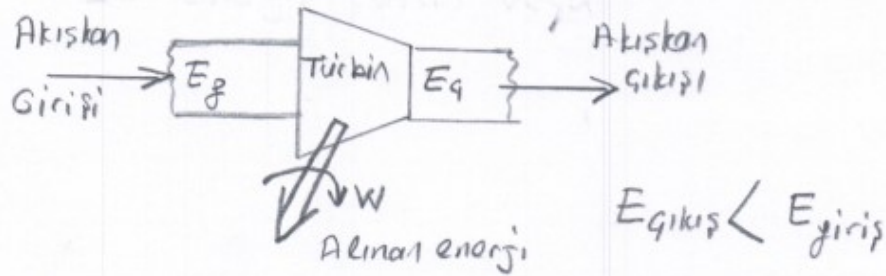


## Hidrolik Makinalar

(Akım makinaları, Tribomakinalar)

Hidrolik makinalar akışkan içinde bulunan çeşitli şekildedeki enerjiyi mekanik enerjiye veya mekanik enerjiyi akışkana transfer eden makinalar olarak tanımlanırlar. Hidrolik makinalar içerisinde sürekli olarak gaz, sıvı ve buhar geçer. Bu akışkan ortamı ile dış ortamın enerji alışveriş aracılığını akım makinaları yapar. Akım makinaları enerji alışveriş yönünden iki ana gruba ayrılır.

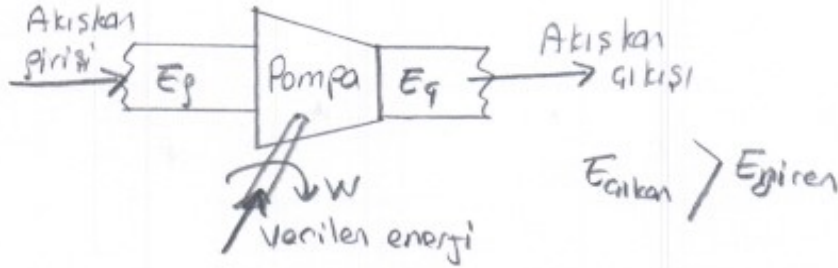
1 - Enerji üreten veya hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren makinalar (Türbinler)



Türbin çıkışında akışkan enerji kayıplar uğrar ve bu kayıp genellikle basınç düşüşü şeklinde gerçekleşir.



2- Enerji yutan veya mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren makinelerdir. (Pompalar, Fanlar...)



Akışkan enerjisinin artışı, genellikle basınçta meydana gelen artış olarak kendini gösterir.

Sıvıyı transfer eden makineler pompa olarak adlandırılır. Gazları ileten makineler için ise farklı isimler kullanılır.

Fan, penel olarak düşük basınç artışı sağlayan yüksek debili bir gaz pompasıdır. (Dem su yüksekliği)

Üfleş (Blower) penel olarak orta seviye yüksek seviye arasında basınç artışı ve debi sağlayan bir gaz pompasıdır. (Bir atmosfere kadar)

Kompresör, genellikle düşük ile orta seviye arasındaki debileri yüksek basınçlara pompalamak için tasarlanmış gaz pompasıdır. (Bir atmosfer üzeri)





Hidrolik Makinelerde kullanılan birimler

$$\text{Alan} \rightarrow 1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Yoğunluk} \rightarrow 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/L} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Enerji} &\rightarrow 1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J} = 1000 \text{ N-m} = 1 \text{ kPa/m}^3 \\ &\rightarrow 1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuvvet} &\rightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2 = 10^5 \text{ dyne} \\ &1 \text{ kpf} = 9,80665 \text{ N} \text{ (kilopound, kp)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Güç} &\rightarrow 1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} \\ 1 \text{ kW} &= 1000 \text{ W} = 1 \text{ kJ/s} \\ 1 \text{ BG} &= 745,7 \approx 746 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\text{Özgül hacim} \rightarrow 1 \text{ m}^3/\text{kg} = 1000 \text{ L/kg}$$

$$\text{Hız} \rightarrow 1 \text{ m/s} = 3,60 \text{ km/h}$$

$$\text{Hacimsel debi} = 1 \text{ m}^3/\text{s} = 60000 \text{ L/dak} = 10^6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{Basınç} &\rightarrow 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \\ 1 \text{ atm} &= 101,325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar} \\ &= 760 \text{ mm Hg} \\ 1 \text{ mm Hg} &= 0,1333 \text{ kPa} \end{aligned}$$

## Pompalar

Endüstrinin ana büyük gereksinimi akışkanın bir ortamdan diğer bir ortama iletilmesidir. Pompalar mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren makinelerdir.

Bir pompa tarafından akışkana verilecek enerji, sıvının bir boru içinde akışını sağlayacak ve akışkan ile boru arasındaki sürtünme kayıplarını karşılayarak veya akışkanın potansiyel ve kinetik enerjisini artıracaktır. Fakat buradaki esas amaç, akışkanın hızını değil basıncını artırmaktır.

Pompalar çalışma prensipleri bakımından iki bölüme ayrılır.

### 1. Volümetrik pompalar (Pozitif Deplasmanlı)

Bu tip pompalarda sıvıyı bir düzeyden alıp yarı emme tarafından alıp zorlu olarak ikinci düzeye basınç seviyesine ulaştıran pompalardır. Bu pompalar hacim değişmesi yoluyla akışkanı basarlar. Sınıflandırılması

A - Öteleme hareketi yapanlar.

1- pistonlu

2- Diyaframlı



B - Dönme hareketi yapanlar

1 - Tek rotorlu (Paletli, vidalı)

2 - Gök rotorlu (Dişli, loblu)

## 2. Rotadynamik Pompalar (ivme pompaları)

Bu pompalarda giriş ve çıkış arasında yani emme kısmı ile basma kısmı arasında hiçbir engel bulunmaz, su taneciklerine pompa garkı içinde verilen enerji ile atışkan bir ivme kazandır. Bu ivmeden basınç farkı doğar. Bu basınç farkıyla suyun basma işlemi sağlanır. Bunlar 2 grupta bölünür.

A - Dönel

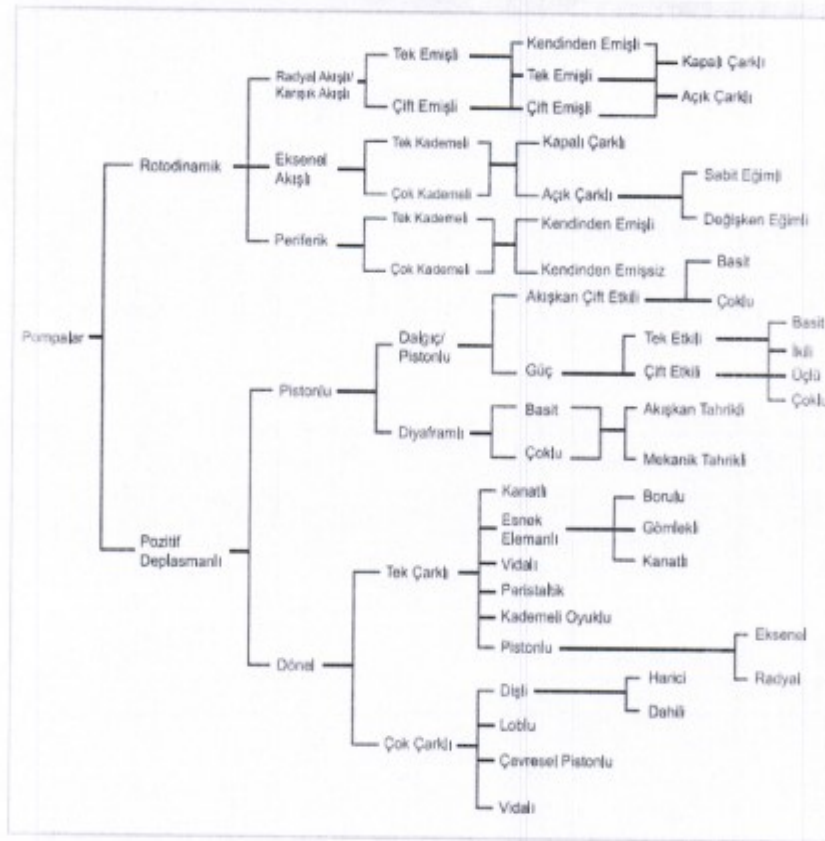
1 - Merkezkaç (santrifüj) ya da radyal atışlı

2 - Eksenel atışlı

B - Özel Tasarımlar

1 - Jet pompaları

2 - Sıvı metaller için elektromagnetik pompalar.



pompaların sınıflandırılması

$$\rho_{\text{su}} = 13.600 \text{ gr/cm}^3 \quad / \quad g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

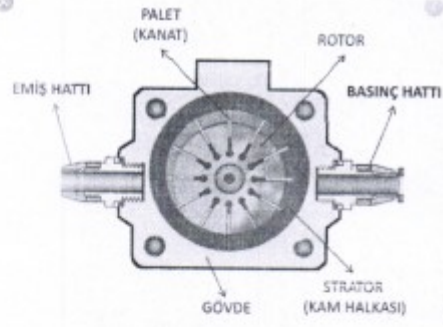
$$\Delta \text{at} = \text{Teknik atmosfer} = 98,0665 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = \text{standart atmosfer} = 101,325 \text{ kPa}$$

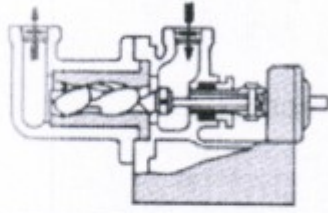
fiziki atmosfer

- Teknik atmosfer =  $\text{At} = 1 \text{ cm}^2$  lik alana üzerine dik olarak etki eden ve bileşkesi 1 kp olan yaygınlık bu alana oluşturan değeri etki
- fiziki atmosfer  $\Rightarrow$  deniz seviyesinde  $0^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki atmosferik havanın basınç 760 mmHg dir.

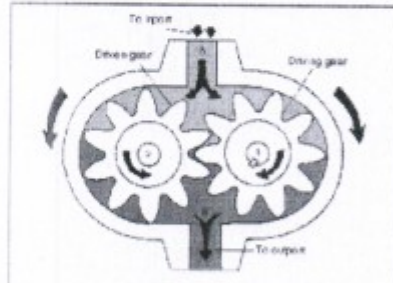
$$1 \text{ atm} = 1,033 \cdot \text{at}$$



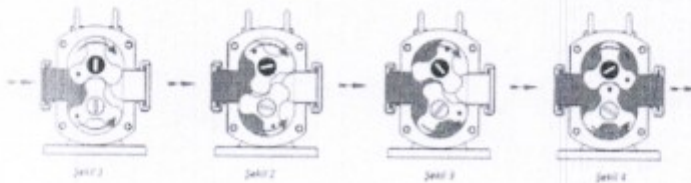
Paletli Pompa



Vidalı pompa



Dişli pompalar



- ① - ROTOR MİLİ
- ② - PİYON MİLİ

loblu Pompa

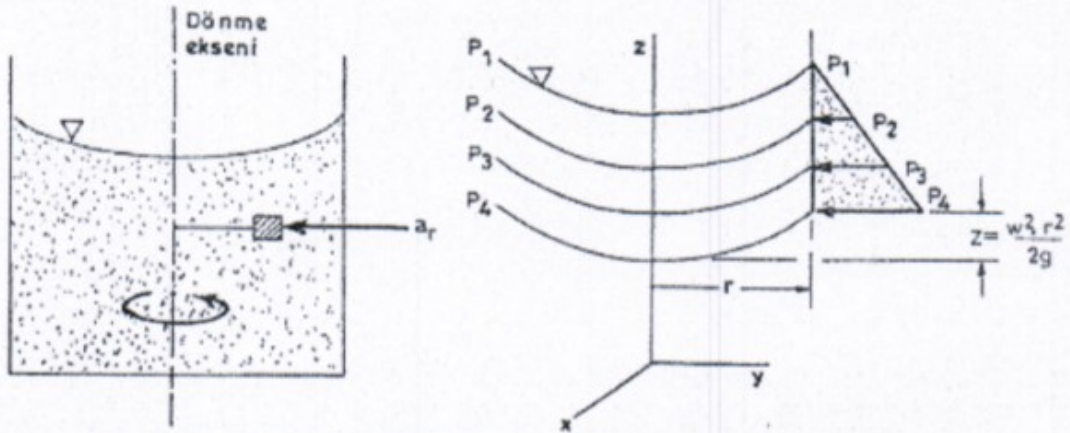


# Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalarda sıvı hareketi kesiksiz olmakta, emme ve basma ağızlarında bir engel bulunmamaktadır. Pompa çarkı sıvıya enerji kazandırmakta, kinetik momentini (momentum momenti) değiştirmekte ve ivme kazandırmaktadır. Emme ve basma ağızları arasında basınç farkı doğmakta bu basınç farkı sıvının emilmesine ve basılmasına neden olmaktadır. Bir santrifüj pompada sıvının hareketi cebri vorteksle (sabit ivmeli dairesel hareket) açıklanmaktadır (Şekil 4.2). Cebri vorteks hareketinde bir kap içerisindeki sıvı sabit bir açısal hızla ( $w$ ) döndürüldüğünde sıvı yüzeyinin denklemi;

$$z = \frac{r^2 \cdot w^2}{2g} + \text{sabit}$$

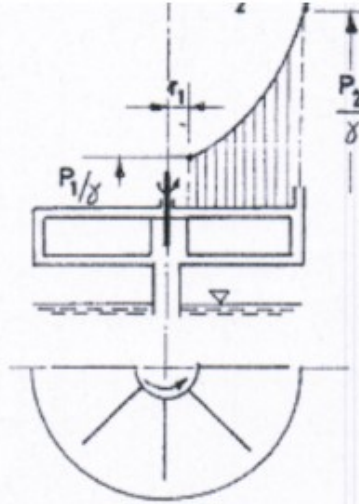
olmaktadır. Sıvının yüzeyindeki basınç dağılımı sıfırdır ve basınç merkezden uzaklaştıkça artmakta ancak düşey yönde basınç değişimi hidrostatik ( $\gamma \cdot z$ ) olmaktadır.



Şekil 4.2. Cebri vortekste (dönen sıvıda) basınç dağılımı

Santrifüj pompanın çalışmasını anlamak için Şekil 4.3'ü göz önüne alalım. Silindirik bir kap ve bu kabın içinde kanatları olan ve döndürülebilen bir çark düşünelim. Silindirik içindeki çark sabit açısal hızla döndürüldüğünde sıvı cebri vorteks hareketi yapacak, katı bir cisim gibi blok halinde dönecektir. Çarkın





**Şekil 4.3.** Santrifüj pompanın çalışma prensibi (Özgür 1983)

merkeze yakın kenarı ile çarkın dış kenarındaki sıvı basınç farkı, yukarıda verilen sıvı yüzeyinin denkleminde;

$$z_2 - z_1 = \frac{w_2^2 \cdot r_2^2}{2 \cdot g} - \frac{w_1^2 \cdot r_1^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = \frac{w^2 \cdot r_2^2 - w^2 \cdot r_1^2}{2 \cdot g} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2 \cdot g}$$

biçiminde gerçekleşecektir.

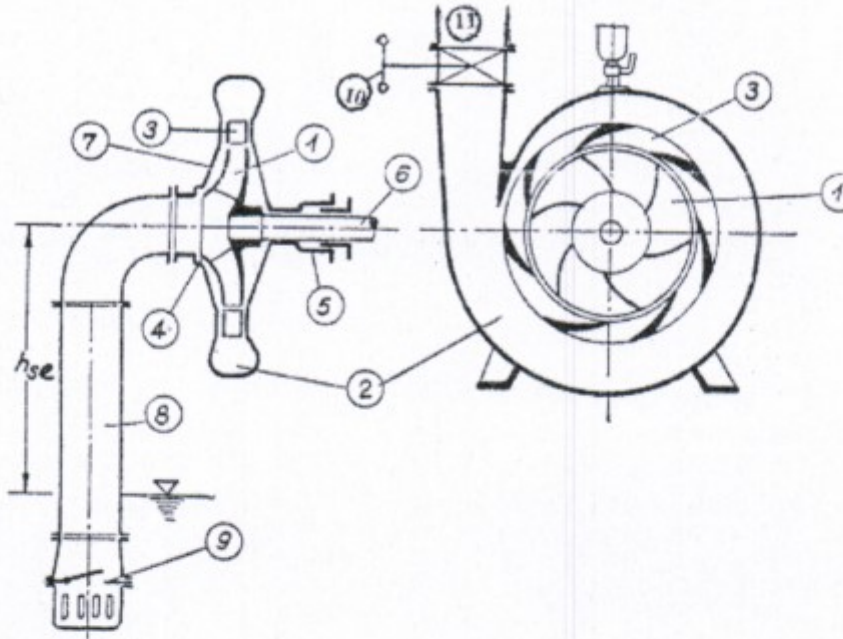
Burada:

- $p_1$  ve  $p_2$ : Çark merkezi ile çark kenarı arasındaki basınçlar,
- $\gamma$ : Sıvının özgül ağırlığı,
- $w$ : Sıvının ya da çarkın açısal hızı,
- $r_1$  ve  $r_2$ : İlgili noktaların merkeze olan uzaklıklarıdır,

Eğer silindirin çevresine bir delik açarsak sıvı buradan merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dışarıya fırlayacak ve basıncın düşmesiyle bu sıvının yerine merkezden başka sıvı emilecektir. Yani içeriden dışarıya bir akış oluşacaktır. Santrifüj pompada da bu olaylar meydana gelmekte, sıvı çark tarafından emme kanalından alınıp basma kanalına gönderilmektedir.

Herhangi bir boru tesisatındaki pompanın görevi sıvının bir noktadan diğer bir noktaya iletilmesi için gerekli enerjiyi sıvıya vermektir. Buradaki sıvı terimi yerine bundan sonra su terimi kullanılacaktır.

Santrifüj pompa, bir gövde içinde belli bir hızla hareket eden çark yardımıyla suya enerji verir. Bu enerji yardımıyla su, boru içinde hareket eder ve bir yerden diğer bir yere iletilir. Santrifüj pompa şematik olarak Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** Santrifüj pompanın şematik görünüşü ve parçaları (1. Çark, 2. Salyangoz, 3. Difüzör, 4. Sızdırmazlık bileziği, 5. Salmastra kutusu, 6. Mil, 7. Gövde, 8. Emme borusu, 9. Dip klapesi ve süzgeç, 10. Vana, 11. Basma borusu) (Özgür 1983)

#### 4.2.2. Santrifüj pompaların sınıflandırılması

Santrifüj pompalar çok değişik tiplerde yapılır. Bu tipler ancak benzer noktalar göz önüne alınarak sınıflandırılabilirler. Bu benzer noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Tezer 1978).

- 1) Suyun pompa içindeki hareketine göre;
  - a) Radyal akışlı pompa: Radyal pompalarda pompaya su aksiyal yönde girer ve radyal yönde çarkı terk eder.
  - b) Aksiyal akışlı pompa: Aksiyal pompalarda su çarka aksiyal (eksenel) yönde girer, aksiyal yönde çarktan çıkar.
  - c) Karışık akışlı pompa: Karışık akışlı pompalarda su çarka aksiyal yönde girer, aksiyal ve radyal doğrultular arasında çarktan çıkar.
- 2) Kademe sayısına göre;
  - a) Kademesiz pompa: Pompa tek bir çark ile çalışır.
  - b) Kademeli pompalar: Bu tip pompalarda birden fazla çark bulunur.
- 3) Çarkların yapım biçimine göre;
  - a) Açık çarklı pompalar: Bu çarkta çark kanatları ön ve arka taraftan açıktır. Açık çark her üç pompa tipinde de kullanılabilir.

b) Yarı açık çarklı pompalar: Yarı açık çarkta çark kanatlarının arka tarafı kapalıdır. Bu tip çark radyal ve karışık akışlı pompalarda kullanılır.

c) Kapalı çarklı pompalar: Kapalı çarkta çarkın ön ve arka tarafı kapalıdır. Çark içindeki suyun hareketi kapalı bir ortamda devam eder. Kanatlar arasındaki boşluklardan geçerek çevreden dışarı atılır. Bu çarklar sadece radyal pompalarda kullanılır.

4) Suyun çarka girişine göre: Bu sınıflandırma sadece radyal ve karışık akışlı pompalar için geçerlidir.

a) Tek girişli pompalar: Su pompaya tek taraftan girer.

b) Çift girişli pompalar: Çift girişli pompalarda su çarkın her iki yanından aksiyal yönde girer ve çarktan radyal veya karışık akışlı yönden çıkar.

5) Gövde yapısına göre:

a) Salyangoz (Volüt) gövdeli pompalar: Bu tip pompalarda çarkın çevresinde genişleyen tek bir kanal vardır.

b) Difüzör gövdeli pompalar: Bu tip pompalarda çarkın çevresinde birden fazla kanal vardır.

6) Suyu emme durumlarına göre:

a) Kendinden emişli pompalar: Bu tip pompalarda dip klapesi pompa gövdesi üzerine yerleştirilmiştir.

b) Kendinden emişli olmayan pompalar.

7) Pompa milinin durumuna göre:

a) Yatay milli (eksenli) pompalar

- Uçtan emmeli,
- Yandan emmeli,
- Alttan emmeli,
- Üstten emmeli.

b) Düşey milli (eksenli) pompalar

- Kuru düşey milli,
- Yaş düşey milli.

c) Eğik milli (eksenli) pompalar

8) Gövdenin ayrılma durumuna göre:

a) Yatay düzlemde ayrılan pompalar,

b) Düşey düzlemde ayrılan pompalar.

9) Basınç durumuna göre:

Basınca göre yapılan sınıflandırma için kesin rakamlar verilememektedir. Fakat basınç değerleri pompa tiplerine göre tanımlanmaktadır.

a) Yüksek basınçlı pompalar: Radyal pompalar düşük verdileri yüksek basınçlara ileten pompalardır.

b) Orta basınçlı pompalar: Karışık akışlı pompalar orta basınçlı pompalar grubundadır.

c) Düşük basınçlı pompalar: Aksiyal pompalar düşük basınçlı pompalar grubuna girer ve büyük verdileri düşük yüksekliklere iletmekte kullanılırlar.



Pompa performans analizlerini yapmak için bir takım temel parametreler kullanılır. Akışkanın pompadan geçen kütle debisi  $\dot{m}$  belli başlı pompa parametresidir. Sıkıştırılamaz akışlarda hacimsel debi daha çok kullanılır.

$$Q = \dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

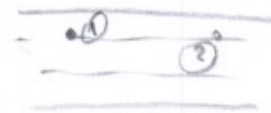
### Bernoulli Denklemleri

Basınç, hız ve yükseklik arasındaki ilişkiyi temsileden yaklaşık bir bağıntıdır. Bu denklem net sirtlinme kuvvetlerin ihmal edilebilir olduğu daimi, sıkıştırılamaz akış bölgelerinde geçerlidir.

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2g} + gz = \text{sb} \text{ (Bir akım çizgisi boyunca)}$$

Akım çizgisi üzerinde her hangi iki nokta arasında Bernoulli denklemi

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2$$





Bernoulli' denkleminin kullanımında bazı sınırlamalar vardır. Bunlardan biride

- Milîşinin olmaması : Bernoulli' denklemini bir akım çizgisi boyunca hareket eden akışkan parçacığına uygulanan kuvvet dengesi yazılarak türetilmiştir. Bu nedenle Bernoulli' denklemini pompa, türbin, fan yada başka bir makine yada çark gibi akım çizgilerinin bozulmasına neden olan ve akışkan parçacıklarıyla enerji etkileşimine giren makinelerin bulunduğu akım bölgelerinde uygulanmaz. Bu tür durumlarda ENERJİ denklemini kullanılır.

Bernoulli' denklemini penelikle yük (m) olarak gösterilir.

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z = H = SB \quad (\text{bir akım çizgisi boyunca})$$

→ Toplam yük

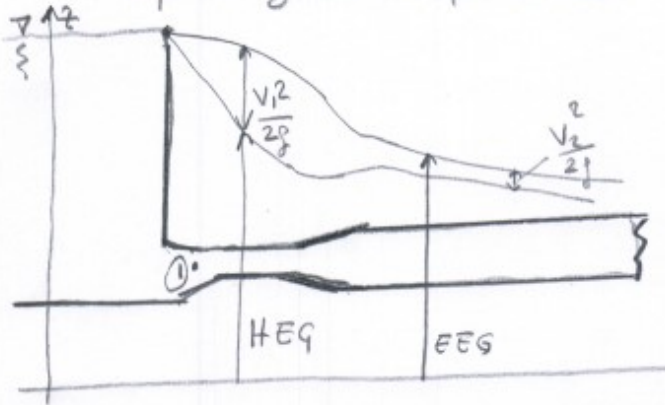
$$\frac{P}{\rho g} \rightarrow \text{Basınç yükü}$$

$$\frac{V^2}{2g} \rightarrow \text{Hız yükü}$$

$$z \rightarrow \text{yükseklik yüküdür.}$$

Hidrolik eğim çizgisi (HEG),  $\frac{P}{\rho g} + z$ , statik basınç ve yükseklik yükünün toplamını ifade eden çizgidir.

Enerji eğim çizgisi (EEG),  $\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z$ , Akışkanın toplam yükünü ifade eder.



Daimi akışlar için Enerji denklemi

$$\dot{Q}_{\text{net çıkış}} + \dot{W}_{\text{net gir}} = \sum_{\text{Çıkan}} \dot{m} \left( h + \frac{V^2}{2g} + gz \right) - \sum_{\text{Giren}} \dot{m} \left( h + \frac{V^2}{2g} + gz \right)$$

Bu denkleme göre daimi akış esnasında bir kontrol hacmine ısı ve iş birliğinde birim zamanda geçen net enerji, kütle yoluyla kontrol hacmine birim zamanda giren ve çıkan enerjilerin arasındaki farka esittir.

$$h = u + pu = u + \frac{p}{\rho}$$

Tek atımlı sistemler

$$q_{\text{net, gir}} + W_{\text{mil, net-gir}} = h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

$$W_{\text{mil, net-gir}} + \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + (u_2 - u_1 - q_{\text{net, gir}})$$

ideal akıslarda mekanik kayıplar = 0

Gerçek akıslarda mekanik kayıplar vardır.

$$Q_{\text{mek. kayıp}} = u_2 - u_1 - q_{\text{net, gir}}$$

$$W_{\text{mil, net-gir}} = \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + E_{\text{mek. kayıp}}$$

$$W_{\text{mil, net-gir}} = W_{\text{pompa}} - W_{\text{türbin}}$$

$$\dot{m} \left( \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 \right) + \dot{W}_{\text{pompa}} = \dot{m} \left( \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \right) + \dot{W}_{\text{türbin}} + \dot{E}_{\text{mek. kayıp}}$$

$$E_{\text{mek. kayıp}} = E_{\text{mek. kayıp, pompa}} + E_{\text{mek. kayıp, türbin}} + E_{\text{mek. kayıp, borular}}$$

yük emsin den ifade edersek.

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{\text{pompa}} = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_{\text{türbin}} + h_L$$

$h_{\text{pompa}} \Rightarrow$  pompa tarafından akıslara verilen faydalı yük

$h_{\text{türbin}} \Rightarrow$  Türbin tarafından akıslardan çekilen yük