

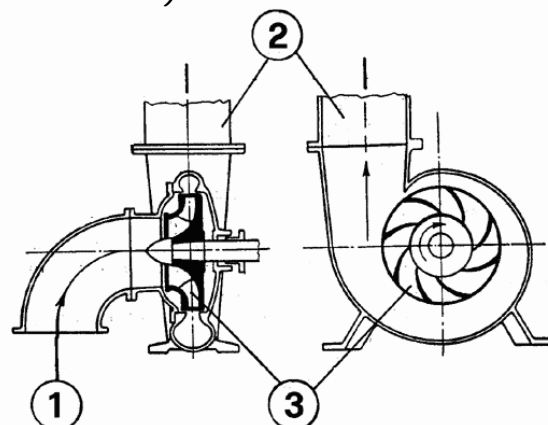
# Pompe



**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe centrifughe (*Centrifugal pumps*)

- Le pompe sono macchine idrauliche operatrici che, ricevendo energia meccanica da un qualsiasi motore, la trasmettono, nella misura consentita dal rendimento del gruppo pompa-motore, al liquido che le attraversa.
- Le pompe si possono classificare in due categorie: macchine a moto rotatorio (più diffuse) e a moto alternativo.

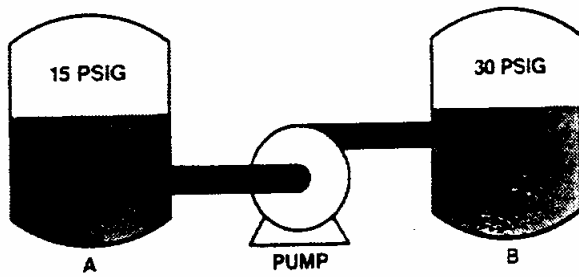


(1) Tubo di aspirazione; (2) Tubo di mandata;  
(3) Girante

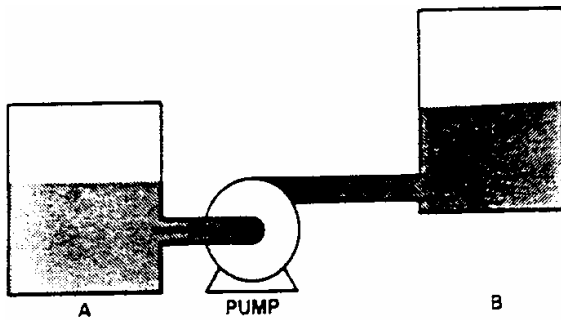
**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

# Pompe centrifughe (*Centrifugal pumps*)

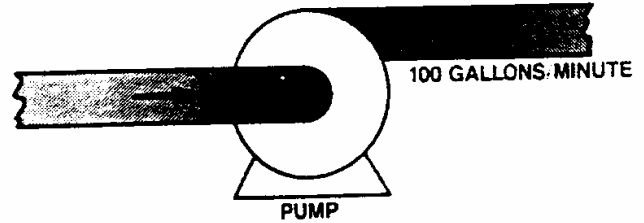
Utilizzo tipico:



Force Liquid into a Pressure Vessel



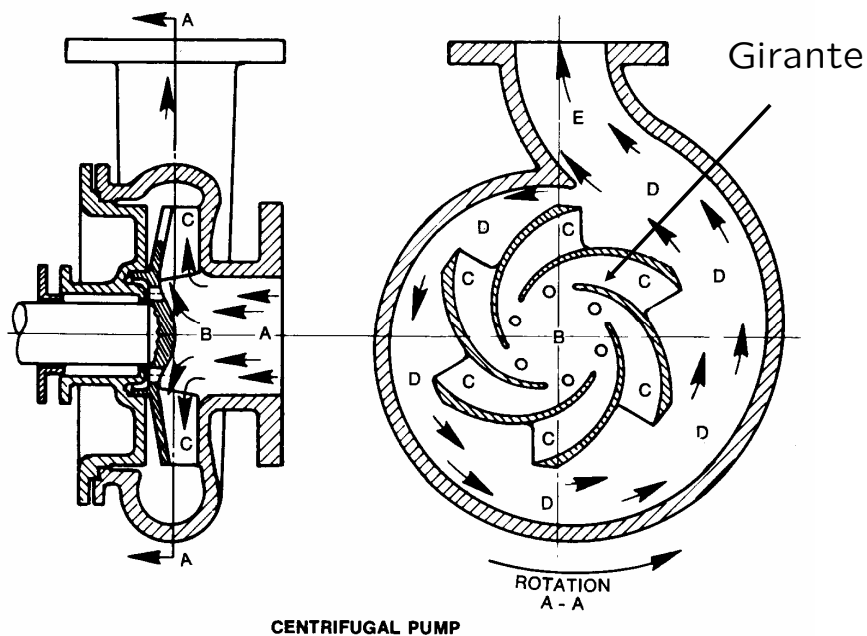
Raise Liquid to Another Level



Overcome Pipe Friction

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

# Pompe centrifughe (*Centrifugal pumps*)



**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe centrifughe

– Grandezze fondamentali di una pompa:

- $w$  = portata massica,  $q$  = portata volumetrica
- $p_e$  = pressione del fluido alla flangia di aspirazione
- $p_u$  = pressione del fluido alla flangia di mandata
- $H = H_u - H_e$  = prevalenza totale (in metri di colonna di liquido)

$$H_u = \frac{v_u^2}{2g} + z_u + \frac{p_u}{\rho g} \quad H_e = \frac{v_e^2}{2g} + z_e + \frac{p_e}{\rho g}$$

$$\Rightarrow H = H_u - H_e = \frac{v_u^2 - v_e^2}{2g} + z_u - z_e + \frac{p_u - p_e}{\rho g} \approx \frac{p_u - p_e}{\rho g}$$

$v_u \approx v_e \quad z_u \approx z_e$

- $\eta$  = rendimento totale (rapporto fra potenza meccanica fornita al fluido e potenza elettrica fornita)
- $n$  = velocità di rotazione dell'albero della pompa
- Condizioni nominali:  $\eta = \eta_{\max}$  per  $n = n_0$ ,  $H = H_0$ ,  $q = q_0$
- $q$  = portata

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe centrifughe

– Curva caratteristica  $\approx$  parabola

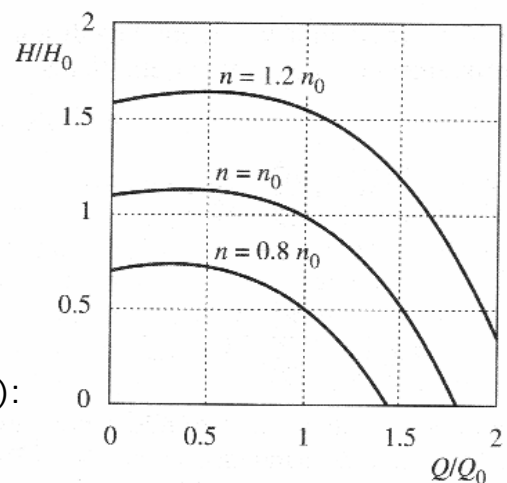
$$H = An^2 + Bq^2$$

in condizioni di portata  $q=0$ ,  $n=n_0$ :

$$A = \frac{H_M}{n_0^2} \quad H_M = \text{prevalenza per } q=0$$

in condizioni nominali ( $q=q_0$ ,  $H=H_0$ ,  $n=n_0$ ):

$$B = \frac{H_0 - H_M}{q_0^2}, \quad H_0 \approx (0.75 \div 0.90)H_M$$



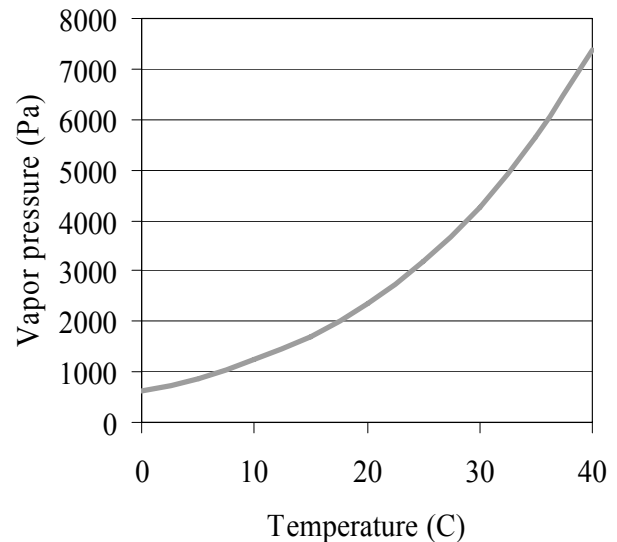
– Incremento di pressione  $\Delta p$ :  $\Delta p = p_u - p_e = \rho g (An^2 + Bq^2)$

$$\Delta p = \rho g \left[ H_M \left( \frac{n}{n_0} \right)^2 + \frac{H_0 - H_M}{q_0^2} \frac{w^2}{\rho^2} \right] = k_{p1} \rho \left( \frac{n}{n_0} \right)^2 + k_{p2} \frac{w^2}{\rho}, \quad k_{p2} < 0$$

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

# Cavitazione

- Quando la pressione è minore della pressione di vapore si formano bolle di vapore
- Quando le bolle collassano, si sviluppano pressioni molto elevate (800 MPa)
- Corrosione delle parti interne della pompa, rumore
- Zona di pressione minima: all'entrata del liquido sulle pale della girante ("occhio della girante")



**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## NPSH (*Net Positive Suction Head*)

- Per determinare se si sta verificando cavitazione, si utilizza la quantità:

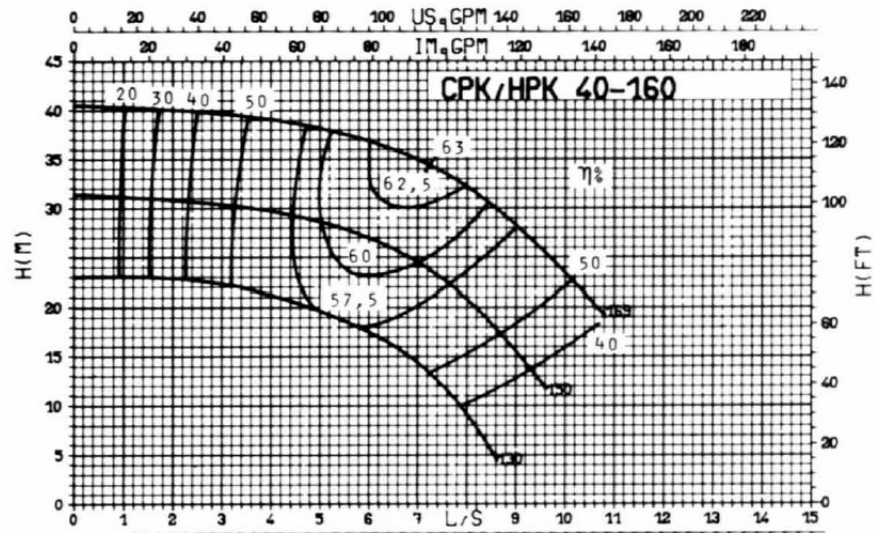
$$\text{NPSH} = \frac{p_e - p_{\min}}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g}$$

- $p_{\min}$  = pressione nella zona a pressione minima
- $v_e$  = velocità media del fluido alla flangia di aspirazione

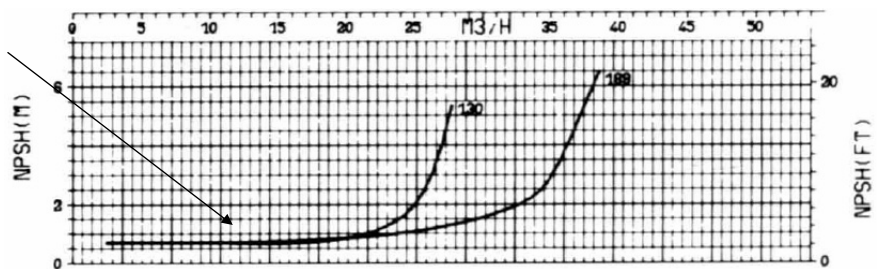
- Cavitazione: per  $p_{\min} \leq p_v$ , e quindi: 
$$\text{NPSH} \geq \frac{p_e - p_v}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g}$$

- $p_v$  = pressione di vapore del liquido alla temperatura media nella zona a pressione minima

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**



$$\text{NPSH} \approx \frac{p_e - p_{\min}}{\rho g}$$



**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe volumetriche

- Modello semplificato:

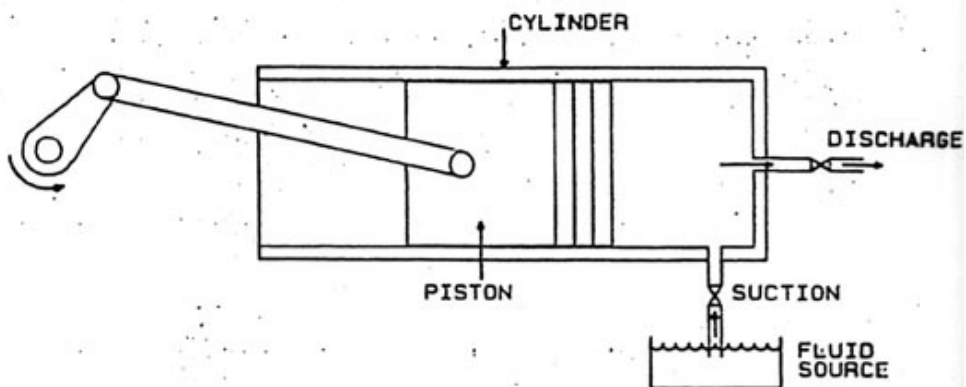


Figure 28-1. Reciprocating positive-displacement pump.

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe volumetriche

- Inviano alla flangia di mandata sempre lo stesso volume di fluido ad ogni ciclo, indipendentemente dalla pressione del fluido
  - La portata volumetrica  $q$  è proporzionale alla velocità della pompa

$$q = \eta_v k_1 n$$

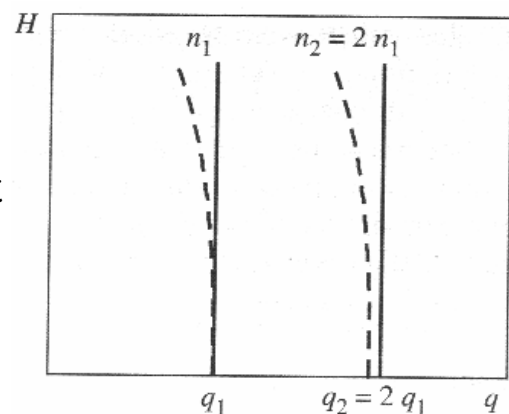
- $n$  = velocità di rotazione dell'albero motore che aziona la pompa
- $\eta_v$  = rendimento volumetrico (o grado di riempimento) = rapporto tra il volume effettivamente pompato ad ogni ciclo e il volume interno massimo occupabile. Diminuisce all'aumentare di  $H$  e  $n$
- $k_1$  = costante che dipende dalle caratteristiche della pompa

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe volumetriche

- Caratteristica reale:
  - $q = \eta_v k_1 n$
- Caratteristica ideale:  $\eta_v = \text{cost}$

$$q = k_p n$$

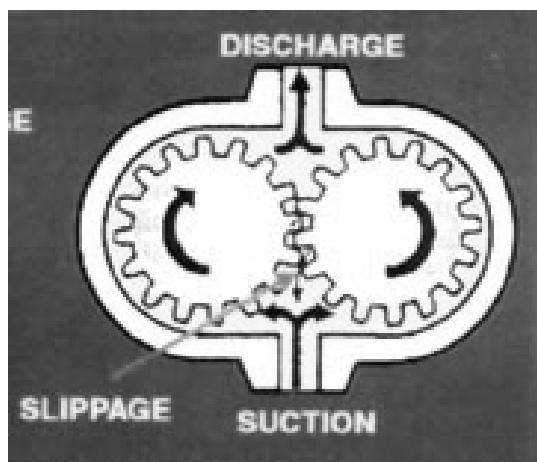


- Nota:  $q$  = portata volumetrica media

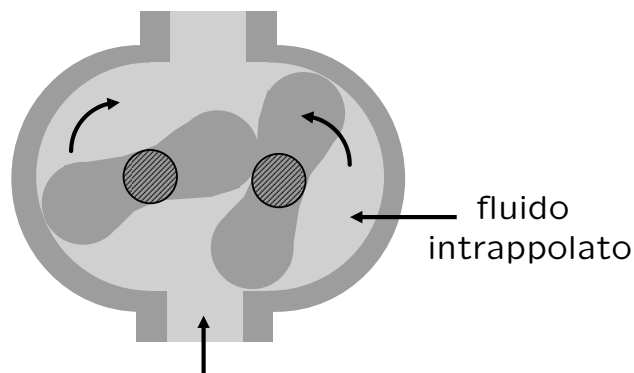
**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe a ingranaggi (*gear pumps*)

- Fornisce un volume costante con la velocità di rotazione con piccole fluttuazioni di pressione



gear pumps

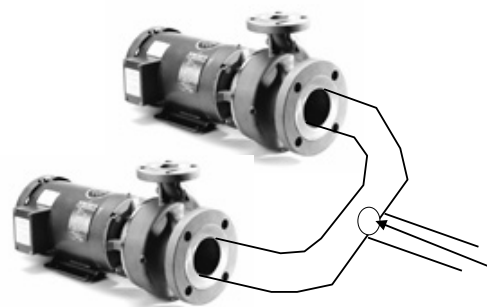


two-lobe rotary pumps

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

## Pompe in parallelo e in serie

- Parallelo
  - Portata si somma
  - Prevalenza non cambia
- Serie
  - Portata non cambia
  - Prevalenza si somma



**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**

---

Pompe

Fine

**Tecnologie dei Sistemi di Controllo - A. Bemporad - A.a. 2007/08**