



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Dipartimento
di Ingegneria Industriale

Le pompe volumetriche rotative

Corso di Macchine 1

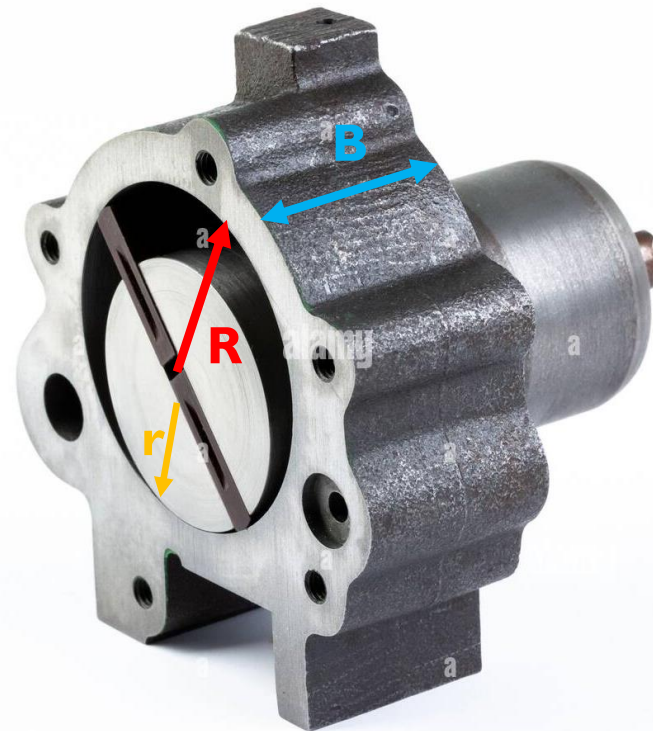
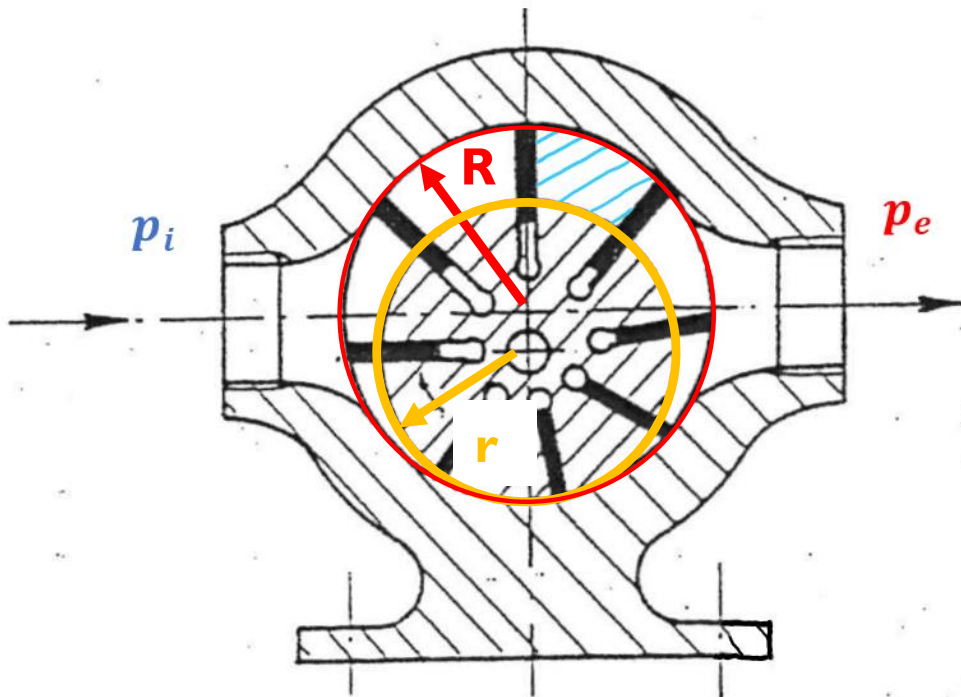
Agenda

- ▶ Pompe volumetriche rotative a palette
 - ▶ Dimensionamento
 - ▶ Portata
 - ▶ Potenza assorbita
- ▶ Pompe volumetriche a ingranaggi (e a lobi)
- ▶ Curve caratteristiche delle pompe rotative
- ▶ Campi di impiego e condizioni di esercizio



Pompe rotative a palette: geometria

- La pompa rotativa a palette è costituita da una cassa con una camera cilindrica interna avente:
 - diametro $D = 2R$
 - lunghezza assiale B
- al cui interno ruota un tamburo interno di diametro $d = 2r$ disposto eccentricamente all'interno della cassa



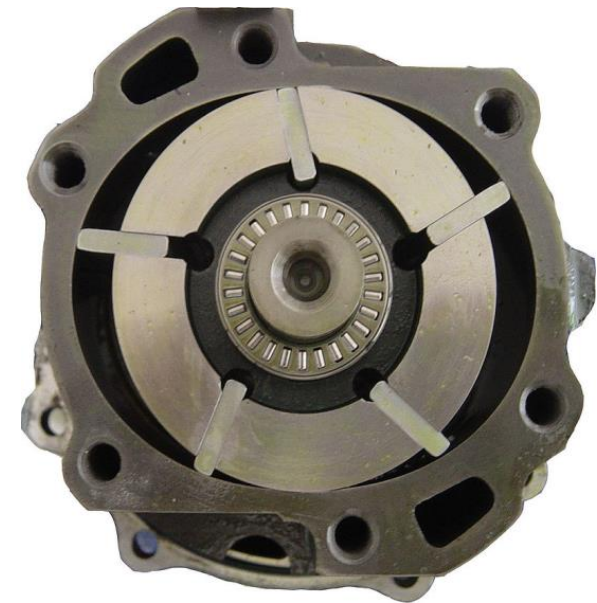
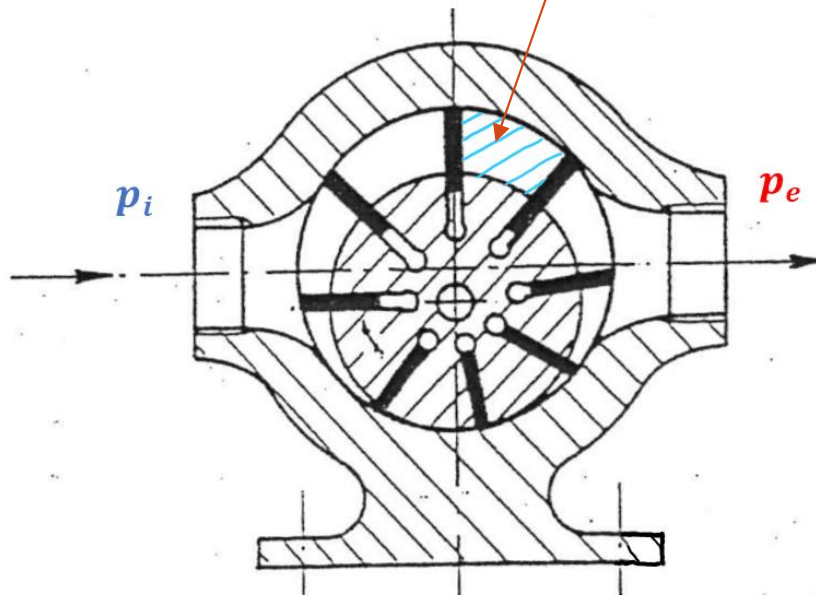
Pompe rotative a palette: **portata**

- La **portata elaborata** dalla pompa in **condizioni ideali** (assenza di fughe/trafilamenti) è:

$$Q_{vi} = Z \cdot V_{vano} \frac{n}{60}$$

Numeri di vani
scaricati in un giro

Volume del
singolo vano



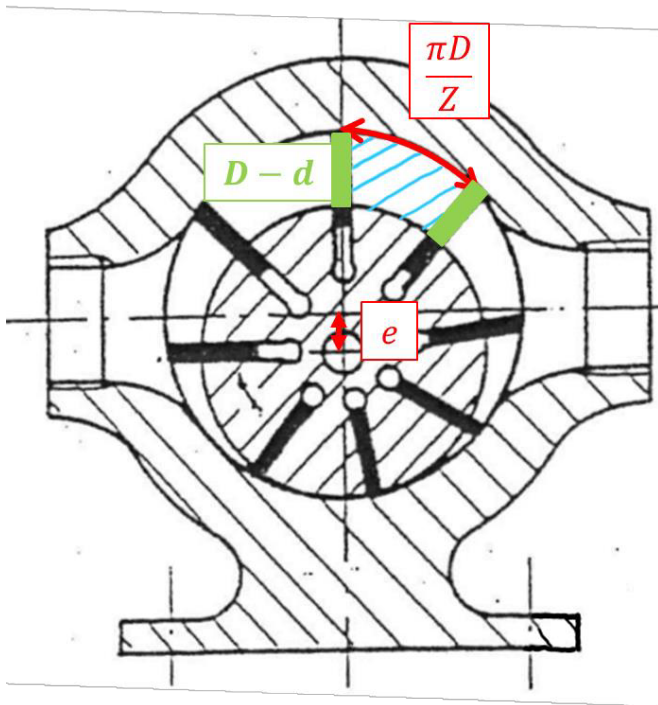
Data una certa Q_{vi} di progetto, come si dimensiona la macchina?

Pompe rotative a palette: dimensionamento

- La **portata** elaborata dalla pompa in **condizioni ideali** è quindi:

$$Q_{vi} = V_g \frac{n}{60} = k_v \pi D B 2 e \left(1 - \frac{s Z}{\pi D}\right) \frac{n}{60}$$

- A causa dei **trafilamenti di portata** Q_{vf} attraverso le tenute, la portata Q_v inviata alla mandata è minore di Q_{vi}



- Per tenere conto della portata di fuga Q_{vf} si utilizza il **rendimento volumetrico**:

$$\eta_v = \frac{Q_{vi} - Q_{vf}}{Q_{vi}} = \frac{Q_v}{Q_{vi}}$$

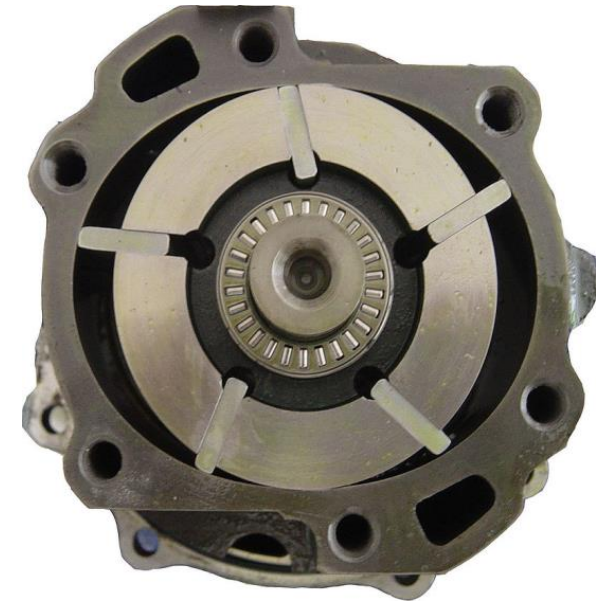
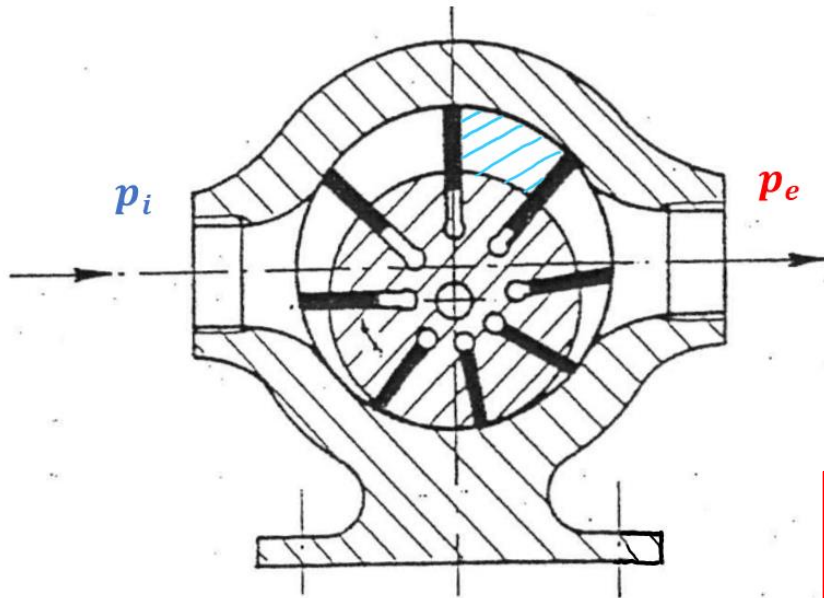
- La portata volumetrica che effettivamente fluisce alla mandata è quindi:

$$Q_v = \eta_v Q_{vi} = \eta_v k_v \pi D B 2 e \left(1 - \frac{s Z}{\pi D}\right) \frac{n}{60}$$

Pompe rotative a palette: portata

- Si è trovata quindi una correlazione tra la portata di progetto e alcune caratteristiche geometriche della pompa:

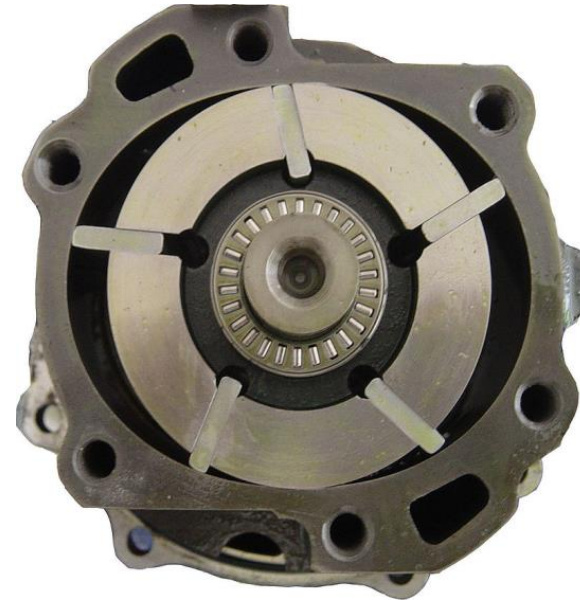
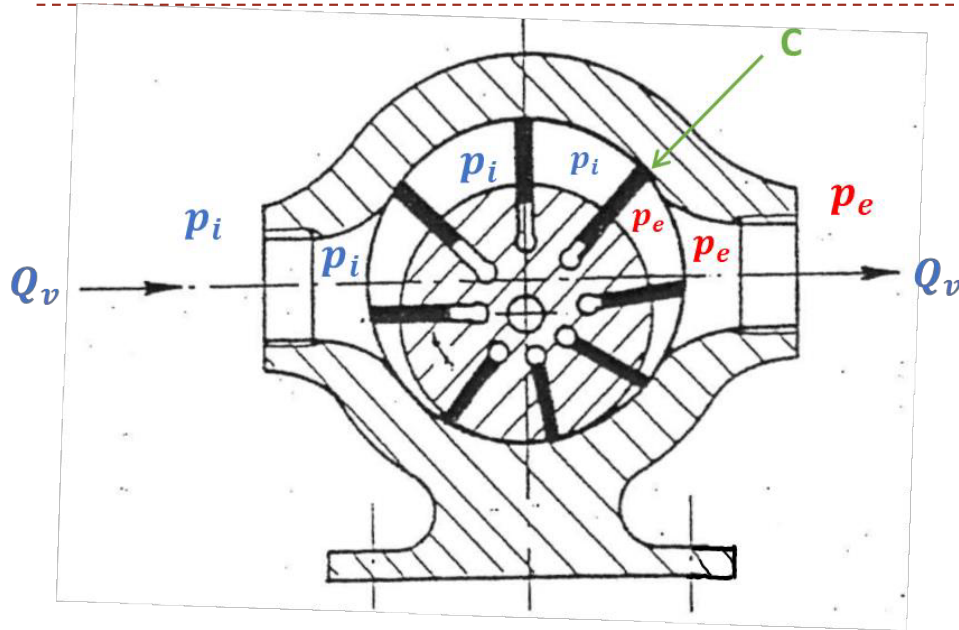
$$Q_v = \eta_v k_v \pi D B 2 e \left(1 - \frac{s Z}{\pi D}\right) \frac{n}{60}$$



Quali saranno però le **prestazioni** di questa pompa?

E' necessario trovare una nuova correlazione!!

Pompe rotative a palette: **potenza assorbita**



- Le pompe rotative hanno un ruolo **passivo** nel processo di compressione
- La potenza assorbita P_{alb} è legata al **momento** fornito alle palette per **trasferire** la portata Q_v dalla aspirazione alla mandata
- Per trasferire la portata Q_v , la paletta **C** deve ricevere dal motore un momento tale da sopperire alla differenza di pressione $\Delta p = p_e - p_i$ che agisce sulla sua superficie

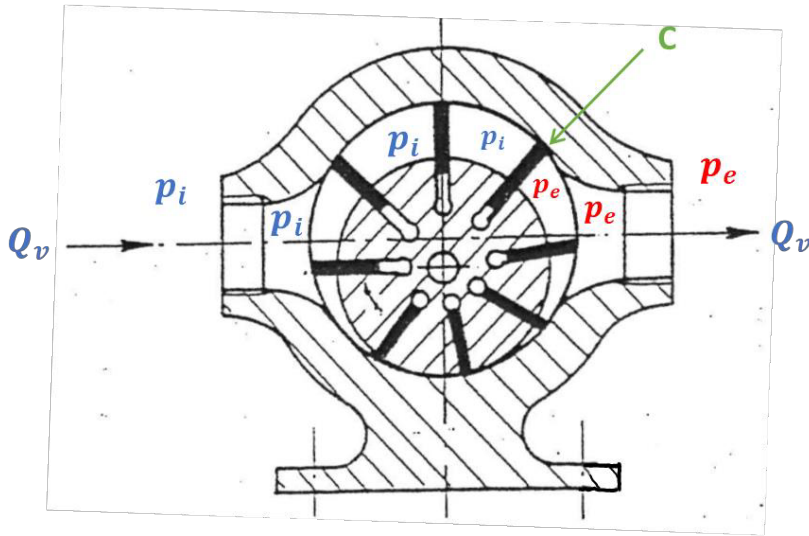
Pompe rotative a palette: **potenza assorbita**

$$P_{alb,i} = \left(\frac{p_e - p_i}{\rho} \right) \rho Q_{vi}$$

Il **primo principio** considerava le pressioni totali. C'è un'incoerenza?

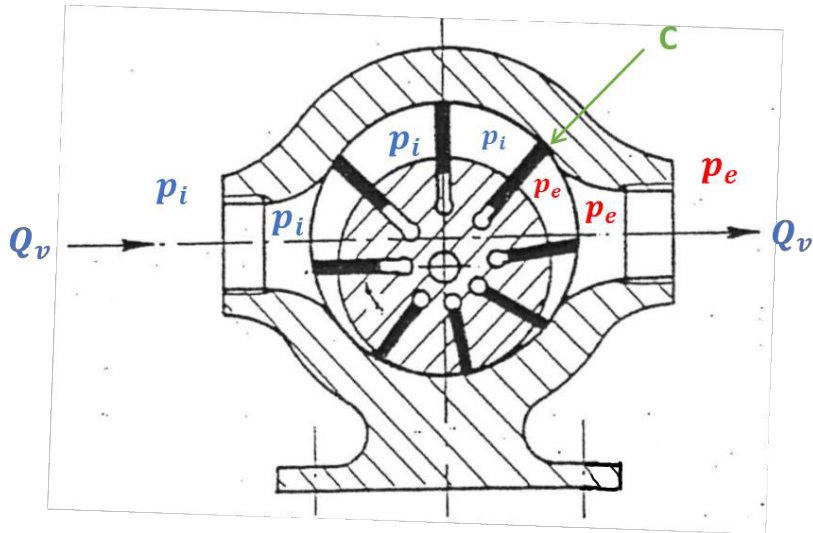
$$\left(\frac{p_e^0 - p_i^0}{\rho} \right) = \left(\frac{p_e - p_i}{\rho} \right) + \cancel{\frac{c_e^2 - c_i^2}{2}} + \cancel{z_e - z_i}$$

- Nelle pompe volumetriche le variazioni di energia cinetica $(c_e^2 - c_i^2)/2$ e il dislivello geodetico $z_e - z_i$ sono trascurabili rispetto alla variazione di pressione statica $(p_e - p_i)/\rho$ tra le sezioni di ingresso e uscita:



$$P_{alb,i} = \left(\frac{p_e^0 - p_i^0}{\rho} \right) \rho Q_{vi}$$

Pompe rotative a palette: **potenza assorbita**



$$P_{alb,i} = \left(\frac{p_e^0 - p_i^0}{\rho} \right) \rho Q_{vi} = (p_e^0 - p_i^0) Q_{vi}$$

Che **perdite** si devono conteggiare per determinare la **potenza assorbita dalla pompa in condizioni reali**?

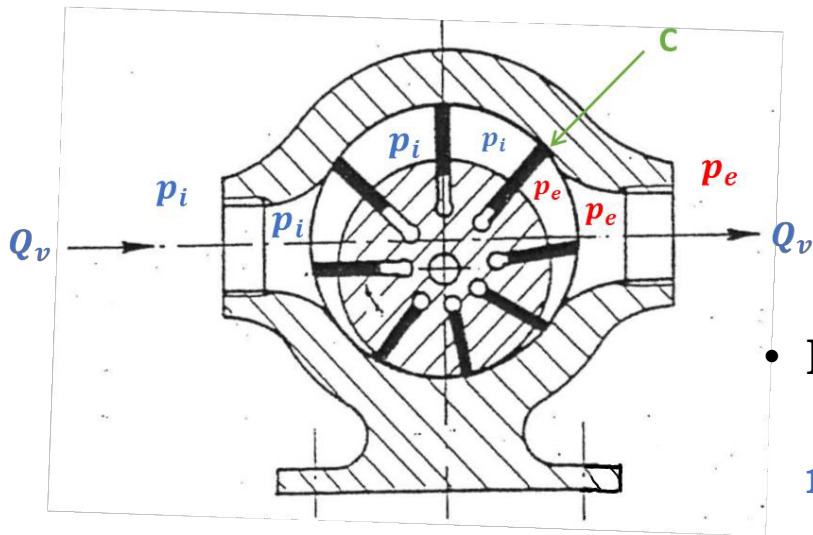
Le **perdite meccaniche e idrauliche** dovute alla realtà della macchina e del fluido operativo

$$P_{alb} = \frac{P_{alb,i}}{\eta_{id} \eta_m} = \frac{Q_{vi} (p_e^0 - p_i^0)}{\eta_{id} \eta_m}$$

degradazione di energia
idraulica in calore in
seno al fluido

degradazione di energia
meccanica in calore negli
accoppiamenti cinematici
tra albero e supporti

Pompe rotative a palette: **potenza assorbita**



$$P_{alb} = \frac{P_i}{\eta_{id} \eta_m} = \frac{Q_{vi} (p_e^0 - p_i^0)}{\eta_{id} \eta_m} = \frac{Q_v (p_e^0 - p_i^0)}{\eta_v \eta_{id} \eta_m}$$

η

- Nelle macchine volumetriche il rendimento idraulico η_{id} è comunemente incluso nel rendimento meccanico η_m :

$$\eta = \eta_v \eta_m$$

- Lo scambio di energia non dipende né dalla portata né dal regime di rotazione dell'albero motore, ma solo dalla caratteristica resistente dell'impianto
- Lo scambio di energia non dipende dalla geometria del rotore
- La geometria del rotore condiziona solo il volume di fluido trasferito dall'aspirazione alla mandata
- La portata varia linearmente con il numero di giri del motore



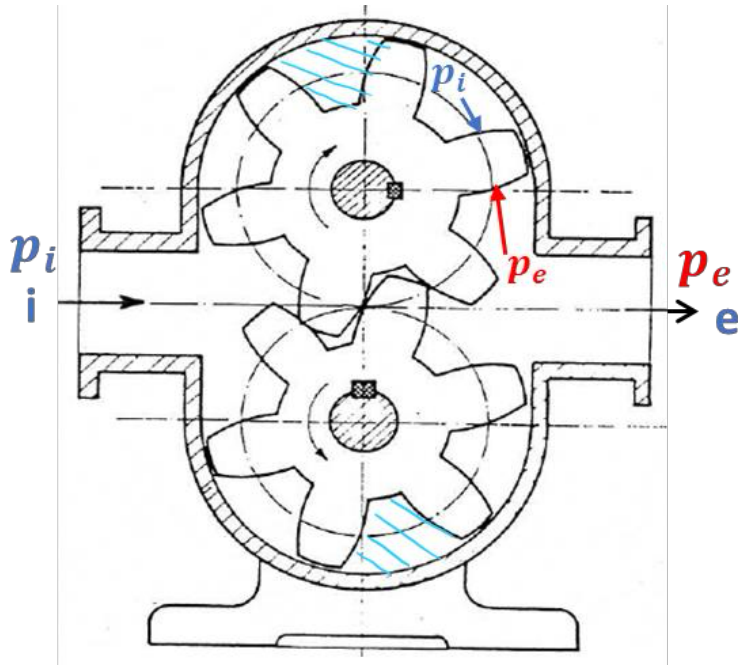


Pompe volumetriche rotative a Ingranaggi

Pompe rotative ad ingranaggi

Le pompe ad ingranaggi funzionano allo stesso modo??

SI'

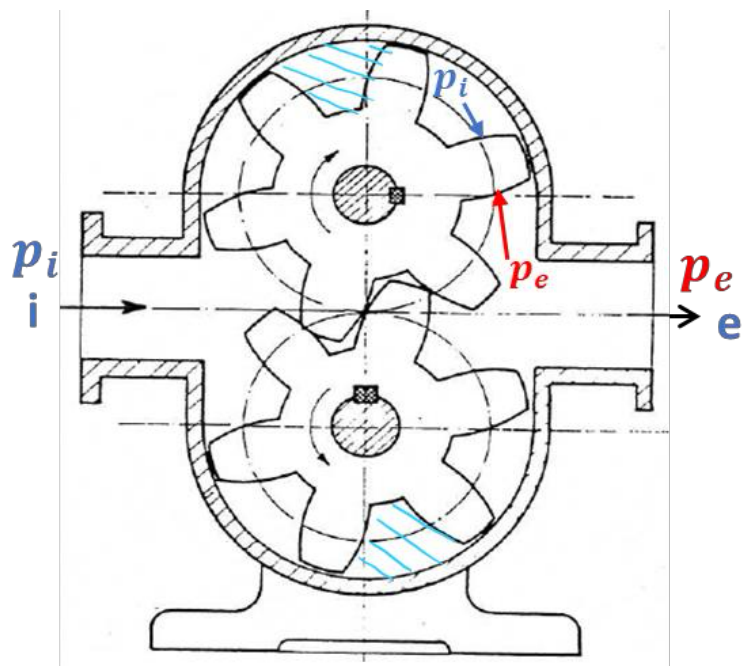


Pompa a ingranaggi

- In luogo delle **palette** ci sono due **ingranaggi**, uno motore l'altro condotto, aventi lo stesso numero di denti
- Nel **vano tra due denti** di ciascuna ruota dentata e la cassa viene captato all'aspirazione un volume di fluido che viene trasferito successivamente alla mandata contro la pressione resistente p_e

Pompe rotative ad ingranaggi

- La **cilindrata** di una pompa ad ingranaggi è data del **volume** dei **vani compresi** tra le due **ruote** dentate e la **cassa**

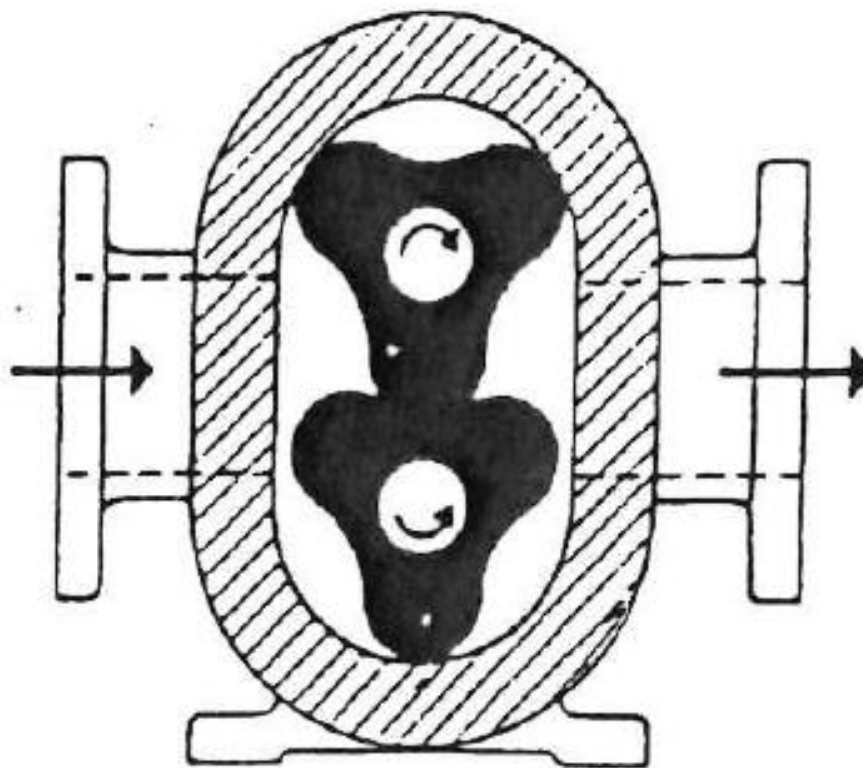


Pompa a ingranaggi

- In prima approssimazione, la cilindrata può essere approssimata dal **volume** della **corona dentata** di una delle ruote
- Per quanto attiene al resto: potenza assorbita, rendimenti etc. **valgono** le considerazioni già svolte per le pompe a palette

Pompe rotative a lobi

- In modo analogo funzionano anche le [pompe rotative a lobi](#)

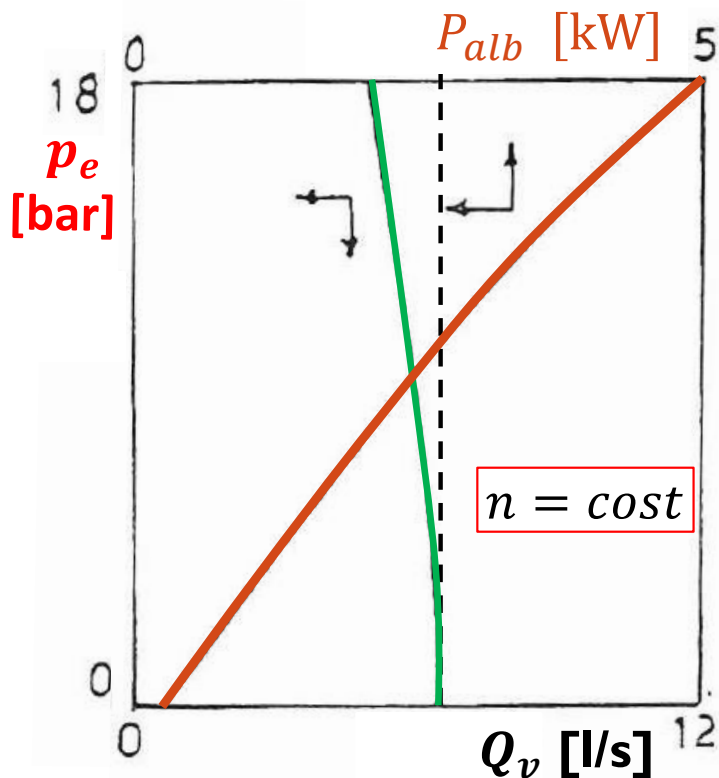


Pompa rotativa a tre lobi



Curve caratteristiche

Curve caratteristiche



- Lo **scambio energetico** non dipende dalla portata ma è imposto dalla caratteristica resistente dell'impianto in cui la macchina è inserita:

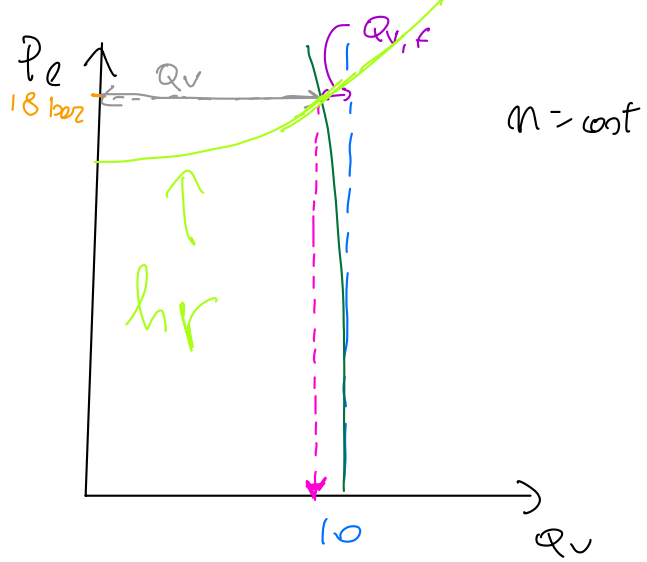
$$gh = \left(\frac{p_e - p_i}{\rho} \right)$$

- La **potenza all'albero**:

$$P_{alb} = \frac{Q_v (p_e^0 - p_i^0)}{\eta_v \eta_{id} \eta_m}$$

aumenta in modo pressoché lineare con lo scambio energetico

- All'aumentare dello scambio energetico infatti il rendimento volumetrico η_v **diminuisce** progressivamente a causa dell'aumento della portata di fuga $Q_{v,f}$



$$Q_v = 10 \text{ l/s}$$

$$P_e = 18 \text{ bar}$$



Campi di impiego e condizioni di esercizio

Campi di impiego e condizioni di esercizio

- Le pompe volumetriche rotative operano con velocità di rotazione n non superiori a circa 1000 giri/min per contenere il rumore e le vibrazioni dovute al carattere pulsante della portata

Si vedrà che le pompe volumetriche alternative raramente superano il centinaio di giri/min per il rischio di cavitazione e a fenomeni dinamici pericolosi per l'integrità strutturale dell'impianto

- Le pompe volumetriche sono impiegate quando le portate sono piccole a fronte della prevalenza
- Si fa ancora riferimento alle macchine volumetriche quando è necessario che la portata e quindi la velocità del fluido alla mandata debbano rimanere costanti al variare della pressione di esercizio
- Devono inoltre essere dotate di una valvola di sicurezza per impedire che la pressione raggiunga valori inammissibili per la resistenza strutturale delle condotte qualora si verificassero ostruzioni accidentali nell'impianto

Domande, Curiosità, Dubbi, Perplessità?

PROF. ING. ALBERTO BENATO, PH.D.

ASSOCIATE PROFESSOR

TURBOMACHINERY & ENERGY SYSTEMS GROUP

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING - UNIVERSITY OF PADOVA
VIA VENEZIA 1 - 35131 - PADOVA
BLDG. EX DIM - 5TH FLOOR - ROOM 19

TEL. 049 827 6752

MAIL: ALBERTO.BENATO@UNIPD.IT

WEBSITE: RESEARCH.DII.UNIPD.IT/TES/

