



DERİN KUYU POMPAJ TESİSLERİNDE TİTREŞİM HIZI VE GÜRÜLTÜ DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Sedat ÇALIŞIR¹

Cevat AYDIN¹

Hakan O. MENGEŞ¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, 42031, Kampus-Konya/Türkiye (scalisir@selcuk.edu.tr)

ÖZET

Bu çalışmada, derin kuyu (düşey milli) sulama pompaj tesislerinde titreşim hızı ve gürültü düzeyleri araştırılmıştır. İncelenen tesislerin elektrik motor, kaplin muhafazası ve pompa çıkış başlığında ölçülen titreşim hızları sırasıyla, 11.23 ± 1.37 , 7.32 ± 1.67 ve 5.38 ± 0.93 mm/s seviyelerinde bulunmuştur. ISO 2372'ye göre, kaplin muhafazasından ölçülen titreşim hızı bakımından, tesislerin %34.6'sı kabul edilemez koşullarda işletildiği belirlenmiştir. Tüm tesis genelinde kabin içi gürültü düzeyleri ise 85.8 ± 5.5 dB(A) olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sulama pompaj tesisi, derin kuyu pompası, titreşim hızı, gürültü düzeyi.

DETERMINATION OF VIBRATION SPEED AND NOISE LEVEL AT DEEP WELL PUMPING PLANTS

ABSTRACT

In this study, vibration speed and noise level were investigated at deep well (vertical line shaft) irrigation pumping plants. The vibration speeds of electric motor, coupling and pump discharge head values of investigated plants were found 11.23 ± 1.37 , 7.32 ± 1.67 and 5.38 ± 0.93 mm/s respectively. According to the ISO 2372, it was determined that 34.6% of pumping plants were operated in unacceptable conditions, in terms of vibration speed of coupling. Generally, the noise levels of pumping plants were measured as 85.8 ± 5.5 dB(A).

Keywords: Irrigation pumping plant, deep well pump, vibration speed, noise level.

GİRİŞ

Tarımsal sulamada, yer altı su kaynaklarından faydalanmak için derin kuyu pompaj tesisleri kullanılmaktadır. Günümüzde, derin kuyu pompası olarak genellikle dalgıç tip tercih edilmekle beraber, elektrik enerjisinin bulunmaması, kuyu suyunun siltli olması durumlarında daha büyük debi ve daha küçük dinamik seviyeli kuyularda düşey milli tipleri de yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. 1990'lı yıllardan önce hizmete girmiş tesislerin ise tamamına yakını su yada yağ ile yağlanan düşey milli tipteki derin kuyu pompalardan oluşmaktadır. Türkiye'de Orta Anadolu bölgesi derin kuyu sulama pompaj tesisleri bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Bu bölgedeki tesislerin yıllık ortalama çalışma süreleri yaklaşık 1275 h olarak saptanmıştır (Çalışır ve ark., 2002).

Sondaj kuyusunun hazırlanması ve donatılması, pompa ve donanımlarının sağlanması oldukça pahalı bir yatırım gerektirmektedir. Böyle yüksek bir yatırım isteyen derin kuyu sulama pompaj tesislerinde meydana gelebilecek arızaların yaratacağı olumsuzluklar da, özellikle sulama sezonu içinde çok büyük olmaktadır.

Hareket halindeki her sistem gibi pompalarda titreşimli çalışırlar. Bu bakımdan titreşim bir hayat belirtisi olarak görülebilir. Ancak, seviyesi belli bir değer üstüne çıkması durumunda, orada bir sorunun olduğunu göstermektedir. Eğer bu sorunlar

zamanında saptanıp, önlem alınmazsa, ikincil arızaların ortaya çıkma olanağı büyüktür. Pompalardaki titreşimler, balans bozukluğu, kaplin ayarsızlığı, şase gevşekliliği, rulman arızası, akış problemleri, kavitasyon ve elektrik motoru arızalarından kaynaklanabilmektedir. Pompalarda görülen titreşimlerin %50'si dengesizlik, %25'i ise kaplin yada eksen kaçıklığından kaynaklandığı bildirilmektedir (Belek, 1996; Turan, 1998; Çağlayan, 2001). Pompalarda meydana gelen hidrolik kaynaklı titreşim ve gürültü nedenlerinin başında, pompanın optimum çalışma noktasından sapmasından kaynaklanan basınç çalkantıları gelmektedir (Karadoğan ve Ürün, 1996; Çakmak ve ark., 1998; Çakmak, 2001)

Titreşim, $y=a \sin(\omega t)$ ile türevleri olan hız ve ivme büyüklükleri ile karakterize edilen sinüsoidal bir hareket dalgasıdır. Burada; y genlik, ω açısal hız ve t ise zamanı ifade etmektedir. Bir titreşim hareketinin meydana gelebilmesi için sisteme gereksinim vardır. Bu sistem potansiyel enerjiyi depo eden elastik bir eleman (yay, vb) ile kinetik enerjiyi depo eden bir eleman (kütle) gibi iki elemandan oluşur. Titreşim elastik elemanla kütle arasında enerji dönüşümü ile oluşan bir harekettir. Bu sisteme, enerji dönüşümü sırasında, sistemden enerji alan sönümleme elemanı dahil edilir. Eğer sönümleyici olmazsa, söz konusu enerji sistemi tahrip etmeye çalışacaktır (Beer and Jonston, 1979; Karassik ve ark., 1986; Rao, 1995; Sabancı, 1999). Bir başka deyişle titreşim, belli bir zaman aralığında bir kütlenin belli bir mesafedeki (genlik) hareketinden oluşan enerjiye denilmektedir

(Turan, 2001). Genlik mikron; bir saniyedeki titreşim sayısı (frekans) Hz; hız mm/s ve ivme mm/s² birimleriyle ifade edilmektedir. Bu ifadeler ya efektif yada pik seviye olarak ele alınmaktadır. Avrupa ve ISO sistemi titreşimi ifade de Geniş Bant (10–10000 Hz) aralığında efektif hızı (rms), Amerikan sisteminde ise titreşim hızının rms seviyesi yerine O- pik seviyesi kullanılmaktadır. Bir sinüsoidal dalgada rms seviyesi, pik seviyesinin 0.7071 katı kadar olmaktadır (Çağlayan, 2001; Turan, 2001).

Pompalarda titreşim ölçümleri, ya periyodik olarak uyarıcı bakım amaçlı yada arıza kaynağını bulabilmek için tanı (diognastik) amaçlı yapılmaktadır. Tanı ölçümler, genellikle titreşim analizörleri ile yapılmakta ve bir nevi pompanın EKG'sini temsil edebilmektedir (Belek, 1996; Çağlayan, 2001).

ISO 2372 standardına göre, çalışma frekansı 10-200 Hz arasında olan makine sistemlerinin, kabul edilebilirlik açısından titreşim hızı limitleri rms olarak <1.1, 1.1-2.8, 2.8-7.1 ve >7.1 mm/s ise değerlendirme sırasıyla iyi, kabul edilebilir, sınırdan ve

kabul edilemez şeklinde ifade edilmektedir. Benzer şekilde, derin kuyu pompalarının, titreşim grafiklerinden elde edilen tecrübe değerlerine göre değerlendirme iyi, kabul edilebilir ve kabul edilemez olarak titreşim hızı değerleri sırasıyla <5.0, 5.0-7.0 ve >7.0 mm/s limitleri verilmektedir (Anonim, 1975; Anonim, 1977).

Gürültü, geliş güzel bir yapısı olan bir ses spektrumu olup, subjektif olarak istenmeyen ses biçiminde tanımlanır. Gürültü seviyesi, sesin yayılması sırasında değişen atmosferik basıncın denge basıncına oranıdır. 0.0002 Pa'lık standart referans ses basınç seviyesine oranlanan ses basınç düzeyinin birimi desibel (dB) dir. Verilmiş bir ses şiddetinin kendisinden 10 kat az diğer bir ses şiddetine oranının 10 tabanına göre logaritmasına eşit ses şiddetine bel, bunun 1/10 değerine de desibel denilmektedir (Sodan,1997; Eker ve Taşeri, 1998; Sabancı, 1999;). Çalışmada, değişik yıllarda hizmete girmiş yağ ile yağlamalı düşey milli derin kuyu sulama pompaj tesislerinin; elektrik motoru, kaplin muhafazası ve pompa çıkış başlığındaki titreşim hızı ile tesis muhafaza kabini ve çevresinde oluşan gürültü düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1. İncelenen pompaj tesislerine ait bazı veriler (Anonim, 2000).

Motor Gücü (kW)	Kuyu No:	Hizmete Giriş tarihi	Debi (Q, l/s)	Manometrik yükseklik (Hm, m)	Kolon Çapı (")	Mil boyu (m)	Toplam kütle (kg)	Mil çapı (")
30	18935	1978	50	35	8 ^{5/8}	33.55	201.6	1 ^{3/8}
30	18937	1978	50	35	8 ^{5/8}	33.55	201.6	1 ^{3/8}
30	25703	1982	50	25	8 ^{5/8}	24.40	155.2	1 ^{3/8}
30	25706	1982	50	25	8 ^{5/8}	24.40	155.2	1 ^{3/8}
30	28390	1999	60	29	8 ^{5/8}	33.55	201.6	1 ^{3/8}
30	32289	1985	50	35	8 ^{5/8}	36.60	217.5	1 ^{3/8}
30	32297	1986	50	35	8 ^{5/8}	36.60	217.5	1 ^{3/8}
30	37252	1992	60	30	8 ^{5/8}	33.65	202.4	1 ^{3/8}
30	37255	1996	60	30	8 ^{5/8}	33.65	202.4	1 ^{3/8}
37	20055	1977	60	36	8 ^{5/8}	33.70	209.8	1 ^{3/8}
37	20057	1977	60	36	8 ^{5/8}	33.70	209.8	1 ^{3/8}
37	25077	1981	40	45	6 ^{5/8}	42.70	208.3	1 ^{3/16}
37	25078	1981	40	45	6 ^{5/8}	45.75	220.5	1 ^{3/16}
37	25088	1981	40	45	6 ^{5/8}	42.70	208.3	1 ^{3/16}
37	25404	1982	50	42	8 ^{5/8}	39.65	240.2	1 ^{3/8}
37	29851	1984	50	42	6 ^{5/8}	42.70	208.3	1 ^{3/16}
37	29855	1984	50	49	8 ^{5/8}	42.70	255.7	1 ^{3/8}
37	29857	1984	50	42	8 ^{5/8}	39.65	240.2	1 ^{3/8}
37	46472	1996	40	53	6 ^{5/8}	42.60	207.9	1 ^{3/16}
37	43008	1996	40	44	6 ^{5/8}	42.70	208.3	1 ^{3/16}
45	20059	1977	60	42	8 ^{5/8}	36.70	233.3	1 ^{3/8}
45	25410	1982	50	49	8 ^{5/8}	42.75	264.2	1 ^{3/8}
45	36261	1994	50	41	6 ^{5/8}	48.80	240.8	1 ^{3/16}
45	36262	1994	50	41	6 ^{5/8}	39.65	204.3	1 ^{3/16}
45	32263	1991	50	52	8 ^{5/8}	45.75	279.5	1 ^{3/8}
45	32264	1991	50	52	8 ^{5/8}	39.15	245.8	1 ^{3/8}

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, tarımsal sulamada kullanımı çok yaygın olan 30, 37 ve 45 kW güçlerindeki elektrik

motorlarla tahrik edilen yağ ile yağlamalı düşey milli derin kuyu pompaj tesisleri materyal olarak kullanılmıştır. Örnek hacmi, düşey milli derin kuyu pompaj tesislerinden kademeli örnekleme yöntemine göre belirlenmiş-

tir. Çalışma, derin kuyu pompaj tesislerinin yoğun kullanıldığı Konya kapalı havzasındaki tesislerden seçilmiş ve 2001 yılı sulama sezonunda yürütülmüştür.

İncelenen tesislerin bazı performans ve teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Bu tesislerde, daha sonraki yıllarda yapılan revizyonlar ve değişikliklerin kayıt altına alınmadığı saptanmıştır.

Çalışmada, pompa devir sayısı (n, d/d), mekanik takometre, titreşim hızı 10-200 Hz frekans aralığında ve rms olarak Time marka dijital TV110 tipi titreşim ölçer ve gürültü düzeyi Jetronl marka S4001 tip dijital gürültü seviye ölçer ile (A) ağırlığında (dB) ölçülmüştür. Pompa devri başlık milinden, titreşim hızları tesisin motor, kaplin muhafazası ve pompa kısımlarından üç eksen (kartezyen bileşenleri) doğrultusunda ölçülmüştür (Şekil 1). Düşey milli pompalarda, titreşim karakteristikleri genellikle elektrik motoru, kaplin muhafazası ve pompa çıkış başlığından ölçülebilmektedir. Ancak, kaplin muhafazasından ölçülen titreşim değerlerinin daha sağlıklı olduğu belirtilmektedir (Belek, 1996; Çağlayan, 2001).

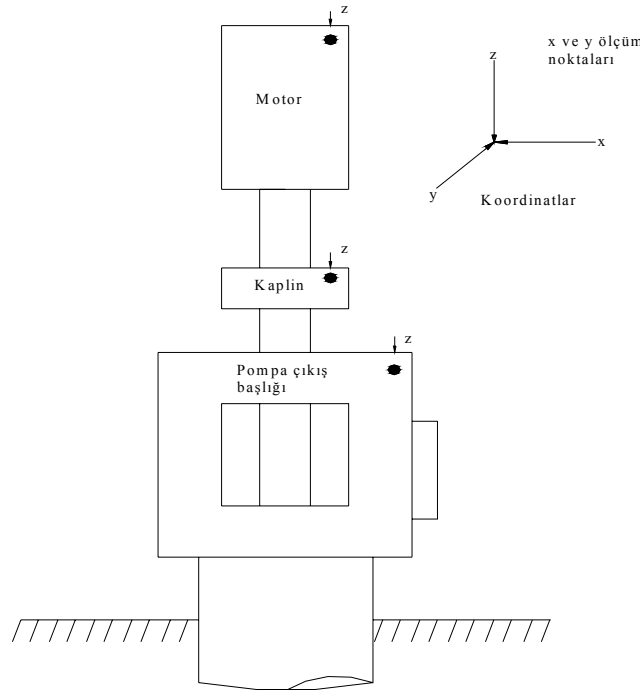
Gürültü düzeyi ölçümlerinde, cihazların ve gözlemcilerin yeri, yansımalarından oluşan hataları

azaltmak için mikrofondan en az 1 m uzakta olmalıdır (Taşel, 1998). Bu çalışmada, sulama pompaj tesislerinin gürültü düzeylerinin değişimini belirlemek için, kabin içi ile kabinden sırasıyla 1 m, 2 m ve 3 m uzaklıklarda ölçümler yapılmıştır.

Ölçümler, tüm tesislerde hep aynı noktalardan ve çiftçi koşullarında çalışırken uygulanmıştır. Ölçümlere, pompaya start verildikten yaklaşık en az 20-30 dakika sonra başlanılmış ve okumalar 2-3 dakika aralıklarla üç kez yinelenerek kayıt edilmiştir. Ayrıca, ölçülen devir sayısı değerlerinden ortalama frekans (f) ve açısal hız (w) şu eşitliklerle hesaplanmıştır (Beer ve Johnston, 1979; Karassik ve ark., 1986; Rao, 1995; Sabancı, 1999).

$$f = n/60; w = 2\pi f$$

Pompaj tesisleri, kaplinden ölçülen titreşim bileşke hızı yönünden, ISO 2372 Sınıf III’e göre iyi, kabul edilebilir ve kabul edilemez ölçütleri kullanılmış olup, bunun için sırasıyla <5 mm/s, 5.0-7.0 mm/s ve >7.0 mm/s değerleri esas alınmıştır. Ayrıca, tesislerin motor, kaplin ve pompa kısımları için titreşim hızı bileşenlerinin bileşke hıza oranları ve bazı tesis parametreleri ile bileşke titreşim hızı arasındaki ilişkiler incelenmiştir.



Şekil 1. Titreşim hızı ölçüm noktaları.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Araştırmadan elde edilen bulgular Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde 30 kW motor gücündeki tesislerin titreşim hızları, motor, kaplin ve

pompada sırasıyla ortalama olarak 11.8 ± 2.2 , 6.0 ± 1.8 ve 5.8 ± 1.2 mms^{-1} bulunmuştur. Aynı değerler 37 kW motor gücündeki tesislerde sırasıyla 10.8 ± 2.0 , 4.8 ± 1.4 ve 4.3 ± 1.1 mms^{-1} bulunurken, 45 kW motor gücündeki tesislerde sırasıyla

15.0±6.6, 13.2±6.5 ve 8.6±3.1 mms⁻¹ olarak belirlenmiştir.

37 kW motor gücündeki tesislerin her üç organındaki titreşim hızı değerleri de 30 kW ve 45 kW güçlü tesislerden daha düşük düzeyli olmuştur. En büyük titreşim hızı 45 kW motor gücündeki tesislerde ortaya çıkmıştır. Ayrıca, Tablo 2'deki ölçülen devir sayısı değerlerinden pompaj tesislerinin ortalama frekans ve açılma hızları da sırasıyla 24.4±0.19 Hz ve 153.3±1.24 r/s olarak hesaplanmıştır.

Tüm tesis genelindeki titreşim hızları motor, kaplin ve pompalarda sırasıyla 11.2±1.8, 7.3±1.7 ve 5.4±0.9 mms⁻¹ düzeyinde gerçekleşmiştir. Titreşim hızı tüm motor güçlerindeki tesislerde en fazla motor kısmında oluşmuş, bunu sırasıyla kaplin ve pompa organları izlemiştir. Motordaki titreşim pompadan yaklaşık 2.1 kat daha büyük çıkmıştır.

Tüm tesis genelinde motor, kaplin ve pompa organlarındaki titreşim hızı bileşenlerinin bileşke hızı oranı incelendiğinde V_x/V ve V_y/V oranları yaklaşık 0.65 oranı civarında seyrederken, V_z/V oranı yaklaşık 0.4 civarında kalmıştır.

Kaplin titreşim bileşke hızlarının ISO 2372 Sınıf III kabul edilebilirlik ölçütlerine göre tesislerin dağılımı ise Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre, kabul edilebilir titreşim hızı değerlerinde olan tesislerin dağılımı, 30 kW, 37 kW, 45 kW ve tümü içindeki oranları sırasıyla, %67, %69.7, %50 ve %61.5 olarak bulunmuştur. Tüm tesislerin %34.6'sında ise titreşim hızı kabul edilemez koşullarda işletilmeye devam ettiği görülmektedir.

Pompaj tesislerinde motor gücü (N); debi (Q), manometrik yükseklik(H), iletilen akışkanın özgül kütlesi ve sistem veriminin bir fonksiyonudur. Pompa mili çapı(d), motor gücüne; boru çapı (D), debiye; mil uzunluğu (L), su kaynağı seviyesine; gürültü düzeyi (GD) ve titreşim hızı (V), tesisin mekanik ve hidrolik tasarım gibi etmenlere bağlılık göstermektedir. İncelenen pompaj tesislerde bazı tesis parametreleri ile tesis kaplininin de ölçülen bileşke titreşim hızı arasında elde edilen doğrusal ilişkiler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$V = 0.2902*N - 2.1337 \quad (R^2 = 0.2840)$$

$$V = 0.9572*Q - 39.593 \quad (R^2 = 0.5014)$$

$$V = 0.0826*H - 5.6736 \quad (R^2 = 0.0256)$$

$$V = 0.1479*D - 18.84 \quad (R^2 = 0.1496)$$

$$V = 1.127*d - 28.792 \quad (R^2 = 0.1342)$$

$$V = 0.0943*L - 5.3812 \quad (R^2 = 0.0146)$$

Tesis kabinleri içinde ölçülen gürültü düzeyleri de titreşim hızı ile paralel bir seyir göstermiştir. En düşük gürültü düzeyi 37 kW motor gücündeki tesislerde ölçülürken, en yüksek gürültü düzeyi de 45 kW tesislerde bulunmuştur. Pompaj tesisleri genelinde ölçülen kabin içi gürültü düzeyi 85.8±5.5 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Kaplin muhafazası titreşim

bileşke hızı (V) ile kabin içi gürültü düzeyi (GD) arasındaki ilişki doğrusal olarak aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmiştir.

$$V = 4.2*GD - 348 \quad (R^2 = 1)$$

Ayrıca, kabinden uzaklaştıkça, gürültü düzeyi uzaklaşma mesafesi 1, 2 ve 3 m için sırasıyla, 85.0±2.13, 79.3±2.23 ve 69.3±3.4 değerlerine düştüğü belirlenmiştir.

Dünya Sağlık Örgütüncü yayımlanan gürültü değerlendirmelerinde, gürültünün ölçülmesi yanında gürültüye maruz kalma süresinin de etkili olduğu, bu nedenle değerlendirmelerde bunun da dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Örneğin, 90 dB (A) düzeyindeki gürültüye maruz kalma süresi için en fazla 8 saate izin verilirken, gürültü düzeyi 95 dB (A) değerine çıktığında izin verilen süre 4 saat olmaktadır (Eker ve Taşeri, 1998). 2003 yılında yayımlanan gürültü yönetmeliğine göre ise, 80 dB (A) gürültü düzeyinde 8 saatlik maruziyet süresine izin verilmekte, bu sürede gürültü düzeyinin 87 dB (A) değerinin aşmaması gerektiği vurgulanmaktadır (Anonim, 2003). Ayrıca, bir çok araştırmacının da ifade ettikleri ve tüm dünya ülkelerinde gürültü için uygulanan standart değerlerinde 80-90 dB (A) arasında kabul edilebilir olduğu da unutulmamalıdır (Sodan,1997; Eker ve Taşeri, 1998; Sabancı, 1999).

Sulama pompaj tesislerinde ölçülen gürültü düzeylerine bakıldığında (Tablo 2), bazı tesislerde kabul edilebilir değerlerin aşıldığı görülmektedir. Ancak, bu tesislerin genelde kırsal alanda kurulması, çiftçilerin tesis kabininden oldukça uzakta çalışması ve sadece tesisi çalıştırmak ve durdurmak için kısa süreli bu gürültüye maruz kalmalarından dolayı, bu gürültü düzeyinin insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyeceği söylenebilir. Ayrıca, titreşim hızı ile gürültü düzeyi arasında kuvvetli bir ilişkinin bulunması, titreşim kaynaklarının önlenmesi veya azaltılmasıyla da gürültü düzeyi azaltılabilecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

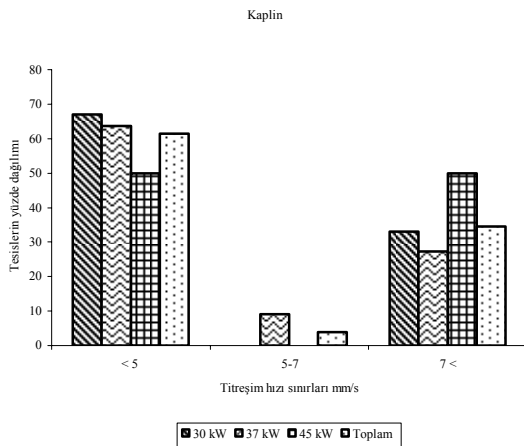
Bu çalışmada, Türkiye'deki tarımsal sulamada kullanılan yağ ile yağlamalı düşey milli derin kuyu pompalarının bazı kısımlarına ait (elektrik motor, kaplin muhafazası ve pompa çıkış başlığı) titreşim hızı ve gürültü düzeyleri, işletme koşullarında belirlenmiştir. Buna göre derin kuyu pompaj sulama tesislerinin kaplin muhafazasında ölçülen titreşim hızı değerleri bakımından ISO 2372 ölçütlerine göre tesislerin %34.6'sı kabul edilemez sınırdadır çalışmaktadır. Bu durum pompaj sulama tesislerine gerekli önemin verilmediğini göstermektedir. Tesislerin motor kısımlarında ölçülen titreşim hızı değerlerinin yüksek olması şu şekilde açıklanabilir. Dikey konuşlandırılmış motorların üst kısmında daha fazla salınım meydana gelmektedir. Eğer titreşim ölçümleri, sadece motordan yapılması durumunda pompada var olan balans bozukluğundan kaynaklanan enerji, pompanın çok iyi sabitlenmiş olması halinde, daha zayıf olan motor kısmında ortaya çıkmakta ve bu sonuç da araştırmacıyı yanıltabilmektedir. Bu nedenle düşey milli derin kuyu pompa-

larında, titreşim karakteristikleri kaplin muhafaza-sından kartezyen bileşenleri olarak ölçülmelidir. Pompa çıkış başlığındaki titreşim hızlarının düşüklüğü ise pompanın oturduğu zeminin daha iyi olası-na bağlanabilir. Aynı ağırlıktaki pompalar, daha

fazla derinlik yerine daha geniş yüzeyel zemine oturtu-lurlarsa daha düşük titreşim yansıtmaktadırlar. Pompanın oturduğu zemin ağırlığı, pompadan hafif olmamalı, en uygun ağırlık oranı 1:1.5 – 1:2 arasında olması gerektiği önerilmektedir (Turan, 1998).

Tablo 2. Pompaj tesislerinin değişik kısımlarında ölçülen titreşim hızları ve kabin içi gürültü düzeyi

N (kW)	Kuyu No:	N (d/d)	Motor (mm/s)				Kaplin (mm/s)				Pompa (mm/s)			dB (A)	
			Vx	Vy	Vz	V	Vx	Vy	Vz	V	Vx	Vy	Vz		
30	18935	1470	13,0	11,7	6,5	18,7	6,5	5,8	3,9	9,6	1,9	2,6	1,3	3,5	98,0
	18937	1475	7,8	8,4	3,9	12,1	2,6	1,9	0,6	3,3	3,9	3,2	2,6	5,7	85,0
	25703	1460	2,6	2,6	2,0	4,2	1,3	1,3	0,7	2,0	1,3	0,7	0,5	1,6	75,0
	25706	1475	7,1	7,8	4,5	11,5	7,8	6,5	3,2	10,6	6,5	5,8	5,2	10,1	89,0
	28390	1470	3,9	3,9	2,6	6,1	1,3	2,6	1,3	3,2	5,2	4,5	3,2	7,6	82,0
	32289	1440	6,6	8,0	5,3	11,6	0,7	0,5	0,4	0,9	6,6	0,5	0,3	6,7	75,0
	32297	1445	5,3	6,6	3,3	9,1	2,0	2,6	1,3	3,6	2,0	2,0	1,3	3,1	87,0
	37252	1450	5,3	5,3	3,3	8,2	2,6	2,6	2,0	4,2	2,0	2,0	1,3	3,1	87,0
	37255	1475	15,5	16,2	9,7	24,5	10,4	11,0	6,5	16,5	6,5	7,8	4,5	11,1	87,0
Ortalama			7,5	7,8	4,6	11,8	3,9	3,9	2,2	6,0	4,0	3,2	2,3	5,8	85,0
Standart hata			1,5	1,5	0,8	2,2	1,2	1,2	0,7	1,8	0,8	0,9	0,6	1,2	2,5
37	20055	1455	0,6	0,5	0,3	0,8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	0,7	88,0
	20057	1460	8,5	7,9	5,2	12,7	1,3	1,2	0,7	1,9	1,3	1,3	0,5	1,9	80,0
	25077	1475	7,8	7,8	5,2	12,2	3,9	2,6	1,3	4,8	1,9	1,3	0,6	2,4	88,0
	25078	1475	11,7	13,0	7,8	19,1	5,2	3,9	5,2	8,3	5,8	5,2	4,5	9,0	90,0
	25088	1475	12,3	11,7	7,8	18,6	3,9	3,9	3,2	6,4	3,2	3,9	2,6	5,7	85,0
	25404	1470	2,5	2,5	1,4	3,8	0,5	0,6	0,4	0,9	1,3	1,0	0,6	1,8	72,0
	29851	1455	7,2	7,9	5,3	11,9	7,9	9,2	5,3	13,2	5,3	4,6	2,6	7,5	98,0
	29855	1465	5,9	5,2	3,9	8,8	1,0	1,3	0,7	1,8	1,3	0,7	0,7	1,6	81,0
	29857	1450	2,6	2,6	2,0	4,2	1,6	2,0	0,7	2,7	2,0	2,0	1,3	3,1	92,0
	46472	1455	9,8	10,5	6,6	15,8	6,6	7,9	3,9	11,0	6,6	7,9	3,3	10,8	78,0
43008	1465	3,3	2,6	2,0	4,6	0,7	0,7	2,0	2,2	2,0	1,3	0,7	2,4	77,0	
Ortalama			6,6	6,6	4,3	10,2	3,0	3,0	2,1	4,8	2,8	2,7	1,6	4,3	84,5
Standart hata			1,2	1,3	0,8	2,0	0,8	1,0	0,6	1,4	0,7	0,8	0,4	1,1	2,4
45	20059	1470	0,6	0,5	0,5	1,0	7,8	7,8	6,5	12,8	3,2	2,6	1,9	4,6	96,0
	25410	1475	6,5	6,5	3,9	10,0	0,6	0,6	0,5	1,1	1,3	2,0	1,0	2,5	71,0
	36261	1475	15,5	16,2	10,4	24,7	10,4	11,7	7,8	17,4	11,7	11,3	6,5	17,5	87,0
	36262	1460	5,2	5,2	3,9	8,4	1,6	1,3	2,6	3,4	3,9	4,3	2,7	6,4	87,0
	32263	1445	3,3	4,0	2,6	5,8	3,3	2,6	1,3	4,4	2,0	2,0	1,3	3,1	89,0
	32264	1475	25,9	25,9	16,2	40,1	25,9	25,9	16,2	40,1	10,4	12,0	7,5	17,5	86,0
Ortalama			9,5	9,7	6,3	15,0	8,3	8,3	5,8	13,2	5,4	5,7	3,5	8,6	86,0
Standart hata			4,2	4,3	2,6	6,5	4,2	4,3	2,6	6,5	2,0	2,1	1,2	3,1	3,7
Genel ortalama			7,2	7,3	4,6	11,2	4,6	4,7	3,2	7,3	3,4	3,5	2,2	5,4	85,8
Genel standart hata			1,1	1,2	0,7	1,8	1,1	1,1	0,7	1,7	0,6	0,6	0,4	0,9	5,5



Şekil 2. Tesis kaplininden ölçülen titreşim bileşke hızına göre dağılımı

Pompaj tesislerinde zamana bağlı titreşim ve gürültü düzeylerindeki değişimin görülebilmesi için kontrollü koşullarda bir araştırmanın yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, pompaj tesislerinde

hidrolik ve mekanik bakımdan ortaya çıkabilecek değişiklikleri önceden görebilmek için tesislerde yapılan her türlü revizyon ve değişiklik kayıt altına alınmalıdır. Derin kuyu sulama pompaj tesisleri periyodik olarak titreşim ölçümlerine tabi tutulmalı, ISO sınırlarının üzerinde bir titreşim değeri gösteren tesislere mutlaka tanı amaçlı ölçümler uygulanarak titreşimin kaynağı ve yeri saptanmalı, olumsuzluklar ortadan kaldırılmalıdır. Aksi halde, titreşim ile ortaya çıkan enerji, enerji israfına yol açarak kalmayacak, ikincil arızaların meydana gelmesine ve çiftçilerin sulama sezonunda önemli düzeyde zarar görmesine neden olabilecektir.

Sonuç olarak, sulama pompaj tesislerinde ölçülen titreşim hızı düzeyleri, bir çok tesis için kabul edilemez değerlere varmıştır. Bu durum enerji ve kullanım verimliliği bakımından olumsuzluklar yaratacağından, bu tesisler hemen tanı amaçlı (diagnoskik) titreşim ölçümlerine tabi tutularak, arıza kaynağı bulunmalı ve giderilmelidir. Bu nedenle bu tip uyarıcı bakım amaçlı titreşim ölçümlerinin zaman zaman yapılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim,1975. ISO 2372. Mechanical vibration of machines with operating speeds from 10 to 200 rev/s – Basis for specifying evaluation standards.
- Anonim, 1977. TS 2782. Titreşim ve şok- Çalıştırma hızları 10-200 devir/saniye olan makinelerin mekanik titreşimi-Değerlendirme standartlarını belirtmek için temel esaslar. TSE. Ankara.
- Anonim, 2000. DSİ 4. Bölge Müdürlüğü kayıtları. Konya.
- Anonim, 2003. Gürültü Yönetmeliği. 23 Aralık 2003 tarih ve 25325 sayılı resmi gazete.
- Beer, PF and Jonston ER. 1979. Mühendisler için mekanik Cilt 2 Dinamik (Çeviri: S.Tameroğlu ve T.Özbek). Üç er Matbaacılık. İstanbul.
- Belek, HT. 1996. Pompalarda titreşim ve gürültü 2.Pompa Kongresi: 185-193. İstanbul.
- Çağlayan, İH 2001. Değişik tip pompalarda titreşim ölçüm ve analizi ile arıza tanımı. 4.Pompa Kongresi: 167-177. İstanbul.
- Çalışır, S, T. Marakoğlu ve MU. Yıldız. 2002. Konya ili Çumra ilçesindeki derin kuyu sulama pompaj tesislerinin yıllık kullanımı. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi: 16(30):84-87. Konya
- Çakmak, E, 2001. Radyal pompa çıkışındaki çalkantıların spektral yapısı. 4.Pompa Kongresi: 77-84. İstanbul.
- Çakmak, E, Ünlüer, B ve Karadoğan, H. 1998. Radyal çark çıkışındaki basınç çalkantıları. 3.Pompa Kongresi: 45-52. İstanbul.
- Eker, B, Taşeri, L. 1998. Pompaj sistemlerinde tasarım açısından gürültü kaynaklarının analizi 3.Pompa Kongresi: 206-211. İstanbul.
- Karadoğan, H. Ve N. Ürün 1996. Pompa çıkışındaki basınç çalkantıları, 2.Pompa Kongresi: 194-201. İstanbul.
- Karassik, IJ., Krutzsch, WC., Fraser, WH. And Messina, JP., 1986. Pump Handbook, McGraw-Hill Book Co.
- Rao, S.S., 1995. Mecanical Vibration, 3rd Edition, Addison-Wesley Pub. Co.
- Sabancı, A. 1999, Ergonomi. Baki Kitabevi Adana.
- Sodan, R. 1997. Gürültü el kitabı. Gürültü yönetmeliği ve gürültü yapanlara verilecek cezalar. Ankara Valiliği, Ankara.
- Turan, O. 1998. Pompalarda titreşim ve darbe kontrolü. 3.Pompa Kongresi: 197-205. İstanbul.
- Taşel, R.G. 1998. Pompalarda gürültü. 3.Pompa Kongresi: 212-220. İstanbul.