

## **POMPALAR**

Endüstride kullanımı en yaygın makinalar pompalardır. Bu nedenle özellikle pompa seçimi bir makine mühendisinin en sık

karşılaşacağı konulardan birisidir.

Genel olarak pompalar ikiye ayrılır. Bunlar;

- 1. KİNETİK POMPALAR**
- 2. POZİTİF DEPLASMANLI POMPALAR (PDP)**

### **KİNETİK POMPALAR**

Eğer yüksek debilerde sıvı pompalanacak ise mutlaka kinetik pompalar kullanılır. Bu pompalar PDP pompalardan

kapasitelerine göre hacimsel olarak çok daha küçük, basit ve ucuzdurlar. Bu sebepten sanayide en yaygın kullanılan

pompa tipi kinetik pompalardır.

Bu pompaların çalışma sınırları, kapasite olarak 10 Ton/ saniye kadar çıkmakta, 200 bar basınç üretebilmektedirler.

Bu pompalar kullandıkları çark tipine göre kendi aralarında başlıca ikiye ayrılırlar.

- 1. RADYAL (SANTRİFÜJ) POMPALAR**
- 2. EKSENEL POMPALAR**

### **POMPA PERFORMANS PARAMETRELERİ**

**1. DEBİ (Q) :** Bir pompanın debisi birim zamanda pompalayabileceği sıvı miktarıdır. Hacimsel ve kütleli olarak iki farklı büyüklükte verilebilir. Endüstride daha çok hacimsel debi kullanımı yaygındır. Standart SI birimi hacimsel olarak m<sup>3</sup>/s'dir. Yaygın kullanılan birimi m<sup>3</sup>/h veya Lt/dak'dır. Kütleli olarak ise standart birimi kg/s'dir.

**2. BASINÇ:** Pompanın emme ve basma noktaları arasında yani pompa çark giriş ve çıkış kesitlerinde ölçülen basınç farkıdır. Pompa çarkı tarafından suya aktarılan enerjinin bir ölçüsüdür. Pompa basıncı genelde düşü olarak verilir. Pompa düşüsü, toplam emme-basma yüksekliğini verir ( $H_T$ ). Birim ağırlıktaki sıvıya pompa çarkının aktardığı enerji olarak tarif edilebilir. Yabancı literatürde bu değere HEAD denir. Karşılığı ise düşüdür. Düşü ile basınç ve enerji arasındaki ilişki daha önce de açıklanmıştı. Düşünün, standart birimi metre su sütunudur (mSS). Doğrudan, Pa veya bar biriminde basınç olarak da verilebilir.

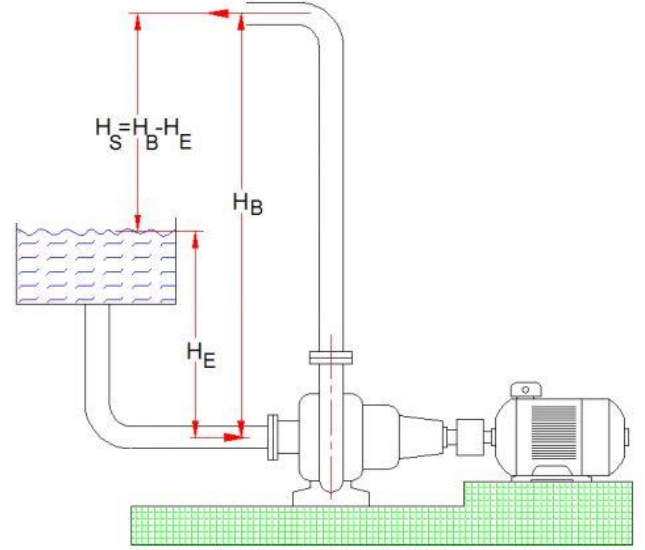
Pompanın tahrik gücünün belirlenebilmesi için kapasitenin yanı sıra toplam basma yüksekliğinin bilinmesi gerekir. Toplam emme-basma yüksekliği ( $H$ ), yani toplam sistem basıncı veya pompanın düşü olarak basıncı aşağıdaki formülden elde edilir.

$$H = H_S + H_D + H_P + H_K + H_V$$

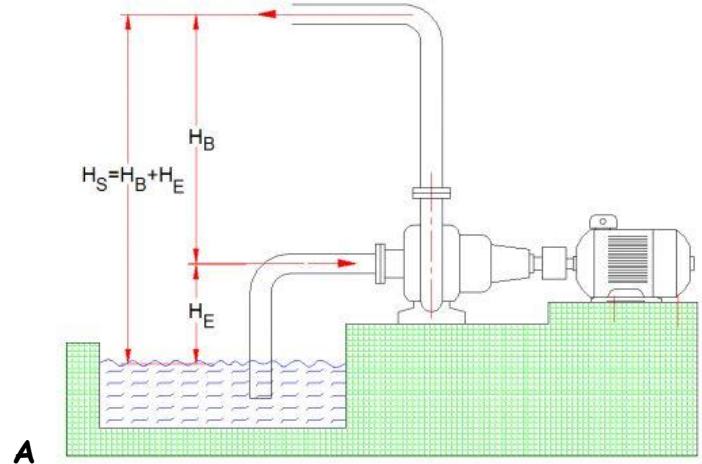
Bu formülde:

$H_S$  : Statik emme-basma yüksekliği sıvının kaynağından basılacağı en yüksek noktaya kadar olan düşey mesafedir (Şekil A,B). Eğer pompa sıvıyı yatay yönde bir noktadan bir noktaya aktarıyorsa bu değer sıfırdır. Bu değer iki bileşeni vardır. Bunlar;

$H_E$ : Emme yüksekliği pompalanacak sıvının seviyesinden pompa giriş eksenine kadar olan dikey mesafedir. Eğer sıvı seviyesi pompa giriş ekseninden aşağıda ise değer pozitif (Şekil A), Eğer sıvı seviyesi pompa giriş ekseninden yukarıda ise değer negatif (Şekil B).



ŞEKİL A



ŞEKİL B

$H_B$ : Basma yüksekliği Pompa giriş  
ekseninden sıvının aktarıldığı en yüksek  
noktaya olan dikey mesafedir.

**Eğer kaynak yüksekliği pompa ekseninden  
aşağıda ise toplam statik emme basma  
yüksekliği**

$$H_S = H_B + H_E \quad (\text{Şekil B})$$

**Eğer kaynak yüksekliği pompa ekseninden  
yukarıda ise toplam statik emme basma  
yüksekliği**

$$H_S = H_B - H_E \quad (\text{Şekil A})$$

$H_D$ : Eğer pompa sıvıyı bir kuyudan çekiyorsa kuyuda sıvı seviyesinin azalmasından  
kaynaklanan emiş

tarafındaki basınç azalması hesaba katılmalıdır. Zira bu basıncın azalması pompanın  
ilave emiş

gücüne sahip olmasını gerektirir. Bu etkiye yabancı literatürde "well drawdown"  
denilmektedir.

$H_P$ : Bu değer daha çok sulama sistemlerinde yağmurlama fıskiyelemin tekerlekli bir araba  
üzerinde

suyun fışkırmışından faydalanarak kendiliğinden hareket etmesini sağlayan düzenekler  
için

gereken ilave basınçtır. Bizim konumuz olan endüstriyel pompalamalarda dikkate alınmaz.

$H_K$ : Statik emme-basma yüksekliğinin yanı sıra toplam emme-basma yüksekliğinde etkin olan  
ikinci en

önemli faktör sürtünme kayıplarıdır. Sürtünme kayıplarına etki eden en önemli faktör  
sıvının boru içindeki hızıdır. Sürtünme kayıpları hızın karesi ile doğru orantılı olarak artar.  
Enerji tasarrufu açısından kayıpların en aza indirilmesi için sıvı hızının düşük tutulması  
gerekir. Bu nedenle boru çapları, sıvıların boru içindeki hızının 1.5 (m/sn) den büyük  
olmamasını sağlayacak ölçüde büyük seçilmelidir.

Sürtünme kayıplarını en çok etkileyen bir diğer faktör, borunun iç yüzey pürüzlülüğü  
( [TABLO 1.](#)) ve zaman içinde boru iç yüzeyinde oluşan korozyon ile sıvının taşıdığı kirliliklerin  
birikmesidir.

**H<sub>v</sub>**: Hız faktörü sıvının boru içindeki hareketini sağlayacak kinetik enerjinin dikkate alınmasını sağlayan

bir diğer faktör olmakla birlikte **H<sub>s</sub>** ve **H<sub>L</sub>** faktörlerinin yanında oldukça küçük bir değerdir. Burada hız faktöründen kasıt akımın kinetik enerjisidir ve dinamik düşü olarak alınır. (Çoğu durumlarda bu değer 0.3 metrenin altındadır).

Sıvının boru içindeki hızının büyük olması sürtünme kayıplarını arttırmasının yanı sıra boru içindeki çekişmelere (Water Hammer) neden olduğu için kaçınılması zorunludur.

Dinamik düşü aşağıdaki formülden hesap edilebilir

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \quad \text{Bu formülde } V(\text{m/sn}), \quad g = 9.81 (\text{m/sn}^2) \text{ olarak alınır.}$$

**3. GÜÇ (P)** : Pompaya dair iki farklı güç tanımı mevcuttur. Bunlar, hidrolik ve mekanik güçtür. Hidrolik güç, pompa çarkının suya aktardığı birim zamandaki enerjidir. Mekanik güç ise pompa çarkını çalıştıran güçtür. Pompa, mekanik gücünü genellikle tahrik edildiği elektrik motorundan alır. Pompa tahrik motorunun gücü pompalanacak sıvıya aktarılacak hidrolik güçten ve hatta mekanik güçten daha fazla olacak şekilde seçilmelidir. Yabancı literatürde bu güç "Brake Power" olarak geçmektedir.

Hidrolik güç, başlıca pompalama debisi ve basıncına bağlıdır.

$$P_{hid} = \rho g Q H = Q \Delta P, (W)$$

Burada,  $\rho$ : akışkan yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$

$g$ : yerçekimi ivmesi,  $\text{m/s}^2$

$Q$ : debi,  $\text{m}^3/\text{s}$

$H$ : düşü,  $\text{mSS}$

$\Delta P$ : pompa basıncı,  $\text{Pa}$

Mekanik güç ise pompa çarkının dönme hızı ve torkuna bağlıdır.

$$P_{mek} = T \omega = 2\pi N / 60, (W)$$

Burada, T: tork, N.m

$\omega$ : çark dönme hızı, rad/s

N: çark devir hızı, dev/dak (rpm)

**4. VERİM ( )** : Pompa çarkı sahip olduğu mekanik gücün tamamını suya aktaramaz. Bunun sebebi bir takım kayıplardır. Ayrıca, pompa büyüklüğü, tipi, tasarımı gibi etkenler de verimi etkiler.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_h}{P_m}$$

Pompanın mekanik gücünü yani tahrik gücünü, suyun yoğunluğu 1000 kg/m<sup>3</sup>, yerçekimi ivmesi de 9.81 m/s<sup>2</sup> alınarak farklı debi ve basınç birimlerinde aşağıdaki gibi verilir:

**6. ÖZGÜL HIZ (N<sub>s</sub>)** : Bu parametre kinetik pompalar arasından hangi tip pompanın seçilmesi gerektiğini belirlemek için kullanılan, pompanın debi (Q), basma yüksekliği (H) ve rotor devri (N) ne bağlı olarak tanımlanan spesifik bir devir hızıdır.

$$N_s = N \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

N= Devir hızı (rpm)

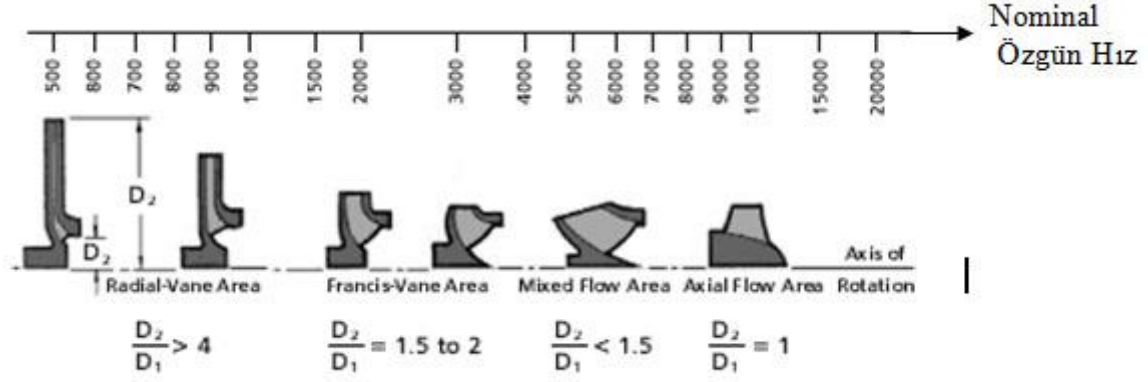
Q= Debi (m<sup>3</sup>/s)

H= Düşü (mSS)

Yukarıdaki formülden elde edilen N<sub>s</sub> değerine göre yandaki tablodan hangi tip pompanın seçilmesi gerektiği belirlenebilir

KİNETİK POMPA TİPİ	NOMİNAL ÖZGÜL HIZ (N <sub>s</sub> )
SANTRİFÜJ POMPA	500-3,000
RADYAL-EKSENEL ARASI	4,000-5,000
EKSENEL POMPA	10,000-15,000

Aşağıdaki grafikte de pompa rotor tipinin özgül hıza bağlı seçilmesini göstermektedir.

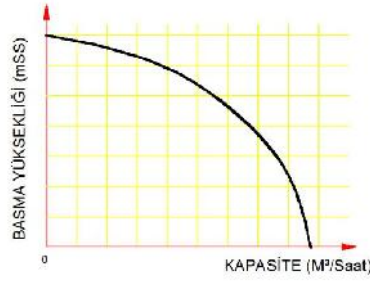


## POMPA KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ

Pompaların performans parametreleri arasındaki ilişkileri veren aynı zamanda işletme koşullarına uygun olup olmadığının belirlenmesinde kullanılan bazı karakteristik eğrileri vardır. Bunlar;

### 1. DEBİ - DÜŞÜ EĞRİSİ

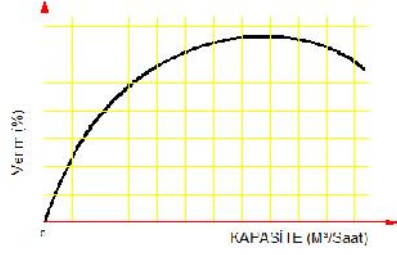
Şekil 1'de tipik bir debi - düşü eğrisi görülmektedir. Genellikle debi arttıkça pompanın basıncı parabolik olarak azalmaktadır. Sıfır debide maksimum basınç sağlanmaktadır. Bu basınca kapalı durum düşüsü (vanalar kapalı iken oluşan basınç düşüsü) "shut-off head" denilmektedir.



ŞEKİL1

## 2. DEBİ - VERİM EĞRİSİ

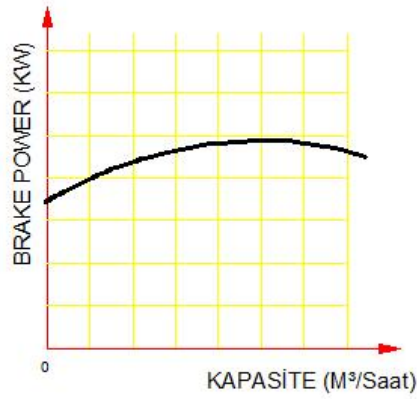
Şekil 2'de tipik bir debi-verim eğrisi gösterilmektedir. Pompanın maksimum verim noktası maksimum debi noktasından daha gerilerdedir. (Maksimum verim noktasından sonra vanaları açarak kapasite arttırılırsa verim düşmeye başlar)



ŞEKİL 2

## 3. DEBİ - GÜÇ EĞRİSİ

Şekil 3'de tipik bir kapasite-güç eğrisi gösterilmektedir. Bu eğri "kapasite- düşü" eğrisi ile "debi-verim" eğrisinin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Eğriye dikkat ederseniz sıfır debide (vana tamamen kapalı iken) bile pompa enerji kullanmaya devam etmektedir. Bu enerji "Shut off head" için kullanılan enerjiye eşittir.



ŞEKİL 3

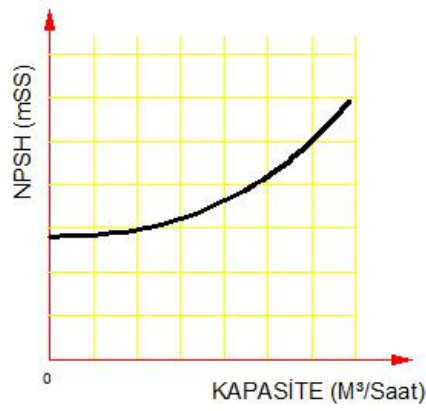
## 4. SİSTEM EĞRİSİ

Sistem eğrisi pompanın basıncının debisi ile değişimini gösteren karakteristik eğridir. Pompa basıncına etki eden diğer faktörlerden statik emme-basma yüksekliği  $H_s$  sabit olup diğerleri debiye göre değişir.

Değişken parametrelerden en önemlisi  $H_k$  sistemdeki kayıplardır . Sistem eğrisi pompanın kullanılacağı sistemde pompa basıncının debiye bağlı olarak değişimini veren (H-Q) sistem karakteristik eğrisidir. Bu sistemde kullanılacak bir pompanın vereceği basıncı ve debiyi belirlemek için kullanılır. (Şekil C)

## 5. DEBİ - NET POZİTİF EMME BASINÇ EĞRİSİ

Pompanın NPSH (NPEY) değeri yapılan deneysel ölçümlerle elde edilmekte ve pompa üreticisi tarafından grafik olarak tüketiciye sağlanmaktadır. Pompaların kavitasyonsuz çalışma verilerini belirlemek için gereklidir.



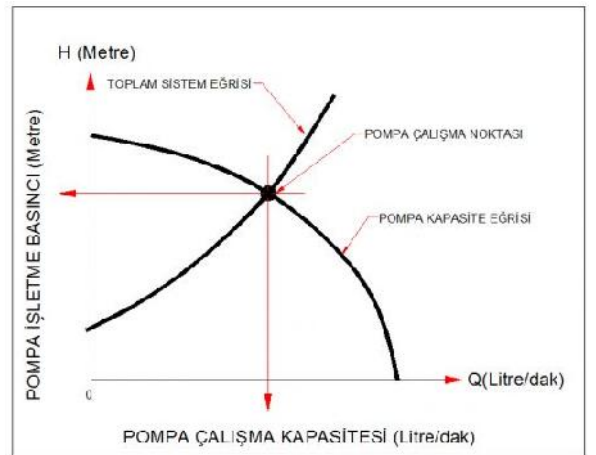
ŞEKİL 4

Şekil 4 de tipik bir kapasite-NPSH eğrisi gösterilmektedir. Genel olarak debi arttıkça NPSH değeri artmaktadır.

## SANTRİFUJ POMPALARIN OPTİMUM ÇALIŞMA NOKTASI

Pompaların performans parametreleri birbirine bağlıdır. Yani farklı debilerde farklı basınç, güç ve verim sergilerler. Dolayısıyla bir pompa herhangi bir sistemde kullanıldığında sistemin karakteristik özelliklerine (boru çapı, uzunluğu, kayıplar, statik yükseklik vb.) göre de farklı performans değerleri verirler.

Bir pompanın bir sistemde en verimli çalışabileceği sadece bir nokta bulunmaktadır. Bu nokta Şekil 5'de verilen pompanın debi-düşü eğrisi ile pompanın kullanılacağı sistemin



ŞEKİL.5



eğrisinin (Şekil C'de verildiği gibi) çakıştığı noktadır. Bu noktaya çalışma noktası denir. (Şekil 5).

Seçilen bir pompanın çalışma noktasından farklı bir noktada çalıştırılması halinde pompa performansında düşüklük, düşük pompa verimi ve fazla enerji tüketimi gerçekleşir, hatta pompanın gürültülü ve titreşimli çalışmasına neden olur.

Pompa çalışma noktası tespit edildikten sonra grafikten debi ( $Q$ ) ve düşü ( $H_T$ ) belirlenir, daha sonra da bunlara bağlı diğer performans parametreleri belirlenir.

## **POMPALARIN PARALEL ve SERİ BAĞLANMASI**

Sistemde ihtiyaç duyulan debi ve basınç kapasiteleri için pompa kapasiteleri yetersiz olduğu durumlarda mevcut pompaların ihtiyaca göre paralel veya seri bağlanarak kullanılmaları tercih edilebilir. Paralel bağlama daha fazla debi ihtiyacı, seri bağlama ise daha fazla basınç ihtiyacı olduğu durumlarda kullanılır.

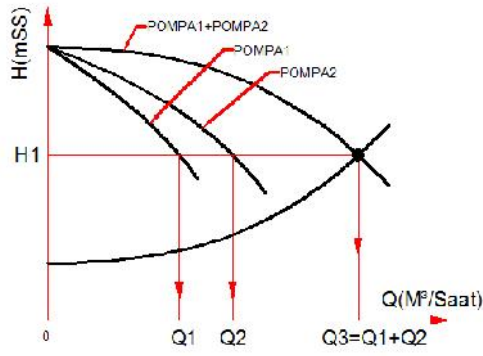
### **POMPALARIN PARALEL BAĞLANMASI**

Sistemin ihtiyaç duyduğu debinin bir pompa ile sağlanamadığı durumlarda pompaların paralel bağlanarak, pompa debilerinin toplamı kadar sistemde debi elde edilmesi mümkündür (Şekil 11).

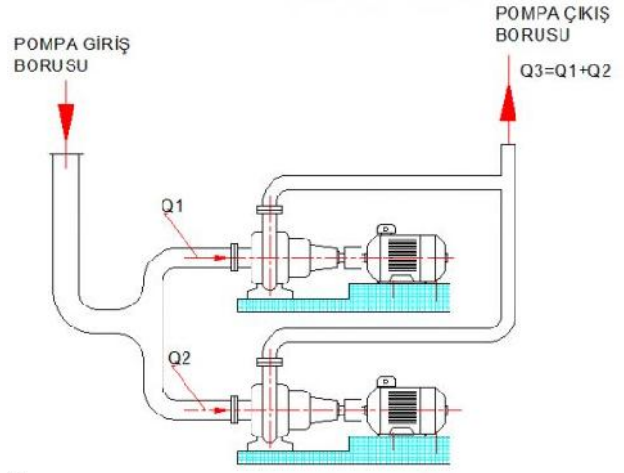
Şekil 11 de farklı karakteristik eğrilere sahip iki pompa gösterilmiştir ancak ekonomik kullanım açısından aynı kapasiteli pompalar da kullanılabilir.

İlgili şekilde  $H$  basma yüksekliğinde Pompa1 kapasitesi  $Q_1$  ve yine aynı  $H$  basma yüksekliğinde Pompa2 kapasitesi  $Q_2$  ise her iki pompadan yine  $H$  basma yüksekliğinde  $Q_1+Q_2$  kapasitesi elde edilir.

Paralel bağlı pompaların boru bağlantı şekilleri Şekil 12 de verilmiştir. Pompalarda giriş boru çapları her zaman çıkış borularından daha büyük seçilir.



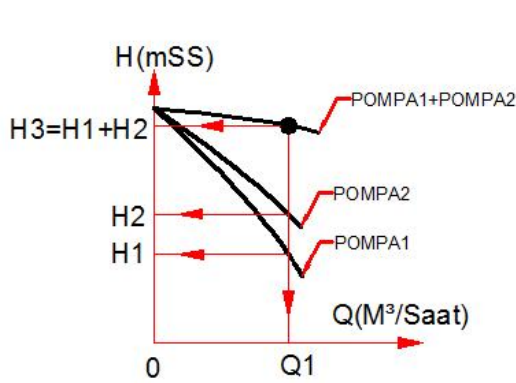
ŞEKİL 11



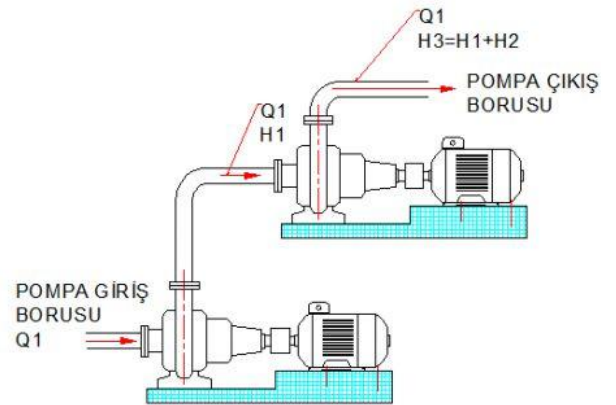
ŞEKİL 12

## POMPALARIN SERİ BAĞLANMASI

Eğer sistemde yeterli basınç sağlanamıyorsa pompalar birbirine seri bağlanabilir, yani birinin çıkışı diğerinin girişine bağlanarak kullanılabilir. Bu durumda her iki pompanın basınçlarının toplamı kadar bir basınç elde edilebilir. Seri bağlı pompalarda debi, en düşük debiye sahip pompanın debisi kadar olur. Bu nedenle verimlilik açısından paralel bağlı pompalardaki gibi aynı büyüklükteki pompaların birbirine seri bağlanması tercih edilmelidir. Şekil 13 de iki farklı pompanın karakteristik eğrileri ile seri bağlandıklarında sergiledikleri eğri gösterilmiştir. Seri bağlı pompaların borulaması da Şekil 14 de verilmiştir.



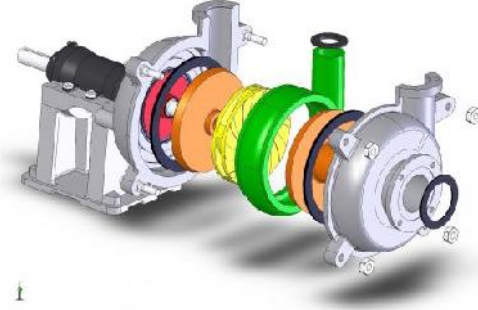
ŞEKİL 13



ŞEKİL 14

## SANTRİFUJ (RADYAL) POMPALAR

Santrifüj pompalarda sıvı, pompaya merkezden aksnel olarak girer çarktan aldığı santrifuj kuvvetin etkisiyle ivmelenerek debi ve basınç kazanarak çevreden radyal olarak çıkar. Bu pompalara sıvının pompa içindeki akış şekinden ötürü "Radyal pompa" da denir.



Pompanın debisi ve basıncı bir çok parametreye bağlıdır. Bunların başında çark çapı, kanat sayısı, çark ve kanatların şekli ve devir sayısı gelir. Santrifüj bir pompa başlıca şu elemanlardan oluşur: Şaft (mil), çark ve salyangoz denilen volute. Pompalar genellikle bir elektrik motoru ile tahrik edilir. Tahrik edildiği motordan bir mil vasıtasıyla mekanik güç sağlanır ve bu mile pompanın çarkı bağlıdır. Çark, kanatlardan oluşan bir elemandır. Çark ve kanatlarının özel tasarımı sayesinde pompanın giriş tarafında vakum meydana gelerek emiş yapılmaktadır. Çarkın dönmesiyle enerji kazanan sıvı basınçlandırılarak çark çevresinden radyal olarak çıkmaktadır ve aynı zamanda muhafaza ve toparlayıcı görevi gören salyangoz yardımıyla çıkış ağzına doğru ivmelenerek yönlendirilen akışkan kazandığı enerji ile basınçlandırılmış olur ve bu basınçla belli debide pompalanır. Santrifuj pompalarda çarkın içinde döndüğü yuva (volute) merkez etrafında ve dönüş yönü istikametinde gittikçe artan bir hacme sahip olduğu için ülkemizde **salyangoz** olarak adlandırılır. Akışkanın pompalanmasında, pompanın performansı ve verimini en çok etkileyen çark ve salyangozun tasarımıdır. Çark tasarımı ne kadar az enerji ile ne kadar çok akışkana enerji kazandırılabilirse o kadar iyidir. Salyangozun tasarımı ise çark tarafından basınçlandırılmış akışkanı ne kadar az kayıpla yani akışkan üzerinde ne kadar düşük direnç meydana getirerek ivmelendirebiliyorsa o kadar iyidir demek. Bu yüzden salyangoz oldukça smooth yani kolay akış sağlayacak bir şekle sahiptir.



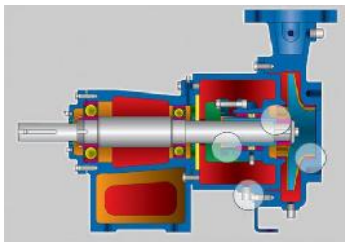
Aşağıda santrifüj pompalarda kullanılan çark çeşitlerine örnekler verilmiştir.



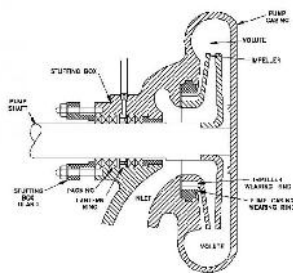
## EMİŞ AĞIZLARINA GÖRE POMPALAR

Santrifüj pompalar emiş ağız sayısına göre tek ve çift emişli olarak İkiye ayrılırlar. Ayrıca emiş ağzının pozisyonuna göre merkezden, yandan, dipten ve üstten emişli olmak üzere 4 çeşittir. Santrifüj pompaların %75 i merkezden emişli olanlardır. Aşağıda emiş tiplerine göre pompalar için örnekler görülmektedir.

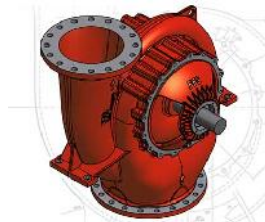
### MERKEZDEN EMİŞLİ POMPALAR



### YANDAN EMİŞLİ POMPA



### DIPTEN EMİŞLİ POMPA



### ÜSTTEN EMİŞLİ POMPA



## KADEMELİ POMPALAR

Yüksek basınç ihtiyacı olan yerlerde çok kademeli (multi-stage) pompalar kullanılır. Aynı eksen yani mil üzerinde seri olarak bağlı yani birbirini ardına sıralanmış birden çok çarka sahip pompalar kademeli pompalardır. Çark sayısı pompanın kaç kademeli olduğunu belirler. Küçük ve orta ölçekli pompalar genellikle tek kademeli pompalardır. Kademe sayısı arttıkça pompadan elde edilen enerji yani basınç artmış olur. Kademeli pompalar birbirine seri bağlı pompalar gibi çalışırlar. Bunların tek farkı motorlarının ortak olması denilebilir. Yanda çok kademeli pompaya bir örnek gösterilmiştir.



## ÇARK KANATLARI

Santrifüj tip bir pompanın çarkını oluşturan kanatlar farklı şekillerde olabilir. Bunlar: radyal, eğimli düz ve eğri yani kavisli kanatlardır. Radyal kanatlar çark merkezinden radyal doğrultuda uzanan düz profile sahip kanatlardır. Eğimli kanatlar ise düz ve eğri yani kavisli profile sahip kanatlardır. Bunlar öne veya geriye doğru eğimli olabilirler. Düz profilli kanatlar çarkın dönüş yönüne göre geri veya öne eğimli, eğri kanatlar ise akışkana çarpma yönüne göre geri eğimli (backward) veya öne eğimli (forward) olabilirler. Backward tip kanatlar akışkana sırtı ile enerji aktarır, forward tip kanatlar ise iç kısmı ile enerji aktarır yani kepçeleme yaparak çalışırlar. Bunlara ilaveten bir de aerofoil şekilli kanatlar vardır. (Bkz. Aşağıdaki şekil)

## POMPA DÖNÜŞ YÖNÜ

Santrifuj pompalarda salyangoz şeklindeki çark yuvası (volute) sebebi ile dönüş yönünün belirlenmesi son derecede önemlidir. Ülkemizde pompa dönüş yönü genellikle sağ dönüşlü veya sol dönüşlü olarak tanımlanmaktadır. Evet ama sağ dönüş nedir sol dönüş nedir? Bu tarif son derecede yetersiz olup bir çok anlaşmazlıklara neden olmaktadır. Dönüş yönü konusunda en net tarif şudur. Tahrik motorunun bulunduğu taraftan pompaya bakıldığında çark saat yönünde dönüyorsa bu pompa sağ dönüşlü, tersine olanlar ise sol dönüşlü pompalardır.

Pompalar ile ilgili bir diğer önemli husus çarkın kanatlarına göre motor dönüş yönünün tespit edilmesidir. Santrifüj tip pompalarda en yaygın kullanılan geri eğimli kanatlara sahip çarklardır. Doğru yerleşimde çarkın kanat sırtı (geri kavisli yüzey) pompanın dönüş yönüne dönük olmalı ve sıvıyı salyangozun çıkış ağzına doğru yönlendirecek şekilde çark dönüyor olmalıdır. (Bkz. Yandaki şekiller )

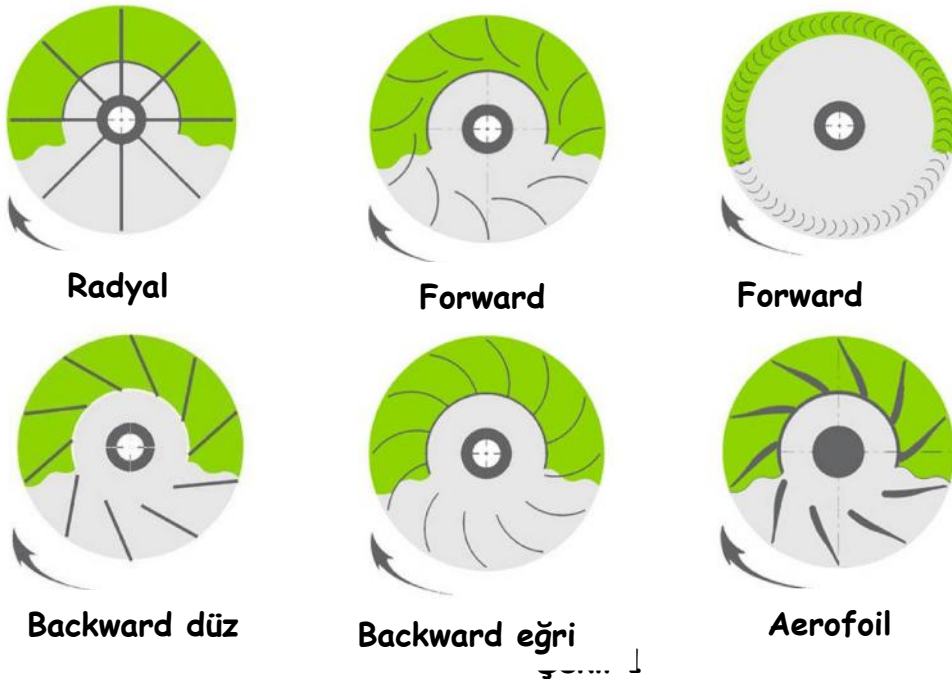




Yapılan yanlış uygulamalara dair iki örnek yanda verilmiş bulunmaktadır. Bunlardan ilkinde dönüş yönü doğru ancak çark kanatlarının içe dönük tarafı sıvıyı kepçelemektedir. Bu tip çark ileri eğimli çarkın kullanımı için doğrudur fakat pompalarda kullanımı pek tercih edilmez (Bkz. yandaki şekil). Bu kullanım şekli daha çok fanlarda yaygındır.



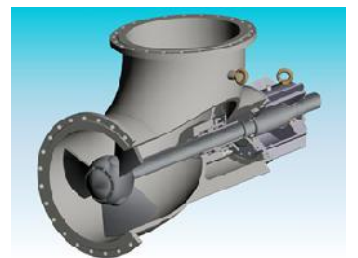
Diğer bir yanlış uygulamada ise çark kanat yönü doğru yerleştirilmiş, ancak bu sefer de çark sıvıyı salyangozun çıkışına ters yönde aktaracak şekilde dönmektedir. (Bkz. yandaki şekil)



## 1.2 EKSENEL AKIŞLI POMPALAR

Debi ihtiyacının yüksek, basıncın düşük olduğu sistemlerde en uygun pompa tipi eksenel pompalardır. Bu tip pompalarda sıvı pompa çarkına eksenel doğrultuda girer ve yine eksenel doğrultuda çıkar. Akış pompa mil eksenine paralel olduğu için eksenel pompa adını almışlardır.

Eksenel pompalar yapılarından dolayı yüksek basınçlar oluşturamazlar. Aynı zamanda güçlü emiş yapamazlar. Bu tip pompalar bu yüzden çoğu zaman gövdeleri su içine batık durumda kullanılırlar. Güçlü emiş yapamadıkları için akışkan ile aynı seviyede olmaları veya daha düşük seviyelerde olmaları



gerekir. Akışkan seviyesinden yüksek olmaları durumunda yani emme tarafında statik bir düşü varsa bunu yenmek için gerekli basıncı üretemezler. Eksenel tip pompalar bu özelliğinden dolayı yüksek debi ihtiyacı olab yerlerde kullanılmaya uygundur.

Akışkan kanatlardan geçtikten sonra kanatların dönmesinden dolayı çevresel bir dönüş hareketi kazanırlar. Akışkanın bu çevresel hareketi enerji kaybına sebep olur. Bunu engellemek için çark çıkışına yönlendirici ikinci bir çark konur veya pompa çıkışlarına yayıcı (difüzer) yerleştirilir.

## **FANLAR**

Fan teorisi pompalarınki ile aynıdır. Temel fark çalışan akışkan havadır. Yani mekanik enerjiyi akışkan olarak havaya aktaran makinalardır. Pompalarda olduğu radyal ve eksenel olarak başlıca iki tiptedirler. Piyasada, radyal tip olanları daha yüksek basınçlarda hava sağladığı için blower diye de adlandırılırlar. Fan adı daha çok eksenel tiptekiler için yaygın kullanılır. Ventilatorler bunun tipik bir örneğidir. Pompalar ile ilgili açıklanan performans parametreleri ve santrifüj tip pompaların çarkları ile kanat tipleri de fanlar için aynıdır. Sadece blower tip fanlarda daha çok ileri eğimli (forward) tip kanatların kullanımı daha çok tercih edilir ve kanat sayıları pompa çarklarına kıyasla daha fazladır. Aşağıdaki şekillerde eksenel tip fanlara ve radyal tip yani santrifüj tip blower fanlarına örnekler verilmiştir.



**Eksenel fanlar**



**Santrifüj tip blower fanlara örnekler**