



PROVINCIA DI FERMO
SETTORE VIABILITA' - INFRASTRUTTURE - URBANISTICA

COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO

**LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED AMPLIAMENTO
DELLA S.P. 238 VALDASO (EX S.S. 433) - SECONDO
STRALCIO DAL BIVIO CON LA S.P. 183 FAVETO AL
BIVIO CON LA STRADA VICINALE CANUTICA**

PROGETTO ESECUTIVO

Ufficio Tecnico Servizio Viabilità
PROGETTISTI:

ing. Giuseppe Laureti

ing. Stefano Massetani

Consulenze Esterne

Assistenza alla progettazione

ing. Donato Pescatore

Assistenza alla progettazione strutturale

ing. Omero Bassotti

Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione

ing. Maurizio Ciarrocchi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: ing. Ivano Pignoloni

**SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI
PIATTAFORMA - RELAZIONE**

B5

maggio 2011

1. INTRODUZIONE

In questa sede vengono presentate analisi e considerazioni circa il calcolo delle portate di acque bianche che caratterizzeranno l'area oggetto d'intervento, nonché il dimensionamento e la verifica dei fossi di guardia e delle condotte da porre in opera previsti dal progetto esecutivo.

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede la realizzazione di una rete di raccolta delle acque bianche che interessano l'intero tratto stradale di progetto.

A partire dal punto di connessione del tratto stradale esistente (Lotto 1) con quello di nuova realizzazione (Lotto 2) si prevede di effettuare gli interventi volti allo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale.

In particolare lungo il tratto in progetto si prevede di realizzare una serie di opere di captazione idraulica quali fossi di guardia in cls prefabbricato posti al piede delle scarpate o dei rilevati che convogliano le acque ai corpi idrici o scoli limitrofi, o di raccogliere le acque meteoriche attraverso un sistema di caditoie, poste ai lati della piattaforma stradale, e di tubazioni in grado di smaltire le acque direttamente ai fossi di guardia o all'interno di pozzi di raccolta esistenti.

Nel dettaglio il **Lotto 2** in studio presenta 7 tratti che verranno serviti dalla rete di raccolta delle acque bianche attraverso tubazioni in pvc in grado di smaltire le rispettive portate. Tali tratti denominati progressivamente secondo le progressive sono i seguenti:

- AB, progr. 25-43
- CD, progr. 48-83
- EF, progr. 86-120
- GH, progr. 126-138
- IL, progr. 150-158
- MN, progr. 160-167
- OP, progr. 172-197.

3. SCELTA DEI MATERIALI E POSA IN OPERA CONDOTTE

In generale si può affermare che le condotte utilizzate per lo smaltimento delle acque devono essere dimensionate in maniera tale da rispettare alcuni importanti criteri quali:

- un adeguato grado di riempimento in corrispondenza della portata di progetto; nel caso di condotti chiusi, il franco deve consentire un'efficace areazione della canalizzazione ed evitare che i fenomeni ondosi, che possono innescarsi sulla superficie libera, occludano momentaneamente lo speco, provocando fenomeni di battimento;
- un opportuno valore della velocità minima in tempo asciutto, detta velocità minima di autopulitura (selfcleaning velocity), in modo da assicurare il trasporto del materiale in sospensione di cui non si

desidera il deposito, per evitare che detti depositi, cementandosi, diano luogo a significative riduzioni della sezione utile;

- un appropriato valore della velocità massima, onde evitare fenomeni di abrasione con conseguente minore durata delle tubazioni; per quanto concerne l'abrasione delle pareti delle condotte, causata dall'azione meccanica esercitata dal materiale solido trascinato in sospensione nei liquami (proveniente dalla disgregazione del manto stradale e dalle pavimentazioni in genere), essa assume maggiore o minore rilevanza in funzione della concentrazione e della durezza del materiale trasportato, della velocità della corrente e della frequenza e durata dell'evento.

Tra le equazioni più frequentemente utilizzate nelle verifiche idrauliche (equazioni di moto uniforme in correnti a pelo libero in moto assolutamente turbolento), possono citarsi la relazione di Chézy:

$$V = K \cdot \sqrt{(R \cdot i)}$$

e quella di Gaukler-Strickler:

$$V = K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \text{ indicando con:}$$

V = velocità media della corrente;

R = raggio idraulico;

i = pendenza del fondo;

$$K = \frac{87}{\left(1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}\right)}$$

γ = parametro di scabrezza (coefficiente di Bazin);

K_s = parametro di scabrezza (coefficiente di Strickler).

Per quanto concerne il valore da assegnare al coefficiente di scabrezza, esso andrebbe individuato in base alla natura ed allo stato di conservazione del materiale costituente le pareti del condotto: ovviamente ad una minore scabrezza idraulica del materiale corrispondono valori più elevati delle velocità in corrispondenza delle portate minori e, quindi, più efficaci azioni di autopulizia degli specchi.

Occorre, però, non dimenticare che, dopo un certo periodo d'uso, la scabrezza di un condotto fognario non ha in pratica quasi nessun rapporto con quella "a tubo nuovo": essa è determinata, essenzialmente, dall'alterazione delle pareti, in particolare per l'adesione dei materiali sedimentabili.

È ovvio che i valori minori vanno utilizzati con riferimento a situazioni caratterizzate da modeste velocità di deflusso e notevole presenza di fattori di disturbo, mentre i valori maggiori in presenza di velocità elevate e di ridotta presenza di fattori di disturbo.

Nel caso in oggetto si è scelto di utilizzare condotte in PVC, una scelta legata soprattutto alla facilità di eseguire allacciamenti sia in corso di costruzione della condotta che in tempi successivi, alla buona resistenza ed inattaccabilità dalla maggior parte degli agenti chimici, alle buone capacità di portata grazie al basso coefficiente di scabrezza, alla elasticità e flessibilità che consentono una discreta adattabilità alla configurazione del terreno e infine alla sua leggerezza con conseguente facilità di trasporto e posa senza l'ausilio di mezzi meccanici particolari.

Per la posa in opera della condotta alla profondità di progetto è previsto uno scavo a sezione obbligata; lo strato di allettamento della condotta, il relativo rinfiacco e l'opportuna copertura verrà effettuato con sabbia ben costipata, il rimanente riempimento verrà eseguito con materiale arido o, in alternativa, con uno strato in misto cementato.

La pavimentazione del fondo stradale sarà realizzata principalmente a schiena d'asino con una pendenza trasversale pari al 2% in modo tale che lo smaltimento delle acque possa avvenire in un tempo molto rapido ed evitando ristagni d'acqua che potrebbero dare origine a pericolosi fenomeni di "acquaplaning" dei veicoli in transito.

4. VALUTAZIONI IDRAULICHE

4.1 Calcolo della portata massima

4.1.1 Elaborazione delle precipitazioni

I dati di input utilizzati per il calcolo dell'altezza di pioggia e della corrispondente portata di piena provengono dagli Annali Idrologici, stazione pluviografica della Diga di Carassai, per un intervallo di tempo che va dal 1961 al 2007 (tranne che gli anni 1963, 1968 e 1975).

Per eseguire l'elaborazione statistica delle altezze di precipitazione registrate nella stazione pluviografica di Carassai, sono stati raccolti i dati relativi alle precipitazioni di massima intensità, reperiti negli Annali Idrologici.

Una volta raccolti i dati viene scelta la distribuzione statistica che meglio si presta ad interpretarli, per gli eventi di massima intensità si utilizza la distribuzione di Gumbel.

Determinata la legge delle possibilità climatiche per il Tempo di Ritorno (T_r) voluto, si passa al calcolo della portata massima e successivamente alla verifica delle sezioni idrauliche prescelte.

4.1.2 Equazione di possibilità pluviometrica

Estratta dagli Annali Idrologici l'intera serie degli eventi estremi osservati relativi alle precipitazioni di massima intensità, si è proceduto alla elaborazione dei dati per dedurre l'equazione di possibilità pluviometrica.

L'elaborazione si è svolta direttamente sui valori osservati per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore, che sono stati ordinati, per le varie durate, in senso crescente ottenendo una matrice con un numero di colonne pari a quello delle durate ed un numero di righe pari a quello degli anni di osservazione.

Se si rappresentano nel piano (h, t) gli elementi dell'ultima riga della matrice, unendo i punti così definiti, si ha una spezzata che può essere interpolata con una curva definibile a mezzo di un'equazione del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

che rappresenta l'equazione che interpreta meglio i massimi valori osservati.

La curva così definita fornisce, per ogni durata t, il massimo valore di h registrato nel periodo esaminato, il quale può essere ritenuto rappresentativo di un evento abbastanza raro quando la serie di valori elaborati sia estesa a sufficienza come nel caso in esame.

Il caso si definisce, secondo una classica definizione, il primo caso critico.

Le equazioni dei casi critici, pur fornendo informazioni d'interesse sul carattere degli eventi, non danno modo di marcare in forma esplicita ogni evento col valore della sua frequenza probabile: cioè non consentono di valutare quale sia la ricorrenza media del suo verificarsi.

Si è pertanto indagato in modo più accurato su questo aspetto, determinando il periodo di anni (tempo di ritorno T_r) inteso come il numero di anni in cui un determinato evento è, mediamente, eguagliato o superato.

Disponendo di una lunga serie di osservazioni, i metodi statistico - probabilistici, con appropriate elaborazioni dei dati disponibili, consentono di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione, con un'attendibilità che però va riducendosi all'aumentare del periodo di ritorno, in rapporto specialmente all'estensione del periodo di osservazione.

Fra i metodi disponibili in letteratura si è utilizzato il metodo di Gumbel che gode di un largo credito.

Individuata la serie di eventi estremi si è applicata la seguente descrizione statistica:

$$X(T_r) = \bar{X} + F \cdot S_x \quad [1]$$

Essendo

$X(T_r)$ il valore dell'evento caratterizzato da un periodo di ritorno T_r , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente, ogni T_r anni;

\bar{X} il valore medio degli eventi considerati;

F il fattore di frequenza;

S_X lo scarto quadratico medio della variabile in esame.

Una tra le più usate distribuzioni di probabilità dei valori estremi è la distribuzione doppio esponenziale, detta appunto di Gumbel, la quale assegna ad F l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N} \quad [2]$$

essendo la grandezza $Y(T_r)$, funzione di T_r , la cosiddetta variabile ridotta, mentre \bar{Y}_N e S_N rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della variabile ridotta, funzioni del numero N di osservazioni.

Operando la sostituzione di F nella [1] si ha:

$$X(T_r) = \bar{X} - \bar{Y}_N \frac{S_X}{S_N} + Y(T_r) \frac{S_X}{S_N} \quad [3]$$

La quantità

$$\bar{X} - \bar{Y}_N \frac{S_X}{S_N}$$

è la moda della distribuzione e rappresenta il valore di massima frequenza probabile.

Per la legge di Gumbel il legame tra la variabile ridotta $Y(T_r)$ e il tempo di ritorno T_r è:

$$Y(T_r) = -\log(-\log(1 - \frac{1}{T_r})) \quad [4]$$

Determinati i parametri della distribuzione U ed a' per una serie di N eventi massimi, è immediato tramite la [3] e la [4], fissato un qualsiasi valore per il tempo di ritorno, determinare l'evento ad esso corrispondente. L'applicazione al caso in esame ha reso possibile considerare le precipitazioni di durata oraria.

Per i periodi di ritorno analizzati si è provveduto, poi, a calcolare le equazioni di possibilità pluviometrica mediante interpolazione su carta bilogarithmica.

4.1.3 Elaborazione serie pluviometrica - Metodo di Gumbel

Di seguito vengono riportati i dati pluviometrici provenienti dalla stazione pluviografica di Carassai, sistemati in ordine decrescente secondo una serie numerica composta da 43 elementi.

Vengono riportate solo le equazioni di possibilità pluviometrica ottenute con Tempo di ritorno di 10 e 20 anni in quanto valori compatibili con il tipo di verifica da effettuare, cioè nel caso di dimensionamento di opere di smaltimento acque per strade di rilevanza primaria.

STAZIONE IDROGRAFICA DI:		CARASSAI			
PIOGGE ORARIE - ORDINE DECRESCENTE					
ANNO	1ORA	3ORE	6ORE	12ORE	24ORE
1	13	23.6	37	60.2	83
2	33.2	35.4	35.6	53.2	65
3	30.8	35.6	40.4	43.4	58.2
4	27	41.4	45.4	80	93.1
5	23	31	33.4	33.8	42.8
6	43	43.2	46.8	58	59.4
7	28	40.4	41.2	45	47.6
8	19.4	32	55	70	87
9	24	28.2	28.4	35.2	41.6
10	35.4	43.2	44	55	72.6
11	20.8	21.8	31.4	53.6	90.2
12	40	69	86.2	107.8	116.2
13	35.4	41.4	45	58.2	95.4
14	34.8	46	46	47	70.4
15	20	39	50	67.4	117.8
16	23	29.4	31	53	55.2
17	17.4	26.4	43.6	70	87.2
18	39.6	39.6	41.6	45	67
19	30.6	33	36.8	51.2	72
20	22.4	43.4	72	129	177
21	29	29.4	29.4	33	55.2
22	26	33.4	37.6	42.8	56
23	28.6	38.4	52.6	56.6	68.4
24	28.6	32.8	54.2	75.8	87.4
25	20	21.4	23	30.4	44
26	28.6	33.2	46	53.6	74.6
27	17.4	25.2	41.4	43.2	45.2
28	41.6	41.6	42	42	47.8
29	18	27.2	30.4	44	50
30	38.6	62.4	80.4	87	90.8
31	30.6	39	39	43.6	45.8
32	35	40.4	56	79	94
33	16.2	19.4	34	44	45.6
34	53.8	76.8	116.6	180	241.2
35	13.6	18.8	25.4	40.6	60
36	32.4	35.2	49.8	58.4	62.2
37	23.4	25.6	26.8	27	41.4
38	13.4	28.4	42.6	58.4	85
39	18.4	18.4	24	29.4	32
40	19	22.4	28.6	41.4	55
41	22	47.2	66.2	84	96.6
42	26	41	51	76.4	124.6
43	22.4	23.6	30.4	53.8	66.4
DATI STATISTICI					
	1ORA	3ORE	6ORE	12ORE	24ORE
MEDh	27.058	35.447	44.809	59.079	75.998
DEV.STh	8.937	12.272	17.772	27.828	37.424
ELABORAZIONE DI GUMBEL					
	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
Tr	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
5	33.5818	44.3909	60.3489	79.1928	103.2431
10	38.8525	48.5417	70.8884	95.5495	125.3984
20	43.9275	53.7240	88.9609	111.2393	148.6522
50	50.4986	60.4319	102.0248	131.5481	174.1819
100	55.4192	65.4588	111.8140	148.7687	194.7765
500	68.7946	77.0744	134.4359	181.9345	242.4137

Le equazioni di possibilità pluviometriche ricostruite dai dati degli annali sono pertanto le seguenti;

Tr anni	$h=a*t^n$
5	$h=39,555*t^{0,3842}$
10	$h=45,384*t^{0,3185}$
20	$h=51,239*t^{0,3095}$
50	$h=58,668*t^{0,3195}$
100	$h=64,254*t^{0,3253}$
500	$h=77,144*t^{0,3351}$

Nel caso in oggetto si è scelto di utilizzare un tempo di ritorno T_r pari a 20 anni, per cui l'equazione di possibilità pluviometrica di riferimento è:

$$h=51,239 * t^{0,3095}$$

dove h è l'altezza di pioggia, t è la durata di pioggia, in ore. Il valore quindi di piovosità relativo ad un $T_r = 20$ anni con durata della pioggia di 1 ora è pari a **43.9275 mm**.

4.1.4 Calcolo della portata di piena

Al fine di verificare il sistema di drenaggio delle acque meteoriche è necessario valutare quale possa essere la portata d'acqua in caso di particolari eventi meteorici.

Sicuramente tra i metodi più affidabili per la determinazione delle portate vi è il metodo Cinematico.

Tale metodo, in base ai dati pluviometrici, in base alle caratteristiche geometriche e morfologiche del bacino, consente una stima dell'acqua raccolta in funzione di un determinato evento meteorico. Il metodo si basa sull'assunzione che la portata massima del bacino si ha quando la durata della precipitazione è pari al tempo di corrivazione ovvero al tempo che la particella di pioggia idraulicamente più lontana impiega per giungere alla sezione di chiusura considerata.

Il tempo di corrivazione viene stimato come la somma di un tempo di percorrenza della condotta principale, ed un tempo di immissione in rete.

Il primo è calcolato dalla lunghezza della condotta principale diviso la velocità di percorrenza all'interno della stessa; il secondo è stato stimato in circa dieci minuti per le particolari condizioni di progetto.

Di seguito si riporta la tabella con l'indicazione delle aree di influenza di ogni singolo tratto stradale denominato con lettere progressive e dettagliato con le sezioni di progetto, distanze, pendenza media del tratto e superficie scolante a cui corrisponde pertanto un tratto di tubazione in PVC.

Per l'ubicazione dei tratti si rimanda alla planimetria di progetto con la specifica delle opere e delle progressive di dettaglio e al profilo longitudinale lungo il tracciato.

TABELLA A

$n = 0.3095$							
$a = 51.239$							
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione AB	1890	strada	100		0.80		0.189
	1890		100	9.7		0.80	0.189
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione CD	2625	strada	100		0.80		0.263
	2625		100	9.4		0.80	0.263
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione EF	3570	strada	100		0.80		0.357
	3570		100	9.2		0.80	0.357
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione GH	1260	strada	100		0.80		0.126
	1260		100	10.1		0.80	0.126
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione IL	1155	strada	100		0.80		0.116
	1155		100	10.1		0.80	0.116
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione MN	735	strada	100		0.80		0.074
	735		100	10.6		0.80	0.074
	A	tipologia	percentuale area	tr	ϕ	ϕ medio	A
	mq	area	%		n°		ha
Tubazione OP	2625	strada	100		0.80		0.263
	2625		100	9.4		0.80	0.263

La portata relativa alle acque meteoriche è così quantificabile:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{360} (m^3 / s)$$

in cui:

- $i = h/t_c$ è l'intensità di precipitazione in mm/ora
- φ = coeff. unico di riduzione che tiene conto del grado di permeabilità delle aree scolanti, della loro destinazione e del fattore di ritardo, e viene calcolato come media pesata rispetto alle aree afferenti.
- h = la caduta di pioggia nel tempo t espressa in mm per il tempo di ritorno di calcolo pari a 20 anni.
- t il tempo di pioggia espresso in ore (le condizioni più critiche si hanno per quelle piogge che hanno durata pari al Tempo di corrivazione)
- A superficie dell'area scolante nel tratto considerato in ettari (ha).

La verifica idraulica della rete di smaltimento è stata effettuata con il metodo della corrivazione.

Tale metodo tiene conto, per il calcolo delle portate pluviali, del tempo necessario affinché la pioggia, caduta in una certa zona del bacino, raggiunga la sezione terminale di un tratto della rete drenante.

Il bacino imbrifero è visto come un dispositivo atto a trasformare gli afflussi (input) in deflussi (output), con modalità dipendenti da ipotesi di linearità e stazionarietà; la portata, transitante attraverso la sezione terminale considerata, si valuta come somma dei contributi delle aree elementari gravanti a monte della sezione stessa.

Tale metodo non considera quindi la capacità d'invaso della rete ma solo la sua capacità di trasferimento.

Il tempo di corrivazione t_c , cioè il tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura, è valutato indipendentemente dalla possibile interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua.

I processi di trasferimento sono indipendenti dalla condizione in rete.

Nel caso di una rete di fognatura $t_c = t_r + t_p$ dove:

t_r = tempo di ruscellamento indica il tempo che impiega la particella per raggiungere il collettore,

t_p = tempo di percorrenza. che dipende dalla velocità che si viene ad instaurare nel collettore fognario.

In genere a t_r si assegna un valore dell'ordine della decina di minuti.

Il peso di t_r sulla valutazione di t_c decresce allo aumentare del tempo t_p ; è chiaro che quindi un eventuale errore sulla determinazione di t_r si risente sui primi tratti e poi va via via attenuandosi.

Si ammette che la pioggia critica, per una data sezione di fognatura, abbia una durata pari al t_c dell'acqua caduta nel punto più lontano del bacino sotteso dalla sezione.

Il procedimento è iterativo in quanto il tempo di percorrenza, non disponibile, se non a progettazione avvenuta del collettore, viene ipotizzato a priori, verificandolo in un secondo momento a progettazione avvenuta, e correggendolo iterativamente finché i due valori risultano pressoché uguali.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sezioni utilizzate, le tabelle contenenti i dati di progetto, le tabelle dei risultati (tabella pioggia e tabella verifiche). Ogni tabella è corredata di legenda.

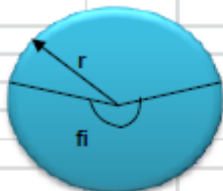
In particolare si è scelto di utilizzare due tipologie di fossi di guardia in cls prefabbricato.

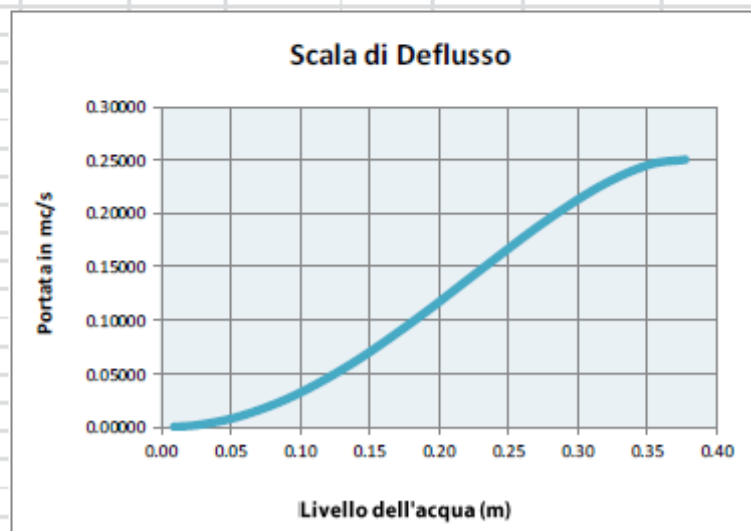
Per quanto riguarda le tubazioni in PVC si prevede di utilizzare una tubazione di diametro 400 mm lungo i tratti stradali interessati.

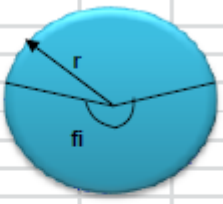
CALCOLO DELLE PORTATE PER TRATTO

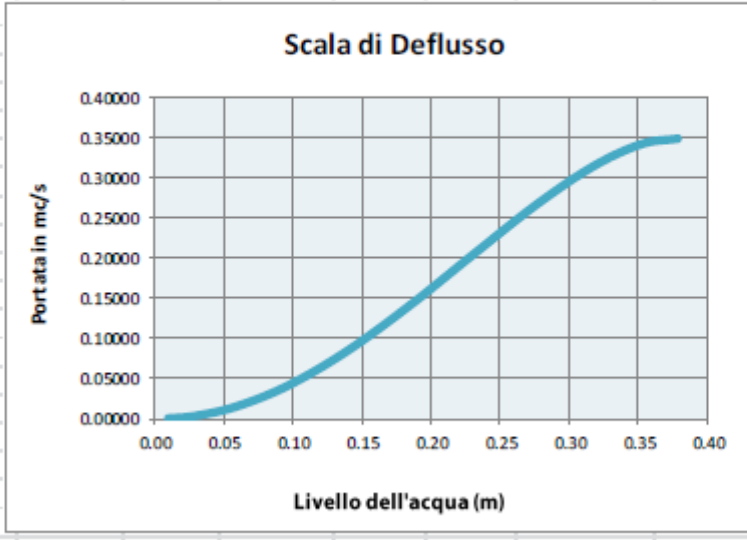
		TIPOLOGIA	LUNGHEZZA [m]	LARGHEZZA [m]	PORTATA terminale [l/sec]	PENDENZA i del tratto %	Progressive
AB	1° TRATTO	CURVA SIN.	180	10.5	23.06	0.600	25-43
CD	2° TRATTO	RETTILINEO	250	10.5	32.03	1.164	48-83
EF	3° TRATTO	RETTILINEO	340	10.5	43.56	1.962	86-120
GH	4° TRATTO	CURVA A DES	120	10.5	15.37	1.550	126-138
IL	5° TRATTO	RETTILINEO	80	10.5	10.25	1.287	150-158
MN	6° TRATTO	RETTILINEO	70	10.5	8.97	1.300	160-167
OP	7° TRATTO	RETTILINEO	250	10.5	32.03	0.512	172-197

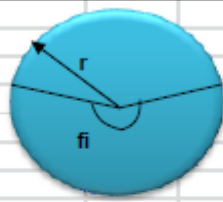
Intensità prima pioggia	0.043928 m/h
-------------------------	--------------

DATI SEZIONE CIRCOLARE:		$Q_{max} =$	0.02306	mc/s				
TRATTO AB								
RAGGIO interno: r	m	0.200	Diametro Interno: 380		mm			
Materiale	-	pvc						
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.009						
Pendenza fondo: i	n°	0.600%						
								
Altezza d'acqua: h	m							
Area bagnata: A	mq							
Perimetro bagnato: P	m							
Raggio Idraulico: R	m							
Portata: Q	mc/s		DN Adottato = 400		mm	$h/D = 0.75$		
Velocità: V	m/s							
		h	fi/p	A	P	R	Q	Vmax
Step fi/p :	0.15	0.01	0.20	0.000811	0.13	0.01	0.00024	0.30
		0.03	0.35	0.004171	0.22	0.02	0.00255	0.61
		0.06	0.50	0.011416	0.31	0.04	0.01078	0.94
Vmin (m/s)	0.67	0.10	0.65	0.023021	0.41	0.06	0.02913	1.27
		0.14	0.80	0.038510	0.50	0.08	0.05979	1.55
		0.18	0.95	0.056562	0.60	0.09	0.10118	1.79
		0.23	1.10	0.075295	0.69	0.11	0.14782	1.96
		0.28	1.25	0.092682	0.79	0.12	0.19191	2.07
		0.32	1.40	0.106986	0.88	0.12	0.22603	2.11
		0.35	1.55	0.117143	0.97	0.12	0.24567	2.10
		0.38	1.70	0.122894	1.07	0.12	0.25055	2.04
								verificato

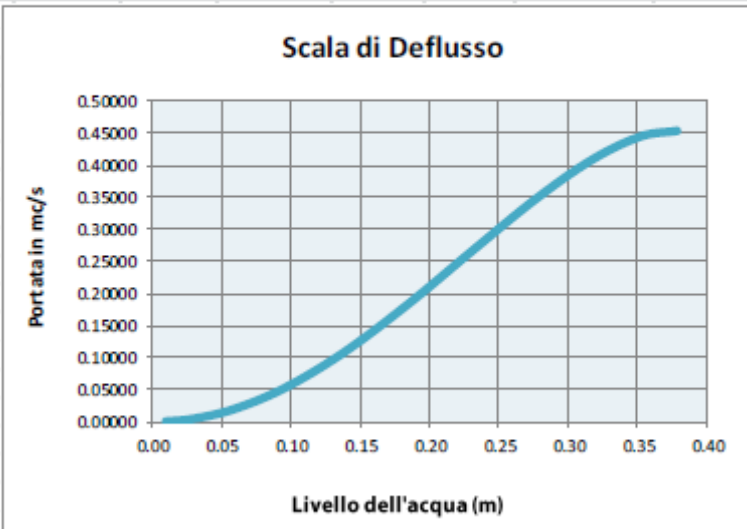


DATI SEZIONE CIRCOLARE:			Qmax=	0.03203	mc/s				
TRATTO CD									
RAGGIO interno: r	m	0.200	Diametro Interno:		380	mm			
Materiale	-	pvc							
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.009							
Pendenza fondo: i	n°	1.164%							
Altezza d'acqua: h	m								
Area bagnata: A	mq		DN Adottato =		400	mm	h/D=	0.75	
Perimetro bagnato: P	m								
Raggio Idraulico: R	m								
Portata: Q	mc/s								
Velocità: V	m/s								
Step fi/p :	0.15		h	fi/p	A	P	R	Q	Vmax
			0.01	0.20	0.00081	0.13	0.01	0.00034	0.42
			0.03	0.35	0.00417	0.22	0.02	0.00356	0.85
			0.06	0.50	0.01142	0.31	0.04	0.01501	1.32
Vmin (m/s)	0.93		0.10	0.65	0.02302	0.41	0.06	0.04057	1.76
			0.14	0.80	0.03851	0.50	0.08	0.08327	2.16
			0.18	0.95	0.05656	0.60	0.09	0.14093	2.49
			0.23	1.10	0.0753	0.69	0.11	0.20589	2.73
			0.28	1.25	0.09268	0.79	0.12	0.26730	2.88
			0.32	1.40	0.10699	0.88	0.12	0.31483	2.94
			0.35	1.55	0.11714	0.97	0.12	0.34218	2.92
			0.38	1.70	0.12299	1.07	0.12	0.34897	2.84

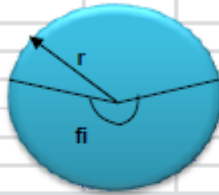


DATI SEZIONE CIRCOLARE:			$Q_{max} =$	0.04356	mc/s
TRATTO EF					
RAGGIO interno: r	m	0.200	Diametro Interno: 380 mm		
Materiale	-	pvc			
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.009			
Pendenza fondo: i	n°	1.962%			
					
Altezza d'acqua:h	m		DN Adottato = 400 mm		$h/D = 0.75$
Area bagnata:A	mq				
Perimetro bagnato:P	m				
Raggio Idraulico:R	m				
Portata: Q	mc/s				
Velocità: V	m/s				

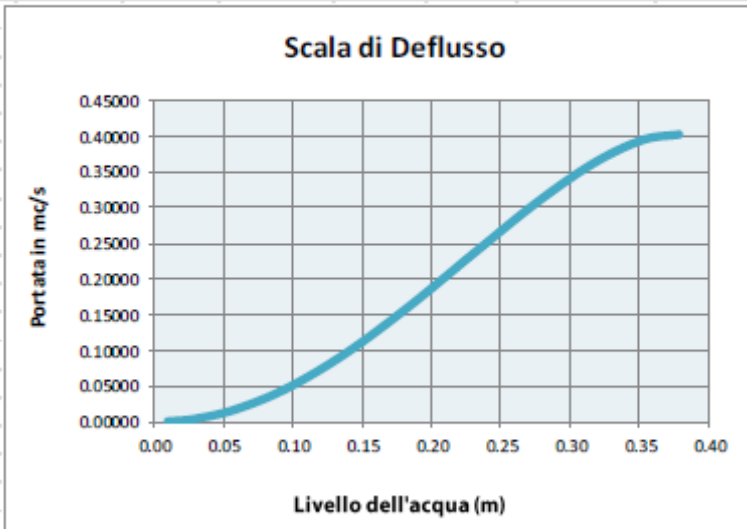
	h	fi/p	A	P	R	Q	Vmax
Step fi/p :	0.15						
	0.01	0.20	0.00081	0.13	0.01	0.00044	0.54
	0.03	0.35	0.00417	0.22	0.02	0.00462	1.11
	0.06	0.50	0.01142	0.31	0.04	0.01949	1.71
Vmin (m/s)	1.26	0.10	0.02302	0.41	0.06	0.05267	2.29 verificato
	0.14	0.80	0.03851	0.50	0.08	0.10811	2.81
	0.18	0.95	0.05656	0.60	0.09	0.18297	3.23
	0.23	1.10	0.0753	0.69	0.11	0.26730	3.55
	0.28	1.25	0.09268	0.79	0.12	0.34703	3.74
	0.32	1.40	0.10699	0.88	0.12	0.40874	3.82
	0.35	1.55	0.11714	0.97	0.12	0.44425	3.79
	0.38	1.70	0.12299	1.07	0.12	0.45307	3.68

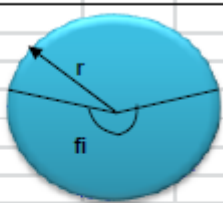


DATI SEZIONE CIRCOLARE:			Qmax= 0.01537 mc/s		
TRATTO GH					
RAGGIO interno: r	m	0.200	Diametro Interno: 380	mm	
Materiale	-	pvc			
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.009			
Pendenza fondo: i	n°	1.550%			
Altezza d'acqua:h	m				
Area bagnata:A	mq				
Perimetro bagnato:P	m				
Raggio Idraulico:R	m				
Portata: Q	mc/s		DN Adottato = 400	mm	h/D= 0.75
Velocità: V	m/s				

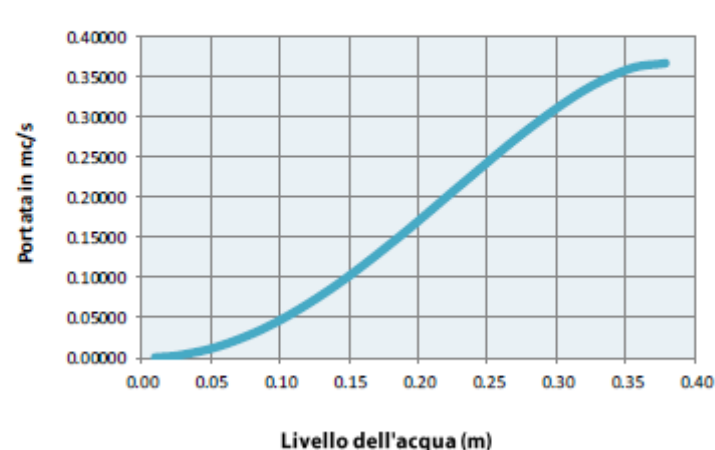


	h	fi/p	A	P	R	Q	Vmax	
Step fi/p :	0.15							
	0.01	0.20	0.00081	0.13	0.01	0.00039	0.48	
	0.03	0.35	0.00417	0.22	0.02	0.00410	0.98	
Vmin (m/s)	0.90	0.06	0.01142	0.31	0.04	0.01733	1.52	verificato
	0.10	0.65	0.02302	0.41	0.06	0.04682	2.03	
	0.14	0.80	0.03851	0.50	0.08	0.09609	2.50	
	0.18	0.95	0.05656	0.60	0.09	0.16263	2.88	
	0.23	1.10	0.0753	0.69	0.11	0.23759	3.16	
	0.28	1.25	0.09268	0.79	0.12	0.30845	3.33	
	0.32	1.40	0.10699	0.88	0.12	0.36330	3.40	
	0.35	1.55	0.11714	0.97	0.12	0.39486	3.37	
	0.38	1.70	0.12299	1.07	0.12	0.40270	3.27	



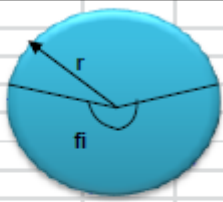
DATI SEZIONE CIRCOLARE:			Qmax= 0.01025 mc/s							
TRATTO GH										
RAGGIO interno: r	m	0.200	Diametro Interno: 380		mm					
Materiale	-	pvc								
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.009								
Pendenza fondo: i	n°	1.287%								
										
Altezza d'acqua:h	m		DN Adottato = 400		mm		h/D= 0.75			
Area bagnata:A	mq									
Perimetro bagnato:P	m									
Raggio Idraulico:R	m									
Portata: Q	mc/s									
Velocità: V	m/s									
			h	fi/p	A	P	R	Q	Vmax	
Step fi/p :	0.15									
			0.01	0.20	0.00081	0.13	0.01	0.00035	0.44	
			0.03	0.35	0.00417	0.22	0.02	0.00374	0.90	
Vmin (m/s)	0.60		0.06	0.50	0.01142	0.31	0.04	0.01579	1.38	verificato
			0.10	0.65	0.02302	0.41	0.06	0.04266	1.85	
			0.14	0.80	0.03851	0.50	0.08	0.08756	2.27	
			0.18	0.95	0.05656	0.60	0.09	0.14819	2.62	
			0.23	1.10	0.0753	0.69	0.11	0.21649	2.88	
			0.28	1.25	0.09268	0.79	0.12	0.28107	3.03	
			0.32	1.40	0.10699	0.88	0.12	0.33104	3.09	
			0.35	1.55	0.11714	0.97	0.12	0.35980	3.07	
			0.38	1.70	0.12299	1.07	0.12	0.36695	2.98	

Scala di Deflusso

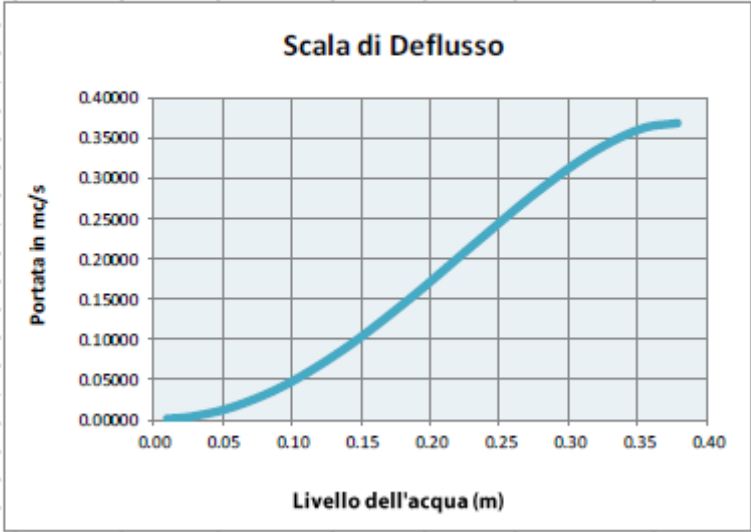


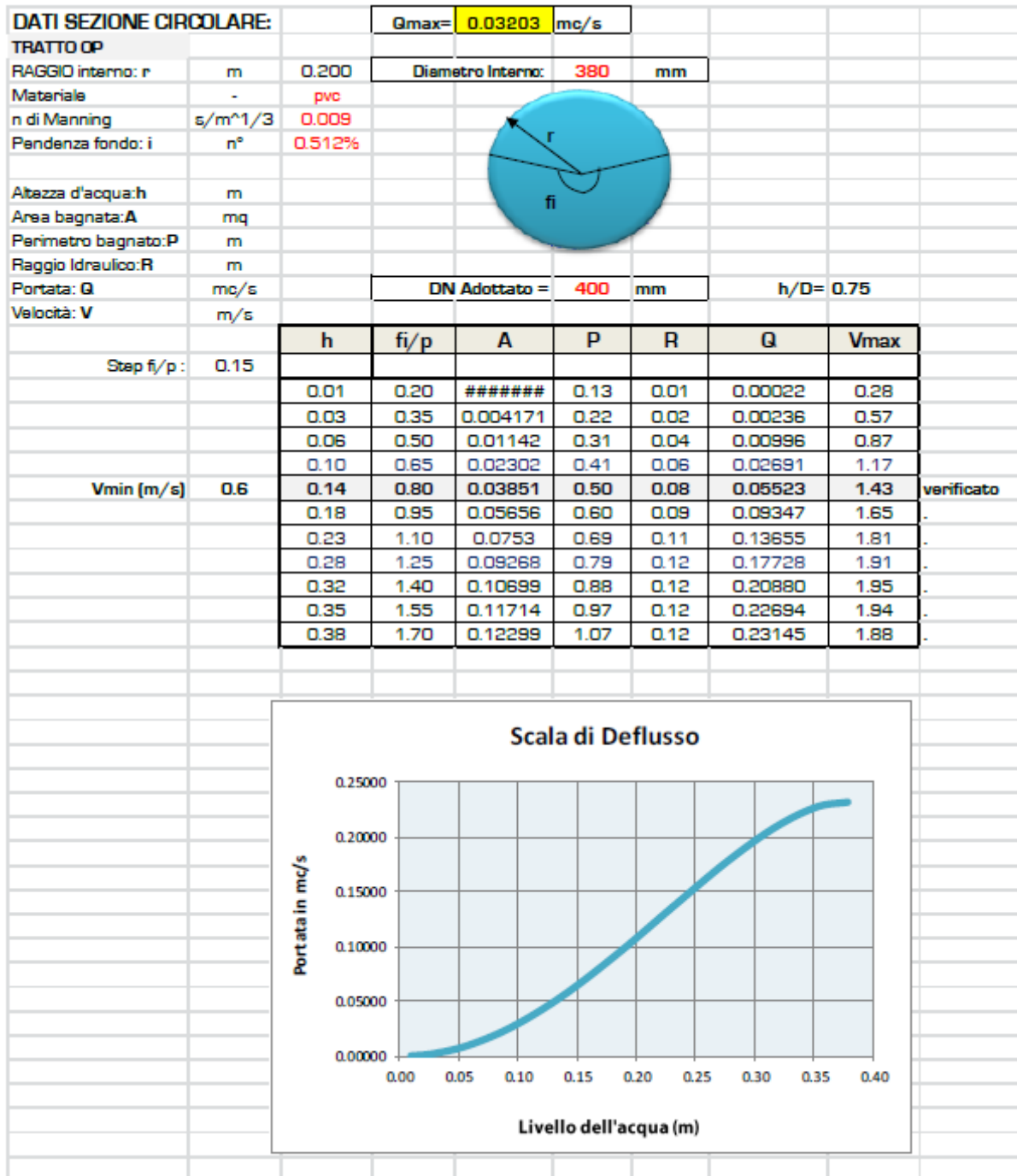
Portata in mc/s

Livello dell'acqua (m)

DATI SEZIONE CIRCOLARE:			Qmax= 0.00897	mc/s			
TRATTO MN							
RAGGIO interno: r	m	0.200	Diametro Interno:	380	mm		
Materiale	-	pvc					
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.009					
Pendenza fondo: i	n°	1.300%					
							
Altezza d'acqua: h	m						
Area bagnata: A	mq						
Perimetro bagnato: P	m						
Raggio Idraulico: R	m						
Portata: Q	mc/s		DN Adottato =	400	mm	h/D=	0.75
Velocità: V	m/s						

		h	fi/p	A	P	R	Q	Vmax	
Step fi/p :	0.15								
		0.01	0.20	0.0008107	0.13	0.01	0.00036	0.44	
		0.03	0.35	0.004171	0.22	0.02	0.00376	0.90	
Vmin (m/s)	0.52	0.06	0.50	0.0114159	0.31	0.04	0.01587	1.39	verificato
		0.10	0.65	0.0230206	0.41	0.06	0.04287	1.86	
		0.14	0.80	0.0385098	0.50	0.08	0.08800	2.29	
		0.18	0.95	0.0565616	0.60	0.09	0.14893	2.63	
		0.23	1.10	0.0752954	0.69	0.11	0.21758	2.89	
		0.28	1.25	0.092682	0.79	0.12	0.28248	3.05	
		0.32	1.40	0.1069857	0.88	0.12	0.33271	3.11	
		0.35	1.55	0.1171431	0.97	0.12	0.36162	3.09	
		0.38	1.70	0.1229945	1.07	0.12	0.36880	3.00	





5. CONCLUSIONI

Dalle verifiche idrauliche emerge che le condotte in PVC (diametro 400mm) scelte sono in grado di smaltire le portate massime di progetto con gradi di riempimento largamente inferiori al 50% e quindi al di sotto dei limiti massimi consigliabili.

Nel dettaglio si hanno i seguenti valori di riempimento (H in m) e velocità (m/sec):

- AB, progr. 25-43 : $H=0.10\text{m}$, $v=0.67\text{m/s}$
- CD, progr. 48-83 : $H=0.10\text{m}$, $v=0.93\text{m/s}$
- EF, progr. 86-120 : $H=0.10\text{m}$, $v=1.26\text{m/s}$
- GH, progr. 126-138 : $H=0.06\text{m}$, $v=0.90\text{m/s}$
- IL, progr. 150-158 : $H=0.06\text{m}$, $v=0.60\text{m/s}$
- MN, progr. 160-167 : $H=0.06\text{m}$, $v=0.60\text{m/s}$
- OP, progr. 172-197 : $H=0.06\text{m}$, $v=0.52\text{m/s}$.

6. ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE DALLA SEDE STRADALE

Le acque defluenti dalla sede stradale vengono raccolte lateralmente attraverso cunette alla francese, disposte parallelamente all'asse stradale per i tratti di strada in trincea e mediante embrice per i tratti in rilevato. Le cunette sono interrotte, ad una distanza prefissata, da caditoie che catturano la portata fluente per avviarla, eventualmente assieme alle altre derivate a monte e a valle, allo scarico, mediante una rete di tubazioni in PVC pesante.

Le cunette sono percorse da una portata variabile nel senso del moto e sono state dimensionate con sezione triangolare come da elaborato riportato di seguito.

Il moto che si instaura in una cunetta durante una precipitazione è, a stretto rigore, moto vario a superficie libera, con portata affluente alla sede stradale generalmente costante per unità di lunghezza. Il calcolo idraulico delle cunette viene generalmente svolto utilizzando per semplicità le formule del moto uniforme, in realtà in questa sede si è rinunciato all'impostazione schematica del moto uniforme considerando che la cunetta è percorsa da una portata laterale costante per unità di lunghezza, una portata linearmente crescente nel senso del moto. Di conseguenza, dopo aver dimensionato le cunette si è passati al dimensionamento delle caditoie, recapito finale delle portate raccolte.

Dimensionamento delle cunette

Il dimensionamento delle cunette è avvenuto assumendo:

- diverse distanze tra due caditoie successive (20 o 25 m);
- un'intensità di pioggia pari a 0,2 m/ora.

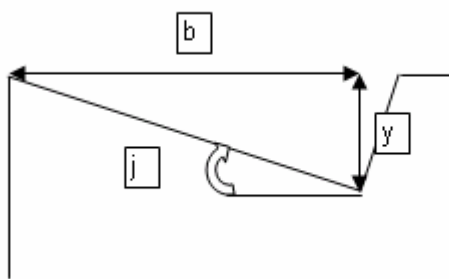
IPOSTESI DI MOTO PERMANENTE

(portata linearmente crescente nel senso del moto)

Larghezza della strada	L'	10,5 m
Superficie asservita al tratto (ipotesi di curva e caditoia ogni 20 m)	S1	210 mq
Superficie asservita al tratto (ipotesi di rettilineo e caditoia ogni 20 m)	S2	105 mq
Superficie asservita al tratto (ipotesi di curva e caditoia ogni 25 m)	S3	262,5 mq
Superficie asservita al tratto (ipotesi di rettilineo e caditoia ogni 25 m)	S4	131,25 mq
Intensità		
Intensità di pioggia riferita alla prima pioggia (primi 5 min)	prima pioggia	0,2 m/h
Portata terminale (ipotesi di curva e caditoia ogni 20 m)	Q1	0,0116 mc/sec
Portata terminale (ipotesi di rettilineo e caditoia ogni 20 m)	Q2	0,0058 mc/sec
Portata terminale (ipotesi di curva e caditoia ogni 25 m)	Q3	0,0145 mc/sec
Portata terminale (ipotesi di rettilineo e caditoia ogni 25 m)	Q4	0,0072 mc/sec
ALTEZZA CRITICA 1	yc1	0,071 m
ALTEZZA CRITICA 2	yc2	0,053 m
ALTEZZA CRITICA 3	yc3	0,077 m
ALTEZZA CRITICA 4	yc4	0,058 m
ALTEZZA DI MOTO UNIFORME 1	Yo1	0,096 m
ALTEZZA DI MOTO UNIFORME 2	Yo2	0,073 m
ALTEZZA DI MOTO UNIFORME 3	Yo3	0,099 m
ALTEZZA DI MOTO UNIFORME 4	Yo4	0,080 m

Come si può valutare dalla suddetta tabella, la cunetta è sufficiente a smaltire le portate terminali di progetto, dal momento che presumibilmente il profilo di moto permanente si instaurerà tra l'altezza critica e l'altezza di moto uniforme.

Di seguito si riporta uno schema della cunetta:



dove:

j	0,128205128
b	0,78 m
y	0,1 m

Dimensionamento dei