

Esercitazione n°5

Dimensionamento di un acquedotto esterno con diramazione

Una sorgente A alimenta, tramite l'acquedotto illustrato in figura 1, due centri indicati con C e D, il nodo di derivazione è posto in B. Note le portate da addurre ai centri C e D, e note le quote dei nodi A, B, C e D, calcolare l'acquedotto col criterio della massima economia, adottando per il coefficiente di Chezy la formula di Manning, ed ubicare le valvole regolatrici di carico per le condizioni di tubi nuovi.

Quota della presa dell'acquedotto dalla sorgente (H_A)	350	m slm.
Quota del serbatoio del centro C (H_C)	260	m slm.
Quota del serbatoio del centro D (H_D)	230	m slm.
Quota del nodo di derivazione B (z_B)	250	m slm.
Portata da addurre al centro C (Q_C)	0,080	m ³ /s
Portata da addurre al centro D (Q_D)	0,110	m ³ /s
Coefficiente di scabrezza di Manning (n), a tubi usati	0,016	m ^{-1/3} s
Coefficiente di scabrezza di Manning (n), a tubi nuovi	0,010	m ^{-1/3} s
Distanza L_1 tra la sorgente A e il nodo di derivazione B	3300	m
Distanza L_2 tra il nodo di derivazione B e il centro C	3700	m
Distanza L_3 tra il nodo di derivazione B e il centro D	2650	m

Tabella 1: Dati

Procedimento

Il problema è evidentemente indeterminato in quanto le equazioni a disposizione per risolvere il problema, l'equazione di continuità delle portate al nodo B e le tre equazioni dei carichi ai tronchi AB, BC e BD, non sono sufficienti alla determinazione delle incognite costituite dalla portata Q da prelevare dalla sorgente, dai diametri delle tre condotte e dal carico h_B sul nodo B.

La soluzione può essere scelta fra le soluzioni fattibili in base a un criterio di massima economia. Si procede preventivamente alla determinazione della portata Q alla sorgente in base alla continuità delle portate al nodo B; successivamente si passa alla determinazione del carico h_B cui corrisponde la condizione di costo di costruzione totale minimo.

La quota piezometrica h_B sul nodo B può assumere, trascurando in prima approssimazione le perdite di carico, qualsiasi valore compreso tra la quota della sorgente A e la quota del centro C. Se si mantiene alta la quota piezometrica in B risulterà elevato il costo della condotta AB (maggiore diametro per ottenere modeste perdite di carico), e basso il costo delle condotte BC e BD (minori diametri per ottenere elevate perdite di carico); l'inverso accade se la quota piezometrica in B viene tenuta bassa. Tale problema può essere facilmente risolto calcolando l'acquedotto per diverse quote piezometriche h_B sul nodo B, tracciando la curva del peso complessivo delle condotte in funzione di h_B , e trovando, infine, graficamente il minimo della predetta curva; a tale minimo corrisponderà anche il minimo costo dell'acquedotto.

Nell'ipotesi che si adottino tubazioni di acciaio, il peso dei tubi a metro lineare è dato dalla relazione $P = 205,8D - 16,44$ e indicato nella tabella 2.

Se si indicano con i pedici 1, 2 e 3 (e genericamente con x) le grandezze relative rispettivamente ai tronchi AB, BC e BD, e con gli apici ' e '' le grandezze relative ai diametri commerciali rispettivamente inferiori e superiori ai diametri teorici di ogni singolo tronco, valgono le seguenti relazioni:

$$J_x(\text{teorico}) = \frac{\Delta h_x}{L_x} \quad D_x(\text{teorico}) = 4 \left(\frac{n_u Q_x}{4\pi J_x^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (1)$$

D [m]	P [Kg/m]
0,15	14,43
0,20	24,72
0,25	35,01
0,30	45,30
0,35	55,59
0,40	65,88
0,45	76,17
0,5	86,46

Tabella 2: Peso dei tubi in acciaio in funzione del loro diametro

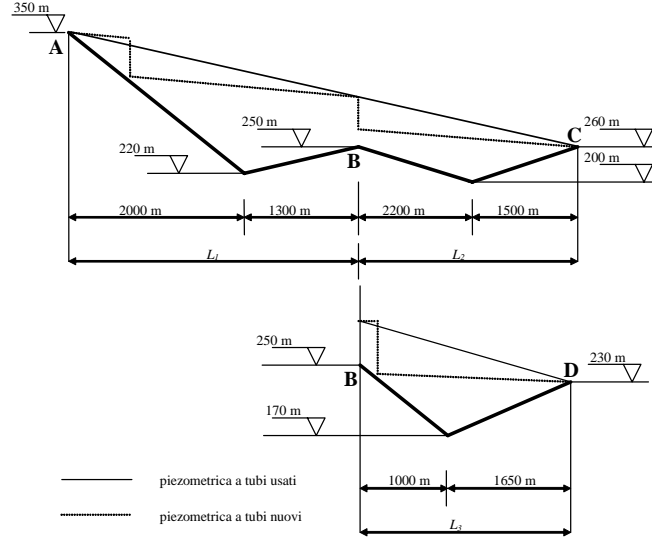


Figura 1: Profilo altimetrico dell'acquedotto con diramazione nel punto B

$$\gamma(D_x) = \frac{n_u^2}{16\pi^2 R_x^{16/3}} \quad (2)$$

$$L'_x = \frac{\frac{\Delta h_x}{Q_x^2} - L_x \gamma(D''_x)}{\gamma(D'_x) - \gamma(D''_x)} \quad L''_x = L_x - L'_x \quad (3)$$

Facendo variare la quota piezometrica h_B del nodo B da un valore di poco inferiore al carico in A fino ad un valore di poco superiore al massimo fra il carico in C e in D (ad esempio partendo da 340 m slm. fino ad arrivare a 270 m slm., con decrementi di 10 m), si tabulò ad ogni passo e per i tre tronchi: la pendenza piezometrica teorica, il diametro teorico, i diametri commerciali immediatamente inferiori e superiori a quello teorico, le loro corrispondenti lunghezze e i loro pesi.

Si determinò poi ad ogni passo il corrispondente peso complessivo delle condotte dell'acquedotto graficandolo in funzione della corrispondente quota piezometrica del nodo B. Il punto di minimo della curva $P(h_B)$ determinerà la soluzione di minor costo.

Successivamente si dovranno calcolare le pendenze piezometriche a tubi nuovi mediante la:

$$J_x = \gamma(D_x) Q_x^2 \quad \gamma(D_x) = \frac{n_{nuovi}^2}{16\pi^2 R_x^{16/3}} \quad (4)$$

Note le pendenze piezometriche a tubi nuovi, le valvole regolatrici di carico dovranno essere posizionate lungo le condotte BC e BD in modo da mantenere sempre lo stesso carico sul nodo di ripartizione, e lungo la condotta AB per raccordare la piezometrica alla quota della sorgente.