

Tarımsal Sulamada Kullanılan Bazı Dalgıç Pompaların Sistem Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi

Hüseyin YÜRDEM¹, Vedat DEMİR¹, Sedat ÇALIŞIR², Tuncay GÜNHAN¹

¹E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü, Bornova-İZMİR

²S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü, KONYA
huseyin.yurdem@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

Özet: Bu çalışmada yaygın olarak tarımsal amaçlı kullanılan bazı dalgıç pompaların performanslarının değerlendirilmesi ve sistem etkinliği açısından dalgıç pompaların derecelendirme ölçütlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Ege Üniversitesi'nde denemeleri gerçekleştirilmiş tarımsal sulamada kullanılan 2"-6" çıkış borusu çaplarındaki ve 3-55 kW motor anma güçlerinde, karışık akışlı çark tipine sahip, değişik kademelerdeki 47 adet dalgıç pompa ele alınmıştır. Çalışmada, denemeye alınan dalgıç pompaların karakteristik özellikleri verilmiş ve motor anma gücü ile pompa sistem etkinliği arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonucunda, tarımsal amaçlı olarak kullanılan 2"-6" çıkış borusu çaplarındaki dalgıç pompaların motor gücüne ve sistem etkinlik değerlerine göre düşük, orta, iyi ve çok iyi olarak derecelendirilebileceği ortaya konmuştur. Ayrıca bu tip pompaların tarıma uygunluk açısından olumlu rapor alabilmeleri için en az orta sınıfta yer alması gerektiği önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dalgıç pompa, pompa performansı, sistem etkinliği

Evaluation of System Efficiency of Some Submersible Pumps Used in Agricultural Irrigation

Abstract: The objective of this study was to evaluate performances of some submersible pumps used in agricultural irrigation. For this purpose, 47 submersible pumps with different outlet pipe diameter (2"-6") and motor power (3-55 kW) were considered in the study. Experiments were carried out at special tests stands at Ege University.

As a result, 2"-6" outlet diameter submersible pumps which are used for agricultural purposes can be classified as low, medium, good and very good according to engine power and system efficiency. In addition, it has been recommended that tested pumps must be in the middle class in order to take a positive report for agricultural use.

Key words: Submersible pump, pump performance, system efficiency

GİRİŞ

Türkiye'de toplam 28 milyon ha ekilebilir tarım arazisinin yaklaşık %30'u sulanabilir alan hedefi olarak kabul edilmektedir. 2011 yılı itibarıyla sulama alan hedefine %65 civarında ulaşılabilmektedir. Aynı yıl verilerine göre 14 milyar m³ yeraltı suyu olmak üzere toplam 112 milyar m³ su potansiyelinin, 44 milyar m³'ü tüketilmiştir. Tüketilen toplam su miktarının %73'ü ise DSİ sulamalarında kullanılmıştır (DSİ, 2011).

Türkiye'de bazı illerdeki sulama yapan işletmelerin sulama kaynaklarına göre sayıları ve sulanan alanları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi Türkiye'de sulama kaynağı olarak kuyu kullanımının yaygın olduğu ilk üç il içinde sulanan alanlar

incelendiğinde Konya 1. sırada yer alırken İzmir 3. sırada yer almaktadır. Bu iki ilin kuyu suyu ile sulanan toplam alanı, Türkiye'nin kuyu suyu ile sulanan toplam alanın %25'lik kısmını içermektedir. Kuyu suyu ile sulama yapan işletme sayısı bakımından incelendiklerinde ise ilk sırayı İzmir, 2. sırayı Konya almakta olup, Türkiye'de yer alan kuyu suyu ile sulama yapan işletme sayısının %15.7'lik kısmının bu iki ilde olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında bu iki ilde derin kuyu ve dalgıç pompaların varlığı yadsınamayacak ölçüde fazla olduğunu ve bunların etkin kullanımının önemli olduğu gerçeği karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 1. Bazı illerdeki sulama kaynaklarına göre sulama yapan işletme sayıları ve sulanan alanlar (TÜİK, 2009)

İl	Toplam işletme sayısı	Sulama yapan işletme sayısı	Sulanan alan (dekar)	Sulama kaynakları					
				Kuyu		Kaynak		Akarsu	
				İşletme sayısı	Sulanan alan (dekar)	İşletme sayısı	Sulanan alan (dekar)	İşletme sayısı	Sulanan alan (dekar)
Konya	98 567	46 676	2 924 138	29 189	2 270 799	4 514	77 779	9 348	121 636
Şanlıurfa	50 406	17 686	2 482 183	8 104	1 292 840	490	4 624	719	37 764
İzmir	72 332	47 157	1 439 247	32 664	1 020 960	4 841	59 189	3 065	34 942
Türkiye	3 022 127	1 295 676	35 057 488	393 454	13 167 094	253 120	3 524 031	494 802	10 038 564

Tarımda enerji tüketiminin yoğun olarak kullanıldığı alanlardan birisi de tarımsal sulamadır. 2006 verilerine göre Türkiye’de kullanılan elektrik enerjisinin %2.29’u tarımsal sulamada kullanılmaktadır (TÜİK, 2006). Çalışır (2007), Türkiye’nin derin kuyu pompaj tesislerinin %25’lik bölümünün Konya bölgesinde yer aldığını bildirmektedir. Bu bölgede her yıl tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %20’si sulama pompaj tesislerinde kullanılmaktadır. Sulama girdi enerjisinin düzeyi, bitki cinsi, iklim özellikleri, toprak tipi, sulama yöntemi, su kaynağı, pompa ve güç kaynağı tipi gibi etkenlerin fonksiyonu olarak değişebilmektedir. Birim sulama girdi enerjisinin yaklaşık %90’ını işletme, geri kalan kısmını ise kurulum enerjisi oluşturmaktadır (Çalışır vd., 2004; Çalışır, 2008; Çalışır ve Haciseferoğulları, 2008).

Dalgıç pompalar, elektriğin kullanılabilirdiği yerlerde sulamada yaygın olarak tercih edilen pompalardır. Dalgıç pompaların kullanıldığı pompaj tesislerinin yıllık kullanım süresi ve enerji maliyetleri göz önüne alındığında, yüksek sistem etkinliğine sahip olan pompaların kullanımı ile önemli düzeyde enerji tasarrufu ve ekonomik kazanç sağlanacaktır.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı -GTHB- (Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı) ile Dünya Bankası ile ortak yürütülen 2006-2010 yılları arasında ‘Köy Bazlı Katılımcı Yatırım Programı’ 16 pilot ilde ve daha sonra Genel Bütçeden kaynak aktararak 81 ilde uygulanmış ve 2007 yılından itibaren basınçlı sulama sistemlerine hibe desteği verilmeye başlanmıştır. 2011-2015 yılları arasını kapsayacak olan yeni 5 yıllık programın karnamesi de 19.02.2011 tarihli 27851 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır. 2011 yılında Türkiye’de makine ve ekipman bazında hibe dağılımına bakıldığında damla sulama sistemleri için 2762 projeye, yağmurlama sulama sistemleri için 2024 projeye destek verilmiştir. Sektörel bazda ise 531 toplu basınçlı sulama sistemi projesine destek verilmiştir.

Konunun bu önemi doğrultusunda, resmi kurumlar özellikle GTHB ve Ziraat Bankası, kredili satışlarında ve proje teşviklerinde, pompalar için belirli kurumlardan uygunluk raporları alma zorunluluğunu getirmişlerdir. Pompaların karakteristiklerinin ve özellikle etkinliklerinin ortaya konulduğu bu GTHB’nin 2000/37 no.lu tebliği uyarınca yetkilendirilmiş resmi kurumlar ve bazı Üniversitelerin Ziraat Fakültelerinin Tarım Makineleri Bölümlerince hazırlanmaktadır.

Dalgıç pompa raporları için gerekli testler TS EN ISO 9906 (TSE, 2002) ve TS 11146 standartları (TSE, 1993) ile Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotları (Anonim, 1999) esaslarına göre yürütülmektedir. İlgili standartlarda deneyi yapılan bir dalgıç pompanın hangi ölçütlere göre olumlu rapor düzenleneceğine dair bir yargı yer almamaktadır. Buna karşın Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotlarında, pompa çıkış borusu çaplarına göre pompanın maksimum etkinlik değeri için alt sınır değerleri belirtilmiştir. Buna göre; denemesi yapılan pompanın, kendisinden beklenen amaç için kullanılmaya uygun olup olmadığı, aşağıda verilen pompa etkinlik sınırlarından yararlanılarak belirlenmektedir.

- 4" den büyük çıkış çapına sahip pompalar en az %60 etkinlik şartını sağlamalıdır.
- 4" – 2" çıkış çapına sahip pompalar en az %40 etkinlik şartını sağlamalıdır.
- 2" den küçük çıkış çapına sahip pompalar ise en az %25 etkinlik şartını sağlamalıdır.

Ancak dalgıç pompalarda, pompa ve elektrik motoru ayrılmaz bir ikili olduğu için pompa karakteristik değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan testlerde pompa etkinliği değil sistem etkinliği ölçülmekte ve elektrik motorlarının yüklenme koşulu için firma tarafından verilen motor etkinliği değeri kabul edilerek pompa etkinliği hesaplanmaktadır. Denemeler sırasında elektrik motoru farklı

yüklenmelere maruz kalacağından motor için kabul edilen etkinlik düzeyinden farklı etkinlik değerleri olabilecektir. Kabul edilen sabit bir pompa etkinliği ile dalgıç pompanın, pompa grubunun etkinliğine haksızlık yapılabilecektir. Bu yüzden dalgıç pompaların uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanmak üzere sistem etkinliği ölçütünün kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Bu çalışmada "Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotları"nda belirtilen ölçütlere göre Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden tarıma uygunluk açısından olumlu deney raporu almış dalgıç pompaların performanslarının değerlendirilmesi ve sistem etkinliği açısından dalgıç pompaların sınıflandırma ölçütlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Dalgıç pompalarda sistem etkinliğine etkili unsurlar

Dalgıç pompalar, pompa grubu ile özel olarak tasarlanmış bir elektrik motorunun birbirine bağlanmasıyla oluşturulan sistemler olması nedeniyle her ikisinin de etkinliklerinin yüksek olması gerekmektedir. Başka bir ifadeyle dalgıç pompaların sistem etkinliği, motor ve pompa etkinliğinin bir fonksiyonudur.

Dalgıç pompaların elektrik motorları, su içinde çalışmaları nedeniyle ve kuyu çapı sınırlandırıcı unsur olduğundan belirli gücü geliştirebilmeleri için geleneksel elektrik motorlarına göre daha küçük çaplı ve uzun yapılmak zorundadır. Su içinde çalışan elektrik motorlarında ıslak statorlu motor kullanımı daha pratiktir. Bu durumda fiziksel sınırlamalar ile zorlaşan optimum tasarım zorluklarından dolayı rotor çalışma boşluklarında su ile yaratılan sürtünme kayıpları sebebi ile motor etkinlikleri diğer klasik motorlara göre daha düşüktür (Frenning vd., 2001). Dalgıç elektrik motorları genellikle iki kutuplu olarak 3000 min⁻¹ devirde imal edilmektedirler. Pompa grubuna doğrudan bağlandığı (devreye frekans değiştirici ünite konulmadığı sürece) için pompa devrinin değiştirilerek sisteme uydurulması sağlanamamaktadır. Elektrik motorlarının genelinde olduğu gibi dalgıç pompaların elektrik motorlarında da motor gücü arttıkça sabit yükleme koşullarında motor etkinliği de artmaktadır (Tezer, 1978). İki kutuplu, üç fazlı, 1.1 kW ile 90 kW güçleri arasındaki elektrik motorlarının etkinlikleri %76 ile %95 arasında değişmektedir (CEMEP, 2009).

Pompaların sistem etkinliğinin ikinci önemli bileşenini, pompa grubunun etkinliği oluşturmaktadır. Pompa etkinliği üzerinde hidrolik kayıplar, kaçak

kayıpları ve mekanik kayıplar etkilidir (Ergin, 1972; Kovats ve Desmur, 1994). Bu kayıpların ortaya çıkmasında etkili olan faktörlerin başında uygun çark geometrisi, malzeme, imalat ve montaj esasları gelmektedir. Bu parametrelere ek olarak, belirli sistem verilerini sağlayabilmek için pompa çarklarının devirlerinin yüksek ve sabit, özgül hızlarının küçük (n_q , 30-80 min⁻¹) ve montaj anında uygun sabit eksenel açıklık konumunun verilmesi gibi kısıtlar söz konusu olabilmektedir. Uygulamada, her istenilen debi ve basınç aralığında pompa organlarını tasarlayıp imal etmek de her zaman ekonomik olmamaktadır (Baysal, 1975; Tezer, 1978; Eker, 1983).

Bu parametrelerden çark ve gövde geometrisi ile devir sayısının aynı olması durumunda bile kademe sayısı, eksenel açıklık konumu, dönüş yönü ve motor yüklenme oranı dalgıç pompalarda sistem etkinliğini etkileyen önemli etkenlerin başında gelmektedir. Ayrıca motor gücü, pompaların debi ve basıncının fonksiyonu olduğu, kademe sayısı da pompa basıncını doğrudan etkilediği için yüksek kademeli pompa ister istemez büyük güçlü motorlarla test edilecektir. Büyük güçlü motorların da motor etkinliği yüksek olduğu için sistem etkinliğini olumlu yönde etkileyecektir. Dalgıç pompalarda çalışma sırasında eksenel açıklığı ayarlama olanağı yoktur. Eksenel açıklık konumlandırma montaj aşamasında sabitlenir. Eksenel açıklık uygun verilmezse eksenel itme kuvvetlerinden dolayı pompa performansı önemli ölçüde olumsuz etkilenecektir (Stepanoff, 1993; Günel, 1996; Çalışır ve Konak, 1997; Toprak, 2007). Özellikle büyük debili pompalarda, bulunduğumuz yarım kürede coriolis ivmesine bağlı olarak saat ibresinin tersi yönünde dönen dalgıç pompalarda sistem etkinliği olumlu yönde etkilenmektedir (Çalışır ve Eryılmaz, 2005). Özgül hız, pompaların devir sayısı ve çıktısı olan debi ve toplam dinamik yüksekliğinin bir fonksiyonu olan karakteristik bir sayıdır. Özgül hızın artışı pompa etkinliğini önemli düzeyde yükselten bir etkendir (Baysal, 1975; Anonim, 2006).

Bunun dışında deney stantlarında yer alan ölçme donanımları, ölçme yöntemleri ve ölçen kişilerden kaynaklanabilecek farklılıklar da pompa ve sistem etkinliğini etkileyebilecek önemli nedenlerdendir (Demir vd., 2009). Yapılan bir çalışmada imal edilmiş bir santrifüj pompanın, boru sistemi aynı kalmak üzere, motor ve ölçü aletleri değiştirilerek değişik üniversite ve firmaların standartlara uygun deney stantlarında saptanmış 40 adet karakteristik eğride optimum çalışma bölgesinde (aynı debi değerlerinde)

toplam dinamik yükseklik, efektif güç ve pompa etkinliği değerlerinde sırasıyla %5, %9 ve %6.2 gibi farklılıklar görüldüğü bildirilmiştir (Yazıcı, 1979).

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, İzmir çevresinde imal edilmiş, tarımsal amaçlı kredilendirme için denemeleri gerçekleştirilen ve "Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotları"nda belirtilen ölçütlere göre olumlu deney raporu alan, değişik anma çapı, motor gücü ve kademe sayılarında toplam 47 adet dalgıç pompa materyal olarak kullanılmıştır. Ele alınan dalgıç pompaların genel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Denemelerin Yapılışı

Pompa denemeleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümlerinde bulunan pompa deneme ünitelerinde yapılmıştır (Uz ve Demir, 1995). Deneme ve değerlendirmelerde TS 11146 ve TS EN ISO 9906 standardı (TSE, 1993; TSE 2002) ve Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotları (Anonim, 1999) esas alınmıştır. Bu çalışmada, elde edilen deneme sonuçlarından en yüksek sistem etkinliğinin görüldüğü vana açıklığındaki karakteristik değerleri dikkate alınmıştır.

Dalgıç pompa performans denemelerinde başlıca; debi, çıkış basıncı, dinamik seviye ve şebekeden çekilen güç büyüklükleri ölçülmüş, manometrik yükseklik, sistem etkinliği ve özgül hız büyüklükleri hesaplanmıştır. Pompa ve elektrik motorunun boyut, malzeme ve özellikleri ekipman üzerinden saptanmış, motor devri motor etiket değerinden alınmıştır. Ayrıca, manometrik yükseklik ve şebekeden çekilen toplam elektriksel güç kademe sayısına bölünerek kademe başına düşen büyüklükler belirlenmiştir. Denemelerde ölçülen temel büyüklükler, basma hattı ayar vanasının tam kapalı ile tam açık konumları arasında farklı açıklıklarda ölçülmüştür.

Debi ölçümünde; kalibre edilmiş elektromanyetik debi ölçer, orifis metre veya depo yöntemleri kullanılmıştır.

Pompa çıkış basıncı, basma borusu üzerine yerleştirilen manometre veya basınç sensörü yardımıyla ölçülmüştür.

Dinamik seviye, depo su yüzeyi ile basma hattı boru eksenini arasındaki düşey mesafe ölçülerek belirlenmiştir.

Şebekeden çekilen elektriksel güç, güç analizörüyle veya elektrik sayacı yardımıyla ölçülmüştür.

Pompanın manometrik yüksekliği, sistem etkinliği ve özgül hız aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Ergin, 1972; Baysal, 1975; Tezer, 1978; Keskin ve Güner, 2002.).

$$H_m = 0.102 \cdot P_c + H_d + \left(\frac{V^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$\eta_s = \frac{Q \cdot H_m \cdot \gamma}{102 \cdot N_s} 100 \dots \dots \dots (2)$$

$$n_q = \frac{n \cdot Q^{0.5}}{\left(\frac{H_m}{i} \right)^{0.75}} \dots \dots \dots (3)$$

Eşitliklerde; H_m manometrik yükseklik (m); H_d dinamik yükseklik (m); P_c çıkış basıncı, (kPa); V su iletim hızı ($V = 4Q/\pi d_c^2$) (m s⁻¹); g yerçekimi ivmesi (m s⁻²); d_c çıkış borusu çapı (m); η_s sistem etkinliği (%); Q pompa debisi (L s⁻¹); γ suyun sıcaklığa bağlı özgül kütlesi (kg m⁻³); N_s şebekeden çekilen güç (kW); n_q özgül hız, (min⁻¹); Q pompa debisi (m³ s⁻¹); n elektrik motoru devir sayısı (min⁻¹); i kademe sayısı (adet) dir.

Ayrıca kademe başına manometrik yükseklik (H_{mi}) ve kademe başına şebekeden çekilen güç (N_{si}) değerleri hesaplanarak Çizelge 2'de verilmiştir.

Deneme sonuçlarının değerlendirilmesi ve sınıflandırma ölçütlerinin ortaya konması

Amerika Birleşik Devletlerinde standart testlerle belirlenen, sulama pompaj tesislerinin sistem etkinliklerinin sınırları ve tanımlamaları değişik motor güç gruplarına göre Çizelge 3 deki gibi verilmiştir (Anonim, 1997).

Çalışmada, farklı motor gücüne sahip pompaların sistem etkinliklerine göre sınıflandırılmasında kullanılan Çizelge 3'ün, ülkemizde tarımsal sulama amaçlı kullanılan dalgıç pompaların sistem etkinliği açısından sınıflandırmasında ölçüt olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla Çizelge 3'te verilen orta, iyi ve çok iyi, sınıfların alt sınır değerleri dikkate alınarak Şekil 1'de verilen eğriler çizilmiş ve bu eğrilerin denklemleri elde edilmiştir. Tarımsal sulamada kullanılan pompaların güç ihtiyaçları göz önüne alınmış ve bu eğrilerin hazırlanmasında motor gücünün maksimum 75 kW olacağı kabul edilmiştir.

Oluşturulan grafik ile denemeler sonucunda elde edilen sistem etkinliklerinin karşılaştırmaları yapılarak sınıflandırma ölçütleri belirlenmiştir.

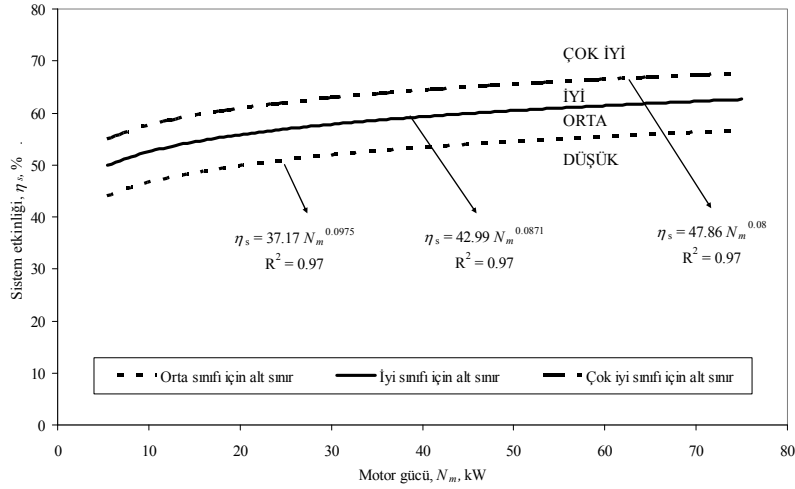
Çizelge 2. Çalışmada Değerlendirmeye Alınan Dalgıç Pompa Verileri

Pompa No	d_c (inch)	i	N_m (kW)	n (min ⁻¹)	η_m	Q (L s ⁻¹)	H_m (mSS)	N_s (kW)	η_s (%)	H_{mi} (mSS)	N_{si} (kW)	n_q (min ⁻¹)	Çark malz.	Gövde malz.
1	6	4	45	2860	0.85	34.9	87.0	44.4	67.0	21.8	11.1	53.0	Paslanmaz	Paslanmaz
2	6	4	45	2860	0.85	45.0	75.5	49.4	67.4	18.9	12.4	67.0	Paslanmaz	Paslanmaz
3	5	8	30	2880	0.85	20.5	105.2	31.8	66.5	13.2	4.0	59.7	Paslanmaz	Paslanmaz
4	5	9	37	2880	0.86	23.3	123.9	42.9	66.0	13.8	4.8	61.5	Paslanmaz	Paslanmaz
5	5	3	22	2860	0.82	24.8	48.2	20.6	56.9	16.1	6.9	56.1	Paslanmaz	Paslanmaz
6	5	5	45	2900	0.87	33.3	97.0	50.9	62.2	19.4	10.2	57.2	Pik döküm ¹	Pik döküm
7	5	7	30	2870	0.85	23.9	92.8	34.2	63.6	13.3	4.9	63.9	Paslanmaz	Paslanmaz
8	5	3	22	2860	0.80	25.0	54.7	27.5	48.8	18.2	9.2	51.2	Pik döküm	Pik döküm
9	5	5	30	2850	0.84	24.7	91.3	35.5	62.3	18.3	7.1	50.7	Pik döküm	Pik döküm
10	5	3	22	2900	0.77	27.5	47.4	23.2	55.1	15.8	7.7	60.7	Bronz döküm ²	Pik döküm
11	5	5	30	2900	0.81	30.2	67.7	35.3	56.8	13.5	7.1	71.4	Bronz döküm	Pik döküm
12	5	3	22	2900	0.82	21.3	60.0	22.2	56.4	20.0	7.4	44.8	Bronz döküm	Pik döküm
13	5	4	37	2900	0.84	30.5	62.0	32.4	57.2	15.5	8.1	64.8	Bronz döküm	Pik döküm
14	4	3	15	2900	0.82	18.9	44.0	16.3	50.0	14.7	5.4	53.2	Bronz döküm	Pik döküm
15	4	4	15	2900	0.84	14.6	58.0	16.2	51.2	14.5	4.1	47.2	Pik döküm	Pik döküm
16	4	5	18.5	2900	0.81	18.3	62.0	22.7	49.0	12.4	4.5	59.4	Pik döküm	Pik döküm
17	4	5	22	2885	0.89	23.8	80.2	30.0	62.4	16.0	6.0	55.5	Pik döküm	Pik döküm
18	4	6	22	2860	0.80	16.1	88.7	28.3	49.5	14.8	4.7	48.1	Pik döküm	Pik döküm
19	4	10	11	2810	0.82	11.2	80.0	14.5	60.6	8.0	1.5	62.5	Pik döküm	Pik döküm
20	4	9	15	2840	0.81	12.9	88.9	18.6	60.4	9.9	2.1	57.9	Pik döküm	Pik döküm
21	4	9	18.5	2850	0.81	15.0	88.5	21.7	60.0	9.8	2.4	62.9	Pik döküm	Pik döküm
22	4	5	22	2860	0.82	18.6	79.5	23.2	62.5	15.9	4.6	49.0	Pik döküm	Pik döküm
23	4	11	18.5	2850	0.81	12.7	97.2	19.9	60.8	8.8	1.8	62.7	Paslanmaz	Paslanmaz
24	4	12	22	2860	0.82	14.5	107.6	24.4	62.7	9.0	2.0	66.5	Paslanmaz	Paslanmaz
25	4	5	22	2860	0.82	16.4	76.1	22.8	53.7	15.2	4.6	47.5	Paslanmaz	Paslanmaz
26	3	8	15	2865	0.82	13.6	77.2	19.2	53.6	9.7	2.4	61.0	Paslanmaz	Paslanmaz
27	3	17	15	2850	0.81	7.3	142.0	16.3	62.3	8.4	1.0	49.6	Paslanmaz	Paslanmaz
28	3	9	13	2900	0.81	8.0	96.5	13.1	57.8	10.7	1.5	43.8	Polikarbonat ³	Paslanmaz
29	3	4	9	2900	0.82	13.8	33.0	9.0	49.6	8.3	2.3	70.0	Pik döküm	Pik döküm
30	3	5	11	2885	0.85	11.0	57.3	10.5	58.9	11.5	2.1	48.6	Pik döküm	Pik döküm
31	3	7	11	2885	0.85	15.9	48.1	13.4	56.0	6.9	1.9	85.7	Paslanmaz	Paslanmaz
32	3	9	15	2900	0.80	11.7	83.0	19.4	49.1	9.2	2.2	59.3	Pik döküm	Pik döküm
33	3	12	22	2860	0.80	11.2	113.7	23.5	53.1	9.5	2.0	56.0	Pik döküm	Pik döküm
34	3	9	15	2900	0.79	12.1	88.4	19.6	53.5	9.8	2.2	57.5	Bronz döküm	Pik döküm
35	3	14	22	2900	0.77	11.7	137.5	28.4	55.5	9.8	2.0	56.5	Bronz döküm	Pik döküm
36	3	6	7.5	2900	0.78	7.4	48.1	7.1	49.1	8.0	1.2	52.4	Noril ⁴	Noril
37	3	9	9.2	2900	0.82	8.0	80.0	11.2	56.0	8.9	1.2	50.4	Noril	Noril
38	3	7	11	2900	0.82	11.2	59.2	12.4	52.4	8.5	1.8	61.9	Noril	Noril
39	3	13	22	2900	0.83	11.4	120.5	23.4	57.6	9.3	1.8	58.3	Noril	Noril
40	3	9	18.5	2900	0.82	15.0	67.2	19.8	49.9	7.5	2.2	78.6	Noril	Noril
41	3	13	26	2900	0.83	14.5	100.0	24.2	58.7	7.7	1.9	75.6	Noril	Noril
42	2.5	19	7.5	2790	0.79	3.4	140.4	8.3	56.4	7.4	0.4	36.3	Paslanmaz	Paslanmaz
43	2.5	20	11	2810	0.82	4.5	173.5	12.2	62.7	8.7	0.6	37.3	Paslanmaz	Paslanmaz
44	2	18	3	2900	0.72	2.2	83.9	4.2	43.1	4.7	0.2	42.9	Polikarbonat	Polikarbonat
45	2	17	4	2860	0.81	3.3	64.8	4.8	43.7	3.8	0.3	60.2	Polikarbonat	Polikarbonat
46	2	24	4.5	2820	0.77	2.1	113.7	5.4	43.3	4.7	0.2	40.2	Polikarbonat	Polikarbonat
47	2	30	5.5	2840	0.78	2.0	138.5	7.3	37.2	4.6	0.2	40.3	Polikarbonat	Polikarbonat

¹) Pik döküm GG 18-22-25²) Bronz döküm G-CuSn10³) Polikarbonatlar, termoplastiklerin özel bir grubudur.⁴) Noril (Noryl), Polyphenylene Oxide (PPO) Polystyrene (PS) polimerlerinin birbirleri ile karıştırılmış şeklidir.

Çizelge 3. Farklı motor anma gücüne sahip pompaların sistem etkinliklerine göre sınıflandırılması (Anonim, 1997)

Motor anma gücü, N_m (kW)	Pompa Sistem Etkinlikleri			
	Düşük	Orta	İyi	Çok iyi
<5,5	<44.0	44.0-49.9	50.0-54.9	>54.9
5.5-7.5	<46.0	46.0-52.9	53.0-57.9	>57.9
7.6-11	<47.1	47.0-53.9	54.0-59.9	>59.9
11.1-18.5	<48.0	48.0-56.9	57.0-60.9	>60.9
18.6-37	<52.1	52.0-58.9	59.0-61.9	>61.9
37.1-55	<56.0	56.0-60.9	61.0-65.9	>65.9
55.1-75	<57.3	57.3-62.9	63.0-66.9	>66.9
75.1-110	<58.1	58.1-63.4	63.5-68.9	>68.9
110.1-185	<59.1	59.1-63.8	63.9-69.4	>69.4
185.1-220	<60.0	60.0-64.0	64.1-69.9	>69.9



Şekil 1. Farklı motor gücüne sahip pompaların sistem etkinliklerine göre sınıflandırılması

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada ele alınan dalgıç pompaların pompa çıkış borusu çapına göre bazı özelliklerinin sınır değerleri Çizelge 4'te özetlenmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde, pompa çıkış borusu çaplarının 2" ile 6" arasında değiştiği görülmektedir. En fazla rapor alan dalgıç pompa çıkış borusu çapı %27.5'lik oranla 5" olup bunu %25 oranla çıkış borusu çapı 4" olan dalgıç pompalar izlemiştir.

Sistem etkinliği ve sınıflandırma ölçütlerinin belirlenmesi

Şekil 2'de, denemeye alınan dalgıç pompaların motor anma gücü ile sistem etkinliği arasındaki değişim verilmiştir. Aynı güç grubunda olan pompaların sistem etkinlikleri arasında önemli farklar olduğu görülmektedir (Çizelge 4, Şekil 2). Örneğin 22 kW güç grubundaki pompalar incelendiğinde sistem etkinliklerinin %48.8 ile %62.7 arasında değiştiği görülmektedir. Bununla birlikte sistem etkinliğinin ortalama %56 olduğu söylenebilir. Diğer motor güç gruplarının sistem etkinlikleri de benzer şekilde belirli değerler arasında değişmektedir.

Aynı çıkış çapı grubundaki pompalar incelendiğinde de pompaların sistem etkinlikleri arasında önemli farklar görülebilmektedir. Örneğin 4" çıkış borusu çapındaki pompalar incelendiğinde sistem etkinliklerinin %49 ile %62.7 arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte sistem etkinlikleri %50 ve %61 civarında bir yoğunluk göstermektedir. Aynı çıkış çapına sahip bir pompa tercihinde pompa seçimi, %11'lik daha etkin bir çalışmayı sağlayabilmektedir. Bununla birlikte seçimde çıkış çapı ile motor anma gücü de dikkate alındığında yine 4" çıkış çapı ve 22 kW anma güçlü pompalar kıyaslandığında bir pompa %49.5 diğer iki pompa %62.7 sistem etkinliği ile çalışmaktadır (Çizelge 2). Buradan da görüleceği gibi aynı şartlarda çalışacak pompalar arasında sistem etkinliği açısından yaklaşık %13'lük bir fark bulunabilmektedir. Bu pompaların uzun çalışma sürelerince kullanılacağı düşünüldüğünde aynı işlevi yapacak pompanın seçiminin, işletme ekonomisi üzerinde çok büyük etki yapacağı açıklıkla söylenebilir.

Bu sonuç, olumlu deneme raporu alan bu pompaların da kendi aralarında bir sınıflandırmaya tabi tutulması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Farklı motor gücüne sahip dalgıç pompaların sistem etkinliklerine göre sınıflandırılması için hazırlanan Şekil 3'te verilen eğrilerle, denemeler sonucunda motor güçlerine bağlı olarak elde edilen pompa sistem etkinlikleri aynı grafik üzerinde birleştirilmiştir. Oluşturulan grafik ile denemeler sonucunda elde edilen sistem etkinliklerinin karşılaştırmaları yapıldığında eğrilerin sınıflandırma ölçütleri olarak kullanılabilirliği görülmektedir.

Denemesi gerçekleştirilen 40 adet dalgıç pompanın sistem etkinliklerinin Şekil 3'de verilen güç grupları sınıflandırmasına göre sıralanışı Çizelge 5'de verilmiştir.

Denemesi yapılan dalgıç pompaların motor anma güç gruplarının dağılımları incelendiğinde en fazla pompanın 18.6-37 kW güç grubunda (%40.4) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla; 11.1-18.5 kW güç grubu %25.5 ve 7.6-11 kW güç grubu %14.9 ile takip etmiştir. Çalışmada kullanılan dalgıç pompaların güç gruplandırmasına göre sistem etkinliklerinin sayısal dağılımı ise; düşük, orta, iyi ve çok iyi olmak üzere oranları sırasıyla %8.5; %38.3; %21.3 ve %31.9 düzeyinde gerçekleşmiştir. Başka bir ifadeyle Çizelge

5'de verilen pompa sınıflandırmasına göre denemesi yapılan dalgıç pompaların %91.5'i olumlu deney raporu alabilecek sınıflara dahil olmuş, %8.5 oranındaki pompanın sistem etkinlikleri ise düşük seviyede kalmıştır.

Bu sınıflandırma sonucunda düşük seviyede kalan pompaların sistem etkinliklerinin en azından orta seviyelere çıkarılması için çalışma yapılması gerektiğinin firmalara tavsiye edilmesi ve düşük sistem etkinliğine sahip gruptaki pompalar için olumlu rapor düzenlenmemesi uygun olacaktır. Olumlu rapor verilebilmesi için, orta derecenin alt sınırında yer alan eğrinin dikkate alınması gerektiği söylenebilir. Bu durumda sistem etkinliklerine göre dalgıç pompaların sınıflandırılmasında Çizelge 6'da verilen ölçütler kullanılabilir.

Olumlu rapor alan pompaların etkinlik değerinin orta, iyi ve çok iyi olarak sınıflandırılması, GTH Bakanlığı ve Ziraat Bankası gibi resmi kurumların kredili satışlarında ve proje teşviklerinde dikkate alınmasıyla, yüksek etkinliğe sahip pompalara verilen önemin artması da sağlanabilecektir. Böylece enerjinin etkin kullanımı sağlanacak, ayrıca tarımsal işletmelerde üretim maliyetlerinin azalması yönünde de büyük katkı sağlanmış olacaktır.

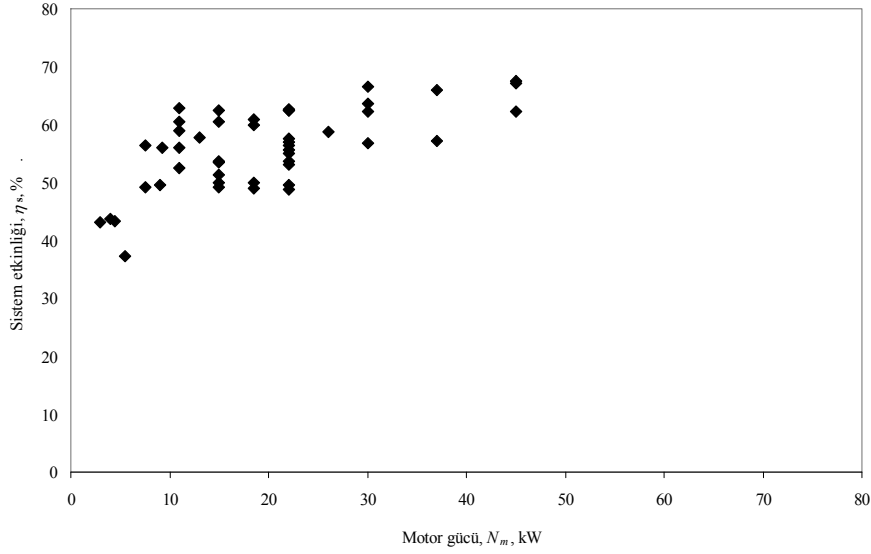
Çizelge 4. Denemesi yapılan pompaların bazı özellikleri ve sınır değerleri

Çıkış borusu çapı d_c (inch)	Motor anma gücü N_m (kW)	Pompa sayısı (adet)	Pompa dağılımı (%)	Kademe sayısı i (adet)	Pompa debisi Q (L s ⁻¹)	Manometrik yükseklik H_m (m)	Şebekeden çekilen güç N_s (kW)	Sistem etkinlikleri η_s (%)	Özgül hız n_q (min ⁻¹)
6	45	2	4.3	4	35 – 45	76 – 87	44 – 49	67	53 – 67
5	22–45	11	23.4	3 – 9	21 – 33	47 – 124	21 – 51	49 – 66	45 – 71
4	11–22	12	25.5	3 – 12	11 – 24	44 – 108	15 – 30	49 – 63	47 – 66
3	7.5–26	16	34.0	4 – 17	7 – 16	33 – 142	7 – 28	49 – 62	44 – 86
2.5	7.5–11	2	4.3	19 – 20	3 – 5	140 – 174	8 – 12	56 – 63	36 – 37
2	3–5.5	4	8.5	17 – 30	2 – 3	65 – 139	4 – 7	37 – 44	40 – 60

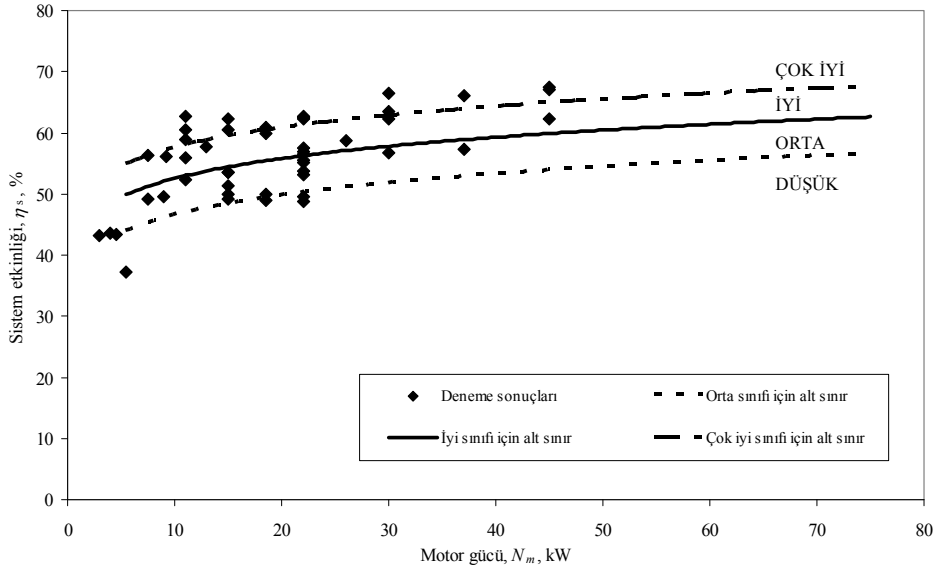
Çizelge 5. Denemesi yapılan dalgıç pompaların sistem etkinliklerinin güç gruplarına göre sınıflandırılması

Motor anma gücü, N_m (kW)	Denenen Dalgıç Pompaların Sistem Etkinliklerine Göre Sayısal Dağılımı				Denemeye Alınan Pompa Toplamı	Güç Grupları Dağılımı (%)
	Düşük	Orta	İyi	Çok iyi		
<5.5	-	3	-	-	3	6.4
5.5-7.5	1	1	-	1	3	6.4
7.6-11	-	2	2	3	7	14.9
11.1-18.5	1	6	2	3	12	25.5
18.6-37	2	6	5	6	19	40.4
37.1-55	-	-	1	2	3	6.4
Toplam	4	18	10	15	47	-
Sınıfsal Dağılım %	8.5	38.3	21.3	31.9	-	100

Tarımsal Sulamada Kullanılan Bazı Dalgıç Pompaların Sistem Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi



Şekil 2. Denemeye alınan dalgıç pompaların motor gücü ile sistem etkinliği arasındaki değişim



Şekil 3. Farklı motor gücüne sahip pompaların sistem etkinliklerine göre sınıflandırılması ve deneme sonuçları

Çizelge 6. Farklı motor gücüne sahip pompaların sistem etkinliklerine göre sınıflandırma ölçütleri

Pompa sınıfı	Sınıflandırma ölçütü
ÇOK İYİ	$\eta_s \geq 47.86 N_m^{0.08}$
İYİ	$47.86 N_m^{0.08} > \eta_s \geq 42.99 N_m^{0.0871}$
ORTA	$42.99 N_m^{0.0871} > \eta_s \geq 37.17 N_m^{0.0975}$
DÜŞÜK	$37.17 N_m^{0.0975} > \eta_s$

N_m motor anma gücü (kW); η_s sistem etkinliği (%)

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Tarımsal sulamada kullanılan dalgıç pompaların tarıma uygunluk açısından olumlu rapor alabilmesi ve derecelendirilmeleri için sistem etkinliği ölçüt olarak kullanılmalıdır.
- Aynı anma gücüne sahip bir dalgıç pompa çok değişik etkenlere bağlı olarak benzeri performansı çok değişik sistem etkinliği ile sağlayabilmektedir. Bu yüzden deney kurumlarında teste tabi tutulan bir dalgıç pompanın olumlu rapor alabilmesi için yeterli ve sınır bir sistem etkinliği değeri ölçüt olarak alınmalıdır.
- Yapılan irdelemeler ve literatür incelemeleri sonucunda sistem etkinliği için motor anma gücünün esas alınabileceği ve sistem etkinliği sınıflandırmasının Şekil 1'de verilen eğriler ve eşitliklerle yapılabileceği belirlenmiştir.
- Deney raporu verilecek dalgıç pompalar mümkün olduğu kadar büyük kademe sayılarında ve büyük motor anma güçlerinde test edilmesi tercih edilmelidir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 1997. Agricultural pumping efficiency improvements. An In-Depth Examination of an Energy Efficiency Technology, Pasific Gas and Electric (PG&E) Company, USA.
- Anonim, 1999. Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2006. Salyangozlu pompalar için ulaşılabilir verimler (2. Bölüm). Pompa Performans Kriterleri Üzerine Bir Üçleme, Europomp (Çeviri: POMSAD). Türk Pompa ve Vana Sanayicileri Derneği, Ankara.
- Baysal, K. 1975. Tam Santrifüj Pompalar (Hesap Çizim ve Konstrüksiyon Özellikleri). İTÜ. Kütüphanesi Sayı: 1038. İstanbul.
- CEMEP, 2009. The European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics (Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği Üreticileri Komitesi) <http://www.cemep.org>.
- Çalışır, S., 2007. The evaluation of performance and energy usage in submersible deep well irrigation pumping plants. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin Amerika (AMA). 38(1): 9–17.
- Çalışır, S., 2008. Sulama Pompa tesislerinde etkinlik. Konya Kapalı Havzasında Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 4. Bölge Müdürlüğü, Bildiri Kitabı, 270-275. Konya.
- Çalışır, S., T. Eryılmaz, 2005. Sulamada kullanılan dalgıç pompalarda dönüş yönünün sistem verimine etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 1(2): 123-134.

- Deney raporlarında pompa dönüş yönü ve elektrik motoru etkinlik sınıfı belirtilmelidir ve dalgıç pompaların saat ibresi tersi yönünde dönecek şekilde tasarlanması önerilmektedir.
- Debi, pozitif basınç ve elektriksel güç ve bileşenlerinin ölçümünde kullanılacak ölçme ekipmanlarının kalibreli olmasına özen gösterilmelidir.
- Pompa grubunun etkinliğini yükseltmek için, çark geometrisi ile ilgili yapılmış araştırma sonuçlarından azami ölçüde yararlanılmalı, mekanik işleme, montaj ve uygun güçte motor seçimine dikkat edilmelidir.
- Kullanıcılar dalgıç pompa satın alma veya seçme tercihlerinde, satın alma bedeli yanında işletme maliyetlerini de dikkate almalıdır.

- Çalışır, S., H. Haciseferoğulları, 2008. Sulama pompaj tesislerinde enerji tüketimi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 22(44): 29-32.
- Çalışır, S., M. Konak, 1997. Düşey milli derin kuyu pompasında aksel açıklığın pompa karakteristiklerine etkisi. 17. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 779–789, Tokat.
- Çalışır, S., C. Sungur, H. Haciseferoğulları, M.U. Yıldız, 2004. Pompaj Tesislerinde enerji etkinliğini iyileştirme yöntemleri. II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu, Kütahya.
- Günel, Y., 1996. Pompaların elektrik motoru ile tahriki üzerine bir inceleme. 2. Pompa Kongresi, 336-338, İstanbul.
- Demir, V., H. Yürdem, T. Günhan, 2009. Tarımsal sulamada kullanılan pompaların karakteristik değerlerinin laboratuvar koşullarında bilgisayar destekli olarak belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 5(2): 223-234
- DSİ, 2011. Toprak ve Su Kaynakları. T.C. Başbakanlık Devlet Su İşleri <http://www.dsi.gov.tr>.
- Eker, B., 1983. Yerli yapı bazı santrifüj pompalarda işletme hızı ve çark çapı değişiminin pompa karakteristiklerine etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.
- Ergin, A., 1972. Su Makinaları Ders Notları. İTÜ Kütüphanesi Sayı: 876, İstanbul.
- Frenning, L., G. Hovstadius, K. Alfredsson, B. Beekman, T. Angle, J. Bower, F.W. Hennecke, A. McKane, J. Doolin, G. Romanyszyn, 2001. Pompalarda Ömür Boyu Maliyet: Pompalı Tesisler İçin ÖBM Analiz Rehberi. (Çeviri: O.,

Tarımsal Sulamada Kullanılan Bazı Dalgıç Pompaların Sistem Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi

- Konuralp, POMSAD) Hydraulic Institute Europomp, NJ). Türk Pompa ve Vana Sanayicileri Derneği, Ankara.
- Keskin, R., M. Güner, 2002. Sulama Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1524, Ders Kitabı: 477, Ankara.
- Kovats, Ade., G. Desmur, 1994. Santrifüj ve Eksenel Pompalar, Vantilatörler, Kompresörler. (Çeviri: C. Özgür, H.F. Yazıcı), İTÜ Kütüphanesi Sayı:1538, İstanbul.
- Stepanoff, A.J., 1993. Centrifugal And Axial Flow Pump. Krieger Publishing Company. 2nd Edition. Florida.
- Tezer, E., 1978. Sulamada Pompaj Tesisleri (Proje Seçim ve İşletme Yöntemleri). Cilt 1-2-3. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Adana.
- Toprak, S., 2007. Derin kuyu pompalarında kademe sayısının pompa işletme karakteristiklerine etkisi. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), 70 s. Konya.
- TSE, 1993. TS 11146, Pompalar-Dalgıç-Temiz Su İçin. TSE, Ankara.
- TSE, 2002. TS EN ISO 9906, Rotodinamik Pompalar - Hidrolik Performans Kabul Deneyleri - Sınıf 1 ve Sınıf 2. TSE, Ankara.
- TÜİK, 2006. Tarımsal Yapı DİE verileri. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. <http://www.tuik.gov.tr>.
- TÜİK, 2009. Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. <http://www.tuik.gov.tr>.
- Uz, E., V. Demir, 1995. Santrifüj Pompalar, Derin Kuyu Pompaları, Dalgıç Pompalar ve Pompa Denemeleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Teksir No.45/1. 57 S. Bornova-İzmir
- Yazıcı, H.F., 1979. Santrifüj pompaların denenmesi. 1. Pompa Kongresi. 247-284. Ankara.