

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

PRODUZIONE CENTRO - NORD

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE IDRAULICHE

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IBL1 10 D 26 CL NV0320 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione		MAR. 2013	A. Frilli	MAR. 2013	C. Mazzocchi	MAR. 2013		

ITALFERR S.p.A.
Divisione Tecnica
Centro Progettazione
Data: 15/03/2013
Fabrizio
via Invergnoli dello Priore, di Milano n. 16397 321. A

File: IBL110D26CLNV0320001A.doc

n. Elab.:


Stampato dal Service
di plottaggio ITALFERR S.p.A.

ALBA S.r.l.



INDICE

1	PREMESSE.....	3
2	OPERE DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA.....	4
2.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI DRENAGGIO.....	4
2.2	INTRODUZIONE METODOLOGICA.....	5
2.2.1	<i>Calcolo della pioggia di progetto</i>	7
2.2.2	<i>Calcolo della portata di progetto</i>	14
2.2.3	<i>Risultati di calcolo</i>	16
2.3	DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DRENAGGIO.....	17
2.3.1	<i>Cunette laterali</i>	17
2.3.2	<i>Fosso di guardia</i>	18
2.3.3	<i>Collettori circolari</i>	20

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH - RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE IDRAULICHE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO NV 03 20 001	REV. A

1 PREMESSE

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo del Lotto 1 Fortezza – Ponte Gardena “Asse ferroviario Monaco - Verona” “Accesso Sud alla galleria di base del Brennero quadruplicamento della linea Fortezza - Verona”.

Lo studio idrologico-idraulico è stato sviluppato al fine di effettuare le verifiche idrauliche relative alle opere di drenaggio delle acque meteoriche di ruscellamento e di piattaforma stradale nell’ambito della realizzazione della viabilità di accesso al piazzale di imbocco della finestra Forch.

La valutazione dell’impatto della realizzazione delle opere stradali, in particolare delle interferenze con i processi naturali legati allo scolo delle acque dai versanti, rende necessaria un’analisi idrologica estesa a tutto il territorio interessato. L’obiettivo è quello di determinare, in primo luogo, le portate massime di progetto prevedibili alle sezioni di chiusura considerate e, successivamente, fornire gli elementi di dimensionamento relativi alle opere di drenaggio dei deflussi generati sia sulla piattaforma stradale (collettori, manufatti di intercettazione, ecc.) che esternamente ad essa (fossi di guardia, cunette al piede dei rilevati e delle scarpate, ecc.).

Lo studio idrologico si è basato su un approccio statistico mediante l’elaborazione dei dati pluviometrici registrati presso le stazioni pluviometriche prossime alle aree d’intervento, che ha portato alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno, forniteci dalla U.O. Corpo Stradale e Geotecnica di Italferr S.p.A.

Per il calcolo delle portate di verifica e progetto, è stato adottato un modello di trasformazione afflussi-deflussi del tipo deterministico razionale.

Lo studio idraulico, basato sui risultati dell’analisi idrologica, ha lo scopo di indicare i criteri progettuali seguiti nel tracciare e dimensionare le opere di scolo della sede stradale e le canalizzazioni disposte per intercettare, convogliare ed avviare ai recapiti terminali le portate originatesi dal complesso delle superfici drenate, sia di versante che di piattaforma stradale.

Il sistema di drenaggio si articola con differenti soluzioni tecniche che possono essere così sintetizzate:

- fossi di guardia posti in corrispondenza della testa scarpata, testa muri e agli imbocchi di galleria a protezione del deflusso lungo le stesse;
- caditoie poste a margine della carreggiata ad interasse massimo di 25 m sia nei tratti in rettilineo che nei tratti in curva, confinate sull’esterno da cordolo in cls, e rete di collettamento sottostante con tubazioni in PVC;
- cunetta alla francese a margine della piattaforma pavimentata con caditoie poste ad interasse massimo di 25 m sia nei tratti in rettilineo che nei tratti in curva, e rete di collettamento sottostante con tubazioni in PVC.

2 OPERE DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

Si descrive nel seguito il dimensionamento idraulico delle opere che si rendono necessarie per garantire lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti all'intervento in progetto.

Si forniscono gli elementi di dimensionamento relativi sia alle opere di drenaggio dei deflussi generati sulla piattaforma stradale (collettori, manufatti di intercettazione, ecc.) sia alle opere di regolazione acque superficiali che interessano il manufatto stradale (fossi di guardia, cunette al piede dei rilevati, ecc.).

2.1 Descrizione delle opere di drenaggio

Si descrivono i criteri progettuali seguiti nel tracciare e dimensionare le opere di scolo della sede stradale e le canalizzazioni disposte per intercettare, convogliare ed avviare ai recapiti terminali le portate originatesi dal complesso delle superfici drenate.

La regimazione dei deflussi generati esternamente alla piattaforma stradale ha due obiettivi fondamentali: ridurre i volumi idrici raccolti dal drenaggio stradale e provvedere alla protezione idraulica dai deflussi meteorici delle opere in progetto. A tal fine sono state inserite una serie di cunette e fossi di guardia in calcestruzzo di forma trapezia o rettangolare con caratteristiche geometriche indicate nelle sezioni tipo, di dimensioni variabili in base alle superfici drenate.

La raccolta delle acque di piattaforma avviene verso l'esterno della piattaforma pavimentata, sia nei tratti in rettilineo che in curva, mediante caditoie poste a margine della carreggiata ad interasse massimo di 25 m, confinate sull'esterno da un cordolo in cls e collegate a collettori circolati in PVC.

In alcuni tratti sono previste cunette tipo "francese", con caratteristiche geometriche indicate nelle sezioni tipo, di forma compatibile con la previsione di un possibile svio in sicurezza del veicolo. La loro funzione è quella di raccogliere oltre alle acque provenienti dalla piattaforma, anche quelle provenienti dalle scarpate in trincea. Il drenaggio è realizzato attraverso l'inserimento di caditoie collegate a collettori circolari in PVC.

Le caditoie sono costituite da pozzetti prefabbricati in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale carrabile secondo UNI EN 124, con area effettivamente drenante pari al 50% del totale e barre poste nel senso del moto per garantire una maggiore efficienza idraulica della caditoia.

Le tubazioni utilizzate per i collettori principali sono in PVC con diametro variabili da DN 315 a DN 800 mm e in CLS con diametro Ø 1000 mm. Per gli allacci di singole caditoie è stato utilizzato il DN 200 mm. Le tubazioni sono generalmente posate con ricoprimento minimo di 1.00 m sulla generatrice superiore, e nei casi in cui non sia possibile rispettare tale ricoprimento si prevede un bauletto di protezione in cls.

Attraverso le caditoie o appositi pozzetti d'ispezione, si provvede alla pulizia e manutenzione della tubazione tra due pozzetti contigui.

Si è proceduto, quindi, alla verifica idraulica dei fossi di guardia e dei collettori della rete di drenaggio della piattaforma stradale, previa analisi idrologica.

2.2 Introduzione metodologica

Il dimensionamento idraulico delle opere di captazione e smaltimento delle acque di pioggia è legato alle caratteristiche delle aree scolanti ed alla probabilità che il sistema di regimazione risulti adeguato, individuata dal tempo di ritorno.

Le verifiche idrauliche relative al dimensionamento della rete di drenaggio della piattaforma stradale e dei fossi di guardia sono state condotte considerando cautelativamente la piena centennale: si è fatto riferimento, quindi, a precipitazioni con tempo di ritorno pari a $Tr = 100$ anni, mediante la determinazione delle corrispondenti *curve segnalatrici di possibilità pluviometrica*.

Per le verifiche idrauliche si è proceduto attraverso l'applicazione del *modello cinematico lineare* (comunemente utilizzato per il calcolo di progetto e di verifica delle fognature bianche a servizio di aree scolanti in cui siano trascurabili gli effetti di laminazione). Si adotta un modello di trasformazione afflussi-deflussi del tipo deterministico razionale, in considerazione delle modeste dimensioni delle superficie scolanti.

Il *modello cinematico* o *della corrivazione* si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari, provenienti dalle singole aree del bacino, che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura (funzionamento sincrono).

Ne consegue che esiste un tempo di concentrazione τ_c caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura; si può dimostrare che la portata massima al colmo nella sezione di chiusura del bacino si ottiene per piogge di durata pari proprio al tempo τ_c , nell'ipotesi che la curva aree – tempi sia lineare e che la pioggia sia uniformemente distribuita nel tempo e nello spazio.

La determinazione dell'intensità di pioggia i è subordinata al calcolo del tempo di concentrazione del bacino ed alla ricerca dei dati idrologici relativi all'area in esame.

Per una fognatura urbana il tempo di corrivazione τ_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata e risulta dalla somma di due termini:

$$\tau_c = t_a + t_r$$

dove:

- t_a = tempo di accesso alla rete;
- t_r = tempo di rete.

VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH -
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE
IDRAULICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 26 CL	NV 03 20 001	A	6 di 23

Il tempo di accesso è sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la sua natura, le caratteristiche pluviometriche ed il livello di realizzazione dei drenaggi. Un modello comunemente usato nell'ambito dei drenaggi urbani per la stima del tempo di accesso t_{ai} alla rete relativo all'*i*-esimo sottobacino drenato, è quello del "condotto equivalente", che utilizza la seguente equazione¹:

$$t_{ai} = \left(\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 120 \cdot S_i^{0.30}}{s_i^{0.375} \cdot (a \cdot \varphi_i)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{n+3}}$$

in cui:

t_{ai} = tempo d'accesso dell'*i*-esimo sottobacino (s);

s_i = pendenza media dell'*i*-esimo sottobacino (m/m);

S_i = superficie dell'*i*-esimo sottobacino;

φ_i = coefficiente d'afflusso dell'*i*-esimo sottobacino;

a, n = parametri della curva di possibilità pluviometrica ragguagliata, essendo a espresso in (mm/hⁿ), mentre n un numero puro.

Per il dimensionamento dei fossi di guardia che sottendono bacini imbriferi caratterizzabili come versanti planari, senza impluvi o fossi di incisione distinguibili morfologicamente, per il calcolo del tempo di corrivazione si adotta l'espressione consigliata dal *Civil Engineering Department dell'Università del Maryland*, particolarmente indicata per il calcolo delle portate che gravano su cunette e fossi di guardia²:

$$\tau_c = 26.3 \frac{(L/K_s)^{0.6}}{j^{0.4} \cdot i_m^{0.3}} \quad (\text{secondi})$$

con:

L lunghezza della cunetta o della superficie scolante (m);

K_s coefficiente di resistenza di *Gauckler-Strickler* (m^{1/3}/s), variabile da 70÷75 per pavimentazioni in asfalto a 2÷5 per superfici erbose;

j intensità di precipitazione (m/ora);

i pendenza media della superficie scolante (m/m).

In ogni caso, il valore normalmente assunto nella progettazione varia entro l'intervallo 5 ÷ 15 minuti, assumendo i valori più bassi per le aree impermeabili di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza ed i valori più alti per i casi opposti, compresi i drenaggi dei versanti tramite fossi di guardia. Ciò permette di tenere in conto il forte effetto d'invaso che si ha nelle superfici stradali che scolano nelle cunette all'inizio della precipitazione:

¹ AA.VV. – Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione – Centro studi deflussi urbani – Ed. Hoepli.

² L. Da Deppo, C. Datei – Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali – Ed. Bios.



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1
FORTEZZA – PONTE GARDENA

VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH -
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE
IDRAULICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 26 CL	NV 03 20 001	A	7 di 23

Il tempo di rete t_r viene calcolato, invece, come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria, facendo riferimento alle velocità di moto uniforme V_u che assume la portata di piena nelle singole canalizzazioni:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{V_{ui}}$$

nella quale la sommatoria va estesa a tutti i rami che costituiscono il percorso più lungo della rete fognaria.

Per il dimensionamento esecutivo delle sezioni terminali dei collettori, si dovrà determinare, per ogni sezione di verifica, l'area totale sottesa S ed il coefficiente d'afflusso medio pesato ϕ , il tempo di accesso t_a ed il tempo di corrivazione τ_c come somma di t_a e del tempo di rete t_r di primo tentativo. Noto τ_c , si determinerà l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione e quindi la portata al colmo di piena in funzione della quale si proporzionerà lo speco e si calcolerà la velocità di moto uniforme corrispondente, procedendo, iterativamente, fino a quando la velocità calcolata non coincida con quella stimata al passo precedente.

2.2.1 Calcolo della pioggia di progetto

Per valutare le portate di deflusso nelle sezioni di verifica, con un assegnato tempo di ritorno, è necessario valutare l'entità del fenomeno piovoso per l'area scolante e per il tempo dato.

In relazione alle aree d'interesse sono state utilizzate numero 3 curve di possibilità pluviometrica fornite dalla U.O. Corpo Stradale e Geotecnica di Italferr S.p.A.

I dati pluviometrici su cui si fondano le calcolazioni idrologiche ed idrauliche che seguiranno, sono dedotti dalle serie storiche dei dati di pioggia massima annua della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e delle piogge di notevole intensità e breve durata (<1 ora).

I risultati dell'analisi statistica sono stati utilizzati per ottenere le *curve segnalatrici di possibilità climatica* per diversi tempi di ritorno T_r , ipotizzando una formulazione classica a due parametri del tipo:

$$h(t, T_r) = a t^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

t è la durata dell'evento in ore;

a (mm/oraⁿ) ed n sono i parametri caratteristici della curva, dipendenti dal tempo di ritorno.

Nel campo bilogaritmico la curva ha una forma lineare con coefficiente angolare pari ad "n" ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad "a".

I risultati delle interpolazioni sono riassunti nelle Tab. successive. Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate di pioggia ≤ 1 ora e ≥ 1 ora, relative alle stazioni considerate, sono riportate nelle Figg. successive.

VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH -
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE
 IDRAULICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 26 CL	NV 03 20 001	A	8 di 23

 2.2.1.1 Stazione Albes

PRECIPITAZIONI									
Durata (h)	Tempo di Ritorno								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0.25	11.3	15.7	18.6	21.4	22.9	24.9	27.6	30.3	31.9
0.50	14.6	20.2	23.9	27.5	29.6	32.1	35.6	39.1	41.1
0.75	16.9	23.4	27.8	31.9	34.3	37.3	41.3	45.3	47.7
1.00	18.8	26.0	30.9	35.5	38.1	41.4	45.9	50.4	53.0
2.00	22.6	31.4	37.2	42.7	45.9	49.9	55.3	60.7	63.8
3.00	25.2	35.0	41.5	47.7	51.2	55.7	61.7	67.7	71.2
4.00	27.3	37.8	44.8	51.5	55.3	60.1	66.6	73.1	76.9
5.00	29.0	40.2	47.6	54.7	58.8	63.9	70.8	77.6	81.6
6.00	30.4	42.2	50.0	57.4	61.7	67.1	74.3	81.5	85.7
7.00	31.7	44.0	52.1	59.8	64.3	69.9	77.5	85.0	89.4
8.00	32.9	45.6	54.0	62.0	66.7	72.5	80.3	88.1	92.6
9.00	33.9	47.0	55.7	64.0	68.8	74.8	82.9	90.9	95.6
10.00	34.9	48.4	57.3	65.9	70.8	77.0	85.3	93.5	98.4
11.00	35.8	49.6	58.8	67.6	72.6	79.0	87.5	96.0	100.9
12.00	36.7	50.8	60.2	69.2	74.4	80.8	89.5	98.2	103.3
13.00	37.5	51.9	61.5	70.7	76.0	82.6	91.5	100.4	105.6
14.00	38.2	53.0	62.7	72.1	77.5	84.2	93.3	102.4	107.7
15.00	38.9	54.0	63.9	73.5	79.0	85.8	95.1	104.3	109.7
16.00	39.6	54.9	65.0	74.7	80.3	87.3	96.7	106.1	111.6
17.00	40.3	55.8	66.1	76.0	81.7	88.8	98.3	107.9	113.5
18.00	40.9	56.7	67.1	77.2	82.9	90.1	99.9	109.6	115.2
19.00	41.5	57.5	68.1	78.3	84.1	91.5	101.3	111.2	116.9
20.00	42.1	58.3	69.1	79.4	85.3	92.7	102.7	112.7	118.5
21.00	42.6	59.1	70.0	80.4	86.4	93.9	104.1	114.2	120.1
22.00	43.1	59.8	70.8	81.4	87.5	95.1	105.4	115.6	121.6
23.00	43.7	60.5	71.7	82.4	88.6	96.3	106.7	117.0	123.1
24.00	44.2	61.2	72.5	83.4	89.6	97.4	107.9	118.4	124.5



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1
FORTEZZA – PONTE GARDENA**

VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH -
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE
IDRAULICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 26 CL	NV 03 20 001	A	9 di 23

Tab. 2-1- Precipitazioni di notevole intensità e breve durata (scrosci < 1 ora) e di massima intensità (durata oraria) - Stazione di Albes

PARAMETRI C.P.P.										
a									n	
Tempo di Ritorno									Durata Precipitazione	
2	5	10	20	30	50	100	200	300	< 1h	> 1h
18.8	26.0	30.9	35.5	38.1	41.4	45.9	50.4	53.0	0.37	0.27

Tab. 2-2 - Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione di Albas al variare del tempo di ritorno e per durate di pioggia < 1 ora e > 1 ora.

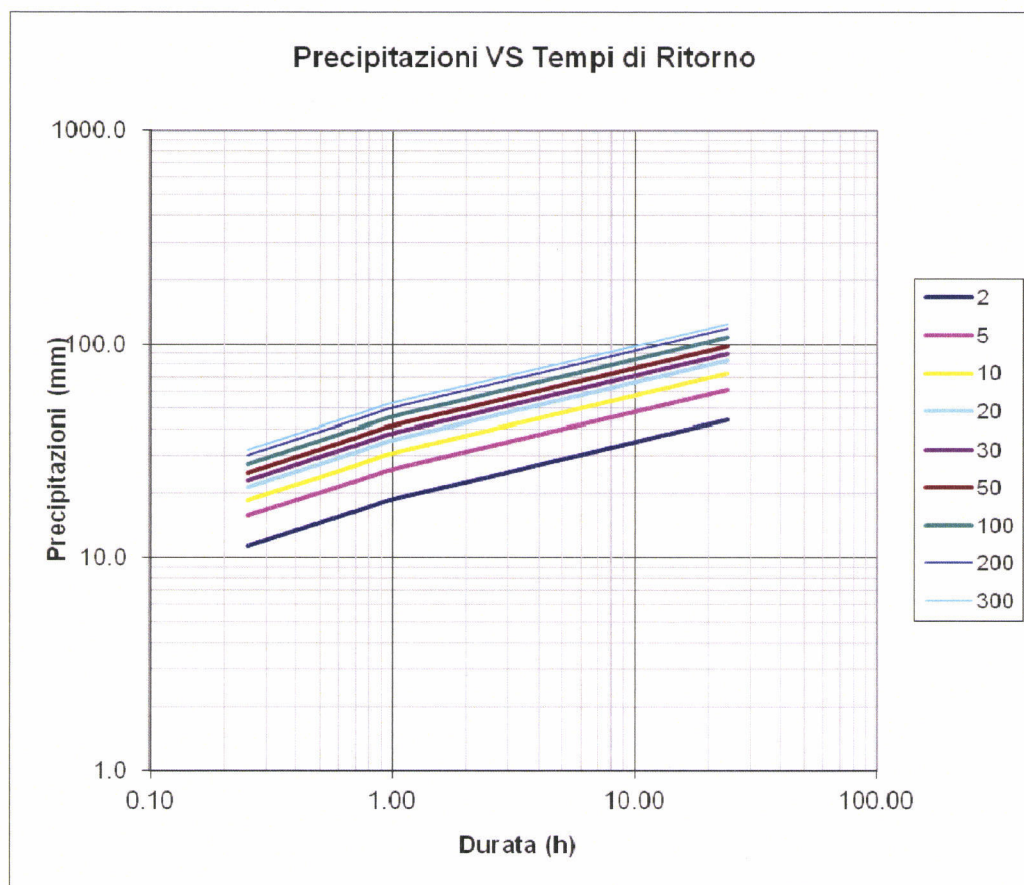


Fig. 2-3 - Curve di possibilità pluviometrica in forma logaritmica della stazione di Albes al variare del tempo di ritorno.

2.2.1.2 Stazione Chiusa-Funes

PRECIPITAZIONI									
Durata (h)	Tempo di Ritorno								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0.25	9.5	12.8	15.0	17.1	18.3	19.8	21.8	23.8	25.0
0.50	12.2	16.5	19.3	22.0	23.5	25.5	28.1	30.7	32.3
0.75	14.1	19.1	22.4	25.5	27.3	29.6	32.6	35.6	37.4
1.00	15.7	21.2	24.8	28.3	30.3	32.8	36.2	39.6	41.6
2.00	20.5	27.7	32.4	37.0	39.6	42.8	47.3	51.7	54.2
3.00	23.9	32.3	37.8	43.2	46.2	50.1	55.2	60.4	63.4
4.00	26.7	36.1	42.3	48.2	51.6	55.9	61.6	67.4	70.7
5.00	29.1	39.3	46.0	52.5	56.2	60.9	67.2	73.4	77.1
6.00	31.2	42.1	49.4	56.3	60.3	65.3	72.0	78.7	82.6
7.00	33.1	44.7	52.4	59.7	64.0	69.3	76.4	83.5	87.7
8.00	34.9	47.1	55.1	62.9	67.3	72.9	80.4	87.9	92.3
9.00	36.5	49.2	57.7	65.8	70.4	76.3	84.1	92.0	96.5
10.00	38.0	51.3	60.0	68.5	73.3	79.4	87.6	95.7	100.5
11.00	39.4	53.2	62.3	71.0	76.1	82.4	90.9	99.3	104.3
12.00	40.7	55.0	64.4	73.4	78.7	85.2	93.9	102.7	107.8
13.00	42.0	56.7	66.4	75.7	81.1	87.8	96.9	105.9	111.1
14.00	43.2	58.3	68.3	77.9	83.4	90.3	99.7	108.9	114.3
15.00	44.4	59.9	70.1	80.0	85.7	92.8	102.3	111.9	117.4
16.00	45.5	61.4	71.9	82.0	87.8	95.1	104.9	114.7	120.4
17.00	46.5	62.8	73.6	83.9	89.9	97.3	107.4	117.3	123.2
18.00	47.6	64.2	75.2	85.8	91.9	99.5	109.7	119.9	125.9
19.00	48.6	65.6	76.8	87.6	93.8	101.6	112.0	122.5	128.6
20.00	49.5	66.9	78.3	89.3	95.7	103.6	114.3	124.9	131.1
21.00	50.5	68.1	79.8	91.0	97.5	105.5	116.4	127.3	133.6
22.00	51.4	69.3	81.2	92.7	99.2	107.4	118.5	129.5	136.0
23.00	52.2	70.5	82.6	94.3	100.9	109.3	120.5	131.8	138.3
24.00	53.1	71.7	84.0	95.8	102.6	111.1	122.5	133.9	140.6

Tab. 2-4- Precipitazioni di notevole intensità e breve durata (scrosci < 1 ora) e di massima intensità (durata oraria) - Stazione di Chiusa-Funes

PARAMETRI C.P.P.										
a									n	
Tempo di Ritorno									Durata Precipitazione	
2	5	10	20	30	50	100	200	300	< 1h	> 1h
15.7	21.2	24.8	28.3	30.3	32.8	36.2	39.6	41.6	0.37	0.38

Tab. 2-5 - Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione di Chiusa-Funes al variare del tempo di ritorno e per durate di pioggia < 1 ora e > 1 ora.

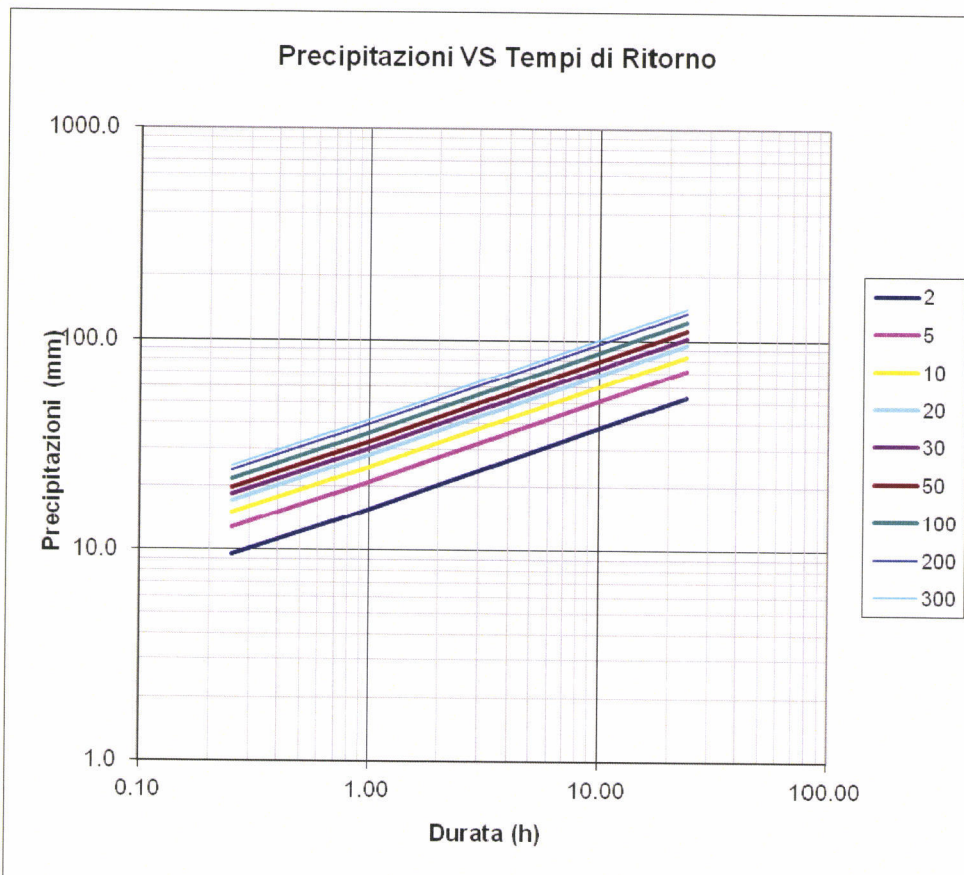


Fig. 2-6 - Curve di possibilità pluviometrica in forma logaritmica della stazione di Chiusa-Funes al variare del tempo di ritorno.

2.2.1.3 Stazione Forch

PRECIPITAZIONI									
Durata (h)	Tempo di Ritorno								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0.25	8.5	11.7	13.8	15.9	17.1	18.5	20.5	22.5	23.7
0.50	10.9	15.1	17.8	20.5	22.0	23.9	26.5	29.0	30.5
0.75	12.7	17.5	20.7	23.8	25.5	27.7	30.7	33.7	35.4
1.00	14.1	19.4	23.0	26.4	28.4	30.8	34.1	37.4	39.3
2.00	18.2	25.1	29.7	34.1	36.6	39.8	44.1	48.3	50.8
3.00	21.1	29.2	34.5	39.6	42.5	46.2	51.2	56.1	59.0
4.00	23.5	32.4	38.3	44.0	47.3	51.4	56.9	62.4	65.6
5.00	25.5	35.2	41.6	47.8	51.4	55.8	61.8	67.8	71.3
6.00	27.3	37.7	44.5	51.2	55.0	59.7	66.1	72.5	76.2
7.00	28.8	39.9	47.2	54.1	58.2	63.2	70.0	76.7	80.7
8.00	30.3	41.9	49.5	56.9	61.1	66.4	73.5	80.6	84.8
9.00	31.7	43.7	51.7	59.4	63.8	69.4	76.8	84.2	88.5
10.00	32.9	45.5	53.8	61.8	66.4	72.1	79.8	87.6	92.1
11.00	34.1	47.1	55.7	64.0	68.7	74.7	82.7	90.7	95.4
12.00	35.2	48.6	57.5	66.1	71.0	77.1	85.4	93.7	98.5
13.00	36.3	50.1	59.3	68.1	73.1	79.4	88.0	96.5	101.4
14.00	37.3	51.5	60.9	69.9	75.1	81.6	90.4	99.1	104.2
15.00	38.2	52.8	62.5	71.8	77.1	83.8	92.7	101.7	106.9
16.00	39.1	54.1	64.0	73.5	78.9	85.8	95.0	104.2	109.5
17.00	40.0	55.3	65.4	75.1	80.7	87.7	97.1	106.5	112.0
18.00	40.9	56.5	66.8	76.8	82.5	89.6	99.2	108.8	114.4
19.00	41.7	57.6	68.2	78.3	84.1	91.4	101.2	111.0	116.7
20.00	42.5	58.7	69.5	79.8	85.7	93.1	103.1	113.1	118.9
21.00	43.3	59.8	70.8	81.2	87.3	94.8	105.0	115.2	121.1
22.00	44.0	60.8	72.0	82.7	88.8	96.5	106.8	117.2	123.2
23.00	44.8	61.9	73.2	84.0	90.3	98.1	108.6	119.1	125.2
24.00	45.5	62.8	74.3	85.4	91.7	99.6	110.3	121.0	127.2

Tab. 2-7- Precipitazioni di notevole intensità e breve durata (scrosci < 1 ora) e di massima intensità (durata oraria) - Stazione Forch

PARAMETRI C.P.P.										
a									n	
Tempo di Ritorno									Durata Precipitazione	
2	5	10	20	30	50	100	200	300	< 1h	> 1h
14.1	19.4	23.0	26.4	28.4	30.8	34.1	37.4	39.3	0.37	0.37

Tab. 2-8 - Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione Forch al variare del tempo di ritorno e per durate di pioggia < 1 ora e > 1 ora.

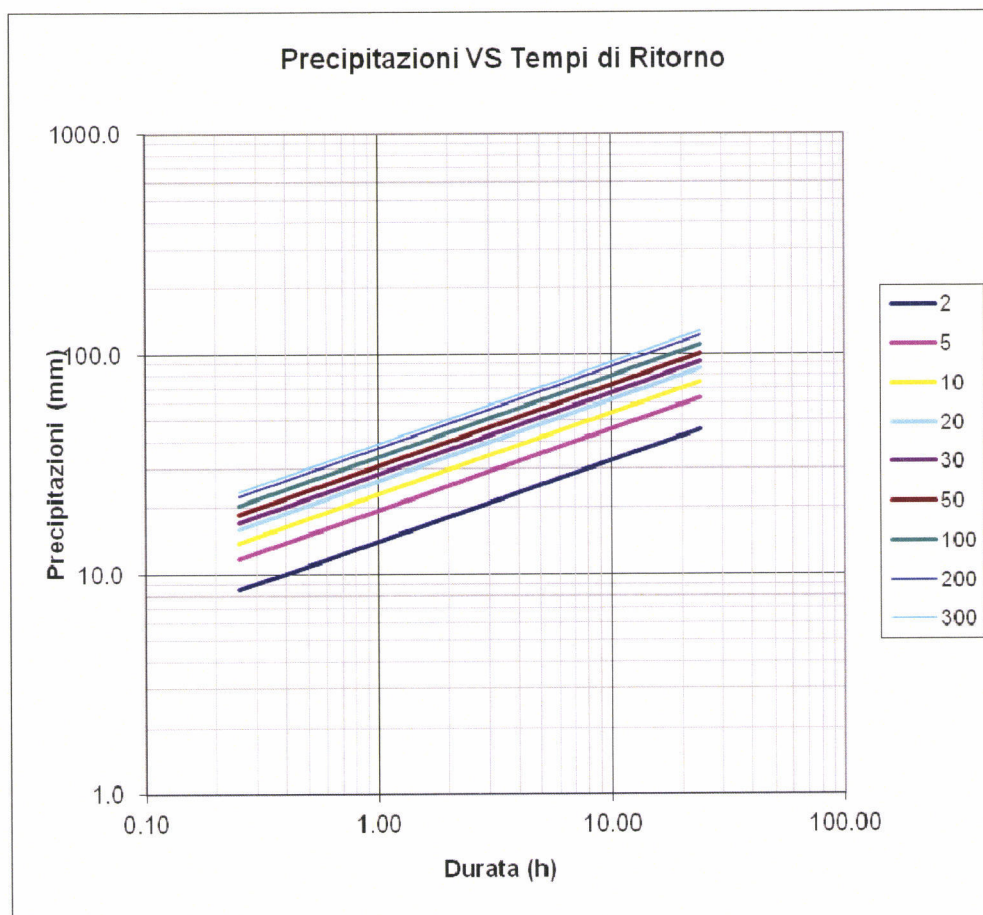


Fig. 2-9 - Curve di possibilità pluviometrica in forma logaritmica della stazione di Forch al variare del tempo di ritorno.

In particolare, per la stima degli afflussi sono stati utilizzati i parametri della curva di possibilità pluviometrica più significativa in relazione all'ubicazione dell'intervento, con tempo di ritorno cautelativo pari a $T_R = 100$ anni sia per le opere di drenaggio della piattaforma stradale che per i fossi di guardia e con durata inferiore all'ora ($t_p < 1$ ora), ipotizzando la maggiore criticità della pioggia in tale arco temporale (in relazione ai bassi tempi di corrivazione delle aree scolanti certamente inferiori a 30 minuti).

Per l'intervento in oggetto la stazione pluviometrica più significativa è quella di Forch. Di seguito si riassumono i parametri della curva di possibilità pluviometrica per $T_R = 100$ anni e $t_p \leq 1$ ora, utilizzati per le successive calcolazioni:

Stazione	a	n
Forch	34.1	0.37

Tab. 2.10 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica con $T_R = 100$ anni e $t_p \leq 1$ ora

2.2.2 Calcolo della portata di progetto

Il calcolo delle portate massime da utilizzare nelle verifiche idrauliche è stato effettuato utilizzando il *metodo cinematico lineare*, in base al quale la massima portata alla sezione di calcolo si verifica per un tempo di pioggia critico coincidente con il tempo di corrivazione, per il quale si verifica la condizione di bacino totalmente contribuente.

La portata al colmo della piena critica viene valutata attraverso l'applicazione della *formula razionale*:

$$Q_c = \frac{\varphi \cdot S \cdot i_c}{360}$$

dove:

- Q_c portata al colmo di piena in corrispondenza della sezione di calcolo (m^3/s);
- φ valore medio ponderale del coefficiente di deflusso del bacino, assunto:
 - φ_1 aree piattaforma stradale = 0.90
 - φ_2 aree a verde e scarpate = 0.60
- S superficie del bacino scolante (ha);
- i_c intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione τ_c (mm/h).

Sulla base delle considerazioni svolte precedentemente riguardo al tempo di corrivazione da assumere nei calcoli, si considera un valore minimo pari a 5 minuti ed un valore massimo pari a 15 minuti, ottenendo i seguenti valori di *coefficienti udometrici* (portata per unità di superficie) da assumere quale base per il dimensionamento e le verifiche idrauliche delle opere di drenaggio della piattaforma stradale e dei fossi di guardia.

Di seguito si riportano i coefficienti udometrici per le stazioni considerate, distinti per i deflussi sulla piattaforma stradale e sui versanti intercettati dai fossi di guardia, con tempi di ritorno $T_r = 100$ anni e tempi di corrivazione $\tau_c = 5 \div 15$ minuti.

**COEFFICIENTI UDOMETRICI
 PER LE OPERE DI DRENAGGIO STRADALE E DI VERSANTE**

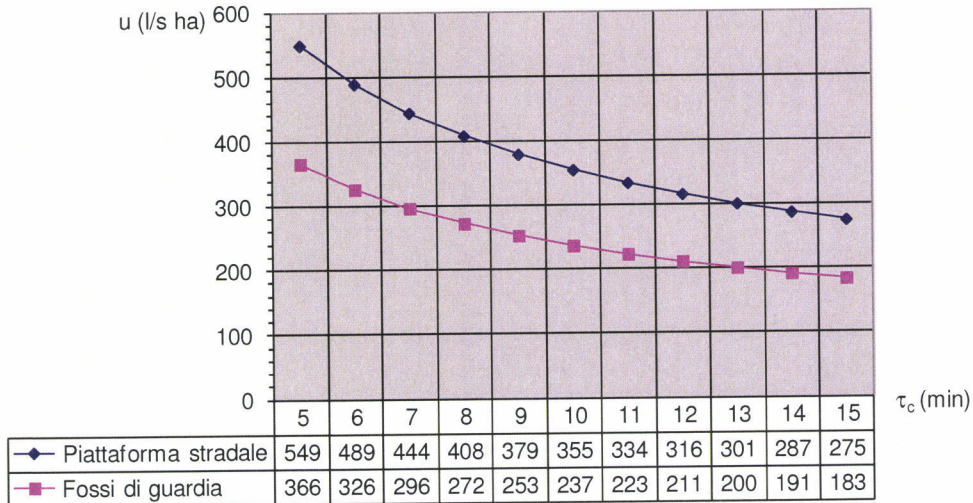


Fig. 2-1 – Coefficienti udometrici in funzione del tempo di corrivazione per il dimensionamento delle opere di drenaggio stradale e dei fossi di guardia – Stazione Albese

**COEFFICIENTI UDOMETRICI
 PER LE OPERE DI DRENAGGIO STRADALE E DI VERSANTE**

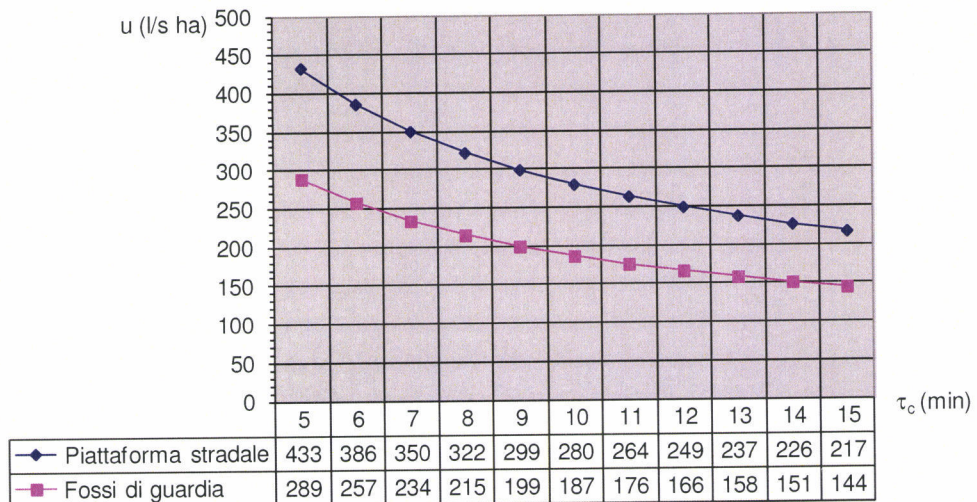


Fig. 2-2 – Coefficienti udometrici in funzione del tempo di corrivazione per il dimensionamento delle opere di drenaggio stradale e dei fossi di guardia – Stazione Chiuse

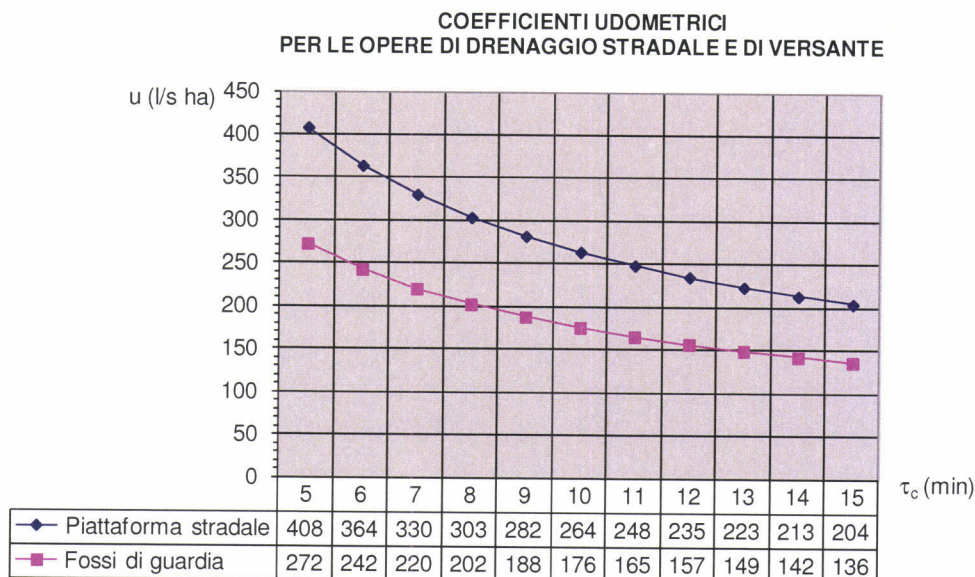


Fig. 2-3 – Coefficienti udometrici in funzione del tempo di corrivazione per il dimensionamento delle opere di drenaggio stradale e dei fossi di guardia – Stazione Forch


2.2.3 Risultati di calcolo

Si riporta qui di seguito un riepilogo dei risultati di calcolo relativi alle sezioni terminali di scarico dei collettori.

A favore di sicurezza si sono sommate le portate defluite dai versanti con quelle drenate dalla piattaforma stradale, anche se sono caratterizzate da tempi di corrivazione differenti (dell'ordine di 15 min. per i versanti naturali e di 5 min. per la piattaforma stradale).

	<i>A versante</i> (m ²)	<i>A piattaforma</i> (m ²)	<i>Q_v</i> (l/s)	<i>Q_p</i> (l/s)	<i>Q_{tot}</i> (l/s)
FORCH	87000	8060	1183	329	1512

Tab. 2.11 - Risultati riassuntivi relativi ai punti di scarico finali

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	VIABILITA' DI ACCESSO FINESTRA DI FORCH - RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE IDRAULICHE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO NV 03 20 001	REV. A

2.3 Dimensionamento delle opere di drenaggio

Per le opere di drenaggio si espongono i criteri di verifica idraulica consistenti nel determinare le massime portate defluenti in funzione delle pendenze delle canalizzazioni e delle sezioni trasversali previste.

Le verifiche delle sezioni idrauliche con le portate di massima piena calcolate come sopra descritto, sono state effettuate mediante l'utilizzo della nota *formula di Chezy* valida per moto uniforme in correnti a pelo libero:

$$Q = \chi A \sqrt{R i} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

χ = coefficiente di attrito valutabile secondo diverse espressioni a seconda del coefficiente di scabrezza adottato (Gauckler – Strickler, Manning, Bazin, ecc.); utilizzando Manning, risulta: $\chi = \frac{1}{n} R^{1/6}$

($\text{m}^{1/2}/\text{s}$),

A = sezione bagnata (m^2);

B = contorno bagnato (m);

$R = \frac{A}{B}$ raggio idraulico (m);

i = pendenza del fondo (m/m).

2.3.1 Cunette laterali

In alcuni tratti stradali in trincea sono previste delle cunette alla francese con caratteristiche geometriche indicate nelle sezioni tipo. La loro funzione è quella di raccogliere oltre alle acque provenienti dalla piattaforma, anche quelle di modesta entità provenienti dalle scarpate in trincea. Il drenaggio è stato realizzato attraverso l'inserimento di caditoie collegate con collettori circolari in PVC. Le caditoie sono costituite da pozzetti prefabbricati in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale carrabile secondo UNI EN 124, con area effettivamente drenante pari al 50% del totale e barre poste nel senso del moto per garantire una maggiore efficienza idraulica della caditoia.

La portata massima smaltibile dalla cunetta in funzione della pendenza longitudinale della strada è stata calcolata con la formula di Chezy, applicata ad un canale a sezione triangolare, avendo fissato la pendenza trasversale della cunetta $j = 10\%$, ed il massimo riempimento utile pari ad $h_u = 10\text{ cm}$:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

con:

$n = 0.014 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ coefficiente di Manning valido per cunette in calcestruzzo (condizione di esercizio);

$A = h_u^2 / 2j$ area bagnata (m^2);

$B = h_u (1 + \sqrt{1 + 1/j^2})$ contorno bagnato (m);

$R = A / B$ raggio idraulico (m);

i = pendenza longitudinale (m/m).

Di seguito si riporta la scala di deflusso della cunetta laterale (valore della portata Q al variare della pendenza longitudinale i del ciglio di piattaforma), determinata con le ipotesi assunte.

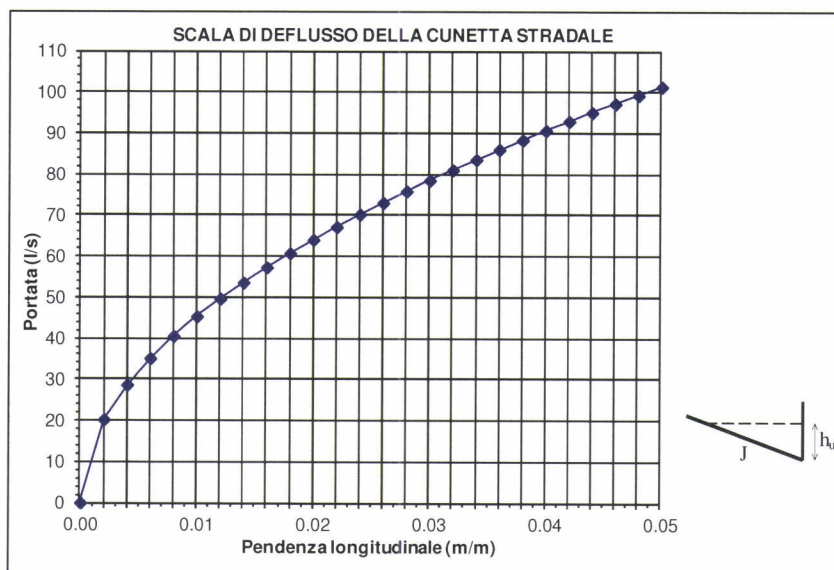


Fig. 2-4 - Scala di deflusso della cunetta stradale in trincea tipo "francese"

Quando l'apporto di acqua piovana di un determinato tratto stradale, calcolata con la formula razionale, raggiunge la massima portata smaltibile in tutta sicurezza dalla cunetta, è necessario inserire una caditoia che consenta di deviare le acque della cunetta al collettore sottostante.

In questo modo si calcola la massima distanza ammissibile in cunetta tra i pozzetti d'intercettazione al fine di evitare che i deflussi creino condizioni di interferenza o pericolo per la circolazione, garantendo così che i deflussi si propaghino integralmente nella cunetta senza interessare la piattaforma stradale.

In generale i pozzetti d'intercettazione vengono posti ad interasse massimo pari a 25 m.

2.3.2 Fosso di guardia

Il fosso di guardia é previsto al di sopra delle scarpate delle trincee, a valle di quelle in rilevato e a tergo dei muri di sostegno. La sua funzione è quella di impedire alle acque di ruscellamento esterne al corpo stradale di scorrere lungo le trincee e, viceversa, a quelle delle scarpate del rilevato di entrare nei terreni circostanti la strada in progetto.

Si prevedono due tipologie di fosso di guardia rivestito in calcestruzzo con sezione trapezia delle seguenti dimensioni interne: base interna $l=0.50$ m, pendenza delle sponde 1/1 ed altezza $h=0.50$ m, e base interna $l=0.30$ m, pendenza delle sponde 1/1 ed altezza $h=0.30$ m, e una tipologia a sezione rettangolare di dimensioni interne: base $l=0.80$ m ed altezza $h=0.80$ m.

La massima portata smaltibile dai fossi di guardia, in funzione della pendenza longitudinale del terreno, è stata calcolata con la solita formula di Chezy, avendo fissato cautelativamente il massimo riempimento utile h_u pari a 10 cm sotto l'altezza della canaletta per garantire un opportuno franco di sicurezza, ed il coefficiente di Manning $n = 0.014 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ valido per cunette in calcestruzzo (condizione di esercizio).

Di seguito si riporta la scala di deflusso delle tipologie di fosso di guardia (valore della portata Q al variare della pendenza longitudinale i del terreno), determinata con le ipotesi assunte.

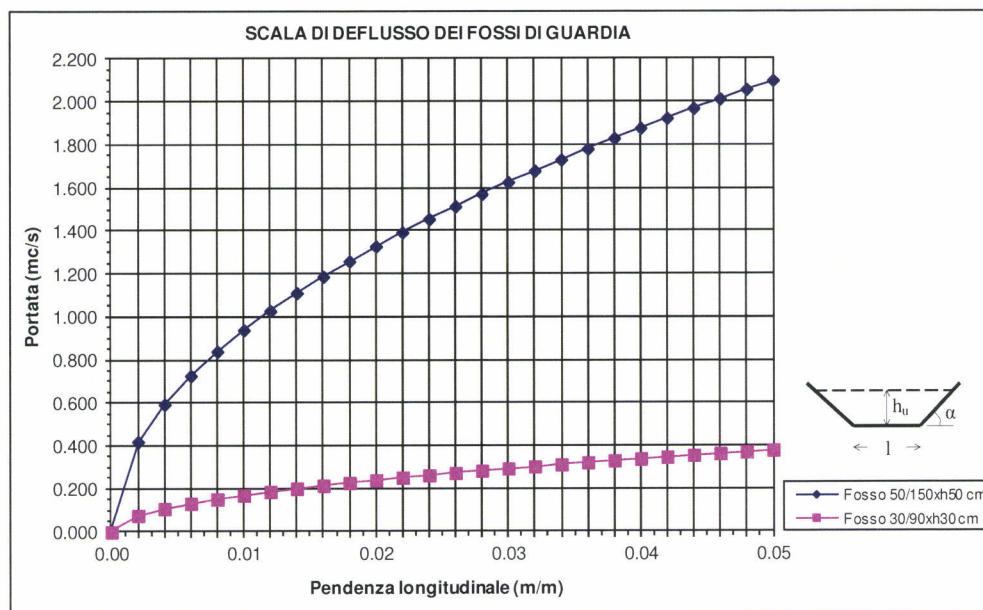


Fig. 2-5 - Scala di deflusso delle tipologie di fosso di guardia a sezione trapezia

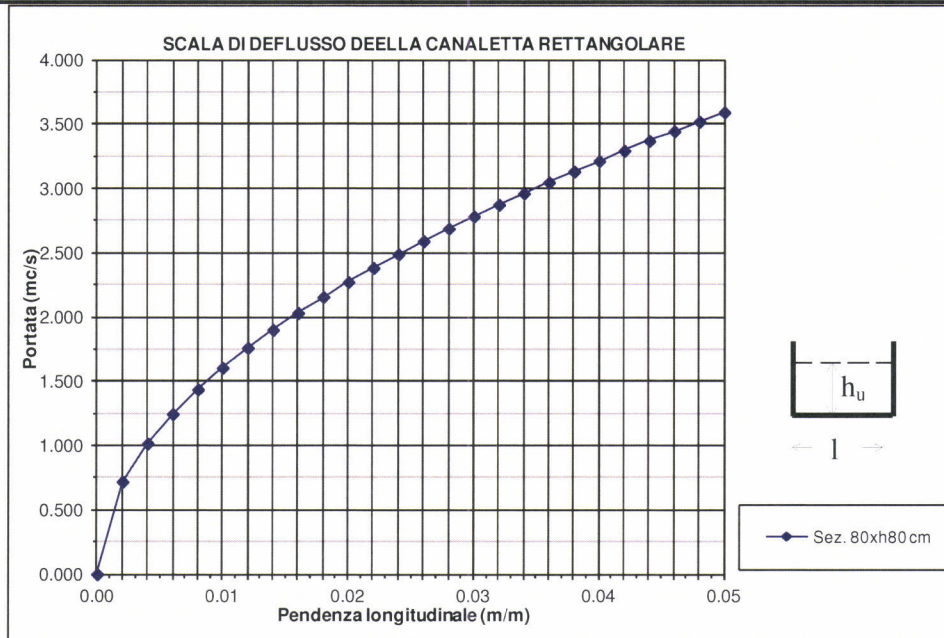


Fig. 2-6 - Scala di deflusso della tipologie di fosso di guardia a sezione rettangolare

Quando l'apporto di acqua piovana di un determinato versante, calcolato con la formula razionale, raggiunge la massima portata smaltibile in tutta sicurezza dal fosso di guardia, esso non è più in grado di smaltire le portate affluenti, per cui se ne dovrà prevedere l'aumento di sezione o lo scarico al recapito finale.

2.3.3 Collettori circolari

I collettori circolari in PVC, conformi alla norma UNI EN 1401-1, vengono utilizzati per lo smaltimento delle acque drenate dalle caditoie laterali e per gli attraversamenti di carreggiata. Il dimensionamento è stato effettuato con la formula di Chezy, avendo fissato cautelativamente un riempimento massimo delle tubazioni pari ad $h_u/\varnothing = 0.50$ per tubazioni di diametro < 400 mm e pari a $h_u/\varnothing = 0.70$ per tubazioni di diametro ≥ 400 mm, per garantire un sensibile margine di sicurezza ed il coefficiente di Manning $n = 0.014 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ valido per tubi in PVC in condizione di esercizio.

Per i collettori di scarico con diametro superiore a DN 800 mm (nei casi in cui recepiscono anche le acque di versante di entità sensibilmente superiore a quella di piattaforma stradale), si prevede l'utilizzo di tubazione in CLS.

Di seguito si riportano le scale di deflusso dei collettori circolari in PVC con diametro nominale DN200, DN 315, DN400, DN500, DN630, DN800 mm e in CLS con diametro \varnothing 1000, \varnothing 1200 e \varnothing 1500 mm, determinate con le ipotesi assunte.

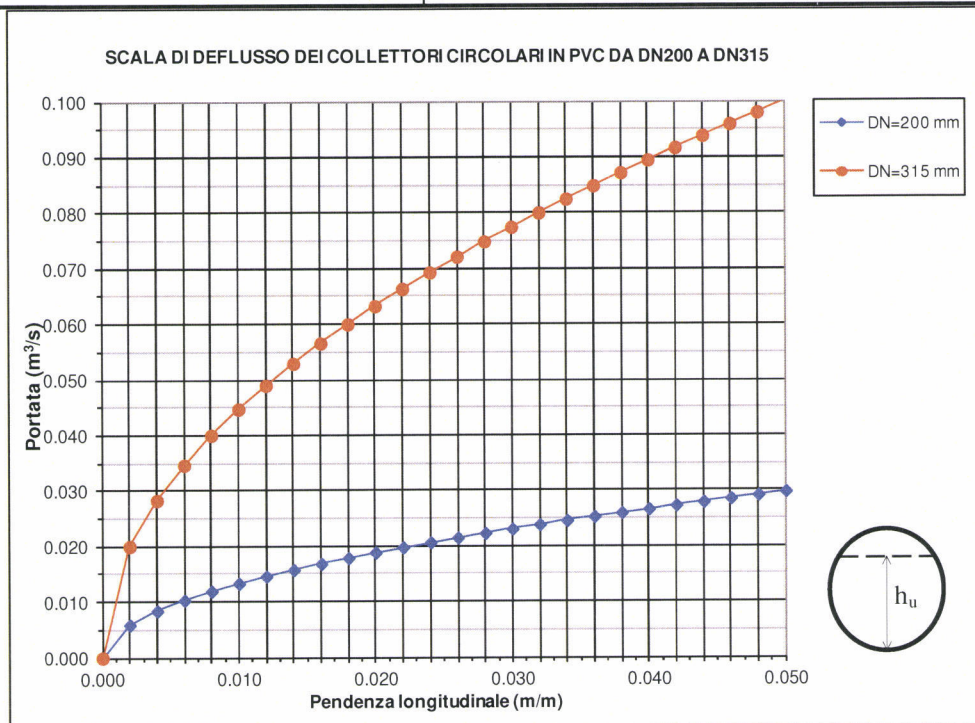


Fig. 2-7 - Scala di deflusso dei collettori circolari in PVC con diametro nominale variabile da DN200 a DN315 mm

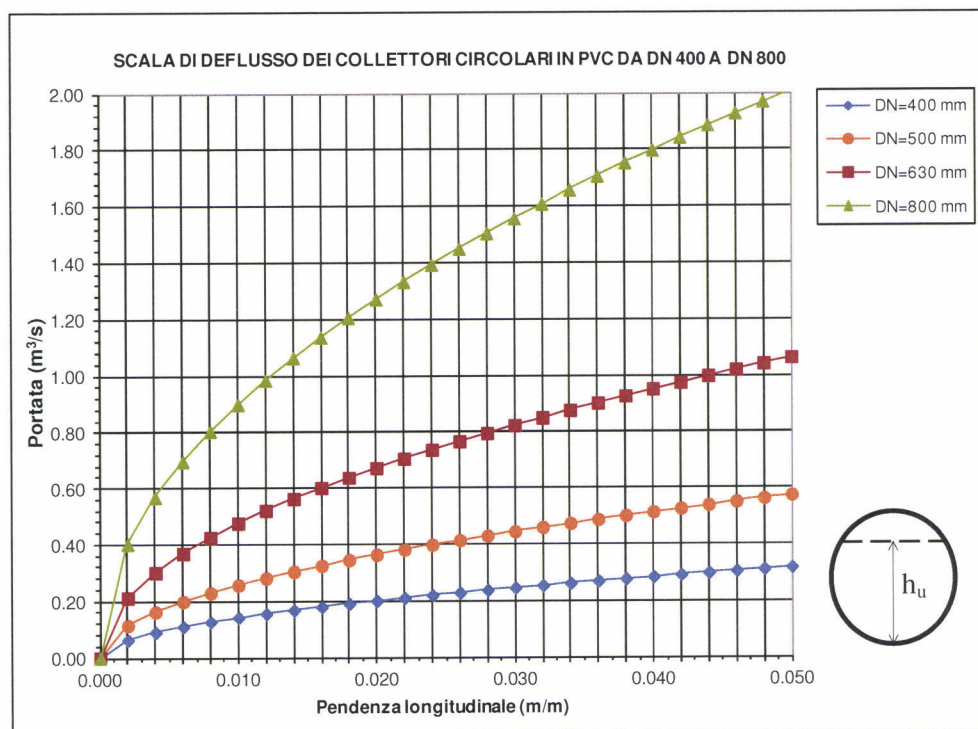


Fig. 2-8 - Scala di deflusso dei collettori circolari in PVC con diametro nominale variabile da DN400 a DN800 mm

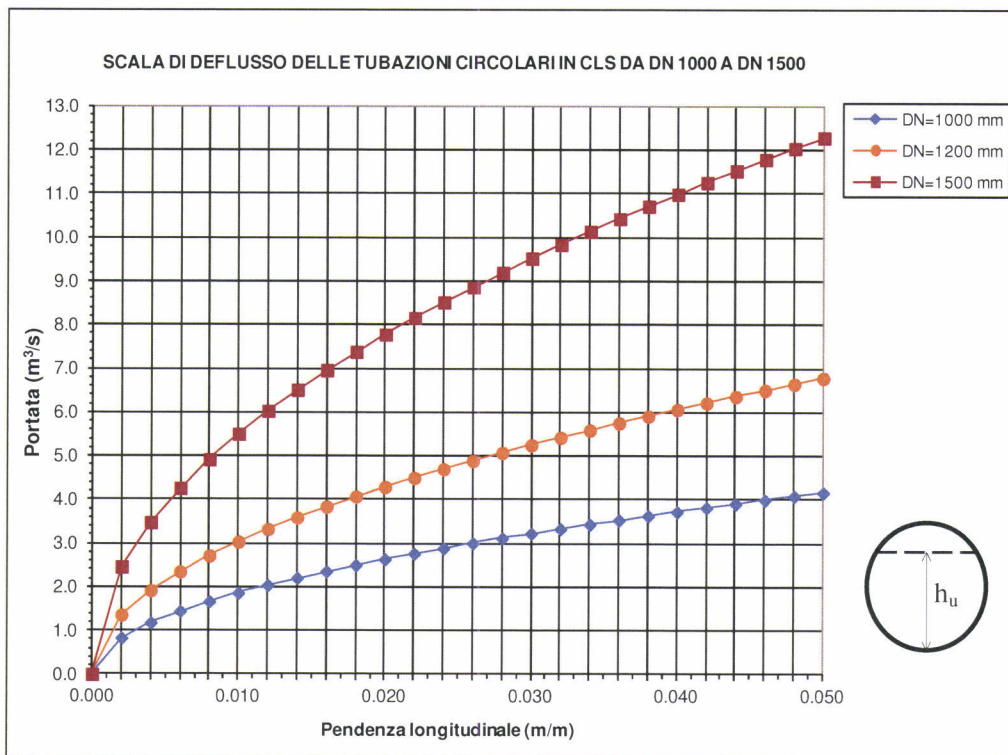


Fig. 2-9 - Scala di deflusso delle tubazioni circolari in cls con diametro Ø 1000, 1200 e 1500 mm

Quando l'apporto di acqua piovana di un determinato tratto stradale, calcolata con la formula razionale, raggiunge la massima portata smaltibile in tutta sicurezza dal collettore di dato diametro, esso non è più in grado di smaltire le portate affluenti, per cui se ne dovrà prevedere l'aumento di diametro.

Per provvedere alla pulizia e manutenzione dei collettori circolari l'interasse dei pozzetti d'ispezione si limita a 50 ÷ 60 m.