



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Dipartimento
di Ingegneria Industriale

Il progetto di una pompa centrifuga La Voluta

Corso di Macchine 1

Agenda

- ▶ La voluta: funzioni, evoluzione del fluido, tipologie
- ▶ Disegno d'assieme
- ▶ Interazione girante-voluta: note integrative

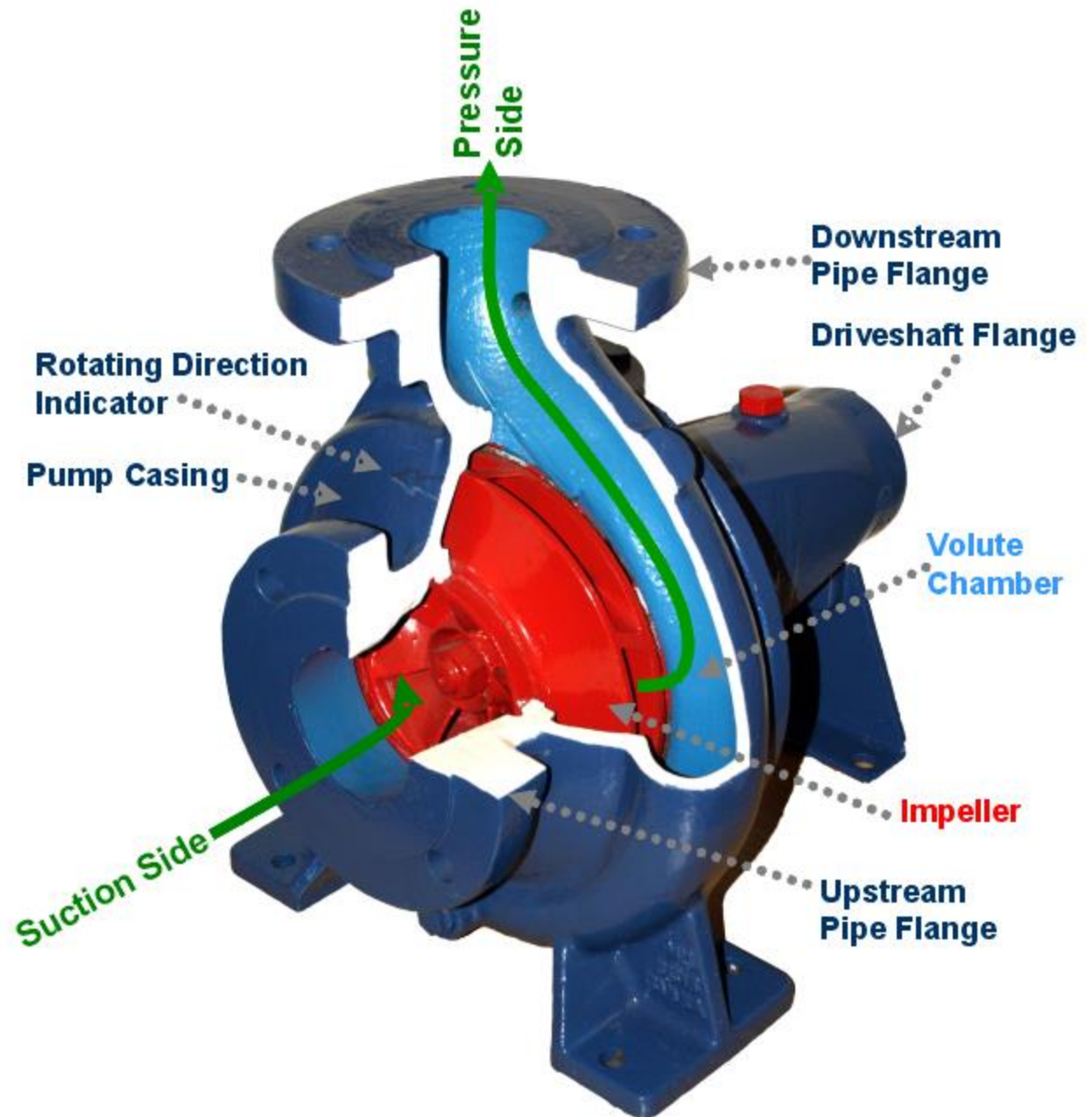


La voluta: funzioni, evoluzione
del fluido, tipologie

La voluta

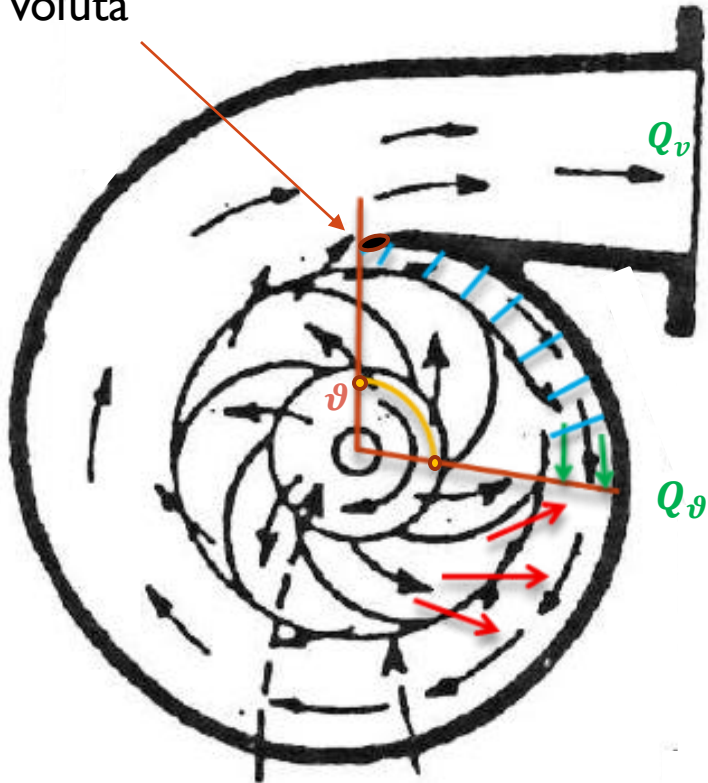


La voluta



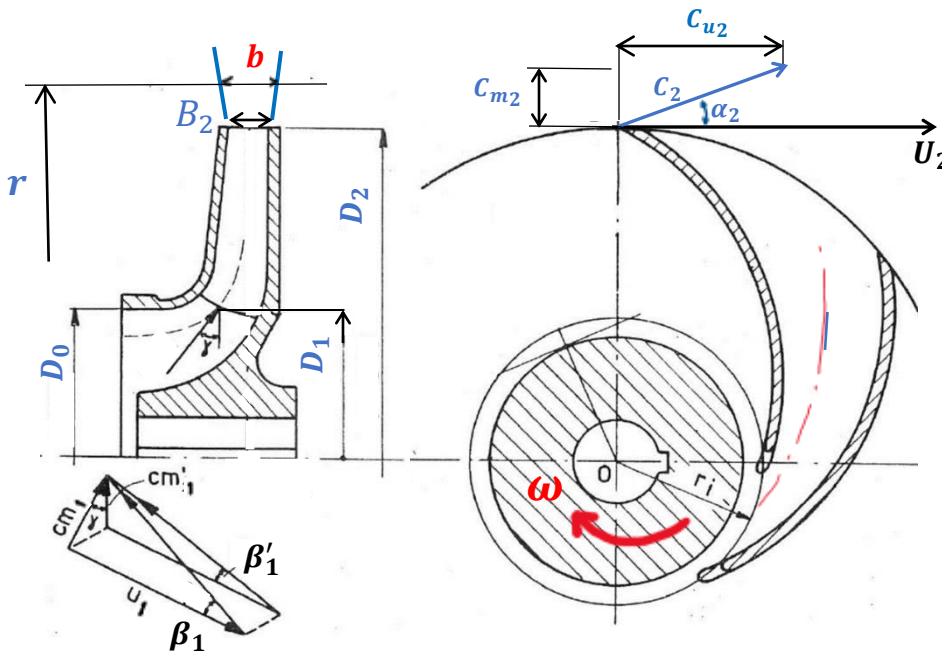
La voluta

Lingua della voluta

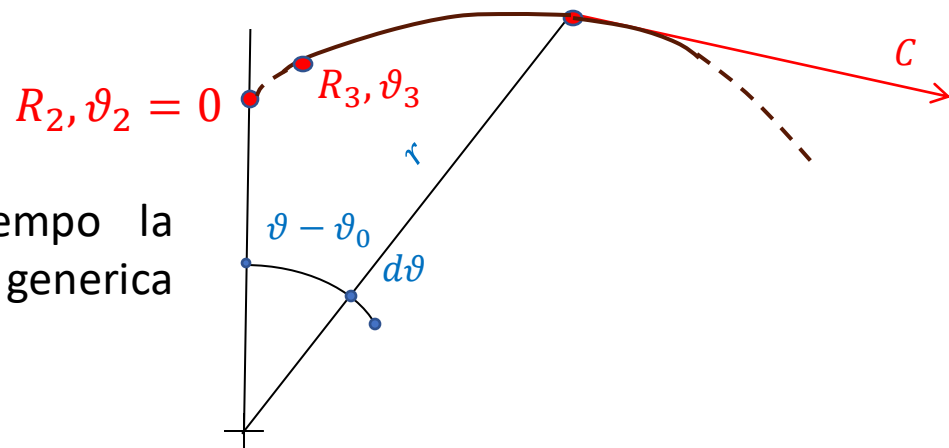


- La voluta ha il compito di **raccogliere** il fluido che esce dalla girante per **convogliarlo** nella condotta di mandata
- Il processo di convogliamento della portata è fonte inevitabile di **perdite di energia**:
 - Perdite **localizzate** (lingua della voluta e deviazione del fluido)
 - Perdite **continue**
 - Perdite di **miscelamento** tra il fluido scaricato da un condotto interpalare girante e quello nel frattempo raccolto all'interno della voluta
- Per minimizzare le perdite dovute **al progressivo cambio di direzione** imposto dal contorno solido della voluta al fluido, si dimensiona la voluta di modo che la sua parete solida segua la **traiettoria naturale** del fluido qualora fosse libero di effondere a valle della girante

Moto della particella

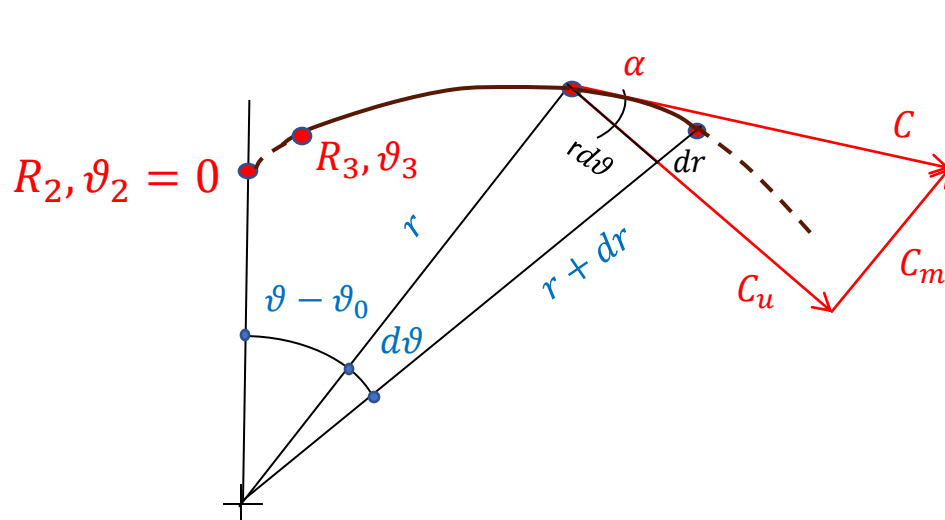


- Per rendere minime queste perdite si determina **l'equazione che descrive la traiettoria di una particella** che esce dalla girante ed si muove tra due pareti laterali che distano **$b = f(r)$**
- La **posizione iniziale** della traiettoria può coincidere con la sezione di uscita della girante o può fare riferimento ad un punto generico 3 a valle della stessa di coordinate polari **(R_3, ϑ_3)**



- Dopo un certo intervallo di tempo la particella si troverà in una generica posizione **(r, ϑ)** con una velocità **$\vec{C}$**

La voluta



- La velocità $\vec{C}$ può sempre essere scomposta nelle sue componenti $\vec{C}_m$ e $\vec{C}_u$
- La direzione della particella sarà sempre individuata dall'angolo di flusso α valutato rispetto alla direzione tangenziale secondo la relazione:

$$\tan \alpha = \frac{C_m}{C_u} = \frac{Q_v}{2 \pi b r C_u}$$

- In coordinate polari, si può esprimere tale angolo come:

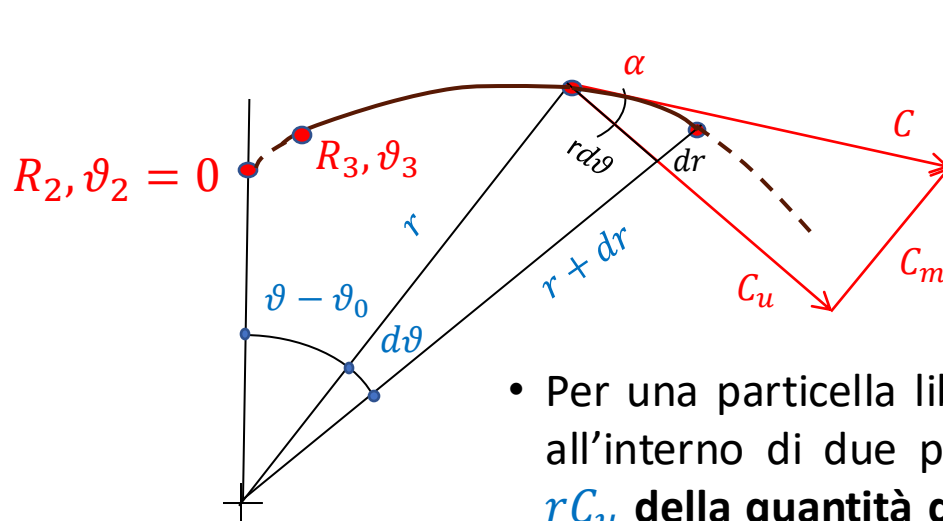
$$\tan \alpha = \frac{dr}{r d\vartheta}$$

cosicché:

$$\frac{dr}{r d\vartheta} = \frac{Q_v}{2 \pi b r C_u} \rightarrow d\vartheta = \frac{2 \pi r C_u}{Q_v} \frac{b}{r} dr$$

per cui, integrando, si ottiene: $\vartheta - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} \int_{R_3}^r r C_u \frac{b}{r} dr$

La voluta



$$\vartheta - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} \int_{R_3}^r r C_u \frac{b}{r} dr$$

- Per una particella libera di defluire a valle della girante (anche se all'interno di due pareti) deve **conservarsi il momento angolare** rC_u **della quantità di moto** non essendoci momenti dovuti a forze esterne:

$$M = \rho Q(rC_u - R_2C_{u2}) = 0$$

$$rC_u = R_2C_{u2} = \text{cost}$$

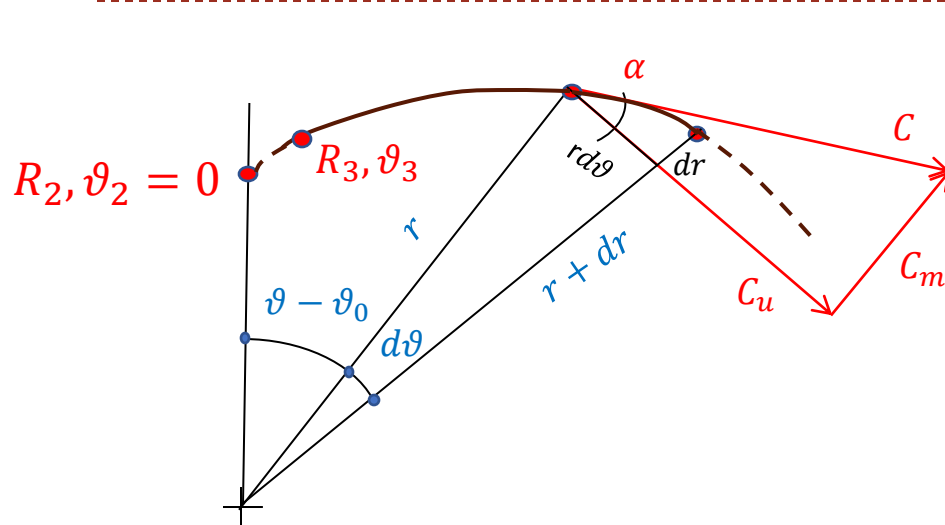
- L'integrale precedente diventa:

$$\vartheta - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} R_2 C_{u2} \int_{R_3}^r \frac{b}{r} dr$$

Equazione della
corrente libera



La voluta



$$\vartheta - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} r_2 C_{u2} \int_{R_3}^r \frac{b}{r} dr$$

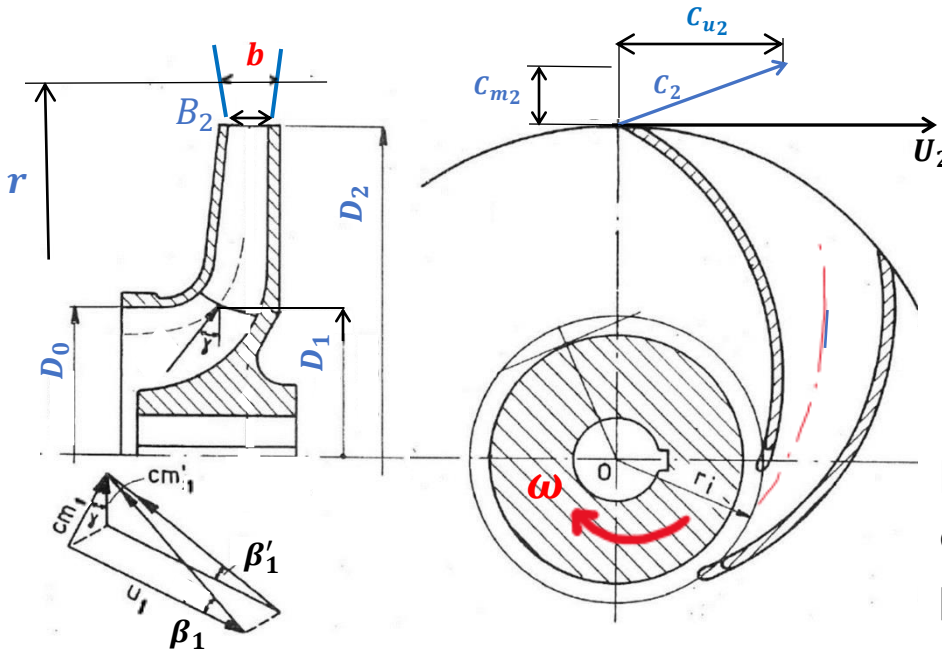
- Per annullare la perdita localizzata per progressivo cambio di direzione che altrimenti sarebbe imposta alla particella fluida, le coordinate geometriche polari r, ϑ_v del contorno solido della voluta dovranno coincidere con quelle locali r, ϑ_p della traiettoria libera della stessa particella:

Coordinate polari voluta = Coordinate polari della traiettoria libera

- In conclusione la voluta comincerà alle coordinate ϑ_3, R_3 ed il suo contorno solido è descritto dall' equazione:

$$\vartheta_v - \vartheta_3 = \vartheta - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} R_2 C_{u2} \int_{R_3}^r \frac{b}{r} dr$$

Tipologie di volute



$$\vartheta_v - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} R_2 C_{u2} \int_{R_3}^r \frac{b}{r} dr$$

Per risolvere questo integrale, è necessario definire la tipologia di voluta che si vuole progettare

- Esistono le seguenti tipologie volute:

a) **Volute a sezione rettangolare: $b = \text{cost} = b_3$**

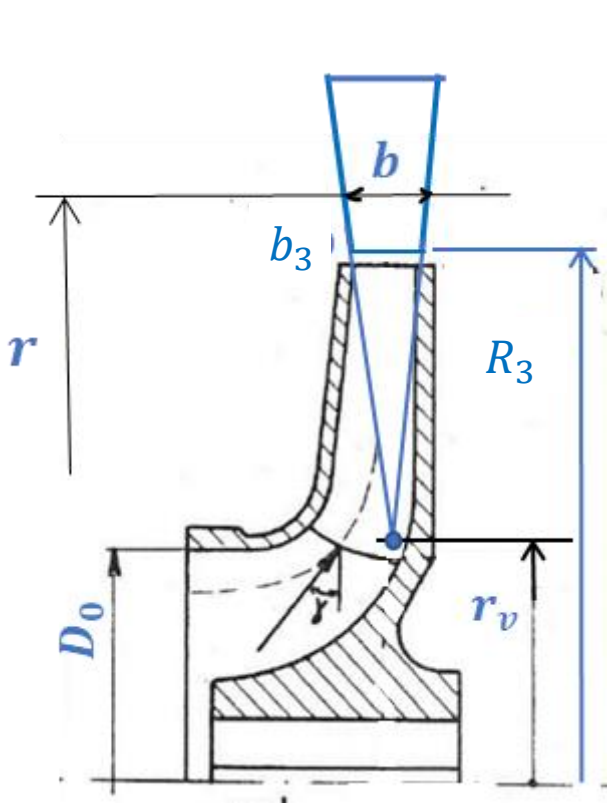
$$\vartheta_v - \vartheta_3 = \frac{2\pi}{Q_v} R_2 C_{u2} \int_{R_3}^r \frac{b}{r} dr = \frac{2\pi}{Q_v} R_2 C_{u2} b_3 \ln \frac{r}{R_3}$$

impiegata comunemente nei ventilatori e soffianti centrifughe



Tipologie di volute

b) Volute a sezione trapezoidale: $b = b_3 \frac{r-r_v}{r_3-r_v}$



$$\begin{aligned}\vartheta_v - \vartheta_3 &= \frac{2\pi}{Q_v} R_2 C_{u2} \int_{R_3}^r b_3 \frac{r - r_v}{R_3 - r_v} \frac{1}{r} dr = \\ &= \frac{2\pi R_2 C_{u2}}{Q_v} \frac{b_3}{R_3 - r_v} \int_{R_3}^r \left(1 - \frac{r_v}{r}\right) dr = \\ &= \frac{2\pi R_2 C_{u2}}{Q_v} \frac{b_3}{R_3 - r_v} \left[r - R_3 - r_v \ln \frac{r}{R_3} \right]\end{aligned}$$

- Posto $r_v = 0$, si ottiene:

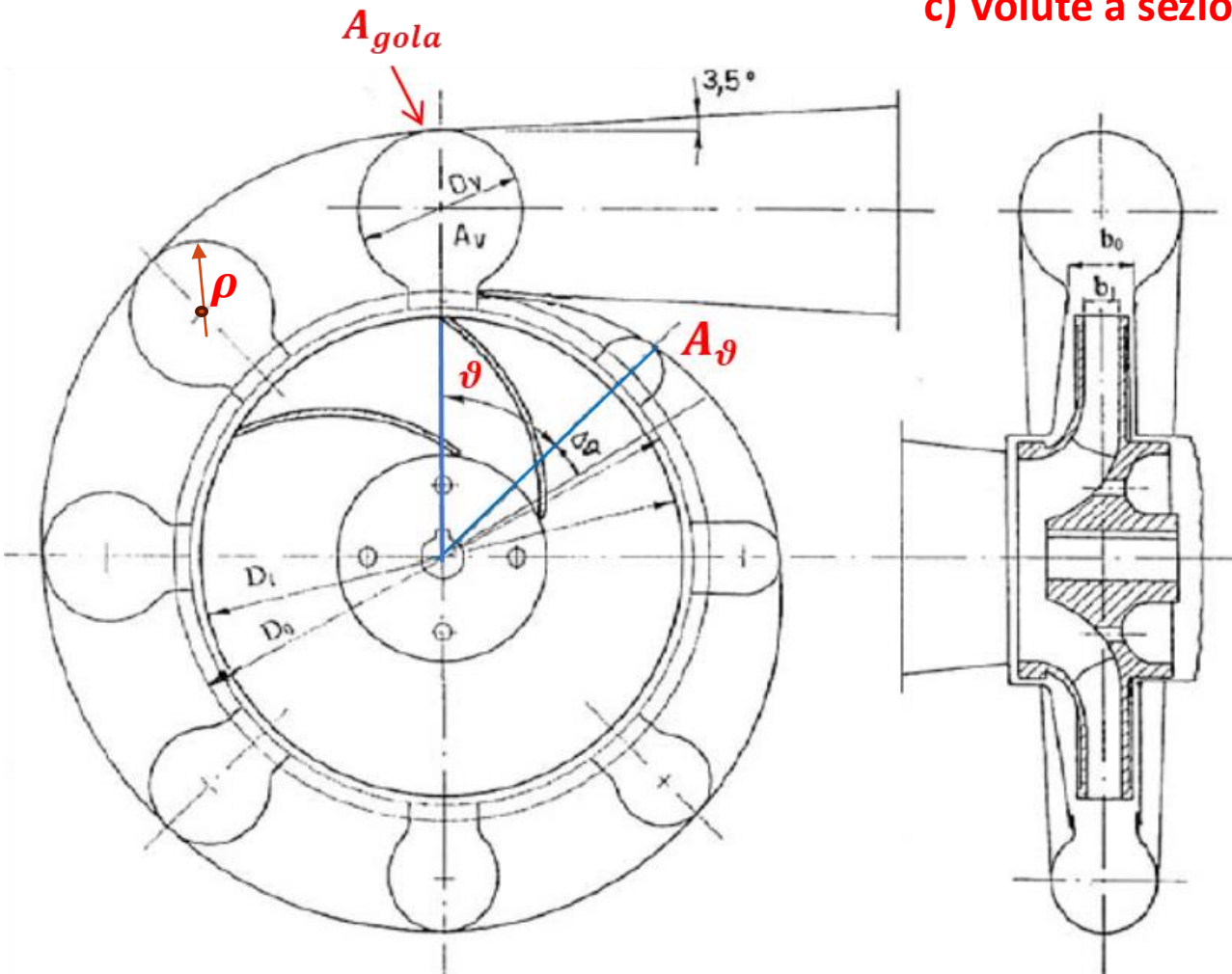
$$\vartheta_v - \vartheta_3 = \frac{2\pi R_2 C_{u2}}{Q_v} \frac{b_3}{R_3} (r - R_3)$$

che è l'equazione di una spirale di Archimede!

- Le volute a sezione trapezoidale trovano impiego nelle **pompe centrifughe**

Voluta a sezione circolare

c) Volute a sezione circolare



Per ogni angolo ϑ si determina il valore del raggio ρ del cerchio

La sezione di gola è quella con il raggio massimo ρ_{max}

Domande, Curiosità, Dubbi, Perplessità?

