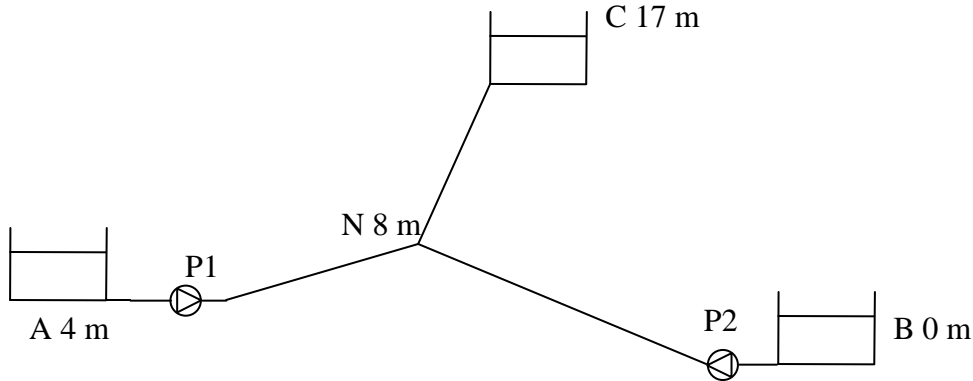


Esercizio n°1 (punti 6)

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 4 m e 0 m. Il serbatoio C è posto alla quota di 17 m. Il nodo N si trova a quota 8 m.



I tratti AN e BN, di diametro $D=0.5$ m, sono lunghi 900 m e hanno coefficiente di scabrezza di Strickler $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$; per le perdite di carico concentrate, è possibile considerare un coefficiente $K=4$.

Il tratto NC, di diametro $D=0.4$ m, è lungo 1500 m e ed è caratterizzato da un coefficiente di scabrezza di Strickler $K_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$; per le perdite di carico concentrate, è possibile considerare per tale tratto un coefficiente $K=5$.

La curva caratteristica delle due pompe P1 e P2 lavoranti a $n=900$ giri/min è:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=34 \text{ m, } s=1200 \text{ m}/(\text{m}^3/\text{s})^2$$

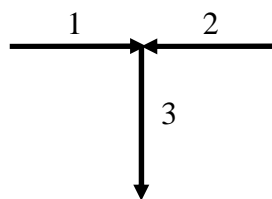
Calcolare per via analitica e grafica: a) la portata consegnata al serbatoio C; b) le portate e le prevalenze manometriche delle varie pompe.

Assumendo una pressione di vapore dell'acqua di 1700 Pa e la pressione atmosferica di 101320 Pa e sapendo che le pompe P1 e P2 si trovano posizionate a distanze di 200 m e 150 m dai rispettivi serbatoi e che il coefficiente di perdita di carico concentrata K nei tratti compresi tra i serbatoi e le pompe sia pari a 2, indicare le quote a cui vanno posizionate le pompe per evitare l'insorgenza della cavitazione. Per le pompe P1 e P2 si consideri la seguente relazione tra parametro NPSHr e portata sollevata Q .

$Q \text{ [m}^3/\text{s]}$	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
$NPSHr \text{ [m]}$	10	10.25	10.5	10.75	11	11.5	12	13	14	15

Esercizio n°2 (punti 5)

Con riferimento ai dati sotto riportati, dimensionare con il metodo cinematico le tubazioni 1, 2 e 3 della rete di fognatura bianca schematizzata nella seguente figura.



N° ramo	Area sottesa parziale (ha)	Impermeabilità (%)	Lunghezza (m)	Pendenza (%)
1	1.2	60	200	1
2	1.0	54	180	0.9
3	1.5	58	400	0.5

Si considerino in fase di progetto i seguenti dati, relativi ai coefficienti di afflusso, al tempo di accesso in rete, alla scabrezza delle tubazioni e alla curva di possibilità climatica:

$$\varphi_{IMP}=0.80; \varphi_{PERM}=0.10;$$

tempo di accesso in rete: 5 min;

scabrezza tubazioni: $K_s=80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;

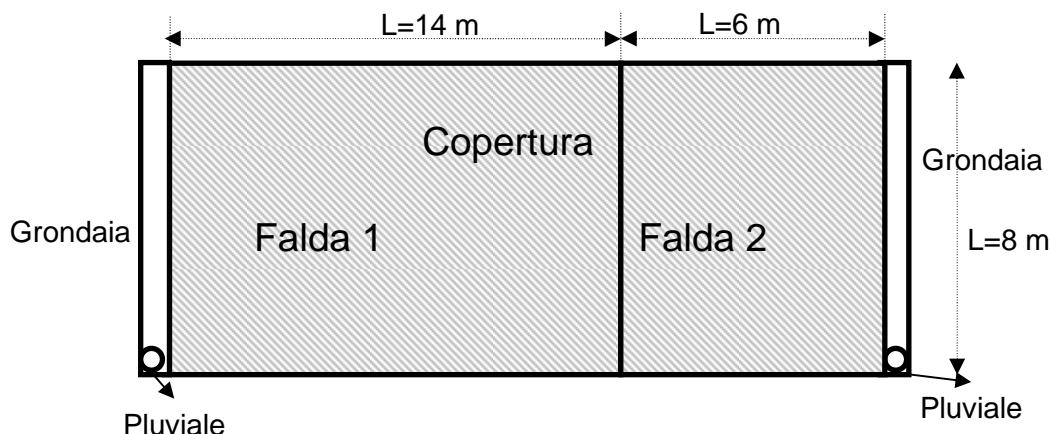
curva di possibilità climatica: $h = a\theta^n$ con $a = 40 \text{ mm/ora}^n$ e $n = 0.60$.

Per le tubazioni si consideri lo speco circolare, per il quale risulta valida la seguente scala di deflusso normalizzata.

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 due falde. Il sistema di scolo delle acque meteoriche è costituito da due grondaie a sezione rettangolare ciascuna al servizio di una falda, e da 2 pluviali, ciascuno posizionato all'estremità di una grondaia (vedi figura). Si dimensionino le grondaie ed i pluviali a fronte di una intensità di precipitazione di 100mm/h. Si assuma un coefficiente di deflusso $\varphi=1$ 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.



Domande (punti 3 ciascuna)

1. 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
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Coefficiente ARF: specificare a quale scopo viene utilizzato, qual è il suo andamento rispetto all'area del bacino A e alla durata di precipitazione θ . Come si definisce l'altezza di pioggia areale?

Esercizio n°1

Per ognuno dei tratti AN, BN e NC, le perdite di carico complessive, somma delle distribuite e delle concentrate, sono esprimibili mediante la seguente relazione:

$$\Delta H = \alpha Q^2, \text{ con } \alpha = L / (K_s^2 A^2 R^{4/3}) + K / (2 g A^2) \quad (1)$$

Nella seguente tabella si riporta il calcolo di α per i tre tratti dell'impianto.

Tratto	L (m)	Ks (m ^{1/3} /s)	D (m)	R (m)	A (m ²)	K (-)	α (m/(m ³ /s) ²)
AN	900	70	0.5	0.125	0.19625	4	81.60
BN	900	70	0.5	0.125	0.19625	4	81.60
NC	1500	60	0.4	0.1	0.1256	5	585.19

Le curve degli impianti relativi ai tre tratti sono:

tratto AN

$$H = z_N - z_A + \alpha_{AN} Q^2 \quad (2)$$

tratto BN

$$H = z_N - z_B + \alpha_{BN} Q^2 \quad (3)$$

tratto CN

$$H = z_C - z_N + \alpha_{CN} Q^2 \quad (4)$$

Le curve delle pompe P1 e P2 sono entrambe pari a:

$$H = r - s Q^2 = 34 - 1200 Q^2 \quad (5)$$

La curva della pompa P1 riportata in N si ottiene sottraendo la (2) alla (5):

$$H = r - z_N + z_A - (\alpha_{AN} + s) Q^2 \quad (6a)$$

$$Q = \sqrt{\frac{r - z_N + z_A - H}{\alpha_{AN} + s}} \quad (6b)$$

La curva della pompa P2 riportata in N si ottiene sottraendo la (3) alla (5):

$$H = r - z_N + z_B - (\alpha_{BN} + s) Q^2 \quad (7a)$$

$$Q = \sqrt{\frac{r - z_N + z_B - H}{\alpha_{BN} + s}} \quad (7b)$$

La curva della pompa P1 riportata in N in parallelo con la pompa P2 riportata in N si ottiene sommando la (6b) e la (7b):

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

La precedente equazione può essere messa a sistema con la curva dell'impianto CN (4) e si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \sqrt{\frac{r - z_N + z_A - H}{\alpha_{AN} + s}} + \sqrt{\frac{r - z_N + z_B - H}{\alpha_{BN} + s}} \\ H = z_C - z_N + \alpha_{CN} Q^2 \end{cases} \quad (9)$$

Sostituendo la seconda equazione del sistema (9) nella prima, si ottiene la seguente equazione, che ha per incognita la portata Q consegnata al serbatoio C:

$$Q = \sqrt{\frac{r + z_A - z_C - \alpha_{CN} Q^2}{\alpha_{AN} + s}} + \sqrt{\frac{r + z_B - z_C - \alpha_{CN} Q^2}{\alpha_{BN} + s}} \quad (10)$$

Andando a sostituire nella precedente i valori numerici si ha:

$$Q = \sqrt{\frac{34 + 4 - 17 - 585.19 Q^2}{81.60 + 1200}} + \sqrt{\frac{34 + 0 - 17 - 585.19 Q^2}{81.60 + 1200}}, \quad (11)$$

che risolta per tentativi porta a $Q = 0.144 \text{ m}^3/\text{s}$. I due addendi al secondo membro rappresentano rispettivamente la portata sollevata dalla P1 e la portata sollevata dalla P2, rispettivamente uguali a $0.083 \text{ m}^3/\text{s}$ e $0.061 \text{ m}^3/\text{s}$. Sostituendo i precedenti valori nella curva caratteristica della pompa (5), si ottengono le prevalenze delle due pompe $H_1 = 25.74 \text{ m}$ e $H_2 = 29.49 \text{ m}$.

Per evitare l'insorgenza della cavitazione, le pompe devono essere poste ad un'altezza massima rispetto alla pompa data dalla seguente relazione:

$$z = \frac{p_a - p_v}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} - y_a - NPSH_r.$$

Il calcolo di z per le pompe P1 e P2 è riportato nella seguente tabella:

Tratto	L (m)	Ks (m ^{1/3} /s)	D (m)	R (m)	A (m ²)	K (-)	α (m/(m ³ /s) ²)	ya (m)	NPSHr	V2/(2g)	za
AP1	200	70	0.5	0.125	0.19625	2	19.60	0.1349	10.16	1.35079E-05	-0.14
BP2	150	70	0.5	0.125	0.19625	2	15.36	0.06	10.05	7.3812E-06	0.05

Esercizio n°2

																ϕ imp	ϕ perm	a	n		
																0.8	0.1	40	0.6		
Tratto condotta	Area scolante parziale	Area scolante totale	Impermeabilità	Coefficiente d'afflusso parz	Lunghezza	Diametro ipotizzato	Pendenza	Scabrezza	Velocità a sezione piena	Portata a sezione piena	Tempo di scolo	Tempo di transito	Tempo di corrivazione	Intensità di pioggia	Coefficiente d'afflusso	Portata critica	Portata massima Qc+Qn,max	Rapporto tra le portate	Percentuale di riempimento	Rapporto tra le velocità	Velocità per Qmax
	Sp ha	Stot ha	IMP %	ϕ	L m	D m	i %	ks	Vp m/s	Qp l/s	Ta min	Tr min	Tcr min	ic mm/h	ϕ	Qc l/s	Qmax l/s	$\frac{Qmax}{Qp}$	h/d	$\frac{Vmax}{Vp}$	Vmax m/s
1	1.2	1.2	60	0.520	200	0.4	1.0	80	1.72	217	5	1.93	6.29	98.6	0.52	170.9	170.9	0.789	0.67	1.108	1.91
2	1.0	1	54	0.478	180	0.4	0.9	80	1.64	205	5	1.83	6.22	99.0	0.48	131.5	131.5	0.640	0.58	1.06	1.73
3	1.5	3.7	58	0.506	400	0.7	0.5	80	1.77	681	5	5.70	8.80	86.2	0.50	445.6	445.6	0.654	0.58	1.065	1.88

Esercizio n°3

Int. Prec φ Ks
mm/h
100.00 1 70

FALDA

1

Lungh Largh
m m
14 8
Qfalda 3.11 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo

Q 3.11 l/s 0.0052 0.0416

Assumo una
sezione

b [cm] h [cm]
12 **12**

yc= 0.04092 m 4.09 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j
ym= 7.09 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0.004938

$\Delta H =$ 0.039507 m 3.95 cm > 0.94 0.23yc
ym= 11.04 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di
diametro

D= **0.1** m

Soglia sfiorante Q= 0.00403 m³/s 4.031505 l/s > 3.111
Sotto battente Q= 0.00422 m³/s 4.22238 l/s > 3.111

FALDA

2

Lungh Largh
m m
6 8
Qfalda 1.33 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo

Q 1.33 l/s

Assumo una
sezione

b [cm] h [cm]
10 **10**

yc= 0.026267 m 2.63 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j

ym= 4.55 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0.005725

$\Delta H = 0.045798$ m 4.58 cm > 0.60 0.23yc

ym= 9.13 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di diametro

D= 0.1 m

Soglia sfiorante Q= 0.00207 m³/s 2.073345 l/s > 1.333

Sotto battente Q= 0.00338 m³/s 3.38292 l/s > 1.333