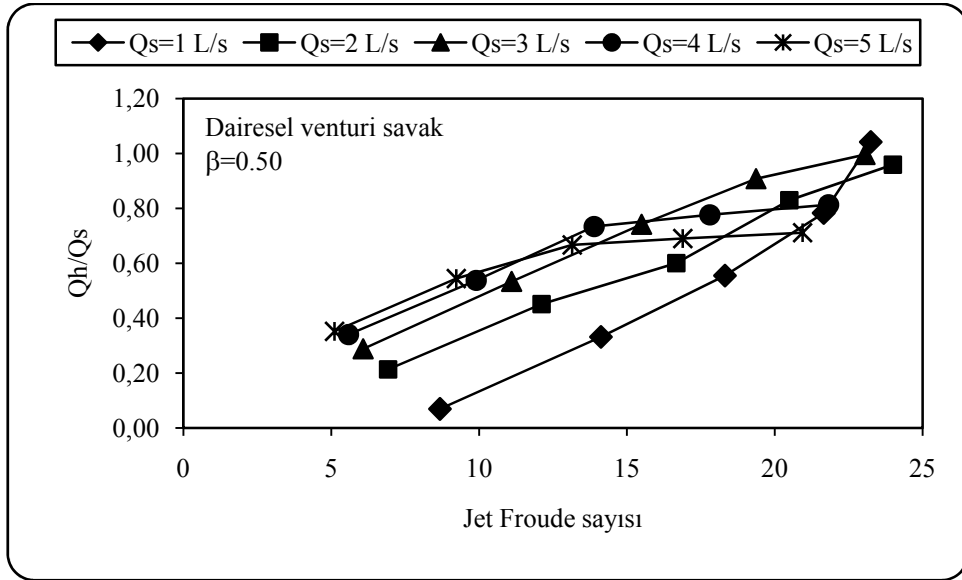
(b)



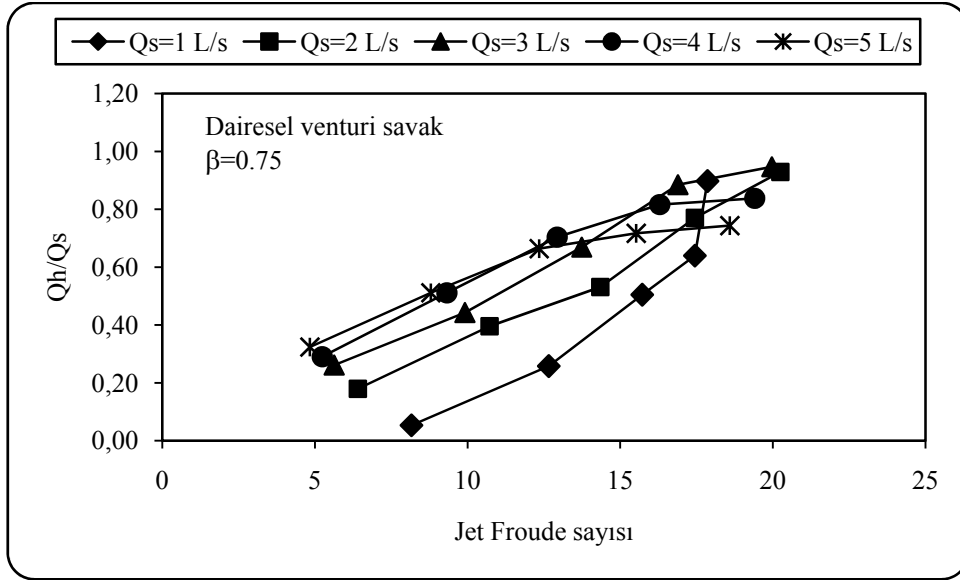
(c)



(d)

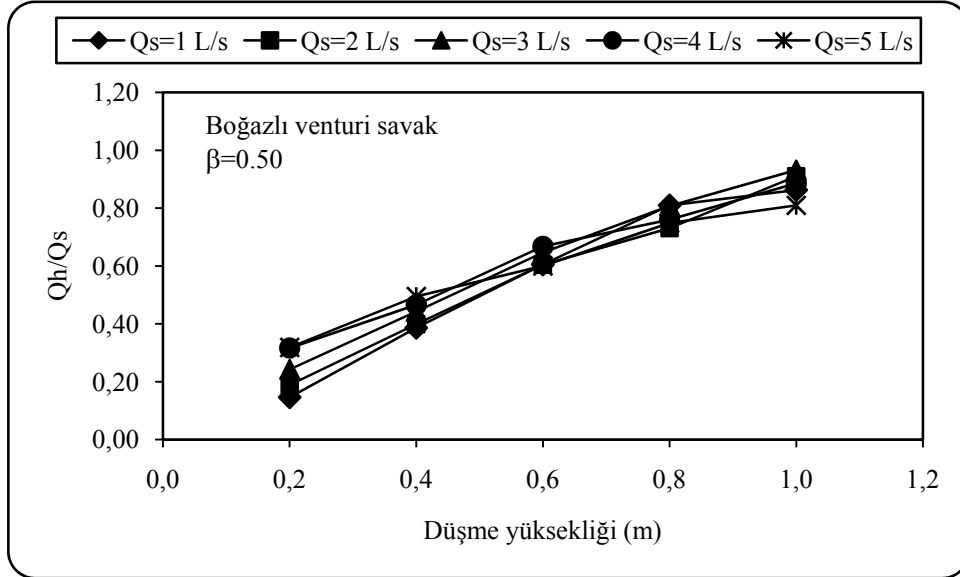


(e)

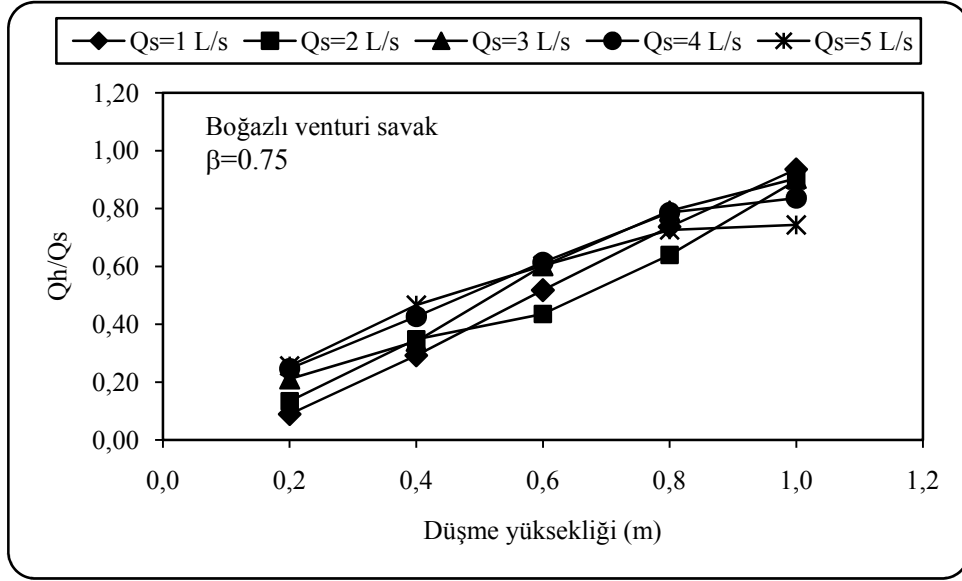


(f)

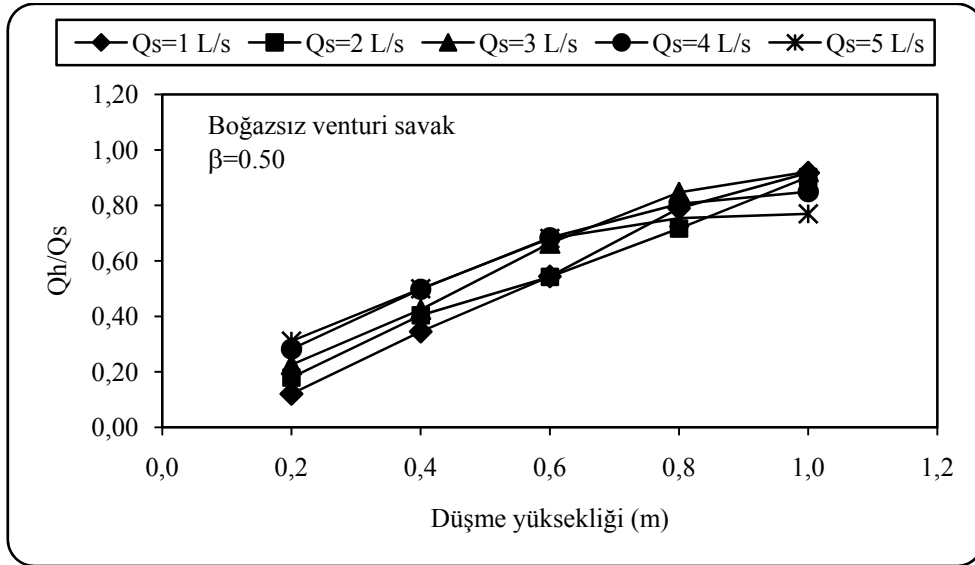
Şekil 6.1. a-f Farklı savak tipleri ve daralma oranları için Froude sayısı ve debiye bağlı olarak Q_h/Q_s değişimi



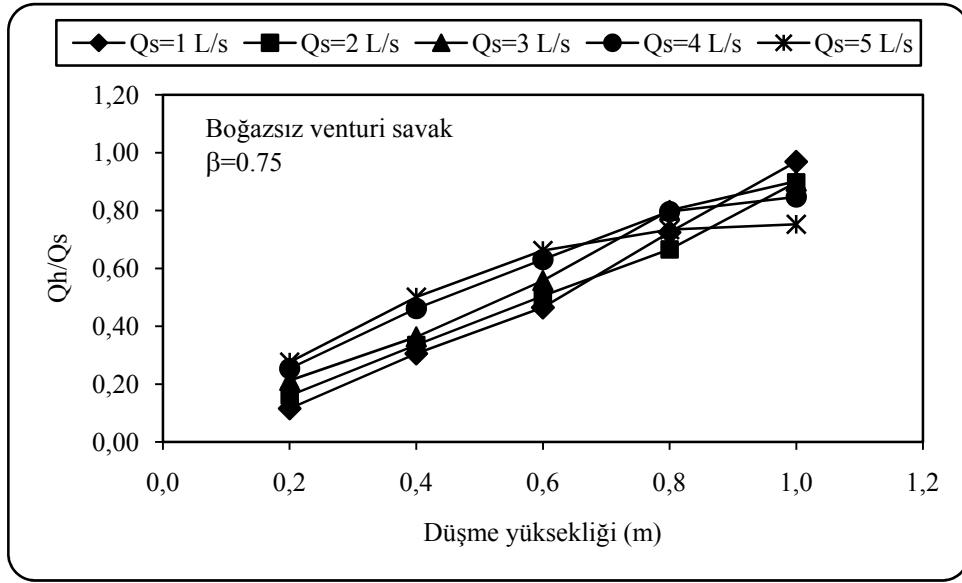
(a)



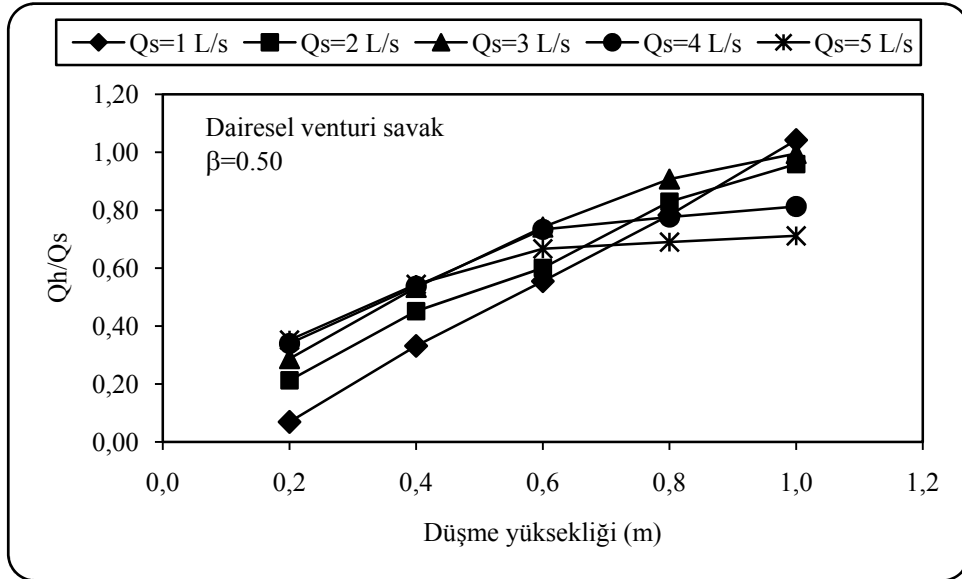
(b)



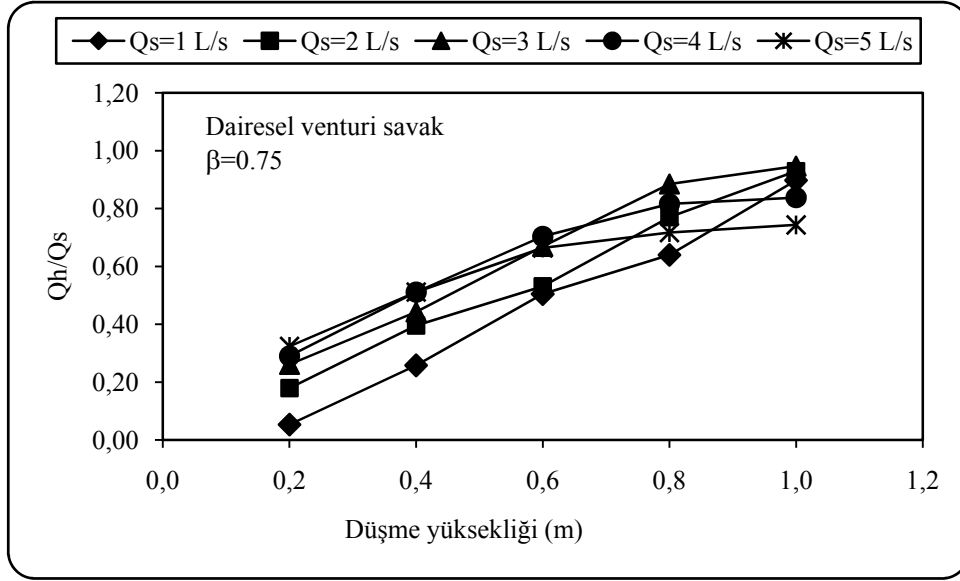
(c)



(d)



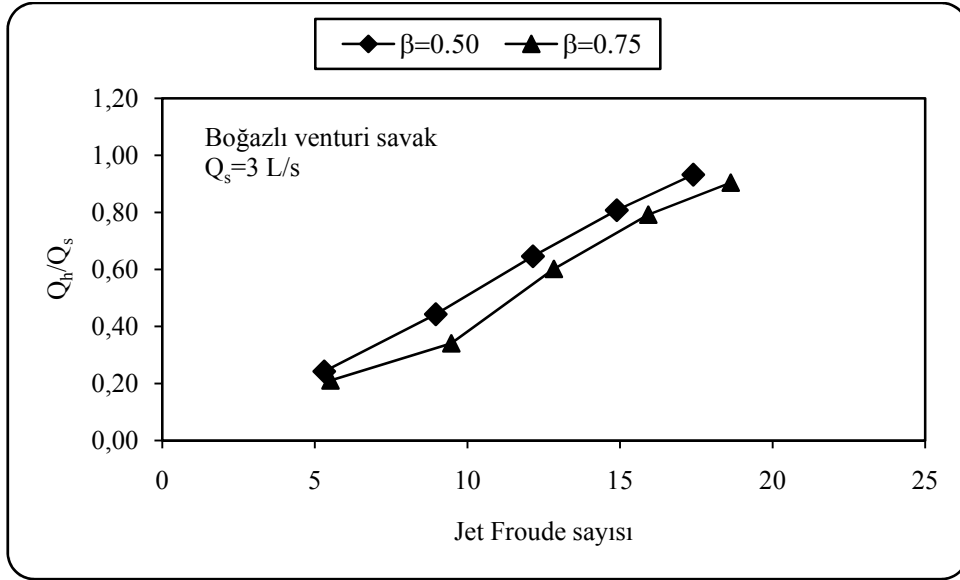
(e)



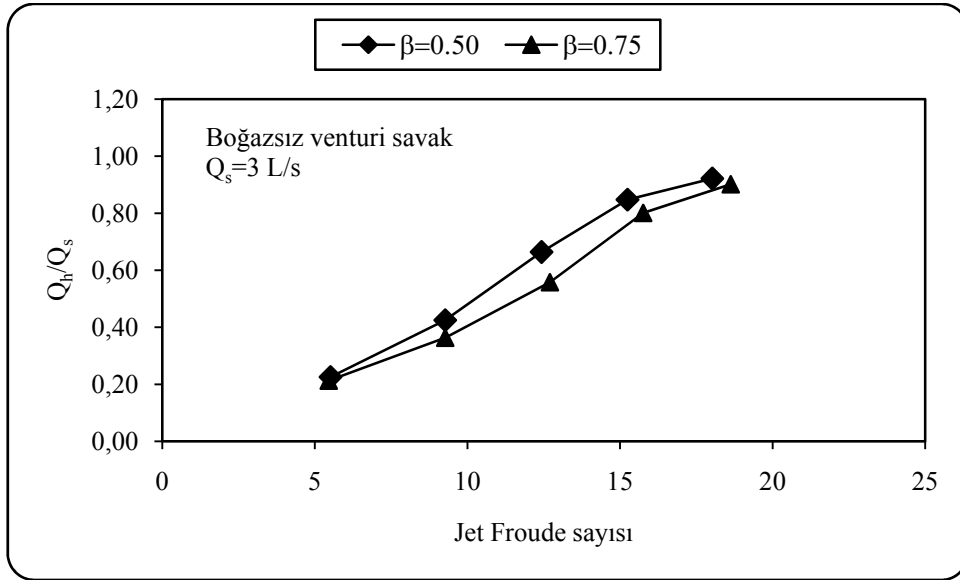
(f)

Şekil 6.2. a-f Farklı savak tipleri ve daralma oranları için düşme yüksekliği ve debiye bağlı olarak Q_h/Q_s değişimi

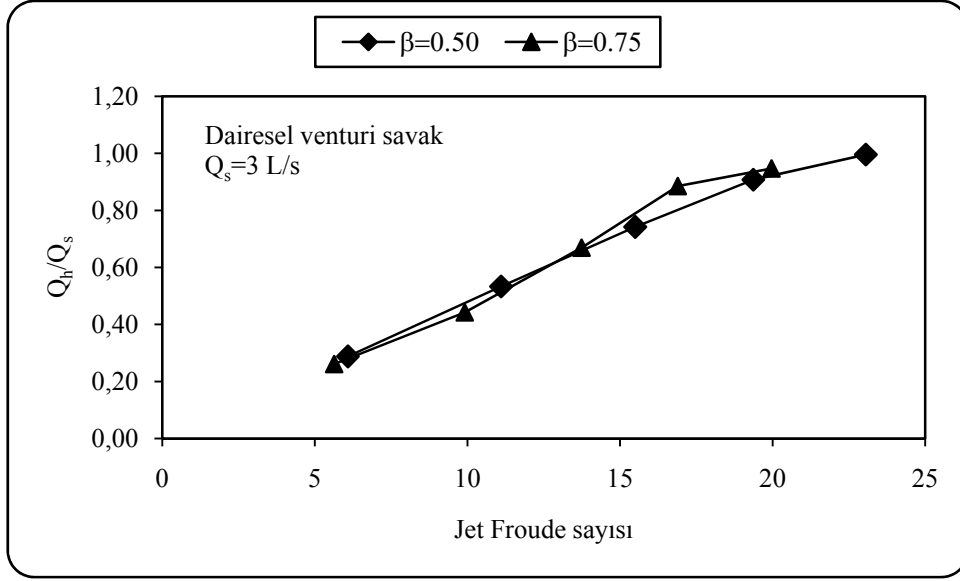
Şekil 6.3. a-c' de sabit bir debi değeri için (3L/s) farklı savak tiplerinde, daralma oranlarının hava giriş oranı Q_h/Q_s üzerindeki etkisi incelenmiştir. Boğazlı ve boğazsız venturi savaklarda $\beta=0.50$ daralma oranı için $\beta=0.75'$ e kıyasla çok küçükte olsa hava giriş oranında artış görülmüştür. Ancak dairesel venturi savaklarda böyle bir artış olmamıştır. Boğaz bölgesinde keskin köşelerin olduğu boğazlı ve boğazsız savaklarda daralma oranının artmasıyla su yüzey pürüzlülüğünün artmasının bu küçük hava giriş oranı değişimine neden olduğu söylenebilir.



(a)



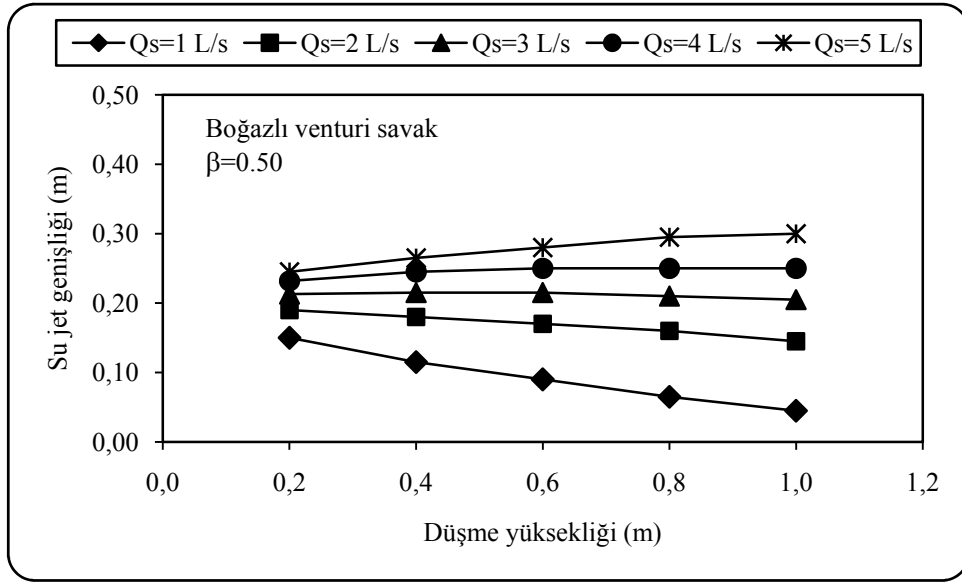
(b)



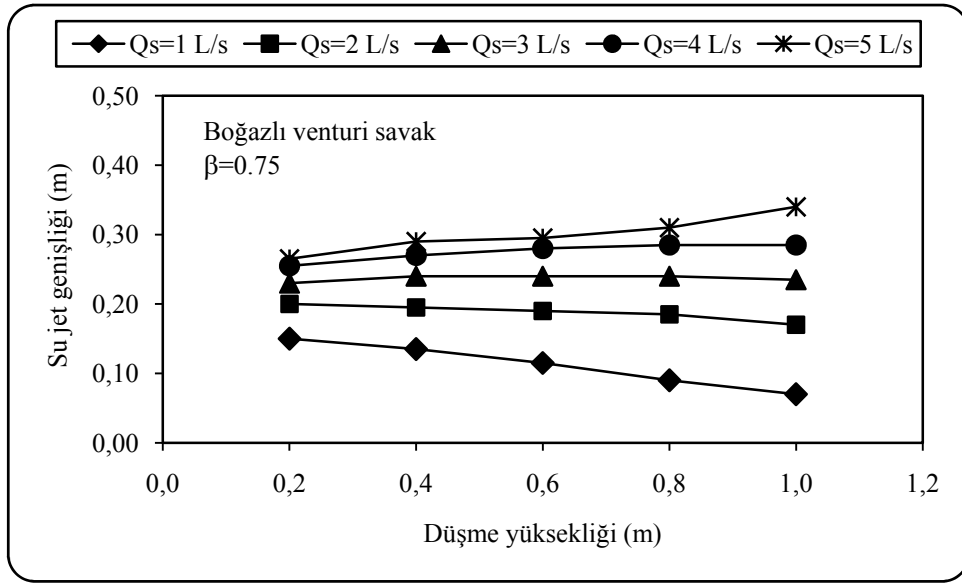
(c)

Şekil 6.3. a-c Farklı savak tipleri ve daralma oranları için Froude sayısı ile Q_h/Q_s değişimi

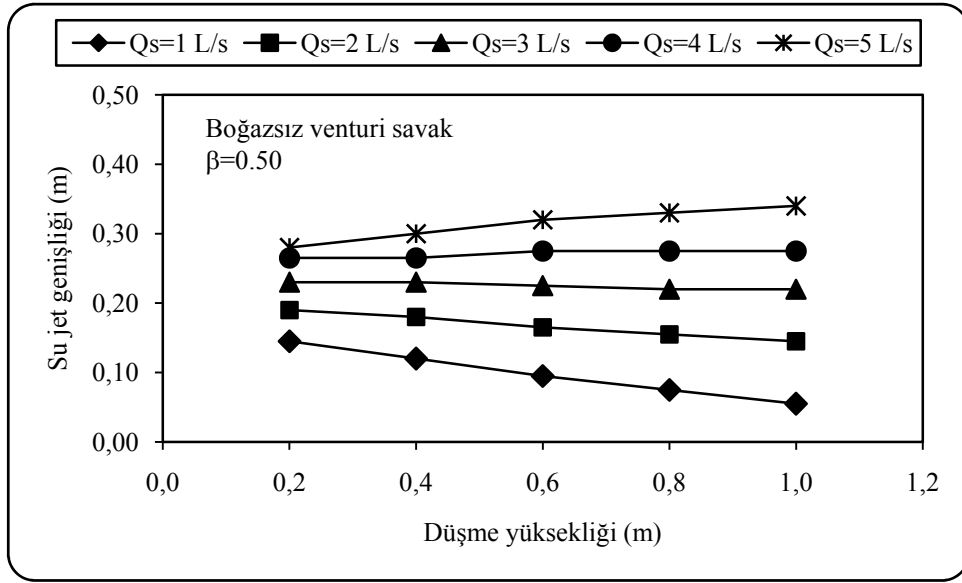
Şekil 6.4. a-f' de bütün savak tipleri ve daralma oranları için küçük debi değerlerinde düşme yüksekliğinin artmasıyla çarpma noktasındaki jet genişliği (b_j)'nin azalmasına karşın büyük debi değerlerinde düşme yüksekliğinin artmasıyla jet genişliği (b_j) artmıştır. Bunun sebebi olarak küçük debilerde jet daralmasının kısa düşme mesafesinde mümkün olurken, büyük debilerde bu daralmanın kısa mesafelerde oluşmaması gösterilebilir.



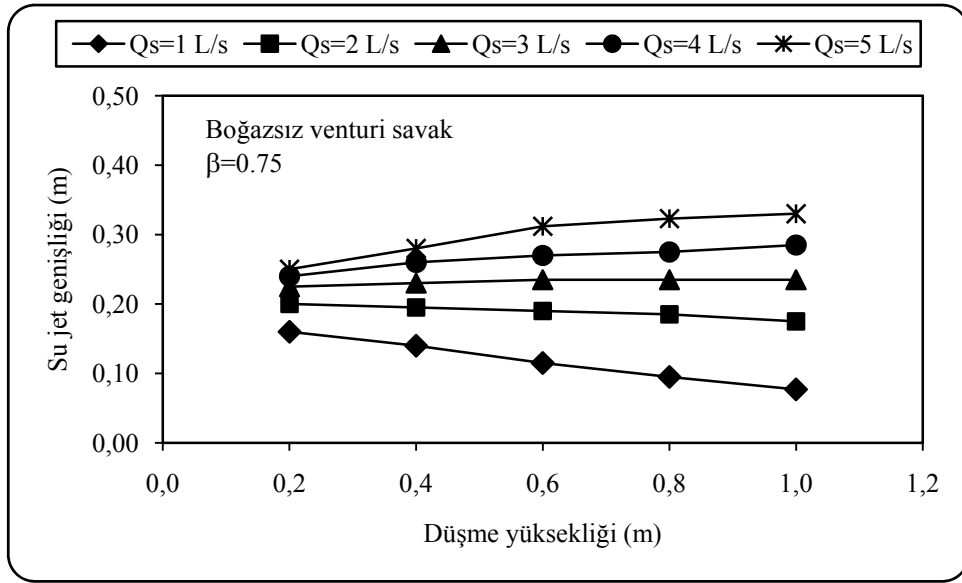
(a)



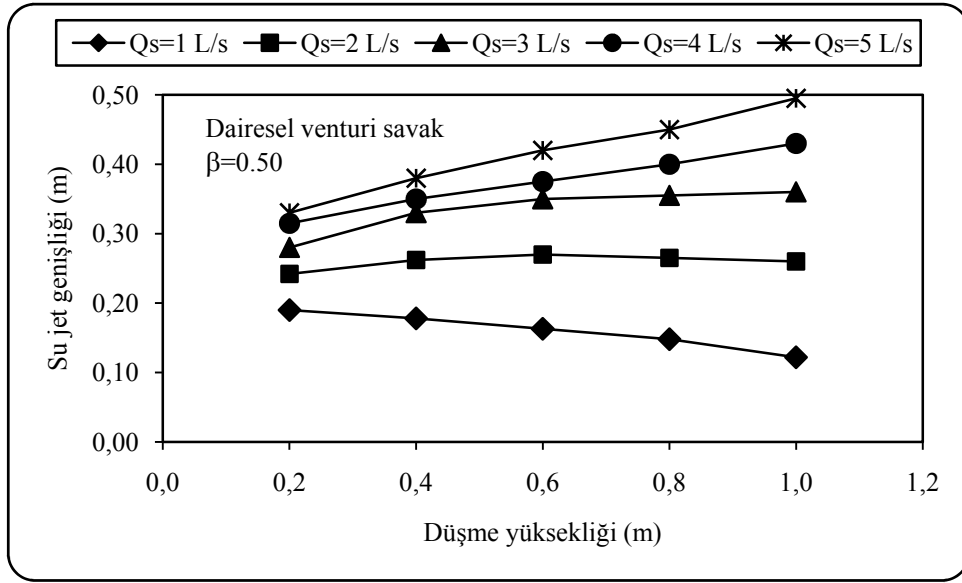
(b)



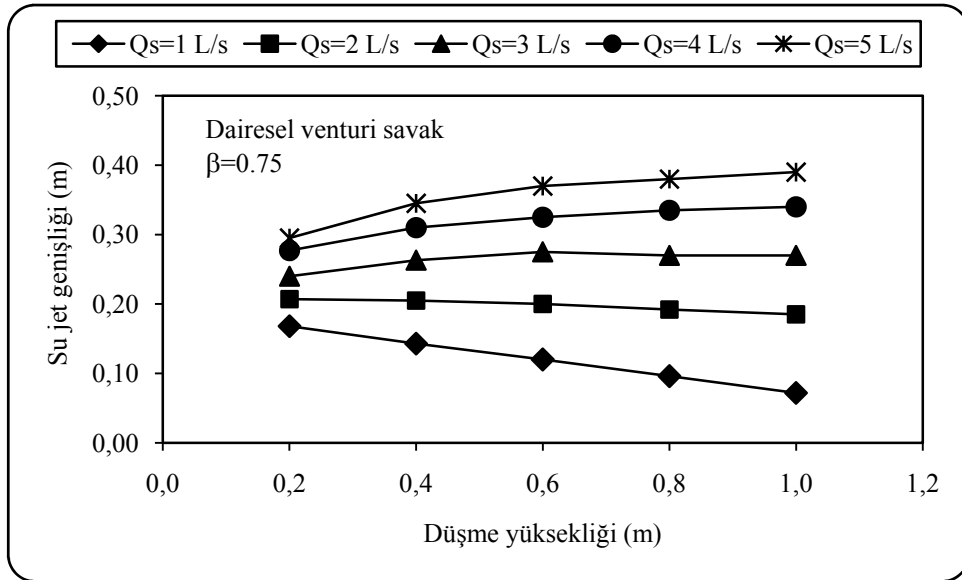
(c)



(d)



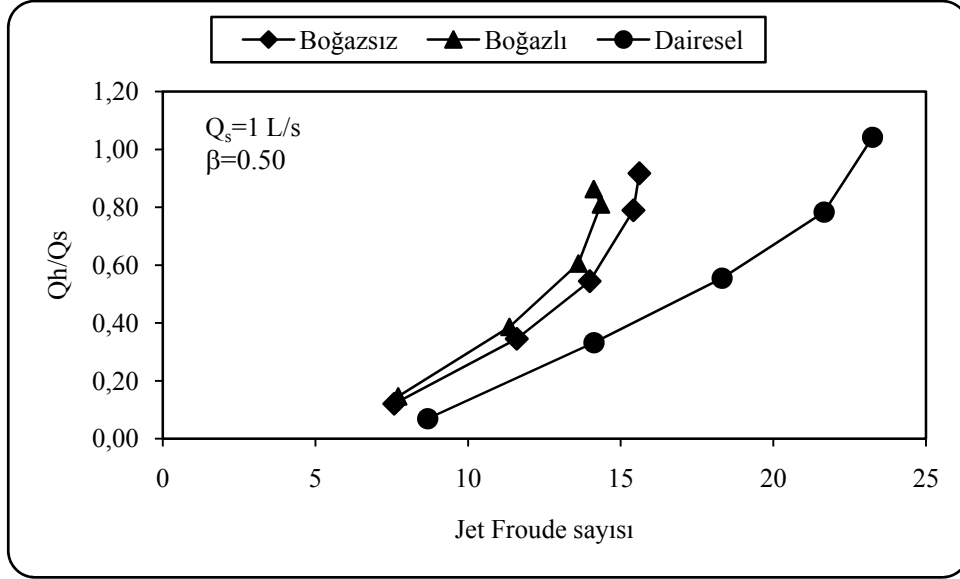
(e)



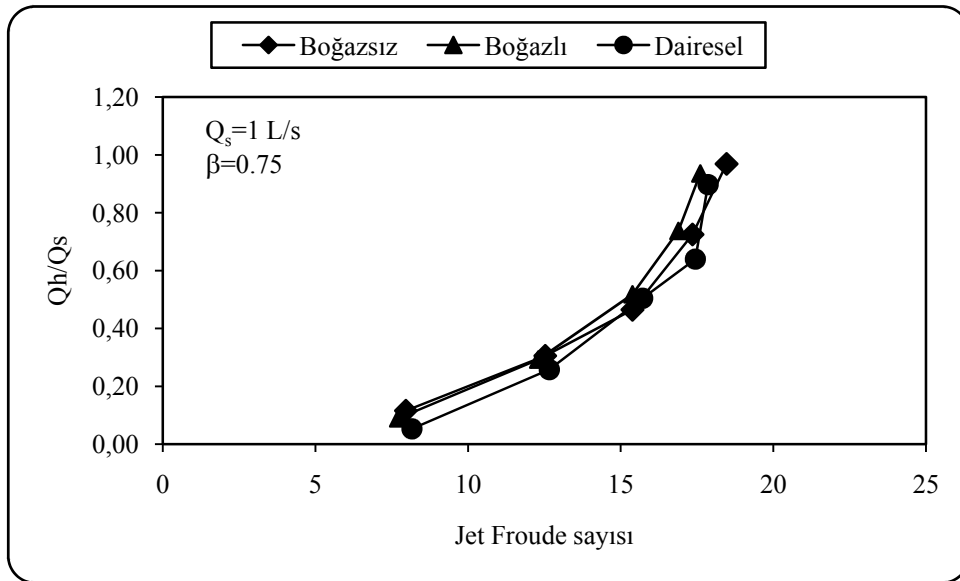
(f)

Şekil 6.4. a-f Farklı savak tipleri ve daralma oranları için debi ve düşme yüksekliğine bağlı olarak çarpma noktasındaki jet genişliğinin değişimi

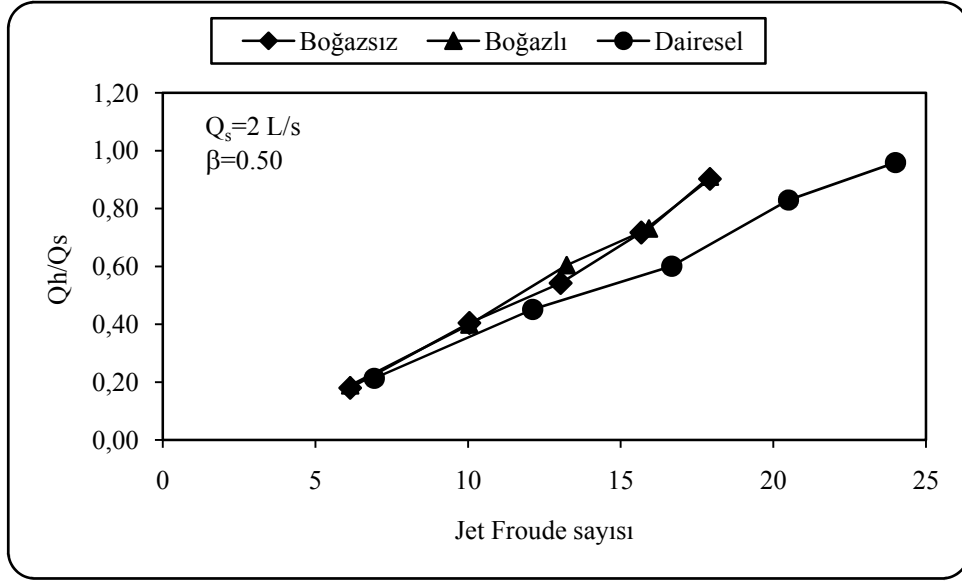
Şekil 6.5. a-j incelendiğinde savak tiplerinin hava giriş oranı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bütün savak tiplerinin küçük debi değerlerinde Froude sayısının artmasıyla hava giriş oranının da arttığı görülmekle beraber büyük debi değerlerinde bu artış eğiliminin kaybolduğu belirlenmiştir.



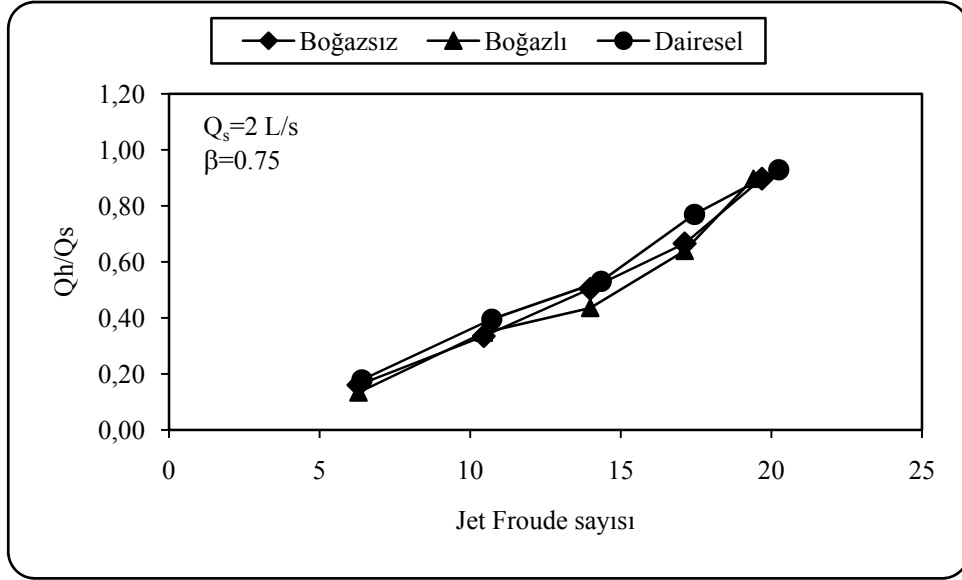
(a)



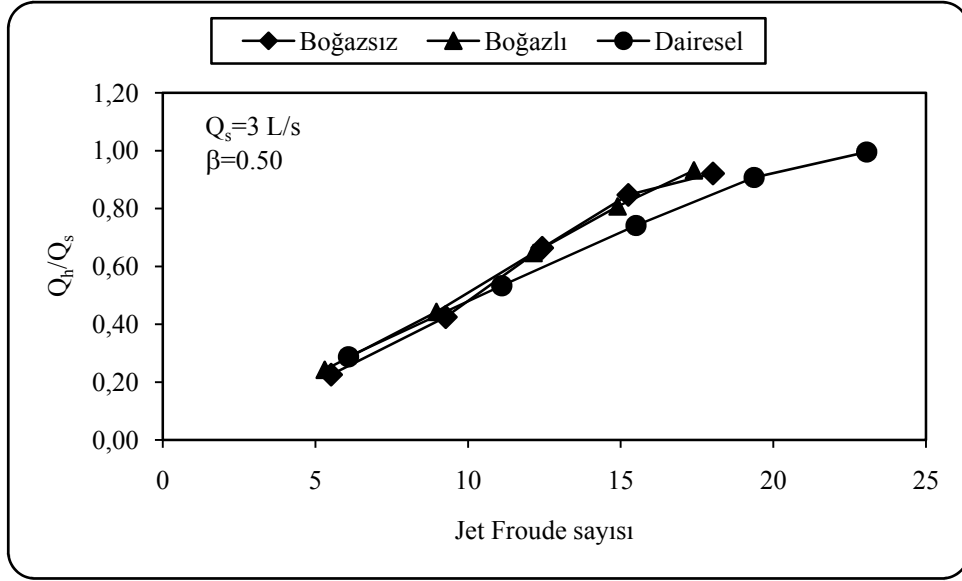
(b)



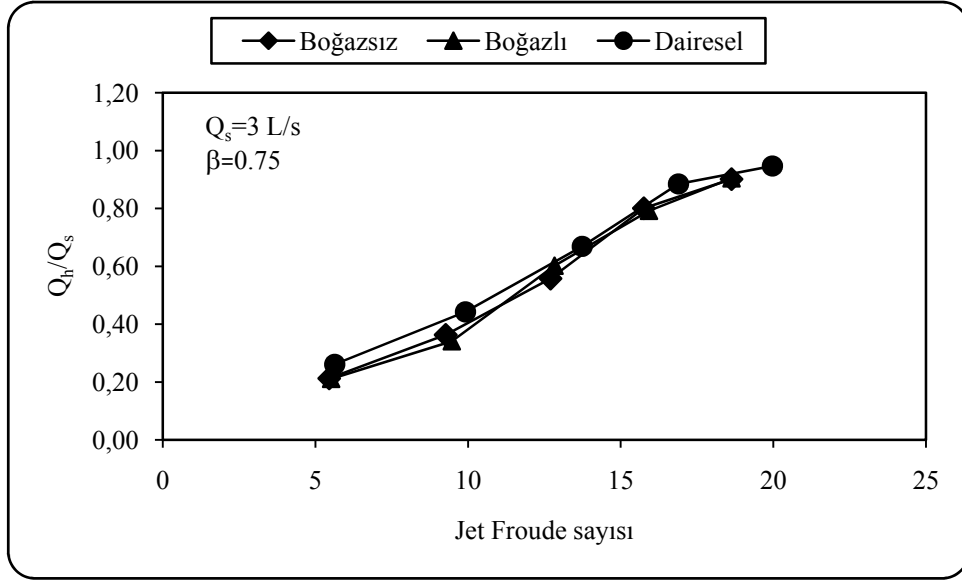
(c)



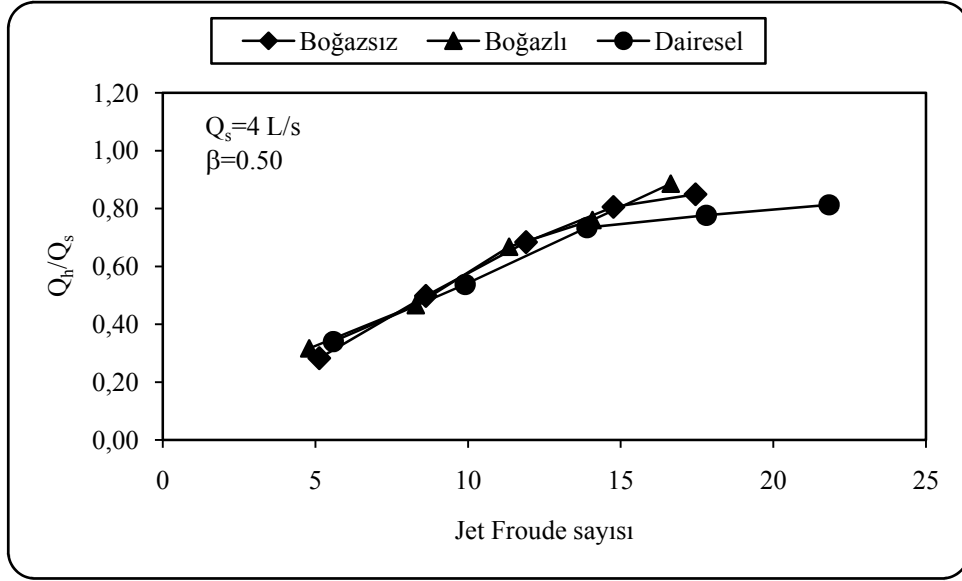
(d)



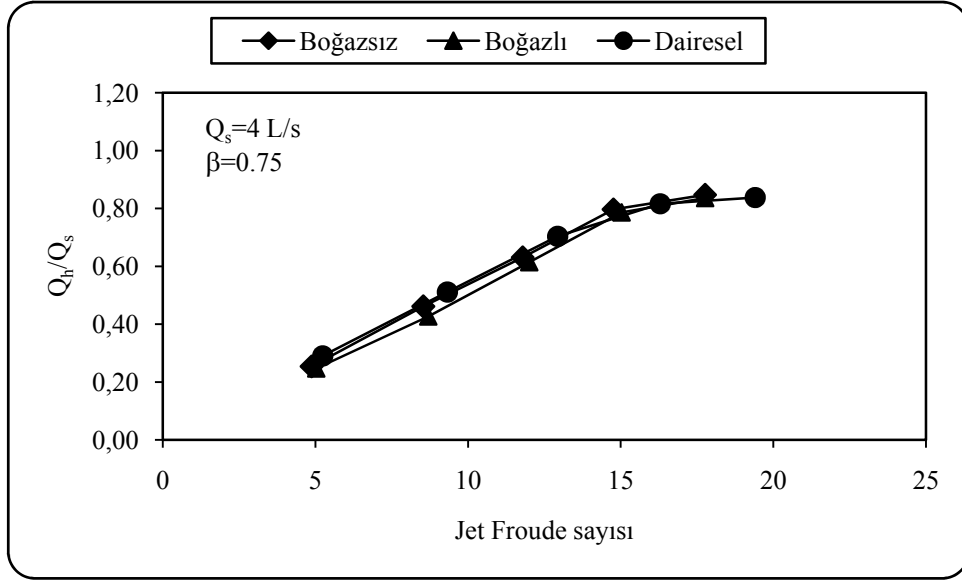
(e)



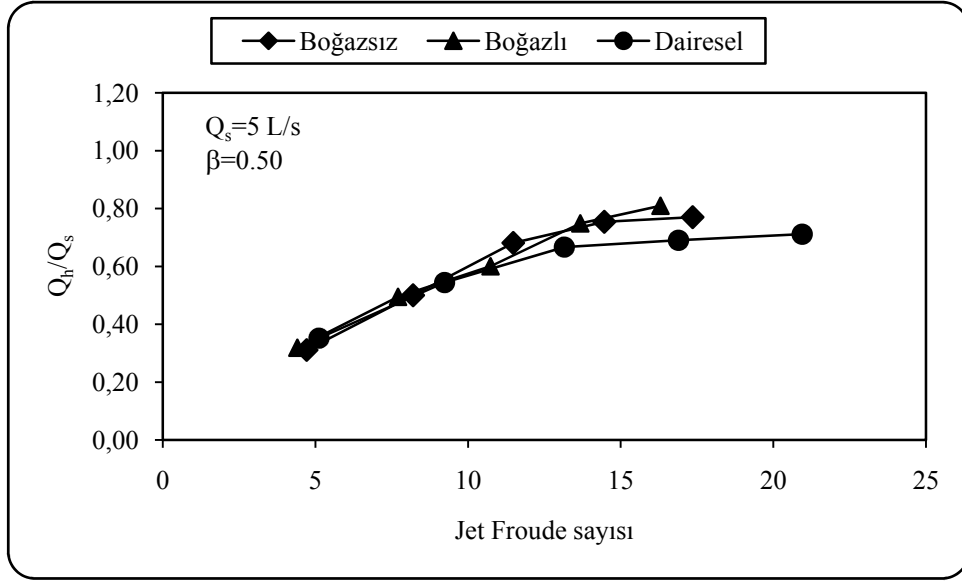
(f)



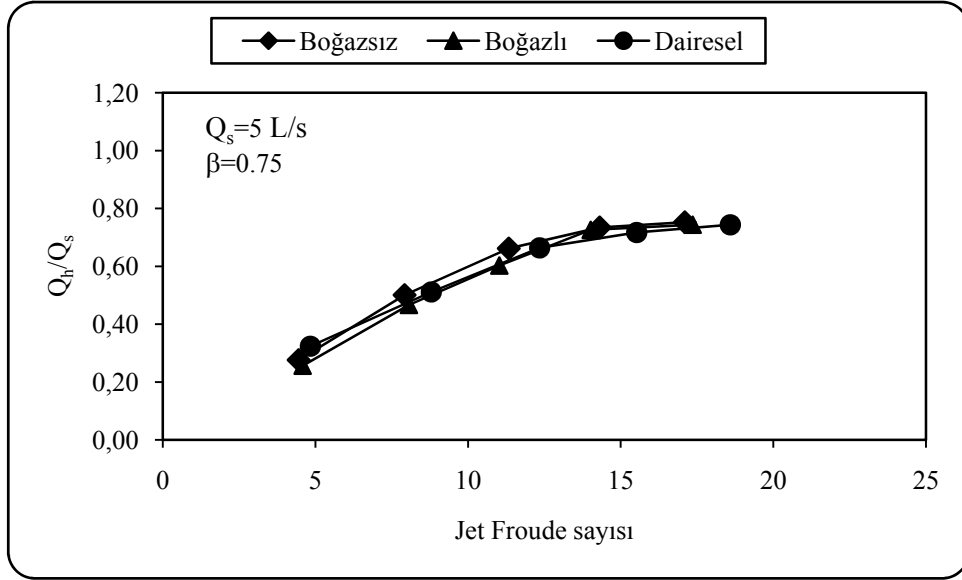
(g)



(h)



(i)



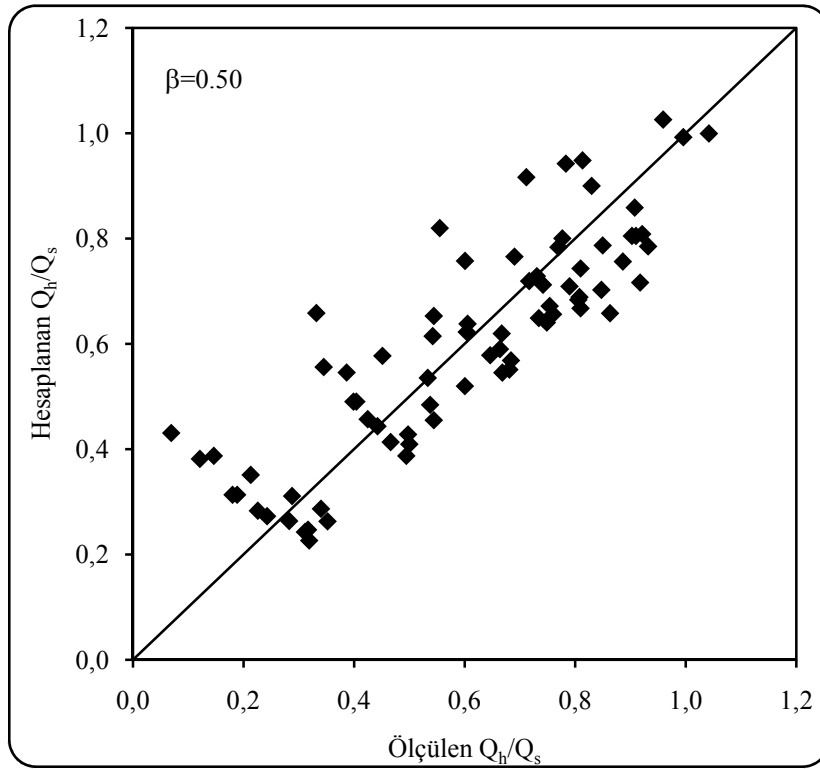
(j)

Şekil 6.5. a-j Farklı debi değerleri ve daralma oranları için Froude sayısı ve savak tipine bağlı olarak Q_h/Q_s değişimi

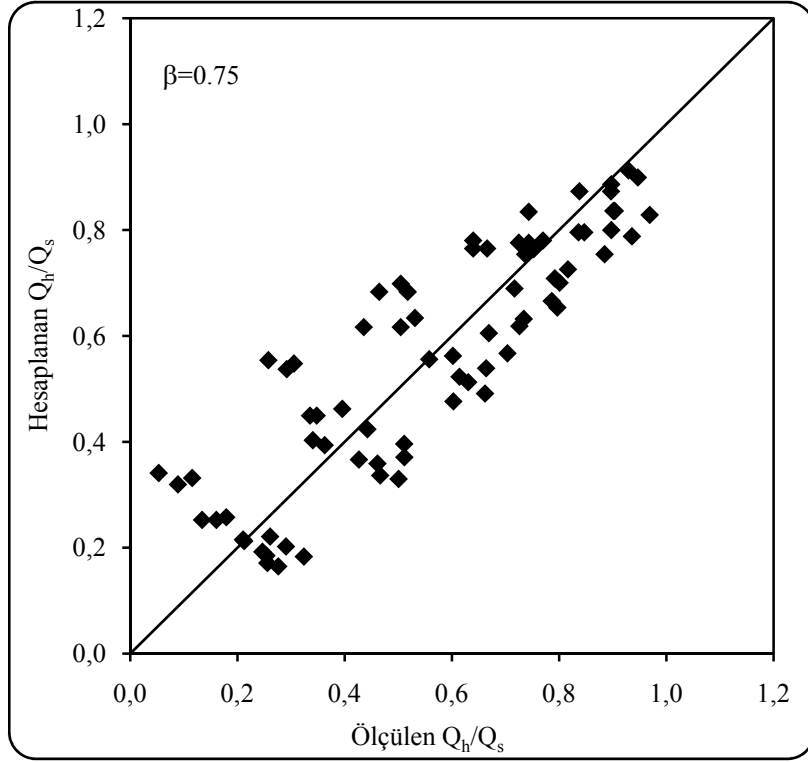
Şekil 6.6. a-b' de deney dataları kullanılarak venturi tiplerine bakmaksızın farklı daralma oranı için iki ayrı nonlineer bağıntı elde edilmiştir. $\beta=0.5$ için 6.1 nolu denklem elde edilmiş olup korelasyon katsayısı 0.86 olarak bulunmuştur. $\beta=0.75$ için ise 6.2 nolu denklem elde edilmiş olup korelasyon katsayısı 0.87 olmuştur. Ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranları arasında yüksek düzeyde bir uyum tespit edilmiştir.

$$\frac{Q_H}{Q_S} = 0,086(F_j - 1)^{0.791} \quad \beta=0.5 \text{ için} \quad (6.1)$$

$$\frac{Q_H}{Q_S} = 0,048(F_j - 1)^{0.096} \quad \beta=0.75 \text{ için} \quad (6.2)$$



(a)



(b)

Şekil 6.6. a-b Daralma oranı $\beta=0.50$ ve $\beta=0.75$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranlarının kıyaslanması

7. YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE DENEY SONUÇLARININ MODELLENMESİ

Deneylerden elde edilen Froude sayısı ve bunlara bağlı hava giriş oranları tablo halinde görülmektedir. Bu değerler $\beta = 0.50$ ve $\beta = 0.75$ için gruplandırılmak suretiyle yapay zeka metoduyla modellenmişlerdir.

Tablo 7.1. Farklı tip venturi savaklara ait deney sonuçları

Q _s =1 L/s		Q _s =2 L/s		Q _s =3 L/s		Q _s =4 L/s		Q _s =5 L/s	
Boğazsız Venturi Savak; β = 0.50									
F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s
75.793	0.1208	61.349	0.1799	55.113	0.2256	51.232	0.2824	47.102	0.3111
115.961	0.3451	100.425	0.4042	92.688	0.4247	86.161	0.4977	81.997	0.4999
139.846	0.5442	130.321	0.5422	124.256	0.6637	118.966	0.6836	114.783	0.6809
154.178	0.7898	156.727	0.7168	152.455	0.8473	147.614	0.8057	144.632	0.7539
156.083	0.9172	179.202	0.9026	180.229	0.9212	174.506	0.8495	173.552	0.7698
Boğazsız Venturi Savak; β = 0.75									
F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s
79.617	0.1155	62.943	0.1606	54.510	0.2124	48.755	0.2539	44.507	0.2761
125.252	0.3053	104.525	0.3351	92.688	0.3628	85.345	0.4612	79.216	0.5007
153.864	0.4646	139.846	0.5044	126.988	0.5575	117.880	0.6305	113.339	0.6618
173.522	0.7247	171.223	0.6657	157.567	0.8008	147.614	0.7967	143.090	0.7340
184.680	0.9689	196.870	0.8973	186.272	0.9013	177.651	0.8468	170.981	0.7526
Boğazlı Venturi Savak; β = 0.50									
F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s
77.089	0.1460	61.349	0.1885	53.037	0.2425	47.936	0.3166	44.060	0.3186
113.519	0.3863	100.425	0.3989	89.615	0.4424	82.846	0.4659	77.065	0.4943
136.116	0.6053	132.281	0.6039	121.464	0.6460	113.430	0.6680	107.370	0.6002
143.532	0.8097	159.235	0.7307	148.950	0.8075	140.745	0.7599	136.747	0.7486
141.183	0.8628	179.202	0.9099	173.977	0.9318	166.385	0.8860	163.024	0.8097
Boğazlı Venturi Savak; β = 0.75									
F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s
77.089	0.0889	62.943	0.1341	55.113	0.2106	50.256	0.2466	45.823	0.2559
122.995	0.2920	104.525	0.3478	94.681	0.3407	86.970	0.4267	80.618	0.4664
153.864	0.5177	139.846	0.4354	128.331	0.6017	120.043	0.6139	110.208	0.6026
168.894	0.7367	171.223	0.6398	159.235	0.7920	150.274	0.7864	140.181	0.7260
176.086	0.9358	194.037	0.8966	186.272	0.9039	177.651	0.8362	173.552	0.7433
Dairesel Venturi Savak; β = 0.50									
F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s	F _j	Q _h /Q _s
86.761	0.0690	69.237	0.2130	60.809	0.2876	55.856	0.3401	51.135	0.3520
141.231	0.3318	121.159	0.4513	111.024	0.5331	99.020	0.5376	92.284	0.5442

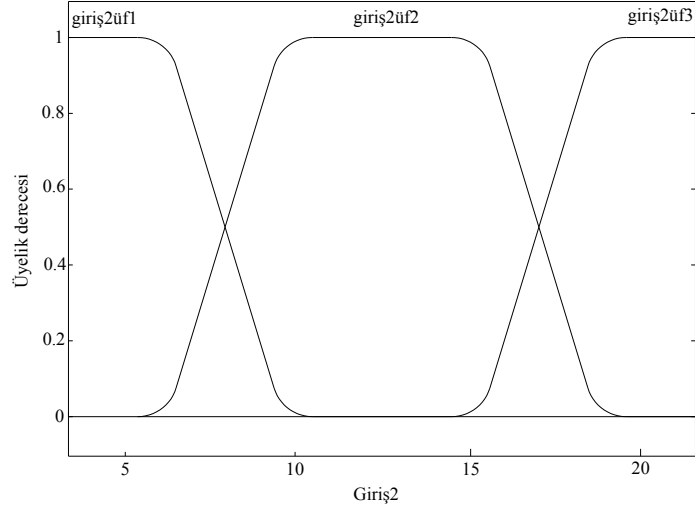
Tablo 7.1'in devamı

183.182	0.5548	166.707	0.6006	154.975	0.7415	138.923	0.7340	131.501	0.6668
216.582	0.7831	204.927	0.8296	193.663	0.9074	178.030	0.7765	168.894	0.6902
232.463	10.419	239.964	0.9590	230.550	0.9955	218.212	0.8130	209.408	0.7114
Dairesel Venturi Savak; $\beta = 0.75$									
F_j	Q_h/Q_s	F_j	Q_h/Q_s	F_j	Q_h/Q_s	F_j	Q_h/Q_s	F_j	Q_h/Q_s
81.583	0.0531	64.035	0.1792	56.298	0.2610	52.379	0.2904	48.347	0.3239
126.587	0.2575	107.172	0.3955	99.114	0.4424	93.190	0.5110	87.931	0.5113
157.173	0.5044	143.479	0.5309	137.371	0.6690	129.330	0.7035	123.425	0.6639
174.433	0.6398	174.433	0.7698	168.894	0.8849	162.924	0.8163	155.203	0.7168
178.583	0.8973	202.416	0.9291	199.662	0.9468	194.037	0.8379	185.875	0.7433

7.1. Uyarlamalı Bulanık Sinir Ağ Yapısı ile Deney Sonuçlarının Modellenmesi

7.1.1. Daralma Oranı $\beta=0.75$ için UBSA' nın Uyarlanması

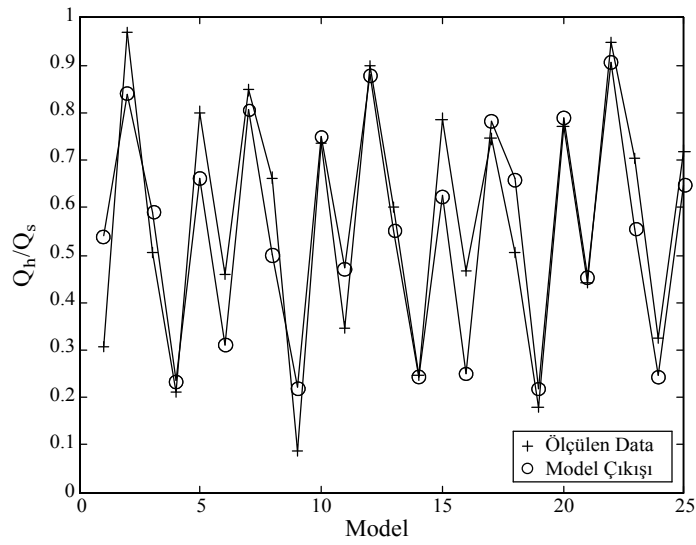
Bütün program kodları MATLAB© Fuzzy Logic Toolbox (2004) UBSA derleyicisinde Q_h/Q_s değerlerini tahmin etmek için farklı tipte üyelik fonksiyonları (ÜF) kullanıldı. UBSA modelin performansını değerlendirmek için 3-lü çapraz geçerlilik metodu uygulandı. Her aşamada korelasyon katsayısı (R^2) ve toplam karesel hata (TKH) değerleri tablo haline getirildi (Tablo 7.2). Tablodan da görüldüğü üzere en iyi UBSA model performansı 3 tane pi şekilli üyelik fonksiyonu ile X_2 kümesinin test için kullanıldığı modelden elde edilmiştir. X_2 kümesinin test edilmesi amacıyla oluşturulan UBSA modelinin uyarlanmış giriş üyelik fonksiyonları şekil 7.1' de görülmektedir. En yüksek ortalama korelasyon katsayısı ve en düşük toplam karesel hata (TKH) değerleri 3 tane Pi-şekilli üyelik fonksiyonu kullanan modellerden sırasıyla 0.9623 ve 0.0141 olarak elde edildi. UBSA model performansı 3 tane pi şekilli üyelik fonksiyonu ile X_2 kümesinin test için kullanıldığı modelden elde edilmiş, tahmin edilen ve ölçülen Q_h/Q_s değerleri şekil 7.2' de grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde tahmin edilen değerlerle ölçülen sonuçlar arasında büyük bir uyum olduğu görülür.



Şekil 7.1. Üyelik fonksiyonları ($\beta=0.75$)

Tablo 7.2. UBSA modelleri ($\beta=0.75$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerleri

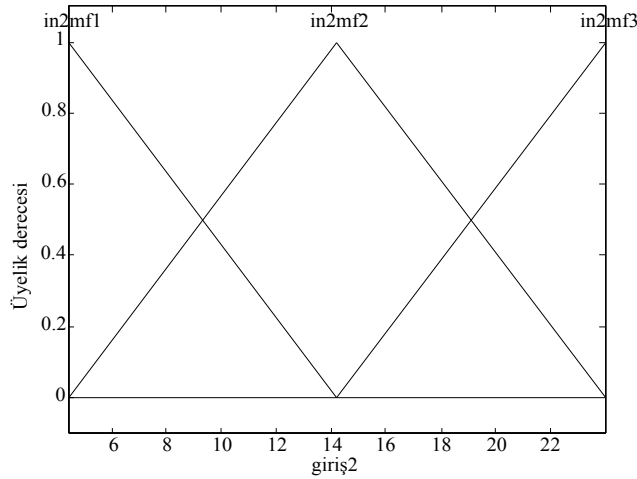
Üyelik Fonksiyonları	ÜF Numarası	Eğitim Kümeleri	Test Kümeleri	R^2	TKH	Ortalama TKH	Ortalama R^2
Pimf	3	X_1, X_2	X_3	0.9592	0.0149	0.0141	0.9623
Pimf	3	X_1, X_3	X_2	0.9669	0.0128		
Pimf	3	X_2, X_3	X_1	0.9609	0.0145	0.0144	0.9616
Trimf	3	X_1, X_2	X_3	0.9565	0.0159		
Trimf	3	X_1, X_3	X_2	0.9666	0.0130	0.0142	
Trimf	3	X_2, X_3	X_1	0.9617	0.0142		



Şekil 7.2. Daralma oranı $\beta=0.75$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranlarının UBSA modeli ile kıyaslanması

7.1.2. Daralma Oranı $\beta=0.50$ için UBSA' nın Uyarlanması

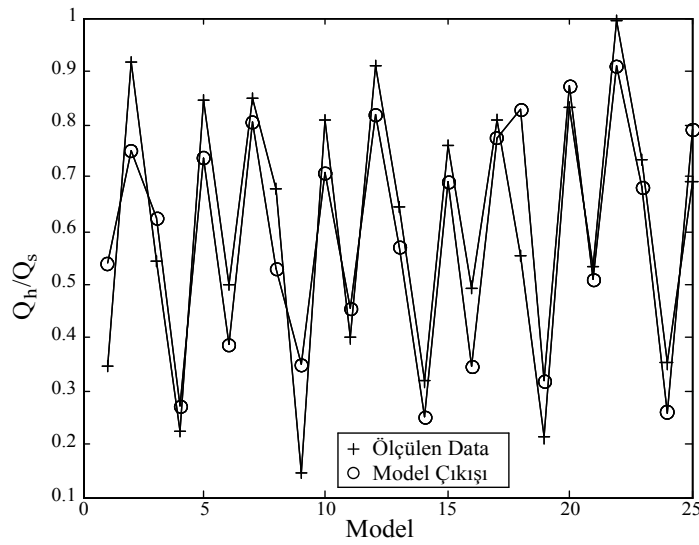
Bütün program kodları MATLAB© Fuzzy Logic Toolbox (2004) UBSA derleyicisinde Q_h/Q_s değerlerini tahmin etmek için farklı tipte üyelik fonksiyonları kullanıldı. UBSA modelin performansını değerlendirmek için 3-lü çapraz geçerlilik metodu uygulandı. Her aşamada korelasyon katsayısı (R^2) ve toplam karesel hata (TKH) değerleri tablo haline getirildi (Tablo 7.3). Tablodan da görüldüğü üzere en iyi UBSA model performansı 3 tane pi şekilli üyelik fonksiyonu ile X_2 kümesinin test için kullanıldığı modelden elde edilmiştir. X_2 kümesinin test edilmesi amacıyla oluşturulan UBSA modelinin uyarlanmış giriş üyelik fonksiyonları şekil 7.3' te görülmektedir. En yüksek ortalama korelasyon katsayısı ve en düşük toplam karesel hata (TKH) değerleri 3 tane Pi şekilli üyelik fonksiyonu kullanan modellerden sırasıyla 0.9666 ve 0.0139 olarak elde edildi. UBSA model performansı 3 tane pi şekilli üyelik fonksiyonu ile X_2 kümesinin test için kullanıldığı modelden elde edilmiş, tahmin edilen ve ölçülen Q_h/Q_s değerleri şekil 7.4' te grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde tahmin edilen değerlerle ölçülen sonuçlar arasında büyük bir uyum olduğu görülür.



Şekil 7.3. Üyelik fonksiyonları ($\beta=0.50$)

Tablo 7.3. UBSA modelleri ($\beta=0.50$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerleri

Üyelik Fonksiyonları	ÜF Numarası	Eğitim Kümeleri	Test Kümeleri	R^2	TKH	Ortalama TKH	Ortalama R^2
Pimf	3	X_1, X_2	X_3	0.9670	0.0134	0.0139	0.9666
Pimf	3	X_1, X_3	X_2	0.9667	0.0141		
Pimf	3	X_2, X_3	X_1	0.9662	0.0143	0.0148	0.9646
Trimf	3	X_1, X_2	X_3	0.9654	0.0141		
Trimf	3	X_1, X_3	X_2	0.9680	0.0135	0.0148	0.9646
Trimf	3	X_2, X_3	X_1	0.9604	0.0168		



Şekil 7.4. Daralma oranı $\beta=0.50$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranı değerlerinin UBSA modeli ile kıyaslanması

7.2. Yapay Sinir Ağ Yapısı ile Deney Sonuçlarının Modellenmesi

7.2.1. Daralma Oranı $\beta=0.75$ için YSA' nın Uyarlanması

Bütün program kodları MATLAB (2004) Yapay Sinir Ağı Araç Kutusu derleyicisi kullanılarak yazıldı. Bu kodlar kullanılarak farklı YSA yapıları denenip uygun model yapıları belirlendi. YSA ile gizli katman hücre sayısı, öğrenme oranı ve başlangıç ağırlıkları gibi parametreleri seçmek oldukça güçtür. Belirli bir problem için uygun bir sinir ağı yapısını belirlemek önemli bir sorundur. Çünkü ağ topolojisi, hesaplama karmaşıklığından ve genelleme kabiliyetinden direkt etkilenir.

Gerekli ağırlıklar hesaplandığında tek gizli katmanlı YSA modelleri sürekli fonksiyonları modelleyebilir (Hornik et al., 1989). Verilen herhangi bir fonksiyona

yaklaşmak için ihtiyaç duyulan gizli tabaka sayısını veren herhangi bir teori henüz bulunmadığı için, yapay sinir ağı modelinin gizli tabaka düğüm sayısı değişik ağ yapıları denendikten sonra belirlenir.

Bu tez çalışmasında; eğitim aşamalarında her bir yapay sinir ağı için uyarlamalı öğrenme oranı, sigmoid ve lineer aktivasyon fonksiyonu kullanıldı. Kullanılan yapay sinir ağı parametreleri tablo 7.4’ te verilmiştir. Bütün yapay sinir ağı modelleri 2000 tur eğitilmiştir.

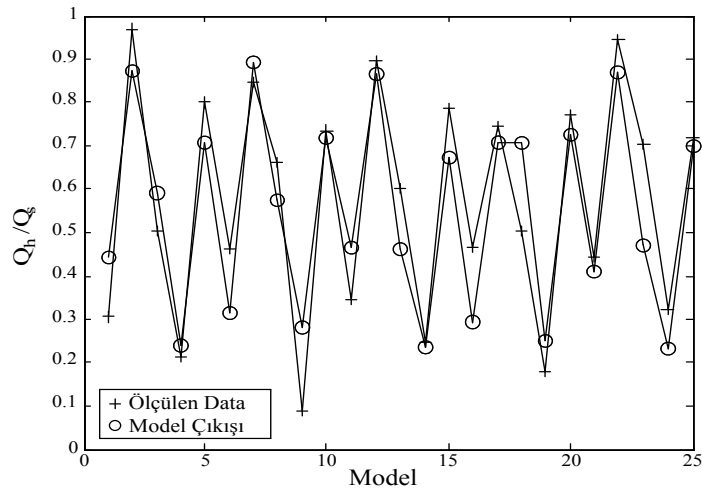
YSA modelin performansını değerlendirmek için 3-lü çapraz geçerlilik metodu uygulandı. Her aşamada korelasyon katsayısı (R^2) ve toplam karesel hata (TKH) değerleri tablo haline getirildi (Tablo 7.5). Tablodan da görüldüğü üzere en iyi YSA model performansı 2-3-1 ile X_2 kümesinin test için kullanıldığı modelden elde edilmiştir. X_2 kümesinin test edilmesi amacıyla oluşturulan YSA modelinin uyarlanmış giriş üyelik fonksiyonları tablo 3.5’ te görülmektedir. En yüksek ortalama korelasyon katsayısı (R^2) ve en düşük toplam karesel hata (TKH) değerleri 2-3-1 ile X_2 kümesini kullanan modellerden sırasıyla 0.9553 ve 0.0167 olarak elde edildi. YSA 2-3-1 modeli ile tahmin edilen ve ölçülen Q_h/Q_s değerleri şekil 7.5’ te grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde tahmin edilen değerlerle ölçülen sonuçlar arasında büyük bir uyum gözlemlenmiştir.

Tablo 7.4. Çok katmanlı algılayıcılar yapısı ve eğitim parametreleri ($\beta=0.75$)

Yapısı	
Katman sayısı	3
Katmanlardaki nöron sayısı	Giriş: 2
	Gizli:3,5
	Çıkış: 1
Başlangıç ağırlıkları ve aşık değerleri	Rastgele
Aktivasyon fonksiyonları	Tangent–sigmoid
	Tangent–sigmoid
	Linear
Eğitim parametreleri	
Öğrenme kuralı	Levenberg–Marquardt
	Back–Propagation
Toplam karesel hata	0.00001

Tablo 7.5 YSA modelleri ($\beta=0.75$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerleri

Ağ Yapısı	Eğitim Kümeleri	Test Kümeleri	R^2	TKH	Ortalama	Ortalama
					TKH	R^2
2-3-1	X_1, X_2	X_3	0.9545	0.0166	0.0167	0.9553
	X_1, X_3	X_2	0.9667	0.0129		
	X_2, X_3	X_1	0.9448	0.0205		
2-5-1	X_1, X_2	X_3	0.9565	0.0159	0.0322	0.9140
	X_1, X_3	X_2	0.9372	0.0244		
	X_2, X_3	X_1	0.8483	0.0564		



Şekil 7.5. Daralma oranı $\beta=0.75$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranı değerlerinin YSA modeli ile kıyaslanması

7.2.2. Daralma Oranı $\beta=0.50$ için YSA' nın Uyarlanması

Bu tez çalışmasında; eğitim aşamalarında her bir yapay sinir ağı için uyarlamalı öğrenme oranı, Sigmoid ve lineer aktivasyon fonksiyonu kullanıldı. Kullanılan yapay sinir ağı parametreleri tablo 7.6' da verilmiştir. Bütün yapay sinir ağı modelleri 2000 tur eğitilmiştir.

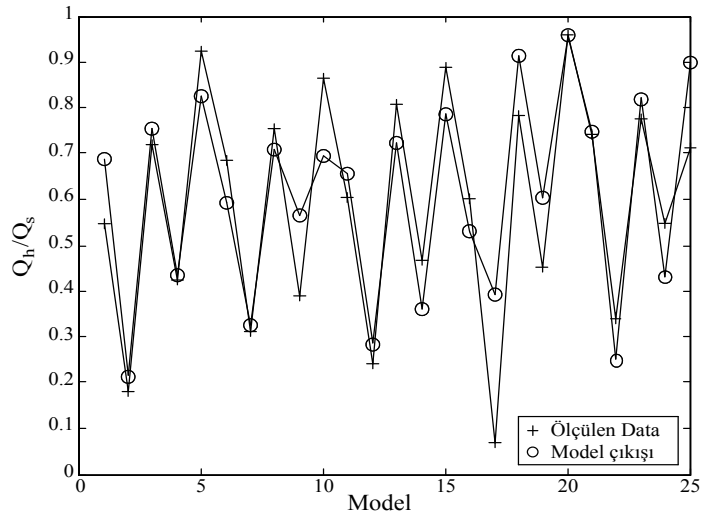
YSA modelin performansını değerlendirmek için 3-lü çapraz geçerlilik metodu uygulandı. Her aşamada korelasyon katsayısı (R^2) ve toplam karesel hata (TKH) değerleri tablo haline getirildi (Tablo 7.7). X_2 kümesinin test edilmesi amacıyla oluşturulan YSA modelinin uyarlanmış giriş üyelik fonksiyonları tablo 3.5' te görülmektedir. En yüksek ortalama korelasyon katsayısı (R^2) ve en düşük toplam karesel hata (TKH) değerleri 2-3-1 ile X_2 kümesini kullanan modellerden sırasıyla 0.9553 ve 0.0167 olarak elde edildi. YSA 2-3-1 modeli ile tahmin edilen ve ölçülen Q_h/Q_s değerleri şekil 7.6' da grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde tahmin edilen değerlerle ölçülen sonuçlar arasında büyük bir uyum gözlemlenmiştir.

Tablo 7.6. Çok katmanlı algılayıcılar yapısı ve eğitim parametreleri ($\beta=0.50$)

Yapısı	
Katman sayısı	3
Katmanlardaki nöron sayısı	Giriş: 2
	Gizli:3,5
	Çıkış: 1
Başlangıç ağırlıkları ve eşik değerleri	Rastgele
Aktivasyon fonksiyonları	Tangent-sigmoid
	Tangent-sigmoid
	Linear
Eğitim parametreleri	
Öğrenme kuralı	Levenberg-Marquardt
	Back-Propagation
Toplam karesel hata	0.00001

Tablo 7.7. YSA modelleri ($\beta=0.50$) için korelasyon ve toplam karesel hata değerleri

Ağ Yapısı	Eğitim Kümeleri	Test Kümeleri	R^2	TKH	Ortalama	Ortalama
					TKH	R^2
2-3-1	X_1, X_2	X_3	0.9669	0.0134	0.0144	0.9654
	X_1, X_3	X_2	0.9683	0.0134		
	X_2, X_3	X_1	0.9610	0.0165		
2-5-1	X_1, X_2	X_3	0.9644	0.0145	0.0235	0.9440
	X_1, X_3	X_2	0.9069	0.0394		
	X_2, X_3	X_1	0.9607	0.0166		

**Şekil 7.6.** Daralma oranı $\beta=0.50$ için ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranı değerlerinin YSA modeli ile kıyaslanması

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Venturi savak tiplerinin hava giriş oranı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla laboratuarda, üç farklı tip (boğazlı, boğazsız ve dairesel venturi savak) ve iki farklı daralma oranı ($\beta=0.75$ ve 0.50) kullanılarak deneyler yapıldı. Sonuçlar venturi savakların hava giriş oranı (Q_h/Q_s) bakımından yüksek performansa sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca düşüm yüksekliğinin (h) ve su debisinin (Q_s) artmasıyla da Q_h/Q_s ' nın arttığı görülmüştür. Bununla beraber sonuçlar venturi savak tipinin Q_h/Q_s üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Farklı daralma oranları için Q_h/Q_s ve Froude sayısına bağlı olarak elde edilen iki ayrı ampirik bağıntı da ölçülen ve hesaplanan hava giriş oranları arasında yüksek düzeyde bir uyum tespit edilmiştir.

Savaklarda tasarım parametrelerinin hava giriş oranı üzerinde ki etkisi büyüktür. Hava giriş oranı, savak geometrisi ve Froude sayısı ile değişmektedir. Bu çalışmada hava giriş oranını tahmin etmek için yapay zeka metotlarından uyarlamalı bulanık sinir ağ yapısı (UBSA) ve yapay sinir ağları yapısı (YSA) kullanıldı. Her iki sistemde de ölçülen ve tahmin edilen hava giriş oranları arasında yüksek korelasyon tespit edilmekle beraber (UBSA) yapısının çok az bir farkla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Suların havalandırılmasındaki gaye, sudaki demir (Fe^{++}) veya manganın (Mn^{++}) oksidasyonu veya amonyumun (NH_4^+) giderilmesi, sudaki belirli uçucu organik bileşiklerin uzaklaştırılması, biyolojik tasfiyede gerekli oksijenin sisteme verilmesi, su içindeki çözünmüş gazların sebep olduğu tat ve kokuların azaltılması, suyun karbondioksit miktarının azaltılması, akarsu veya göllerde çözünmüş oksijen standartlarının karşılanması olarak bilinmektedir. Çalışmamızda farklı tip ventüri savakların hava giriş oranı performansları araştırılmıştır. Bu tip savakların havalandırma amaçlı kullanılmasıyla su kalitesi parametrelerinin nasıl etkileneceği hususu ileriki çalışmaların konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Karpuzcu, M.**, 1991. Çevre Kirlenmesi Ve Kontrolü B. Ü. Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Eroğlu, V.**, 1991. Su Tasfiyesi, İ.T.Ü Kütüphanesi, Sayı:1439, İstanbul.
- [3] **Baylar, A.**, 2002. Savak havalandırıcılarda tip seçiminin oksijen transferine etkisinin incelenmesi, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [4] **Avery, S. and Novak, P.**, 1978. Oxygen transfer at hydraulic structures. Journal of the Hydraulics Division, ASCE. **104** (HY11): 1521–1540.
- [5] **Tsang, C.C.**, 1987. Hydraulic and aeration performance of labyrinth weirs, *Ph.D. Thesis*, U.K. University of London,.
- [6] **Nakasone, H.**, 1987. Study of aeration at weirs and cascades, Journal of Environmental Engineering, ASCE. **113** (1) pp. 64–81.
- [7] **Chanson, H.**, 1995. Predicting oxygen content downstream of weirs, spillways and waterways, **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Maritime and Energy**. **112** (1) pp. 20-30
- [8] **Tang, N.H., Nirmalakhandan, N. and Speece, R.E.**, 1995. Weir aeration: Models and unit energy consumption. Journal of Environmental Engineering, ASCE. **121** (2) pp. 196–199.
- [9] **Labocha, M., Corsi, R.L. and Zytner, R.G.**, 1996. Parameter influencing oxygen uptake at clarifier weirs, Water Environment Research. **68** (6) pp. 988–994.
- [10] **Watson, C.C., Walters, R.W. and Hogan, S.A.**, 1998. Aeration performance of low drop weirs, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. **124** (1) pp. 65–71.
- [11] **Wormleaton, P.R. and Soufiani, E.**, 1998. Aeration performance of triangular planform labyrinth weirs, Journal of Environmental Engineering, ASCE. **124** (8) pp. 709–719.
- [12] **Wormleaton, P.R. and Tsang, C.C.**, 2000. Aeration performance of rectangular planform labyrinth weirs, Journal of Environmental Engineering, ASCE. **126** (5) pp. 456–465.
- [13] **Baylar, A. and Bagatur, T.**, 2000. Aeration performance of weirs, Water SA. **26** (4) pp. 521–526.
- [14] **Baylar, A. and Bagatur, T.**, 2001. Oxygen transfer efficiency: Aeration performance of weirs, Water Engineering & Management, Part: 1, **148** (3) pp. 33–36.

- [15] **Baylar, A. and Bagatur, T.,** 2001. Oxygen transfer efficiency, Aeration performance of weirs, *Water Engineering & Management*, Part: 2, **148** (4) pp. 14–16.
- [16] **Baylar, A. and Bagatur, T.,** 2006. Experimental studies on air entrainment and oxygen content downstream of sharp-crested weirs, *Water and Environment Journal*, **20** (4) pp. 210–216.
- [17] **Baylar, A., Bagatur, T. and Tuna, A.,** 2001. Aeration performance of triangular notch weirs at recirculating system, *Water Quality Research Journal of Canada*, **36** (1) pp.121–132.
- [18] **Baylar, A., Bagatur, T. and Tuna, A.,** 2001. Aeration performance of triangular-notch weirs, *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, **15** (3) pp. 203–206.
- [19] **Baylar, A., Hanbay, D. and Ozpolat, E.,** 2008. An expert system for predicting aeration performance of weirs by using ANFIS, *Expert Systems with Applications*, **35** (3) pp. 1214–1222.
- [20] **Baylar, A., Hanbay, D. and Batan, M.,** 2009. Application of least square support vector machines in the prediction of aeration performance of plunging overfall jets from weirs, *Expert Systems with Applications*, **36** (4) pp. 8368–8374.
- [21] **Baylar A. and Emiroglu ME.,** 2002. The effect of sharp-crested weir shape on air entrainment, *Canadian Journal of Civil Engineering*, **29** (3) pp. 375–383.
- [22] **Baylar, A. and Emiroglu, M.E.,** 2007. The Role of Weir Types in Entrainment of Air Bubbles, *International Journal of Science & Technology* Volume 2, No **2**, pp. 143-154.
- [23] **Baylar A.,** 2003. An investigation on the use of venturi weirs as an aerator, *Water Quality Research Journal of Canada*, **38** (4) pp. 753–767.
- [24] **Emiroglu, M.E. and Baylar, A.,** 2003. Experimental study of the influence of different weir types on the rate of air entrainment, *Water Quality Research Journal of Canada*, **38** (4) pp. 769–783.
- [25] **Emiroglu, M.E. and Baylar, A.,** 2003. The effect of broad-crested weir shape on air entrainment, *Journal of Hydraulic Research*, **41** (6) pp. 649–655.
- [26] **Emiroglu, M.E. and Baylar, A.,** 2005. Influence of included angle and sill slope on air entrainment of triangular planform labyrinth weirs, *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, **131** (3) pp. 184–189.
- [27] **Emiroglu, M.E. and Baylar, A.,** 2006. Closure of Influence of included angle and sill slope on air entrainment of triangular planform labyrinth weirs, *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, **132** (7) pp. 747–748.
- [28] **Baylar, A. and Ozkan, F.,** 2006. Applications of venturi principle to water aeration systems, *Environmental Fluid Mechanics*, **6** (4) pp. 341–357.

- [29] **Ozkan, F., Kaya, T. and Baylar, A.,** 2009. Study of the influence of venturi weir type on air bubble entrainment, *Scientific Research and Essays Vol.*, **4** (11), pp. 1184–1193.
- [30] **Apted, P.W. and Novak, P.,** 1973. Some studies of oxygen uptake at weirs, *Proceedings of the XV Congress*, IAHR paper B23.
- [31] **Avery, S. and Novak P.,** 1978. Oxygen transfer at hydraulic structures, *journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, **104**, 1521-1540.
- [32] **Grindron, J.,** 1962. British research on aeration at weir, *Water and Sawage Works*, October.
- [33] **Albrecht, D.,** 1968. Belüftung des ruhrwassers am wehr spiellenburg, *Die Wasserwirtschaft*, 11.
- [34] **Nakasone, H.,** 1975. Applicable scope of equation of aeration and the region for aeration, *Transactions, JSIDRE*, 59.
- [35] **Nakasone, H.,** 1976. Study on the effect of pollutant materials for oxygen transfer of falling water, *Journal of Water and Waste*, 17, No. **6**, pp. 13-18.
- [36] **Kobus, H. And Koschitzky, H.P.,** 1991. Local surface aeration at hydraulic structures, *Hydraulic Structures Desing Manual*, No. **4**, pp. 29-53.
- [37] **Cummings, P. D. and Chanson H.,** 1997. Air entrainment in the developing flow region of plunging jets-part 1: Theoretical development, *journal of fluids Engineering*, **119**, pp. 597-602.
- [38] **Cummings, P. D. and Chanson H.,** 1997. Air entrainment in the developing flow region of plunging jets-part 2: Experimental. *journal of fluids Engineering*, **119**, pp. 603-608.
- [39] **McKeogh, E. J. and Ervine D.A.,** 1981. Air entrainment rate and diffusion pattern of plunging liquid jets, *Chermical Engineering Science*, **363**, pp. 1161-1172.
- [40] **Bin, A. K.,** 1993. Gas entrainment by plunging liquid jets, *Chermical Engineering Science*, No. **21**, pp. 3585-3630.
- [41] **Toombes, L. and Chanson, H.,** 2000. Air-Water Flow and Gas Transfer at Aeration Cascades: A Comparative Study of Smooth and Stepped Chutes, *International Workshop on Hydraulics of Stepped Spillways*, 77–84, Zurich, Switzerland.
- [42] **Baylar, A., Emiroglu, M. E. and Bagatur, T.,** 2006. An experimental investigation of aeration performance in stepped spillways, *Water and Environment Journal*, **20**, pp. 35–42.
- [43] **Baylar, A., Bagatur, T. and Emiroglu, M.E.,** 2007. Aeration efficiency with nappe flow over stepped cascades. *Proc. Instn, Civil Engrs., Water Management*, **160**, WM1, pp. 43–50.

- [44] **Baylar, A., Özkan, F., ve Ünsal, M.,** 2007. Serbest Yüzeyli Akım Sistemleri ile Sulara Hızlandırılmış Oksijen Transferi, III Ulusal Su Mühendisliği Bildiriler Kitabı, 37 s. İzmir.
- [45] **Ünsal, F.Z.,** 2005. Savakların akım karakteristiklerinin ve mansap havuzunda oluşturdukları penetrasyon derinliklerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [46] **Bagatur, T.,** 2008. Basamaklı kaskat havalandırıcıların optimal tasarımı, *D.S.İ. Teknik Bülteni*, **104**, 63-69 s.
- [47] **Ünsal, M.,** 2007. Suların havalandırılmasında yüksek basınçlı ve serbest yüzeyli konduitlerin kullanılması, *Doktora Tezi*. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [48] **Özkan, F.,** 2005. Basınçlı su borularında hava iletimi ve oksijen transferinin incelenmesi, *Doktora Tezi*. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- [49] **Hanbay, D.,** 2007. Yapay sinir ağı tabanlı akıllı yöntemlerle karmaşık sistemlerin modellenmesi, *Doktora Tezi*. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- [50] **Türk, M.,** 2004. Çok modlu kaotik davranışların benzetimi, *Doktora Tezi*. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- [51] **Jang, S.R.,** 1993. ANFIS: Adaptive network-based fuzzy inference systems, IEEE, Trans, On Man. and Cybernetics, **23**, pp. 665-685.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel ve İletişim Bilgileri

Ad, Soyadı : Turğut KAYA
Doğum Tarihi- Yeri : 21/07/1982-Mardin/Mazıdağı
E-posta : turgutkaya72@hotmail.com

Eğitim Bilgileri

Lisans :Fırat Üniversitesi –ELAZIĞ
Yapı Öğretmenliği – 09/2002 – 06/2006
Lise :Batman Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi – BATMAN
Tesviye Bölümü – 09/1996 – 06/1999

İş Deneyimi

Temelsu Uluslararası Mühendislik Müşavirlik Şirketi 14.08.2006 - 31.03.2007 - **ELAZIĞ**
Pınar İnşaat Ltd. Şirketi 08.06.2007- 15.09.2007. **Gebze /Kocaeli**

Kurs Seminer Bilgisi

M.E.B. Özel Bilge Bilgisayar Kursu –Bilgisayar İşletmenliği Sertifikası 2004. **Batman.**
M.E.B. Özel Arı Dil Eğitim Merkezi- İngilizce Sertifikası 2007. **Batman.**
Mühendisler Vakfı – Betonarme Yapılarda Tünel Kalıp Sistemleri Uygulaması Eğitimi. Başarı Belgesi 2007. **İstanbul**
M.E.B. Özel Rota Eğitim Merkezi-STA4 CAD Kursu Başarı Belgesi 2007. **İstanbul.**
Bilge Adam Bilgi Teknolojileri Akademisi- AUTO CAD- 2007 Eğitimi 2007. **İstanbul.**
İzocam Yalıtım Eğitim Merkezi-Uygulamalı Kalorifer Tesisatı Hesabı Eğitimi Başarı Belgesi 2007. **Gebze/ Kocaeli.**
İzocam Yalıtım Eğitim Merkezi-Su Yalıtımı Eğitimi Başarı Belgesi 2007.**Gebze/Kocaeli.**

Akademik Yayınlar

Ozkan, F., Kaya, T. and Baylar, A., 2009. Study of the influence of venturi weir type on air bubble entrainment. Scientific Research and Essays Vol. **4** (11), pp. 1184–1193