Progetto di Macchine 2021/22

Prof. C.Poloni

ORARI del corso

~~2 ore da lunedì a venerdì, 8-10~~

MARTEDI 14:15 - 15:45

MERCOLEDI 8:30 - 10:00

GIOVEDI 14:15 - 15:45

VENERDI 8:30 - 10:00

Ricevimento: Martedì e Giovedì 16-17 e su appuntamento

email:poloni@units.it

Programma del corso

A) TURBOMACCHINE

A1. Richiami di Macchine

A2. Progetto di turbomacchine a flusso assiale

A2.1 Analisi del flusso nelle turbomacchine assiali

A2.2 Macchine operatrici assiali

A2.3 Turbine a flusso assiale e misto

A3. Progetto di macchine radiali

B) Esercitazioni

B1. Progetto di profili aerodinamici (xfoil)

B2. Progetto di uno stadio di compressore assiale

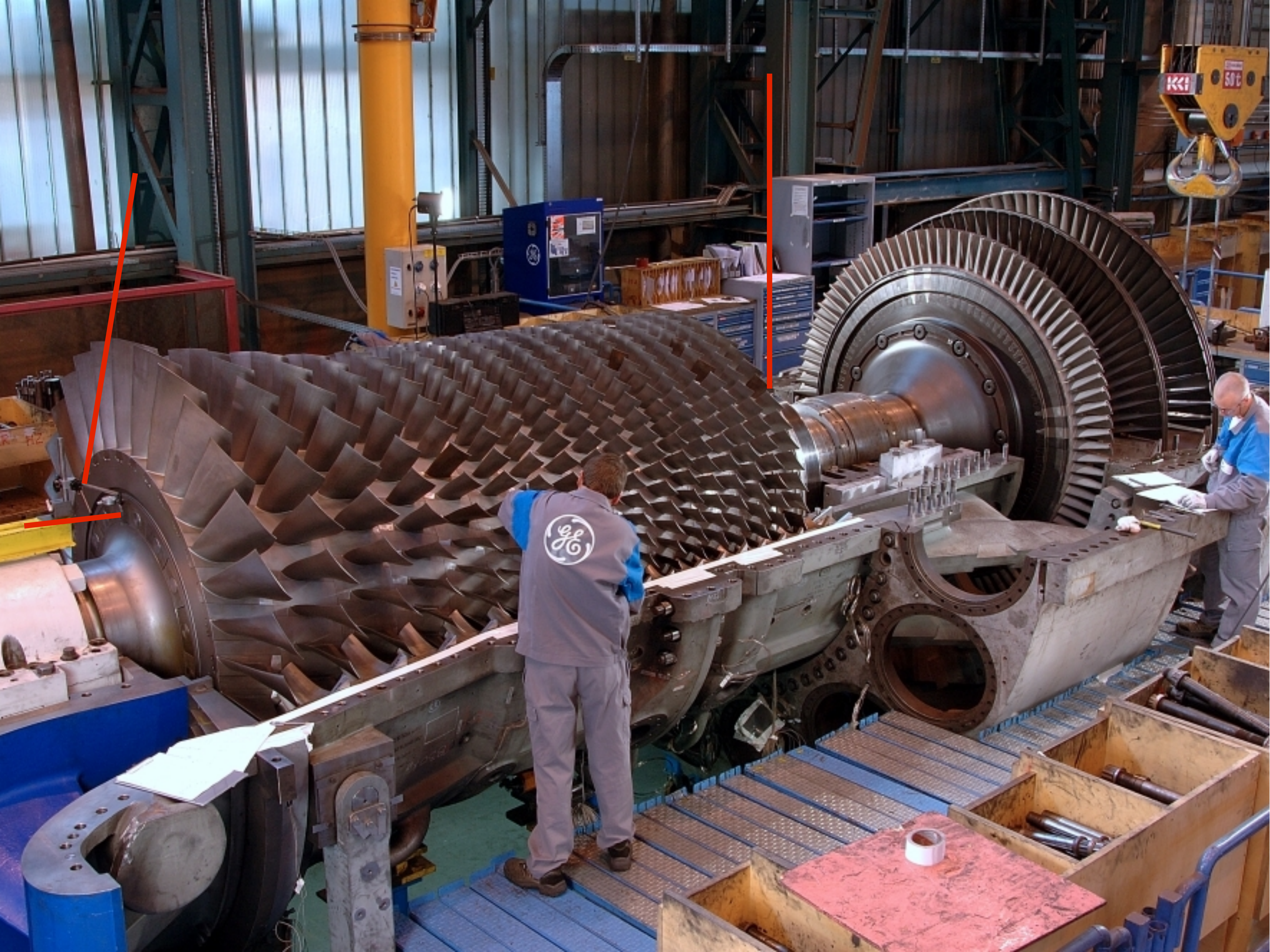
B3. Progetto e realizzazione di una turbina eolica

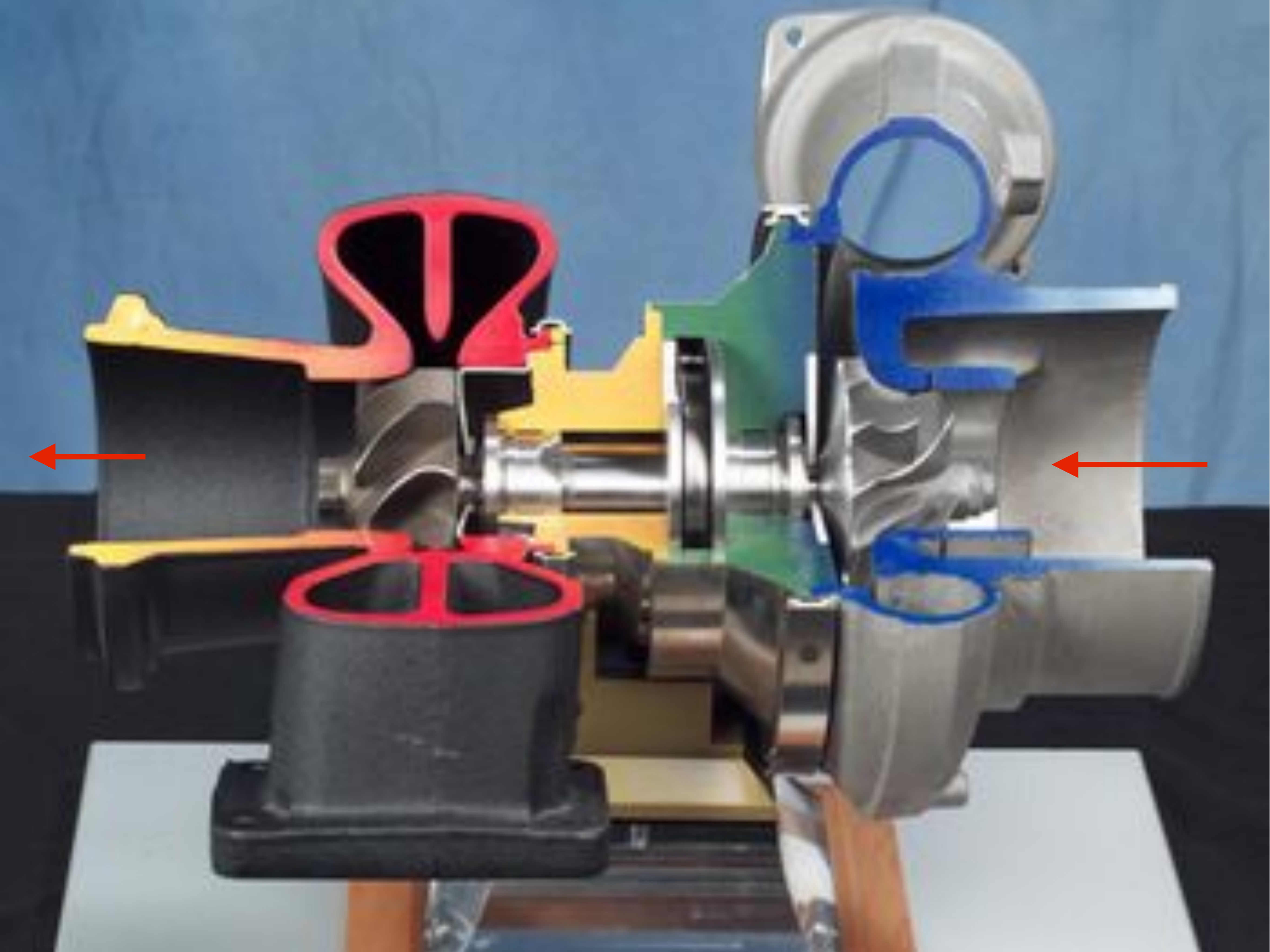
B4. Progetto da definire (a gruppi)

C) Seminari e/o visite

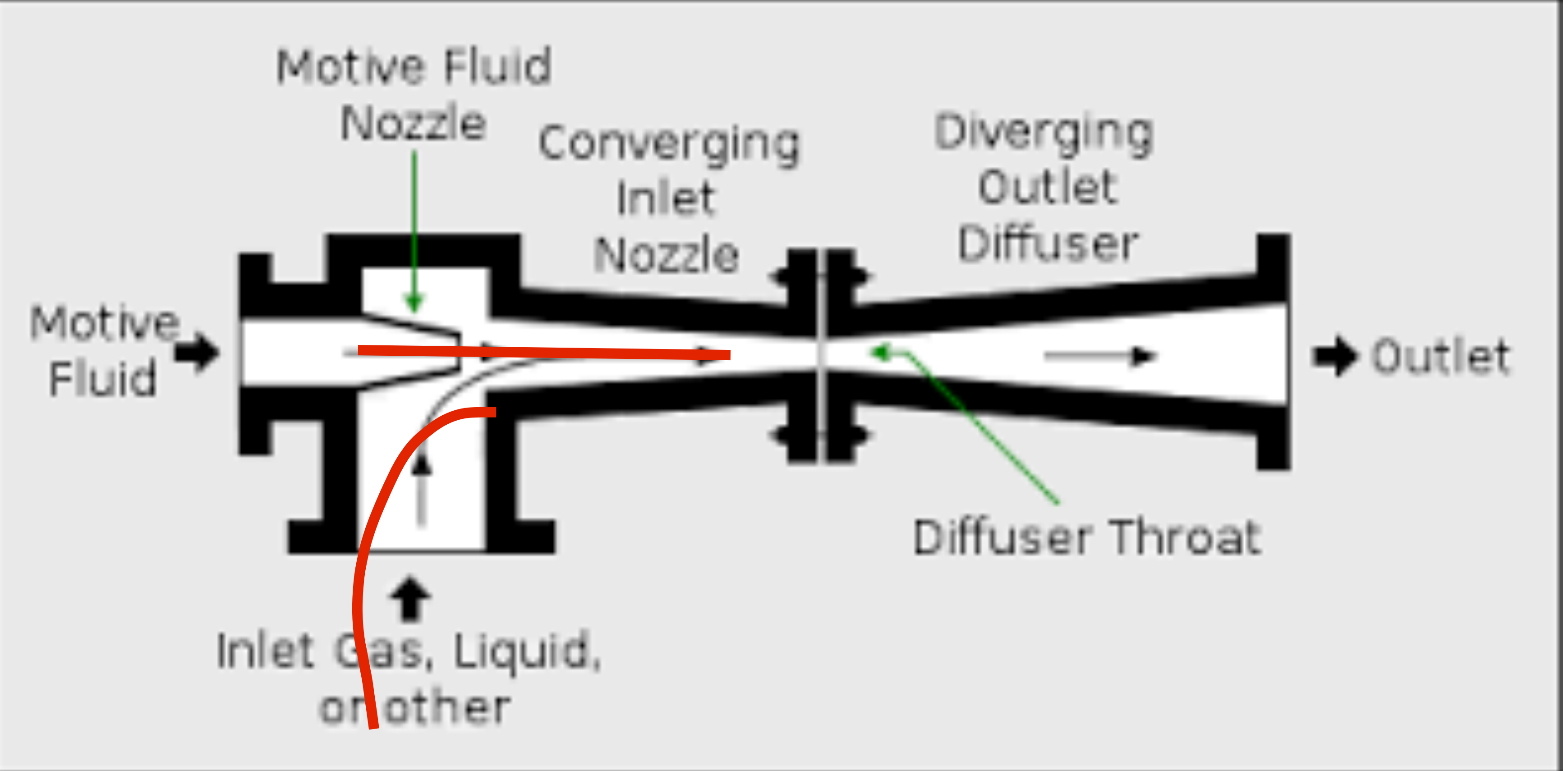
testi di riferimento

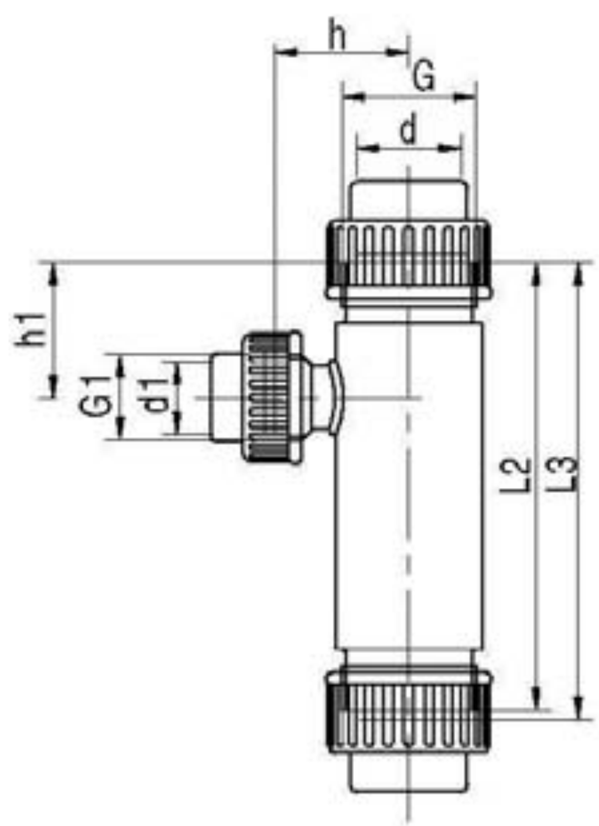
- **Lezioni di PROGETTO DI MACCHINE A.A. 2010/2011 (appunti del corso)**
- **C. Osnaghi "Teoria delle turbomacchine", ed. Progetto Leonardo – Esculapio Bologna 2002.**
- S.L. Dixon "Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery", Pergamon Press 1978.
- Whitfield, N.C. Baines "Design of radial Turbomachines", Longman Ed. 1990.
- B. Lakshminarayana "Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery", John Wiley & Sons 1996.
- **Manuali d'uso di modeFRONTIER**
- **Software Xfoil (relativi manuali)**
- **Progettazione di microturbine eoliche, M.A.Rosato, EPC editore**


KKI
50 t

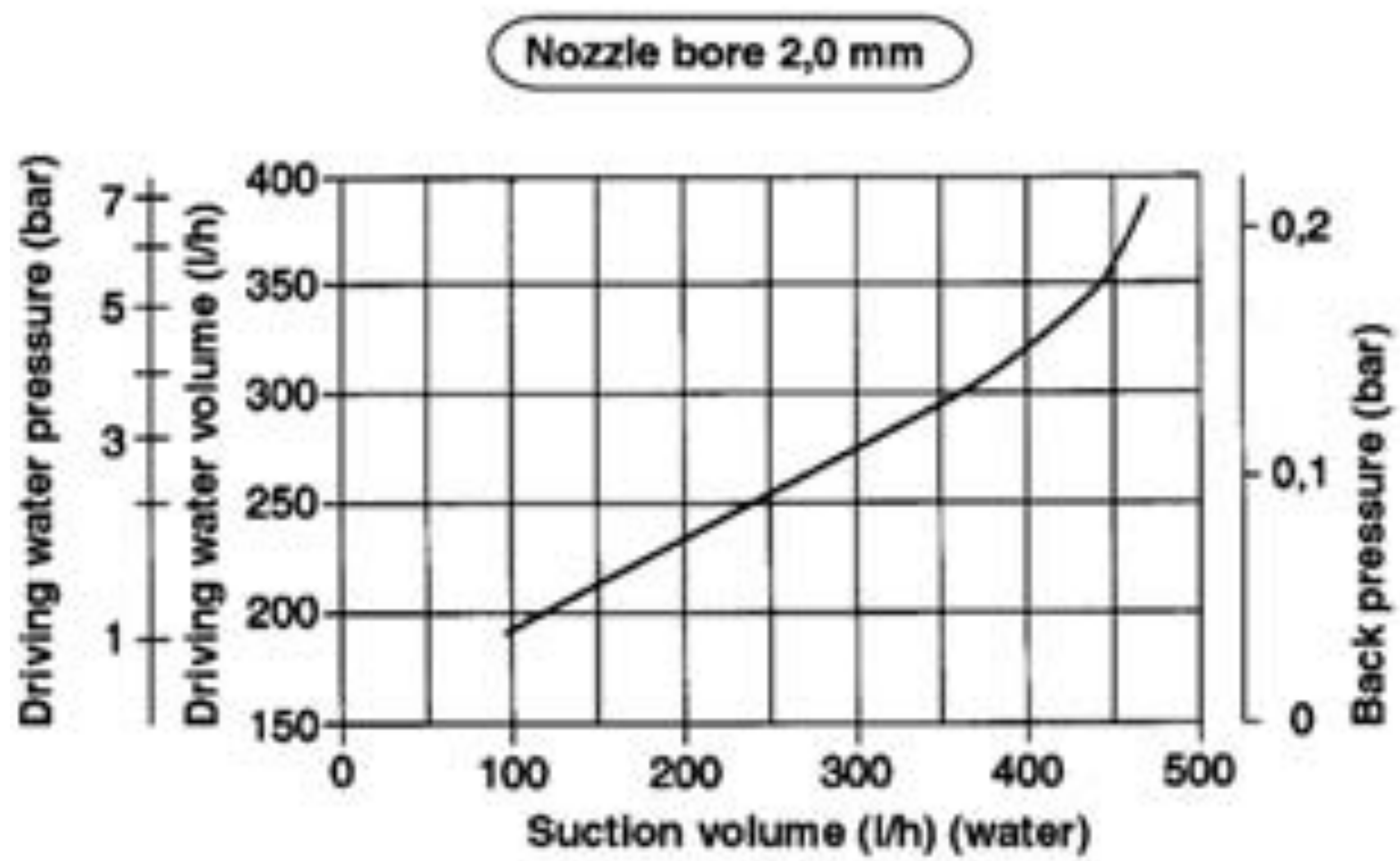



"Designed by Daviles / Freepik"





Suction media: water



SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

- Note le prestazioni di una macchina che ha determinate dimensioni ci consente di ricavare le prestazioni di una macchina geometricamente simile

- Nota una certa condizione di funzionamento di una certa turbomacchina individuare le condizioni di funzionamento simili a quella precedente

- Curve di prestazioni rilevate in determinate condizioni ambientali possono essere espresse in funzione di paramentri che sono invarianti al variare delle condizioni ambientali stesse.

- Stabilire in una fase preliminare di progetto che tipo di macchina dobbiamo usare, la sua geometria di base e quali saranno le sue dimensioni principali.

Teorema di Buckingham

Il teorema di Buckingham (conosciuto anche come teorema pi greco), dovuto al fisico statunitense Edgar Buckingham, afferma che **dato un problema descritto da un certo numero di equazioni in cui siano presenti n variabili fisiche, se le dimensioni fondamentali di queste variabili sono x allora il problema può essere completamente descritto da n-x variabili adimensionali**

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$f\left(D_i, l_j, \dot{m}, \omega, L_i, \mu, a_{01}, \rho_{01}\right) = 0$$

- grandezze fondamentali: M L T
- n. di Reynolds $\qquad \mathrm{Re} = \dfrac{\rho_{01}\omega D^2}{\mu}$
- n. di Mach $\qquad Ma = \dfrac{\omega D}{a_{01}}$

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$f\left(D_i, l_j, \dot{m}, \omega, L_i, \mu, a_{01}, \rho_{01}\right) = 0$$

- cifra di flusso $$\varphi = \frac{\dot{m}}{\rho_{01}\omega D^3}\left(= \frac{Q}{\omega D^3}\right)$$
- cifra di pressione $$\psi = \frac{L_i}{\omega^2 D^2}$$

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$f\left(D_i, l_j, \dot{m}, \omega, L_i, \mu, a_{01}, \rho_{01}\right) = 0$$

$$f\left(\underbrace{\pi_i, \pi_j}, \varphi, \psi, \underbrace{\mathrm{Re}, Ma}\right) = 0$$

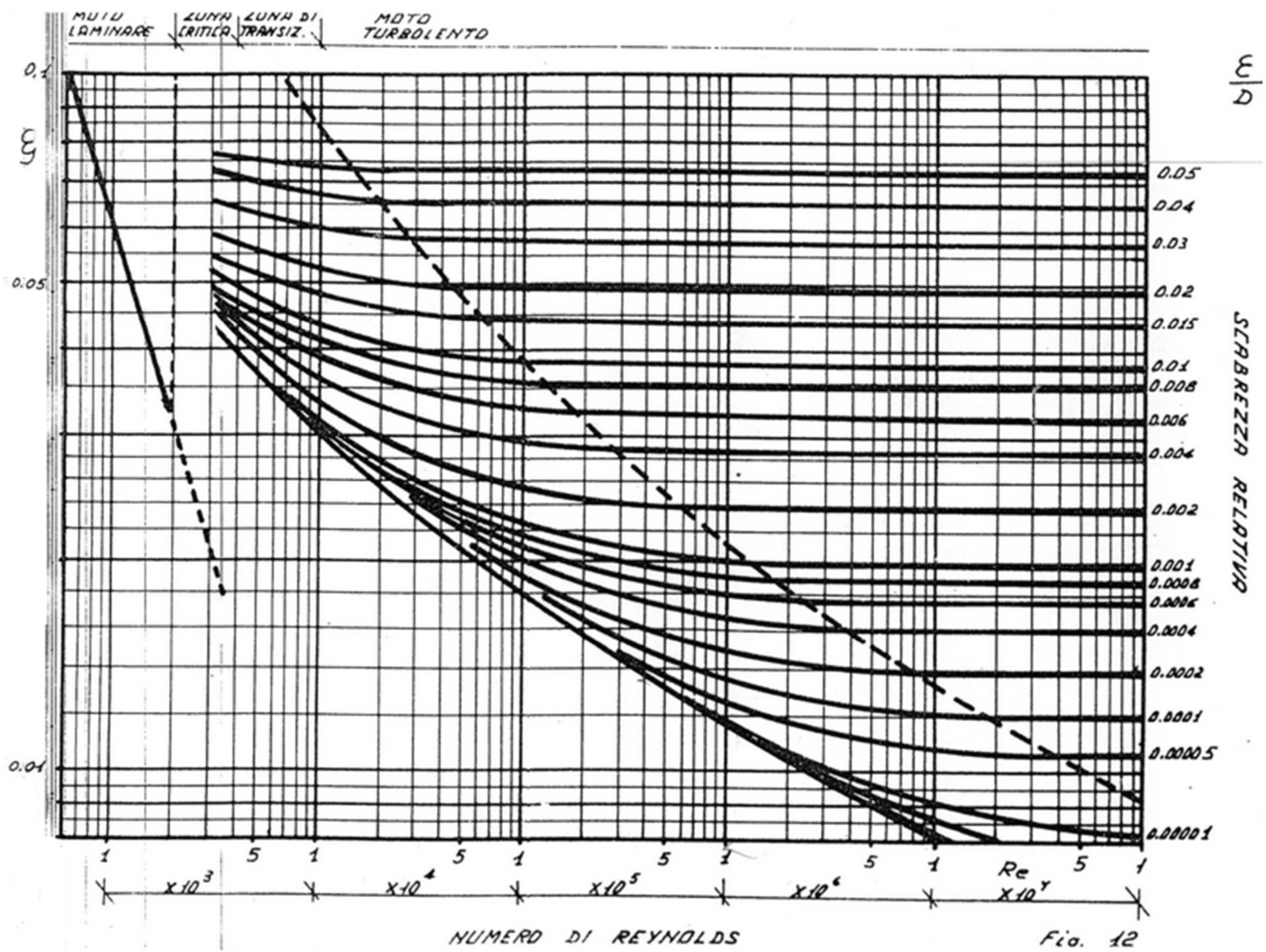
SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$f\left(\pi_i,\pi_j,\varphi,\psi,\mathrm{Re},Ma\right)=0$$

Geometria simile

$$f\left(\varphi,\psi,\mathrm{Re},Ma\right)=0$$

Diagramma di Moody



SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$f\left(\varphi,\psi,\mathrm{Re},Ma\right)=0$$

n. Reynolds elevato

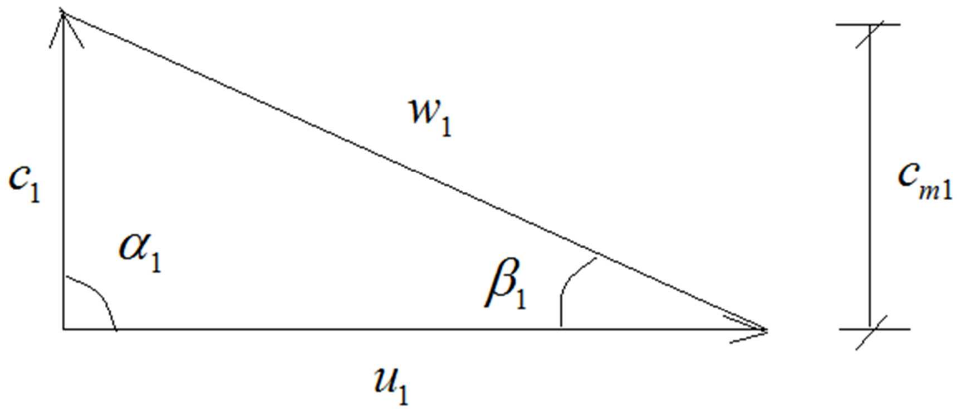
$$f\left(\varphi,\psi,Ma\right)=0$$

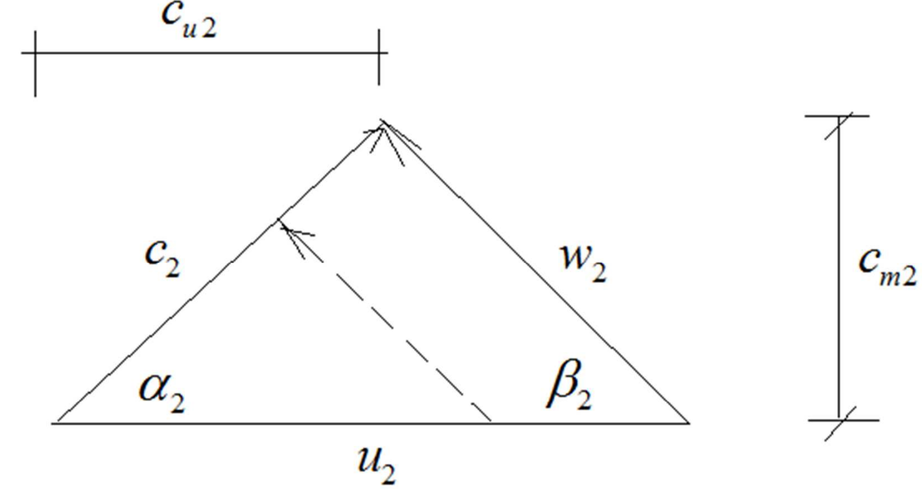
SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$f\left(\varphi,\psi,Ma\right)=0$$

Fluido incompressibile

$$f\left(\varphi,\psi\right)=0$$



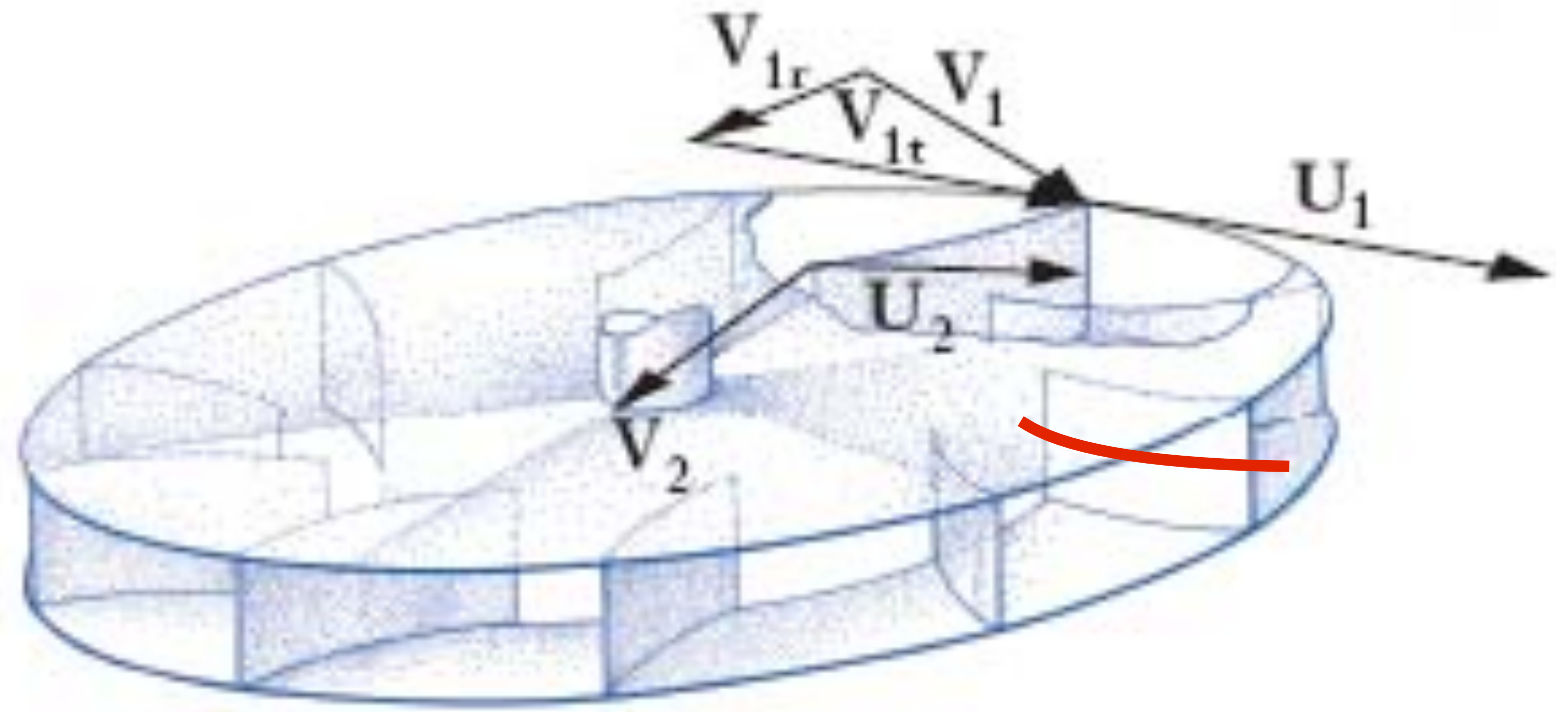


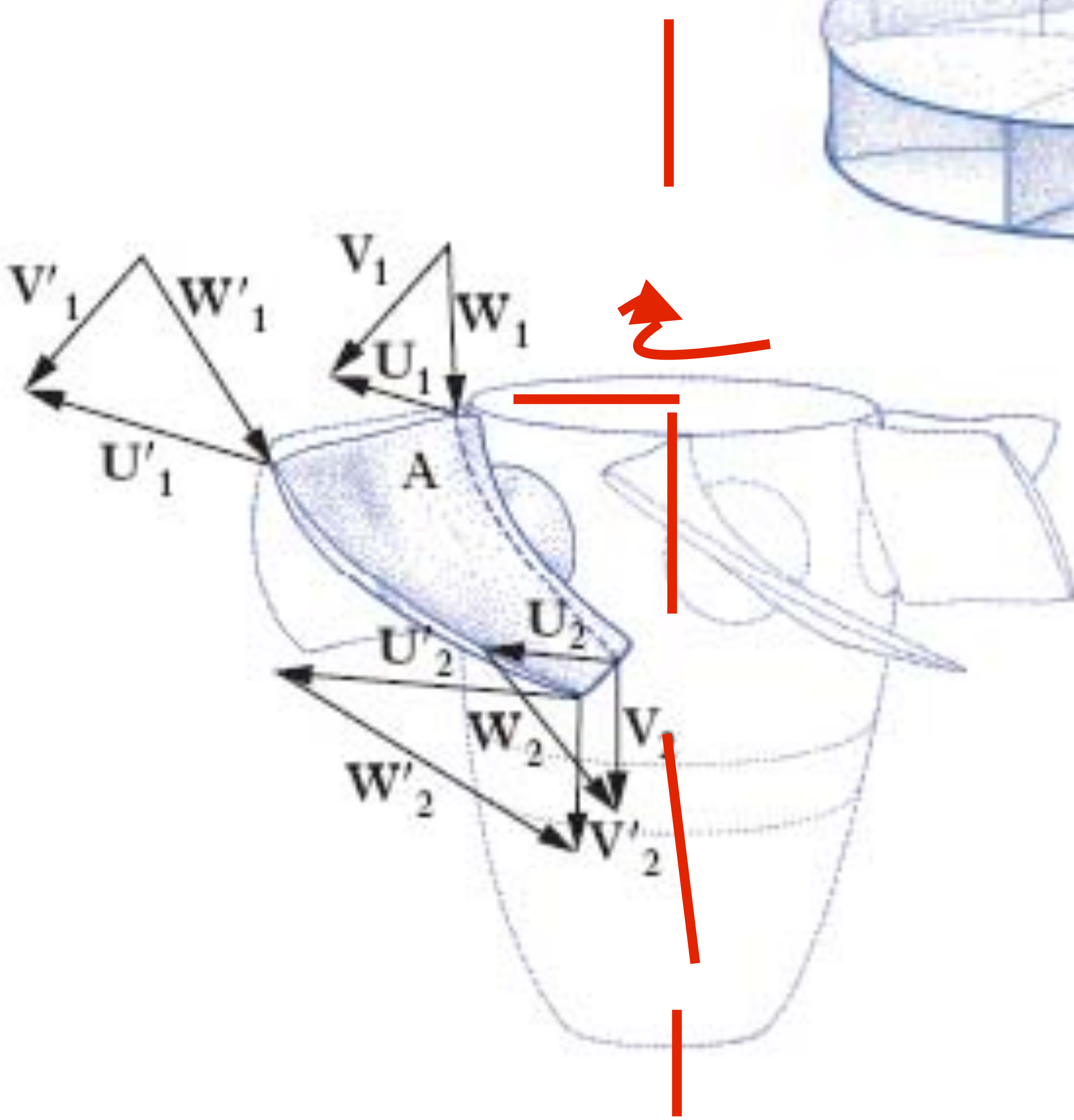
Affinché delle macchine idrauliche operino in condizioni di similitudine tra loro è sufficiente che abbiano lo stesso valore di ψ e φ

$$\varphi = \frac{Q}{\omega D^3} \propto \frac{c_m}{u} \qquad \psi = \frac{L_i}{\omega^2 D^2} \propto \frac{c_u}{u}$$

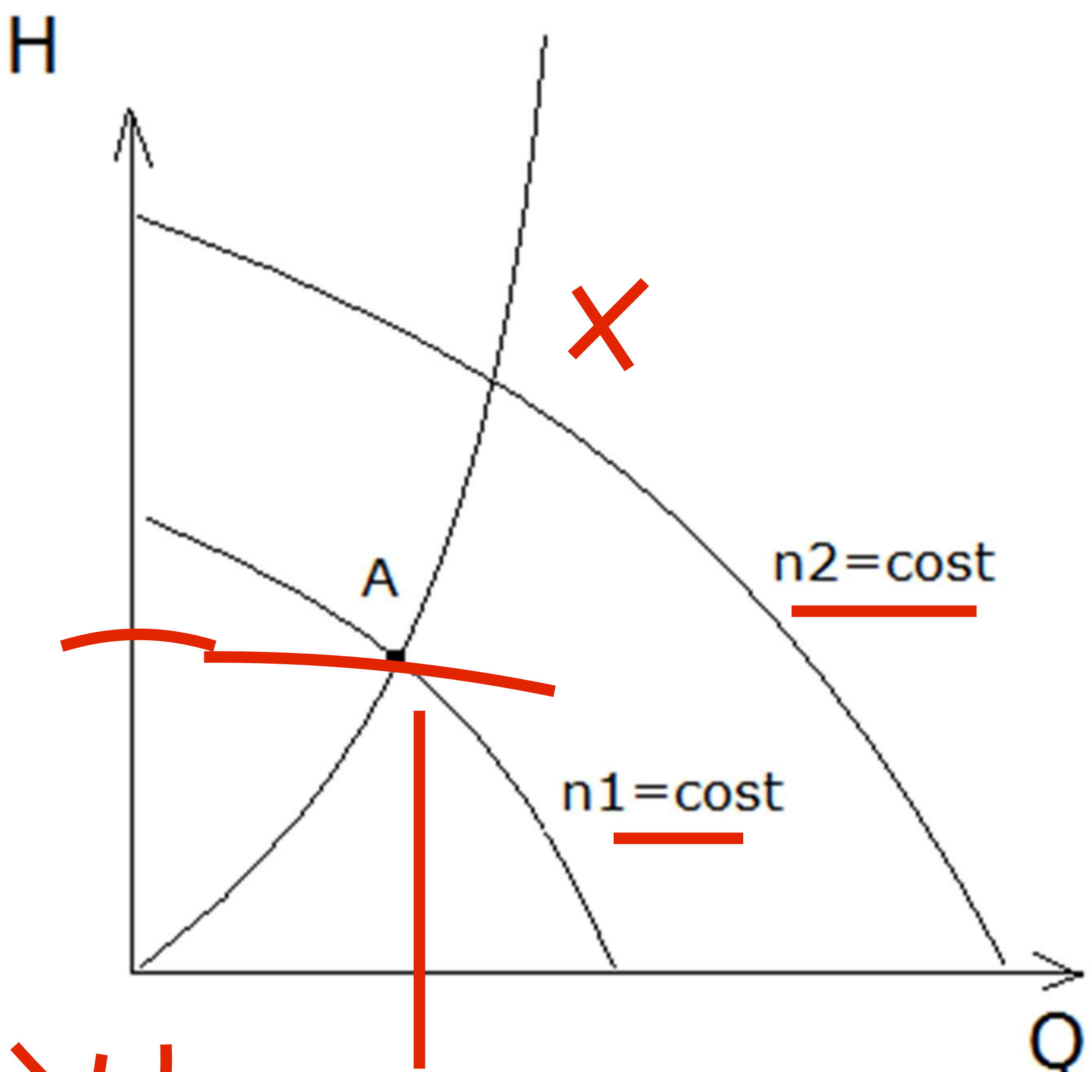
Quindi due macchine che operano in condizioni di similitudine hanno lo stesso valore di ψ e φ e quindi avranno lo stesso valore dei rapporti c_m/u e c_u/u. Allora si manterranno i valori degli angoli dei triangoli di velocità.

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE





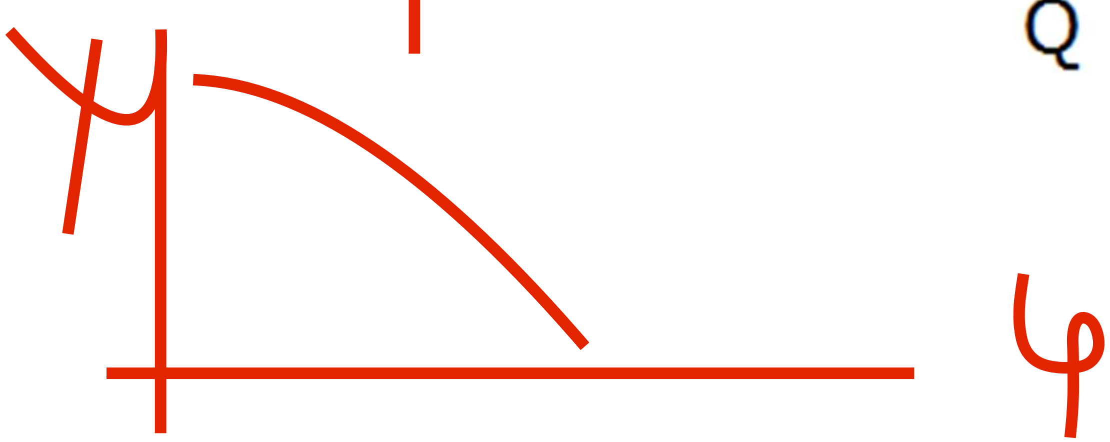
SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE



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

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

$$\boxed{H_x = \frac{H}{Q^2} Q_x^{\ 2}}$$



SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

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

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

$$\frac{Q_x}{Q_y} = \frac{\omega_x}{\omega_y}\left(\frac{D_x}{D_y}\right)^3$$

$$\frac{L_{ix}}{L_{iy}} = \left(\frac{\omega_x}{\omega_y}\right)^2\left(\frac{D_x}{D_y}\right)^2$$

$$\frac{Q_x}{Q_y} = \frac{\omega_x}{\omega_y}$$

$$\frac{L_{ix}}{L_{iy}} = \left(\frac{\omega_x}{\omega_y}\right)^2$$

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

$$\Lambda = \frac{P_e}{\rho \omega^3 D^5}$$ Cifra di potenza

$$\Lambda = \varphi \cdot \psi \cdot \eta_e$$ (macchina motrice)

$$\Lambda = \frac{\varphi \cdot \psi}{\eta_e}$$ (macchina operatrice)

$$k_P = \frac{\omega D}{\sqrt{L_i}}$$ Cifra di velocità periferica

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE

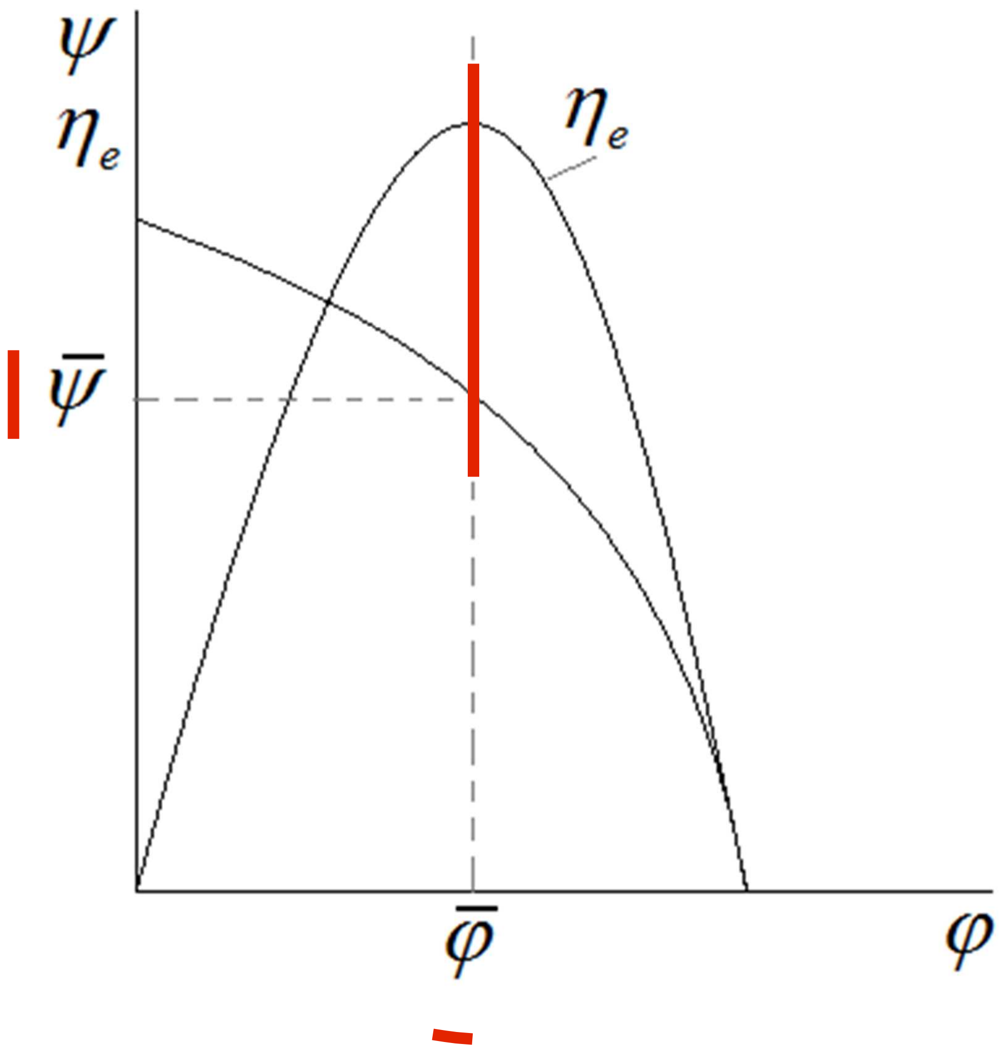
$$\varphi = \frac{Q}{\omega D^3} \propto \frac{c_m}{u} \qquad \psi = \frac{L_i}{\omega^2 D^2} \propto \frac{c_u}{u}$$

moltiplicando le due cifre di pressione e portata elevate all'esponente opportuno per eliminare la dimensione geometrica si ottiene:

$$\left.\begin{matrix} k \\ \omega_S \end{matrix}\right\} = \varphi^{1/2}\psi^{-3/4} = \omega\sqrt{\frac{\dot{m}}{\rho_{01}}} \cdot L_i^{-3/4} = \omega\frac{\sqrt{Q}}{L_i^{3/4}}$$

Numero caratteristico di macchina o Velocità Specifica

SIMILITUDINE DELLE TURBOMACCHINE



$$\left.\begin{matrix} k \\ \omega_S \end{matrix}\right\} = \varphi^{1/2}\psi^{-3/4} = \omega\sqrt{\frac{\dot{m}}{\rho_{01}}}\cdot L_i^{-3/4} = \omega\frac{\sqrt{Q}}{L_i^{3/4}}$$

Numero caratteristico di macchina o Velocità Specifica

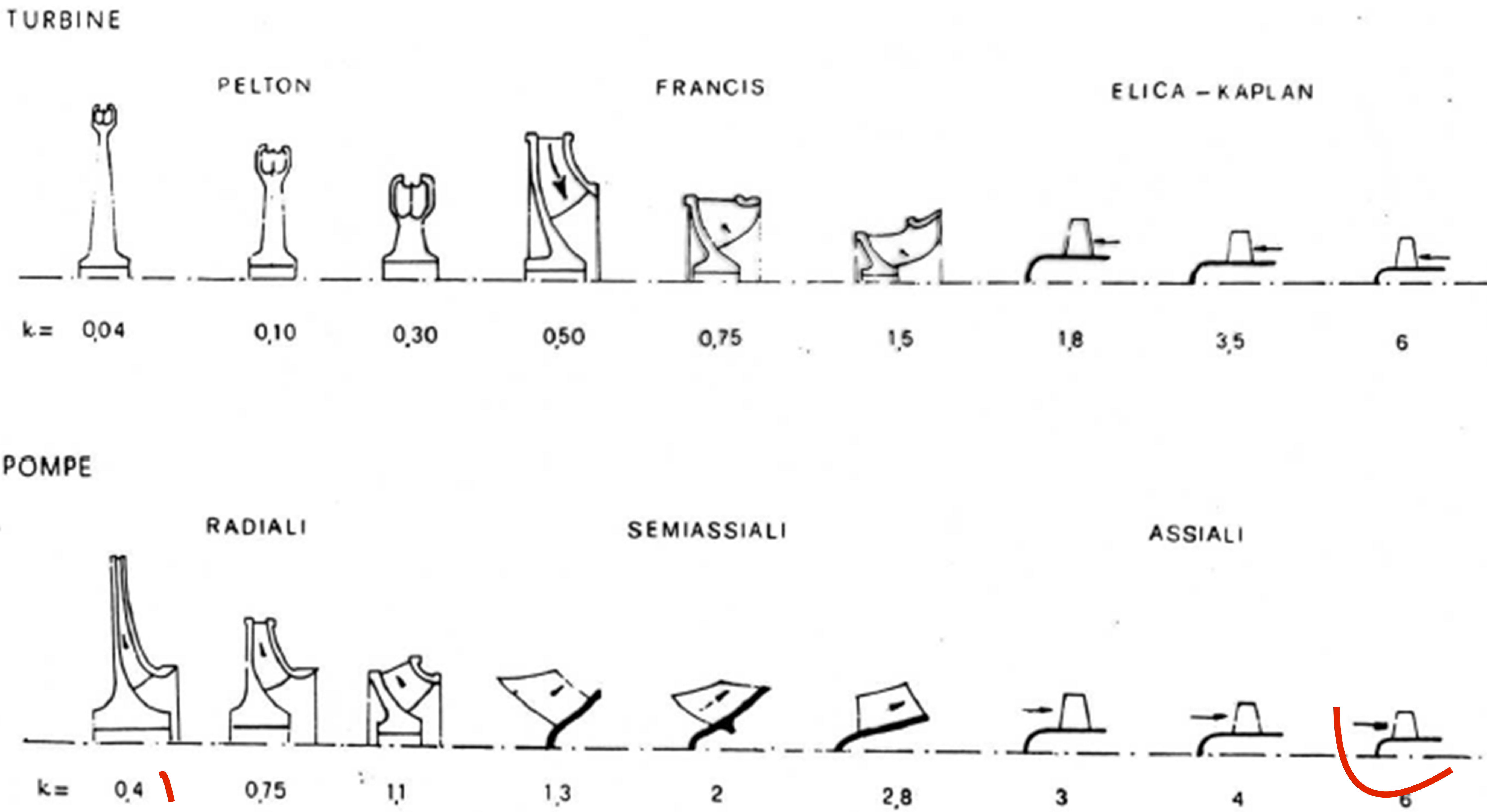


Fig. 3.5 - Variazione della forma delle giranti delle turbine e delle pompe idrauliche al variare del numero caratteristico di macchina.