

Santrifüj Pompalarda Titreşim

**Sedat ÇALIŞIR, Tanzer ERYILMAZ,
Haydar HACISEFEROĞULLARI, Hakan O. MENGEŞ**
S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü, 42031 Kampus Konya
scalisir@selcuk.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, üç farklı anma çapında, yerli yapım, yeni durumdaki yatay milli santrifüj pompanın değişik çalışma devirlerinde titreşim hızı düzeyleri incelenmiştir. Pompa işletme karakteristiklerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesinde ISO 2548 ve ISO 2372 standartları esas alınmıştır. Pompa devir sayısı arttıkça, titreşim hızı düzeyleri artış göstermiştir. En büyük titreşim hızı bileşeni şiddeti sırasıyla X,Y ve Z eksenleri doğrultusunda ölçülmüştür. Optimum devir sayısı ve en yüksek etkinlik noktasında, titreşim hızı düzeyleri en düşük olmuş ve artan pompa anma çapına bağlı olarak azalmıştır. Optimum devir sayısındaki çalışmada, titreşim hızı ortalaması sırasıyla, 4" lik pompada 0.711 mm/s; 6"lik pompada 0.463 mm/s ve 8" lik pompada ise 0.371 mm/s düzeylerinde saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Santrifüj pompalar, titreşim hızı, pompa işletim ve bakımı.

Vibration at Centrifugal Pumps

Abstract: In this study, vibration velocity levels at different operating speeds of native made, horizontal axis centrifugal pumps at new condition have three different norm diameters were investigated. ISO 2548 and ISO 2372 standards were used to measure and evaluate the pump operating characteristics. Vibration velocity was increased with the increase of pumps operating speeds. Maximum values of vibration velocity component were measured at the directions of X, Y and Z axis respectively. Vibration velocity levels were found minimal at optimal operating speeds and best efficiency point (b.e.p.) and it was decreased with the increase of pump norm diameter. Vibration velocity levels in average at optimal operating speeds of pumps were measured as 0.711 mm/s, 0.463 mm/s and 0.371 mm/s for the pumps of 4", 6" and 8" respectively.

Key words: Centrifugal pumps, vibration speed, pump operation and maintenance

GİRİŞ

Susuz bir yaşam düşünülemez. Yaşam varsa su da vardır. Su varsa pompalarda var olacaktır. Çünkü günümüzde yer çekiminden yararlanılabilecek su kaynakları çok sınırlıdır. Pompalar genellikle dış kaynaklı enerji gerektirmektedir. Enerji ise özellikle tarımsal üretimin son derece pahalı ve önemli bir girdisidir. Bu durum Orta Anadolu gibi kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan tarımsal alanlarda daha da fazla önemli olmaktadır.

Pompa ve pompanın yer aldığı tüm tesislerde enerji etkinliği, tasarım, seçim, işletim ve bakım uygunluğuna bağlıdır. Özellikle sulama sezonu içerisinde meydana gelebilecek arızaların yaratacağı kayıpların olumsuz etkileri çok büyük olmaktadır.

Pompaj tesislerinin kalbi sayılabilecek en hareketli ünitesi pompa ve motordur. Hareket halindeki her sistem gibi pompalarda titreşimli çalışırlar. Bu bakımdan titreşim bir hayat belirtisi olarak görülebilir. Ancak, titreşimin düzeyi belli bir değerin üstüne çıkması durumunda, orada bir sorunun olduğunu göstermektedir. Eğer bu sorunlar zamanında saptanıp, önlem alınmazsa, ikincil arızaların ortaya çıkma olanağı büyüktür. Pompaj tesislerindeki titreşimler, balans bozukluğu, kaplin ayarsızlığı, şase gevşekliği, rulman arızası, akış problemleri, kavitasyon ve elektrik motoru arızalarından kaynaklanabilmektedir. Pompalarda görülen titreşimlerin %50'si dengesizlik, %25'i ise kaplin ya da 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) 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 dâhil 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 ya da 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 ya da arıza kaynağını bulabilmek için tanı (diagnostik) amaçlı yapılmaktadır. Tanı ölçümleri, genellikle titreşim analizörleri ile yapılmakta ve bir çeşit pompanın EKG'sini temsil edebilmektedir (Belek, 1996; Çağlayan, 2001).

Çalışmada, yerli yapım, yeni durumda, yatay milli, kademesiz üç değişik anma çapındaki santrifüj pompa değişik çalışma devirlerinde test edilerek, performans ve titreşim hızı sınırları belirlenmiştir. Böylece, uygulamada daha kolay ölçülebilen titreşim hızı değerleri yardımıyla pompanın uygun koşullarda çalışması sağlanabilecektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, tarımsal sulamada kullanımı yaygın olan 4", 6" ve 8" anma çaplarında yatay milli, kademesiz, yerli yapım ve yeni durumda üç adet santrifüj pompa materyal olarak kullanılmıştır. Test edilen pompaların bazı teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde Kullanılan Pompaların Temel Büyüklükleri

Pompa anma çapı (")	Çark giriş çapı (mm)	Çark çıkış çapı (mm)	Çark girişi kanat genişliği (mm)	Çark çıkışı kanat genişliği (mm)	Çark kanat sayısı (adet)	Pompa giriş borusu çapı (mm)	Pompa çıkış borusu çapı (mm)
4	126	250	39	25	7	100	98
6	145	267	52	55	6	154	150
8	186	304	68	97	6	200	195

Pompa performans denemeleri S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri bölümünde yürütülmüştür (Şekil 1). Pompaların optimum çalışma devir sayısının belirlenmesi amacıyla, pompa test düzeninin kapasitesi ve pompa büyüklüğüne bağlı olarak 4" lik pompa altı (1300, 1400, 1500, 1600, 1700 ve 1800 d/d), 6" lik pompa beş (900, 1000, 1100, 1200 ve 1300 d/d) ve 8" lik pompa da dört (600, 700, 800 ve 900 d/d) farklı devir sayılarında denenmiştir.

Pompaların, en yüksek etkinlik değerini sağlayan devir sayısı, optimum çalışma devri olarak tanımlanmıştır.

Pompalar her devir sayısında, emme hattı vanası tam açık olmak üzere; basma hattı ayar vanasının tam kapalı konumundan başlanarak tam açık konuma kadar 7–9 farklı vana açıklığında işletme karakteristikleri ve titreşim hızı değerleri ölçülmüştür. Pompa işletme karakteristiklerinin (devir sayısı, debi, negatif ve pozitif basınçlar ve güç tüketimi) ölçülmesinde ve yapılan hesaplamalarda (toplam

dinamik yükseklik, pompa etkinliği, özgül enerji tüketimi ve özgül hız) ISO 2548 ölçütleri esas alınmıştır (Anonim, 1997). Titreşim hızı değerleri, pompa milinin yatakladığı gövdede üç eksen doğrultusunda ölçülmüştür (Belek, 1996, Çağlayan, 2001). Kartezyen bileşenleri Şekil 1'deki pompa üzerinde gösterilmiş olup (X-yatay, Y-Dikey ve Z-Eksenel), daha sonra titreşim hızı vektörel bileşenlerin bileşkesi hesaplanmıştır. Titreşim hızının değerlendirilmesinde ISO 2372 standardı kullanılmıştır. Buna 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 değerlendirme sırasıyla iyi, kabul edilebilir, sınırda ve kabul edilemez şeklinde ifade edilmektedir (Anonim, 1975; Anonim, 1977).



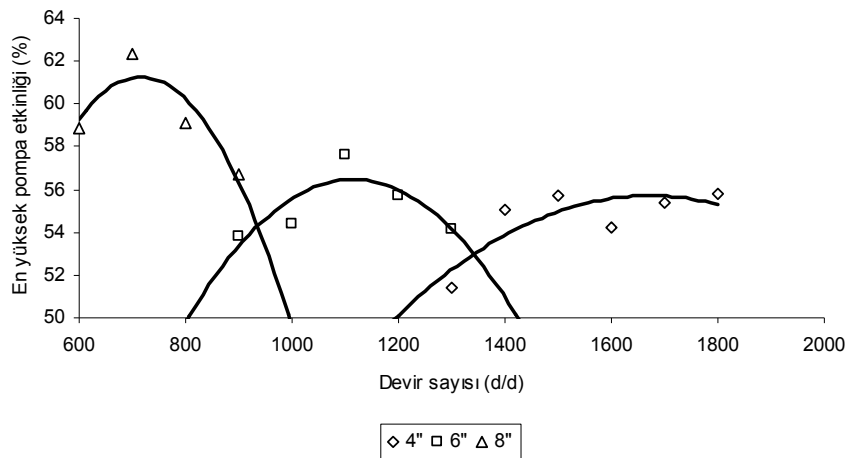
Şekil 1. Pompa deneme yeri (Eryılmaz ve Çalışır, 2004)

Devir sayısı, mekanik takometre, debi, elektromanyetik debi ölçer, negatif basınç gliserinli bourdon tipi vakum metre, pozitif basınç gliserinli bourdon tipi manometre, pompa mil gücü PTO kuyruk mili torkmetre, titreşim hızı 10–200 Hz frekans aralığında ve rms olarak Time marka dijital TV110 tipi titreşim ölçer ile ölçülmüştür (Çalışır ve ark., 2006).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Pompaların, devir sayısı ile en yüksek etkinlik arasındaki değişim Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre optimum devir sayısı; 4" pompa 1500 d/d, 6" pompa 1100 d/d ve 8" pompa ise 700 d/d olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde pompa anma çapı 4", 6" ve 8" olmak üzere hesaplanan özgül hızları (n_q) sırasıyla; 31, 48 ve 55 olarak hesaplanmış ve bu özgül hız değerine göre pompalar radyal akışlı çarklar sınıfında olduğu söylenebilir. Aynı zamanda pompaların anma çapı arttıkça; debi, özgül hız ve pompa etkinliği artmış, buna karşın pompa çalışma devir sayıları da azalmıştır.

Test edilen pompaların tüm deneme devirlerindeki; basma hattı ayar vanasının tam kapalı, tam açık ve en yüksek etkinliğin sağlandığı konumda ölçülen titreşim hızı bileşke değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Pompaların farklı devir sayılarındaki en yüksek etkinlik değerleri değişimi

Çizelge 2. Test Edilen Pompalarda Titreşim Hızı Bileşke Değerleri (mm/s)

Pompa tipi	Devir sayısı (d/d)	Titreşim hızı bileşke değerleri (mm/s)		
		Tam kapalı vana	Tam açık vana	En yüksek etkinlik noktası
4"	1300	0.573	0.650	0.560
	1400	0.672	0.713	0.637
	1500	0.741	0.803	0.720
	1600	0.846	1.265	1.013
	1700	0.946	1.199	1.014
	1800	1.010	1.339	1.056
6"	900	0.367	0.288	0.230
	1000	0.506	0.432	0.193
	1100	0.754	0.828	0.532
	1200	1.370	0.988	0.815
	1300	3.748	2.081	2.049
8"	600	0.423	0.360	0.289
	700	0.505	0.455	0.429
	800	0.481	0.817	0.412
	900	0.676	1.199	0.575

Çizelge 2 incelendiğinde her üç pompada da devir sayısı arttıkça titreşim hızı bileşkesi artmıştır. En yüksek etkinlik noktasında ölçülen titreşim hızı, gerek tam kapalı gerekse tam açık vana açıklığında ölçülen titreşim hızlarından daha küçük bulunmuştur. Devir sayısı ile tam kapalı vana, tam açık vana ve en yüksek etkinlik noktasındaki vana konumundaki titreşim hızı arasındaki doğrusal korelasyon katsayıları sırasıyla; 4" lik pompada 0.998; 0.937 ve 0.951; 6" lik pompada 0.864; 0.926 ve 0.885; 8" lik pompada ise 0.873; 0.973 ve 0.927 değerlerinde ve pozitif olarak bulunmuştur.

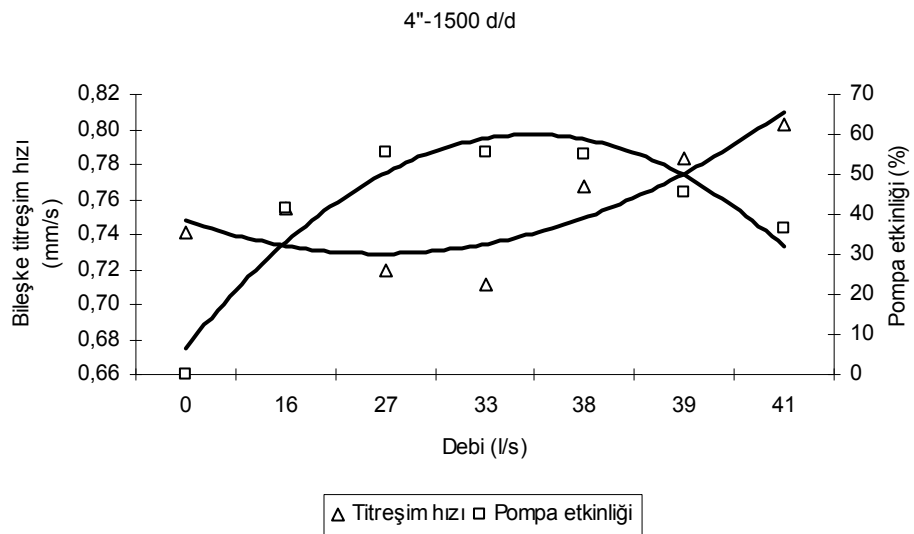
Santrifüj pompaların yatak gövdesinden üç ekseninde ölçülen titreşim hızları en fazla X-yatay doğrultuda etkili olmuştur (Çizelge 3). Daha sonra sırasıyla Y-dikey ve Z-eksenel doğrultuda

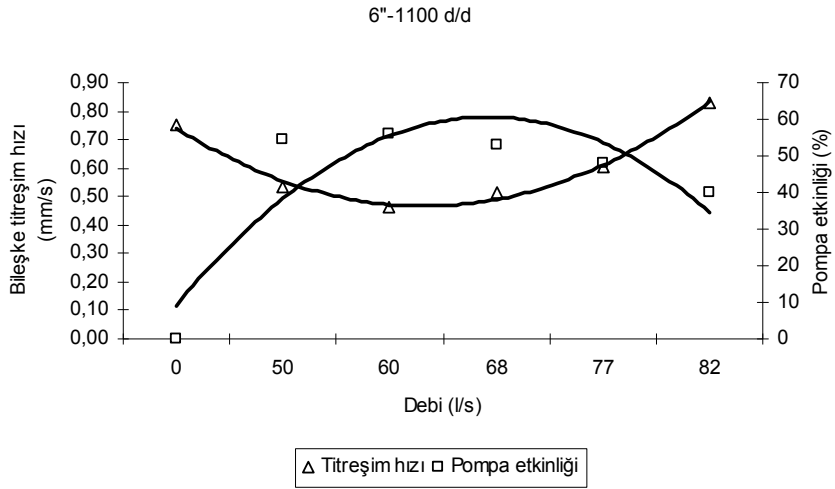
gerçekleşmiştir. Optimum çalışma noktasında; pompanın X,Y ve Z eksenleri doğrultusunda ölçülen titreşim hızı bileşkenlerinin, bileşke titreşim hızına oranları ortalama olarak sırasıyla 4" lik pompada %70, %56 ve %44; 6" lik pompada %86, %43 ve %26 ve 8" lik pompada ise %75, %54 ve %38 düzeylerinde olduğu saptanmıştır. Benzer ilişki tüm debi değerlerinde de görülmüştür.

Pompaların optimum devir sayısında yapılan deneyler sonucunda, titreşim hızı bileşkesi ve pompa etkinliğinin, debinin fonksiyonu olarak Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5 de verilmiştir. Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, en yüksek etkinliğin gerçekleştiği debi değerinde en az titreşim hızı bileşkesinin meydana geldiği söylenebilir.

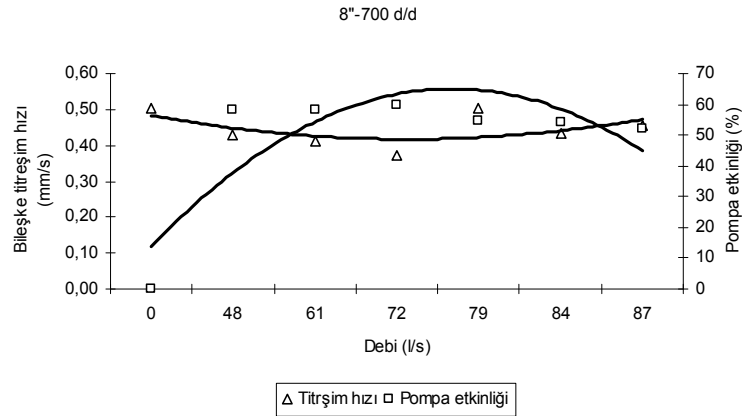
Çizelge 3. Test Edilen Pompaların Optimum Devirdeki Titreşim Hızı Bileşenleri (mm/s)

Pompa tipi	Debi (l/s)	Pompa etkinliği (%)	Özgül enerji tüketimi (Wh/m ³)	X eksenli titreşim hızı bileşen oranı v_x/v (mm/s)	Y eksenli titreşim hızı bileşen oranı v_y/v (mm/s)	Z eksenli titreşim hızı bileşen oranı v_z/v (mm/s)	Titreşim hızı bileşkesi v (mm/s)
4" 1500 d/d	0.0	0.0	0.0	0.74	0.43	0,51	0,741
	15.9	41.3	6.6	0.73	0.48	0,49	0,754
	27.2	55.3	4.9	0.70	0.54	0,47	0,720
	32.6	55.7	4.3	0.70	0.56	0,44	0,711
	37.6	54.9	5.0	0.68	0.59	0,44	0,767
	39.1	45.6	6.0	0.65	0.61	0,45	0,783
	40.6	36.5	7.5	0.66	0.49	0,57	0,803
		Ortalama		0.69	0.53	0.48	0.754
6" 1100 d/d	0.0	0.0	0.0	0.70	0.57	0,42	0,754
	50.0	54.6	4.9	0.83	0.51	0,24	0,532
	60.1	55.8	4.7	0.86	0.43	0,26	0,463
	68.1	53.1	5.1	0.79	0.52	0,31	0,516
	76.6	48.1	5.7	0.81	0.51	0,30	0,607
	82.4	40.1	6.8	0.58	0.76	0,29	0,828
	Ortalama		0.76	0.55	0.30	0.617	
8" 700 d/d	0.0	0.0	0.0	0.65	0.63	0,42	0,505
	48.4	58.4	4.4	0.70	0.56	0,44	0,429
	61.0	58.3	4.7	0.73	0.53	0,44	0,413
	71.8	59.7	4.6	0.75	0.54	0,38	0,371
	79.4	54.8	5.0	0.84	0.42	0,36	0,503
	84.3	54.1	5.0	0.76	0.48	0,44	0,435
	87.3	52.2	5.2	0.68	0.55	0,48	0,455
	Ortalama		0.73	0.53	0.42	0.444	

**Şekil 3. 4" pompanın 1500 d/d'daki debiye bağlı titreşim hızı bileşkesi ve pompa etkinliği değişimi**



Şekil 4. 6" pompanın 1100 d/d'daki debiye bağlı titreşim hızı bileşkesi ve pompa etkinliği değişimi



Şekil 5. 8" pompanın 700 d/d'daki debiye bağlı titreşim hızı bileşkesi ve pompa etkinliği değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada, yerli yapım, yeni durumda, kademesiz ve yatay milli santrifüj pompaların; değişik çalışma koşullarındaki titreşim hızının sayısal değerlerinin sınırları belirlenmiştir. X-yatay eksenindeki titreşim hızı bileşenin, bileşke hızı oranının yaklaşık %70 civarında olduğu saptanmıştır. Bunu %50 ve %30 oranıyla sırasıyla Y-dikey ve Z-ksenel doğrultular izlemiştir. Pompa devir sayısı, titreşim hızı üzerinde debiden daha fazla etkili olmuştur. Titreşim

hızı, tüm pompalarda en yüksek etkinlik noktasında (b.e.p.), en küçük değerde ölçülmüştür. Ölçülen titreşim hızı değerleri bakımından ISO 2372 ölçütlerine göre pompaların tamamı iyi durumda çalışmaktadır. Belirlenen bu titreşim hızları sayesinde, uygulamada aynı tür pompaların, pompaj tesislerinde uygun koşulda çalışıp çalışmadığı denetlenebilecek ve olası önlem ve iyileştirmeler yapılarak olumsuzluklar önceden ortadan kaldırılabilir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- 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 İçin Temel Esaslar. TSE. Ankara.
- Anonim, 1997. ISO 2548. Radyal (Santrifüj), Karışık Akışlı ve Eksenel Pompalar İçin Kabul Deneyi Esasları. C Sınıfı. POMSAD Yayın No:4. İstanbul.
- Beer, P.F. and Jonston, E.R., 1979. Mühendisler İçin Mekanik Cilt 2 Dinamik (Çeviri: S.Tameroğlu ve T.Özbek). Üçer Matbaacılık. İstanbul.
- Belek, H.T., 1996. Pompalarda Titreşim ve Gürültü 2.Pompa Kongresi: 185–193. İstanbul.
- Çağlayan, İ.H., 2001. Değişik Tip Pompalarda Titreşim Ölçüm ve Analizi ile Arıza Tanımı. 4.Pompa Kongresi: 167–177. İstanbul.
- Çalışır, S., Aydın, C. ve Mengeş, H., 2006. Derin Kuyu Pompaj Tesislerinde Titreşim Hızı ve Gürültü S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (38): 49-54.
- 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.
- Eryılmaz, T. ve S. Çalışır., 2004. Sulamada Kullanılan Santrifüj Pompalarda Kavitasyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. S.Ü. BAP Proje No: 2002/163. Konya.
- Karadoğan, H. ve N. Ürün, 1996. Pompa Çıkışındaki Basınç Çalkantıları, 2.Pompa Kongresi: 194–201. İstanbul.
- Karassik, I.J., Krutzsch, W.C., Fraser, W.H. and Messina, J.P., 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.
- Turan, O., 1998. Pompalarda Titreşim ve Darbe Kontrolü. 3.Pompa Kongresi: 197–205. İstanbul.