

A - IDRAULICA

IDRAULICA

STUDIA I FLUIDI, IL LORO EQUILIBRIO E IL LORO MOVIMENTO

FLUIDO

CORPO MATERIALE CHE, A CAUSA DELLA ELEVATA MOBILITA' DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO, PUO' SUBIRE RILEVANTI VARIAZIONI DI FORMA, SOTTO L'AZIONE DI FORZE DI MINIMA ENTITA'

LIQUIDO

FLUIDO CHE OPPONE GRANDE RESISTENZA ALLE VARIAZIONI DI VOLUME

E', INOLTRE, PESANTE (PESO SPECIFICO ELEVATO)

LIQUIDO = FLUIDO PESANTE INCOMPRESSIBILE

GAS

FLUIDO CHE SOTTO L'AZIONE DI FORZE DI MODESTA ENTITA' PUO' SUBIRE RILEVANTI VARIAZIONI DI VOLUME

E', INOLTRE, LEGGERO (PESO SPECIFICO TRASCURABILE, IN CONFRONTO A QUELLO DEI LIQUIDI)

GAS = FLUIDO LEGGERO COMPRESSIBILE

DENSITA' (d oppure ρ)

ESPRIME LA MASSA CONTENUTA NELL'UNITA' DI VOLUME

NEL S.I. SI MISURA IN kg/m^3

DIPENDE DA PRESSIONE E TEMPERATURA (PER I LIQUIDI LA DIPENDENZA DALLA PRESSIONE E' MOLTO RIDOTTA)

PESO SPECIFICO (γ)

ESPRIME IL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

NEL S.I. SI MISURA IN Newton/m^3

$$\gamma = g d$$

VISCOSITA'

ESPRIME L'INTENSITA' CON CUI IL FLUIDO SI OPPONE AGLI SFORZI E ALLE DEFORMAZIONI IN SENSO TANGENZIALE

DIPENDE ESSENZIALMENTE DALLA TEMPERATURA

VISCOSITA' DINAMICA:

$$\mu \text{ [kg / m s]}$$

VISCOSITA' CINEMATICA:

$$\nu = \mu / \rho \text{ [m}^2\text{/s]}$$

ALCUNI VALORI DI ν A 20°C, IN $10^{-4} \text{ m}^2\text{/s}$

ARIA	1,09
ACQUA	0,01
GLICERINA	6,35
ALCOL METILICO	0,00746

REGIMI DI MOVIMENTO

REGIME LAMINARE

IL MOTO AVVIENE ORDINATAMENTE PER FILETTI DI FLUIDO CHE SCORRONO PARALLELI, SENZA CHE AVVENGANO SCAMBI DI MASSA FRA UN FILETTO E L'ALTRO
E' MOLTO STABILE NEI CONFRONTI DELLE PERTURBAZIONI

REGIME TURBOLENTO

E' UN TIPO DI MOTO INSTABILE, CON IRREGOLARI FLUTTUAZIONI DELLA VELOCITA' DELLE SINGOLE PARTICELLE ALL'INTERNO DELLA MASSA FLUIDA
E' COMPOSTO DALLA SOVRAPPOSIZIONE DI DUE MOVIMENTI:
UN MOTO DI TRASPORTO E UN MOTO DI AGITAZIONE

STATICA DEI FLUIDI

STUDIA I FLUIDI IN QUIETE (LE PARTICELLE NON SUBISCONO ALCUN SPOSTAMENTO RELATIVO NEL TEMPO)

STATICA DEI FLUIDI PESANTI INCOMPRIMIBILI

STUDIA I LIQUIDI IN QUIETE SOGGETTI UNICAMENTE ALL'AZIONE DEL CAMPO GRAVITAZIONALE

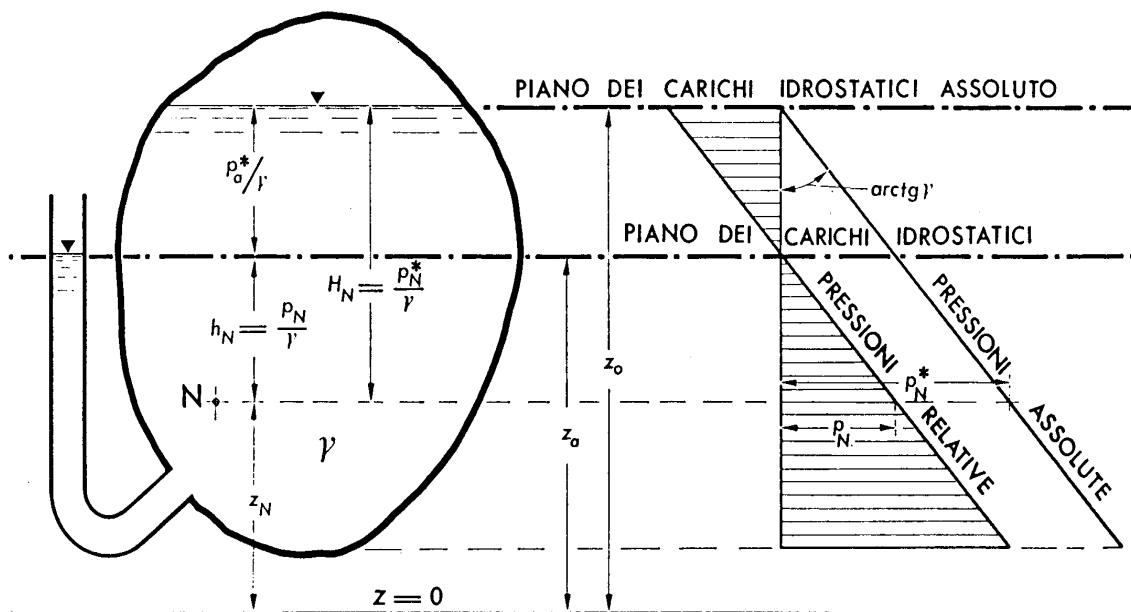
PESANTE = PESO SPECIFICO ELEVATO

INCOMPRIIBILE = LA DENSITA' (PESO SPECIFICO) E' CONSIDERATA PERFETTAMENTE COSTANTE

LEGGI DI STEVIN

(EQUAZIONE FONDAMENTALE DELLA STATICA DEI FLUIDI PESANTI INCOMPRESSIBILI)

$$z + p / \gamma = \text{costante}$$



- **$z =$ ALTEZZA GEODETICA**
RAPPRESENTA L'ENERGIA POTENZIALE PER UNITA' DI PESO
- **$p / \gamma =$ ALTEZZA PIEZOMETRICA**
RAPPRESENTA L'ENERGIA DI PRESSIONE PER UNITA' DI PESO
- **$z + p / \gamma =$ QUOTA PIEZOMETRICA**
RAPPRESENTA L'ENERGIA TOTALE PER UNITA' DI PESO

LEGGE DI STEVIN

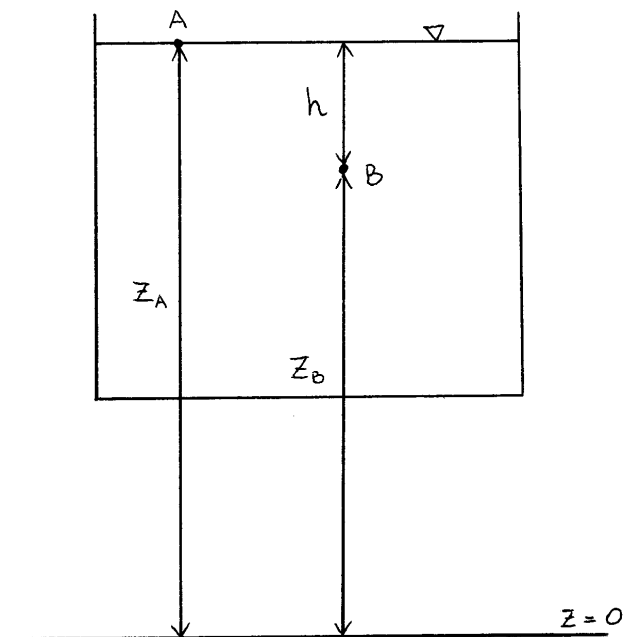
- **PIANO DEI CARICHI IDROSTATICI**
LA PRESSIONE E' PARI ALLA PRESSIONE ATMOSFERICA (LA PRESSIONE RELATIVA E' NULLA)
- **PIANO DEI CARICHI IDROSTATICI ASSOLUTO**
LA PRESSIONE ASSOLUTA E' NULLA
- A TUTTI I PUNTI DI UN FLUIDO PESANTE INCOMPRIMIBILE COMPETE LA STESSA QUOTA PIEZOMETRICA
- LE SUPERFICI ISOBARICHE SONO PIANI ORIZZONTALI
- LA SUPERFICIE LIBERA DI SEPARAZIONE FRA DUE FLUIDI SI DISPONE SEMPRE SECONDO UN PIANO ORIZZONTALE

LEGGE DI STEVIN

$$z_A + p_A / \gamma = z_B + p_B / \gamma$$

$$p_A = p_{ATM}$$

$$p_B = p_{ATM} + (z_A - z_B) \times \gamma = p_{ATM} + \gamma h$$



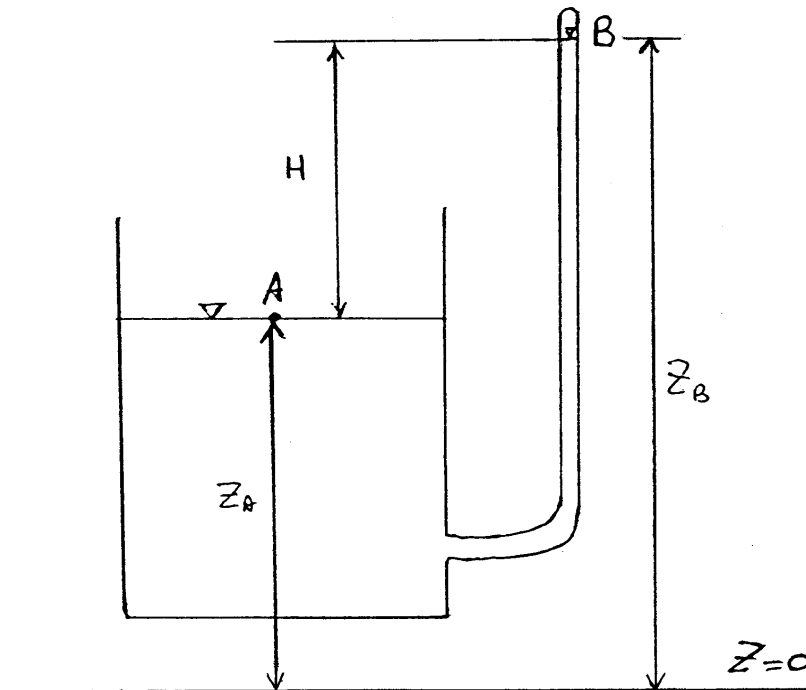
LEGGE DI STEVIN

$$z_A + p_A / \gamma = z_B + p_B / \gamma$$

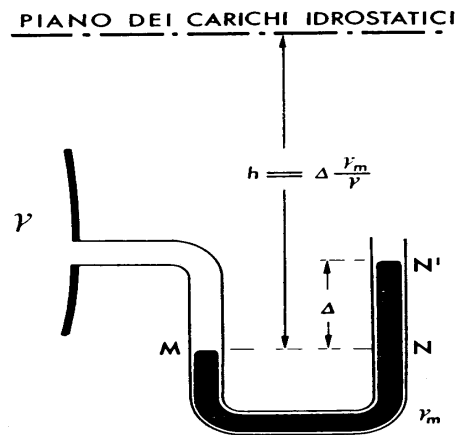
$$p_A = p_{ATM} \quad p_B = 0$$

$$z_B - z_A = H = p_{ATM} / \gamma$$

IL FLUIDO PUO' SALIRE AL MASSIMO ALLA QUOTA H, DOVE LA PRESSIONE ASSOLUTA E' NULLA, E NON PUO' ANDARE OLTRE, PERCHE' NON SOPPORTA SFORZI DI TRAZIONE



MANOMETRO SEMPLICE



PER UN FLUIDO PESANTE CONSENTE DI RICAVARE LA POSIZIONE DEL PIANO DEI CARICHI IDROSTATICI:

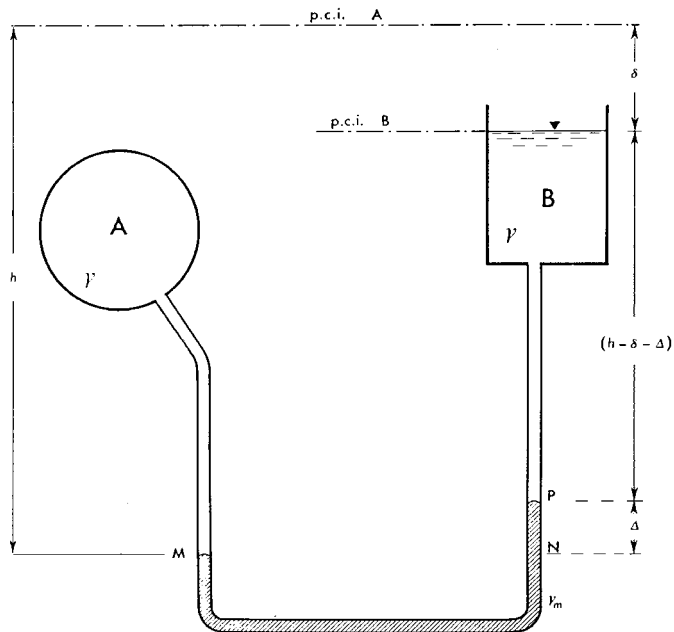
$$h = \Delta \gamma_m / \gamma$$

PER UN FLUIDO DI PESO SPECIFICO TRASCURABILE (GAS) LA PRESSIONE E' COSTANTE IN TUTTI I PUNTI

PRESSIONE RELATIVA:

$$p = \Delta \gamma_m$$

MANOMETRO DIFFERENZIALE



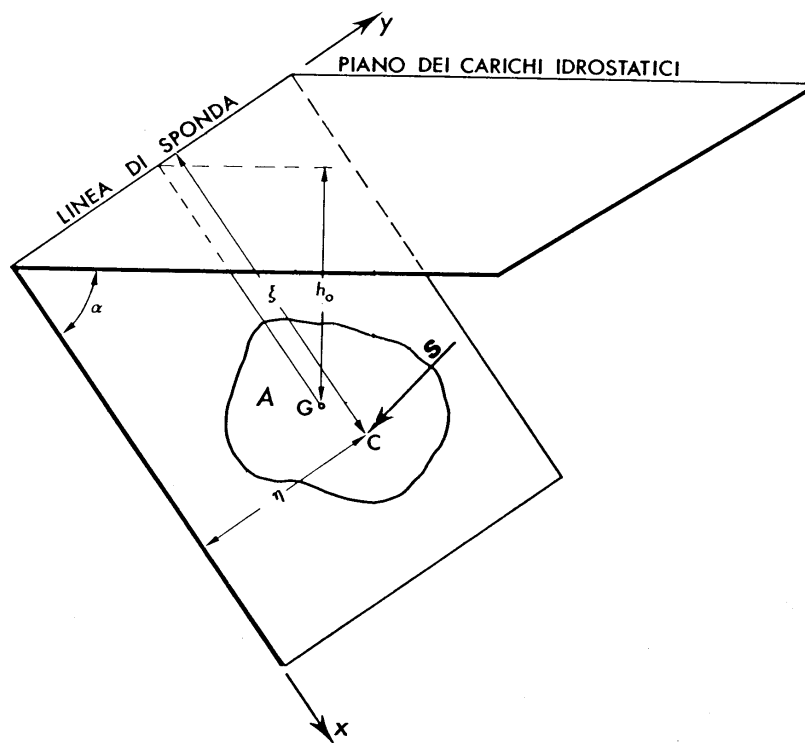
SE A e B CONTENGONO LO STESSO FLUIDO, IL DISLIVELLO PIEZOMETRICO FRA LE QUOTE PIEZOMETRICHE DEI DUE RECIPIENTI E':

$$\delta = \Delta (\gamma_m - \gamma) / \gamma$$

SE A e B CONTENGONO FLUIDI DIVERSI:

$$\delta = \Delta (\gamma_m - \gamma_2) / \gamma_2 + h (\gamma_2 - \gamma_1) / \gamma_2$$

SPINTA SU UNA SUPERFICIE PIANA



LA SPINTA E' SEMPRE DIRETTA PERPENDICOLARMENTE ALLA SUPERFICIE E VALE:

$$S = \gamma h_0 A = p_0 A$$

G = BARICENTRO DELLA SUPERFICIE BAGNATA

A = AREA BAGNATA

SPINTA SU UNA SUPERFICIE PIANA

RETTA DI SPONDA

RETTA DI INTERSEZIONE FRA IL PIANO CONTENENTE LA SUPERFICIE E IL PIANO DEI CARICHI IDROSTATICI

CENTRO DI SPINTA

PUNTO DI APPLICAZIONE DELLA SPINTA. E' SEMPRE PIU' LONTANO DALLA RETTA DI SPONDA, RISPETTO AL BARICENTRO DELLA SUPERFICIE PREMUTA

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

UN CORPO IMMERSO IN UN LIQUIDO RICEVE UNA SPINTA VERTICALE, DAL BASSO VERSO L'ALTO, DI INTENSITA' F PARI AL PESO DI UN VOLUME DI LIQUIDO UGUALE A QUELLO DEL CORPO IMMERSO. LA SPINTA PASSA PER IL BARICENTRO DI TALE VOLUME DI LIQUIDO.

d_L = DENSITA' DEL LIQUIDO

V_L = VOLUME DEL LIQUIDO

d_C = DENSITA' DEL CORPO

V_C = VOLUME DEL CORPO

P_C = $V_C \times d_C$ = PESO DEL CORPO

F = $V_C \times d_L$ = PESO DEL LIQUIDO SPOSTATO = SPINTA

CONDIZIONE DI EQUILIBRIO: $P_C = F$

$$V_C \times d_L = V_C \times d_C \rightarrow \rightarrow d_L = d_C$$

SE $d_C < d_L$ IL CORPO GALLEGGIA ED IL VOLUME IMMERSO E' $V_C \times d_C / d_L$

SE $d_C > d_L$ IL CORPO NON GALLEGGIA

CINEMATICA DEI FLUIDI

STUDIA IL MOVIMENTO DEI FLUIDI

DINAMICA DEI FLUIDI

STUDIA IL COMPORTAMENTO DEI FLUIDI IN MOVIMENTO
SOTTO L'EFFETTO DI FORZE

PORTATA

QUANTITA' DI FLUIDO CHE TRANSITA IN UNA SEZIONE
NELL'UNITA' DI TEMPO

PORTATA MASSICA

$$G = m / t \quad (\text{kg/s})$$

PORTATA VOLUMETRICA

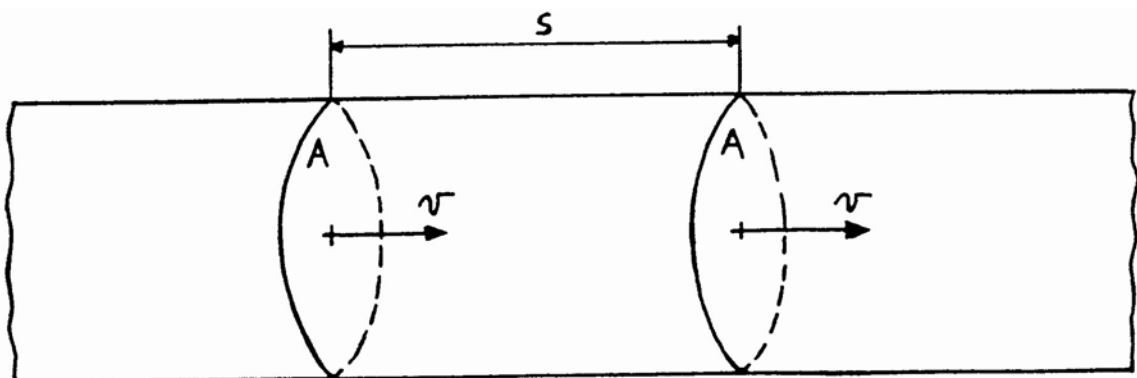
$$Q = V / t = (m/d) / t = G / d \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$Q = V / t = (A \times s) / t = A \times v$$

(AREA x VELOCITA')

$$\text{m}^2 \times \text{m/s} = \text{m}^3 / \text{s}$$

$$G = Q d$$



MOTO PERMANENTE

LE DIVERSE GRANDEZZE, IN UN PUNTO, NON CAMBIANO NEL TEMPO

LA PORTATA E' COSTANTE NEL TEMPO, PERCHE':

$$Q = A \times v$$

IN UN DATO PUNTO, NON CAMBIANDO A E v , RIMANE COSTANTE Q

INOLTRE, POICHE' E' COSTANTE LA MASSA TOTALE DEL SISTEMA, E' ANCHE COSTANTE LA PORTATA IN TUTTI I PUNTI

NEL MOTO PERMANENTE, LA PORTATA E' COSTANTE NEL TEMPO E NELLO SPAZIO

CARICO IDRAULICO TOTALE

$$H = z + p / \gamma + v^2/2g$$

z = ALTEZZA GEODETICA = ENERGIA POSIZIONALE

p / γ = ALTEZZA PIEZOMETRICA = ENERGIA DI PRESSIONE

$v^2/2g$ = ALTEZZA CINETICA = ENERGIA CINETICA

H = CARICO TOTALE = ENERGIA TOTALE

TUTTI I TERMINI SONO ENERGIE PER UNITA' DI PESO

$$mgz / mg = z$$

$$p V / mg = p v / g = p / d g$$

$$\frac{1}{2} mv^2 / mg = v^2 / 2g$$

TEOREMA DI BERNOULLI

IN UNA CORRENTE FLUIDA, DOVE SONO VERIFICATE LE IPOTESI SOTTO RIPORTATE, VALE IL SEGUENTE:

$$H = \text{COSTANTE}$$

ESPRIME IL PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA.

IPOTESI:

- FLUIDO PESANTE INCOMPRESSIBILE (LIQUIDO)
- SISTEMA CHIUSO (ASSENZA DI SCAMBI DI MASSA CON L'ESTERNO)
- MOTO PERMANENTE (LE GRANDEZZE IN OGNI PUNTO SONO COSTANTI NEL TEMPO)
- FLUIDO IDEALE (ASSENZA DI PERDITE DOVUTE AGLI ATTRITI INTERNI AL FLUIDO)

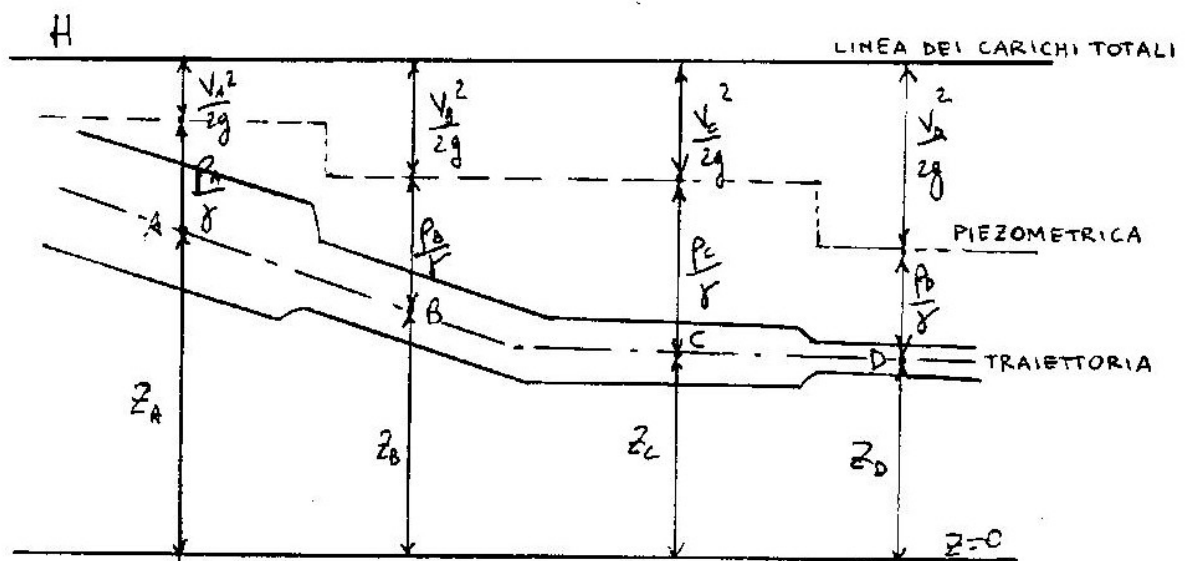
TEOREMA DI BERNOULLI

$$H = z + p / \gamma + v^2 / 2g = \text{costante}$$

POICHE' IL MOTO E' PERMANENTE, $Q = A \times v = \text{COSTANTE}$

DOVE LA SEZIONE A E' MINORE, AUMENTA LA VELOCITA' v E DIMINUISCE LA QUOTA PIEZOMETRICA $z + p / \gamma$

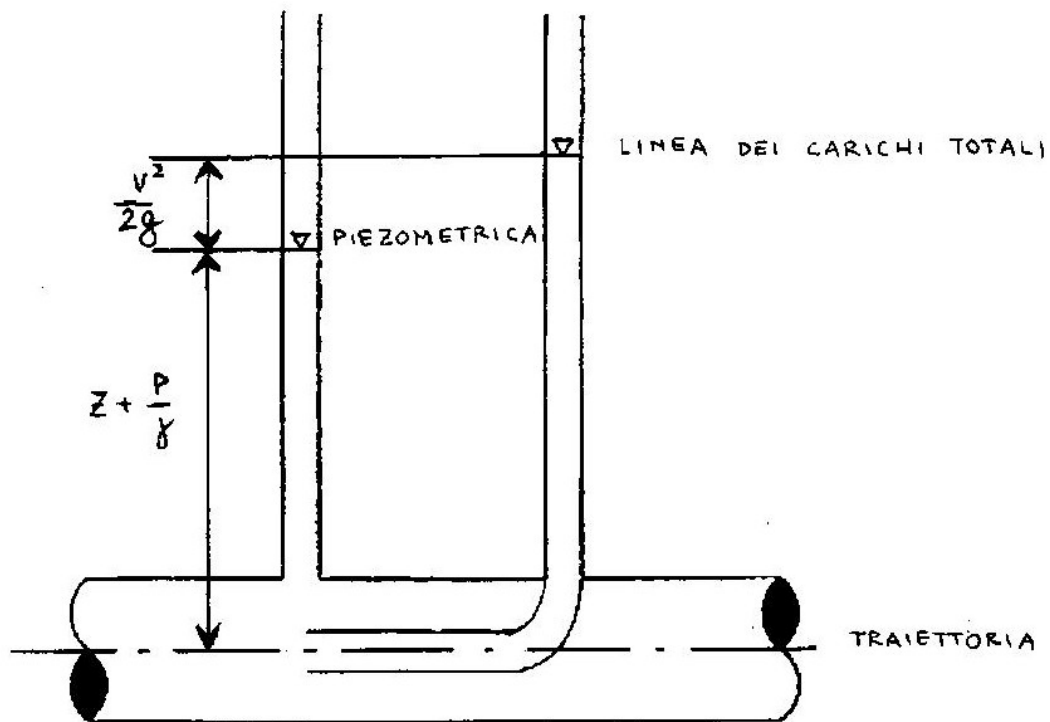
IN TRATTI ORIZZONTALI, SE DIMINUISCE LA SEZIONE DIMINUISCE ANCHE LA PRESSIONE



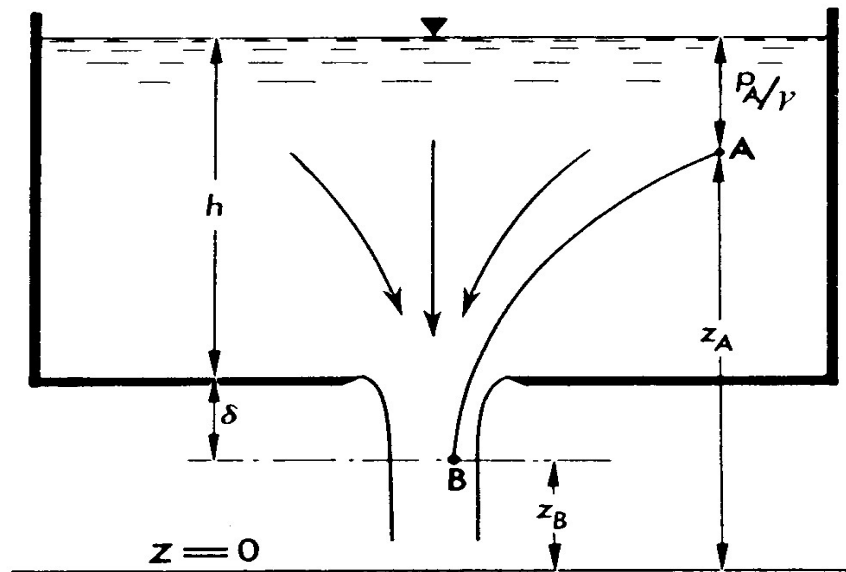
TEOREMA DI BERNOULLI

IL SECONDO TUBICINO È IN GRADO DI TRASFORMARE IN PRESSIONE ANCHE L'ALTEZZA CINETICA E QUINDI IL FLUIDO ARRIVA ALLA MASSIMA QUOTA POSSIBILE, PARI A TUTTO IL CARICO IDRAULICO H.

IL PRIMO TUBICINO NO E QUINDI IL FLUIDO ARRIVA FINO ALLA QUOTA PIEZOMETRICA.



PROCESSI DI EFFLUSSO



$$z_A + p_A / \gamma + v_A^2 / 2g = z_B + p_B / \gamma + v_B^2 / 2g$$

$$v_B^2 / 2g = z_A + p_A / \gamma - z_B = h + \delta$$

se δ è trascurabile rispetto ad h :

$$v_B = \sqrt{2 g h}$$

area nella sezione contratta: $A_c = C \times A$

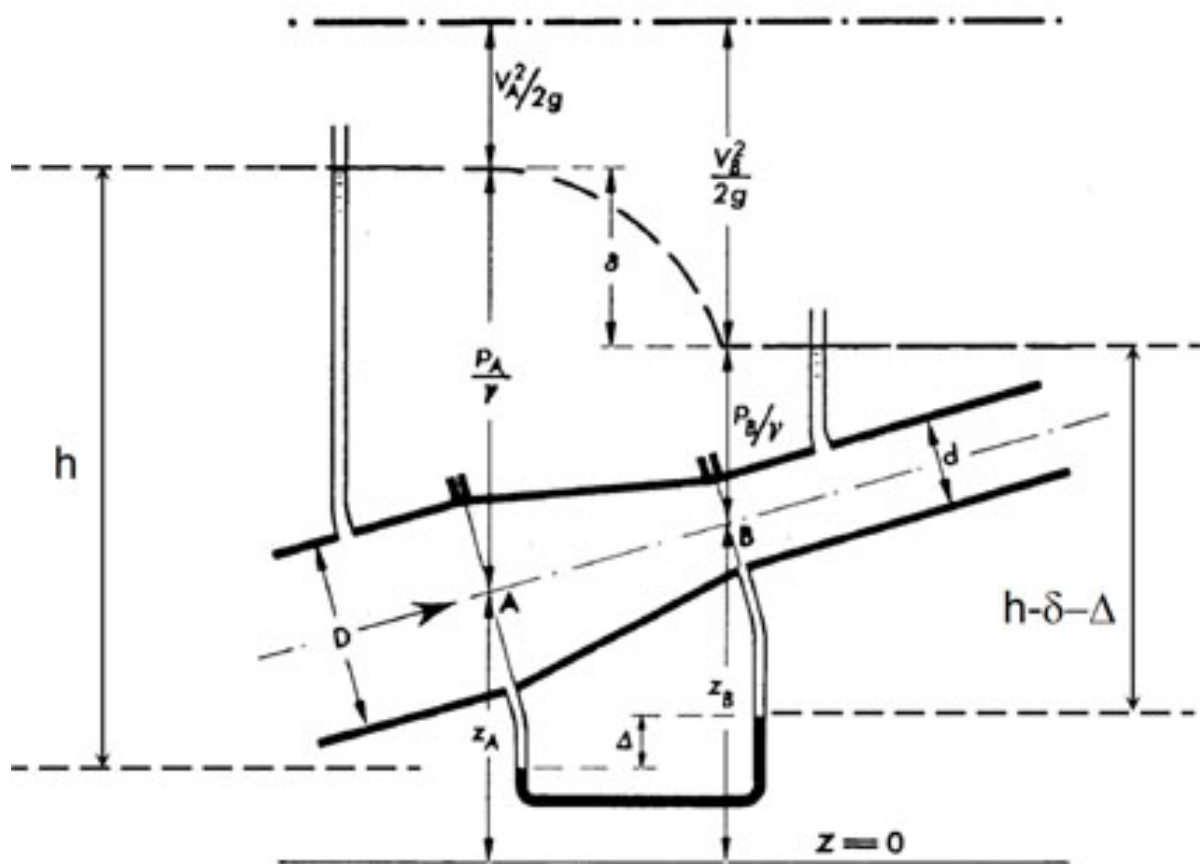
A = area del foro

C = coefficiente di contrazione = 0,6

portata: $Q = A_c \times v_B$

VENTURIMETRO

VIENE UTILIZZATO PER IL CALCOLO DELLA PORTATA DI FLUIDI PESANTI INCOMPRIMIBILI. LA MISURA EFFETTUATA SI BASA SUL TEOREMA DI BERNOULLI



VENTURIMETRO

CON RIFERIMENTO AL MANOMETRO DIFFERENZIALE:

$$h \gamma = (h - \delta - \Delta) \gamma + \Delta \gamma_m$$

$$0 = \Delta \gamma_m - (\delta + \Delta) \gamma$$

$$\Delta (\gamma_m - \gamma) = \delta \gamma$$

$$\delta = \Delta (\gamma_m - \gamma) / \gamma$$

$$\delta = \left(z_A + \frac{p_A}{\gamma} \right) - \left(z_B + \frac{p_B}{\gamma} \right) = \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g}$$

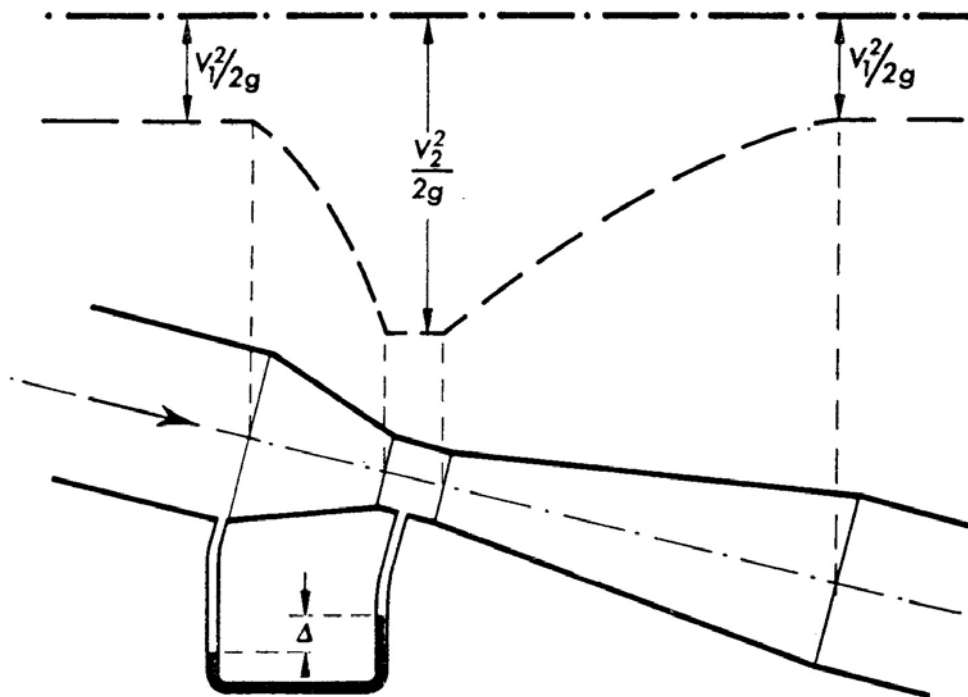
$$\delta = \Delta \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}$$

$$\frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} = \Delta \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}$$

$$Q = \frac{A_A \cdot A_B}{\sqrt{A_A^2 - A_B^2}} \sqrt{2g \Delta \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}}$$

VENTURIMETRO

REALIZZAZIONE PRATICA (PUÒ ESSERE INSERITO SENZA MODIFICARE LE CARATTERISTICHE DELLA CONDOTTA A MONTE E A VALLE DEL DISPOSITIVO)



FLUIDI REALI - PERDITE DI CARICO

NEI FLUIDI REALI, LE PERDITE DI CARICO NEL MOVIMENTO SONO DOVUTE AGLI ATTRITI FRA LE PARTICELLE DEL FLUIDO ED ALLE TURBOLENZE CHE SI CREANO NEI PUNTI PARTICOLARI (CAMBIAMENTI DI SEZIONE, CURVE, INTERSEZIONI FRA DIVERSE CONDOTTE, ETC.)

PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

- SONO DOVUTE AGLI SFORZI TANGENZIALI FRA LE PARTICELLE DEL FLUIDO DURANTE IL MOTO RETTILINEO, PER EFFETTO DELLA VISCOSITA'

PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

- SONO DOVUTE ALLE TURBOLENZE CHE SI CREANO NEI PUNTI PARTICOLARI (CAMBIAMENTI DI SEZIONE, CURVE, ETC.)

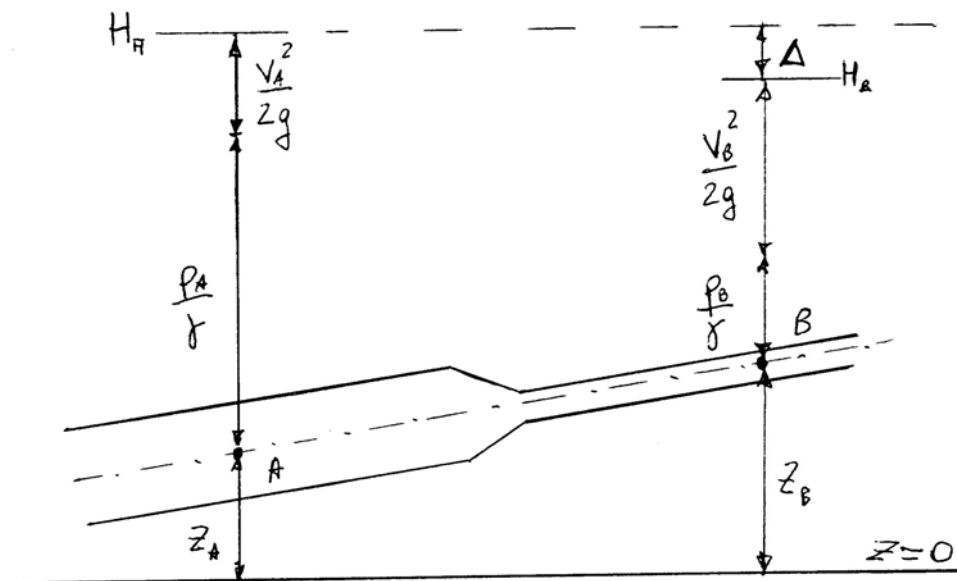
TEOREMA DI BERNOULLI PER FLUIDI REALI

$$z_A + p_A / \gamma + v_A^2 / 2g = z_B + p_B / \gamma + v_B^2 / 2g + \Delta$$

$$H_A = H_B + \Delta$$

$$H_B = H_A - \Delta$$

$\Delta =$ PERDITA DI CARICO FRA A e B
che è un punto più a valle di A rispetto al senso del moto



CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

- ESISTONO FORMULE PER CALCOLARE LA CADENTE J (PERDITA DI CARICO PER UNITA' DI LUNGHEZZA DELLA TUBAZIONE)
- LA PERDITA TOTALE VALE: $\Delta = J \times L$

PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

- SI POSSONO CALCOLARE ANALITICAMENTE PER OGNI TIPO DI DISCONTINUITA', MA SOLITAMENTE SI ESPRIMONO IN PERCENTUALE DELLE PERDITE DISTRIBUITE
- LUNGHEZZA FITTIZIA: $L_f = L + L_{pd}$
- PERDITA TOTALE: $\Delta = J \times L_f$

CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

SI CALCOLANO CON EQUAZIONI DEL TIPO:

$$J = k v^2 / D = k' Q^2 / D^5$$

LA CADENTE E' PROPORZIONALE ALLA VISCOSITA' DEL FLUIDO ED ALLA RUGOSITA' DELLA TUBAZIONE

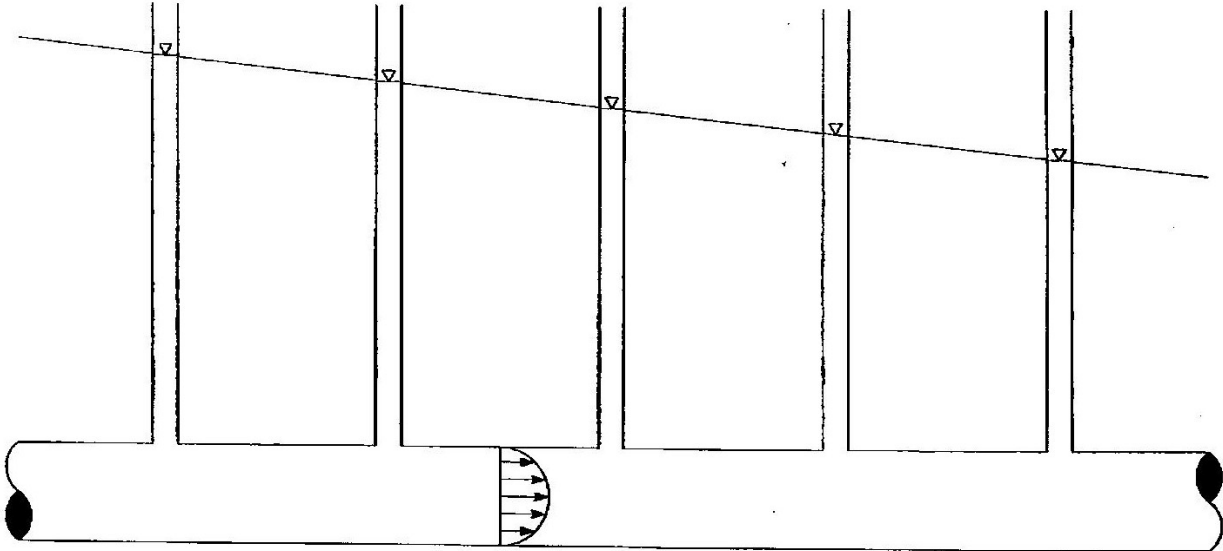
IN GENERALE $J = F(Q, \nu, D, \varepsilon, \nu)$

DIPENDE DA:

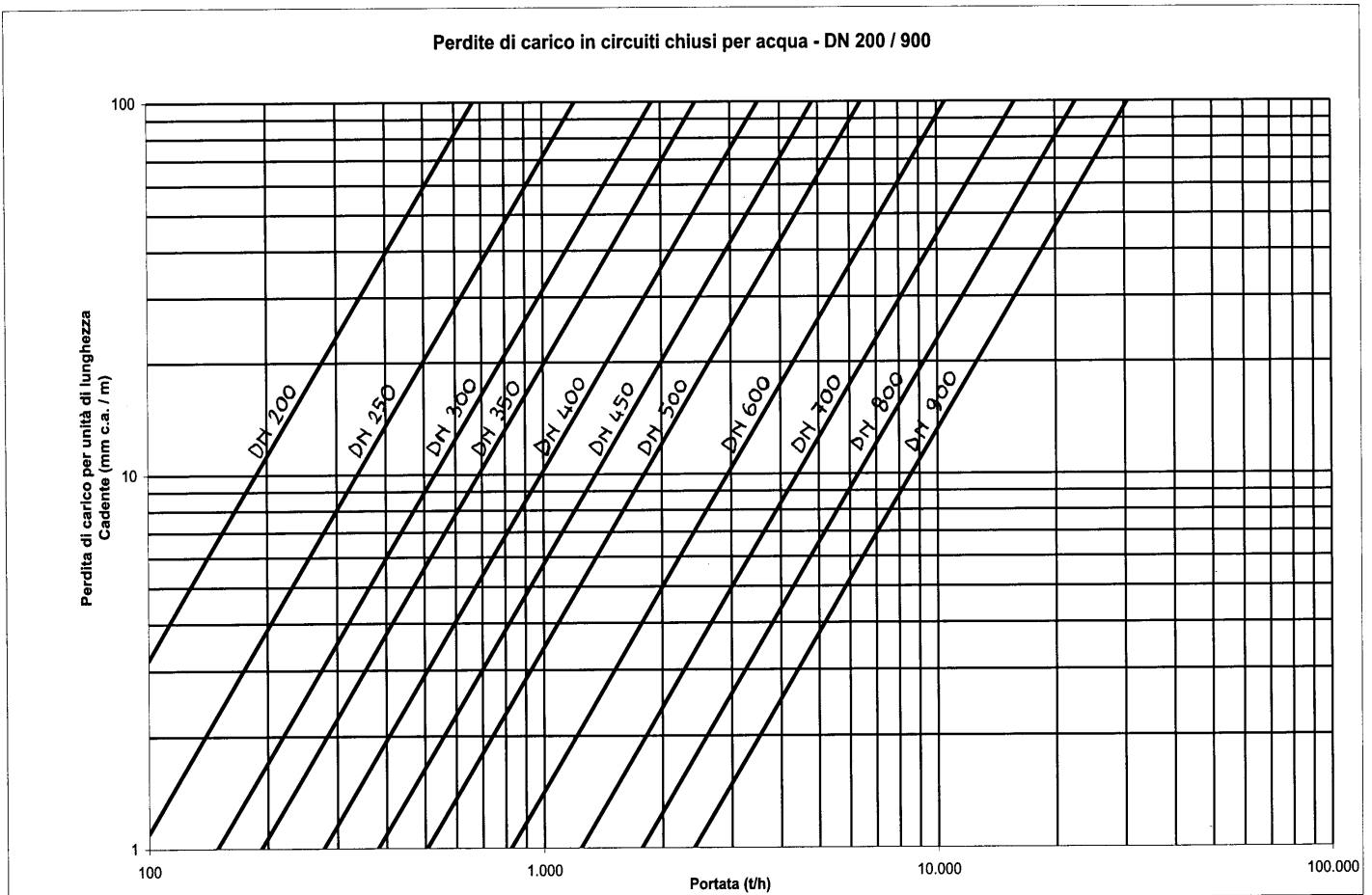
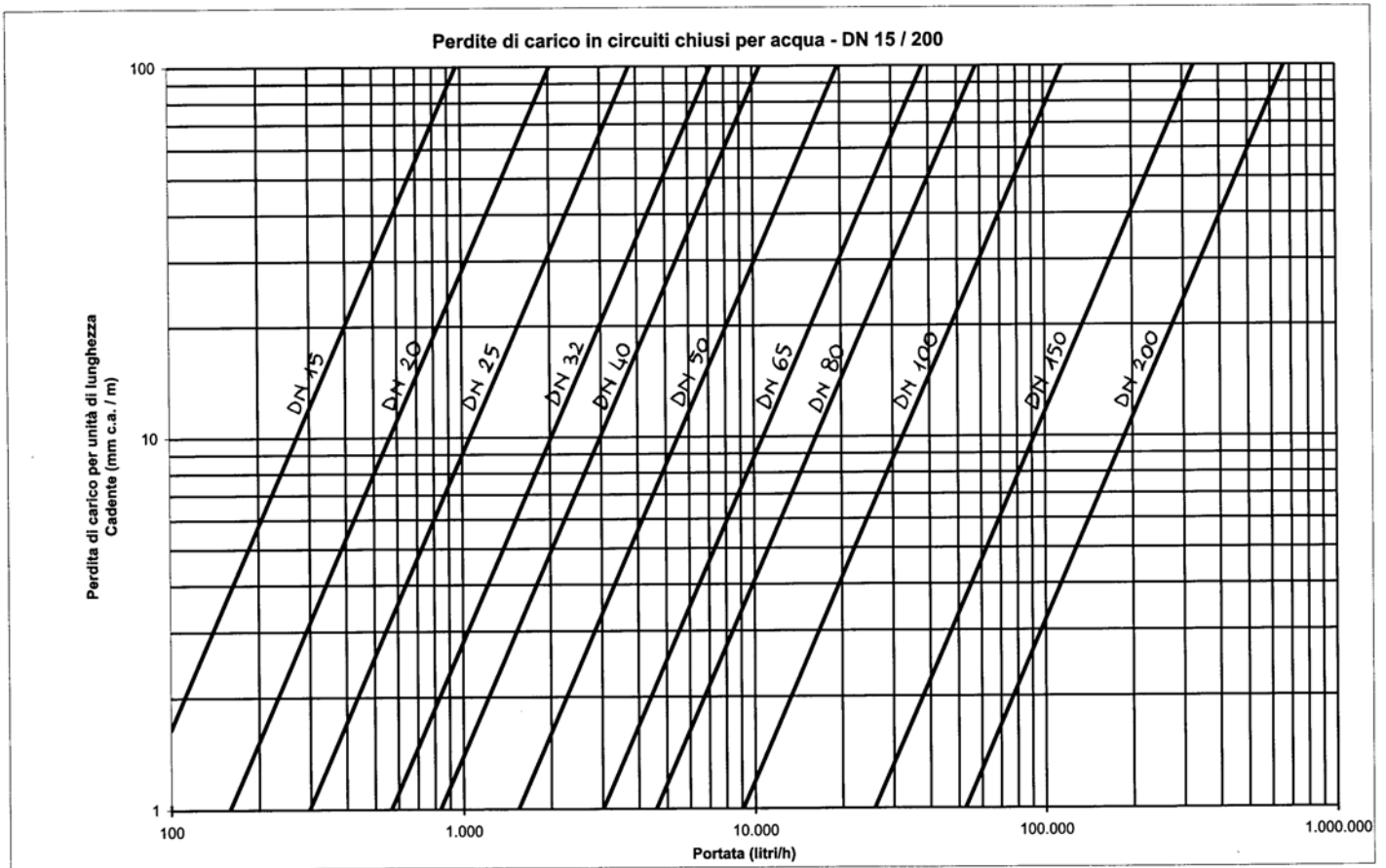
- CARATTERISTICHE DEL MOTO (PORTATA Q, VELOCITA' v)
- CARATTERISTICHE DEL TUBO (DIAMETRO D, RUGOSITA' ε)
- CARATTERISTICHE DEL FLUIDO (VISCOSITA' ν)

NELLA MAGGIOR PARTE DEI CASI APPLICATIVI SI UTILIZZANO GRAFICI CHE FORNISCONO $J = F(Q, \nu, D)$ PER LE TUBAZIONI DI COMUNE IMPIEGO E PER I FLUIDI PIU' IMPORTANTI (ESEMPIO: ACQUA)

PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE



CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO



POTENZA DI UNA CORRENTE IN UNA SEZIONE

IN UN QUALUNQUE PUNTO DI UNA CONDOTTA IN PRESSIONE, DOVE FLUISCE UN FLUIDO CON PORTATA Q, CARICO TOTALE $H = z + p/\gamma + v^2/2g$ E PESO SPECIFICO γ , LA POTENZA DELLA CORRENTE FLUIDA VALE:

$$P = E/t = m g H / t = g G H = \gamma Q H$$

PER EFFETTO DELLE PERDITE DI CARICO, CHE FANNO DIMINUIRE IL CARICO TOTALE H, LA POTENZA DELLA CORRENTE NELLA CONDOTTA DIMINUISCE LUNGO IL SENSO DEL MOTO

LE PERDITE DI CARICO CAUSANO UNA PERDITA DI ENERGIA