



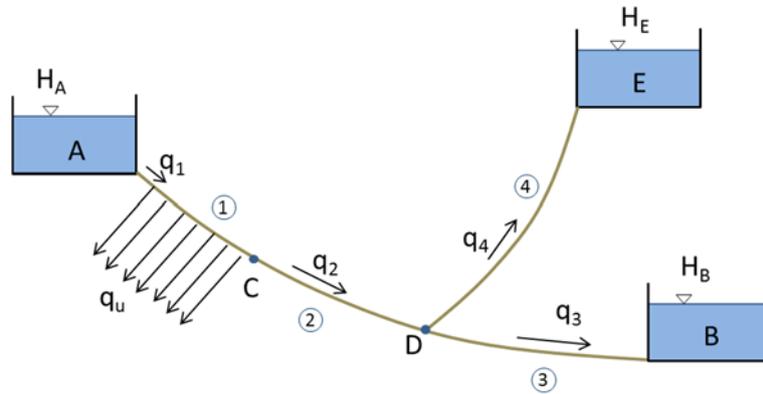
ESERCIZIO 1

Si consideri la rete aperta in figura, nella quale le portate sono distribuite secondo i versi indicati. Si noti che nel tronco 1 (tronco A-C) viene distribuita una portata uniforme lungo il percorso q_u .

Sono noti:

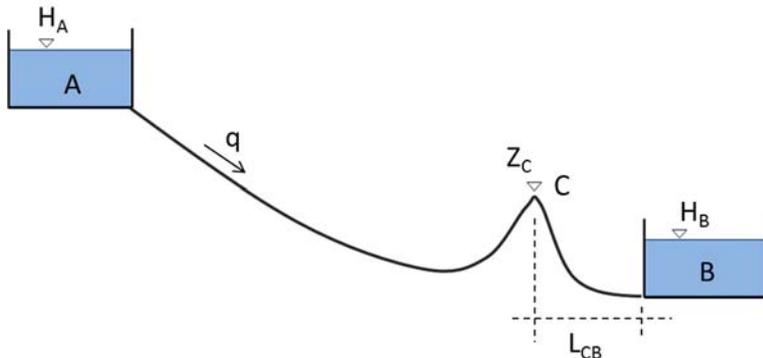
$H_A = 250$ m	$q_1 = 600$ l/s	$L_1 = 1$ km	coeff scabrezza Bazin $\gamma_b = 0.16$ m ^{1/2}	scabrezza equivalente $\varepsilon = 0.6$ mm
$H_B = 100$ m	$q_u = 0.3$ l/(sm)	$L_2 = L_3 = 1.5$ km	$\gamma = 9806$ N/m ³	viscosità cinematica $\nu = 10^{-6}$ m ² /s
$H_E = 270$ m	$q_4 = 85$ l/s	$L_4 = 0.8$ km	$\rho = 1000$ kg/m ³	

- 1) Si determini la quota piezometrica dei nodi C e D.
- 2) Si progetti l'impianto di sollevamento nel tronco 4 (tronco D-E), posizionando la pompa immediatamente a valle del nodo D (si calcolino diametro e potenza della pompa). Sia il rendimento della pompa $\eta = 0.9$.
- 3) Si determinino i diametri commerciali del tronco 3 (tronco D-B) e le rispettive lunghezze. Si verifichi che in questo tronco il moto è assolutamente turbolento.
- 4) Si disegni l'andamento della linea piezometrica sulla rete. Per i tratti non progettati si faccia riferimento al diametro teorico, per quelli progettati ai diametri commerciali.



ESERCIZIO 2

Si consideri la condotta in figura, lunga $L = 2$ km, che convoglia una portata $q = 300$ l/s da A verso B e presenta un punto di colmo C, distante $L_{CB} = 300$ m dal serbatoio B. La quota del terreno in C è $Z_C = 90$ m. Si progetti la condotta (diametri commerciali e lunghezze su cui disporli) e si tracci l'andamento della linea piezometrica. Si verifichi se la piezometrica taglia la condotta in C.



Siano:

$H_A = 200$ m e $H_B = 80$ m

$\gamma_b = 0.16$ m^{1/2}

$\gamma = 9806$ N/m³



SOLUZIONE

ESERCIZIO 1

- 5) Per determinare la quota piezometrica dei nodi C e D si applica il metodo di Marzolo alla condotta principale A-C-D-B, ovvero per ogni tronco i-esimo:

$$Y_i = \frac{L_i \sqrt[3]{q_i}}{\sum L_i \sqrt[3]{q_i}} \cdot Y_{tot}$$

Calcolo:

la portata $q_2 = q_1 - q_u$ $L_1 = 300$ l/s = 0.3 m³/s

la portata fittizia q^* del tronco 1: $q^* = q_2 + 0.55 q_u$ $L_1 = 465$ l/s = 0.465 m³/s

la portata $q_3 = q_2 - q_4 = 215$ l/s = 0.215 m³/s

La Y_{tot} è data da $Y_{tot} = H_A - H_B = 150$ m

Pertanto ottengo:

nodo/tronco	q_i [m ³ /s]	L_i [m]	$L_i (q_i)^{1/3}$ [m ² /s ^{1/3}]	Y_i [m]	H_i [m]
A					250
A-C	0.465	1000	774.73	43.40	
C					206.60
C-D	0.3	1500	1004.15	56.26	
D					150.34
D-B	0.215	1500	898.61	50.34	
B					100.00
			2677.49		
			sommatoria		

Da cui: $H_C = 206.60$ m e $H_D = 150.34$ m

- 6) Progetto impianto sollevamento nel tronco 4 (tronco D-E)

Calcolo del diametro usando formula di Bresse:

$$D_4 = 1.5 \sqrt[3]{q_4} = 0.437 \text{ m}$$

Scelgo diametro commerciale maggiore: $D_4 = 0.450$ m

Cui corrisponde (tabella u) per $\gamma_b = 0.16$ m^{1/2} una $u_4 = 0.1012877$

Pertanto la perdita di carico continua sulla condotta di mandata vale: $Y_4 = u_4 q_4^2 L_4 = 0.59$ m, avendo ipotizzato il moto assolutamente turbolento e applicando la formula di Darcy.

Il dislivello geodetico vale $H_g = H_E - H_D = 119.66$ m.

Il carico manometrico è pari quindi a $H_m = H_g + Y_4 = 120.24$ m (essendo assente la condotta di aspirazione).

La potenza della pompa vale: $P = \frac{\gamma q_4 H_m}{\eta} = 111359.7 \text{ Watt} = 111.36 \text{ KW}$

7) Progetto del tronco 3 (D-B).

La perdita di carico nel tronco 3 vale:

$$Y_3 = H_D - H_B = 50.34 \text{ m}$$

Ipotizzando il moto assolutamente turbolento e applicando la formula di Darcy, si ha:

$$\frac{Y_3}{q_3^2 L_3} = u_3 = 0.726049 \text{ che risulta compreso tra (tabella delle } u \text{ per } \gamma_b = 0.16 \text{ m}^{1/2}\text{):}$$

$$u_3' = 0.5759797 < u_3 < u_3'' = 0.8848629$$

cui corrispondono i diametri commerciali:

$$D_3' = 0.325 \text{ m} > D_3 > D_3'' = 0.300 \text{ m}$$

Tali diametri vengono inseriti rispettivamente sulle lunghezze L_3' e L_3'' tali che:

$$L_3 = L_3' + L_3''$$

$$Y_3 = u_3 q_3^2 L_3 = u_3' q_3^2 L_3' + u_3'' q_3^2 L_3''$$

Da cui si ottiene:

$$L_3' = 771.23 \text{ m}$$

$$L_3'' = 728.77 \text{ m}$$

Per verificare che il moto nel tronco 3 sia assolutamente turbolento deve risultare per entrambi i tratti progettati:

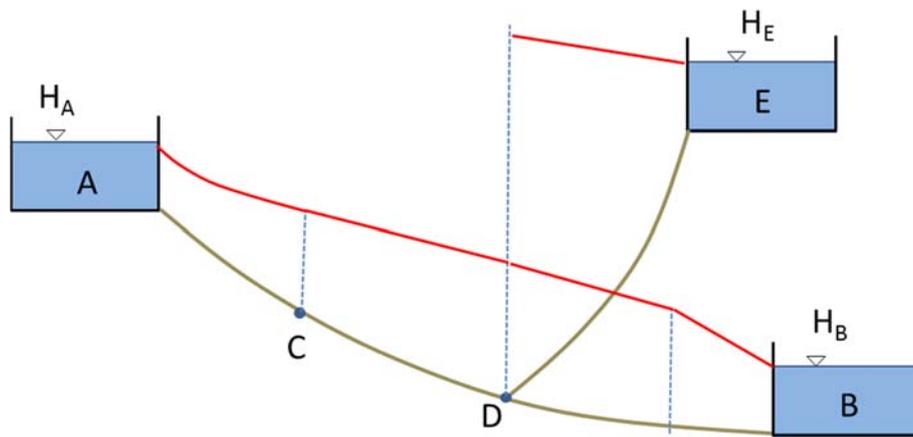
$$Re^* = \frac{u^* \varepsilon}{\nu} > 70, \text{ dove: } u^* = \sqrt{\tau_0 / \rho} \text{ e } \tau_0 = \gamma R J, \text{ essendo } R = D/4 \text{ il raggio idraulico e } J = uq^2 \text{ la cadente.}$$

La condizione è verificata per entrambi i diametri, infatti si ha:

$$J' = u_3' q_3^3 = 0.0266247 \quad R' = D_3' / 4 = 0.08125 \text{ m} \quad \tau_0' = \gamma R' J' = 21.213 \text{ N/m}^2 \quad u^{*'} = \sqrt{\tau_0' / \rho} = 0.146 \text{ m/s} \\ Re^{*'} = 87.39$$

$$J'' = u_3'' q_3^3 = 0.0409028 \quad R'' = D_3'' / 4 = 0.075 \text{ m} \quad \tau_0'' = \gamma R'' J'' = 30.08 \text{ N/m}^2 \quad u^{*''} = \sqrt{\tau_0'' / \rho} = 0.173 \text{ m/s} \\ Re^{*''} = 104.06$$

8) Disegno della piezometrica, ipotizzando di disporre sul tronco 3 prima il diametro maggiore e poi il diametro minore.



ESERCIZIO 2

Si progetta la condotta ipotizzando il moto assolutamente turbolento e applicando la formula di Darcy.

La perdita di carico vale:

$$Y = H_A - H_B = 120 \text{ m}$$

Pertanto si ricava:

$$\frac{Y}{q^2 L} = u = 0.66667 \text{ che risulta compreso tra (tabella delle } u \text{ per } \gamma_b = 0.16 \text{ m}^{1/2}\text{):}$$

$$u' = 0.5759797 < u < u'' = 0.8848629$$

cui corrispondono i diametri commerciali:

$$D' = 0.325 \text{ m} > D > D'' = 0.300 \text{ m}$$

Tali diametri vengono inseriti rispettivamente sulle lunghezze L' e L'' tali che:

$$L = L' + L''$$

$$Y = u q^2 L = u' q^2 L' + u'' q^2 L''$$

Da cui si ottiene:

$$L' = 1412.81 \text{ m}$$

$$L'' = 587.19 \text{ m}$$

Ipotesi 1:

Se si dispone prima il diametro D' per una lunghezza L' e poi il diametro D'' per una lunghezza L'' , si nota che:

$$Y_{AN} = u' q^2 L' = 73.24 \text{ m}$$

$$Y_{NC} = u'' q^2 (L'' - L_{CB}) = 22.87 \text{ m}$$

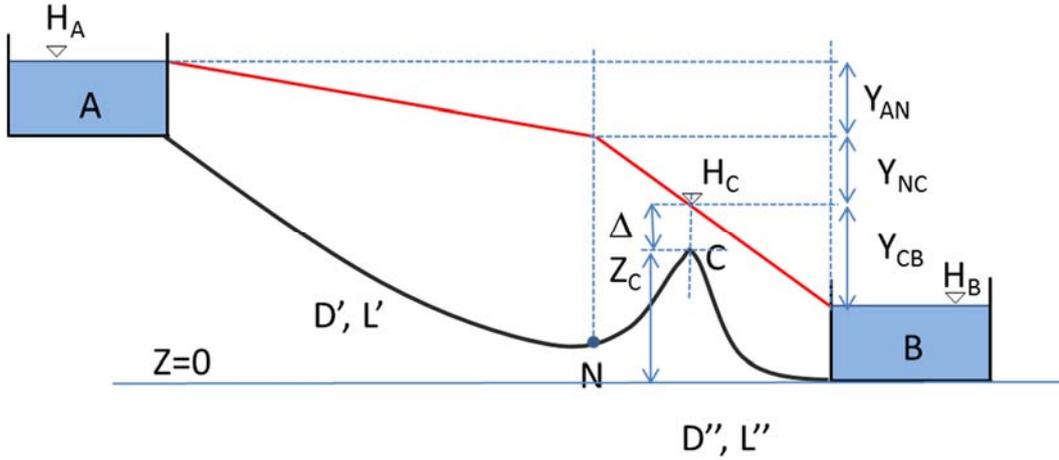
Quindi la quota piezometrica nel punto C è data da

$H_C = H_A - (Y_{AN} + Y_{NC}) = 103.89 \text{ m}$ che è maggiore della quota del terreno $Z_C = 90 \text{ m}$, pertanto la piezometrica non taglia la condotta.

Analogamente si poteva anche calcolare direttamente

$$Y_{CB} = u'' q^2 L_{CB} = 23.89 \text{ m}$$

E quindi la quota piezometrica nel punto C è data da: $H_C = H_B + Y_{CB} = 103.89 \text{ m}$



Ipotesi 2:

Se invece si dispone prima il diametro D'' per una lunghezza L'' e poi il diametro D' per una lunghezza L' , si ha:

$$Y_{AN} = u'' q^2 L'' = 46.76 \text{ m}$$

$$Y_{NC} = u' q^2 (L' - L_{CB}) = 57.69 \text{ m}$$

Quindi la quota piezometrica nel punto C è data da

$H_C = H_A - (Y_{AN} + Y_{NC}) = 95.55 \text{ m}$ che è maggiore della quota del terreno $Z_C = 90 \text{ m}$, pertanto la piezometrica non taglia la condotta.

Analogamente si poteva anche calcolare direttamente

$$Y_{CB} = u' q^2 L_{CB} = 15.55 \text{ m}$$

E quindi la quota piezometrica nel punto C è data da: $H_C = H_B + Y_{CB} = 95.55 \text{ m}$

