

POMPA TESİSATLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SİSTEM SEÇİMİ; POMPA, BORU VE TESİSAT YAKLAŞIMI

Bora TÜRKMEN

ÖZET

Santrifüj pompalar kullanımları tüm pompa tipleri kullanımı içinde % 80 gibi bir orana sahiptirler. Yapılan araştırmalara göre dünya enerji tüketiminin % 20' si pompa ve fan gibi dönen ekipmanları tahrik eden motorlarda tüketilmektedir.(1) Pompa sistemlerinde kaybolan enerjiyi kazanmanın yolu doğru sistem dizaynları ile mümkündür. Yapılan birçok çalışmada salt pompa seçimine dayanarak tasarruf imkânları üzerinde durulmuştur. Bu doğru bir yaklaşım olmak ile birlikte, tek başına yeterli değildir. Pompayı o noktada çalıştırmak için sistem projelendirilirken hesapların doğru yapılması ve emniyet marjlarının konmaması veya çok düşük tutulması gerekmektedir. Pratikte seçilmiş olan pompaların sadece % 30' u seçildiği noktada ve seçildiği verimlerde çalıştırılabilmektedir.(2) Bunun yanında dinamik kayıpların göreceli olarak büyük olduğu sistemlerde tesisat üzerinde kullanılan vana, pislik tutucu, dirsek, fittings vs. elemanlar kayıpları hızın karesi oranında kayıpları artırdığı için projelendirilirken sistem doğru tasarlanmalı ve uygulamada tasarlandığı gibi yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Pompa, verimlilik, boru

ABSTRACT

Centrifugal pumps are most popular pump types, which has the approx 80% population in all pump types applications. According to the researchs, the rotating equipments like as fans and pumps are make the consupction of 20% for the all world wide consupction. It is possible to save this energy by desinging correctn systems. Most of the articles and researchs concentrated on pump selections only, this is the righ approach ; besides some criteries are applicable to design correct and efficient systems. The information by independed instutues point out that only 30 % of the pumps working at selected and efficient duty points. The dinamic head losses develops by the square power of the fluid velocity inside the pipes. In order to design the efficient and correct systems , the piping system have to be cosidered as well as pump selections.

Key Words: Pump, efficiency , piping

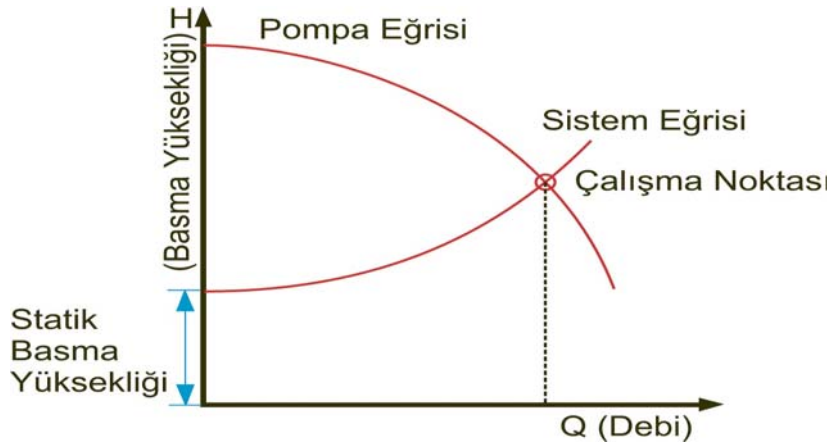
1. GİRİŞ

Pompa Sistemlerinde genellikle sadece kapasite-basma yüksekliğini sağlayıp sağlamadığı ilk dikkat edilen durumdur. Eğer pompa ihtiyacı karşılıyorsa ve sistem çalışıyorsa dizaynın doğru yapıldığı düşünülür. Oysa çalışmakta olan pompaların %30 a yakın kısmı aşırı büyük tasarlanmaktadır.** Bu durumda ihtiyaç karşılanmakta fakat hem enerji tüketimi çok artmakta, hem de mekanik sorunlar ortaya çıkmaktadır. Sistemin doğru tasarlanmasında pompa boyutlandırmasının büyük önem taşımalarının yanında, sistemin bir bütün olarak düşünülüp boru, hat armatürleri fittings ve benzeri ekipmanların seçimi ve dizaynı benzer öneme sahiptir.

Pompalar seçilirken basma yüksekliği çok gerçekçi hesaplanmalı, gereksiz emniyet marjları eklenmemelidir. Çalışma esnasında risk olmaması için eklenen basma yüksekliği marjları ve/veya debi marjları pompayı gerçekte çalışacağı noktadan uzak bir noktaya götürerek sorunların oluşmasına neden olabilir.

2. SİSTEM EĞRİSİ

Pompalar kendi karakteristik eğrilerinin sistem eğrisi ile kesiştiği noktada çalışırlar. Sabit devirli bir pompa karakteristik eğrisi üzerinde karşı basınca göre ileri-geri kayarak sistem eğrisinin kestiği noktada çalışır.



Şekil 1. Pompa Sistem Eğrisi

Sistem Eğrisini oluşturan unsurlar, statik basma yüksekliği (geometrik kod farkı), boru sürtünme kayıpları ve lokal kayıplardır.

$$H_m = H_{geo} + H_L + H_S$$

Pompanın seçiminde kayıplar gerçekçi ve doğru belirlenerek oluşturulmalıdır. Bu verimli ve düzgün çalışmanın temelidir. Fazla artırılmış basma yükseklikleri gerçek sistemde karşılaşılmadığında, pompa seçilen noktadan farklı bir noktada çalışacak, verim kaybı oluşacak ve mekanik problemler meydana gelecektir.

Bu yaklaşım genelde bilinen ve temel yaklaşımdır. Bu noktada verimli çalışmanın bir başka temeli, sistemde kayıpları oluşturacak boru sistemi, hat üzerindeki armatürler ve tesisat konusudur. Pompanın yapmaya çalıştığı boru sistemi ve üzerindeki armatürlerin yarattığı sürtünme ve kayıpları karşılama çabasıdır. Şüphesiz değiştirilemeyecek "kot farkı" bu kapsam dışındadır.

3. Sistem Dizaynı

Pompa sistem dizaynı ve konfigürasyonu ömür boyu maliyet üzerinde önemli etkisi vardır. Bunlar;

- Enerji Maliyeti
- Bakım Maliyeti
- İlk Yatırım Maliyeti

Önemli Enerji maliyet faktörleri:

$$C_e = \sum_{j=1}^z \left\{ n \cdot \frac{E_0}{\left[1 + \frac{i-p}{100}\right]^n} \cdot \rho \cdot g \cdot \int_{t_0}^{t_1} \frac{Q_p(t) \cdot H_p(t)}{\eta_p \cdot \eta_M} dt \right\}_j$$

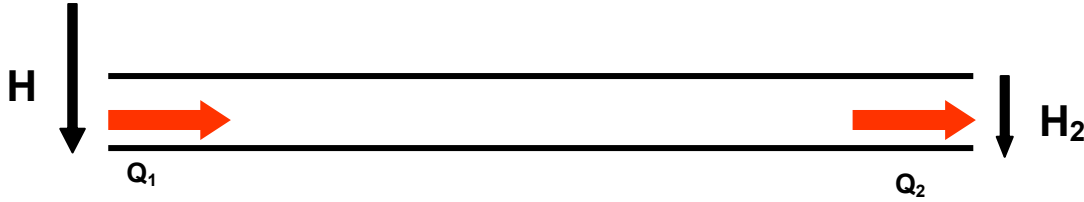
n	=	Ekipman ömrü yıl	$t_0; t_1$	=	Çalışma ömrü başlangıç ve sonu -yıl
z	=	Pompa sayısı	$Q_p(t)$	=	Tek pompa debisi
E_0	=	Enerji birim fiyatı	$H_p(t)$	=	Tek pompa basma yüksekliği
i-p	=	İndirim Faktörü	η_p	=	Pompa verimi
ρ	=	Yoğunluk	η_M	=	Motor verimi
g	=	Yerçekimi ivmesi sabiti			

Optimum verimli pompa sistemleri tasarlanması ömür boyu maliyetin uzun zaman dilimi içerisinde düşmesini sağlayacak yapıyı oluşturur.

Pompa basma yüksekliği etkisi;

Pompa basma yüksekliği, boru sistemi dinamik kayıplarının ve basma yüksekliği ihtiyacının bir fonksiyonudur.

Boru verimi nedir?



$$h = \frac{H_2}{H_1} \text{ için } Q_1 = Q_2 = \text{sabit}$$

olduğundan **O zaman**

$$H_v = H_1 - H_2 \quad \eta = 1 - \frac{H_v}{H_1}$$

Bu denklemde, H1 orijinal basma yüksekliğini ve H2 ise boru hattının sonundaki kullanılabilir basıncı ifade etmektedir. Dinamik sürtünme kayıpları, basınç düşüşüne (H_v) neden olur. Basınç kaybı, boru girişindeki ve çıkışında okunan basınç farkına eşittir: $H_v = H_1 - H_2$

Bu formül düzenlenirse, boru verimini elde edebiliriz.

Örneğin;

18 m /h debi ihtiyacı olan bir durum göz önüne alınırsa, kot farkının olmadığı ve boru çapının 50mm olduğu durumda toplam kayıplar 33,778 m olarak hesaplanmıştır.

Verlusthöhen

Q [m³/h] 18.000 Hgeo [m] 0.000 + Hv [m] 33.778 = Hman [m] 33.778

Nr	Hv [m]	V [m/s]	Element	Z	DN	Di	L [m]	k [µm]	Visk.	Faktor
1	0.331	2.546	Rückflußverhind	1	50	50	1			1
2	0.625	2.266	Rohr		50	53	5	115	1.02	1
3	0.785	2.266	Absperrarmatur	3	50	53	1			1
4	0.785	2.266	Absperrarmatur	3	50	53	1			1
5	31.252	2.266	Rohr		50	53	250	115	1.02	1

Şekil 2. Çap DN 50 İçin Kayıp Hesabı

Bilgisayar programı yardımıyla yapılan hesaplamada boru çapı 80 mm olarak ele alınırsa bu basınç kaybının 3.983 m' ye düştüğü görülebilir.

Verlusthöhen

Q [m³/h] 18.000 Hgeo [m] 0.000 + Hv [m] 3.983 = Hman [m] 3.983

Nr	Hv [m]	V [m/s]	Element	Z	DN	Di	L [m]	k [µm]	Visk.	Faktor
1	0.020	0.995	Rückflußverhind	4	80	80	1			1
2	0.072	0.975	Rohr		80	80.8	5	115	1.02	1
3	0.145	0.975	Absperrarmatur	3	80	80.8	1			1
4	0.145	0.975	Absperrarmatur	3	80	80.8	1			1
5	3.600	0.975	Rohr		80	80.8	250	115	1.02	1

Şekil 3. Çap DN 80 İçin Kayıp Hesabı

Bu diyagram DN 50'lik bir boruda oluşan basınç kayıplarını göstermektedir. Uygun pompa eğrisi "kırmızı" olarak çizilmiştir. Özellikle oldukça yüksek akış hızı yaklaşık 2,5 m/s, 34 mSS'luk yüksek bir basınç kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, pompa basma yüksekliğinin sadece %37'si tüketim için kullanılırken, %63'lük kısmı ise akış kayıplarına harcanmaktadır.

Bu örnekte yapılan, debiyi değiştirmeden sadece boru çapını büyütürken, sürtünme ayıplarının azaltılması ve dolayısıyla harcanan gücün düşürülmesidir.

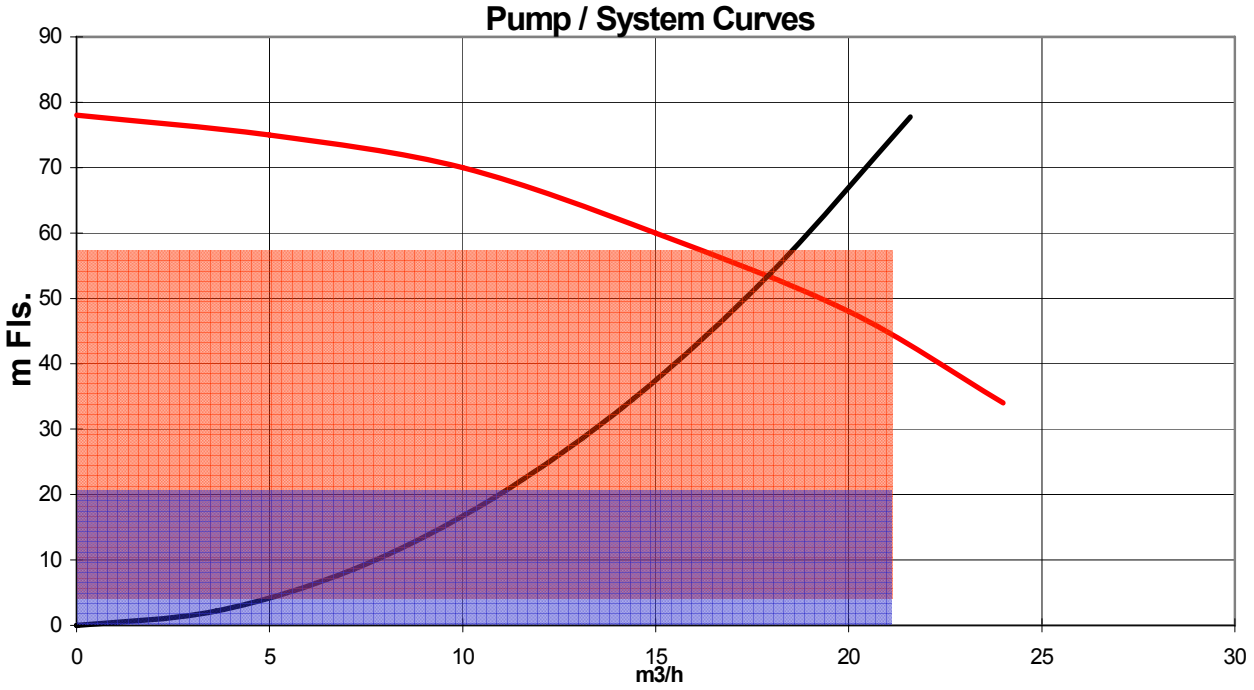
$P = \rho \cdot Q \cdot H / (367 \cdot \eta_{pompa})$ denklemindeki "H" basma yüksekliğinin düşürülerek "P" çekilen gücün düşülmesi esasına dayanmaktadır. Mutlaka ki boru çapı üzerinde bir optimizasyon yapılmalıdır.

LCC_{min} ne göre borulama: Bilinen pratik: D çapının belirlenmesinde, hız referans değerleri giriş değerleri olarak alınır:

İlk yatırımı ve enerji maliyetinin optimizasyonu

- İnce cidarlı borular için para tüketimi $C_{i,pipe} = k \cdot D^2$ göre,
- Özel bileşenler için kayıp katsayılarına bağlı olarak enerji maliyeti (C_e)

Verim, bir makine veya sistem (output) tarafından yapılan işin, girişte verilen enerjiye (input) oranıdır. Pompa verimi, diğer faktörler ile birlikte;: Gövde, çark ve yatak dizaynı, malzemeler, yüzey kaplama, boyutlar, büyüklük ve hız, basılan akışkan gibi faktörlere bağlıdır.



Şekil 4. Pompa ve Sistem Eğrisi

Motor verimi ise, diğer faktörler ile birlikte; gövde büyüklüğü, motor tipi, aktif malzemelerin kalitesi ve miktarı, rotor dizaynı ve hava boşluğu. Elektrik motorları üç enerji sınıfına ayrılmıştır ve en verimli motor Eff1 olarak belirlenmiştir.

4 kW motor için verim aralığı:

EFF 1 : 88%
EFF 2 : 86.5%
EFF 3 : 83%

2.2 KW motor verim aralığı:

EFF 1 : 86.5%
EFF 2 : 85.5%
EFF 3 : 80%

1.1 KW verim aralığı:

EFF 1 : 85%
EFF 2 : 84%
EFF 3 : 76%

Hemen hemen her pompa, eğer dizel motor veya türbin ile sürülüyorsa, elektrik motoru ile sürülmektedir. Sistemi verimli dizayn edebilmek için mutlaka motor verimi de dikkate alınmalıdır. Yüksek verimli motorların, Eff 1, üretim maliyetlerinin daha yüksek olmasından dolayı biraz daha ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen bu maliyeti çok kısa sürede geri ödemektedir.

Standartlara göre motorlar pompa gücünden yaklaşık %10 daha büyük seçilmektedir. Eğer bu noktada standart üretilen motor yoksa, biraz daha büyük güç seçildiğinden motorlar nominal noktadan % 15-% 20 oranında tam yükten düşük yükte çalışmaktadırlar. Bu durum, motorun tam yük veriminde çalışmasını engeller. Elektrik motorlarını daha verimli çalıştırmak için, tam yüke yakın değerlerinde seçmeli ve seçilen nokta civarında çalışması sağlanmalıdır. Aşırı büyük seçilmiş motor, direkt kayıplara ve aynı zamanda reaktif gücü etkilediği için in direkt kayıplara neden olur. Motorun çektiği güç/ etiket değerleri arasındaki oran = 0,4 veya altında ise bu sistem incelenmelidir ve motor değiştirilerek daha düşük enerji tüketmek mümkün olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] EUROPUMP-Hydraulic Institute “ Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for pumping Systems
- [2] EUROPUMP-POMSAD “Sistem Verimi, Enerji verimliliği yüksek rotodinamik pompalı tesisler için bir rehber”,
- [3] KSB Lexicon, , Edition 1997.
- [4] NORBERT, G., “Life Cycle Cost, 2006.KSB Aktiengesellschaft

ÖZGEÇMİŞ**Bora TÜRKMEN**

1975 Ankara doğumludur. Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 1998 yılında mezun olmuştur. İstanbul Bilgi Üniversitesinde İşletme Yönetimi(MBA) yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. Sırasıyla İMTEK, Gönka Klima firmalarında mühendis olarak çalışmış, 2001 tarihinden beri KSB Pompa AŞ de segment müdürü olarak görev yapmaktadır. MMO tesisat komisyonunda üye olarak ve TTMD Ankara Temsilciliğinde üye ve başkanlık görevlerini yapmıştır. Halen TTMD Dergisi yayın kurulu üyesi ve yazı işleri müdürlüğü görevlerini yürütmektedir. Biltek, EİE, MMO ve TTMD gibi kurumlarda ve birçok özel kuruluşta ve üniversitelerde seminerler vermiştir.