

DINAMICA DEI LIQUIDI

Si definisce portata **Q** il prodotto tra la velocità del liquido per la sezione della condotta :

$$Q = V \cdot S$$

Se la portata **Q**, in una condotta, non *varia* nel *tempo* il regime si definisce **stazionario**.

In queste condizioni la portata in ciascun punto di una condotta è sempre costante:

$$Q = V_1 \cdot S_1 = V_2 \cdot S_2 = V_3 \cdot S_3$$

Questa relazione ci permette di calcolare la velocità del flusso di liquido o la sezione della condotta conoscendone la portata.

La portata si può esprimere come:

volumetrica, m³/sec; o **ponderale, Kg/sec.**

Dalla portata volumetrica si può passare alla ponderale moltiplicando per la densità del liquido.

Il moto di un fluido in una condotta, può avere un andamento *laminare*, cioè a strati sovrapposti dove la velocità è massima al centro; assumendo un profilo con il vettore velocità massimo al centro.

Oppure *turbolento*, quando a seguito della maggiore velocità, le particelle del fluido hanno andamento irregolare,(si creano microvortici) il moto non avviene a strati.

Il profilo della velocità diventa meno pronunciato, la velocità al centro e in prossimità delle pareti è quasi identico.

La distinzione dipende quindi da fattori tipo: *velocità, densità, viscosità*.

Reynolds, raggruppo questi fattori in una espressione detta "numero di Reynolds **Re**":

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

il risultato è un numero adimensionale il cui valore qualifica il moto.

se: **Re** è < **2000** il moto è laminare ;

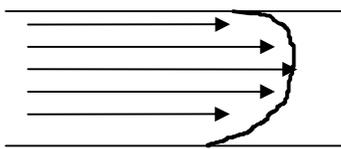
se: **Re** è > **4000** il moto è turbolento;

densità = ρ in **Kg/m³**;

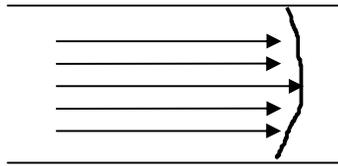
velocità = **V** in **m/s**;

diametro = **D** in **m**;

viscosità = μ in **Kg/m·s**;



moto laminare



moto turbolento

In regime stazionario, cioè *costanza della portata*:

$$Q = V_e * S$$

e senza variazioni di energia, in cui ogni punto della condotta la *somma* delle energie: **geodetica h , piezometrica P/γ , cinetica $V^2/2g$** , e costante.

L'enunciato rappresenta il "**Principio di Bernoulli**" la cui equazione è:

$$E_{tot} = E_{pot} + E_{press} + E_{cin} = mgh + mg + \frac{P}{\gamma} + \frac{1}{2}mV^2$$

che *dividendo* per **$m \cdot g$** diventa:

$$E_t = h - \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = \text{costante (m.c.l.)}$$

E' possibile visualizzare su un grafico le energie presenti in due distinti punti della condotta e la **E** totale, rappresentata dalla "*linea dei carichi totali*".

Nel caso rappresentato in figura si ha:

$$h_1 > h_2 \quad D_1 > D_2$$

per cui:

$$V_2 > V_1$$

e risulta:

$$P_1 > P_2$$

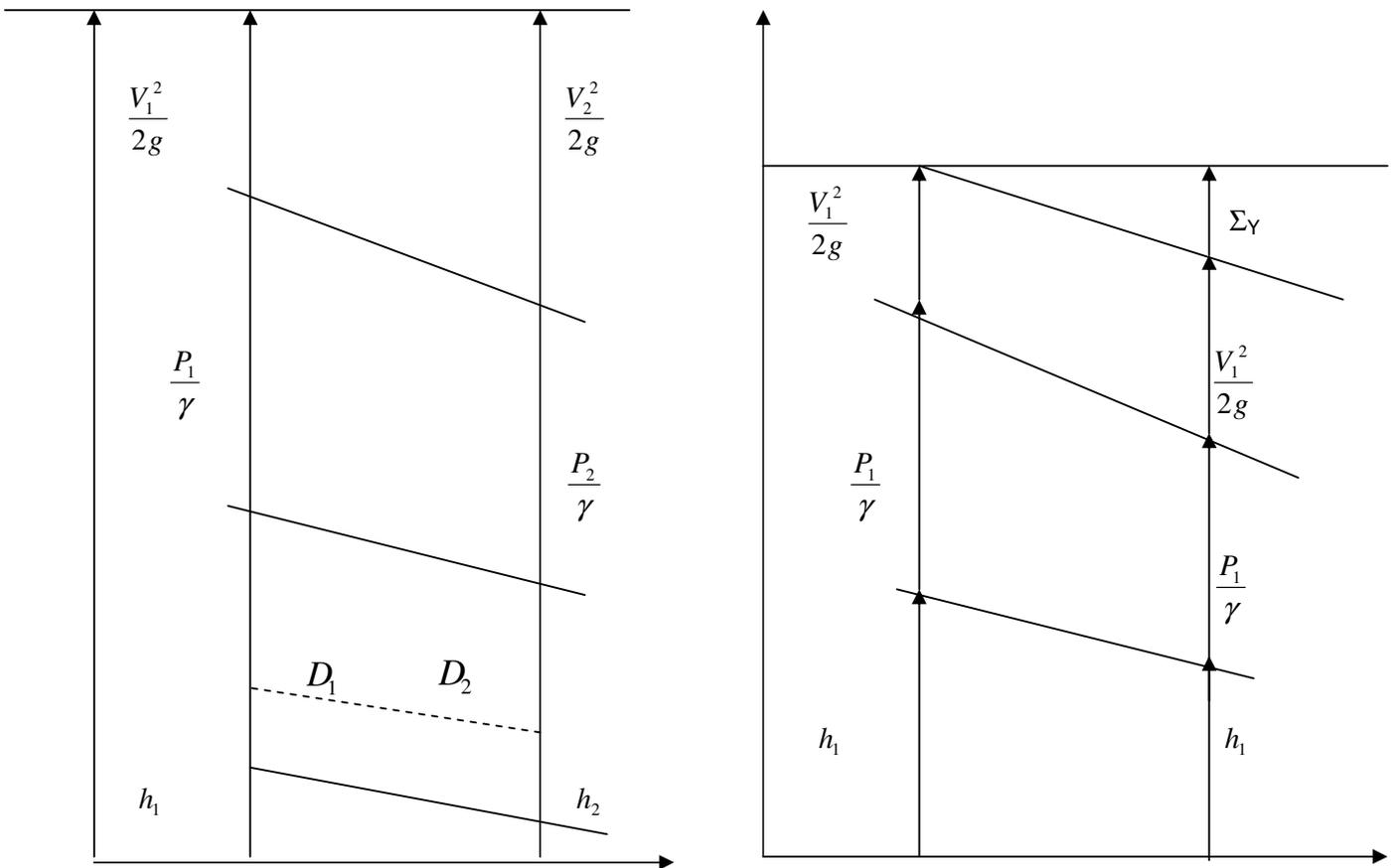
A seguito dell'attrito che incontrano, in una condotta, i vari strati di fluido a scorrere, gli uni su gli altri e con le pareti, e la viscosità che ha il fluido stesso, si verifica una variazione nell'Energia.

La forma di Energia interessata è quella di Pressione.

Tenendo conto di questo fenomeno, la linea dei carichi totali, considerando non più liquidi ideali ma reali, non risulta orizzontale ma inclinato, e l'equazione di Bernoulli viene modificata e diventa:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma Y$$

dove ΣY rappresentano le perdite di carico misurate in metri di colonna di liquido.



Le perdite di carico si distinguono in:

- ▲ *Continue* ⇒ dovute alla natura del fluido, del diametro D del tubo e natura del tubo;
- ▲ *localizzate* ⇒ dovute alla presenza nella condotta di pezzi speciali, tipo gomiti, valvole pompe ecc...

Per la determinazione, delle perdite di carico continue viene utilizzata l'equazione di **Fanning**:

$$\Sigma_Y = f * \frac{L * V^2}{D * 2g}$$

dove si tiene conto della lunghezza del tubo L , del suo diametro D e della **E**nergia cinetica.

Il fattore di attrito f dipende dalla scabrezza interna del tubo e dal numero di Reynolds Re .

La scabrezza relativa è uguale a :

$$\frac{\varepsilon}{D} \text{ dove } \varepsilon \text{ dipende dalla rugosità.}$$

In regime *laminare* il fattore di attrito:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Mentre per il moto *turbolento* per determinare f si fa uso di grafici.

Il primo grafico permette la determinazione della scabrezza relativa

$\frac{\varepsilon}{D}$ conoscendo D e la natura del tubo.

Un secondo grafico (*Abaco di Moody*) permette la determinazione di **f** una volta conosciuta la scabrezza relativa, prima calcolata, e il valore del numero di **Re**.

Nel caso di presenze di perdite di carico localizzate, si usa sempre l'espressione di **Fanning** vista prima, dove alla lunghezza del tubo **L** vanno aggiunte le perdite di carico localizzate, considerate come lunghezza aggiunta al tubo.

Cioè ad ogni pezzo va attribuita una lunghezza in metri calcolata in dipendenza del diametro D e al tipo di pezzo.

Dall'unione con una retta del valore del diametro D riportato a destra nel grafico con il tipo di pezzo riportato a sinistra nel grafico, si identifica al centro il valore della lunghezza in metri da attribuire al pezzo che va aggiunto, come detto, alla lunghezza del tubo.

$L_T \text{ totale} + L \text{ (lunghezza del tubo)} + L_1 \text{ (dovuta al primo pezzo)} + L_2 \text{ (dovuta al secondo pezzo)} + \text{ecc..}$