

Pompe cinetiche

centrifughe ed assiali

Prof.ssa Silvia Recchia

Classificazione delle pompe

In base al diverso modo di operare la trasmissione di energia al liquido le pompe si suddividono in:

- **POMPE CINETICHE**
- la parte mobile ruota trasferendo al liquido energia cinetica che successivamente si trasforma in energia di pressione (pompe centrifughe e assiali)
- la portata erogata dipende dalla prevalenza.

Pompe cinetiche

Pompe assiali ad elica
entrata ed uscita del liquido sono
parallele

Pompe centrifughe
(radiali)
entrata e uscita del
liquido ortogonali

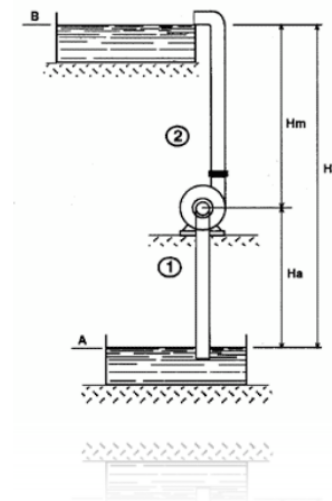
**POMPE
CINETICHE**

CLASSIFICAZIONE

Generalità

POMPE CINETICHE

macchine operatrici rotative che trasmettono al liquido ENERGIA POTENZIALE DI PRESSIONE per superare un dislivello



Generalità

POMPE CINETICHE

sono le **più diffuse** in quanto offrono
una notevole resistenza all'usura,
un elevato numero di giri e quindi facile
accoppiamento diretto con i motori elettrici,
portate continue con valori abbastanza elevati
(250-500 m³/min),
valori di prevalenza da 30 fino a 500 metri di colonna
d'acqua.

Pompe cinetiche

l'energia viene trasmessa al liquido per mezzo di una
GIRANTE DOTATA DI CANALI IN ROTAZIONE per
azione della forza centrifuga

di solito sono accoppiate ai motori elettrici o alle
turbine per mezzo di un giunto elastico

vengono dette ELETTOPOMPE O
TURBOPOMPE

Prestazioni

Basse prevalenze:

30 bar (monostadio)

fino a 500 bar (multistadio)

Elevate portate:

fino a 120 m³/s

Rendimenti totali:

0,6 - 0,8

Materiali

Carcassa:

ghisa

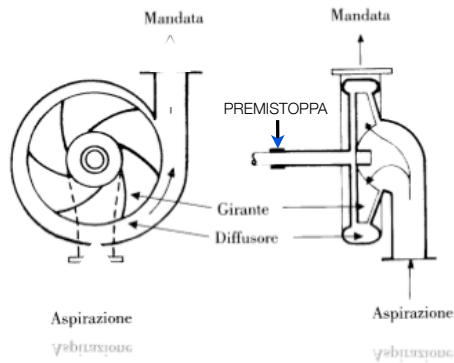
rivestimenti con resine poliammidiche (per liquidi
corrosivi)

Girante:

acciaio di qualità --> bronzo

acciai speciali --> ghisa siliciosa

Pompe assiali

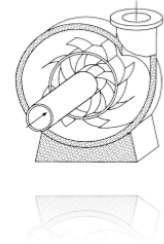


Entrata ed uscita del liquido sono parallele

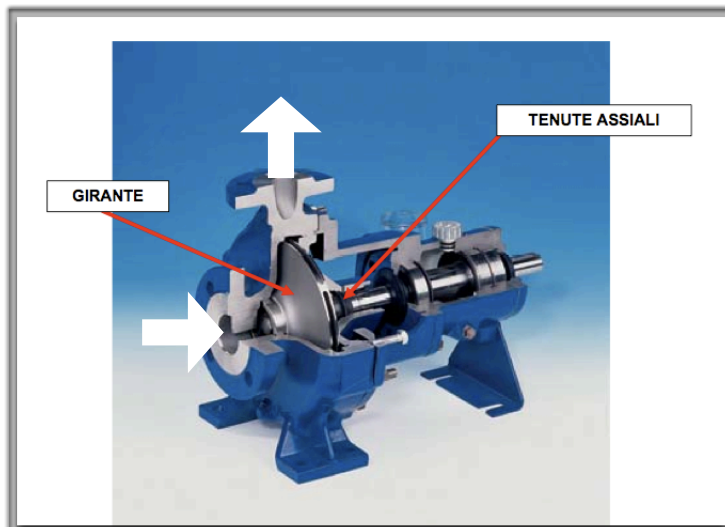
- Il liquido è costretto a muoversi per forza centrifuga dal centro alla periferia
- elevato gioco tra organo fisso e mobile: per liquidi con solidi sospesi
- il premistoppa garantisce la tenuta verso l'ambiente esterno

Pompe centrifughe a flusso radiale

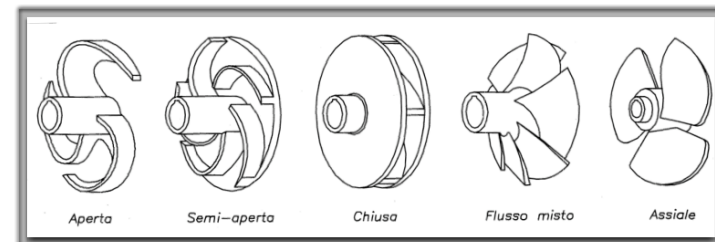
l'entrata e l'uscita del liquido sono **ortogonali** tra loro
 l'intera massa liquida ruota come un corpo rigido dentro la pompa
 in corrispondenza del centro di rotazione si determina una **depressione**.



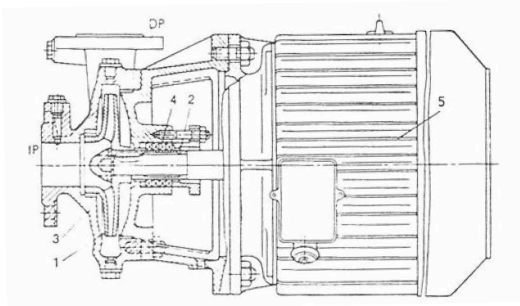
Queste considerazioni giustificano il fatto che l'alimentazione viene fatta in corrispondenza del centro della girante, tali pompe sono in grado di aspirare liquido entro certi limiti



Giranti



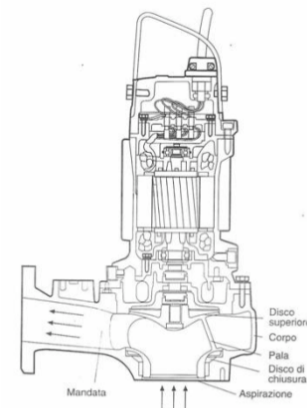
Pompe ad asse orizzontale



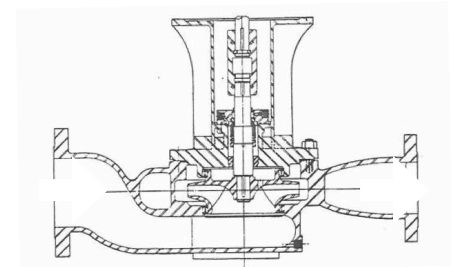
Pompa centrifuga ad asse orizzontale
Pompa centrifuga ad asse orizzontale

nel caso dell'acqua, la profondità massima teorica di aspirazione è di 10,33 m.c.a., ma per le perdite di carico si abbassa a 6-7 m.c.a.

Pompe ad asse verticale



Pompa sommersa ad asse verticale
Pompa sommersa ad asse verticale

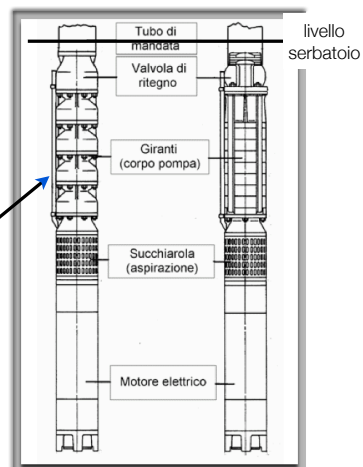


Pompa centrifuga ad asse verticale
Pompa centrifuga ad asse verticale

Pompe ad asse verticale

l'asse verticale permette di immergere il corpo della pompa nel liquido riducendo a zero l'altezza di aspirazione e fornendo prevalenze più elevate.

molto spesso per garantire elevate prevalenze sono in multistadio



Pompe multigiranti/multistadio

Le pompe con più di una girante sono dette **multistadio** e sono spesso impiegate per l'emungimento da pozzi.

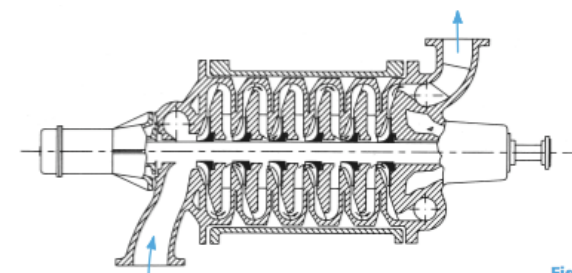


Fig. 14.10
Fig. 14.10

Pompe multigiranti/multistadio

il liquido entra nella prima girante e all'uscita entra nella seconda e così via;

la prevalenza è data dalla somma delle prevalenze dei singoli stadi;

il numero di stadi è funzione della pressione che si vuole ottenere alla mandata

Innesco

non sono in grado di autoinnescarsi, quindi devono essere **sempre piene di liquido**

Vantaggi e svantaggi

- 1) semplice costruzione e di basso costo
- 2) portata costante
- 3) bassi costi di manutenzione
- 4) minimo ingombro

Principio di funzionamento

La forza centrifuga applicata al liquido dalla girante lo spinge verso l'esterno creando un **depressione** nel condotto di ingresso assiale (*occhio della pompa*)

la depressione richiama a sua volta altro liquido nel tubo di aspirazione

la girante deve ruotare con **n° di giri** tale da generare la depressione minima, un ulteriore aumento determina un incremento della portata del liquido

Aforismi

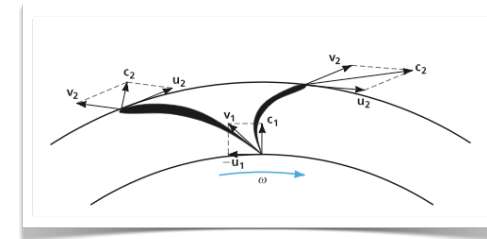
Per diminuire le perdite ed **aumentare il rendimento** è necessario:

1. ingresso del liquido senza urti
2. uscita del liquido con minima velocità

1.

Nella pratica, come si realizzano?

Triangoli di velocità



$$c_1 = u_1 + v_1$$

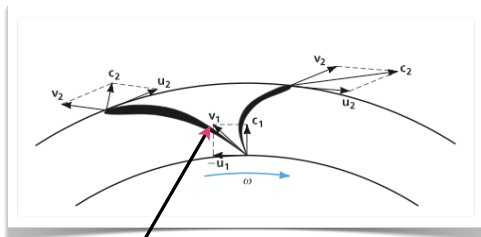
$$v_1 = c_1 - u_1$$

c_1 : velocità assoluta dell'acqua con cui entra nella pompa

$u_1 = \omega \cdot r_1$: velocità di trascinamento della girante

v : velocità relativa dell'acqua.

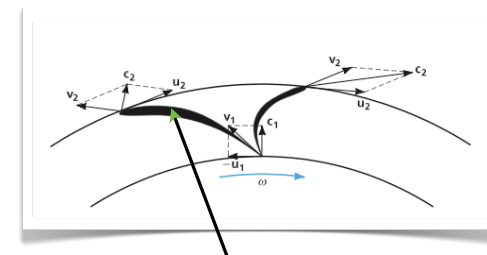
Triangoli di velocità



Per consentire all'acqua di entrare senza urti nella girante e quindi per ottenere massimo rendimento, la pala deve essere tangente alla direzione della velocità del liquido e perciò tangente al vettore v_1 .

essere tangente alla direzione della velocità del liquido e perciò tangente al vettore v_1 .

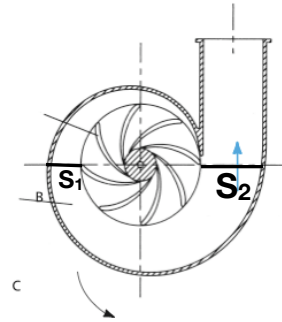
Triangoli di velocità



- Per giranti con **pale rivolte all'indietro** rispetto al verso della rotazione diminuisce il vettore c_2 (velocità di uscita dell'acqua dalla girante) e anche il 2° aforisma è rispettato
- Diminuendo c_2 (energia cinetica del fluido in uscita) aumenta l'energia di pressione dello stesso (*Bernoulli*)
- è proprio questo che si vuole ottenere maggiormente nelle pompe.

Forma del diffusore e della carcassa

- Anche nel **diffusore e nella carcassa sagomati a forma di chiocciola** si ha una ulteriore trasformazione dell'energia cinetica del liquido in energia di pressione;
- infatti l'aumento della sezione della chiocciola provoca una diminuzione di velocità del fluido; di conseguenza aumenta la pressione del liquido.
- La pressione elevata determina prevalenze elevate della pompa.



Classificazione

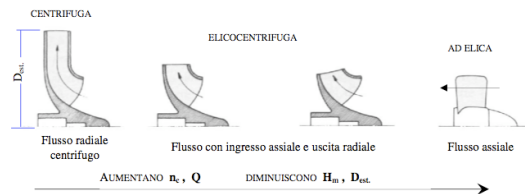
(numero di giri caratteristico, n_c)

| Tipo di pompa | Tipo di girante | n_c | H | Q |
|---------------|---------------------|-----------|---------|---------|
| LENTA | Radiale alta P | 6 - 60 | ELEVATA | BASSA |
| NORMALE | Radiale media P | 40 - 100 | ALTA | MEDIA |
| VELOCE | Semiradiale bassa P | 100 - 200 | MEDIA | ALTA |
| AD ELICA | Assiale ad elica | 200 - 400 | BASSA | ELEVATA |

Classificazione

(numero di giri caratteristico, n_c)

- Nel passaggio dalle pompe centrifughe lente a quelle veloci cambia la **forma costruttiva della girante**



- Si può notare anche che il flusso dell'acqua, passando dalle pompe lente a quelle veloci, **da radiale centrifugo diventa assiale**.

PARAMETRI CARATTERIZZANTI

numero di giri caratteristico

potenza assorbita

rendimento

portata volumetrica

prevalenza manometrica

NPSH - altezza di aspirazione netta

La cavitazione

All'interno della pompa si ha una perdita di carico con diminuzione locale della pressione ad un valore inferiore alla tensione di vapore del liquido stesso, che subisce così un cambiamento di fase a gas, formando *cavità* contenenti vapore.

La presenza nella pompa di aeriforme porta al cattivo funzionamento della stessa, la pompa comincia a vibrare fino a farsi rumorosa e la prevalenza cade nettamente.

Questo fenomeno prende il nome di **cavitazione**. In ogni caso la pressione all'interno del sistema deve sempre essere maggiore della tensione di vapore del liquido.

Effetti della cavitazione



Quando le bolle di vapore trascinate dalla corrente arrivano in zone con pressioni più elevate, collassano producendo **onde di pressione di elevata intensità**. L'effetto è che particelle di liquido colpiscono con estrema violenza le parti della pompa causandone l'erosione e, a volte, anche la rottura.



La cavitazione provoca una notevole perdita di efficienza, emissione di rumore e danneggiamento dei componenti.

NPSH e cavitazione

L'aumento della depressione nella pompa viene quantificato da un parametro chiamato **NPSH** (NET POSITIVE SUCTION HEAD O ALTEZZA NETTA POSITIVA DI ASPIRAZIONE), fornito dal costruttore.

$$NPSH = \frac{P_{ingr.}}{\gamma} - \frac{P_{vap.}}{\gamma}$$

che rappresenta il carico assoluto in metri di colonna di liquido (mc.l.) all'ingresso della pompa, al di sopra del carico dovuto alla pressione di vapore.

I valori di NPSH AUMENTANO all'aumentare della portata.

NPSH e cavitazione

Per evitare la cavitazione deve risultare

$$NPSH \leq \frac{P_{ingr.}}{\gamma} - \frac{P_{vap.}}{\gamma}$$

Ma abbiamo visto prima che $\frac{P_{ingr.}}{\gamma} = \frac{P_{serb.}}{\gamma} - h_a - Y_a$ per cui si ottiene

$$\frac{NPSH}{\text{capacità di aspirazione della pompa}} \leq \frac{P_{serb.}}{\gamma} - h_a - Y_a - \frac{P_{vap.}}{\gamma} = \underbrace{\frac{P_{serb.} - P_{vap.}}{\gamma} - h_a - Y_a}_{\text{condizioni di aspirazione dell'impianto}}$$

da cui si calcola l'altezza di aspirazione $h_a \leq \frac{P_{serb.} - P_{vap.}}{\gamma} - NPSH - Y_a$

Quindi una pompa deve posizionarsi, rispetto al pelo libero del serbatoio, ad un'altezza sempre inferiore all'altezza di aspirazione.

Per evitare la cavitazione

Installare una **pompa "booster"** in serie disposta a monte della pompa principale. La pompa booster è contraddistinta da un NPSH assai ridotto e da una prevalenza modesta, ma sufficiente ad innalzare nella giusta misura la pressione all'ingresso della pompa principale.

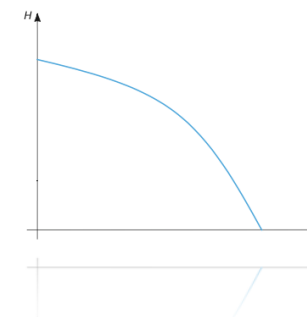
Adottare una **pompa con "inducer"**; tale componente è una girante assiale con NPSH molto basso calettata sullo stesso albero, in modo da fornire una prerotazione al fluido in ingresso nella parte centrifuga.

Regolazione della portata

si effettua

regolando la valvola di mandata della pompa (variando Q , variano anche H_m e η_t)

mediante **by-pass di riciclo di una parte della mandata all'aspirazione** (permette di mantenere costante H_m , mentre diminuisce η_t , dal momento che diminuisce η_v)



Regolazione portata/prevalenza

per aumentare portata e affidabilità, le pompe si installano a coppia, **in parallelo**;

in serie per evitare la cavitazione e aumentare la prevalenza.

Scelta di un pompa idraulica

La scelta del tipo di pompa da installare è determinata da diversi fattori:

- 1) la **prevalenza** che si vuole ottenere;
- 2) la **portata** necessaria;
- 3) il **tipo di liquido** da pompare (per il materiale di cui sono costituite le parti della pompa)
- 4) il **tipo di energia** disponibile (per la scelta del motore da accoppiare alla pompa)

Scelta di un pompa idraulica

| Cosa devo ottenere | Quale macchina scelgo |
|---|------------------------|
| bassa prevalenza (60-100 m); portata medio-bassa | pompa centrifuga |
| elevata prevalenza (oltre 100 m); portata bassa | pompa volumetrica |
| bassa prevalenza (fino a 10 m); portate ingenti | pompa assiale |
| a parità di portata e ad impianto realizzato voglio aumentare la prevalenza | più pompe in serie |
| a parità di prevalenza voglio aumentare la portata e l'affidabilità dell'impianto | più pompe in parallelo |