



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Dipartimento
di Ingegneria Industriale

Progetto: spinta assiale e tenute

Corso di Macchine 1

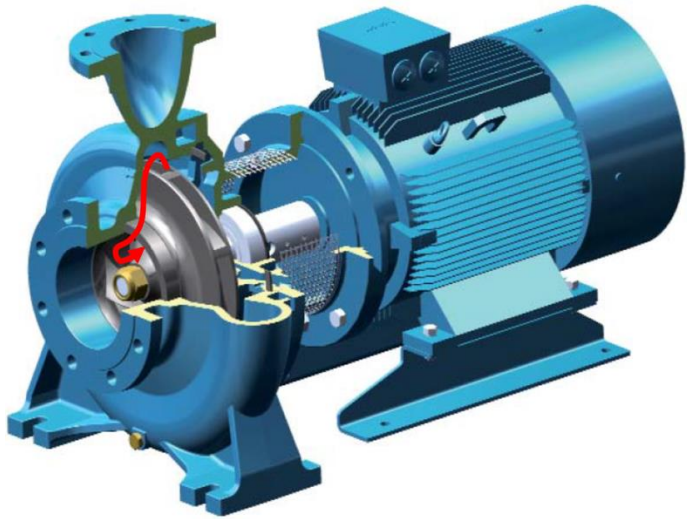
Agenda

- ▶ La spinta assiale
- ▶ Le tenute e il loro dimensionamento



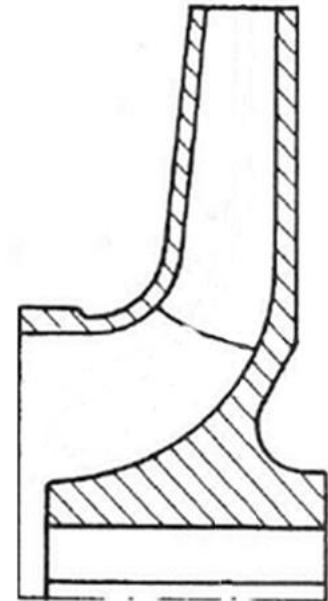
Valutazione della spinta assiale

Spinta assiale

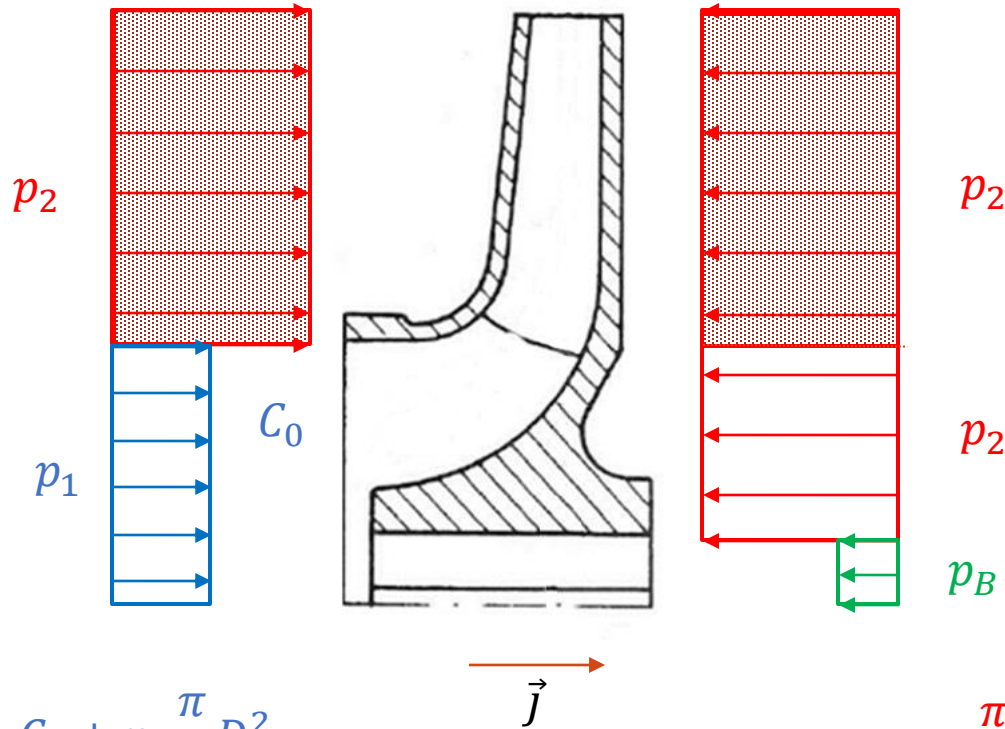


- La girante è soggetta ad una spinta assiale, con supporti che vanno opportunamente dimensionati
- A differenza di quella radiale, la **spinta assiale** può essere determinata in modo relativamente semplice con la procedura di seguito descritta

- La **spinta assiale complessiva** è la composizione di due contributi:
 - Contributo legato alla **variazione della quantità di moto**
 - Contributo legato **alla pressioni sui dischi esterni della girante**



Valutazione della spinta assiale



$$R_{a,SX} = \rho Q_v c_0 + p_1 \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$R_{a,DX} = p_2 \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_{alb}^2) + p_B \frac{\pi}{4} D_{alb}^2$$

- Pertanto, la **spinta assiale complessiva** risulta:

$$R_a = R_{a,SX} - R_{a,DX} = \rho Q_v c_0 + p_1 \frac{\pi}{4} D_0^2 - p_2 \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_{alb}^2) - p_B \frac{\pi}{4} D_{alb}^2$$

Valutazione della spinta assiale

$$R_a = R_{a, SX} - R_{a, DX} = \rho Q_v C_0 + p_1 \frac{\pi}{4} D_0^2 - p_2 \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_{alb}^2) - p_B \frac{\pi}{4} D_{alb}^2$$

- Riorganizzando i termini, si ottiene:

$$R_a = \rho Q_v C_0 - (p_2 - p_1) \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_{alb}^2) + (p_1 - p_B) \frac{\pi}{4} D_{alb}^2$$

- La differenza di pressione $\Delta p = p_2 - p_1$ può essere dedotta **approssimativamente** dalla conservazione della pressione totale della corrente relativa:

$$\left. \frac{p_2 - p_1}{\rho} \right|_{id} = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2}$$

- Tale relazione non considera però l'influenza delle perdite idrauliche
- Tali perdite possono in prima approssimazione essere assunte pari a $\frac{W_1^2 - W_2^2}{2}$, essendo tale decelerazione solitamente contenuta per garantire stabilità al flusso
- Si ottiene così:

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} \cong \frac{U_2^2 - U_1^2}{2}$$

Valutazione della spinta assiale

$$R_a = \rho Q_v C_0 - (p_2 - p_1) \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_{alb}^2) + \boxed{p_1 - p_B} \frac{\pi}{4} D_{alb}^2$$

- La pressione p_1 è legata alla pressione p_i che a sua volta dipende dalle caratteristiche dell'impianto in cui la macchina verrà installata, condizione solitamente non nota in fase di progetto:

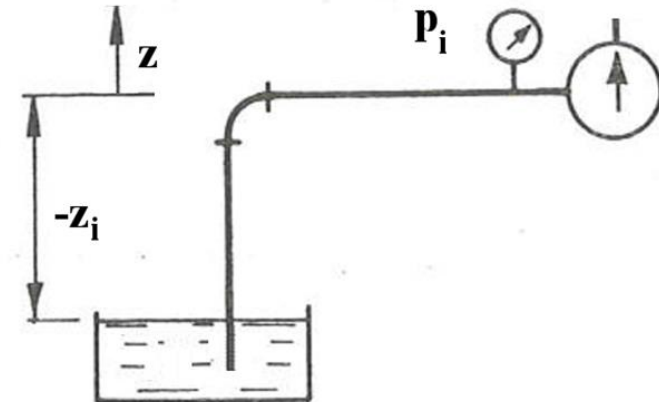
$$\frac{p_B}{\rho g} - z_i = \frac{p_i}{\rho g} + \frac{C_i^2}{2} + h_{ri}$$

- Ipotizzando che $p_1 \cong p_i$ e $C_1 = C_i$ e assumendo opportuni valori di z_i e h_{ri} si può stimare un valore della pressione secondo la seguente relazione:

$$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_B}{\rho g} - z_i - \frac{C_1^2}{2} - h_{ri}$$

- Per la quota z_i un valore di riferimento può essere determinato a partire dall' $NPSH_R$

$$z_i = \frac{p_B - p_v}{\rho g} - h_{ri} - NPSH_R$$



Valutazione della spinta assiale

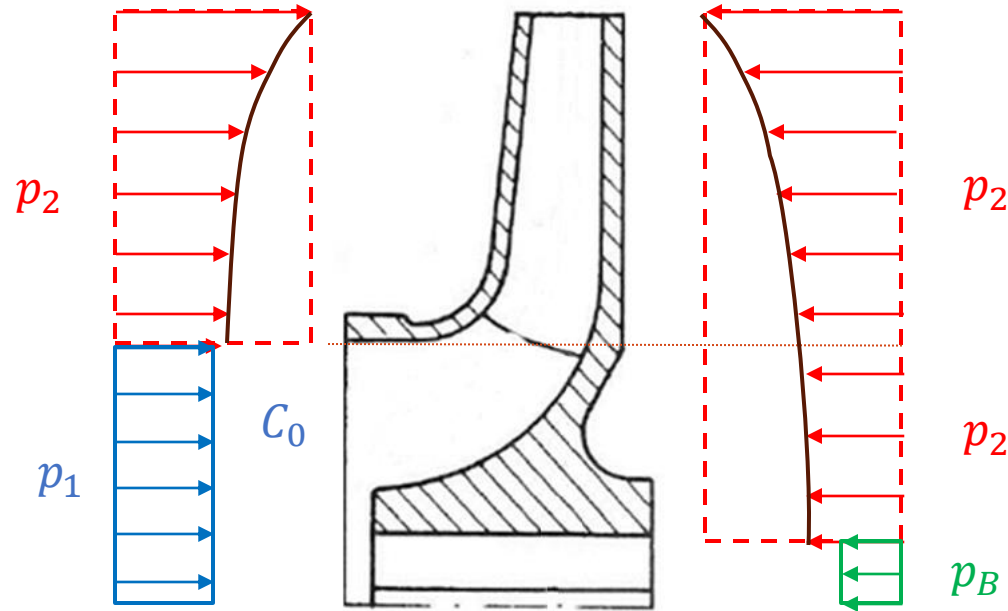
- In realtà nello spazio tra la superficie interna della cassa e superficie esterna dei dischi della girante il **fluido è posto in rotazione** attorno all'asse della girante con una velocità angolare media pari a metà della velocità angolare della girante $\omega/2$
- Questo moto di trascinamento comporta una progressiva **perdita** di pressione del fluido durante il suo trafilamento dalla sezione di uscita **2** a quella di ingresso **1**
- La pressione nella zona di trafilamento ad una distanza radiale r si può stimare pari a:

$$p'_2 \cong p_2 - \rho \frac{\omega^2}{8} (R_2^2 - r^2)$$

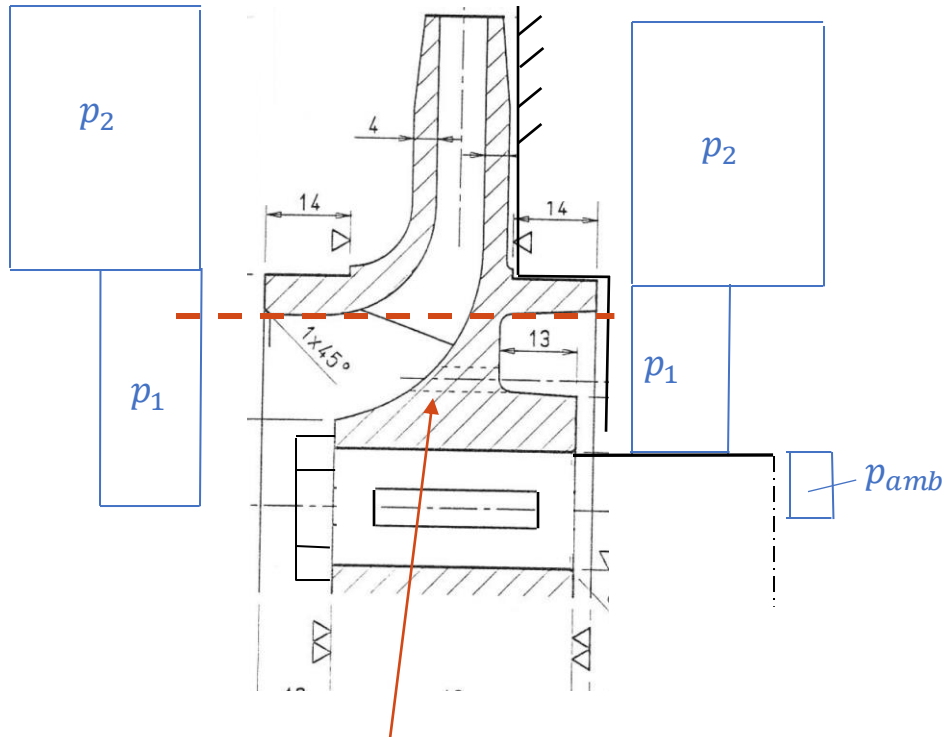
- Se si considera questo aspetto, l'equazione della spinta assiale diventa:

$$R_a = \rho Q_v C_a - (p_2 - p_1) \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_{alb}^2) + (p_1 - p_B) \frac{\pi}{4} D_{alb}^2 + \rho \frac{\omega^2}{8} \left(R_2^2 - \frac{R_0^2 + R_{alb}^2}{2} \right) \pi (R_0^2 - R_{alb}^2)$$

- L'ultimo termine dipende da ω^2 e mette in risalto il contributo legato all'effetto **centrifugo** che **riduce** la spinta legata alla sola differenza di pressione $\Delta p = p_2 - p_1$



Soluzione a fori passanti



Fori di equilibrio della spinta assiale

- Per ridurre la spinta assiale sulla girante a valori davvero modesti e pressoché indipendenti dalle condizioni di esercizio si provvede a praticare dei **fori** (da $4 \div 6$ a seconda delle dimensioni della girante) sul disco porta pale nella regione prospiciente la bocca di aspirazione
- La presenza di fori richiede l'**aggiunta** sul retro del disco porta pale di un secondo **elemento di tenuta** per ridurre la pressione p_2 al valore all'incirca della pressione p_1 presente in corrispondenza della bocca di aspirazione della girante

- In questo modo la spinta R_a sulla girante che si scaricherà sui supporti si riduce e diventa:

$$R_a \approx \rho Q_v C_0 + (p_1 - p_B) \frac{\pi}{4} D_{alb}^2$$

Domande, Curiosità, Dubbi, Perplessità?

