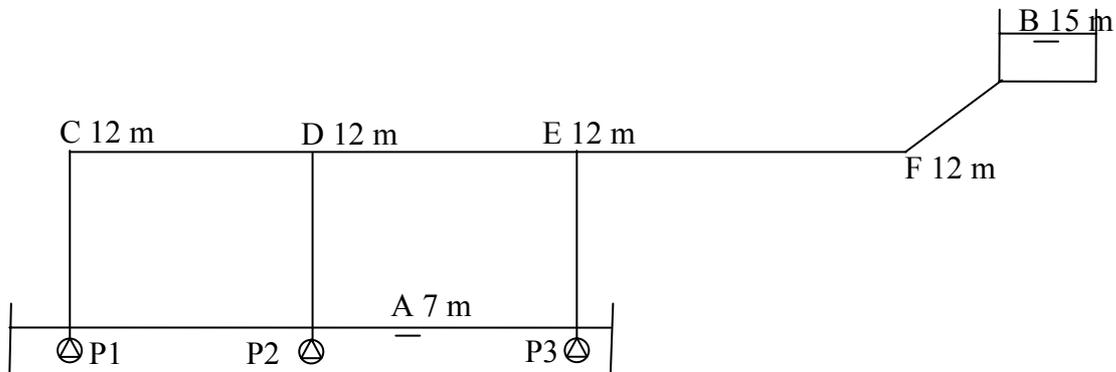


Esercizio n°1 (punti 5)

Si consideri l'impianto di sollevamento rappresentato in figura costituito da tre pompe uguali che prelevano acqua dal serbatoio A posto alla quota di 7 m per alimentare il serbatoio B posto alla quota di 15 m.



Le perdite nei diversi tratti dell'impianto possono essere rappresentate dalla relazione:

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

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

La lunghezza L di ciascun tratto è indicata in tabella

Tratto	P1-C	C-D	P2-D	D-E	P3-E	E-F	F-B
L (m)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

La curva caratteristica delle pompe è:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=34 \text{ m, } s=0.0015 \text{ m/(l/s)}^2 \quad \text{a } n=870 \text{ giri/min}$$

Calcolare la portata recapitata al serbatoio B.

In che rapporto stanno tra di loro le portate sollevate da ciascuna pompa? (Giustificare la risposta)

Esercizio n°2 (punti 5)

Ad una stazione pluviometrica sono state registrate le seguenti altezze di pioggia massime annuali (mm) per le durate di per durate di 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minuti:

Anno	Durate					
	10'	15'	20'	30'	45'	60'
1991		9		17.4		29.8
1992		38.6	41.8	45	59.2	78
1993		18.6	24.2	29.8	40	44
1994		29.6	34.8	40	40.6	43.6
1985	7.8	10.4	10.6	11	12	16.2
1996	10.2		23.4	27.4	30.2	33.2
1997	10		15.8	19	27.2	31.2
1998	25.6	28.2	28.4	28.6	32.4	37.8
1999	15.8	18.4		19.6		
2000	6	8.6		12.8	18	25.2
2001	7	9.6	11.2	12.4	14	16.4
2002	16	18.6	23	27	28	33.7
2003	18.8	21.4				25.4
2004	12.4					42.8
2005		30.6		40.2	42.2	47.2

Si valutino i parametri della curva di possibilità climatica per un tempo di ritorno di 10 anni e si calcoli l'intensità e l'altezza di pioggia per un evento di durata 35 minuti.

(Commentare i passaggi effettuati per ricavare i parametri a ed n illustrandone il significato)

Formule:

Distribuzione di Gumbel

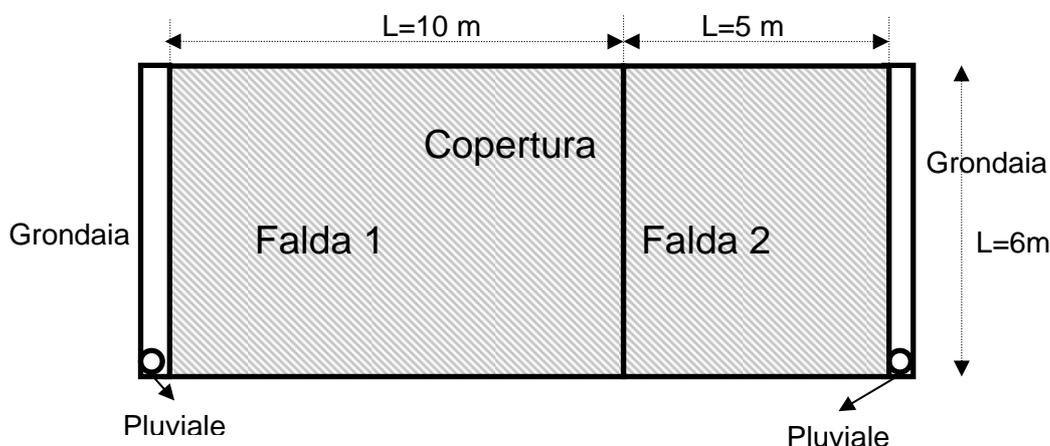
$$F_x(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{(x-u)}{\alpha}\right]\right\}; \quad \sigma^2 = 1.645\alpha^2; \quad \mu = u + 0.5772\alpha;$$

Modello lineare

$$y = a + bx; \quad a = \bar{y} - b\bar{x}; \quad b = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x_i^2 - n(\bar{x})^2};$$

Esercizio n°3 (punti 5)

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 assumendo un evento di precipitazione di durata 5 minuti e una curva di possibilità climatica $h = at^n$ essendo $a=37$ mm/oraⁿ e $n=0.46$. Si assuma un coefficiente di deflusso $\phi=1$ e un coefficiente di scabrezza di Strickler della grondaia $K_s=70$ m^{1/3}/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)

1. Si definiscano e si descrivano il rendimento idraulico, volumetrico, organico e totale di una turbopompa.
2. Illustrare il concetto di similitudine fluidodinamica e i coefficienti adimensionali Φ , Ψ , Λ , ω_s e D_s .
3. Definizione di NPSH. Come si calcola la posizione della pompa rispetto al serbatoio di alimentazione una volta noto l' $NPSH_R$. Che cosa è il parametro di Thoma?
4. Illustrare in modo schematico il procedimento di calcolo relativo al dimensionamento delle tubazioni costituenti un sistema fognario.
5. Disegnare e descrivere un impianto di scarico delle acque nere da un edificio civile con ventilazione parallela indiretta ed illustrare la procedura per il dimensionamento delle colonne di scarico.

Esercizio 1

La curva caratteristica delle pompe è rappresentata dalla seguente equazione:

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

Riportando la pompa P₁ al nodo D, l'equazione della curva caratteristica assume la seguente forma:

$$H_{P_1} - H_{P_{1D}} = H = r - z_D + z_A - (s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}) Q^2 \quad (3)$$

dove il termine $H_{P_{1D}}$, definito dalla relazione (4), rappresenta le perdite di carico che il sistema deve vincere per poter sollevare la portata al nodo D.

$$H_{P_{1D}} = z_D - z_A + \gamma_{P_{1D}} \cdot L_{P_{1D}} \cdot Q^2 \quad (4)$$

Analogamente per la pompa P₂ riportata al nodo D, l'equazione della curva caratteristica assume la seguente forma:

$$H_{P_2} - H_{P_{2D}} = H = r - z_D + z_A - (s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}) Q^2 \quad (5)$$

Dal nodo D le pompe P₁ e P₂ lavorano in parallelo, quindi:

$$Q = \sqrt{\frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}}} + \sqrt{\frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}}} \quad (6)$$

ovvero, esplicitando H

$$\begin{aligned} Q^2 &= \left(\sqrt{\frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}}} + \sqrt{\frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}}} \right)^2 = \frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} + \frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}} + 2 \sqrt{\frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} \cdot \frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}}} \\ &= \frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} + \frac{r - z_D + z_A - H}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}} + 2 \frac{r - z_D + z_A - H}{\sqrt{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} \cdot \sqrt{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}}} \\ H &\left(\frac{1}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} + \frac{1}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}} + \frac{2}{\sqrt{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} \cdot \sqrt{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}}} \right) = \frac{r - z_D + z_A}{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} + \frac{r - z_D + z_A}{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}} + 2 \frac{r - z_D + z_A}{\sqrt{s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}} \cdot \sqrt{s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}}} - Q^2 \end{aligned}$$

e posto

$$a = s + \gamma_{P_{1D}} L_{P_{1D}}$$

$$b = s + \gamma_{P_{2D}} L_{P_{2D}}$$

$$c = r - z_D + z_A$$

si ha

$$H \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}} \right) = \frac{c}{a} + \frac{c}{b} + 2 \frac{c}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}} - Q^2$$

ovvero

$$H = c - \frac{1}{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}} \right)} Q^2 \quad (7)$$

Considerando che le perdite di carico da D a E sono date da

$$H_{DE} = \gamma_{DE} \cdot L_{DE} \cdot Q^2 \quad (8)$$

la curva delle pompe ottenuta sopra, riportata al nodo E è:

$$H = c - \frac{1}{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}}\right)} Q^2 - \gamma_{DE} \cdot L_{DE} \cdot Q^2 = c - \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}}\right)} + \gamma_{DE} \cdot L_{DE} \right) Q^2 \quad (9)$$

Riportando la pompa P₃ al nodo E, l'equazione della curva caratteristica assume la seguente forma:

$$H_{P_3} - H_{P_3E} = H = r - z_E + z_A - (s + \gamma_{P_3E} L_{P_3E}) Q^2 \quad (10)$$

Mettendola in parallelo con la curva delle pompe P₁ e P₂ al nodo E si ha:

$$Q = \sqrt{\frac{c - H}{\left(\frac{1}{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}}\right)} + \gamma_{DE} \cdot L_{DE}\right)}} + \sqrt{\frac{r - z_E + z_A - H}{s + \gamma_{P_3E} L_{P_3E}}} \quad (11)$$

L'equazione della curva dell'impianto relativo al tratto EB è definita da:

$$H_{EB} = z_B - z_E + \gamma_{EB} \cdot L_{EB} \cdot Q^2 \quad (12)$$

Mettendo a sistema l'equazione (11) con l'equazione (12), si ottiene:

$$Q - \sqrt{\frac{c - (z_B - z_E + \gamma_{EB} \cdot L_{EB} \cdot Q^2)}{\left(\frac{1}{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{a} \cdot \sqrt{b}}\right)} + \gamma_{DE} \cdot L_{DE}\right)}} + \sqrt{\frac{r - z_E + z_A - (z_B - z_E + \gamma_{EB} \cdot L_{EB} \cdot Q^2)}{s + \gamma_{P_3E} L_{P_3E}}} = 0 \quad (13)$$

Si procede quindi con la risoluzione dell'equazione rispetto al valore della Q, in quanto unica incognita:

Si ottiene che:

$$Q = 119.5 \text{ l/s}$$

Esercizio n°2

	10	15	20	30	45	60			
		9		17.4		29.8			
		38.6	41.8	45	59.2	78			
		18.6	24.2	29.8	40	44			
		29.6	34.8	40	40.6	43.6			
	7.8	10.4	10.6	11	12	16.2			
	10.2		23.4	27.4	30.2	33.2			
	10		15.8	19	27.2	31.2			
	25.6	28.2	28.4	28.6	32.4	37.8			
	15.8	18.4		19.6					
	6	8.6		12.8	18	25.2			
	7	9.6	11.2	12.4	14	16.4			
	16	18.6	23	27	28	33.7			
	18.8	21.4				25.4			
	12.4					42.8			
		30.6		40.2	42.2	47.2			
Media	12.96	20.13	23.69	25.40	31.25	36.04			
var	37.61	97.93	108.00	127.19	193.82	241.57			
u	10.20	15.68	19.01	20.32	24.99	29.04			
alfa	4.781	7.716	8.103	8.793	10.855	12.118			
T	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000			
h	20.960	33.043	37.246	40.112	49.416	56.312			
t	0.167	0.250	0.333	0.500	0.750	1.000			
logh	3.043	3.498	3.618	3.692	3.900	4.031	ymedio	3.630	xymedio
logt	-1.792	-1.386	-1.099	-0.693	-0.288	0.000	xmedio	-0.876	n
xiyi	-5.452	-4.849	-3.974	-2.559	-1.122	0.000	Sommaxiyi	-17.956	-3.181
xi2	3.210	1.922	1.207	0.480	0.083	0.000	Sommaxi2	6.902	6.000
B=n		0.492							
A		4.061							
a		58.052							
hcalc	24.04	29.35	33.81	41.27	50.39	58.05			
i35'		76.33		mm/h					
h35'		44.53		mm					

Esercizio n°3

Int. Prec	φ	Ks	a	n	tp
mm/h			[mm/ora ⁿ]		[min]
141.57	1	70	37	0.46	5

FALDA 1

Lungh	Largh
m	m
10	6
Qfalda	2.36 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo
Q 2.36 l/s

Assumo una sezione

b [cm]	h [cm]
12	12

yc= 0.03403 m 3.40 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j
ym= 5.89 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0.005251
 $\Delta H = 0.031508$ m 3.15 cm > 0.78 0.23yc
ym= 9.04 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di diametro D= 0.1 m
Soglia sfiorante Q= 0.00306 m³/s 3.057455 l/s > 2.359
Sotto battente Q= 0.00385 m³/s 3.85054 l/s > 2.359

FALDA 2

Lungh	Largh
m	m
5	6
Qfalda	1.18 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo
Q 1.18 l/s

Assumo una sezione

b [cm]	h [cm]
10	10

yc= 0.024208 m 2.42 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j
ym= 4.19 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0.005883
 $\Delta H = 0.035296$ m 3.53 cm > 0.56 0.23yc
ym= 7.72 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di diametro D= 0.1 m
Soglia sfiorante Q= 0.00183 m³/s 1.834473 l/s > 1.180
Sotto battente Q= 0.00325 m³/s 3.24767 l/s > 1.180