



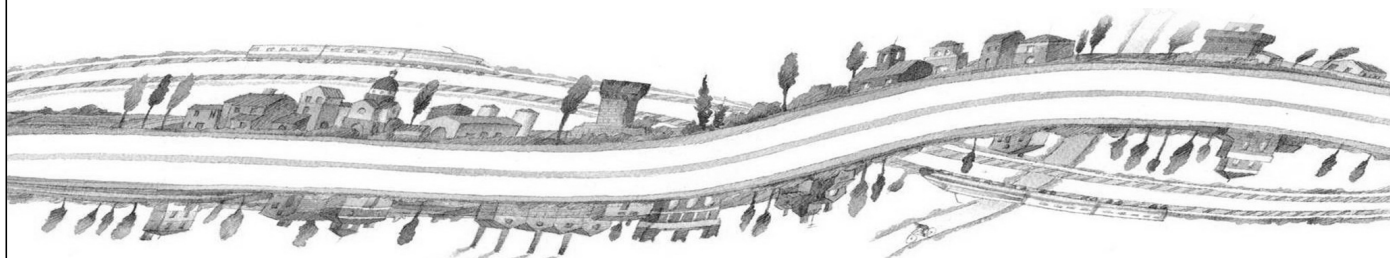
# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

**VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE D04-08 (ex 1FE)**  
**Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana**  
 IDROLOGIA E IDRAULICA VIABILITA' DI ADDUZIONE 1FE  
 IDRAULICA DI PIATTAFORMA - D07 (ex 1FE - TRATTO A1)

### RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

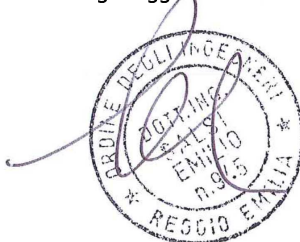


IL PROGETTISTA

**Alpina** S.p.A.  
 Dott. Ing. Marco Bonfanti  
 Ordine Ingegneri di Milano  
 n. A 23384

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
 PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
 Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
 Cispadana S.p.A.  
 IL PRESIDENTE  
 Grazieno Pattuzzi

*G. Pattuzzi*

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE	Ing. Maddalena	Ing. Bonfanti	Ing. Salsi
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
5342	PD	0	D07	DWP07	A	WW	RI	01	A

DATA: MAGGIO 2012

SCALA: -

## I N D I C E

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. CRITERI PROGETTUALI ED ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI .....</b>	<b>5</b>
<b>4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....</b>	<b>6</b>
<b>5. INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI E DEI LIMITI DI PORTATA .....</b>	<b>8</b>
<b>6. ANALISI IDROLOGICHE .....</b>	<b>10</b>
6.1. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore .....	10
6.2. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora.....	12
<b>7. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....</b>	<b>14</b>
7.1. Calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale .....	14
7.2. Calcolo del coefficiente di deflusso .....	15
7.3. Dimensionamento degli elementi di drenaggio .....	16
7.4. Canaletta ad embrice.....	17
7.5. Pozzetti caditoia.....	17
7.6. Verifica degli elementi di margine.....	18
7.7. Dimensionamento dei collettori e delle canalette grigliate .....	20
<b>8. DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE .....</b>	<b>23</b>
<b>ALLEGATO I – CALCOLO DEL VELO IDRICO .....</b>	<b>26</b>
<b>ALLEGATO II – INTERASSI SCARICHI.....</b>	<b>28</b>
<b>ALLEGATO III – DIMENSIONAMENTO COLLETTORI E CANALETTE GRIGLIATE .....</b>	<b>31</b>
<b>ALLEGATO IV – DIMENSIONAMENTO FOSSI DI GUARDIA .....</b>	<b>39</b>

## 1. PREMESSA

---

La presente relazione ha lo scopo di definire e verificare il sistema di raccolta, convogliamento e scarico nel recapito finale delle acque di piattaforma della viabilità di Adduzione al Sistema Autostradale D07 (ex 1FE) per il Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana tratto A1, che si configura nell'ambito del progetto definitivo della nuova Autostrada Regionale Cispadana, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova.

La realizzazione della viabilità di adduzione comporta l'impermeabilizzazione delle superfici di piattaforma stradale con conseguenti problematiche connesse alla gestione delle acque meteoriche drenate, dovute all'incremento delle portate idrauliche consegnate ai canali recettori.

Lo studio, che ha carattere idrologico, idraulico ed ambientale, ha portato alla definizione del sistema di raccolta, smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma e comprende:

1. reti interconnesse di raccolta, evacuazione delle acque di piattaforma;
2. presidi di sicurezza per il controllo degli sversamenti accidentali
3. fossi di laminazione per il controllo delle portate rilasciate.

Per il corretto dimensionamento di tali opere, è stato individuato il migliore assetto da assegnare al sistema di drenaggio tenendo conto:

- della sollecitazioni pluviometriche;
- dei vincoli normativi;
- della particolare situazione morfologica e idraulica delle aree interessate dall'infrastruttura stradale;
- dei vincoli quantitativi dei canali recettori

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma è caratterizzato da un sistema di tipo "aperto", dunque non viene effettuato alcun trattamento delle acque di prima pioggia. Le acque vengono quindi interamente captate mediante embrici o caditoie e convogliate ai fossi di guardia che recapitano ai canali recettori.

## 2. CRITERI PROGETTUALI ED ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

---

I criteri progettuali assunti derivanti dal Progetto Preliminare, sono i seguenti.

- progettazione della rete di evacuazione delle acque di piattaforma dimensionata per tempo di ritorno TR=20 anni;
- invarianza idraulica al recettore: si impongono come limiti allo scarico i valori udometrici prescritti dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.
- scarichi individuati nella rete idrica superficiale nei corsi d'acqua principali e secondari da parte del Consorzio di Bonifica; ogni scarico è dotato di manufatto di rilascio controllato;
- evitare di riversare scarichi accidentali nei corpi recettori finali
- invarianza di bacino afferente: non si può scaricare in un fosso o canale acque a lui non deputate originariamente
- garantire sempre e ovunque la continuità idraulica dei campi sia ai fini di scolo che irrigua a monte ed a valle della infrastruttura stradale in progetto

Lo studio della rete di laminazione, trattamento ed evacuazione, delle acque di piattaforma autostradale si è articolato attraverso le seguenti fasi.

- 1) Individuazione dei recettori e dei loro limiti di portata
- 2) Analisi idrologiche: preliminarmente sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per ogni ambito territoriale da utilizzare nel dimensionamento degli afflussi che sollecitano la rete, quindi si è proceduto alla trasformazione Afflussi/Deflussi.
- 3) Schema idraulico di funzionamento delle reti di raccolta e smaltimento: comprende l'individuazione dei manufatti elementari del drenaggio di piattaforma ed il relativo dimensionamento in funzione dei parametri di progetto assunti; comprende anche la individuazione dei tratti omogenei e dei bacini ad essi afferenti
- 4) Verifiche idrauliche: comprende il calcolo dei fossi di guardia e l'impatto dello scarico delle acque di piattaforma con i limiti allo scarico imposti,
- 5) Dimensionamento dei manufatti di modulazione, evacuazione e laminazione

I metodi di calcolo e di analisi adottati sono sinteticamente riportati nei singoli paragrafi, mentre si rimanda alla bibliografia di settore per gli approfondimenti teorici ed applicativi.



Nell'ambito del presente progetto non si ritiene necessario prevedere la separazione e il trattamento delle acque di prima pioggia prima della restituzione delle acque di pioggia all'ambiente naturale data la tipologia di viabilità in questione.

La predisposizione dei sistemi di raccolta delle acque di prima pioggia assolve, infatti, al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte da un intenso flusso veicolare. Per questa viabilità si ritiene che l'accumulo di inquinanti in tempo secco ed il loro lavaggio operato dalla pioggia sia trascurabile rispetto alle viabilità autostradali, interessate da intenso traffico veicolare e caratterizzate da superfici molto superiori.

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

---

Il progetto del sistema di smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma è stato redatto conformemente alla “Normativa legislativa” ed alla “Normativa tecnica” vigenti sul territorio nazionale e regionale di interesse.

Gli aspetti inerenti la raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma attraverso sistemi di fognatura canalizzata a cielo aperto od in sezioni chiuse sono stati affrontati con riferimento ai numerosi testi di norme tecniche UNI, EN, CEN, ecc... ai quali si rimanda e che per brevità non vengono riportati nel testo.

Gli aspetti inerenti il calcolo dei collettori fognari e degli impianti di depurazione sono stati sviluppati in conformità alle indicazioni tecniche riportate nel Regio Decreto n° 1265 del 27 luglio 1934 “Testo unico delle leggi sanitarie” nel Decreto Ministeriale LLPP del 12 dicembre 1985 “Normativa tecnica per le tubazioni” e nella Circolare Ministeriale LLPP n° 11633 del 7 gennaio 1974 “Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto”.

Gli aspetti inerenti la qualità delle acque, in particolare le problematiche connesse con la raccolta delle acque di prima pioggia sono trattate nell’ambito del Decreto Legislativo 152/99 e la successiva modifica costituita dal D.Lgs 258/00, in cui le acque di “prima pioggia” sono affrontate all’Articolo n. 39 ed esplicitati attraverso l’apposita Direttiva regionale. “*Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne*” approvata con delibera della Giunta Regionale del 14 febbraio 2005, n. 286”.

Si è inoltre fatto riferimento alle linee guida di progettazione emanate dalla Regione Emilia Romagna con Deliberazione della Giunta Regionale 18/12/2006 n° 1860 “*Linee guida di indirizzo per la gestione acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione della deliberazione G.R. n. 286 del 14/2/2005*” e alla Legge Regionale n.4 del 6 marzo 2007.

Per un quadro esaustivo della normativa applicata si faccia riferimento all’elaborato:

PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_KT\_01      Elenco delle Normative di riferimento

## 4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

---

La sicurezza del traffico e le condizioni generali dell'ambiente urbano sono affidate sia alla corretta geometria del corpo stradale che al corretto dimensionamento delle opere di drenaggio, che devono provvedere alla raccolta, all'incanalamento ed all'allontanamento delle acque che vengono intercettate dal corpo stradale.

Il principale obiettivo nella progettazione delle opere di drenaggio è dunque quello di garantire l'assenza di ristagni d'acqua sulla superficie di usura della strada, che potrebbero seriamente pregiudicare la sicurezza degli automobilisti.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche adottato, non prevede la componente di trattamento delle acque di prima pioggia. La giustificazione deriva da un flusso veicolare non sostenuto e da aree limitate.

Il dimensionamento delle opere è stato effettuato sulla base della portata massima attesa, determinata mediante l'utilizzo di un modello di trasformazione afflussi-deflussi che consente di valutare la portata di progetto a partire dalla conoscenza della curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 20 anni.

Il sistema di drenaggio in progetto è caratterizzato, per tutta la sua estensione dalla tipologia di viabilità in rilevato: a determinati intervalli l'elemento marginale di trattenuta dell'afflusso di dilavamento è interrotto da manufatti di invito in calcestruzzo che si raccordano ad una canaletta ad embrici. Le acque vengono convogliate ai fossi di guardia posti al piede del rilevato.

Ove non risulta possibile lo scarico diretto nei fossi di guardia tramite embrici a causa di vincoli come la presenza di abitazioni, edifici, recinzioni, ecc. sono stati studiati dei sistemi di caditoie, collegate tramite collettori, o di canalette grigliate, che convogliano le acque di acque di piattaforma al primo recapito utile per il loro smaltimento. Per la viabilità in esame tale situazione si verifica nei seguenti tratti:

- Tratto A1-a (sistema di canalette grigliate)
  - pk 0+005 ÷ 0+100 (carreggiata sinistra)
  - pk 0+240 ÷ 0+300 (carreggiata destra)
  - pk 0+600 ÷ 0+670 (carreggiata sinistra)
  - pk 0+700 ÷ 0+778 (carreggiata sinistra)
  - pk 0+706 ÷ 0+832 (carreggiata destra)
- Tratto A1-b (sistema di caditoie)
  - pk 0+011 ÷ 0+151 (carreggiata sinistra)

- o pk 0+170 ÷ 0+350 (carreggiata sinistra)
- o pk 0+616 ÷ 0+575 (carreggiata destra)

I fossi di guardia/laminazione verranno realizzati in terra, sia per contenere i costi di realizzazione, sia per ottenere un migliore inserimento ambientale; in corrispondenza degli scarichi degli embrici è previsto un rivestimento in cls sul fondo e sulle sponde del fosso. Solo in corrispondenza degli acquiferi critici verrà prevista la posa di un materassino bentonitico ed uno strato vegetale di 20cm; nel caso di fossi pensili le arginature saranno costituite da materiale prevalentemente argilloso. I fossi avranno larghezza al fondo e altezza minima pari a 0.5 m, con pendenza delle sponde pari a 2/3; poiché sono intagliati sul piano campagna, seguendo le quote esistenti, le profondità varieranno in funzione del raccordo con il recettore.

Si ritiene necessaria l'impermeabilizzazione dei fossi qualora l'acquifero profondo non sia confinato al tetto da almeno uno spessore di 4÷5 m di argille. Tale spessore è stato così definito per tener conto dell'approfondimento dei fenomeni fessurativi per essiccamento nei terreni argillosi, con conseguente aumento del grado di permeabilità secondario dei terreni superficiali.

Nel caso specifico, essendo l'acquifero profondo confinato da un tetto di spessore maggiore di 4-5 metri di argille (vulnerabilità acquifero bassa - estremamente bassa), non è necessario prevedere la posa del materassino bentonitico sul fondo e sulle sponde dei fossi di guardia/laminazione.

I fossi di laminazione scaricano le acque nella rete idrica superficiale esistente ogni qual volta viene intersecato un corso d'acqua o un fosso di scolo. Lo scarico avviene attraverso un manufatto di regolazione in cls costituito da una soglia sfiorante all'interno della quale viene praticata una foronomia adeguata alla regolazione richiesta e una paratoia per la trattenuta degli sversamenti accidentali. In particolare, nel caso di fossi non arginati, la quota di scarico dovrà essere minimo pari a - 10/ - 20 cm dal piano campagna.



## 5. INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI E DEI LIMITI DI PORTATA

Il reticolo idrografico interferito è costituito da una fitta rete di canali artificiali consortili e privati. La scelta dei corsi d'acqua riceventi le acque di piattaforma, pur accettando l'ipotesi dell'invarianza idraulica, è stata suffragata da una serie di considerazioni che hanno poi trovato conforto da uno stretto rapporto con il Consorzio di Bonifica.

Di seguito si riporta la tabella con l'indicazione dei limiti di scarico consentiti, relativamente a ogni interferenza idraulica. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica di piattaforma dell'asse autostradale.

COD	NOME RILIEVO	GESTORE	RANGO	NECESSITA' DI SCARICARE ACQUE DI PIATTAFORMA	LIMITI ALLO SCARICO l/(s*ha)
1FEA323	SCOLO CORPORENO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	secondario	sì	8.00
1FEA200	SCOLO CORPORENO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	secondario	sì	8.00
1FEA324	SCOLO GUADORA	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	secondario	sì	8.00
1FEA045	SCOLO GUADORA	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	secondario	sì	8.00

**TABELLA 5.1-1- CORPI IDRICI RICETTORI E LIMITI ALLO SCARICO PER IL TRACCIATO AUTOSTRADALE**

L'intervento in oggetto consiste in un risezionamento della sede stradale esistente, con allargamento del pavimentato stradale da 7.00 metri nello stato attuale a 9.50 metri. L'allargamento della sede stradale rispetto allo stato di fatto è stato eseguito tutelando il più possibile le alberature, i canali, le reti, ecc. presenti in adiacenza alla sede stradale. In particolar modo, in quei tratti dove è stato necessario spostare i canali Corporeno e Guadora, sono stati considerati 5-7 metri di fascia di rispetto tra il canale stesso e il ciglio esterno del fosso di guardia/laminazione o piede scarpa del rilevato stradale (a seconda della presenza o meno del fosso di guardia stradale), come prescritto dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Trattandosi di interventi di adeguamento della strada esistente (allargamento), con un incremento poco significativo della superficie impermeabile rispetto allo stato di fatto, dove possibile, si è utilizzato il sistema di

---

smaltimento delle acque di piattaforma esistente, che consiste nello scarico nei fossi di scolo stradali esistenti e nei canali esistenti posti a lato strada, senza prevedere pertanto la laminazione della portata; in particolare:

- nel tratto A1-a è stato necessario ripristinare i fossi di guardia stradali esistenti a causa dell'allargamento della strada esistente: i fossi ripristinati sono in terra, a sezione trapezia, con base minore e altezza pari a 0.5 metri e pendenza delle sponde 1/1
- nel tratto A1-b, invece, è prevista comunque la laminazione della portata prima dello scarico nei canali Corporeno e Guadora, eccetto in quei tratti in cui i due canali non sono stati deviati in quanto l'allargamento del rilevato stradale è avvenuto dalla parte opposta del canale esistente.

## 6. ANALISI IDROLOGICHE

---

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un Tempo di Ritorno di 20 anni, in tutti i pluviometri situati nelle vicinanze della viabilità, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e dei relativi ietogrammi di progetto. Lo studio è stato suddiviso in due parti ciascuna influenzata dalla durata di pioggia:

- 1) verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitata da eventi di pioggia di durata >1 ora. Rientrano tra questi i sistemi di raccolta tramite fosso di guardia che come già anticipato svolge anche la funzione laminativa
- 2) verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitata da eventi di pioggia di durata <1 ora. Rientrano tra questi i manufatti di captazione delle acque meteoriche (embrici, caditoie, cunette, bocchettoni..), ovvero quelli che necessariamente debbono scaricare prima possibile le acque defluite.

### 6.1. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore

---

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR), si fa riferimento alla legge probabilistica che meglio si adatta al campione di dati utilizzato.

Nel caso delle stazioni pluviometriche in esame, la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del Tempo di Ritorno (TR), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel, stimandone i parametri  $a(T)$  ed  $n(T)$ , al fine di ottenere la curva di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

6.1

L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$h = n - \frac{\ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a}$$

6.2

dove:

TR = tempo di ritorno

$$n = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y / S_N$$

$$a = S_N / S_Y$$

$\bar{Y}_N$  = media della variabile ridotta

$S_N$  = deviazione standard della variabile ridotta

Y = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

Sy = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Il valore assunto dai parametri  $S_x$  e  $S_n$  è funzione del numero di osservazioni a disposizione; tali valori sono riportati nella tabella sottostante.

N	Media ridotta $\bar{Y}_N$ $\times$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5154	0,5177	0,5198	0,5217
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5282	0,5296	0,5309	0,5321	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5411	0,5417	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5472	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5532	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5571	0,5573	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5584
90	0,5586	0,5588	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5605	0,5606	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611
N	Deviazione standard ridotta $S_N$ $\times$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,0010	1,0148	1,0270	1,0378	1,0476	1,0564	1,0644	1,0717	1,0785	1,0847
20	1,0904	1,0958	1,1008	1,1055	1,1098	1,1140	1,1178	1,1215	1,1250	1,1283
30	1,1314	1,1344	1,1372	1,1399	1,1425	1,1449	1,1473	1,1496	1,1518	1,1538
40	1,1559	1,1578	1,1597	1,1614	1,1632	1,1649	1,1665	1,1680	1,1696	1,1710
50	1,1724	1,1738	1,1752	1,1765	1,1777	1,1789	1,1801	1,1813	1,1824	1,1835
60	1,1846	1,1856	1,1866	1,1876	1,1886	1,1895	1,1904	1,1913	1,1922	1,1931
70	1,1939	1,1947	1,1955	1,1963	1,1971	1,1978	1,1986	1,1993	1,2000	1,2007
80	1,2014	1,2020	1,2027	1,2033	1,2039	1,2045	1,2052	1,2057	1,2063	1,2069
90	1,2075	1,2080	1,2086	1,2091	1,2096	1,2101	1,2106	1,2111	1,2116	1,2121
100	1,2126	1,2130	1,2135	1,2139	1,2144	1,2148	1,2153	1,2157	1,2161	1,2165

TABELLA 6.1-1- VALORI DEI PARAMETRI ( $\bar{Y}_N$ ) E  $S_N$  SECONDO GUMBELL

Per stimare la CPP rappresentativa di ogni singolo tratto stradale di sviluppo medio di 4 km si è proceduto nel seguente modo: si sono prese in esame le 3 stazioni pluviometriche prossime all'infrastruttura stradale, associando ad ognuna di esse un peso, calcolato con il metodo dell'inverso della distanza, si ricavano le intensità di pioggia per assegnato TR all'interno di ogni singolo tratto.

Il metodo dell'inverso delle distanze si basa sull'ipotesi che in ciascun punto del bacino la precipitazione possa essere stimata sulla base di tutte le precipitazioni misurate, attribuendo ad esse un peso pari all'inverso della distanza tra il punto e la stazione pluviometrica. Frequentemente si fa riferimento alla distanza al quadrato.

Indicato con  $k$  il generico elemento della griglia, essendo  $k = 1, \dots, K$ , il peso  $w_{ki}$  del pluviometro  $i$  nella maglia  $k$  risulta:

$$w_{ki} = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{j=1}^M \frac{1}{d_j^2}} \quad 6.3$$

dove  $d_j$  indica la distanza tra l'elemento della griglia ed il pluviometro  $i$  ed  $M$  è il numero complessivo di pluviometri considerati.

Si riportano di seguito, per il TR20 anni le tabelle riassuntive dei valori dei parametri delle CPP per i diversi tratti della viabilità in questione.

a	43.095
n	0.163

TABELLA 6.1-2 - PARAMETRI DELLE CPP PER DURATE DI PIOGGIA SUPERIORI ALL'ORA

## 6.2. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora

Per la verifica dei sistemi di raccolta, per i quali la risposta al deflusso è immediata, si deve necessariamente calcolare la sollecitazione più gravosa durante eventi di pioggia intensi e di durata inferiore ad 1 ora.

Il calcolo dei parametri delle CPP per durate inferiori all'ora è stato effettuato mediante la formula di Bell a partire dalle CPP per durate superiori all'ora.

$$\frac{h_{6,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot T^{0.25} - 0.5$$

6.4

Con essa è possibile calcolare la pioggia di durata  $d < 60$  minuti e tempo di ritorno  $T$ , in funzione del valore  $h_{60,T}$  fornito dalla CPP relativa allo stesso periodo di ritorno.

I risultati ottenuti sono riportati nella sottostante tabella.

a	44.436
n	0.469

**TABELLA 6.2-1 - PARAMETRI DELLE CPP PER DURATE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA**

## 7. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

### 7.1. Calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale

Il processo di deflusso dalla sede stradale agli elementi marginali è da considerare con attenzione, dato i problemi che il velo liquido può porre per il traffico veicolare.

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale, soprattutto se brevi ed intense, possono produrre un deflusso superficiale di non trascurabile entità, il quale se non controllato con adatte disposizioni, può causare inconvenienti di rilievo.

Il velo idrico sulla sede stradale deve, infatti, essere contenuto entro prefissati valori (esso non dovrebbe superare i 6 mm [Rooseboom ed altri, 1986]), per non condizionare l'aderenza degli pneumatici, per questo motivo è necessario assegnare un'opportuna pendenza trasversale alla sede stradale.

L'altezza del velo liquido dipende, oltre che dalla pendenza trasversale, dall'intensità di precipitazione, dal percorso che compie l'acqua per raggiungere il bordo della carreggiata e dalla larghezza della strada e dunque dalla circostanza che il tratto stradale sia in rettilineo (in genere scola metà carreggiata per lato) o in curva (scola solo da una parte).

Il valore del velo idrico massimo  $h_{max}$  [mm], viene determinato attraverso un'espressione derivata da alcune esperienze condotte in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory nella seguente forma:

$$h_{max} = 0.0474 \cdot \sqrt{L_{eff} \cdot p \cdot i^{-0.2}} \quad 7.1$$

Dove:

- $L_{eff}$ : lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata [m], può essere calcolata sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_c \left[ 1 + \left( \frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5} \quad 7.2$$

- $i$ : pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali  $i_t$  e  $i_l$ :

$$i = (i_t^2 + i_r^2)^{0.5}$$

7.3

- $L_c$ : larghezza della carreggiata [m];
- $p$  : intensità di pioggia [mm/h];

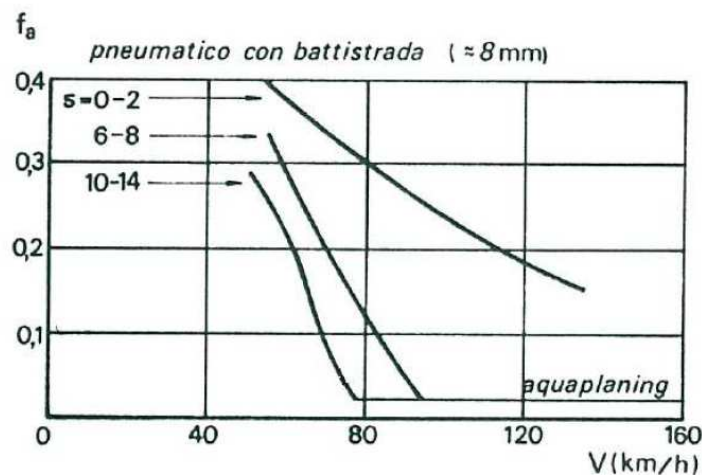


FIGURA 7.1-1 - RAPPORTO VELO IDRICO/ADERENZA

L'ALLEGATO I – CALCOLO DEL VELO IDRICO, riporta i calcoli per la determinazione di  $h_{max}$ , da cui si evince come i valori massimi raggiunti, assumono valori ovunque inferiori al valore limite assunto pari a 6 mm.

## 7.2. Calcolo del coefficiente di deflusso

Nei modelli di trasformazione dell'afflusso meteorico in deflusso, la precipitazione va depurata della componente destinata ad infiltrarsi nel terreno. La valutazione della portata infiltrata può essere effettuata attraverso il coefficiente di afflusso  $\phi$  che rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume della pioggia totale. Tale coefficiente dipende da diversi fattori, alcuni dei quali variabili nel tempo. Nel presente progetto, per semplicità, il coefficiente  $\phi$  verrà considerato costante per tutta la durata della pioggia.



Di seguito, vengono riportati i coefficienti di deflusso in funzione della superficie scolante:

TIPO DI PAVIMENTAZIONE	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Pavimentazione stradale	0.90
Scarpata erbosa	0.50
Superfici a verde piane	0.30

TABELLA 7.2-1 - COEFFICIENTI DI DEFLUSSO.

Il valore relativamente elevato assunto per le superfici erbose è giustificato dalla notevole pendenza delle scarpate.

Detto  $\varphi_i$  il coefficiente di deflusso relativo alla superficie  $S_i$  il valore medio del coefficiente, relativo ad aree caratterizzate da differenti valori, si ottiene dalla seguente media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum_i (S_i \cdot \varphi_i)}{\sum_i (S_i)} \quad 7.4$$

I bacini contribuenti considerati sono quelli corrispondenti alle superfici di competenza dei differenti recapiti finali.

### 7.3. Dimensionamento degli elementi di drenaggio

Nei paragrafi successivi si riportano i criteri generali di dimensionamento di tutti gli elementi che costituiscono il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma.

Il sistema è del tipo aperto, risulta perciò costituito da un sistema di canalette ad embrici che raccolgono le acque di piattaforma e che le immettono nei fossi disperdenti. Laddove non è possibile lo smaltimento delle acque di piattaforma tramite le canalette ad embrici sono stati previsti sistemi di caditoie o di canalette grigliate che convogliano le acque al più vicino recapito utile per il loro smaltimento.

## 7.4. Canaletta ad embrice

L'allontanamento delle acque dalla sede stradale al fosso di laminazione al piede del rilevato è affidato alle canalette ad embrice disposte ad interassi regolari lungo la scarpata.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato a quello di una soglia sfiorante; la portata sfiorata  $Q$  [ $m^3/s$ ] può essere definita come:

$$Q = C_q L h \sqrt{2gh} \quad 7.5$$

nella quale:

- $C_q = 0,385$  è il coefficiente di deflusso;
- $L$  [m] rappresenta la larghezza dell'embrice
- $h$  [m] rappresenta l'altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

Nell'ALLEGATO II – INTERASSI SCARICHI, sono state riportate le tabelle di dimensionamento degli embrici. In particolare è stata calcolata la portata sfiorata e, dal rapporto tra quest'ultima e la portata drenata determinata con la formula razionale per unità di lunghezza, il passo minimo degli embrici al variare del tracciato.

## 7.5. Pozzetti caditoia

Nei tratti lungo i quali non è possibile scaricare le acque di dilavamento mediante embrici, verranno posizionati in banchina pozzetti caditoia 40x40, sovrastati da una griglia, collegati da tubazioni in PEAD, le cui modalità di dimensionamento sono descritte nel successivo paragrafo 7.7.

Per la viabilità in studio tale situazione si verifica lungo i tratti già illustrati nel capitolo 4.

La verifica delle caditoie con funzionamento sotto battente si avvale della seguente formula [McGhee, 1991] tramite la quale si ottiene la portata transitabile  $Q$  [ $m^3/s$ ]:

$$Q = K A h^{1/2} \quad 7.6$$

nella quale:

- $A$  [ $m^2$ ] rappresenta l'area libera della luce;

- $h$  [m] il battente idrico che insiste sulla caditoia;
- $K$  è un coefficiente pari a 2,96 nel sistema S.I.

Nell'ALLEGATO II – INTERASSI SCARICHI, sono state riportate anche le tabelle di dimensionamento delle caditoie. Dal rapporto tra la portata captata e la portata meteorica determinata con la formula razionale per unità di lunghezza, si ricava il passo minimo delle caditoie al variare del tracciato e la relativa efficienza.

## 7.6. Verifica degli elementi di margine

La conformazione della piattaforma stradale consente il deflusso delle acque meteoriche verso il margine della carreggiata stradale, presso il ciglio si origina quindi un'area di deflusso a forma triangolare che interessa la banchina stradale. Le condizioni di deflusso idrico lungo il margine stradale sono determinate dalle pendenze longitudinali e trasversali del corpo stradale, tali parametri individuano quindi la capacità di deflusso che può ottenersi lungo il ciglio. La capacità idraulica lungo il margine stradale è limitata dalla larghezza massima ammissibile per il velo idrico in piattaforma che evidentemente non deve interessare in alcun modo la parte carrabile della piattaforma stradale. La verifica degli elementi di margine consiste quindi nel rapportare la capacità idraulica del margine stradale per i diversi sottotratti stradali, distinti sulla base dei valori di pendenza longitudinale e alla larghezza di piattaforma drenata, all'apporto meteorico specifico, ovvero alla stima della portata meteorica afferente per metro lineare di piattaforma stradale; dagli esiti di tale raffronto si ricava l'interasse massimo al quale devono porsi gli elementi di raccolta delle acque meteoriche (embrici, caditoie) per evitare il rischio che il deflusso idrico possa interessare anche il traffico veicolare.

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso triangolare, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato, Figura 7.6–1.

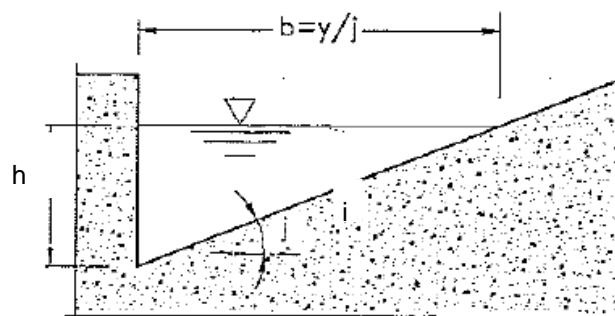


FIGURA 7.6–1 - SEZIONE TIPICA DI UNA BANCHINA LATERALE.

Il moto che si instaura viene assimilato al moto uniforme, con riferimento alla portata  $Q$  [ $m^3/s$ ] che compete alla sezione terminale del tratto compreso tra due scarichi. Indicando con  $A$  [ $m^2$ ] e  $R$  [ $m$ ] rispettivamente area e raggio idraulica della sezione, con  $i$  la pendenza longitudinale e con  $K_s$  [ $m^{1/3}/s$ ] il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler - Strickler si ha la ben nota formula di Chézy:

$$Q = AK_s R^{2/3} i^{1/2} \quad 7.7$$

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della sede stradale che interessi l'intera banchina, si ottiene la portata convogliabile per ogni tratto stradale.

La portata drenata viene determinata tramite il metodo razionale. Considerando i parametri delle CPP forniti dall'analisi idrologica, un coefficiente di laminazione  $\varepsilon$  pari a 1 e un coefficiente di efflusso  $\varphi$  pari a 0.9 (superficie praticamente impermeabile), in funzione del tempo di corrivazione  $t_c$  [h], si ottengono l'intensità di precipitazione massima prevista  $i$  [mm/h], il coefficiente udometrico  $u$  [l/s/ha] e la portata drenata dalla piattaforma stradale  $Q_{drenata}$  [l/s]. La 7-9 rappresenta la formula razionale.

$$i = a \cdot t_c^{n-1} \quad 7.8$$

$$u = 2.78 \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot i \quad 7.9$$

$$Q_{drenata} = u \cdot A \quad 7.10$$

Dividendo il valore della massima portata transitabile in banchina per la portata drenata, si ottiene l'interasse tra gli scarichi.

Tale interasse deve essere tale per cui gli elementi di raccolta (embrici e caditoie) siano in grado di smaltire la portata in arrivo, come spiegato nei precedenti paragrafi.

In Tabella 7.6–1 e Tabella 7.6–2 sono riassunti i risultati ottenuti, riportati nell' ALLEGATO II – INTERASSI SCARICHI.

TRATTO STRADALE	ELEMENTO DI RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA	INTERASSE [m]
Pk da 0+000 a 0+027	Embrice	25
Pk da 0+027 a 0+235	Embrice	15
Pk da 0+235 a 0+703	Embrice	15
Pk da 0+703 a 0+850	Embrice	15

**TABELLA 7.6-1 - INTERASSE E TIPOLOGIA ELEMENTI DI RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA LUNGO IL TRATTO A1-A**

TRATTO STRADALE	ELEMENTO DI RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA	INTERASSE [m]
Pk da 0+000 a 0+362	Embrice/caditoia	10
Pk da 0+362 a 0+732	Embrice/caditoia	10
Pk da 0+732 a 1+067	Embrice	10
Pk da 1+067 a 1+140	Embrice	20
Pk da 1+140 a 1+190	Embrice	20
Pk da 1+190 a 1+484	Embrice	10
Pk da 1+484 a 1+565	Embrice	15
Pk da 1+565 a 1+767	Embrice	10
Pk da 1+767 a 2+007	Embrice	10
Pk da 2+007 a 2+110	Embrice	10

**TABELLA 7.6-2 - INTERASSE E TIPOLOGIA ELEMENTI DI RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA LUNGO IL TRATTO A1-A**

## 7.7. Dimensionamento dei collettori e delle canalette grigliate

La verifica per il dimensionamento dei collettori, viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore, sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler – Strickler, riportata nell'equazione

$$Q = AK_s R^{2/3} i^{1/2}$$

7.7.

Il valore del coefficiente di scabrezza assunto per le tubazioni interrato è  $k_s=80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , rappresentativo delle tubazioni in PEAD usurate, mentre per le canalette grigliate  $0.30 \times 0.30$  metri presenti lungo il tratto A1-a si è utilizzato un  $k_s=65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  rappresentativo del calcestruzzo usurato.

Fissati un coefficiente di scabrezza  $k_s$  e una pendenza longitudinale  $i$ , si è in grado, con la formula precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata  $Q$  pari a quella massima di progetto.

La verifica consisterà nel rispettare le seguenti condizioni:

- $h/D < 0,70$ , il grado di riempimento delle condotte deve essere tale che il rapporto tra la sezione bagnata e la sezione piena della condotta sia minore di 0,70.
- $0,60 < v_{\text{eff}} < 5,00 \text{ m/s}$ , relazione valida per le fognature bianche e miste.

Nel caso in esame, trattandosi di un adeguamento della strada esistente con pendenze longitudinali e trasversali modeste, si è utilizzato come limite inferiore di velocità un valore di  $0.30 \text{ m/s}$ , al di sotto del quale si ha sedimentazione e deposito di materiali.

Il dimensionamento dei collettori viene effettuato mediante il “Metodo di corrivazione” o “Metodo razionale”.

Questo metodo si basa sulla considerazione che le gocce di pioggia cadute in punti diversi del bacino nel medesimo istante, impiegano tempi differenti per arrivare alla sezione di chiusura e che ogni bacino ha un tempo caratteristico, detto “tempo di corrivazione”, che rappresenta il tempo necessario affinché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura dello stesso.

La durata di pioggia critica per il bacino (o tempo di corrivazione) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_a + t_r \quad 7.11$$

dove  $t_c$  [h] è la durata critica di pioggia;  $t_a$  è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine  $t_r$  è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo (“asta principale”).

Il tempo di ingresso in rete  $t_a$  viene posto pari a 5 minuti per tenere in conto il forte effetto d'invaso che si ha all'inizio della precipitazione, mentre il tempo di traslazione  $t_r$  alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{v_i} \quad 7.12$$

dove:

- N: numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione facenti parte dell'asta principale;
- $L_i$ : lunghezza del tronco i-esimo;
- $v_i$ : velocità nel tronco i-esimo.

Nota la curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno T prefissato, la massima portata di piena può essere calcolata per ogni sezione di progetto partendo da monte verso valle, determinando per ciascuna di esse l'area drenata e il tempo di corrivazione.

Il calcolo del deflusso sostenuto dalla condotta è eseguito mediante la formula di Gaukler-Strikler precedentemente descritta.

Nell'ALLEGATO III – DIMENSIONAMENTO COLLETTORI E CANALETTE GRIGLIATE, sono riportate le verifiche idrauliche relative al dimensionamento delle condotte.

## 8. DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE

I fossi di guardia al piede del rilevato sono impostati in modo da garantire la laminazione delle acque di piattaforma prima del collegamento ai canali recettori. La necessità di contenere le portate scaricate nel reticolo idrico superficiale e nel contempo l'esigenza di limitare l'impatto sul territorio della nuova opera in termini di aumento delle superfici impermeabili determina il dimensionamento dei fossi di guardia, ovvero le dimensioni dei fossi sono ricavate in modo da garantire lo scarico controllato delle portate idrauliche assumendo come limite di scarico i valori richiesti dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

I limiti di scarico consentiti in ogni singolo corso d'acqua interferito sono riportati in Tabella 5.1-1.

Le dimensioni del fosso di guardia sono calcolate rispetto al massimo volume idrico che è necessario invasare. Il valore della volumetria necessaria viene determinata mediante l'applicazione dell'equazione di continuità applicata ad ogni istante prescelto durante l'intero periodo di pioggia:

$$V_2 - V_1 = \frac{(Q_{e1} - Q_{u1}) + (Q_{e2} - Q_{u2})}{2} \cdot (t_2 - t_1) \quad 8.1$$

dove i pedici 1 e 2 identificano istanti temporali distinti e consecutivi, la portata entrante  $Q_e$  è pari al valore dell'idrogramma di progetto nell'istante temporale considerato, la portata uscente  $Q_u$  è invece pari alla portata scaricata. Variando la durata di pioggia e quindi variando l'idrogramma in ingresso si ottiene la durata di pioggia critica che massimizza il volume invasato che quindi rappresenta il parametro dimensionante della sezione di riferimento del fosso di guardia.

L'effettiva limitazione delle portate scaricate nel reticolo superficiale si ottiene prevedendo in corrispondenza della sezione terminale del fosso un opportuno setto ove è realizzato presso il fondo una luce di scarico. Il dimensionamento dell'orifizio si basa sull'applicazione dell'equazione dell'efflusso sotto battente

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad 8.2$$

in cui:

- $Q$  è la portata scaricata dalla luce il cui valore è fissato sulla base del limite di scarico ammissibile per lo specifico fosso in ragione della relativa superficie afferente
- $\mu$  è il coefficiente d'efflusso (pari a 0.6)
- $A$  è la luce di efflusso (incognita da determinare)
- $h$  è il carico sulla luce, in particolare riguardo a tale dato si deve considerare che indipendentemente dalla tipologia dei fossi esso può assumere il valore massimo tale per cui si abbia un franco idraulico di sicurezza di 5-10 cm.



Nel caso di fossi non arginati verrà considerato anche l'apporto delle acque meteoriche defluenti dai campi circostanti, per una fascia di terreno di 5 metri, considerando un coefficiente di deflusso pari a  $\phi = 0.30$ .

Oltre ai vincoli rappresentati dai limiti allo scarico sopra menzionati, occorre dimensionare i fossi di scolo delle acque di piattaforma autostradale garantendo sempre un volume di laminazione almeno pari a 500 m<sup>3</sup>/ha di superficie impermeabilizzata.

La continuità dei fossi di guardia in corrispondenza degli accessi ai fondi agricoli sarà garantita mediante tombini dalle dimensioni  $\phi$  500 a  $\phi$  800, il cui dimensionamento è stato effettuato garantendo la volumetria dei fossi necessaria alla laminazione e un grado di riempimento dei tombini stessi inferiore al 75%.

Nell' ALLEGATO IV – DIMENSIONAMENTO FOSSI DI GUARDIA si riportano i dati di calcolo e le dimensioni di progetto dei fossi di guardia.

Nel tratto A1-a è stato necessario ripristinare i fossi di guardia stradali esistenti a causa dell'allargamento della strada esistente, i fossi ripristinati sono in terra, a sezione trapezia, con base minore e altezza pari a 0.5 metri e pendenza delle sponde 1/1.



AUTOSTRADA  
REGIONALE  
CISPADANA

**REGIONE EMILIA ROMAGNA**

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA  
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D07 – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA TRATTO A1**

---

## ALLEGATO I – CALCOLO DEL VELO IDRICO

### Tratto A1-a

Sezioni			tratto A1a			
			1_2	2_18	18_24	24_28
Larghezza falda stradale	WF	m	4,75	4,75	4,75	4,75
Pendenza longitudinale	SL	m/m	0,0119	0,0010	0,0013	0,0007
Pendenza trasversale	ST	m/m	0,025	0,025	0,025	0,025
Calcolo del percorso del ruscellamento	Leff	m	5,3	4,8	4,8	4,8
Calcolo della pendenza fittizia	i	m/m	0,028	0,025	0,025	0,025
Altezza velo liquido in assenza afalto drenante	hmax	mm	2,872	2,786	2,787	2,786

**Tratto A1-b**

Sezioni			tratto A1b										
			1_10	10_18	18_26	26_27	27_28	28_36	36_39	39_46	46_50	50_53	
Larghezza falda stradale	WF	m	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
Pendenza longitudinale	SL	m/m	0,0005	0,0001	0,0002	0,0022	0,0081	0,0003	0,0042	0,0002	0,0005	0,0003	
Pendenza trasversale	ST	m/m	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Calcolo del percorso del ruscellamento	Leff	m	4,8	4,8	4,8	4,8	5,0	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Calcolo della pendenza fittizia	i	m/m	0,025	0,025	0,025	0,025	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Altezza velo liquido in assenza afalto drenante	hmax	mm	2,786	2,786	2,786	2,789	2,828	2,786	2,797	2,786	2,786	2,786	2,786

## ALLEGATO II – INTERASSI SCARICHI

### EMBRICI – Tratto A1-a

			TRATTO A1-a			
Pk inizio tratto pk- fine tratto			0+000-0+027	0+027-0+235	0+235-0+703	0+703-0+850
Sezioni			<b>1_2</b>	<b>2_18</b>	<b>18_24</b>	<b>24_28</b>
Larghezza piattaforma drenata	W	m	4,75	4,75	4,75	4,75
Pendenza stradale trasversale	i	%	0,025	0,025	0,025	0,025
Angolo sulla verticale	q	gradi	88,57	88,57	88,57	88,57
Larghezza banchina allagata	b	m	1,00	1,25	1,25	1,25
Altezza d'acqua massima ammissibile	h	m	0,025	0,031	0,031	0,031
Pendenza stradale longitudinale	p	%	0,0119	0,001	0,0013	0,0007
Area di deflusso	Ad	m <sup>2</sup>	0,01	0,02	0,02	0,02
Raggio idraulico banchina	R	m	0,01	0,02	0,02	0,02
Coefficiente di Strickler	Ks	m <sup>1/3</sup> /s	75	75	75	75
Portata longitudinale convogliata dalla banchina	Q	l/s	5,42	2,85	3,25	2,38
Velocità di deflusso in cunetta	v	m/s	0,43	0,15	0,17	0,12
Coefficiente udometrico	u	l/s/ha	415,98	415,98	415,98	415,98
Portata drenata/m	Q	l/sm	0,20	0,20	0,20	0,20
Interasse scarichi		m	27,42	14,41	16,43	12,06
Verifica interasse embrici						
Carico idrico	h	m	0,025	0,031	0,031	0,031
Portata sfiorata embrice	Q	l/s	12,28	17,16	17,16	17,16
Interasse embrici	Xe	m	62,13	86,83	86,83	86,83
Progetto						
interasse elementi raccolta mista	m		25	15	15	15

EMBRICI – Tratto A1-b

		TRATTO A1-b									
Pk inizio tratto pk- fine tratto		0+000-0+362	0+362-0+732	0+732-1+067	1+067-1+140	1+140-1+190	1+190-1+484	1+484-1+565	1+565-1+767	1+767-2+007	2+007-2+110
Sezioni		1_10	10_18	18_26	26_27	27_28	28_36	36_39	39_46	46_50	50_53
Larghezza piattaforma drenata	W	m	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
Pendenza stradale trasversale	i	%	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Angolo sulla verticale	q	gradi	88,57	88,57	88,57	88,57	88,57	88,57	88,57	88,57	88,57
Larghezza banchina allagata	b	m	1,25	1,5	1,5	1,25	1	1,5	1	1,5	1,25
Altezza d'acqua massima ammissibile	h	m	0,031	0,038	0,038	0,031	0,025	0,038	0,025	0,038	0,031
Pendenza stradale longitudinale	p	%	0,001	0,000	0,000	0,002	0,008	0,000	0,004	0,000	0,001
Area di deflusso	Ad	m <sup>2</sup>	0,020	0,028	0,028	0,020	0,013	0,028	0,013	0,028	0,020
Raggio idraulico banchina	R	m	0,015	0,018	0,018	0,015	0,012	0,018	0,012	0,018	0,015
Coefficiente di Strickler	Ks	m <sup>1/3</sup> /s	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Portata longitudinale convogliata dalla banchina	Q	l/s	2,01	1,79	2,07	4,22	4,47	2,54	3,22	2,07	2,01
Velocità di deflusso in cunetta	v	m/s	0,10	0,06	0,07	0,22	0,36	0,09	0,26	0,07	0,10
Coefficiente udometrico	u	l/s/ha	415,98	415,98	415,98	415,98	415,98	415,98	415,98	415,98	415,98
Portata drenata/m	Q	l/sm	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Interasse scarichi		m	10,19	9,08	10,48	21,37	22,62	12,83	16,29	10,48	10,19
Verifica interasse embrici											
Carico idrico	h	m	0,031	0,038	0,038	0,031	0,025	0,038	0,025	0,038	0,031
Portata sfiorata embrice	Q	l/s	17,16	22,55	22,55	17,16	12,28	22,55	12,28	22,55	17,16
Interasse embrici	Xe	m	86,83	114,14	114,14	86,83	62,13	114,14	62,13	114,14	86,83
Progetto											
interasse elementi raccolta mista	m		10	10	10	20	20	10	15	10	10

### CADITOIE

Progressive			Tratto A1-b	
			0+011 - 0+350 sx	0+575 - 0+616 dx
Sezioni			1-9	14-16
Larghezza piattaforma drenata	W	m	4,75	4,75
Pendenza stradale trasversale	i	%	0,025	0,025
Angolo sulla verticale	q	gradi	88,57	88,57
Larghezza banchina allagata	b	m	1,25	1,5
Altezza d'acqua massima ammissibile	h	m	0,03125	0,0375
Pendenza stradale longitudinale	p	%	0,001	0,000
Area di deflusso	Ad	m <sup>2</sup>	0,020	0,028
Raggio idraulico banchina	R	m	0,015	0,018
Coefficiente di Strickler	Ks	m <sup>1/3</sup> /s	75	75
Portata longitudinale convogliata dalla banchina	Q	l/s	2,01	1,79
Velocità di deflusso in cunetta	v	m/s	0,10	0,06
Verifica dimensioni caditoia (raccolta mista)				
Larghezza caditoia sull'orizzontale	l'	m	0,400	0,400
Efficienza della caditoia (solo contributo frontale)	Eo		0,642	0,563
Efficienza totale della caditoia (con il contributo laterale)	E	l/s	0,920	0,949
Verifica interasse caditoie				
Battente idrico che insiste sulla caditoia	h	mm	0,031	0,038
Portata intercettata	Q	l/s	41,861	45,856
Portata intercettata ridotta del 30%	Qr	l/s	29,303	32,099
Passo delle caditoie raccolta mista	XC		148,301	162,455
Calcolo interassi scarico acque miste				
Coefficiente udometrico	u	l/s/ha	415,975	415,975
Portata drenata/m	Q	l/sm	0,198	0,198
Interasse scarichi		m	10,189	9,075
Progetto				
interasse elementi raccolta mista	m		10	10

## ALLEGATO III – DIMENSIONAMENTO COLLETTORI E CANALETTE GRIGLIATE

### CANALETTE GRIGLIATE 0.30x0.30 m – Tratto A1-a

progr. 0-100 sx													
Lunghezza tratto [m]	Larghezza piattaforma [m]	Area drenata tratto[m <sup>2</sup> ]	Area drenata cumulata [m <sup>2</sup> ]	HP: velocità di progetto [m/s]	Tempo ingresso te [min]	Tempo di rete tr [min]	Tempo di corrivazione e tc=te+tr [min]	Intensità precipitazioni e [mm/h]	Portata tratto Q [m <sup>3</sup> /s]	Portata cumulata[m <sup>3</sup> /s]			
100	4,75	475	475	1	5	0,000	5,000	166,257	0,020	0,020			
Pendenza Canale	i	0,0029											
Base Maggiore	B	0,30	m										
Base Minore	b	0,30	m										
Altezza Max	H	0,30	m										
Pendenza Sponde	Tg a	0,00											
Angolo sponde	a	0,00	gradi										
Coeff strickler	Ks	65	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>										
Altezza pelo libero	Larghezza pelo libero	Area	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata	Velocità	Energia	Froude	Spinta	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata
m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>3</sup> /s	m/s	m		Kg				l/s
0,12	0,30	0,036	0,540	0,07	0,0207	0,58	0,14	0,53	3,38	0,40	0,76	0,31	20,7



progr. 600 - 668 sx													
Lunghezza tratto [m]	Larghezza piattaforma [m]	Area drenata tratto[m <sup>2</sup> ]	Area drenata cumulata [m <sup>2</sup> ]	HP: velocità di progetto [m/s]	Tempo ingresso te [min]	Tempo di rete tr [min]	Tempo di corrivazione tc=te+tr [min]	Intensità precipitazioni [mm/h]	Portata tratto Q [m <sup>3</sup> /s]	Portata cumulata[m <sup>3</sup> /s]			
68	4,75	323	323	1	5	0,000	5,000	166,257	0,013	0,013			
Pendenza Canale	i	0,0013											
Base Maggiore	B	0,30	m										
Base Minore	b	0,30	m										
Altezza Max	H	0,30	m										
Pendenza Sponde	Tg a	0,00											
Angolo sponde	a	0,00	gradi										
Coeff strickler	Ks	65	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>										
Altezza pelo libero m	Larghezza pelo libero m	Area m <sup>2</sup>	Perimetro bagnato m	Raggio idraulico m	Portata m <sup>3</sup> /s	Velocità m/s	Energia m	Froude	Spinta Kg	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata l/s
0,05	0,30	0,015	0,400	0,04	0,0039	0,26	0,05	0,37	0,48	0,17	0,52	0,09	3,9
0,10	0,30	0,030	0,500	0,06	0,0108	0,36	0,11	0,36	1,89	0,33	0,71	0,24	10,8
0,12	0,30	0,036	0,540	0,07	0,0139	0,39	0,13	0,36	2,71	0,40	0,76	0,31	13,9

progr. 780-706 sx													
Lunghezza tratto [m]	Larghezza piattaforma [m]	Area drenata tratto[m <sup>2</sup> ]	Area drenata cumulata [m <sup>2</sup> ]	HP: velocità di progetto [m/s]	Tempo ingresso te [min]	Tempo di rete tr [min]	Tempo di corrivazione e tc=te+tr [min]	Intensità precipitazioni [mm/h]	Portata tratto Q [m <sup>3</sup> /s]	Portata cumulata[m <sup>3</sup> /s]			
74	4,75	351,5	351,5	1	5	0,000	5,000	166,257	0,015	0,015			
Pendenza Canale	i	0,0007											
Base Maggiore	B	0,30	m										
Base Minore	b	0,30	m										
Altezza Max	H	0,30	m										
Pendenza Sponde	Tg a	0,00											
Angolo sponde	a	0,00	gradi										
Coeff strickler	Ks	65	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>										
Altezza pelo libero m	Larghezza pelo libero m	Area m <sup>2</sup>	Perimetro bagnato m	Raggio idraulico m	Portata m <sup>3</sup> /s	Velocità m/s	Energia m	Froude	Spinta Kg	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata l/s
0,05	0,30	0,015	0,400	0,04	0,0029	0,19	0,05	0,28	0,43	0,17	0,52	0,09	2,9
0,10	0,30	0,030	0,500	0,06	0,0079	0,26	0,10	0,27	1,71	0,33	0,71	0,24	7,9
0,12	0,30	0,036	0,540	0,07	0,0102	0,28	0,12	0,26	2,45	0,40	0,76	0,31	10,2
0,15	0,30	0,045	0,600	0,08	0,0138	0,31	0,15	0,25	3,80	0,50	0,83	0,41	13,8
0,16	0,30	0,048	0,620	0,08	0,0150	0,31	0,16	0,25	4,32	0,53	0,84	0,45	15,0

progr. 240-300 dx													
Lunghezza tratto [m]	Larghezza piattaforma [m]	Area drenata tratto[m <sup>2</sup> ]	Area drenata cumulata [m <sup>2</sup> ]	HP: velocità di progetto [m/s]	Tempo ingresso te [min]	Tempo di rete tr [min]	Tempo di corrivazione tc=te+tr [min]	Intensità precipitazioni [mm/h]	Portata tratto Q [m <sup>3</sup> /s]	Portata cumulata [m <sup>3</sup> /s]			
61	4,75	439,75	439,75	1	5	0,000	5,000	166,257	0,018	0,018			
Pendenza Canale	i	0,001											
Base Maggiore	B	0,30	m										
Base Minore	b	0,30	m										
Altezza Max	H	0,30	m										
Pendenza Sponde	Tg a	0,00											
Angolo sponde	a	0,00	gradi										
Coeff strickler	Ks	65	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>										
Altezza pelo libero m	Larghezza pelo libero m	Area m <sup>2</sup>	Perimetro bagnato m	Raggio idraulico m	Portata m <sup>3</sup> /s	Velocità m/s	Energia m	Froude	Spinta Kg	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata l/s
0,05	0,30	0,015	0,400	0,04	0,0035	0,23	0,05	0,33	0,46	0,17	0,52	0,09	3,5
0,10	0,30	0,030	0,500	0,06	0,0095	0,32	0,11	0,32	1,80	0,33	0,71	0,24	9,5
0,15	0,30	0,045	0,600	0,08	0,0165	0,37	0,16	0,30	3,99	0,50	0,83	0,41	16,5
0,17	0,30	0,051	0,640	0,08	0,0194	0,38	0,18	0,29	5,09	0,57	0,86	0,49	19,4

progr. 850 - 704 dx													
Lunghezza tratto [m]	Larghezza piattaforma [m]	Area drenata tratto [m <sup>2</sup> ]	Area drenata cumulata [m <sup>2</sup> ]	HP: velocità di progetto [m/s]	Tempo ingresso [min]	Tempo di rete tr [min]	Tempo di corrivazione e tc=te+tr [min]	Intensità precipitazione [mm/h]	Portata tratto Q [m <sup>3</sup> /s]	Portata cumulata [m <sup>3</sup> /s]			
143	4,75	679,25	679,25	1	5	0,000	5,000	166,257	0,028	0,028			
Pendenza Canale	i	0,0007											
Base Maggiore	B	0,30	m										
Base Minore	b	0,30	m										
Altezza Max	H	0,30	m										
Pendenza Sponde	Tg a	0,00											
Angolo sponde	a	0,00	gradi										
Coeff strickler	Ks	65	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>										
Altezza pelo libero	Larghezza pelo libero	Area	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata	Velocità	Energia	Froude	Spinta	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata
m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>3</sup> /s	m/s	m		Kg				l/s
0,05	0,30	0,015	0,400	0,04	0,0029	0,19	0,05	0,28	0,43	0,17	0,52	0,09	2,9
0,10	0,30	0,030	0,500	0,06	0,0079	0,26	0,10	0,27	1,71	0,33	0,71	0,24	7,9
0,12	0,30	0,036	0,540	0,07	0,0102	0,28	0,12	0,26	2,45	0,40	0,76	0,31	10,2
0,15	0,30	0,045	0,600	0,08	0,0138	0,31	0,15	0,25	3,80	0,50	0,83	0,41	13,8
0,19	0,30	0,057	0,680	0,08	0,0188	0,33	0,20	0,24	6,05	0,63	0,89	0,56	18,8
0,20	0,30	0,060	0,700	0,09	0,0201	0,33	0,21	0,24	6,68	0,67	0,90	0,60	20,1
0,25	0,30	0,075	0,800	0,09	0,0266	0,35	0,26	0,23	10,34	0,83	0,96	0,80	26,6
0,26	0,30	0,078	0,820	0,10	0,0280	0,36	0,27	0,22	11,16	0,85	0,97	0,84	28,0

COLLETTORI – Tratto A1-b

RETE A SEZ. 1-4 sx (progr. 0+011 - 0+151 sx)												
Ramo	Area tot (m <sup>2</sup> )	Diametro (m)	Pendenza	Lunghezza (m)	T ingresso (min)	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Qcritica (m <sup>3</sup> /s)	Qmax riempim. (m <sup>3</sup> /s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
1	47,5	200	0,001	10,00	5,0	0,54	5,36	<b>0,002</b>	0,007	0,060	<b>0,35</b>	0,30
2	95,0	200	0,001	10,00	5,0	1,07	5,72	<b>0,004</b>	0,007	0,087	<b>0,51</b>	0,31
3	142,5	200	0,001	10,00	5,0	1,61	6,07	<b>0,005</b>	0,007	0,110	<b>0,64</b>	0,34
4	190,0	250	0,001	10,00	5,0	2,07	6,38	<b>0,007</b>	0,014	0,110	<b>0,51</b>	0,37
5	237,5	250	0,001	10,00	5,0	2,53	6,68	<b>0,008</b>	0,014	0,125	<b>0,57</b>	0,38
6	285,0	250	0,001	10,00	5,0	2,99	6,99	<b>0,010</b>	0,014	0,138	<b>0,63</b>	0,40
7	332,5	250	0,001	10,00	5,0	3,44	7,30	<b>0,011</b>	0,014	0,152	<b>0,70</b>	0,41
8	380,0	315	0,001	10,00	5,0	3,84	7,56	<b>0,013</b>	0,024	0,139	<b>0,51</b>	0,43
9	427,5	315	0,001	10,00	5,0	4,23	7,82	<b>0,014</b>	0,024	0,147	<b>0,54</b>	0,44
10	475,0	315	0,001	10,00	5,0	4,63	8,09	<b>0,015</b>	0,024	0,156	<b>0,57</b>	0,44
11	522,5	315	0,001	10,00	5,0	5,03	8,35	<b>0,017</b>	0,024	0,164	<b>0,60</b>	0,45
12	570,0	315	0,001	10,00	5,0	5,42	8,61	<b>0,018</b>	0,024	0,172	<b>0,63</b>	0,46
13	617,5	315	0,001	10,00	5,0	5,82	8,88	<b>0,019</b>	0,024	0,180	<b>0,66</b>	0,47
14	665,0	315	0,001	10,00	5,0	6,21	9,14	<b>0,020</b>	0,024	0,187	<b>0,69</b>	0,47
scarico	665,0	315	0,001	13,00	5,0	6,73	9,48	<b>0,020</b>	0,024	0,185	<b>0,68</b>	0,47

RETEB SEZ. 4-9 sx (progr. 0+170 - 0+350 sx)												
Ramo	Area tot (m <sup>2</sup> )	Diametro Interno (m)	Pendenza	Lunghezza (m)	T ingresso (min)	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Qcritica (m <sup>3</sup> /s)	Qmax riempim. (m <sup>3</sup> /s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
1	47,5	200	0,001	10,00	5,0	0,54	5,36	<b>0,002</b>	0,007	0,060	<b>0,35</b>	0,30
2	95,0	200	0,001	10,00	5,0	1,07	5,72	<b>0,004</b>	0,007	0,087	<b>0,51</b>	0,31
3	142,5	200	0,001	10,00	5,0	1,61	6,07	<b>0,005</b>	0,007	0,110	<b>0,64</b>	0,34
4	190,0	250	0,001	10,00	5,0	2,07	6,38	<b>0,007</b>	0,014	0,110	<b>0,51</b>	0,37
5	237,5	250	0,001	10,00	5,0	2,53	6,68	<b>0,008</b>	0,014	0,125	<b>0,57</b>	0,38
6	285,0	250	0,001	10,00	5,0	2,99	6,99	<b>0,010</b>	0,014	0,138	<b>0,63</b>	0,40
7	332,5	250	0,001	10,00	5,0	3,44	7,30	<b>0,011</b>	0,014	0,152	<b>0,70</b>	0,41
8	380,0	315	0,001	10,00	5,0	3,84	7,56	<b>0,013</b>	0,024	0,139	<b>0,51</b>	0,43
9	427,5	315	0,001	10,00	5,0	4,23	7,82	<b>0,014</b>	0,024	0,15	<b>0,54</b>	0,43
10	475,0	315	0,001	10,00	5,0	4,63	8,09	<b>0,015</b>	0,024	0,156	<b>0,57</b>	0,44
11	522,5	315	0,001	10,00	5,0	5,03	8,35	<b>0,017</b>	0,024	0,164	<b>0,60</b>	0,45
12	570,0	315	0,001	10,00	5,0	5,42	8,61	<b>0,018</b>	0,024	0,172	<b>0,63</b>	0,46
13	617,5	315	0,001	10,00	5,0	5,82	8,88	<b>0,019</b>	0,024	0,180	<b>0,66</b>	0,47
14	665,0	315	0,001	10,00	5,0	6,21	9,14	<b>0,020</b>	0,024	0,187	<b>0,69</b>	0,47
15	712,5	400	0,001	10,00	5,0	6,55	9,37	<b>0,021</b>	0,047	0,164	<b>0,47</b>	0,48
16	760,0	400	0,001	10,00	5,0	6,88	9,59	<b>0,022</b>	0,047	0,169	<b>0,49</b>	0,49
17	807,5	400	0,001	10,00	5,0	7,22	9,81	<b>0,023</b>	0,047	0,174	<b>0,50</b>	0,50
18	855,0	400	0,001	10,00	5,0	7,56	10,04	<b>0,025</b>	0,047	0,178	<b>0,51</b>	0,50
19	902,5	400	0,001	10,00	5,0	7,89	10,26	<b>0,026</b>	0,047	0,183	<b>0,53</b>	0,51
scarico	902,5	400	0,001	13,00	5,0	8,33	10,55	<b>0,025</b>	0,047	0,181	<b>0,52</b>	0,50

RETE C SEZ. 16-14 dx (progr. 0+616 - 0+575 dx)												
Ramo	Area tot (m <sup>2</sup> )	Diametro Interno (m)	Pendenza	Lunghezza (m)	T ingresso (min)	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Qcritica (m <sup>3</sup> /s)	Qmax riempim. (m <sup>3</sup> /s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
<b>1</b>	47,5	200	0,002	10,00	5,0	0,38	5,25	<b>0,002</b>	0,010	0,051	<b>0,29</b>	0,34
<b>2</b>	95,0	200	0,002	10,00	5,0	0,76	5,51	<b>0,004</b>	0,010	0,072	<b>0,42</b>	0,41
<b>3</b>	142,5	200	0,002	10,00	5,0	1,14	5,76	<b>0,005</b>	0,010	0,090	<b>0,52</b>	0,45
<b>4</b>	190,0	200	0,002	10,00	5,0	1,52	6,01	<b>0,007</b>	0,010	0,106	<b>0,62</b>	0,48
<b>5</b>	237,5	200	0,002	10,00	5,0	1,90	6,27	<b>0,009</b>	0,010	0,123	<b>0,71</b>	0,49
<b>scarico</b>	237,5	200	0,002	3,60	5,0	2,03	6,36	<b>0,009</b>	0,010	0,122	<b>0,71</b>	0,49

## ALLEGATO IV – DIMENSIONAMENTO FOSSI DI GUARDIA

progressiva di monte	progressiva di valle	lato strada	base minore [m]	altezza [m]	base maggiore [m]	pendenza fondo scorrevole	N° elementi di regolazione	φ orifizio [mm]
150	471	dex	1,2	0,5	2,7	0,001	1	36
509	725	sin	0,5	0,5	2	0,001	1	25
571	535	dex	1	0,5	2,5	0,001	1	20
621	1130	dex	1	0,5	2,5	0,0005	1	35
2100	1140	dex	0,5	0,5	2	0,0005	3	33 (primo); 46 (secondo); 57 (terzo)
2100	1140	sx	0,5	0,5	2	0,0005	3	33 (primo); 46 (secondo); 57 (terzo)