

Sulama Kuyularında Filtre Uzunluğuna Bağlı Pompa Dalma Derinliği Değişiminin Vortekslere Ve Bazı Pompa Parametrelerine Etkisi

Nuri ORHAN^{1*}

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konya

*Sorumlu Yazar: nuriorhan@selcuk.edu.tr

Geliş Tarihi: 02.07.2021 Düzeltme Geliş Tarihi: 19.09.2021 Kabul Tarihi: 14.10.2021

Öz

Bu çalışmada sulama amaçlı derin kuyu donanımlarından filtre uzunluğunun 2 m (FU1), 4 m (FU2) ve 6 m (FU3) seviyeleri için farklı pompa debisi ve dalma derinliklerinde gürültü seviyesi, vakum basıncı, çekilen güç değerleri ölçülmüştür. Filtre uzunluklarının kritik dalma derinliğine, vorteks dalma derinliği ve tipine, gürültü ve güç değerlerine etkisi belirlenmiştir. Her üç filtre uzunluğu için de debi arttıkça kritik dalma derinliği seviyesi yükselmiştir. Kritik dalma derinliği, filtre uzunluklarına bağlı belirgin bir değişim göstermemiştir. Kritik dalma derinliği tüm kombinasyonlar da 24.70 ile 61.77 cm arasında değişmiştir. Filtre uzunluk kombinasyonlarının tamamında debi artması ile vorteks dalma derinliği seviyesi genellikle yükselmiştir. Ancak sabit debide filtre uzunluğunun artması vorteks dalma derinliğine ve tipine belirgin bir etkisi olmamıştır. Denemelerin tamamında kritik dalma derinliği seviyesi vorteks dalma derinliği seviyelerinden daha yüksek seviyede oluşmuştur. Dalma derinliğinin değişimine bağlı olarak gürültü seviyesi ve şebekeden çekilen güç genel olarak sabit bir seyir izlemiştir. Ancak çok düşük dalma derinliklerinde (2-5 cm) vorteks oluşması pompaya hava girmesine, gürültü seviyesinde ve şebekeden çekilen güçte ani yükselmelere sebep olmuştur. Filtre uzunluklarının pompa kritik ve vorteks dalma derinliğine doğrudan etkisinin olmadığı, ancak dolaylı olarak etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sulama derin kuyusu, filtre uzunluğu, pompaj, dalma derinliği, kritik dalma derinliği

The Effect of Pump submergence Variation Depending on Filter Length on Vortexes and Some Pump Parameters in Irrigation Wells

Abstract

In this study, noise level, vacuum pressure, and power drawn from the network were measured at different pump flow rates and submergence for 2 m (FU1), 4 m (FU2) and 6 m (FU3) screen length which is one of the deep well equipment for irrigation purposes. The effects of screen lengths on critical submergence, vortex submergence and type, noise and power values were determined. For all three screen lengths, the critical submergence level increased as the flow rate increased. The critical submergence did not show a significant change depending on the filter lengths. The critical submergence varied between 24.70 and 61.77 cm in all combinations. The vortex submergence level generally increased with the increase in flow rate in all filter length combinations. However, increase in screen length at constant flow did not have a significant effect on the vortex submergence and type. In all of the experiments, the critical submergence level was higher than the vortex submergence level. Depending on the variation of the submergence, the noise level and the power drawn from the network generally followed a constant course. However, the formation of vortex at very low immersion depths (2-5 cm) caused air to enter the pump, sudden increases in noise level and power drawn from the network. It has been determined that the screen lengths do not have a direct effect on the pump critical and vortex submergence, but affect it indirectly.

Key words: Irrigation deep well, screen length, pumping, submergence, critical submergence.

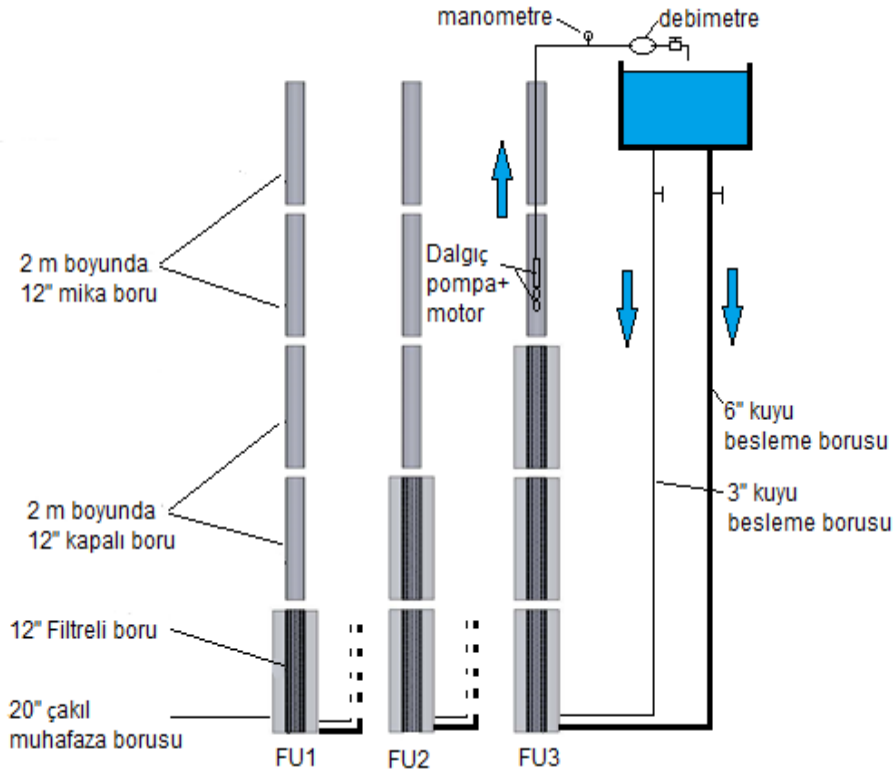
Çizelge 1. Kullanılan ölçme aletlerinin bazı teknik özellikleri

Ekipman cinsi	Bazı teknik özellikleri
Pompa	Anma çapı 6", 2 kademeli, mil çapı 25 mm, Radyal çark, 4.5 mm klerens açıklığı
Elektrik motoru	Suver, 380 V, 8.2 A, 50 Hz, 2869 1/min, 4,5 kW, mil çapı :25 mm, Su soğutmalı, 3x2.5mm ² kablo kesiti
Debimetre	S MAG 100 TİP, DN 80/HR/316 flanş bağlantılı elektromanyetik debimetre, 220 V beslemeli dijital göstergeli, anlık debi, yüzde akış ve toplam gösterimli. Ayarlanabilir 4-20 m/A plus ve frekans çıkışlı. Çalışma debisi 1 – 280 m ³ /h, çalışma basıncı 16 bar.
Manometre	WİKA, 0-10 bar, Alltan Bağlantılı, 4-20 mA çıkışlı.
Seviye ölçer	Hydrotechnik marka, 010 tip/1,5 V, 150 m'lik ölçeklendirilmiş kablolu, ses ve ışık ikazlı tip.
Sıcaklık sensörleri	Turck marka, 10-24 VDC, -50...100 OC, 4-20mA output.
Gürültü sensörü	CT-2012 model, giriş 4 mA, DC 24V. Transmitter modeli : TR-SLT1A4, Ölçüm aralığı:30-80 dB, 50-100 dB, 80-130 dB, output 4-20 mA, 90-260 ACV 50Hz/60Hz.
Kamera	Radial camera; 1080p HD Sensor, 720p HD video Aksial camera; 15.0 megapixels, Full HD video kayıt
Bilgisayar	Asus intel core i7.

Denemelerde farklı filtre uzunlukları için yaklaşık 2 m³ civarında temin edilen temiz ve yıkanmış çakıl kullanılmıştır. Filtre etrafında kullanılan çakılın %76'sının tane boyutunun 7-15 mm aralığında olduğu tespit edilmiştir. Pompanın negatif basıncı (Pe) emiş ağızı alt adaptörüne yerleştirilen cıvalı bir U diferansiyel basınçölçer ile ölçülmüştür. U diferansiyel basınçölçer için 6 mm çapında, 2 m uzunluğunda şeffaf hortum ve 200 g cıva kullanılmıştır.

Denemelerde filtre uzunlukları 2 m (FU1), 4m (FU2) ve 6m (FU3) olmak üzere üç farklı uzunlukta oluşturulmuştur. Bu çalışmada filtreli teçhiz borusunun etrafını yerleştirilen çakıl zonu genişliği 10 cm olarak sabit tutulmuştur.

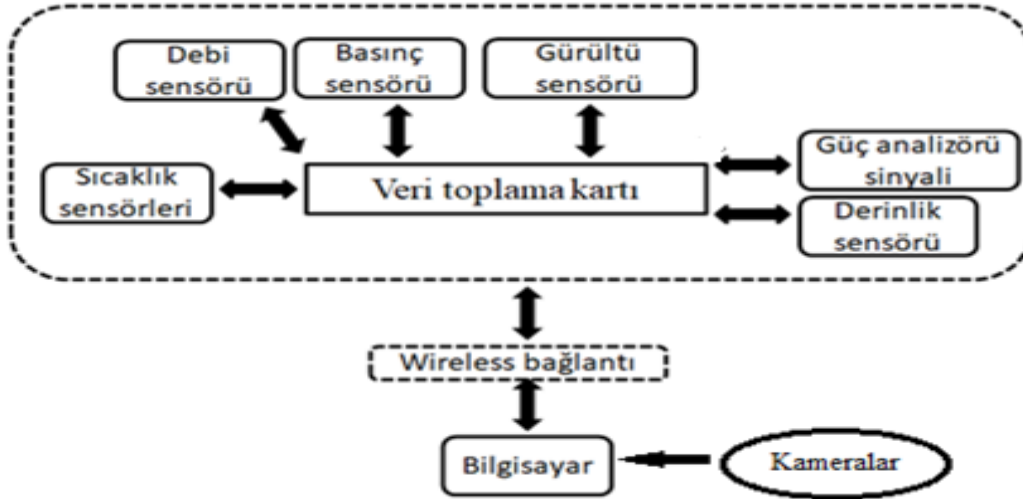
Deneylerin yürütülmesinde ise 2 m uzunluğunda bir kolon borusu ve 6" anma çapın da dalgıç tip derin kuyu pompası kullanılmıştır. Kuyu 6" ve 3"lik borular ile üst kısmında bulunan depodan birleşik kaplar yöntemine göre beslenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Filtre uzunluğu için kuyu donanımı ve kuyu çalışma prensibi (Orhan ve ark.2019).

Filtre uzunluklarının her birinde dalgıç pompanın (D) 5 değişik debi aralığının (40-45-50-55-60 m³ h⁻¹) her birinde 4 veya 7 değişik dalma derinliklerinde ölçümler yapılmıştır. Pompa belirlenen debi değerinde çalıştırdıktan sonra dalma derinliği düşürülmüştür. Dalma derinliğinin düşmesi debi değerinin azalmasına neden olmuştur. Azalan debi ölçme borusunda bulunan vana ile tekrar eski haline getirilmiştir. Her bir debi değerinde 4-7 farklı dalma derinliklerinde ölçümler kayıt edilmiştir. Çalışmada ölçülen büyüklüklerin

kaydedilmesi için yazılım ve otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu sistemin blok diyagramı Şekil 4'de verilmiştir. Kayıt etme işlemi, saniyede bir adet verileri alabilecek tarzda hazırlanmıştır. Pompa rejime girdikten sonra kayıt işlemine başlanılmış ve bir sensör den 50 adet veri alınmıştır (Orhan 2018, Orhan ve ark. 2019). Alınan bu verilerin ortalamaları ve standart hataları Ek Çizelgelerde verilmiştir.



Şekil 4. Otomasyon sisteminin blok diyagramı.

Pompa işletme karakteristiklerinin ölçülmesinde ve yapılan hesaplamalarda TS EN ISO 9906 standardı, gürültü ölçümlerinde ise EN ISO 3740 standardı esas alınmıştır (Anonim, 2002; 2014).

Gürültü seviyesi, gürültü ölçme cihazı ile kule kumanda merkezi platformundan pompa kolon ile mika kapalı teçhiz borusu arasındaki boşluğa yaklaşık 1 m kadar aşağısında, cihaz mikrofoni pet huni ile çevrelenmiş bir şekilde ölçülmüştür (Čdina, 2003; Čdina ve Prezelj, 2009; Binama ve ark., 2016). Cihaz mikrofoni ile suyun teması olmamıştır.

Pompa 1880 mm dalma derinliğinde (sabit hidrolik yük) denemeler yürütülmüştür. Seviye ölçer ile düşüm ölçülerek aşağıdaki eşitlikle dalma derinliği hesabı yapılmıştır.

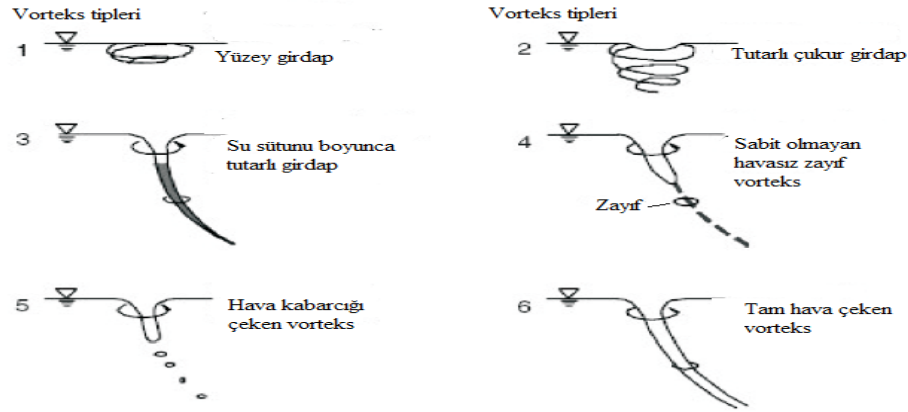
$$S = 1880 - \Delta \quad (1)$$

Burada S= Dalma derinliği (mm) ve Δ = Düşüm (mm)'dür.

Pompa emiş basıncı, pompa giriş ağzına monte edilen cıvalı U diferansiyel manometre ile belirlenmiş ve kayıtlanmıştır. U diferansiyel manometresi ile kritik dalma derinliği seviyesi Orhan (2018) ve Orhan ve ark. (2019) yaptıkları çalışmalara göre belirlenmiştir.

Sabit debilerde, dalma derinliğinin fonksiyonu olarak P_e ilişkisinden elde edilen regresyon denklemlerinden P_e değerini sıfır kılan dalma derinliği (S) değeri hassas olarak belirlenmiş ve kritik dalma derinliği (S_k) olarak kabul edilmiştir.

Vorteks tiplerinin belirlenmesinde radyal (K1) ve aksel (K2) yönlerden video görüntüleri alınarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda ortaya çıkan vorteks görüntülerinin tipleri Şekil 5'e göre sınıflandırılmış. Vorteks tiplerinin olduğu andaki dalma derinliği vorteks dalma derinliği (S_v) olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Vorteks tipi sınıflandırılması (Anonim, 1998).

Bulgular ve Tartışma

Filtre Uzunluğunun Kritik Dalma Derinliğine Etkisi

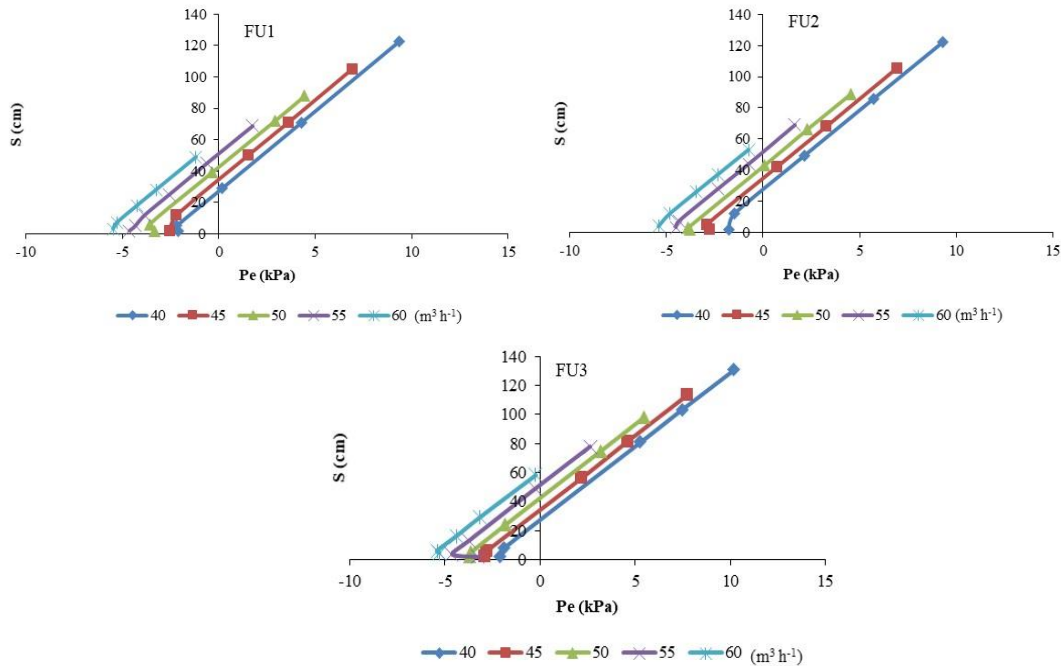
Çalışma 188 cm sabit hidrolik yük altında 89 cm statik su seviyesinde yürütülmüştür.

Filtre uzunluğunun sabit debi değerlerinde dalma derinliğinin fonksiyonu olarak vakum basınçları (P_e)

değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Bu fonksiyonların regresyon denklemlerinden P_e basınç değerinin sıfır olduğu kritik dalma derinliği seviyesi olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan değerler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Filtre uzunluğu ve debi ile kritik dalma derinliği (S_k) değişimi.

Q ($m^3 h^{-1}$)	S_k (cm)		
	FU1	FU2	FU3
40	26.08	24.70	25.88
45	32.41	33.42	33.64
50	41.15	42.11	41.90
55	51.18	51.75	49.22
60	61.77	61.15	61.43

Şekil 6. FU1, FU2 ve FU3 filtre uzunluklarının farklı debi değerlerinde S ve P_e ilişkisi.

Filtre uzunluğuna bağlı olarak debi arttıkça kritik dalma derinlikleri yükselmiştir. Araştırmacılar da kritik dalma derinliğinin debi ile orantılı olduğunu belirtmişlerdir (Christiansen, 2005; Hanson, 2000; Möller ve ark., 2015; Sarkardeh, 2017). Filtre tipinin değişiminin kritik dalma derinliği üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür.

Filtre Uzunluğunun Vorteks Derinliği (Sv) ve Vorteks Tipi (St) Üzerine Etkisi

Filtre uzunluğunun farklı debi ve dalma derinliklerinde K1 ve K2 kameraları ile kaydedilen video kamera görüntüleri alınmıştır. Dalma derinliğinin değişimine bağlı olarak oluşan vortekslerin görüntüleri sınıflandırmak için

fotoğrafların her biri incelenmiştir. Vorteksin oluştuğu dalma derinlikleri seviyesi vorteks dalma derinliği (Sv) olarak belirlenmiş ve vorteks tipleri (Vt) tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Filtre uzunluğu değişiminin vorteks dalma derinliğine ve vorteks tipine belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Filtre uzunluk kombinasyonlarının tamamında debi artması ile vorteks dalma derinliği seviyesi genellikle yükselmiştir. Sabit debi değerlerinde filtre uzunluk değişimlerinin vorteks dalma derinliğine ve tipine belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Vortekslerin düşük dalma derinliklerinde oluştuğu görülmüştür.

Çizelge 3. Farklı filtre uzunluğu ve debilerde vorteks dalma derinliği (Sv) ve vorteks tipi.

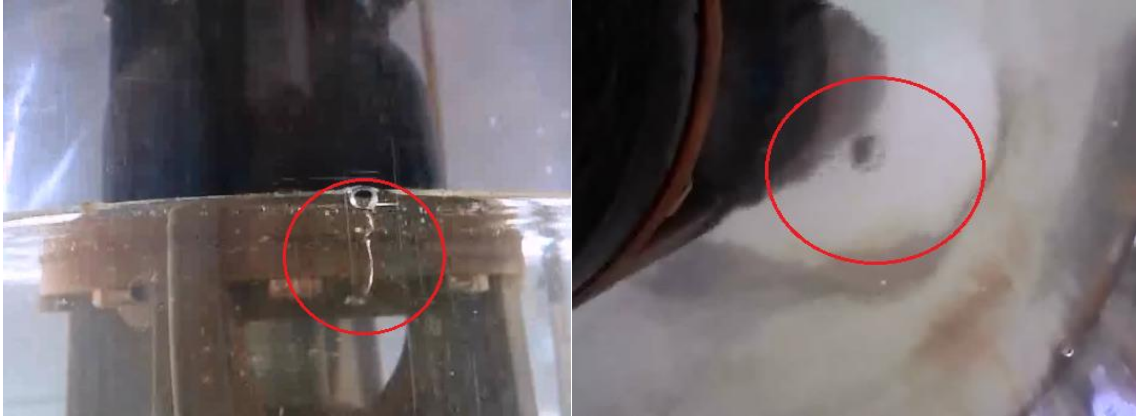
	Q (m ³ h ⁻¹)	Vorteksin oluştuğu Dalma derinliği (cm)	Vorteks Tipi
FU1	40.1	2	6
	45.0	4	6
	50.1	4	6
	55.1	9	5
	60.1	7	4
FU2	40.2	2	6
	45.1	5	5
	50.2	3	4
	54.9	7	2
	60.0	12	4
FU3	40.0	4	3
	45.2	6	4
	50.2	5	2
	54.9	4	5
	60.0	6	5

Filtre uzunluğunun tüm seviyelerinin 2-4 cm arası düşük dalma derinliklerinde sürekli hava girişli tip 6 vorteksin oluştuğu görülmüştür. Okamura ve ark.,(2007)'da düşük dalma derinliklerinde oluşan vorteksi sürekli hava girişli tip olarak bildirmişlerdir.

Diğer yandan 3-12 cm seviyelerinde oluşan vorteks tipini hava girişi olmayan 3-4 ve 5. sınıf olarak tanımlayabiliriz. Görüntülenen vorteks tiplerinden bazıları Şekil 7-8 ve 9'da verilmiştir.



Şekil 7. FU1 filtre tipinde, 60 m³h⁻¹ debi değerinde ve 7 cm dalma derinliğinde oluşan vorteks görüntüleri.



K1

K2

Şekil 8. FU2 filtre tipinde, $45 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerinde ve 5 cm dalma derinliğinde oluşan vorteks görüntüleri.



K1

K2

Şekil 9. FU3 filtre tipinde, $60 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerinde ve 6 cm dalma derinliğinde oluşan vorteks görüntüleri.

Denemelerin tamamında kritik dalma derinliği seviyesi vorteks dalma derinliği seviyelerinden daha yüksek seviyede oluşmuştur. Bunu hidrolik yükün azalması ve pompa vakum basıncının artması ile pompa giriş ekseninde oluşan basınç farkının yükselmesine bağlayabiliriz. Bu

seviyelerde ki basınç farkı artışı düşük dalma derinliklerinde suyun hareketlenmesini sağlamıştır. Bu hareket sonucunda farklı vorteks tipleri oluşmuştur.

Farklı filtre uzunluğunda dalma derinliği değişiminin gürültü ve çekilen güç üzerine etkisi

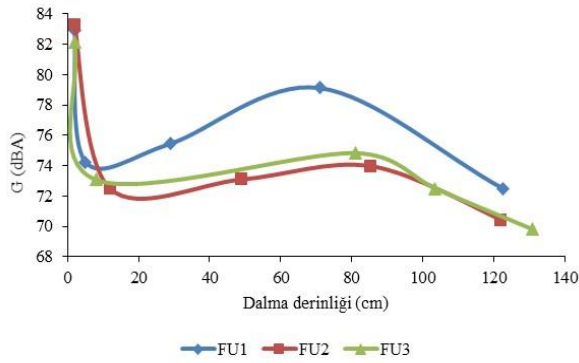
Ek Çizelgeler 1,2 ve 3 incelendiğinde tüm deneme kombinasyonlarında gürültü seviyesi en düşük 69.82 dBA ile FU3 filtre tipinde, $40 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerinde ve 131 cm dalma derinliğinde ölçülürken, en yüksek ise 83.41 dBA ile FU1 filtre tipinde, $50 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerinde ve 2 cm dalma derinliğinde ölçülmüştür.

Filtre uzunluğu kombinasyonlarında vortekslerin oluşmadığı dalma derinliği seviyelerine

kadar ölçülen pompa gürültü ortalamaları en düşük $50\text{-}55 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ debi değerlerinde elde edilmiştir. Bu debi aralığında oluşmasını, kullanılan pompanın optimum çalışma noktasına yakın olduğu için en az gürültü seviyesinin bu debi aralıklarında oluştuğunu açıklayabiliriz. Çalışır ve ark. (2007), çalışmalarında farklı yatay millî santrifüj pompaların en düşük gürültü seviyesinin optimum debi değerlerinde elde edildiğini bildirmişlerdir. Tüm debi değerlerinde vortekslerin oluşmadığı dalma derinlikleri seviyelerine kadar ölçülen pompa gürültü ortalamaları FU1, FU2 ve FU3 uzunluklarında sırasıyla 75.37-72.24 ve 72.21 dBA olarak ölçülmüştür. Filtre uzunluğunun 4 m'den sonra artışı pompa dalma derinliğine bağlı gürültü seviyesi üzerine etkili olmamıştır. Dalma derinliğinin değişimine bağlı olarak gürültü seviyeleri genel olarak sabit bir seyir izlemiştir. Ancak çok düşük dalma derinliklerinde (2-5 cm) vorteks oluşması pompaya hava girmesine ve gürültü seviyesinde ani yükselmelere sebep olmuştur (Şekil 10). Vorteks sonucu pompaya hava girişi olursa kavitasyon oluşabilir (Nurşen, 2011).

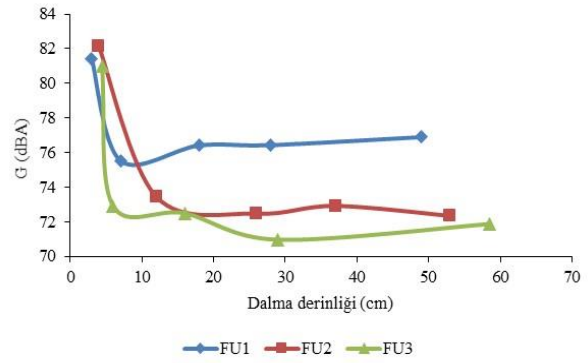
Pompa düşük dalma derinliklerinde kavitasyona maruz kalmıştır.

Filtre uzunluğunda pompanın 40 ve 60 m³h⁻¹ debi değerlerinde şebekeden çektiği gücün



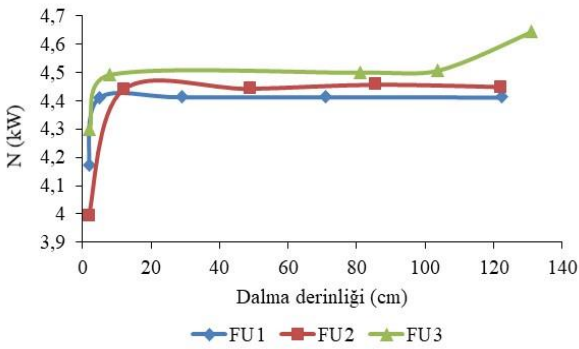
a)

dalma derinliğine bağlı değişimi Şekil 11'de verilmiştir.

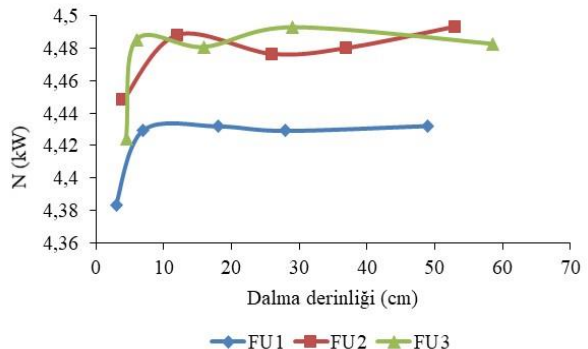


b)

Şekil 10. Farklı filtre uzunluklarında pompanın dalma derinliğine bağlı gürültü seviyesi değişimi (a: 40 m³h⁻¹, b: 60 m³h⁻¹).



a)



b)

Şekil 11. Farklı filtre uzunluğunda pompanın dalma derinliğine bağlı şebekeden çekilen güç değişimi (a: 40 m³h⁻¹, b: 60 m³h⁻¹).

Bütün filtre uzunluğu kombinasyonların da dalma derinliği değişimine bağlı çekilen güçte belirgin bir değişim görülmemiştir. Ancak gürültü seviyesinde ki gibi pompaya hava girişinin olduğu anlarda güç değerlerinde ani düşüşler görülmüştür (Şekil 11). Tüm debi değerlerinde vortekslerin oluşmadığı dalma derinlikleri seviyelerine kadar ölçülen şebekeden çekilen gücün ortalamaları FU1, FU2 ve FU3 uzunluklarında sırasıyla 4.44- 4.48 ve 4.50 kW olarak ölçülmüştür. Filtre uzunluğunun artışı pompanın şebekeden çektiği güçte belirgin bir değişime sebep olmamıştır.

Sonuç ve Öneriler

Filtre uzunluklarının pompanın kritik dalma derinliğine, vorteks dalma derinliğine ve vorteks tipine bir etkisi saptanmamıştır. Vorteksler tüm deneme kombinasyonlarında düşük dalma derinliklerinde oluşmuştur. Dalma derinliğinin 2-4 cm aralığında sürekli hava girişli tip 6 vorteksi oluşmuştur. Diğer dalma derinlikleri seviyelerinde ise farklı vorteks tipleri oluşmuştur. Dalma derinliği değişimi oluşan vorteks tipini etkilemiştir. Filtre uzunluğuna bağlı olarak pompanın tüm debi değerlerinde kritik dalma derinliği seviyesi vorteks dalma derinliği seviyesinin üzerinde bulunmuştur. Pompanın en düşük gürültü seviyesi 69.82 dBA ile FU3 filtre uzunluğunda elde edilmişken en yüksek gürültü seviyesi ise 83.41 dBA ile FU1 filtre

uzunluğunda elde edilmiştir. Vortekslerin oluşmadığı dalma derinliği seviyelerinin ortalamalarında filtre uzunluğunun 2 m'den 4 m'ye artışı gürültü seviyelerini %4 düşürmüştür. Dalma derinliğinin çok düşük olduğu seviyelerde pompaya hava girmesi sonucu gürültü seviyelerinde ani yükselmeler olmuştur. Filtre uzunluğunun artışı pompanın şebekeden çektiği güce bir etkisi olmamıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK, Proje No: 213O140) tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmaya katkıda bulunan merhum Prof.Dr. Sedat ÇALIŞIR Hocamıza teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- Akpınar, K., 1999. Su Sondaj Kuyularının Açılması ve İşletilmesi Sırasında Çıkan Sorunlar ve Çözümleri. ISBN 975-94033-0-7. ANKARA.
- Anonim, 1998. American National Standard for Pump Intake Design. Hydraulic Institute, New Jersey.
- Anonim, 2002. Rotodinamik Pompalar–Hidrolik Performans Kabul Deneyleri,Sınıf 1 ve Sınıf 2. Ankara, Türk Standardları Enstitüsü.
- Anonim, 2014. Pompalar-Dalgıç-Temiz su için. Türk Standart Enstitüsü, Ankara. TS 11146.
- Binama, M., Muhirwa, A., Bisengimana, E., 2016. Cavitation effects in centrifugal pumps-A review, Binama Maxime. Int. Journal of Engineering Research and Applications, 6(5): 52-63.
- Bloomquist, R.G., Geyer, J.D., Sifford III, B.A., 1989. Innovative design of New Geothermal Generating Plants. Washington State Energy Office; Bonneville Power Administration; Oregon.
- Čdina, M., 2003. Detection of cavitation phenomenon in a centrifugal pump using audible sound. Mechanical systems and signal processing 17, 1335-1347.
- Čudina, M., Prezelj, J., 2009. Detection of cavitation in operation of kinetic pumps. Use of discrete frequency tone in audible spectra. Applied Acoustics, 70(4), 540-546.
- Christiansen, C., 2005. Pumping from shallow streams in: Mines, N.R.a. (Ed.), Natural Resource Sciences p. 2.
- Church P.E., Granato G.E., 1996 Bias in ground-water data caused by well-bore flow in long-screen wells. Ground Water 34(2):262–273.
- Çalışır, S., 2009. Sulamada pompaj tesisleri, Tarım Makinaları, Editör: Gazanfer Ergüneş. Nobel Yayınları, 351-413.
- Çalışır, S., Eryılmaz, T., Haciseferoğulları, H., Mengeş, H.O., 2007. Santrifüj Pompalarda Gürültü. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 3.
- Delleur, J.W., 2010. The Handbook of Groundwater Engineering, CRC Press, p
- Hanson, B., 2000. Irrigation Pumping Plants (UC Irrigation and Drainage Specialist), Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis.
- Houben, G., 2015, Hydraulics of water wells—flow laws and influence of geometry. Hydrogeology Journal, 23.8: 1633-1657.
- Houben, G., 2003, Iron oxide incrustations in wells, part 1: genesis, mineralogy and geochemistry. Appl Geochem 18(6):927–939.
- Möller, G., Detert, M., Boes, R.M., 2015. Vortex-induced air entrainment rates at intakes. Journal of Hydraulic Engineering 141, 04015026.
- Nurşen, E.C., 2011. Santrifüj pompalarda kavitezyon problemi ve maksimum emme yüksekliği (MEY) hesabi. 7. Pompa ve Vana Kongresi, 28-30 Nisan; İstanbul, s. 51-55.
- Okamura, T., Kamemoto, K., Matsui, J., 2007. CFD prediction and model experiment on suction vortices in pump sump.
- Orhan, N., Şeflek, A.Y., Özbek, O., ve Çalışır, S., 2019. Sulama Kuyularında Filtre Uzunluğunun Bazı Pompaj Parametrelerine Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(3), 500-510.
- Orhan, N., 2018. Dalgıç pompalarda kritik dalma derinliğinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, ss. 115.
- Ruud N.C., Kabala Z.J., 1997. Response of a partially penetrating well in a heterogeneous aquifer: integrated well-face flux vs. uniform well face flux boundary conditions. J Hydrol 194:76–94.

Sarkardeh, H., 2017. Minimum Reservoir Water Level in Hydropower Dams. Chinese Journal of Mechanical Engineering 30, 1017-1024.

Strickland, T., Korleski, C., 2006. Pumping and Slug Tests, Technical Guidance Manual For Ground Water Investigations. Ohio Environmental Protection Agency

Division of Drinking and Ground Waters, pp. 45.

Yildirim, N., Akay, H., Taştan, K., 2011. Critical submergence for multiple pipe intakes by the potential flow solution. Journal of Hydraulic Research 49, 117-121.

Ek Çizelge 1. FU1 filtre uzunluğu seviyesinde elde edilen veriler.

Q (m ³ h ⁻¹)	S ² (cm)	G (dBA)	N (kW)	Pe ² (kPa)
40.2±0.006	122.33±0.60	72.5±0.15	4.4±0.0009	9.35±0.06
40.1±0.006	71.36±0.44	79.1±0.21	4.41±0.00079	4.3±0.04
40.1±0.005	29.16±0.6	75.4±0.14	4.4±0.0007	0.18±0.06
40.1±0.008	5±0.57	74.2±0.1	4.4±0.001	-2.18±0.05
37.1±0.03	2.16±0.16	82.8±0.09	4.1±0.006	-2.08±0.016
45.1±0.008	105.43±0.74	77.8±0.2	4.4±0.0015	6.92±0.078
45.0±0.006	70.8±0.34	77.9±0.18	4.4±0.0018	3.61±0.036
45.1±0.007	49.86±0.23	76.4±0.14	4.4±0.0014	1.53±0.024
45.1±0.007	12.06±0.14	74.4±0.15	4.4±0.0017	-2.17±0.015
40.6±0.02	2.23±0.18	82.9±0.11	4.1±0.007	-2.54±0.019
50.1±0.006	87.96±0.82	73.7±0.14	4.4±0.0015	4.45±0.088
50.1±0.008	72±0.26	77.1±0.2	4.4±0.0014	2.9±0.028
50.1±0.009	39±0.23	73.8±0.16	4.4±0.0014	-0.35±0.024
50.0±0.007	5.86±0.12	74.2±0.14	4.4±0.0015	-3.57±0.012
45.9±0.02	2.2±0.11	83.4±0.07	4.2±0.003	-3.31±0.012
54.9±0.011	68.86±0.4	75.4±0.2	4.4±0.0016	1.76±0.039
55.1±0.008	44.8±0.15	73.2±0.13	4.4±0.0016	-0.63±0.014
55.1±0.007	24.86±0.39	75.4±0.15	4.4±0.0016	-2.58±0.038
55.0±0.0122	11.83±0.17	72.7±0.12	4.4±0.0012	-3.84±0.017
54.9±0.007	5.03±0.12	73.7±0.19	4.4±0.0017	-4.34±0.011
53.9±0.013	2.03±0.13	81.0±0.2	4.4±0.002	-4.63±0.012
60.0±0.009	49.17±0.28	76.9±0.15	4.4±0.0016	-1.18±0.028
60.1±0.008	27.99±0.23	76.4±0.14	4.4±0.0014	-3.25±0.022
60.1±0.008	18.08±0.1	76.4±0.1	4.4±0.0014	-4.23±0.01
59.9±0.007	7.11±0.26	75.5±0.14	4.4±0.0014	-5.29±0.026
58.9±0.012	2.90±0.27	81.4±0.2	4.3±0.003	-5.48±0.026

¹:Bu satırlardaki veriler, kuyu besleme borularının her ikisinin tam açık olduğu durumda alınmıştır.

²:Bu sütunlardaki veriler 5 adet diğer sütunlar 50 adet verinin ortalamasından oluşmaktadır.

S_{mak}: 188 cm; H_s:89 cm T_{hava}(°C):19,53±0,07; T_{su}(°C): 15.32±0,06; BN:%47±0.13

Net deney süresi:205 dakika

Ek Çizelge 2. FU2 filtre uzunluğu seviyesinde elde edilen veriler.

Q (m ³ h ⁻¹)	S ² (cm)	G (dBA)	N (kW)	Pe ² (kPa)
40.0±0.0073	121.99±0.14	70.4±0.083	4.4±0.0017	9.31±0.01
40.1±0.009	85.71±0.58	73.9±0.18	4.4±0.0014	5.71±0.03
40.1±0.0068	49.13±0.22	73.0±0.097	4.4±0.0016	2.13±0.01
39.8±0.0077	12.03±0.15	72.4±0.097	4.4±0.0012	-1.46±0.01
34.4±0.024	1.94±0.26	83.2±0.13	3.9±0.003	-1.77±0.02
45.2±0.013	105.58±0.31	74.0±0.25	4.4±0.0014	6.95±0.02
45.1±0.01	68.12±0.23	70.7±0.078	4.4±0.0014	3.29±0.01
45.1±0.0074	41.93±0.16	71.1±0.109	4.4±0.0013	0.73±0.01
45.2±0.0113	4.97±0.2	72.2±0.227	4.4±0.0012	-2.9±0.01
42.2±0.0111	2.02±0.25	83.3±0.122	4.3±0.0025	-2.77±0.02
50.1±0.0084	89.0±0.65	73.0±0.16	4.4±0.0014	4.56±0.04
50.2±0.009	65.89±0.65	70.9±0.08	4.5±0.0009	2.29±0.04

49.9±0.0112	43.06±0.13	71.4±0.104	4.5±0.0014	0.08±0.01
50.0±0.017	3.07±0.2	71.9±0.115	4.4±0.0015	-3.86±0.01
49.0±0.0104	2.02±0.12	80.5±0.184	4.4±0.0019	-3.79±0.01
55.5±0.093	69.13±0.08	71.6±0.21	4.5±0.0015	1.65±0.01
55.0±0.0086	44.05±0.1	71.7±0.11	4.5±0.0009	-0.72±0.01
55.1±0.009	27.87±0.28	72.6±0.124	4.5±0.0012	-2.31±0.02
55.0±0.011	6.95±0.5	72.3±0.075	4.4±0.0014	-4.35±0.3
53.7±0.011	2.84±0.61	82.1±0.126	4.4±0.0021	-4.5±0.03
59.8±0.025	52.96±0.7	72.3±0.10	4.5±0.0014	-0.74±0.04
59.9±0.0188	36.92±0.42	72.9±0.11	4.4±0.0015	-2.34±0.02
60.0±0.012	26.0±0.085	72.4±0.09	4.4±0.0016	-3.44±0.01
60.0±0.011	12.00±0.14	73.4±0.11	4.4±0.002	-4.81±0.01
59.0±0.01	3.94±0.25	82.1±0.17	4.4±0.0024	-5.39±0.01

¹:Bu satırlardaki veriler, kuyu besleme borularının her ikisinin tam açık olduğu durumda alınmıştır.

²:Bu sütunlardaki veriler 5 adet diğer sütunlar 50 adet verinin ortalamasından oluşmaktadır.

Deney koşulları: FT1; ÇZK2; FU2

S_{mak}: 188 cm; H_s:89 cm T_{hava}(°C):19,53±0,07; T_{su}(°C): 15,32±0,06; BN:%47±0,13

Net deney süresi:205 dakika

Ek Çizelge 3. FU3 filtre uzunluğu seviyesinde elde edilen veriler.

Q (m ³ h ⁻¹)	S ² (cm)	G (dBA)	N (kW)	Pe ² (kPa)
40.0±0.0084	131.25±0.08	69.8±0.077	4.6±0.0033	10.19±0.01
40.3±0.0085	103.45±0.24	72.5±0.110	4.5±0.0008	7.45±0.024
40.1±0.0091	80.25±0.29	74.8±0.117	4.5±0.0017	5.28±0.03
40.1±0.0092	7.95±0.14	73.0±0.078	4.5±0.0014	-1.89±0.014
37.3±0.043	1.74±0.13	82.1±0.102	4.3±0.0029	-2.12±0.013
45.2±0.0083	113.25±0.12	71.2±0.152	4.4±0.00135	7.74±0.012
45.2±0.0077	81.56±0.2	71.2±0.103	4.4±0.0009	4.59±0.021
44.8±0.0085	56.6±0.17	71.9±0.116	4.4±0.00145	2.2±0.018
45.2±0.010	5.95±0.1	72.4±0.154	4.4±0.00142	-2.8±0.011
43.2±0.023	1.77±0.14	81.0±0.123	4.4±0.00017	-2.91±0.015
50.1±0.009	97.58±0.47	71.9±0.194	4.5±0.0008	5.44±0.05
50.1±0.0083	74.25±0.3	70.1±0.123	4.5±0.0009	3.18±0.03
50.2±0.00078	24.25±0.08	71.1±0.155	4.5±0.00094	-1.83±0.01
49.8±0.010	4.95±0.1	71.1±0.109	4.5±0.000149	-3.63±0.01
48.3±0.048	1.85±0.14	78.6±0.318	4.4±0.002	-3.69±0.02
54.9±0.0071	77.55±0.14	72.0±0.15	4.5±0.0012	2.64±0.01
55.2±0.0079	48.95±0.26	75.8±0.18	4.5±0.0013	-0.25±0.03
55.1±0.0097	12.96±0.5	74.9±0.20	4.5±0.0012	-3.77±0.01
54.9±0.0086	3.65±0.17	71.6±0.11	4.5±0.0009	-4.63±0.02
45.6±0.032	1.99±0.03	82.0±0.09	3.8±0.0019	-3.25±0.01
60.0±0.0145	58.65±0.1	71.8±0.144	4.4±0.0014	-0.24±0.01
60.2±0.011	30.1±0.46	70.9±0.099	4.5±0.0014	-3.18±0.05
60.0±0.0106	15.55±0.22	72.4±0.152	4.4±0.0012	-4.41±0.02
60.0±0.0118	5.95±0.14	72.9±0.136	4.4±0.0013	-5.4±0.01
58.7±0.0167	4.65±0.12	80.9±0.157	4.4±0.0017	-5.28±0.01

¹:Bu satırlardaki veriler, kuyu besleme borularının her ikisinin tam açık olduğu durumda alınmıştır.

²:Bu sütunlardaki veriler 5 adet diğer sütunlar 50 adet verinin ortalamasından oluşmaktadır.

S_{mak}: 188 cm; H_s:89 cm T_{hava}(°C):37,34±0,37; T_{su}(°C): 27±0,05; BN:%28±0,05

Net deney süresi:150 dakika