

Yazışma yazarı:
M. Cihat Tuna,
mctuna@firat.edu.tr

Referans:
Tuna, M. C., Demirbaş F., Aydın A. B., (2018),
Dairesel Konduitlerde Kuyruk Suyu
Derinliğinin Havalandırma Performansına
Etkisi, Su Kaynakları, 3, (1) 34-42,

Makale Gönderimi : 24 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 12 AĞUSTOS 2018
Online Basım : 15 AĞUSTOS 2018

Dairesel Konduitlerde Kuyruk Suyu Derinliğinin Havalandırma Performansına Etkisi

M. Cihat Tuna¹, Faruk Demirbaş², Alp Buğra Aydın³

¹ Fırat Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü, ELAZIĞ, mctuna@firat.edu.tr

² İl Özel İdaresi, ELAZIĞ, farukdemirbas@hotmail.com

³ Fırat Üniversitesi Teknoloji Fak. İnşaat Müh. Bölümü, ELAZIĞ, baydin@firat.edu.tr

Özet

Bütün canlıların yaşamsal faaliyetleri için vazgeçilmez olan su, insanoğlu tarafından içme suyu, sulama, enerji ve sınai amaçlarla kullanılmaktadır. Bu gibi amaçlarla kullanılan su yine insanoğlu tarafından kirletilmektedir. Suyun kalitesini gösteren birçok parametre bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi içerdiği oksijen miktarıdır. Suların oksijen miktarının artırılması havalandırma ile mümkündür. Suların havalandırılması çeşitli su yapıları ve hidrolik prensipleri kullanılarak yapılabilir. Kapaklı konduitler tarafından yapılan havalandırma işlemi bunun bir örneğidir. Basıncı konduitlerle sağlanan yüksek hızlı akış hava-su karışımı akışını içerir. Hava girişi, konduit kapağı ile sağlanan daralma sonucu artan hızın sebep olduğu düşük basıncın atmosfer basıncı ile dengelenmesinden kaynaklanmaktadır. Çok sayıda kabarcık şeklinde akıma sürüklenen hava, mansap kısmında havalanma sağlar ve dolayısıyla havalandırma verimliliğini artırır.

Bu çalışmada, basınçlı dairesele konduit kullanılarak bir mansap havuzuna farklı kuyruk suyu derinliklerinde hava girişi yapılması amaçlanmıştır. Mansap havuzuna giren su jetinin üzerinde üç farklı su yükü teşkil edilerek batık akım koşulları sağlanmıştır. Bu amaçla teşkil edilen deney sisteminde sisteme verilen su debisi ve kuyruk suyu derinliğinin havalandırma performansına etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçları mansap havuzundaki kuyruksuyu derinliğinin havalandırma üzerinde çok önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Havalandırma, kuyruksuyu, konduit

The Effect of Tailwater Depth of The Circular Conduits on Aeration Performance

Abstract

Water, which is indispensable for the vital activities of all living things, is used by humans for drinking water, irrigation, energy and industrial purposes. The water used for such purposes is polluted by human beings. There are many parameters showing water quality. The most important of these is the amount of oxygen it contains. Increasing the amount of oxygen in the water is possible by aeration. Aeration of water can be done by using various water constructions and hydraulic principles. Aeration by head conduits is an example of this. The high velocity flow provided by the pressure conduits involves the air-water mixture flow. The air inflow is due to the balance of the low pressure with the atmospheric pressure, which is caused by the increasing speed of the constriction resulting from the conduit cover. A large number of bubble-like airflow entrained air allows aeration downstream and thus increases aeration efficiency.

In this study, it was aimed to provide air inflow to a downstream pool using head conduit for aeration of water. In addition, three different water elevations were formed on the water jet entering the downstream pool to provide submerged flow conditions. For this purpose, the effect of conduit length, water flow to the system, contraction rates of conduit gate and depth of the downstream pool were investigated in this experimental system. The results show that the aeration and air bubbles of the subject parameters investigated in conduits are very effective for entering the system.

Keywords: Aeration, Tailwater, Conduit

1. Giriş

Özellikle hidrolik ve çevre sağlığı mühendisliği uygulamalarında su jetlerine çok sık rastlanır. Örneğin, açık denizlere ve göllere verilen atık su jetleri (deşarjlar), termal ve nükleer santrallerden çıkan ve göllere verilen sıcak su jetleri dinlenme yerlerinde inşa edilen havzalardaki jetler, barajlarda su darbelerine maruz cebri borular üzerinde bulunan denge bacalarında oluşan jetler ve su temininde kullanılan dengeleme havzalarındaki jetler vs. gibi. Jetler düşey yukarı, yatay veya eğimli olabilirler. Ya da bu jetler batık, kısmen batık veya tamamen serbest olabilirler (Demirbaş, 2017).

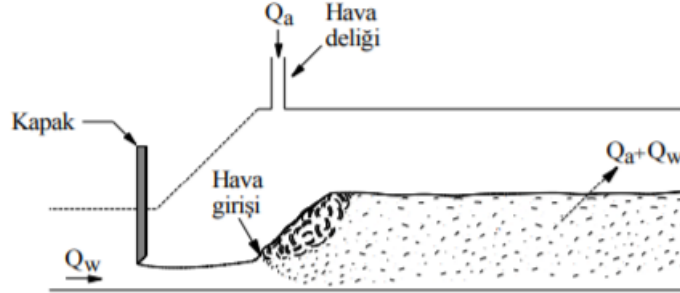
Su kalitesini belirleyen önemli etkenlerden birisi çözülmüş oksijen konsantrasyonudur (Karpuzcu, 1991). Çözülmüş oksijen konsantrasyonunun yükselmesi, su kalitesi ile orantılıdır. Sudaki çözülmüş oksijen miktarı suyun kalitesini yükseltmektedir. Su ve atmosfer içinde çözülmüş halde bulunabilen oksijen, doğal yaşamın sürdürülmesinde en önemli elementlerdendir. Dolayısı ile su kalite parametrelerinin değerlendirilmesinde sudaki çözülmüş oksijen miktarı belirleyici olmaktadır. Havalandırma miktarı bilgisi, havalandırma ve hava tahliye tasarımı için önemlidir. Hava sürüklenmesini etkileyebilecek birçok faktörden dolayı, fiziki model çalışmaları genellikle bir hidrolik sıçrama (veya atlamanın hava talebi) tarafından tutulan havanın miktarını tahmin etmek için gereklidir. Farklı uzunluklardaki konduitler arasında, boyut ölçeği etkilerinin önemini kararlaştırmak için çeşitli boyutlarda modeller gerekebilir.

Günümüzde İnşaat Mühendisliği prensipleri kullanılarak tasarlanan hidrolik yapılar ile havalandırma işlemi yapılmaktadır. Bu sayede atmosferdeki oksijenin suya kazandırılması mümkün olmaktadır (Bağatur vd., 2002). Yapılan bu çalışmada, kapaklı konduitlerin farklı kuyruk suyu derinliklerinde oluşturulan batmış akım koşulları altında havalandırma performansı için önemli olan işletim parametreleri tanımlanmış, konduitlerde; farklı debi değerleri için, farklı konduit uzunlukları, farklı konduit kapak açıklık oranları ve farklı kuyruksuyu derinlikleri için geri devirli sistemlerde havalandırma performansları deneysel olarak elde edilmiştir.

2. Konduitler

2.1 Serbest yüzeyli konduitler

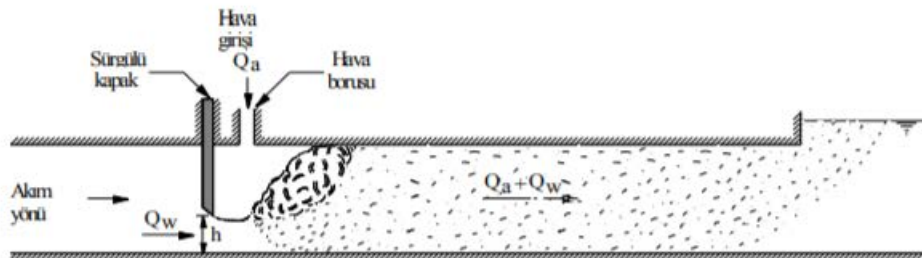
Kapaklı konduitlerde, kapağın cüzi olarak açılması sonucu ortaya çıkan yüksek hız nedeni ile, kapağın mansap tarafında teşkil edilmiş hava bacasında atmosfer basıncından daha düşük miktarda bir basınç oluşur (Şekil 1), (Ünsal, 2007). Oluşan basınç etkisiyle hava bacasından hava vakumlanır. Bu vakumlanan hava, konduit içerisinde hava-su profilinde bir akımın oluşturur. Bu iki fazlı akım ile hızlandırılmış bir havalandırma sağlanır.



Şekil 1. Serbest yüzeyli konduitte iki fazlı akım (Ünsal, 2007).

2.2 Basıncılı konduiter

Kapaklı konduitlerin basınçlı akım şartlarını taşımaları halinde hava-su karışımı oluşur. Pompa aracılığı ile suyun basınç değeri yükseltilerek, su akımına hava girişi sağlanmış olur. Kapağın mansap bölgesindeki suyun, hızla savaklanması durumuyla ortaya çıkan düşük basınç sebebi ile bu noktada bir vakum etkisi meydana gelir. Bu düşük basınç ile dış ortamdan giren hava, kabarcık halinde suya karışmış olur (Şekil 2), (Özkan, 2005).



Şekil 2: Kapaklı konduit mansabında iki fazlı akım (Özkan, 2005).

2.3 Kuyruksuyu derinliği ile sağlanan akım koşulları

Konduit mansabında su çıkış ağzının atmosfer ile serbest bir şekilde temas ettiği bir sistem ile çalıştırıldığı akım tipi, batmamış Akım olarak adlandırılmaktadır. Jetin mansap tarafından çıkışı yarı kuyruksuyuna gömülü, yarı atmosfere açık olması hali, kısmi batık akım olarak adlandırılmaktadır. Jetin mansap bölgesinde atmosfere kapalı olması (yani jetin mansap tarafından hava ile temasının mümkün olmadığı durumda), batmış Akım, jetin yatay eksenine mansap bölgesi su yüzeyi kotunun fazla olması ise Derin Batmış Akım olarak adlandırılmaktadır.

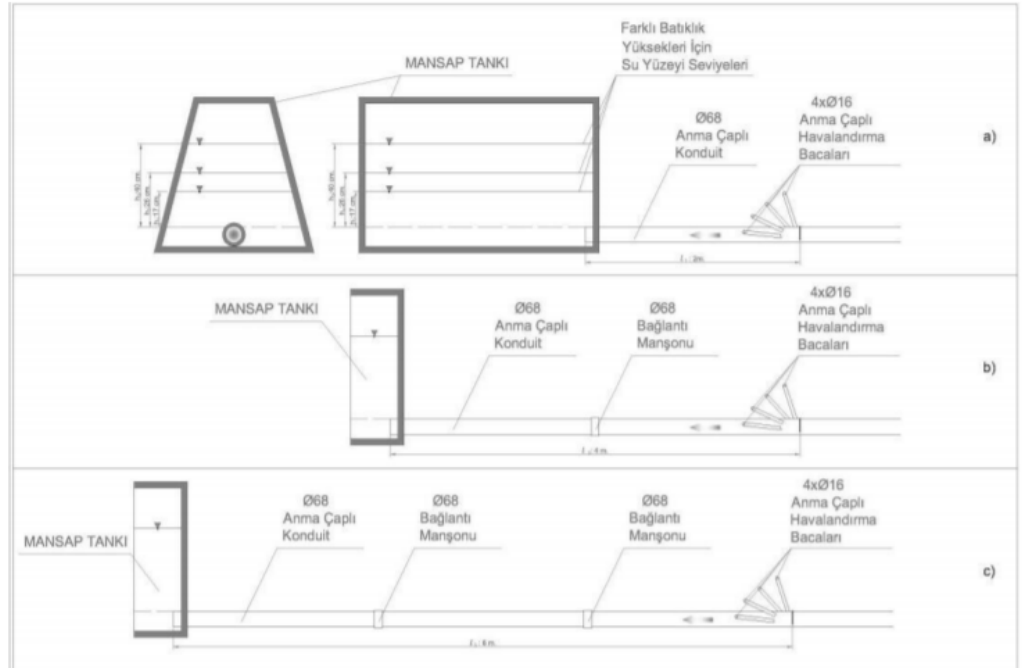
3. Yöntem ve Metodoloji

Bu deneysel çalışmada, basınçlı konduitlerde batmış akım koşulları için havalandırma performansını etkileyen parametreler incelenmiştir. Çalışma ile basınçlı konduit sistemlerde havalandırma performansına etki eden parametreler olarak; batmış akımın batıklık yüksekliği, konduit kesitinde kapak ile daralma oluşturulması, konduit uzunluğu ve konduitten geçen farklı debi miktarlarına bağlı olarak elde edilen verilerin havalandırma performansı üzerine etkileri ele alınmıştır.

Çalışmada su, suyun kalitesinin sabitlenmesi ve havalandırma performansına farklı etkiler (askıda yada çözünmüş halde bulunan maddeler ve tuz etkisi vb.) oluşturmaması için içme suyu şebekesinden temin edilmiştir. Deney sisteminin çalışması ile kullanılan suyun oksijen kalitesinin düşmemesi adına düzenekteki su, düzenli olarak boşaltma vanaları yardımıyla yenilenmiştir.

Bu çalışmada, 68 mm sabit anma çapındaki dairesel kesitli galvaniz boru kullanılmıştır. Kapağın hemen mansap kısmında, dört adet 16 mm anma çaplı hava girişi sağlayan bacaların, kaynak yoluyla konduite birleşimi sağlanmıştır. Konduitin boy etkisinin belirlenmesi için, konduit kapağı (savak noktası) ile konduitin mansap noktası arasındaki 2m, 4m ve 6m uzunluklarından oluşan üç farklı durum için çalışma yürütülmüştür. Kapaklı konduit sistemlerinde havalandırma performansına eğim etkilerinin araştırılması üzerine yapılan literatür çalışmalarında ideal eğimin $S=0$ olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple yapılan çalışmalarda, basınçlı konduit sistemin eğimi, zemin eksenine paralel, yani $S=0$ olarak alınmıştır.

Yapılan çalışmada, deney sistemine batmış akım koşulunun sağlanması amacıyla konduitin mansap kısmında bir tank teşkil edildi (Şekil 3). Trapez geometriye sahip tankın çerçevesi L köşebentten, içerisinde oluşacak akım fazlarının gözlemlenmesi amacıyla yan yüzeyleri pleksiglas malzemeden oluşturuldu. Tankın arka yüzeyinde bulunan savaklanma kenarı ise sistemin çalışması ile, basınçlı sistemdeki suyun serbest yüzeyli akım durumunda hazneye geçişini sağlaması amacıyla oluşturuldu. Konduitin üst eksenine mansap tankının savaklanma eksenine arasında $h_1=17$ cm, $h_2=26$ cm ve $h_3=40$ cm lik üç farklı kuyruksuyu derinliği ile çalışmalar yürütülmüştür (Şekil 3). Deneysel çalışmalarda mansap tankının içerisinde oluşacak türbülans nedeniyle (hava-su fazı) su yüksekliğinin korunması sağlanmıştır.

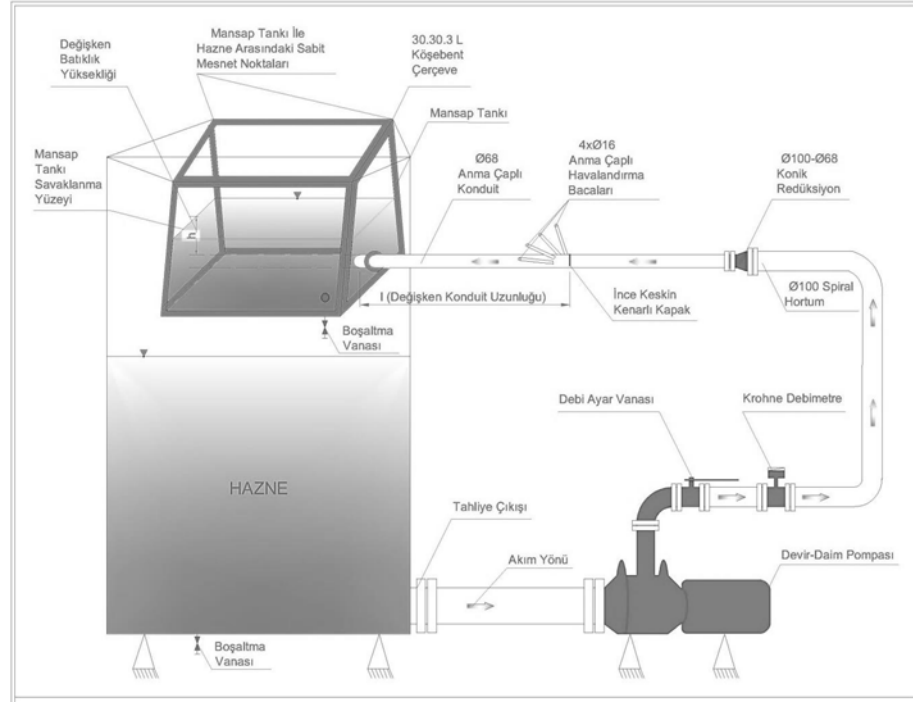


Şekil 3. Mansap Tankı ve Kuyruksuyu derinlikleri.

3.1 Deney düzeneği

Basınçlı kapaklı konduit sistemlerin batmış akım koşulları altında havalandırma performansına etkileyen parametrelerin belirlenmesi amacıyla Şekil 4'de belirtilen deney sistemi teşkil edildi. Bu geri devirli sistem, iki tonluk haznenin tahliye çıkışından gelen suyun, pompa vasıtasıyla konduit yönünde iletimini sağladı. Değişken debi değerleri, kollu ayar vanası ile istenilen debiye göre ayarlanıp;

Krohne-IFC 010 D dijital debimetre hassas ölçümler elde edilmesi amacıyla konumlandırıldı. Debimetre ile konduit arasındaki bağlantı, 100 mm anma çaplı çelik takviyeli spiral hortum ile sağlandı. Spiral hortum ile konduitin birleşim noktasında, farklı anma çaplarından oluşabilecek enerji kayıplarının, minimum düzeyde tutulabilmesi adına, bu noktada bir adet Ø100-Ø68 konik redüksiyon kullanıldı. Redüksiyonun ucunda konduit bağlantısı için manşon bulunmakta idi. Konduit sistemde boy etkisi üzerine yapılacak çalışmalarda boru birleşimi için, bir ve iki metrelik sabit uzunlukta 68 mm anma çaplı galvaniz boruların ucunda yine manşon bulunmaktaydı. Konduit için, farklı kapak açıklığı oranlarına sahip üç tip (ince keskin kenarlı) deney başlıkları teşkil edildi. Bunlar; D₁=%15, D₂=%30 ve D₃=%60 lık kapak açıklık oranlarının sağlanması için yapılan sayısal hesaplamalar sonucu, kapak açıklık yükseklikleri, k₁=1,18 cm, k₂=2,01 cm ve k₃=3,86 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Oluşturulan konduit kapaklarında; vena-contracta adı verilen daralma bölgesinde vakumlanma, kavitasyon etkilerinin indirgenmesi ve sisteme hava girişi enjekte edilmesi adına, kapağın hemen mansap kısmına dört adet 16 mm anma çaplı 25 cm uzunluğundaki dairesel borular, kaynak birleşimi yoluyla havalandırma bacaları olarak teşkil edilmiştir.



Şekil 4. Deney düzeneği görünüşü.

Tablo 1. Deneye Etki Eden Parametreler

Konduit Boyu	Değişen Batıklık Yüksekliği	Konduit Kapak Açıklık Oranı	Debi Değerleri							
l ₁ =2 m	h ₁ =17 cm	D ₁ =%15;k ₁ =1.18 cm	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈
l ₂ =4 m	h ₂ =26 cm	D ₂ =%30;k ₂ =2.01 cm	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈
l ₃ =6 m	h ₃ =40 cm	D ₃ =%60;k ₃ =3.86 cm	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈

4. Uygulama

Geri devirli olarak teşkil edilmiş deney düzeneğinde; farklı mansap kuyruksuyu yüksekliği, farklı konduit boy uzunluğu, farklı kapak daralma oranları ve farklı debi parametrelerinin havalandırma verimi üzerine etkisi incelenirken, su hızının bir parametresi ve aynı zamanda boyutsuz bir değer olan Froude sayısı dikkate alınmıştır. Froude sayısı hesaplanırken konduit kapağının mansabında yer alan vena contracta bölgesi diye adlandırılan bölgedeki hız ve akım koşullarındaki değerler dikkate alınmıştır. Froude sayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Denklemler sola yaslanarak yazılıp (Cambia Math 12 punto), sağ tarafta numaralandırılmalıdır.

$$F_r = \frac{V_c}{\sqrt{gh_c}} \quad (1)$$

Burada; V_c vena contracta bölgesindeki hız; g yer çekimi ivmesi; ve h_c vena contracta bölgesinde akım derinliğidir.

Vena contracta bölgesindeki hız ise;

$$V_c = \frac{Q_w}{Bh_c} \quad (2)$$

Burada Q_w su debisi; ve B konduit genişliğidir.
Vena contracta bölgesindeki akım derinliği ise;

$$h_c = C_c h \quad (3)$$

Burada C_c katsayı; and h kapak açıklık miktarıdır.

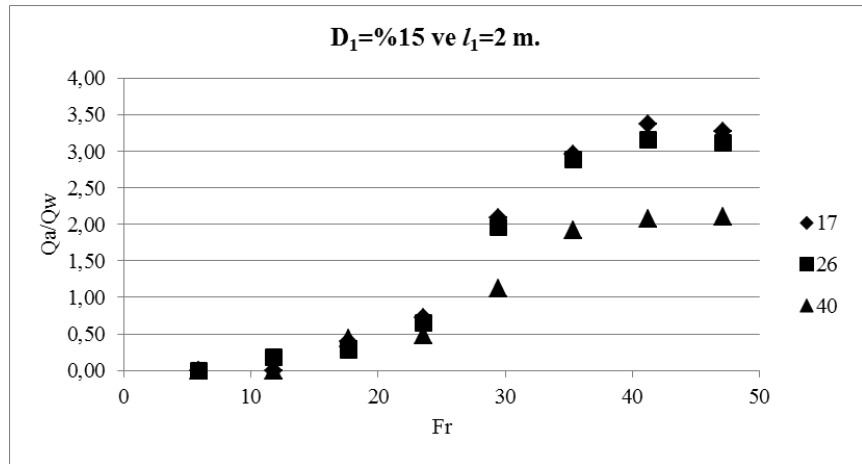
4.1 Mansap su derinliğinin havalandırma verimine etkisi

Şekil 4.1 (a-1)'da yer alan tüm deney grupları incelendiğinde mansap derinliğinin $h_1 = 17$ cm olduğu alternatiflerde havalandırma performansının en büyük değere ulaştığı söylenebilir. Diğer taraftan mansap derinliğinin $h_3 = 40$ cm olduğu alternatiflerde havalandırma performansının minimum değerlere ulaştığı söylenebilir. Mansap su derinliğinin artması havalandırma verimini azaltmaktadır. Diğer bir deyişle mansaptaki su derinliği ile havalandırma verimi arasında ters orantı mevcuttur.

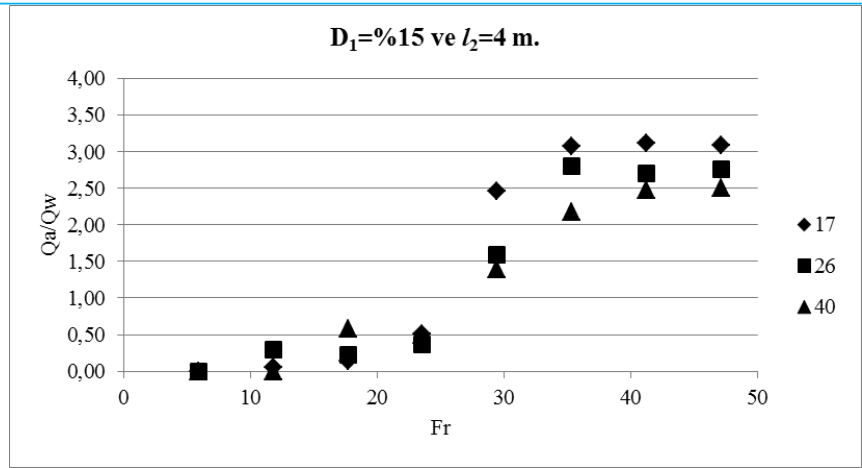
Tüm deney grupları incelendiğinde; Q_a/Q_w 'nin sıfır yani havalandırmanın olmadığı alternatifler genellikle minimum debide ve mansap su derinliğinin $h_3 = 40$ cm olması durumunda gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Şekil 4.1 (i) dan görüleceği üzere özellikle $D_3 = \%60$ kapak açıklık değerinde batıklık etkisinin minimum şekilde gözlemlendiği $D_1 = \%15$ lik kapak açıklık oranında ise batıklık etkisinin oldukça belirgin olduğu söylenebilir (Şekil 4.1 a).

Mansap su derinliğinin artmasıyla havalandırma performansının düşmesi şu şekilde izah edilebilir: Mansap havuzu içerisine dalan jetin üzerindeki statik su seviyesi yükseldikçe jet üzerinde su yüküne sebep olmaktadır. Dolayısıyla havalandırma performansı değeri bu durumdan olumsuz etkilenerek azalmaktadır. Ayrıca Froude sayısının 20'dan büyük değerlerinde Q_a/Q_w oranları arasında belirgin değer farklılıkları meydana gelmiştir. Kapak açıklık oranının artmasıyla kapağın memba ve mansap kısımlarındaki basınç farkı dengelenmiş ve buna bağlı olarak da atmosferden emilen hava miktarı azalmıştır.

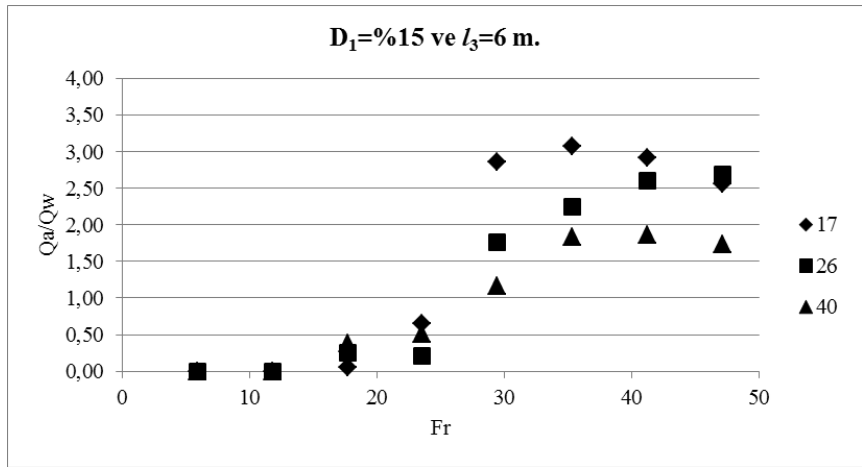
$D_2 = \%30$ ve $D_3 = \%60$ açıklık değerlerinde minimum havalandırma verimi elde edilmiştir. Ayrıca havalandırma verimlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Tüm deney gruplarında en yüksek Q_a/Q_w , yani havalandırma değeri 3,47 olarak ölçülürken, en düşük havalandırma değeri 0 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.1 (a-1)



(a)

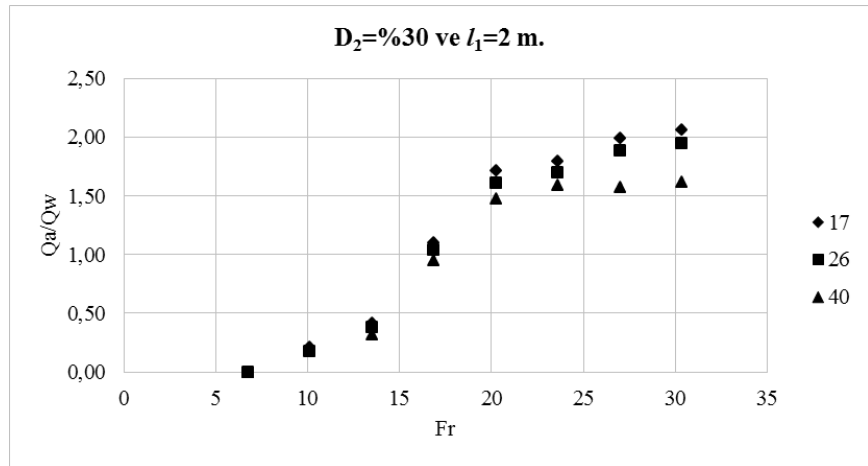


(b)

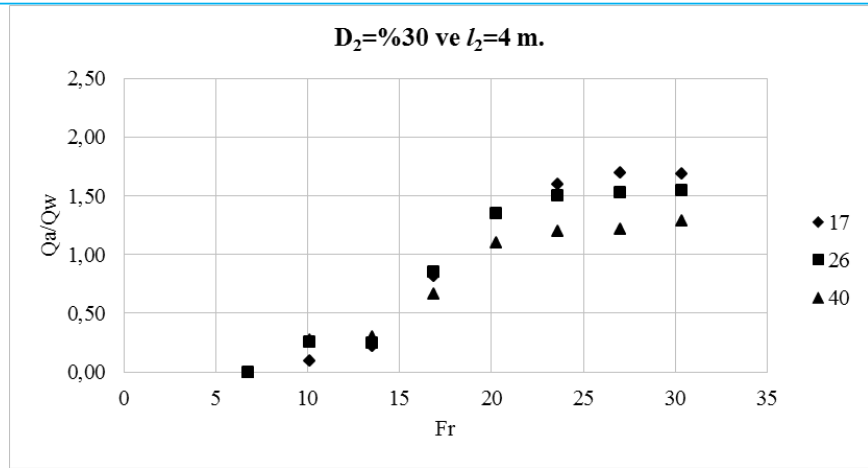


(c)

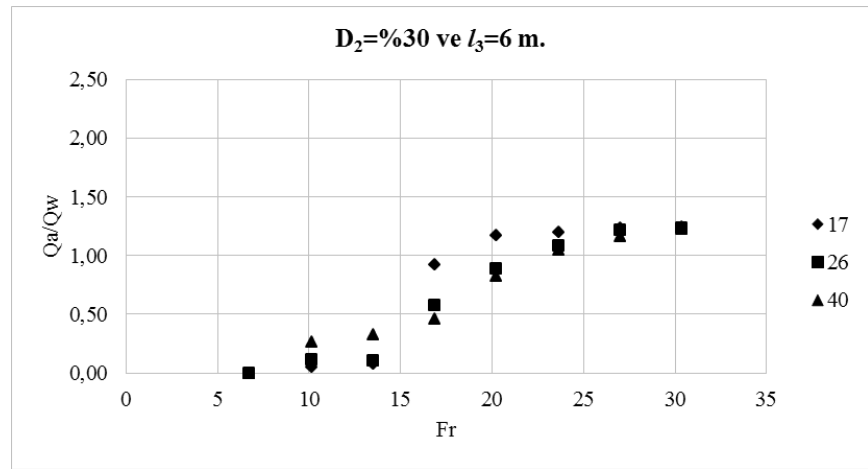
Şekil 4.1.(a),(b),(c). $D_1 = \%15$ kapak açıklığı ve farklı boylarda batıklığın etkisi.



(d)

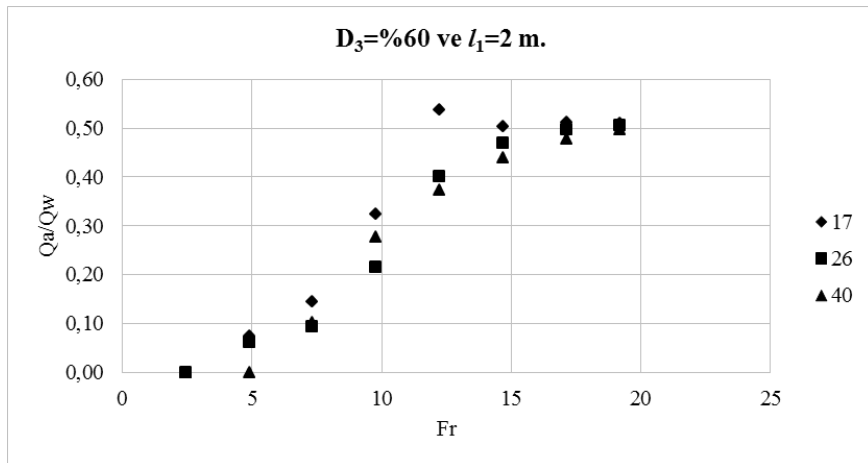


(e)

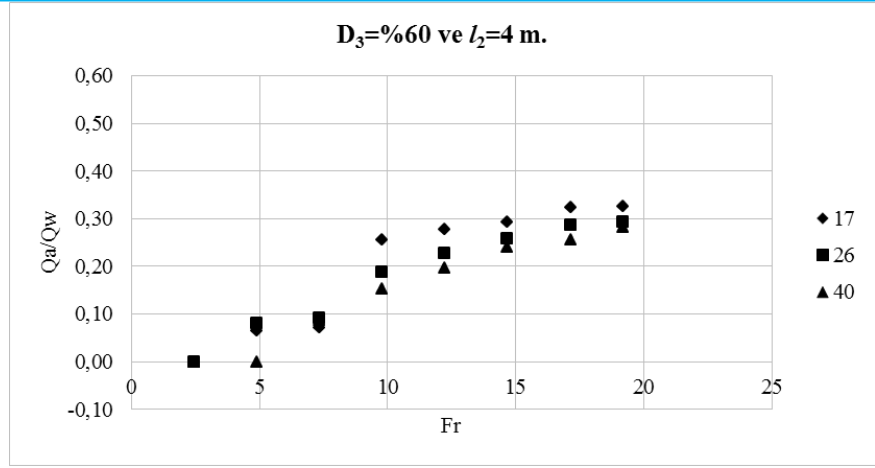


(f)

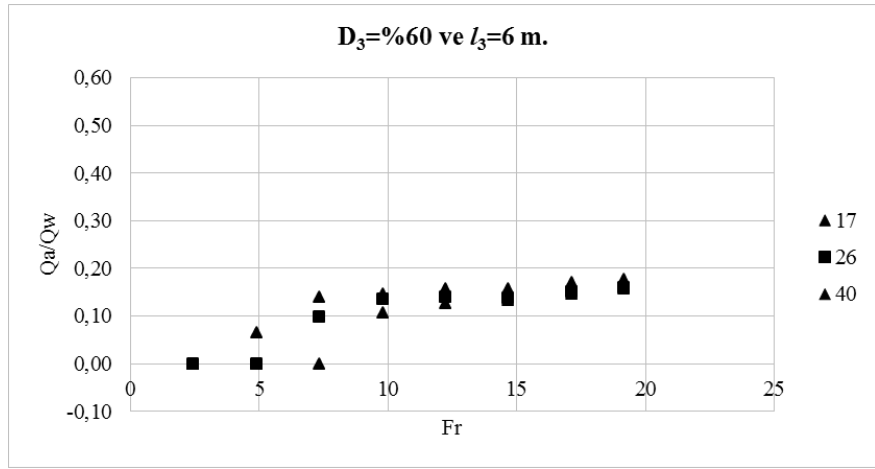
Şekil 4.1.(d),(e),(f). $D_2=\%30$ kapak açıklığı ve farklı boylarda batıklığın etkisi.



(g)



(h)



(i)

Şekil 4.1.(g),(h),(i). $D_3=60\%$ kapak açıklığı ve farklı boylarda batıklığın etkisi.

5. Tartışma ve Sonuçlar

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında yapılan deney düzeneğinde dairesel kesitli konduitlerde mansap havuzu kuruksuyu derinliği, konduit boyu ve konduit daralma oranı gibi parametrelerin hava emme performansına etkisinin incelenmesi ve bu sistemlerin daha verimli hale getirilmesi amacıyla bir dizi deneysel çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar şöyledir.

- Tüm kapak açıklık oranlarında, mansap derinliklerinde ve konduit boylarında Froude sayısı arttıkça hava giriş miktarı artmıştır. Bu şöyle izah edilebilir; Konduit içerisindeki daralma sebebiyle artan su hızının etkisiyle basınç negatif değerlere düşmektedir. Bu negatif basıncı dengelemek için hava deliğinden daha yüksek hava giriş hacmi sağlanmaktadır.
- En yüksek Q_a/Q_w oranları, $D_1=15\%$ kapak açıklık oranına sahip ve $l_1 = 2$ m konduit uzunluğundaki deney gruplarında hesaplanmıştır.
- Tüm deneylerde konduit açıklık oranı arttıkça hava giriş miktarı azalmıştır.
- Tüm deney serilerinde kapak açıklık oranlarında konduit uzunluğunun artmasıyla hava giriş oranı azalmaya başlamıştır. En iyi hava giriş performansı $l_1 = 2$ m ve en düşük hava giriş performansı $l_3 = 6$ m lik konduit uzunluklarında gerçekleşmiştir.
- Tüm deney serilerinde mansap havuzundaki su yüksekliğinin artmasıyla sisteme giren hava miktarları önemli ölçüde azalmıştır. Mansap havuzundaki su jetinin üzerinde bulunan su yükünün artmasıyla meydana gelen kayıplardan sistemin havalandırma performansı olumsuz etkilenerek azalmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin, suların havalandırılması işleminde yüksek bir verimlilikle kullanılabileceği görülmüştür. Ayrıca konduitler, yüksek hava giriş performansları sebebiyle evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında, sudaki bazı uçucu organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında, maden ve çevre mühendisliğinde kullanılan flotasyon işleminde, basınçlı sulama sistemleri içerisinde kimyasal madde ve sıvı gübre enjeksiyonunda etkin bir şekilde kullanılabilir.

6. Kaynaklar

- Demirbaş, F. (2017), "Konditlerde batık akım koşulları için havalanma performansının incelenmesi", Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- Karpuzcu, M. (1991), "Çevre Kirlenmesi Ve Kontrolü" B. Ü. Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bagatur, T., Baylar, A., Sekerdag, N. (2002). The effect of nozzle type on air entrainment by plunging water jets. Water quality research journal of Canada, 37(3), 599-612.
- Ünsal, M. (2007), "Suların havalandırılmasında yüksek basınçlı ve serbest yüzeyli konditlerin kullanılması," Doktora Tezi. F.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Özkan F. (2005), "Basınçlı Su Borularında Hava İletimi ve Oksijen Transferinin İncelenmesi", Doktora Tezi. F.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- Tuna, M.C., Ozkan, F. and Baylar, A. (2014). Experimental investigations of aeration efficiency in high head gated circular conduits, Water Science and Technology, 69 (6), 1275-1281.