

H	L	D	materiali	$Q(m^3/s)$	J	Y
$H_A = 600$ m	$L_1 = 5000$ m	$D_1 = 400$ mm	cemento	0.31	0.0113	$Y_B = 543.5$ m
$H_C = 510$ m	$L_2 = 3400$ m	$D_2 = 300$ mm	cemento	0.133	0.00985	
	$L_3 = 4600$ m	$D_3 = 362.6$ mm	ghisa riv. cemento	0.177	0.00723	$Y_D = 510.24$ m
$H_E = 530$ m	$L_4 = 2800$ m	$D_4 = 514$ mm	ghisa riv. cemento	0.452	0.00732	
	$L_5 = 6600$ m	$D_5 = 615.2$ mm	ghisa riv. cemento	0.629	0.00543	$Y_F = 474.39$ m
$H_G = 430$ m	$L_6 = 5800$ m	$D_6 = 390.4$ mm	acciaio riv. bitume	0.244	0.00765	
$H_H = 410$ m	$L_7 = 6500$ m	$D_7 = 441$ mm	acciaio riv. bitume	0.385	0.00992	$H_H = 409.91$ m

VERIFICA DI UNA RETE DI ADDUZIONE

Problema di verifica:

Dati noti: diametri D , lunghezze L , materiali
quote piezometriche degli estremi liberi H

Incongnite: portate Q lungo i lati (7)
quote piezometriche Y nei nodi (3)

Equazioni a disposizione: - equazione di continuità nei nodi (3)

$$\sum Q_{\text{entrante}} = \sum Q_{\text{uscite}}$$

- equazione di moto (7)

$$J = \frac{\rho Q^2}{D^5}$$

Il numero delle equazioni è uguale al numero delle incongnite quindi il problema è determinato.

Equazioni di moto:

1) tubi in cemento
 $J = 0,00114 Q^{1,786} D^{-4,786}$ per tubi in cemento in regime di transizione per $50 \leq D \leq 400$ mm

Il coefficiente nell'equazione è stato aumentato del 25% per tenere conto del fatto che la rete è in servizio da molti anni.

2) ghisa con rivestimento interno cementizio
per condotte in pressione in regime assolutamente turbolento,
 $J = \frac{\rho Q^2}{D^5}$ con $\rho = \frac{10,3}{K^2 D^{1/3}}$ (formula di Bazchler-Strickler)

$$\Rightarrow J = \frac{10,3}{K^2} Q^2 D^{-5,333}$$

$$\text{si assume } K = 100 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow J = 0,00103 Q^2 D^{-5,333}$$

Si considera moto assolutamente turbolento, perché i diametri sono abbastanza grandi, è un'ipotesi da verificare a posteriori.

3) acciaio rivestito litume

$$K = 110 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow J = 0,00085 Q^2 D^{-5,333}$$

Si procede per tentativi.

1° tentativo: $J_1 =$ pendenza progettuale media più critica lungo i vari percorsi

$$J_{A-C} = \frac{H_A - H_C}{L_1 + L_2} = 0,0107$$

$$J_{A-G} = \frac{H_A - H_G}{L_1 + L_3 + L_5 + L_6} = 0,00772$$

$$J_{A-H} = \frac{H_A - H_H}{L_1 + L_3 + L_5 + L_7} = 0,00837$$

Si sceglie come pendenza J_1 di 1° tentativo il valore maggiore, cioè $J_{A-C} = 0,0107$.

$$\Rightarrow J_1 = 0,0107$$

$$J_1 = \frac{H_A - Y_B}{L_1} \Rightarrow Y_B = H_A - J_1 L_1 = 600 - 0,0107 \times 5000 = 546,50 \text{ m}$$

eq. di moto nella condotta 1: $J_1 = 0,00114 Q_1^2 D_1^{-5,333}$

$$\Rightarrow Q_1 = \left(\frac{J_1 D_1^{5,333}}{0,00114} \right)^{\frac{1}{1,786}} = \left(\frac{0,0107 \times 0,4^{5,333}}{0,00114} \right)^{\frac{1}{1,786}} = 0,301 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow J_2 = \frac{Y_B - H_C}{L_2} = 0,0107$$

eq. di moto nella condotta 2: $J_2 = 0,0014 Q_2^2 D_2^{-5,333} = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$

eq. di continuità nel nodo B: $Q_1 = Q_2 + Q_3 \Rightarrow Q_3 = Q_1 - Q_2$

$$Q_3 = 0,301 - 0,139 = 0,162 \text{ m}^3/\text{s}$$

eq. di moto nel tratto 3: $J_3 = 0,00103 Q_3^2 D_3^{-5,333}$

$$\Rightarrow J_3 = 0,00103 \times 0,162^2 \times 0,3626^{-5,333} = 0,00605$$

$$Y_D = Y_B - J_3 L_3 = 546,50 - 0,00605 \times 4500 = 518,67 \text{ m}$$

$$J_4 = \frac{H_E - Y_D}{L_4} = \frac{530 - 518,67}{2800} = 0,00405$$

eq. di moto nella condotta 4: $Q_4 = \sqrt{\frac{J_4 D_4^{5,333}}{0,00103}} = 0,336 \text{ m}^3/\text{s}$

eq. di continuità nel nodo D: $Q_5 = Q_3 + Q_4 = 0,162 + 0,336 = 0,498 \text{ m}^3/\text{s}$

eq. di moto condotta 5:

$$J_5 = 0,00103 Q_5^2 D_5^{-5,333} = 0,00341$$

$$Y_F = Y_D - J_5 L_5 = 518,67 - 0,00341 \times 6600 = 496,16 \text{ m}$$

$$J_6 = \frac{Y_F - H_6}{L_6} = \frac{496,16 - 430}{5800} = 0,0114$$

eq. di moto condotta 6:

$$Q_6 = \sqrt{\frac{J_6 D_6^{5,333}}{0,00085}} = 0,298 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J_6 = 0,00085 Q_6^2 D_6^{-5,333}$$

eq. di continuità nodo F: $Q_5 = Q_6 + Q_7$

$$\Rightarrow Q_7 = Q_5 - Q_6 = 0,498 - 0,298 = 0,200 \text{ m}^3/\text{s}$$

eq. di moto condotta 7:

$$J_7 = 0,00085 Q_7^2 D_7^{-5,333} = 0,00268$$

$$H_H = Y_F - J_7 L_7 = 496,16 - 0,00268 \times 6500 = 478,74 \text{ m}$$

quota effettiva $H_H = 410 \text{ m}$

$$478,74 \text{ m} > 410 \text{ m}$$

Lungo il percorso da A ad H, si ha una dissipazione di carico inferiore a quella disponibile $H_A - H_H$, quindi si parte da un valore J_1 di tentativo maggiore di quello di 1° tentativo e si procede ad un'altra iterazione finché si trova un valore di H_H prossimo a 410 m.

con $J_1 = 0,0113$ si trova $H_H = 409,91 \text{ m} \approx 410 \text{ m}$

i valori di Q, J e Y relativi a questa iterazione sono riportati in tabella.

Occorre verificare che nei tronchi 3-4-5-6,7 il moto è completamente turbolento per l'applicabilità delle equazioni di moto. Per esempio, verifichiamo la tubazione 3:

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu} = \frac{U D}{\nu} = \frac{4 Q}{\pi D \nu} \quad \nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_3 = 0,177 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_3 = 362,6 \text{ mm}$$

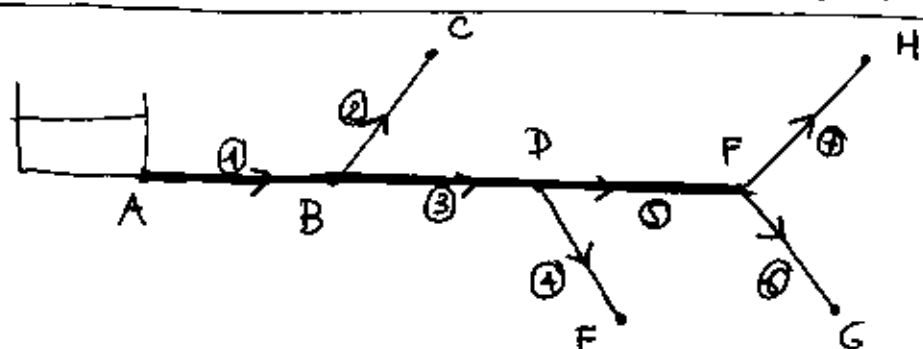
$$Re_3 = \frac{4 \times 0,177}{\pi \times 0,3626 \times 10^{-6}} = 6,22 \times 10^5$$

tubazioni in ghisa in servizio $\frac{\epsilon}{D} = \frac{1}{362,6} = 2,8 \times 10^{-3}$

Sull'abaco di Moody, si riporta il punto corrispondente a $(Re, \frac{\epsilon}{D}) = (6,22 \times 10^5, 2,8 \times 10^{-3})$ e si vede che ricade nella zona completamente turbolenta, quindi è giusto applicare le formule dell'equazione di moto.

VERIFICA DI UNA RETE DI DISTRIBUZIONE

RETE CON SERBATOIO DI TESTATA



ABDF condotta principale che non fa servizio lungo il percorso
BC, DE, FG, FH condotte secondarie che servono le utenze direttamente
o tramite le condotte bonyarie

Dati noti: diametri D , lunghezze L , materiali
quota del minimo livello del serbatoio H_A
abitanti serviti da ogni secondaria N_2, N_4, N_6, N_7

In base agli abitanti serviti, si possono calcolare le massime portate
nell'ora di massimo consumo annuo Q_{h_i} nelle secondarie:

$$Q_2, Q_4, Q_6, Q_7$$

Incognite: quote piezometriche nei nodi B, D, F (3)

quote piezometriche nelle estremità libere C, E, G, H (4)

7 incognite

7 equazioni di moto lungo i tratti \Rightarrow problema determinativo

abitanti totali serviti $N = 15.000$ ab

dotazione idrica procapite: $q = 220 \frac{l}{g \cdot ab}$

portata media annua: $\bar{Q} = \frac{qN}{86400}$ [l/s]

Coefficiente di punta oraria: $\alpha_h = \frac{Q_{hmax}}{\bar{Q}} = \frac{5}{(N \times 10^{-3})^{1/6}}$ (formula di Gr-bs)

$N = 15.000$ ab $\Rightarrow \alpha_h \approx 3,2$

portate distribuite dalle secondarie: $Q_d = \alpha_h \bar{Q}$

esempio: condotta 2

$$N_2 = 2000 \text{ ab}$$

$$\bar{Q}_2 = \frac{220 \times 2000}{86400} = 5,09 \text{ l/s}$$

$$Q_{2d} = 3,2 \bar{Q}_2 = 16,21 \text{ l/s}$$

Si suppone che la secondaria effettui servizio uniforme lungo il percorso $\Rightarrow Q_{ep} = \frac{Q_d}{\sqrt{3}}$

portata equivalente = quella portata che darebbe luogo alla stessa perdita di carico se fosse addotta da un'estremità all'altra della condotta.

$$Q_{2ep} = \frac{Q_{2d}}{\sqrt{3}} = \frac{16,21}{\sqrt{3}} = 9,4 \text{ l/s}$$

$$\Rightarrow J_2 = 0,00114 Q_{2ep}^{1,86} D_2^{-4,786}$$

analogamente per le altre condotte secondarie 4, 6, 7

$$\Rightarrow Q_4, Q_6, Q_7$$

Tramite l'eq. di continuità, si determinano le portate nella condotta principale partendo da valle:

$$Q_5 = Q_6 + Q_7 \Rightarrow Q_5$$

$$Q_3 = Q_4 + Q_5 \Rightarrow Q_3$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \Rightarrow Q_1$$

Sono state determinate tutte le portate nei vari tratti. È nota la quota piezometrica nel nodo A, mentre sono incognite le quote piezometriche negli altri nodi ed estremità.

Si parte da monte.

$$J_1 = 0,00114 Q_1^{1,86} D_1^{-4,786} \text{ eq. di monte condotta 1}$$

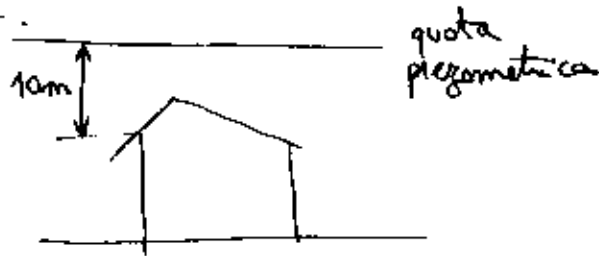
$$\Rightarrow Y_B = H_A - J_1 L_1$$

analogamente si determina $H_C, Y_D, H_E, Y_F, H_G, H_H$

Verifica: $H_C, H_E, H_G, H_H \geq$ quota piezometrica necessaria ad assicurare il servizio

nell'ora di massimo consumo, la quota piezometrica deve risultare maggiore della quota del piano di gronda degli edifici aumentata di 10 m, in modo che a monte degli apparecchi sanitari l'acqua arrivi con una certa pressione.

$$H = \text{quota gronda edificio} + 10 \text{ m} + \underbrace{2-3 \text{ m}}_{\text{perdite condotte terziarie}}$$



se la verifica non risulta soddisfatta per una o più secondarie, occorre potenziare la rete.

Occorre aumentare la quota piezometrica H , quindi diminuire le perdite di carico aumentando il diametro D .