

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A13) : BOLOGNA-PADOVA

TRATTO: BOLOGNA – FERRARA

**AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA
TRATTO: BOLOGNA ARCOVEGGIO – FERRARA SUD**

PROGETTO DEFINITIVO

AU – CORPO AUTOSTRADALE

IDROLOGIA IDRAULICA

Sistema di drenaggio corpo autostradale
Relazione idrologico-idraulica

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N.1739
**RESPONSABILE IDROLOGIA
E IDRAULICA**

**IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Mario Brugnoli
Ord. Ingg. Roma N. A24308

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:	
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Appalto	Prog.	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA		Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	00
1	1	1306	0000	1	P	D	00	0000	000000	000000	0	IDR	0100	-2	SCALA: -

	ENGINEER COORDINATOR:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
	Ing. Mario Brugnoli Ord. Ingg. Roma N. A24308				n.	data
					0	NOVEMBRE 2016
					1	APRILE 2019
					2	MAGGIO 2021
REDATTO:	-	VERIFICATO:	-	3	-	
				4	-	

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Maurizio Torresi</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p>Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE E I SISTEMI INFORMATIVI</p>
--	--	---

Sommario

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	3
2.2	NORMATIVA REGIONALE	5
2.3	CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	7
3	IDROLOGIA.....	8
4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CRITERI GENERALI	13
4.1	SISTEMA DI DRENAGGIO AMPLIAMENTO ALLA 3 ^A CORSIA.....	13
4.1.1	<i>Definizione dei ricettori</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Limiti qualitativi</i>	<i>18</i>
4.1.3	<i>Limiti quantitativi</i>	<i>19</i>
4.2	VIABILITÀ INTERFERITE	19
4.3	STRADA PROVINCIALE SP20.....	19
5	SISTEMA DI DRENAGGIO CORPO AUTOSTRADALE E DELLE VIABILITÀ INTERFERITE ..	21
5.1	REQUISITI PRESTAZIONALI.....	21
5.2	SCHEMA DI DRENAGGIO	21
5.3	METODOLOGIA PROGETTUALE.....	22
5.3.1	<i>Dimensionamento degli elementi di raccolta.....</i>	<i>22</i>
5.3.2	<i>Dimensionamento degli elementi di convogliamento</i>	<i>23</i>
5.4	ELEMENTI DI RACCOLTA	25
5.4.1	<i>Embrici.....</i>	<i>25</i>
5.4.2	<i>Canaletta grigliata.....</i>	<i>25</i>
5.4.3	<i>Caditoie grigliate</i>	<i>26</i>
5.4.4	<i>Sistema di drenaggio in presenza di barriere fonoassorbenti</i>	<i>26</i>
5.4.5	<i>Drenaggio dei ponti.....</i>	<i>27</i>
5.4.5.1	<i>Drenaggio Cavalcavia.....</i>	<i>29</i>
5.5	ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO	29
5.5.1	<i>Collettori circolari in PEAD e PP.....</i>	<i>29</i>
5.5.2	<i>Collettori circolari in PFVR.....</i>	<i>31</i>
5.5.3	<i>Canali metallici.....</i>	<i>32</i>
5.5.4	<i>Fossi di guardia e manufatti di controllo</i>	<i>32</i>
5.6	MANUFATTI DI CONTROLLO	34
6	VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD	35
APPENDICE A – VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA – EMBRICI		
APPENDICE B – VERIFICHE CANALETTA GRIGLIATA IN SPARTITRAFFICO		
APPENDICE C – VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA MARGINALI		
APPENDICE C1 – CANALETTA GRIGLIATA		
APPENDICE C2 – CADITOIE		
APPENDICE D – VERIFICHE ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO		
APPENDICE D1 – TUBAZIONI MARGINALI		
APPENDICE D2 – TUBAZIONI IN SPARTITRAFFICO		
APPENDICE D3 – VERIFICA CANALE METALLICO		
APPENDICE E – VERIFICHE DEI FOSSI DI GUARDIA		
APPENDICE F – PORTATE SCARICATE AI RECETTORI		
APPENDICE G – VIABILITÀ INTERFERITE		
APPENDICE H – STRADA PROVINCIALE SP20		

1 Premessa

La presente relazione idrologica ed idraulica è parte integrante del progetto definitivo di ammodernamento e ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A13 Bologna – Padova, nel tratto compreso tra gli svincoli di Bologna Arcoveggio (dal Km 0+871) e Ferrara Sud (al Km 33+738).

L'intervento prevede l'ampliamento alla terza corsia dell'intera tratta, la realizzazione del nuovo svincolo di Bologna Interporto al Km 8+000 e l'adeguamento delle rampe delle aree di servizio Castel Bentivoglio Est ed Ovest al Km 11+700 e dello svincolo di Altedo al Km 20+450

Lungo il tracciato tra il Km 21+500 e il Km 26+250 sono presenti delle zone di interesse ambientale (come definito nel SIA) e di conseguenza nel progetto si prevede l'utilizzo del sistema chiuso e quindi un trattamento qualitativo delle acque di drenaggio a monte dell'immissione nei ricettori finali.

Oltre al trattamento qualitativo parzialmente presente è previsto il recupero di volumi pari a 500 mc/ha di superficie impermeabile lungo tutta la tratta.

Il territorio interessato dall'intervento è sottoposto alla competenza dell'Autorità di Bacino del fiume Reno e del Consorzio della Bonifica Renana per il tratto autostradale compreso tra il Km 0+871 e il Km 26+398 e dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e del Consorzio di Bonifica della Pianura Ferrarese per il tratto compreso tra il Km 26+398 e il Km 33+738.

Il sistema di acque superficiali è composto non solo da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali, di storica memoria, ma anche da corpi idrici naturali appartenenti al bacino imbrifero del fiume Reno.

2 Inquadramento normativo

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale e provinciale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico e ambientale, in modo da verificare la compatibilità degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

2.1 Normativa Nazionale

RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento. La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi. Vengono individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione; vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo e l'Autorità di Bacino. Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino.

L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

DL 04/12/1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

DPR 18/7/95

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 3 di 85
IDR0100-2.doc	

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio.

L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile; individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio; prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Tale decreto ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Sostituisce ed integra il DL 152/99.

L'articolo 113 così cita:

Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia

- *Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, disciplinano e attuano:*
 - *le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
 - *i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione;*
- *Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.*

- *Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*
- *È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.*

2.2 Normativa Regionale

Come visto, il tratto autostradale di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Emilia-Romagna.

Di seguito vengono riportate le principali leggi regionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

LR 9/83

Redazione del piano territoriale regionale per la tutela ed il risanamento delle acque.

“La regione Emilia-Romagna, ai sensi dell'art. 8 della legge 10 maggio 1976, n. 319, si dota di un piano territoriale di risanamento e tutela delle acque articolato per bacini idrografici ed incentrato sugli obiettivi di qualità per ciascun corpo idrico.” (art. 1: Oggetto della legge).

LR 44/95

Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna.

- La Regione, con la presente legge, in attuazione delle disposizioni dell' art. 7 del DLgs 30 dicembre 1992, n. 502 e successive modificazioni, del DL 4 dicembre 1993, n. 496 convertito con modificazioni in Legge 21 gennaio 1994, n. 61 e dell' art. 6 della LR 12 maggio 1994, n. 19, istituisce l'Agenzia regionale per la prevenzione e l' ambiente, di seguito denominata ARPA, ne disciplina l'organizzazione ed il funzionamento e riorganizza le strutture preposte ai controlli ambientali e alla prevenzione collettiva.
- La presente legge disciplina altresì le modalità di coordinamento dell' ARPA con il sistema delle autonomie locali e con il Servizio sanitario dell' Emilia–Romagna, perseguendo l'obiettivo della massima integrazione programmatica e tecnico-operativa.” (art. 1: Oggetto e finalità)

LR 3/99

Riforma del sistema regionale e locale (gli Artt. 98 e seguenti contengono nuove norme in materia ambientale che riformano parte dell'ordinamento regionale precedente).

LR 25/99

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 5 di 85
IDR0100-2.doc	

Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli enti locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani.

LR 1/03

Modifiche ed integrazioni alla L.R. 25/99 (Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli Enti Locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani).

Delibera giunta regionale 14 febbraio 2005 n° 286

Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne (artc. 39, DLgs 11 maggio 1999 n°152).

- *Rientra in questo ambito il diffuso e complesso sistema di raccolta ed allontanamento tramite canalizzazioni e condotte dedicate delle acque meteoriche di dilavamento a servizio delle reti stradali ed autostradali, sia della normale sede stradale che delle opere connesse quali ponti gallerie, viadotti svincoli, ecc., ovvero delle pertinenze delle grandi infrastrutture di trasporto (piste aeroportuali, piazzali / banchine portuali, aree adibite ad interporti, reti ferroviarie in galleria, ecc.).*
- *Al punto 7.1 si definisce la tipologia di progetto interessata: "Nuove immissioni: l'esigenza richiamata all'art. 39, lett. b) del decreto di assoggettare tali immissioni a prescrizioni specifiche o ad autorizzazione, s'intende soddisfatta per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento soggetti a valutazione di impatto ambientale (VIA) dalla procedura di VIA stessa"*
- *Al punto 7.2 I così prosegue: "Per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento di cui al precedente punto 7.1 - lettera a), le prescrizioni per il contenimento dell'inquinamento prodotte ... possono trovare applicazione nei casi in cui tali acque siano immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali "significativi" e di "interesse" inseriti nel PTA".*
- *Al punto 7.2 II così prosegue: "Per i corpi idrici diversi da quelli richiamati al precedente punto I l'adozione di specifiche prescrizioni per la gestione delle acque di prima pioggia legate alle immissioni delle condotte di cui trattasi è determinata sulla base delle esigenze di tutela e protezione dei corpi idrici ricettori stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTCP), secondo i criteri di valutazione richiamati al precedente punto I... A tal fine si avranno a riferimento seguenti criteri di valutazione: il livello di contaminazione delle portate meteoriche e dei relativi carichi inquinanti sversati, l'estensione del bacino sotteso dalle "altre condotte separate" che si immettono nel corpo recettore, la distribuzione delle ulteriori "altre condotte separate" o delle altre reti di scarico presenti lungo l'asta fluviale nonché le caratteristiche idrologiche e morfologiche del recettore medesimo".*
- *Al punto 7.2 III così prosegue: "Le prescrizioni da adottarsi ai sensi dei precedenti punti I e II avranno a riferimento, di norma, soluzioni progettuali ... in grado di sedimentare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore. Trattamenti aggiuntivi (quali ad esempio la disoleatura) saranno prescritti in ragione della destinazione d'uso e di attività delle aree sottese. Dette soluzioni possono essere finalizzate anche al trattamento mediante la realizzazione di sistemi di tipo naturale i quali la "fito-depurazione" o le "fasce filtro / fasce tampone". (Le linee Guida di tale progettazione è la Delibera di Giunta N°1860 del 18/12/2006 capo IV)."*

Delibera giunta regionale 18 dicembre 2006 n° 1860

Tale delibera concerne "Linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione alla deliberazione G.R. del 14 febbraio 2005 n° 286". Contiene

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 6 di 85
IDR0100-2.doc	

specifiche Linee guida attuative in merito, tra gli altri aspetti, agli orientamenti tecnici di riferimento “*per la scelta e la progettazione dei sistemi di gestione delle acque di prima pioggia da altre condotte separate con particolare riferimento a quelle asservite alla rete viaria*”.

Norme Tecniche di Attuazione del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell’Autorità di bacino del fiume Reno;

Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura nel Bacino del fiume Reno.

Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) nel Bacino del fiume Po

Norme di attuazione

Direttiva 1 - riduzione rischio idraulico impianti trattamento acque reflue e rifiuti

Direttiva 2 - sulla piena di progetto

Direttiva 3 - in materia di attività estrattive nelle aree fluviali

Direttiva 4 - criteri per la compatibilità idraulica delle infrastrutture nelle fasce fluviali

Direttiva 5 - progettazione interventi e formulazione programmi di manutenzione

Direttiva - attuazione del PAI nel settore urbanistico

Regolamento - presa d’atto collaudo di opera

Direttiva - interventi di rinaturalizzazione

Direttiva - gestione dei sedimenti

Regolamento - procedimento amministrativo per espressione parere gestione pertinenze idriche demaniali

Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) nel Bacino del fiume Po

2.3 Criteri di progettazione

Si definiscono i seguenti criteri progettuali.

Autorità di Bacino del fiume Reno

Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico, adottato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Reno con delibera n 1/1 del 06.12.2002, approvato, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 07.04.2003, pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia- Romagna n.70 (PII) del 14.05.2003.

Così cita:

“Al fine di non incrementare gli apporti d’acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, per le aree ricadenti nel territorio di pianura e pedecollina indicate nelle tavole del “Titolo II Assetto della Rete Idrografica” i Comuni prevedono nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m³ per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto....Le caratteristiche funzionali dei sistemi di raccolta sono stabilite dall’Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione...L’Autorità idraulica competente è l’ente o gli enti a cui sono assegnate dalla legislazione vigente le funzioni amministrative relative alla realizzazione di opere, rilascio concessioni, manutenzione e sorveglianza del corso d’acqua considerato.”

Per i tutti corsi d’acqua si è adattato il criterio di recuperare tali volumi nei fossi.

Le autorità idrauliche competenti per le funzioni amministrative e di manutenzione sono il Consorzio della Bonifica Renana e il Consorzio di Bonifica della Pianura Ferrarese.

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 7 di 85
IDR0100-2.doc	

3 Idrologia

Per la determinazione del regime pluviometrico dei corsi d'acqua di interesse si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio *“La valutazione delle piogge intense su base regionale”* (A. Brath, M. Franchini, 1998) di seguito descritto.

Lo studio citato ha come oggetto la definizione del Metodo VAPI-piogge al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche.

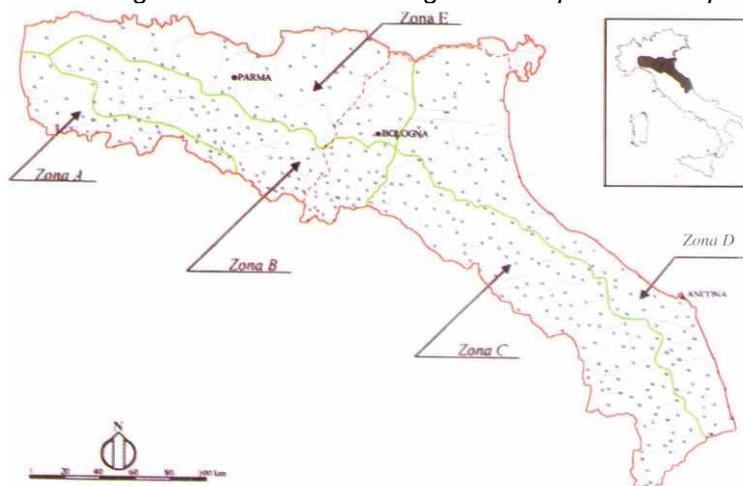
I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

In particolare l'area in esame è stata suddivisa in 5 zone omogenee, come mostrato in Figura 3.1, per le quali valgono i seguenti valori dei parametri della curva di crescita:

Tabella 3.1: Parametri delle curve di crescita relative al modello TCEV per le varie durate

Zona	λ	θ	λ_1	η	Note
Zona A	0.109	2.361	24.70	4.005	Valida per tutte le durate
Zona B	1.528	1.558	13.65	4.651	Valida per d = 1 ora
			19.35	5.000	Valida per d = 3 ore
			26.20	5.303	Valida per d = 6 ore
			39.20	5.706	Valida per d \geq 12 ore ed 1
Zona C	1.528	1.558	13.65	4.615	Valida per d = 1 ora
			14.70	4.725	Valida per d = 3 ore
			20.25	5.046	Valida per d = 6 ore
			25.70	5.284	Valida per d \geq 12 ore ed 1
Zona D	0.361	2.363	29.00	4.634	Valida per tutte le durate
Zona E	0.044	3.607	13.60	3.328	Valida per d = 1 ora
			19.80	3.704	Valida per d = 3 ore
			23.65	3.882	Valida per d = 6 ore
			30.45	4.135	Valida per d \geq 12 ore ed 1

Figura 3.1: Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense.



La curva di crescita si ricava invertendo l'espressione (3.1) scritta in funzione del tempo di ritorno, mentre la pioggia indice viene calcolata mediante la (3.2):

$$P(x) = \exp\left[-\lambda_1 \exp(-x \eta) - \lambda \lambda_1^{1/\theta} \exp(-x \eta/\theta)\right] \quad (3.1)$$

$$\mu = m_1 \cdot d^{\frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)}} \quad (3.2)$$

$m(h24)$ = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione di durata d(24 ore);

m_G = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione giornaliera;

m_1 = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione in 1 ora;

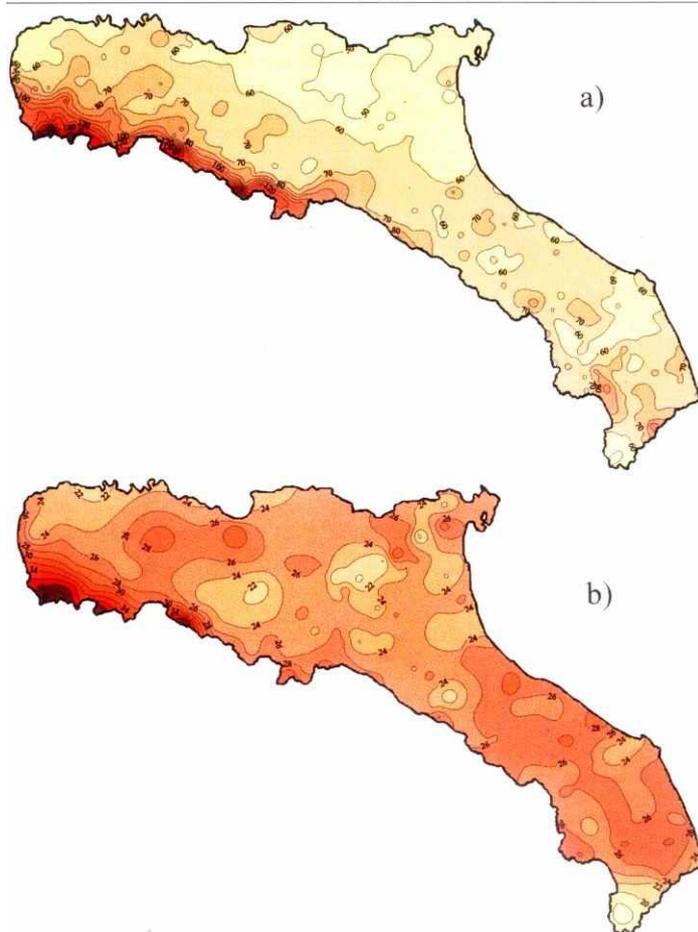
$\gamma = m_G / m(h24) = 0.89$ nella regione esaminata.

Per la determinazione dei parametri m_1 e m_G si fa riferimento alle isolinee riportate in Figura 3.2.

In conclusione, si ricava che il parametro a delle LSPP è pari al prodotto del coefficiente m_1 per la curva di crescita, mentre il parametro n è pari a:

$$n = \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.3)$$

Figura 3.2: Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b).



Per l'area di intervento, ricadente nella "zona omogenea E", sono stati stimati valori dei parametri m_1 e m_6 pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro γ , che, come dimostrato da numerosi studi, risulta poco variabile da sito a sito, assume il valore di 0.89.

Dalle formule sopra riportate, si ottiene un valore del parametro "n" uguale per tutte le durate considerate e per tutti i tempi di ritorno, mentre il parametro "a" varia sia in funzione della durata sia del tempo di ritorno. Per poter avere per ogni tempo di ritorno un'unica formula per il calcolo delle portate dei corsi d'acqua, si è calcolato il parametro "a" in modo da minimizzare gli scarti.

La Tabella 2 riporta i valori calcolati per i parametri "a" e "n" delle LSPP, validi per le diverse durate e i valori del parametro "a" interpolati.

Tabella 3.2: Valori dei parametri delle LSPP per diversi TR

a	T _R (anni)			
	25	50	100	200
1 ora	45.43	53.22	63.31	77.01
3 ore	43.25	50.25	59.31	71.63
6 ore	42.36	49.05	57.69	69.44
12 ore	41.24	47.51	55.63	66.66
Interpolato	42.68	49.40	58.10	69.91

n
0.32

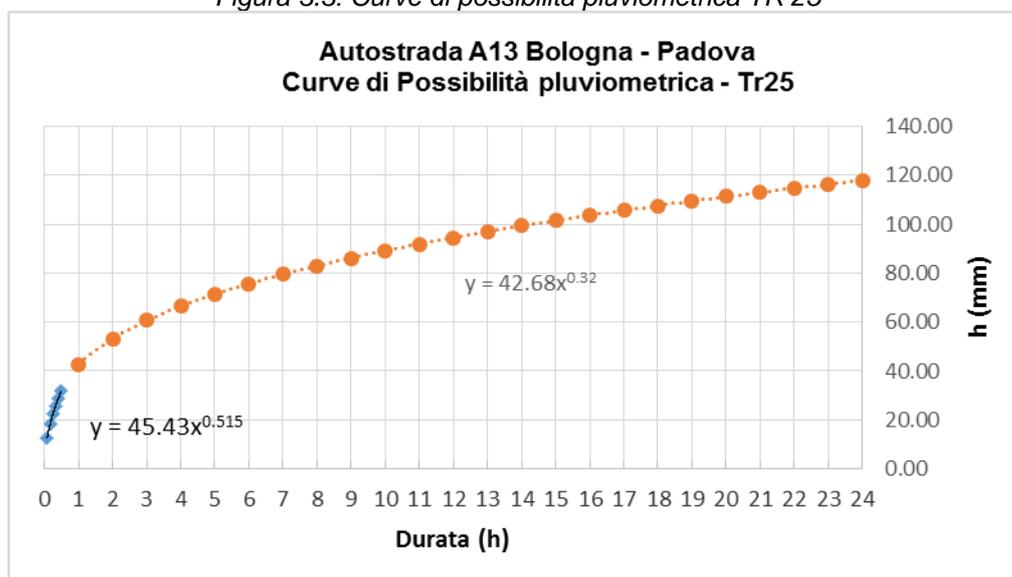
Le leggi di pioggia calcolate sono valide per tempi di corrivazione superiori all'ora. Per determinare le leggi di pioggia valide per eventi di breve durata, utilizzate per il dimensionamento del **sistema di drenaggio**, si è utilizzato lo studio di Calenda e altri (1993) basato su un campione di 8 anni di dati di pioggia registrati al pluviometro di Roma Macao. Questo studio evidenzia come il rapporto tra l'altezza di pioggia di 5 minuti e quella oraria sia pressoché costante in tutta Italia e pari a 0.278. Imponendo questa condizione ed il passaggio per l'altezza di pioggia oraria si ottiene il valore del parametro **n** per tempi di pioggia inferiori all'ora pari a **0.515**. In questo caso si utilizzeranno i valori del parametro **a** relativi alla durata di un'ora.

Tabella 3: Valori dei parametri delle LSPP per diversi T_R e durate inferiori all'ora

a	T _R (anni)			
	25	50	100	200
1 ora	45.43	53.22	63.31	77.01

n
0.515

Figura 3.3: Curve di possibilità pluviometrica TR 25



Si riporta la sintesi delle curve di possibilità pluviometrica desunte attraverso interpolazione in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento considerato.

Tabella 3.5: Parametri caratteristici delle CPP

t < 1h			t ≥ 1h		
TR	a	n	TR	a	n
25	45.43	0.515	25	42.68	0.32
50	53.22	0.515	50	49.40	0.32
100	63.31	0.515	100	58.10	0.32
200	77.01	0.515	200	69.91	0.32

4 Descrizione degli interventi e criteri generali

4.1 Sistema di drenaggio ampliamento alla 3^a corsia

L'intervento prevede sia tratti di ampliamento simmetrico della carreggiata di 4.95 m che tratti di ampliamento asimmetrico di larghezza variabile.

Il sistema di drenaggio in progetto è in gran parte di tipo aperto e per un tratto di circa 4700 m chiuso.

Il sistema aperto presenta come elementi marginali di raccolta gli embrici e come sistemi di convogliamento fossi in terra inerbiti con manufatti terminali per il controllo quantitativo degli scarichi.

Il sistema chiuso invece presenta come elementi marginali di raccolta gli embrici e come sistemi di convogliamento fossi inerbiti con manufatti terminali per il controllo quantitativo e qualitativo degli scarichi.

Nei casi in cui non sia possibile adottare come elemento di raccolta gli embrici si sono adottate canalette discontinue con sottostanti collettori (in corrispondenza dei muri), canalette continue con sottostanti collettori (in asse autostrada e nei tratti a pendenza longitudinale nulla), scarichi puntuali con caditoia e eventuale canaletta rettangolare (in corrispondenza delle FOA).

Uguualmente in particolari casi (spazi ridotti al piede del rilevato autostradale) si sono adottati fossi rivestiti in calcestruzzo e canalette rettangolari in calcestruzzo.

Di seguito si riporta l'elenco dei ricettori costituito dalla fitta rete dei canali di Bonifica e dalla rete dell'Autorità di Bacino del fiume Reno.

4.1.1 Definizione dei ricettori

L'area entro cui si sviluppa il corridoio autostradale di progetto ricade interamente nel bacino idrografico del fiume Reno.

Lo studio idrologico ed idraulico è stato differenziato per sistemi idrografici e per ambiti territoriali al fine di inquadrare il territorio interessato.

Il sistema è quindi organizzato in tre classi prevalenti:

- corsi d'acqua di competenza dell' ADB Reno;
- corsi d'acqua di competenza dell' ADB Po;
- corsi d'acqua artificiali ricadenti nell'area di competenza del Consorzio della Bonifica Renana, tra la Pk 0+871 e la Pk 26+398;
- corsi d'acqua artificiali ricadenti nell'area di competenza del Consorzio di Bonifica della Pianura Ferrarese, tra la Pk 26+39e la Pk 33+738.

Nello specifico i corsi d'acqua interferenti con il tracciato autostradale sono riportati nelle tabelle seguenti.

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 13 di 85
IDR0100-2.doc	

Tabella 4.1: Corsi d'acqua di competenza dell'ADB Reno

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
VI002	Canale Diversivo-Navile	13+053	Autorità di Bacino Reno	Secondario	Ponte
VI003	Canale Navile	21+411	Autorità di Bacino Reno	Secondario	Ponte
VI007	Fiume Reno	26+398	Autorità di Bacino Reno	Principale	Ponte

Tabella 4.2: Corsi d'acqua artificiali ricadenti nell'area di competenza del Consorzio della Bonifica Renana, tra la Pk 0+871 e la Pk 26+550

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T001	scolo privato	1+232	Privato	Minore	Condotta circolare
T002	scolo privato	1+714	Privato	Minore	Condotta circolare
T003	scolo privato	1+912	Privato	Minore	Condotta circolare
T004	fosso	2+292	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T005	scolo privato	2+575	Privato	Minore	Condotta circolare
T006	fosso	3+189	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T007	scolo privato	3+477	Privato	Minore	Condotta circolare
T008	fosso	3+718	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T009	fosso	3+956	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T010	scolo Carsè	4+199	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T011	fosso	4+315	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T012	fosso	4+569	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T013	fosso	4+787	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T014	fosso	4+914	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T015	fosso	5+170	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T016	fosso	5+375	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T017	scolo privato	5+423	Privato	Minore	Condotta circolare
T018	fosso	5+686	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T019	fosso	5+888	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T020	scolo privato	6+118	Privato	Minore	Condotta circolare
T021	scolo privato	6+464	Privato	Minore	Condotta circolare
T022	fosso	6+601	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T023	scolo privato	6+885	Privato	Minore	Condotta circolare
T024	fosso	7+166	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T025	scolo privato	7+357	Privato	Minore	Condotta circolare

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T026	scolo privato	7+512	Privato	Minore	Condotta circolare
T028	scolo privato		Privato	Minore	Scatolare
T029	scolo privato	7+962	Privato	Minore	Condotta circolare
T030	scolo privato	7+967	Privato	Minore	Condotta circolare
T031	scolo privato		Privato	Minore	Scatolare
T032	scolo privato	8+103	Privato	Minore	Scatolare
T033	scolo privato		Privato	Minore	Condotta circolare
T034	scolo privato		Privato	Minore	Scatolare
T035	fosso	8+236	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T036	fosso	8+429	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T037	fosso	8+556	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T038	scolo privato	8+842	Privato	Minore	Scatolare
T039	fosso	8+968	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T040	fosso	9+172	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T041	fosso	9+637	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T042	fosso	9+759	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T043	fosso	9+897	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T044	fosso	10+324	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T045	fosso	10+359	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T046	scolo privato	10+602	Privato	Minore	Scatolare
T047	fosso	11+225	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
VI001	Canale Emiliano Romagnolo	11+292	Consorzio CER	Minore	Ponte
T048	scolo privato	11+486	Privato	Minore	Condotta circolare
T049	scolo privato	11+617	Privato	Minore	Condotta circolare
T050	scolo privato	11+619	Privato	Minore	Scatolare
T051	scolo privato	11+621	Privato	Minore	Scatolare
T052	scolo privato	11+624	Privato	Minore	Scatolare
T053	scolo privato	11+996	Privato	Minore	Scatolare
T054	scolo privato	12+517	Privato	Minore	Condotta circolare
T055	scolo privato	12+524	Privato	Minore	Scatolare
T056	scolo privato	12+532	Privato	Minore	Scatolare
T057	scolo privato	12+764	Privato	Minore	Scatolare
T058	fosso	12+906	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T059	fosso	13+090	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T060	scolo privato	13+180	Privato	Minore	Condotta circolare
T061	Fossa Quadra	13+553	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Scatolare
T061bis	Fossa Quadra		Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T062	Fossa Quadra	13+565	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Condotta circolare
T063	fosso	13+771	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T064	fosso	13+947	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T065	fosso	14+135	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T066	scolo privato	14+374	Privato	Minore	Condotta circolare
T067	Fossa Quadra	14+411	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Scatolare
T068	scolo privato	14+507	Privato	Minore	Condotta circolare
T069	scolo privato	14+678	Privato	Minore	Condotta circolare
T070	scolo privato	14+854	Privato	Minore	Condotta circolare
T071	scolo privato	14+990	Privato	Minore	Condotta circolare
T072	fosso	15+154	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T073	scolo privato	15+344	Privato	Minore	Condotta circolare
T074	scolo privato	15+719	Privato	Minore	Condotta circolare
T075	scolo privato	15+858	Privato	Minore	Condotta circolare
T076	scolo privato	16+194	Privato	Minore	Condotta circolare
T077	scolo privato	16+277	Privato	Minore	Scatolare
T078	scolo privato	16+381	Privato	Minore	Condotta circolare
T079	Fossa Quadra	16+707	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Scatolare
T080	fosso	17+023	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare
T081	scolo privato	17+261	Privato	Minore	Condotta circolare
T082	scolo privato	17+385	Privato	Minore	Condotta circolare
T083	scolo privato	17+515	Privato	Minore	Condotta circolare
T084	scolo privato	17+821	Privato	Minore	Condotta circolare
T085	scolo privato	18+033	Privato	Minore	Condotta circolare
T086	scolo privato	18+043	Privato	Minore	Scatolare
T087	scolo privato	18+171	Privato	Minore	Condotta circolare
T088	scolo privato	18+307	Privato	Minore	Scatolare
T089	scolo privato	18+413	Privato	Minore	Condotta circolare
T090	scolo privato	18+513	Privato	Minore	Condotta circolare
T091	scolo privato	18+533	Privato	Minore	Condotta circolare
T092	scolo privato	18+652	Privato	Minore	Condotta circolare
T093	scolo privato	18+856	Privato	Minore	Scatolare
T094	scolo privato	18+864	Privato	Minore	Scatolare
T095	scolo privato	19+103	Privato	Minore	Scatolare
T096	scolo privato	19+288	Privato	Minore	Scatolare
T097	scolo privato	19+357	Privato	Minore	Condotta circolare
T098	scolo privato	19+728	Privato	Minore	Condotta circolare
T099	Scolo Marsiglia	20+176	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Scatolare
T100	scolo privato	20+418	Privato	Minore	Condotta circolare
T101	scolo privato	20+669	Privato	Minore	Scatolare
T102	fosso	20+737	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T103	fosso	20+946	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Scatolare
T104	fosso	21+077	Consorzio di Bonifica Renana	Minore	Condotta circolare

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T105	scolo privato	21+185	Privato	Minore	Condotta circolare
T106	scolo privato	21+200	Privato	Minore	Condotta circolare
T107	scolo privato	21+801	Privato	Minore	Condotta circolare
T108	scolo privato	22+058	Privato	Minore	Condotta circolare
T109	scolo privato	22+133	Privato	Minore	Condotta circolare
T110	scolo privato	22+536	Privato	Minore	Scatolare
T111	scolo privato	22+871	Privato	Minore	Scatolare
T112	scolo privato	23+214	Privato	Minore	Condotta circolare
T113	scolo privato	23+223	Privato	Minore	Scatolare
T114	scolo privato	23+506	Privato	Minore	Condotta circolare
T115	scolo privato	23+517	Privato	Minore	Scatolare
T116	scolo privato	23+756	Privato	Minore	Condotta circolare
T117	scolo privato	23+960	Privato	Minore	Condotta circolare
VI004	Scolo Calcarata	23+991	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
T118	scolo privato	24+240	Privato	Minore	Condotta circolare
T119	scolo privato	24+250	Privato	Minore	Condotta circolare
VI005	Scolo Tombe	24+448	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
T120	scolo privato	24+868	Privato	Minore	Condotta circolare
VI006	Scolo Riolo	25+150	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
T121	Fosso Prospero	25+210	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Scatolare

Tabella 4.3: Corsi d'acqua artificiali ricadenti nell'area di competenza del Consorzio di Bonifica della Pianura Ferrarese, tra la Pk 26+550 e la Pk 33+600

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T121 bis	scolo privato	26+587	Privato	Minore	Condotta circolare
T122	scolo privato	27+144	Privato	Minore	Condotta circolare
T123	scolo privato	27+697	Privato	Minore	Condotta circolare
T124	scolo privato	28+734	Privato	Minore	Condotta circolare
VI008	Scolo Principale	28+819	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Ponte
T125	scolo privato	29+110	Privato	Minore	Condotta circolare
T126	fosso	29+169	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T127	Canale Torniano	29+291	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Scatolare
T128	fosso	29+588	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T129	fosso	29+769	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T130	fosso	30+016	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T131	Deviazione Margosa	30+257	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T132	Fosso Margosa	30+402	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Scatolare
T133	Deviazione Margosa	30+773	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T134	Deviazione Margosa	31+051	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T135	Deviazione Margosa	31+189	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Condotta circolare
T136	Deviazione Margosa	31+340	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Scatolare
T137	Canale circondariale San Martino	31+621	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Scatolare
T138	scolo privato	31+823	Privato	Minore	Condotta circolare
T139	scolo privato	32+244	Privato	Minore	Condotta circolare
T140	scolo privato	32+467	Privato	Minore	Scatolare
T141	scolo privato	32+711	Privato	Minore	Scatolare
T142	Scolo Madonna dei Boschi	32+975	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Scatolare
T143	Scolo Uccellino	33+307	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Scatolare
T144	scolo privato	33+505	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Minore	Scatolare

4.1.2 Limiti qualitativi

I limiti qualitativi sono dettati dalla Delibera di Giunta Regionale 14/2/2005 n.286 capo 7, che definisce come ambito di applicazione le reti stradali ed autostradali e si applica alle nuove opere e ai nuovi progetti di intervento soggetti a valutazione di impatto ambientale (VIA).

Si definiscono i corpi idrici in cui scaricare previo trattamento (sistema chiuso) come segue:

Le acque immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali "*significativi*" e di "*interesse*" inseriti nel PTA:

- Canale Navile
- Scolo Calcarata
- Scolo Tombe
- Scolo Riolo
- Fiume Reno.

Tabella 4.4: Ricettori per i quali si prevede lo scarico previo trattamento

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A13
T107	scolo privato	21+801	Privato	Minore	Condotta circolare
T112	scolo privato	23+214	Privato	Minore	Condotta circolare
T114	scolo privato	23+506	Privato	Minore	Condotta circolare
T117	scolo privato	23+960	Privato	Minore	Condotta circolare
T118	scolo privato	24+240	Privato	Minore	Condotta circolare
T119	scolo privato	24+250	Privato	Minore	Condotta circolare
VI005	Scolo Tombe	24+448	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
T120	scolo privato	24+868	Privato	Minore	Condotta circolare

T121	Fosso Prospero	25+210	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Scatolare
------	----------------	--------	---------------------------------	------------	-----------

In base alle considerazioni precedenti si riassumono le tratte con sistema chiuso che sono complessivamente di circa 4.7 Km.

Asse Nord:

- 21+538 – 26+231 (Canale Navile – Fiume Reno);

Asse Sud:

- 21+538 – 26+231 (Canale Navile – Fiume Reno);

Le prescrizioni da adottarsi avranno a riferimento soluzioni progettuali in grado di sedimentare e disoleare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore.

4.1.3 Limiti quantitativi

Autorità di Bacino del fiume Reno

L'autorità di Bacino del fiume Reno impone in base all'articolo 20 delle *Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico* il recupero di 500m³/(ha) di nuova superficie pavimentata.

Autorità di Bacino del fiume Po

L'Autorità di Bacino del Po non prevede uno specifico recupero di volumi per la maggiore impermeabilizzazione del territorio tuttavia per uniformità si è adottato anche nel tratto di competenza il recupero di 500m³/(ha) di nuova superficie pavimentata.

4.2 Viabilità interferite

L'intervento prevede necessariamente che gli attuali cavalcavia vengano adeguati alla nuova configurazione di autostrada ampliata a 3 corsie per senso di marcia. In particolare le diverse opere verranno rifatte, in sede o leggermente spostate rispetto all'esistente, con dei nuovi ponti a 3 luci. Il sistema di drenaggio dei nuovi cavalcavia sarà analogo a quello autostradale e principalmente costituito da embrici più fosso lungo i rilevati di approccio e da caditoia più tubo per il drenaggio dell'impalcato, analogamente a quanto previsto per le opere autostradali.

4.3 Strada Provinciale SP20

La strada provinciale SP20 si interseca con l'asse autostradale all'altezza dello svincolo di Altedo. Nel progetto è previsto l'adeguamento degli innesti principale localizzati a San Pietro in Casale, Malalbergo ed in

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 19 di 85
IDR0100-2.doc	

corrispondenza del casello di Altedo tramite delle nuove rotonde. Inoltre, lungo il suo sviluppo è prevista la realizzazione di alcune piazzole di sosta. Il drenaggio avverrà principalmente tramite embrici con fosso al piede tranne dove gli innesti affiancano delle aree dove sono presenti dei fabbricati. In quel caso il drenaggio avverrà tramite caditoie che scaricheranno in un collettore sottostante.

Di seguito si riportano le metodologie ed i criteri di dimensionamento dei sistemi di drenaggio utilizzati.

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 20 di 85
IDR0100-2.doc	

5 Sistema di drenaggio corpo autostradale e delle viabilità interferite

5.1 Requisiti prestazionali

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione autostradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito.

5.2 Schema di drenaggio

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito da rami di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente. Prima dello smaltimento nei recapiti naturali può essere necessario convogliare l'acqua nei punti di controllo, ossia nei presidi idraulici.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione; in particolare si ha:

Funzione	Componente	Tipologia	T _R progetto
Raccolta	elementi idraulici marginali	embrici caditoie canalette grigliate	25 anni
Convogliamento	canalizzazioni	fossi di guardia collettori	25 anni

L'elemento di drenaggio da inserire sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione su cui è posto. Questi si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell'infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.).

La sezione corrente dell'infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in rilevato;
- sezione in viadotto.

Un'importante componente del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è costituita dal controllo quantitativo e qualitativo. In funzione delle caratteristiche dell'idrografia interferita e della sensibilità del ricettore, per lo smaltimento potranno essere impiegati presidi atti a modulare le portate scaricate e/o controllare i parametri qualitativi.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti gli aspetti legati alle tipologie previste sia per la fase di raccolta/trasferimento che per i presidi idraulici di controllo qualitativo. Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso" e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente. Viceversa il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali è denominato "sistema aperto".

5.3 Metodologia progettuale

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia se stiamo considerando gli elementi di raccolta o quelli di convogliamento.

5.3.1 Dimensionamento degli elementi di raccolta

Una volta valutata la situazione locale (rilevato, trincea, viadotto...) si definisce l'elemento di raccolta idoneo. Il dimensionamento consiste allora nello stabilire l'interasse delle caditoie (pozzetti di scarico, embrici, caditoie su viadotti, ecc.).

Il dimensionamento avviene in maniera diversa se si stanno considerando gli elementi di raccolta continui (longitudinali alla carreggiata) o quelli discontinui (elementi puntuali). Nel primo caso si dimensionano gli interassi dei pozzetti di scarico calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie autostradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula:

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1}$$

con b larghezza della falda, φ coefficiente di deflusso ed i intensità di pioggia.

Il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici pavimentate, 0.6 per le trincee ed i rilevati e 0.3 per le zone inerbite.

In base alla teoria dell'onda cinematica si ha che la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Trascurando il tempo di percorrenza dell'elemento da dimensionare si ha che il tempo di corrivazione è pari al tempo di afflusso da una falda piana che è dato dalla seguente formula:

$$t_a = t_c = 3.26 (1.1 - \varphi) \frac{L_{eff}^{0.5}}{j^{1/3}}$$

dove:

$j = \sqrt{j_l^2 + j_t^2}$ pendenza della strada lungo la linea di corrente (j_l pendenza longitudinale; j_t pendenza trasversale);

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 22 di 85
IDR0100-2.doc	

$L_{eff} = b \left[1 + \left(\frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$ lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata.

Si è comunque imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 3 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il rapporto tra la massima portata convogliabile nell'elemento e la massima portata defluente per unità di larghezza definisce l'interasse massimo tra i pozzetti di scarico.

Il dimensionamento dell'interasse degli elementi puntuali si ottiene facendo il rapporto tra la portata massima transitante in un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo, e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

5.3.2 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è fatto facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (dato dalla formula vista nel paragrafo precedente) e del tempo di traslazione (t_r) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

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.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\Re} j = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m^3/s);

$k = 1/n$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$);

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$\Re = \frac{A}{C}$ raggio idraulico (m).

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 23 di 85
IDR0100-2.doc	

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata Q per l'area bagnata A .

Per il dimensionamento dei fossi di guardia si è adottato un tempo di corrivazione minimo pari a 10 minuti.

5.4 Elementi di raccolta

5.4.1 Embrici

Il sistema di raccolta prevalente utilizzato sulla tratta è costituito da canalette ad embrici.

Il dimensionamento di questi elementi consiste nello stabilire l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto delimitato dal cordolo definito al massimo pari a 3.00 m.

Per il calcolo della portata massima transitante nella banchina si è utilizzata la formula di Chézy ponendo come parametro di Strickler il valore di 70 ($n = 0.0143$).

Si ha:

$$A = \frac{B^2 j_t}{2}$$

$$C = B \left[j_t + \frac{1}{\cos(\arctg j_t)} \right]$$

Come ampiezza massima di fascia allagata si è considerato $B=3.00$ m per i tratti in rettilineo e curva e $B=2.50$ m per i tratti di corsia di accelerazione e decelerazione.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato, con una approssimazione sufficiente al caso, a quello di una soglia sfiorante. In questo caso la portata di sfioro è data dalla:

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

con "Cq" coefficiente di portata pari a 0.35, "L" larghezza dell'embrice ed "h" altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice di seguito la scala delle portate per un invito ad embrice di larghezza 1.20 m e vari battenti.

l	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
cq	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
y	0.0300	0.0325	0.0350	0.0375	0.0400	0.0425	0.0450	0.0475	0.0500	0.0525	0.0550	0.0575	0.0600	0.0625	0.0650	0.0675	0.0700	0.0725	0.0750
Q	9.667	10.900	12.182	13.510	14.883	16.300	17.759	19.259	20.800	22.379	23.996	25.651	27.342	29.068	30.830	32.625	34.454	36.317	38.211

L'interasse massimo degli embrici è comunque stato posto pari a 30 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

5.4.2 Canaletta grigliata

La canaletta grigliata viene utilizzata per raccogliere l'acqua di piattaforma nelle seguenti situazioni:

- lungo il margine esterno nei tratti a pendenza longitudinale nulla;
- in curva in centro carreggiata.

Quando la canaletta raggiunge il riempimento massimo ammissibile, l'acqua viene mandata al sottostante collettore in PEAD che viaggia parallelamente alla strada. Lo scarico dalla canaletta grigliata al collettore sottostante avviene tramite un discendente DN160 sempre in PEAD.

La canaletta è prefabbricata e realizzata in PP rinfiacato in calcestruzzo. Per le dimensioni della canaletta si rimanda alle tavole dei particolari idraulici.

Per il dimensionamento si è posto un riempimento massimo di 20 cm sui 25 totali (80%). Con tale riempimento si ha che:

$$A = 0,0331 \text{ m}^2 \qquad R = 0,0525 \text{ m}$$

La portata massima transitante nella canaletta grigliata è stata calcolata con la formula di Chézy avendo posto come parametro di Strickler il valore di 80 ($n = 0.0125$).

Il tratto massimo di autostrada che la canaletta riesce a drenare è quindi dato dal rapporto tra la massima portata smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

La portata massima che può portare il discendente può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area del discendente e h il carico sulla sezione contratta.

Considerando h pari a 20 cm si ottiene che il discendente DN160, avente diametro interno pari a 137 mm, è in grado di smaltire una portata pari a 17,5 l/s. Si è quindi posto l'interasse dei discendenti in modo che questo valore non venga superato.

Per quanto riguarda l'autostrada si ha che b (larghezza drenata) è pari, per la sezione corrente, a 16.25 m. L'interasse massimo dei discendenti si è posto pari a 20 m, avendo considerato un tempo di corrivazione minimo di 3 minuti.

5.4.3 Caditoie grigliate

Le caditoie grigliate sono costituite da tratti di canalette grigliate di lunghezza pari ad un metro con un discendente DN160 che scarica nel collettore sottostante. Per dimensionare il passo delle caditoie è stata eseguita una doppia verifica. La prima è analoga a quella degli embrici; si determina il passo massimo delle caditoie in modo che il massimo allagamento sia pari a $B=3.00 \text{ m}$ per i tratti in rettilineo e curva e $B=2.50 \text{ m}$ per i tratti di corsia di accelerazione e decelerazione. La seconda verifica invece riguarda il discendente: la portata captata dalla caditoia deve essere inferiore a quella che il discendente è in grado di smaltire. Come passo delle caditoie si è posto il minore dei due, imponendo un massimo pari a 15 m.

Le caditoie grigliate sono utilizzate solo per il drenaggio marginale quando si è in presenza di muri.

Inoltre le caditoie non sono utilizzate nei tratti con debole pendenza longitudinale e nei tratti in cui avviene la rotazione di sagoma. In tutti questi casi si utilizza la canaletta grigliata.

5.4.4 Sistema di drenaggio in presenza di barriere fonoassorbenti

Quando si è in rilevato ed in presenza di barriere fonoassorbenti il drenaggio di margine viene effettuato mediante embrici che recapitano ad un pozzetto con caditoia grigliata e dal pozzetto al fosso di guardia attraverso un tubo DN200

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 26 di 85
IDR0100-2.doc	

L'interasse degli scarichi è fissato analogamente a quello degli embrici con due ulteriori verifiche: sulla effettiva capacità della caditoia di smaltire tutta la portata in arrivo e sulla capacità del tubo di scarico DN200 di recapitare l'acqua raccolta al fosso di guardia.

Considerato che l'interasse massimo a cui sono posti gli embrici è di 30 metri la portata recapitata dagli stessi è pari a 26.30 l/s nel caso di allargamento di 4.95 m e di 31.63 l/s nel caso di allargamento di 6,75 m (in corrispondenza delle corsie di accelerazione e decelerazione)

Trattando la caditoia come luce sotto battente

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h}$$

Con:

A superficie efficace della caditoia = 0.125 mq

Cq = 0.6

h = 1.5 cm

si ottiene che la portata smaltibile dalla caditoia è 40.69 l/s.

La portata massima che del tubo di scarico può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h}$$

Essendo Cq=0.6 , A l'area del luce di scarico e h il carico sulla sezione contratta.

Considerando h pari a 40 cm si ottiene che lo scarico DN200, avente diametro interno pari a 176 mm, è in grado di smaltire una portata pari a 40,90 l/s.

Il sistema risulta quindi verificato.

In particolari casi gli embrici scaricano in una canale aperto avente dimensioni di 50x50 cm che a sua volta recapita mediante un pozzetto e un tubo DN400 al fosso di guardia.

Il passo degli scarichi della canaletta è stato fissato per le condizioni di deflusso peggiori, corrispondenti cioè alla massima portata generata dalla piattaforma e alla minore capacità della canaletta.

5.4.5 Drenaggio dei ponti

Nel tratto stradale preso in esame sono presenti nove ponti.

VI001	Canale Emiliano Romagnolo	11+292	Consorzio CER	Minore	Ponte
VI002	Canale Diversivo-Navile	13+053	Autorità di Bacino Reno	Secondario	Ponte
VI003	Canale Navile	21+411	Autorità di Bacino Reno	Secondario	Ponte
VI004	Scolo Calcarata	23+991	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
VI005	Scolo Tombe	24+448	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
VI006	Scolo Riolo	25+150	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte

VI007	Fiume Reno	26+398	Autorità di Bacino Reno	Principale	Ponte
VI008	Scolo Principale	28+819	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Ponte

I suddetti ponti sono ampliati per permettere la realizzazione dell'allargamento dell'autostrada.

Per i ponti:

VI006	Scolo Riolo	25+150	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
VI007	Fiume Reno	26+398	Autorità di Bacino Reno	Principale	Ponte

l'acqua è intercettata sul ciglio pavimentato attraverso delle caditoie che scaricano nel collettore in PRFV appeso al viadotto mediante dei pluviali di diametro D=160 mm posizionati ad interasse di circa 20 m l'uno dall'altro. Si deve ora verificare che siano in grado di trasferire la portata in arrivo alla tubazione sottostante; il moto dell'acqua dopo l'uscita dalla sede stradale avviene, nelle peggiori condizioni, con caduta libera.

La verifica dello scarico può farsi trattandolo, a seconda del carico, come soglia sfiorante a pianta circolare di diametro D o come luce sotto battente; detto h il carico sulla soglia all'imbocco, la portata Q è:

$$Q_{\text{sfioro}} = C_q \cdot h \cdot \pi \cdot D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{con } C_q=0,35$$

$$Q_{\text{sottob}} = C_q \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{con } C_q=0,60$$

Considerando che, in condizioni di massimo riempimento si ha un funzionamento sotto battente con carico h pari a circa 15 cm, corrispondente ad un allagamento della banchina di circa 2,15 m, si ha che la capacità di smaltimento Q della tubazione di scarico risulta pari a:

$$Q = 20,68 \text{ l/s}$$

superiore alla massima portata idrologica da smaltire che, per un interasse di 20 m, è pari a Q = 17.54 l/s.

Lo scarico risulta quindi verificato.

Per quanto riguarda i collettori in PRFV si è posto come parametro di Strickler il valore di 90 (n = 0.0111).

Per i ponti:

VI001	Canale Emiliano Romagnolo	11+292	Consorzio CER	Minore	Ponte
VI005	Scolo Tombe	24+448	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte
VI008	Scolo Principale	28+819	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	Secondario	Ponte

con luce rispettivamente di 22,48 m, 19,20 m e 19.60 m si è previsto di effettuare la raccolta delle acque di drenaggio immediatamente a valle delle spalle.

Nel caso degli ampliamenti dei ponti:

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 28 di 85
IDR0100-2.doc	

VI002	Canale Diversivo-Navile	13+053	Autorità di Bacino Reno	Secondario	Ponte
VI003	Canale Navile	21+411	Autorità di Bacino Reno	Secondario	Ponte
VI004	Scolo Calcarata	23+991	Consorzio di Bonifica Renana	Secondario	Ponte

poiché la tipologia di ampliamento non permette la realizzazione di caditoie e sottostante tubazione il sistema di drenaggio prevede la realizzazione di uno scasso nel cordolo laterale avente larghezza di 50 cm e battente massimo di 7.5 cm corrispondente ad un allagamento della banchina di 3.0 m.

La portata di tale elemento, schematizzato come soglia sfiorante è definito dalla:

$$Q = C_q hL \sqrt{2gh}$$

con “Cq” coefficiente di portata pari a 0.35, “L” larghezza dello scasso nel cordolo ed “h” altezza del velo liquido all’imbocco

La portata Q smaltibile dall’elemento è di 15,92 l/s

Assumendo un interasse degli scarichi di 15 m tale portata è superiore alla massima portata idrologica da smaltire che è pari a Q = 13.15 l/s.

Di seguito vengono analizzati separatamente i ponti.

5.4.5.1 Drenaggio Cavalcavia

Il drenaggio dei cavalcavia è sempre realizzato mediante caditoie e sottostanti collettori. I cavalcavia sono caratterizzati da tre diversi tipi di calibri stradali:

Ponti con impalcato da 5.40 m;

Ponti con sede stradale da 12.00 m;

Ponti con sede stradale da 13.50 m;

Per tutti i ponti si è assunto un allagamento massimo della banchina di 75 cm, si è poi proceduto a verificare il passo massimo delle caditoie sia in relazione alla capacità di trasporto della cunetta triangolare formata dal cordolo e dalla piattaforma stradale, sia in relazione alla capacità dello scarico della caditoia che, assumendo un carico sullo scarico di circa 10 cm, è pari a 16,89 l/s.

5.5 Elementi di convogliamento

5.5.1 Collettori circolari in PEAD e PP

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti.

Per quanto riguarda l’autostrada sono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8 kN/m²

conformi alla norma UNI 10968 (Pr EN 13476-1) per i tubi che longitudinali alla viabilità, mentre collettori in PP (Polipropilene) SN 16 kN/m^2 secondo EN ISO 9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato nella tabella 5.1), identico per le due tipologie di tubi precedentemente citati, ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0125.

Tabella 5.1: Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m^2 e in PP SN 16 kN/m^2

DN (mm)	Spessore (mm)	Raggio interno (mm)
400	26.5	173.5
500	33.5	216.5
630	47.5	267.5
800	61	339
1000	74	426
1200	85	515

Nel dimensionamento dei collettori si è utilizzata la pendenza stradale. Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore è in contropendenza rispetto alla livelletta stradale si è posta una pendenza minima dello 0,10% e una velocità minima di 0,5 m/s .

Per evitare che i collettori vadano in pressione si è considerato un riempimento massimo dell'80%.

Nelle figure 5.4, 5.5, 5.6 sono riportate le portate massime smaltibili dai collettori in PEAD ed in PP considerando il riempimento massimo detto in precedenza.

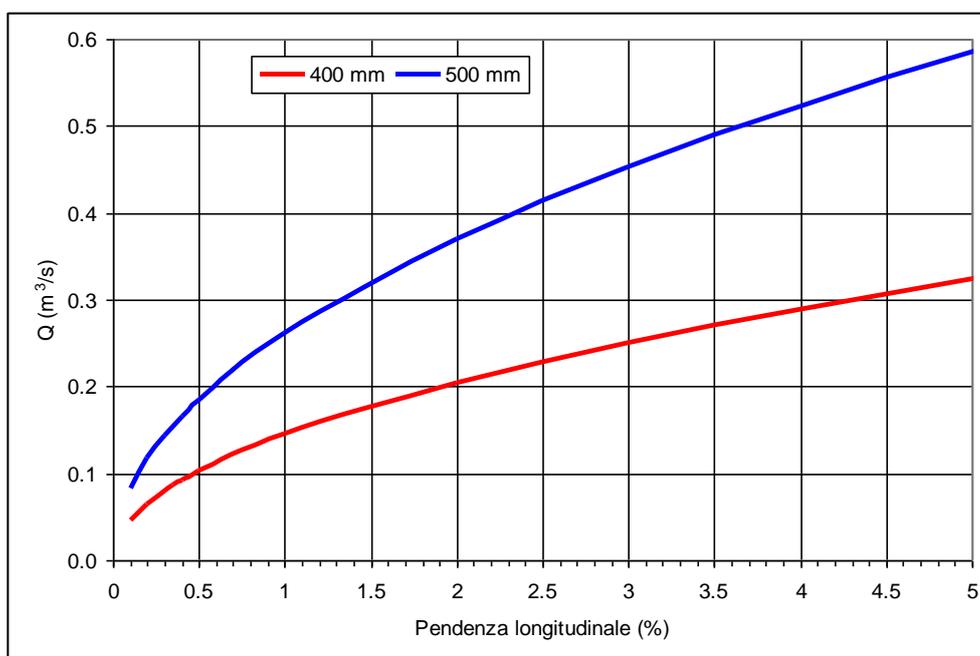


Figura 5.4 – Portata massima transiente per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 400 e 500 mm

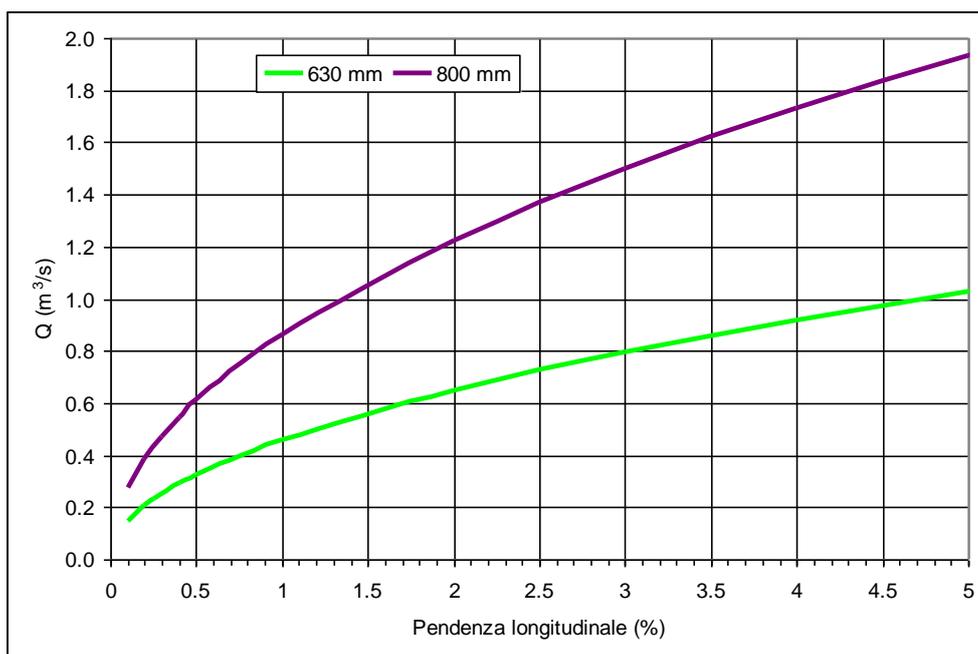


Figura 5.5 – Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 630 e 800 mm

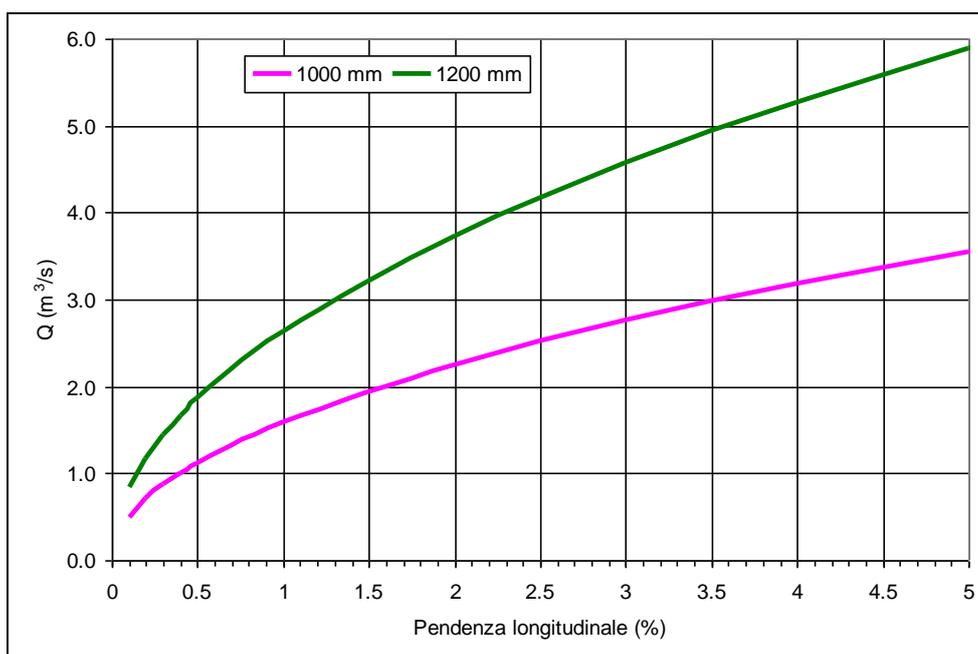


Figura 5.6 – Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 1000 e 1200 mm

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore si è posto pari a 50 m l'interasse massimo tra due pozzetti di ispezione.

5.5.2 Collettori circolari in PFVR

Per il convogliamento delle acque dei ponti e dei viadotti in cui siano utilizzate le caditoie si utilizzano collettori in PFVR appesi al di sotto dell'impalcato.

Per il loro dimensionamento si è considerato il diametro interno Riportato in tabella ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0111.

Nel dimensionamento dei collettori si è utilizzata la pendenza stradale. Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore è in contropendenza rispetto alla livelletta stradale si è posta una pendenza minima dello 0,10% e una velocità minima di 0,5 m/s.

5.5.3 Canali metallici

Per il convogliamento delle acque dei ponti e dei viadotti in cui non sia possibile utilizzare le caditoie con sottostante collettore si utilizza un canale metallico appeso al cordolo a cui recapitano le acque di piattaforma mediante uno scasso nel cordolo laterale.

Il canale metallico ha una sezione utile di 40x40 cm e per la sua verifica si è utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0,0111 e una pendenza pari alla livelletta stradale.

5.5.4 Fossi di guardia e manufatti di controllo

I fossi di guardia sono di norma di forma trapezia e sono utilizzati quando la sezione stradale è in rilevato.

Il fosso è posto al piede del rilevato e serve a convogliare le acque di piattaforma al recapito finale più vicino.

Tali fossi sono in terra (FI1A-B, FI2 e FI3) in corrispondenza del sistema aperto e in calcestruzzo dove le esigenze lo richiedono (FR1, FR2 e FR3).

Nel caso in cui lo spazio al piede del rilevato sia particolarmente ridotto si sono utilizzate canalette rettangolari in calcestruzzo (CR1, CR2 e CR3). L'acqua della piattaforma autostradale è convogliata direttamente al fosso attraverso embrici. Nel punto di scarico dell'embrice si deve quindi rivestire il fosso in CLS per evitare l'erosione. Il tempo di ritorno di progetto è di 25 anni.

Laddove la pendenza dei terreni coltivati converga al piede del rilevato autostradale, al fine di separare i deflussi esterni da quelli di piattaforma, è stato previsto un ulteriore fosso parallelo a quello autostradale.

Per quanto riguarda il dimensionamento i fossi assolvono alla funzione di recupero dei volumi e di sedimentazione.

La prima funzione è garantita assegnando al fosso una volumetria tale da garantire i limiti imposti dall'Autorità di Bacino, mentre la seconda funzione è garantita dal fatto che, per conformazione territoriale, i fossi presentano pendenze modeste (circa 0.2 %).

I fossi sono dimensionati in moto uniforme e si è recuperato un volume minimo pari a 500m³/(ha) di nuova superficie pavimentata.

Per quanto riguarda il dimensionamento si è considerato un riempimento massimo ammissibile dell'80% e un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.0167 per i fossi in calcestruzzo e 0.033 per quelli in terra inerbiti.

Relazione idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 32 di 85
IDR0100-2.doc	

Nel caso di sistema chiuso al fine di controllare lo scarico degli oli nei ricettori si sono realizzati manufatti di controllo che evitano lo sversamento di oli all'interno dei recapiti. Il controllo degli oli immessi nei ricettori è garantito da un setto disoleatore che impedisce all'olio in superficie di confluire nei recapiti.

Si rimanda alla planimetria idraulica e ai particolari per i dettagli costruttivi.

5.6 Manufatti di controllo

Il manufatto presenta una larghezza interna pari a 1.50 m.

La lama disoleatrice posta a monte dello scarico consente il passaggio della portata di progetto.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FI2 una portata massima derivante dalle superfici pavimentate pari a 370 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.45} = 802.26 \text{ l/s} \geq 370 \text{ l/s}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della bocca e h il carico sulla sezione contratta.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FI3 una portata massima derivante dalle superfici pavimentate pari a 520 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.45} = 802.26 \text{ l/s} \geq 520 \text{ l/s}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della bocca e h il carico sulla sezione contratta.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FR2 una portata massima derivante dalle superfici pavimentate pari a 450 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.45} = 802.26 \text{ l/s} \geq 450 \text{ l/s}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della bocca e h il carico sulla sezione contratta.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FR3 una portata massima derivante dalle superfici pavimentate pari a 760 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.65} = 964.20 \text{ l/s} \geq 760 \text{ l/s}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della bocca e h il carico sulla sezione contratta.

Si prevede, in aggiunta, di dotare uno sfioratore di troppo pieno posto ad una quota pari all'80% del riempimento del fosso. Tale sfioratore consente lo scarico dei fossi qualora si otturi la luce sotto battente della lama sfiorante oppure si verifichi un evento pluviometrico nelle condizioni di fosso già pieno.

6 Verifiche statiche dei collettori in Pead

Di seguito sono riportate le tabelle di calcolo per la verifica alla deformabilità dei collettori in Pead posti sotto la pavimentazione autostradale. Le verifiche si riferiscono ad un ricoprimento minimo pari a 60 *cm* e un ricoprimento massimo di 3 *m*.

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	400	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.700	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.732	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	4.800	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	54.068	kN/m
Carico totale	Q =	58.868	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	11.64	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	400	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.700	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea stretta			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	2.117	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	11.855	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	7.363	kN/m
Carico totale	Q =	19.218	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	3.80	mm
Deformazione relativa %	δ =	0.950	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	500	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.800	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.653	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	6.000	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	67.585	kN/m
Carico totale	Q =	73.585	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	14.55	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	500	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.800	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea stretta			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	2.000	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	16.001	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	9.204	kN/m
Carico totale	Q =	25.205	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	4.98	mm
Deformazione relativa %	δ =	0.997	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	630	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.000	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.537	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	7.560	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	85.158	kN/m
Carico totale	Q =	92.718	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	18.33	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	630	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.000	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea stretta			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	1.791	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	22.567	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	11.597	kN/m
Carico totale	Q =	34.164	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	6.75	mm
Deformazione relativa %	δ =	1.072	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	800	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.100	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.493	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	9.600	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	108.137	kN/m
Carico totale	Q =	117.737	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	23.28	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	800	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.100	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea stretta			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	1.699	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	29.903	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	14.726	kN/m
Carico totale	Q =	44.629	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	8.82	mm
Deformazione relativa %	δ =	1.103	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	1000	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.300	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.423	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	12.000	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	135.171	kN/m
Carico totale	Q =	147.171	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	29.10	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	1000	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.300	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea stretta			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	1.537	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	39.973	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	18.407	kN/m
Carico totale	Q =	58.381	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	11.54	mm
Deformazione relativa %	δ =	1.154	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	1200	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.500	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.371	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	14.400	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	162.205	kN/m
Carico totale	Q =	176.605	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	34.92	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	1200	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	1.500	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea stretta			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	1.401	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	50.454	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	22.089	kN/m
Carico totale	Q =	72.543	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	14.34	mm
Deformazione relativa %	δ =	1.195	%
Tubazione verificata			

APPENDICE A:

VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA – EMBRICI CARREGGIATA NORD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
1235	1515	280	0.0043	0.025	16.25	180	194.24	0.88	35.58	40.58	25	21.92
1515	2235	720	0.0023	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.02	29.68	20	17.54
2235	2640	405	0.0028	0.025	16.25	180	194.24	0.88	28.71	32.75	20	17.54
2640	2910	270	0.0028	0.025	19.50	180	194.24	1.05	28.71	27.29	20	21.04
2910	3118	208	0.0028	0.025	16.25	180	194.24	0.88	28.71	32.75	20	17.54
3118	3458	340	0.0028	0.025	19.50	180	194.24	1.05	28.71	27.29	20	21.04
3477	3720	243	0.0028	0.025	16.25	180	194.24	0.88	28.71	32.75	20	17.54
3720	3884	164	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
3884	6143	2259	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
6143	7279	1136	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
7450	7512	62	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
7594	7690	96	0.0010	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	10	10.52
7810	7870	60	0.0010	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	10	10.52
7885	7936	51	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
7975	8103	128	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
8103	8556	453	0.0010	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	10	10.52
8556	8792	236	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
8792	8806	14	0.0021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.87	28.36	20	17.54
8806	10500	1694	0.0021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.87	28.36	20	17.54
10842	11237	395	0.0045	0.025	16.25	180	194.24	0.88	36.40	41.51	25	21.92
11237	11252	15	0.0072	0.046	16.25	180	194.24	0.88	127.21	145.08	25	21.92
11300	11402	102	0.0072	0.046	16.25	180	194.24	0.88	127.21	145.08	25	21.92
11445	11600	155	0.0072	0.046	19.50	180	194.24	1.05	127.21	120.90	25	26.30
Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)

11837	12305	468	0.0018	0.025	19.50	180	194.24	1.05	23.02	21.88	15	15.78
12305	12610	305	0.0018	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.02	26.26	15	13.15
12610	13023	413	0.0159	0.025	16.25	180	194.24	0.88	68.42	78.03	30	26.30
13100	13502	402	0.0170	0.025	16.25	180	194.24	0.88	70.75	80.69	30	26.30
13502	14117	615	0.0003	0.025	16.25	180	194.24	0.88	9.40	10.72	10	8.77
14117	14145	28	0.0019	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.65	26.98	15	13.15
14145	14280	135	0.0019	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.65	26.98	15	13.15
14280	15281	1001	0.0019	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.65	26.98	15	13.15
15281	18013	2732	0.0004	0.025	16.25	180	194.24	0.88	10.85	12.38	10	8.77
18013	18354	341	0.0036	0.025	16.25	180	194.24	0.88	32.56	37.13	20	17.54
18967	19050	83	0.0024	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.58	30.32	20	17.54
19050	19663	613	0.0024	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.58	30.32	20	17.54
20946	21000	54	0.0020	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.27	27.68	10	8.77
21000	21479	479	0.0204	0.025	16.25	180	194.24	0.88	77.50	88.39	30	26.30
21540	21627	87	0.0154	0.025	16.25	180	194.24	0.88	67.34	76.80	30	26.30
21627	21867	240	0.0154	0.025	16.25	180	194.24	0.88	67.34	76.80	30	26.30
21867	23577	1710	0.0014	0.025	16.25	180	194.24	0.88	20.30	23.16	15	13.15
23577	23960	383	0.0057	0.025	16.25	180	194.24	0.88	40.97	46.72	25	21.92
24060	24300	240	0.0126	0.025	16.25	180	194.24	0.88	60.91	69.47	30	26.30
24300	24612	312	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
24612	24985	373	0.0102	0.025	16.25	180	194.24	0.88	54.80	62.50	30	26.30
25280	25696	416	0.0095	0.025	16.25	180	194.24	0.88	52.89	60.32	30	26.30
25696	26007	311	0.0210	0.025	16.25	180	194.24	0.88	78.63	89.68	30	26.30
26859	27157	298	0.0212	0.025	16.25	180	194.24	0.88	79.00	90.11	30	26.30
27157	27310	153	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
28135	28780	645	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15

28850	29600	750	0.0010	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
29600	30945	1345	0.0002	0.025	16.25	180	194.24	0.88	7.67	8.75	10	8.77
30945	32415	1470	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
33006	33323	317	0.0012	0.025	16.25	180	194.24	0.88	18.80	21.44	15	13.15
33323	33547	224	0.0012	0.025	16.25	180	194.24	0.88	18.80	21.44	15	13.15

VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA – EMBRICI CARREGGIATA SUD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
1235	1510	275	0.0043	0.025	16.25	180	194.24	0.88	35.58	40.58	25	21.92
1510	1835	325	0.0023	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.02	29.68	20	17.54
1835	2235	400	0.0023	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.02	29.68	20	17.54
2235	2420	185	0.0028	0.025	16.25	180	194.24	0.88	28.71	32.75	20	17.54
2420	2635	215	0.0028	0.025	16.25	180	194.24	0.88	28.71	32.75	20	17.54
2635	3566	931	0.0028	0.025	19.50	180	194.24	1.05	28.71	27.29	20	21.04
3566	3718	152	0.0028	0.025	16.25	180	194.24	0.88	28.71	32.75	20	17.54
3718	4446	728	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
4446	4584	138	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
4584	5470	886	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
5470	5641	171	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
5641	6049	408	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
6049	6130	81	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
6130	7547	1417	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
7547	7955	408	0.001	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	10	10.52
7955	8032	77	0.001	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	10	10.52
8032	8140	108	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
8140	8425	285	0.001	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	10	10.52
8425	8805	380	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
8805	10013	1208	0.0021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.87	28.36	20	17.54
10013	10145	132	0.0021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.87	28.36	20	17.54
10145	10705	560	0.0021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.87	28.36	20	17.54
10705	11281	576	0.0045	0.025	16.25	180	194.24	0.88	36.40	41.51	25	21.92
12295	12609	314	0.0018	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.02	26.26	15	13.15
Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)

12609	12640	31	0.0018	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.02	26.26	15	13.15
12640	12969	329	0.0159	0.025	16.25	180	194.24	0.88	68.42	78.03	30	26.30
13502	14135	633	0.0003	0.025	16.25	180	194.24	0.88	9.40	10.72	10	8.77
14507	15280	773	0.0019	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.65	26.98	15	13.15
15280	18033	2753	0.0004	0.025	16.25	180	194.24	0.88	10.85	12.38	10	8.77
18033	18524	491	0.0036	0.025	16.25	180	194.24	0.88	32.56	37.13	20	17.54
18524	19050	526	0.0024	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.58	30.32	20	17.54
19050	19663	613	0.0024	0.025	16.25	180	194.24	0.88	26.58	30.32	20	17.54
20950	20990	40	0.0002	0.025	16.25	180	194.24	0.88	7.67	8.75	10	8.77
20990	21479	489	0.0204	0.025	16.25	180	194.24	0.88	77.50	88.39	30	26.30
21538	21867	329	0.0154	0.025	16.25	180	194.24	0.88	67.34	76.80	30	26.30
21867	23577	1710	0.0014	0.025	16.25	180	194.24	0.88	20.30	23.16	15	13.15
23577	23974	397	0.0057	0.025	16.25	180	194.24	0.88	40.97	46.72	25	21.92
24034	24300	266	0.0126	0.025	16.25	180	194.24	0.88	60.91	69.47	30	26.30
24300	24611	311	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15
24611	24975	364	0.0102	0.025	16.25	180	194.24	0.88	54.80	62.50	30	26.30
25330	25696	366	0.0095	0.025	16.25	180	194.24	0.88	52.89	60.32	30	26.30
25696	25975	279	0.021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	78.63	89.68	30	26.30
26859	27158	299	0.0212	0.025	16.25	180	194.24	0.88	79.00	90.11	30	26.30
27158	27697	539	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
27794	27818	24	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
27818	27920	102	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
27920	28820	900	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
28880	29588	708	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
29588	30944	1356	0.0002	0.025	16.25	180	194.24	0.88	7.67	8.75	10	8.77
Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
30944	33410	2466	0.0015	0.025	16.25	180	194.24	0.88	21.01	23.97	15	13.15

APPENDICE B

VERIFICHE CANALETTA GRIGLIATA IN SPARTITRAFFICO ASSE NORD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
18354	18524	170	0.0036	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	1.56	1.78	20	17.54
18524	18967	443	0.0024	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	1.27	1.45	20	17.54
27515	28150	635	0.001	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	0.82	0.94	10	8.77
32395	33012	617	0.0015	0.065	16.25	180.00	194.24	0.88	4.95	5.64	15	13.15

VERIFICHE CANALETTA GRIGLIATA IN SPARTITRAFFICO ASSE SUD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
11303	11412	109	0.0072	0.046	16.25	180.00	194.24	0.88	6.09	6.95	20	17.54
11412	11563	151	0.0072	0.046	16.25	180.00	194.24	0.88	6.09	6.95	20	17.54
11563	11715	152	0.0072	0.046	16.25	180.00	194.24	0.88	6.09	6.95	20	17.54
11715	11764	49	0.0018	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	1.10	1.26	20	17.54
11764	11836	72	0.0018	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	1.10	1.26	20	17.54
14135	14507	372	0.0019	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	1.13	1.29	20	17.54

APPENDICE C

**VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA MARGINALI:
APPENDICE C1 – CANALETTA GRIGLIATA ASSE NORD**

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
19663	20164	501	0	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	0.00	0.00	10	8.77
20164	20289	125	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20289	20349	60	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20365	20564	199	0	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	0.00	0.00	10	8.77
20564	20946	382	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52

APPENDICE C1 – CANALETTA GRIGLIATA ASSE SUD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
19663	20159	496	0	0.025	16.25	180.00	194.24	0.88	0.00	0.00	10	8.77
20176	20418	242	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20148	20465	317	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20465	20505	40	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20541	20594	53	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20606	20652	46	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20676	20725	49	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52
20737	20943	206	0	0.025	19.50	180.00	194.24	1.05	0.00	0.00	10	10.52

APPENDICE C
VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA MARGINALI:
APPENDICE C2 – CADITOIE ASSE NORD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
964	1098	134	0.0031	0.025	16.25	180	194.24	0.88	30.21	34.46	15	13.15
1098	1202	104	0.0002	0.025	16.25	180	194.24	0.88	12.48	14.23	15	13.15
7279	7450	171	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
7512	7594	82	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
7690	7810	120	0.001	0.025	19.50	180	194.24	1.05	17.16	16.31	15	15.78
7936	7975	39	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15
10500	10755	255	0.0021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	24.87	28.36	20	17.54
10755	10842	87	0.0045	0.025	16.25	180	194.24	0.88	36.40	41.51	20	17.54
11422	11445	23	0.0072	0.046	16.25	180	194.24	0.88	127.21	145.08	25	21.92
11621	11715	94	0.0072	0.046	16.25	180	194.24	0.88	127.21	145.08	15	13.15
11715	11837	122	0.0018	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.02	26.26	15	13.15
25000	25137	137	0.0102	0.025	16.25	180	194.24	0.88	54.80	62.50	15	13.15
25215	25280	65	0.0095	0.025	16.25	180	194.24	0.88	52.89	60.32	15	13.15
26007	26225	218	0.021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	78.63	89.68	20	17.54
26623	26859	236	0.0212	0.025	16.25	180	194.24	0.88	79.00	90.11	20	17.54

APPENDICE C2 – CADITOIE ASSE SUD

Da Prog (m)	A Prog (m)	L (m)	P long	P trasv	B pav (m)	tc (s)	i (mm/h)	q0 (l/s*m)	q cunetta (l/s)	q cunetta/q0 (m)	Passo (m)	Q scarico (l/s)
964	1098	134	0.0031	0.025	16.25	180	194.24	0.88	30.21	34.46	15	13.15
1098	1202	104	0.0002	0.025	16.25	180	194.24	0.88	12.48	14.23	15	13.15
11836	11985	149	0.0018	0.025	19.50	180	194.24	1.05	23.02	21.88	15	15.78
11985	12135	150	0.0018	0.025	19.50	180	194.24	1.05	23.02	21.88	15	15.78
12135	12295	160	0.0018	0.025	16.25	180	194.24	0.88	23.02	26.26	15	13.15
13087	13307	220	0.017	0.025	16.25	180	194.24	0.88	70.75	80.69	20	17.54
13307	13502	195	0.017	0.025	16.25	180	194.24	0.88	70.75	80.69	20	17.54
24975	25129	154	0.0102	0.025	16.25	180	194.24	0.88	54.80	62.50	15	13.15
25210	25330	120	0.0095	0.025	16.25	180	194.24	0.88	52.89	60.32	15	13.15
25975	26225	250	0.021	0.025	16.25	180	194.24	0.88	78.63	89.68	20	17.54
26623	26859	236	0.0212	0.025	16.25	180	194.24	0.88	79.00	90.11	20	17.54
27697	27794	97	0.001	0.025	16.25	180	194.24	0.88	17.16	19.57	15	13.15

APPENDICE D
VERIFICHE ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO
APPENDICE D1 – TUBAZIONI MARGINALI ASSE NORD

Da Prog. 0+964 a prog. 1+202

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.15%	180	13	400	0.50	34%
30	244	0	488	0.15%	213	24	400	0.59	47%
45	244	0	731	0.15%	229	35	400	0.64	58%
50	0	0	731	0.15%	235	35	400	0.64	57%
60	244	0	975	0.15%	246	45	500	0.69	48%
75	244	0	1219	0.15%	260	55	500	0.72	53%
90	244	0	1463	0.15%	274	64	500	0.75	58%
100	0	0	1463	0.15%	284	63	500	0.74	58%
105	244	0	1706	0.15%	289	73	500	0.77	64%
120	244	0	1950	0.15%	303	82	500	0.78	69%
135	244	0	2194	0.15%	317	90	500	0.79	74%
150	244	0	2438	0.15%	331	98	500	0.80	79%
165	244	0	2681	0.15%	345	105	630	0.85	56%
180	244	0	2925	0.15%	358	113	630	0.86	58%
195	244	0	3169	0.15%	370	121	630	0.87	61%
200	0	0	3169	0.15%	374	120	630	0.87	61%
210	244	0	3413	0.15%	382	128	630	0.88	63%
225	244	0	3656	0.15%	395	135	630	0.89	65%
240	244	0	3900	0.15%	407	142	630	0.90	68%
255	244	0	4144	0.15%	419	148	630	0.91	70%
270	244	0	4388	0.15%	432	155	630	0.91	72%

Da Prog. 7+279 a prog. 7+355

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.10%	180	13	400	0.43	38%
30	244	0	488	0.10%	220	24	400	0.50	52%
38	244	0	731	0.10%	271	32	400	0.54	62%
45	244	0	731	0.10%	241	34	500	0.55	46%
60	244	1	975	0.10%	301	41	500	0.58	50%
75	244	2	976	0.10%	275	43	500	0.58	52%

Da Prog. 7+355 a prog. 7+450

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.10%	180	13	400	0.43	38%
30	244	0	488	0.10%	220	24	400	0.50	52%
45	244	0	731	0.10%	281	32	400	0.54	62%
60	244	1	975	0.10%	362	38	500	0.56	48%
75	244	2	1220	0.10%	449	42	500	0.58	51%
90	244	3	1464	0.10%	553	46	500	0.59	54%

Da Prog. 10+500 a prog. 10+842

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.20%	180	18	400	0.60	37%
40	325	0	650	0.20%	218	32	400	0.70	50%
60	325	0	975	0.20%	275	43	400	0.75	60%
80	325	0	1300	0.20%	351	51	400	0.78	67%
100	325	0	1300	0.20%	370	49	400	0.77	66%
120	325	0	1625	0.20%	484	54	500	0.80	49%
140	325	0	1950	0.20%	599	59	500	0.82	51%
160	325	0	2275	0.20%	730	62	500	0.83	53%
180	325	0	2275	0.20%	747	62	500	0.83	52%
200	325	0	2600	0.20%	911	64	500	0.83	53%
220	325	0	2925	0.20%	1091	66	500	0.84	54%
240	325	0	3250	0.20%	1288	68	500	0.84	55%
260	325	0	3575	0.20%	1502	69	630	0.85	41%
280	325	0	3900	0.20%	1701	71	630	0.86	41%
300	325	0	4225	0.20%	1915	72	630	0.86	42%
320	325	0	4550	0.20%	2143	74	630	0.87	42%
340	325	0	4550	0.20%	2157	74	630	0.86	42%

Da Prog. 11+621 a prog. 11+837

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.70%	180	13	400	0.86	23%
30	244	0	488	0.70%	195	25	400	1.06	32%
45	244	0	731	0.70%	218	36	400	1.16	38%
50	0	0	731	0.70%	244	34	400	1.14	37%
60	244	0	975	0.70%	249	45	400	1.22	43%
75	244	0	1219	0.70%	287	52	400	1.27	47%
90	244	0	1463	0.70%	332	59	400	1.31	50%
100	0	0	1463	0.70%	383	55	400	1.28	48%
105	244	0	1706	0.20%	386	64	500	0.83	53%
120	244	0	1950	0.20%	484	65	500	0.84	54%
135	244	0	2194	0.20%	595	66	500	0.84	55%
150	244	0	2438	0.20%	718	67	500	0.84	55%
165	244	0	2681	0.20%	853	68	500	0.84	55%
180	244	0	2925	0.20%	1001	69	500	0.85	56%
195	244	0	3169	0.20%	1161	69	500	0.85	56%
200	0	0	3169	0.20%	1325	65	500	0.84	54%
210	244	0	3413	0.20%	1333	70	500	0.85	56%

Da Prog. 25+000 a prog. 25+137

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
--------	-------	-------	-------	---	------	---	----	---	----

[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	1.00%	180	13	400	0.98	21%
30	244	0	488	1.00%	193	25	400	1.21	30%
45	244	0	731	1.00%	212	36	400	1.32	35%
50	0	0	731	1.00%	233	35	400	1.30	34%
60	244	0	975	1.00%	237	46	400	1.41	40%
75	244	0	1219	1.00%	269	54	400	1.46	43%
90	244	0	1463	1.00%	308	61	400	1.51	46%
100	0	0	1463	1.00%	350	57	400	1.48	44%
105	244	0	1706	1.00%	352	66	400	1.54	48%
120	244	0	1950	1.00%	403	71	400	1.57	50%
135	244	0	2194	1.00%	461	75	400	1.59	52%

Da Prog. 25+215 a prog. 25+280

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	1.00%	180	13	400	0.98	21%
30	244	0	488	1.00%	193	25	400	1.21	30%
45	244	0	731	1.00%	212	36	400	1.32	35%
50	0	0	731	1.00%	233	35	400	1.30	34%
60	244	0	975	1.00%	237	46	400	1.41	40%

Da Prog. 26+007 a prog. 26+225

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	2.00%	180	18	400	1.37	20%

40	325	0	650	2.00%	192	34	400	1.68	29%
60	325	0	975	2.00%	210	49	400	1.84	34%
80	325	0	975	2.00%	216	48	400	1.83	34%
100	325	0	1300	2.00%	246	60	400	1.95	38%
120	325	0	1625	2.00%	282	70	400	2.03	41%
140	325	0	1950	2.00%	324	79	400	2.09	44%
160	325	0	2275	2.00%	372	86	400	2.13	46%
180	325	0	2600	2.00%	427	92	400	2.17	48%
200	325	0	2925	2.00%	487	97	400	2.20	49%
220	325	0	3250	2.00%	553	102	400	2.23	51%

Da Prog. 26+623 a prog. 26+859

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	2.00%	180	18	400	1.37	20%
40	325	0	650	2.00%	192	34	400	1.68	29%
60	325	0	975	2.00%	210	49	400	1.84	34%
80	325	0	975	2.00%	216	48	400	1.83	34%
100	325	0	1300	2.00%	246	60	400	1.95	38%
120	325	0	1625	2.00%	282	70	400	2.03	41%
140	325	0	1950	2.00%	324	79	400	2.09	44%
160	325	0	2275	2.00%	372	86	400	2.13	46%
180	325	0	2600	2.00%	427	92	400	2.17	48%
200	325	0	2925	2.00%	487	97	400	2.20	49%
220	325	0	3250	2.00%	553	102	400	2.23	51%

APPENDICE D1 – TUBAZIONI MARGINALI ASSE SUD

Da Prog. 0+964 a prog. 1+202

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.15%	180	13	400	0.50	34%

30	244	0	488	0.15%	213	24	400	0.59	47%
45	244	0	731	0.15%	229	35	400	0.64	58%
50	0	0	731	0.15%	235	35	400	0.64	57%
60	244	0	975	0.15%	246	45	500	0.69	48%
75	244	0	1219	0.15%	260	55	500	0.72	53%
90	244	0	1463	0.15%	274	64	500	0.75	58%
100	0	0	1463	0.15%	284	63	500	0.74	58%
105	244	0	1706	0.15%	289	73	500	0.77	64%
120	244	0	1950	0.15%	303	82	500	0.78	69%
135	244	0	2194	0.15%	317	90	500	0.79	74%
150	244	0	2438	0.15%	331	98	500	0.80	79%
165	244	0	2681	0.15%	345	105	630	0.85	56%
180	244	0	2925	0.15%	358	113	630	0.86	58%
195	244	0	3169	0.15%	370	121	630	0.87	61%
200	0	0	3169	0.15%	374	120	630	0.87	61%
210	244	0	3413	0.15%	382	128	630	0.88	63%
225	244	0	3656	0.15%	395	135	630	0.89	65%
240	244	0	3900	0.15%	407	142	630	0.90	68%
255	244	0	4144	0.15%	419	148	630	0.91	70%
270	244	0	4388	0.15%	432	155	630	0.91	72%

Da Prog. 11+936 a prog. 12+295

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	293	0	293	0.15%	180	16	500	0.52	28%
30	293	0	585	0.15%	208	29	500	0.62	38%
45	293	0	878	0.15%	251	40	500	0.67	45%
50	0	0	878	0.15%	298	37	500	0.65	43%

60	293	0	1170	0.15%	308	49	500	0.70	50%
75	293	0	1463	0.15%	379	55	500	0.72	53%
90	293	0	1755	0.15%	464	60	500	0.73	56%
100	0	0	1755	0.15%	559	55	500	0.72	53%
105	293	0	2048	0.15%	564	64	500	0.74	58%
120	293	0	2340	0.15%	677	66	500	0.75	60%
135	293	0	2633	0.15%	805	69	500	0.76	61%
150	293	0	2925	0.15%	947	71	500	0.76	62%
165	293	0	3218	0.15%	1104	72	630	0.77	45%
180	293	0	3510	0.15%	1252	74	630	0.78	46%
195	293	0	3803	0.15%	1412	76	630	0.78	46%
200	0	0	3803	0.15%	1577	72	630	0.77	45%
210	293	0	4095	0.15%	1585	77	630	0.78	47%
225	293	0	4388	0.15%	1770	78	630	0.79	47%
240	293	0	4680	0.15%	1967	79	630	0.79	47%
250	0	0	4680	0.15%	2173	75	630	0.78	46%
255	293	0	4973	0.15%	2177	80	630	0.79	48%
270	293	0	5265	0.15%	2399	81	630	0.79	48%
285	293	0	5558	0.15%	2634	82	630	0.80	48%
300	293	0	5850	0.15%	2881	82	630	0.80	48%
315	293	0	6143	0.15%	3140	83	800	0.80	35%
330	293	0	6435	0.15%	3372	84	800	0.80	35%
345	293	0	6728	0.15%	3614	85	800	0.80	35%
350	0	0	6728	0.15%	3860	82	800	0.79	35%
360	293	0	7020	0.15%	3867	86	800	0.80	35%
375	293	0	7313	0.15%	4130	86	800	0.80	36%
390	293	0	7605	0.15%	4404	87	800	0.81	36%
405	293	0	7898	0.15%	4689	88	800	0.81	36%
420	293	0	8190	0.15%	4984	88	800	0.81	36%
435	293	0	8483	0.15%	5290	89	800	0.81	36%
450	293	0	8775	0.15%	5606	89	800	0.81	36%

Da Prog. 13+087 a prog. 13+307

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	1.50%	180	18	400	1.23	22%
40	325	0	650	1.50%	194	34	400	1.52	31%
60	325	0	975	1.50%	215	48	400	1.65	37%
80	325	0	975	1.50%	222	48	400	1.65	36%
100	325	0	1300	1.50%	256	59	400	1.75	41%
120	325	0	1625	1.50%	298	69	400	1.81	44%
140	325	0	1950	1.50%	347	77	400	1.86	47%
160	325	0	2275	1.50%	402	83	400	1.90	49%
180	325	0	2600	1.50%	465	89	400	1.93	51%
200	325	0	2925	1.50%	534	93	400	1.95	52%
220	325	0	3250	1.50%	611	97	400	1.97	53%

Da Prog. 13+307 a prog. 13+502

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	1.50%	180	18	400	1.23	22%
40	325	0	650	1.50%	194	34	400	1.52	31%
60	325	0	975	1.50%	215	48	400	1.65	37%
80	325	0	975	1.50%	222	48	400	1.65	36%
100	325	0	1300	1.50%	256	59	400	1.75	41%
120	325	0	1625	1.50%	298	69	400	1.81	44%
140	325	0	1950	1.50%	347	77	400	1.86	47%
160	325	0	2275	1.50%	402	83	400	1.90	49%
180	325	0	2600	1.50%	465	89	400	1.93	51%
200	325	0	2925	1.50%	534	93	400	1.95	52%

Da Prog. 24+975 a prog. 25+129

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	1.00%	180	13	400	0.98	21%
30	244	0	488	1.00%	193	25	400	1.21	30%
45	244	0	731	1.00%	199	38	400	1.33	36%
50	0	0	731	1.00%	201	37	400	1.33	36%
60	244	0	975	1.00%	206	49	400	1.43	41%
75	244	0	1219	1.00%	212	61	400	1.51	46%
90	244	0	1463	1.00%	218	72	400	1.57	50%
100	0	0	1463	1.00%	223	71	400	1.57	50%
105	244	0	1706	1.00%	225	83	400	1.62	55%
120	244	0	1950	1.00%	231	93	400	1.67	59%
135	244	0	2194	1.00%	237	103	400	1.71	63%
150	244	0	2438	1.00%	244	114	400	1.74	67%

Da Prog. 25+210 a prog. 25+330

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.95%	180	13	400	0.96	21%
30	244	0	488	0.95%	193	25	400	1.19	30%
45	244	0	731	0.95%	200	38	400	1.31	36%
50	0	0	731	0.95%	202	37	400	1.30	36%
60	244	0	975	0.95%	206	49	400	1.40	42%
75	244	0	1219	0.95%	213	61	400	1.48	47%
90	244	0	1463	0.95%	219	72	400	1.54	51%
100	0	0	1463	0.95%	224	71	400	1.54	51%
105	244	0	1706	0.95%	226	82	400	1.59	56%
120	244	0	1950	0.95%	232	93	400	1.63	60%

Da Prog. 25+975 a prog. 26+225

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	2.00%	180	18	400	1.37	20%
40	325	0	650	2.00%	192	34	400	1.68	29%
60	325	0	975	2.00%	210	49	400	1.84	34%
80	325	0	975	2.00%	216	48	400	1.83	34%
100	325	0	1300	2.00%	246	60	400	1.95	38%
120	325	0	1625	2.00%	282	70	400	2.03	41%
140	325	0	1950	2.00%	324	79	400	2.09	44%
160	325	0	2275	2.00%	372	86	400	2.13	46%
180	325	0	2600	2.00%	427	92	400	2.17	48%
200	325	0	2925	2.00%	487	97	400	2.20	49%
220	325	0	3250	2.00%	553	102	400	2.23	51%
240	325	0	3575	2.00%	625	105	400	2.24	52%

Da Prog. 26+623 a prog. 26+859

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
--------	-------	-------	-------	---	------	---	----	---	----

[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	2.00%	180	18	400	1.37	20%
40	325	0	650	2.00%	192	34	400	1.68	29%
60	325	0	975	2.00%	210	49	400	1.84	34%
80	325	0	975	2.00%	216	48	400	1.83	34%
100	325	0	1300	2.00%	246	60	400	1.95	38%
120	325	0	1625	2.00%	282	70	400	2.03	41%
140	325	0	1950	2.00%	324	79	400	2.09	44%
160	325	0	2275	2.00%	372	86	400	2.13	46%
180	325	0	2600	2.00%	427	92	400	2.17	48%
200	325	0	2925	2.00%	487	97	400	2.20	49%
220	325	0	3250	2.00%	553	102	400	2.23	51%
240	325	0	3575	2.00%	625	105	400	2.24	52%

APPENDICE D
VERIFICHE ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO
APPENDICE D2 – TUBAZIONI IN SPARTITRAFFICO ASSE NORD

Da Prog. 18+354 a prog. 18+524

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.36%	180	18	400	0.75	32%
40	325	0	650	0.36%	208	33	400	0.88	43%
60	325	0	975	0.36%	251	45	400	0.95	52%
80	325	0	975	0.36%	265	44	400	0.95	51%
100	325	0	1300	0.36%	336	52	400	0.98	56%
120	325	0	1625	0.36%	421	58	500	1.01	43%
140	325	0	1950	0.36%	507	64	500	1.04	45%
160	325	0	2275	0.36%	604	68	500	1.06	47%

Da Prog. 18+524 a prog. 18+850

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.24%	180	18	400	0.64	35%
40	325	0	650	0.24%	215	32	400	0.75	48%
60	325	0	975	0.24%	267	43	400	0.81	57%
80	325	0	1300	0.24%	284	56	500	0.87	47%
100	325	0	1625	0.24%	359	63	500	0.89	50%
120	325	0	1950	0.24%	449	68	500	0.90	52%
140	325	0	2275	0.24%	554	71	500	0.92	54%
160	325	0	2600	0.24%	674	74	500	0.92	55%
180	325	0	2925	0.24%	808	76	500	0.93	56%
200	325	0	3250	0.24%	958	78	500	0.93	57%
220	325	0	3575	0.24%	1123	79	630	0.94	42%

240	325	0	3900	0.24%	1279	81	630	0.95	42%
260	325	0	4225	0.24%	1448	83	630	0.95	43%
280	325	0	4550	0.24%	1630	84	630	0.96	43%
300	325	0	4875	0.24%	1825	86	630	0.96	44%
320	325	0	5200	0.24%	2034	87	630	0.96	44%

Da Prog. 18+850 a prog. 18+967

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.24%	180	18	400	0.64	35%
40	325	0	650	0.24%	215	32	400	0.75	48%
60	325	0	975	0.24%	267	43	400	0.81	57%
80	325	1	1300	0.24%	284	56	401	0.85	68%
100	325	2	1626	0.24%	371	62	402	0.86	72%
120	325	3	1952	0.24%	475	66	403	0.87	76%

Da Prog. 27+515 a prog. 27+680

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.10%	180	18	400	0.47	44%
40	325	0	650	0.10%	234	31	400	0.53	61%
60	325	0	975	0.10%	314	40	400	0.56	73%
80	325	0	1300	0.10%	341	51	500	0.61	58%
100	325	0	1625	0.10%	457	56	500	0.62	61%
120	325	0	1950	0.10%	597	59	500	0.62	63%
140	325	0	2275	0.10%	759	61	500	0.63	64%
160	325	0	2600	0.10%	945	63	500	0.63	66%

Da Prog. 27+680 a prog. 28+150

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.10%	180	18	400	0.47	44%
40	325	0	650	0.10%	234	31	400	0.53	61%
60	325	0	975	0.10%	314	40	400	0.56	73%
80	325	0	1300	0.10%	341	51	500	0.61	58%
100	325	0	1625	0.10%	457	56	500	0.62	61%
120	325	0	1950	0.10%	597	59	500	0.62	63%
140	325	0	2275	0.10%	759	61	630	0.64	46%
160	325	0	2600	0.10%	920	64	630	0.64	47%
180	325	0	2925	0.10%	1102	66	630	0.65	48%
200	325	0	3250	0.10%	1303	67	630	0.65	48%
220	325	0	3575	0.10%	1525	68	630	0.66	49%
240	325	0	3900	0.10%	1767	70	630	0.66	49%
260	325	0	4225	0.10%	2029	70	630	0.66	50%
280	325	0	4550	0.10%	2311	71	800	0.66	36%
300	325	0	4875	0.10%	2569	72	800	0.66	36%
320	325	0	5200	0.10%	2844	74	800	0.66	36%
340	325	0	5525	0.10%	3137	75	800	0.67	37%
360	325	0	5850	0.10%	3446	75	800	0.67	37%
380	325	0	6175	0.10%	3773	76	800	0.67	37%
400	325	0	6500	0.10%	4118	77	800	0.67	37%
420	325	0	6825	0.10%	4479	77	800	0.67	37%
440	325	0	7150	0.10%	4858	78	800	0.68	38%
460	325	0	7475	0.10%	5253	79	800	0.68	38%

Da Prog. 32+395 a prog. 32+467

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
--------	-------	-------	-------	---	------	---	----	---	----

[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.15%	180	13	500	0.49	25%
30	244	0	488	0.15%	208	24	500	0.59	35%
45	244	0	731	0.15%	251	34	500	0.64	41%
50	0	0	731	0.15%	298	31	500	0.63	39%
60	244	0	975	0.15%	308	41	500	0.67	45%
75	244	0	1219	0.15%	379	46	500	0.69	48%

Da Prog. 32+467 a prog. 32+725

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.15%	180	13	400	0.50	34%
30	244	0	488	0.15%	213	24	400	0.59	47%
45	244	0	731	0.15%	262	33	400	0.63	56%
60	244	0	975	0.15%	328	39	400	0.66	62%
75	244	0	1219	0.15%	411	44	500	0.68	47%
90	244	0	1463	0.15%	496	48	500	0.70	49%
105	244	0	1706	0.15%	595	52	500	0.71	51%
120	244	0	1950	0.15%	709	54	500	0.72	53%
135	244	0	2194	0.15%	837	56	500	0.72	54%
150	244	0	2438	0.15%	979	58	500	0.73	55%
165	244	0	2681	0.15%	1135	59	500	0.73	56%
180	244	0	2925	0.15%	1306	60	630	0.74	41%
195	244	0	3169	0.15%	1466	62	630	0.74	42%
210	244	0	3413	0.15%	1639	63	630	0.75	42%
225	244	0	3656	0.15%	1824	64	630	0.75	42%
240	244	0	3900	0.15%	2022	65	630	0.75	43%
255	244	0	4144	0.15%	2231	66	630	0.75	43%

Da Prog. 32+725 a prog. 33+012

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
--------	-------	-------	-------	---	------	---	----	---	----

[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
15	244	0	244	0.15%	180	13	400	0.50	34%
30	244	0	488	0.15%	213	24	400	0.59	47%
45	244	0	731	0.15%	262	33	400	0.63	56%
60	244	0	975	0.15%	328	39	500	0.66	44%
75	244	0	1219	0.15%	399	45	500	0.68	47%
90	244	0	1463	0.15%	485	49	500	0.70	50%
105	244	0	1706	0.15%	584	52	500	0.71	52%
120	244	0	1950	0.15%	698	55	500	0.72	53%
135	244	0	2194	0.15%	826	57	500	0.72	54%
150	244	0	2438	0.15%	968	58	500	0.73	55%
165	244	0	2681	0.15%	1124	60	630	0.74	41%
180	244	0	2925	0.15%	1272	61	630	0.74	41%
195	244	0	3169	0.15%	1432	63	630	0.75	42%
210	244	0	3413	0.15%	1605	64	630	0.75	42%
225	244	0	3656	0.15%	1790	65	630	0.75	43%
240	244	0	3900	0.15%	1988	66	630	0.75	43%
255	244	0	4144	0.15%	2198	66	630	0.76	43%
270	244	15	4392	0.15%	2420	67	630	0.76	43%
285	244	0	4636	0.15%	2654	68	630	0.76	44%

APPENDICE D2 – TUBAZIONI IN SPARTITRAFFICO ASSE SUD

Da Prog. 11+303 a prog. 11+836

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.70%	180	18	400	0.95	27%
40	325	0	650	0.70%	200	33	400	1.13	37%
60	325	0	975	0.70%	231	47	400	1.23	44%
80	325	0	1300	0.70%	271	57	400	1.30	49%
100	325	0	1625	0.70%	322	66	400	1.34	53%
120	325	0	1950	0.70%	383	73	500	1.38	41%
140	325	0	2275	0.70%	445	79	500	1.41	42%
160	325	0	2600	0.70%	515	84	500	1.43	44%
180	325	0	2925	0.70%	594	88	500	1.45	45%
200	325	0	3250	0.70%	681	92	500	1.46	46%
220	325	0	3575	0.70%	778	95	500	1.47	47%
240	325	0	3900	0.70%	883	97	500	1.48	47%
260	325	0	4225	0.70%	997	99	500	1.49	48%
280	325	0	4550	0.70%	1120	101	630	1.49	36%
300	325	0	4875	0.70%	1234	103	630	1.50	36%
320	325	0	5200	0.70%	1356	105	630	1.51	37%
340	325	0	5525	0.70%	1486	107	630	1.52	37%
360	325	0	5850	0.70%	1623	109	630	1.52	37%
380	325	0	6175	0.70%	1767	110	630	1.53	38%
400	325	0	6500	0.70%	1920	111	630	1.53	38%
420	325	0	6825	0.18%	2080	112	630	0.92	55%
440	325	0	7150	0.18%	2410	110	630	0.91	54%
460	325	0	7475	0.18%	2756	107	630	0.91	54%
480	325	0	7800	0.18%	3116	106	630	0.91	53%
500	325	0	8125	0.18%	3492	104	630	0.90	53%
520	325	0	8450	0.18%	3882	103	800	0.90	37%
540	325	0	8775	0.18%	4228	102	800	0.90	37%
560	325	0	9100	0.18%	4588	102	800	0.90	37%

Da Prog. 14+135 a prog. 14+370

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.19%	180	18	400	0.59	37%
40	325	0	650	0.19%	219	32	400	0.69	51%
60	325	0	975	0.19%	278	43	400	0.74	61%
80	325	0	1300	0.19%	356	50	500	0.77	47%
100	325	0	1625	0.19%	440	57	500	0.80	51%
120	325	0	1950	0.19%	541	62	500	0.81	53%
140	325	0	2275	0.19%	659	65	500	0.82	55%
160	325	0	2600	0.19%	793	68	500	0.83	56%
180	325	0	2925	0.19%	945	71	630	0.84	42%
200	325	0	3250	0.19%	1091	73	630	0.85	43%
220	325	0	3575	0.19%	1252	75	630	0.85	43%
240	325	0	3900	0.19%	1427	77	630	0.86	44%

Da Prog. 14+412 a prog. 14+507

PROGR.	S imp	S per	S equ	i	tcor	Q	DN	v	GR
[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m/m]	[s]	[l/s]	[mm]	[m/s]	[%]
20	325	0	325	0.19%	180	18	400	0.59	37%
40	325	0	650	0.19%	219	32	400	0.69	51%
60	325	0	975	0.19%	278	43	400	0.74	61%
80	325	0	1300	0.19%	356	50	500	0.77	47%
100	325	0	1625	0.19%	440	57	500	0.80	51%

APPENDICE D3 – VERIFICA CANALE METALLICO

Opera	Pk	Sup. drenata (mq)	Intensità di pioggia tc=3 min (mm/h)	Portata Q (l/s)	Pendenza canale	Coeff. Scabrezza Ks	Tirante idrico nel canale h (cm)
Sottovia Aposazza	1+215	276.25	194.24	14.91	0.40%	90	5.4

Ponte Diversivo Navile	13+053	650.00	194.24	35.07	0.20%	90	12.3
Ponte Navile	21+411	650.00	194.24	35.07	0.30%	90	10.7
Scolo Calcarata	23+991	845.00	194.24	45.59	0.20%	90	14.7

Allargamento a 19,50 m e lunghezza tratta fino a 900 m

Asse	Lungh.	Largh pav. Esist.	Area pav. Esist.	Incr. pav. Prog.	Area Incr. Pav. Prog.	Area pav tot. Prog.	Largh scarp + fosso	Area scarp.	Area tot. Esist.	Q Esist.	Area tot. Prog.	Q tot Prog.	V min	Qout lamin.	Qout bocca	t*	Vol lamin.	Fosso	i	Qout/Ks*if ^{0.5}	Yu	A	B [m]	Ri [m]	U=Q/A	Moto uniforme	L* lungh. fosso lam	Vol. m.u. *	Vmu*+Vlam	Vdisp fosso*	Vol. disp lam	Vtot utile Fosso	Vtot idrico Fosso	Check Vfosso	Check Vmin
(-)	[m]	[m]	[mq]	[m]	[mq]	[mq]	[m]	[mq]	[mq]	[mc/s]	[mq]	[mc/s]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[h]	[mc]	[-]	[%]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m/s]	[mc]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]
a	300	-	3390	-	2025	5415	0	0	3390	0.102	5415	0.1629	101.25	0.102	0.102	0.17	36.56	F12	0.2	0.076	0.234	0.2579	1.5944	0.1618	0.3955	5.40911332926E-04	182.9	47.17438	83.74	108.00	60.83	131.09	106.82	OK	OK
b	150	-	1695	-	1012.5	2707.5	0	0	1695	0.051	2707.5	0.0815	50.63	0.051	0.153	0.17	18.28	F12	0.2	0.1141	0.290	0.3432	1.7945	0.1912	0.4459	-0.000147493	150	51.47462	69.76	97.88	46.40	89.855	61.736	OK	OK
c	150	-	1695	-	1012.5	2707.5	0	0	1695	0.051	2707.5	0.0815	50.63	0.051	0.204	0.17	18.28	F12	0.2	0.1521	0.337	0.4231	1.9651	0.2153	0.4822	-7.40277E-05	131.5	55.63811	73.92	90.64	35.00	85.55	68.831	OK	OK
d	150	-	1695	-	1012.5	2707.5	0	0	1695	0.051	2707.5	0.0815	50.63	0.051	0.255	0.17	18.28	F12	0.2	0.1901	0.378	0.4984	2.114	0.2358	0.5117	0.00011814	110.85	55.24668	73.53	81.13	25.89	82.63	75.026	OK	OK
e	150	-	1695	-	1012.5	2707.5	0	0	1695	0.051	2707.5	0.0815	50.63	0.051	0.306	0.17	18.28	F12	0.2	0.2281	0.415	0.569	2.2452	0.2534	0.5378	-0.00024211	92.65	52.71684	71.00	71.42	18.71	80.913	80.486	OK	OK

Fossi di guardia Pk 11+840 Pk 12+525

Asse	Lungh.	Largh pav. Esist.	Area pav. Esist.	Incr. pav. Prog.	Area Incr. Pav. Prog.	Area pav tot. Prog.	Largh scarp + fosso	Area scarp.	Area tot. Esist.	Q Esist.	Area tot. Prog.	Q tot Prog.	V min	Qout lamin.	Qout bocca	t*	Vol lamin.	Fosso	i	Qout/Ks*if ^{0.5}	Yu	A	B [m]	Ri [m]	U=Q/A	Moto uniforme	L* lungh. fosso lam	Vol. m.u. *	Vmu*+Vlam	Vdisp fosso*	Vol. disp lam	Vtot utile Fosso	Vtot idrico Fosso	Check Vfosso	Check Vmin
(-)	[m]	[m]	[mq]	[m]	[mq]	[mq]	[m]	[mq]	[mq]	[mc/s]	[mq]	[mc/s]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[h]	[mc]	[-]	[%]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m/s]	[mc]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
a	1182	-	13357	-	5850.9	19208	0	0	13357	0.4019	19208	0.578	292.55	0.4019	0.4019	0.17	105.64	FR3	0.2	0.1498	0.3141	0.4128	1.8884	0.2186	0.9737	-1.49607666540E-05	242.95	100.28	205.92	215.50	115.22	486.49	476.9	OK	OK

APPENDICE F
PORTATE SCARICATE AI RECETTORI

Recapito	Progressiva	dir BO	mc/s	dir PD	mc/s
T003	1+912.65	ovest	0.331	est	0.331
T004	2+292.44	ovest	0.129	est	0.129
T005	2+575.18	ovest	0.102	est	0.102
T006	3+189.97	ovest	0.215	est	0.215
T008	3+723.01			est	0.180
T010	4+199.07	ovest	0.337	est	0.163
T011	4+315.45	ovest	0.041	est	0.041
T012	4+569.73	ovest	0.124	est	0.124
T014	4+914.24	ovest	0.117	est	0.117
T015	5+170.17	ovest	0.088	est	0.088
T016	5+370.09	ovest	0.068	est	0.068
T020	6+118.32	ovest	0.255	est	0.255
T021	6+464.27	ovest	0.117	est	0.117
T023	6+885.36	ovest	0.157	est	0.237
T024	7+166.35	ovest	0.095	est	0.066
T026	7+502.52	ovest	0.124	est	0.124
T027	7+727.26	ovest	0.132		
T035	8+236.32	ovest	0.112	est	0.126
T037	8+556.60	ovest	0.102	est	0.102
T039	8+968.54	ovest	0.141	est	0.141
T043	9+892.41	ovest	0.336	est	0.336
T044	10+324.97			est	0.136
T045	10+359.26			est	0.048
Recapito	Progressiva	dir BO	mc/s	dir PD	mc/s

T047	11+220.30	ovest	0.452	est	0.265
T051	11+621.22			est	0.105
T054	12+517.14	ovest	0.408	est	0.306
T058	12+906.18	ovest	0.180	est	0.180
T061	13+553.00	ovest	0.173	est	0.173
T064	13+957.80	ovest	0.139	est	0.139
T065	14+145.62	ovest	0.065	est	0.065
T066	14+374.74			est	0.156
T070	14+854.18	ovest	0.119	est	0.187
T072	15+154.09	ovest	0.095	est	0.231
T074	15+719.60	ovest	0.194		
Fosso CV017	16+047.31			est	0.163
T077	16+277.20	ovest	0.190	est	0.065
T078	16+381.63	ovest	0.037	est	0.037
T079	16+707.70	ovest	0.214	est	0.214
T081	17+261.73	ovest	0.087	est	0.087
T082	17+385.81	ovest	0.043	est	0.043
T083	17+515.60	ovest	0.044	est	0.044
T084	17+821.60	ovest	0.104		
T085	18+033.96	ovest	0.073	est	0.177
T090	18+503.69	ovest	0.163	est	0.163
T096	19+288.54	ovest	0.269	est	0.269
T098	19+733.75	ovest	0.153	est	0.153
T099	20+176.22	ovest	0.153	est	0.153
T100	20+413.95	ovest	0.092		
T101	20+669.95	ovest	0.088	est	0.17
Recapito	Progressiva	dir BO	mc/s	dir PD	mc/s
T103	20+946.54	ovest	0.289	est	0.221

Fosso	21+416.22			est	0.068
T107	21+801.76			est	0.071
T112	23+209.21	ovest	0.578	est	0.503
T114	23+506.91	ovest	0.102	est	0.102
T117	23+955.74	ovest	0.160	est	0.160
T119	24+250	ovest	0.163		
Fosso CV023	24+407.23			est	0.163
Scolo Tombe	24+472.02	ovest	0.136	est	0.136
T120	24+873.00	ovest	0.111	est	0.111
T121	25+210.05	ovest	0.408	est	0.408
T122	27+149.06	ovest	0.340	est	0.340
T123	27+697.37	ovest	0.235	est	0.099
T124	28+734.97	ovest	0.221	est	0.221
T125	28+719.97	ovest	0.092	est	0.092
T126	29+115	ovest	0.020	est	0.020
T127	29+291.37	ovest	0.041	est	0.041
T132	30+402.70	ovest	0.690	est	0.690
T136	31+340.81	ovest	0.095	est	0.095
T137	31+621.58	ovest	0.374	est	0.292
T141	32+711.87	-		est	0.082
T142	32+975.41	-		est	0.088
T143	33+307.17	ovest	0.221	est	0.132

**APPENDICE G
VIABILITA' INTERFERITE**

VERIFICA SCARICHI CAVALCAVIA

CAVALCAVIA	PK	B (m)	b (m)	i_{long}	j_{trav}	tc (sec)	i (mm/h)	q0 (l/s m)	Ballagabile (m)	Q cunetta (l/s)	Q/q0	PASSO	Q _{scarico}	Verifica
CV001	2+604.83	12.40	6.2	7.00%	2.5%	180	194.24	0.33	0.75	5.7	17.0	15	5.02	OK
CV003	4+589.06	12.00	6	7.00%	2.5%	180	194.24	0.32	0.75	5.7	17.6	15	4.86	OK
CV004	5+396.41	14.90	7.45	6.00%	2.5%	180	194.24	0.40	0.75	5.3	13.1	10	4.02	OK
CV005	6+133.48	5.40	2.7	6.10%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.3	36.5	20	2.91	OK
CV009	8+262.61	12.30	6.15	8.00%	2.5%	180	194.24	0.33	0.75	6.1	18.3	15	4.98	OK
CV010	9+407.72	5.40	2.7	5.90%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.2	35.9	20	2.91	OK
CV011	9+940.74	12.40	6.2	7.00%	2.5%	180	194.24	0.33	0.75	5.7	17.0	15	5.02	OK
CV012	10+340.95	5.40	2.7	6.97%	2.5%	180	194.24	0.15	5.78	39.7	264.4	20	2.91	OK
CV013	12+295.91	12.00	6	7.00%	2.5%	180	194.24	0.32	0.75	5.7	17.6	15	4.86	OK
CV014	13+595.34	15.90	7.95	6.00%	2.5%	180	194.24	0.43	0.75	5.3	12.3	10	4.29	OK
CV015	14+871.19	5.40	2.7	6.00%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.3	36.2	20	2.91	OK
CV016	15+551.87	5.40	2.7	6.00%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.3	36.2	20	2.91	OK
CV017	16+071.56	5.40	2.7	6.50%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.5	37.7	20	2.91	OK
CV018	17+007.60	12.30	6.15	7.00%	2.5%	180	194.24	0.33	0.75	5.7	17.2	15	4.98	OK
CV019	18+057.83	5.40	2.7	6.80%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.6	38.5	20	2.91	OK
CV020	19+303.01	5.40	2.7	7.00%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.7	39.1	20	2.91	OK
CV021	20+221.16	13.30	6.65	6.00%	2.5%	180	194.24	0.36	0.75	5.3	14.7	10	3.59	OK
CV023	24+425.00	5.40	2.7	4.48%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	4.6	31.3	20	2.91	OK

CV024	27+422.19	5.40	2.7	8.20%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	6.2	42.3	20	2.91	OK
CV025	28+067.51	5.40	2.7	8.60%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	6.3	43.3	20	2.91	OK
CV026	28+736.16	12.30	6.15	7.00%	2.5%	180	194.24	0.33	0.75	5.7	17.2	15	4.98	OK
CV027	29+085.29	13.30	6.65	6.00%	2.5%	180	194.24	0.36	0.75	5.3	14.7	10	3.59	OK
CV028	30+153.16	5.40	2.7	7.20%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.8	39.6	20	2.91	OK
CV029	31+317.27	5.40	2.7	8.20%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	6.2	42.3	20	2.91	OK
CV030	31+808.08	5.40	2.7	6.50%	2.5%	180	194.24	0.15	0.75	5.5	37.7	20	2.91	OK
CV031	32+074.41	12.80	6.4	6.00%	2.5%	180	194.24	0.35	0.75	5.3	15.3	15	5.18	OK
CV032	33+348.37	12.30	6.15	8.00%	2.5%	180	194.24	0.33	0.75	6.1	18.3	15	4.98	OK

APPENDICE H
STRADA PROVINCIALE SP20

VERIFICA EMBRICI ROTATORIE

ROTATORIA	b (m)	i	j	tc (sec)	i (mm/h)	$q0$ (l/s m)	$B_{allagabile}$ (m)	$Q_{cunetta}$ (l/s)	$Q/q0$	PASSO [-]	$Q_{scarico}$ [-]
Rotatoria 1	6	1.00%	2.5%	180	194.24	0.32	1	4.6	14.3	10	3.24
Rotatoria 2	9	1.00%	2.5%	180	194.24	0.49	1	4.6	9.5	10	4.86
Rotatoria 3	9	1.00%	2.5%	180	194.24	0.49	1	4.6	9.5	10	4.86