

Esercizio n°1 (punti 5)

Si consideri l'impianto di sollevamento riportato in figura costituito da due pompe poste in serie le cui curve caratteristiche sono rappresentate dalle equazioni:

$$\text{Pompa 1: } H = r_1 - s_1 \cdot Q^2 \quad \text{con } r_1=20 \text{ m, } s_1=0.0004 \text{ m/(l/s)}^2 \quad \text{a } n_1=710 \text{ giri/min}$$

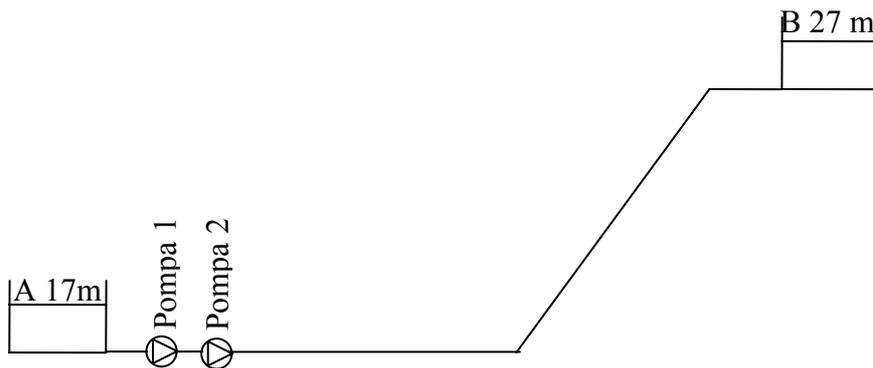
$$\text{Pompa 2: } H = r_2 - s_2 \cdot Q^2 \quad \text{con } r_2=18 \text{ m, } s_2=0.0004 \text{ m/(l/s)}^2 \quad \text{a } n_2=710 \text{ giri/min}$$

La pompa 1 opera ad un numero di giri fissato $n_1=710$ giri/min. La pompa 2 opera ad un numero di giri n_2^* variabile. Determinare il numero di giri n_2^* tale per cui la portata sollevata dall'impianto dal serbatoio A, posto alla quota di 17 m, al serbatoio B, posto alla quota di 27 m, è pari a $Q=180$ l/s.

Le perdite di carico del sistema possono essere approssimate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma \cdot Q^2$$

con $\gamma = 4 \cdot 10^{-4}$ m/(l/s)² essendo ΔH in m, e Q in l/s.



Esercizio n°2 (punti 5)

Si dimensionino i due tratti della rete di drenaggio urbano mista riportati in figura sulla base dei seguenti dati:

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

Tempo di accesso in rete: 5 min.

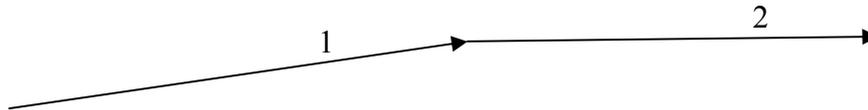
$$\text{Scabrezza tubazioni: } K_S=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

$$\text{Curva di possibilità climatica: } h = a\theta^n \text{ con } a = 40 \text{ mm/ora}^n \text{ e } n = 0.59.$$

Dotazione idrica $q= 380 \text{ l/ab.d.}$

Coefficiente di afflusso in rete $\Phi=0.85$; coefficiente di punta orario $k_h=1.5$;

$$\text{per la portata nera minima si assuma } Q_{n,\min} = 0.67 \cdot \frac{q \cdot N_{ab}}{86400}.$$



N° ramo	Area sottesa parziale (ha)	Abitanti equivalenti	Impermeabilità (%)	Lunghezza (m)	Pendenza (%)
1	1.7	1300	55	300	0.6
2	1.6	1500	75	250	0.4

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)

La pendenza longitudinale di un tratto di carreggiata lungo 70 m è $S_0=0.7\%$ e la pendenza trasversale è $S_x=1.2\%$.

La carreggiata è larga 10 m, asfaltata (coefficiente di afflusso $\phi=1$, coefficiente di scabrezza di Strickler $K=66 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) e vi sono posizionate, in una cunetta a sezione triangolare (vedi figura 2), caditoie a grata tipo “reticuline” di larghezza $W=0.4 \text{ m}$ e lunghezza $L=0.5 \text{ m}$.

Calcolare l'interasse a cui dovrebbero essere posizionate le caditoie affinché a fronte di una precipitazione di intensità 90 mm/h , l'allagamento T della sede stradale sia inferiore a 1.5 m .

N.B. Si calcoli la portata intercettata e by-passata dalle caditoie e si disegni l'andamento dell'area allagata in funzione della progressiva e si commenti il risultato.

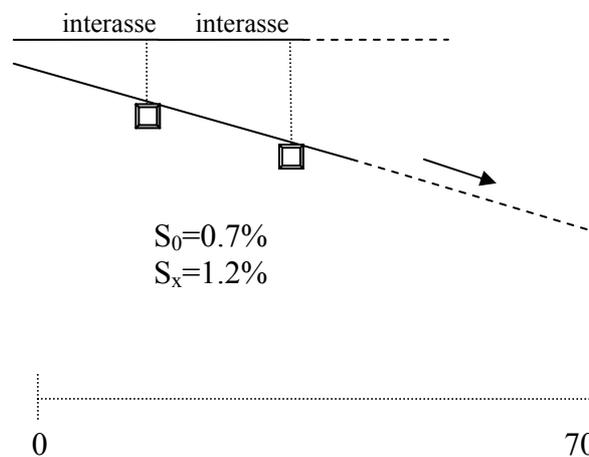


Figura 1. Sezione longitudinale della sede stradale

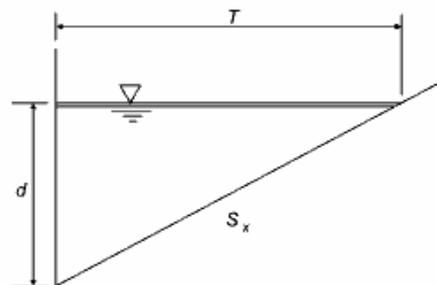


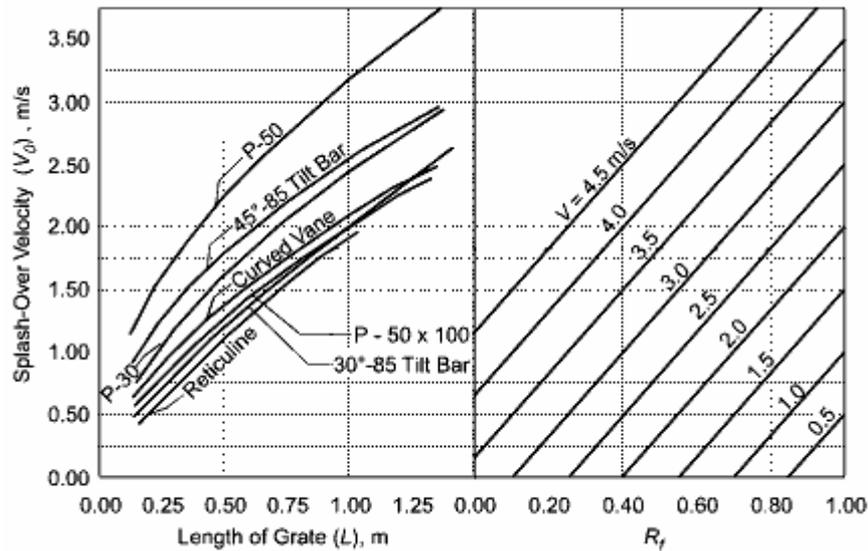
Figura 2. Sezione trasversale della cunetta.

Equazioni:

$$Q = C_f K S_x^{5/3} T^{8/3} S_0^{1/2} \quad \text{essendo } C_f = 0.376;$$

$$E_0 = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2.67}; \quad Q_s = Q(1 - E_0);$$

$$R_s = \left(1 + \frac{K_s V^{1.8}}{S_x L^{2.3}} \right)^{-1} \quad \text{essendo } K_s = 0.0828;$$



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. Dopo aver illustrato il concetto di similitudine fluidodinamica, definire i seguenti coefficienti adimensionali: Φ , Ψ , Λ , ω_s e D_s .
3. Specificare a quale scopo viene introdotto il coefficiente ARF e come varia il suo andamento rispetto alla durata di precipitazione θ e all'area del bacino A ; definire inoltre l'altezza di pioggia areale.
4. Metodo cinematico: $Q = \varphi \cdot i \cdot A$. Illustrare cosa rappresenta ciascuno dei termini presenti all'interno dell'equazione. Perché si considera un evento di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino?
5. Che cosa si intende per impianti di ventilazione per edifici a terrazza? In quale circostanza questi sistemi possono essere impiegati? Fornire uno schema di un impianto di ventilazione per edifici a terrazza.

Esercizio n°1

Soluzione 1

Si considerino le equazioni delle curve caratteristiche delle due pompe a $n_1 = n_2 = 710 \text{ giri/min}$:

$$\text{Pompa 1: } H = r_1 - s_1 \cdot Q^2 \quad (1)$$

$$\text{Pompa 2: } H = r_2 - s_2 \cdot Q^2 \quad (2)$$

La pompa 1 opera ad $n_1 = 710 \text{ giri/min}$, mentre la pompa 2 opera ad un numero di giri variabile n_2^* .

Con riferimento alla pompa 2, applicando il principio della similitudine fluidodinamica si ottiene:

$$\begin{cases} \frac{H_2}{H_2^*} = \left(\frac{n_2}{n_2^*} \right)^2 \\ \frac{Q_2}{Q_2^*} = \frac{n_2}{n_2^*} \end{cases} \quad (3)$$

Sostituendo le relazioni (3) nell'equazione (2), e semplificando si ottiene l'equazione della curva caratteristica della pompa 2 a n_2^* :

$$H_2^* \cdot \left(\frac{n_2}{n_2^*} \right)^2 = r_2 - s_2 \cdot Q_2^{*2} \cdot \left(\frac{n_2}{n_2^*} \right)^2 \quad (4)$$

Quindi le equazioni delle curve caratteristiche delle pompe 1 e 2 sono rispettivamente:

$$\begin{cases} H = r_1 - s_1 \cdot Q^2 \\ H = \left(\frac{n_2^*}{n_2} \right)^2 r_2 - s_2 \cdot Q^2 \end{cases} \quad (5)$$

Dal momento che le due pompe operano in serie si ha:

$$H = r_1 - s_1 Q^2 + \left(\frac{n_2^*}{n_2} \right)^2 r_2 - s_2 Q^2 \quad (6)$$

Mettendo a sistema la relazione appena ottenuta (6) con l'equazione che definisce la curva dell'impianto $H = H_g + \gamma \cdot Q^2$, si ottiene:

$$H_g + \gamma Q^2 = r_1 - s_1 Q^2 + \left(\frac{n_2^*}{n_2} \right)^2 r_2 - s_2 Q^2 \quad (7)$$

Fissato un valore di portata da sollevare Q pari a 180 l/s, l'unica incognita all'interno della relazione (7) è n_2^* , che si otterrà dalla seguente relazione:

$$n_2^* = n_2 \cdot \sqrt{\frac{H_g + \gamma \cdot Q^2 - r_1 + s_1 Q^2 + s_2 Q^2}{r_2}} \quad (8)$$

Andando a sostituire i dati richiesti si ottiene che il valore di n_2^* è pari a 899.3 giri/min.

Soluzione 2

Prendiamo in considerazione le seguenti equazioni:

- Equazione relativa alla curva d'impianto $\rightarrow H = H_g + \gamma \cdot Q^2$ (9)
- Operando con pompe in serie, le portate sollevate dalle pompa 1 e 2 sono le stesse $Q = Q_1 = Q_2^*$, mentre la prevalenza è data da $H = H_1 + H_2^*$ (10).

La curva caratteristica della pompa 1 è $H = r_1 - s_1 \cdot Q^2$ (11), a n_1 pari a 710 giri/min;

1. Dall'equazione (9), noto il valore della portata Q pari a 180 l/s, si ottiene il valore di H pari a 22.96m.
2. Dalla relazione (11), essendo noto Q , si ottiene il valore di H_1 (=7.04m).
3. Dalla relazione (10), per differenza, si ricava infine il valore di H_2^* (= 15.92m).

Si considera il luogo dei punti idraulicamente equivalenti al punto di coordinate (Q, H_2^*) :

$$H_2 = \frac{H_2^*}{Q^2} Q_2^2 \quad (12)$$

Si procede mettendo a sistema la relazione (12) con l'equazione della curva caratteristica della pompa 2 a n_2 pari a 710 giri/min, al fine di individuare il punto (Q_2, H_2) idraulicamente equivalente a (Q, H_2^*) :

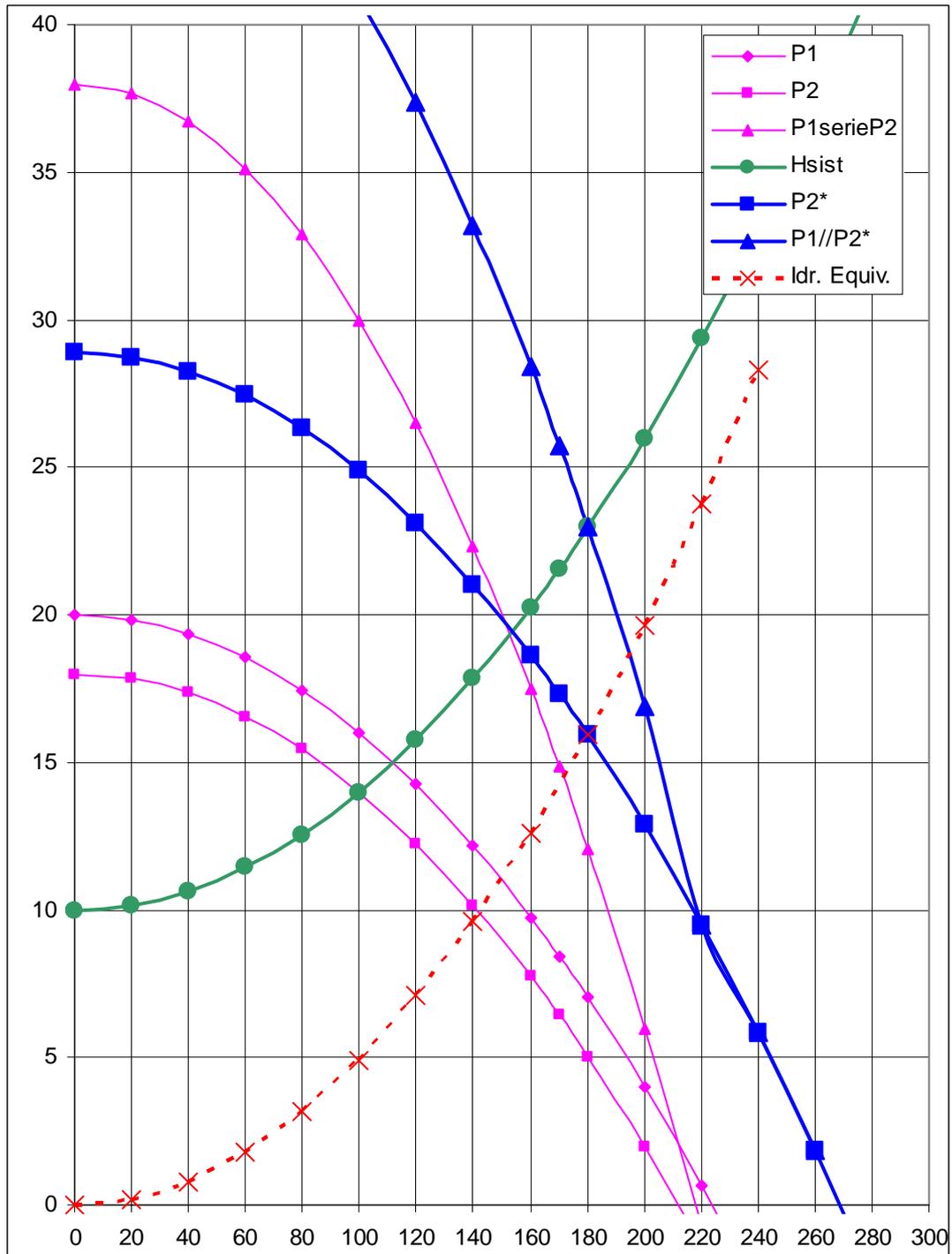
$$\begin{cases} H_2 = \frac{H_2^*}{Q^2} Q_2^2 \\ H_2 = r_2 - s_2 \cdot Q_2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{H_2^*}{Q^2} Q_2^2 = r_2 - s_2 \cdot Q_2^2 \\ Q_2 = \sqrt{\frac{r_2}{\frac{H_2^*}{Q^2} + s_2}} = 142.11 / s \Rightarrow H_2 = 9.92m \end{cases}$$

Applicando poi il principio di similitudine fluidodinamica tra (Q, H_2^*) e (Q_2, H_2) , si ottiene:

$$\frac{Q_2}{Q} = \frac{n_2}{n_2^*} \Rightarrow n_2^* = n_2 \cdot \frac{Q}{Q_2} = 899.3 \text{ giri / min}$$

Oppure

$$\frac{H_2}{H_2^*} = \left(\frac{n_2}{n_2^*} \right)^2 \Rightarrow n_2^* = n_2 \sqrt{\frac{H_2^*}{H_2}} = 899.3 \text{ giri / min}$$



ESERCIZIO N°2

Tratto condotta		Costanti:		D.I. (q)		Coeff. Affl. Nera		Kh		Kmin		φ imp		φ perm		a		n									
				380 l/ab*di		0.85		1.5		0.67		0.8		0.1		40		0.59									
	Abitanti	Q nera massima	Q nera minima	Area scolante parziale	Area scolante totale	Impermeabilità	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,ma	Rapporto tra le portate	Percentuale di riempimento	Rapporto tra le velocità	Velocità per Qmax	Rapporto tra le portate	Percentuale di riempimento	Rapporto tra le velocità	Velocità per Qmin
	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	φ	Qc l/s	Qmax l/s	$\frac{Qmax}{Qp}$	h/d	$\frac{Vmax}{Vp}$	Vmax m/s	$\frac{Qmin}{Qp}$	h/d	$\frac{Vmin}{Vp}$	Vmin m/s
1	1300	7.29	3.83	1.7	1.7	55	300	0.5	0.6	70	1.36	266	5	3.69	7.46	94.0	0.49	215.4	222.7	0.837	0.7	1.12	1.52	0.0144	0.07	0.35	0.474
2	1500	15.70	8.25	1.6	3.3	75	250	0.7	0.4	70	1.39	533	5	6.70	9.46	85.3	0.55	432.3	448.0	0.840	0.7	1.12	1.55	0.0155	0.07	0.35	0.485

ESERCIZIO N°3

1° LIVELLETTA

	Sede stradale	ip	90 mm/h	ϕ	1
So	0.7 %		Caditoia Reticuline		
Sx	1.2 %	Lungh	0.5 m		
Lungh	70 m	Largh W	0.4 m		
Largh	10 m				
Ks	66 m ^{1/3} s ⁻¹	Interasse	10 m		
T	1.5 m	V Sp.Over	1.5 m/s		

Calcolo la portata per metro lineare di strada

Q1 0.00025 m³/s 0.250 l/s

Portata massima che può defluire in cunetta

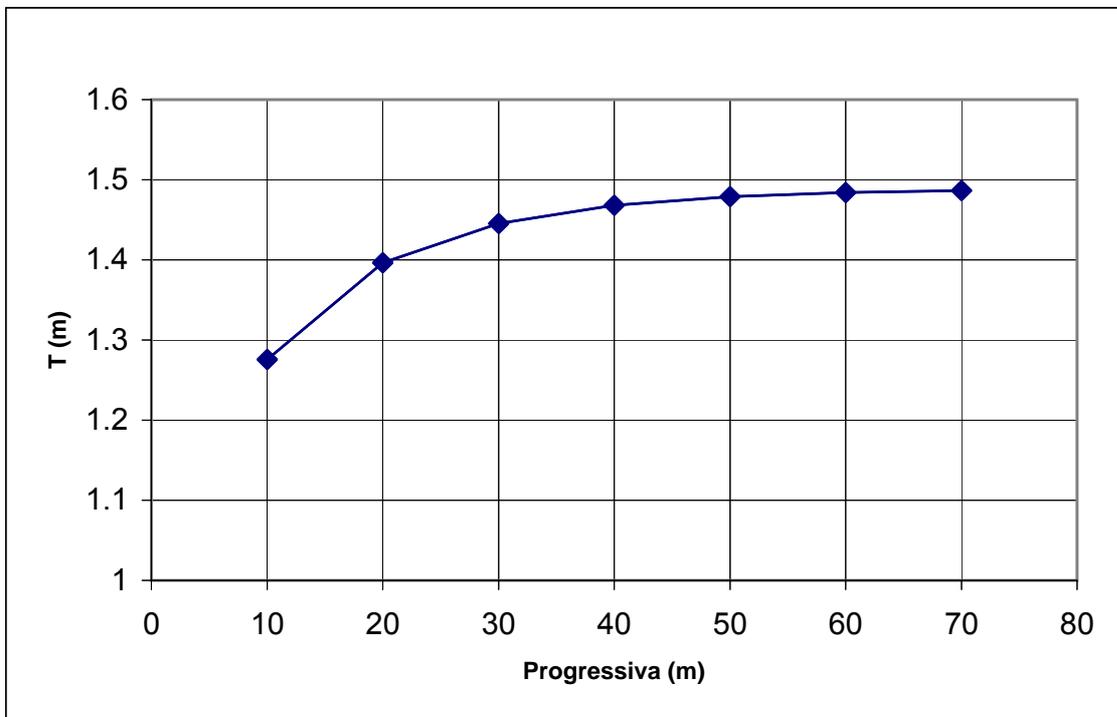
Qmax 0.0038503 m³/s 3.850 l/s $Q=0.376 \cdot K_s \cdot T^{8/3} \cdot S_x^{5/3} \cdot S_o^{1/2}$

Portata per tratto

Qt 0.0025 m³/s 2.500 l/s < Qmax

Riassunto

Caditoia Progr	T	
1	10	1.28
2	20	1.4
3	30	1.45
4	40	1.47
5	50	1.48
6	60	1.48
7	70	1.49



Calcolo delle portate intercettate e by-passate dalle singole caditoie

1° LIVELLETTA

Caditoia	1	Progressiva	10	
Q	0.0025 m3/s	2.500 l/s	<Qmax=	3.850 l/s
T	1.2757305 m		$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{(3/8)}$	
Eo	0.633771		$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$	
Qw	0.0015844 m3/s		Qw=Eo*Q	
Qs	0.0009156 m3/s		Qs=(1-Eo)*Q	
A	0.0097649 m2	d2	0.015 m	
V	0.2560182 m/s	Da grafico	Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata	
Rf	1			
Rs	0.2547859			
Qint	0.0018177 m3/s	1.818 l/s		
Qb	0.0006823 m3/s	0.682 l/s		

Caditoia	2	Progressiva	20	
Q	0.0031823 m3/s	3.182 l/s	<Qmax=	3.850 l/s
T	1.3965588 m		$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{(3/8)}$	
Eo	0.5938423		$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$	
Qw	0.0018898 m3/s		Qw=Eo*Q	
Qs	0.0012925 m3/s		Qs=(1-Eo)*Q	
A	0.0117023 m2	d2	0.017 m	
V	0.2719388 m/s	Da grafico	Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata	
Rf	1			
Rs	0.2347217			
Qint	0.0021932 m3/s	2.193 l/s		
Qb	0.0009891 m3/s	0.989 l/s		

Caditoia	3	Progressiva	30	
Q	0.0034891 m3/s	3.489 l/s	<Qmax=	3.850 l/s
T	1.4456079 m		$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{(3/8)}$	
Eo	0.5789051		$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$	
Qw	0.0020199 m3/s		Qw=Eo*Q	
Qs	0.0014693 m3/s		Qs=(1-Eo)*Q	
A	0.0125387 m2	d2	0.017 m	
V	0.2782693 m/s	Da grafico	Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata	
Rf	1			
Rs	0.227363			
Qint	0.0023539 m3/s	2.354 l/s		
Qb	0.0011352 m3/s	1.135 l/s		

Caditoia	4	Progressiva	40	
Q	0.0036352 m3/s	3.635 l/s	<Qmax=	3.850 l/s
T	1.468012 m		$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{(3/8)}$	
Eo	0.5723089		$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$	
Qw	0.0020805 m3/s		Qw=Eo*Q	
Qs	0.0015547 m3/s		Qs=(1-Eo)*Q	
A	0.0129304 m2	d2	0.018 m	
V	0.281137 m/s	Da grafico	Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata	
Rf	1			
Rs	0.2241374			
Qint	0.0024289 m3/s	2.429 l/s		
Qb	0.0012063 m3/s	1.206 l/s		

Caditoia	5	Progressiva	50	
Q	0.0037063 m3/s	3.706 l/s	<Qmax=	3.850 l/s
T	1.4787089 m		$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{(3/8)}$	
Eo	0.569208		$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$	
Qw	0.0021096 m3/s		Qw=Eo*Q	
Qs	0.0015966 m3/s		Qs=(1-Eo)*Q	
A	0.0131195 m2	d2	0.018 m	

V 0.2825011 m/s Da grafico Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata
 Rf 1
 Rs 0.222626
 Qint 0.0024651 m3/s 2.465 l/s
 Qb 0.0012412 m3/s 1.241 l/s

Caditoia **6** Progressiva 60
 Q 0.0037412 m3/s **3.741** l/s <Qmax= 3.850 l/s
 T **1.483917** m $T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{3/8}$
 Eo 0.5677095 $Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$
 Qw 0.0021239 m3/s $Qw=Eo*Q$
 Qs 0.0016173 m3/s $Qs=(1-Eo)*Q$
 A 0.0132121 m2 d2 0.018 m
 V 0.283164 m/s Da grafico Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata
 Rf 1
 Rs 0.2218967
 Qint 0.0024828 m3/s 2.483 l/s
 Qb 0.0012584 m3/s 1.258 l/s

Caditoia **7** Progressiva 70
 Q 0.0037584 m3/s **3.758** l/s <Qmax= 3.850 l/s
 T **1.486476** m $T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{3/8}$
 Eo 0.5669758 $Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$
 Qw 0.0021309 m3/s $Qw=Eo*Q$
 Qs 0.0016275 m3/s $Qs=(1-Eo)*Q$
 A 0.0132577 m2 d2 0.018 m
 V 0.2834894 m/s Da grafico Rf=1 --> portata frontale tutta intercettata
 Rf 1
 Rs 0.2215399
 Qint 0.0024915 m3/s 2.491 l/s
 Qb 0.0012669 m3/s 1.267 l/s