



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



Dipartimento di
Ingegneria
e Architettura

CORSO DI MACCHINE E MACHINE MARINE

ESERCITAZIONI
- PARTE 1 -

Prof. Marco Bogar

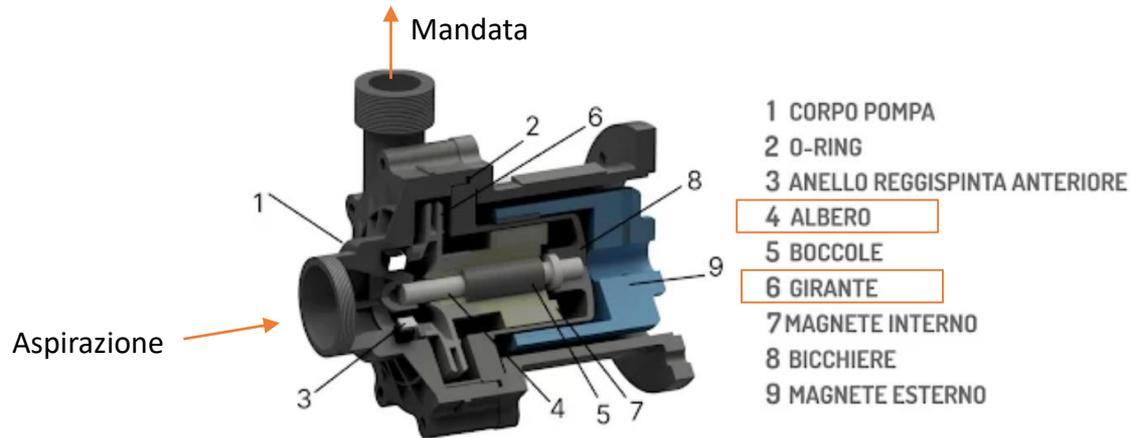
A.A. 2024-2025



#1. RILIEVO DELLA CURVA CARATTERISTICA DI UNA POMPA CENTRIFUGA

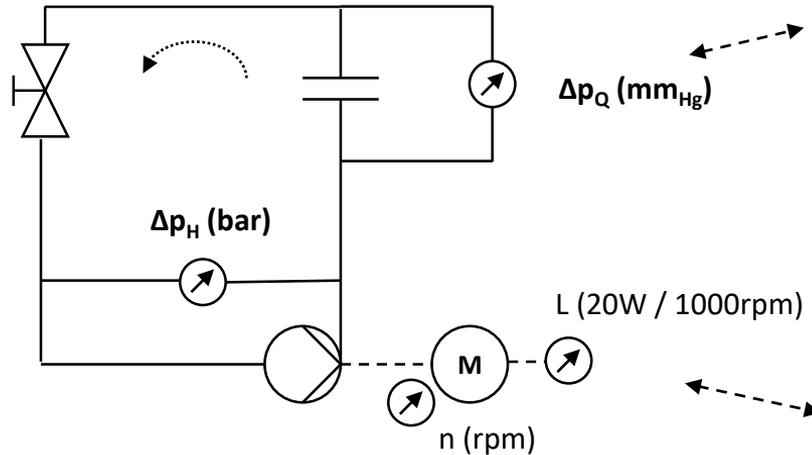
LA POMPA CENTRIFUGA

La pompa centrifuga è una macchina operatrice, che converte l'energia fornita alla pompa in energia cinetica che viene trasmessa al fluido di processo.



SCOPO DELLA PROVA

L'obiettivo della prova di laboratorio consisteva nel rilevare le prestazioni una pompa centrifuga, inserita nell'impianto di prova rappresentato in figura e caratterizzato da un diametro della condotta (D) pari a 150 mm.



$H(Q)$

$P_a(Q)$

$\eta(Q)$

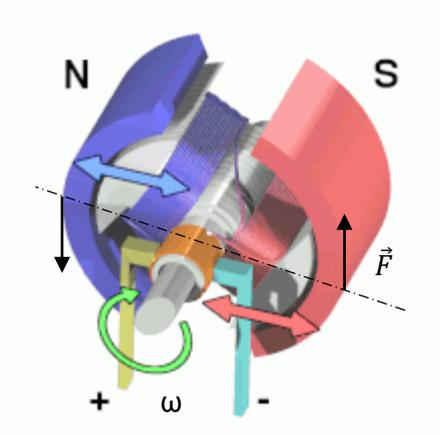
$\psi(\phi)$

Il fluido utilizzato per la caratterizzazione è l'acqua ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$).

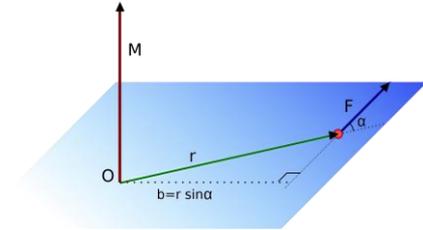
MISURA DELLA COPPIA

La rotazione del motore comporta la formazione di un momento angolare (M, o τ):

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$



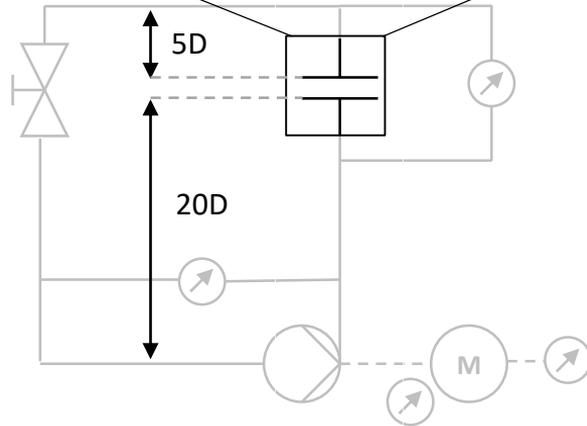
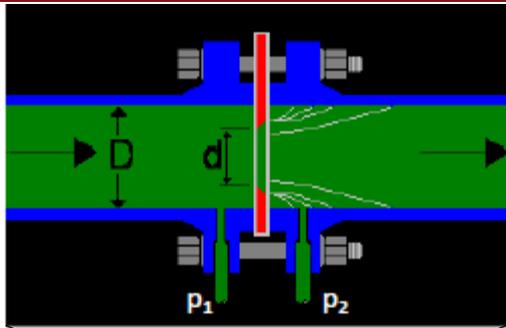
https://it.wikipedia.org/wiki/Motore_elettrico



https://it.wikipedia.org/wiki/Momento_meccanico#Coppia_di_forze



IL DIAFRAMMA PER LA MISURA DELLA PORTATA



Diaframma

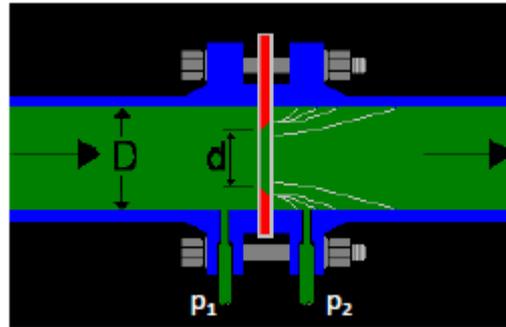
- Composto da un'apertura circolar opportunamente sagomata, montato nella tubazione a mezzo di due apposite flange, alloggiato in modo che il centro del foro coincida esattamente con l'asse della tubazione.
- Sulle flange sono ricavate delle prese di pressione immediatamente a monte ed immediatamente a valle. A monte del disco calibrato non debbono esserci curve, valvole, gomiti o qualsiasi componente o struttura che possa disturbare l'andamento dei filetti fluidi per un tratto di almeno $20D$ (3000 mm) e a valle per almeno $5D$ (750 mm)

CALCOLO DELLA PORTATA

La misura di portata viene effettuata sfruttando la legge di Bernoulli ($p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh|_{h \cong 0} = costante$), e ricordando che portata, sezione della condotta e velocità del liquido sono legati come $Q = v A$:

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) = \frac{\rho}{2} \left(\frac{Q^2}{A_2^2} - \frac{Q^2}{A_1^2} \right)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p \left(\frac{4}{\pi^2 D_2^2} - \frac{4}{\pi^2 D_1^2} \right)^{-1}} \rightarrow Q = \alpha \sqrt{\Delta p}$$



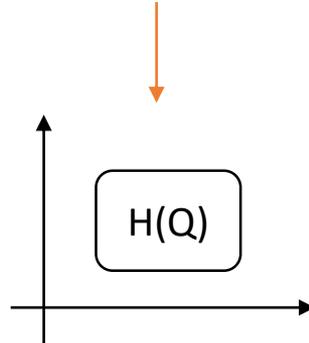
LA CURVA CARATTERISTICA

$$Q = \alpha \cdot \sqrt{\Delta p_Q} \text{ (m}^3/\text{s)} \rightarrow$$

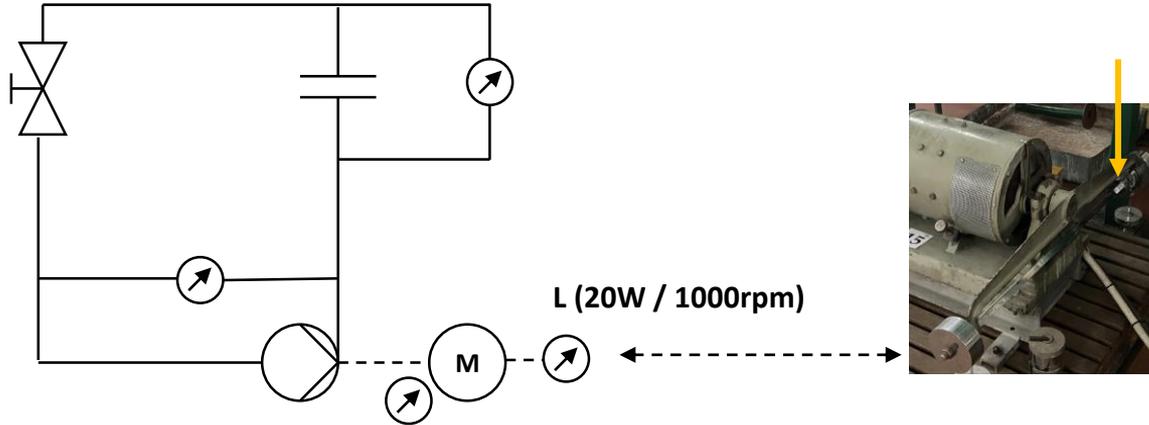
$$H = \beta \cdot \Delta p_H \text{ (m)} \rightarrow$$

$$\alpha = 0.0002498 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ mmHg}^{-1/2}$$

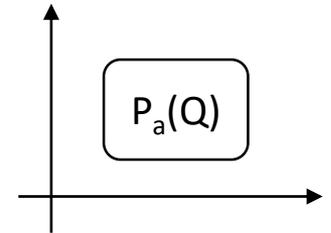
$$\beta = 10.19773 \text{ m}_{\text{H}_2\text{O}} \text{ bar}^{-1}$$



LA POTENZA ASSORBITA



$$P_a = n L \frac{20}{1000} \text{ (W)}$$



CALCOLO DEL RENDIMENTO E DEI PARAMETRI ADIMENSIONALI

Il rendimento è definito come il rapporto tra l'effetto utile (gH) e il costo energetico speso per ottenerlo. Considerando che la potenza viene definita come l'energia trasferita nell'unità di tempo, è possibile estendere la definizione di rendimento al rapporto tra la potenza utile, ovvero l'energia trasferita dal motore alla pompa, e la potenza assorbita:

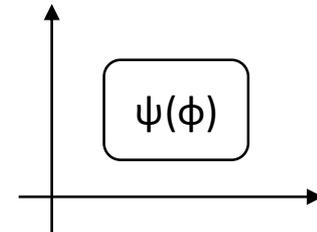
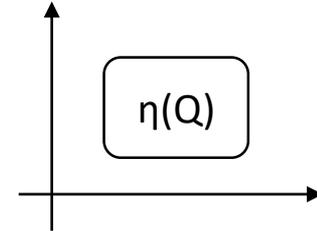
$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\rho g H Q}{P_a}$$

Cifra di flusso

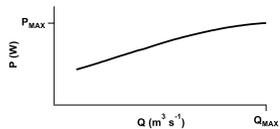
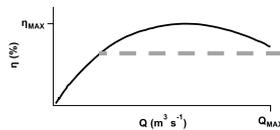
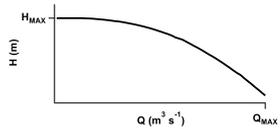
$$\varphi = \frac{Q}{\omega D^3}$$

Cifra di pressione

$$\psi = \frac{gH}{\omega^2 D^2}$$



RISULTATI E DISCUSSIONE



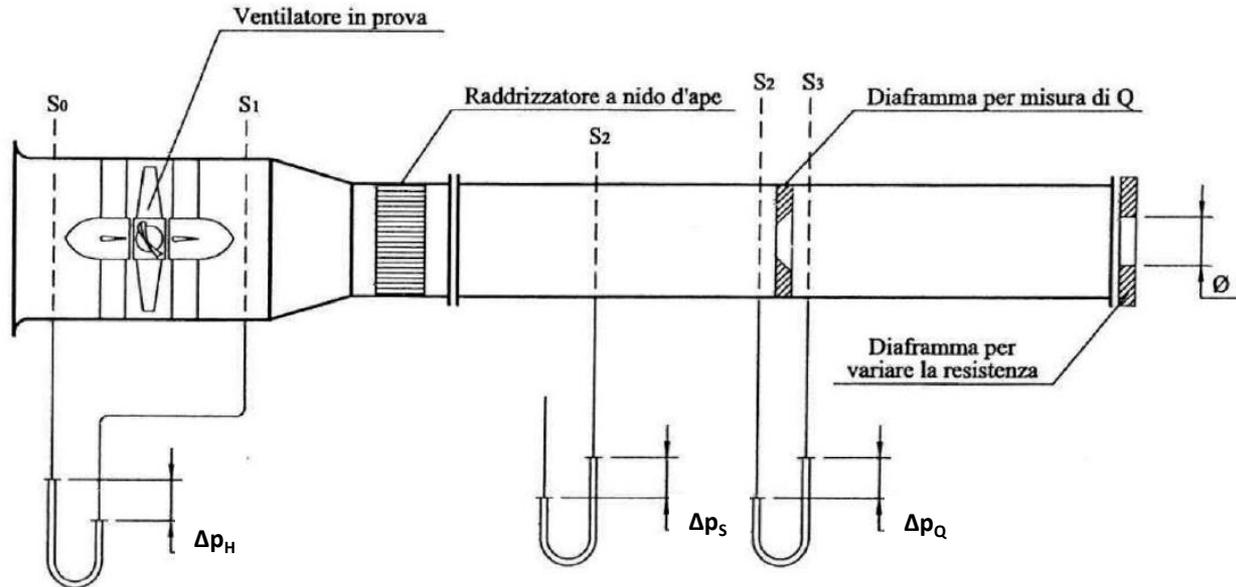
Commentare:

- Gli andamenti di $H(Q)$, $P_a(Q)$, $\eta(Q)$ e $\psi(\phi)$ in funzione del numero di giri .
- Determinare il punto di lavoro ottimale della pompa

#2. RILIEVO DELLA CURVA CARATTERISTICA DI UN VENTILATORE ASSIALE

SCOPO DELLA PROVA

L'obiettivo della prova di laboratorio consisteva nel rilevare le prestazioni un ventilatore assiale (ERNST, modello 550), inserita nell'impianto di prova rappresentato in figura, basandosi sulla norma UNI di riferimento (UNI 10531). Il ventilatore può operare ad un numero di giri massimo pari a 2900 rpm.



$p_t(Q)$

$P_a(Q)$

$p_s(Q)$

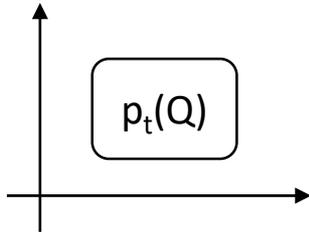
$\eta(Q)$

$\psi(\phi)$

LA PORTATA E LA PRESSIONE TOTALE

$$Q \cong \gamma \sqrt{\Delta p_Q} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$\gamma = \frac{570.5}{3600} \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{mm}_{\text{H}_2\text{O}}^{-1/2}$$



Al fine di caratterizzare il ventilatore, la pressione totale (la differenza tra la pressione totale alla mandata e la pressione totale all'aspirazione) è ottenuta tramite la relazione:

$$p_t = \varepsilon \cdot \Delta p_H$$

Dove ε è la costante di proporzionalità tra $\text{mm}_{\text{H}_2\text{O}}$ e Pa, pari a $9.81 \text{ Pa/mm}_{\text{H}_2\text{O}}$.
Dal cui valore è possibile ricavare la potenza aerulica dello stesso:

$$P_{aer} = Q \cdot p_t$$

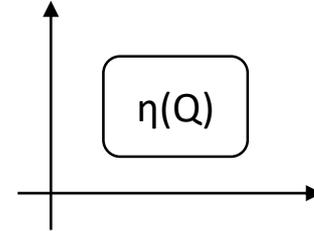
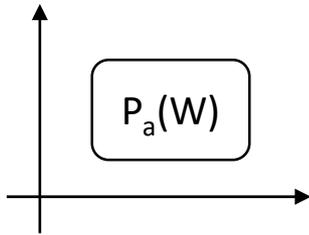
LA POTENZA ASSORBITA E IL RENDIMENTO

La potenza assorbita dal ventilatore viene ottenuta dal prodotto dei parametri elettrici misurati:

$$P_a = VI$$

Mentre dal rapporto tra la potenza aeraulica e la potenza assorbita, si ottiene il rendimento della macchina:

$$\eta = \frac{P_{aer}}{P_a}$$



LA PRESSIONE STATICA E LA DENSITÀ DELL'ARIA

Tramite il manometro a colonna di liquido si è ottenuta la misura della pressione statica:

$$p_S = p_{atm} + \varepsilon \cdot \Delta p_S$$

Dalla quale si possono ricavare eventuali variazioni nella densità del fluido:

$$\rho = \frac{p_S}{R_{sp,d}T}$$

Dove $R_{sp,d} = 287.05 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ è la costante dei gas specifica per l'aria secca. Nota: il contributo dato dalla componente umida dell'aria può essere considerato trascurabile.

PARAMETRI ADIMENSIONALI

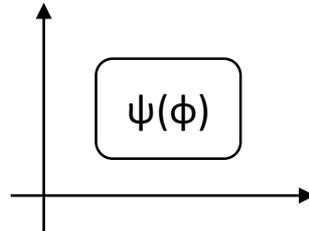
Tramite il valore della densità si può calcolare la portata massica:

$$\dot{m} = Q \cdot \rho$$

Infine, si ricordano la relazione che legano le equazioni per il calcolo dei coefficienti di portata (ϕ) e di carico (o pressione, ψ):

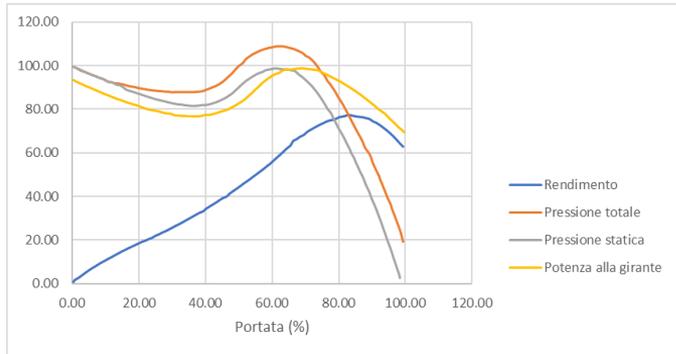
$$\phi = \frac{Q}{\omega \cdot D^3}$$

$$\psi = \frac{p_t}{\rho \cdot \omega^2 \cdot D^2}$$



GRAFICI RICHIESTI

Impiegando i dati di tutti i dataset, mostrare per ogni grafico le tre curve relative alle tre prove fatte ad un diverso numero di giri e commentare gli andamenti in funzione del numero di giri. Discutere l'eventuale variazione dei valori di densità dell'aria. Comprare gli andamenti rilevati (normalizzati al valor massimo) con le curve di funzionamento ideale (fornite nel dataset).



In figura: pressioni statica e totale espressa in percentuale relativamente al valore a portata nulla. Potenza alla girante espressa in percentuale del valor massimo (dataset fornito con i dati sperimentali)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



Dipartimento di
**Ingegneria
e Architettura**