

Esercitazione n°6

Dimensionamento di un acquedotto con sollevamento

Un acquedotto preleva l'acqua da una sorgente posta in un fondo valle e deve alimentare con una portata Q un centro abitato, il cui serbatoio è posto a quota superiore a quella della sorgente. Calcolare l'acquedotto col criterio della massima economia, nell'ipotesi che il sollevamento sia continuo nelle 24 ore, noti il costo dell'energia elettrica, il costo delle tubazioni, il tasso di capitalizzazione ed il rendimento delle pompe.

Quota della presa dell'acquedotto dalla sorgente	150	m slm
Quota del serbatoio terminale	260	m slm
Portata di progetto Q	0,028	m ³ /s
Coefficiente di scabrezza di Manning (n), a tubi usati	0,016	
Distanza L tra la sorgente e il serbatoio terminale	9000	m
Costo dell'energia elettrica K_e	0,02	Euro/Kwh
Costo delle tubazioni in acciaio K_t	0,45	Euro/Kg
Tasso di capitalizzazione τ	0,08	
Rendimento delle pompe η	0,60	

Tabella 1: Dati

Procedimento

Il problema di dimensionamento dell'acquedotto con sollevamento è per sua natura indeterminato, essendo possibili soluzioni del problema tutti i diametri commerciali D che garantiscono velocità in condotta incluse fra i valori limite 0,5 e 1,5 m/s. Adottando per la condotta un diametro piccolo si realizza una elevata perdita di carico J e di conseguenza è necessaria un'elevata potenza N per il sollevamento; adottando invece un diametro grande si realizza una perdita di carico J limitata e di conseguenza è necessaria una potenza N limitata per il sollevamento. Ne segue che il costo annuo del sollevamento, che è proporzionale alla potenza necessaria per il sollevamento, è tanto minore quanto maggiore è il diametro; di contro il costo della condotta è tanto minore quanto minore è il diametro. Il problema può essere reso determinato imponendo la scelta della soluzione di minimo costo complessivo, dato dalla somma del costo sollevamento e del costo della condotta, in funzione della pendenza piezometrica J , o del diametro D .

Nota la portata di progetto e il profilo altimetrico della condotta indicato in figura 1 occorre anzitutto determinare la potenza necessaria per il sollevamento, espressa in Kw:

$$N = g \frac{Qh}{\eta} \quad (1)$$

dove g è l'accelerazione di gravità, Q è la portata di progetto, η è il rendimento delle pompe, h è la prevalenza dell'impianto, ed è pari a:

$$h = h_0 + JL \quad (2)$$

con h_0 prevalenza geodetica, pari al dislivello tra la quota di arrivo in serbatoio e di presa alla sorgente, J pendenza piezometrica nella condotta, L distanza tra sorgente e serbatoio terminale.

Per il calcolo delle perdite di carico si adoperi la formula di Chezy, valida per moti assolutamente turbolenti:

$$Q = \Omega \chi \sqrt{RJ} \quad (3)$$

dove Ω è l'area della sezione bagnata, χ è il parametro di resistenza di Chezy e J la pendenza piezometrica. Si utilizzi per il parametro di resistenza di Chezy χ l'espressione di Manning, avendo indicato con n l'indice

di scabrezza di Manning:

$$X = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (4)$$

dove R è il raggio idraulico della sezione, $R = \Omega/C$ (avendo indicato con C il contorno bagnato della sezione), che per condotte circolari è pari a $R = D/4$. Sostituendo χ nella (3) secondo la (4) si ricava:

$$Q = \frac{4\pi}{n} R^{8/3} J^{1/2} \quad (5)$$

Esplicitando J dalla (5) si ottiene poi l'espressione della caratteristica unitaria della condotta $\gamma(D)$ e della perdita di carico J :

$$\gamma(D) = \frac{n^2}{16\pi^2 R^{16/3}} \quad J = \frac{n^2}{16\pi^2 R^{16/3}} Q^2 = \gamma(D) Q^2 \quad (6)$$

L'energia annua necessaria al sollevamento continuo nelle 24 ore (in kWh) è dato dal prodotto della potenza per il numero di ore di funzionamento annue:

$$E = N \cdot 365 \cdot 24 = N \cdot 8760 \quad (7)$$

Il costo annuo del sollevamento è quindi:

$$c_s = K_e E$$

avendo indicato con K_e il costo dell'energia elettrica. Tale costo può essere capitalizzato dividendolo per il tasso di capitalizzazione τ :

$$C_s = \frac{c_s}{\tau} = K_e g \frac{Qh}{\eta\tau} 8760 \quad (8)$$

Il costo della condotta C_c può essere calcolato moltiplicando il suo peso P per il costo dei tubi al Kg, avendo indicato nella tabella 2 il peso a metro lineare dei tubi di acciaio in funzione del diametro D .

Graficando, in funzione della pendenza piezometrica J corrispondente ai prefissati diametri della tabella 2, il costo della condotta $C_c(J)$, il costo del sollevamento $C_s(J)$ ed il costo totale $C_t(J) = C_c(J) + C_s(J)$ si individua il valore di J (e quindi di D) per cui il costo totale è minimo, e per questo valore si dimensiona la condotta.

Si dovrà infine controllare che la velocità dell'acqua nella condotta ($V = Q/\Omega$) risulti compresa tra 0,5 e 1,5 m/s.

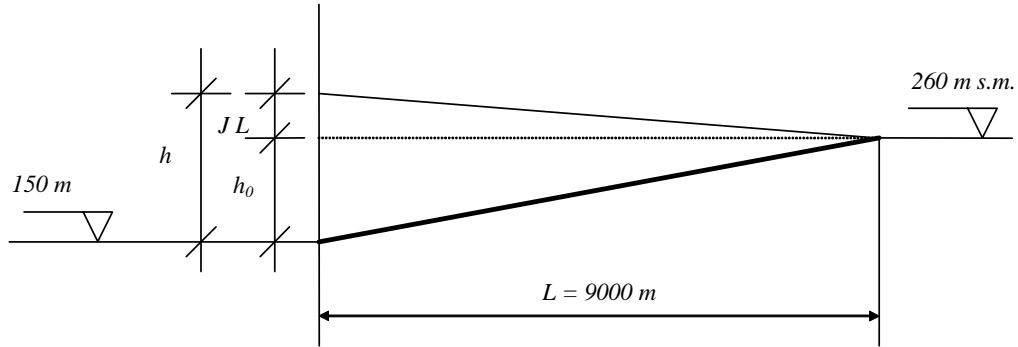


Figura 1: Profilo dell'acquedotto con sollevamento.

D [m]	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
P [Kg/m]	14,43	24,72	35,01	45,30	55,59	65,88

Tabella 2: Peso al metro lineare dei tubi di acciaio in funzione del diametro