

**Esercizio n°1 (punti 5)**

Si consideri il sistema di 3 serbatoi della seguente Figura 1, nel quale il serbatoio A è posto alla quota di 6 m, il serbatoio B è posto alla quota di 18 m e il serbatoio C è posto alla quota di 25 m. Il nodo N si trova a quota 7 m.

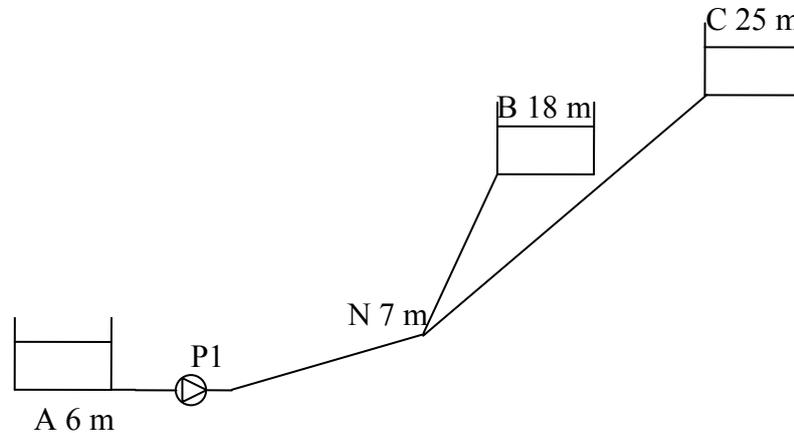


Figura 1

I tratti AN e NB sono lunghi 700 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

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

$$\text{con } \gamma_1 = 6 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$$

Il tratto NC è lungo 10000 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

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

$$\text{con } \gamma_2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$$

Lungo il tratto AN vi è una pompa che lavora a  $n=1000$  giri/min con un rendimento pari a 0.7 e con la seguente curva caratteristica:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=50 \text{ m, } s=0.003 \text{ m/(l/s)}^2$$

Calcolare le portate nei vari tronchi del sistema, la prevalenza della pompa e la potenza assorbita dalla stessa.

NB: Il serbatoio B è alimentato a gravità da C e per pompaggio da A.

**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 in Figura 2.

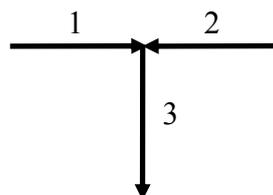


Figura 2

N° ramo	Area sottesa parziale (ha)	Impermeabilità (%)	Lunghezza (m)	Pendenza (%)
1	1.2	65	180	1
2	1.4	55	160	0.9
3	1.6	60	350	0.5

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

tempo di accesso in rete: 10 min;

scabrezza tubazioni:  $K_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Curva di possibilità climatica:  $h = a\theta_n$  con  $a = 41 \text{ mm/ora}$  e  $n = 0.52$ .

$h/D$	$P/D$	$A/D^2$	$R/D$	$V/V_r$	$Q/Q_r$	$h/D$	$P/D$	$A/D^2$	$R/D$	$V/V_r$	$Q/Q_r$
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 5)

Considerando i dati di altezza di pioggia (mm) massima annuale osservati ad una stazione pluviometrica per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore riportati in Tabella 1, si valutino:

- i parametri della curva di possibilità climatica per un tempo di ritorno di 5 anni;
- l'altezza di pioggia con tempo di ritorno di 5 anni per una durata di 2.5 ore.

**Spiegare la procedura adottata e commentare i passaggi effettuati per ricavare i parametri  $a$  ed  $n$  illustrandone il significato**

(N.B. costruire la curva di possibilità climatica in modo da avere le altezze di pioggia in mm e le durate in ore).

anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970	30.0	33.1	30.4	31.5	30.1
1971	16.9	17.0	24.6	43.9	48.7
1972	7.5	14.9	22.2	35.0	57.3
1973	17.7	23.4		51.7	65.5
1974			79.6	77.9	106.3
1975	30.2		49.5	59.9	76.9
1976	20.3	38.9	56.2	74.6	
1977	9.6	18.0	32.0	27.3	
1978	23.2	53.7	65.0	95.5	127.8
1979	28.6	38.2	48.2	75.4	101.7
1980	16.3	23.8	29.0	30.8	40.3
1981	18.1	23.9	38.6	42.1	39.1
1982	11.2	17.5	21.9	19.7	21.5
1983	27.4	30.5	32.5	40.3	45.2
1984	21.8	39.7	49.1	61.5	102.5
1985	10.8	14.9	26.2	39.0	37.4
1986	18.4	27.5	27.9	30.2	35.2
1987	15.3	20.0	28.3	32.5	46.7
1988	12.4	18.6	28.4	36.2	41.6
1989	69.6	101.2	129.1	134.6	132.9

### 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

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

### Domande (punti 3 ciascuna)

1. Illustrare le ipotesi ed il procedimento per il corretto dimensionamento degli angoli in ingresso ed in uscita della palettatura di una pompa assiale.
2. Illustrare i passi e le ipotesi per il corretto dimensionamento di una grondaia a sezione rettangolare.
3. Dopo aver fornito la definizione di scala di deflusso, descrivere la scala di deflusso relativa ad una sezione circolare chiusa. Spiegare infine il motivo per cui è necessario garantire un certo grado di riempimento, indicandone il valore ottimale, oltre che un determinato valore di velocità minima e massima all'interno delle condotte di un sistema fognario, riportando anche in questo caso i valori di riferimento.
4. Che cosa si intende per sistema di ventilazione parallela diretta? In quale circostanza questo sistema può essere impiegato? Fornire uno schema di un impianto di ventilazione parallela diretta.
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  $\theta$ . Come si definisce l'altezza di pioggia areale?

**Esercizio n°1****Prima configurazione**

La curva della pompa P<sub>1</sub> è rappresentata dalla seguente equazione:

$$H = r - sQ^2 \quad (1)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto AN è così definita:

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

$$Q = \sqrt{\frac{H - z_N + z_A}{\gamma_1 L_1}} \quad (2b)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto NB è così definita:

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

$$Q = \sqrt{\frac{H - z_B + z_N}{\gamma_1 L_1}} \quad (3b)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto CN è così definita:

$$H = z_N - z_C + \gamma_2 L_2 Q^2 \quad (4a)$$

$$Q = \sqrt{\frac{H - z_N + z_C}{\gamma_2 L_2}} \quad (4b)$$

L'equazione della pompa P1 riportata in N è ottenuta sottraendo l'eq. (2a) dall'eq. (1):

$$H = r - sQ^2 - z_N + z_A - \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (5)$$

La precedente può essere anche scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{r - z_N + z_A - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (6)$$

È possibile mettere in parallelo la pompa riportata in N con il tratto CN, ovvero sommare la 4b e la 6, ottenendo:

$$Q = \sqrt{\frac{H - z_N + z_C}{\gamma_2 L_2}} + \sqrt{\frac{r - z_N + z_A - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (7)$$

La precedente portata deve essere, per ragioni di continuità, uguale a quella che transita in NB; ponendo la (7) uguale alla (3b), si ottiene:

$$\sqrt{\frac{H - z_B + z_N}{\gamma_1 L_1}} = \sqrt{\frac{H - z_N + z_C}{\gamma_2 L_2}} + \sqrt{\frac{r - z_N + z_A - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (8a)$$

Andando a sostituire nella precedente i valori numerici, si ottiene:

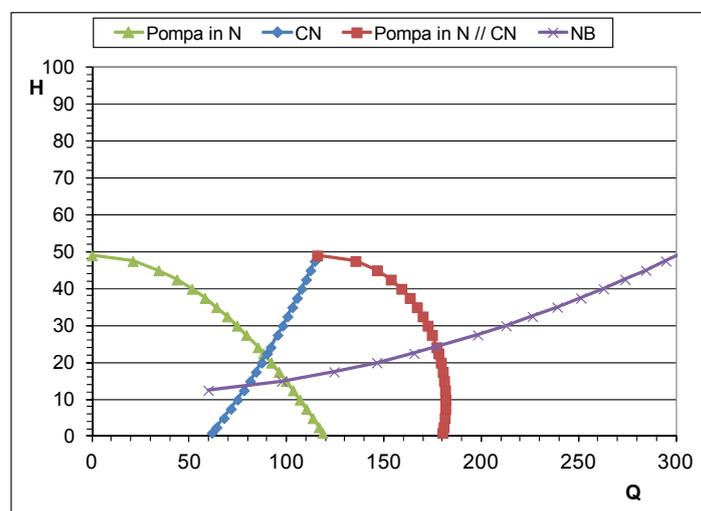
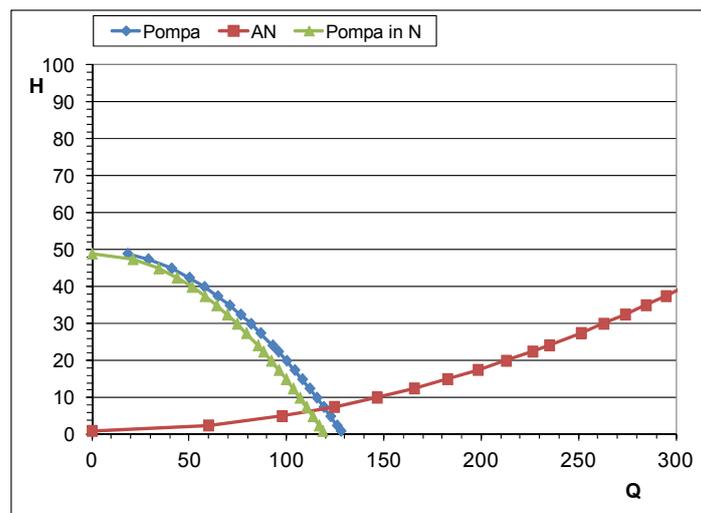
$$\sqrt{\frac{H - 18 + 7}{4.2 \times 10^{-4}}} = \sqrt{\frac{H - 7 + 25}{5 \times 10^{-3}}} + \sqrt{\frac{50 - 7 + 6 - H}{0.003 + 4.2 \times 10^{-4}}} \quad (8b)$$

Risolvendo la (8b) rispetto a  $H$ , si ottiene  $H=24.17$  m. Sostituendo tale valore di  $H$  nelle eqq. (6), (3b) e (4b), si ottengono le portate che transitano nei tratti AN, NB e CN, rispettivamente pari a 85.2 L/s, 177.0 L/s e 91.8 L/s. La prevalenza della pompa si ottiene sostituendo il valore della portata in AN all'interno dell'eq. (1), ricavando  $H=28.2$  m. La potenza assorbita dalla pompa si ottiene sfruttando la relazione:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta} \quad (9)$$

ed è pari a 33.7 kW.

### Risoluzione dell'esercizio per via grafica



**Esercizio n°2**

Tratto condotta		Area scolante parziale		Area scolante totale		Impermeabilità		Coefficiente d'afflusso A parz		Coefficiente d'afflusso A tot		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		Portata massima Qc		Rapporto tra le portate		Percentuale di riempimento		Rapporto tra le velocità		Velocità per Qmax	
Costanti:										$\phi_{imp}$	$\phi_{pem}$	$a$	$n$																												
										0.8	0.1	41	0.52																												
	Sp	Stot	IMP	$\phi_p$	$\phi_{tot}$	L	D	i	ks	Vp	Qp	Ta	Tr	Tcr	ic	Qmax	Qmax/Qp	h/d	$\frac{V_{max}}{V_p}$	Vmax																					
	ha	ha	%			m	m	%		m/s	l/s	min	min	min	mm/h	l/s				m/s																					
<b>1</b>	1.2	1.2	65	0.56	0.56	180	<b>0.4</b>	1.0	70	1.51	190	10	1.99	11.33	91.3	168.9	0.891	0.74	1.13	1.70																					
<b>2</b>	1.4	1.4	55	0.49	0.49	160	<b>0.4</b>	0.9	70	1.43	180	10	1.86	11.24	91.6	172.8	0.961	0.79	1.14	1.63																					
<b>3</b>	1.6	4.2	60	0.52	0.52	350	<b>0.7</b>	0.5	70	1.55	596	10	3.77	13.84	82.9	501.4	0.841	0.7	1.12	1.73																					

**Esercizio n°3**

	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
	30.0	33.1	30.4	31.5	30.1
	16.9	17.0	24.6	43.9	48.7
	7.5	14.9	22.2	35.0	57.3
	17.7	23.4		51.7	65.5
			79.6	77.9	106.3
	30.2		49.5	59.9	76.9
	20.3	38.9	56.2	74.6	
	9.6	18.0	32.0	27.3	
	23.2	53.7	65.0	95.5	127.8
	28.6	38.2	48.2	75.4	101.7
	16.3	23.8	29.0	30.8	40.3
	18.1	23.9	38.6	42.1	39.1
	11.2	17.5	21.9	19.7	21.5
	27.4	30.5	32.5	40.3	45.2
	21.8	39.7	49.1	61.5	102.5
	10.8	14.9	26.2	39.0	37.4
	18.4	27.5	27.9	30.2	35.2
	15.3	20.0	28.3	32.5	46.7
	12.4	18.6	28.4	36.2	41.6
	69.6	101.2	129.1	134.6	132.9
<b>Numero dati</b>	19	18	19	20	18
<b>Media</b>	<b>21.33</b>	<b>30.83</b>	<b>43.07</b>	<b>51.98</b>	<b>64.26</b>
<b>var</b>	<b>184.04</b>	<b>420.58</b>	<b>682.61</b>	<b>788.79</b>	<b>1222.18</b>
u	15.23	21.60	31.31	39.35	48.53
alfa	10.577	15.990	20.371	21.898	27.257
T	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
h	31.094	45.583	61.868	72.191	89.411
t	1.000	3.000	6.000	12.000	24.000
logh	3.437	3.820	4.125	4.279	4.493
logt	0.000	1.099	1.792	2.485	3.178
xiyi	0.000	4.196	7.391	10.634	14.280
xi2	0.000	1.207	3.210	6.175	10.100
ymedio	4.031	xymedio	6.895		
xmedio	1.711	n	5.000		
Sommaxiyi	36.501				
Sommaxi2	20.692				
<b>B=n</b>	<b>0.334</b>				
A	3.460				
<b>a</b>	<b>31.804</b>				
hcalc	31.80	45.90	57.85	72.92	91.91
<b>h a 2.5 ore</b>	<b>43.19</b>	<b>mm</b>			