

AUTOSTRADA (A13): BOLOGNA-PADOVA
TRATTO: BOLOGNA ARCOVEGGIO
BOLOGNA INTERPORTO

PROSECUZIONE FINO ALLA VIA APOSAZZA
DEL SISTEMA TANGENZIALE DI BOLOGNA

PROGETTO DEFINITIVO

PROLUNGAMENTO COMPLANARE

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione Idraulica

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Paolo De Paoli Ord. Ingg. Pavia N. 1739 Responsabile Idraulica	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Fabio Serrau Ord. Ingg. Bologna n.6007/A	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola Ord. Ingg. Milano N. A26796 T.A. - Strade
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CODICE IDENTIFICATIVO											Ordinatore -	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO					
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog, Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS tipologia progressivo		PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo		Rev.
111326	0000	PD	AU	IDR	DP000		00000	R	IDR	0004	0	SCALA -

	ENGINEERING COORDINATOR: Ing. Fabio Serrau Ord. Ingg. Bologna n.6007/A	SUPPORTO SPECIALISTICO:	REVISIONE								
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>n.</th> <th>data</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">FEBBRAIO 2022</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	n.	data	0	FEBBRAIO 2022				
	n.	data									
	0	FEBBRAIO 2022									
REDATTO:	VERIFICATO:										

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Stefano Storoni	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	4
2.1	NORMATIVA NAZIONALE	4
2.2	NORMATIVA REGIONALE	6
2.3	AUTORITÀ DI BACINO	7
3	IDROLOGIA.....	8
3.1	FREQUENZE PROBABILI DI PROGETTO	8
3.2	DEFINIZIONE REGIME PLUVIOMETRICO.....	8
4	SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE	13
4.1	REQUISITI PRESTAZIONALI	13
4.2	SCHEMA GENERALE DI DRENAGGIO	13
4.3	METODOLOGIA PROGETTUALE DI DIMENSIONAMENTO	14
4.3.1	<i>Dimensionamento degli elementi di raccolta</i>	<i>14</i>
4.3.2	<i>Dimensionamento degli elementi di convogliamento.....</i>	<i>16</i>
4.4	ELEMENTI DI RACCOLTA	16
4.4.1	<i>Sistema di drenaggio in rilevato – Embrici.....</i>	<i>16</i>
4.4.2	<i>Sistema di drenaggio in presenza di barriere fonoassorbenti – Scarico puntuale embrici con pozzetto di recapito</i>	<i>17</i>
4.4.3	<i>Canaletta grigliata continua</i>	<i>17</i>
4.4.4	<i>Sistema di drenaggio in trincea – Canale rettangolare in testa alla trincea</i>	<i>18</i>
4.4.5	<i>Sistema di drenaggio - Caditoia discontinua grigliata</i>	<i>19</i>
4.4.6	<i>Collettori circolari in PEAD e PP.....</i>	<i>19</i>
4.4.7	<i>Sistema di drenaggio lungo via Aposazza.....</i>	<i>22</i>
4.4.8	<i>Fossi di guardia.....</i>	<i>23</i>
4.4.9	<i>Canali rettangolari.....</i>	<i>24</i>
4.5	VASCA DI LAMINAZIONE.....	27
4.6	MANUFATTI DI CONTROLLO	29

ALLEGATO A: EMBRICI

ALLEGATO B: EMBRICI IN PRESENZA DI BARRIERE FONOASSORBENTI

ALLEGATO C: INTERASSE DISCENDENTI CANALETTA GRIGLIATA CONTINUA

ALLEGATO D: CANALETTA GRIGLIATA CONTINUA

ALLEGATO E: CANALETTA IN TESTA ALLA TRINCEA

ALLEGATO F: INTERASSE DISCENDENTI CADITOIA DISCONTINUA GRIGLIATA

ALLEGATO G: COLLETTORE CADITOIA DISCONTINUA GRIGLIATA

ALLEGATO H: COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP

ALLEGATO I: MANUFATTI DI CONTROLLO

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 3-1. PARAMETRI DELLE CURVE DI CRESCITA RELATIVE AL MODELLO TCEV PER LE VARIE DURATE.....	10
FIGURA 3-1: ZONE OMOGENEE CON RIFERIMENTO REGIME DI FREQUENZA DELLE PIOGGE INTENSE.	10
FIGURA 3-2 : ISOLINEE DELLE ALTEZZE MEDIE DI PIOGGIA MASSIME ANNUALI DELLA DURATA DI 1 GIORNO (A) E 1 ORA (B).	11
TABELLA 3-2. VALORI DEI PARAMETRI DELLE LSPP PER DIVERSI T_R	12
TABELLA 3-3. VALORI DEI PARAMETRI DELLE LSPP PER DIVERSI T_R E DURATE INFERIORI ALL'ORA.....	12
TABELLA 4-1. SISTEMA DI DRENAGGIO IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA VIABILISTICA.....	14
FIGURA 4-1: SISTEMA DI DRENAGGIO IN PRESENZA DI BARRIERE FONOASSORBENTI – SCARICO PUNTUALE EMBRICI CON POZZETTO DI RECAPITO	17
FIGURA 4-2: DIMENSIONI DELLA CANALETTA GRIGLIATA IN PEAD	18
FIGURA 4-3: DIMENSIONI DEL CANALE PREFABBRICATO IN C.A.V.....	18
FIGURA 4-4: PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD DI DIAMETRO 400 E 500 MM.....	21
FIGURA 4-5: PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD DI DIAMETRO 630 E 800 MM.....	22
FIGURA 4-6: PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD DI DIAMETRO 1000 E 1200 MM.....	22
FIGURA 4-7: PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER I FOSSI RIVESTITI.....	23
FIGURA 4-8: PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER I FOSSI INERBITI.....	24
FIGURA 4-9: DIMENSIONI DEI FOSSI.....	27
FIGURA 4-10: MANUFATTO PER IL CONTROLLO QUANTITATIVO E QUALITATIVO TIPO MC1 – SISTEMA CHIUSO – FOSSO TRAPEZIO IN ARRIVO	31
FIGURA 4-11: MANUFATTO PER IL CONTROLLO QUANTITATIVO TIPO MC2 – SISTEMA APERTO – CANALE RETTANGOLARE IN ARRIVO	31
FIGURA 4-12: MANUFATTO PER IL CONTROLLO QUANTITATIVO E QUALITATIVO TIPO MC3– SISTEMA CHIUSO – CANALE RETTANGOLARE IN ARRIVO.....	32

1 PREMESSA

La presente relazione idraulica è parte integrante del progetto definitivo della prosecuzione fino alla via Aposazza del sistema tangenziale di Bologna lungo il tratto Bologna Arcoveggio – Bologna Interporto, dell'Autostrada (A13) Bologna – Padova.

Nella presente relazione sono descritti metodologia, dimensionamento e verifiche del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e del sistema di laminazione della portata relativi al collegamento dell'attuale sistema delle Tangenziali di Bologna con la via Aposazza, realizzato mediante due nuove complanari all'autostrada A13, e all'adeguamento della barriera di esazione di Arcoveggio nei due sensi di marcia. Gli interventi stradali sono descritti nella Relazione tecnico stradale (doc. 111326-0-PD-AU-PRS-GE000-00000-R-STD-00100).

E' inoltre previsto lo sviluppo della rete di raccolta, convogliamento e laminazione delle acque di pioggia provenienti dal tratto di A13 ampliata, limitatamente all'area compresa tra l'inizio dell'allargamento della A13 fino al cavalcavia di via Aposazza.

Nell'area a Nord del cavalcavia di via Aposazza è previsto lo sviluppo del sistema di raccolta e convogliamento delle acque verso i fossi presenti al piede dell'A13 nel tratto più a Nord, ma non è prevista la laminazione.

Anche per la rete di raccolta e convogliamento delle acque di pioggia provenienti dalle due barriere di esazione Est e Ovest non è prevista laminazione.

Infine è previsto l'intervento di manutenzione del sistema di drenaggio lungo via Aposazza, dove si procede con la sostituzione delle caditoie esistenti e del relativo collettore, e con il rifacimento della condotta fognaria esistente tipo Vigentino, per una lunghezza di 60 m in prossimità del punto di minimo del profilo stradale, tramite l'installazione di un manufatto scatolare con dimensioni interne 2,40 x 2,00 m. (si veda il par. 4.4.7).

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1 NORMATIVA NAZIONALE

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

- RD 25/07/1904 n° 523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”.
- Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”. La legge introduce il vincolo idrogeologico.
- 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. 64/74 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- 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. 431/85 (Legge Galasso) “Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale”.
- 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 (art. 1 comma 1). Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l’Autorità di Bacino (art. 12). Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).
- 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 “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 (art. 1).

- DL 152/99 “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”.
- DL 258/00 “Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99”.
- 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 (art. 1); individua la procedura per l’adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un’attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).
- DLgs 152/2006. Ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Tale Decreto legislativo 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. Istituisce i distretti idrografici nei quali sarà istituita l’Autorità di bacino distrettuale, che va a sostituire la o le Autorità di Bacino previste dalla legge n. 183/1989. In forza del recente d.lgs 8 novembre 2006, n. 284, nelle more della costituzione dei distretti idrografici di cui al Titolo II della Parte terza del d.lgs. 152/2006 e della revisione della relativa disciplina legislativa con un decreto legislativo correttivo, le Autorità di Bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, sono prorogate fino alla data di entrata in vigore del decreto correttivo che, ai sensi dell’articolo 1, comma 6, della legge n. 308 del 2004, definisca la relativa disciplina. Fino alla data di entrata in vigore del decreto legislativo correttivo di cui al comma 2-bis dell’articolo 170 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, come inserito dal comma 3, sono fatti salvi gli atti posti in essere dalle Autorità di Bacino dal 30 aprile 2006. Inoltre l’articolo 113 del medesimo Decreto legislativo, stabilisce, in materia di controllo dell’inquinamento prodotto dal dilavamento delle acque meteoriche, che “..le regioni disciplinano:..b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque di dilavamento ...siano sottoposte a particolari prescrizioni..”, art. 113 comma 1, e che “... i casi in cui può essere richiesto.. siano convogliate e opportunamente trattate ... in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose ...”, art. 113 comma 3.
- DM 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni". Il decreto si compone di due articoli e precisamente dell’articolo 1 con cui viene approvato il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni ad eccezione delle tabelle 4.4.III e 4.4.IV e del Capitolo 11.7. Le nuove norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005.

Nel paragrafo 5.1.7.4, denominato “Smaltimento dei liquidi provenienti dall’impalcato”, si prescrive che: “... il progetto del ponte deve essere corredato dallo schema delle opere di convogliamento e di scarico. Per opere di particolare importanza, o per la natura dell’opera stessa o per la natura dell’ambiente circostante, si deve prevedere la realizzazione di un apposito impianto di depurazione e/o decantazione.”

Successivamente con il DM 06/05/2008 "Integrazioni al decreto 14 gennaio 2008" sono stati approvati il capitolo 11.7 e le tabelle 4.4.III e 4.4.IV del testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni allegate al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

- Decreto n. 131 del 16/06/2008. Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. (GU n. 187 del 11/08/2008 - Suppl. Ordinario n. 189)

- Decreto n. 56 del 14/04/2009. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo" (GU n.124 del 30/05/2009 - Suppl. Ordinario n. 83)

Si riportano inoltre gli estremi di alcune leggi riguardanti la progettazione e la verifica dei ponti stradali:

- L. 532/1904. "Testo unico sulle opere idrauliche. Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali".
- D. Min. LL.PP 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".
 "Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto.

Una cura particolare è da dedicare, in ogni caso, al problema delle escavazioni dell'alveo ed alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La trattazione dei citati problemi dovrà avvenire nel rispetto del testo unico 25 luglio 1904, n. 523 e successivi aggiornamenti." (Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali – par. 2.4)

- Circ. LL.PP. n° 34233 del 25/02/1991. "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali"

.... gli elementi del ponte, quali le opere di sostegno, di difesa ed accessorie, quando interessino l'alveo di un corso d'acqua, specie se di qualche importanza, dovranno far parte di un progetto unitario.....

Nel caso in cui l'opera di attraversamento sia costituita, oltre che dal ponte vero e proprio, anche da uno o due rilevati collocati in alveo, dovranno essere valutate quali modifiche possono prodursi a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva.....

La quota idrometrica e il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali ...

2.2 NORMATIVA REGIONALE

I principali riferimenti normativi di scala regionale che sono stati considerati per la progettazione sono:

- Delibera della giunta regionale 14 febbraio 2005 n. 286. "Attuazione al D.lgs 152/1999"

Ha per oggetto la tutela delle acque, tra cui, art.1, comma 1 c), le acque meteoriche e di lavaggio delle aree esterne di cui all'art. 39 del decreto legislativo citato.

L'art.2 comma III definisce:

"Altre condotte separate": sistema di raccolta ed allontanamento dalle superfici impermeabili delle acque meteoriche di dilavamento costituito da canalizzazioni a tenuta o condotte dedicate non collegate alla rete fognaria delle acque reflue urbane e disgiunte fisicamente e funzionalmente dagli insediamenti e dalle installazioni dove si svolgono attività commerciali o di produzione di beni. Rientrano in questo ambito, ad esempio, i sistemi a tale scopo adibiti delle reti stradali ed autostradali e delle relative opere connesse (ponti, gallerie, viadotti, svincoli, ecc.)...

L'art.7.2 – La gestione delle acque di prima pioggia e delle acque meteoriche di dilavamento:

I – Per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento di cui al precedente punto 7.1 – lettera a) (opere soggette e VIA), le prescrizioni per il contenimento dell'inquinamento prodotte dalle acque di prima pioggia derivanti dalle "altre condotte separate" 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.

II – 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.

III – Le prescrizioni da adottarsi ai sensi dei precedenti punti I e II avranno a riferimento, di norma, soluzioni progettuali di tipo strutturato che garantiscano la raccolta ed il convogliamento delle acque di prima pioggia in idonei bacini di raccolta e trattamento 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 da "altre condotte separate" che danno origine alle predette immissioni. Dette soluzioni possono essere finalizzate anche al trattamento dell'acqua di prima pioggia mediante la realizzazione di sistemi di tipo naturale i quali la "fito-depurazione" o le "fasce filtro/fasce tampone".

IV – Riguardo al diffuso sistema di raccolta allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento dalle reti stradali ed autostradali e delle relative opere connesse, l'eventuale applicazione delle prescrizioni per la gestione delle acque di prima pioggia, di cui ai precedenti punti I e II, s'intende riferita esclusivamente alle canalizzazioni/condotte a tenuta responsabili delle immissioni diretta nei corpi recettori, con esclusione delle "cunette bordo strada" in terra adibite all'allontanamento delle acque meteoriche dalla sede stradale. Al riguardo, sono fatte salve le disposizioni regionali emanate ai sensi dell'art. 21 del decreto in materia di aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano.

- 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 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".

- Piano di Tutela delle Acque (PTA)

Approvato dall'Assemblea Legislativa con Deliberazione n. 40 del 21 dicembre 2005, sul BUR - Parte Seconda n. 14 del 1 febbraio 2006 si dà avviso della sua approvazione, mentre sul BUR n. 20 del 13 febbraio 2006 si pubblicano la Delibera di approvazione e le norme.

2.3 AUTORITÀ DI BACINO

E' da sottolineare che nell'area delle opere in progetto non vi sono corsi d'acqua interferiti che appartengono all'Autorità di Bacino del Fiume Reno.

3 IDROLOGIA

3.1 FREQUENZE PROBABILI DI PROGETTO

Il dimensionamento di un sistema di drenaggio stradale, come di ogni opera idraulica, dipende in prima analisi dalla definizione del cosiddetto rischio d'insufficienza che dovrà caratterizzare l'opera stessa durante la fase di esercizio; tale rischio fissa la frequenza probabile che si possano manifestare eventi estremi più gravosi di quelli compatibili con le caratteristiche idrauliche dell'opera, e quindi con portate e/o volumi complessivi maggiori di quelli previsti e definiti compatibili con il buon funzionamento dell'opera stessa.

Di conseguenza nei calcoli di verifica e/o dimensionamento occorre preliminarmente stabilire quale rischio di insufficienza si voglia accettare. In altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno T di progetto, definito come il numero di anni che mediamente intercorre tra due eventi di entità uguale o superiore a quello di progetto.

La definizione del tempo di ritorno dell'evento pluviometrico di progetto è effettuata generalmente sulla base del compromesso fra due obiettivi:

- contenere la frequenza attesa delle insufficienze funzionali del sistema di drenaggio, rappresentata, nel caso in esame, dagli allagamenti dell'infrastruttura;
- contenere i costi di intervento, compatibilmente con i vincoli progettuali e territoriali.

Detto compromesso deriva in linea teorica da un'analisi tipo costi-benefici, nella prassi, però, l'assunzione del valore del tempo di ritorno viene fatta in base a considerazioni dovute sia all'esperienza del progettista, sia a riferimenti normativi, sia, infine, a riscontri avuti dall'esercizio dell'infrastruttura.

Individuato il tempo di ritorno, è possibile definire la probabilità di superamento dell'evento di progetto in un periodo di N anni di esercizio ossia il rischio di insufficienza, definito dalla relazione:

$$R_N = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

dove $R_N(T)$ rappresenta il rischio di insufficienza idraulica associabile al tempo di ritorno T (anni) ed alla vita utile N dell'opera (anni).

Nel caso in oggetto, il periodo di ritorno dell'evento di progetto è stato posto pari a:

- 50 anni per gli elementi costituenti la rete di raccolta delle acque afferente al collettore tipo Vigentino esistente lungo via Aposazza; poiché le acque afferenti al collettore tipo Vigentino vengono raccolte in corrispondenza del punto di minimo lungo la via Aposazza, cautelativamente la rete di raccolta viene dimensionata per eventi con periodo di ritorno superiore a quello standard di 25 anni;
- 25 anni per tutti gli altri elementi della rete di smaltimento delle acque in progetto.

3.2 DEFINIZIONE REGIME PLUVIOMETRICO

Per la determinazione del regime pluviometrico dell'infrastruttura di progetto 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-pioggie 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 Tabella 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	l	q	l ₁	h	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 ≥ 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
Zona D	0.361	2.363	25.70	5.284	Valida per d ≥ 12 ore ed 1
			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 ≥ 12 ore ed 1

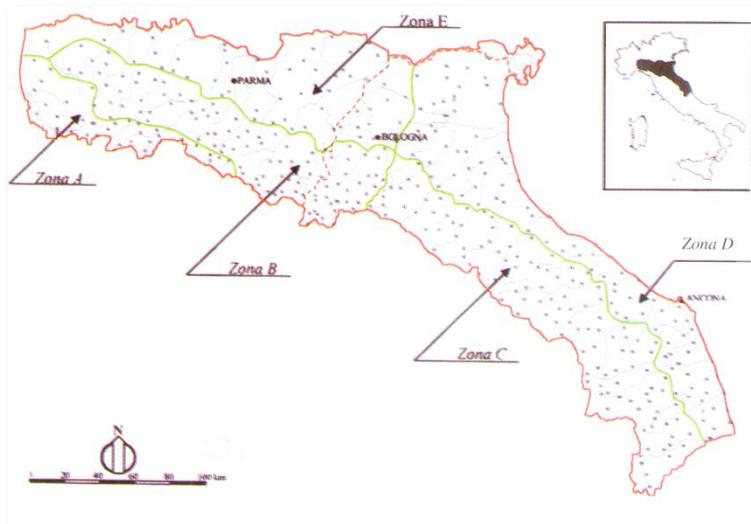


Figura 3-1: Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense.

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):

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

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

$m(h24)$ = 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;

$g = m_G / m(h24) = 0.89$ 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:

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

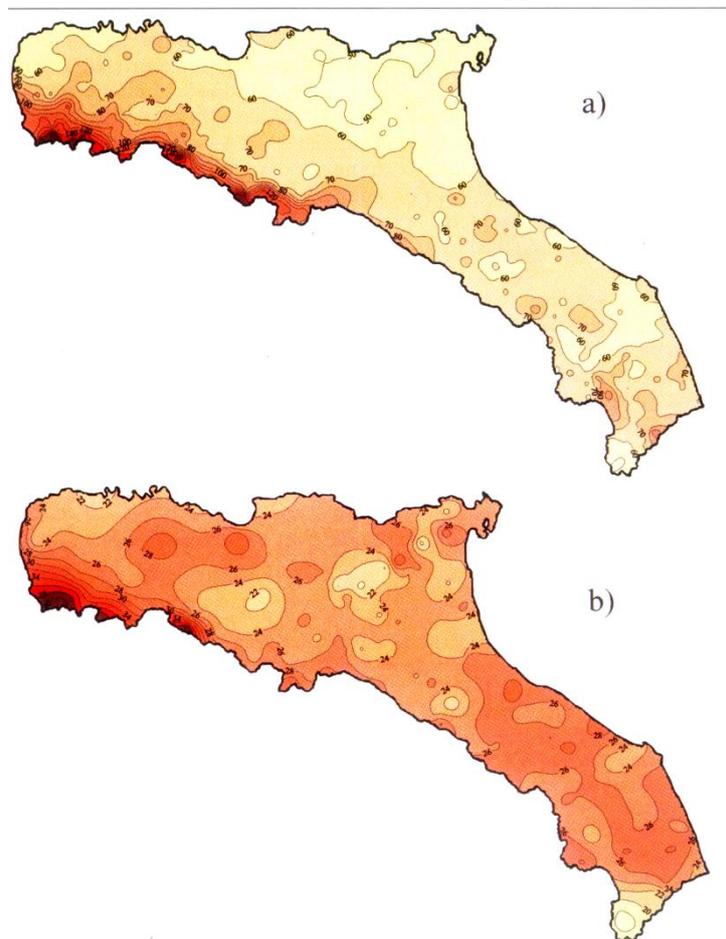


Figura 3-2 : Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b).

Per l'area di intervento, ricadente nella "zona omogenea E", sono stati stimati valori dei parametri m_1 e m_G pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro g , 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 3-2 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 T_R .

a	T_R (anni)				n
	25	50	100	200	
1 ora	45.43	53.22	63.31	77.01	0.32
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	

Le leggi di pioggia calcolate sono valide per tempi di corruzione 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 3-3. Valori dei parametri delle LSPP per diversi T_R e durate inferiori all’ora.

a	T_R (anni)				n
	25	50	100	200	
1 ora	45.43	53.22	63.31	77.01	0.515

Nel caso in oggetto, per un tempo di ritorno di 25 e 50 anni si ottiene:

25 anni

Parametro a = 42.68 mm per piogge orarie; a = 45.43 mm per gli scrosci (durata inferiore all’ora).

Parametro n = 0.32 per piogge orarie; n = 0.515 per gli scrosci (durata inferiore all’ora).

50 anni

Parametro a = 49.40 mm per piogge orarie; a = 53.22 mm per gli scrosci (durata inferiore all’ora).

Parametro n = 0.32 per piogge orarie; n = 0.515 per gli scrosci (durata inferiore all’ora).

4 SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie pavimentata ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dalle aste di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente.

4.1 REQUISITI PRESTAZIONALI

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante, e soddisfano i seguenti requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque evitando la formazione di ristagni sulla pavimentazione stradale; questo è possibile assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale, come da norme vigenti, e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito e, dove il sistema è di tipo "chiuso", tenerle separate dalle acque esterne che possono essere portate a recapito senza trattamento;
- laminare le acque di piattaforma relative alle nuove superfici pavimentate in ottemperanza alle Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico che impongono il recupero di 500m³/ha di nuova superficie impermeabilizzata;
- garantire, ove richiesto dalla normativa vigente, il controllo qualitativo delle acque prima della loro immissione nel ricettore finale;
- evitare che le acque di ruscellamento esterne alle trincee possano determinare l'allagamento della sede viabile mediante la realizzazione di fossi di guardia rivestiti.

4.2 SCHEMA GENERALE DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio è suddiviso in tre parti fondamentali:

- Elementi di raccolta: costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta gli embrici, le canalette grigliate e le caditoie grigliate.
- Elementi di convogliamento: rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario; si garantisce così la funzionalità del sistema primario e si evitano rigurgiti in piattaforma ottimizzando la sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento sono costituiti da canalizzazioni a cielo aperto (fossi rivestiti e non) e da collettori in genere. Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti.
- Elementi di recapito: sono individuati in funzione della vulnerabilità, a seguito di studi specialistici per le acque sotterranee e superficiali, possono essere diretti (raramente) o nella stragrande maggioranza dei casi presidiati. Sono individuati nei corsi d'acqua naturali, nei canali irrigui, nei fossi di scolo della viabilità esistente e nella rete fognaria esistente.

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione che viene considerata. Le sezioni si possono suddividere in:

- § sezione in rilevato;
- § sezione in rilevato con muri di sostegno;
- § sezione in trincea

Il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma stradale, si può schematizzare in:

- § drenaggio su entrambi i lati, tipologia presente nei tratti rettilinei (esterno della carreggiata);
- § drenaggio su di un solo lato, presente nei tratti in curva.

Gli elementi costitutivi del sistema di drenaggio sono stati quindi individuati in funzione del tipo di drenaggio e della sezione corrente dell'infrastruttura, secondo lo schema riportato nella seguente tabella; tale schematizzazione resta, comunque, passibile di modifiche laddove esigenze locali del sistema di drenaggio, dell'infrastruttura o dei recapiti le dovessero richiedere.

Tipo di drenaggio	Sezione stradale	Elemento di drenaggio
Marginale laterale, uno o entrambi i lati	rilevato	embrici con scarico ad intervalli regolari nel fosso al piede con recapito in fosso inerbito
		canaletta grigliata discontinua a passo calcolato con scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante e scarico con recapito in pozzetto e in fosso inerbito
	rilevato con muro di sostegno	canaletta grigliata con scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante e scarico con recapito in pozzetto e i in fosso inerbito
	trincea	canaletta grigliata con scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante, successivo scarico in vasca di laminazione

Tabella 4-1. Sistema di drenaggio in funzione della tipologia viabilistica

A questa schematizzazione non si riferisce il drenaggio del ramo RP001 – Via Aposazza: per tale sistema di raccolta si provvede alla posa di caditoie sifonate tipo HERA in corrispondenza delle caditoie esistenti, e di un collettore DN400 in PEAD, con recapiti nel collettore fognario esistente ubicati in corrispondenza degli attuali recapiti.

Il tracciato stradale può, infine, essere suddiviso in due categorie definite in base all'inserimento o meno di presidi idraulici prima del recapito nel ricettore finale. Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso", in quanto permette il trattamento qualitativo dell'acqua dilavante la piattaforma. Qualora l'acqua di piattaforma venga scaricata direttamente nel reticolo naturale, senza l'interposizione di presidi idraulici, il sistema drenante è denominato "aperto".

Gli elementi primari e secondari di raccolta e convogliamento devono essere ottimizzati sulla base dello studio delle sezioni stradali, delle planimetrie e dei profili di progetto.

4.3 METODOLOGIA PROGETTUALE DI DIMENSIONAMENTO

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia nel caso in cui si considerino elementi di raccolta o elementi di convogliamento.

4.3.1 Dimensionamento degli elementi di raccolta

La raccolta dell'acqua di piattaforma può essere effettuata con elementi continui, longitudinali alla carreggiata, o discontinui ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che

è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

I principali elementi di raccolta marginali sono gli embrici in rilevato e la cunetta triangolare in trincea, mentre l'elemento di raccolta in spartitraffico è la canaletta con griglia.

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 stradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula:

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

con b larghezza della falda, j 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:

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

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);

$L_{eff} = b \frac{e}{g} + \frac{a j_l}{g j_t} \frac{\sigma^2 \dot{u}}{\dot{u}}$ 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).

In linea generale si ammetterà un allagamento massimo della carreggiata pari a 3 m (larghezza della corsia di emergenza); nei tratti in cui è presente solo la banchina (tratti senza emergenza, corsie di accelerazione e decelerazione) l'allagamento massimo accettato viene posto pari a 0.70-1.00 m.

Nel determinare l'interasse massimo degli elementi puntuali si deve tenere conto anche della loro efficienza che è data dal rapporto tra l'acqua che riescono a raccogliere e quella proveniente da monte.

L'interasse massimo non deve essere superiore ai 30 m per gli embrici, mentre per i bocchettoni sui viadotti e le caditoie grigliate discontinue non deve superare i 20 m; il passo minimo è pari a 10 m per tutti gli elementi di raccolta.

4.3.2 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:

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

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);

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

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 aventi lunghezze ridotte si è adottato un tempo di corrivazione fisso pari a 15 minuti.

4.4 ELEMENTI DI RACCOLTA

4.4.1 Sistema di drenaggio in rilevato – Embrici

Gli embrici vengono utilizzati nelle sezioni in rilevato quando il sistema di drenaggio è di tipo "aperto" oppure "chiuso" sui fossi di guardia.

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 le viabilità non autostradali senza corsia di emergenza la fascia allagabile è posta non inferiore a 1.00 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:

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

$$C = B \frac{e}{e} j_t + \frac{1}{\cos(\arctg j_t)} \frac{u}{u}$$

Come ampiezza massima di fascia allagata si è considerato B compreso tra 1.00 e 3.00 m.

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

I risultati delle verifiche sono riportati in Allegato A.

4.4.2 Sistema di drenaggio in presenza di barriere fonoassorbenti – Scarico puntuale embrici con pozzetto di recapito

Quando si è in rilevato ed in presenza di barriere fonoassorbenti si prevede la raccolta delle acque tramite imbocchi di embrici, il cui passo è dimensionato come nel caso di embrici classici, che scaricano in pozzetti prefabbricati da cui partono dei DN200 in PVC che attraversano la struttura portante della barriera per scaricare nei fossi di guardia, come indicato nella figura seguente.

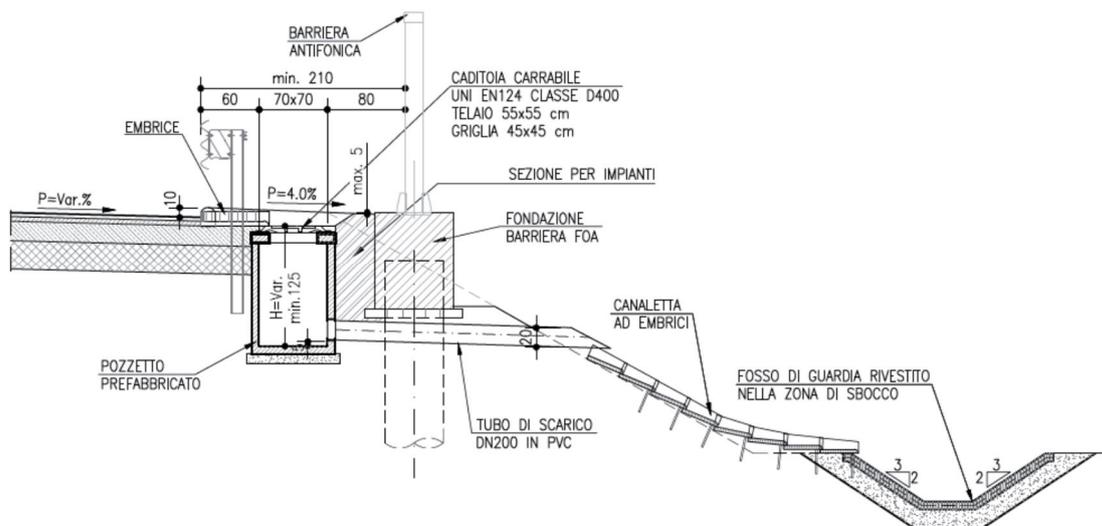


Figura 4-1: Sistema di drenaggio in presenza di barriere fonoassorbenti – Scarico puntuale embrici con pozzetto di recapito

I risultati delle verifiche sono riportati in Allegato B.

4.4.3 Canaletta grigliata continua

La canaletta grigliata viene utilizzata per raccogliere l'acqua di piattaforma in trincea.

Quando la canaletta raggiunge il riempimento massimo ammissibile, l'acqua viene mandata, tramite un discendente DN160 in PEAD, ad un collettore in PEAD che viaggia parallelamente alla strada.

Dal punto di vista della manutenzione, la griglia impedisce l'ingresso nei collettori dei materiali grossolani. La canaletta è lavabile tramite rimozione della griglia ed utilizzo di una lancia a pressione. La canaletta è prefabbricata e realizzata in PEAD.

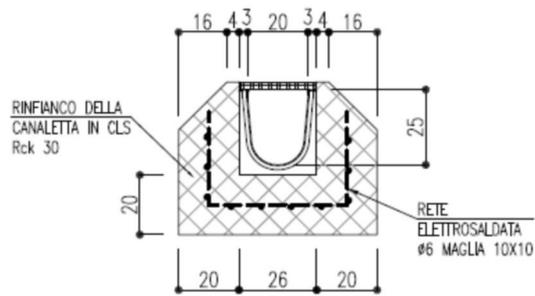


Figura 4-2: Dimensioni della canaletta grigliata in PEAD

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

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

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 dalla portata affluente.

L'interasse massimo dei discendenti si è posto pari a 10 m, avendo considerato un tempo di corrvazione minimo di 3 minuti.

La portata massima transitante nel collettore è stata calcolata con la formula di Chézy (come indicato nel par. 4.3.2), avendo posto come parametro di Strickler il valore di 80 ($n = 0.0125$) e assumendo una pendenza minima pari a 0.2%, valore valido anche per i tratti in contropendenza.

Si è quindi verificato che la portata affluente al collettore sia inferiore alla portata massima transitabile nel collettore stesso.

I risultati delle verifiche sono riportati negli Allegati C e D

4.4.4 Sistema di drenaggio in trincea – Canale rettangolare in testa alla trincea

In testa alle scarpate delle trincee è prevista la realizzazione di un canale rettangolare realizzato tramite elementi prefabbricati in C.A.V. con la finalità di raccogliere le acque provenienti dal territorio limitrofo.

Le caratteristiche del canale rettangolare sono presentate nella figura seguente.

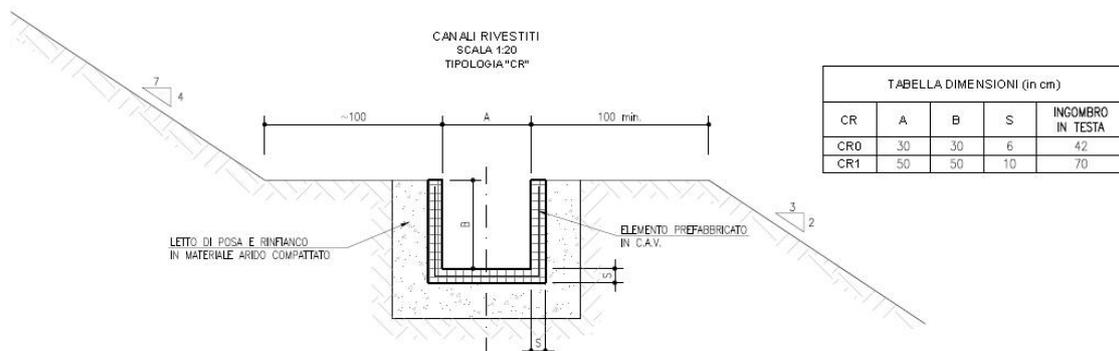


Figura 4-3: Dimensioni del canale prefabbricato in C.A.V.

Per il dimensionamento del canale si è posto un riempimento massimo dell'80%. Con tale riempimento si ha rispettivamente che:

Canale CR0	$A = 0,072 \text{ m}^2$	$C = 0,78\text{m}$
Canale CR1	$A = 0,200 \text{ m}^2$	$C = 1,30 \text{ m}$

La portata massima transitante nella canaletta grigliata è stata calcolata con la formula di Chézy avendo posto come parametro di Strickler il valore di 60 ($n = 0.0166$) e assumendo una pendenza minima pari a 0.2%. Il tempo di corrivazione è stato posto pari a 15 minuti. Inoltre, poiché l'area afferente al canale ha andamento pressoché orizzontale, il calcolo della superficie drenata è stato condotto assumendo una larghezza dell'area drenata pari a 10 m.

Si è quindi verificato che la portata affluente sia inferiore alla portata massima transitabile nel canale.

I risultati delle verifiche sono riportati nell'Allegato E.

4.4.5 Sistema di drenaggio - Caditoia discontinua grigliata

Le caditoie grigliate sono costituite da tratti di canalette grigliate di lunghezza pari ad un metro. Attraverso la griglia, l'acqua viene mandata, tramite un pozzetto, ad un 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 caditoia discontinua grigliata viene utilizzata per raccogliere l'acqua di piattaforma lungo il margine esterno in mancanza di fosso/tombino al piede;

Il tratto massimo di strada che la caditoia 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:

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

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 delle caditoie in modo che questo valore non venga superato.

L'interasse massimo delle caditoie si è posto pari a 20 m, avendo considerato un tempo di corrivazione minimo di 3 minuti.

La portata massima transitante nel collettore è stata calcolata con la formula di Chézy (come indicato nel par. 4.3.2), avendo posto come parametro di Strickler il valore di 80 ($n = 0.0125$) e assumendo una pendenza minima pari a 0.2%, valore valido anche per i tratti in contropendenza.

Si è quindi verificato che la portata affluente al collettore sia inferiore alla portata massima transitabile nel collettore stesso.

I risultati delle verifiche sono riportati negli Allegati F e G.

4.4.6 Collettori circolari in PEAD e PP

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti. 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 longitudinali alla viabilità, mentre collettori in PP SN 16 kN/m² per gli attraversamenti stradali.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato nella Tabella 4-2) ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0125 per le tubazioni in PEAD e PP.

Tabella 4-2: Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m²

DN	Spessore	Raggio interno
(mm)	(mm)	(mm)
315	22.0	135.5
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 una pendenza minima dello 0,2% e una velocità minima di 0,5 m/s in modo da avere una velocità dell'acqua in grado di asportare eventuali sedimenti accumulatisi nel tempo. Per evitare che i collettori vadano in pressione si è considerato un riempimento massimo dell'80% corrispondente.

Nelle figure seguenti sono riportate le portate massime smaltibili dai collettori in PEAD considerando il riempimento massimo detto in precedenza.

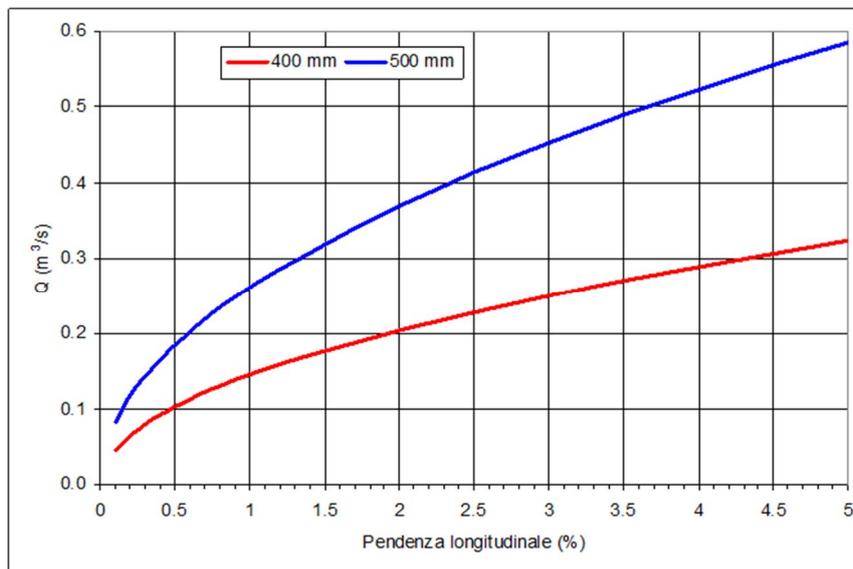


Figura 4-4: Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD di diametro 400 e 500 mm

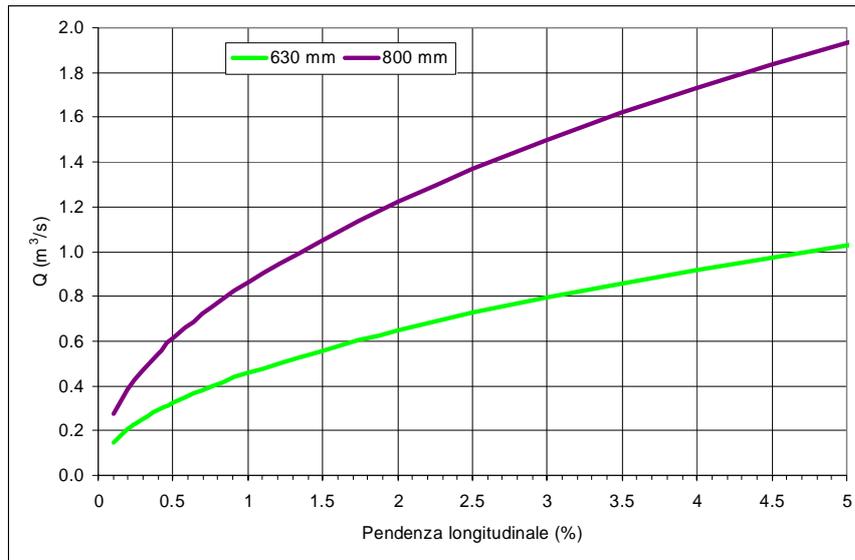


Figura 4-5: Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD di diametro 630 e 800 mm.

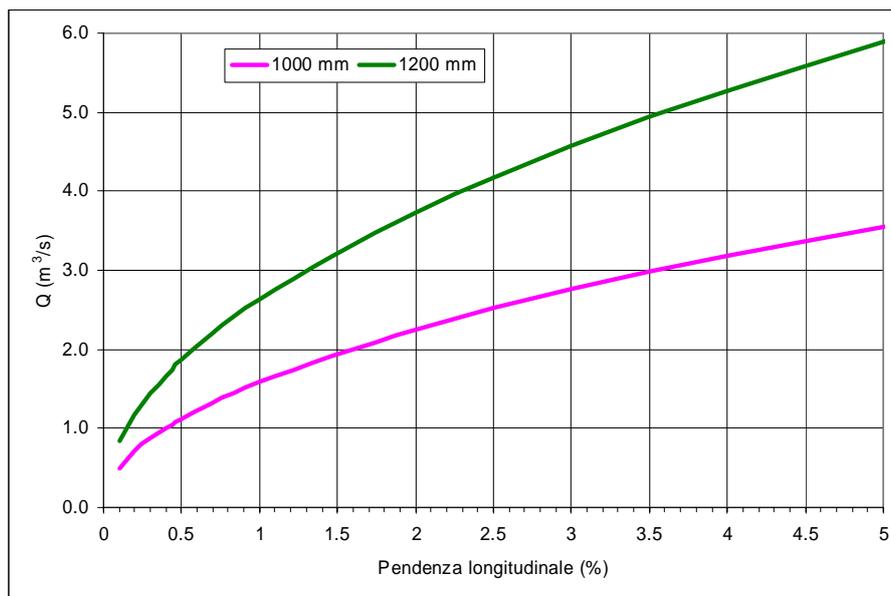


Figura 4-6: Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD di diametro 1000 e 1200 mm

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore, si pongono i pozzetti di ispezione ad un interasse massimo pari a 50m. In caso di parziale occlusione, la condotta si può svuotare utilizzando una lancia a pressione.

I risultati delle verifiche sono presentati in Allegato H.

4.4.7 Sistema di drenaggio lungo via Aposazza

L'intervento di manutenzione del sistema di drenaggio lungo Via Aposazza prevede la posa di caditoie sifonate rispondenti agli standard HERA in corrispondenza delle caditoie esistenti, e di un collettore DN400 in PEAD, con recapiti nel collettore fognario esistente ubicati in corrispondenza degli attuali recapiti.

A causa dell'abbassamento della livelletta stradale di circa 40 cm, si prevede inoltre il rifacimento della condotta fognaria esistente tipo Vigentino (dimensioni 2.40 x 1.92 m) per un tratto di lunghezza di 60 m sotto l'impronta del sottovia autostradale. Il rifacimento viene realizzato con scatolari prefabbricati di dimensioni 2.40 x 2.00 m, garantendo così una sezione (4.80 m²) maggiore di quella del collettore esistente.

Sono inoltre previsti due sensori di livello (uno per ciascuna falda stradale) in prossimità del punto di minimo del profilo stradale, collegati a altrettanti semafori che in caso di allagamento fanno scattare il rosso.

4.4.8 Fossi di guardia

Si rileva che l'intervento è situato al di fuori delle zone di ricarica della falda e pertanto non sono necessari fossi rivestiti. Si rileva inoltre che i recapiti sono costituiti dai collettori fognari esistenti, per i quali non sarebbe necessario alcun trattamento; tuttavia al fine di migliorare la qualità delle acque, gli elementi di laminazione finali, prima del recapito in fognatura, sono dotati di lama disoleatrice.

I fossi di guardia sono di norma di forma trapezia e vengono utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato sia quando è in trincea. Il tempo di ritorno di progetto per i fossi di guardia è di 25 anni.

Nel loro dimensionamento solitamente si pone un tempo di corrivazione costante, pari a 10 o 15 minuti, a seconda della grandezza del bacino afferente e della sua pendenza.

Quando la strada è in rilevato, il fosso è posto al piede e serve a raccogliere le acque che scendono dal rilevato stesso e a convogliarle verso il recapito finale più vicino. Questi fossi sono generalmente in terra (FI1A, FI1B, FI2 ed FI3), tranne nei casi in cui la loro pendenza longitudinale sia molto elevata (>1%), nel qual caso si utilizzano fossi rivestiti per evitare che la forte velocità dell'acqua possa erodere il fondo, o si è in presenza di sistema di drenaggio "chiuso" sui fossi di guardia, nel qual caso vengono utilizzati fossi rivestiti o fossi filtro.

Nel caso di sezione in trincea il fosso di guardia è sempre rivestito (FR1 o FR2) ed è posto in sommità alla trincea stessa. La sua funzione è quindi quella di raccogliere l'acqua che viene dal versante sovrastante, onde evitare che questa scenda lungo la trincea erodendola o che possa addirittura arrivare sulla piattaforma stradale.

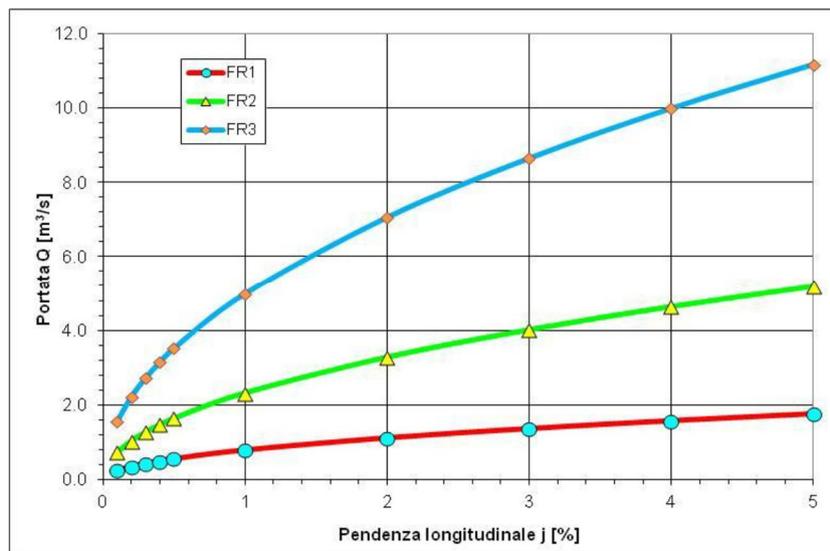


Figura 4-7: Portata massima transitante per i fossi rivestiti.

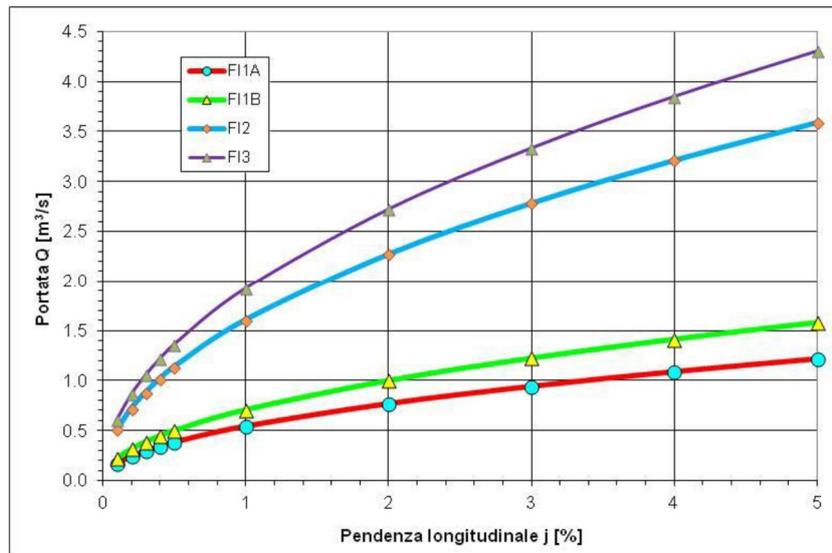


Figura 4-8: Portata massima transitante per i fossi inerbiti.

Per quanto riguarda il dimensionamento, si considera un riempimento massimo ammissibile dell'80%.

I coefficienti di scabrezza di Manning utilizzati sono 0.0300 per i fossi in terra e 0.0167 per i fossi rivestiti.

I fossi inoltre assolvono alla funzione di invaso di laminazione e sedimentazione. La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze (dell'ordine del 2 per mille), consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

4.4.9 Canali rettangolari

In alternativa ai fossi di guardia, per limitare l'ingombro dell'opera possono essere utilizzati manufatti rettangolari in calcestruzzo. Il tempo di ritorno di progetto per i canali rettangolari è di 25 anni.

Nel loro dimensionamento solitamente si pone un tempo di corrvazione costante, pari a 10 o 15 minuti, a seconda della grandezza del bacino afferente e della sua pendenza.

Le dimensioni dei canali rettangolari sono presentate nella tabella seguente

Tabella dimensioni (m)		
C-RETT	Larghezza	Altezza
0	1.00	1.00
1	2.00	1.00
2	2.50	1.50
3	2.50	2.00
4	2.50	3.00

Tabella 4-3: Dimensioni canali rettangolari

Per quanto riguarda il dimensionamento, si considera un riempimento massimo ammissibile dell'80%. Per le verifiche idrauliche si adotta un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a 60 ($n = 0,0166$).

4.4.9.1 Criteri di dimensionamento

In conseguenza della realizzazione della nuova piattaforma stradale, si ha un aumento della portata afferente ai recapiti dovuto all'incremento dell'estensione dell'area impermeabile.

Al fine di limitare le portate scaricate ai ricettori a contributi compatibili con il reticolo si opera la laminazione secondo i criteri definiti dall'Autorità idraulica competente.

I fossi sono dimensionati in modo da recuperare un volume minimo di invaso pari a $500\text{m}^3/(\text{ha})$ di nuova superficie pavimentata, oltre che in modo da garantire una portata scaricata pari a 15l/s per ettaro dell'intera superficie pavimentata afferente al sistema di drenaggio; quando gli elementi ricettori sono costituiti dai condotti fognari si è perseguito, oltretutto il criterio dell'invarianza idraulica, la riduzione della portata scaricata fino a massimizzare lo sfruttamento della volumetria dei fossi.. Ciò ha comportato, l'utilizzo di bacini di laminazione in quanto in taluni casi i fossi non erano sufficienti ad una laminazione adeguata.

La determinazione delle dimensioni delle vasche e dei fossi di laminazione è stata effettuata tramite l'equazione di continuità o equazione dei serbatoi applicata alla situazione in esame:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{d}{dt} W(t)$$

in cui la variazione del volume invasato al tempo t nel fosso è pari alla differenza tra la portata entrante dovuta all'evento meteorico riversatosi sulla piattaforma in esame e la portata uscente.

In generale si può assumere come limite inferiore della portata uscente il valore di 10l/s ; tuttavia nel caso in cui il valore teorico della portata laminata (uscente) è minore o uguale a 5l/s , si assumono nel calcolo 5l/s , se invece è compreso tra 5 e 10l/s si utilizzano 10l/s . Per valori superiori si utilizza il valore calcolato.

Nel caso in oggetto, per i manufatti MC20 e MC22 (si veda allegato I) è stata utilizzata una portata in uscita pari a 10l/s , anche se da calcolo la portata doveva essere inferiore. Questo per limitare le dimensioni dei manufatti di laminazione, e quindi degli scavi. Si segnala che ogni caso che in entrambi i casi la portata laminata (10l/s) è inferiore alla portata in assenza di laminazione, pari rispettivamente a 71 e 73l/s .

Il dimensionamento dei fossi è stato quindi effettuato imponendo l'equilibrio tra la portata drenata entrante nel fosso e la portata uscente (vincolata per vari motivi), verificando l'instaurarsi di un tirante idrico tale da garantire un franco di sicurezza; il tempo di ritorno adottato è di 25 anni.

Il volume che affluisce nel fosso in funzione del tempo è dato da:

$$V_{\text{affl}} = h A$$

con h altezza di pioggia ed A area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da:

$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata in uscita (q), si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{\text{defl}} = q t$$

Il volume all'interno del fosso in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito:

$$V_{\text{affl}} - V_{\text{defl}} = h A - q t = A \frac{a}{1000} t^n - q t = V$$

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, si impone pari a 0 la derivata, in funzione del tempo, della funzione precedente. Si ottiene quindi:

$$A \frac{a n}{1000} t^{n-1} - q = 0$$

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left(\frac{1000 q}{A a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il massimo del volume da invasare è dato quindi da:

$$V_{\max} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^*$$

Si fa notare che l'evento meteorico che massimizza il volume del fosso non è quello che massimizza la portata al colmo (tempo di pioggia uguale al tempo di corrivazione del bacino).

Il calcolo del volume immagazzinabile nel fosso è stato fatto integrando l'andamento dell'area della sezione del fosso in funzione del livello idrico tra 0 e la lunghezza totale del fosso; per i fossi trapezi l'andamento dell'area (A) in funzione del livello (X) assume l'andamento:

$$A = a X^2 + b X$$

i valori di a (inverso del coefficiente angolare) e b (larghezza del fondo fosso) dipendono dal tipo di fosso e sono riportati nel foglio di calcolo.

L'andamento di X varia in funzione della pendenza del fosso i(%) e sarà pari a:

$$X = h_0 - \frac{i(\%) l}{100}$$

con h0 altezza totale del fosso e l la progressiva. Si ottiene quindi la funzione:

$$A = a \left(h_0 - \frac{i(\%) l}{100} \right)^2 + b \left(h_0 - \frac{i(\%) l}{100} \right)$$

Il volume è dato dall'integrale della formula precedente tra 0 e la lunghezza del fosso (L).

$$V = \int_0^L a \left(h_0 - \frac{i(\%) l}{100} \right)^2 + b \left(h_0 - \frac{i(\%) l}{100} \right) dl$$

$$V = a \left(h_0^2 L - \frac{i(\%)^2 L^3}{10000} + \frac{1}{100} h_0 i(\%) L^2 \right) + b \left(h_0 L - \frac{i(\%) L^2}{200} \right)$$

Per i fossi rettangolari si fa un ragionamento analogo e si ottiene, indicando con D la larghezza del fosso:

$$V = \int_0^L D \left(h_0 - \frac{i(\%) l}{100} \right) dl = h_0 D L - \frac{i(\%) D L^2}{200}$$

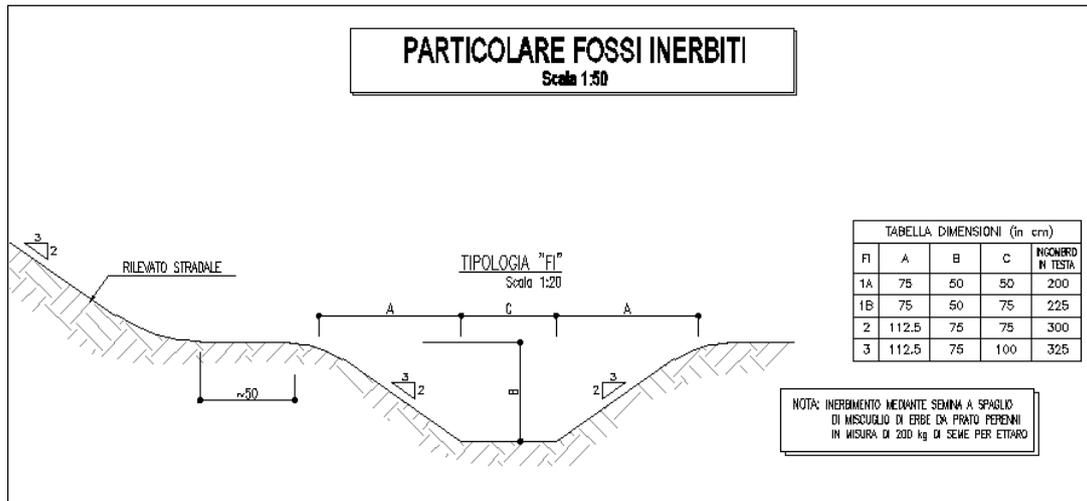


Figura 4-9: Dimensioni dei fossi

4.5 VASCA DI LAMINAZIONE

Laddove i fossi di guardia raggiungo dimensioni eccessive, è possibile realizzare una vasca di laminazione con volume di lavoro maggiore del volume di laminazione.

Nello specifico, è prevista una vasca di laminazione in terra a pianta triangolare per laminare la portata proveniente dal lato Ovest della sede della A13, comprensiva dell'allargamento per la terza corsia e dalle rampe di accesso alla via Aposazza in rilevato nel tratto a Sud del cavalcavia di via Aposazza.

Il volume di laminazione richiesto è pari a 352.58 m³, come indicato in Allegato I. Tuttavia, non essendo possibile realizzare un fosso di guardia di adeguate dimensioni, a causa dei vincoli relativi alle aree a disposizione per l'intervento, è prevista una vasca con superficie di base pari a 713.47 m² e massimo riempimento pari a 50 cm, e sponde con pendenza 7/4. Il volume di lavoro, calcolato senza considerare il volume disponibile in corrispondenza delle scarpate, e quindi in modo cautelativo, è pari a 713.47 m² x 0.50 m = 356.74 m³, superiore al volume di laminazione richiesto, pari a 352.58 m³.

Lo svuotamento della vasca avviene tramite un impianto di sollevamento dotato di n. 1+1 pompa con portata 13 l/s, prevalenza 2.75 m e potenza 1.5 kW. La tubazione di mandata è costituita da un tubo DN110 tipo PE100 PN10, con scarico nella tubazione di troppo pieno DN400.

La prevalenza è stata determinata come la somma dei seguenti termini:

$$DH = DH_{geo} + DH_f + DH_s$$

dove:

- DH_{geo} è il dislivello compreso tra la quota minima cui si trova l'acqua da sollevare (nella fattispecie la quota cui si trova la girante della pompa) e la quota massima che deve raggiungere l'acqua;
- DH_f sono le perdite di carico, divise in perdite di carico continue e localizzate;
- DH_s sono le perdite di carico allo sbocco.

Per le perdite di carico continue si utilizza la formula di Colebrook :

$$DH_{fc} = J \times L = (b_c \times Q^2 \times D^{-5}) \times L$$

dove :

L = lunghezza totale della tubazione

b_c = valore della scabrezza della tubazione secondo Colebrook

Q = portata sollevata dalla pompa

D = diametro della tubazione

Le perdite localizzate sono calcolate con la seguente relazione:

$$DH_{jl} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

dove:

K : coefficiente numerico di perdita di carico (si veda tabella seguente)

v : velocità nella condotta

Installazione	Coefficiente K
Gomito a 90°	0.75
Giunto a T	2.00
Valvola a saracinesca	0.25
Valvola di controllo	0.30

Tabella 4-4: Perdite di carico localizzate

Le perdite di carico allo sbocco si calcolano con la seguente relazione:

$$DH_s = \frac{v^2}{2g}$$

Nella tabella seguente sono presentati i dati caratteristici di progetto dell'impianto di sollevamento.

Dati impianto			
Dislivello geodetico	Dz	2,2	m
Diametro condotta premente	D	0,110	m
Lunghezza condotta premente	L	5,70	m
Portata singola pompa	Q _p	0,013	m ³ /s
Numero pompe	n	1 (+1)	
Dati cinematici			
Velocità	v	1,39	m/s
Perdite di carico			
Distribuite	DH _d	0,21	m
Concentrate	DH _c	0,27	m
Sbocco	Dh _s	0,07	m
Prevalenza	H	2,75	m
Caratteristiche meccaniche			
Numero di avviamenti orari		5	
Caratteristiche elettropompa			
Potenza nominale	P	1,5	kW

Tabella 4-5: Caratteristiche principali impianto di sollevamento

4.6 MANUFATTI DI CONTROLLO

Il manufatto di controllo ha lo scopo di garantire la regolazione o meno delle portate scaricate nei ricettori e il controllo degli oli scaricati. Sono stati previste due tipologie di manufatti: manufatti di controllo in linea e manufatti di controllo terminali. I primi sono dei setti posti tra all'interno dei fossi o allo sbocco dei bacini di laminazione che permettono di aumentare la capacità di laminazione. I manufatti terminali invece sono posti prima del corpo recettore.

Per il controllo qualitativo le prescrizioni da adottarsi hanno a riferimento soluzioni progettuali in grado di sedimentare e disoleare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore.

Tale sistema tratta gli oli e i solidi sedimentabili in continuo e pertanto è sottoposta a trattamento l'intera portata e non solo la prima pioggia.

La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze dell'ordine del per mille, consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

Mentre al fine di controllare lo scarico degli oli nei ricettori si utilizzano 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. Infatti l'olio avendo un peso specifico inferiore rispetto all'acqua si stabilisce in superficie ed è intercettato dal setto posto immediatamente a monte dello scarico avente la sommità a quota superiore rispetto al massimo riempimento in progetto.

Per il **controllo quantitativo** si è opportunamente dotato tale manufatto di regolatore di portata opportune dimensioni ed di una soglia sfiorante posta alla quota di riempimento all'80% del fosso.

La portata è scaricata nei ricettori entro i limiti attraverso il primo organo di controllo. Lo sfioratore è un organo di sicurezza, in caso di ostruzione della bocca tarata (con funzionamento a stramazzo).

La portata massima della soglia sfiorante può essere calcolata con la formula del funzionamento dello sfioratore:

$$Q = m \times L \times h \sqrt{2 g h}$$

Essendo $m = 0.385$ per la larga soglia e $m = 0.415$ per lo stramazzo trapezio, L la lunghezza della soglia sfiorante e h il carico sullo sfioratore corrispondente al riempimento del fosso all'80%.

Il manufatto presenta una larghezza interna in pianta variabile a seconda del fosso in ingresso.

La regolazione della portata avviene attraverso regolatore di portata variabile a seconda della laminazione (e conseguente portata rilasciata) richiesta. Nelle planimetrie idrauliche sono riportate le sezioni di progetto per ogni singola bocca tarata.

In sintesi si hanno tre tipologie di manufatti.

Il **tipo 1** presenta sia il setto disoleatore sia la bocca tarata, quindi permette sia un trattamento qualitativo che quantitativo degli scarichi. E' utilizzato in presenza di sistema di drenaggio di tipo "chiuso" e si ha la necessità di laminare la portata in uscita. Quando lo scarico avviene ad una quota prossima al fondo del recapito o quando il livello di piena di quest'ultimo potrebbe rigurgitare all'interno del fosso, si prevede di installare sulla bocca tarata una valvola clapet (manufatto tipo MC1)

Il **tipo 2** svolge la sola funzione di laminazione della portata sfruttando come volume di accumulo il canale rettangolare; non svolgendo trattamenti qualitativi, se non la sedimentazione, è utilizzato in presenza di sistema di drenaggio di tipo "aperto". Quando lo scarico avviene ad una quota prossima al fondo del recapito o quando il livello di piena di quest'ultimo potrebbe rigurgitare all'interno del fosso, si prevede di installare sulla bocca tarata una valvola clapet. (manufatto tipo MC2)

Il **tipo 3** è analogo al tipo 1, con la sola differenza che l'elemento in entrata è costituito da un canale rettangolare (manufatto tipo MC3)

I manufatti di controllo sopra menzionati potranno essere attrezzati per il solo controllo quantitativo (sistema aperto) o per entrambi gli scopi, effettuando un controllo quali-quantitativo (sistema chiuso); per maggiori dettagli si rimanda alle tavole di dettaglio degli elementi tipologici.

I risultati del dimensionamento dei manufatti di controllo sono presentati in allegato I

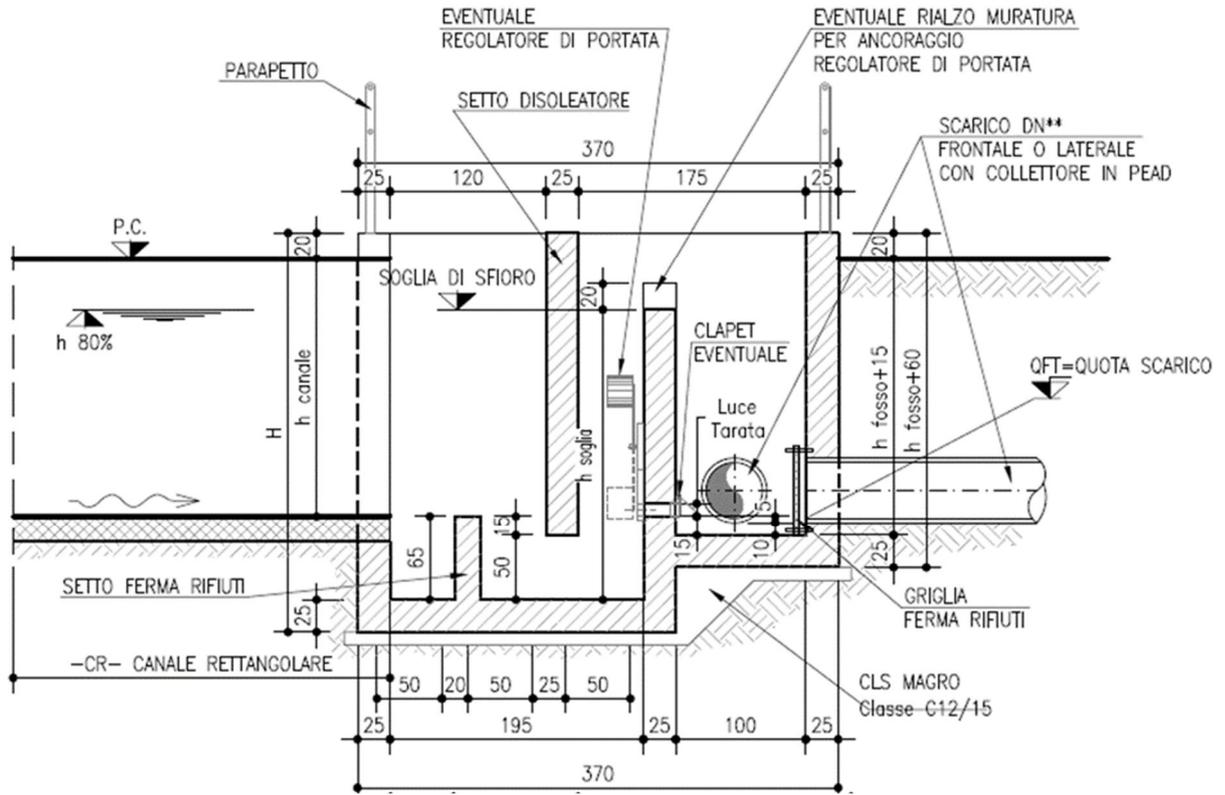


Figura 4-12: Manufatto per il controllo quantitativo e qualitativo tipo MC3– Sistema chiuso – Canale rettangolare in arrivo

ALLEGATO A
EMBRICI

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	j _i (%)	j _k (%)	j (%)	L _{off} (m)	q (l/s m)	Q (l/s)	Interasse (m)
RS001	584.80	538.83	45.97	6.50	298.80	3.00	194.24	0.25	4.08	4.08	6.51	0.35	5.18	10.00
RS001	647.20	584.80	62.40	6.50	405.60	3.00	194.24	0.25	5.65	5.66	6.51	0.35	8.83	20.00
RS001	678.55	647.20	31.35	8.50	266.47	3.00	194.24	0.25	5.65	5.66	8.51	0.46	8.83	15.00
RS001	800.00	678.55	121.45	10.50	1275.23	3.04	193.00	0.25	4.20	4.21	10.52	0.56	5.44	10.00
RS001	857.45	800.00	57.45	6.50	373.43	3.00	227.42	2.42	2.50	3.48	9.05	0.41	7.21	15.00
RS001	955.00	883.45	71.55	6.50	465.08	3.00	227.55	3.00	4.75	5.62	7.69	0.41	23.05	30.00
RS001	1060.00	955.00	105.00	6.50	682.50	3.00	227.55	0.02	7.30	7.30	6.50	0.41	4.15	10.00
RS001	1080.00	1060.00	20.00	6.50	130.00	3.00	227.55	3.52	7.00	7.84	7.28	0.41	46.94	10.00
RS002	886.00	868.00	18.00	6.50	117.00	3.00	194.24	1.05	3.47	3.62	6.79	0.35	8.13	20.00
RS002	868.00	783.00	85.00	6.50	552.50	3.00	194.24	1.55	3.47	3.80	7.12	0.35	9.88	25.00
RS002	640.00	600.00	40.00	6.50	260.00	3.00	194.24	0.16	5.00	5.00	6.50	0.35	5.79	15.00
RS002	600.00	550.00	50.00	6.50	325.00	3.00	194.24	2.73	5.00	5.70	7.41	0.35	23.91	30.00
RS002	550.00	439.65	110.35	8.50	937.98	3.00	194.24	0.40	3.30	3.32	8.56	0.46	4.63	10.00
RS002	360.25	310.00	50.25	6.50	326.63	3.00	194.24	1.50	2.50	2.92	7.58	0.35	5.68	15.00
RS002	281.37	187.20	94.17	6.50	612.11	3.00	227.55	3.00	4.75	5.62	7.69	0.41	23.05	30.00
RS002	187.20	100.00	87.20	6.50	566.80	3.00	227.55	0.06	7.00	7.00	6.50	0.41	6.13	10.00
RS005	75.00	20.00	55.00	10.75	591.25	3.00	194.24	0.27	4.97	4.97	10.77	0.58	7.43	10.00
RS006	200.00	158.00	42.00	6.50	273.00	3.00	194.24	2.50	7.00	7.43	6.90	0.35	39.56	30.00
RS006	158.00	120.00	38.00	6.50	247.00	3.00	194.24	4.50	7.00	8.32	7.73	0.35	53.08	30.00
A13 - Est	1150.00	1090.00	60.00	15.46	927.60	4.63	157.44	0.25	2.13	2.15	15.57	0.68	33.42	30.00
A13 - Est	1090.00	950.00	140.00	13.33	1866.20	4.13	166.42	0.04	2.40	2.40	13.33	0.62	16.80	25.00
A13 - Ovest	1170.00	1080.00	90.00	15.50	1395.00	4.38	161.66	0.12	2.52	2.52	15.52	0.70	30.66	30.00
A13 - Ovest	1080.00	950.00	130.00	15.18	1973.40	4.47	160.13	0.26	2.31	2.32	15.28	0.68	38.83	30.00
A13 - Ovest	950.00	870.00	80.00	13.56	1084.80	4.61	157.76	0.05	1.77	1.77	13.57	0.59	10.96	15.00

ALLEGATO B
EMBRICI IN PRESENZA DI BARRIERE FONOASSORBENTI

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	j _i (%)	j _k (%)	j (%)	L _{eff} (m)	q (l/s m)	Q (l/s)	Interasse (m)
RS001	27.65	0.00	27.65	6.50	179.73	3.00	194.24	0.11	4.26	4.26	6.50	0.35	3.69	10.00
RS001	60.97	27.65	33.32	6.50	216.58	3.00	194.24	0.45	6.01	6.03	6.52	0.35	13.10	30.00
RS001	105.38	60.97	44.41	6.50	288.67	3.00	194.24	0.63	4.26	4.30	6.57	0.35	8.82	25.00
RS001	272.60	238.99	33.61	6.50	218.47	3.00	194.24	0.20	3.45	3.46	6.51	0.35	3.52	10.00
RS001	300.00	272.60	27.40	6.50	178.10	3.00	194.24	0.08	6.01	6.01	6.50	0.35	5.52	15.00
RS002	1131.91	1100.00	31.91	6.50	207.42	3.00	194.24	0.91	2.27	2.44	7.00	0.35	3.76	10.00
RS003	68.68	20.00	48.68	6.50	316.42	3.01	193.98	2.47	2.50	3.51	9.14	0.35	7.28	20.00
RS003	123.96	68.68	55.28	6.50	359.32	3.00	194.24	0.39	3.40	3.42	6.54	0.35	4.80	10.00
RS003	307.00	123.96	183.04	6.50	1189.76	3.00	194.24	0.27	3.30	3.31	6.52	0.35	3.81	10.00

ALLEGATO C
INTERASSE DISCENDENTI CANALETTA GRGLIATA CONTINUA

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. piatt. (m)	Largh. scarp. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	j _l (%)	j _t (%)	j (%)	L _{eff} (m)	q (l/s m)	Q (l/s)	Interasse (m)
RS001	361.21	300.00	61.21	8.75	0.00	535.55	3.00	194.24	4.05	6.01	7.25	10.55	0.47	17.50	10
RS001	389.31	361.21	28.10	6.50	0.00	182.65	3.00	194.24	1.42	4.26	4.49	6.85	0.35	17.50	10
RS001	1149.58	1080.00	69.58	6.50	2.22	544.91	3.00	227.55	3.52	7.00	7.84	7.28	0.50	17.50	10
RS002	44.08	0.00	44.08	6.50	3.90	389.67	3.00	227.55	0.62	4.75	4.79	6.56	0.56	17.50	10
RS002	90.00	44.08	45.92	6.50	1.95	352.21	3.00	227.55	6.50	7.00	9.55	8.87	0.48	17.50	10
RS005	140.00	80.00	60.00	6.50	1.40	440.40	3.00	227.55	3.00	6.93	7.55	7.08	0.46	17.50	10
RS005	217.30	140.00	77.30	6.50	1.40	567.38	3.00	227.55	3.20	4.72	5.70	7.86	0.46	17.50	10
RS006	60.00	0.00	60.00	6.50	2.95	496.20	3.00	227.55	0.73	4.75	4.81	6.58	0.52	17.50	10
RS006	106.00	60.00	46.00	6.50	2.95	380.42	3.00	227.55	5.00	7.00	8.60	7.99	0.52	17.50	10
A13 - Est	1300.00	1230.00	70.00	15.37	3.42	1218.98	4.52	159.29	0.34	2.28	2.30	15.54	0.77	17.50	10
A13 - Est	1210.00	1153.00	57.00	15.42	3.42	995.73	4.53	159.10	0.28	2.27	2.29	15.54	0.77	17.50	10
A13 - Ovest	1290.00	1230.00	60.00	20.52	3.11	1342.98	5.37	146.42	0.40	2.10	2.13	20.89	0.91	17.50	10

ALLEGATO D
CANALETTA GRIGLIATA CONTINUA
COLLETTORI

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. piatt. (m)	Largh. scarp. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	j _i (%)	j _t (%)	j (%)	L _{eff} (m)	DN (mm)	Q (l/s)	Q _{coll80%} (l/s)
RS001	361.21	300.00	61.21	8.75	0.00	535.55	3.00	194.24	4.05	6.01	7.25	10.55	400	28.90	291.71
RS001	389.31	361.21	28.10	6.50	0.00	182.65	3.00	194.24	1.42	4.26	4.49	6.85	400	9.86	172.73
RS001	1149.58	1080.00	69.58	6.50	2.22	544.91	3.00	227.55	3.52	7.00	7.84	7.28	400	45.52	271.95
RS002	44.08	0.00	44.08	6.50	3.90	389.67	3.00	227.55	0.62	4.75	4.79	6.56	400	60.76	114.13
RS002	90.00	44.08	45.92	6.50	1.95	352.21	3.00	227.55	6.50	7.00	9.55	8.87	400	36.13	369.55
RS005	140.00	80.00	60.00	6.50	1.40	440.40	3.00	227.55	3.00	6.93	7.55	7.08	400	32.88	251.06
RS005	217.30	140.00	77.30	6.50	1.40	567.38	3.00	227.55	3.20	4.72	5.70	7.86	400	42.55	259.29
RS006	60.00	0.00	60.00	6.50	2.95	496.20	3.00	227.55	0.73	4.75	4.81	6.58	400	36.58	123.85
RS006	106.00	60.00	46.00	6.50	2.95	380.42	3.00	227.55	5.00	7.00	8.60	7.99	400	28.04	324.12
A13 - Est	1300.00	1230.00	70.00	15.37	3.42	1218.98	4.52	159.29	0.34	2.28	2.30	15.54	400	53.93	84.87
A13 - Est	1210.00	1153.00	57.00	15.42	3.42	995.73	4.53	159.10	0.28	2.27	2.29	15.54	400	44.01	76.80
A13 - Ovest	1290.00	1230.00	60.00	20.52	3.11	1342.98	5.37	146.42	0.40	2.10	2.13	20.89	400	54.62	91.67
A13 - Ovest	1210.00	1170.00	40.00	17.22	3.11	763.32	4.69	156.34	0.68	2.44	2.53	17.87	400	33.15	119.09

ALLEGATO E
CANALETTA IN CAV

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Largh. Scarp. (m)	Area rid. (m ²)	t _c (min)	i (mm/h)	j _i (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Canale	Q _{can80%} (l/s)
RS001	1178.00	1109.00	70.00	10.00	0.00	210.00	15.00	104.25	0.20	0.09	6.08	CR1	154.08
RS002	60.00	N.A.	92.00	10.00	0.00	276.00	15.00	104.25	0.20	0.09	7.99	CR1	154.08
RS005	217.00	140.00	77.00	10.00	0.00	231.00	15.00	104.25	0.20	0.09	6.69	CR1	154.08
RS005	140.00	77.00	58.00	10.00	0.00	174.00	15.00	104.25	0.20	0.09	5.04	CR1	154.08
RS006	106.00	60.00	46.00	10.00	0.00	138.00	15.00	104.25	0.20	0.09	4.00	CR1	154.08
RS006	60.00	0.00	60.00	10.00	0.00	180.00	15.00	104.25	0.20	0.09	5.21	CR1	154.08
A13 - Est	1148.00	1100.00	48.00	15.46	2.53	814.70	10.00	108.33	0.20	0.51	24.52	CR1	154.08
A13 - Est	1100.00	950.00	150.00	13.33	3.17	2284.05	10.00	108.33	0.20	0.46	68.73	CR1	154.08
A13 - Ovest	1168.00	1080.00	88.00	15.50	1.90	1463.88	10.00	108.33	0.20	0.50	44.05	CR1	154.08
A13 - Ovest	1080.00	940.00	140.00	15.00	2.05	2272.20	10.00	108.33	0.20	0.49	68.37	CR1	154.08
A13 - Ovest	940.00	870.00	70.00	13.56	2.84	1068.48	10.00	108.33	0.20	0.46	32.15	CR1	154.08

ALLEGATO F
INTERASSE CADITOIA DISCONTINUA GRIGLIATA

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	j _i (%)	j _k (%)	j (%)	L _{eff} (m)	q (l/s m)	Q (l/s)	Interasse (m)
RS001	138.99	94.58	44.41	6.50	288.67	3.00	194.24	0.62	3.01	3.07	6.64	0.35	17.50	20
RS001	180.00	138.99	41.01	6.50	266.57	3.00	194.24	0.62	6.01	6.04	6.53	0.35	17.50	20
RS001	227.00	180.00	47.00	6.50	305.50	3.00	194.24	1.30	3.01	3.27	7.08	0.35	17.50	20
RS001	415.78	393.00	22.78	6.50	148.07	3.00	194.24	1.42	3.29	3.58	7.08	0.35	17.50	20
RS001	480.00	415.78	64.22	6.50	417.43	3.00	194.24	1.42	6.58	6.73	6.65	0.35	17.50	20
RS001	511.36	480.00	31.36	6.50	203.84	3.00	194.24	1.42	3.29	3.58	7.08	0.35	17.50	20
RS002	427.00	396.00	31.00	8.50	263.50	3.00	194.24	0.20	4.80	4.80	8.51	0.46	17.50	20
RS002	698.77	649.77	49.00	6.50	318.50	3.00	194.24	0.16	3.50	3.50	6.51	0.35	17.50	20
RS002	780.00	698.77	81.23	6.50	528.00	3.00	194.24	0.16	7.00	7.00	6.50	0.35	17.50	20
RS002	940.00	886.22	53.78	6.50	349.57	3.12	190.70	1.05	2.02	2.27	7.33	0.34	17.50	20
RS002	1054.80	940.00	114.80	6.50	746.20	3.00	194.24	1.49	4.03	4.30	6.93	0.35	17.50	20
RS002	1086.30	1054.80	31.50	6.50	204.75	3.06	192.50	0.17	2.02	2.02	6.52	0.35	17.50	20

ALLEGATO G
COLLETTORE CADITOIA DISCONTINUA GRIGLIATA

Asse	Prog. inizio	Prog. fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	t_a (min)	i (mm/h)	j_l (%)	j_k (%)	j (%)	L_{eff} (m)	Q (l/s)	DN (mm)	$j_{collettore}$ (%)	$Q_{coll80\%}$ (l/s)
RS001	138.99	94.58	44.41	6.50	3.00	194.24	0.62	3.01	3.07	6.64	15.58	400	0.20	64.82
RS001	180.00	138.99	41.01	6.50	3.00	194.24	0.62	6.01	6.04	6.53	29.96	400	0.20	64.82
RS001	227.00	180.00	47.00	6.50	3.00	194.24	1.30	3.01	3.27	7.08	46.44	400	0.20	64.82
RS001	415.78	393.00	22.78	6.50	3.00	194.24	1.42	3.29	3.58	7.08	7.99	315	0.20	35.72
RS001	480.00	415.78	64.22	6.50	3.00	194.24	1.42	6.58	6.73	6.65	30.51	315	0.20	35.72
RS001	511.36	480.00	31.36	6.50	3.00	194.24	1.42	3.29	3.58	7.08	11.00	315	0.20	35.72
RS002	427.00	396.00	31.00	8.50	3.00	194.24	0.20	4.80	4.80	8.51	14.22	315	0.20	35.72
RS002	698.77	649.77	49.00	6.50	3.00	194.24	0.16	3.50	3.50	6.51	17.18	400	0.20	64.82
RS002	780.00	698.77	81.23	6.50	3.00	194.24	0.16	7.00	7.00	6.50	45.67	400	0.20	64.82
RS002	940.00	886.22	53.78	6.50	3.12	190.70	1.05	2.02	2.27	7.33	18.52	315	1.05	81.86
RS002	1054.80	940.00	114.80	6.50	3.00	194.24	1.49	4.03	4.30	6.93	51.21	400	0.20	64.82
RS002	1086.30	1054.80	31.50	6.50	3.06	192.50	0.17	2.02	2.02	6.52	10.95	400	0.20	64.82

ALLEGATO H:
COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP

Asse	Inizio	Fine	j (%)	Q (l/s)	Diametro (mm)	Materiale	Q _{80%} (l/s)	V (m/s)
RS001	PS004	MF1	0.20	42.65	400	PP	64.81	0.74
RS001	PS006	PS007	0.20	38.75	400	PEAD	64.81	0.73
RS001	PS010	PS011	0.20	49.50	400	PP	64.81	0.77
RS001	PS013	Fognatura esistente	0.50	1075.00	1000	PEAD	1723.00	2.36
RS001	PS014	Fognatura esistente	0.20	24.00	400	PEAD	64.81	0.65
RS001	PS054	MF7	0.20	44.01	315	PP	94.68	0.66
RS001	MC018	Fognatura esistente	0.30	5.00	315	PEAD	61.32	0.50
RS001	MC020	Collettore Vigentino	0.30	10.00	315	PP	53.84	0.60
RS002	PS035	PS036	0.50	92.72	400	PP	102.47	1.25
RS002	MF9	MC016	0.20	45.67	400	PP	64.81	0.75
RS002	PS046	MF3	0.20	18.52	400	PP	64.81	0.61
RS002	PS047	MF2	0.20	51.21	400	PP	64.81	0.77
RS002	PS056	MF11	0.20	33.15	400	PP	64.81	0.70
RS002	PS058	MF10	0.20	26.41	400	PP	64.81	0.66

Asse	Inizio	Fine	j (%)	Q (l/s)	Diametro (mm)	Materiale	Q _{80%} (l/s)	V (m/s)
RS002	PS057	PS035	0.30	78.50	400	PEAD	79.37	0.98
RS002	PS074	Vasca di laminazione	0.20	183.00	630	PP	279.14	1.05
RS005	PS017	CR8	0.30	75.43	400	PP	79.37	0.98
RS005	MC024	Fognatura esistente	0.20	10.00	400	PEAD	64.81	0.51
RS006	PS027	PS026	0.20	64.62	400	PP	64.81	0.80
RS006	PS033	PS032	0.30	38.15	400	PP	78.80	0.85
RP001	PS026	CR7	0.20	64.62	400	PEAD	48.61	0.80
RP001	MC023	Collettore Vigentino	0.30	5.00	315	PP	53.84	0.50
RP001	MC022	Collettore Vigentino	0.20	10.00	315	PP	43.96	0.52
Area Esazione Ovest	Caditoie varco 8 - Sud - Barriera Ovest	PS080	0.20	31.02	400	PP	64.81	0.69
Area Esazione Ovest	Caditoie varco 8 - Nord - Barriera Ovest	PS080	0.20	64.75	400	PP	64.81	0.80
Area Esazione Ovest	PS080	PS044	0.20	95.77	500	PP	171.66	0.90
Area Esazione Est	Caditoie varco 9 - Nord - Barriera Ovest	PS082	0.20	10.55	400	PP	64.81	0.52
Area Esazione Est	Caditoie varco 9 - Sud - Barriera Ovest	PS082	0.20	22.01	400	PP	64.81	0.63
Area Esazione Est	PS082	PS083	0.20	32.56	400	PP	64.81	0.70

ALLEGATO I
MANUFATTI DI CONTROLLO

Asse	Progressiva	Manufatto	Tipologia fosso in ingresso	Recapito	Sistema	Superficie esistente	Superficie ampliamento	Volume da criterio AdB	Volume di laminazione effettivo	Portata esistente	Portata laminata
(-)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(l/s)	(l/s)
RS003	100.00	MC001	FI-4	FI-4	Chiuso	1143.36	1971.36	41.40	69.15	28.26	5.00
RS003	160.00	MC002	FI-4	FI-4	Chiuso	877.54	1501.04	72.58	89.83	21.69	5.00
RS003	307.34	MC003	FI-4	FI-2	Chiuso	2157.60	3680.10	148.70	162.26	53.33	10.73
RS001	94.58	MC004	FI-2	FI-2	Chiuso	329.40	914.40	177.95	41.07	8.14	12.10
RS001	238.99	MC005	FI-2	FI-2	Chiuso	697.68	1692.18	227.68	76.00	17.25	14.64
RS001	377.33	MC006	FI-2	FI-2	Chiuso	483.12	1578.72	282.46	70.90	11.94	17.01
RS001	538.85	MC007	FI-2	PS013 / Collettore fognario 100 cm x 150 cm	Chiuso	751.50	1920.50	340.91	86.26	18.58	19.89
RS001	541.87	MC008	FI-1A	PS013 / Collettore fognario 100 cm x 150 cm	Chiuso	122.40	343.40	11.05	3.21	3.03	5.00
RS001	700.00	MC009	FI-4	FI-4	Chiuso	2182.96	3100.96	45.90	134.62	53.96	5.00
RS001	757.16	MC010	FI-4	PS014 / Collettore fognario 100 cm x 150 cm	Chiuso	2372.00	3902.00	122.30	179.83	58.67	11.00
RS002	333.74	MC011	FI-4	MF11	Chiuso	1124.00	1384.00	13.00	41.10	27.78	5.00
RS005	38.05	MC012	FI-1A	PS014 / Collettore fognario 100 cm x 150 cm	Chiuso	85.80	271.70	9.30	2.75	2.48	5.00

Asse	Progressiva	Manufatto	Tipologia fosso in ingresso	Recapito	Sistema	Superficie esistente	Superficie ampliamento	Volume da criterio AdB	Volume di laminazione effettivo	Portata esistente	Portata laminata
(-)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(l/s)	(l/s)
RS002	1086.36	MC013	FI-2	FI-2	Chiuso	835.65	1128.15	14.63	33.25	20.66	5.00
RS002	940.00	MC014	FI-2	FI-2	Chiuso	271.80	1253.30	63.70	58.05	6.72	5.00
RS002	783.06	MC015	FI-2	FI-2	Chiuso	578.34	1572.84	113.43	47.59	14.30	10.00
RS002	649.77	MC016	FI-2	FI-4	Chiuso	255.60	1178.60	159.58	64.95	6.32	10.00
RS002	570.78	MC017	FI-4	PS037 / Collettore esistente DN400	Chiuso	883.90	1423.40	186.55	90.62	21.85	9.83
RS001	867.60	MC018	FI-4	Collettore fognario 100 cm x 150 cm	Chiuso	1560.85	1918.35	17.88	66.43	38.58	5.00
RS001	1080.58	MC019	FI-2	PS076 / DN400	Chiuso	690.42	1704.22	50.69	69.21	19.99	5.00
RS001	1160.70	MC020	Vasca scoperta RS001	Collettore fognario tipo Vigentino 2.40m x 1.92 m	Aperto	244.80	756.30	71.47	16.51	7.09	10.00
RS002	95.00	MC021	FI-2	PS075 / DN400	Chiuso	678.90	1654.91	48.80	66.29	19.66	5.00
RP001	192.86	MC022	Vasca scoperta RS002	Collettore fognario tipo Vigentino 2.40m x 1.92 m	Aperto	297.48	871.35	71.57	22.82	8.61	10.00
RP001	200.00	MC023	CR-7	Collettore fognario tipo Vigentino 2.40m x 1.92 m	Aperto	323.73	1061.28	33.91	38.48	9.37	5.00
RS005	110.34	MC024	CR-8	Collettore fognario 100 cm x 150 cm	Chiuso	296.25	1302.50	45.31	46.61	8.58	5.00
RS002	480.00	Vasca laminazione	CR-4	Collettore esistente DN400	Chiuso	5146.90	7381.40	120.63	352.58	127.23	13.15