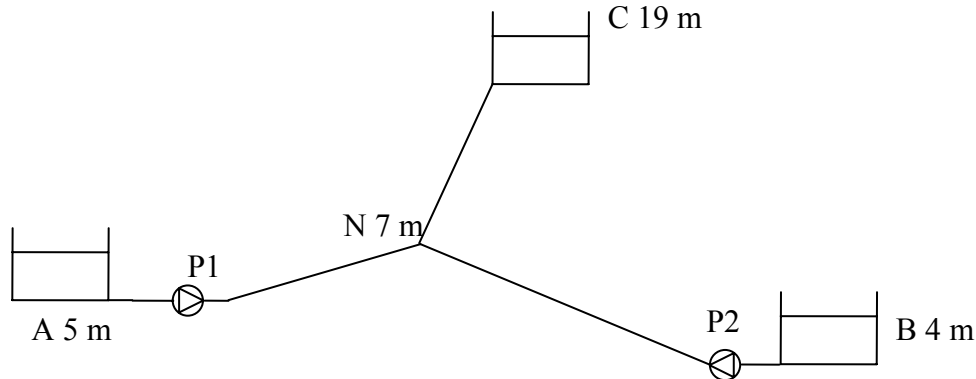


Esercizio n°1 (punti 7)

Si consideri l'impianto di sollevamento rappresentato in figura costituito da due pompe che prelevano acqua da due serbatoi A e B per alimentare un terzo serbatoio C.

I serbatoi A e B sono posti rispettivamente alle quote di 5 m e 4 m. Il serbatoio C è posto alla quota di 19 m. Il nodo N si trova a quota 7 m.



I tratti AN e BN sono lunghi 1000 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma_1 \cdot L_1 \cdot Q^2 \quad (\text{dove } \Delta H \text{ e } L_1 \text{ in m, e } Q \text{ in l/s})$$

$$\text{con } \gamma_1 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$$

Il tratto NC è lungo 2000 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma_2 \cdot L_2 \cdot Q^2 \quad (\text{dove } \Delta H \text{ e } L_2 \text{ in m, e } Q \text{ in l/s})$$

$$\text{con } \gamma_2 = 7 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$$

Nella condizione di funzionamento I del sistema, le pompe lavorano a $n=1000$ giri/min con la seguente curva caratteristica:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=32 \text{ m, } s=0.0015 \text{ m/(l/s)}^2$$

Calcolare la portata consegnata al serbatoio C nella condizione di funzionamento I.

Valutare inoltre la riduzione di portata che si ottiene riducendo il numero di giri delle pompe a 900 giri/min (condizione di funzionamento II del sistema). In questa nuova condizione di funzionamento II valutare anche le potenze assorbite dalle due pompe ipotizzando che abbiano un valore del rendimento pari a 0,7.

È possibile ottenere la stessa riduzione di portata utilizzando la condizione di funzionamento III del sistema, nella quale il numero di giri delle pompe è pari a 1000 giri/min e viene inserita nel tronco NC una perdita di carico localizzata del tipo αQ^2 . Nel caso sia possibile, stimare il coefficiente α di perdita di carico localizzata? Confrontare, commentando, le potenze assorbite dalle pompe nella condizione di funzionamento III con quelle della condizione di funzionamento II.

Esercizio n°2 (punti 4)

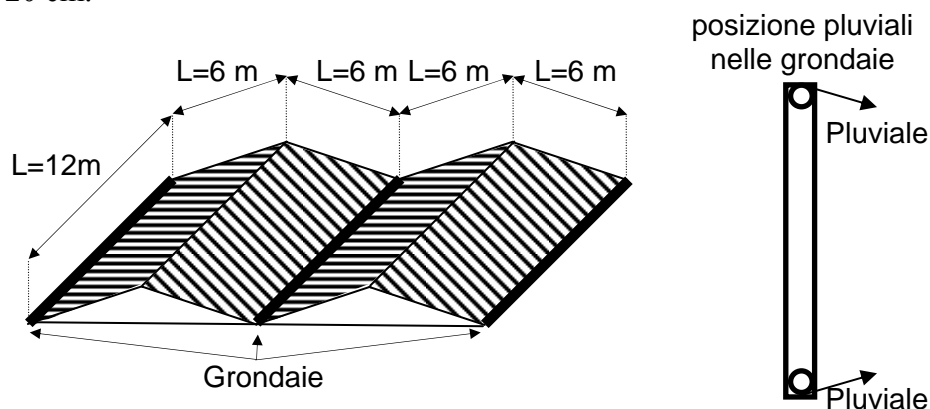
Si dimensiona lo speco di forma circolare di un collettore di fognatura mista con le seguenti caratteristiche: lunghezza 200 m, pendenza 0.1%, scabrezza $K_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Il collettore è a servizio di un'area di 1 ha (60% della quale è impermeabile).

Si assuma un coefficiente di afflusso per le aree non urbanizzate $\phi_{PERM}=0.1$ e per le aree urbanizzate $\phi_{IMP}=0.8$, un tempo di accesso in rete di 5 min, i parametri della curva di possibilità climatica $h = a\theta^n$ $a = 33 \text{ mm/ora}^n$ e $n = 0.45$, un numero di abitanti equivalenti serviti pari a 1000, una dotazione idrica $q = 380 \text{ l/ab.d}$, un coefficiente di afflusso in rete per le acque nere $\Phi=0.85$ ed un coefficiente di punta orario $k_h=1.5$. Una volta dimensionato il collettore, indicare soluzioni progettuali adeguate nel caso la verifica alle portate massime di tempo bagnato sia soddisfatta ma sia troppo bassa la velocità della corrente nel collettore in condizioni di tempo asciutto.

h/D	P/D	A/D^2	R/D	V/V_r	Q/Q_r	h/D	P/D	A/D^2	R/D	V/V_r	Q/Q_r
0.05	0.45	0.015	0.033	0.257	0.005	0.55	1.67	0.443	0.265	1.039	0.586
0.10	0.64	0.041	0.064	0.401	0.021	0.60	1.77	0.492	0.278	1.072	0.672
0.15	0.80	0.074	0.093	0.517	0.049	0.65	1.88	0.540	0.288	1.099	0.756
0.20	0.93	0.112	0.121	0.615	0.088	0.70	1.98	0.587	0.296	1.120	0.837
0.25	1.05	0.153	0.147	0.701	0.137	0.75	2.09	0.632	0.302	1.133	0.912
0.30	1.16	0.198	0.171	0.776	0.196	0.80	2.21	0.674	0.304	1.140	0.977
0.35	1.27	0.245	0.193	0.843	0.263	0.85	2.35	0.711	0.303	1.137	1.030
0.40	1.37	0.293	0.214	0.902	0.337	0.90	2.50	0.744	0.298	1.124	1.066
0.45	1.47	0.343	0.233	0.954	0.416	0.95	2.69	0.771	0.286	1.095	1.074
0.50	1.57	0.393	0.250	1.000	0.500	1.00	3.14	0.785	0.250	1.000	1.000

Esercizio n°3 (punti 4)

Si consideri la copertura di un edificio rappresentata in figura costituita da quattro falde. Il sistema di scolo delle acque meteoriche è costituito da tre grondaie a sezione rettangolare; mentre le grondaie laterali sono al servizio di una sola falda, quella centrale è al servizio di due falde. In corrispondenza delle estremità di ogni grondaia è posizionato un pluviale. Si dimensionino le grondaie ed i pluviali a fronte di una intensità di precipitazione di 130 mm/h. Si assuma un coefficiente di deflusso $\phi=1$ e un coefficiente di scabrezza di Strickler della grondaia $K_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Giustificare se si adotta o meno una pendenza nulla del fondo della grondaia e calcolare il minimo e massimo tirante idrico nella grondaia in funzione della scelta progettuale effettuata. Nel dimensionamento delle grondaie si considerino le sezioni 8 cm x 8 cm, 10 cm x 10 cm, 12 cm x 12 cm, 20 cm x 20 cm.



Domande (punti 3)

1. Definizione di NPSH. Illustrare i passaggi per calcolare la posizione della pompa rispetto al serbatoio di alimentazione una volta noto l' $NPSH_R$.
2. Definire la velocità specifica e il diametro specifico di una turbopompa e introducendo il diagramma di Balje illustrare come queste grandezze sono relazionate alle diverse tipologie di turbopompe
3. Partendo da una serie di altezze di precipitazione massime annue (ad esempio sulle durate di 1, 3, 6 e 12 ore) descrivere e spiegare la trattazione statistica per ricavare i parametri a ed n della curva di possibilità climatica $h = a \cdot t^n$ per assegnato tempo di ritorno.
4. Che cosa si intende per sistema di ventilazione parallela indiretta? In quale circostanza questo sistema può essere impiegato? Fornire uno schema di un impianto di ventilazione parallela indiretta.
5. Dopo aver indicato in quale circostanza è necessario inserire all'interno di una rete fognaria un dispositivo di cacciata, descrivere il funzionamento del dispositivo di cacciata di tipo Contarino.

Esercizio n°1

Condizione di funzionamento I

La curva caratteristica delle pompe P₁ e P₂, funzionanti a 1000 giri/min, è rappresentata dalla seguente equazione:

$$H = r - sQ^2 \quad \text{oppure} \quad Q = \sqrt{\frac{r-H}{s}} \quad (1)$$

Le curve degli impianti AN e BN sono le seguenti:

$$H = z_N - z_A + \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (2)$$

$$H = z_N - z_B + \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (3)$$

Sottraendo dall'equazione (1) l'equazione (2), si ottiene la curva caratteristica della pompa P1 riportata in N:

$$H = r - sQ^2 - (z_N - z_A) - \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (4)$$

Essa può essere anche scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (5)$$

Sottraendo dall'equazione (1) l'equazione (3), si ottiene la curva caratteristica della pompa P2 riportata in N:

$$H = r - sQ^2 - (z_N - z_B) - \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (6)$$

Essa può essere anche scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_B) - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (7)$$

Sommando le equazioni (5) e (7), si ottiene la curva caratteristiche delle pompe (P1 in N) || (P2 in N):

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - H}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (z_N - z_B) - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (8)$$

La curva caratteristica dell'impianto NC è data da:

$$H = z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 \quad (9)$$

Per trovare la portata consegnata al serbatoio di valle C, si devono mettere a sistema la (8) e la (9).

In particolare, sostituendo la (9) nella (8), si ottiene:

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (z_N - z_B) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (10)$$

Dobbiamo quindi risolvere la (10) rispetto alla variabile Q . Si deve trovare in particolare quel valore di Q tale che la seguente funzione $f(Q)$ si annulli:

$$f(Q) = Q - \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} - \sqrt{\frac{r - (z_N - z_B) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (11)$$

Andando a sostituire i valori numerici nell'eq. (11) si ha:

$$f(Q) = Q - \sqrt{\frac{18 - 14 \times 10^{-4} Q^2}{0,0015 + 5 \times 10^{-4}}} - \sqrt{\frac{17 - 14 \times 10^{-4} Q^2}{0,0015 + 5 \times 10^{-4}}} \quad (12)$$

Risolvendo la (12) per tentativi, si ottiene $Q = 95,9$ L/s

Condizione di funzionamento II

Applicando le regole di similitudine, la curva caratteristica delle pompe viene trasformata come segue:

$$\begin{cases} \frac{H}{H^*} = \left(\frac{n}{n^*}\right)^2 \\ \frac{Q}{Q^*} = \frac{n}{n^*} \end{cases} \rightarrow H^* \left(\frac{n}{n^*}\right)^2 = r - s \cdot Q_3^{*2} \cdot \left(\frac{n}{n^*}\right)^2 \rightarrow H^* = r \left(\frac{n^*}{n}\right)^2 - s \cdot Q^{*2} \rightarrow H^* = r' - s \cdot Q^{*2} \quad (13)$$

dove $r' = 25,92$.

Considerando il valore $r' = 25,92$, l'eq. (11) assume per la condizione di funzionamento II la seguente forma:

$$f(Q) = Q - \sqrt{\frac{11,92 - 14 \times 10^{-4} Q^2}{0,0015 + 5 \times 10^{-4}}} - \sqrt{\frac{10,92 - 14 \times 10^{-4} Q^2}{0,0015 + 5 \times 10^{-4}}} \quad (14)$$

Risolvendo la (13) per tentativi, si ottiene $Q = 77,5$ L/s. La prevalenza totale dell'impianto NC è data dall'eq. (9) e assume un valore pari a 20,4 m. Utilizzando la (5) e la (7), in cui si sostituisce il valore r' al posto di r , si ottengono le portate sollevate dalle pompe P1 e P2, rispettivamente pari a 42,0 L/s e 35,5 L/s. Le prevalenze delle pompe sono calcolabili mediante l'eq. (13) e sono rispettivamente pari a 23,3 m e 24,0 m. Le potenze assorbite dalle due pompe sono calcolabili utilizzando la formula:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta} \quad (15)$$

in cui la portata Q deve essere inserita in m^3/s . Le potenze sono rispettivamente pari a 13,7 kW e 12,0 kW.

Condizione di funzionamento III

In questa condizione di funzionamento la curva caratteristica dell'impianto assume la forma seguente, invece dell'eq. (9):

$$H = z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 + \alpha Q^2 \quad (16)$$

L'eq. (10) diventa in questo caso (Nota bene che in questo caso si considera il valore di r pari a 32 della condizione di funzionamento I):

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 + \alpha Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (z_N - z_B) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 + \alpha Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (17)$$

Dobbiamo quindi risolvere la (17) rispetto alla variabile α . Si deve trovare in particolare quel valore di α tale che la seguente funzione $f(\alpha)$ si annulli:

$$f(\alpha) = Q - \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 + \alpha Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} - \sqrt{\frac{r - (z_N - z_B) - (z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 + \alpha Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}}$$

Andando a sostituire nella equazione precedente il valore di $Q=77,5$ L/s, ottenuto nella condizione di funzionamento II, si ottiene

$$f(\alpha) = 77,5 - \sqrt{\frac{18 - (14 \times 10^{-4} + \alpha) \times (77,5)^2}{0,0015 + 5 \times 10^{-4}}} - \sqrt{\frac{17 - (14 \times 10^{-4} + \alpha) \times (77,5)^2}{0,0015 + 5 \times 10^{-4}}} \quad (18)$$

Il valore di α ottenuto è pari a 0,001.

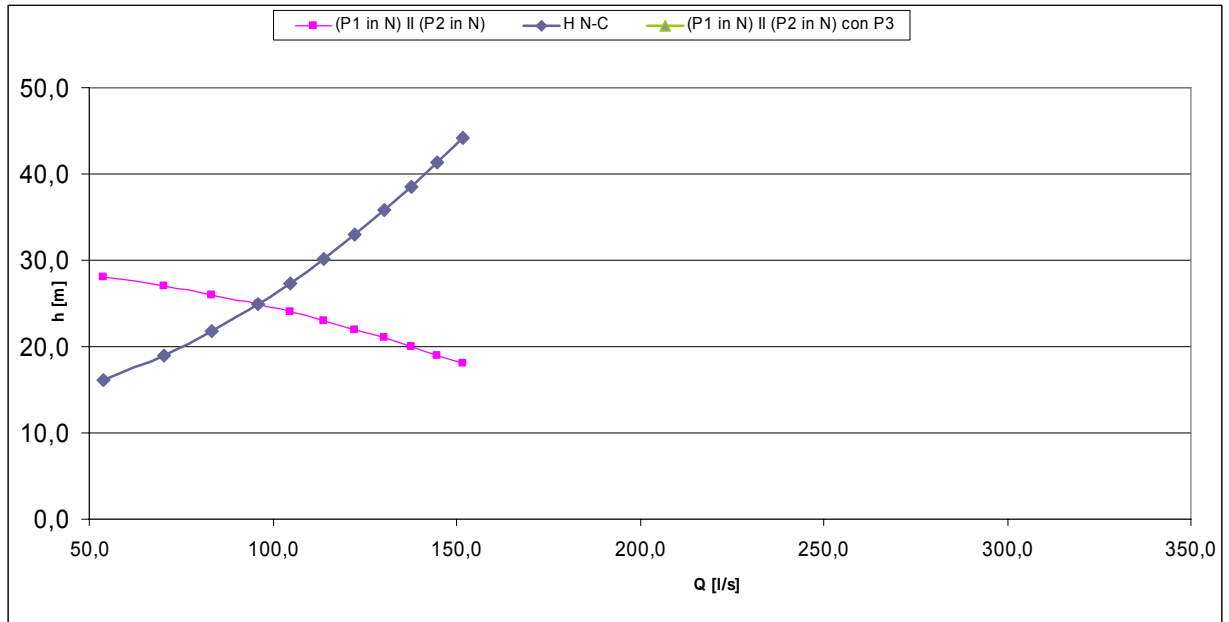
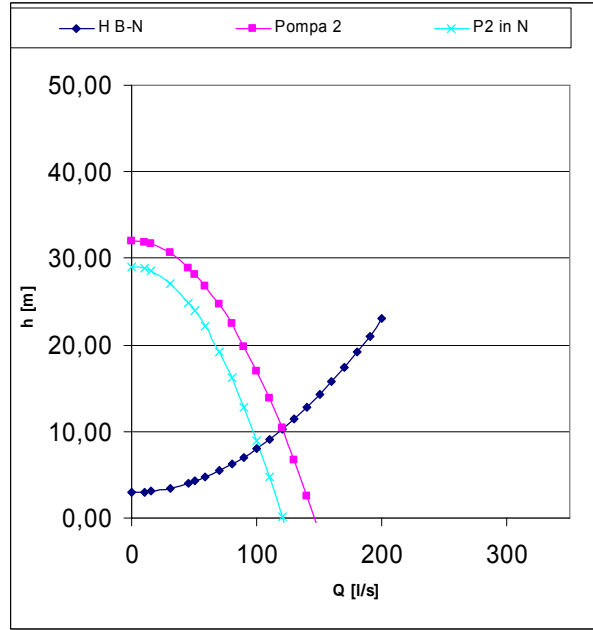
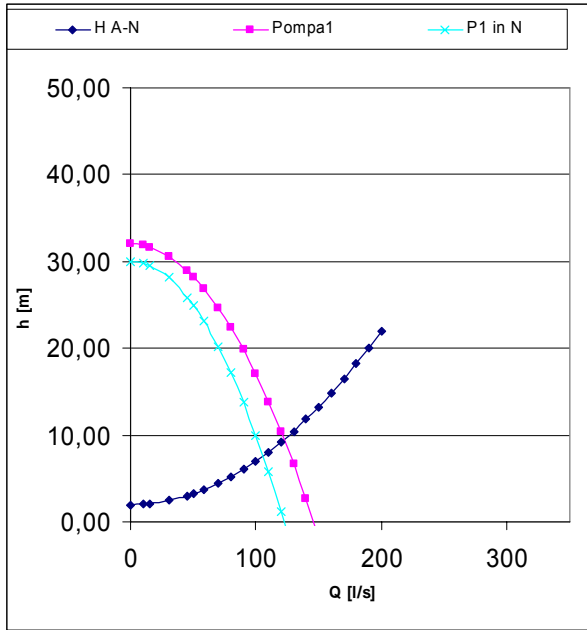
La prevalenza totale dell'impianto NC è data dall'eq. (16) e assume un valore pari a 26,5 m. Utilizzando la (5) e la (7), in cui si considera ancora r , si ottengono le portate sollevate dalle pompe P1 e P2, rispettivamente pari a 42,0 L/s e 35,5 L/s. Le prevalenze delle pompe sono calcolabili mediante l'eq. (13) e sono rispettivamente pari a 29,4 m e 30,1 m. Le potenze assorbite dalle due pompe sono calcolabili utilizzando la formula:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta} \quad (19)$$

in cui la portata Q deve essere inserita in m^3/s . Le potenze sono rispettivamente pari a 17 kW e 15 kW.

Riassumendo nella condizione di funzionamento II, la riduzione della portata da consegnare al serbatoio C si ottiene riducendo il numero di giri delle pompe. Nella condizione di funzionamento III, invece, la riduzione della portata si ottiene per mezzo dell'inserimento di una valvola. Le potenze assorbite dalle pompe risultano però maggiori nella condizione di funzionamento III. Ciò è dovuto al fatto che una parte della potenza sviluppata dalle pompe viene dissipata in corrispondenza della valvola posizionata lungo il tronco NC.

Curve caratteristiche della condizione di funzionamento I



Esercizio n°3

Ad ognuna delle metà di grondaia laterale contribuisce una superficie di 6 m x 6 m. Ad ognuna delle metà di grondaia centrale contribuisce invece un'area di 12 m x 6 m. In tutte le posizioni le mezze grondaie hanno una lunghezza di 6 m.

Int. Prec	φ	Ks
mm/h		
130,00	1	70

SUPERFICIE DI FALDA 1

Lungh	Largh
m	m
6	6
Qfalda	1,30 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo
Q 1,30 l/s

Assumo una
sezione

b [cm]	h [cm]
10	10

yc=	0,025827 m	2,58 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j		
ym=	4,47 cm	

Considero le perdite di carico

Jmedio	0,005757			
$\Delta H=$	0,034542 m	3,45 cm >	0,59	0.23yc
ym=	7,93 cm			

PLUVIALE

Assumo un pluviale di
diametro

		D=	0,1 m		
Soglia sfiorante	Q=	0,00202 m ³ /s	2,021512 l/s	>	1,300
Sotto battente	Q=	0,00335 m ³ /s	3,35449 l/s	>	1,300

SUPERFICIE DI FALDA 2

Lungh	Largh
m	m
12	6
Qfalda	2,60 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo
Q 2,60 l/s

Assumo una
sezione

b [cm]	h [cm]
12	12

yc= 0,036305 m 3,63 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j
ym= 6,29 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0,005139
 $\Delta H = 0,030836$ m 3,08 cm > 0,84 0.23yc
ym= 9,37 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di
diametro

D= 0,1 m

Soglia sfiorante	Q=	0,00337 m ³ /s	3,369186 l/s	>	2,600
Sotto battente	Q=	0,00398 m ³ /s	3,97719 l/s	>	2,600