

## ALLEGATI **SERIE W**

### Indice

01 - ALLEGATO W1 - PROCEDURA DI MITIGAZIONE IDRAULICA PER DETENZIONE .....	2
02 - ALLEGATO W2 – NOMOGRAMMA PER IL CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	4
03 - ALLEGATO W3 – SCHEDA CALCOLO COEFFICIENTE AFFLUSSO MEDIO ORARIO.....	5
04 - ALLEGATO W4 – CORREZIONE DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO .....	6
05 - ALLEGATO W5 – CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI.....	7
06 - ALLEGATO W6 – CALCOLO TEMPO CRITICO DI PIOGGIA.....	8
07 - ALLEGATO W7 – CALCOLO PORTATA FORO DI LAMINAZIONE.....	9
08 - ALLEGATO W8 – TEORIA DELLA DETENZIONE IDRAULICA .....	10
09 - ALLEGATO W9 – IL POZZETTO DI LAMINAZIONE.....	17
10 - ALLEGATO W10 – METODI ALTERNATIVI PER LA STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	20
11 - ALLEGATO W11 – DIAGRAMMA DI FLUSSO PROCEDURA DI MITIGAZIONE.....	21
12 - ALLEGATO W12 – POZZI DI INFILTRAZIONE.....	22
13 - ALLEGATO W13 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI RICORRENTI.....	30

## 01 - ALLEGATO W1 - PROCEDURA DI MITIGAZIONE IDRAULICA PER DETENZIONE

La presente procedura di mitigazione idraulica per detenzione é consigliabile per superfici **S<sub>BAC</sub>** del lotto/bacino non superiori a 10.000 m<sup>2</sup>; si possono utilizzarne i risultati, accettando approssimazioni via via sempre più grossolane, fino a 100.000 m<sup>2</sup> ovvero 10 ha. Oltre tale valore si ritiene che una analisi di mitigazione per detenzione non possa essere attendibilmente eseguita con metodologia puramente cinematica (tipica del metodo del tempo di corrivazione del Turazza).

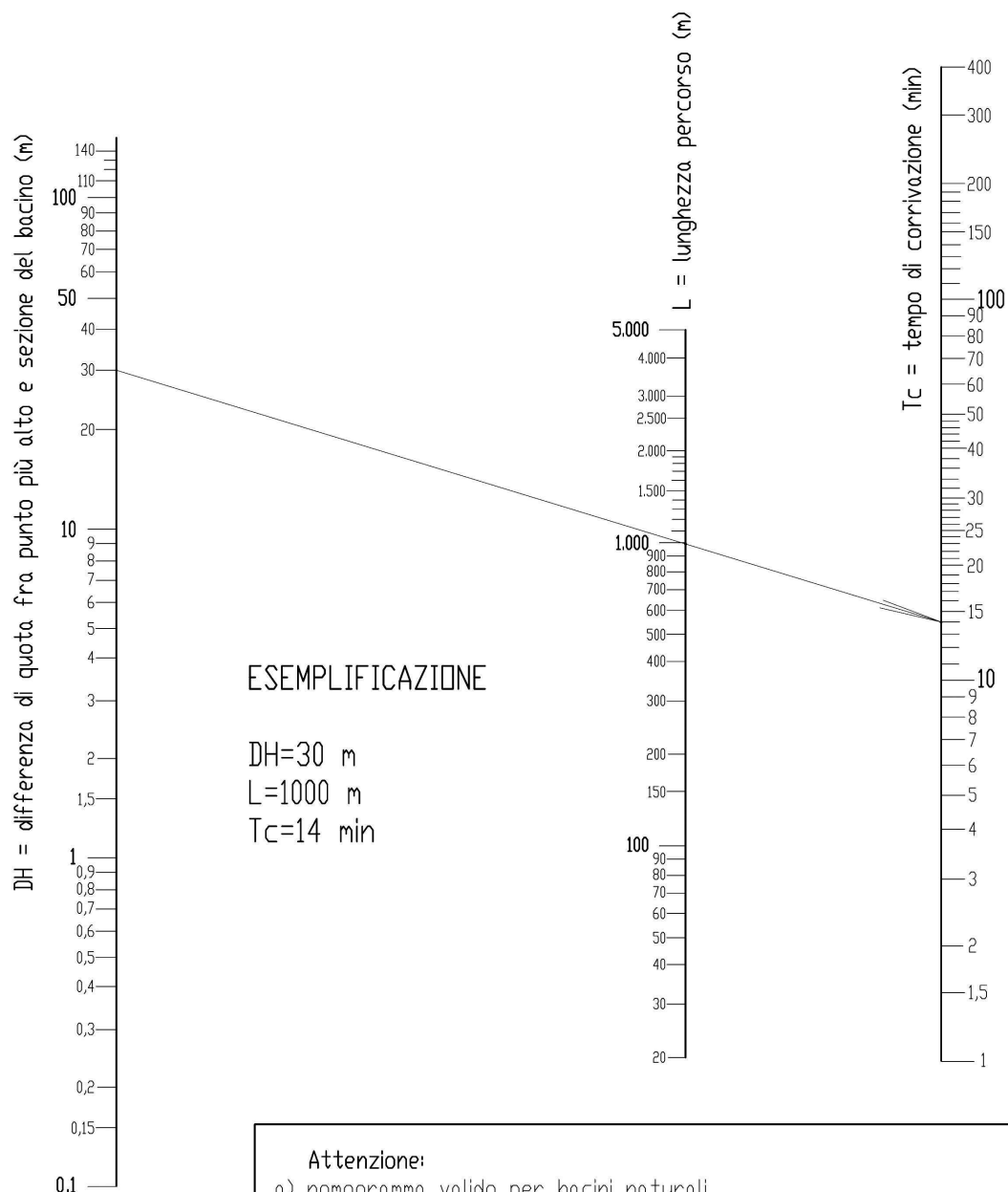
Se si vuole acquisire la mitigazione idraulica attraverso la **stabilizzazione base (invarianza idraulica)** eseguire i passi n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (tubi circolari), 33 (canale a pelo libero con sezione rettangolare), 34 (canale a pelo libero con sezione trapezoidale)

Se si vuole acquisire la mitigazione idraulica attraverso la **stabilizzazione idraulica deduttiva** eseguire i passi n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (tubi circolari), 33 (canale a pelo libero con sezione rettangolare), 34 (canale a pelo libero con sezione trapezoidale)

Se si vuole acquisire la mitigazione idraulica attraverso la **stabilizzazione idraulica induttiva** eseguire i passi n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (tubi circolari), 33 (canale a pelo libero con sezione rettangolare), 34 (canale a pelo libero con sezione trapezoidale)

n°	Illustrazione del passaggio	Risultati
1	Individuazione lavoro	
2	Parametri della curva di pioggia ( $T_r=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con $h$ =altezza di pioggia in mm; $t$ =durata della pioggia in ore. Valide per <b>Loria</b> .	<b>a=82,610; b=0,280; c=0,857.</b>
3	<b>S<sub>BAC</sub></b> = superficie del lotto o bacino, espressa in m <sup>2</sup> .	<b>S<sub>BAC</sub> [m<sup>2</sup>] =</b>
4	<b>DH<sub>ORA</sub></b> = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro <b>S<sub>BAC</sub></b> e il punto del piano campagna più basso, dove presuntivamente c'è lo scarico dell'acqua meteorica entro <b>S<sub>BAC</sub></b> , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	<b>DH<sub>ORA</sub> [m] =</b>
5	<b>L<sub>ORA</sub></b> = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro <b>S<sub>BAC</sub></b> nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	<b>L<sub>ORA</sub> [m] =</b>
6	<b>DH<sub>DOPO</sub></b> = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozzettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	<b>DH<sub>DOPO</sub> [m] =</b>
7	<b>L<sub>DOPO</sub></b> = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro <b>S<sub>BAC</sub></b> nelle condizioni future di uso del suolo; espressa in m.	<b>L<sub>DOPO</sub> [m] =</b>
8	<b>TC<sub>ORA</sub></b> = tempo di corrivazione nello stato attuale (utilizza <b>DH<sub>ORA</sub></b> , <b>L<sub>ORA</sub></b> e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	<b>TC<sub>ORA</sub> [min] =</b>
9	<b>TC<sub>DOPO</sub></b> = tempo di corrivazione nello stato futuro (utilizza <b>DH<sub>DOPO</sub></b> , <b>L<sub>DOPO</sub></b> e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	<b>TC<sub>DOPO</sub> [min] =</b>
10	<b>Ψ<sub>TORA</sub></b> = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	<b>Ψ<sub>TORA</sub> [-] =</b>
11	<b>Ψ<sub>TDOPO</sub></b> = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	<b>Ψ<sub>TDOPO</sub> [-] =</b>
12	<b>Ψ<sub>ORA</sub></b> = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da <b>Ψ<sub>TORA</sub></b> tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	<b>Ψ<sub>ORA</sub> [-] =</b>
13	<b>Ψ<sub>DOPO</sub></b> = coefficiente di afflusso medio orario <u>future</u> ottenuto da <b>Ψ<sub>TDOPO</sub></b> tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	<b>Ψ<sub>DOPO</sub> [-] =</b>
14	<b>DΨ</b> = differenza fra <b>Ψ<sub>DOPO</sub></b> e <b>Ψ<sub>ORA</sub></b> , numero adimensionale.	<b>DΨ [-] =</b>
15	<b>UM<sub>ORA</sub></b> = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>attuale</u> ; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a <b>Ψ<sub>ORA</sub></b> e la durata della pioggia pari a <b>TC<sub>ORA</sub></b> .	<b>UM<sub>ORA</sub> [l/s/ha] =</b>
16	<b>UM<sub>DOPO</sub></b> = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>future</u> ; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a <b>Ψ<sub>DOPO</sub></b> e la durata della pioggia pari a <b>TC<sub>DOPO</sub></b> .	<b>UM<sub>DOPO</sub> [l/s/ha] =</b>
17	<b>QM<sub>ORA</sub></b> = portata massima nella condizione <u>attuale</u> ottenuta moltiplicando <b>UM<sub>ORA</sub></b> per <b>S<sub>BAC</sub></b> e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	<b>QM<sub>ORA</sub> [l/s] =</b>
18	<b>QM<sub>DOPO</sub></b> = portata massima nella condizione <u>future</u> ottenuta moltiplicando <b>UM<sub>DOPO</sub></b> per <b>S<sub>BAC</sub></b> e dividendo il risultato per 10.000;	<b>QM<sub>DOPO</sub> [l/s] =</b>

	espressa in l/s.		
19	<b>QL<sub>BASE</sub></b> = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica base (invarianza idraulica), pari a <b>QM<sub>ORA</sub></b> ; espressa in l/s.	<b>QL<sub>BASE</sub> [l/s] =</b>	
20	<b>TC<sub>EST</sub></b> = tempo di corrivazione esterno imposto dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica; espresso in min.	<b>TC<sub>EST</sub> [min] =</b>	
21	<b>QL<sub>DEDU</sub></b> = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica deduttiva determinata moltiplicando il coefficiente udometrico della portata deduttiva (trovato attraverso il grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a <b>Ψ<sub>ORA</sub></b> e la durata della pioggia pari a <b>TC<sub>EST</sub></b> ) per <b>S<sub>BAC</sub></b> e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	<b>QL<sub>DEDU</sub> [l/s] =</b>	
22	<b>UM<sub>INDU</sub></b> = coefficiente udometrico massimo imposto dall'Autorità idraulica (Consorzio di Bonifica o Genio Civile) in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva; espresso in l/s/ha.	<b>UM<sub>INDU</sub> [l/s/ha] =</b>	
23	<b>QL<sub>INDU</sub></b> = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva determinata moltiplicando <b>UM<sub>INDU</sub></b> per <b>S<sub>BAC</sub></b> e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	<b>QL<sub>INDU</sub> [l/s] =</b>	
24	<b>QL</b> = portata di laminazione (posta pari a <b>QL<sub>BASE</sub></b> ovvero uguale a <b>QL<sub>DEDU</sub></b> ovvero <b>QL<sub>INDU</sub></b> a seconda del tipo di stabilizzazione imposta dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica; espressa in l/s.	<b>QL [l/s] =</b>	
25	<b>U<sub>L</sub></b> = portata specifica di laminazione determinata dividendo <b>QL</b> per ( <b>S<sub>BAC</sub>/10.000</b> ); espressa in l/s/ha.	<b>U<sub>L</sub> [l/s/ha] =</b>	
26	<b>TC<sub>CRIT</sub></b> = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in <b>allegato W6</b> con portata specifica di laminazione pari a <b>U<sub>L</sub></b> e coefficiente di afflusso orario pari a <b>Ψ<sub>DOPO</sub></b> ; tempo critico espresso in min.	<b>TC<sub>CRIT</sub> [min] =</b>	
27	<b>UM<sub>CRIT</sub></b> = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a <b>Ψ<sub>DOPO</sub></b> e la durata della pioggia pari a <b>TC<sub>CRIT</sub></b> .	<b>UM<sub>CRIT</sub> [l/s/ha] =</b>	
28	<b>VC<sub>CRIT</sub></b> = volume specifico di invaso; espresso in m <sup>3</sup> /ha. Si ottiene dalla relazione <b>VC<sub>CRIT</sub>=(UM<sub>CRIT</sub>·TC<sub>CRIT</sub>-0,5·U<sub>L</sub>·TC<sub>CRIT</sub>-0,5·U<sub>L</sub>·TC<sub>DOPO</sub>)·(0,06)</b> .	<b>VC<sub>CRIT</sub> [m<sup>3</sup>/ha] =</b>	
29	<b>V<sub>INVASO</sub></b> = volume di invaso; espresso in m <sup>3</sup> . Si ottiene moltiplicando <b>VC<sub>CRIT</sub></b> per ( <b>S<sub>BAC</sub>/10.000</b> ).	<b>V<sub>INVASO</sub> [m<sup>3</sup>] =</b>	
30	<b>H<sub>L</sub></b> = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozzettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	<b>H<sub>L</sub> [cm] =</b>	
31	<b>D<sub>w</sub></b> = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in <b>allegato W7</b> utilizzando <b>QL</b> ed <b>H<sub>L</sub></b> .	<b>D<sub>w</sub> [cm] =</b>	
32	Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro <b>D</b> [cm] = <b>H<sub>L</sub></b> [cm] Lunghezza tubi <b>L<sub>T</sub></b> [m] = <b>V<sub>INVASO</sub></b> / (( <b>D</b> /100) <sup>2</sup> ×0,78)	<b>D</b> [cm] =	
		<b>L<sub>T</sub></b> [m] =	
33	Definizione di volume di invaso realizzato con CANALE A CIELO APERTO di forma rettangolare con larghezza <b>B<sub>c</sub></b> [cm] pari all'altezza idrometrica massima di laminazione <b>H<sub>L</sub></b> [cm]. Larghezza <b>B<sub>c</sub></b> [cm] = <b>H<sub>L</sub></b> [cm] Lunghezza canale <b>L<sub>c</sub></b> [m] = <b>V<sub>INVASO</sub></b> / (( <b>B<sub>c</sub></b> /100)×( <b>H<sub>L</sub></b> /100))	<b>B<sub>c</sub></b> [cm] =	
		<b>L<sub>c</sub></b> [m] =	
34	Definizione del volume d'invaso realizzato con CANALE A CIELO APERTO di sezione trapezoidale con larghezza fondo <b>B<sub>f</sub></b> [cm] pari all'altezza idrometrica massima di laminazione <b>H<sub>L</sub></b> [cm] e scarpa delle sponde 1/1. Larghezza <b>B<sub>f</sub></b> [cm] = <b>H<sub>L</sub></b> [cm] Lunghezza canale <b>L<sub>ct</sub></b> [m] = <b>V<sub>INVASO</sub></b> / (2×( <b>B<sub>f</sub></b> /100)×( <b>H<sub>L</sub></b> /100))	<b>B<sub>f</sub></b> [cm] =	
		<b>L<sub>ct</sub></b> [m] =	



**Attenzione:**

- a) nomogramma valido per bacini naturali con rete di drenaggio definita, deflusso superficiale e terra nuda o erba rasata;
- b) con erba alta moltiplicare il valore Tc trovato per 1,8;
- c) con deflusso superficiale su calcestruzzo o asfalto moltiplicare il valore Tc trovato per 0,6;
- d) con rete di drenaggio canalizzata o intubata in calcestruzzo moltiplicare il valore Tc trovato per 0,4.
- e) diagramma valido per calcolare la componente del tempo di corrivazione relativa al solo deflusso canalizzato

## NOMOGRAMMA PER DETERMINARE IL TEMPO DI CORRIVAZIONE

in origine P.Z. Kirpich (1940)  
adattato da G. Zen (2006)



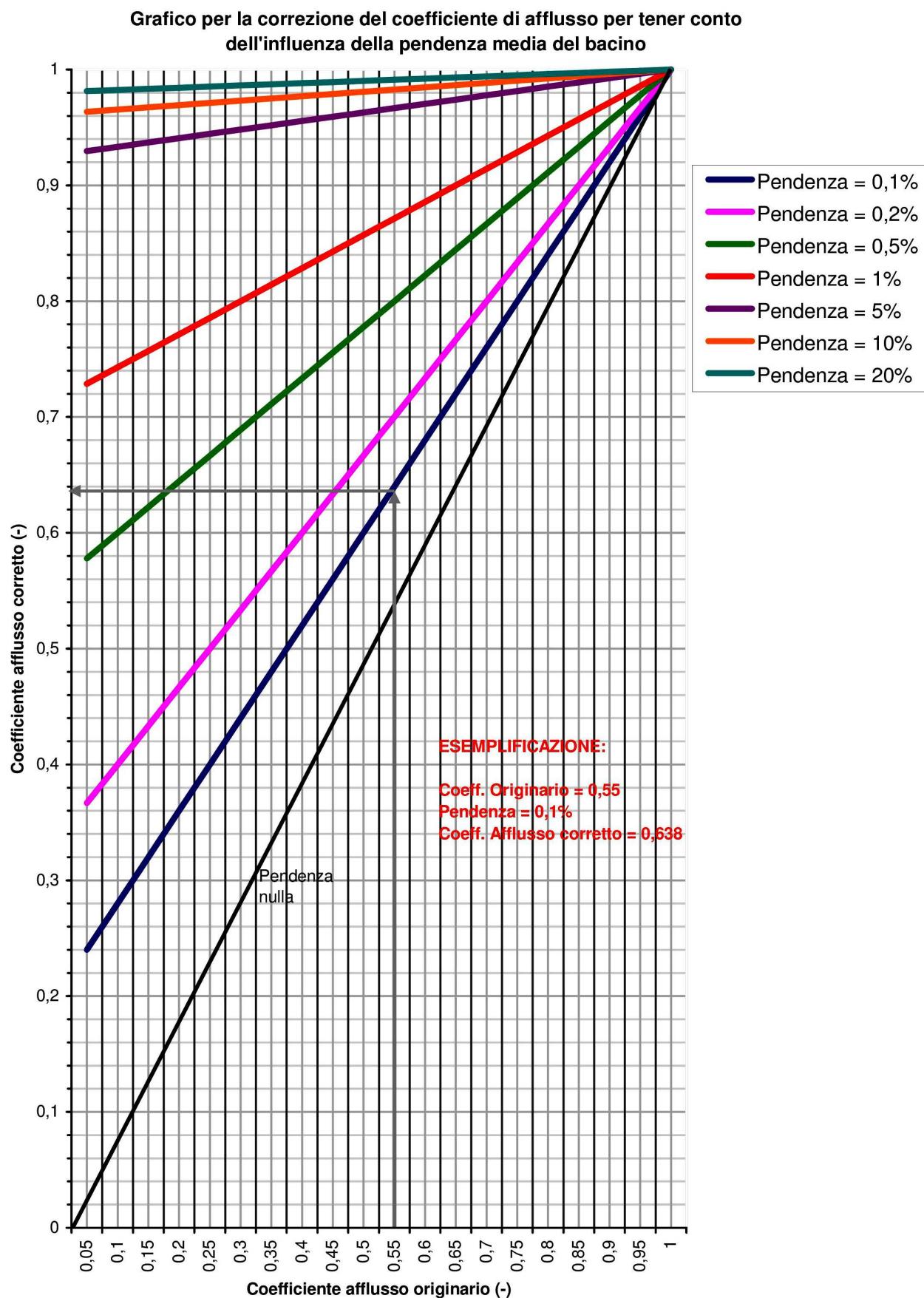
### 03 - ALLEGATO W3 – SCHEDA TIPO di CALCOLO COEFFICIENTE AFFLUSSO MEDIO ORARIO

<p align="center"><b>SCHEDA GUIDA per il CALCOLO del</b>  <b>COEFFICIENTE di AFFLUSSO MEDIO ORARIO <math>\Psi_T</math></b>  (RAPPORTO TRA PORTATA METEORICA IN AFFLUSSO ALLA RETE DI DRENAGGIO E  LA PORTATA METEORICA CHE CADE SUL BACINO PER PIOGGIA DI 1 ORA A <math>T_R=50</math> ANNI)</p>					
C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Tipo di superficie $S_i$	$\Psi_i$ consigliato	$\Psi_i$ adottato	area di $S_i$ ( $m^2$ )	prodotto $\Psi_i \cdot S_i$
R1	<b>Tetti impermeabili lisci</b> o similare	<b>0,90-0,95</b>			
R2	<b>Tetti impermeabili non lisci</b> o similare	<b>0,80-0,90</b>			
R3	<b>Superfici asfaltate</b> o similare	<b>0,85-0,95</b>			
R4	<b>Lastriato in pietra con connessure sigillate</b> o similare	<b>0,75-0,85</b>			
R5	<b>Lastriato in pietra con connessure non sigillate</b> o similare	<b>0,40-0,70</b>			
R6	<b>Viali inghiaciati</b> o similare	<b>0,15-0,30</b>			
R7	<b>Superfici di parchi o giardini</b> o similare	<b>0,05-0,30</b>			
R8	<b>Superfici liquide</b> o similari	<b>1,00</b>			
R9					
R10					
R11	Totali ( $\Sigma C5$ e $\Sigma C6$ )			$\Sigma C5=$	$\Sigma C6=$
R12	Coefficiente <b><math>\Psi_T = (\Sigma C6 / \Sigma C5)</math></b>				<b><math>\Psi_T=</math></b>

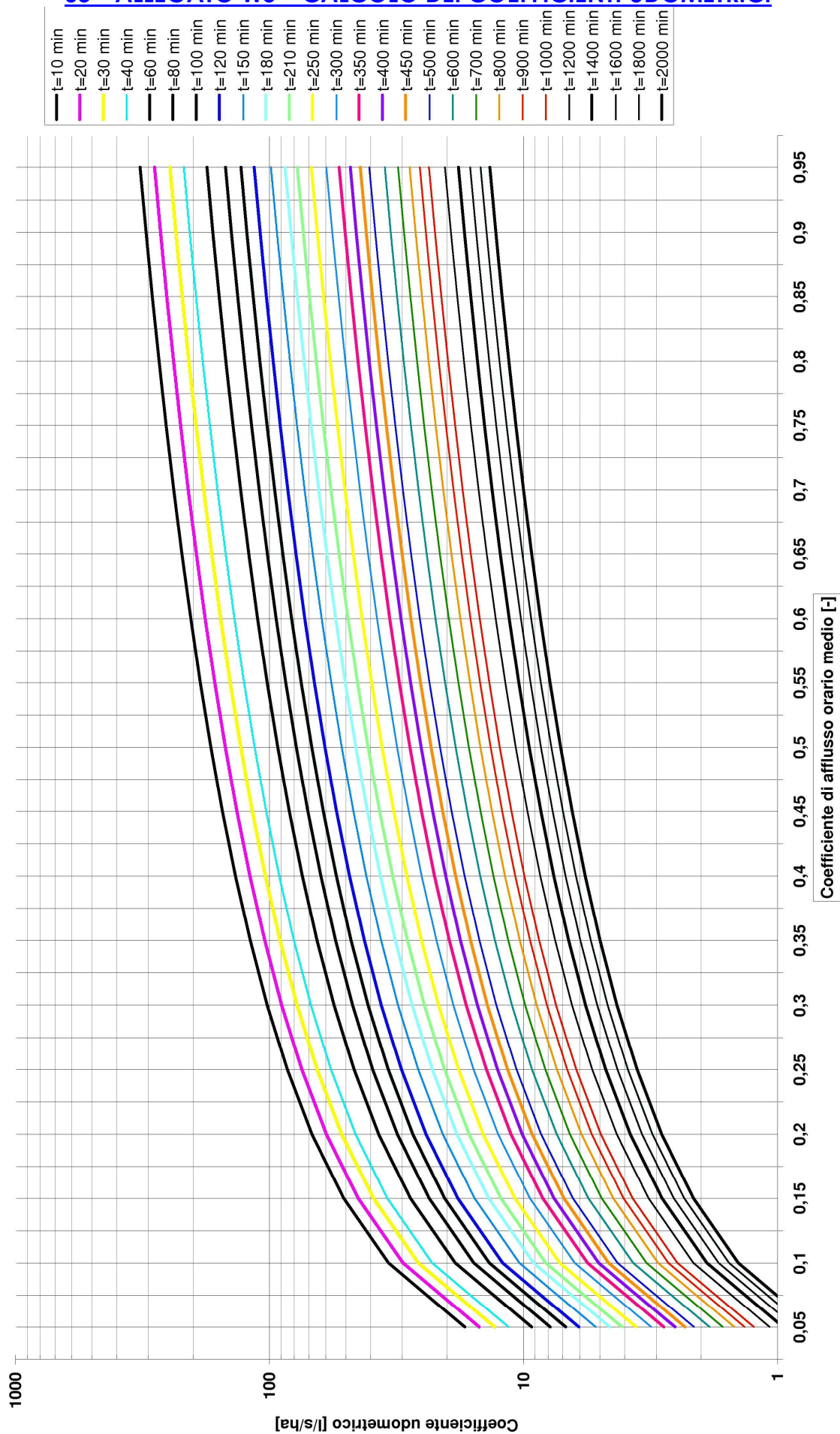
NOTE:

- $\Sigma C5$  = area totale del bacino [ $m^2$ ]
- $\Sigma C6$  = somma dei prodotti  $\Psi_i \cdot S_i$  [-]
- $\Psi_T$  calcolato fino alla 3 cifra significativa dopo la virgola
- Il coefficiente di afflusso orario dipende da tipo superficie, intensità dell'evento di pioggia, pendenza della superficie, tasso di infiltrazione della parte permeabile residua e scabrezza della superficie.

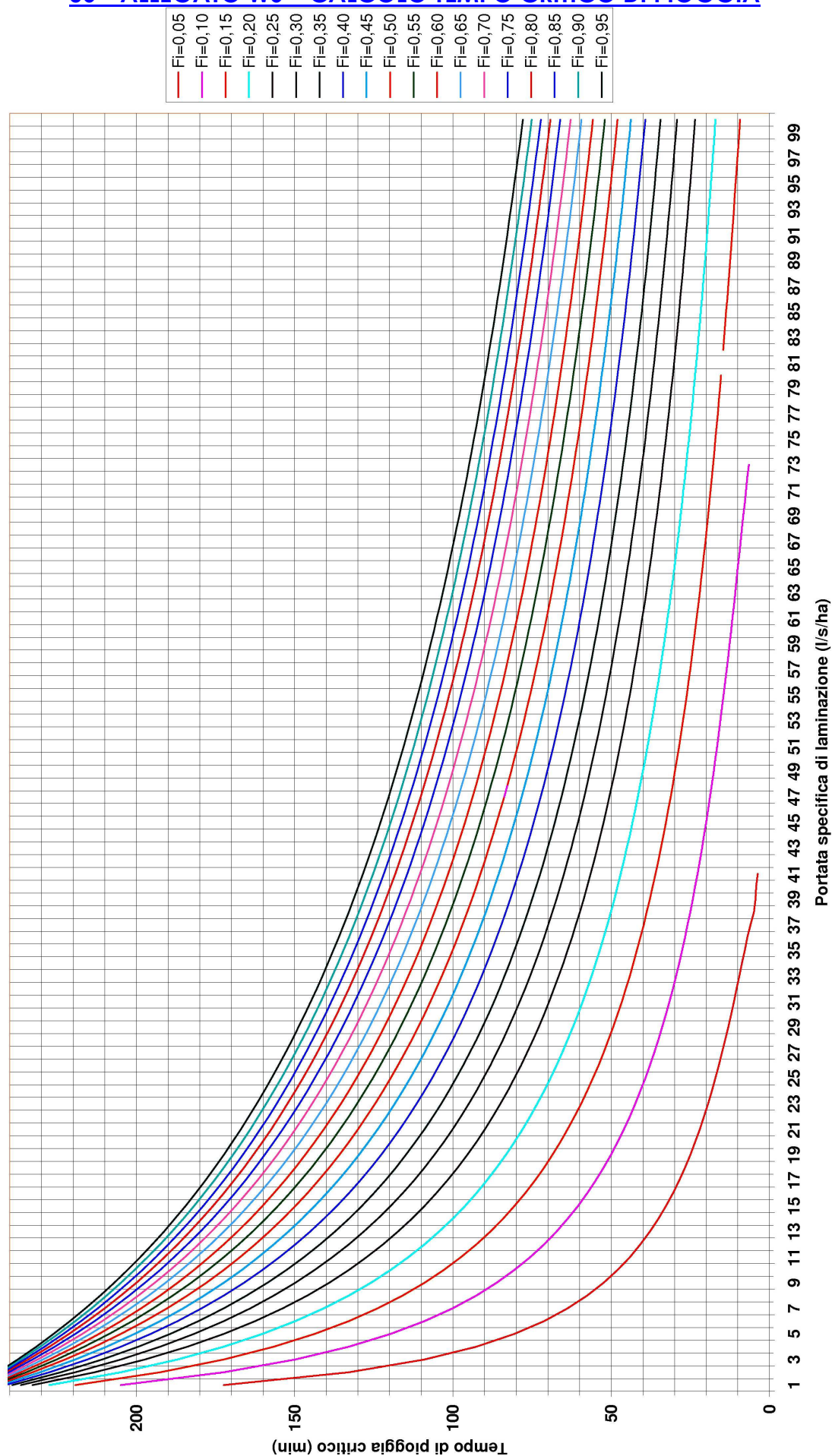
## 04 - ALLEGATO W4 – CORREZIONE DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO



## 05 - ALLEGATO W5 – CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI

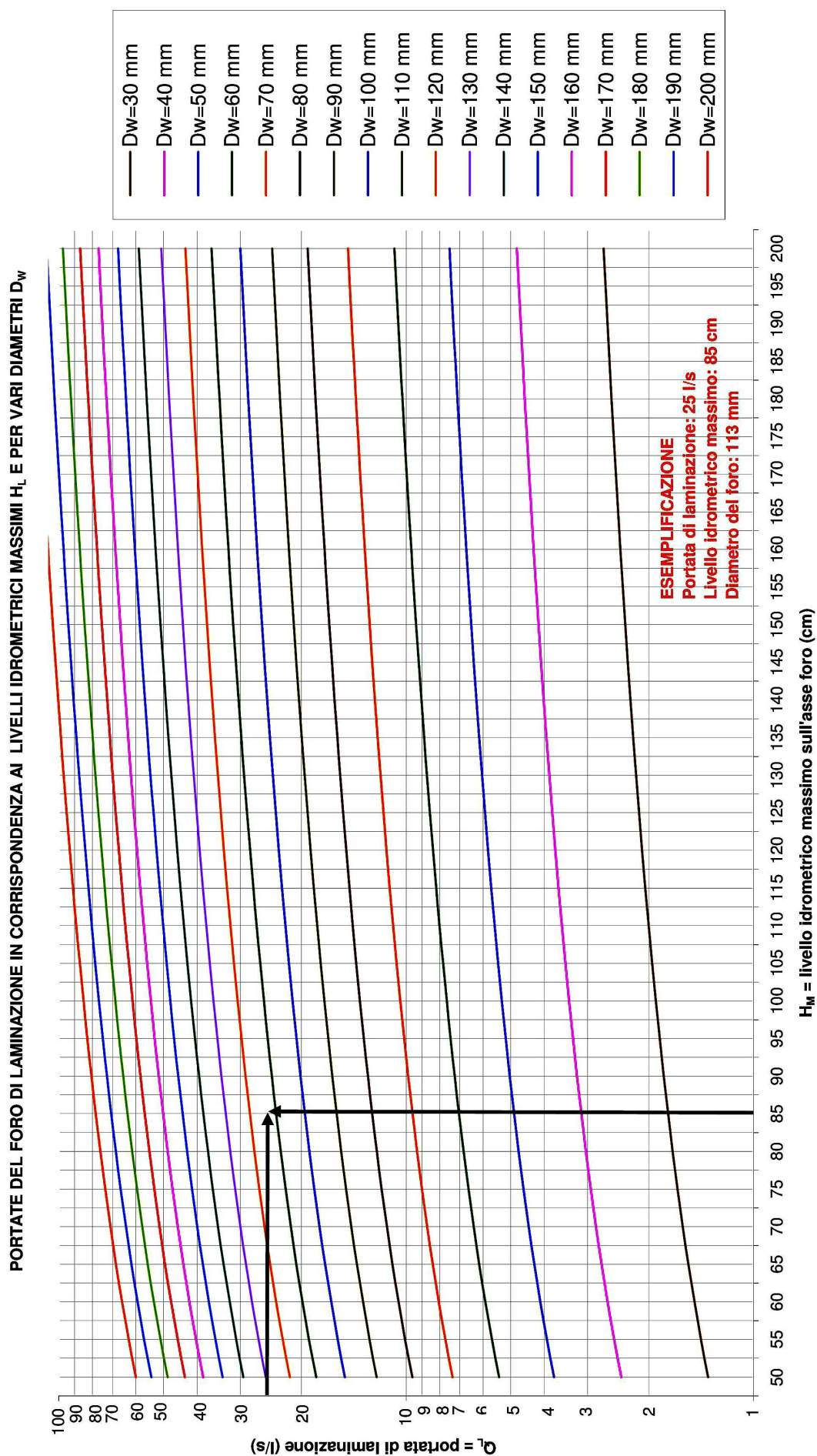


## 06 - ALLEGATO W6 – CALCOLO TEMPO CRITICO DI PIOGGIA





## 07 - ALLEGATO W7 – CALCOLO PORTATA FORO DI LAMINAZIONE



**08.1 – TEORIA DEL MODELLO DELLA CORRIVAZIONE**

Il ritardo con cui una goccia si presenta alla sezione di chiusura di un bacino dipende dal punto in cui essa è caduta; detto ritardo prende il nome di *tempo di corrivazione del punto*. Il tempo di ritardo massimo prende il nome di *tempo di corrivazione del bacino* e viene qui indicato con  $t_c$ . I luoghi dei punti caratterizzati da uno stesso valore del tempo di corrivazione vengono detti *linee isocorrive*; la curva che per assegnato valore del tempo di corrivazione fornisce l'area della porzione di bacino i cui punti hanno tempi di corrivazione  $t \leq t_c$  prende il nome di *curva aree-tempi del bacino*. Supponendo di aver tracciato le linee isocorrive con passo temporale  $Dt$  all'interno del quale l'intensità di precipitazione possa considerarsi costante, linearizzata la *curva aree-tempi* in ciascun intervallo, si ha che l'idrogramma di portata  $q_k(t)$  che attraversa la  $k-1_{ma}$  isocorriva in seguito alla precipitazione di intensità  $i_j$ , caduta nell'intervallo  $t_{j-1}=(j-1)Dt$  e  $t_j=jDt$  sulla porzione di bacino di area  $DA_k$  compresa tra le isocorrive  $(k-1)Dt$  e  $kDt$  è descritto dalle equazioni:

- a) se  $t_{j-1} \leq t \leq t_j$  vale  $q_k(t) = (i_j DA_k / Dt) (t - t_{j-1})$ ;
- b) se  $t_j \leq t \leq t_{j+1}$  vale  $q_k(t) = (i_j DA_k / Dt) (t_j - t)$ ;
- c) se  $t \geq t_{j+1}$  vale  $q_k(t) = 0$ .

La forma della curva di piena è *triangolare* dove  $q_k(t)$  assume il valore 0 per  $t=(j-1)Dt$ ,  $q_k(t)=i_j DA_k$  per  $t=jDt$  e di nuovo  $q_k(t)=0$  per  $t=(j+1)Dt$ ; il tempo alla base dell'idrogramma di piena è pari a  $2Dt$ . L'idrogramma di portata che attraversa la sezione di chiusura in seguito alla precipitazione caduta nell'intervallo  $(j-1)Dt$  e  $jDt$  sull'area  $DA_k$  si ottiene traslando nel tempo l'idrogramma di piena illustrato di un intervallo pari a  $(K-1)Dt$ ; quindi il valore al colmo  $DA_k i_j$  giungerà alla sezione di chiusura al tempo  $(j+K-1)Dt$ . L'idrogramma di piena complessivo si ottiene sommando i contributi delle varie aree che giungono al medesimo istante alla sezione di chiusura. Le ipotesi di *linearità* e *stazionarietà* consentono di semplificare la modellazione dei fenomeni di piena; in particolare:

- a) un sistema si dice *stazionario* quando a due ingressi uguali sfasati nel tempo di un certo intervallo di tempo corrispondono due uscite uguali sfasate dello stesso intervallo temporale;
- b) un sistema si dice *lineare* quando ad un ingresso combinazione lineare di due ingressi corrisponde un'uscita combinazione lineare secondo medesimi coefficienti moltiplicativi delle uscite relative agli stessi ingressi.

Con *linearità* e con *stazionarietà* la relazione tra ingresso  $p(t)$  e uscita  $q(t)$  assume la forma di un'equazione lineare differenziale a coefficienti costanti che ha come soluzione l'integrale di convoluzione  $q(t) = \int_0^t p(\tau) h(t-\tau) d\tau$  essendo  $h(t)$  l'*idrogramma unitario istantaneo* [ $h(t)$  dimensionalmente è l'inverso del tempo]. Il modello cinematico del tempo di corrivazione si configura quindi come un particolare modello *lineare* e *stazionario* schematizzabile come un insieme di infiniti canali lineari in parallelo; a ciascun elemento di area  $S_i$  del bacino si può associare un canale lineare il cui ritardo caratteristico coincide con il tempo di corrivazione del punto. Con tale modello la portata massima si verifica in corrispondenza ad una durata della precipitazione maggiore o uguale al tempo di corrivazione e viene mantenuta per un tempo  $t_p - t_c$  essendo  $t_p$  la durata della precipitazione. Per un ipotetico bacino in cui la curva *area-tempi* risulti lineare, ovvero  $S(t) = S_T t / t_c$  (essendo  $S_T$  l'area totale del bacino) e nel caso di una pioggia netta di intensità costante  $i$  e durata  $t_p$  abbiamo il seguente idrogramma di piena:

- a) nel caso  $t_p \leq t_c$ , a1) con  $t \leq t_p$  vale  $q(t) = i S_T t / t_c$ ; a2) con  $t_p \leq t \leq t_c$  vale  $q(t) = i S_T t_p / t_c$ ; a3) con  $t_c \leq t \leq t_c + t_p$  vale  $q(t) = i S_T (1 - ((t - t_p) / t_c))$ ; infine a4) con  $t \geq t_c + t_p$  vale  $q(t) = 0$ ;
- b) nel caso  $t_p \geq t_c$ , b1) con  $t \leq t_c$  vale  $q(t) = i S_T t / t_c$ ; b2) con  $t_c \leq t \leq t_p$  vale  $q(t) = i S_T$ ; b3) con  $t_p \leq t \leq t_c + t_p$  vale  $q(t) = i S_T (1 - ((t - t_p) / t_c))$ ; infine b4) con  $t \geq t_c + t_p$  vale  $q(t) = 0$ .

La rappresentazione del deflusso sopra descritta indica come il tempo di corrivazione  $t_c$  eserciti, almeno per le piogge di durata inferiore, una sorta di effetto moderatore in confronto alla portata massima che si avrebbe se allo sbocco ci fosse la contribuzione simultanea dell'intero bacino; se la durata della pioggia è pari al tempo di corrivazione  $c'$  è un trascurabile effetto di ritardo nella moderazione della portata. Nel caso di funzione di pioggia a due parametri del tipo  $h = at^n$  la portata media che affluisce sul bacino per unità di superficie è data da  $J = at^{n-1}$  e si può indicare la portata media per unità di superficie che raggiunge la sezione di chiusura il valore  $J_m = at^n / (t + t_c)$ . Il valore massimo di  $J_m$  al variare della durata della precipitazione è dato dalla equazione differenziale  $dJ(t)/dt = d(at^n / (t + t_c)) / dt = 0$  che fornisce  $n$  soluzioni per valori nulli della durata critica  $t_{CRIT}$  e una, ed una sola, soluzione fisicamente accettabile per  $t_{CRIT} = t_c / ((1/n) - 1)$ ; nel momento in cui si verifica la massima portata lorda per unità di superficie alla sezione di chiusura la relazione  $t_{CRIT} = t_c / ((1/n) - 1)$  correla la durata critica  $t_{CRIT}$  della precipitazione ed il tempo di corrivazione  $t_c$ .

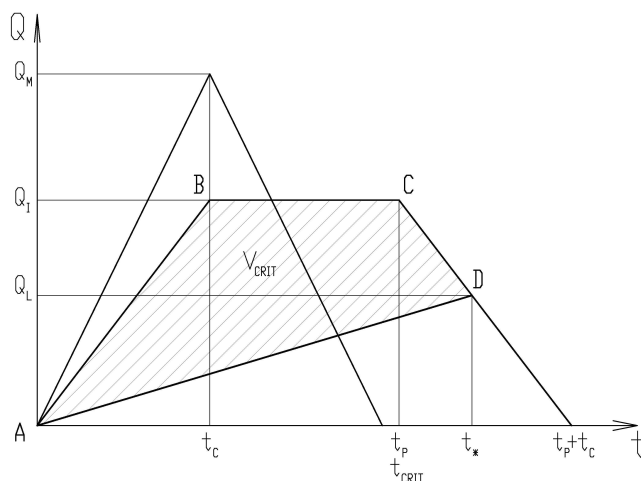
**08.2 – IL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO**

Si definisce *coefficiente di afflusso*  $\Psi$  il rapporto fra portata meteorica affluente alla rete e la portata meteorica affluente al bacino idrografico.  $\Psi$  varia nel tempo fra l'inizio e il termine della pioggia; alla fine della pioggia  $\Psi$  assume un valore finale che qui indichiamo con  $\Psi_F$ . Il coefficiente di afflusso varia in funzione della evaporazione, della rugosità, della pendenza, della permeabilità del terreno, della copertura vegetale, del tipo di pavimentazioni, ecc... Secondo Fantoli vale una formula di proporzionalità rispetto alla radice cubica dell'altezza di pioggia ragguagliata  $h_P$  alla superficie del bacino, ovvero  $\Psi = \theta h_P^{1/3}$  essendo  $\theta$  una costante indicata usualmente come *indice di permeabilità*. Facendo riferimento alla usuale funzione di possibilità pluviometrica a due parametri  $h = at^n$  possiamo scrivere  $\Psi = \theta a^{1/3} t^{n/3}$  ovvero  $\Psi_1 t^{n/3}$  dove  $\Psi_1$  rappresenta il valore assunto da  $\Psi$  per la durata di una ora. La portata meteorica di afflusso alla rete di drenaggio può essere quindi scritta come  $\Psi_1 t^{n/3} at^{n-1} S$  ovvero  $\Psi_1 at^{4n/3-1} S$ ; in tal modo la variabilità del coefficiente di afflusso con l'altezza di pioggia può essere presa in considerazione sostituendo l'esponente  $n$  con  $4n/3$  ed utilizzando, a rappresentatività media del rapporto fra portata meteorica affluente alla rete e portata meteorica affluente al bacino, il parametro  $\Psi_1$ . L'**allegato W3** permette il calcolo del coefficiente di afflusso orario medio di un bacino;

l'**allegato W4** permette di correggere il valore calcolato con l'**allegato W3** tenendo conto della pendenza media dello stesso bacino idrografico.

### 08.3 - STABILIZZAZIONE IDRAULICA BASE

Il principio di *stabilizzazione idraulica base* (meglio conosciuto con il termine **invarianza idraulica**) prevede che la curva di piena generata da un bacino, dopo modifica urbanistica/edilizia all'uso del suolo, sviluppi una portata massima pari a quella che si sviluppa ante modifica dello stesso uso del suolo. Nelle problematiche di mitigazione idraulica, a parità di tempo di ritorno dell'evento pluviometrico, è importante determinare la durata di precipitazione critica  $t_{CRIT}$  e il corrispondente massimo valore del volume di detenzione (che qui indicheremo con  $V_{CRIT}$ ); la conoscenza di  $V_{CRIT}$  permette di predisporre le opere di difesa idraulica destinate a far acquisire la stabilizzazione idraulica base dell'intervento.



Indichiamo con  $\Psi_1$  il coefficiente di afflusso orario, con  $S$  l'area del bacino, con  $j$  l'intensità efficace di pioggia, con  $Q_M$  la portata massima in corrispondenza ad un tempo pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino con uso futuro del suolo,  $Q_L$  la portata di laminazione (portata massima in condizioni attuali di uso del suolo ovvero portata su cui tarare il processo di mitigazione); indichiamo inoltre al solito con  $a$  ed  $n$  i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica monomia a due parametri. Dai fondamenti del metodo della corrivazione deriva che al variare della durata  $t_p$  della precipitazione varia il volume da invasare per fare in modo che la portata in uscita non sia mai superiore alla portata di laminazione  $Q_L$  (il volume è rappresentato in figura dalla superficie ABCD nella ipotesi che la portata di laminazione abbia andamento lineare dall'inizio del fenomeno con valore 0 sino al punto  $t_*$  con valore  $Q_L$ ). Si dimostra che  $V = Q_L t_p - t_p Q_L * 0,5 - t_c Q_L * 0,5$  essendo  $Q_L = jS = \Psi_1 S a t_p^{(4n/3-1)}$ ; derivando rispetto a  $t_p$  la relazione precedente e ponendo uguale a zero la stessa derivata si ricava il valore di  $t_p$  critico che massimizza l'invaso. Indicando con  $t_{CRIT}$  il valore critico di  $t_p$  vale la relazione (G. Zen, 2008):

$$t_{CRIT} = \left( \frac{3Q_L}{8\Psi_1 S a n} \right)^{3/4n-3} \quad [A]$$

e il volume critico si può stimare con la relazione (G. Zen, 2008):

$$V_{CRIT} = \Psi_1 S a \left( \frac{3Q_L}{8\Psi_1 S a n} \right)^{4n/(4n-3)} - \frac{Q_L}{2} \left( \frac{3Q_L}{8\Psi_1 S a n} \right)^{3/(4n-3)} - \frac{t_c Q_L}{2} \quad [B]$$

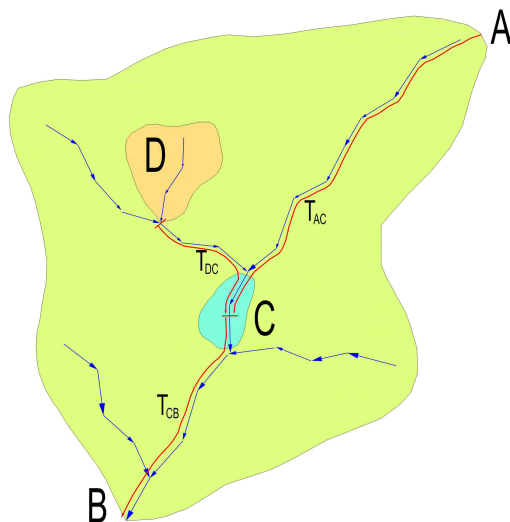
Nelle problematiche di mitigazione idraulica per detenzione andrà applicato il concetto di stabilizzazione idraulica base determinando innanzitutto la portata massima  $Q_{M1}$  nella situazione attuale di uso del suolo, essendo  $t_c = t_{c1}$  (tempo di corrivazione nella situazione ante intervento), ponendo inoltre  $\Psi_1 = \Psi_{1ORA}$  ovvero il coefficiente di afflusso medio orario relativo alla situazione attuale; successivamente verrà posto  $Q_L = Q_{M1}$ . Definite le modalità di acquisizione dell'invaso (tubi interrati, canale, fossato, vasca o altro) si tratterà di definire come garantire il controllo della portata allo scarico, da tarare in corrispondenza al tirante massimo sulla portata di laminazione  $Q_L$ , e di dimensionare infine i volumi di detenzione con la relazione [B]. Con l'utilizzo di una curva di pioggia a tre parametri del tipo  $h = at/(b+t)^c$  le relazioni precedenti diventano:

- invaso  $= V = Q_L t_p - t_p Q_L * 0,5 - t_c Q_L * 0,5$  essendo  $Q_L = (a \Psi_1 t_p^{(1/3)} (b+1)^{(c/3)}) / (b+t_p)^{(4c/3)}$ ;
- tempo critico dalla relazione:  $\left[ \left( \frac{4}{3} t_{CRIT}^{(1/3)} \right) / ((b+t_{CRIT})^{(4c/3)}) \right] [1 - (c t_{CRIT} / (b+t_{CRIT})^c)] = Q_L / (2 a \Psi_1 S (b+1)^{(c/3)})$ ;
- invaso critico dalla relazione:  $V_{CRIT} = \left[ (a \Psi_1 (b+1)^{(c/3)} t_{CRIT}^{(4/3)}) / ((b+t_{CRIT})^{(4c/3)}) \right] - t_{CRIT} Q_L / 2 - t_c Q_L / 2$ ;
- portata massima in condizioni critiche dalla relazione:  $Q_{CRIT} = (a \Psi_1 t_{CRIT}^{(1/3)} (b+1)^{(c/3)}) / (b+t_{CRIT})^{(4c/3)}$ .

Indicando con  $V_{CRIT}$  il volume specifico (su unità di superficie del bacino) in condizioni di pioggia critica, con  $U_{CRIT}$  il coefficiente udometrico con pioggia critica, con  $U_L$  il coefficiente udometrico di laminazione, vale infine la relazione  $V_{CRIT} = U_{CRIT} t_{CRIT} - t_{CRIT} U_L * 0,5 - t_c U_L * 0,5$ .

#### 08.4 - STABILIZZAZIONE IDRAULICA DEDUTTIVA

Consideriamo un bacino idrografico schematizzato nella figura seguente (area verde); entro il bacino principale consideriamo un sottobacino **D** (area arancione) nel quale è previsto un intervento di modificazione idrologica dell'uso del suolo (ad esempio la realizzazione di un piano di lottizzazione o di una strada). Ipotizziamo infine che entro il bacino principale (area verde) esista un'area **C** (a valle di **D**) interessata da esondazioni (area celeste). Al fine di garantire condizioni di sostenibilità, entro l'area **D**, degli interventi di trasformazione del territorio da realizzare entro la stessa area **D**, si è visto come sia necessario prevedere opere di *stabilizzazione idraulica base*; in tal modo le curve di piena sviluppate dal sottobacino **D** comporteranno portate al colmo dello stesso ordine di grandezza sia prima che dopo l'intervento di trasformazione del territorio.



Vediamo ora come tener conto, partendo sempre dal concetto di *stabilizzazione idraulica*, dei fenomeni di esondazione che si verificano nell'area **C**; chiaramente l'intervento urbanistico in **D** non deve peggiorare la situazione in **C** (vedi L.R. 11/2004). In questo caso lo schema idrologico è completamente diverso: a parità di tempo di ritorno la portata massima transitabile in **C** è quella sviluppata da precipitazioni efficaci di durata pari al tempo di corrivazione  $t_{AC}$ . Dal metodo della corrivazione è noto che la portata massima si verifica in corrispondenza ad una durata della precipitazione maggiore o uguale al tempo di corrivazione e rimane costante per un tempo pari alla differenza fra il tempo di pioggia e il tempo di corrivazione. Se ipotizziamo che per il bacino chiuso in **C** si abbia: 1) curva area-tempi lineare, 2) pioggia netta di intensità costante con durata pari al tempo di corrivazione e 3) per l'area **D** valga  $A(t_D) = A_T(t_{DC}) / (t_{AC})$  ne consegue il mantenimento del rapporto, fra portata massima e tempo di pioggia corrispondente, sia in **D** che in **C**. Applicare il concetto di *stabilizzazione idraulica deduttiva* vuol dire fare in modo che la curva di piena generata dal bacino **D** dopo le modifiche all'uso del suolo crei una portata massima alla sezione **C** dello stesso ordine di grandezza, comunque non superiore, di quella che si verificava prima della modifica dello stesso uso del suolo; ciò equivale a riapplicare il concetto di *stabilizzazione idraulica base* ove però la portata di laminazione  $Q_u$  non consegue al massimo di portata entro il sottobacino **D** (portata sviluppata da una pioggia di durata pari al corrispondente tempo di corrivazione) ma viene individuata da una precipitazione di durata  $t_{AC}$  (tempo di corrivazione del bacino chiuso in **C**) che interessa sempre il sottobacino **D** ovviamente nelle condizioni di uso del suolo non variate. Indicheremo nel prosieguo convenzionalmente  $t_{AC}$  come tempo di corrivazione esterno, in contrapposizione al tempo di corrivazione proprio del sottobacino **D**.

#### 08.5 - STABILIZZAZIONE IDRAULICA INDUTTIVA

Alcune caratteristiche del bacino chiuso in **B** (vedi figura precedente) possono portare ad un diverso approccio idraulico. Potrebbe risultare troppo oneroso, per risolvere i problemi di esondazione in **C**, intervenire con opere idrauliche fra **D** e **C** o anche fra **C** e **B**; ad esempio la conformazione assunta dal territorio antropizzato potrebbe presentare caratteristiche tali: 1) da non permettere di ricavare con oneri sopportabili volumi con cui laminare le piene e ridurre il rischio idraulico in **C** e 2) da non rendere fattibile la ricalibratura della rete idrografica fra **D** e **B**. D'altro canto in determinare situazioni può prevalere una strategia di intervento che predilige il controllo alla fonte (al contrario del controllo terminale); le opportunità più economiche e più semplici di gestione dell'acqua di pioggia potrebbero collocarsi infatti alla sorgente del deflusso, cioè dove il deflusso si forma. Ad esempio l'area chiusa in **D** potrebbe essere già completamente impermeabilizzata e non è detto che non sia conveniente, senza oneri economici elevati, operare con tecniche di mitigazione idraulica in **D** al fine di ridurre le portate alla sezione di chiusura **B** (il discorso è ovviamente indipendente dal fatto che in **D** venga previsto o meno alcun intervento di impermeabilizzazione del suolo); si parla allora di *stabilizzazione idraulica induttiva*.

Similmente al paragrafo precedente ipotizziamo che per il bacino chiuso in **B** valgano le ipotesi di *linearità* e *stazionarietà* e sia applicabile il modello cinematico lineare e stazionario (della corrivazione). La portata massima si verifica quindi in corrispondenza ad una durata della precipitazione uguale al tempo di corrivazione e per durate maggiori rimane su valori massimi per un tempo pari alla differenza fra il tempo di pioggia e il tempo di corrivazione. Allo stesso modo ipotizziamo che per il bacino chiuso in **B** si abbia: a) una curva area-tempi lineare, b) la pioggia netta di intensità costante e infine c) per l'area **D** valga  $A(t_D) = A_T(t_{DC} + t_{CB}) / (t_{AC} + t_{CB})$ . Con tali ipotesi consegue il mantenimento del



rapporto, fra portata massima e tempo di pioggia corrispondente, sia in **D** che in **B**. Si può dimostrare che, come nel caso della *stabilizzazione idraulica deduttiva*, anche nel caso della *stabilizzazione idraulica induttiva* possiamo riportarci alle modalità di calcolo idraulico della *stabilizzazione idraulica base*, una volta definita l'aliquota di riduzione del contributo di portata massima del sottobacino **D**, che qui indichiamo con **P**; si dimostra che la portata di laminazione è pari a  $(1-P)$  moltiplicato la portata massima alla sezione **B** (calcolata nella situazione attuale di uso del suolo con tempo di pioggia pari a  $t_{ac}+t_{cb}$ ) moltiplicato ancora per il rapporto fra il tempo di corrivazione del sottobacino **D** nella situazione attuale di uso del suolo e  $t_{ac}+t_{cb}$ . Detta portata di laminazione può altresì ottenersi da un coefficiente udometrico massimo il cui significato fisico dovrebbe però essere correlato alla relazione innanzi illustrata.

## 08.6 - PARAMETRI DELLA STROZZATURA IDRAULICA

Per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica per detenzione è necessario che a valle dei volumi di invaso il flusso sia regolamentato con una "strozzatura idraulica" in modo da garantire la portata massima (portata di laminazione). La strozzatura idraulica più utilizzata nei calcoli di mitigazione idraulica è un semplice foro su paramento verticale; con tale sistema la portata in uscita avrà andamento (relativamente) lineare da 0 (inizio della pioggia) fino al valore massimo  $Q_L$  (portata di laminazione). Per la stima della portata massima  $Q_L$  effluente da un foro circolare avente diametro  $D_w$ , con pareti interne divergenti e contorno interamente a spigolo vivo, si possono utilizzare le relazioni seguenti: 1)  $Q=C_Q A_w (2gh)^{0.5}$ ; 2)  $A_w=\pi D_w^2/4$ ; 3)  $C_Q=0,61$ ; 4)  $h=H_M$  per  $Q=Q_L$  (essendo  $H_M$  l'altezza massima entro l'invaso di detenzione). Il foro si considera inserito su paramento verticale e si ipotizza praticamente nulla la velocità di arrivo dell'acqua. Il valore minimo del tirante idrico coincide con il centro del foro (0 cm), il valore massimo è la distanza fra il centro del foro e il valore di escursione massima (grossomodo coincidente con l'altezza massima che può avere l'acqua entro l'invaso di detenzione). Si rimanda all'**allegato W9** per una descrizione su come realizzare la bocca tassata nei termini esposti e all'**allegato W7** per la visualizzazione grafica del legame fra portata di laminazione, diametro del foro e altezza massima del tirante idrico (sull'asse dello stesso foro) in corrispondenza alla stessa portata di laminazione.

## 08.7 - STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione può essere stimato con uno dei seguenti metodi (vedi anche **allegato W10**):

1) con la relazione  $t_c=t_e+t_r/1,5$  dove  $t_r$  è il tempo di rete del percorso idraulicamente maggiore lungo il bacino in analisi, calcolabile con la relazione  $t_r=\sum L_i/V_{ri}$  dove  $L_i$  è la lunghezza di ogni singolo tratto del percorso idraulicamente più lungo e  $V_{ri}$  la corrispondente velocità a pieno riempimento, da calcolare, ad esempio, con l'espressione di *Chézy-Strickler* ( $V_r=K_s(R_H)^{2/3}i^{1/2}$ ). La sommatoria va estesa a tutti i sotto-percorsi che definiscono il percorso idraulicamente più lungo della particella d'acqua.  $t_e$  rappresenta il tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 10 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...);

2) con la relazione  $t_c=t_e+0,04x(SxL_M)^{0.4}$  essendo  $S$  la superficie dell'area di drenaggio espressa in ha ed  $L_M$  il percorso più lungo compiuto da una particella d'acqua entro l'area stessa (valore espresso in m). Anche in questo caso  $t_e$  rappresenta il tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 10 e 20 minuti (cioè da 0,16 a 0,33 ore) a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...). Tutti i valori temporali citati si intendono espressi in ore. In mancanza di conoscenze dirette il parametro  $L_M$  può essere calcolato in prima approssimazione eseguendo la radice quadrata del valore  $S$  espresso in m<sup>2</sup>;

3) con la relazione  $t_c=(L_M/(V_c*3600))+t_e$  essendo  $L_M$  è il percorso più lungo compiuto da una particella d'acqua (valore espresso in m) e  $V_c$  una velocità media di scorrimento, indicativamente variabile fra 0,2-0,3 e 1,0-1,2 m/s. Al solito  $t_e$  rappresenta il tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 0,16 e 0,33 ore a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...).

Un'ulteriore possibilità per determinare il tempo di corrivazione viene offerta dal nomogramma raffigurato in **allegato W2** (adattato da un originario lavoro di P.Z. Kirpich del 1940).

Si tenga conto che la scelta del tempo di pioggia, da utilizzare nei calcoli di mitigazione idraulica per detenzione utilizzando il modello della corrivazione, dipende da molti altri fattori; ad esempio la rete ricevente (a valle dell'area in analisi) potrebbe andare in crisi per precipitazioni aventi durata diversa da quella del tempo di corrivazione dell'area in questione (*stabilizzazione idraulica deduttiva*).

## 08.8 – CALCOLI DI STABILIZZAZIONE IDRAULICA BASE (INVARIANZA IDRAULICA)

I passaggi successivi sono stati utilizzati per ricavare l'**allegato W1**, e valgono come procedura per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica base (invarianza idraulica) attraverso il sistema dei volumi di detenzione con deflusso in uscita gestito da un foro su paramento verticale; la portata stessa in uscita varia quindi fra il valore 0 (portata nulla) e il valore massimo (pari alla portata di laminazione) ottenibile in corrispondenza al valore massimo del tirante idrico entro l'invaso al limite dello sfioro. Di seguito i vari passaggi sono colorati di **celeste** quando si tratta di dati di partenza e colorati in **fucsia** quando si tratti dei risultati dei calcoli. Si ipotizza che l'invaso sia ottenuto utilizzando tubazioni a diametro maggiorato.

Illustrazione del passaggio di calcolo o di acquisizione del dato	Risultati
Individuazione lavoro	
Parametri della curva di pioggia ( $T_R=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con $h$ =altezza di pioggia in mm; $t$ =durata della pioggia in ore.	$a=$ ; $b=$ ; $c=$ .
$S_{BAC}$ = superficie del lotto o bacino, espressa in m <sup>2</sup> .	$S_{BAC}$ [m <sup>2</sup> ] =
$DH_{ORA}$ = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro $S_{BAC}$ e il punto del piano campagna più basso, dove presuntivamente c'è lo scarico	$DH_{ORA}$ [m] =

dell'acqua meteorica entro $S_{BAC}$ , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.		
$L_{ORA}$ = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro $S_{BAC}$ nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{ORA} [m] =$	
$DH_{DOPO}$ = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozzettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{DOPO} [m] =$	
$L_{DOPO}$ = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro $S_{BAC}$ nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{DOPO} [m] =$	
$TC_{ORA}$ = tempo di corivazione nello stato attuale (utilizza $DH_{ORA}$ , $L_{ORA}$ e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	$TC_{ORA} [min] =$	
$TC_{DOPO}$ = tempo di corivazione nello stato futuro (utilizza $DH_{DOPO}$ , $L_{DOPO}$ e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	$TC_{DOPO} [min] =$	
$\Psi_{TORA}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	$\Psi_{TORA} [-] =$	
$\Psi_{TDOPO}$ = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	$\Psi_{TDOPO} [-] =$	
$\Psi_{ORA}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da $\Psi_{TORA}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	$\Psi_{ORA} [-] =$	
$\Psi_{DOPO}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>futuro</u> ottenuto da $\Psi_{TDOPO}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	$\Psi_{DOPO} [-] =$	
$D\Psi$ = differenza fra $\Psi_{DOPO}$ e $\Psi_{ORA}$ , numero adimensionale.	$D\Psi [-] =$	
$UM_{ORA}$ = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>attuale</u> ; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{ORA}$ e la durata della pioggia pari a $TC_{ORA}$ .	$UM_{ORA} [l/s/ha] =$	
$UM_{DOPO}$ = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>futura</u> ; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ e la durata della pioggia pari a $TC_{DOPO}$ .	$UM_{ORA} [l/s/ha] =$	
$QM_{ORA}$ = portata massima nella condizione <u>attuale</u> ottenuta moltiplicando $UM_{ORA}$ per $S_{BAC}$ e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	$QM_{ORA} [l/s] =$	
$QM_{DOPO}$ = portata massima nella condizione futura ottenuta moltiplicando $UM_{DOPO}$ per $S_{BAC}$ e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	$QM_{DOPO} [l/s] =$	
$QL_{BASE}$ = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica base (invarianza idraulica), pari a $QM_{ORA}$ ; espressa in l/s.	$QL_{BASE} [l/s] =$	
$Q_L$ = portata di laminazione (posta pari a $QL_{BASE}$ ); espressa in l/s.	$Q_L [l/s] =$	
$U_L$ = portata specifica di laminazione determinata dividendo $Q_L$ per $(S_{BAC}/10.000)$ ; espressa in l/s/ha.	$U_L [l/s/ha] =$	
$T_{CRIT}$ = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in <b>allegato W6</b> con portata specifica di laminazione pari a $U_L$ e coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ ; tempo critico espresso in min.	$T_{CRIT} [min] =$	
$UM_{CRIT}$ = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ e la durata della pioggia pari a $T_{CRIT}$ .	$UM_{CRIT} [l/s/ha] =$	
$V_{CRIT}$ = volume specifico di invaso; espresso in m <sup>3</sup> /ha. Si ottiene dalla relazione $V_{CRIT} = (UM_{CRIT} \cdot T_{CRIT} - 0,5 \cdot U_L \cdot T_{CRIT} - 0,5 \cdot U_L \cdot TC_{DOPO}) \cdot (0,06)$ .	$V_{CRIT} [m^3/ha] =$	
$V_{INVASO}$ = volume di invaso; espresso in m <sup>3</sup> . Si ottiene moltiplicando $V_{CRIT}$ per $(S_{BAC}/10.000)$ .	$V_{INVASO} [m^3] =$	
$H_L$ = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozzettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	$H_L [cm] =$	
$D_w$ = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in <b>allegato W7</b> utilizzando $Q_L$ ed $H_L$ .	$D_w [cm] =$	
Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro $D [cm] = H_L [cm]$ Lunghezza tubi $L_t [m] = V_{INVASO} / ((D/100)^2 \times 0,78)$	$D [cm] =$ $L_t [m] =$	

## 08.9 – CALCOLI DI STABILIZZAZIONE IDRAULICA DEDUTTIVA

I passaggi successivi sono stati utilizzati per ricavare l'**allegato W1**, e valgono come procedura per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica deduttiva attraverso il sistema dei volumi di detenzione con deflusso in uscita gestito da un foro su paramento verticale; la portata stessa in uscita varia quindi fra il valore 0 (portata nulla) e il valore massimo (pari alla portata di laminazione) ottenibile in corrispondenza al valore massimo del tirante idrico entro l'invaso al limite dello sfioro. Di seguito i vari passaggi sono colorati di **celeste** quando si tratta di dati di partenza e colorati in **fucsia** quando si tratti dei risultati dei calcoli. Si ipotizza che l'invaso sia ottenuto utilizzando tubazioni a diametro maggiorato.

Illustrazione del passaggio di calcolo o di acquisizione del dato	Risultati	
Individuazione lavoro		
Parametri della curva di pioggia ( $T_R=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con $h$ =altezza di pioggia in mm; $t$ =durata della pioggia in ore.	$a=$ _____ ; $b=$ _____ ; $c=$ _____	
$S_{BAC}$ = superficie del lotto o bacino, espressa in $m^2$ .	$S_{BAC} [m^2] =$	
$DH_{ORA}$ = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro $S_{BAC}$ e il punto del piano campagna più basso, dove presuntivamente c'è lo scarico dell'acqua meteorica entro $S_{BAC}$ , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{ORA} [m] =$	
$L_{ORA}$ = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro $S_{BAC}$ nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{ORA} [m] =$	
$DH_{DOPO}$ = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozzettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{DOPO} [m] =$	
$L_{DOPO}$ = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro $S_{BAC}$ nelle condizioni future di uso del suolo; espressa in m.	$L_{DOPO} [m] =$	
$TC_{ORA}$ = tempo di corivazione nello stato attuale (utilizza $DH_{ORA}$ , $L_{ORA}$ e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	$TC_{ORA} [min] =$	
$TC_{DOPO}$ = tempo di corivazione nello stato futuro (utilizza $DH_{DOPO}$ , $L_{DOPO}$ e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	$TC_{DOPO} [min] =$	
$\Psi_{TORA}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	$\Psi_{TORA} [-] =$	
$\Psi_{DOPO}$ = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	$\Psi_{DOPO} [-] =$	
$\Psi_{ORA}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da $\Psi_{TORA}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	$\Psi_{ORA} [-] =$	
$\Psi_{DOPO}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>futuro</u> ottenuto da $\Psi_{DOPO}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	$\Psi_{DOPO} [-] =$	
$D\Psi$ = differenza fra $\Psi_{DOPO}$ e $\Psi_{ORA}$ , numero adimensionale.	$D\Psi [-] =$	
$TC_{EST}$ = tempo di corivazione esterno imposto dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica; espresso in min.	$TC_{ORA} [min] =$	
$QL_{DEDU}$ = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica deduttiva determinata moltiplicando il coefficiente udometrico della portata deduttiva (trovato attraverso il grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{ORA}$ e la durata della pioggia pari a $TC_{EST}$ ) per $S_{BAC}$ e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	$QL_{DEDU} [l/s] =$	
$Q_L$ = portata di laminazione (posta pari a $Q_{LDEDU}$ ); espressa in l/s.	$Q_L [l/s] =$	
$U_L$ = portata specifica di laminazione determinata dividendo $Q_L$ per $(S_{BAC}/10.000)$ ; espressa in l/s/ha.	$U_L [l/s/ha] =$	
$TC_{CRIT}$ = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in <b>allegato W6</b> con portata specifica di laminazione pari a $U_L$ e coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ ; tempo critico espresso in min.	$TC_{CRIT} [min] =$	
$UM_{CRIT}$ = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ e la durata della pioggia pari a $TC_{CRIT}$ .	$UM_{CRIT} [l/s/ha] =$	
$V_{CRIT}$ = volume specifico di invaso; espresso in $m^3/ha$ . Si ottiene dalla relazione $V_{CRIT}=(UM_{CRIT} \cdot TC_{CRIT}-0,5 \cdot U_L \cdot TC_{CRIT}-0,5 \cdot U_L \cdot TC_{DOPO}) \cdot (0,06)$ .	$V_{CRIT} [m^3/ha] =$	
$V_{INVASO}$ = volume di invaso; espresso in $m^3$ . Si ottiene moltiplicando $V_{CRIT}$ per $(S_{BAC}/10.000)$ .	$V_{INVASO} [m^3] =$	
$H_L$ = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozzettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	$H_L [cm] =$	
$D_w$ = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in <b>allegato W7</b> utilizzando $Q_L$ ed $H_L$ .	$D_w [cm] =$	
Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro $D [cm] = H_L [cm]$ Lunghezza tubi $L_t [m] = V_{INVASO} / ((D/100)^2 \times 0,78)$	$D [cm] =$ $L_t [m] =$	

## 08.10 – CALCOLI DI STABILIZZAZIONE IDRAULICA INDUTTIVA

I passaggi successivi sono stati utilizzati per ricavare l'**allegato W1**, e valgono come procedura per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica induttiva attraverso il sistema dei volumi di detenzione con deflusso in uscita gestito da un foro su paramento verticale; la portata stessa in uscita varia quindi fra il valore 0 (portata nulla) e il valore massimo (pari alla portata di laminazione) ottenibile in corrispondenza al valore massimo del tirante idrico entro l'invaso al limite dello

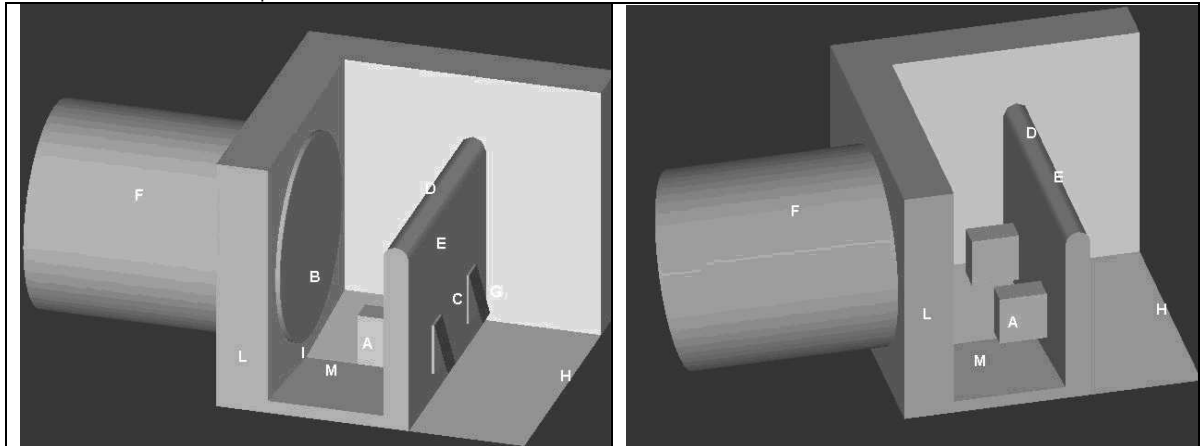
sfioro. Di seguito i vari passaggi sono colorati di **celeste** quando si tratta di dati di partenza e colorati in **fucsia** quando si tratti dei risultati dei calcoli. Si ipotizza che l'invaso sia ottenuto utilizzando tubazioni a diametro maggiorato.

Illustrazione del passaggio	Risultati	
<b>Individuazione lavoro</b>		
Parametri della curva di pioggia ( $T_R=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con $h$ =altezza di pioggia in mm; $t$ =durata della pioggia in ore.	$a=$ _____; $b=$ _____;	
	$c=$ _____.	
$S_{BAC}$ = superficie del lotto o bacino, espressa in $m^2$ .	$S_{BAC} [m^2] =$	
$DH_{ORA}$ = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro $S_{BAC}$ e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozzettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica entro $S_{BAC}$ , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{ORA} [m] =$	
$L_{ORA}$ = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro $S_{BAC}$ nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{ORA} [m] =$	
$DH_{DOPO}$ = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozzettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{DOPO} [m] =$	
$L_{DOPO}$ = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro $S_{BAC}$ nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{DOPO} [m] =$	
$TC_{ORA}$ = tempo di corivazione nello stato attuale (utilizza $DH_{ORA}$ , $L_{ORA}$ e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	$TC_{ORA} [min] =$	
$TC_{DOPO}$ = tempo di corivazione nello stato futuro (utilizza $DH_{DOPO}$ , $L_{DOPO}$ e il normogramma in <b>allegato W2</b> ); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <b>allegato W8</b> .	$TC_{DOPO} [min] =$	
$\Psi_{TORA}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	$\Psi_{TORA} [-] =$	
$\Psi_{TDOPO}$ = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' <b>allegato W3</b> .	$\Psi_{TDOPO} [-] =$	
$\Psi_{ORA}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da $\Psi_{TORA}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	$\Psi_{ORA} [-] =$	
$\Psi_{DOPO}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>futuro</u> ottenuto da $\Psi_{TDOPO}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <b>allegato W4</b> .	$\Psi_{DOPO} [-] =$	
$D\Psi$ = differenza fra $\Psi_{DOPO}$ e $\Psi_{ORA}$ , numero adimensionale.	$D\Psi [-] =$	
$UM_{INDU}$ = coefficiente udometrico massimo imposto dall'Autorità idraulica (Consorzio di Bonifica o Genio Civile) in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva; espresso in l/s/ha.	$UM_{INDU} [l/s/ha] =$	
$QL_{INDU}$ = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva determinata moltiplicando $UM_{INDU}$ per $S_{BAC}$ e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	$QL_{INDU} [l/s] =$	
$Q_L$ = portata di laminazione (posta pari $QL_{INDU}$ ); espressa in l/s.	$Q_L [l/s] =$	
$U_L$ = portata specifica di laminazione determinata dividendo $Q_L$ per $(S_{BAC}/10.000)$ ; espressa in l/s/ha.	$U_L [l/s/ha] =$	
$T_{CRIT}$ = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in <b>allegato W6</b> con portata specifica di laminazione pari a $U_L$ e coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ ; tempo critico espresso in min.	$T_{CRIT} [min] =$	
$UM_{CRIT}$ = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <b>allegato W5</b> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{DOPO}$ e la durata della pioggia pari a $T_{CRIT}$ .	$UM_{CRIT} [l/s/ha] =$	
$V_{CRIT}$ = volume specifico di invasore; espresso in $m^3/ha$ . Si ottiene dalla relazione $V_{CRIT}=(UM_{CRIT} \cdot T_{CRIT}-0,5 \cdot U_L \cdot T_{CRIT}-0,5 \cdot U_L \cdot TC_{DOPO}) \cdot (0,06)$ .	$V_{CRIT} [m^3/ha] =$	
$V_{INVASO}$ = volume di invasore; espresso in $m^3$ . Si ottiene moltiplicando $V_{CRIT}$ per $(S_{BAC}/10.000)$ .	$V_{INVASO} [m^3] =$	
$H_L$ = altezza della fascia di lavoro dell'invasore di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozzettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	$H_L [cm] =$	
$D_w$ = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in <b>allegato W7</b> utilizzando $Q_L$ ed $H_L$ .	$D_w [cm] =$	
Definizione del volume di invasore realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro $D$ [cm] = $H_L$ [cm] - Lunghezza tubi $L_t$ [m] = $V_{INVASO} / ((D/100)^2 \times 0,78)$	$D$ [cm] =	
	$L_t$ [m] =	

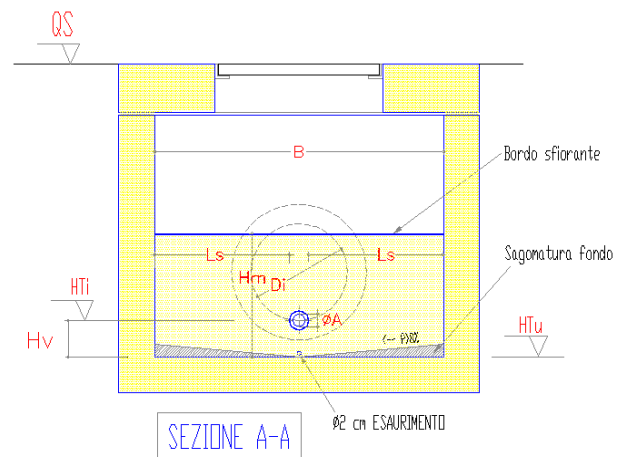
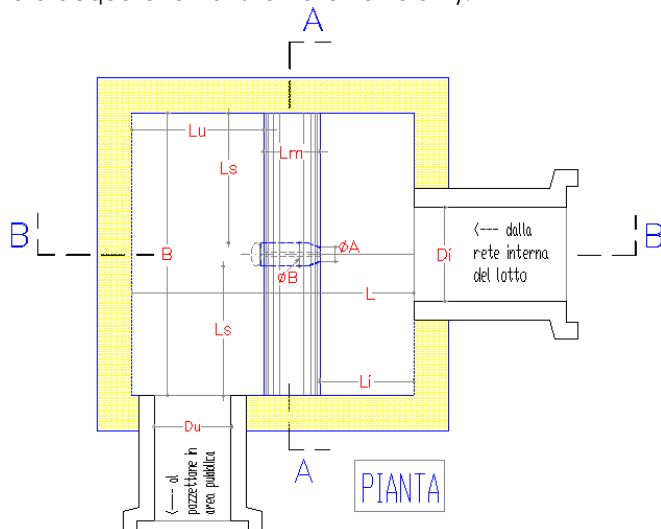
## 09 - ALLEGATO W9 – IL POZZETTO DI LAMINAZIONE

### 09.1 – DESCRIZIONE

Prendendo a riferimento le figure seguenti vengono presentati alcuni schemi per la realizzazione di un **pozzettone di controllo in uscita di un sistema di laminazione per detenzione**. Si espongono inoltre alcune considerazioni circa il dimensionamento dello stesso pozzettone di laminazione.

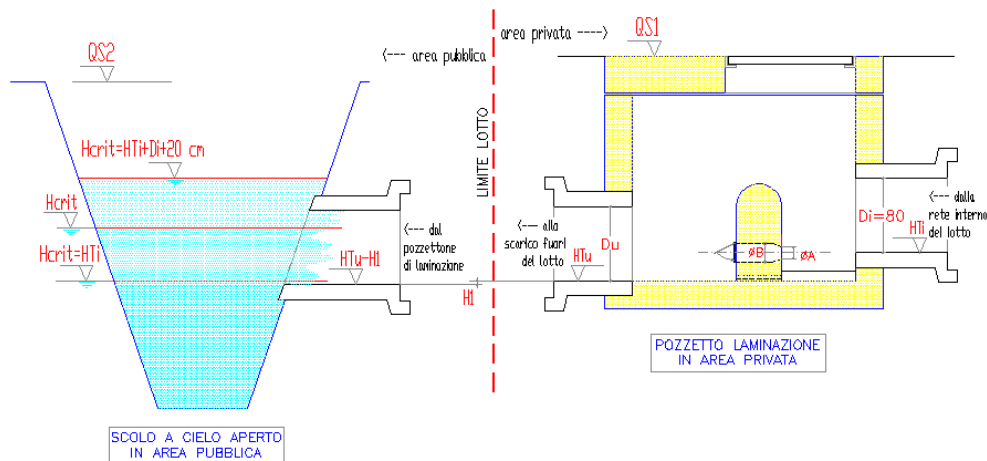


Nei due spaccati é evidente il collettore di arrivo **F** (ad esempio dall'anello di fognatura bianca a diametro maggiorato attorno all'edificio) che sbocca in **B** entro il pozzetto **L**. Il pozzettone viene diviso da un muretto **E** con profilo sfiorante **D**. L'acqua in arrivo dall'anello di invaso perviene al vano **M** dove subisce una parziale riduzione del materiale trasportato per la presenza di un'altezza di deposito **I**. Nel vano **M** il pelo libero si alza fino a riempire il volume di deposito. Con **A** indichiamo i manufatti necessari a proteggere le luci di deflusso parzializzato (ad es. griglie). Il profilo sfiorante **D** risulta grossomodo in linea col filo superiore della tubazione **F**. Con semplice luce di deflusso a forma circolare la portata in uscita varia fra il valore 0 (tirante uguale allo scorrimento del tubo) e il valore massimo al momento dello sfioro in **D**. Esistono in commercio manufatti da collocare in **A** in grado di garantire il valore costante della portata di laminazione fra i due estremi di tirante indicati (ad es. la valvola di Mosbaek); con detti manufatti è possibile mantenere sensibilmente costante lo scarico dell'acqua al vano di valle **H** in modo invariante rispetto il livello del pelo libero in **M** e in tal modo ottenendo il miglior rendimento del processo di laminazione. E' buona norma munire gli sbocchi delle luci di deflusso sono protetti da "porte" **G** anti riflusso. Al tempo di ritorno fissato per il dimensionamento del sistema, l'acqua sfrutta tutto l'invaso di monte e si alza fino a raggiungere il bordo di sfioro **D**; al tempo di ritorno fissato per la verifica si dimensiona lo stramazzo in modo da far transitare con sicurezza l'acqua in eccesso (differenza tra acqua in arrivo da monte e acqua che transita nelle valvole **A**).







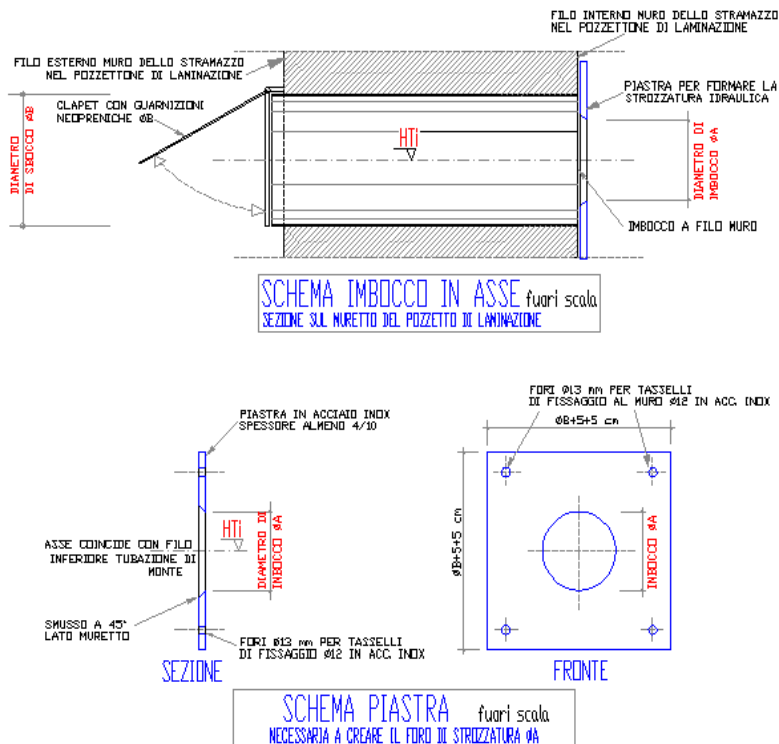


Caso **B**: SCHEMA PUNTO DI SCARICO IN CANALE A CIELO APERTO

Nella progettazione dello scarico il parametro più importante è **Hcrit** cioè la quota massima che raggiunge il pelo libero, nel ricevente, durante i grandi eventi di pioggia. Se **Hcrit** risulta maggiore di **HTi** occorre dotare i fori nel pozzettone di laminazione di valvole di non ritorno. Un valore massimo consigliabile per **Hcrit** è il valore di quota ottenuto sommando ad **HTi** il diametro del tubo di laminazione; se il valore supera detto valore non può essere garantita la laminazione in quanto ovviamente l'acqua rigurgita all'interno direttamente dallo stramazzo di controllo. Con valori di **Hcrit** compresi fra **HTi** e **HTi+Di** converrà, per sicurezza, aumentare convenientemente la lunghezza del tubo di laminazione utilizzando un coefficiente correttivo **CC1**, espresso come aliquota decimale da sommare all'unità con cui correggere il valore **L** calcolato. Si può porre **CC1**=0 quando **Hcrit** è sempre minore o uguale a **HTi** e **CC1**=0,8 quando **Hcrit** può assumere un valore pari a **HTi+Di** (eventualmente con interpolazione lineare per situazioni intermedie).

### 09.3 - PARTICOLARI STROZZATURA IDRAULICA

La strozzatura idraulica sul muretto del pozzetto di laminazione può essere eseguita, senza spesa eccessiva, nel modo visualizzato nella figura successiva. Il sistema evidenziato è studiato in modo da ridurre il rischio intasamento nel foro di passaggio.



E' consigliabile utilizzare carpenteria in acciaio inox in modo da ridurre gli interventi di manutenzione. La strozzatura **ΦA** è ovviamente sensibile a fenomeni di intasamento collegati alla presenza di materiale intasante entro il volume di laminazione (sacchetti di plastica, materiale in sospensione, ecc...); per tale motivo è necessario programmare un efficiente **piano di manutenzione**.

## 10 - ALLEGATO W10 – METODI ALTERNATIVI PER LA STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Metodi validi in particolare per le **aree urbanizzate**.

### METODO DI CALCOLO N°1

Utilizzare la relazione

$$T_c = T_E + T_R / 1,5 \text{ con}$$

**$T_c$** =tempo di corrivazione [min];

**$T_R$** =tempo di rete [min] ovvero durata del percorso idraulicamente maggiore lungo il bacino, calcolabile con la relazione  $T_R = \sum L_i / V_{ri}$  dove  **$L_i$**  [m] è la **lunghezza** di ogni singolo tratto del percorso idraulicamente più lungo e  **$V_{ri}$**  [m/min] la corrispondente **velocità** a pieno riempimento, da calcolare, ad esempio, con l'espressione a moto uniforme di Chézy-Strickler  $V_r = K_s R_H^{2/3} i^{1/2}$ . La sommatoria è estesa a tutti i sotto-percorsi che definiscono il percorso idraulicamente più lungo della particella d'acqua;

**$T_E$** =tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 15 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...).

Il metodo di calcolo n°1 può essere utilizzato in lotti/bacini già ampiamente urbanizzati, dotati di una rete di drenaggio sviluppata, ramificata e nota.

### METODO DI CALCOLO N°2

Utilizzare la relazione

$$T_c = T_E + 60 \times (0,04 \times (S \times L_M)^{0,4}) \text{ con}$$

**$T_c$** =tempo di corrivazione [min];

**$T_E$**  = tempo di entrata in rete, variabile fra 15 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...);

**$S$** =superficie area di drenaggio espressa in ha;

**$L_M$** =percorso più lungo compiuto da una particella d'acqua entro il lotto/bacino (valore espresso in m).

Il metodo di calcolo n°2 può essere utilizzato in lotti/bacini poco urbanizzati o qualora si abbia una conoscenza limitata della rete di drenaggio. In mancanza di conoscenze dirette il parametro  $L_M$  può essere stimato in prima approssimazione eseguendo la radice quadrata del valore  $S$  espresso in  $m^2$ .

### METODO DI CALCOLO N°3

Utilizzare la relazione

$$T_c = 60 \times (L_M / (V_c \times 3600)) + t_E \text{ con}$$

**$T_c$** =tempo di corrivazione [min];

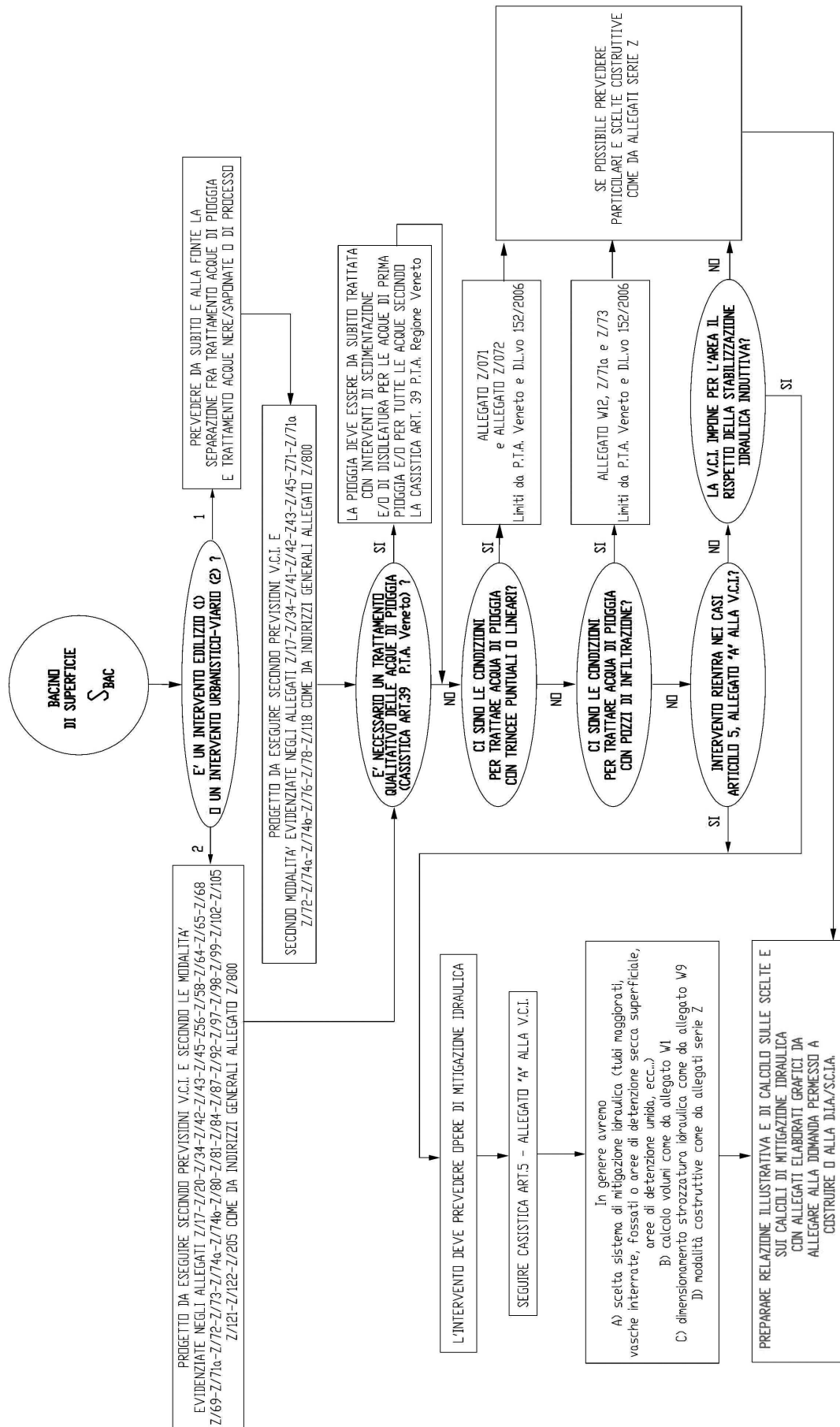
**$L_M$** =percorso più lungo compiuto una particella d'acqua (valore espresso in m);

**$V_c$** =velocità media di scorrimento, indicativamente variabile fra 0,1 e 1,5 m/s;

**$T_E$**  = tempo di entrata in rete, variabile fra 15 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...).

Il metodo n°3 può essere utilizzato in lotti/bacini già ampiamente urbanizzati nei quali sono sconosciute le caratteristiche della rete di drenaggio.





## 12 - ALLEGATO W12 – POZZI DI INFILTRAZIONE

### 12.1 – DEFINIZIONE DEL MANUFATTO STANDARD

Se gli strati superficiali di suolo sono caratterizzati da terreni con permeabilità non trascurabile e se la falda è profonda almeno 2,5-3,5 m dal piano campagna può essere valutato di conferire nel sottosuolo le acque di pioggia previo trattamento per l'eliminazione del materiale trasportato in sospensione.

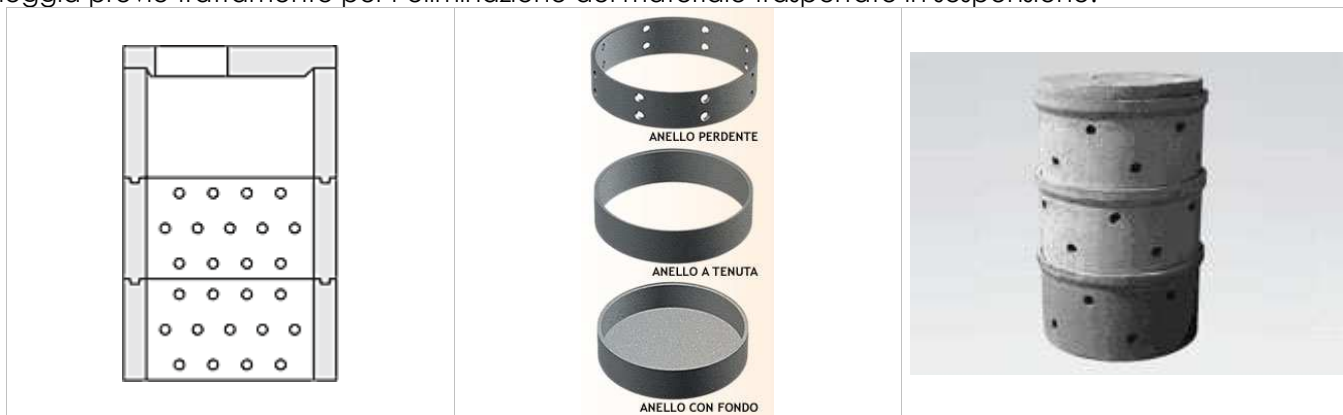


figura 12.1 : Parti prefabbricate per pozzi di dispersione

Viene di seguito illustrato un sistema di dispersione realizzabile assemblando semplici manufatti in c.a.p. ordinariamente rintracciabili in commercio (piastre circolari, anelli di dispersione perdenti, anelli a tenuta, ecc..., vedi **figura 12.1**). Il manufatto che ora illustreremo oltre ad avviare nel sottosuolo l'acqua di pioggia permette la decantazione del materiale solido normalmente presente nei reflui di fognatura bianca originati da superfici residenziali e/o produttive/commerciali (in questo ultimo caso con attività che non devono essere comunque inquinanti).

L'acqua di drenaggio viene fatta confluire ad un vano interrato **V1** composto da anelli a tenuta **C** e da due piastre di copertura **B** (vedi **figure 12.2** e **12.3**); ambedue le piastre sono dotate di aperture per la manutenzione (a piano campagna un passo d'uomo **D** presidiato da un chiusino **A** e sul fondo della vasca **V1** un chiusino in calcestruzzo **I**). Il numero minimo di anelli a tenuta tipo **C** è di 2, ma potranno prevedersi altri anelli in funzione del valore della quota di scorrimento del tubo **F** in arrivo rispetto al piano campagna (**Ht**). Sulla piastra inferiore **B** viene ricavato un ulteriore foro su cui si inserisce uno spezzone di tubo avente diametro pari a 1,5 volte quello del tubo in arrivo (tubo **H**); il tubo **H** permette il collegamento fra vano superiore **V1** e vano inferiore **V2**. Il vano inferiore **V2** (vedi **figura 12.4**) è formato da anelli di dispersione **L** appoggiati su un cordolo **N** in calcestruzzo armato.

Il funzionamento del manufatto è semplice: quando l'acqua di pioggia in arrivo dal tubo **F** entro il vano **V1** supera l'altezza del tubo **H** (indicata con **Hs**) inizia a sfiorare entro il tubo **H** e passa alla camera inferiore **V2**; il tempo di permanenza dell'acqua di pioggia nella camera superiore **V1** permette la separazione della parte solida presente sul refluo in arrivo (deposito sedimento indicato con **G**).

Procederemo ora a determinare le modalità di dimensionamento del pozzo perdente. Le ipotesi su cui si basa la procedura sono:

→ si ipotizza che eventuali livelli di falda freatica non creano disturbo ne arrivano a minare l'operatività del pozzo perdente. L'ipotesi deve essere appurata prima di utilizzare questa metodica di dispersione;

→ il terreno circostante il pozzo di dispersione risulta permeabile. Cautelativamente, come vedremo più avanti, si ipotizza per il terreno circostante un coefficiente medio di infiltrazione **Ks** pari a  $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}$  (valore caratteristico della sabbia fine). Si ricorda che la conduttività idraulica **Ks** dipende fortemente dalla temperatura (una diminuzione della temperatura da 25 a 5°C comporta un decremento del 40% della stessa conduttività idraulica);

→ la determinazione dei parametri di dimensionamento viene eseguita sulla base di curve di possibilità pluviometrica valevoli per il territorio pedemontano veneto o assimilabile e relative ad un tempo di ritorno degli eventi massimi annuali di precipitazione non inferiore a 50 anni.

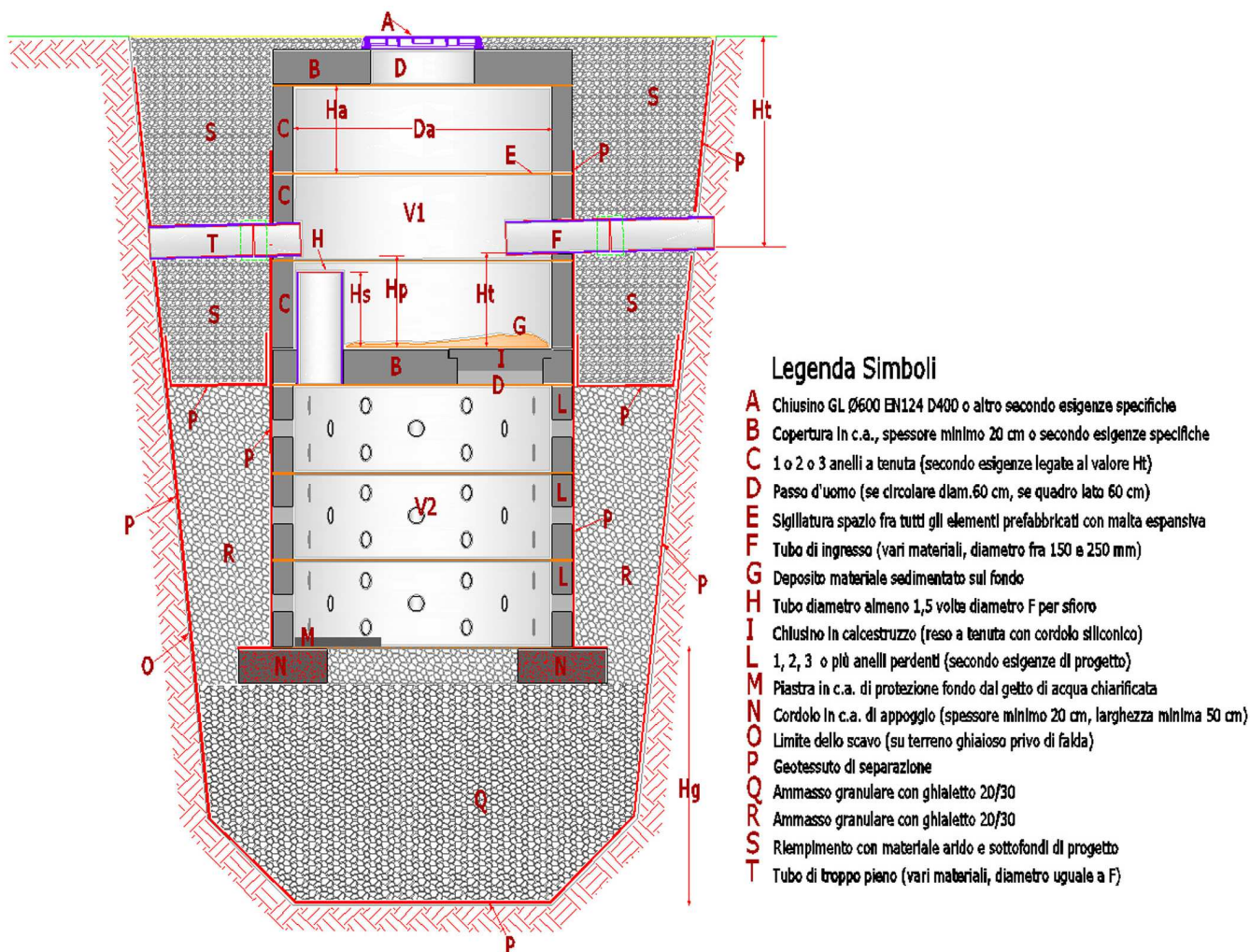


Figura 12.2 – Schema pozzo di dispersione

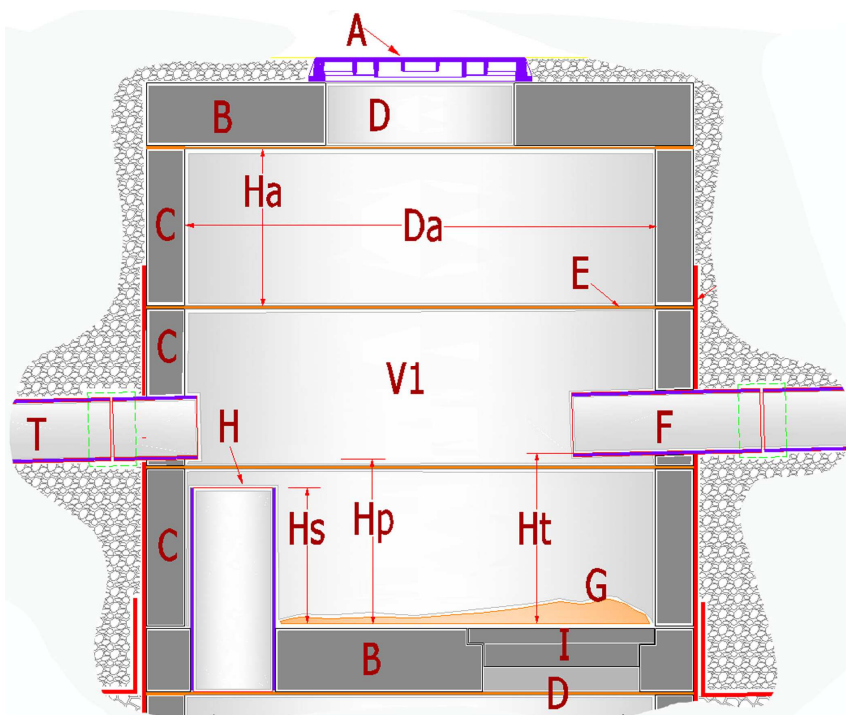


Figura 12.3 – Particolare vano interrato V1 del pozzo tipo di dispersione

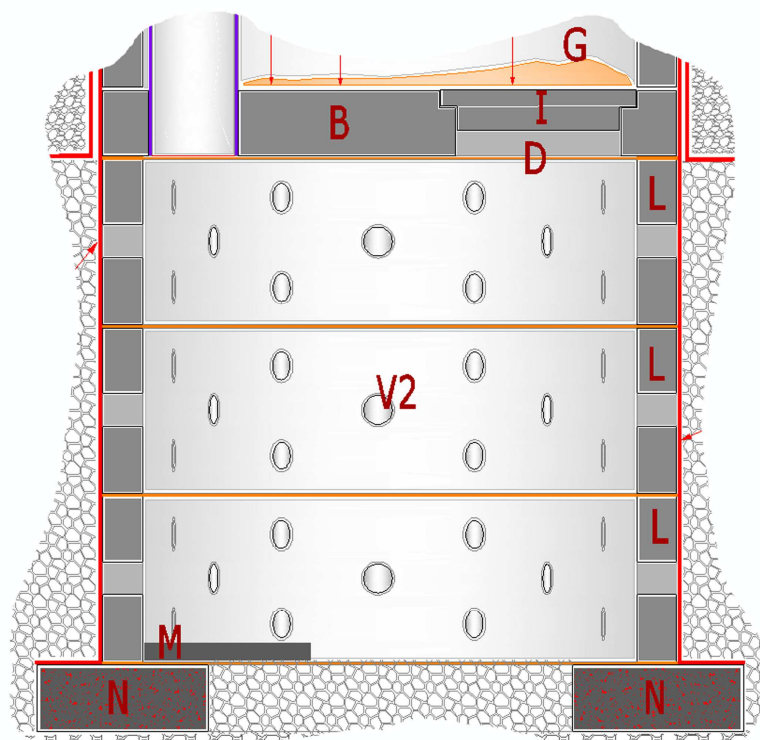


Figura 12.4 – Particolare vano interrato **V2** del pozzo tipo di dispersione

## 12.2 - DIMENSIONAMENTO DEL VANO DI DISPERSIONE

Per il dimensionamento degli anelli di dispersione nel vano inferiore **V2** si esegue una comparazione fra il flusso di acqua di pioggia in arrivo, il coefficiente medio di conduttività idraulica **Ks** relativo al suolo nell'intorno del pozzo ed il volume immagazzinabile. Facciamo riferimento allo schema rappresentato nella **figura 12.5**.

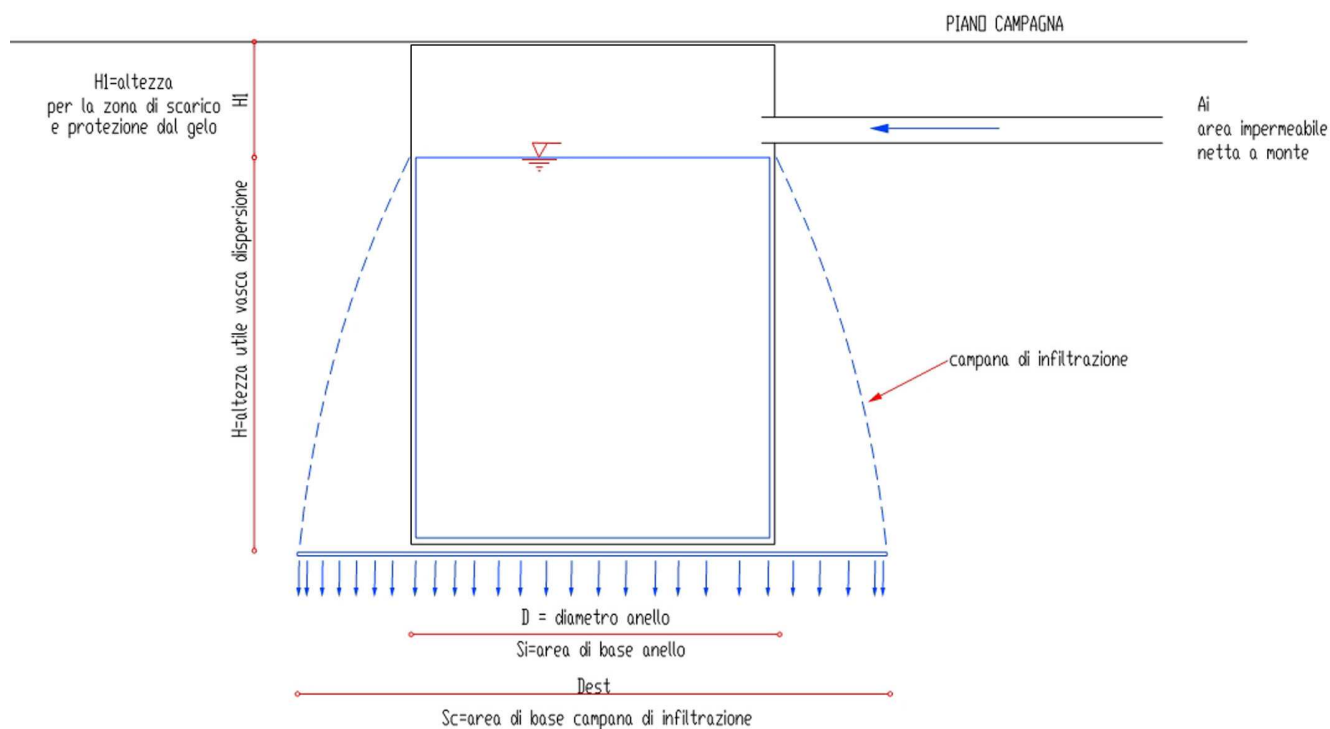


Figura 12.5 – Schema per il modello di calcolo



Assegnato il tempo di ritorno  $T_r$  della precipitazione, e quindi le curve di possibilità pluviometrica che regolano la quantità di precipitazione da trattare, uno dei metodi di calcolo più utilizzati comporta l'utilizzo ricorsivo della relazione:

$$V = J \cdot A_i \cdot t - K_s \cdot S_c \cdot t \quad (1)$$

essendo  $V$  il volume massimo immagazzinabile all'interno del pozzo di infiltrazione ( $m^3$ );  $J$  l'intensità di precipitazione ( $m/s$ );  $A_i$  l'area "efficace" del bacino di drenaggio (ovvero l'area "ridotta" del bacino con coefficiente di deflusso fittizio pari a 1);  $t$  la durata della precipitazione critica (sec);  $K_s$  la conduttività idraulica ( $m/s$ );  $S_c$  l'effettiva superficie di infiltrazione (base della campana di infiltrazione) in  $m^2$ .

Qualora il volume  $V$  sia riempito con materiale in grado di garantire un porosità  $N$  avremo  $V_e$  = volume effettivo = volume dei vuoti =  $N \cdot V$ . Tale relazione fra volume effettivo e volume totale risulta utile per tener conto della presenza di eventuali ammassi granulari sotto il volume di dispersione  $V_2$  (vedi figura 12.2).

Per stimare l'effettiva area di infiltrazione si utilizza la relazione  $S_c = A_1 \cdot S_i^{N_1}$  essendo  $S_i$  l'area di base dell'anello di dispersione,  $A_1 = 2740,5 \cdot K_s^{0,5086}$  ed  $N_1 = 0,0168 \cdot K_s^{-0,2893}$  (vedi Freni G., Oliveri E., Viviani G. "Infiltration facilities design: comparison between simplified approaches and detailed physically based modelling", Novatech 2004).

I dati di precipitazione relativi a stazioni pluviometrografiche della pedemontana veneta sono stati rielaborati in modo da determinare per il tempo di ritorno di 50 anni le curve di precipitazione espresse nella formula monomia  $h = a \cdot t^n$ ; le curve sono state ricavate per determinati intervalli temporali e di conseguenza sono state determinate varie coppie di valori  $a$  ed  $n$ . I calcoli statistico-probabilistici sono stati sviluppati adottando la funzione di probabilità  $EV1$  con adattamento al campione secondo i momenti pesati in probabilità. Riassumiamo di seguito i risultati delle elaborazioni ( $R$ =coefficiente di correlazione):

durata fra 15 e 45 min	→	$h = 66,27 t^{0,560}$ con $R = 1$
durata fra 30 e 60 min	→	$h = 64,22 t^{0,498}$ con $R = 0,999$
durata fra 45 e 180 min	→	$h = 61,72 t^{0,232}$ con $R = 0,983$
durata fra 60 e 360 min	→	$h = 63,80 t^{0,199}$ con $R = 1$
durata fra 180 e 720 min	→	$h = 59,89 t^{0,245}$ con $R = 0,996$
durata fra 360 e 1440 min	→	$h = 53,44 t^{0,297}$ con $R = 1$

E' stato predisposto infine un piccolo modello di calcolo basato sull'uso della formula (1); fissati i valori  $A_i$ ,  $K_s$  e  $S_c$  la relazione (1) è stata applicata iterativamente fino a coprire tutti i tipi di pioggia compresi fra 10 min e 1440 min arrivando parallelamente a determinare il valore massimo raggiunto dal parametro  $V$ . I risultati delle elaborazioni sono riassunti nel grafico evidenziato nella figura 12.6 seguente. L'uso del diagramma di figura 12.6 è semplice. Una volta definita l'area impermeabile di monte è possibile determinare facilmente la combinazione fra diametro interno  $D$  degli anelli disperdenti e l'altezza  $H$  (parte effettivamente disperdente) del pozzo. Si rimanda il lettore all'esempio applicativo presentato a fine allegato.

### 12.3 - DIMENSIONAMENTO DEL VANO DI SEDIMENTAZIONE

Dimosteremo ora che il dimensionamento idraulico permette indirettamente il corretto dimensionamento del volume  $V_1$  (vedi figura 12.3) dove avviene la sedimentazione del materiale trasportato in sospensione. In altro modo si intende dire che una volta dimensionato il comparto di infiltrazione  $V_2$  è automaticamente dimensionato anche il comparto di sedimentazione  $V_1$ . Il dimensionamento del comparto di sedimentazione viene eseguito utilizzando la legge di Stokes che permette di stimare la velocità di sedimentazione  $V_s$ :  $V_s = ((RO_s - RO_L) \cdot g \cdot D_p^2) / (18 \cdot \mu_u)$  essendo  $RO_s$  la densità media della particella,  $RO_L$  la densità dell'acqua,  $D_p$  il diametro della particella,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $\mu_u$  la viscosità cinematica dell'acqua. Ponendo come obiettivo la separazione delle particelle con diametro  $D_p > 0,2 \text{ mm}$  si ottiene una velocità teorica di sedimentazione pari a  $V_s = 1,1 \text{ cm/sec}$ ; nel nostro caso all'interno del comparto di sedimentazione (definito dall'anello più basso che compone il volume  $V_1$ , vedi figura 12.3) l'altezza massima dell'acqua al momento dello sfioro verso il comparto di infiltrazione è pari<sup>1</sup> a circa 45 cm e quindi il tempo di sedimentazione è stimabile in 41 sec. La superficie del comparto di sedimentazione minima tale da garantire un carico superficiale minore della velocità di sedimentazione vale  $0,502 \text{ m}^2$  per l'anello di dispersione da 80 cm di diametro,  $0,785 \text{ m}^2$  per l'anello con diametro 1 m,  $1,767 \text{ m}^2$  per il diametro 1,5 m;  $3,142 \text{ m}^2$  per il diametro 2 m ed infine  $4,909 \text{ m}^2$  per il diametro 250 cm. Per tali superficie la portata media massima accettabile in entrata è pari a  $0,011 \cdot (3,141592 \cdot D_a^2 / 4)$ . In definitiva abbiamo 5,5 l/s per il diametro 0,8 m; 8,6 l/s per il diametro 1 m; 19,4 l/s per 1,5 m di diametro; 34,5 l/s per il diametro 2 m ed infine 54 l/s per l'anello da 250 cm. Considerando una intensità di pioggia di  $0,10 \text{ m/ora} = 0,027 \text{ mm/sec}$  ed un coefficiente di deflusso unitario, alle portate sopraesposte corrispondono secondo il metodo della corrivazione le superfici drenanti rispettivamente di  $198 \text{ m}^2$ ,  $310 \text{ m}^2$ ,  $698 \text{ m}^2$ ,  $1242 \text{ m}^2$  e  $1944 \text{ m}^2$ . Detti valori sono sempre maggiori dei corrispondenti valori di area drenante gestita dagli anelli di dispersione fino alla profondità di 6

<sup>1</sup> In genere  $H_a$  (vedi figura 12.2 o figura 12.3) è pari a 50 cm;  $H_s$  potrà essere dell'ordine dei 45 cm,  $H_t$  dell'ordine dei 55 cm e  $H_p$  dell'ordine dei 60 cm.

m (vedi grafico in **figura 12.6**) e quindi il comparto di sedimentazione nei termini proposti in **figura 12.3** risulta sempre "adeguato" allo scopo.

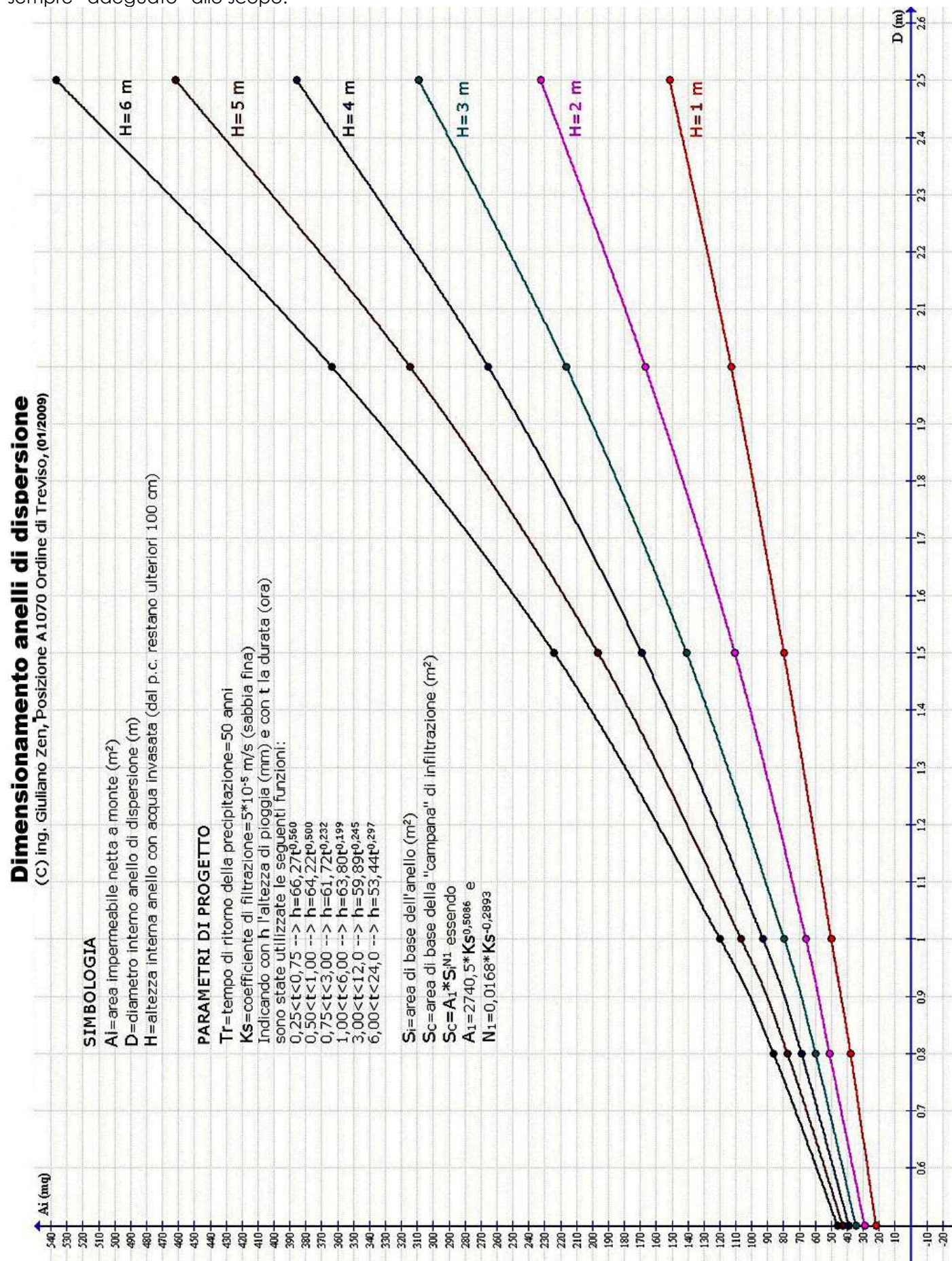


Figura 12.6 – Grafico per il dimensionamento dei pozzi disperdenti nella pedemontana

## 12.4 - CARATTERISTICHE DEL MANUFATTO

Tubo di immissione F. Il tubo **F** dovrà essere sufficientemente grande da facilitare la manutenzione periodica (almeno 150-250 mm di diametro) e dovrà avere un pendenza sufficiente a impedire il deposito di sedimenti (almeno 1 cm per m). Nella vasca di decantazione **V1** il tubo **F** dovrà sporgere di qualche decina di centimetri in modo che lo scarico sia più vicino possibile al centro della vasca.

Vano di decantazione. E' rappresentato dal volume **V1** formato dagli anelli a tenuta **C** visualizzati in **figura 12.2** e in **figura 12.3**; gli anelli a tenuta **C** si appoggiano sulla piastra **B** che copre il vano di infiltrazione e a loro volta sono coperti da una piastra **B** di copertura a piano campagna. L'accesso al vano di decantazione **V1** dovrà essere non impegnativo in modo da poter celermente provvedere all'asporto del materiale sedimentato (deposito **G**); per tale motivo si prevede un accesso **D** avente diametro minimo 600 mm (se circolare) o lato minimo 600 mm (se quadrato). Il volume di decantazione entro il vano **V1** è limitato dall'altezza **Hs** oltre il cui valore l'acqua comincia a tracimare attraverso il tubo **H** al vano inferiore di infiltrazione **V2**. Il volume offerto da **Hs** nella gran parte dei casi é sufficiente a garantire il deposito del materiale grossolano. La frequenza degli interventi per la rimozione del materiale sedimentato **G** dipenderà dalle caratteristiche dell'area di drenaggio, dipenderà cioè dalla capacità dell'area di monte di rilasciare materiale durante gli eventi di pioggia.

Vano di filtrazione. E' rappresentato dal volume **V2** racchiuso dagli anelli di dispersione **L** visualizzati in **figura 12.4**; al vano di infiltrazione si potrà accedere attraverso il passo d'uomo **D** attraverso un sigillo in c.a.p. **I**.

E' consigliabile che il pozzo di infiltrazione sia sempre posizionato con molta attenzione rispetto ad edifici, corsi d'acqua o altri pozzi vicini; in via del tutto cautelativa sarà bene che il manufatto sia posizionato almeno a 4-6 m da edifici, almeno a 20-30 m da corsi d'acqua ed almeno 15-20 m da pozzi.

Vediamo altri elementi caratteristici:

Il geotessuto. Una stuoia di geotessuto **P** deve separare il limite di scavo **O** dal manufatto di infiltrazione; il geotessuto deve inoltre rivestire gli anelli di dispersione e separare gli ammassi granulari realizzati con ghiaietto 20/30 dal terreno arido di riporto e sottofondo **S**.

Il sottofondo in materiale granulare. La realizzazione dell'ammasso granulare di altezza **Hg** non è un particolare obbligatorio; se ne può quindi fare a meno. Va considerato però che se il riempimento viene eseguito con ghiaietto 20/30 mm per l'ammasso si può stimare una porosità pari a 0,4 (rapporto fra il volume dei vuoti entro l'ammasso e il volume totale). Quindi il volume identificato da **Hg** e dal diametro **Da** corrisponde ad un ulteriore anello di dispersione avente altezza pari a **Hg\*0,4**.

Tubo di troppo pieno T. Il tubo **T** dovrà essere sufficientemente grande da facilitare la manutenzione periodica (come per il tubo **F** almeno 150-250 mm di diametro) e dovrà avere un pendenza sufficiente a impedire il deposito di sedimenti (almeno 1 cm per m). La soglia di presa (definita dall'altezza **Hp**) dovrà collocarsi sopra **Hs** ma sotto la quota di scorrimento del tubo **F**.

La **figura 12.7** visualizza le fasi realizzative del manufatto di immissione in falda delle acque di pioggia in arrivo da aree residenziali o anche di altro tipo ma, tassativamente, sempre a ridotto o nullo rischio inquinamento:

**Fase 1.** Si prepara lo scavo avente caratteristiche di profondità e larghezza dipendenti dai valori di dimensionamento determinati (valori **Ht**, **Hg** e numero di anelli di dispersione tipo **L**).

**Fase 2.** Si riveste pareti e fondo scavo con geotessuto di adeguata resistenza, durata e capacità filtrante.

**Fase 3.** Fino a raggiungere l'altezza **Hg** si posa e si costipa il ghiaietto 20/30 mm sul fondo dello scavo. Il ghiaietto deve essere tassativamente lavato, scevro da particelle fini e di fiume (quindi arrotondato).

**Fase 4.** Si esegue un cordolo di fondazione in corrispondenza dell'appoggio degli anelli di infiltrazione (sezione di almeno 20 cm di altezza e 40 cm di larghezza, in calcestruzzo almeno R'bk 250 kg/cm<sup>2</sup> armato con tondini in acciaio FeB44K a costituire staffe Fi8 a due bracci ogni 15 cm e 4 ferri correnti longitudinali sempre del tipo Fi8); la parte interna del cordolo viene riempita con ghiaietto simile a quello utilizzato nella fase 3.

**Fase 5.** Posa degli anelli di dispersione per realizzare il vano **V2**, aventi diametro **Da** ed altezza **Ha**. Sopra gli anelli viene posata una piastra con passo d'uomo per consentire la manutenzione straordinaria dello stesso vano **V2**; viene infine rivestita con geotessuto la parete esterna degli anelli di dispersione. Gli elementi in c.a.p. devono essere reciprocamente ammorsati con malta di cemento espansiva.

**Fase 6.** Riempimento dello spazio fra gli anelli del vano **V2** e le pareti dello scavo con ghiaietto delle medesime caratteristiche presenti alla fase 3. Formazione di un foro sulla piastra **B** di copertura del vano **V2** ed ammorsamento di un tubo **H** di diametro pari ad almeno 1,5 volte il diametro **F** del tubo di scarico dell'acqua di pioggia. Lo spezzone del tubo deve sporgere sopra la piastra **B** di copertura del vano **V2** per almeno l'80% dell'altezza **Ha** degli anelli di dispersione. Prima di passare alla fase successiva viene collocato sulla verticale del tubo **H** una piastra **M** in calcestruzzo armato prefabbricato a presidio antierosione del fondo del volume **V2**.



**Fase 7.** Posa di due anelli a tenuta per realizzare la prima parte del vano **V1**, anelli aventi diametro **Da** ed altezza **Ha**; gli anelli devono essere reciprocamente collegati con malta di cemento espansiva. Posa di stuoia di geotessuto sopra lo strato di ghiaietto 20/30 mm posato alla fase 4 e stesa di terreno arido, costipato per strati non superiori a 25 cm fino ad arrivare alla quota di scorrimento del tubo **F** e del tubo **T** (se previsto).

**Fase 8.** Posa dell'ultimo anello del vano **V1**, formazione dei fori sulle pareti e posizionamento dei tronconi di tubo **F** e **T** (quest'ultimo se previsto); i tubi vanno ammorsati utilizzando malta espansiva. I giunti che collegano gli spezzoni di tubo posati ed i rimanenti collettori di scarico o di troppo pieno devono essere collocati più vicino possibile alle pareti esterne degli anelli tipo **C**.

**Fase 9.** Posa della piastra **B** di copertura del vano **V1** e del chiusino di accesso/manutenzione **A**. Il chiusino **A** deve avere caratteristiche tali da non permettere il passaggio dei raggi di luce solare entro il volume **V1**.

**Fase 10.** Rinterro con materiale arido sopra i tubi di scarico e/o di troppo pieno e lavorazioni finali.

## 12.5 – ESEMPIO APPLICATIVO

Il sistema di drenaggio avrà un'area di influenza **A<sub>TOT</sub>** composta da tipi diversi di uso del suolo e di trattamento della superficie. Per determinare **A<sub>i</sub>** (vedi paragrafo 12.2), cioè la quantità di superficie impermeabile ovvero la superficie teorica netta di raccolta acqua, al netto cioè delle infiltrazioni ed evaporazioni, occorrerà di volta in volta fare una media pesata per tipologie di superficie attraverso opportuni coefficienti di deflusso **Ψ<sub>M</sub>**. In presenza di **m** superfici **A<sub>j</sub>** ognuna dotata di coefficiente di deflusso **Ψ<sub>Mi</sub>** il valore **A<sub>i</sub>** può quindi determinarsi con la seguente sommatoria estesa fra 1 ed **m**: **A<sub>i</sub>=ΣA<sub>j</sub>·Ψ<sub>Mi</sub>**. Valori tipici di **Ψ<sub>M</sub>** sono di seguito elencati: 01) *strade e piazze in asfalto o cls senza fughe*, 0,90; 02) *strade e piazze in massello con fughe strette*, 0,75; 03) *piazze e strade in ghiaia pressata*, 0,60; 04) *piazze e strade in massello con fughe larghe*, 0,50; 05) *piazze e strade in ghiaia non pressata*, 0,30; 06) *piazze e strade in masselli autobloccanti e masselli drenanti*, 0,25; 07) *piazze e strade in acciottolato erboso*, 0,15; 08) *coperture pendenti in acciaio, cls impermeabile o vetro*, 0,95; 09) *coperture pendenti in ardesia o materiale isolante*, 0,90; 10) *coperture pendenti meno di 3° in acciaio, cls o vetro*, 0,93; 11) *coperture pendenti meno di 3° in ardesia o materiale isolante*, 0,90; 12) *coperture pendenti meno di 3° in ghiaia*, 0,70; 13) *tetti verdi fino a 15° con spessore humus minore di 10 cm*, 0,50; 14) *tetti verdi fino a 15° con spessore humus maggiore di 10 cm*, 0,30. Ovviamente vale la relazione (con la sommatoria estesa fra 1 ed **m**) **A<sub>TOT</sub>=ΣA<sub>j</sub>**.

Il diametro interno degli anelli di dispersione che si trovano in commercio (valore **Da** evidenziato nella figura 12.2) sono usualmente di 50-80-100-150-200-250 cm; ogni anello è normalmente alto 50 cm, indipendentemente dal diametro, e presenta un certo spessore minimo legato al sistema produttivo. Ogni anello perdente presenta un certo numero di fori di drenaggio (indicativamente di diametro variabile fra 8 e 15 cm); se questi fori sono ben distribuiti ed in numero sufficiente l'esatta determinazione o previsione degli stessi non influenza in modo significativo il calcolo idraulico.

Illustriamo ora un esempio di dimensionamento di un sistema di dispersione nel sottosuolo delle acque di pioggia a mezzo pozzi perdenti realizzati con anelli di filtrazione. Siamo in presenza di un sottosuolo dotato di permeabilità non trascurabile, assimilabile a sabbia fina. In un lotto di terreno di complessivi 1.445 m<sup>2</sup> l'uso futuro del suolo prevede 4 tipi idrologici di uso della superficie e quindi 4 valori dei coefficienti **Ψ<sub>Mi</sub>**:

<b>A<sub>1</sub></b> = strada in asfalto senza fughe per 250 m <sup>2</sup> ,	<b>Ψ<sub>M1</sub></b> =0,90
<b>A<sub>2</sub></b> = slargo stradale in ghiaia non pressata per 650 m <sup>2</sup> ,	<b>Ψ<sub>M2</sub></b> =0,30
<b>A<sub>3</sub></b> = park e pedonale in masselli drenanti per 255 m <sup>2</sup> ,	<b>Ψ<sub>M3</sub></b> =0,25
<b>A<sub>4</sub></b> = edifici con copertura pendente in cotto per 290 m <sup>2</sup> ,	<b>Ψ<sub>M4</sub></b> =0,90

Applicando la relazione **A<sub>i</sub>=ΣA<sub>j</sub>·Ψ<sub>Mi</sub>** si ottiene **A<sub>i</sub>**=0,9x250+0,3x650+0,25x255+0,90x290=745 m<sup>2</sup>.

Utilizzando il grafico di figura 12.6 la superficie di 745 m<sup>2</sup> può essere coperta con tre perdenti realizzati con anelli di dispersione da 2 m di diametro e 3 metri di altezza netta interna, in grado di coprire quindi 216,7<sup>2</sup>\*3=650,1 m<sup>2</sup>; i rimanenti 745-650,1=94,5 m<sup>2</sup> verranno serviti da ammassi granulari sotto le fondazioni dei tre perdenti per i quali si ipotizza una valore di porosità pari a 0,4, quindi ognuno di spessore (9/650,1)\*94,5/0,4/3=1,09 m. Se lo scorrimento dei tubi di scarico si posiziona, per ogni perdente, a 100 cm di profondità dal piano campagna, lo scavo di ognuno dei tre pozzi sarà profondo 100+55+25+300+25+109=614 cm. Nel calcolo si è ipotizzato che le piastre di copertura siano spesse 25 cm e che l'area afferente di ogni perdente corrisponda ad 1/3 dell'intero lotto in termini di capacità di formare il flusso di pioggia.

<sup>2</sup> Nel grafico di figura 12.6 in corrispondenza a **D**=2 m ed **H**=3 m si ottiene **A<sub>i</sub>**=216,7 m<sup>2</sup>.



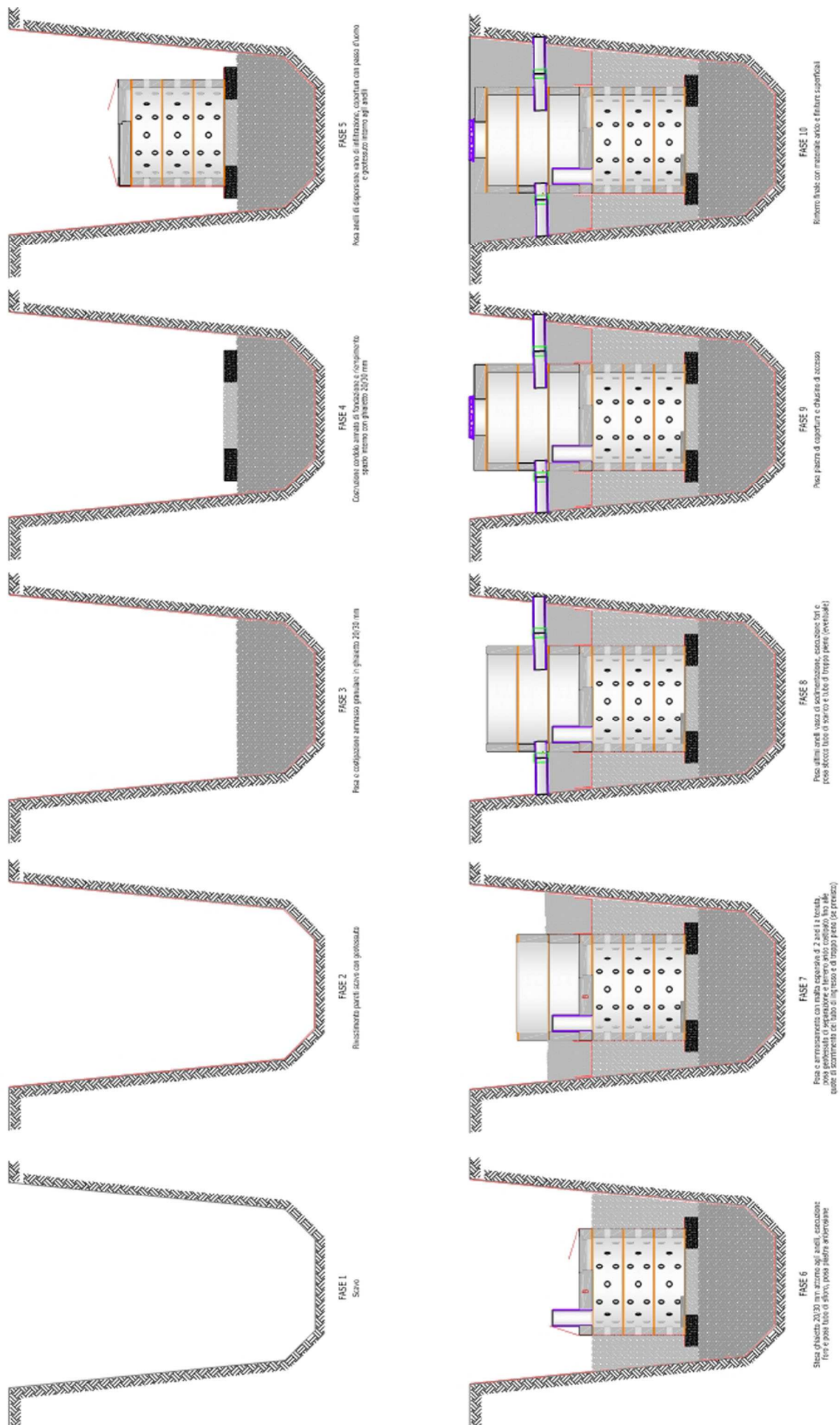
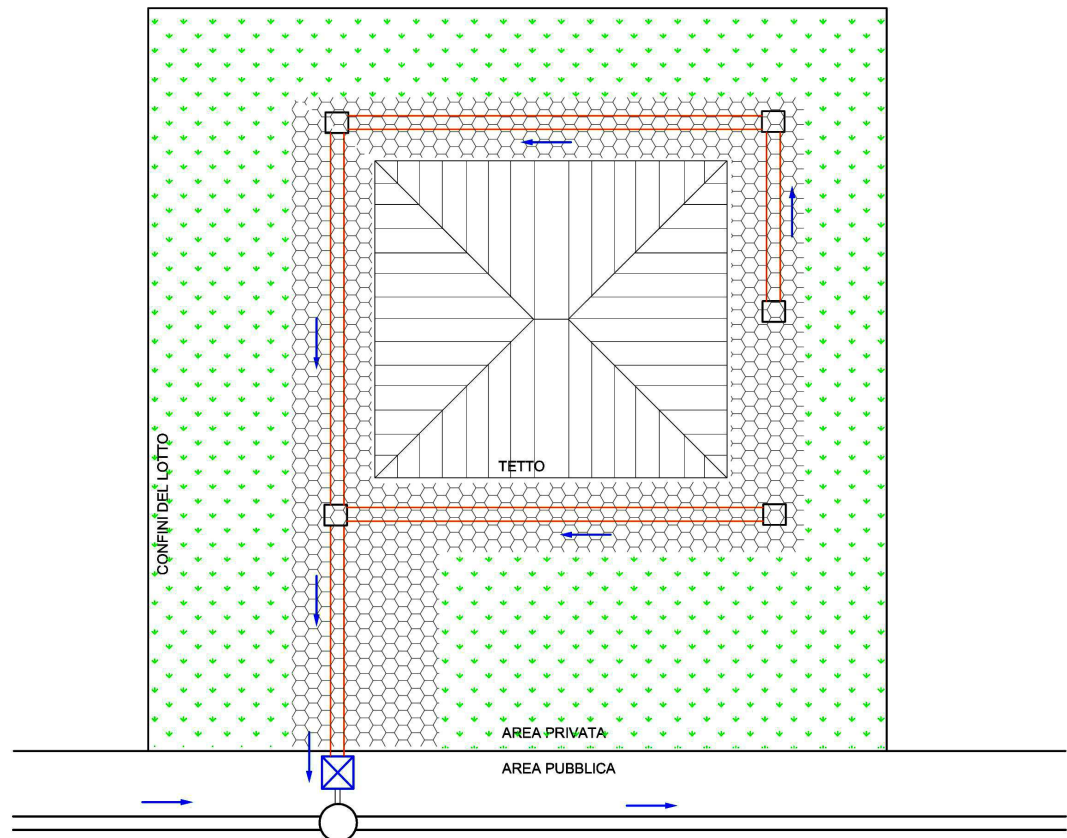
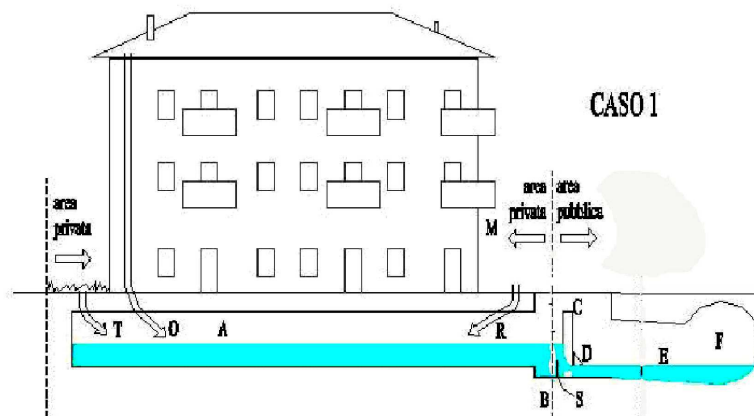


Figura 12.7 – Fasi lavorative per la costruzione del dispersore

## 13 - ALLEGATO W13 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI RICORRENTI



PLANIMETRIA



SEZIONE

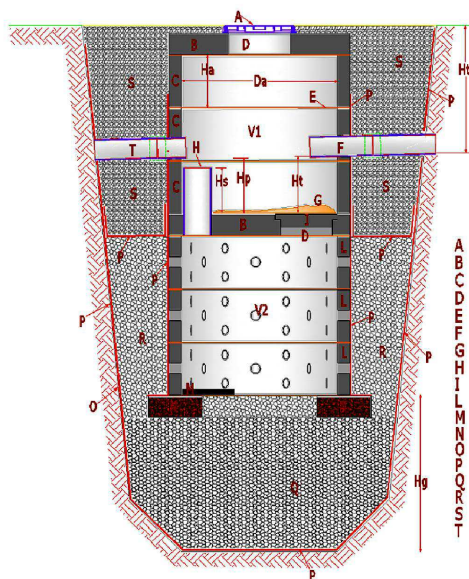
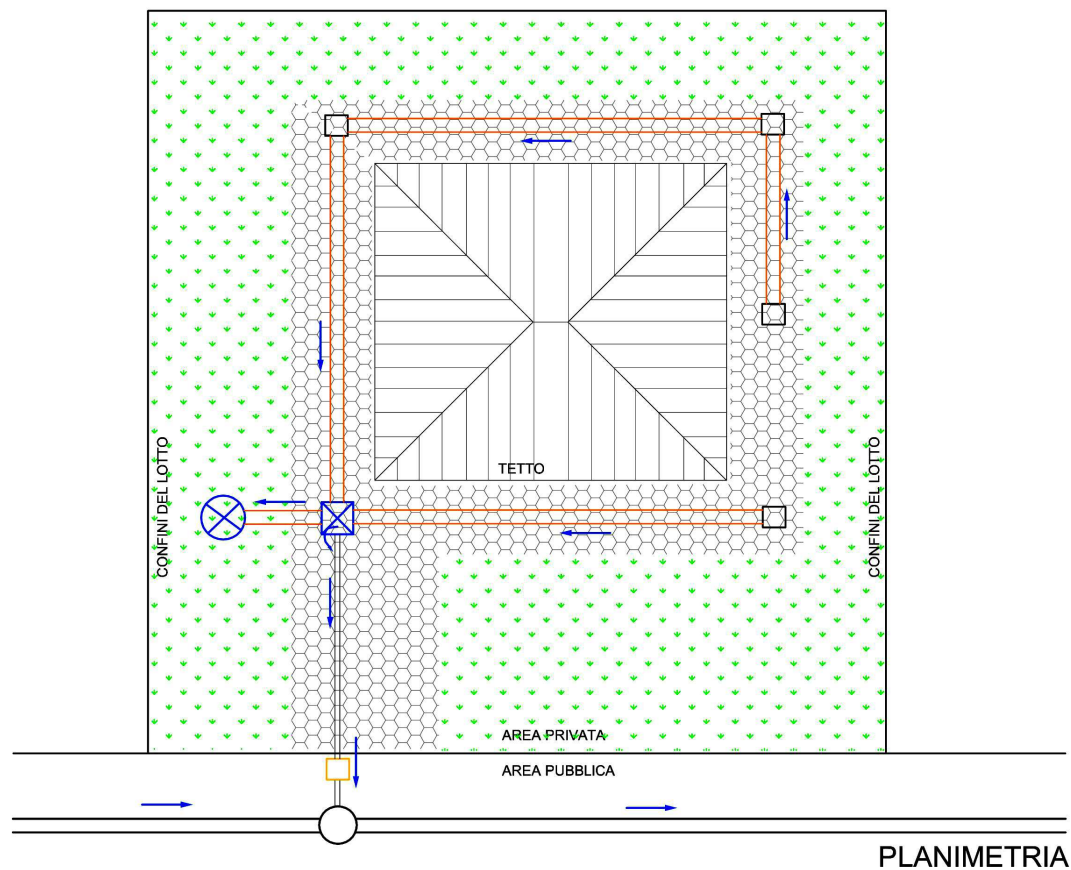
### LEGENDA PLANIMETRIA

- COLLETTORI DI INVASO MAGGIORATI (ES. 80 cm)
- POZZETTONE DI ALLACCIO/LAMINAZIONE (ES. 120x120) IN AREA PUBBLICA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AL LOTTO
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI DI ALLACCIO (ES. 30 cm)

**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE  
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA  
CON COLLETTORI MAGGIORATI E POZZETTONE  
DI LAMINAZIONE**

**W13/1**

Particolare Costruttivo **W13/1**



#### Legenda Simboli

- A Chiavine GL D600 B1124 D400 o altro secondo esigenze specifiche
- B Copertura in c.a., spessore minimo 20 cm o secondo esigenze specifiche
- C 1 o 2 o 3 anelli a tenuta (secondo esigenze legate al valore Ht)
- D Passetto d'uomo (se circolare diam. 60 cm, se quadrato lato 60 cm)
- E Sigillatura sparisce fra tutti gli elementi prefabbricati con malta espansiva
- F Tubo di ingresso (vari materiali, diametro fra 150 e 250 mm)
- G Deposito materiale sedimentato sul fondo
- H Tubo diametro almeno 1,5 volte diametro F per sfioro
- I Chiavine in calcestruzzo (reso a tenuta con cordolo all'incastro)
- L 1, 2, 3 o più anelli periferici (secondo esigenze di progetto)
- M Piastra in c.a. di protezione fondo dal getto di acqua chiarificata
- N Cordolo in c.a. di appoggio (spessore minimo 20 cm, larghezza minima 50 cm)
- O Limite dello scavo (su terreno ghiaioso privo di falda)
- P Geotessuto di separazione
- Q Ammasso granulare con ghiaietto 20/50
- R Ammasso granulare con ghiaietto 20/50
- S Riempimento con materiale arido e sottofondi di progetto
- T Tubo di troppo pieno (vari materiali, diametro uguale a F)

#### SEZIONE DISPENSORE

#### LEGENDA PLANIMETRIA

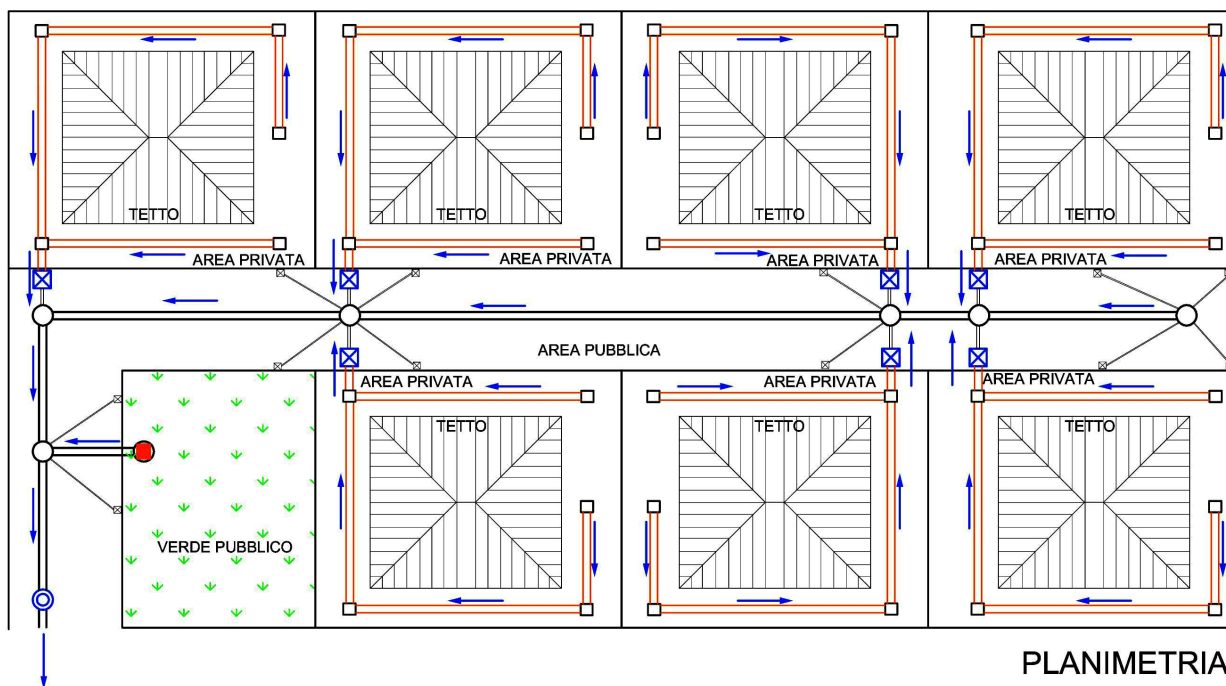
- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI (EVENTUALMENTE A DIAMETRO MAGGIORATO)
- POZZI DI DISPERSIONE
- POZZETTO GESTIONE TROPPO PIENO PER PIOGGE A TEMPO DI RITORNO MAGGIORE DI 50 ANNI
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AL LOTTO
- POZZETTO DI ALLACCIO IN AREA PUBBLICA
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORE ALLACCIO TROPPO PIENO (ES. 30 cm) PER FAR DEFLUIRE IL DIFFERENZIALE FRA LA PIOGGIA A TEMPO DI RITORNO SUPERIORE A 50 ANNI E LA PIOGGIA A TEMPO DI RITORNO PARI A 50 ANNI

MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE  
CON POZZI DI INFILTRAZIONE E TROPPO PIENO  
PER PIOGGE A TEMPO DI RITORNO NON  
INFERIORE A 50 ANNI

W13/2

Particolare Costruttivo W13/2





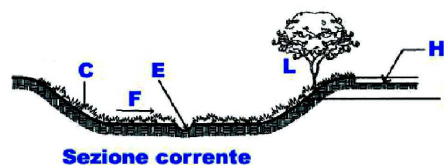
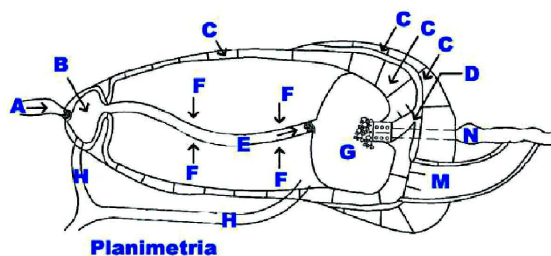
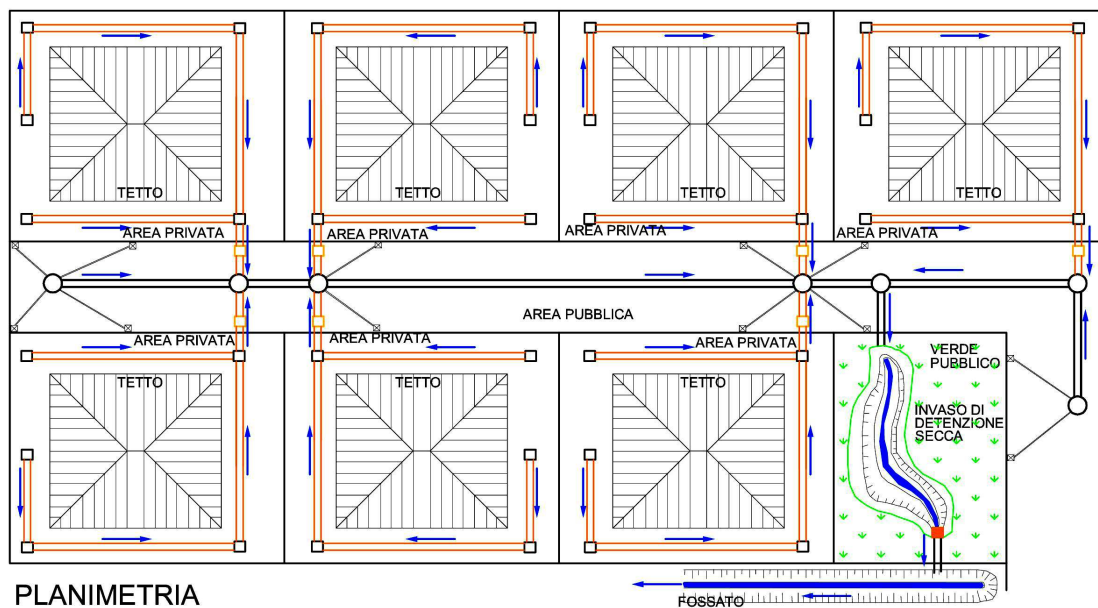
### LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI  
(DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- ⊙ POZZETTO LAMINAZIONE PARTE PUBBLICA DELLA LOTTIZZAZIONE
- ⊠ POZZETTI LAMINAZIONE PARTI PRIVATE DELLA LOTTIZZAZIONE  
COLLOCATO IN AREA PUBBLICA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI  
(DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI DI ALLACCIO (ES. 30 cm)
- ⊠ CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- POZZETTO PER GRIGLIATURA E SEDIMENTAZIONE  
DEL MATERIALE PESANTE E IN SOSPENSIONE  
ORIGINATO DALL'AREA VERDE

**MITIGAZIONE IDRAULICA MISTA PUBBLICO-PRIVATA  
CON DETENZIONE IN TUBI A DIAMETRO MAGGIORATO  
SIA IN AMBITO PRIVATO CHE IN AMBITO  
PUBBLICO**

**W13/3**

Particolare Costruttivo **W13/3**



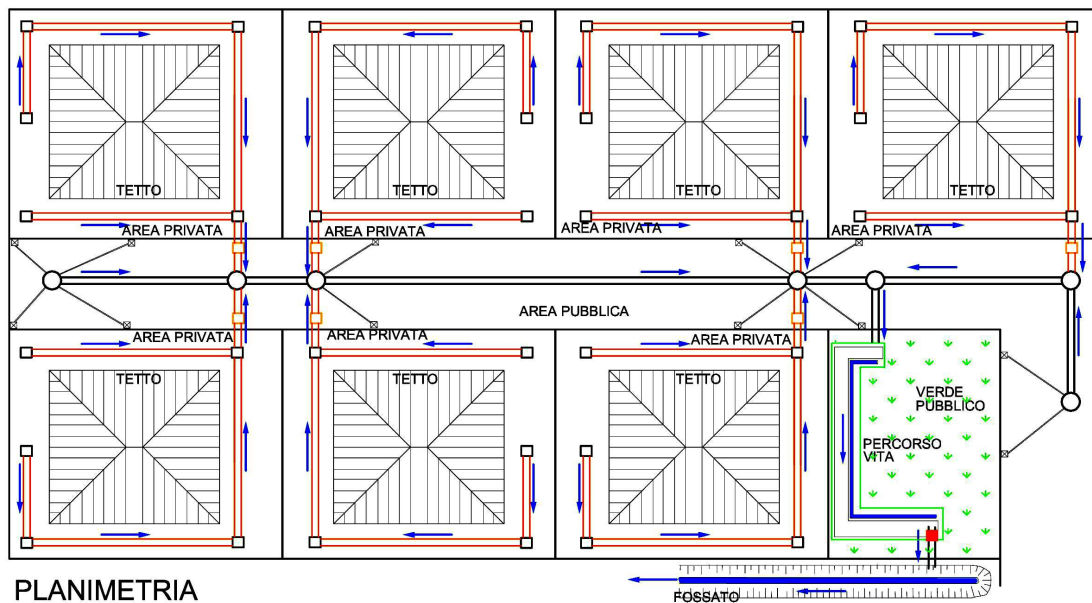
A=ingresso acqua di piena; B=bacino di ingresso (sedimentazione materiale); C=pendenze delle sponde inferiori al valore 1 su 3; D=stradina di accesso al manufatto di scarico; E=fossato di magra; F=fondo con pendenza di drenaggio intorno al 2%; G=bacino di uscita o di valle; H=accessi per la manutenzione; I=sponde e fondo inerbite o piantumate; L=alberi o arbusti sulla parte alta della depressione; M=sfioratore; N=scarico.

#### SCHEMA INDICATIVO PER L'INVASO DI DETENZIONE SECCA

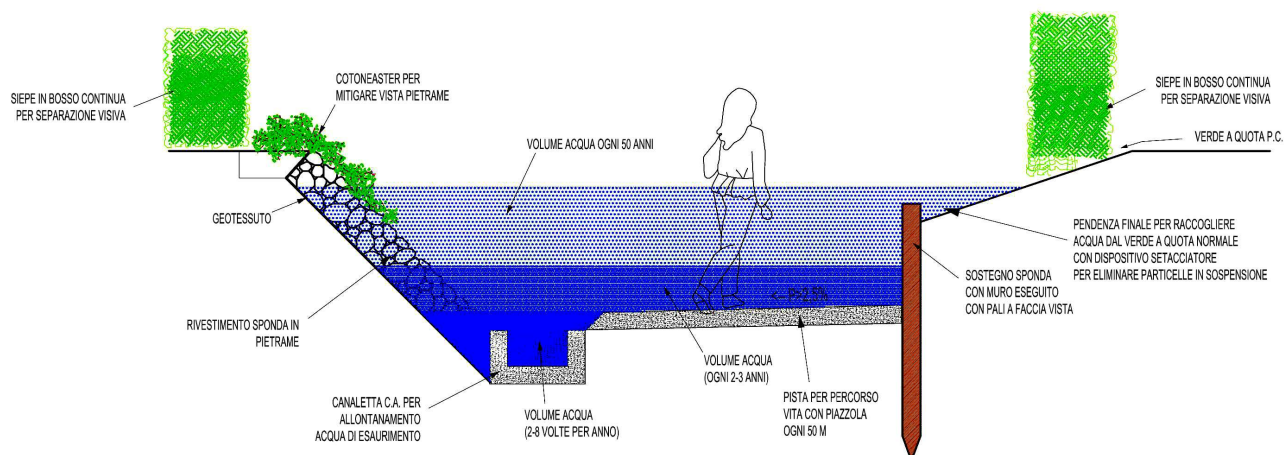
MITIGAZIONE IDRAULICA IN UNA LOTTIZZAZIONE  
CON INVASO A CIELO APERTO DI DETENZIONE SECCA  
IN AREA PUBBLICA CON SCARICO  
FINALE IN FOSSATO

**W13/4**

Particolare Costruttivo **W13/4**



- LEGENDA PLANIMETRIA**
- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI O DI ALLACCIO
  - POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
  - POZZETTI DI ALLACCIO ACQUE DI PIOGGIA IN AREA PUBBLICA
  - COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI
  - POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
  - DIREZIONE FLUSSO IDRICO
  - CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
  - TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
  - STROZZATURA IDRAULICA (BOCCA TASSATA)

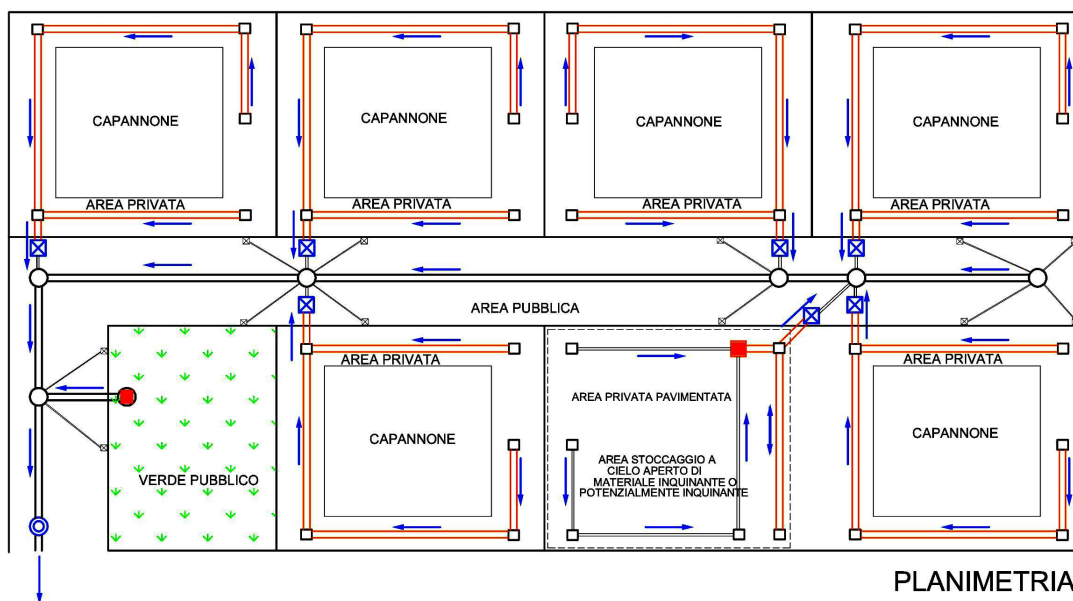


**SEZIONE INDICATIVA PERCORSO VITA CON FUNZIONE DI DETENZIONE IDRAULICA**  
(G. ZEN, 2005)

**MITIGAZIONE IDRAULICA IN UNA LOTTIZZAZIONE  
CON INVASO A CIELO APERTO DI DETENZIONE SECCA  
RICAVATO CON "PERCORSO VITA" RIBASSATO E  
CON SCARICO FINALE IN FOSSATO**

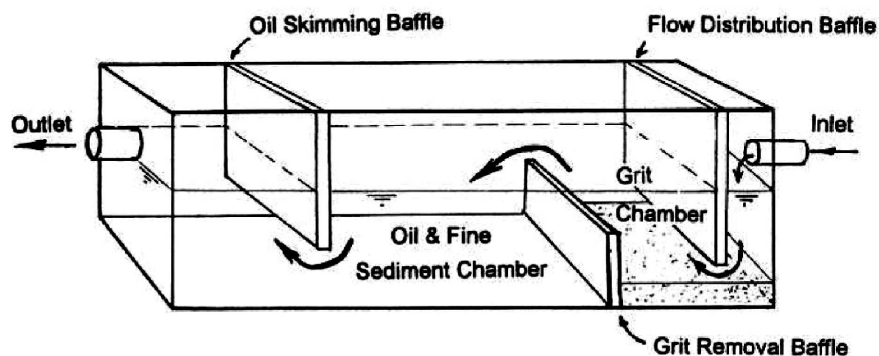
**W13/5**

Particolare Costruttivo **W13/5**



### LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATE (DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- ⊙ POZZETTO LAMINAZIONE PARTE PUBBLICA DELLA LOTTIZZAZIONE
- ⊠ POZZETTI LAMINAZIONE PARTI PRIVATE DELLA LOTTIZZAZIONE COLLOCATI IN AREA PUBBLICA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI (DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI NORMALI DI FOGNATURA BIANCA
- ⊠ CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- POZZETTO PER GRIGLIATURA E SEDIMENTAZIONE DEL MATERIALE PESANTE E IN SOSPENSIONE ORIGINATO DALL'AREA VERDE
- POZZETTO DI SEDIMENTAZIONE E DISOLEATURA CON BYPASS DI TROPPO PIENO IN AREA PRIVATA



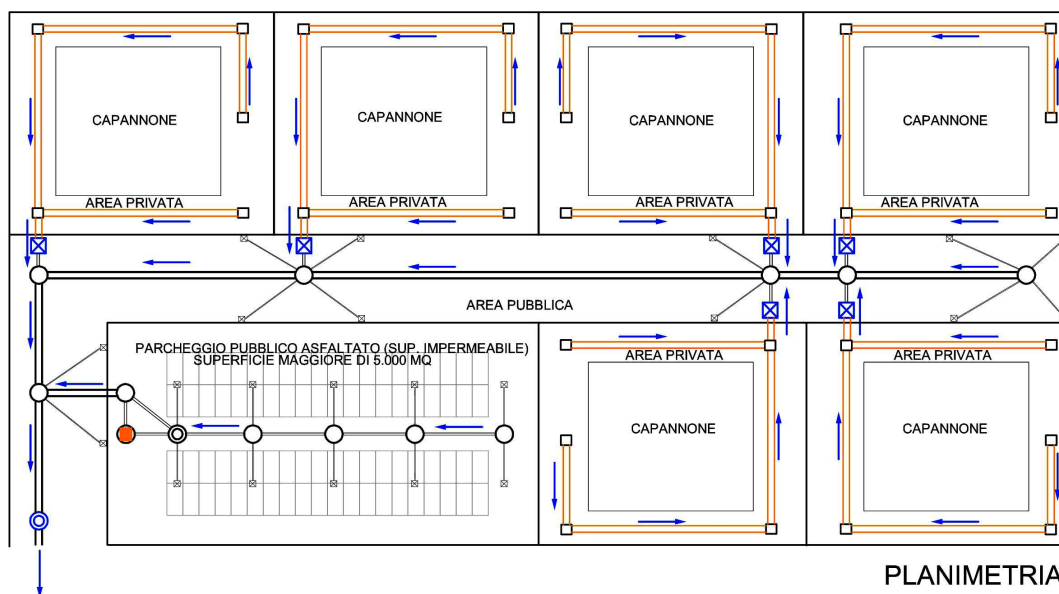
Oil, Grease and Sand Trap (After Neufeld, 1994)

### SCHEMA SEDIMENTATORE E DISOLEATORE

MITIGAZIONE IDRAULICA MISTO PUBBLICO-PRIVATA  
IN PDL PRODUTTIVO-COMMERCIALE CON DETENZIONE  
IN TUBI A DIAMETRO MAGGIORATO SIA IN AMBITO PRIVATO  
CHE IN AMBITO PUBBLICO E TRATTAMENTO QUALITATIVO DELL'ACQUA  
DI PIOGGIA IN AREA A RISCHIO INQUINAMENTO

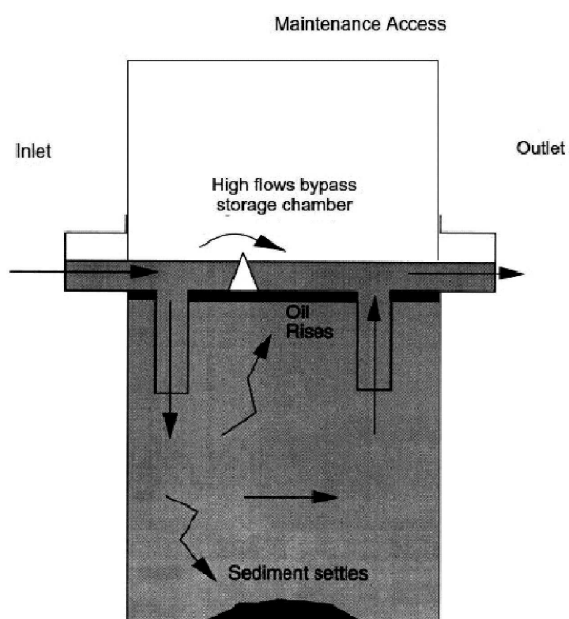
W13/6

Particolare Costruttivo W13/6



### LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATE (DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- ⊙ POZZETTO LAMINAZIONE PARTE PUBBLICA DELLA LOTTIZZAZIONE
- ⊠ POZZETTI LAMINAZIONE PARTI PRIVATE DELLA LOTTIZZAZIONE (COLLOCATI IN AREA PUBBLICA)
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI (DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI NORMALI
- ⊠ CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- POZZETTO PER DISOLEATURA E SEDIMENTAZIONE DELLE ACQUE PROVENIENTI DAL PARCHEGGIO A SUPERFICIE IMPERMEABILE (DI PRIMA PIOGGIA)
- ⊙ POZZETTO DI BY-PASS PER LE ACQUE DI SECONDA PIOGGIA



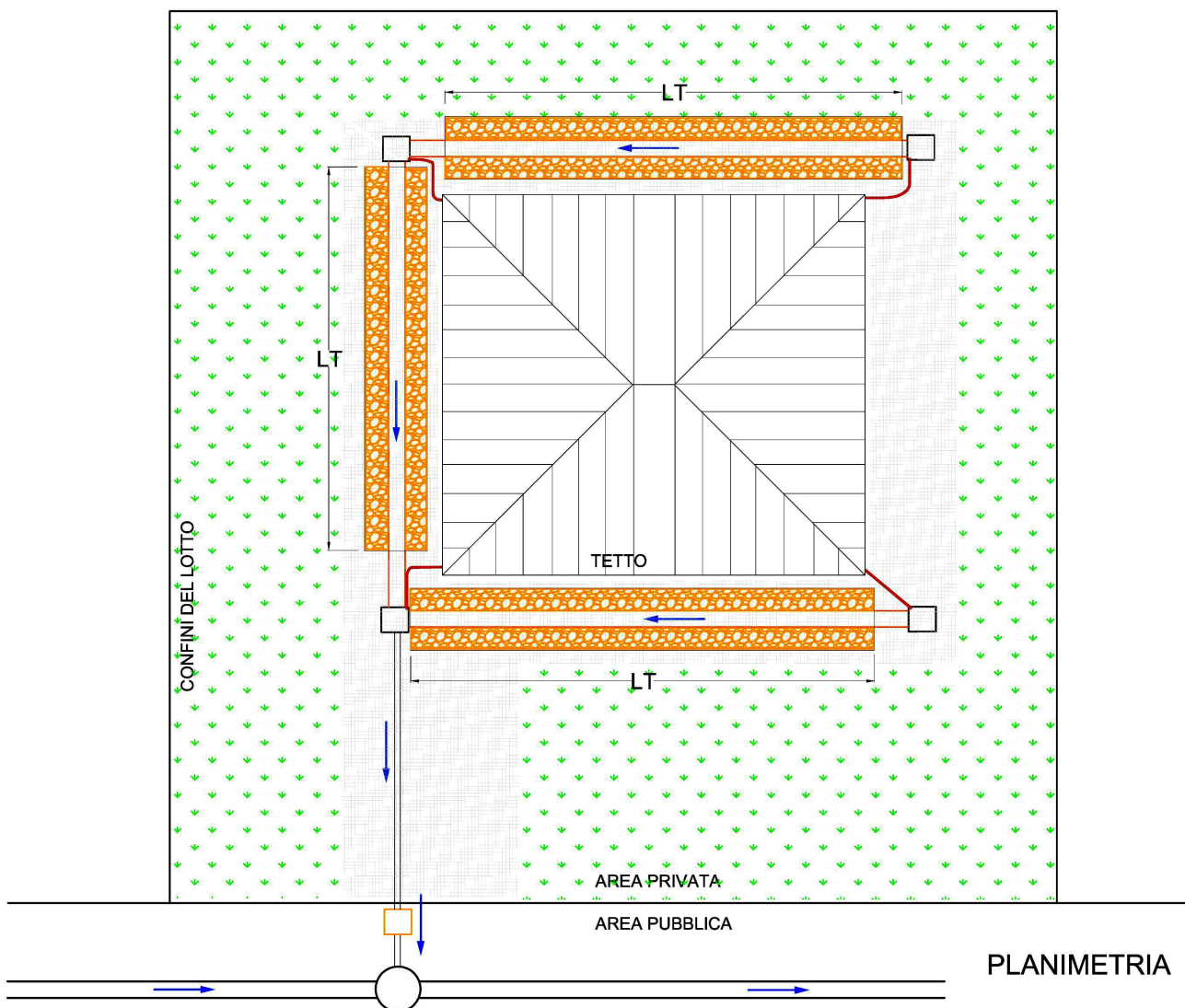
**SCHEMA DISOLEATORE NEL SISTEMA  
SEDIMENTATORE - DISOLEATORE**

**MITIGAZIONE IDRAULICA MISTO PUBBLICO-PRIVATA  
IN PDL PRODUTTIVO-COMMERCIALE CON DETENZIONE  
IN TUBI A DIAMETRO MAGGIORATO SIA IN AMBITO PRIVATO  
CHE IN AMBITO PUBBLICO E TRATTAMENTO QUALITATIVO DELL'ACQUA  
DI PIOGGIA PROVENIENTE DA PARCHEGGIO PUBBLICO**

W13/7

Particolare Costruttivo **W13/7**





### LEGENDA PLANIMETRIA

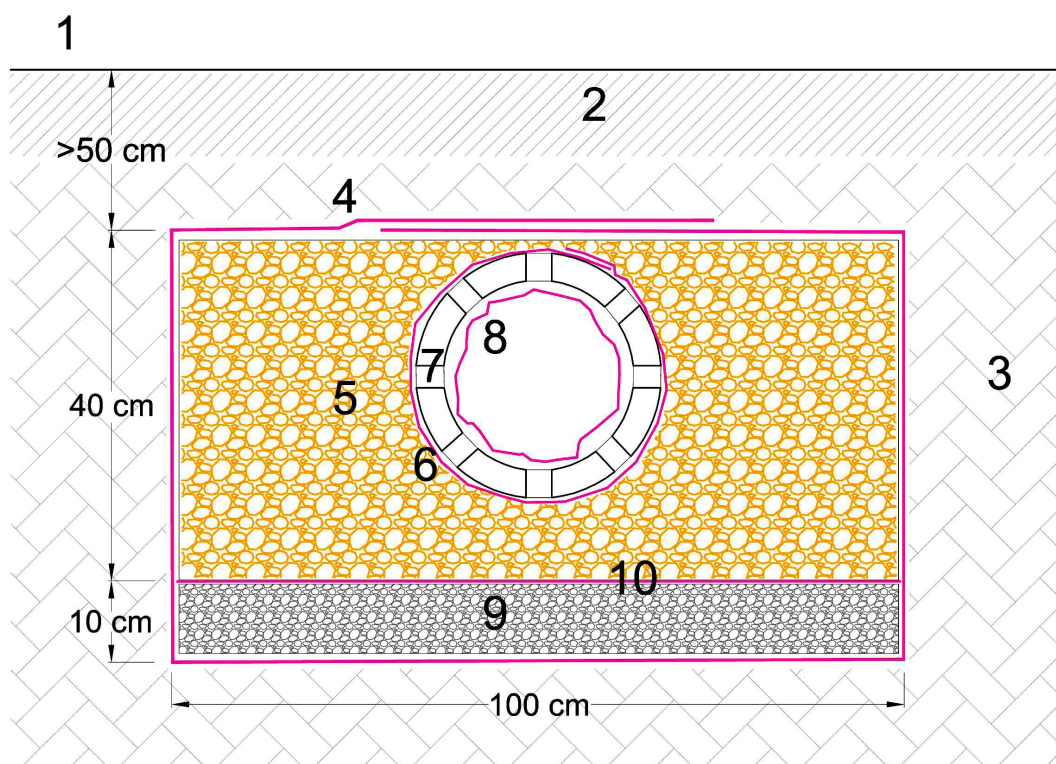
- COLLETTORI INTERNI (ES. 30 cm in CLS)  
FORATI SE ENTRO TRINCEA  
NON FORATI SE FUORI TRINCEA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AL LOTTO (>50x50 cmq)
- POZZETTO DI ALLACCIO IN AREA PUBBLICA  
(CON BOCCA TASSATA E SFIORO DI TROPPO PIENO)
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- EVENTUALE COLLETTORE DI TROPPO PIENO (ES. 30 cm PVC)
- LT TRINCEA DI DRENAGGIO (LUNGHEZZE NECESSARIE)
- TRINCEA DI DRENAGGIO
- SCARICO GRONDAIE

MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE  
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA  
ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO  
CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

## W13/8 parte 1 di 6

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 1 di 6**

Comune di **Terrassa Padovana**, VCI del PAT-2016, Allegato serie **W**, pag. 37 di 42



**SEZIONE TRASVERSALE TIPO TRINCEA**

- 1 PIANO FINITO
- 2 STRATO DI COPERTURA (verde, marciapiede, ecc...)
- 3 TERRENO ORIGINALE O DI RIPORTO
- 4 GEOTESSUTO DI RIVESTIMENTO TRINCEA
- 5 GHIAINO LAVATO SCABRO D>25 mm (POROSITA' > 0,3)
- 6 GEOTESSUTO DI RIVESTIMENTO TUBO CLS
- 7 TUBO CLS DN300 MM FORATO
- 8 MANICA INTERNA IN GEOTESSUTO
- 9 STRATO DI SABBIA (EVENTUALE) PER FILTRAZIONE
- 10 GEOTESSUTO DI SEPARAZIONE (EVENTUALE)

**DATI INDICATIVI PER I GEOTESSUTI**

- preferibilmente in polipropilene
- massa areica EN ISO 965 >130 g/mq
- permeabilità normale EN ISO 11058 >0,1 m/s
- funzione di FILTRAZIONE, SEPARAZIONE e PROTEZIONE

**COME REALIZZARE LA "MANICA" INTERNA IN GEOTESSUTO**

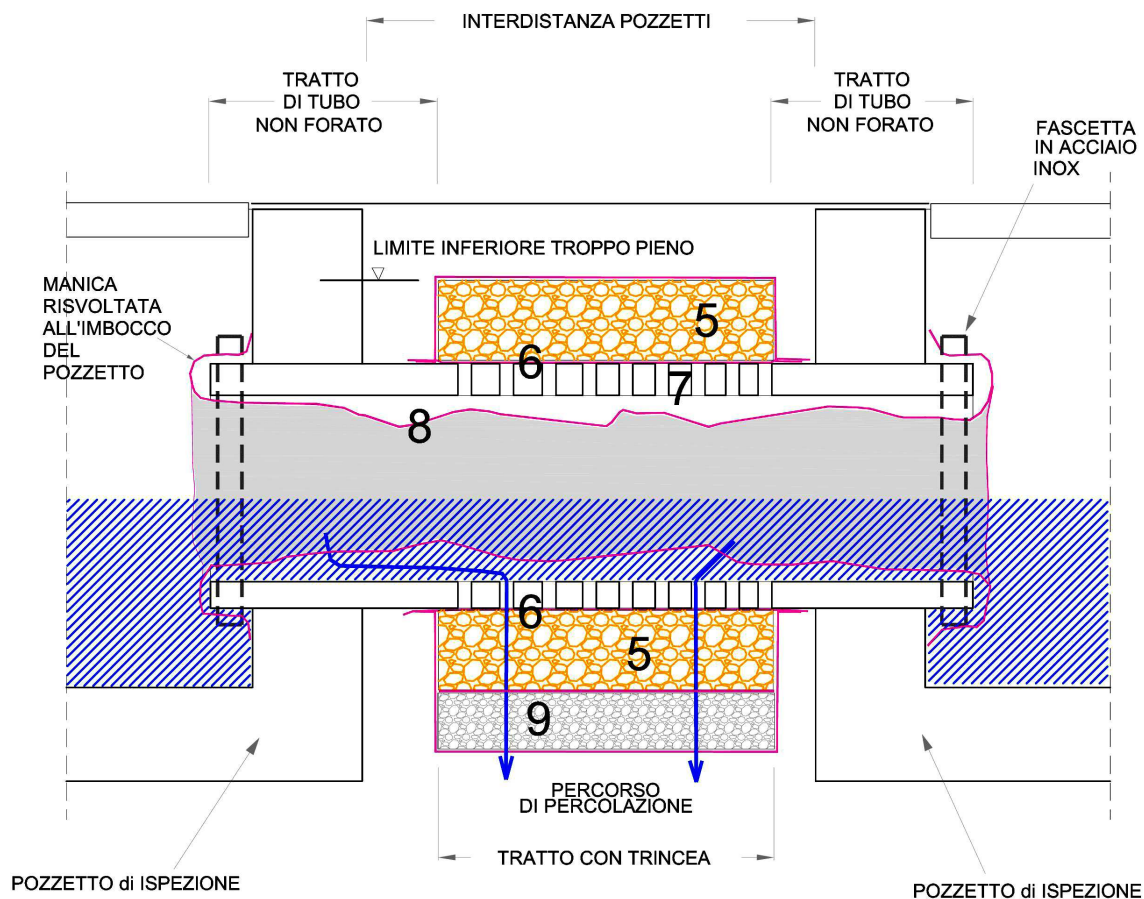
Tagliare un rettangolo di geotessuto largo un po di più del perimetro interno del tubo in cls e lungo come l'interasse tra due pozzetti di ispezione; successivamente cucire i lati più lunghi in modo da ottenere la manica.

**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE  
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA  
ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO  
CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO**

**W13/8 parte 2 di 6**

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 2 di 6**

- 5 GHIAINO LAVATO SCABRO D>25 mm (POROSITA' > 0,3)
- 6 GEOTESSUTO DI RIVESTIMENTO TUBO CLS
- 7 TUBO CLS DN300 MM FORATO
- 8 MANICA INTERNA IN GEOTESSUTO
- 9 STRATO DI SABBIA (EVENTUALE) PER FILTRAZIONE



### SEZIONE LONGITUDINALE TIPO

LA PRESENZA DELLA MANICA DI GEOTESSUTO RIMUOVIBILE (ATTRAVERSO LO STACCO DELLE FASCETTE IN ACCIAIO INOX) GARANTISCE CHE L'AMMASSO GRANULARE NON SUBISCA FENOMENI DI INTASAMENTO NEL TEMPO. QUANDO LA MANICA DI GEOTESSUTO RISULTA INTASATA E' NECESSARIO CAMBIARLA IN MODO DA NON RIDURRE LA CAPACITA' DEL MATERASSO DI GHIAINO DI ASSORBIRE ACQUA DI PIOGGIA ED ALLONTANARE LA STESSA NEL SOTTOSUOLO PER INFILTRAZIONE

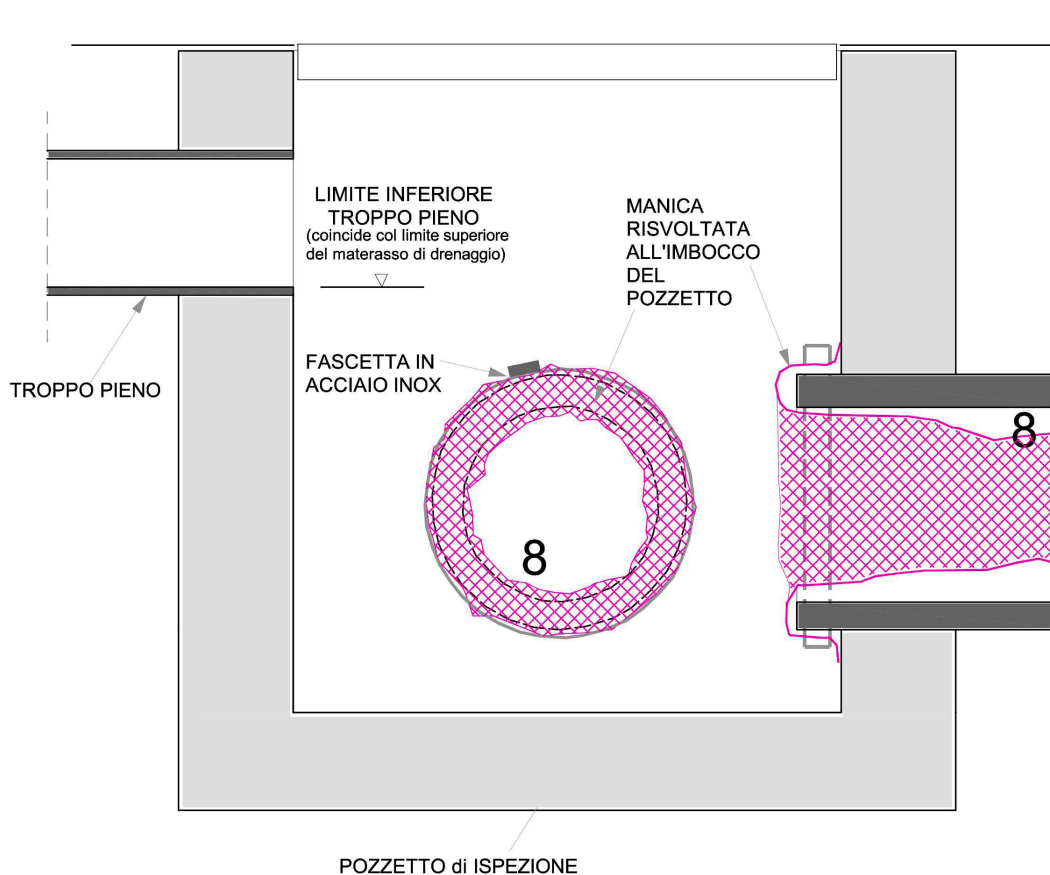
MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

W13/8 parte 3 di 6

Particolare Costruttivo W13/8 parte 3 di 6



## 8 MANICA INTERNA IN GEOTESSUTO



### SEZIONE POZZETTO IN CORRISPONDENZA DEL TROPPO PIENO

LA PRESENZA DELLA MANICA DI GEOTESSUTO RIMUOVIBILE (ATTRAVERSO LO STACCO DELLE FASCETTE IN ACCIAIO INOX) GARANTISCE CHE L'AMMASSO GRANULARE NON SUBISCA FENOMENI DI INTASAMENTO NEL TEMPO. QUANDO LA MANICA DI GEOTESSUTO RISULTA INTASATA E' NECESSARIO CAMBIARLA IN MODO DA NON RIDURRE LA CAPACITA' DEL MATERASSO DI GHIAINO DI ASSORBIRE ACQUA DI PIOGGIA ED ALLONTANARE LA STESSA NEL SOTTOSUOLO PER INFILTRAZIONE

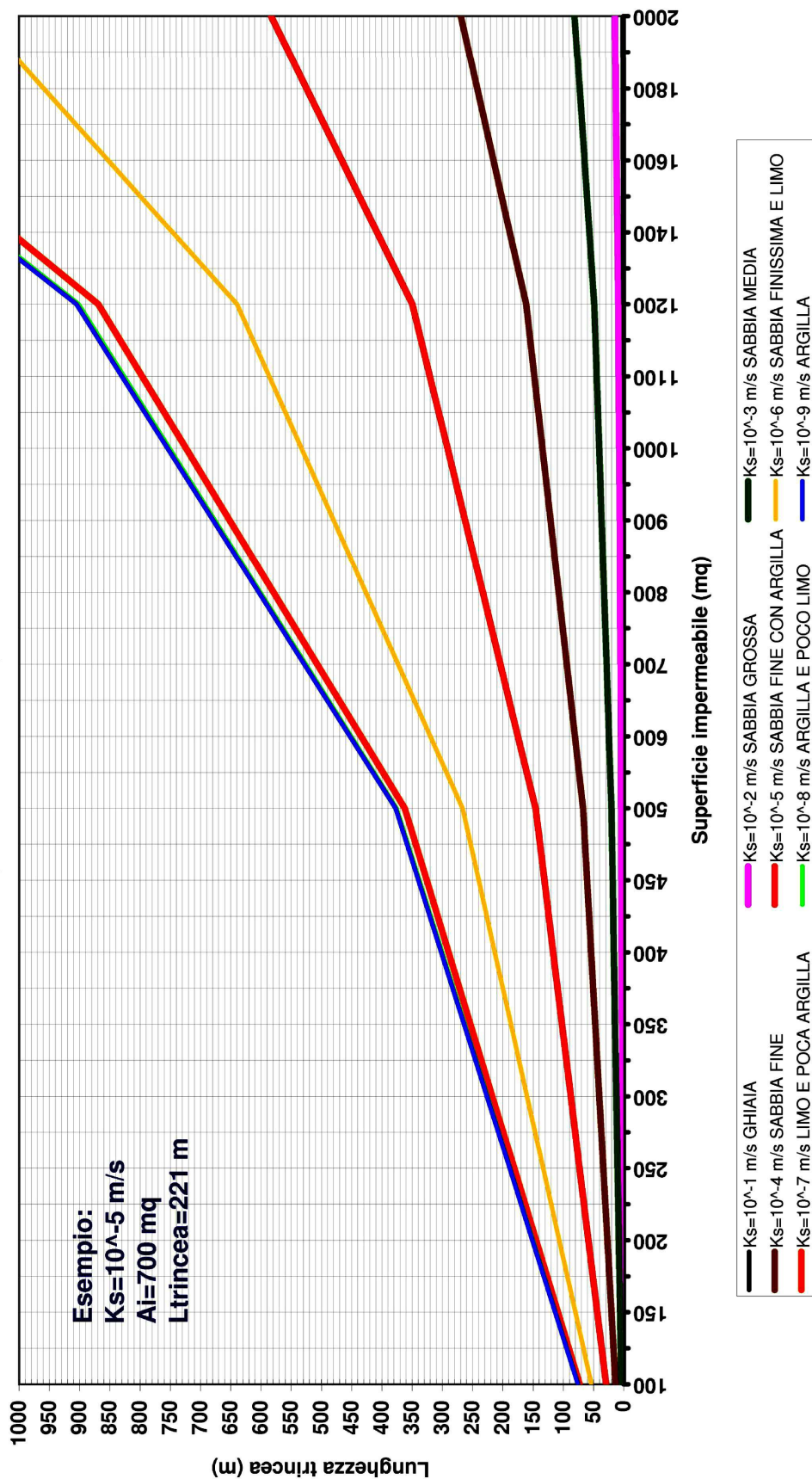
MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

**W13/8 parte 4 di 6**

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 4 di 6**

## LUNGHEZZA DELLA TRINCEA DI DRENAGGIO

Base trincea=100 cm, Altezza trincea=50 cm, Diametro tubo=30 cm



MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE  
 CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA  
 ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO  
 CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

U13/8 parte 5 di 6

Particolare Costruttivo W13/8 parte 5 di 6



**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE  
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA  
ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO  
CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO**

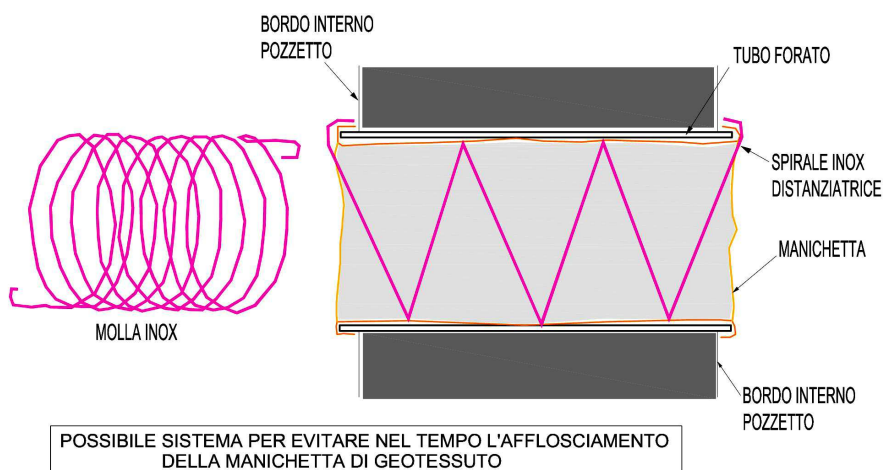
## PROCEDURA

PASSAGGI NECESSARI A DETERMINARE LA LUNGHEZZA DELLA  
TRINCEA LINEARE IN UN LOTTO EDILIZIO (SOMMA DEI TRATTI "LT" VISUALIZZATI  
NELLA PLANIMETRIA "U8 parte 1 di 6").

- 1) determinare la superficie del lotto edilizio (mq)
- 2) determinare il coefficiente orario di afflusso nella conformazione edilizia finale (vedi ALLEGATO W3)
- 3) stimare in maniera cautelativa il coefficiente di permeabilità  $K_s$  (m/s) a circa 100-110 cm di profondità
- 4) determinare la superficie "impermeabile netta" del lotto moltiplicando 1) per 2)
- 5) dal grafico in allegato "U8 parte 5 di 6" interpolare graficamente la retta del coefficiente di permeabilità e determinare la lunghezza di trincea necessaria

## OSSERVAZIONI

- A) Evitare di posizionare tratti di trincea in corrispondenza ad alberi o pavimentazioni costose
  - B) Gli allacci dei pluviali vanno fatti sempre in corrispondenza ai pozzetti di ispezione
  - C) Quando vengono cucite le "calze" o "maniche" di filtrazione conviene predisporre un numero doppio (un secondo "set" sarà così pronto ad essere installato nel momento in cui il sistema di drenaggio risulterà intasato)
  - D) Nel progettare il sistema di trincee drenanti prevederne la possibilità di espansione per fronteggiare l'eventualità che il lotto sia oggetto di futuri aumenti del tasso di impermeabilità
  - E) Se possibile predisporre il tubo di troppo pieno con consegna del flusso in eccesso alla fognatura bianca pubblica. La livelletta del tubo di troppo pieno deve allacciarsi ad una quota non inferiore a quella superiore del materasso di ghiaietto che costituisce la trincea di drenaggio
  - F) Nel fissare le "maniche" o "calze" di drenaggio utilizzare fascette e viteria in acciaio inox
  - G) Con presenza di vani interrati o seminterrati è buona norma collocare le trincee di drenaggio ad una distanza dai muri dello scantinato pari almeno alla profondità stessa dello scantinato rispetto al piano campagna
  - H) Per aumentare nel tempo la durata del sistema di drenaggio contro il rischio intasamento può essere utile predisporre grigliette all'imbocco dei tubi drenanti in modo da impedire l'ingresso di corpi grossolani (carcasce di uccello, fogliame, rametti, ecc...).
- A tal fine può essere utile l'utilizzo di reti in acciaio zincato flessibili da fissare agli imbocchi utilizzando le stesse fascette in acciaio inox utilizzate per bloccare le "calze" o "maniche" di filtrazione.
- I) In caso di futuri interventi edilizi che aumentano il tasso di impermeabilizzazione del lotto è necessario incrementare la lunghezza delle trincee di drenaggio realizzate. La lunghezza di trincea integrativa di volta in volta andrà determinata con la procedura qui esposta sulla base dell'area "netta" impermeabilizzata determinata dal prodotto fra l'area del lotto e la differenza fra coefficiente di afflusso del lotto ad intervento affettuato e coefficiente di afflusso del lotto prima dell'intervento da realizzare.



**W13/8 parte 6 di 6**

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 6 di 6**