

An abstract graphic consisting of a large red sphere resting on a dark blue, three-dimensional geometric shape that resembles a stylized cube or a series of planes. The background is a solid dark blue.

# Corso di Idraulica

Prof. A. Balzano

ESERCITAZIONE 5

VERIFICA E PROGETTO DI UNA  
CONDOTTA IN PRESSIONE



# Verifica e progetto di una condotta

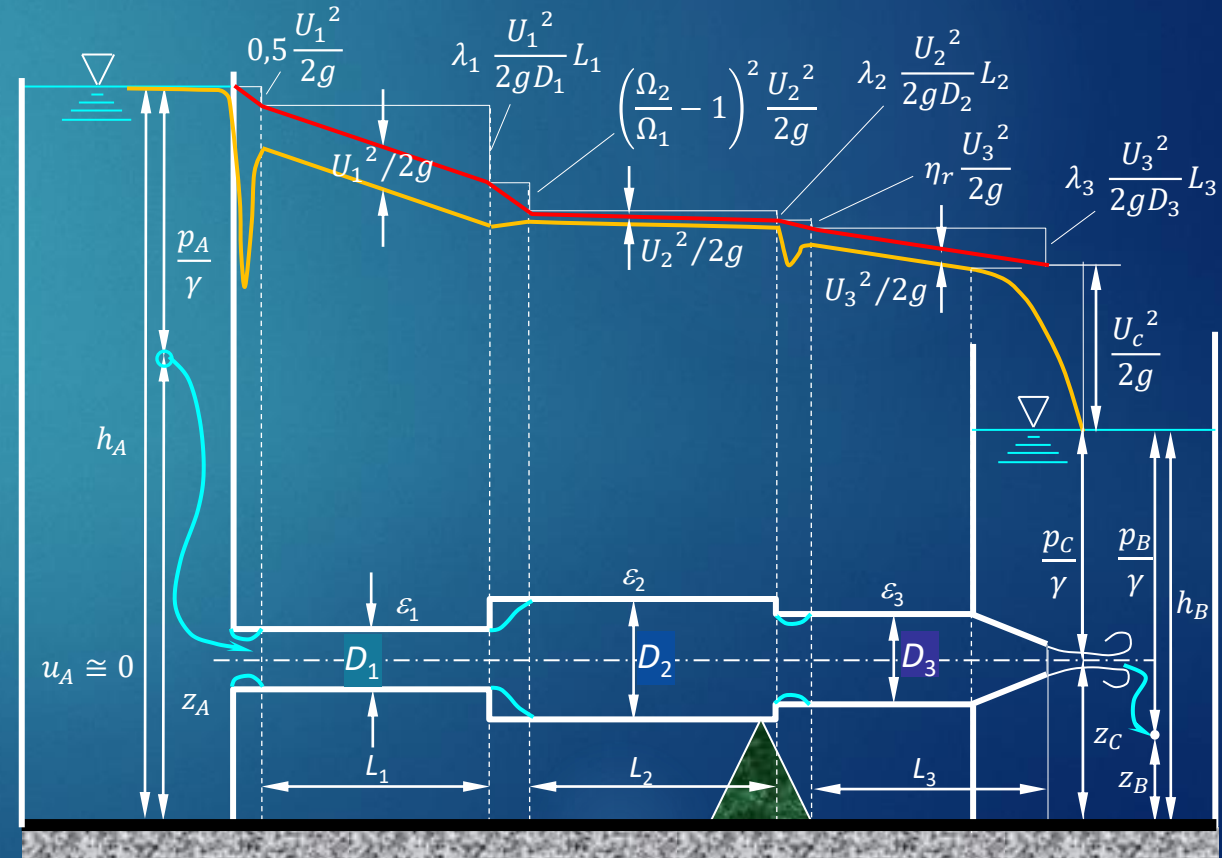
La condotta rappresentata in Figura, realizzata mediante tubazioni di acciaio zincato non saldate, avente diametri  $D_i$ , lunghezze dei tratti  $L_i$  e scabrezze  $\varepsilon_i$  assegnate, collega due serbatoi dei quali sono note le quote dei peli liberi. Nel corso del tempo, la portata di acqua  $Q$  che si desidera fluisca all'interno della condotta è aumentata rispetto al valore originario, sulla base del quale era stata dimensionata la condotta esistente. Si rende pertanto necessario verificare la sufficienza della condotta in relazione alla portata richiesta,  $Q$ , e, in caso negativo, ridimensionare la condotta (o parte di essa) a tale scopo.

Si richiede pertanto di:

- 1) verificare l'adeguatezza della condotta esistente per la portata  $Q$ ;
- 2) ridimensionare eventualmente la tubazione per adeguarla alla portata  $Q$ ;
- 3) determinare la portata,  $Q_n$ , che fluisce in condotta all'inizio della vita utile dell'opera;
- 4) determinare la perdita di carico da indurre mediante una valvola riduttrice di pressione, affinché anche a tubi nuovi fluisca la portata  $Q$ ;
- 5) tracciare la linea dei carichi totali e la linea piezometrica a tubi nuovi (quesito 4).

Dati:

– $L_1 = 10.00$ m;	– $DN_1 = \frac{3}{4}''$ ;	– $\varepsilon = 0.4$ mm (tubi esistenti);
– $L_2 = 7.50$ m;	– $DN_2 = 2''\frac{1}{2}$ ;	– $\varepsilon = 0.05$ mm (tubi nuovi)
– $L_3 = 15.00$ m;	– $DN_3 = 1''\frac{1}{2}$ ;	– $\varepsilon = 1.0$ mm (tubi vecchi)
– $h_A = 4.50$ m;	– $d = 18.0$ mm;	– $C_{CB} = 0.80$ (convergente)
– $h_B = 2.00$ m;	– $\nu_{H_2O} = 1.31 \times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s	– $Q = 0.75$ l/s





# Verifica funzionalità della condotta

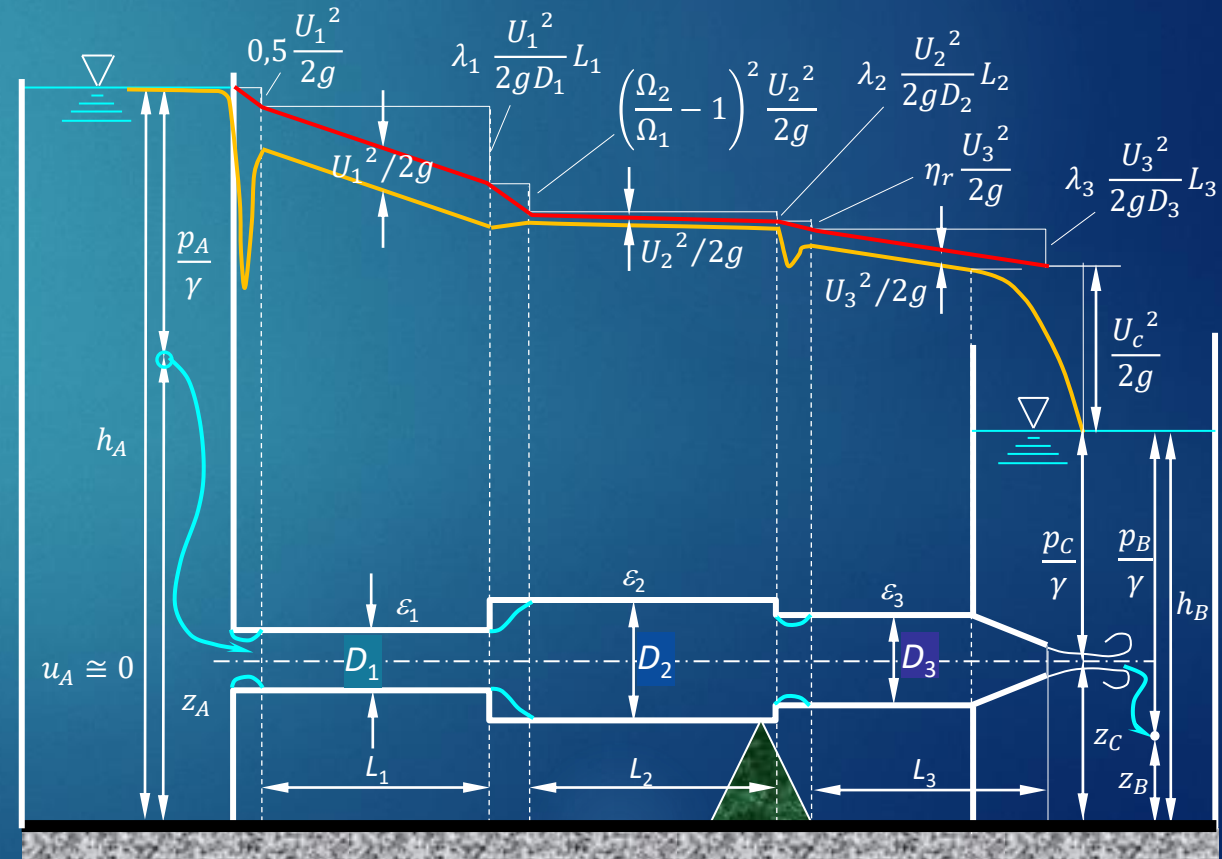
## ► Equazione caratteristica della condotta

$$H_A - H_C = 0,5 \frac{U_1^2}{2g} + \lambda_1 \frac{U_1^2}{2gD_1} L_1 + \left( \frac{\Omega_2}{\Omega_1} - 1 \right)^2 \frac{U_2^2}{2g} + \lambda_2 \frac{U_2^2}{2gD_2} L_2 + \eta_r \frac{U_3^2}{2g} + \lambda_3 \frac{U_3^2}{2gD_3} L_3$$

- $H_A = z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{U_A^2}{2g} \cong z_A + \frac{p_A}{\gamma} = h_A$
- $H_C = z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{U_C^2}{2g} = h_B + \frac{U_C^2}{2g}$
- $U_i = \frac{Q_e}{\Omega_i}$   $Q_e$  portata in condotta esistente
- Sostituendo nell'equazione caratteristica si ha

$$h_A - h_B = K_e Q_e^2 \longrightarrow Q_e = \sqrt{(h_A - h_B)/K_e}$$

$$K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$





# Verifica funzionalità della condotta

## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

### • Calcolo dei termini di $K_e$

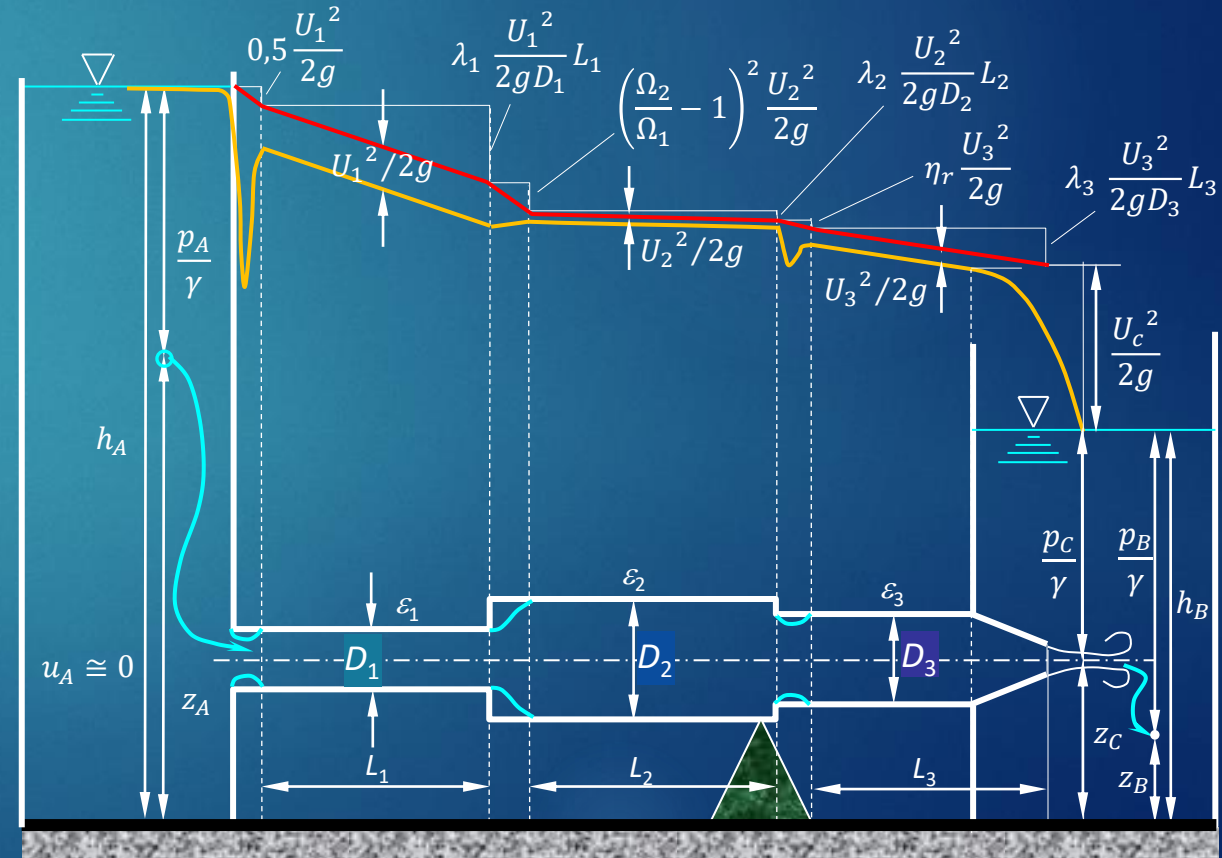
- Termini noti:  $D_i, \Omega_i, L_i, \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3$  ;  $\Omega_C = \Omega_d C_C$
- Scabrezze per tubazioni esistenti:  $\varepsilon_i = 0,4 \text{ mm}$
- Diametri interni:  $D_i = (\phi_{esterno} - 2 s)_i$
- $\eta_r$  funzione di  $\Omega_v/\Omega_m = \Omega_3/\Omega_2$  (per interpolazione)

$\Omega_v/\Omega_m$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
$C_C$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.813	1.0
$\eta_r$	0.47	0.44	0.40	0.35	0.28	0.21	0.10	0.0

- $\lambda_i \quad i = 1, 2, 3$  dipendenti da  $Re_i = \frac{U_i D_i}{\nu}$  e  $\varepsilon_i/D_i$

- $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_i} Re} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right)$  f. di Colebrook

- Abaco di Moody







# Verifica funzionalità della condotta

## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Calcolo dei termini di  $K_e$ 
  - Termini noti:  $D_i, \Omega_i, L_i, \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3 \quad ; \quad \Omega_C = \Omega_d C_C$
  - Scabrezze per tubazioni esistenti:  $\varepsilon_i = 0,4 \text{ mm}$
  - Diametri interni:  $D_i = (\phi_{\text{esterno}} - 2 s)_i$
  - $\eta_r$  funzione di  $\Omega_v/\Omega_m = \Omega_3/\Omega_2$  (per interpolazione)

$\Omega_v/\Omega_m$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
$C_C$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.813	1.0
$\eta_r$	0.47	0.44	0.40	0.35	0.28	0.21	0.10	0.0

- $\lambda_i \quad i = 1, 2, 3$  dipendenti da  $Re_i = \frac{U_i D_i}{\nu}$  e  $\varepsilon_i/D_i$ 
  - $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_i} Re} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right)$  f. di Colebrook
  - Abaco di Moody

Tipo di condotta	Scabrezza omogenea equivalente $\varepsilon$ (mm)	Bazin $\gamma$ ( $m^{1/2}$ )	Kutter $m$ ( $m^{1/2}$ )	Gauckler-Strickler $k_s$ ( $m^{1/3}s^{-1}$ )
Tubazioni tecnicamente lisce (vetro, ottone o rame trafilato, resina)	$0 \div 0,02$	—	—	—
Tubazioni in acciaio				
- tubi nuovi, verniciati per centrifugazione	0,05	—	—	120
- bitumati per immersione	$0,10 \div 0,15$	$\leq 0,06$	$\leq 0,12$	100
- in servizio corrente con leggera ruggine	$0,2 \div 0,4$	0,10	0,15	90
- con asfalto o calce applicato a mano	$0,5 \div 0,6$	0,16	$0,20 \div 0,25$	$85 \div 80$
- con tuberculizzazione diffusa	$1,0 \div 3,0$	0,23	$0,30 \div 0,35$	$75 \div 70$
- cemento applicato per centrifugazione	$0,05 \div 0,15$	$\leq 0,06$	$\leq 0,12$	120
Tubazioni in lamiera saldata				
- in buone condizioni	$0,2 \div 0,3$	0,10	0,15	90
- in servizio corrente, con incrostazioni	$0,4 \div 1,0$	0,16	$0,20 \div 0,25$	$85 \div 75$
Tubazioni in ghisa				
- con rivestimento cementizio centrifugato	0,10	$\leq 0,06$	$\leq 0,12$	105
- nuove, rivestite internamente con bitume	0,15	0,06	0,12	100
- nuove, non rivestite	$0,2 \div 0,4$	0,10	0,15	90
- con lievi incrostazioni	$0,4 \div 1,0$	0,16	$0,20 \div 0,25$	$85 \div 75$
- in servizio corrente, parzialmente arrugginite	$1,0 \div 2,0$	0,23	0,35	$75 \div 70$
- fortemente incrostate	$3,0 \div 5,0$	0,36	0,45	65



# Verifica funzionalità della condotta

## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Calcolo dei termini di  $K_e$ 
  - Termini noti:  $D_i, \Omega_i, L_i, \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3 \quad ; \quad \Omega_C = \Omega_d C_C$
  - Scabrezze per tubazioni esistenti:  $\varepsilon_i = 0,4 \text{ mm}$
  - **Diametri interni:**  $D_i = (\phi_{esterno} - 2s)_i$
  - $\eta_r$  funzione di  $\Omega_v/\Omega_m = \Omega_3/\Omega_2$  (per interpolazione)

$\Omega_v/\Omega_m$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
$C_C$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.813	1.0
$\eta_r$	0.47	0.44	0.40	0.35	0.28	0.21	0.10	0.0

- $\lambda_i \quad i = 1, 2, 3$  dipendenti da  $Re_i = \frac{U_i D_i}{\nu}$  e  $\varepsilon_i/D_i$ 
  - $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_i} Re} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right)$  f. di Colebrook
  - Abaco di Moody

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" 1/4	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" 1/2	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76



# Verifica funzionalità della condotta

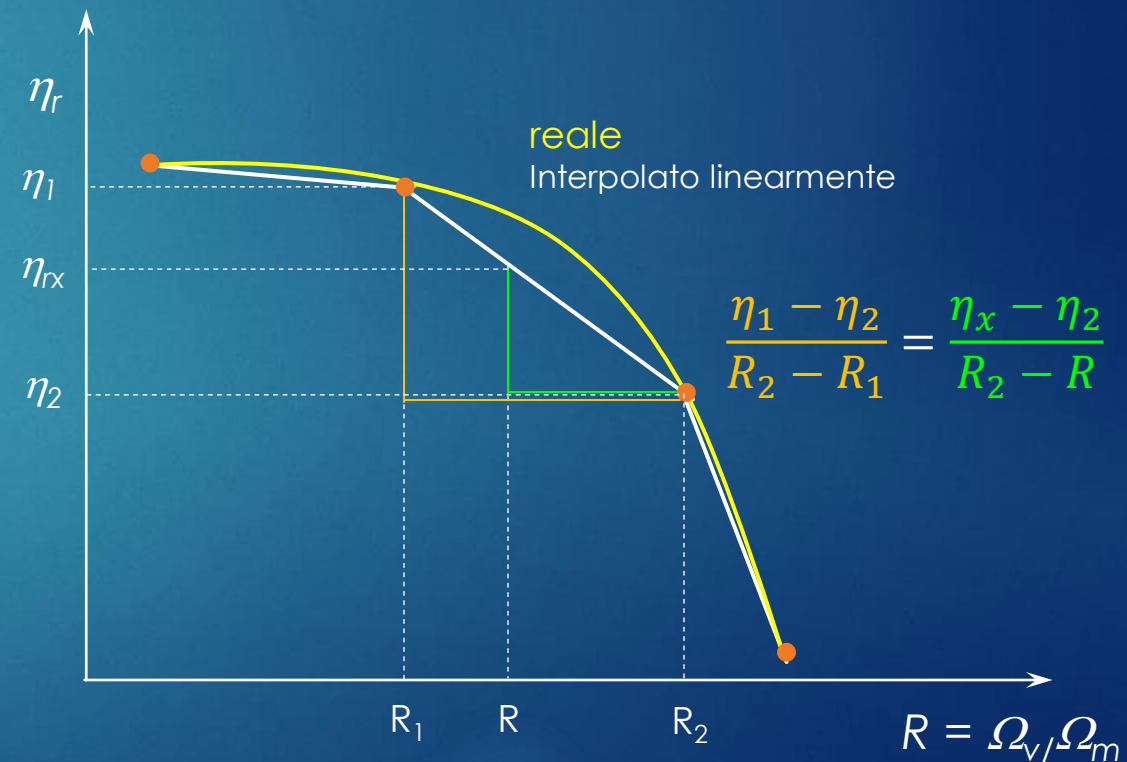
## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Calcolo dei termini di  $K_e$ 
  - Termini noti:  $D_i, \Omega_i, L_i, \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3$  ;  $\Omega_C = \Omega_d C_C$
  - Scabrezze per tubazioni esistenti:  $\varepsilon_i = 0,4 \text{ mm}$
  - Diametri interni:  $D_i = (\phi_{esterno} - 2 s)_i$
  - $\eta_r$  funzione di  $\Omega_v/\Omega_m = \Omega_3/\Omega_2$  (per interpolazione)

$\Omega_v/\Omega_m$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
$C_C$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.813	1.0
$\eta_r$	0.47	0.44	0.40	0.35	0.28	0.21	0.10	0.0

- $\lambda_i \quad i = 1, 2, 3$  dipendenti da  $Re_i = \frac{U_i D_i}{\nu}$  e  $\varepsilon_i/D_i$ 
  - $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_i} Re} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right)$  f. di Colebrook
  - Abaco di Moody







# Verifica funzionalità della condotta

## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

### • Calcolo dei termini di $K_e$

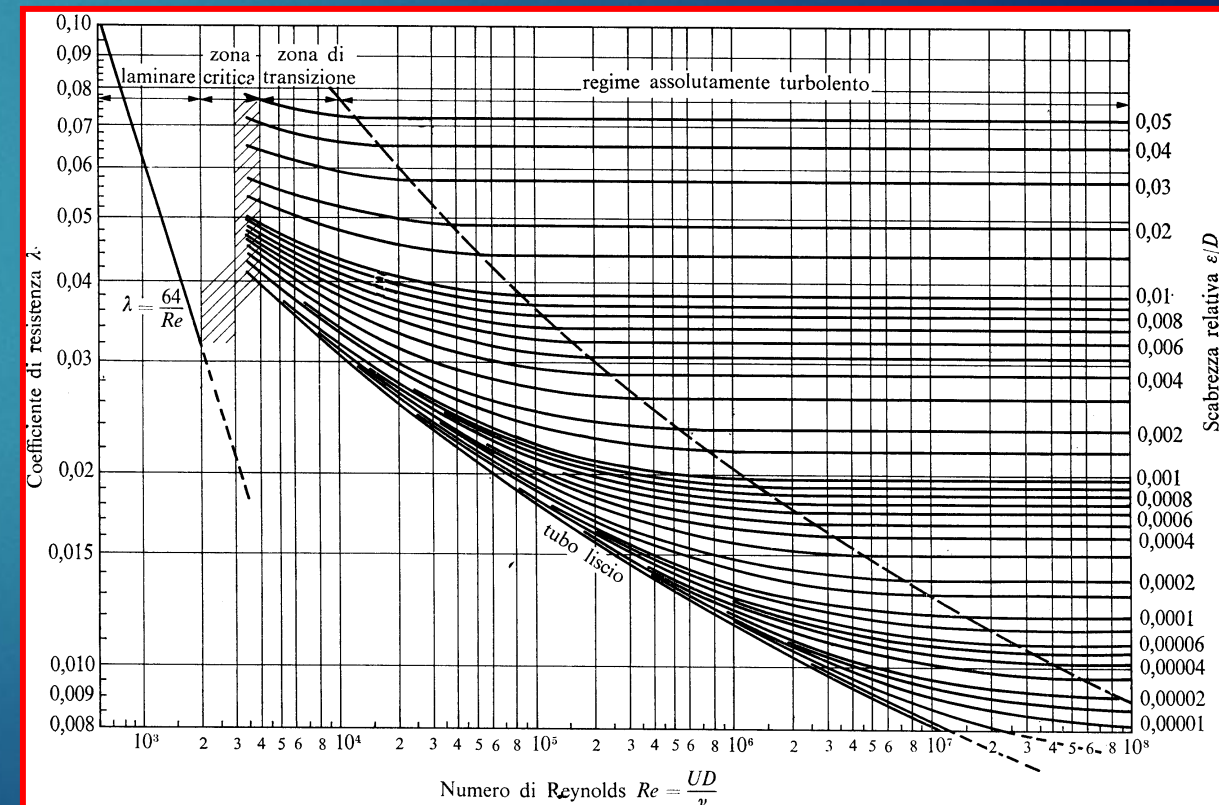
- Termini noti:  $D_i, \Omega_i, L_i, \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3$  ;  $\Omega_C = \Omega_d C_C$
- Scabrezze per tubazioni esistenti:  $\varepsilon_i = 0,4 \text{ mm}$
- Diametri interni:  $D_i = (\phi_{esterno} - 2 s)_i$
- $\eta_r$  funzione di  $\Omega_v/\Omega_m = \Omega_3/\Omega_2$  (per interpolazione)

$\Omega_v/\Omega_m$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
$C_C$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.813	1.0
$\eta_r$	0.47	0.44	0.40	0.35	0.28	0.21	0.10	0.0

- $\lambda_i \quad i = 1, 2, 3$  dipendenti da  $Re_i = \frac{U_i D_i}{\nu}$  e  $\varepsilon_i/D_i$

- $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_i} Re} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right)$  f. di Colebrook

- Abaco di Moody






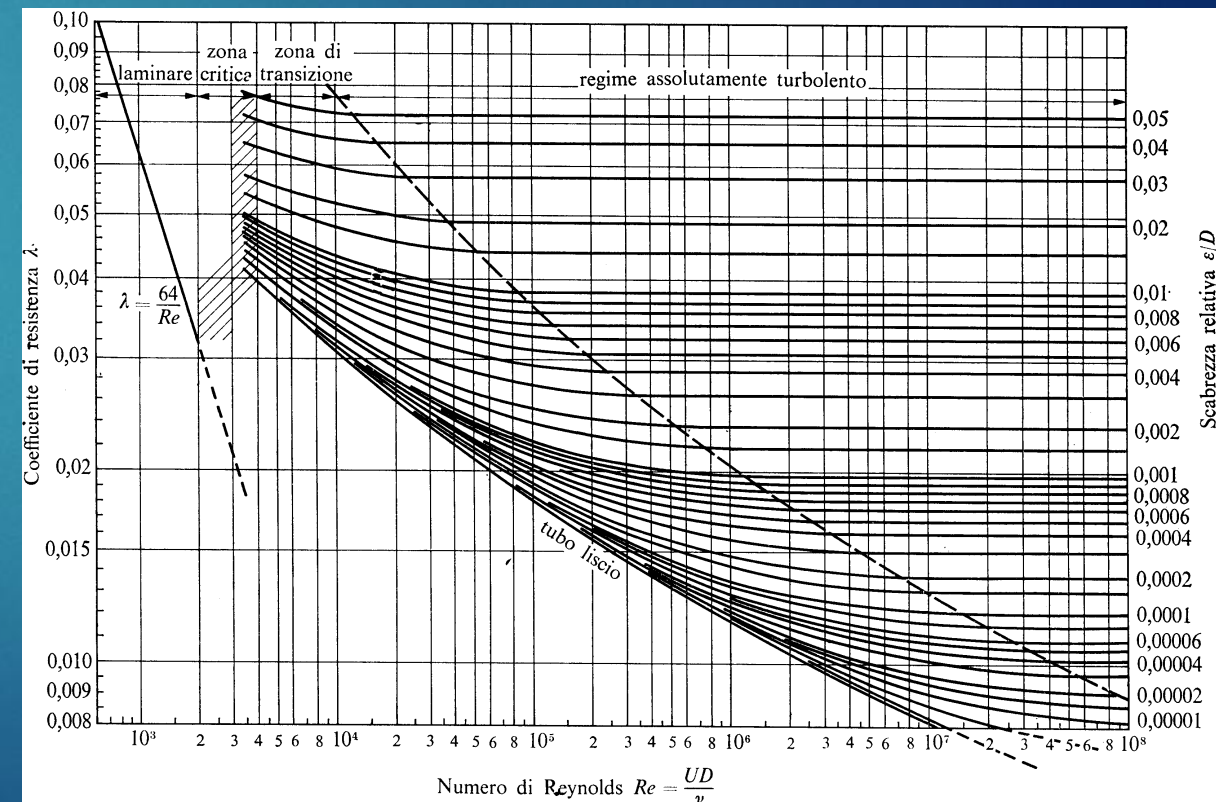


# Verifica funzionalità della condotta

## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- $\lambda_i$   $i = 1, 2, 3$  dipendenti da  $Re_i = \frac{U_i D_i}{\nu}$  e  $\varepsilon_i/D_i$ 
  - Abaco di Moody
  - $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_i} Re} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right)$  f. di Colebrook
    - Soluzione numerica: posto  $x = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ 
      - $x_k = -2 \log \left( \frac{2,51}{Re} x_{k-1} + \frac{\varepsilon/D}{3,71} \right) \quad ; \quad x_0 = 0$
      - Su Excel si cerca  $x + 2 \log \left( \frac{2,51}{Re} x + \frac{\varepsilon/D}{3,71} \right) = 0$  con "Ricerca Obiettivo" o "Risolutore"
  - ✓ numeri di Reynolds  $Re_i$  dipendono da  $Q_e$  incognita  
 procedura iterativa sulle portate





# Verifica funzionalità della condotta

Foglio Excel

## ► Equazione caratteristica della condotta

$$Q_e = \sqrt{\Delta/K_e} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_e = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_1^2} + \frac{\lambda_1 L_1}{D_1 \Omega_1^2} + \left( \frac{1}{\Omega_1} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Iterazione 1: Ipotesi moto ass. turbolento ( $Re_i = Re_{i0} = \infty$ )

$$1/\sqrt{\lambda_{i1}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right) \longrightarrow \lambda_{i1} \longrightarrow K_{e1}$$

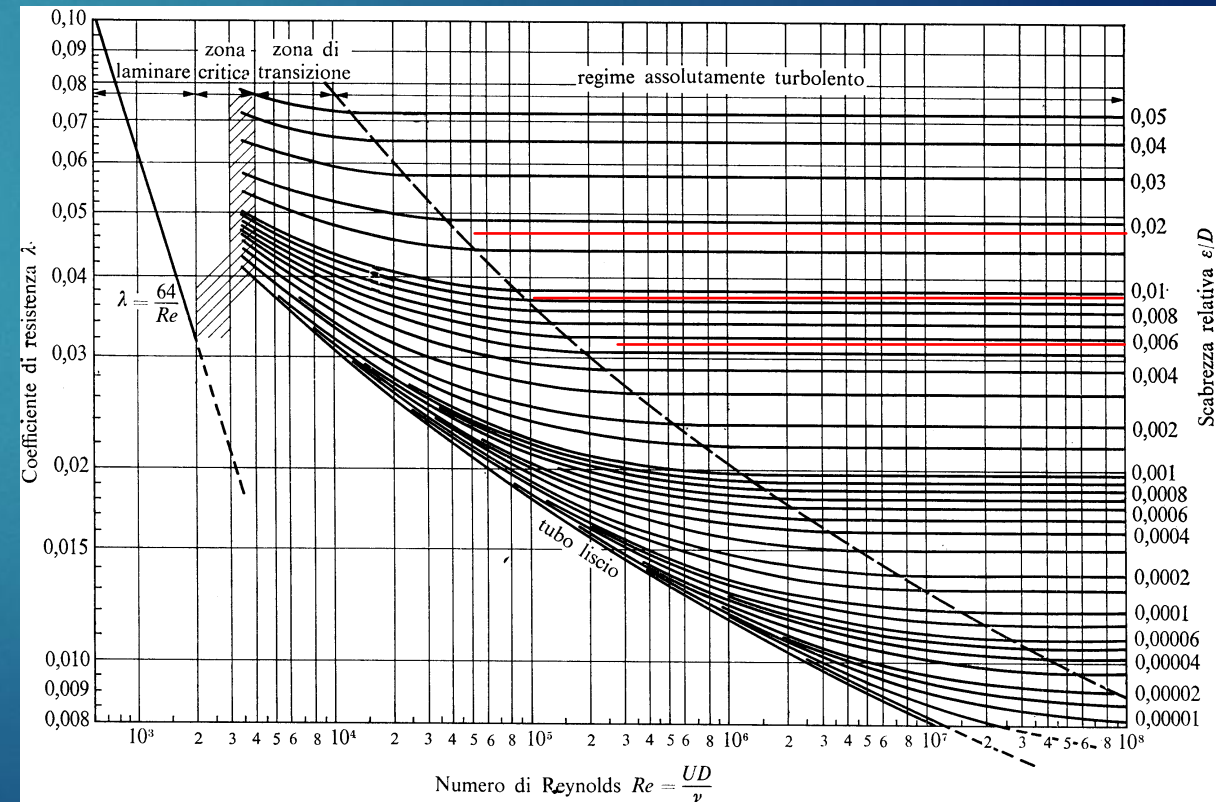
$$\longrightarrow Q_{e1} = \sqrt{\Delta/K_{e1}} \longrightarrow U_{i1} = \frac{Q_{e1}}{\Omega_i} \longrightarrow Re_{i1} = \frac{D_i U_{i1}}{\nu}$$

- ✓ Se  $Q_{e1} < Q$  condotta insufficiente
- ✓ Se  $Q_{e1} \geq Q$  ; se moto turbolento transizione: iterare
- Iterazione 2:  $Re_i = Re_{i1}$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{i2}}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\sqrt{\lambda_{i2} Re_{i1}}} + \frac{\varepsilon_i/D_i}{3,71} \right) \longrightarrow \lambda_{i2} \longrightarrow K_{e2}$$

$$\longrightarrow Q_{e2} = \sqrt{\Delta/K_{e2}} \longrightarrow U_{i2} = \frac{Q_{e2}}{\Omega_i} \longrightarrow Re_{i2} = \frac{D_i U_{i2}}{\nu}$$

- Reiterare procedimento fino a  $\frac{|Q_{ek} - Q_{ek-1}|}{Q_{ek-1}} < \varepsilon_Q$



# Progetto della nuova condotta

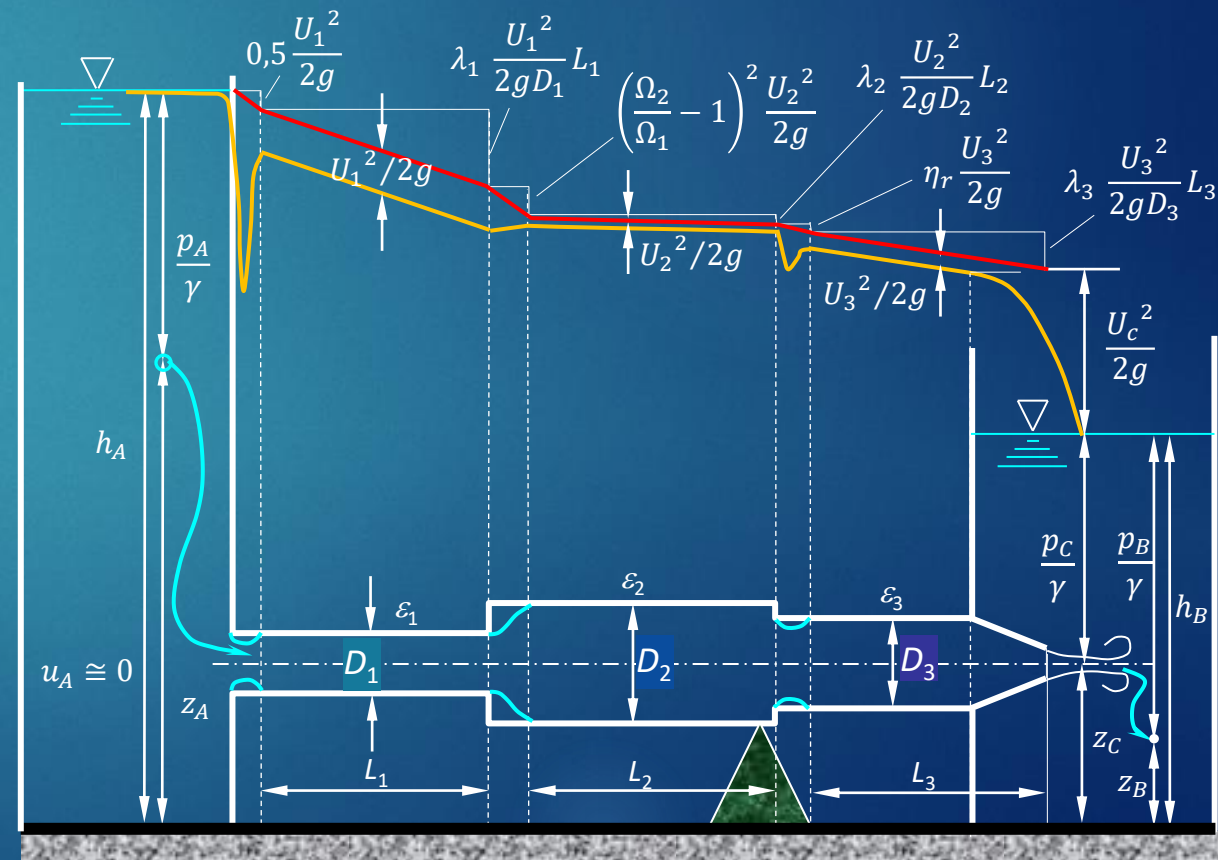
Foglio Excel

- In un caso come quello in oggetto, si interviene su uno solo dei tre tronchi: quale?
- Si decide sulla base di un criterio economico. Preliminarmente si valutano i costi degli adeguamenti minimi

Tronco	DN <sub>attuale</sub>	DN <sub>progetto</sub>	Costo (€/m)	L(m)	Costo (€)
1	3/4"	1"	6.56	10	65.6
2	2"½	3"	19.88	7.5	149.1
3	1"½	2"	12.09	15	181.35

✓ Convieni iniziare con il primo tronco

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" ¼	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" ½	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76





# Progetto della nuova condotta

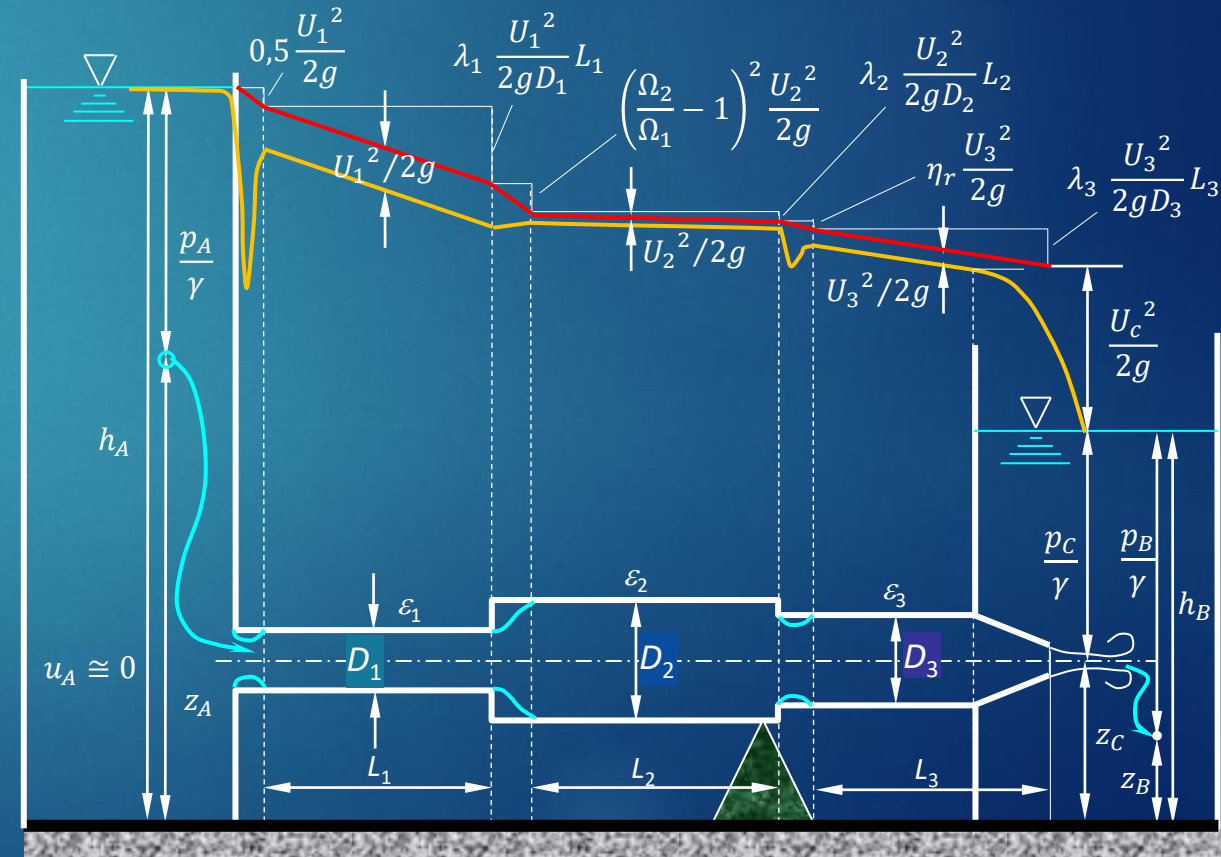
Foglio Excel

- Equazione caratteristica della condotta (problema di progetto "classico")

$$Q = \sqrt{\Delta/K_x} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_x = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_x^2} + \frac{\lambda_x L_1}{D_x \Omega_x^2} + \left( \frac{1}{\Omega_x} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_c^2} \right]$$

- Scabrezze per tubazioni vecchie:  $\varepsilon_i = 1,0 \text{ mm}$
- Il diametro ottenibile non sarebbe mai, se non per puro caso, uno dei diametri commerciali
- ✓ Procedimento poco pratico

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" 1/4	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" 1/2	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76



# Progetto della nuova condotta

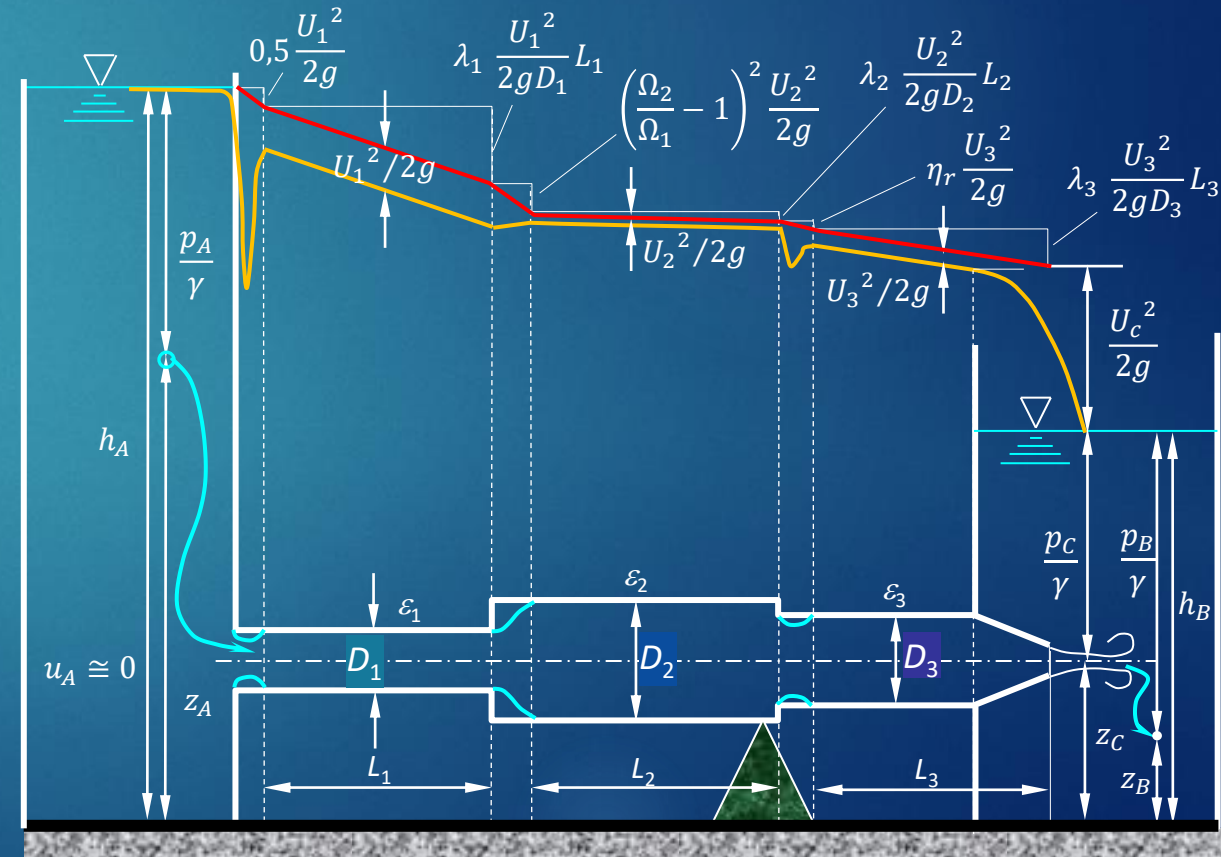
Foglio Excel

- Equazione caratteristica della condotta (procedura per verifiche ripetute)

$$Q_x = \sqrt{\Delta/K_t} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_t = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_t^2} + \frac{\lambda_x L_1}{D_t \Omega_t^2} + \left( \frac{1}{\Omega_t} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Scabrezze per tubazioni vecchie:  $\varepsilon_i = 1,0 \text{ mm}$
- Si esegue la verifica per diametri crescenti, maggiori di quello esistente nel tratto individuato
- Si sceglie il primo diametro ( $D_p$ ) per il quale  $Q_x \geq Q$

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" 1/4	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" 1/2	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76



# Verifica della condotta "a tubi nuovi"

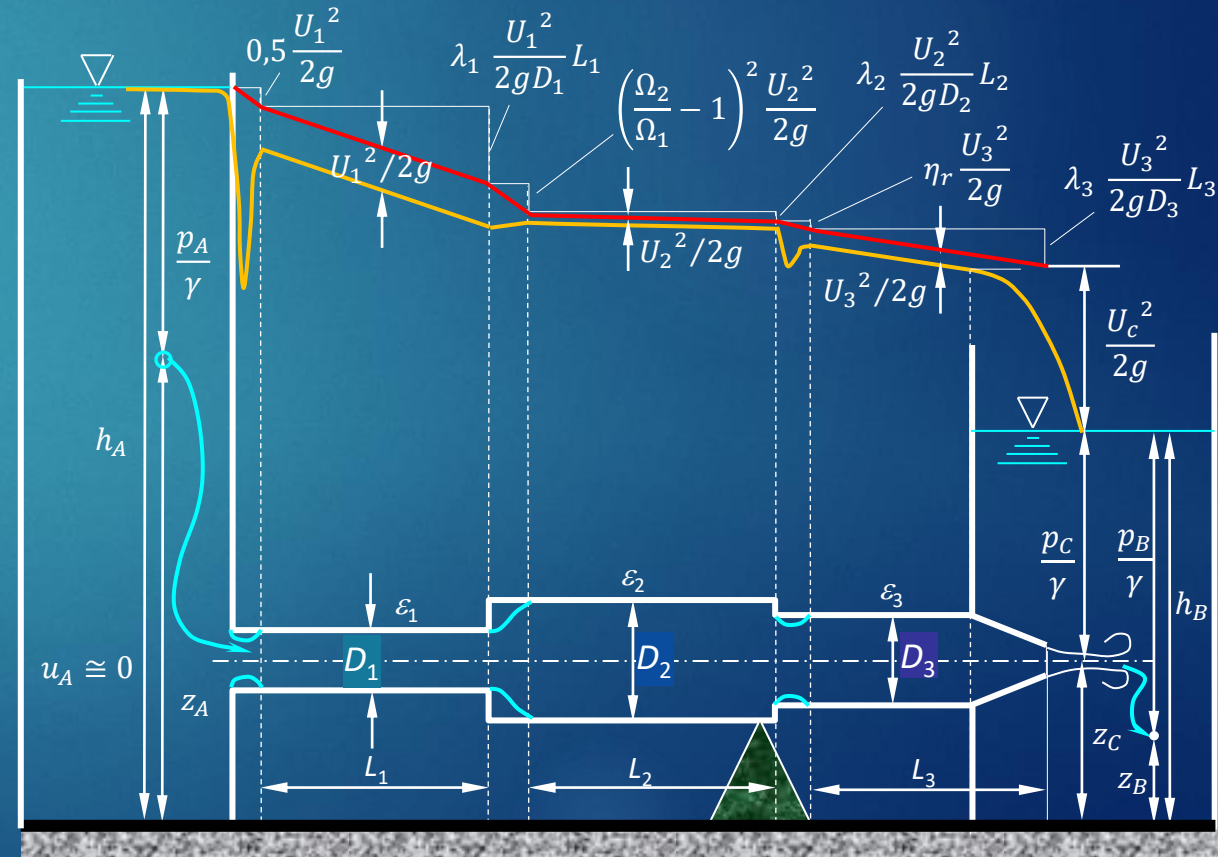
Foglio Excel

- Equazione caratteristica della condotta (entrata in funzione dopo adeguamento)

$$Q_n = \sqrt{\Delta/K_p} \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_p = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_p^2} + \frac{\lambda_p L_1}{D_p \Omega_p^2} + \left( \frac{1}{\Omega_p} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Scabrezza  $D_1 = D_p$  per tubazione nuova:  $\varepsilon_1 = 0,05 \text{ mm}$
- Scabrezza  $D_2, D_3$  tubazione attuale:  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0,4 \text{ mm}$
- Certamente  $Q_n > Q$  ➡ necessaria valvola riduttrice

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" 1/4	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" 1/2	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76





# Valvola riduttrice di pressione

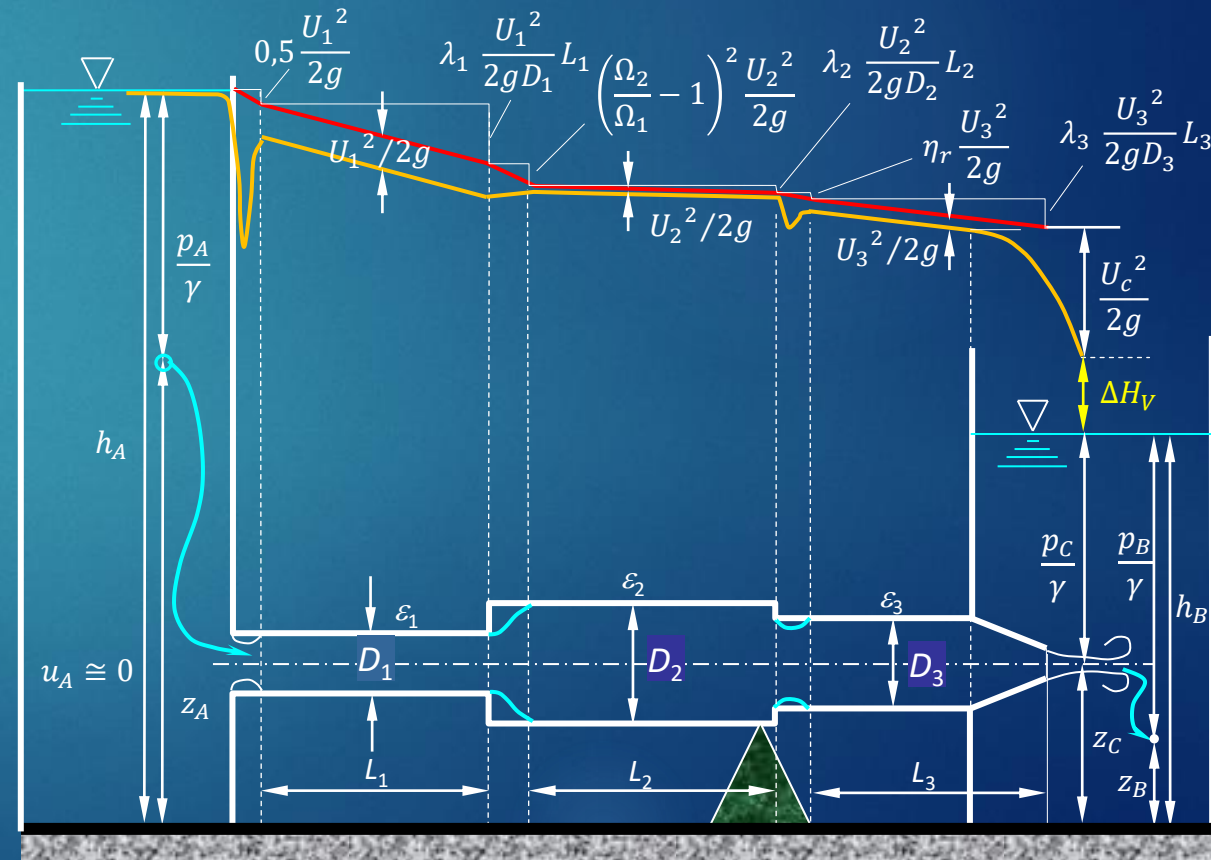
Foglio Excel

- Equazione caratteristica della condotta (entrata in funzione dopo adeguamento,  $Q$  fittizia)

$$\Delta H_v = \Delta - K_p Q^2 \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_p = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_p^2} + \frac{\lambda_p L_1}{D_p \Omega_p^2} + \left( \frac{1}{\Omega_p} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Scabrezza  $D_1 = D_p$  per tubazione nuova:  $\varepsilon_i = 0,05 \text{ mm}$
- Scabrezza  $D_2, D_3$  tubazione attuale:  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0,4 \text{ mm}$
- $\Delta H_v$  perdita necessaria affinché  $\sum_i \Delta H_i = h_A - h_B$

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" 1/4	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" 1/2	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76



# Valvola riduttrice di pressione

Foglio Excel

- Equazione caratteristica della condotta (entrata in funzione dopo adeguamento, Q fittizia)

$$\Delta H_v = \Delta - K_p Q^2 \quad ; \quad \Delta = h_A - h_B \quad \text{con} \quad K_p = \frac{1}{2g} \left[ \frac{0,5}{\Omega_p^2} + \frac{\lambda_p L_1}{D_p \Omega_p^2} + \left( \frac{1}{\Omega_p} - \frac{1}{\Omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_2 L_2}{D_2 \Omega_2^2} + \frac{\eta_r}{\Omega_3^2} + \frac{\lambda_3 L_3}{D_3 \Omega_3^2} + \frac{1}{\Omega_C^2} \right]$$

- Scabrezza  $D_1 = D_p$  per tubazione nuova:  $\varepsilon_i = 0,05 \text{ mm}$
- Scabrezza  $D_2, D_3$  tubazione attuale:  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0,4 \text{ mm}$
- $\Delta H_v$  perdita necessaria affinché  $\sum_i \Delta H_i = h_A - h_B$

DN (pollici)	Ø Esterno (mm)	Spessore (mm)	Peso (kg/m)	Prezzo (Euro/m)
1/2"	21,3	2,3	1,13	3,98
3/4"	26,9	2,3	1,45	4,65
1"	33,7	2,9	2,28	6,56
1" 1/4	42,4	2,9	2,92	8,01
1" 1/2	48,3	2,9	3,35	8,99
2"	60,3	3,2	4,63	12,09
2" 1/2	76,1	3,2	5,91	15,13
3"	88,9	3,6	7,76	19,88
4"	114,3	4,0	11,08	32,76

