

YERALTI SULARI POMPAJ EKONOMİSİ

A.Özden ERTÖZ
Vansan Makina Sanayii

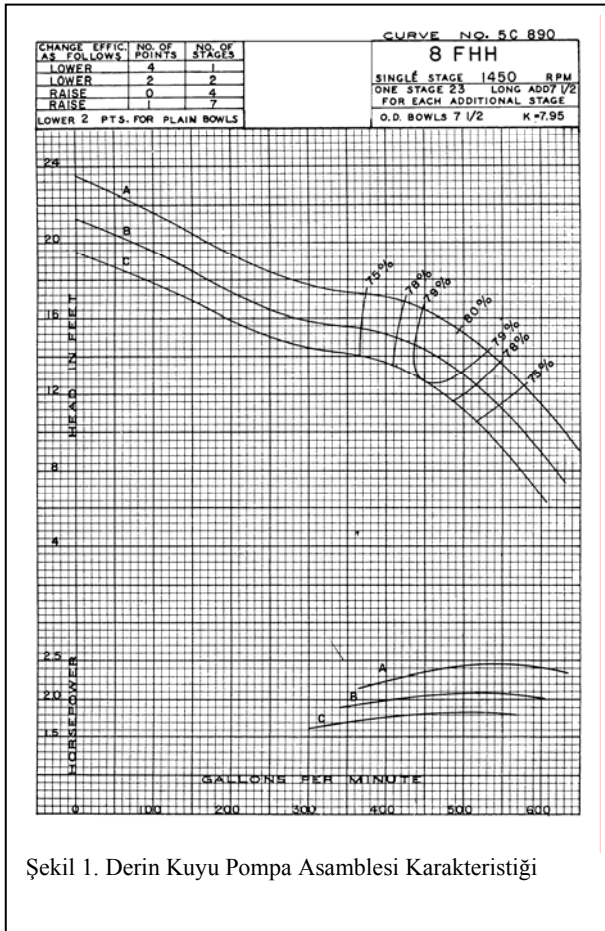
ABSTRAKT

Yeraltı suyu elde edilmesinde kullanılan pompaların karakteristikleri sadece pompa asambleleri için verilmektedir. Kuyuya monte edilen pompanın gerçek karakteristiğini bulmak için bazı hesaplamalar yapmak gerekir.

Yazıda pompa karakteristiğine etki eden faktörler açıklanmış olup gerçek pompa karakteristiğinin hesaplanması için gereken bilgiler tablolar halinde verilmiştir. Pompa çalışırken yapılan işin harcanan güç'e oranı literatürde Telden suya verim (wire to water efficiency) olarak adlandırılmaktadır. Pompajda enerji ekonomisi sağlanabilmesi için sadece daha verimli pompa kullanılması yeterli olmayıp; telden suya verimin maksimum olması gerekir. Telden suya verimin maksimum olduğu çözüm genelde en ekonomik çözüm değildir. Yatırım maliyetleri ile işletme maliyetinin en ekonomik olacak şekilde seçim yapılması gerekir.

POMPA KARAKTERİSTİKLERİ:

Şekil 1.de görülen derin kuyu pompa karakteristiği diğer pompalardan biraz farklıdır. Bunun sebebi diğer pompalarda pompanın emiş ve çıkışı belli olduğu halde derinkuyu veya dalgıç pompaların emişi ile çıkış arasındaki uzunluğun pompa montaj derinliğine bağlı olarak değişmesidir.



Şekil 1. Derin Kuyu Pompa Asamblesi Karakteristiği

Bu sebepten derinkuyu pompalarının karakteristikleri sadece pompa asamblelerinin karakteristiği olarak verilir. Pompa imalatçıları arasında genel kabul görmüş olan Şekil 1.deki gösterime göre sol üstteki çizelgede “lower 2 pts for plain bowls” ifadesi “biz bu pompanın deneyini emayelenmiş ara çanaklar ile yaptık, eğer emayesiz ara çanak kullanıyorsanız verimleri 2 puan azaltınız” anlamına gelmektedir.

Ara çanak ölçüsü	Verime katkısı (%)
6	3-5
8	2-4
10	2-3
12	1-3
14	1-2
16-20	1

Çizelge 1. Ara çanak için emayelenmesinin verime katkısı

Şekil 1.in sol üst kısmındaki çizelgede 1 kademe pompa için verimini %4 azaltınız, 2 kademe için %2 azaltınız, 4 kademe için aynen kabul ediniz, 7 kademe için %1 arttırınız. Sağ üstte tek kademelinin 1450 d/d'daki karakteristiği olduğu gösterilmekte, tek kademeli pompanın uzunluğunun 23", her bir ilave kademelinin de 7,5" uzunlukta olduğu ifade edilmektedir. Ara çanakların dış çapının 7,5" olduğunu belirten yazının yanında K=7,95 ifadesi bu pompanın basma yüksekliğinin her bir feet'i için eksenel kuvvetin 7,95 lb. olduğu ifade edilmektedir.

Diğer bir deyişle bu pompanın basma yüksekliğinin her bir metresi için 11.82 Kgf hidrolik eksenel kuvvet oluşmaktadır. Pompa karakteristiğinin diğer kısımları yatay milli santrifüj pompalarla aynıdır.

Bu bilgilerden belirli bir derinkuyu veya dalgıç pompanın gerçek karakteristiğine ulaşabilmek için bazı hesaplamalar yapmamız gerekir. Bunun için basınç kayıpları ve güç kayıpları ayrı ayrı hesaplanmalıdır..

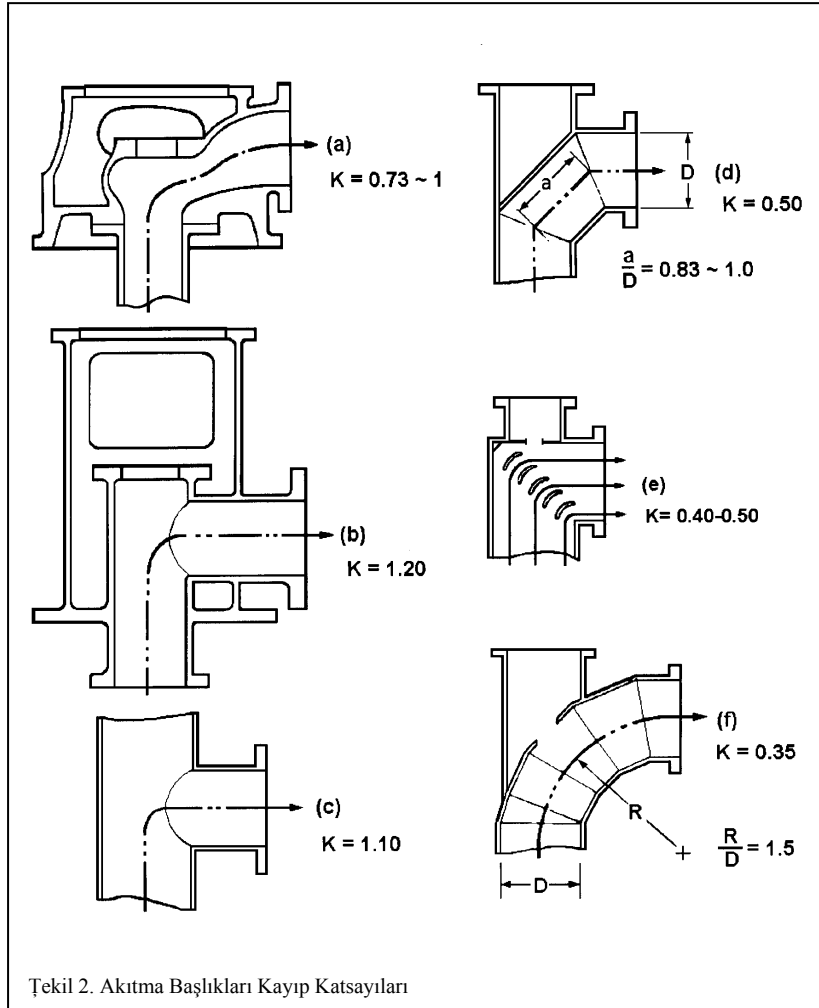
BASINÇ KAYIPLARI

Basınç kayıpları; kolon borusu kayıpları, çıkış başlığı kayıpları, varsa emişteki özel kayıplardır.

KOLON BORUSU KAYIPLARI

Kolon Borusu Sürtünme Kayıpları: TS.514'de belirtilen kayıplar ANSI/AWWA E.101-77'den alınmış olup yağ ile yağlamalı kolon boruları için hazırlanmıştır. Ek.1.deki tabloda belirtilen boru çapları nominal çaplar olup TS.514'de belirlenen kalın etli borular içindir. Su ile yağlamalı pompalar için aynı çapta milin girebileceği yağ borusu çapı esas alınarak kolon borusu kaybı bulunmalıdır. Örnek olarak 6" kolon borusu ve $\phi 30$ mm. mil için; $\phi 30$ mm.milin girebileceği mil muhafaza borusu 2" olduğundan 6".ik kolon borusunun 2"lik sütunu kullanılmalıdır.

AKITMA BAŞLIĞI VE DİRSEK KAYIPLARI



Şekil 2.deki grafikler değişik tip akıtma başlıkları için kayıp katsayılarını vermektedir. Kayıp

$$\zeta = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Formülü ile hesaplanır. Şekil 2.a. da gösterilen akıtma başlığı döküm olup katsayılar imalatçıların yayınladıkları kataloglardan alınmış olup büyüklükleri $\phi 300$ - $\phi 900$ arasında olan başlıkları temsil etmektedir. Daha küçük olan akıtma başlıkları için kayıp katsayısı bizim yaptığımız araştırmalara göre ortalama 1 civarında olduğundan şekle ilave edilmiştir. Şekil 2'te gösterilen altı akıtma başlığının geri kalanı kaynak konstrüksiyonlu olup büyük debili eksenel pompalar ve büyük güçlü dik pompalar için kullanılmaktadır.

GÜÇ KAYIPLARI

Pompanın çektiği gücü bulmak için pompa asamblesinin gücüne mil sürtünme kayıplarının ilave edilmesi gerekir. Genelde elektrik motoru imalatçıları eksenel yatak kayıplarını motor verimine yansıtmazlar. Bu kayıpların da ayrıca eklenmesi gerekir. Dalgıç

pompa motorlarının verimleri de eksenel kuvvet sıfır kabul edilerek hesaplanmış olup motor verimi hesabında bu husus gözönüne alınmalıdır. Ayrıca elektrik motorunun kablo kayıplarını da hesaba katmak gerekir.

MİL GÜÇ KAYIPLARI

Ek 2, her 100 m. mil uzunluğu için sürtünme kayıplarını mil çapı ve devir sayısının fonksiyonu olarak vermektedir. Bu hesaplamalarda göz önüne alınan konstrüksiyon damlamalı yağ ile yağlanan ve 1.5 m. ara ile yataklanmış miller için geçerli olup, aynı zamanda su ile yağlamalı miller için de geçerlidir. Mil muhafaza borusu yağ ile dolu olduğu takdirde bulunan kayıp iki katına çıkar. Millerin yataklara gelen kısımlarında mil gömlekleri var ise mil çapı olarak mil gömleği çapının alınması gerekir.

EKSENEL YATAK KAYIPLARI

Pompanın eksenel kuvveti ile millerin ağırlıkları toplamı eksenel yatak tarafından taşınmaktadır. Normal olarak

bu yataklar rulmanlıdır. Rulmanlı yatakların sürtünme kayıpları devir sayısı, yağ viskozitesi ve sıcaklık ve yatak büyüklüğü ile değişmektedir. Hassas bir yatak kaybı hesabı rulmana ait verileri bilmeyi gerektirdiğinden zordur. Kayıp genelde az olduğundan aşağıdaki ampirik formül yeterli hassasiyette sonuç vermektedir.

$$kW_f = 0.0123 * \frac{d/d}{100} * \frac{E \text{ (kg)}}{1000} \quad (2)$$

Burada E= (kgf) olarak toplam eksenel kuvvet, $kW_f = kW$ olarak mil sürtünme kuvvetidir.

Emtaş, dik delik milli elektrik motorları kataloğunda eksenel yatak kayıplarını her 100 d/d hız ve her 1000 kg.lık eksenel yük için 0.033 kW olarak vermektedir.

DALGIÇ POMPA KABLO KAYIPLARI

Çok derin kuyularda (>200 m.); dalgıç pompalar, derinkuyu pompalarına göre daha avantajlı olabilir. Dalgıç pompa motoru veriminin derinkuyu pompa motorundan daha az olmasına mukabil derinkuyu pompalarının mil sürtünme kaybı uygun seçilmiş dalgıç pompa kablosundan daha fazla olacağından çok derin kuyularda dalgıç pompa kullanmak daha avantajlı olabilmektedir. Halen piyasada satılmakta olan dalgıç pompaların kataloglarında kablo seçimi için verilen abaklar; kablo maliyetinin az olması için % 3-4 kayıp esasına göre verilmiştir. Devamlı çalışacak büyük güçlü dalgıç pompalar için kablo seçerken işletme maliyetini de gözönüne alan ekonomik analiz yapılmalıdır.

VERİM HESAPLARI

Derinkuyu pompaları, dalgıç pompalar, eksenel pompalar;

1. Pompa asamblesi,
2. Kolon asamblesi,
3. Çıkış başlığı
4. Tahrik ünitesi

gibi kısımlardan meydana geldiğinden; bunlarda dört türlü verim tarif edilmektedir.

POMPA ASAMBLESİ VERİMİ

Pompa asamblesi verimi laboratuvar şartlarında ölçülen, imalatçı tarafından garanti edilen verim olup sadece kolon borusu girişine kadar olan kayıpları ihtiva eder. η_a

POMPA VERİMİ

Pompa asamblesi değişik çaplardaki mil ve kolon boruları ve akıtma başlıkları ile bir araya gelerek pompa oluştuğundan aynı asamble için değişik çaptaki mil, kolon boruları ve çıkış başlıkları kullanıldığında değişik pompa verimleri elde edilecektir. Pompa veriminin hesaplanmasında akıtma başlığı çıkışındaki basma yüksekliği ile akıtma başlığından pompaya giren mil gücü esas alınır. Böylece pompa asamblesi basma yüksekliğinden kolon borusu ve akıtma başlığı kayıpları çıkarılmış, pompa asamblesi giriş gücüne de mil ve salmastra sürtünme kayıpları eklenmiş olmaktadır. η_p

GENEL VERİM

Pompa verimi ile tahrik ünitesi veriminin (genelde elektrik motoru verimi- eksenel yatak kaybı) çarpımına eşittir.

$$\eta_g = \eta_p \times \eta_m \quad (3)$$

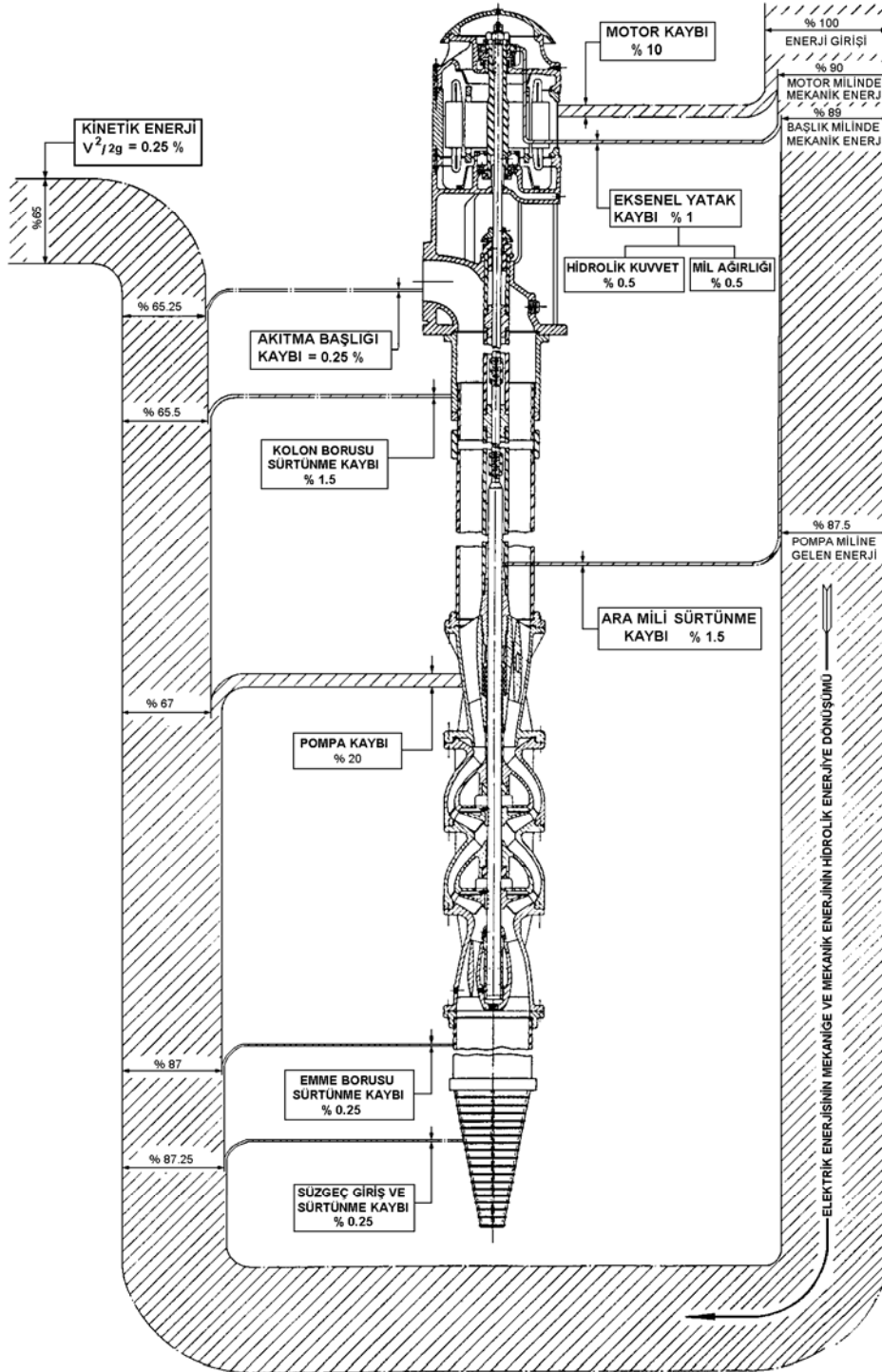
TEL DEN SUYA VERİM

Pompayı kullanırken birim zamanda yapılan işin, pompa motoruna giren güce oranı telden suya verim olarak adlandırılır.

$$\eta_{t-s} = \frac{\rho \times Q \times g \times H}{P_g} \quad (4)$$

Şekil 3 te verilen derinkuyu pompası güç bilançosunda yukarıda anlattıklarım özet olarak gösterilmiştir.

DERİNKUYU POMPASI GÜÇ BİLANÇOSU



Şekil 3. Derinkuyu Pompası Güç Bilançosu

TEL DEN SUYA VERİM HESAP ÖRNEĞİ

Pompa debisi (Q) kullanıcı tarafından belirlenir. Debinin belirlenmesinde ihtiyaç değil kuyu kapasitesi esas alınmalıdır. Kuyunun maksimum debisinin % 90'ı aşılmamalıdır.

Statik basma yüksekliği (H_{st}) pompanın bulunduğu yerden çıkış borusu eksenine kadar olan yüksekliğe istenen debideki dinamik seviye toplamıdır.

Boru cinsi, çapı, özel dirençler bilindiğinde kayıpların genel performansa etkisi hemen görülecektir.

Boru kayıplarına hız yüksekliği ilave edilerek pompa çıkışındaki basma yüksekliği (H_m) bulunur.

Bu basma yüksekliğine, Derin kuyu pompalarında akıtma başlığı kaybı ile kolon borusu kaybı eklenerek pompa asamblesi basma yüksekliği (H_a) elde edilir. Bunun için kolon borusu çapı ve mil çapı bilinmelidir.

Bundan sonra yapılacak iş belirli debiyi bu basma yüksekliğine en yüksek verimle basabilecek pompayı seçmektir. Uygun çaptaki pompalar arasında en yüksek verimi sağlayacak şekilde seçim yapılarak pompa asamblesi verimi, kademe sayısı ve gücü (P_a) bulunur.

Pompa asamblesi gücüne mil sürtünme kaybı ve eksenel yatak kaybı ilave edilerek pompa gücü (P_g) bulunur. Eksenel yatak kaybının bulunması için eksenel itme ve mil ağırlığı ile pompanın çark ve milinin ağırlığının bilinmesi lazımdır.

Pompa verimi $\eta_p = \frac{\rho \times Q \times g \times H_m}{P_g}$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Bu güç elektrik motoru gücüne (P_e) bölünerek motorun şebekeden çektiği güç (P_ş) hesaplanır.

Bu güç ile pompa genel verimi η_g hesaplanır.

$$P_h = \rho \times Q \times g \times H_g$$

Denklemler ile ifade edilen hidrolik gücün elektrik motoru giriş gücüne (P_ş) oranı hesaplanarak "Telden suya verim" η_{t-s} elde edilir.

Telden suya verimi en büyük olan sistem, enerji ekonomisi bakımından en uygun çözüm olduğu halde; maliyet açısından her zaman en ekonomik çözüm değildir. Buna karar verebilmek için yıllık enerji tüketiminin, sistemlerin maliyet farkı ile karşılaştırılması gerekir.

SAYISAL ÖRNEK

Satır		Birim	Değerler
1	Pompa debisi	(l/s)	63
2	Statik basma yüksekliği	(m)	50
3	Basma hattı uzunluğu	(m)	450
4	Basma hattı boru Çapı	(mm)	250
5	Su hızı	(m/s)	1.28
6	Basma hattı basınç kaybı	(m)	2.72
7	Basma hattı özel kayıpları	(m)	0.54
8	Hız Yüksekliği	(m)	0.08
9	Toplam basma yüksekliği	(m)	98.35
10	Kolon borusu basınç kaybı	(m)	1.70
11	Akıtma başlığı kaybı	(m)	0.20
12	Pompa asamblesi basma yüksekliği	(m)	100.24
13	Pompa asamblesi verimi	(%)	0.82
14	Pompa asamblesinin yuttuğu güç	(Kw)	75.55
15	Mil sürtünmesi kaybı	(Kw)	1.20
16	Miller ve çarkın toplam ağırlığı	(Kg)	267
17	Eksenel kuvvet	(Kg)	1,788
18	Toplam eksenel kuvvet	(Kg)	2,055
19	Eksenel yatakta güç kaybı	(Kw)	0.32
20	Pompanın yuttuğu toplam güç	(Kw)	77.07
21	Pompa verimi	(%)	79.00
22	Elektrik motoru verimi	(%)	93.00
23	Şebekeden çekilen güç	(Kw)	82.87
24	Genel verim	(%)	72.54
25	Telden suya verim	(%)	70.85

Kullanıcının gereksinimlerini karşılayacak derinkuyu pompasının seçiminde, uygulamada karşılaşılabilecek kayıpların etkileri hesaplanmalı ona göre uygun kademe tipi ve sayısı seçilmelidir.

Aşağıda bu seçimin yapıldığı adım adım anlatılmaktadır.

Satır1- Kullanıcı tarafından belirlenen pompa debisi

Satır 2- Toplam basma yüksekliği, 1. Satırdaki debi değerinde kuyu içindeki dinamik seviye kotu ile basma hattı sonunda boru eksen kotu arasındaki farktır

Satır 3-4-5-6-7- Basınç kayıpları ve boru çapı belirlenirken seçimin genel performansa etkisinin görülebilmesini sağlamak içindir.

Satır 8- Hız yüksekliği her ne kadar pompanın toplam basma yüksekliği içinde hesaba katılmışsa da boru hattının sonunda sistem bakımından bir kayıp olarak gözükmektedir.

Satır 9- Toplam basma yüksekliği 2-6-7-8. Satırların toplamı olup pompa seçimi için temel alınır.

Satır 10- Mil ve kolon borusu çapı belirlendikten sonra pompanın emişi, dinamik seviyeden yöre şartlarının mevsimlik seviye değişimlerine göre bir miktar emniyet payı gözetilerek kolon borusu uzunluğu belirlenerek Ek.1. de verilen abaktan Kolon borusu basınç kaybı bulunur.

Satır 11- Akıtma başlığı kaybı imalatçının verdiği değerden alınır. Eğer bu değer bilinmiyorsa büyüklüğe göre 3" - 8" lik akıtma başlıkları için kolon borusu içindeki suyun hız yüksekliğinin 1~1.3 katı alınabilir.

Satır 12- 9-10-11. Satırlar toplamıdır.

Satır 13- Pompa karakteristiğinden okunur.

Satır 14- $\frac{Q \times H_m}{102 \times \eta}$ formülünden hesaplanır.

Satır 15- Mil çapı ve devir sayısı belirlendikten sonra imalatçının kataloğundan veya Ek 2.de verilen diagramdan 100m. mil boyu için okunan değer kullanılarak seçilen mil boyu için sürtünme kuvveti hesaplanır.

Satır 16-17-18-19 Miller, pompa tipi ve kademe sayısı belirlendikten sonra dönen kütlelerin ağırlığı ile eksenel hidrolik kuvvetin toplamından eksenel yatakta güç kaybı hesaplanır.

Satır 20- 14+15+19. Satırların toplamıdır.

Satır 21- Pompa verimi; 1. Satır ile 9. Satır çarpımının 20. satır ve 102 ye bölümüdür.

Satır 22- Elektrik motorunun 20. Satırdaki güçte çalışırkenki verimidir.

Satır 23- 20. Satırdaki gücün 22. Satırdaki motor verimine bölünmesi ile elde edilir.

Satır 24- Genel verim, pompa verimi ile elektrik motoru veriminin çarpımıdır (21x22).

Satır 25- Telden suya verim 1. Satır ile 9. Satır çarpımının 23. satır ile 102 çarpımına bölünmesi ile bulunur.

KAYNAKLAR

[1] Vertical Turbine, Mixed Flow, and Propeller Pumps, John L. Dicmas, McGraw Hill, New York, 1987

[2] Byron Jackson Pompa Kataloğu, 1936

[3] American National Standard for Vertical Turbine Pump-Line Shaft and Submersible Types, 1977

[4] REDA Pompa Kataloğu, 1962

ÖZET (SUMMARY)

Most universal calculation made in connection with vertical turbine pumps is the conversion of set of pumping requirements to bowl performance, selection of bowl assembly to meet the requirements, then addition of appropriate losses, and conversion of the information back to user's requirements or field performance. Effects of various changes on field performance can easily be seen by comparing the wire to water efficiencies.