



TTMD

Adına Sahibi
Hüseyin Erdem

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Abdullah Bilgin

Genel Yayın Yönetmeni
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

Yayın Kurulu
Gürkan Arı
İ. Zeki Aksu
Abdullah Bilgin
Aytekin Çakır
Dr. İbrahim Çakmanus
Remzi Çelik
Erbay Çerçioğlu
Faruk Çimen
Ali Rıza Dağlıoğlu
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Günerhan
Orhan Murat Gürson
Halim İman
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç
Selami Orhan
Züleyha Özcan
Fevzi Özel
E. Aybars Özer
S. Seden Çakıroğlu Özteker
Yeşim Portakal
İsmet Ünlü Taner
Halil Bora Türkmen

Dergi Yayın Sorumlusu
Gülten Acar

Dergi Yayın Asistanı
İlknur Altınbaş

İletişim

Ankara : Bestekar Sokak Çimen Apt.
No :15/2 06680 Kavaklıdere
Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72
Faks: 0.312. 419 58 51
web: <http://www.ttmd.org.tr>
e-mail: ttmd@ttmd.org.tr

İstanbul : İnönü Caddesi, Mercan Sokak
STFA Konutları B-8 Blok No:12/4 Kozyatağı
Tel: 0.216. 464 93 50
Faks: 0.216. 464 93 51
web: <http://www.ttmd.org.tr>
e-mail: ttmd.istanbul@ttmd.org.tr

TTMD Yönetim Kurulu
Hüseyin Erdem (Başkan)
Abdullah Bilgin (Başkan Yrd.)
Hırant Kalataş (Başkan Yrd.)
Prof. Dr. Abdurrahman Kiliç (Başkan Yrd.)
Dr. İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)
Orhan Murat Gürson (Muhasip Üye)
İ. Zeki Aksu (Üye)
Levent Alatl (Üye)
Gürkan Arı (Üye)
Handan Özgen (Üye)
S. Seden Çakıroğlu Özteker (Üye)
Tufan Tunç (Üye)
Cafer Ünlü (Üye)

40. Sayının Ekidir

Santrifuj Pompalar

Bora Türkmen, Mak. Müh.

TTMD Üyesi

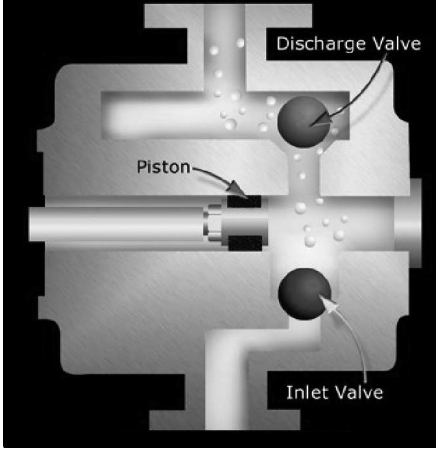
1. Giriş

Pompalar akışkana enerji, başka bir söyleyiş ile basma yüksekliği kazandıran makinelerdir. Dünyanın elektrik tüketiminin %20*'sinin pompalarda oluştuğunu göz önüne alınırsa, ne kadar gerekli ve önemli ekipmanlar olduklarını çok daha kolay anlaşırlar. Pompalar, binalardaki kalorifer ve hidrofor tesisatından, endüstride sülfürik asit transferine; su temini için derin kuyularda çalışanından, yangın söndürme tesisatında özel otomasyon gerektiren tiplerine kadar çok değişik uygulama alanına sahiptirler. Değişik uygulamalar ve farklı ihtiyaçlar göz önüne alındığında tek tip pompanın tüm ihtiyaçlar için çözüm olması mümkün olmamıştır. Bu nedenle çeşitli temel pompa tipleri geliştirilmiştir.

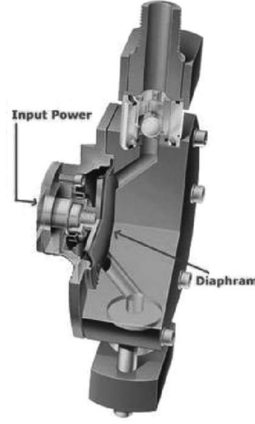
2. Pompa Tipleri Nelerdir ?

Akışkana temelde iki metotla basma yüksekliği kazandırmak mümkündür. Bu metotlar; pozitif yer değiştirme veya santrifüj kuvvettir. Pratikte uygulamaların %90'nın da santrifüj tip pompa kullanılmaktadır. Santrifüj pompanın uygun olduğu durumlarda başka tip pompa kullanmaya bazı nedenlerden dolayı gerek kalmamaktadır. Basit yapısı, dayanıklı servis ömrü, yüksek verimleri, düşük işletme giderleri, yüksek sıcaklıklara

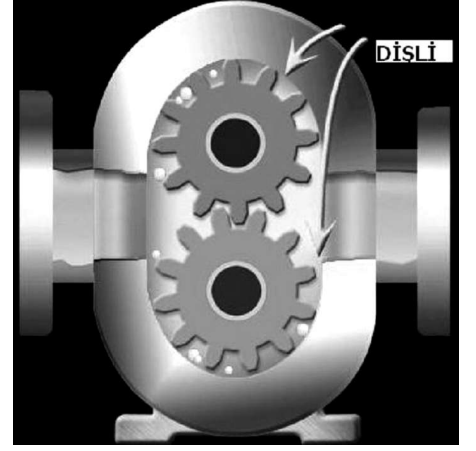




Pistonlu pompa



Diyafram Pompa



Dişli Pompa

dayanımı ve yüksek debilere ulaşabilmesinden dolayı en yaygın pompa tipidir. Bazı durumlarda dezavantajları olmasından dolayı başka tip pompalar kullanılması zorunluluğu olmaktadır. Örneğin, yüksek viskozite, çok düşük debiler, çok yüksek yoğunluk vb. sebeplerden dolayı diğer tip pompalara geçişi gerektirmektedir.

Santrifüj pompalar, dönen çarkın kanatları aracılığıyla akışkanı salyangoz gövdeye yönlendirerek basma flanşına aktarılması prensibine göre, santrifüj kuvveti etkisi ile çalışmaktadırlar. Çok kademeli pompalarda difüzörler aracılığı ile kademeden çıkan basınç ve debi diğer kademeye yönlendirilerek basma kuvveti yaratılır.

Santrifüj pompalarda kendi içinde bir takım sınıflamalar yapılabilir. Kademe sayısına göre, tek kademeli veya çok kademeli olarak; çark tipine göre radyal, karışık akışlı ve eksenel olarak; çarkın yapısına göre, açık veya kapalı çarklı olarak; milin pozisyonuna göre, yatay millî veya dikey millî olarak sınıflandırmak mümkündür. Burada bir noktayı daha vurgulamakta yarar vardır. Bu pompa tiplerinin hepsi santrifüj kuvvet etkisi esasına göre çalışmasına rağmen, sektörde zaman zaman sadece radyal akışlı pompa tipine salyangoz gövde yapısından ötürü “santrifüj pompa” deme yanlışlığı vardır; oysa kademeli veya dalgıç drenaj tipleri de santrifüj (rotodinamik) pompalardır.

Pozitif yer değiştirmeli pompalarda mekanik kuvvet direkt akışkanın üzerine uygulanarak basma yüksekliği elde edilir. Bu dizayna örnek olarak, piston silindir içindeki akışkanın

dışarı çıkması için sıkıştırır. Pistonun dönüş strokunda basma tarafındaki çekvalf kapalıdır ve pistonun geri hareketinde silindir içine akışkan çekilir. Bu devinimi tekrarlayarak akışkana basma yüksekliği kazandırılır.

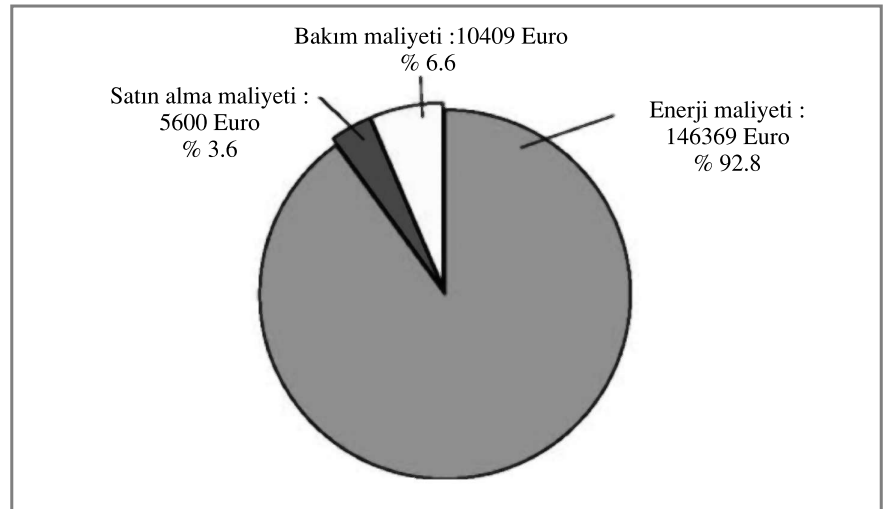
Pistonlu, burgulu, dişli ve diyaframlı vb. pompalar pozitif yer değiştirmeli tip pompalara örnek olabilirler. Bu pompalar kendinden emişin gerekli olduğu, yüksek viskozite ve yoğunluğun olduğu ve yüksek basıncın istendiği uygulamalarda tercih edilmektedirler. Pozitif yer değiştirmeli pompaların daha karmaşık yapıları, yüksek ilk yatırım bakım giderleri ve çok yüksek debilere çıkamaması gibi nedenlerle uygulamada dezavantajlı olabilmektedir.

Pompa sistemlerinin verimli işletilmesi konusunda “Ömür boyu maliyet” (LCC- Life Cycle Cost) son yıllarda çok önem kazanan bir kavram olmuştur. Avrupa’da Europump

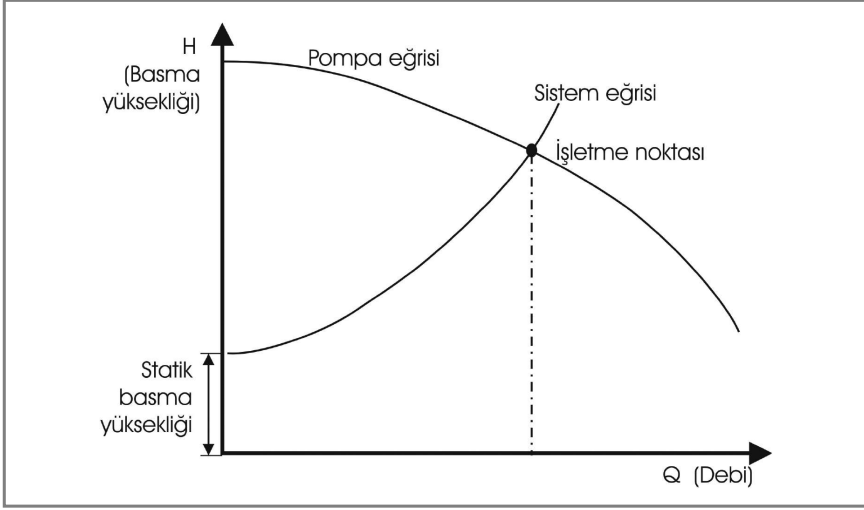
(Avrupa Pompa İmalatçıları Derneği) ve ABD’de Hydraulic Institute’ (Hidrolik Enstitü)nün yaptığı araştırmalar pompa sistemlerinin ilk yatırımının 10 yıllık işletme maliyetinde yaklaşık %3-5’ini (işletme tipine göre) oluşturduğunu ortaya koymaktadır, kalan kısmın % 65-80’i enerji maliyetlerini, %15-30’u ise yedek parça ve bakım maliyetleri oluşturmaktadır (Şekil 1). Bu da genelde dikkate alınan ilk yatırım maliyetinin çok önemli bir parametre olmadığını, konuya mühendislikçe yaklaşımın esas olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

3. Santrifüj Pompalarda Tipik Uygulamalar ve Temel Kavramlar

Santrifüj Pompalar; elektrik motoru, türbin vb. ile tahrik edilen pompa çarkının santrifüj savurma etkisi ile salyangoz gövde veya difüzörler vb. aracılığı ile basma yüksekliğine dönüştürürler. Pompalar diferansiyel makineler olduğundan, emiş flanşına gelen basınç



Şekil 1. 65 KW bir pompanın ömür boyu toplam maliyetini oluşturan bileşenler



Şekil 2. Bir santrifüj pompa şebeke için tipik eğriler

pompanın ürettiği “ H ” manometrik basıncına ilave olarak basma flanşına yansır. Eğer kapalı bir tank söz konusu ise, tankın içindeki basınç yine pompanın basma yüksekliğine ilave olur.

Debi (Q) ise birim zamanda pompadan geçen net hacimdir.

3.1. Sistem Basma Yüksekliği Nasıl Hesaplanır?

Pompanın istenilen debiyi karşı basınçları yenerek tesisatta istenilen noktaya göndermesi için akışkana vermesi gereken basma yüksekliğidir. Sistem basma yüksekliği “H_s” aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$H_s = H_{geo} + \frac{P_d - P_s}{\rho \cdot g} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} + \Sigma H \quad (1)$$

H_s : Sistem basma yüksekliği, m

H_{geo} : Statik yükseklik (kot farkı, emme eksenini ile basma seviyesi arasındaki yükseklik farkı), m

P_d : Basma tankındaki basınç,

P_s : Emme tankındaki basınç,

V_d : Basma tankındaki akışkanın hızı, m/s

V_s : Emme tankındaki akışkanın hızı, m/s

Σ H : Basınç kayıplarının toplamı (boru sürtünme kayıpları, tesisattaki vana, dirsek vb. lokal sürtünme kayıpları).

Pratikte hız farkları ihmal edilebilirse ve ayrıca emme ve basma tankları atmosfere açık ise;

$$H_s = H_{geo} + \Sigma H \quad (2)$$

yazılabilir.

3.2. Pompa Performans Eğrisi

Pompa seçiminde kullanılan eğridir. Her pompanın sabit bir hızda dönerken basabileceği debi, basma yüksekliği, verim, güç ve NPSH değerlerini gösteren eğrileri vardır. Pompaya uygulanan performans testleri ile debisi ve basma yüksekliği belirlenir ve bu sonuçlardan hesaplama yolu ile pompa verimi tespit edilir. Pompa seçimleri bu eğriler kullanılarak yapılır, karakteristik eğrinin doğru kullanımı ve yorumlanması ileriki konular içinde bahsedilecektir.

Performans eğrilerindeki değerler, kinematik viskozitesi $\nu = 10 \text{ m}^2/\text{s}$ ve yoğunluğu $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, 20 °C olan temiz su için geçerlidir.

3.3. Pompa Devri (n)

Pompanın bir güç kaynağı tarafından tahrik edilerek sağlanan dakikadaki dönüş sayısıdır. Tahrik edici ünite elektrik motoru, türbin vb. olabilir. Elektrik motorları kutup sayısına göre

50 hertz frekansta 2900 d/d (2 kutup), 1450 d/d (4 kutup), 1000 d/d (6 kutup), 750 d/d (8 kutup) vb. olabilir. Elektrik şebekesinin 60 Hz olduğu ülkelerde bu devirler 3600 d/d (2 kutup), 1750 d/d (4 kutup) gibi olacaktır. Bu motorun direkt pompa miline kaplin ile bağlanması durumudur. Pompanın değişik bir devirde dönmemesinin istenmesi halinde herhangi bir dişli kutusu, kayış kasnak vb. ile tahrik etmek mümkündür. Ayrıca, pompa miline rijit veya esnek kaplin ile bağlanan elektrik motoru devri, frekans konvertör (değişken hız sürücüsü) ile de değiştirilebilir. Pompa devrinin değişmesi pompa karakteristik eğrisini değiştirdiğinden dolayı önemlidir.

Pompa performans eğrileri, değişen devirlerde benzeşim kuralları ile değiştirilir. Santrifüj pompanın herhangi bir devirde belirli olan Q debi, H basma yüksekliği, P güç değerleri başka bir devirde benzeşim formülleri ile hesaplanır. Diğer devirdeki Q, H, P değerleri şu şekilde hesaplanır;

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (3)$$

Örneğin; 1450 rpm devirde 100 m³/h, 60 m SS su basan ve 20.4 kW güç çeken bir pompa 1100 rpm devirde;

$$100/Q_2 = 1450/1100 \text{ bağıntısından,}$$

$$Q_2 = 75,86 \text{ m}^3/\text{h} \text{ debi verecek,}$$

$$60 / H_2 = (1450/1100)^2 \text{ bağıntısından,}$$

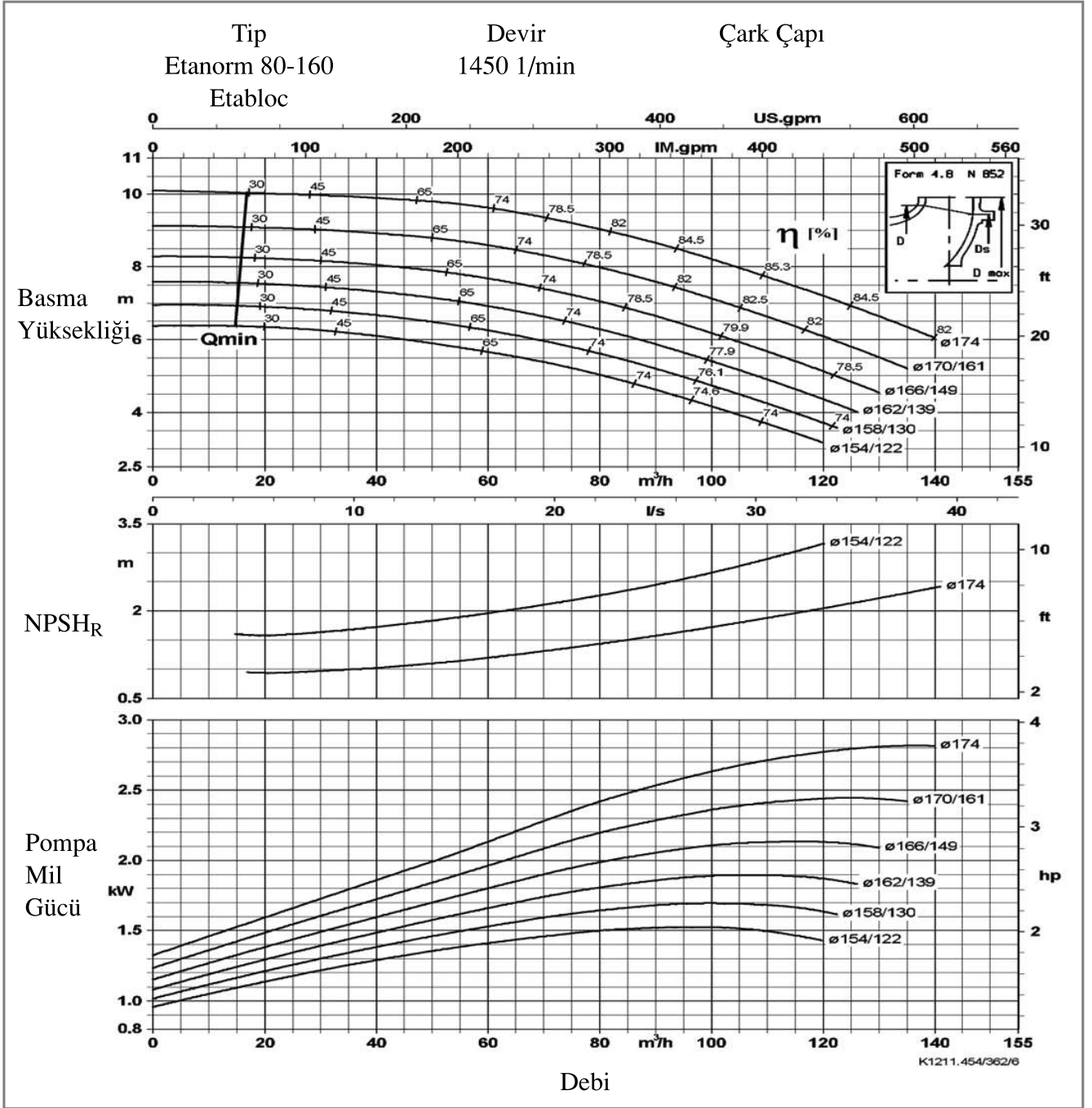
$$H_2 = 34,53 \text{ m SS basacak,}$$

$$20,4 / P_2 = (1450/1100)^3 \text{ bağıntısından,}$$

$$P_2 = 8,9 \text{ kW güç çekecektir.}$$

Pompa verimi (η); pompa milinin çektiği gücün, pompadan akışkana aktarılan güce oranıdır.

$$\eta = \left(\frac{P_w}{P_p} \right) \times 100 \quad (4)$$



Şekil 3. Santrifuj pompa performans tipik eğrisi.

3.4. NPSH Nedir, Kavisyonsuz Çalışma İçin Neler Yapılmalı?

Kavitasyon, pompa içindeki herhangi bir noktada lokal basıncın akışkanın buharlaşma basıncının altına düşmesi ile akışkanın buharlaşması ve tekrar sıvılaşmasından meydana gelen bir durumdur. Buharlaşan akışkanın hacminin genişlemesi ve aniden basınç altında kalması sırasında, bu hacmin çevresinde sıvı fazındaki akışkan tarafından doldururken, lokal olarak basıncın 4000 bar'a kadar çıkmasından dolayı mekanik ve hidrolik problemler meydana gelir.

Kavitasyondan dolayı pompa çarkı zarar görebilir, ayrıca hidrolik açıdan pompanın verim, basma yüksekliği ve debi değerleri de olumsuz etkilenebilecektir.

NPSH, pompanın emme ağzında pompa referans düzlemindeki toplam yükün basılan akışkanın o anki sıcaklığındaki mutlak buharlaşma basıncından farkıdır. Bir başka deyişle pompanın öngörülen çalışma noktasında kavitasyonsuz ve verimli görev yapabilmesi için, pompanın emiş ağzında olması gereken minimum basınctır.

NPSH (net pozitif emme basıncı) genelde yanlış yorumlanan bir kavramdır. Çoğunlukla pompanın negatif emiş yapabileceği kot farkı olarak yorumlanır ki bu doğru değildir. Ayrıca NPSH_{mevcut} ile NPSH_{gerekli} de zaman zaman birbirine karıştırılmaktadır. Pompa karakteristik eğrilerinin alt kısmında gösterilen bu değer NPSH_{gerekli} (required) olarak adlandırılır. Bu değerler, gaz ve hava kabarcıkları içermeyen temiz su için deniz seviyesindeki durumlarda geçerlidir. Kullanım emniyetinin yükseltilmesi ve pompanın kavitasyon riskinin azaltılabilmesi için bu eğriden

okunan NPSH gerekli değerin 0.5 m artırılarak kullanılması pratikte daha doğru olacaktır.

Kavitasyonsuz çalışma için NPSH gerekli değerinin düşük olması tercih edilmelidir.

NPSH mevcut (available) ise, her montaj için tesisata ve işletme şartlarına göre ayrı hesaplanması gereken bir değerdir ve pompa eğrisinde bulunmaz. NPSH mevcut görev yapacak pompanın emişine gelmesi öngörülen gerçek basınçtır. Eğer kapalı bir tank varsa bu tankın basıncı veya atmosfere açıkta atmosfer basıncı “artı” olarak yansır. Ayrıca pompa emme ekseninden yüksekte bulunan su seviyesi de NPSH mevcut değerini yükselttiği ölçüsünde artırır. Emme hattındaki sürtünme kayıpları ve lokal kayıplar NPSH mevcut değerini azaltan dolayısıyla kavitasyon riskini artıran unsurlardır. NPSH mevcut değeri ne kadar yüksekse kavitasyon riski o kadar az demektir.

Pompalanan akışkanın sıcaklığı da kavitasyonu etkiler, sıcaklığın artması kavitasyon riskini artıran bir unsurdur. Bu durum akışkanın buharlaşma basıncı ile ilgilidir. Akışkanın sıcaklığı arttıkça, buharlaşma basıncı da artmaktadır. Örnek olarak 30°C’de suyun buharlaşmaması için pompanın emme ağzında bulunması gereken basınç P:0,04241 bar (~0,4 m) iken, 75°C’de ki suyun buharlaşmaması için gerekli minimum basınç P: 0.3855 bar (~3,85 m) olmalıdır.

Kavitasyondan kaçınmak için pompaların emiş yaptığı tank seviyesinin altında kalmasını sağlamak yani “pozitif” emiş yaptırmak



Şekil 5. Kavitasyona uğramış pompa çarkı.

çoğunlukla iyi bir çözümdür. Yukarıda anlatılan NPSH mevcut > NPSH gerekli şartını sağladığının kontrolü önemlidir.

Düşük devirlerde NPSH gerekli değeri daha küçük olduğundan, düşük devirlerde kavitasyon riski daha azdır.

Özel durumlarda çarkın önüne doğrultucu kanat konularak NPSH gereksinimini % 50-60 civarında azaltmak mümkündür; örneğin mevcut bir tesisin genişletildiğini düşünülün. Burada ekonomik faktörlerin NPSH mevcut 'un artırılmasını önlemesinden dolayı NPSH yetersiz olsun. Bu ekonomik faktörler emme tankının büyütülmesini, düşük NPSH gerekli farklı büyük bir pompanın veya düşük hızlı bir pompanın alınmasını önleyen gibi şartlar olabilir. Böyle bir durumda doğrultucu kullanılarak kavitasyon riski azaltılabilir.

Kademeli pompalarda emiş çarkında diğer kademe çarklarından farklı özel bir çark “emiş kademe çarkı” kullanılarak durum iyileştirilebilir.

Giriş gücü (P), pompa milinin yani pompa kaplininin tahrik ediciden absorbe ettiği mekanik enerji alıp aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} \quad (\text{kW}) \quad (5)$$

Burada,

ρ = yoğunluk (kg/dm³),

g = yerçekimi ivmesi (m / s²),

Q = debi (l/s),

H = basma yüksekliği (m),

η = verim (0 ile 1 arasında),

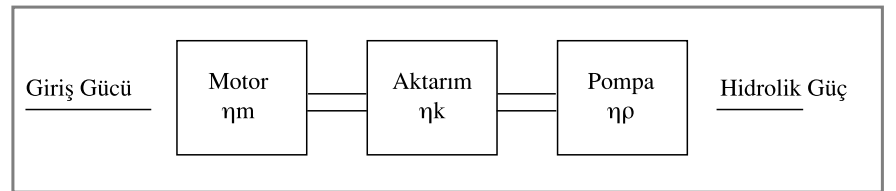
Bu denklem pratik kullanım için sadeleştirildiğinde;

$$P_p = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta} \quad (\text{kW}) \quad (6)$$

elde edilir.

Bu denklemde de görüldüğü gibi pompa mil gücü bastığı akışkanın yoğunluğuna bağlı, devir hızından bağımsızdır.

Pompa motoruna verilen güç, sırasıyla elektrik motoru, aktarma organı (kaplin, kayış kasnak, redüktör vb.) ve pompa da harcanarak hidrolik güce dönüşür. Her bir elemanın verimi dikkate alınarak pompa grubunun güç hesabı yapılabilir.



Şekil 4. Çeşitli kayıtlar ve güç aktarımı.

Burada şebekeden çekilen güçten, suya aktarılan gücü hesaplamak istersek;

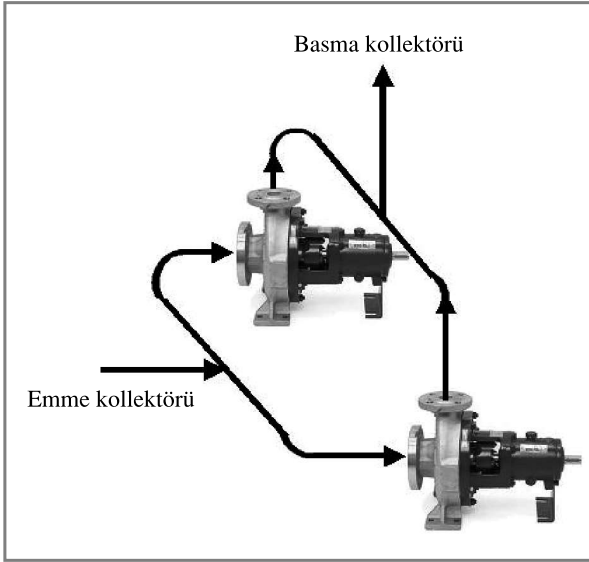
$$P_g = \frac{P_m}{\eta_m} = \frac{P_p}{\eta_m \times \eta_k} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_m \times \eta_k \times \eta_p} \quad (7)$$

P_g : pompa-motor-aktarıncının çektiği grup gücü

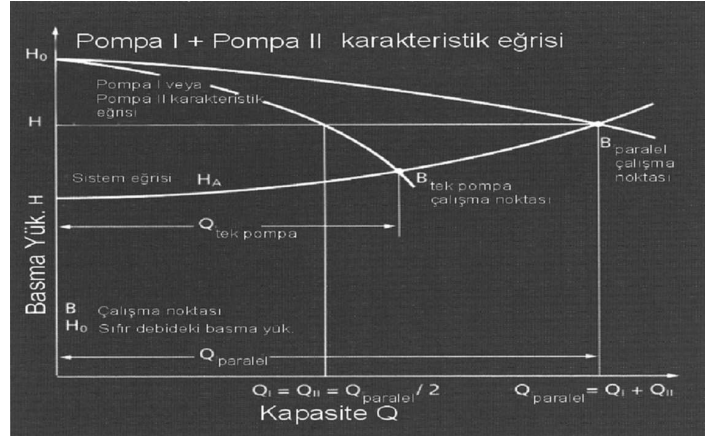
η_m : motor verimi

η_k : aktarıncı verimi

η_p : pompa verimi



Şekil 6. Örnek paralel bağlantı.



Şekil 7. Paralel çalışma eğrisi.

4. Motor Seçim Hesabı

Motor seçilirken pompa mil gücünden büyük olması gerektiği çok açıktır. Önemli olan ne kadar büyük olması yani rezerv bulunması gerektiğidir. Bu seçimde farklı yaklaşımlar ve katsayılar vardır. Şekil 8'de genel kabul görmüş katsayılar bulunmaktadır. Bu katsayıların farklılığının nedenleri ana hatları ile aşağıda verilerek, rezerv katsayısının ne alınması gerektiği kullananın yorumuna bırakmak daha uygun olabilir. Burada dikkate alınabilecek bazı hususlar;

- Pompanın ilk kalkışta veya çalışırken daha düşük basma yüksekliklerinde, daha yüksek debi basmaları durumunda artan pompa mil gücünün karşılanması,
 - Mekanik parçaların (çark, gövde, difüzör vb.) zaman içinde aşınarak veya yıpranarak dizayn edildiği verimden daha kötü performans göstermesi sebebi ile artan güç talebinin karşılanması,
 - Motorun çalıştığı ortamın deniz seviyesinden yüksekliği veya ortam sıcaklığından dolayı motor veriminin düşmesi,
- şeklinde sıralanabilir.

Hız değiştirici ünitelerin dizayn hızının üzerine çıkabileceği durumlarda, debi ve basma yüksekliğinin artışına bağlı güç ihtiyacının artması durumlarından dolayı motor gücü tayin edilirken dikkate alınması gereken başka bir noktadır.

Bu bilgilere ek olarak motorların tam yükte veya tam yüke yakın yüklerde en yüksek verimde oldukları unutulmamalıdır. Elektrik

motorunu mümkün olduğunca verimli çalıştırabilmek ve maliyet artışı yaratmamak motoru çok büyük rezervi seçmeyi engelleyen unsurlardır.

P (kW)	. α .
< 7.5	1,2
7,5 - 37	1,15
>37	1,1

Şekil 8. Motor rezerv katsayı seçimi.

$$P_m = P \cdot \alpha$$

P_m : Motor gücü

P : Pompa mil gücü

α : Rezerv Katsayısı

Örnek olarak, 120 m³/h kızgın yağı, 30 m'ye basan % 80 verimli bir pompanın mil ve motor gücü seçimi ele alınır;

$$Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 30 \text{ m}$$

$$\rho = 0,71 \text{ gr/cm}^3 \text{ (kızgın yağ) (Mobilterm 605 tip yağ } 250^\circ\text{C'de)}$$

$$\eta = \%80=0.80$$

$$P = 0.71 \times 120 \times 30 / 367 \times 0.80 = 8.7 \text{ kW}$$

pompa mil gücü olacaktır.

Motor gücü ise Şekil 8'den

$$P_m = \alpha \cdot P = 1.20 \times 8.7 = 10.44 \text{ kW}$$

olduğundan, en yakın ticari üretilen motor gücü olarak 11 kW güç seçilmelidir.

Aynı pompanın soğuk su ile çalışması halinde ise; $P = 0.99 \times 120 \times 30 / 367 \times 0.80 = 12.1 \text{ kW}$ pompa mil gücü olacak,

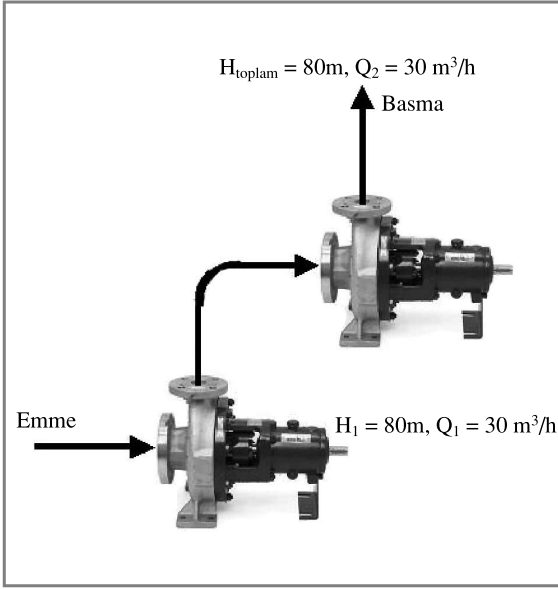
Rezerv katsayısı hesabından,

$P_m = 1.2 \times 12.1 = 14.5 \text{ kW}$ olduğu için en yakın ticari üretilen motor gücü olarak ise 15 kW güç seçilmelidir.

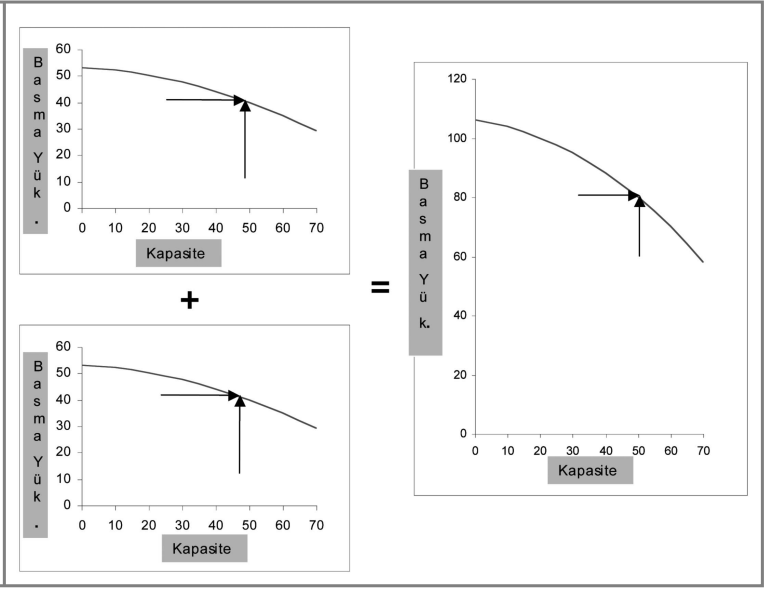
5. Pompaların Paralel Bağlanması

Pompa ile istenen debi bir pompa ile sağlanamıyorsa veya debi miktarı artırılmak isteniyorsa birden çok pompanın paralel bağlanması ile bu debi artışını sağlamak mümkündür. Paralel bağlantı ile anlatılmak istenen birden çok pompanın aynı kollektöre bağlanmasıdır. Paralel bağlı sistemlerde pompaların debisi aritmetik toplanarak teorik olarak toplam debi bulunur, basma yüksekliğinde teorik olarak herhangi bir değişim beklenmez. Oysa pratikte mevcut bir hatta aynı debi ve basma yüksekliğinde benzer bir pompa eklenirse, bir pompadan alınan debi tam olarak iki katına çıkmaz. Sürtünme kayıplarının artmasından dolayı sistem eğrisinin de değişmesi söz konusudur. Pompa eğrisi ile sistem eğrisinin kesiştiği nokta iki pompa debisi toplamından biraz daha az olacaktır. İlk yatırımda paralel pompaların debisini, sürtünme kayıpları düşük olarak taşıyacak boru tesisatı yapılması durumunda debileri tam olarak görmek mümkün olacaktır.

Doğru ve performanslı bir çalışma şartı için paralel bağlı pompaların aynı tip ve aynı basma yüksekliğinde olması önemlidir. Bu bağlantı ile değişen debi ihtiyaçlarına göre pompaları devreye sokarak kaskad (modülasyonlu) çalışma sağlamak da mümkündür.



Şekil 9. Örnek seri bağlantı.



Şekil 10. Seri bağlı pompaların çalışma eğrisi.

6. Pompaların Seri Bağlanması

Tesisatta bir pompa ile verilen basınçtan daha yüksek bir basınç istenmesi durumunda birden fazla pompanın seri bağlanmasından oluşur. Seri bağlantıdan kasıt bir pompanın basma flanşından sonra diğer pompanın emme flanşının hatta bağlanmasıdır. Bu sayede, hattaki su miktarı sabit kalırken basma yüksekliği artacaktır.

Burada dikkat edilmesi gereken iki önemli nokta vardır. Birincisi, seri bağlı pompalarda ilk pompanın herhangi bir sebeple durması halinde, hatta bulunan diğer pompanın kuru çalışarak arızalanmaması için bir otomasyon kurulmasıdır. İkinci konu, pompanın giriş ve çıkış PN sınıfları (basınç dayanım sınıfları) kontrol edilmelidir. Gittikçe yükselen basınç tesisata bağlı bir sonraki pompanın gövde basıncından veya giriş-çıkış basınç sınıfından yüksekse pompa da çatlamalar olabilir. Kademeli pompalar, aynı gövde üzerinde seri bağlanmış pompalar gibi de düşünülebilir.

7. Pompa Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Hususlar

Pompa seçiminde istenilen debi ve basma yüksekliği değerleri uygun pompaların karakteristik eğrilerinin kesişme noktasında hidrolik verimin mümkün olduğunca yüksek olduğu bir bölgede yapılmalıdır. Pompaların çalışacağı debi ve basma yüksekliği seçiminde genelde pik yükler göz önüne alınarak seçim yapılmaktadır. Oysaki pompanın uzun

dönemde çalışacağı Q ve H daha küçük olmaktadır. Bu durum ise pompanın en verimli noktada seçimini engellemektedir. Pompa seçiminde normal dönemde çalışacağı kapasitelerde belirlenerek, pik yükü de karşılayacak şekilde seçim yapılırsa, pompanın en çok çalıştığı sürede verimli noktada çalışmış olması sağlanabilecektir. Pompaları aşırı büyük veya rezervli seçmek, verimsiz çalışmayı beraberinde getirmektedir. Mekanik tesisat tasarımcıları veya pompa debisini ve basma yüksekliğini belirleyen kişiler, bulunan kapasiteyi güvenli tarafta kalmak için arttırmamalıdır. Eğer kapasite doğru hesaplanmışsa hiçbir artırımda bulunmadan, pompa seçimini de o noktaya göre yapmalıdırlar.

Pompa eğrileri 20°C'deki temiz su için oluşturulduğu için farklı akışkanlarda eğri okunurken bu durum dikkate alınmalıdır. Pompanın akışkanın viskozitesi arttığında, pompanın bu akışkan için Q debi, H basma yüksekliği ve η verim değerleri düşer. Yoğunluğun artması ise, pompanın eğriden okunan güçten daha fazla güce gereksinim duymasına yol açar. Bu konuya dikkat edilmeden yeterince güçlü bir motor seçilmemesi durumunda motor ya aşırı akım sebebiyle yanacak veya korumalar nedeniyle sürekli duruş yaratacaktır.

Pompanın performans eğrisi üzerinde “En verimli nokta” (BEP- Best Efficiency Point) üzerinde seçim yapmak önemlidir. Pompa

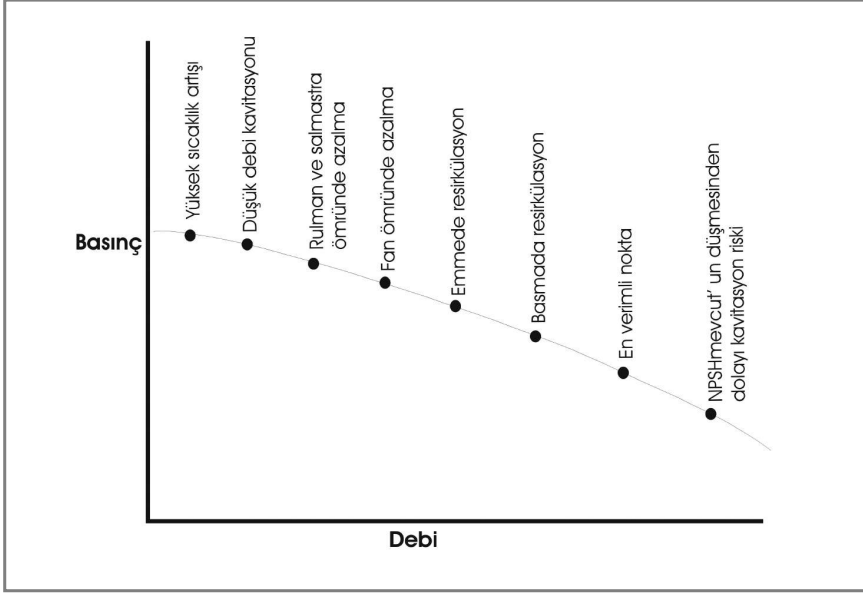
eğrisi üzerinde optimum noktadan fazla sapmalarda ne gibi sorunlar olabileceği Şekil 11’de gösterilmiştir.

8. Pompalarda Malzeme Seçimi

Pompa malzemesinin seçimi, pompanın uzun ömürlü ve verimli çalıştırılabilmesi için önemli bir noktadır. Akışkan cinsine göre doğru seçilmeyen pompa malzemeleri, çok büyük tahribatlar yapmasada, pompa çarkını deforme edecek ve verim kaybı yaratacaktır. Ayrıca yaratacağı bakım-onarım maliyeti ve sistemde duruş yaratması açısından işletmeyi kayba uğratacaktır.

Pompa malzemesinin doğru seçilebilmesi için akışkanın özelliklerinin ve kimyasal bileşiminin tam olarak bilinmesi gereklidir. Malzeme seçiminde dikkat edilecek değerler akışkanın kimyasal kompozisyonu, sıcaklığı, basıncı, pH değeri, Konsantrasyonu, erimez gaz miktarı, akış hızı vb. dir.

Pompada kullanılacak malzemenin akışkana uygun olması en önemli noktalardandır. Malzemenin en yüksek sertlik derecesine, yüksek mukavemet değerine, yüksek PREN numarasına vb. sahip olması akışkana uygun olduğunu göstermez. Pompalarda malzemeler kimyasal reaksiyona, aşınmaya ve basınç kuvvetinin zorlamasına ayrı ayrı veya hepsine birlikte maruz kalabilirler. Bazı malzemeler aşınmaya karşı çok dirençli olabilirler ama kimyasal etkilere girdiklerinden dolayı



Şekil 11. En verimli noktadan uzaklaştırılması durumundaki muhtemel sorunlar.

uygun olmayabilirler. Aynı şekilde pompanın sızdırmazlığını sağlayan salmastra grubu için malzeme seçimi de dikkat edilmesi gereken bir konudur. Pompada akışkanın sıcaklığına, basıncına ve tipine göre yumuşak veya mekanik salmastra bulunabilir. Yumuşak salmastrada sızdırma mekanik salmastraya göreli olarak biraz daha fazla olacaktır. Mekanik salmastra seçiminde metal yüzeylerin ve “o-ring” lerin malzemesinin seçiminde akışkana göre kontrolü mutlaka yapılmalıdır.

9. Pompa Montajı

Montaj, pompanın servis ömrü boyunca sorunsuz hizmet verebilmesi için önemli bir noktadır. Pompa motor grubunun montajının doğru yapılması durumunda mekanik titreşimler söz konusu olabilecektir. Bu titreşimler çalışma sırasında kaplin ayarının bozulmasına, rulmanın ve mekanik salmastranın arıza yapmasına sebep olabilirler. Binalardaki makine-kazan dairelerinde, birçok pompa bir araya oturtulmuş kaidelerde kauçuktan ayak tiplerinden sandviç titreşim alıcıların kullanılması ile başarılı bir yalıtım sağlanabilir. Bunların 2-3 mm esneyebileni seçmelidir. Direk çalışan pompalara eşit ağırlık binmelidir. Sağlam bir oturumun sağlanması için kayış kasnaklı pompaların plan boyutlarının bilinmesi ve ağırlarının en az iki katı kadar ağırlıkta kaide gerekir. Bu kaide de en az derinlik 15 cm olmalıdır.

Makine dairelerinde beton kaide üzerine oturtulmuş cihazların altına 25 mm esneyebilen açık veya kapalı yay titreşim alıcıları kullanılmalıdır. 2900 d/d devirli pompaların titreşim alıcıları 6mm'e kadar çökebilen kauçuk olabilir. Pompanın oturduğu kaide veya zeminin ağırlığı pompadan hafif olamaz; ama ideal olarak 1:1,5 veya 1:2 oranı kayış kasnaklı üniteler için önerilebilir. Geniş yüzeyli kaideler aynı ağırlıkta olup daha fazla derinliğe sahip kaidelerden daha az titreşirler. Pompayı geniş bir kaideye sabitlemek ekonomik ve teknik bakımdan tercih edilebilecek bir yöntemdir.

Pompa şasesinin üzerine yerleştirileceği beton kaidenin yapılmasında dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

1. Kaide kalıbının en altında önce 15-25 cm kalınlığında küçük çakıl taşlarından oluşmuş temel çakılı serilmelidir.
2. Bunun üzerine yaklaşık 5-6 cm kalınlığında strafor veya mantar gibi titreşim sönümleyici özelliği olan plakalar yerleştirilmelidir.
3. Kalıbın içinde resimde görüldüğü gibi 12 mm'lik inşaat demiri çubuklarından yapılmış stabilizasyon kafesi işlenmelidir.

4. Kalıbın içine bilahare ankraj sapmalarının içine yerleştirileceği beheri 250-300 mm uzunluğunda ve 80 mm boyutunda 4 adet (pompanın boyutlarına bağlı olarak) erkek kalıplar öngörülmelidir.
5. B-160 kalitesinde 300 dozlu beton kalıbın içine dökülmelidir.
6. Beton iyice donduktan sonra ankraj kalıpları sökülmelidir.

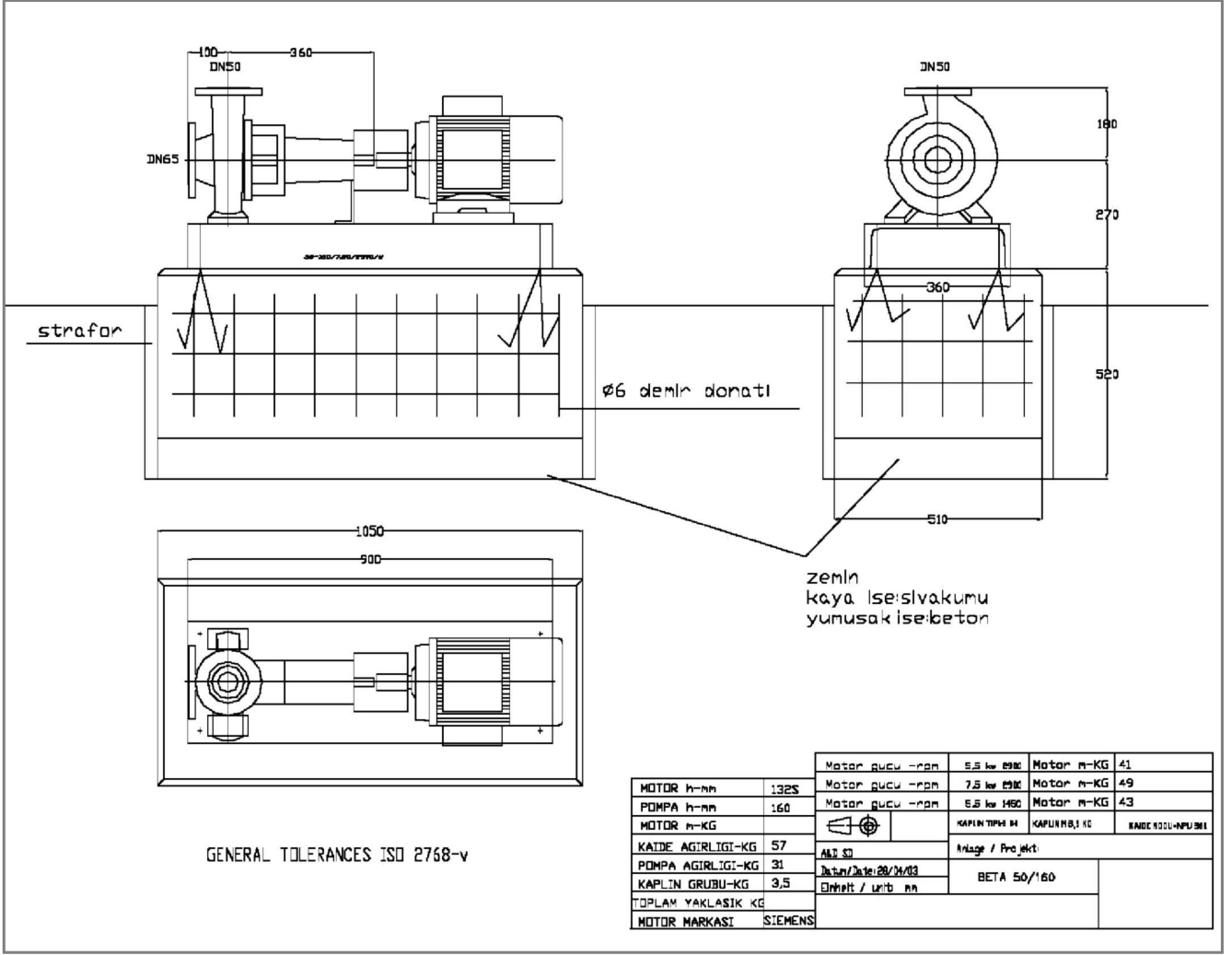
Bir ucu çatal yapılmış M12 veya M16 çapında korozyona dayanıklı ankraj civataları pompa şasesinin delik ölçülerine uygun olarak ankraj deliklerinin içine yerleştirilmelidir ve deliklere beton şerbeti veya kimyasal ile dondurulmalıdır.

Boru hattı ağırlığı hiçbir zaman pompaya taşıtırılmamalıdır. Boru hattı mutlaka askıya alınmalıdır. Titreşimin ve pompadaki sesin şebekeye iletilmemesi, montaj-demontaj da kolaylık olması ve sıcaklık değişiminden dolayı uzama-kısalmalara karşı kompansatör kullanılmalıdır. Tesisatta özellikle pompaya gelen kısımlarda kasıntı olmamasına dikkat edilmelidir. Tesisattan pompaya gelecek kasıntı, pompa gövdesinin çatlamasına veya zarar görmesine neden olabilmektedir.

Kaplin seçimleri tork aktarımı için önemli ekipmanlardır. Kaplin, mil çapı, aktaracağı tork ve dur-kalk veya sürekli güç iletimine uygun olarak seçilmelidir. Her ne kadar imalatçı firmalar akuplaj sırasında kaplin ayarı yapsalar da, nakliye ve montaj esnasında kaplin ayarı kontrol edilmelidir. Aksi takdirde salınım yapan mil hem pompa, hem de motor tarafı için rulman arızası veya mekanik salmastra problemleri çıkarabilecektir.

10. Pompalarda Yeni Sürücü Prensipieri, Frekans Konvertör: Efsane mi, Gerçek mi?

Hız değiştirici yani Frekans Konvertörü, alternatif akımlı gerilimi önce değişken voltajlı doğrusal akıma çevirir. Daha sonra bu değişken doğrusal akım bir konvertörden geçirilir ve ayarlanabilir frekansta alternatif akım elde edilir. Frekans değişken akımla beslenen elektrik motorlarının devirleri bu değişen frekansa bağlı olarak ayarlanabilir. Konvertörler 4-20 mA veya 0-10 volt sinyal üreten kontrolörler vasıtası ile yönlendirilirler.



Şekil 12. Pompa montaj şeması.

Sistemde kontaktör kullanılmaz. Yol verme işlemi de frekans konvertörünce sağlanır.

11. Neden Frekans Konvertörü?

Frekans konvertörü ne kadar güç isteniyorsa, onu üretmeye izin vererek oransal kontrolleri imkan verirler. Proje esnasında maksimum yükler doğrultusunda seçilen debi ve basma yüksekliği değerleri pompanın çektiği elektrik yükünü belirler. İhtiyacın daha düşük olduğu zamanlarda, ki bu zamanlar senenin çok büyük bir kısmını kapsar, bu değerin düşürülmesi elektrik yükünde de düşmeye neden olur. Hatta bu düşüş, devirin düşüş oranının küpü oranında gerçekleşir.

Bu enerji masraflarında kayda değer düşüşler yaratır, bunun yanında sistemde şu avantajları sağlar;

- Sistem ekipmanlarının (boru,vana vb.) ömründe uzama,
- Gelişmiş kontrol imkanı,
- Daha uzun elektrik motor ömrü.

Hız sürücüsüz sistemlerde pompa seçildiği noktada çalışmak isterken, değişen talep yani sistem eğrisi pompayı başka bir noktada çalışmaya zorlayacaktır. Bu durumda pompa, verimsiz ve pompanın çalışmasının sakıncalı olduğu bir noktaya sürüklenebilir. Bunu önlemek için frekans konvertörden farklı çözümler de mümkündür. Örneğin hat vanasını kısmak veya by-pass hattından ihtiyaç fazlası debiyi emme tankına geri göndermek de çözüm gibi durmaktadır fakat doğru yöntemler değildir. Durumu örneklemek gerekirse; araç kullanırken bir taraftan gaz pedalına basmak diğer taraftan fren pedalına do-

kunmak gibi veya kışın ısınmak için kazanı fazla yakıp camı açarak serinlemeye çalışmak gibi tüketim durumu yaratacaktır.

Frekans konvertörünün özetlenmeye çalışılan olumlu özellikleri, onu her işletme ve her proses için vazgeçilmez gibi gösterse de durum böyle değildir. Günümüzde kullanımı artan frekans konvertörü her durumda enerji tasarrufu ile aynı anlamda tutulmaktadır. Oysa değişken talepli olmayan tesisatlar veya statik basma yüksekliğinin çok büyük olduğu hatlar dikkatle incelenmelidir.

Frekans konvertörü de bir çeşit elektriksel dirençtir ve kendi iç tüketimi vardır, yani % 2 civarında da olsa bir tüketimi vardır ve doğru tespit yapılmayan hatlarda herhangi bir enerji tasarrufu sağlayamayabilirler.

Tablo-1

Buharlaşma Basıncı pD ve Su Yoğunluğu ρ

t °C	T K	p _D bar	ρ kg/dm ³	t °C	T K	p _D bar	ρ kg/dm ³	t °C	T K	p _D bar	ρ kg/dm ³
0	273.15	0,00611	0,9998	56	329.15	0,16511	0,9852	124	397.15	2,2504	0,9396
1	274.15	0,00657	0,9999	57	330.15	0,17313	0,9846	126	399.15	2,3933	0,9379
2	275.15	0,00706	0,9999	58	331.15	0,18147	0,9842	128	401.15	2,5435	0,9362
3	276.15	0,00758	0,9999	59	332.15	0,19016	0,9837	130	403.15	2,7013	0,9346
4	277.15	0,00813	1,0000	60	333.15	0,19920	0,9832	132	405.15	2,8670	0,9328
5	278.15	0,00872	1,0000	61	334.15	0,2086	0,9826	134	407.15	3,0410	0,9311
6	279.15	0,00935	1,0000	62	335.15	0,2184	0,9821	136	409.15	3,2230	0,9294
7	280.15	0,01001	0,9999	63	336.15	0,2286	0,9816	138	411.15	3,414	0,9276
8	281.15	0,01072	0,9999	64	337.15	0,2391	0,9811	140	413.15	3,614	0,9258
9	282.15	0,01147	0,9998	65	338.15	0,2501	0,9805	145	418.15	4,155	0,9214
10	283.15	0,01227	0,9997	66	339.15	0,2615	0,9799	150	423.15	4,76	0,9168
11	284.15	0,01312	0,9997	67	340.15	0,2733	0,9793	155	428.15	5,433	0,9121
12	285.15	0,01401	0,9996	68	341.15	0,2856	0,9788	160	433.15	6,181	0,9073
13	286.15	0,01497	0,9994	69	342.15	0,2984	0,9782	165	438.15	7,008	0,9024
14	287.15	0,01597	0,9993	70	343.15	0,3116	0,9777	170	433.15	7,92	0,8973
15	288.15	0,01704	0,9992	71	344.15	0,3253	0,9770	175	448.15	8,924	0,8921
16	289.15	0,01817	0,9990	72	345.15	0,3396	0,9765	180	453.15	10,027	0,8869
17	290.15	0,01936	0,9988	73	346.15	0,3543	0,9760	185	458.15	11,233	0,8815
18	291.15	0,02062	0,9987	74	347.15	0,3696	0,9753	190	463.15	12,551	0,876
19	292.15	0,02196	0,9985	75	348.15	0,3855	0,9748	195	468.15	13,987	0,8704
20	293.15	0,02337	0,9983	76	349.15	0,4019	0,9741	200	473.15	15,55	0,8647
21	294.15	0,02485	0,9981	77	350.15	0,4189	0,9735	205	478.15	17,243	0,8588
22	295.15	0,02642	0,9978	78	351.15	0,4365	0,9729	210	483.15	19,077	0,8528
23	296.15	0,02808	0,9976	79	352.15	0,4547	0,9723	215	488.15	21,060	0,8467
24	297.15	0,02982	0,9974	80	353.15	0,4736	0,9716	220	493.15	23,198	0,8403
25	298.15	0,03166	0,9971	81	354.15	0,4931	0,9710	225	498.15	25,501	0,8339
26	299.15	0,03360	0,9968	82	355.15	0,5133	0,9704	230	503.15	27,976	0,8273
27	300.15	0,03564	0,9966	83	356.15	0,5342	0,9697	235	508.15	30,632	0,8205
28	301.15	0,03778	0,9963	84	357.15	0,5557	0,9391	240	513.15	33,478	0,8136
29	302.15	0,04004	0,9960	85	358.15	0,5780	0,9684	245	518.15	36,523	0,8065
30	303.15	0,04241	0,9957	86	359.15	0,6011	0,9678	250	523.15	39,776	0,7992
31	304.15	0,04491	0,9954	87	360.15	0,6249	0,9671	255	528.15	43,246	0,7916
32	305.15	0,04753	0,9951	88	361.15	0,6495	0,9665	260	533.15	46,943	0,7839
33	306.15	0,05029	0,9947	89	362.15	0,6749	0,9658	265	538.15	50,877	0,7759
34	307.15	0,05318	0,9944	90	363.15	0,7011	0,9652	270	543.15	55,058	0,7678
35	308.15	0,05622	0,9940	91	364.15	0,7281	0,9644	275	548.15	59,496	0,7593
36	309.15	0,05940	0,9937	92	365.15	0,7561	0,9638	280	553.15	64,202	0,7505
37	310.15	0,06274	0,9933	93	366.15	0,7849	0,9630	285	558.15	69,186	0,7415
38	311.15	0,06624	0,9930	94	367.15	0,8146	0,9624	290	563.15	74,461	0,7321
39	312.15	0,06991	0,9927	95	368.15	0,8453	0,9616	295	568.15	80,037	0,7223
40	313.15	0,07375	0,9923	96	369.15	0,8769	0,9610	300	573.15	85,927	0,7122
41	314.15	0,07777	0,9919	97	370.15	0,9094	0,9602	305	578.15	92,144	0,7017
42	315.15	0,08198	0,9915	98	371.15	0,9430	0,9596	310	583.15	98,700	0,6906
43	316.15	0,08639	0,9911	99	372.15	0,9776	0,9586	315	588.15	105,61	0,6791
44	317.15	0,09100	0,9907	100	373.15	1,0133	0,9581	320	593.15	112,89	0,6669
45	318.15	0,09582	0,9902	102	375.15	1,0878	0,9565	325	598.15	120,56	0,6541
46	319.15	0,10086	0,9898	104	377.15	1,1668	0,9552	330	603.15	128,63	0,6404
47	320.15	0,10612	0,9894	106	379.15	1,2504	0,9537	340	613.15	146,05	0,6102
48	321.15	0,11162	0,9889	108	381.15	1,3390	0,9522	350	623.15	165,35	0,5743
49	322.15	0,11736	0,9884	110	383.15	1,4327	0,9507	360	633.15	186,75	0,5275
50	323.15	0,12335	0,9880	112	385.15	1,5316	0,9491	370	643.15	210,54	0,4518
51	324.15	0,12961	0,9876	114	387.15	1,6362	0,9476	374,2	647.30	221,2	0,3154
52	325.15	0,13613	0,9871	116	389.15	1,7465	0,9460				
53	326.15	0,14293	0,9866	118	391.15	1,8628	0,9445				
54	327.15	0,15002	0,9862	120	393.15	1,9854	0,9429				
55	328.15	0,15741	0,9857	122	395.15	2,1145	0,9412				

12. Kaynaklar

- [1] Centrifugal Pump, KSB Pump Lexicon. life cycle costs, Europump and Hydraulic Institute.
- [2] The Hydraulic Institute, Centrifugal Pumps: Fundamentals, design and applications.
- [3] Variable Speed Drives a way to lower
- [4] KSB Santrifüj Pompa Mühendislik El Kitabı, KSB AG, Çeviri:Sinan Özgür.
- [5] Pompalarda Kavitezyon KSB AG, Çeviri: Sinan Özgür.
- [6] Pompalarda Enerji Tasarrufu Seminer Notları, Derya Çuha.
- [7] Pompa Hidroliği Seminer Notları, Derya Çuha.
- [8] Pompalar, Serdar Uzgur. Tesisat Dergisi MMO.

* **Dipnot** : Referans Hydraulic Institute

Yazar;

Bora Türkmen,

1975 Ankara doğumludur. 1998 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine bölümünde lisans eğitimini tamamlamıştır. Sırasıyla İmtek ve 'Gönka Klima' da mühendis olarak görev yaptıktan sonra, 2001 yılından beri KSB Pompa Armatür San. ve Tic.A.Ş firmasında segment satış lideri olarak görev yapmaktadır. TTMD ve MMO üyesidir. TTMD' de 2003-2005 yılları arasında Ankara ihtisas komitesinde görev yapmıştır. Halen TTMD yayın kurulu üyeliğini ve Ankara temsilcilik başkanlığı görevlerini yürütmektedir. Ayrıca MMO Ankara Şube mekanik tesisat komisyonu üyesidir. Temiz Oda konusunda çalışmaları olmuş, 18 farklı üniversitede temiz oda konusunda seminer vermiş ve konu ile ilgili makaleleri yayınlanmıştır.