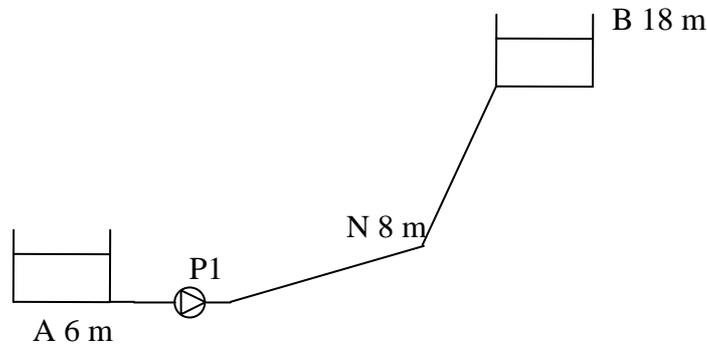


**Esercizio n°1 (punti 6)**

Si consideri l'impianto di sollevamento rappresentato in figura costituito da una pompa che preleva acqua dal serbatoio A per alimentare il serbatoio B.

Il serbatoio A è posto alla quota di 6 m. Il serbatoio B è posto alla quota di 18 m. Il nodo N si trova a quota 8 m.



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

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

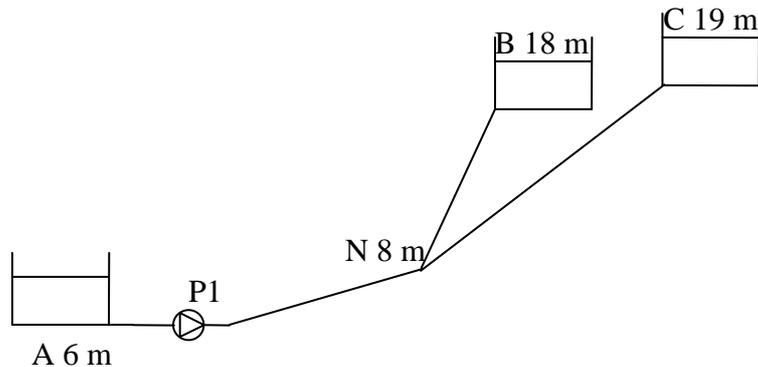
$$\text{con } \gamma_1 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$$

La pompa lavora a  $n=1000$  giri/min con un rendimento pari a 0.7 e con la seguente curva caratteristica:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=32 \text{ m, } s=0.003 \text{ m/(l/s)}^2$$

Calcolare la portata consegnata al serbatoio B, la prevalenza della pompa e la potenza assorbita dalla stessa.

Si consideri adesso il seguente impianto, ottenuto aggiungendo al precedente impianto il tratto NC e il serbatoio C.



Il tratto NC è lungo 800 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

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

$$\text{con } \gamma_2 = 9 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$$

Il serbatoio C è posto alla quota di 19 m.

Calcolare in questa nuova configurazione le portate consegnate ai serbatoi B e C. Come varia la portata consegnata al serbatoio B rispetto alla prima configurazione? Individuare a quale serbatoio arriva la portata maggiore e spiegare perché ciò accade.

**Esercizio n°2 (punti 5)**

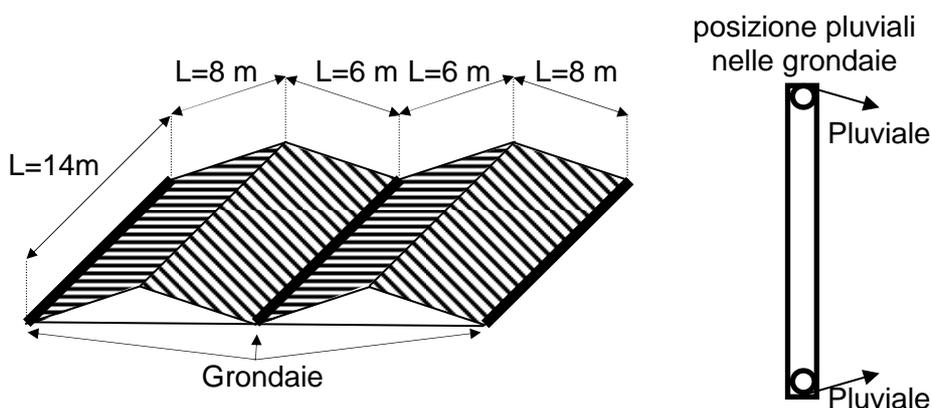
Si dimensiona lo speco di forma circolare di un collettore di fognatura mista con le seguenti caratteristiche: lunghezza 300 m, pendenza 0.2%, scabrezza  $K_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Il collettore è a servizio di un'area di 1.5 ha (60% della quale è impermeabile).

Si assuma un coefficiente di afflusso per le aree non urbanizzate  $\phi_{\text{PERM}}=0.1$  e per le aree urbanizzate  $\phi_{\text{IMP}}=0.8$ , un tempo di accesso in rete di 10 min, i parametri della curva di possibilità climatica  $h = a\theta^n$   $a = 40 \text{ mm/ora}^n$  e  $n = 0.4$ , un numero di abitanti equivalenti serviti pari a 1500, una dotazione idrica  $q=300 \text{ l/ab.d}$ , un coefficiente di afflusso in rete per le acque nere  $\Phi=0.85$  e coefficienti orari  $k_h=1.5$  e  $k_h=0.8$  per il calcolo rispettivamente della portata massima e della portata minima. 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 110 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.



**Domande (punti 3 ciascuna)**

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****Prima configurazione**

La curva della pompa  $P_1$  è rappresentata dalla seguente equazione:

$$H = r - s \cdot Q^2 = 32 - 0.003 \cdot Q^2 \quad (1)$$

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

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

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

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

La curva dell'impianto relativa all'intero tratto ANB si ottiene sommando la (2) e la (3) ed assume la seguente equazione:

$$H = z_B - z_A + 2\gamma_1 L_1 Q^2 = 12 + 0.00112 \cdot Q^2 \quad (4)$$

Mettendo a sistema la curva caratteristica della pompa (1) e la curva caratteristica dell'impianto (4) si ottiene:

$$\begin{cases} H = 32 - 0.003 \cdot Q^2 \\ H = 12 + 0.00112 \cdot Q^2 \end{cases} \quad (5)$$

La risoluzione del precedente sistema dà  $Q = 69.67 \text{ L/s}$  e  $H = 17.44 \text{ m}$ .

La potenza assorbita è data da:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta} = \frac{9806 \times (69.67 / 1000) \times 17.02}{0.7} = 17.02 \text{ kW} \quad (6)$$

**Seconda configurazione**

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

$$H = z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 \quad (8)$$

Le curve degli impianti NB e NC possono essere scritti anche come  $Q(H)$ , assumendo rispettivamente le seguenti forme:

$$Q = \sqrt{\frac{H - (z_B - z_N)}{\gamma_1 L_1}} \quad (9)$$

$$Q = \sqrt{\frac{H - (z_C - z_N)}{\gamma_2 L_2}} \quad (10)$$

La curva relativa alla parte di impianto costituita dai tratti NB e NC messi tra loro in parallelo si ottiene sommando la (9) e la (10) a parità di prevalenza:

$$Q = \sqrt{\frac{H - (z_B - z_N)}{\gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{H - (z_C - z_N)}{\gamma_2 L_2}} \quad (11)$$

La pompa P1 può essere riportata nel punto N sottraendo alla curva caratteristica della pompa (1) la curva di impianto AN (2). In tal modo si ottiene:

$$H = r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 - (z_N - z_A) \quad (12)$$

Mettendo a sistema la (11) e la (12) si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \sqrt{\frac{H - (z_B - z_N)}{\gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{H - (z_C - z_N)}{\gamma_2 L_2}} \\ H = r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 - (z_N - z_A) \end{cases} \quad (13)$$

Con riferimento al sistema (13), sostituendo la seconda equazione nella prima equazione, si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \sqrt{\frac{r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 + z_A - z_B}{\gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 + z_A - z_C}{\gamma_2 L_2}} \\ H = r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 - (z_N - z_A) \end{cases} \quad (14)$$

Sostituendo i valori numerici, la prima equazione può essere scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{32 - 0.00356 \cdot Q^2 - 12}{0.00056}} + \sqrt{\frac{32 - 0.00356 \cdot Q^2 - 13}{0.00072}} \quad (15)$$

L'equazione (15) può essere risolta per tentativi. In particolare può essere trovato il valore di  $Q$  che annulli la seguente funzione  $f(Q)$ :

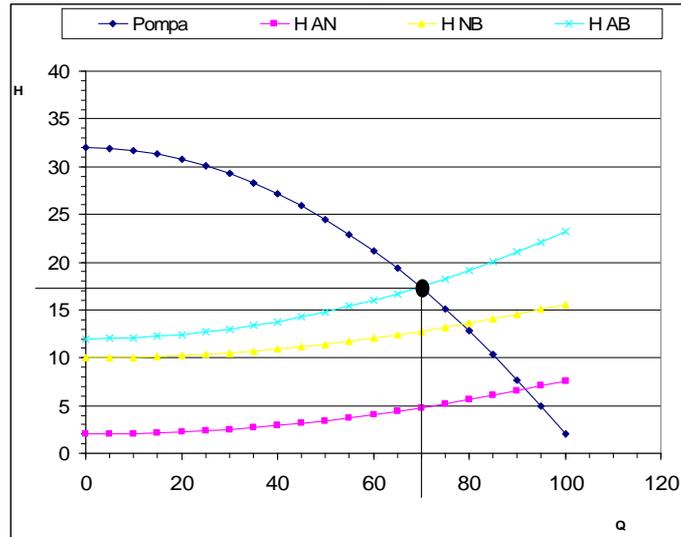
$$f(Q) = Q - \sqrt{\frac{32 - 0.00356 \cdot Q^2 - 12}{0.00056}} - \sqrt{\frac{32 - 0.00356 \cdot Q^2 - 13}{0.00072}} \quad (16)$$

La soluzione di (16) è  $Q = 72.3$  L/s. La somma delle portate consegnate a B e C è superiore alla portata consegnata in B nella prima configurazione.

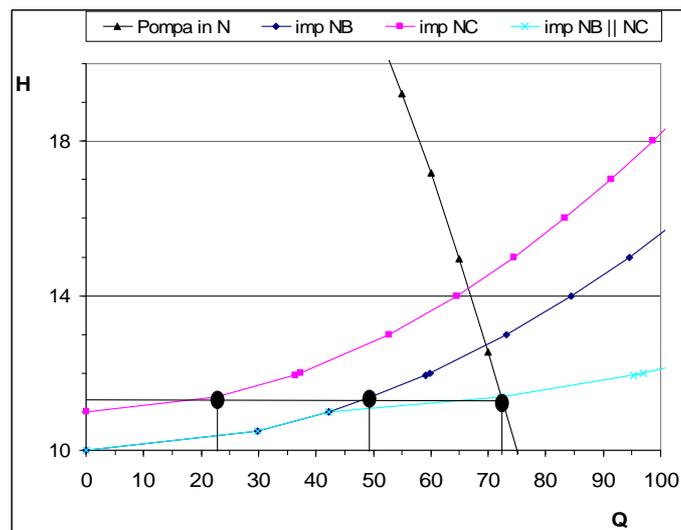
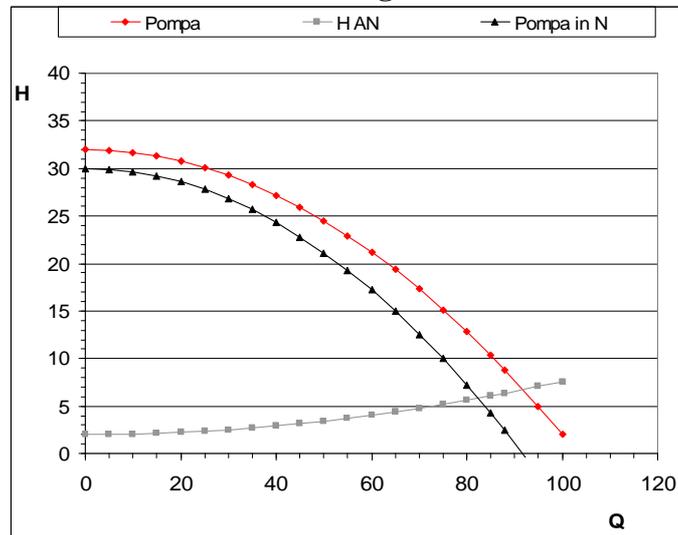
Il valore di  $H$  nella curva di P1 riportata in N si ottiene sostituendo  $Q = 72.3$  L/s nella seconda equazione del sistema (14) e vale 11.37 m. Sostituendo  $H = 11.37$  m nella (9) e nella (10), si ottengono le portate  $Q_1$  e  $Q_2$  consegnate rispettivamente al serbatoio B e al serbatoio C. Si ha, in particolare,  $Q_1 = 49.5$  L/s e  $Q_2 = 22.8$  L/s. La portata consegnata al serbatoio B nella seconda configurazione, in cui è stato aggiunto il serbatoio C, risulta inferiore a quella consegnata nella

prima configurazione, in cui è assente il serbatoio C. Nella seconda configurazione, il serbatoio di valle che riceve una portata maggiore è il serbatoio B; ciò è dovuto al fatto che il serbatoio B si trova a quota inferiore rispetto al serbatoio C e che il coefficiente  $\gamma L$  (rappresentativo della resistenza dei tratti) è inferiore nel tratto di impianto NB rispetto al tratto NC. La consegna di acqua a B risulta pertanto agevolata.

### Prima configurazione



### Seconda configurazione



**Esercizio n°2**

Costanti:		D.I. (q)		Coeff. Affl. Nera		Kh		Kmin		$\phi$ imp		$\phi$ perm		a		n											
		300		0.85		1.5		0.80		0.8		0.1		40		0.4											
Tratto condotta	N ab	Qnmax l/sec	Qnmin l/sec	Sp ha	Stot ha	IMP %	L m	D m	i %	ks	Vp m/s	Qp l/s	Ta min	Tr min	Tcr min	ic mm/h	$\phi$	Qc l/s	Qmax l/s	Qmax/Qp	h/d	Vmax Vp	Vmax m/s	Qmin/Qp	h/d	Vmin Vp	Vmin m/s
1	1500	6.64	3.54	1.5	1.5	60	300	0.60	0.2	70	0.88	250	10	5.66	13.77	96.7	0.52	209.6	216.2	0.865	0.72	1.125	0.99	0.0142	0.08	0.34	0.300

è necessario inserire pozzetto di cacciata

**Esercizio n°3**

Int. Prec	$\varphi$	Ks
mm/h		
110.00	1	70

**SUPERFICIE DI FALDA 1**

Lungh	Largh
m	m
8	7
Qfalda	1.71 l/s

**GRONDAIA**

Un pluviale all'estremo  
 Q 1.71 l/s

Assumo una sezione

b [cm]	h [cm]
<b>10</b>	<b>10</b>

yc=	0.031019 m	3.10 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j		
ym=	5.37 cm	5.196

Considero le perdite di carico

Jmedio	0.005416			
$\Delta H=$	0.037912 m	3.79 cm >	0.71	0.23yc
ym=	9.16 cm			

**PLUVIALE**

Assumo un pluviale di diametro	D=	<b>0.1 m</b>		
Soglia sfiorante	Q=	0.00266 m <sup>3</sup> /s	2.660793 l/s	> 1.711
Sotto battente	Q=	0.00368 m <sup>3</sup> /s	3.67625 l/s	> 1.711

**SUPERFICIE DI FALDA 2**

Lungh	Largh
m	m
12	7
Qfalda	2.57 l/s

**GRONDAIA**

Un pluviale all'estremo  
 Q 2.57 l/s

Assumo una sezione

b [cm]	h [cm]
<b>12</b>	<b>12</b>

yc=	0.035994 m	3.60 cm
i=0, perdite nulle opp. i=j		
ym=	6.23 cm	

Considero le perdite di carico

Jmedio	0.005154			
$\Delta H=$	0.036078 m	3.61 cm >	0.83	0.23yc
ym=	9.84 cm			

**PLUVIALE**

Assumo un pluviale di diametro	D=	<b>0.1 m</b>		
Soglia sfiorante	Q=	0.00333 m <sup>3</sup> /s	3.325992 l/s	> 2.567
Sotto battente	Q=	0.00396 m <sup>3</sup> /s	3.96012 l/s	> 2.567