



Autostrada Asti-Cuneo

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)
LOTTO 6 RODDI-DIGA ENEL

STRALCIO a
TRA IL LOTTO II.7 E LA PK. 5+000

PROGETTO DEFINITIVO

02 - STUDI E INDAGINI

02.04 - Idrologia ed idraulica

Relazione idrologica e idraulica - Smaltimento acque di piattaforma

IMPRESA 	PROGETTISTA 	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031 	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	Ing. Dutto	Ing. Dutto	Ing. Sguazzo	Ing. Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							02.04.03	

CODIFICA <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LIV</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> </tr> <tr> <td>P017</td> <td>D</td> <td>IDR RI 003</td> <td>A</td> </tr> </table>	PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV	P017	D	IDR RI 003	A	WBS A33126A000 CUP G31B20001080005
PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV						
P017	D	IDR RI 003	A						

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE
-------------------------------	-------------------------

INDICE

PREMESSA	2
1. INQUADRAMENTO GENERALE	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3. ANALISI IDROLOGICA	4
3.1. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN STUDIO	4
3.2. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO PER T < 1ORA	4
4. ANALISI IDRAULICA	7
4.1. RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE	7
4.1.1. <i>Descrizione della rete di raccolta</i>	7
4.1.2. <i>Dimensionamento delle canalizzazioni</i>	7
4.1.3. <i>Considerazioni relative alla tipologia di pavimentazione</i>	8
4.1.4. <i>Calcolo delle portate lungo la rete di raccolta</i>	11
4.1.5. <i>Verifica delle canalizzazioni</i>	13
4.1.6. <i>Dimensionamento dell'interasse degli embrici</i>	22
4.1.7. <i>Dimensionamento dell'interasse tra le caditoie nelle tubazioni in cls</i>	26
4.1.8. <i>Dimensionamento dell'interasse tra le caditoie nei viadotti</i>	28
4.1.9. <i>Verifica del fenomeno di aquaplaning</i>	28
4.2. TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA	30
4.2.1. <i>Fenomeno di dilavamento stradale – first flush</i>	30
4.2.2. <i>Acque di “prima pioggia”</i>	32
4.2.3. <i>Dimensionamento degli impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia</i>	32
4.2.4. <i>Dimensionamento e verifica dei sifoni</i>	34
4.3. RECAPITO AI CORPI IDRICI RECETTORI	36
4.4. RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE PER I PIAZZALI DI CANTIERE	37

ALLEGATO 1 – VERIFICA DELLA RETE DI RACCOLTA

PREMESSA

La presente relazione descrive l'analisi e la verifica degli aspetti progettuali idrologici e idraulici relativi al progetto del collegamento stradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6a, con riferimento alla determinazione delle portate di progetto per il dimensionamento e la verifica della rete di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque della piattaforma autostradale.

Il presente elaborato presenta le analisi condotte sul tema dell'idrologia e dell'idraulica di piattaforma attraverso la quantificazione delle portate defluenti sulla sede stradale e, conseguentemente, lungo la rete di raccolta.

1. INQUADRAMENTO GENERALE

Il tratto autostradale in progetto costituisce il Lotto 6a del Tronco II del collegamento Asti – Cuneo. Il Lotto II.6a corre lungo la Valle del F. Tanaro, dal versante in destra idrografica del Rio S. Michele (Comune di La Morra) alla progressiva km 5+000 del Lotto II.6 originario, attraversando i Comuni di Cherasco, Verduno e Roddi. Tale stralcio si pone in variante rispetto alla soluzione originaria in galleria, riproponendo, sostanzialmente, il tracciato già oggetto in passato di studi progettuali.

Il tracciato autostradale si mantiene ad una distanza consistente dall'alveo inciso del fiume Tanaro, salvo per un tratto in cui esso si sviluppa in area esondabile, localizzandosi quindi all'interno della fascia B. La presenza del Canale Enel condiziona inoltre la progettazione del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e in particolare del recapito.

La rete di raccolta delle acque di piattaforma è un sistema di tipo chiuso che prevede l'utilizzo di canalizzazioni rivestite e impermeabili, le quali consentono di convogliare le portate all'interno di opportune vasche di trattamento evitando la dispersione degli inquinanti prodotti dal dilavamento della superficie stradale.

La realizzazione degli impianti di trattamento deriva dalla necessità di trattare le acque di prima pioggia prima di essere immesse nel corpo idrico recettore. Le vasche di trattamento, adibite a tale scopo, sono state definite ottimizzandone sia il numero che il posizionamento planimetrico ai fini di:

- Migliorare l'efficienza idraulica del sistema;
- Migliorare l'efficacia del trattamento di depurazione del carico inquinante a tutela dell'ambiente;
- Semplificare le operazioni di gestione e manutenzione dell'intero sistema.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

In questo paragrafo vengono elencati ed evidenziati i principali ambiti normativi di riferimento per la trattazione degli aspetti progettuali di competenza del presente elaborato. In relazione alla normativa di settore, è opportuno indicare i seguenti principali riferimenti normativi:

- R.D. 25 luglio 1904 n.523 “*Testo Unico delle disposizioni di legge interne alle opere idrauliche delle diverse categorie*”;
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152: “*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*”;
- *Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce “A” e “B” approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999, Autorità di Bacino del fiume Po*;
- Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258: “*Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128*”;
- LR 29 dicembre 2000, n. 61; “*Disposizioni per la prima attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 in materia di tutela delle acque*”.
- Autorità di Bacino del Fiume Po “*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*” ai sensi dell' art.1 c.1 L.3.08.98 n.267 e s.m.i (21/4/2001);
- “*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*” adottata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con il Piano di Assetto Idrogeologico (21/4/2001).
- Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*”;
- Decreto 22 Aprile 2004 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*”;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.: “*Norme in materia ambientale*”;
- D.P.G.R. 1/R del 20 febbraio 2006: “*Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne*”.
- D.P.G.R. 7/R del 2 agosto 2006:” *Modifiche al regolamento regionale 20 febbraio 2006, n. 1/R*”.

3. ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo ha lo scopo di caratterizzare i parametri pluviometrici relativi al lotto in esame (Tronco II, Lotto 6a). In primo luogo, si sono individuate le stazioni di misura attraverso cui caratterizzare il regime pluviometrico dell'area in studio. Le stazioni pluviometriche sono state scelte in maniera tale da garantire una serie storica sufficientemente lunga e rappresentativa e tali da "caratterizzare" idrologicamente l'area di interesse. È stato possibile così eseguire l'analisi pluviometrica mediante l'analisi statistica delle serie storiche registrate alle stazioni di misura delle precipitazioni.

I dati utilizzati sono stati quelli relativi alle massime precipitazioni orarie desunte dagli Annali Idrologici del S.I.M.N. L'analisi è stata condotta facendo ricorso a differenti leggi statistiche e differenti metodologie di elaborazione; tramite il confronto dei risultati ottenuti è stato possibile definire i parametri pluviometrici maggiormente cautelativi da utilizzarsi nelle successive fasi di elaborazione e verifica.

3.1. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN STUDIO

La definizione del regime pluviometrico caratteristico, in particolare in riferimento ad eventi meteorici di notevole intensità e breve durata, si è basata sull'analisi delle serie storiche al fine di ricavare le curve di massima possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni e durata superiore all'ora; i risultati ottenuti sono stati confrontati con i dati proposti nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" adottata dall'Autorità di Bacino del fiume Po con il Piano di Assetto Idrogeologico (21/4/2001), in relazione sia ai dati puntuali, riferiti alle singole stazioni pluviometriche, sia ai dati distribuiti sull'intero territorio del bacino, ottenuti mediante interpolazione con le celle di Kriging (celle quadrate di lato pari a 2 km).

3.2. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO PER $T < 1$ ORA

Le elaborazioni statistiche condotte consentono di definire la relazione monomia che lega l'altezza di pioggia h con la durata dell'evento t e con il tempo di ritorno dello stesso TR . Tale relazione, però, non risulta adatta a rappresentare bacini caratterizzati da tempi di corrivazione molto brevi (inferiori all'ora); infatti, considerando una durata dell'evento breve, tendente a zero, l'intensità di pioggia i , definita come dh/dt , tende all'infinito.

Al fine delle successive elaborazioni condotte, in particolare in riferimento allo smaltimento delle acque di piattaforma, la caratterizzazione dell'intensità di pioggia deve tener conto dei ridotti tempi di corrivazione della particella fluida caduta sulla carreggiata nel giungere agli organi di scarico. Risulta pertanto necessario caratterizzare la curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora, mediante un approccio che consenta di adattare i parametri di precipitazione di progetto.

In letteratura sono disponibili numerosi studi ed esperienze che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di breve durata siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora secondo uno schema tipico.

Più in dettaglio, definendo il parametro $\rho(t) = h(t)/h(1)$, ovvero il rapporto tra l'altezza di pioggia per durata t e quella per durata di 1 ora, è stato notato (Bell, 1969; Goswami, 1973) come esso risulti poco dipendente dalla località considerata, fintantoché si considerino durate brevi ($t < 2$ ore).

Ad analoghe conclusioni sono pervenuti altri Autori, analizzando serie di dati relative a diverse regioni del mondo, ad esempio Goswami¹ (1973) relativamente alle precipitazioni in India, o Jennings² (1950) e Hershfield ed Engman (1981), nell'ambito di uno studio per una *curva inviluppo delle massime piogge osservate nel mondo*.

¹ Goswami, A. C. (1973). *Short duration rainfall depth-duration-frequency map of India* – Decision with inadequate hydrologic data, Proceedings of the second Symposium on Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, pp.48-56.

² Jennings, A. H. (1950). *World's greatest observed point rainfall* – Monthly Weather Rev., n.78, pp.4-5.

Per quanto riguarda il territorio italiano, il parametro $\rho(t)$ è stato calcolato in alcuni studi disponibili in letteratura; si segnalano in particolare (per significatività dei dati) quelli relativi al pluviometro di Roma Macao, su un campione di 8 anni (Domanico¹, 1986 e Calenda et al.², 1993), e a quello di Milano Monviso, su un campione di 17 anni (Piga et al.³, 1990).

La Figura 1 mette a confronto i valori medi del parametro $\rho(t)$ ottenuti negli studi citati. Si osserva come effettivamente le differenze riscontrate tra i vari siti appaiano modeste, e si riscontri un andamento tipico poco dipendente dalla località considerata.

In particolare, tutte le curve presentano all'incirca lo stesso valore per durate di circa 5 minuti, mentre gli scostamenti sono massimi tra i 15 e i 30 minuti. Tutte le curve assumono ovviamente valore unitario per $t = 1$ ora.

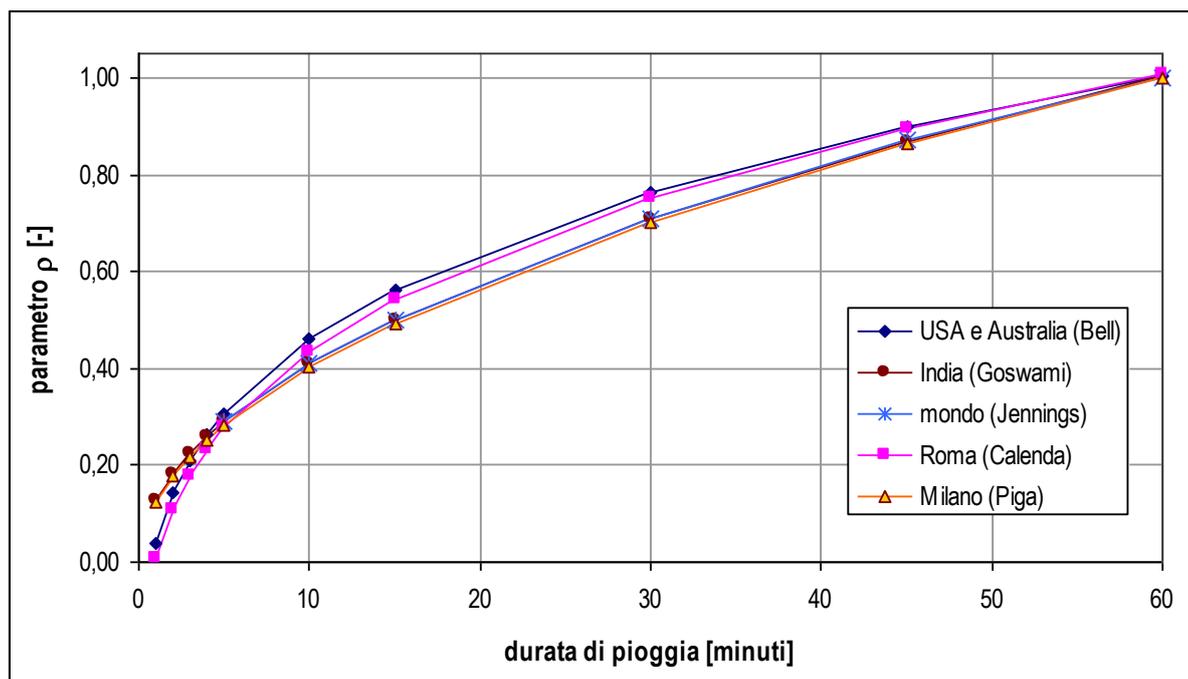


Figura 1 – Andamento del parametro $\rho(t)$ ottenuto in diversi studi.

Sulla base di tali osservazioni sperimentali, è stata sviluppata dalla scrivente una metodologia di stima in grado di fornire i parametri di precipitazione necessari ad una valutazione più accurata delle portate di piena su piccoli bacini, per i quali il tempo di pioggia critica è inferiore all'ora.

In particolare, l'andamento di $\rho(t)$ è stato assunto come totalmente indipendente dalla località, e cautelativamente pari all'inviluppo dei valori riportati in Figura 1, così da introdurre unicamente possibili errori di sovrastima dell'altezza di pioggia.

In funzione dei parametri (a, n) della curva di possibilità pluviometrica (CPP) di progetto, espressa nella forma monomia $h=a \cdot t^n$, si ottengono le altezze di pioggia $h(t)$ relative a durate di 60 e 120 minuti. Applicando ad $h(60)$ i valori assunti per il parametro $\rho(t)$, si ricavano quindi i valori di $h(t)$ per durate inferiori.

¹ Domanico, R. (1986). *Pioggie intense a Roma* – Tesi di laurea, Università "La Sapienza", Roma.

² Calenda, G. et al. (1993). *Rainfall assessment with inadequate data* – In "Urban storm drainage" (edited by Cao, C. et al.), Water Resources Publication, Hyland Ranch, USA, pp.23-44.

³ Piga, E. et al. (1990). *Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano* – Città Studi, Milano.

Diagrammando su un piano bi-logaritmico $[\ln(t), \ln(h)]$ i punti ottenuti, per durate comprese tra 5 e 120 minuti, la validità della forma monomia (legge di potenza) come curva di adattamento dei dati presuppone che essi giacciono approssimativamente su una retta.

Effettuando pertanto una regressione lineare (con il metodo dei minimi quadrati) nel campo bi-logaritmico è possibile determinare i parametri della retta interpolante e pertanto ricavare (a', n') , parametri della curva di possibilità pluviometrica per $t < 60$ minuti.

I valori di $h(t)$ stimati mediante $\rho(t)$, per $t < 60$ minuti, dipendono da $h(60)$, ovvero unicamente da a (essendo t espresso in ore nella formula monomia, per $t=1$ si ottiene $h=a$). Estendendo la regressione all'altezza di pioggia per durate di 2 ore, anche il parametro n viene preso in conto nella regressione; questo permette di ottenere minori errori qualora la curva (a', n') sia utilizzata per la stima di portate prossime all'ora.

La pioggia di progetto utilizzata è quella a tempo di ritorno 25 anni ragguagliata alla piattaforma autostradale.

In particolare, i parametri di possibilità climatica di durata superiore all'ora ragguagliati alla piattaforma sono i seguenti:

a [mm/hⁿ]	n [-]
48,19	0,290

Tabella 1 – parametri di possibilità climatica a tempo di ritorno 25 anni per durata superiore all'ora.

Applicando la metodologia sopra esposta si ottengono parametri di possibilità climatica inferiori all'ora pari a:

a [mm/hn]	n [-]
47,41	0,435

Tabella 2 – parametri di possibilità climatica a tempo di ritorno 25 anni per durata inferiore all'ora.

I valori di Tabella 2 sono stati assunti come riferimento per il dimensionamento e la verifica idraulica della rete.

4. ANALISI IDRAULICA

4.1. RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

4.1.1. Descrizione della rete di raccolta

Di seguito si descrivono i criteri generali adottati nella definizione dello schema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma.

L'impostazione generale prevede che le acque raccolte in piattaforma vengano convogliate in un sistema chiuso di fossi di guardia rivestiti o di tubazioni interrato (in c.a. o acciaio) che si sviluppano in piattaforma o al piede dei rilevati, in funzione della livelletta e della tipologia di sezione stradale (rilevato, trincea, viadotto ecc.).

Le acque di piattaforma raccolte, con particolare riferimento alle acque affluenti nella fase iniziale degli eventi meteorici (*acque di prima pioggia*), non verranno direttamente intercettate dai corpi idrici recettori ma saranno adeguatamente trattate in appositi impianti evitando la dispersione di inquinanti.

Per il caso specifico del lotto Il.6, la raccolta delle acque di piattaforma deve avvenire ponendo particolare attenzione alla localizzazione delle vasche di trattamento, in riferimento sia alle molteplici interferenze tra il tracciato autostradale e la rete irrigua, sia alla limitata presenza di corpi ricettori in grado di smaltire la portata trattata e le portate di seconda pioggia provenienti dalla piattaforma autostradale.

4.1.2. Dimensionamento delle canalizzazioni

Il dimensionamento degli organi di collettamento e trattamento è stato effettuato prendendo in considerazione un tempo di ritorno pari a 25 anni.

Gli organi di convogliamento che si prevede di inserire sono essenzialmente delle seguenti tipologie:

- **Tubazioni in cls** ubicate al lato della sede stradale e destinate alla raccolta delle sole acque di piattaforma. Le sezioni dei tipologici previsti hanno diametro variabile (DN400÷800 mm) in funzione della portata convogliata e della pendenza imposta;
- **Tubazioni in acciaio** staffate alle opere di attraversamento e destinate alla raccolta delle sole acque di piattaforma. Le sezioni dei tipologici previsti hanno diametro variabile (DN300÷600 mm) in funzione della portata convogliata e della pendenza imposta;
- **Canalette rivestite in cls** ubicate al piede delle scarpate lungo i tratti di rilevato e destinate alla raccolta delle acque di piattaforma e di scarpata. La sezione è trapezia con larghezza alla base 0,70 m, altezza 0,70 m e larghezza alla sommità 1,50 m;
- **Canaletta ad asola** ubicata nello spartitraffico dei tratti in curva e destinata alla raccolta delle sole acque di piattaforma.

I manufatti di raccolta delle acque di ruscellamento presenti lateralmente alla carreggiata autostradale sono essenzialmente di tre tipi:

- **Caditoie stradali e canalette grigliate**, ubicate lungo il cordolo in corrispondenza dei pozzetti per il convogliamento nelle tubazioni in cls;
- **Inviti per embrici**, ubicati nelle porzioni di rilevato in cui si prevede il collettamento delle acque tramite canaletta al piede;
- **Bocchette grigliate di scarico**, destinate alla raccolta delle acque nelle tubazioni in acciaio.

Le acque di piattaforma raccolte vengono in seguito convogliate nelle vasche di trattamento delle acque di prima pioggia.

Per il lotto in esame si prevede di allocare 6 separatori di idrocarburi, monoblocco in acciaio prefabbricati, in grado di depurare una portata massima di 100÷250 l/s, valore determinato in relazione alla superficie di piattaforma stradale afferente. La portata complessiva del tratto autostradale afferente a ciascuna delle vasche di raccolta viene trattata all'interno delle stesse per la quota parte corrispondente alla prima pioggia - i primi 5 mm caduti in 15 minuti - mentre la restante parte, unita successivamente all'acqua trattata, viene convogliata tramite by-pass ai corpi recettori.

Le vasche complessivamente previste per il tratto autostradale in oggetto sono:

- V1 (progr. 0+000) – settore di piattaforma afferente: da progr. 0+000 a progr. 0+433 – 100 l/s;
- V2 (progr. 0+436) – settore di piattaforma afferente: da progr. 0+440 a progr. 0+666 – 100 l/s;
- V3 (progr. 0+705) – settore di piattaforma afferente: da progr. 0+678 a progr. 1+600 – 150 l/s;
- V4 (progr. 2+138) – settore di piattaforma afferente: da progr. 1+600 a progr. 2+141 – 100 l/s;
- V5 (progr. 3+266) – settore di piattaforma afferente: da progr. 2+160 a progr. 3+537 – 200 l/s;
- V6 (progr. 4+660) – settore di piattaforma afferente: da progr. 3+537 a progr. 4+905 – 200 l/s;

I punti di scarico delle acque di piattaforma trattate nei corpi idrici superficiali sono i seguenti:

- recapito in Rio San Michele (V1);
- recapito in Rio dei Deglia (V2);
- recapito in Rio San Giacomo (V3);
- recapito in Tanaro con tubazione che oltrepassa mediante sifone il canale Enel (V4);
- recapito in Tanaro con tubazione che oltrepassa mediante sifone il canale adduttore del lago artificiale (V5);
- recapito in canalizzazione che oltrepassa mediante sifone il canale di Verduno (V6).

Le canalizzazioni relative alla rete di scarico dalle vasche di trattamento sono rappresentate dalle seguenti tipologie:

- tubazioni in cls di diametro DN800 mm;
- sifone per lo scarico della V4 di diametro De 800 mm.
- sifone per lo scarico della V5 e V6 di diametro De 1000 mm.

Relativamente al sistema di trattamento, si prevede per tutti i casi considerati, la realizzazione di 2 pozzetti di testata, il primo in ingresso ed il secondo in uscita, collegati alla vasca tramite tubazioni in acciaio DN800 mm di lunghezza 1,80 m, misurata a partire dal manicotto di fissaggio.

I due pozzetti hanno dimensioni in pianta pari a 1,80 m in larghezza per 1,80 m in lunghezza.

Il pozzetto in ingresso sarà dotato di griglia metallica fissata su piastre metalliche e tassellate alla parete del pozzetto stesso all'imbocco della tubazione in acciaio che immette alla vasca, al fine di trattenere eventuale materiale grossolano in sospensione o flottante prima dell'ingresso nel separatore di idrocarburi prefabbricato.

4.1.3. Considerazioni relative alla tipologia di pavimentazione

Il dimensionamento dei manufatti di raccolta delle acque meteoriche afferenti alla piattaforma stradale è stato effettuato mediante il metodo della corrivazione, come descritto in dettaglio nel paragrafo seguente.

È stata inoltre condotta un'analisi di approfondimento per la verifica del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma autostradale, per la quale si prevede l'impiego di conglomerato bituminoso drenante in grado di permettere il drenaggio dell'acqua di infiltrazione per intensità di pioggia non estreme e di ridurre l'entità del rumore legato al traffico veicolare. In relazione a tali considerazioni sono stati valutati gli

interassi minimi per l'ottimizzazione della funzionalità dei manufatti di scarico superficiale (caditoie ed inviti per embrici).

Nelle condizioni di intensità di pioggia rilevante (per tempi di ritorno elevati) il conglomerato drenante, seppure di permeabilità elevata, potrebbe raggiungere la condizione di saturazione. Nelle condizioni di perfetta efficienza del dreno, invece, la portata idrica caduta sulla superficie stradale viene convogliata per infiltrazione all'interno della canaletta formata tra il margine dello strato drenante medesimo e il cordolo bituminoso, in prossimità del limite esterno della banchina stradale.

Nel caso in cui l'affluenza idrica non fosse smaltibile direttamente dal mezzo drenante, esso tenderebbe a giungere alla condizione di saturazione, per poi non essere più in grado di drenare correttamente tutta la portata meteorica. Tale condizione si rileva solamente per eventi gravosi di intensità e durata eccezionali e lontano dalle condizioni usuali. La portata meteorica, non essendo smaltibile in maniera completa dallo strato drenante, procede pertanto al ruscellamento superficiale per la frazione eccedente la capacità di smaltimento dello strato bituminoso permeabile.

In ogni modo, l'intera portata in ingresso al sistema deve necessariamente concentrarsi nella porzione di strada interessata la banchina, sia nelle condizioni di perfetto drenaggio da parte del conglomerato bituminoso, sia in condizioni di saturazione dello stesso e conseguente parziale ruscellamento superficiale, al fine di scongiurare l'allagamento delle corsie stradali.

L'analisi è stata quindi condotta determinando innanzitutto il tempo di saturazione dello strato drenante nel corso dell'evento pluviometrico caratteristico del tempo di ritorno di progetto (TR 25 anni), derivante dalle curve di possibilità pluviometrica calcolate come descritto in precedenza, e il conseguente tempo di pioggia critico.

Si è proceduto pertanto con la valutazione della capacità da parte dello strato bituminoso drenante di immagazzinare la portata meteorica, ossia di evitare che si formi nelle prime fasi di pioggia, anche per intensità di pioggia elevate, una lama d'acqua al di sopra del conglomerato bituminoso prima che lo stesso giunga a saturazione; tale fattore è legato alla permeabilità dello strato medesimo.

Lo strato drenante presenta una conducibilità idraulica desunta dalle caratteristiche del materiale costituente, secondo le prescrizioni desunte da letteratura: a compattamento effettuato la capacità drenante, controllata con permeametro a colonna d'acqua da 250 mm su area di 154 cm² e spessore di pavimentazione tra 4 e 5 cm, dovrà essere maggiore di 12 dm³/min per il fuso a massima capacità drenante e 8 dm³ per gli altri.

Verificata tale condizione, confrontando la permeabilità dello strato (assunta costante nelle tre direzioni) con l'intensità di pioggia corrispondente a tempi di pioggia crescenti, si può determinare, al variare del tempo, la portata idrica in ingresso nel sistema (ossia la portata che per unità di lunghezza della sede stradale giunge sulla sede medesima), la portata immagazzinata e la portata smaltita dal conglomerato bituminoso drenante.

In particolare, la portata smaltita dello strato drenante è funzione del livello idrico presente al suo interno, secondo la nota legge di Darcy, di seguito riportata:

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

avendo indicato con:

- Q = portata effluente [m³/s];
- K = conducibilità idraulica dello strato [m/s];

- i = pendenza motrice, calcolata in funzione della pendenza longitudinale e trasversale della carreggiata, secondo la legge $i_L = \sqrt{i_l^2 + i_t^2}$;
- A = sezione di deflusso, riferita all'unità di lunghezza della sede stradale. La sezione di deflusso risulta quindi definita dalla altezza del livello idrico $s(t)$ all'interno dello strato drenante [m^2].

Il volume immagazzinato nel tempo all'interno del dreno sarà quindi funzione della portata in ingresso, della portata smaltita e del grado di porosità dello strato, ipotizzato non superiore a 0,30.

La legge che regola la variazione di altezza idrica all'interno dello strato drenante in funzione della portata meteorica in ingresso e della portata in uscita dallo strato medesimo è di seguito riportata:

$$Q_i - Q_u = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Avendo indicato con $\Delta V/\Delta t$ la variazione di volume all'interno dello strato drenante per lo step temporale considerato.

L'equazione sviluppata si mostra nella forma seguente:

$$p \cdot L \cdot I - s(t) \cdot I \cdot K \cdot i_L = \frac{\Delta s \cdot I \cdot L \cdot n}{\Delta t}$$

Indicando con:

- I = interasse tra gli organi di scarico, termine che si elide dall'equazione [m];
- p = intensità di pioggia per il tempo di pioggia legato univocamente all'andamento della curva di possibilità pluviometrica [mm/h];
- L = lunghezza effettiva del percorso di moto della particella idrica definito dalla relazione $L = b[1 + (i_l / i_t)^2]^{0.5}$, con b larghezza della superficie stradale [m].

Al variare del tempo, è quindi possibile calcolare la crescita del livello idrico all'interno dello strato drenante, in funzione del volume idrico immagazzinato e della variazione di intensità della precipitazione di progetto. Considerando lo step temporale j -esimo, si procede come di seguito:

- calcolo della portata in ingresso Q_i ;
- calcolo della portata in uscita Q_u in funzione della altezza del livello idrico definito allo step $j-1$;
- calcolo della variazione di volume per il Δt considerato;
- calcolo della variazione di livello $s(t)$ per lo step considerato;
- verifica che lo strato drenante non sia giunto alle condizioni di saturazione;
- verifica che il tempo intercorso dall'inizio dell'evento sia inferiore al tempo di pioggia.

Con tale processo è possibile giungere alla determinazione del tempo di pioggia necessario (correlato alla intensità di pioggia dalla curva di possibilità pluviometrica) per giungere alla condizione di completa saturazione dello strato drenante. Per tempi di pioggia inferiori al tempo necessario alla completa saturazione dello strato, la portata in ingresso risulta essere "invasata" dal manto drenante. Conseguentemente la portata in uscita dal conglomerato bituminoso e giungente agli organi di scarico risulta essere istantaneamente inferiore alla portata meteorica totale in ingresso.

Questa condizione si presenta come situazione limite, ma tuttavia non coincide con il tempo di pioggia critico della superficie di interesse. Per definizione, il tempo di pioggia critico risulta essere quello che coincide con il tempo necessario affinché tutto il bacino (ossia la superficie stradale di interesse)

contribuisca alla sezione di chiusura (coincidente con il manufatto di raccolta). Una volta giunti alla condizione di saturazione della superficie impermeabile, le particelle di fluido che non possono più infiltrarsi procedono nel moto di ruscellamento superficiale sul conglomerato bituminoso. Conseguentemente, il tempo necessario a far affluire anche le particelle fluide cadute nella porzione di carreggiata più lontana dal manufatto di smaltimento superficiale, risulta essere pari al tempo di corrivazione della carreggiata medesima, assumendo che la stessa sia in condizioni di impermeabilità.

La condizione limite di funzionamento, senza allagamento della piattaforma stradale, risulta quindi quella causata da un tempo di pioggia critico pari alla somma del tempo di saturazione e del tempo di scorrimento superficiale. Infatti, al raggiungimento di tale condizione, la portata agli organi di raccolta risulta essere pari alla portata meteorica, causando un fenomeno parziale di ruscellamento superficiale (portata eccedente a quella di infiltrazione).

In definitiva, utilizzando un metodo di trasformazione afflussi/deflussi di tipo cinematico, per tener conto dell'effetto della pavimentazione drenante occorrerà incrementare il tempo di accesso alla rete drenante (e di conseguenza quello di precipitazione critico) del valore del tempo di saturazione.

Utilizzando un modello che schematizzi le dinamiche di invaso, tale effetto può essere considerato in prima battuta incrementando i volumi di invaso distribuiti per tener conto della porzione di afflusso che va a saturare il conglomerato. Nel presente progetto, in cui si è fatto riferimento ad una metodologia non-lineare per la determinazione della costante di invaso, con la finalità di individuare la condizione più critica (tenendo conto della variabilità di tale costante con l'intensità di pioggia), si è tenuto conto di tale effetto di invaso e filtrazione nel conglomerato (oltre che, più in generale, della congruenza tra i fenomeni fisici reali e la schematizzazione adottata) nell'imposizione un tempo minimo dell'evento di pioggia pari a 10 minuti.

4.1.4. Calcolo delle portate lungo la rete di raccolta

Di seguito si descrivono i criteri generali adottati nel calcolo delle portate totali afferenti alla rete di drenaggio e derivanti dallo smaltimento delle acque di piattaforma.

Dall'analisi del tratto autostradale in esame, sono stati individuati i bacini scolanti che recapitano in ciascuna delle 6 vasche. I coefficienti di deflusso sono stati assunti in base alle caratteristiche di permeabilità delle superfici scolanti di ciascun tratto; in particolare, per le superfici pavimentate costituite da asfalto drenante si è assunto un coefficiente di deflusso pari a 0,90 mentre per le superfici di scarpata si è assunto un coefficiente di deflusso pari a 0,75.

La valutazione delle massime portate di riferimento da assumere per il dimensionamento della rete di drenaggio in progetto, è stata eseguita avvalendosi di modelli concettuali di trasformazione afflussi-deflussi applicati all'evento di precipitazione associato a tempo di ritorno 25 anni.

Si è utilizzato il modello A/D della corrivazione, ritenuto come più affidabile nell'analisi dei deflussi di acque di piattaforma.

Il calcolo idrologico-idraulico è stato eseguito imponendo tempi di pioggia minimi pari a 10 minuti per tratti di rete di drenaggio (canalette rivestite, tubazioni o canalette ad "asola") di estensione sempre inferiore a 80 m.

Di seguito si descrive sinteticamente il modello A/D della corrivazione.

4.1.4.1. Modello A/D della corrivazione

Il modello concettuale di trasformazione afflussi-deflussi della corrivazione, o cinematico, considera come variabile fondamentale del processo di formazione della piena, la modalità di scorrimento delle acque di pioggia entro il bacino contribuente ed in particolare il “tempo di corrivazione”, impiegato da una goccia caduta in un determinato punto per raggiungere la sezione di chiusura.

Esso è un modello di tipo lineare ovvero si basa sull'ipotesi che il sistema idrologico sia lineare e invariante nel tempo (l'idrogramma che si forma a causa di un dato pluviogramma è solo funzione di caratteristiche del bacino stazionarie ed indipendenti dall'evento in esame o da quelli pregressi): risulta pertanto possibile applicare il principio di sovrapposizione degli effetti.

Sotto questa ipotesi, la portata defluente legata ad un afflusso $A(t)$ sarà data dall'integrale nel tempo t di un idrogramma unitario istantaneo (o IUH) $u(t)$, generato da un afflusso di altezza unitaria e durata infinitesima, moltiplicato per l'entità della precipitazione, ovvero dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^{t^*} [u(t - \tau) \cdot A(\tau)] \cdot d\tau .$$

Si ipotizza inoltre che l'idrogramma di afflusso sia costante e pari a:

$$A(t) = \varphi \cdot I(t_p) \cdot S ,$$

con φ coefficiente di deflusso, $I(t_p)$ intensità media della pioggia di durata t_p , ed S superficie contribuente.

Il metodo cinematico definisce un tempo di corrivazione (o di concentrazione) t_c del bacino, pari al tempo impiegato dalla goccia caduta nel punto idraulicamente “più lontano” per giungere alla sezione di chiusura. Quando il tempo di pioggia t_p uguaglia t_c , tutto il bacino contribuisce al deflusso e (nell'ipotesi di afflusso costante) si ha il massimo di portata, il cui valore non aumenta più per $t_p > t_c$.

La soluzione dell'integrale di convoluzione porta pertanto a valutare la portata massima defluente come:

$$Q[m^3 / s] = \frac{\varphi \cdot I(t_c) \cdot S}{360} \quad [1]$$

con:

φ [-] coefficiente di deflusso medio del bacino;

$I(t_c)$ [mm/h] intensità media della pioggia di durata pari a t_c ;

S [ha] superficie contribuente complessiva.

Per una rete di drenaggio il tempo di corrivazione sarà dato dalla somma $t_c = t_a + t_r$, dove:

- t_a è il *tempo di accesso* alla rete (ovvero quello massimo che la goccia d'acqua impiega a percorrere il bacino e raggiungere un punto della rete);
- t_r è il *tempo di rete*, impiegato dalla goccia per percorrere la rete fino alla sezione in esame.

Il tempo di accesso è generalmente di incerta determinazione, dipendendo nella realtà dalle caratteristiche del bacino (pendenza, uso del suolo, sviluppo della rete di drenaggio minore) e dalle condizioni di saturazione del terreno.

Esistono tuttavia in letteratura numerose formule empiriche per la stima di tale parametro, tra le quali in particolare la seguente, sviluppata dal Politecnico di Milano¹ (Mambretti e Paoletti, 1997), utilizza il modello del condotto equivalente, partendo dall'idea che il deflusso superficiale avvenga in realtà in una rete di piccole canalizzazioni incognite (grondaie, cunette, canalette, ecc.); poiché si fa riferimento ad una rete secondaria fittizia incognita, è possibile stimare l in funzione di S , sulla base di studi statistici sulla struttura topologica delle reti, ottenendo:

$$t_{ai} = \left(\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 120 \cdot S_i^{0,30}}{S_i^{0,375} \cdot (a \cdot \varphi_i)^{0,25}} \right)^{\frac{4}{n+3}} \quad [2]$$

dove il pedice i indica il sottobacino i -esimo, mentre (oltre alle grandezze già citate):

l [m] è la massima lunghezza di deflusso superficiale (nella rete secondaria fittizia);
 s [m/m] è la pendenza media del bacino;
 a [mm/h ^{n}], n [-] sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica di progetto.

Per quanto riguarda invece il tempo di rete, nell'ipotesi di moto uniforme esso è valutabile semplicemente come rapporto tra la lunghezza del percorso e la velocità media della corrente. Alcune ricerche eseguite presso il Politecnico di Milano (Mignosa et al., 1995; Becciu et al.², 1997) mostrano tuttavia come il criterio di moto uniforme possa in realtà portare ad apprezzabili sovrastime del tempo di rete, con conseguente sottostima della portata al colmo. Risultati più soddisfacenti si ottengono invece con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{1,5 \cdot v_i}, \quad [3]$$

in cui il t_r [s] per il ramo in esame è dato dalla sommatoria (per il ramo stesso e per tutti quelli a monte lungo il percorso più lungo della rete) del rapporto lunghezza L [m] / velocità v [m/s] diviso per il fattore 1.5. Sommando la [2] e la [3] è dunque possibile ottenere il tempo di concentrazione t_c per la sezione in esame, e quindi, ponendo $t_p = t_c$, determinare la relativa intensità di pioggia $I(t_p)$; dall'applicazione della [1] si ricava la portata massima di progetto Q , sulla base della quale può essere dimensionata la rete.

Si nota come la velocità della corrente nel tratto in esame dipenda dalla portata defluente, per cui viene svolta un'iterazione andando a sostituire nella [3] il valore di v ottenuto dalla Q appena determinata, ricalcolando poi la nuova Q e ripetendo i medesimi passaggi fino a convergenza.

4.1.5. Verifica delle canalizzazioni

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative della rete di drenaggio, specificando le caratteristiche più rilevanti dei singoli rami (geometria, materiale e coefficiente di scabrezza adottato) e delle superfici ad essi afferenti (geometria, coefficienti di deflusso, durata minima di pioggia e parametri della curva di possibilità pluviometrica).

¹ Mambretti, S. e Paoletti, A. (1997). *Il metodo del condotto equivalente nella simulazione del deflusso superficiale in ambiente urbano* - Atti del seminario "Modelli di dimensionamento per le fognature urbane" di S.Cassiano (BZ), 28-31/03/95. Modificata considerando una formula empirica per la stima di l (Rasulo, G. e Gisonni, C., 2001).

² Becciu, G. et al. (1997). *Risk Design of Urban Drainage Networks on the basis of Experimental Data* – Excerpta, n.11.

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 1							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
1	D1.4	35,68	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
2	D1.3	35,50	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
3	D1.2	35,50	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
4	D1.1	35,50	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
5	D2.4	40,13	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
6	D2.3	41,25	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
7	D2.2	35,89	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
8	D2.1	46,32	4,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
9	D3.4	24,75	13,70	Circolare	300	Acciaio	100
10	D3.3	24,75	11,20	Circolare	300	Acciaio	100
11	D3.2	38,67	8,70	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
12	D3.1	38,67	6,20	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
13	S2.4	24,75	13,70	Circolare	300	Acciaio	100
14	S2.3	24,75	11,20	Circolare	300	Acciaio	100
15	S2.2	38,67	8,70	Circolare	400	Calcestruzzo	60
16	S2.1	38,67	6,20	Circolare	400	Calcestruzzo	60
17	S1.8	26,40	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
18	S1.7	54,98	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
19	S1.6	42,73	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
20	S1.5	39,47	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
21	S1.4	35,68	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
22	S1.3	35,50	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
23	S1.2	35,50	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
24	S1.1	35,50	20,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60

Tabella 3 - Riepilogo caratteristiche della rete di drenaggio afferente alla Vasca 1.

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 2							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
1	D6.2	32,19	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
2	D6.1	32,21	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 2							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
3	D5.4	20,59	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
4	D5.3	20,72	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
5	D5.2	20,66	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
6	D5.1	20,07	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
7	D4.4	22,63	23,70	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
8	D4.3	22,74	21,20	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
9	D4.2	22,73	18,70	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
10	D4.1	22,72	16,20	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
11	S5.2	32,19	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
12	S5.1	32,21	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
13	S4.4	20,59	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
14	S4.3	20,72	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
15	S4.2	20,66	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
16	S4.1	20,07	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
17	S3.4	22,63	23,70	Circolare	500	Calcestruzzo	60
18	S3.3	22,74	21,20	Circolare	500	Calcestruzzo	60
19	S3.2	22,73	18,70	Circolare	500	Calcestruzzo	60
20	S3.1	22,72	16,20	Circolare	500	Calcestruzzo	60
21	D7.1	40,00	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
22	S6.1	40,00	25,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60

Tabella 4 - Riepilogo caratteristiche della rete di drenaggio afferente alla Vasca 2.

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
1	D9.20	39,98	4,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
2	D9.19	30,68	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
3	D9.18	30,68	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
4	D9.17	30,68	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
5	D9.16	30,68	2,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60
6	D9.15	30,68	2,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
7	D9.14	30,68	2,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60
8	D9.13	30,86	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
9	D9.12	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
10	D9.11	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
11	D9.10	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
12	D9.9	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
13	D9.8	27,50	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
14	D9.7	18,51	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
15	D9.6	15,34	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
16	D9.5	15,34	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
17	D9.4	14,34	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
18	D9.3	15,34	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
19	D9.2	26,98	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
20	D8.4	14,95	3,40	Circolare	400	Calcestruzzo	60
21	D8.3	21,12	6,30	Circolare	400	Calcestruzzo	60
22	D8.2	30,62	9,20	Circolare	400	Calcestruzzo	60
23	D8.1	30,64	12,10	Circolare	400	Calcestruzzo	60
24	D7.10	36,07	14,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
25	D7.9	32,00	17,80	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
26	D7.8	32,00	20,70	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
27	D7.7	32,00	23,60	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
28	D7.6	46,32	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
29	D7.5	17,65	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
30	D7.4	32,00	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
31	D7.3	32,07	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
32	D7.2	32,02	25,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
33	S6.2	32,70	25,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
34	S8.21	39,98	0,40	Circolare	400	Calcestruzzo	60
35	S8.20	30,68	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
36	S8.19	30,68	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
37	S8.18	30,68	2,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
38	S8.17	30,68	2,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60
39	S8.16	30,68	2,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60
40	S8.15	30,68	2,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60
41	S8.14	30,86	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
42	S8.13	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
43	S8.12	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
44	S8.11	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
45	S8.10	30,68	2,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
46	S8.9	27,50	2,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
47	S8.8	18,51	2,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
48	S8.7	30,68	2,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
49	S8.6	15,34	2,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
50	S8.5	15,34	2,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
51	S8.4	12,03	2,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
52	S19.4	14,96	3,40	Circolare	800	Calcestruzzo	60
53	S19.3	21,12	6,30	Circolare	800	Calcestruzzo	60
54	S19.2	30,62	9,20	Circolare	800	Calcestruzzo	60
55	S19.1	30,64	12,10	Circolare	800	Calcestruzzo	60
56	S7.5	36,07	14,90	Circolare	800	Calcestruzzo	60
57	S7.4	32,00	17,80	Circolare	800	Calcestruzzo	60
58	S7.3	32,00	20,70	Circolare	800	Calcestruzzo	60
59	S7.2	32,00	23,60	Circolare	800	Calcestruzzo	60
60	S7.1	46,35	25,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
61	S6.5	23,25	25,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
62	S6.4	31,86	25,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
63	S6.3	32,70	25,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60

Tabella 5 - Riepilogo caratteristiche della rete di drenaggio afferente alla Vasca 3.

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 4							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
1	D9.21	30,68	2,80	Circolare	400	Calcestruzzo	60
2	D9.22	30,68	6,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
3	D9.23	30,68	9,20	Circolare	400	Calcestruzzo	60
4	D9.24	0,48	12,40	Circolare	400	Calcestruzzo	60
5	D9.25	27,69	15,60	Circolare	400	Calcestruzzo	60

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 4							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
6	D9.26	30,68	18,80	Circolare	400	Calcestruzzo	60
7	D9.27	30,68	21,90	Circolare	400	Calcestruzzo	60
8	D9.28	30,68	25,10	Circolare	400	Calcestruzzo	60
9	D9.29	30,68	28,30	Circolare	400	Calcestruzzo	60
10	D9.30	30,68	31,50	Circolare	400	Calcestruzzo	60
11	D9.31	30,68	34,70	Circolare	400	Calcestruzzo	60
12	D9.32	30,68	37,90	Circolare	400	Calcestruzzo	60
13	D9.33	30,68	41,10	Circolare	400	Calcestruzzo	60
14	D9.34	32,01	11,10	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
15	D9.35	30,68	11,10	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
16	D9.36	30,37	21,60	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
17	D9.37	31,70	15,80	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
18	D9.38	29,78	74,10	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
19	S8.22	21,37	2,80	Circolare	400	Calcestruzzo	60
20	S8.23	30,68	6,00	Circolare	400	Calcestruzzo	60
21	S8.24	30,68	9,20	Circolare	400	Calcestruzzo	60
22	S8.25	30,48	12,40	Circolare	400	Calcestruzzo	60
23	S8.26	27,69	15,60	Circolare	400	Calcestruzzo	60
24	S8.27	30,68	18,80	Circolare	400	Calcestruzzo	60
25	S8.28	30,68	21,90	Circolare	400	Calcestruzzo	60
26	S8.29	30,68	25,10	Circolare	400	Calcestruzzo	60
27	S8.30	30,68	28,30	Circolare	400	Calcestruzzo	60
28	S8.31	30,68	31,50	Circolare	400	Calcestruzzo	60
29	S8.32	30,68	34,70	Circolare	400	Calcestruzzo	60
30	S8.33	30,68	37,90	Circolare	400	Calcestruzzo	60
31	S8.34	30,68	41,10	Circolare	400	Calcestruzzo	60
32	S8.35	40,47	42,70	Circolare	400	Calcestruzzo	60
33	S9.1	22,22	13,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
34	S9.2	30,37	70,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
35	S9.3	20,34	70,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
36	S9.4	41,18	70,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60

Tabella 6 - Riepilogo caratteristiche della rete di drenaggio afferente alla Vasca 4.

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
1	D10.1	66,97	42,70	Circolare	300	Acciaio	100
2	D10.2	41,88	42,70	Circolare	400	Calcestruzzo	60
3	D10.3	50,00	37,90	Circolare	400	Calcestruzzo	60
4	D10.4	50,00	28,20	Circolare	400	Calcestruzzo	60
5	D10.5	32,28	18,50	Circolare	500	Calcestruzzo	60
6	D10.6	53,26	8,80	Circolare	600	Calcestruzzo	60
7	D10.7	33,13	4,00	Circolare	600	Calcestruzzo	60
8	D10.8	81,08	4,00	Circolare	600	Acciaio	100
9	D10.9	64,50	4,00	Circolare	600	Acciaio	100
10	D10.10	61,35	4,00	Circolare	600	Acciaio	100
11	D10.11	42,50	6,60	Circolare	600	Acciaio	100
12	D10.12	49,99	11,80	Circolare	600	Acciaio	100
13	D10.13	42,50	17,00	Circolare	600	Acciaio	100
14	D10.14	49,99	22,20	Circolare	600	Acciaio	100
15	D10.15	50,00	27,40	Circolare	700	Calcestruzzo	60
16	D10.16	44,51	30,00	Circolare	700	Calcestruzzo	60
17	D11.1	40,23	30,00	Circolare	700	Calcestruzzo	60
18	D11.2	39,87	30,00	Circolare	700	Calcestruzzo	60
19	D11.3	21,50	30,00	Circolare	700	Calcestruzzo	60
20	D11.4	43,23	27,40	Circolare	700	Calcestruzzo	60
21	D11.5	43,23	22,10	Circolare	700	Calcestruzzo	60
22	D11.6	42,56	16,80	Circolare	800	Calcestruzzo	60
23	D12.1	49,95	15,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
24	D12.2	27,00	15,00	Circolare	800	Calcestruzzo	60
25	S10.1	66,97	42,70	Circolare	300	Acciaio	100
26	S10.2	30,43	42,70	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
27	S10.3	61,23	37,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
28	S10.4	50,00	28,20	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
29	S10.5	32,28	18,50	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
30	S10.6	45,37	8,80	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
31	S10.7	61,47	4,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
32	S10.8	62,83	4,00	Circolare	450	Acciaio	100
33	S10.9	65,59	4,00	Circolare	450	Acciaio	100
34	S10.10	62,12	4,00	Circolare	450	Acciaio	100
35	S10.11	42,50	6,60	Circolare	450	Acciaio	100
36	S10.12	50,00	11,80	Circolare	450	Acciaio	100

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
37	S10.13	42,50	17,00	Circolare	450	Acciaio	100
38	S10.14	50,00	22,20	Circolare	450	Acciaio	100
39	S10.15	50,00	27,40	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
40	S10.16	44,51	30,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
41	S10.17	40,77	30,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
42	S10.18	40,25	30,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
43	S10.19	30,52	30,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
44	S10.20	43,46	27,40	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
45	S10.21	43,23	22,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
46	S10.22	42,56	16,80	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
47	S11.1	49,95	11,60	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
48	S11.2	26,36	6,30	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
49	D18.3	19,96	3,20	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
50	D18.2	50,00	6,80	Circolare	300	Acciaio	100
51	D18.1	67,32	10,30	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
52	D13.3	42,21	9,50	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
53	D13.2	42,24	4,20	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
54	D13.1	23,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
55	S18.3	24,95	3,20	Circolare	400	Calcestruzzo	60
56	S18.2	50,00	6,80	Circolare	300	Acciaio	100
57	S18.1	67,32	10,30	Circolare	400	Calcestruzzo	60
58	S12.3	42,24	9,50	Circolare	400	Calcestruzzo	60
59	S12.2	35,14	5,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60
60	S12.1	28,87	5,00	Circolare	500	Calcestruzzo	60

Tabella 7 - Riepilogo caratteristiche della rete di drenaggio afferente alla Vasca 5.

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 6							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
1	D14.3	51,28	0,50	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
2	D14.4	52,20	3,90	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 6							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
3	D14.5	62,30	7,40	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
4	D14.6	64,18	5,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
5	D14.7	75,00	1,00	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
6	D15.1	52,42	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
7	D15.2	44,42	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
8	S13.3	51,28	0,30	Circolare	400	Calcestruzzo	60
9	S13.4	52,20	3,90	Circolare	400	Calcestruzzo	60
10	S13.5	62,30	7,40	Circolare	500	Calcestruzzo	60
11	S13.6	64,18	5,10	Circolare	500	Calcestruzzo	60
12	S13.7	75,00	1,10	Circolare	800	Calcestruzzo	60
13	S14.1	52,42	1,10	Circolare	800	Calcestruzzo	60
14	S14.2	44,42	1,10	Circolare	800	Calcestruzzo	60
15	D16.1	61,45	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
16	D16.2	56,07	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
17	D16.3	58,29	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
18	D16.4	65,92	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
19	D16.5	23,68	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
20	D16.6	34,02	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
21	D16.7	34,77	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
22	D16.8	43,96	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
23	D16.9	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
24	D16.10	50,00	1,50	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
25	D16.11	50,00	1,50	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
26	D16.12	50,00	1,50	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
27	D16.13	50,00	1,50	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
28	D16.14	50,00	1,50	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
29	D16.15	50,00	1,50	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
30	D17.5	55,34	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
31	D17.4	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
32	D17.3	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
33	D17.2	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
34	D17.1	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
35	S15.1	61,45	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
36	S15.2	56,07	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
37	S15.3	58,29	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
38	S15.4	65,92	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 6							
Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza longitudinale	Geometria della sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. di scabrezza
ID	Descrizione	L [m]	i [‰]		D [mm]		c [m ^{1/3} /s]
39	S15.5	23,68	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
40	S15.6	34,02	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
41	S15.7	34,77	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
42	S15.8	43,96	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
43	S15.9	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
44	S15.10	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
45	S15.11	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
46	S15.12	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
47	S15.13	49,93	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
48	S15.14	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
49	S15.15	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
50	S16.1	50,00	1,10	Rettangolare	300	Calcestruzzo	60
51	S17.4	55,34	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
52	S17.3	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
53	S17.2	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
54	S17.1	50,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60
55	scar_3	737,00	1,00	Trapezia	700	Calcestruzzo	60

Tabella 8 - Riepilogo caratteristiche della rete di drenaggio afferente alla Vasca 6.

Le opere di canalizzazione della rete di drenaggio sono state considerate idraulicamente adeguate quando il riempimento, secondo le portate definite come al paragrafo 4.1.4, si mantiene inferiore o uguale al 70% dell'altezza utile. Tale condizione è risultata sempre verificata su ogni ramo della rete.

I risultati ottenuti dalla verifica sono riportati nell'ALLEGATO 1.

4.1.6. Dimensionamento dell'interasse degli embrici

Nelle sezioni interessate dallo smaltimento delle acque di piattaforma al piede del rilevato si prevede di allocare degli embrici trasversalmente alla sede stradale e lungo le scarpate, al fine di consentire alla portata di giungere alla canaletta di smaltimento al piede.

Il drenaggio della piattaforma è realizzato per mezzo di una canaletta, confinata dal cordolo bituminoso delimitante la piattaforma al ciglio, che recapita in inviti opportunamente sagomati per il deflusso negli embrici e, conseguentemente, nei fossi di guardia rivestiti.

Affinché non si instaurino fenomeni di rigurgito e quindi l'innalzamento dei livelli sulla banchina, l'interasse degli organi di scarico deve essere tale da garantire lo smaltimento della portata defluente.

Nel caso in cui tale condizione non fosse verificata, la portata afferente dalla sede stradale non verrebbe smaltita completamente e continuerebbe a ruscellare nella banchina secondo la direzione del flusso, andandosi a sommare alla portata competente al tratto successivo di carreggiata stradale. Procedendo verso valle il sistema rischierebbe conseguentemente di andare in crisi, determinando un eccessivo allagamento della sede autostradale con annessi pericoli per il traffico veicolare.

In particolare, risulta opportuno verificare che l'entità dell'allagamento della banchina sia in ogni modo inferiore al 70% della larghezza della stessa, al fine di non creare problemi legati all'aquaplaning.

Nel particolare di Figura 2 in cui si schematizza la geometria del sistema in esame, si evidenzia con bb (pari al 70% di L , ossia 2,10 m) l'entità dell'allagamento della banchina e con y_b la quota della superficie idrica al di sopra della quota di base dello strato bituminoso drenante.

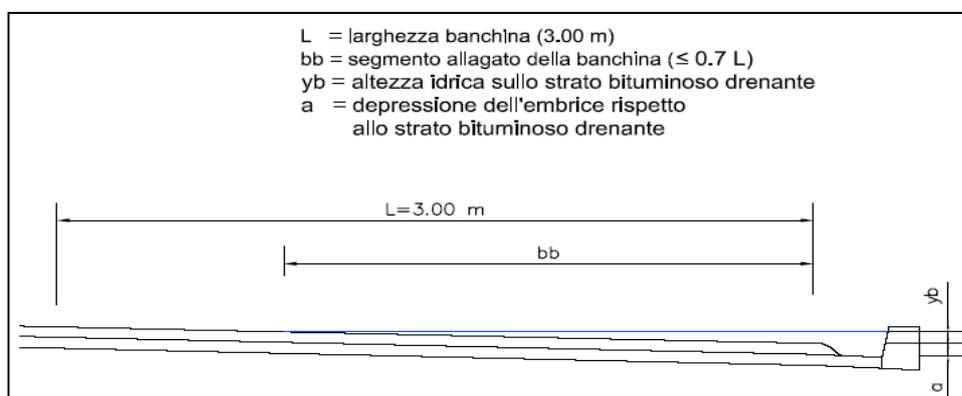


Figura 2 - Particolare dell'allagamento della banchina.

Pertanto, nota la geometria della sezione della canaletta, si è individuato il tratto più critico per le condizioni di deflusso ovvero di minima pendenza longitudinale e minima pendenza trasversale. Esaminando l'intera rete, si è cautelativamente assunta una pendenza longitudinale pari all'**1‰** e una pendenza trasversale pari al **25‰**.

Conseguentemente si è ottenuto un valore di y_b pari a circa 0,10 m ed una portata massima smaltibile pari a 11,17 l/s.

Si riporta di seguito una schematizzazione della sezione tipo adottata nel calcolo.

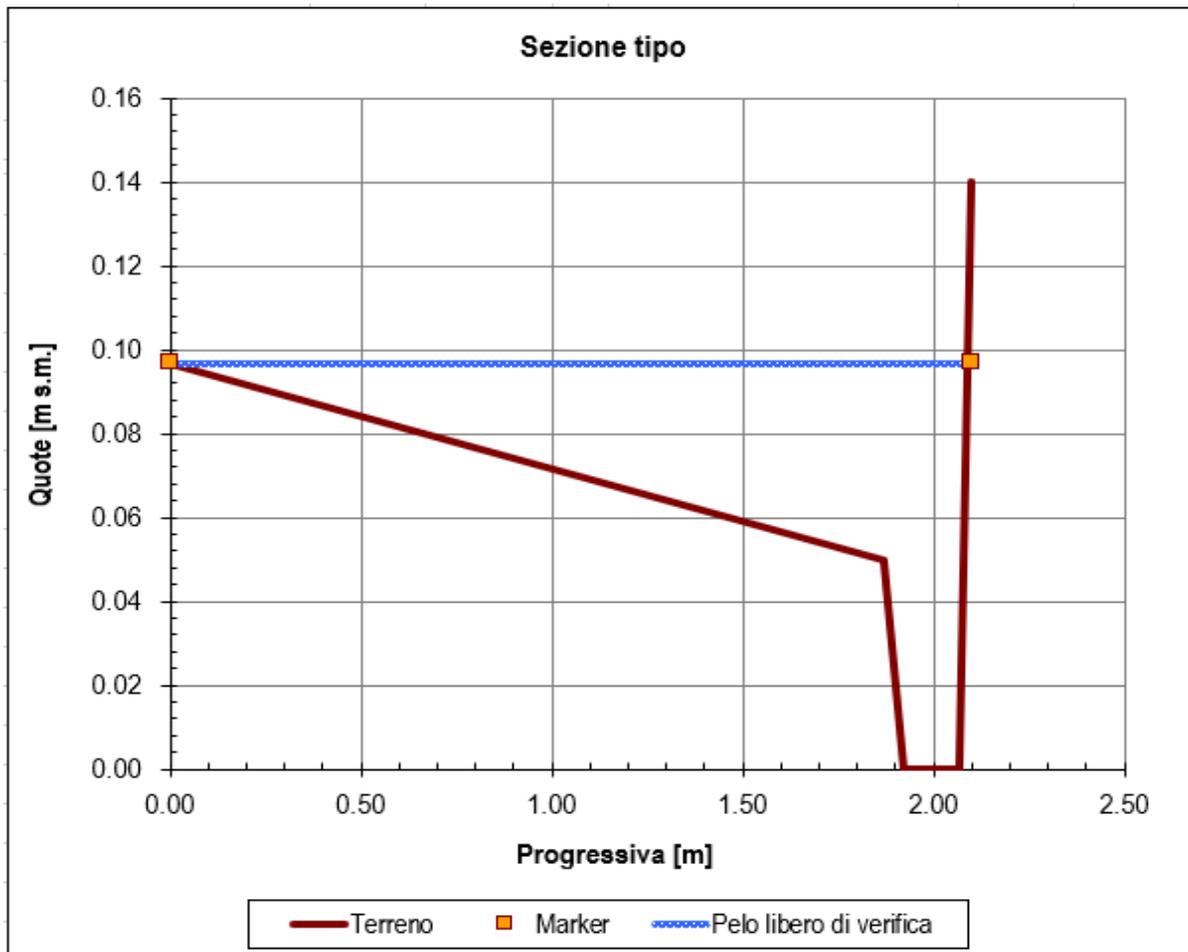


Figura 3 - Sezione tipo canaletta con allagamento del 70% della banchina.

Dunque, è necessario determinare la portata prodotta da un tratto di piattaforma autostradale che afferisce all'imbocco dell'embrice. L'espressione che permette di ricavare tale valore è quella del metodo cinematico:

$$Q = \frac{1}{3.6 \cdot 10^6} \varphi A i$$

dove:

φ = coefficiente di deflusso, assunto pari a 0,90 in modo da tener conto di un ritardo nella generazione della portata per effetto dell'invaso operato dall'asfalto drenante;

A = area del bacino contribuente (carreggiata autostradale) compreso tra due embrici;

i = intensità di pioggia di progetto (TR = 25 anni) per evento di durata minima 10 minuti.

Nell'ipotesi di embrici aventi interasse pari a 20 m e supponendo una larghezza media della carreggiata pari a 11,20 m, si verifica con il metodo cinematico (precipitazione con TR 25 anni e durata di pioggia 10 min) che la portata defluente nella canaletta posta al ciglio è pari a 7,31 l/s.

Tale portata per raggiungere l'invito dell'embrice ruscella nella canaletta con un'altezza d'acqua massima pari a circa 0,09 m, determinando la formazione di un velo d'acqua sul manto di usura di larghezza pari a circa 1,72 m.

Applicando iterativamente la nota formula di Chezy alla sezione tipo di Figura 3, è possibile determinarne la scala di deflusso e conseguentemente il punto di funzionamento associato al valore di portata calcolato sopra ($Q = 7,31$ l/s).

Nell'espressione di Chezy:

$$Q = \chi \Omega (R \cdot i_f)^{0,5}$$

con:

$$\chi = C \cdot R^{1/6};$$

C = coefficiente di resistenza distribuita secondo Strickler, assunto pari a 60 [$m^{1/3}s^{-1}$];

Ω = area bagnata della sezione idraulica [m^2];

R = raggio idraulico [m];

i_f = pendenza del fondo [m/m].

In Figura 4 è riportata la scala di deflusso calcolata per la sezione tipo della canaletta, sulla quale viene riportato il punto di funzionamento atteso.

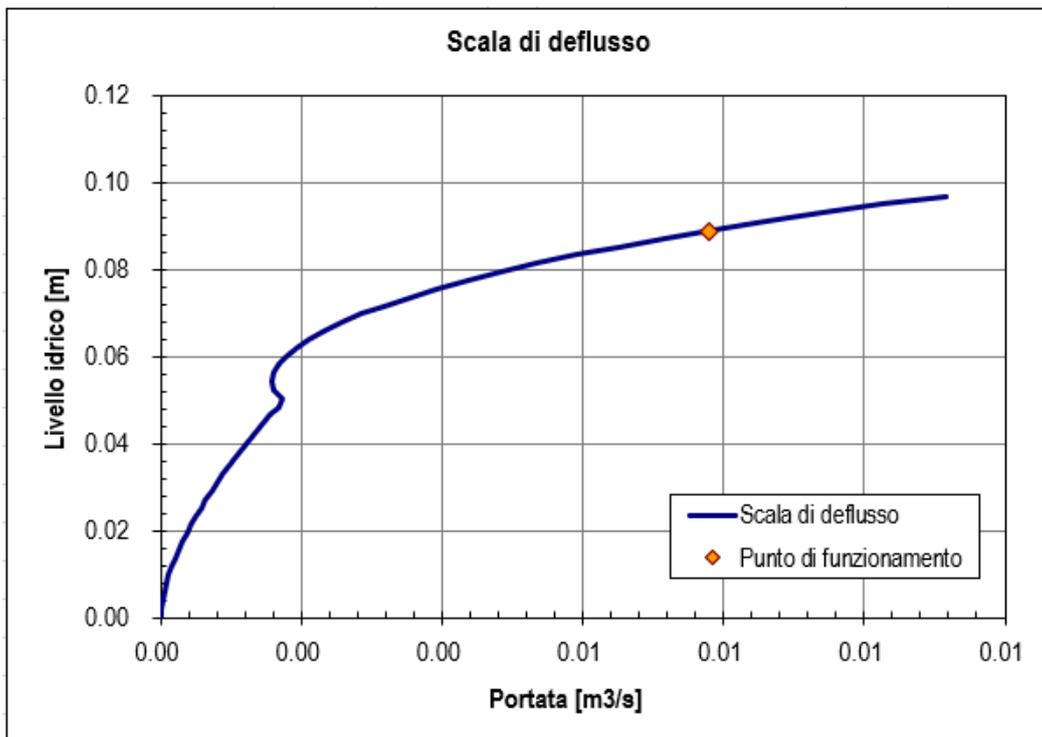


Figura 4 - Scala di deflusso della canaletta con punto di funzionamento.

L'interasse pari a **20 m** risulta adeguato sull'intero lotto in esame.

La scelta di imporre un interasse unico ai differenti tratti del lotto in esame garantisce maggiori facilitazioni in sede costruttiva e un approccio sufficientemente cautelativo al problema.

Risulta altresì necessario verificare l'adeguatezza dell'imbocco degli embrici, affinché si garantisca un corretto convogliamento delle acque di pioggia evitando condizioni di intasamento.

La portata smaltibile dall'imbocco dell'embrice è definibile applicando la formula dello stramazzo a larga soglia per mezzo della relazione seguente:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove le grandezze utilizzate hanno il seguente significato:

- Q = portata defluente [m³/s];
- μ = coefficiente di efflusso pari a 0,385 [-];
- L = luce di efflusso [m];
- H = carico idraulico che si instaura nel cordolo [m];
- G = accelerazione di gravità [m/s²].

Fissando un livello del pelo libero massimo ammissibile all'imbocco dell'embrice pari a 0,05 m (tale da non interessare l'asfalto superficiale) e, data la geometria dell'imbocco, una luce di efflusso pari a 0,95 m, dall'applicazione della relazione suddetta si ottiene una portata pari a 18,11 l/s. La portata calcolata risulta superiore alla portata effettivamente defluente lungo il tratto più critico (Q = 7,31 l/s), pertanto la sezione assegnata all'imbocco degli embrici è tale da garantire un corretto convogliamento delle acque di pioggia senza causare intasamento.

Per quanto attiene alla verifica idraulica dell'embrice, si è considerata una sezione rettangolare in cls di larghezza pari a 0,30 m, altezza di 0,10 m e pendenza pari a quella della scarpata del rilevato (3 su 2, equivalente a 0,667 m/m). Tale geometria consente lo smaltimento di una portata massima di circa 225 l/s, la quale risulta ampiamente superiore alla portata generata dal tronco autostradale di 20 m (Q = 7,31 l/s).

4.1.7. Dimensionamento dell'interasse tra le caditoie nelle tubazioni in cls

Nei tratti di sede autostradale in cui è necessario effettuare lo smaltimento della portata con tubazioni in cls poste al di sotto del piano stradale, risulta necessario provvedere alla raccolta delle acque di piattaforma a mezzo di caditoie con salto di fondo.

Il dimensionamento dell'interasse tra le caditoie è stato effettuato con lo stesso metodo e gli stessi calcoli proposti al paragrafo 4.1.6 per l'interasse degli embrici. Pertanto, anche per il presente caso, risulta adeguato adottare un interasse pari a **20 m** sull'intero lotto in esame.

Le caditoie sono provviste di griglie in ghisa, convoglianti la portata ruscellante in pozzetti intercettanti la tubazione di smaltimento e convogliamento.

Le barre della griglia devono essere posizionate in senso longitudinale, ossia parallelo alla corrente. Secondo tale disposizione, infatti, corrispondono coefficienti di efflusso molto più alti di quelli che si riscontrano con barre disposte trasversalmente. Occorre sottolineare come la portata che interessa la caditoia possa interessare una porzione di superficie asfaltata superiore alla larghezza della caditoia. In ogni modo, in condizioni di portata non eccezionale e di battenti idrici non ragguardevoli, la porzione di portata eccedente può essere in ogni modo smaltita dalla griglia stessa.

Al fine di dimensionare correttamente la griglia della caditoia e l'interasse tra le stesse si è fatto riferimento a due formulazioni differenti, provvedendo al confronto ed alla scelta dei risultati che si presentano più cautelativi.

La prima delle due trattazioni è quella proposta dalla John Hopkins University ed in parte riportata da Stephenson. Essa fa riferimento alla teoria delle correnti in caduta libera, la cui validità fu approvata anche con salti muniti di barre longitudinali purché il rapporto tra superficie dei vuoti e superficie dei pieni sia maggiore dell'unità.

Quando nella cunetta la larghezza della corrente in sommità è maggiore della larghezza della luce, si possono utilizzare le espressioni ottenute su base sperimentale che legano la capacità della caditoia alla profondità della corrente ed alla geometria della luce.

Nel caso di derivazione totale della portata si ha:

$$Q = 0.417 \cdot L \cdot h^2 \cdot g^{0.5} \cdot \left(h - \frac{W}{\operatorname{tg}\theta} \right)^{-0.5}$$

In cui:

- L è la lunghezza della luce per intercettare l'intera portata [m];
- g è l'accelerazione di gravità [m/s²];
- W è la larghezza della griglia moltiplicata per il seno dell'angolo la cui tangente è rappresentata dalla pendenza trasversale della strada [m];
- θ è l'angolo complementare a quello la cui tangente è rappresentata dalla pendenza trasversale;
- h è la quota del livello idrico che grava sul cordolo [m].

La seconda delle due trattazioni è funzione del battente y che si instaura sulla grata medesima. Parametro fondamentale è la frazione efficace della grata per la derivazione della portata:

$$p = \frac{n \cdot L \cdot a}{l \cdot L} = \frac{n \cdot a}{l}$$

dove:

- L è la lunghezza della grata [m];
- l è la larghezza della grata [m];
- a è la larghezza di una singola fessura interessante la grata [m];
- n è il numero di fessure che si rilevano nella grata [-].

La determinazione del valore di L è quindi riconducibile alla relazione seguente:

$$\frac{L}{H} = \frac{1}{2C \cdot p} \left[\operatorname{sen}^{-1} \sqrt{\frac{y_0}{H}} + 3 \sqrt{\frac{y_0}{H} \left(1 - \frac{y_0}{H} \right)} \right]$$

con:

- y_0 altezza del battente idrico sulla caditoia [m];
- H è il carico idraulico che si ha sulla caditoia [m];
- C è un coefficiente di contrazione della portata [-].

Per i calcoli si è considerata una geometria delle caditoie che prevede una sezione utile delle griglie di 60x60 cm e una sezione di scolo di larghezza pari a 2,80 cm inframmezzata da elementi di giuntura di larghezza 1,60 cm.

Imponendo un interasse tra le caditoie pari a 20 m, le formulazioni riportate sopra risultano soddisfatte e assicurano il corretto smaltimento delle acque di piattaforma nei pozzetti.

4.1.8. Dimensionamento dell'interasse tra le caditoie nei viadotti

Lungo il tratto autostradale del lotto in esame si individuano 4 attraversamenti, per ognuno dei quali si è previsto lo smaltimento delle acque di piattaforma per mezzo di tubazioni circolari in acciaio staffate alle opere.

Nel caso specifico degli attraversamenti è necessario fare distinzione tra caditoie ubicate esternamente alla carreggiata e caditoie ubicate in mezzzeria.

Il dimensionamento dell'interasse tra le caditoie ubicate all'esterno della carreggiata è stato effettuato analogamente a quanto detto nei paragrafi 4.1.6 e 4.1.7, pertanto si è supposto che la larghezza del velo idrico possa occupare una larghezza non superiore al 70% della banchina (2,10 m).

Contrariamente, nel caso del dimensionamento dell'interasse tra le caditoie ubicate in mezzzeria, non potendo servirsi della larghezza della banchina, si è tenuto conto della larghezza disponibile funzione dell'allargamento della carreggiata in curva. In Tabella 9 si riporta un riepilogo delle dimensioni di calcolo.

Opera	Larghezza disponibile	Massima estensione del velo idrico
Rio dei Deglia	138 cm	97 cm
Opera 3	87 cm	60 cm
Viadotto Verduno	120 cm	84 cm
Canale Enel	185 cm	129 cm

Tabella 9 - Elenco opere Lottoll6a e larghezza di allagamento consentita in mezzzeria.

Dai calcoli eseguiti si è ritenuto adeguato un interasse di **20 m** su ogni opera, sia esternamente alla carreggiata che in mezzzeria, a meno dell'Opera 3. Per quest'ultima è risultato necessario un interasse di **10 m** lungo la mezzzeria.

4.1.9. Verifica del fenomeno di aquaplaning

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale possono produrre, specie se brevi ed intense, un deflusso superficiale di non trascurabile entità. Il velo liquido sulla sede stradale deve essere contenuto entro determinati valori per non condizionare l'aderenza dei pneumatici.

La scelta dell'asfalto drenante per l'intero tratto autostradale funge di per sé da verifica al fenomeno dell'aquaplaning fino a tempi di ritorno pari a 25 anni.

Tuttavia, al fine di pervenire a valori numerici dell'entità dell'aquaplaning in condizioni di mancata efficienza dell'asfalto drenante, risulta opportuno sviluppare di seguito i calcoli per la condizione più gravosa, corrispondente ad un valore di pendenza della carreggiata minima.

L'altezza del velo liquido dipende, oltre che dalla pendenza trasversale, dall'intensità di precipitazione e dal percorso che l'acqua compie per raggiungere il bordo della carreggiata. Quest'ultimo dipende poi dalla larghezza della carreggiata e dalla pendenza longitudinale della stessa.

Una formula che esprime l'altezza y del velo liquido in funzione dei citati parametri è quella proposta in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory:

$$y = 0.0474 \cdot \sqrt{L \cdot j} \cdot I^{-\alpha}$$

in cui:

$$L = W \cdot \left[1 + \left(\frac{s_L}{s_T} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$I = (s_T^2 + s_L^2)^{0.5}$$

essendo:

- y = altezza del velo liquido [mm];
- j = intensità di precipitazione [mm/ora];
- W = larghezza media della carreggiata [m];
- L = lunghezza del percorso dell'acqua [m];
- s_T = pendenza trasversale della carreggiata [-];
- s_L = pendenza longitudinale della carreggiata [-];
- I = pendenza della strada lungo la linea di corrente [-];
- α = costante empirica, pari a 0,20 [-].

La verifica deve essere condotta comparando l'entità della precipitazione (j), per tempi di pioggia esigui (5 minuti) ad elevata intensità, con la capacità di smaltimento dello strato drenante. Si ottiene un valore pari a 193 mm/h.

La larghezza della carreggiata considerata (W), pari a 11,20 m, risulta essere quella competente alle corsie di marcia, escludendo la porzione di banchina che potrebbe essere allagata fino al 70% della sua ampiezza.

La pendenza della strada lungo la linea di corrente (I) è stata definita tenendo conto della massima pendenza longitudinale dell'intero lotto ($s_L = 43\%$) e della pendenza trasversale ad essa associata ($s_T = 25\%$).

Dai calcoli si ottiene che l'altezza massima di aquaplaning che si manifesta lungo tutto lo sviluppo del lotto risulta pari a circa 5,70 mm. Considerando che ai fini della sicurezza risultano accettabili valori inferiori ai 6÷7 mm, il risultato ottenuto denota l'assenza di pericoli anche in condizioni di piogge intense.

Infine, si precisa che i calcoli riportati sono da considerarsi solo nell'ipotesi di completa saturazione dell'asfalto drenante.

4.2. TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

4.2.1. Fenomeno di dilavamento stradale – *first flush*

Numerosi studi condotti in diversi paesi hanno evidenziato che le acque meteoriche di dilavamento provenienti dalle pavimentazioni delle strade urbane ed extraurbane, nonché delle loro aree di pertinenza (aree a parcheggio, aree di servizio, aree di caselli a pedaggio ecc.), risultano contaminate e possono determinare un rilevante impatto negativo sulla qualità del corpo idrico recettore. In molti stati la riduzione di questo impatto costituisce pertanto uno dei principali obiettivi dei piani di tutela ambientale. L'obiettivo può essere perseguito con molteplici metodologie indicate come "*Storm Water Best Management Practices*".

La mancata filtrazione delle acque fa perdere al suolo una delle sue funzioni principali, cioè quella di scambio tra lo strato più basso dell'atmosfera ed il sottosuolo. Ciò in parte protegge le falde, ma favorisce il dilavamento delle superfici e il trascinarsi (a volte anche la concentrazione) di inquinanti che confluiscono e impattano soprattutto sulle acque superficiali.

È quindi intuibile che nel corso di un evento piovoso molto prolungato, specialmente dopo un periodo di assenza di precipitazioni, i primi apporti che dilavano le superfici più o meno impermeabili generano acque reflue più concentrate di inquinanti rispetto a quelle degli apporti successivi, per cui è diventato usuale distinguere varie tipologie di piogge e concentrare l'attenzione sulle cosiddette "*acque di prima pioggia*", che hanno così assunto il carattere di un fenomeno tipico delle aree fortemente antropizzate, urbanizzate o comunque impermeabilizzate.

Il fenomeno delle "*acque di prima pioggia*" si caratterizza principalmente per il meccanismo che lo genera (le piogge), il loro bersaglio (il suolo più o meno urbanizzato) e i corpi idrici recettori. Le acque di prima pioggia sono costituite dalle acque di scorrimento superficiale defluite nei primi minuti di un evento di precipitazione e caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti. A seguito degli eventi di precipitazione, infatti, le acque meteoriche provocano il dilavamento delle superfici urbane e stradali (fenomeno noto con il termine di *first flush*), causando il trasporto di sostanze inquinanti tra le quali, principalmente, solidi sedimentabili (organici e/o inorganici), elementi nutritivi, batteri, oli, grassi e metalli pesanti.

Le sedi stradali e le loro aree di pertinenza contribuiscono all'inquinamento dei deflussi meteorici attraverso due fenomeni successivi:

- l'accumulo durante il tempo asciutto;
- il dilavamento operato dalla pioggia.

Il primo è di entità minore e si manifesta per particelle molto piccole (dimensioni inferiori a 60 µm); il secondo avviene attraverso due fasi successive: l'incorporazione di sostanze nelle goccioline d'acqua entro la nube e il dilavamento atmosferico.

Gli inquinamenti sulle superfici provengono dalla deposizione atmosferica di tempo asciutto, dal traffico veicolare (derivati di combustione dei carburanti, usura dei pneumatici, parti meccaniche, e impianto frenante dei veicoli, corrosione della carrozzeria dei veicoli, etc.), da rifiuti in prevalenza organici, dalla

vegetazione, dall'erosione del manto stradale provocato dal traffico veicolare e dalla corrosione delle barriere.

L'acqua di pioggia subisce una contaminazione dilavando l'atmosfera, le strade e le pertinenze stradali. La prima interazione tra l'acqua e gli inquinanti avviene in atmosfera, in cui sono presenti inquinanti di origine naturale e antropica. Successivamente, l'acqua di pioggia dilava le superfici stradali trascinando una parte del materiale che si è accumulato durante il tempo asciutto.

I dati di letteratura mostrano un ampio ventaglio di concentrazioni di inquinanti nelle acque di pioggia quando giungono al suolo. In effetti, tali concentrazioni dipendono da fonti locali di inquinamento atmosferico, sia da fonti esterne e, quindi, dalle condizioni meteorologiche. In prevalenza il carico inquinante di origine atmosferica riguarda i composti disciolti (metalli, cloruri, sodio).

Le caratteristiche delle acque di prima pioggia, per la natura stessa dei processi idrologici che originano il dilavamento delle sostanze inquinanti dalle superfici urbane e stradali, risultano estremamente variabili e dipendenti dalla specificità del sito in esame ed in particolare dal regime pluviometrico, oltre che dalle caratteristiche climatiche e morfologiche dell'area drenata. I valori del carico inquinante veicolato variano in funzione, oltre che della natura dell'area esaminata (aree urbane, superfici stradali con intensità di traffico variabile ecc.), anche dell'intervallo di tempo intercorso dall'ultimo evento piovoso significativo e possono essere compresi tra 5 e 15 kg/ha/giorno di solidi sedimentabili.

In linea generale si può affermare che il fenomeno del first flush si manifesta principalmente con i parametri SS, COD, Azoto e metalli pesanti (in particolare Cu, Zn e Pb), con un'entità tanto più pronunciata quanto maggiore è il periodo di tempo secco antecedente e quanto maggiore è l'intensità di precipitazione negli istanti iniziali dell'evento.

Inquadramento normativo

La Direttiva CEE 91/271 *“Concernente il trattamento delle acque reflue urbane”* prevede che entro il 31 dicembre 2005 tutte le acque reflue domestiche o il miscuglio di queste con le acque meteoriche di dilavamento siano sottoposte, prima dello scarico, a un trattamento di depurazione, per il raggiungimento di obiettivi di qualità nei corpi idrici recettori, identificati da valori limite di concentrazione di inquinanti in seno ai recettori stessi. Nel recepire a livello nazionale tale direttiva, il D.Lgs.152/99, successivamente integrato dal D.Lgs. 258/00, affronta nello specifico il problema delle acque meteoriche di dilavamento e del trattamento delle acque di prima pioggia all'Art. 39. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici e ambientali, si prevede che le Regioni disciplinino le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate e i casi in cui “può essere richiesto che le acque di prima pioggia siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione”.

Il regolamento della Regione Piemonte 1/R del 20 febbraio 2006, entrato in vigore il 24 febbraio 2006 e successivamente modificato con il regolamento regionale 2 agosto 2006, n. 7/R, disciplina le acque meteoriche di dilavamento e le acque di lavaggio di aree esterne, in attuazione della legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61. Con tale atto l'Amministrazione regionale ha disciplinato una problematica particolarmente diffusa sul territorio e al tempo stesso estremamente complessa, in quanto caratterizzata da una spiccata variabilità locale. La parte più rilevante e di immediata applicazione del regolamento (il Capo II) si occupa in particolare delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, identificando in primo luogo le fattispecie che, per la loro potenzialità inquinante, meritano apposita disciplina.

Secondo il Regolamento della Regione Piemonte, si definiscono *“acque di prima pioggia: quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche”*.

Definiti i possibili recapiti delle predette acque, la relativa disciplina Piemontese si basa sull'adozione ed il mantenimento in buono stato di manutenzione dei sistemi di gestione, raccolta e trattamento, direttamente proposti dal titolare dell'insediamento in un apposito Piano di prevenzione e di gestione; tale piano viene redatto sulla base delle peculiarità locali e delle caratteristiche delle superfici interessate dal dilavamento meteorico o dalle operazioni di lavaggio ed approvato, con le prescrizioni del caso, dalla competente autorità di controllo.

Il trattamento delle acque di prima pioggia deve essere effettuato per gli eventi meteorici che si distanzino di almeno 48 ore l'uno dall'altro. La normativa richiede quindi la separazione dei primi 5 mm di pioggia, per ogni evento meteorico con periodicità superiore alle 48 ore.

La legge della Regione Lombardia del 24 marzo 2006 n° 4, inoltre, all'articolo 5, dispone che la rete deve essere dimensionata sulla base degli eventi meteorici di breve durata e di elevata intensità caratteristici di ogni zona, e comunque quanto meno assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

4.2.2. Acque di “prima pioggia”

Secondo la normativa italiana, le “*acque di prima pioggia*” rappresentano, per ogni evento meteorico, i primi 5 mm (o la quantità caduta nei primi 15 minuti dell'evento), uniformemente distribuiti sull'intera superficie scolante del bacino in esame. In alcuni casi, tali acque devono essere sottoposte ad adeguati sistemi di depurazione, come ad esempio per attività produttive particolari, le autofficine, i distributori di carburante, ecc. Esiste inoltre differenza tra le acque di lavaggio delle superfici urbane e le acque di dilavamento di superfici adiacenti ad autofficine, distributori di carburante, autolavaggi, ecc., considerate più inquinate e che quindi necessitano di trattamenti particolari.

La pericolosità ambientale di queste acque dipende dalla natura del suolo (struttura, pendenze, permeabilità, tipo di superficie, ecc.), dal tipo di usi del suolo stesso (agricolo, civile, produttivo, dei servizi, ecc.) e quindi dalle sostanze che su di esso vengono disperse o ricadono dall'atmosfera a causa delle attività antropiche.

L'analisi del regime pluviometrico consente di identificare gli eventi con carattere di prima pioggia. A titolo di esempio si riportano tre differenti definizioni utilizzate in diverse regioni italiane:

- pioggia: 50 mm/h, cui corrisponde una portata $Q = 50 \text{ l/m}^2/\text{h}$;
- pioggia intensa: 120 mm/h (30 mm in 15 minuti), cui corrisponde una portata $Q = 120 \text{ l/m}^2/\text{h}$;
- prima pioggia: 5 mm in 15 minuti, cui corrisponde una portata $Q = 20 \text{ l/m}^2/\text{h}$.

Come indicano in modo esplicito le normative regionali in materia di trattamento di acque di prima pioggia o, più in generale, di reflui urbani, possono essere considerate acque di prima pioggia quelle dei primi 2,5÷5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio; ai fini dei calcoli delle portate transitanti nel sistema di drenaggio stesso, si considera che tale quantità di pioggia sia caduta in un intervallo di tempo di 15 minuti. Il corrispondente volume d'acqua sarà di 25-50 m³ per ettaro di superficie considerata.

Infine, perché possano essere considerate di prima pioggia, le acque meteoriche devono essere associate ad un evento di pioggia preceduto da almeno 48 ore di tempo asciutto.

Da tali indicazioni emerge come, ai fini dello studio degli impatti provocati dalle acque di prima pioggia debbano essere presi in considerazione eventi piovosi con caratteristiche ben precise:

- intensità relativamente elevata (comunque superiore ai 10 mm/h);
- durata breve (inferiore ai 60 minuti).

Durata e intensità di un evento piovoso sono caratteristiche legate da una legge di proporzionalità inversa: tanto più un evento sarà intenso, tanto più sarà breve. L'assenza di precipitazione nel periodo antecedente all'evento è un'altra caratteristica che spesso contraddistingue le piogge brevi e intense.

4.2.3. Dimensionamento degli impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia

Prima di essere immesse nel corpo recettore, le acque di origine meteorica (estremamente cariche di sostanze inquinanti) devono subire i seguenti trattamenti:

- separazione dei solidi grossolani;
- separazione dei solidi sedimentabili mediante apposito comparto opportunamente dimensionato;
- separazione degli idrocarburi prima dell'immissione nel corpo recettore.

Nell'ottica di un inserimento ambientale dell'infrastruttura volto al rispetto della tutela ambientale del territorio e dei corpi idrici, nel lotto in progetto si prevede di utilizzare un sistema di trattamento in continuo, poiché si prevede il trattamento di tutte le acque di prima pioggia sottese dalla piattaforma stradale. Tale sistema garantisce una buona efficienza depurativa delle acque anche per portate di seconda pioggia e, soprattutto, è caratterizzato da un funzionamento a gravità, ossia senza l'impiego di organi elettromeccanici automatizzati (sistemi di pompaggio) che richiederebbero un elevato onere in termini di esecuzione impiantistica, gestione e manutenzione.

Le vasche di trattamento delle acque di prima pioggia sono costituite da impianti separatori di idrocarburi prefabbricati in acciaio dotati di:

- scolmatore di piena e by-pass integrati per la deviazione delle portate in ingresso eccedenti quelle trattabili;
- comparto di decantazione per la rimozione dei solidi sedimentabili;
- filtro coalescente lamellare in polipropilene a nido d'ape per l'aggregazione dei liquidi leggeri per facilitarne la flottazione;
- otturatore automatico galleggiante a protezione dell'uscita.

L'impianto prevede uno scomparto scolmatore di piena, uno scomparto di decantazione e uno scomparto di separazione oli con filtro a coalescenza munito di dispositivo di scarico con otturatore a galleggiante mobile opportunamente tarato; tale da impedire la fuoriuscita di oli quando la camera di raccolta è completamente riempita.

Il decantatore è configurato in modo da ottenere un carico idraulico superficiale inferiore a 50 m/h. Il volume utile del decantatore è di 100 litri per l/s trattato ed è tale da condurre ad un tempo di transito superiore ai 190 secondi, tempo sufficiente a consentire la separazione dalle sostanze sedimentabili. Le acque così pretrattate vengono avviate attraverso la sezione di separazione oli, dove subiscono una flottazione delle sostanze leggere. Il sistema è dimensionato per garantire allo scarico un tenore di idrocarburi liberi inferiori a 5 mg/l nelle condizioni di prova previsti dalla norma EN858.

Per consentire di abbattere il carico inquinante, garantendo così il rispetto dei limiti agli scarichi imposti dal Decreto Legislativo n. 152 del 2006, viene impiegato il filtro a coalescenza. Con questo sistema le microparticelle di oli aderiscono ad un particolare materiale coalescente (effetto di assorbimento), che ne determina un incremento delle dimensioni (effetto di coalescenza), risultando così favorita la flottazione in superficie.

In relazione alla manutenzione ordinaria del sistema di depurazione, occorre prevedere almeno un'estrazione semestrale dei liquidi leggeri e uno svuotamento annuale dei fanghi. Tuttavia, è necessario evidenziare che la frequenza delle operazioni di manutenzione è funzione del carico inquinante a cui il separatore è sottoposto. Le operazioni di manutenzione consistono nella rimozione del solido sedimentato e asportazione degli idrocarburi flottanti, nonché nella pulitura dei filtri a coalescenza con idropulitrice.

Il criterio di dimensionamento delle vasche è basato sul calcolo della portata scolante. Il volume di prima pioggia viene individuato dal prodotto dall'altezza d'acqua di prima pioggia h per l'estensione della superficie scolante ragguagliata come definito di seguito,

$$V = \varphi \cdot S \cdot h \text{ [m}^3\text{]}$$

dove S è l'area [m^2] e h l'altezza di pioggia [m] e ϕ indica il coefficiente di deflusso per la superficie considerata.

Nel caso in cui la vasca ricevesse in ingresso le portate di prima pioggia provenienti da una superficie promiscua asfaltata e rinverdita, la portata di dimensionamento deve essere effettuata attraverso il calcolo pesato dei contributi delle due tipologie di superfici interessate.

Per quanto riguarda i coefficienti di deflusso delle superfici impermeabili si è assunto un valore pari a 0,90, in pieno accordo con la capacità drenante e di immagazzinamento dell'asfalto drenante. Per quanto concerne le superfici inerbite, come le scarpate stradali, si prevede di utilizzare un coefficiente di deflusso pari a 0,75, valore che trova riscontro nelle capacità di immagazzinamento di tali superfici.

Le normative vigenti identificano le acque di prima pioggia quelle corrispondenti ad una precipitazione meteorica di 5 mm da cui si ottiene un volume specifico di 50 m^3/ha . Considerando che questo volume cada in un tempo di pioggia di 15 min si ottiene la portata da trattare all'interno delle vasche con principio di funzionamento in continuo. Le dimensioni dei separatori di idrocarburi prescelti sono tali da essere in grado di smaltire e trattare una portata in ingresso massima pari a 250 l/s.

Le caratteristiche dimensionali delle 6 vasche previste per il tratto autostradale in esame sono riportate nella seguente tabella.

Vasca	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Portata (l/s)	444	250	802	574	1'194	959
Superficie asfaltata (ha)	1,28	0,70	2,28	1,39	3,63	3,87
Superficie inerbita (ha)	0,12	0,10	0,38	0,55	0,05	0,31
Volume di pioggia (m^3)	62,14	35,24	116,66	83,23	165,08	185,75
Portata di pioggia (l/s)	69,05	39,16	129,62	92,48	183,42	206,39

Tabella 10 – Caratteristiche delle vasche di trattamento.

I dati caratteristici dei separatori di idrocarburi sono riassunti nella seguente tabella.

Vasche	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Portata trattata (l/s)	100	100	150	100	200	250
Portata di punta (l/s)	450	250	800	530	1200	950
Lunghezza (cm)	710	710	1020	710	1330	1550
Diametro (cm)	250	250	250	250	250	250
Tubazione di scarico (DN)	800	800	800	800	1000	1000

Tabella 11 – Specifiche idrauliche e tecniche delle vasche di trattamento.

4.2.4. Dimensionamento e verifica dei sifoni

Ai fini di garantire il convogliamento in Tanaro delle portate in uscita dalle vasche V4, V5 e V6, si è resa necessaria la presenza di sifoni di scarico. Tali sifoni sono costituiti da due pozzetti di estremità in c.a., di dimensioni in pianta 1.5x1.8 m, e da una tubazione di collegamento in c.a. turbocentrifugato avente carico minimo allo schiacciamento pari a 150 kN/mq. Al fine di garantire la protezione della tubazione, è previsto il calottamento in c.a. della condotta e il rivestimento del canale sovrastante con massi di cava.

Le verifiche idrauliche per il dimensionamento dei sifoni sono state effettuate determinando le perdite di carico che si generano all'interno del manufatto. Esse possono essere suddivise in perdite distribuite e perdite localizzate.

Le perdite di carico distribuite sono state determinate considerando la parte di fluido che scorre in pressione all'interno delle canne del sifone utilizzando la formulazione di Chezy:

$$i = \frac{Q^2}{(\chi \cdot \Omega)^2 \cdot R}$$

dove:

- i = perdite di carico unitarie [m/m];
- Q = portata defluente [m³/s];
- R = raggio idraulico [m].

Le perdite di carico localizzate sono state valutate con la seguente formulazione:

$$\Delta H_{loc} = k \frac{V^2}{2g}$$

dove:

- ΔH_{loc} = perdite di carico localizzate [m];
- g = accelerazione di gravità [m/s²];
- k = coefficiente di perdita di carico [-];
- V = velocità media del flusso [m/s];
- $k = 0,5$ per la sezione di imbocco del sifone (coeff. di perdita loc.);
- $k = 1,0$ per la sezione di uscita del sifone (coeff. di perdita loc.).

Nell'ipotesi di pendenza costante tra il collettore di imbocco e il collettore di sbocco del sifone, è possibile calcolare il sovrizzo necessario al pelo libero di monte al fine di garantire un grado di riempimento accettabile nella canalizzazione di monte stessa. Tale sovrizzo è stato calcolato mediante l'applicazione della formula illustrata qui di seguito.

$$dh = 0,5 \frac{Q^2}{A_1^2 \cdot 2g} + \frac{Q^2}{C_1^2 R_1^{4/3} A_1^2} \cdot L_1 + \frac{Q^2}{A_2^2 \cdot 2g} + \frac{Q^2}{C_2^2 R_2^{4/3} A_2^2} \cdot L_2 + \frac{Q^2}{A_3^2 \cdot 2g} + \frac{Q^2}{C_3^2 R_3^{4/3} A_3^2} \cdot L_3$$

dove:

- Q = portata di dimensionamento;
- A_1 = area di deflusso dell'imbocco a monte;
- A_2 = area di deflusso della tubazione circolare;
- A_3 = area di deflusso dello sbocco a valle;
- C_1 = coefficiente di resistenza distribuita nel tratto di imbocco (60 m^{1/3}/s);
- C_2 = coefficiente di resistenza distribuita nel tratto di tubazione circolare (60 m^{1/3}/s);
- C_3 = coefficiente di resistenza distribuita nel tratto di sbocco (60 m^{1/3}/s);
- R_1 = raggio idraulico della sezione di imbocco;
- R_2 = raggio idraulico della sezione circolare;
- R_3 = raggio idraulico della sezione di sbocco;
- L_1 = lunghezza del manufatto di imbocco;
- L_2 = lunghezza della tubazione circolare;

- L_3 = lunghezza del manufatto di sbocco.

I risultati ottenuti sono presentati in Tabella 12.

<i>Vasca</i>	<i>Lunghezza</i>	<i>Portata in uscita</i>	<i>Elemento interferente</i>	<i>DN</i>	<i>Area</i>	<i>Perimetro</i>	<i>Raggio idraulico</i>	<i>Sovralzo livello monte</i>
(-)	(m)	(m ³ /s)	(-)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m)
V4	40,62	0,574	Fosso irriguo	0,80	0,502	2,51	0,200	0,30
V5	40,62	1,194	Fosso irriguo	1,00	0,785	3,14	0,250	0,45
V6	40,62	0,959	Fosso irriguo	1,00	0,785	3,14	0,250	0,30

Tabella 12 – Calcolo dei sovralti a monte dei sifoni in progetto.

4.3. RECAPITO AI CORPI IDRICI RECETTORI

Le portate in uscita dagli impianti di trattamento saranno recapitate al corpo recettore più prossimo ed idraulicamente compatibile, garantendo che lo scarico avvenga senza che si determinino significativi fenomeni di rigurgito, valutando la quota di scarico ed il livello idrico in relazione alla quota di fondo del recapito alla sezione di confluenza.

Si sottolinea che le portate di verifica mostrano valori elevati in quanto caratteristici di precipitazioni con tempo di ritorno di 25 anni; esse non sono quindi rappresentative delle portate di piattaforma che, in concomitanza con un evento pluviometrico maggiormente ricorrente, possono essere scaricate dopo il trattamento.

In Tabella 13 sono indicate per ogni vasca sia le portate in uscita che le portate naturali che caratterizzano il corpo idrico recettore. Conseguentemente si è calcolata l'incidenza del contributo recapitato. Tale verifica è stata omessa per il fiume Tanaro (vasche V4, V5 e V6), data l'esiguità del contributo rispetto alla portata mediamente presente nell'alveo del corso acqua.

In tabella è indicata inoltre la capacità idraulica del recettore, laddove sia definita la sezione e la pendenza del tratto, individuando la portata che potrebbe essere in esso contenuta (con un grado di riempimento del 70%).

<i>N. vasca</i>	<i>Capacità vasca (l/s)</i>	<i>Portata in uscita (l/s)</i>	<i>Recettore</i>	<i>Portata recettore (m³/s)</i>	<i>Incidenza %</i>	<i>Portata totale (m³/s)</i>
V1	100	444	Rio S.Michele	16	2,8%	16,44
V2	100	250	Rio Dei Deglia	26	1,0%	26,25
V3	150	802	Rio S.Giacomo	13	6,2%	13,80

Tabella 13 – Caratteristiche dei recapiti delle vasche V1, V2 e V3.

In tutti i casi considerati, l'innalzamento dei livelli idrici in alveo dovuti agli scarichi delle vasche risultano del tutto trascurabili per influire sulle condizioni idrodinamiche dei corsi d'acqua.

4.4. RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE PER I PIAZZALI DI CANTIERE

Nel presente paragrafo si descrive la rete di raccolta prevista per la regimazione delle acque provenienti dai piazzali di cantiere.

Secondo la medesima metodologia presentata al paragrafo 4.1, l'impostazione generale prevede che le acque provenienti dal dilavamento dei piazzali di cantiere vengano convogliate in un fosso di guarda non rivestito ubicato tra il versante e il piazzale stesso.

Le acque di raccolta verranno direttamente intercettate dal corpo idrico recettore.

Il dimensionamento è stato effettuato prendendo in considerazione un tempo di ritorno pari a 25 anni, dal quale derivano (v. paragrafo 3.2) i parametri di possibilità climatica per tempi inferiori all'ora indicati in Tabella 2.

Al fine di produrre una stima delle portate afferenti al fosso di guardia, si è assunto che i piazzali di cantiere abbiano una pendenza minima trasversale del 5‰ ed un coefficiente di deflusso pari a 0,90. Pertanto, si riporta in Tabella 14 un riepilogo delle caratteristiche geometriche delle aree.

Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [‰]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	Area operativa 1	0,3320	0,90	5	6,0	0,3320	47,41	0,435	10,0
2	Area operativa 2a	0,2625	0,90	5	6,0	0,2625	47,41	0,435	10,0
3	Area operativa 2b	0,1567	0,90	5	6,0	0,1567	47,41	0,435	10,0

Tabella 14 – Caratteristiche geometriche dei bacini.

Secondo quanto riportato sopra, si è ritenuto adeguato prevedere un fosso in terra non rivestito ($c = 40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$) di dimensione trapezia con larghezza alla base 0,30 m, altezza 0,50 m e larghezza alla sommità 1,30 m.

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – VERIFICA DELLA RETE DI RACCOLTA

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 1 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	D1.4	0,0450	0,90	40	6,0	0,0450	47,41	0,435	10,0
2	D1.3	0,0444	0,90	36	6,0	0,0894	47,41	0,435	10,0
3	D1.2	0,0444	0,90	32	6,0	0,1338	47,41	0,435	10,0
4	D1.1	0,0444	0,90	27	6,0	0,1781	47,41	0,435	10,0
5	D2.4	0,0623	0,90	47	6,0	0,0623	47,41	0,435	10,0
6	D2.3	0,0639	0,90	47	6,0	0,1262	47,41	0,435	10,0
7	D2.2	0,0548	0,90	47	6,0	0,1810	47,41	0,435	10,0
8	D2.1	0,0580	0,90	45	6,0	0,2390	47,41	0,435	10,0
9	D3.4	0,0319	0,90	25	6,0	0,0319	47,41	0,435	10,0
10	D3.3	0,0310	0,90	47	6,0	0,0629	47,41	0,435	10,0
11	D3.2	0,0484	0,90	47	6,0	0,0484	47,41	0,435	10,0
12	D3.1	0,0368	0,90	47	6,0	0,0851	47,41	0,435	10,0
13	S2.4	0,0364	0,90	47	6,0	0,0364	47,41	0,435	10,0
14	S2.3	0,0355	0,90	47	6,0	0,0718	47,41	0,435	10,0
15	S2.2	0,0480	0,90	47	6,0	0,1828	47,41	0,435	10,0
16	S2.1	0,0387	0,90	47	6,0	0,2214	47,41	0,435	10,0
17	S1.8	0,0615	0,87	77	5,4	0,3681	47,41	0,435	10,0
18	S1.7	0,1225	0,87	81	5,3	0,4906	47,41	0,435	10,0
19	S1.6	0,0876	0,86	92	5,1	0,5782	47,41	0,435	10,0
20	S1.5	0,0775	0,85	97	5,0	0,6557	47,41	0,435	10,0
21	S1.4	0,0734	0,84	96	4,9	0,9681	47,41	0,435	10,0
22	S1.3	0,0769	0,84	97	4,8	1,0450	47,41	0,435	10,0
23	S1.2	0,0857	0,83	103	4,6	1,1307	47,41	0,435	10,0
24	S1.1	0,0921	0,82	106	4,4	1,2229	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 1 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
1	D1.4	Rettangolare	300	0,01468	80	16,0%	0,61	0,66
2	D1.3	Rettangolare	300	0,02916	130	26,0%	0,75	0,63
3	D1.2	Rettangolare	300	0,04364	180	36,0%	0,81	0,60
4	D1.1	Rettangolare	300	0,05811	225	45,0%	0,86	0,57
5	D2.4	Rettangolare	300	0,02031	100	20,0%	0,68	0,65
6	D2.3	Rettangolare	300	0,04117	170	34,0%	0,81	0,60
7	D2.2	Rettangolare	300	0,05905	230	46,0%	0,86	0,56
8	D2.1	Rettangolare	300	0,07797	285	57,0%	0,91	0,53
9	D3.4	Circolare	300	0,01041	54	18,0%	1,20	1,98
10	D3.3	Circolare	300	0,02053	78	26,0%	1,41	1,83
11	D3.2	Rettangolare	300	0,01578	70	14,0%	0,75	0,89
12	D3.1	Rettangolare	300	0,02777	115	23,0%	0,80	0,72
13	S2.4	Circolare	300	0,01187	57	19,0%	1,27	1,99
14	S2.3	Circolare	300	0,02344	84	28,0%	1,45	1,83
15	S2.2	Circolare	400	0,05962	172	43,0%	1,15	1,00
16	S2.1	Circolare	400	0,07223	212	53,0%	1,07	0,81
17	S1.8	Trapezia	700	0,11940	98	9,6%	1,61	1,67
18	S1.7	Trapezia	700	0,15787	112	11,1%	1,84	1,68
19	S1.6	Trapezia	700	0,18504	126	12,6%	1,90	1,70
20	S1.5	Trapezia	700	0,20886	140	14,2%	1,91	1,71
21	S1.4	Trapezia	700	0,30925	175	18,2%	2,21	1,73
22	S1.3	Trapezia	700	0,33260	182	19,0%	2,27	1,74
23	S1.2	Trapezia	700	0,35832	189	19,8%	2,35	1,74
24	S1.1	Trapezia	700	0,38578	203	21,5%	2,33	1,75

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 2 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [‰]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	D6.2	0,0408	0,90	47	6,0	0,0906	47,41	0,435	10,0
2	D6.1	0,0404	0,90	47	6,0	0,1310	47,41	0,435	10,0
3	D5.4	0,0261	0,90	47	6,0	0,0261	47,41	0,435	10,0
4	D5.3	0,0260	0,90	47	6,0	0,0521	47,41	0,435	10,0
5	D5.2	0,0261	0,90	47	6,0	0,0782	47,41	0,435	10,0
6	D5.1	0,0596	0,78	109	4,8	0,0596	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 2 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
7	D4.4	0,0322	0,78	109	4,8	0,0918	47,41	0,435	10,0
8	D4.3	0,0483	0,78	109	4,8	0,1401	47,41	0,435	10,0
9	D4.2	0,0478	0,78	109	4,8	0,1878	47,41	0,435	10,0
10	D4.1	0,0169	0,90	47	6,0	0,2048	47,41	0,435	10,0
11	S5.2	0,0420	0,90	47	6,0	0,0939	47,41	0,435	10,0
12	S5.1	0,0422	0,90	47	6,0	0,1361	47,41	0,435	10,0
13	S4.4	0,0268	0,90	47	6,0	0,2939	47,41	0,435	10,0
14	S4.3	0,0273	0,90	47	6,0	0,3212	47,41	0,435	10,0
15	S4.2	0,0273	0,90	47	6,0	0,3485	47,41	0,435	10,0
16	S4.1	0,0428	0,86	68	5,6	0,4695	47,41	0,435	10,0
17	S3.4	0,0250	0,83	80	5,3	0,4945	47,41	0,435	10,0
18	S3.3	0,0398	0,83	84	5,3	0,5343	47,41	0,435	10,0
19	S3.2	0,0359	0,85	72	5,5	0,5702	47,41	0,435	10,0
20	S3.1	0,0254	0,90	47	6,0	0,5956	47,41	0,435	10,0
21	D7.1	0,0497	0,90	47	6,0	0,0497	47,41	0,435	10,0
22	S6.1	0,0519	0,90	47	6,0	0,0519	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 2 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
1	D6.2	Rettangolare	300	0,02954	75	15,0%	1,31	1,50
2	D6.1	Rettangolare	300	0,04273	95	19,0%	1,50	1,48
3	D5.4	Rettangolare	300	0,00852	30	6,0%	0,95	1,50
4	D5.3	Rettangolare	300	0,01700	50	10,0%	1,13	1,52
5	D5.2	Rettangolare	300	0,02552	65	13,0%	1,31	1,51
6	D5.1	Rettangolare	300	0,01682	50	10,0%	1,12	1,52
7	D4.4	Rettangolare	300	0,02591	70	14,0%	1,23	1,47
8	D4.3	Rettangolare	300	0,03951	95	19,0%	1,39	1,36
9	D4.2	Rettangolare	300	0,05299	125	25,0%	1,41	1,24
10	D4.1	Rettangolare	300	0,05850	145	29,0%	1,34	1,13
11	S5.2	Circolare	400	0,03064	92	23,0%	1,40	1,71
12	S5.1	Circolare	400	0,04439	112	28,0%	1,54	1,72
13	S4.4	Circolare	400	0,09587	168	42,0%	1,91	1,69

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 2 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
14	S4.3	Circolare	400	0,10477	176	44,0%	1,97	1,68
15	S4.2	Circolare	400	0,11367	184	46,0%	2,01	1,67
16	S4.1	Circolare	400	0,15251	220	55,0%	2,15	1,61
17	S3.4	Circolare	500	0,16007	205	41,0%	2,11	1,71
18	S3.3	Circolare	500	0,17199	220	44,0%	2,07	1,61
19	S3.2	Circolare	500	0,18305	235	47,0%	2,02	1,50
20	S3.1	Circolare	500	0,19134	250	50,0%	1,95	1,38
21	D7.1	Rettangolare	300	0,01623	50	10,0%	1,08	1,52
22	S6.1	Circolare	400	0,01694	68	17,0%	1,20	1,68

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	D9.20	0,0360	0,90	25	6,0	0,0360	47,41	0,435	10,0
2	D9.19	0,0524	0,90	25	6,0	0,0883	47,41	0,435	10,0
3	D9.18	0,0383	0,90	25	6,0	0,1267	47,41	0,435	10,0
4	D9.17	0,0383	0,90	25	6,0	0,1650	47,41	0,435	10,0
5	D9.16	0,0383	0,90	25	6,0	0,2034	47,41	0,435	10,0
6	D9.15	0,0383	0,90	25	6,0	0,2417	47,41	0,435	10,0
7	D9.14	0,0383	0,90	25	6,0	0,2800	47,41	0,435	10,0
8	D9.13	0,0423	0,90	25	6,0	0,3224	47,41	0,435	10,0
9	D9.12	0,0383	0,90	25	6,0	0,3607	47,41	0,435	10,0
10	D9.11	0,0383	0,90	25	6,0	0,3991	47,41	0,435	10,0
11	D9.10	0,0383	0,90	25	6,0	0,4374	47,41	0,435	10,0
12	D9.9	0,0384	0,90	25	6,0	0,4758	47,41	0,435	10,0
13	D9.8	0,0344	0,90	25	6,0	0,0344	47,41	0,435	10,0
14	D9.7	0,0247	0,90	25	6,0	0,0591	47,41	0,435	10,0
15	D9.6	0,0232	0,90	25	6,0	0,0823	47,41	0,435	10,0
16	D9.5	0,0244	0,90	25	6,0	0,1067	47,41	0,435	10,0
17	D9.4	0,0239	0,90	25	6,0	0,1306	47,41	0,435	10,0
18	D9.3	0,0205	0,90	25	6,0	0,1511	47,41	0,435	10,0
19	D9.2	0,0150	0,90	25	6,0	0,1662	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
20	D8.4	0,0188	0,90	25	6,0	0,1850	47,41	0,435	10,0
21	D8.3	0,0357	0,82	71	5,2	0,2207	47,41	0,435	10,0
22	D8.2	0,0654	0,78	98	4,8	0,2861	47,41	0,435	10,0
23	D8.1	0,0737	0,76	109	4,6	0,3598	47,41	0,435	10,0
24	D7.10	0,0850	0,76	100	4,6	0,0850	47,41	0,435	10,0
25	D7.9	0,0748	0,76	96	4,6	0,1599	47,41	0,435	10,0
26	D7.8	0,0762	0,76	102	4,6	0,2360	47,41	0,435	10,0
27	D7.7	0,0530	0,83	66	5,3	0,2890	47,41	0,435	10,0
28	D7.6	0,0406	0,90	33	6,0	0,3297	47,41	0,435	10,0
29	D7.5	0,0403	0,90	42	6,0	0,0403	47,41	0,435	10,0
30	D7.4	0,0405	0,90	47	6,0	0,0808	47,41	0,435	10,0
31	D7.3	0,0422	0,90	47	6,0	0,1230	47,41	0,435	10,0
32	D7.2	0,0392	0,90	47	6,0	0,1621	47,41	0,435	10,0
33	S6.2	0,0426	0,90	47	6,0	2,4931	47,41	0,435	10,5
34	S8.21	0,0360	0,90	25	6,0	0,0360	47,41	0,435	10,0
35	S8.20	0,0524	0,90	25	6,0	0,0883	47,41	0,435	10,0
36	S8.19	0,0383	0,90	25	6,0	0,1267	47,41	0,435	10,0
37	S8.18	0,0383	0,90	25	6,0	0,1650	47,41	0,435	10,0
38	S8.17	0,0383	0,90	25	6,0	0,2033	47,41	0,435	10,0
39	S8.16	0,0383	0,90	25	6,0	0,2416	47,41	0,435	10,0
40	S8.15	0,0383	0,90	25	6,0	0,2800	47,41	0,435	10,0
41	S8.14	0,0423	0,90	25	6,0	0,3223	47,41	0,435	10,0
42	S8.13	0,0383	0,90	25	6,0	0,3606	47,41	0,435	10,0
43	S8.12	0,0383	0,90	25	6,0	0,3990	47,41	0,435	10,0
44	S8.11	0,0383	0,90	25	6,0	0,4373	47,41	0,435	10,0
45	S8.10	0,0383	0,90	25	6,0	0,4757	47,41	0,435	10,0
46	S8.9	0,0344	0,90	25	6,0	0,9858	47,41	0,435	10,0
47	S8.8	0,0234	0,90	25	6,0	1,0092	47,41	0,435	10,0
48	S8.7	0,0472	0,90	25	6,0	1,0564	47,41	0,435	10,0
49	S8.6	0,0242	0,90	25	6,0	1,0806	47,41	0,435	10,0
50	S8.5	0,0218	0,90	25	6,0	1,1024	47,41	0,435	10,0
51	S8.4	0,0154	0,90	25	6,0	1,1178	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
52	S19.4	0,0187	0,90	25	6,0	1,1365	47,41	0,435	10,0
53	S19.3	0,0263	0,90	25	6,0	1,1628	47,41	0,435	10,0
54	S19.2	0,0561	0,80	81	5,0	1,2189	47,41	0,435	10,0
55	S19.1	0,0817	0,74	118	4,4	1,3006	47,41	0,435	10,0
56	S7.5	0,1131	0,72	130	4,2	1,7735	47,41	0,435	10,0
57	S7.4	0,0761	0,76	109	4,6	1,8496	47,41	0,435	10,0
58	S7.3	0,0572	0,81	81	5,1	1,9068	47,41	0,435	10,0
59	S7.2	0,0408	0,90	36	6,0	1,9476	47,41	0,435	10,0
60	S7.1	0,0586	0,90	40	6,0	2,0062	47,41	0,435	10,1
61	S6.5	0,0309	0,90	45	6,0	2,3667	47,41	0,435	10,2
62	S6.4	0,0414	0,90	47	6,0	2,4081	47,41	0,435	10,3
63	S6.3	0,0424	0,90	47	6,0	2,4505	47,41	0,435	10,4

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
1	D9.20	Circolare	400	0,01173	88	22,0%	0,57	0,68
2	D9.19	Circolare	400	0,02881	172	43,0%	0,56	0,48
3	D9.18	Circolare	400	0,04132	216	54,0%	0,60	0,46
4	D9.17	Circolare	400	0,05382	256	64,0%	0,63	0,43
5	D9.16	Circolare	500	0,06633	250	50,0%	0,68	0,48
6	D9.15	Circolare	500	0,07884	275	55,0%	0,71	0,47
7	D9.14	Circolare	500	0,09135	305	61,0%	0,73	0,46
8	D9.13	Circolare	600	0,10515	294	49,0%	0,76	0,50
9	D9.12	Circolare	600	0,11766	312	52,0%	0,79	0,49
10	D9.11	Circolare	600	0,13017	336	56,0%	0,80	0,48
11	D9.10	Circolare	600	0,14268	354	59,0%	0,82	0,48
12	D9.9	Circolare	600	0,15519	378	63,0%	0,83	0,46
13	D9.8	Circolare	400	0,01121	104	26,0%	0,43	0,49
14	D9.7	Circolare	400	0,01928	140	35,0%	0,49	0,49
15	D9.6	Circolare	400	0,02685	168	42,0%	0,54	0,48
16	D9.5	Circolare	400	0,03479	192	48,0%	0,58	0,47
17	D9.4	Circolare	400	0,04259	220	55,0%	0,60	0,45

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
18	D9.3	Circolare	400	0,04929	240	60,0%	0,63	0,44
19	D9.2	Circolare	400	0,05420	256	64,0%	0,64	0,43
20	D8.4	Circolare	400	0,06034	228	57,0%	0,82	0,59
21	D8.3	Circolare	400	0,07096	208	52,0%	1,07	0,82
22	D8.2	Circolare	400	0,08935	216	54,0%	1,29	0,98
23	D8.1	Circolare	400	0,10953	224	56,0%	1,51	1,11
24	D7.10	Rettangolare	300	0,02340	75	15,0%	1,04	1,16
25	D7.9	Rettangolare	300	0,04400	110	22,0%	1,33	1,23
26	D7.8	Rettangolare	300	0,06492	140	28,0%	1,55	1,28
27	D7.7	Rettangolare	300	0,08083	160	32,0%	1,68	1,34
28	D7.6	Rettangolare	300	0,09408	175	35,0%	1,79	1,35
29	D7.5	Rettangolare	300	0,01313	40	8,0%	1,09	1,51
30	D7.4	Rettangolare	300	0,02634	70	14,0%	1,25	1,51
31	D7.3	Rettangolare	300	0,04012	90	18,0%	1,49	1,48
32	D7.2	Rettangolare	300	0,05289	110	22,0%	1,60	1,45
33	S6.2	Circolare	800	0,74930	376	47,0%	3,23	1,87
34	S8.21	Circolare	400	0,01173	164	41,0%	0,24	0,21
35	S8.20	Circolare	400	0,02881	172	43,0%	0,56	0,48
36	S8.19	Circolare	400	0,04132	216	54,0%	0,60	0,46
37	S8.18	Circolare	400	0,05382	256	64,0%	0,63	0,43
38	S8.17	Circolare	500	0,06631	250	50,0%	0,68	0,48
39	S8.16	Circolare	500	0,07882	275	55,0%	0,71	0,47
40	S8.15	Circolare	500	0,09132	305	61,0%	0,73	0,46
41	S8.14	Circolare	600	0,10513	294	49,0%	0,76	0,50
42	S8.13	Circolare	600	0,11763	312	52,0%	0,79	0,49
43	S8.12	Circolare	600	0,13014	336	56,0%	0,80	0,48
44	S8.11	Circolare	600	0,14265	354	59,0%	0,82	0,48
45	S8.10	Circolare	600	0,15516	378	63,0%	0,83	0,46
46	S8.9	Circolare	800	0,32156	488	61,0%	1,00	0,49
47	S8.8	Circolare	800	0,32918	496	62,0%	1,01	0,49
48	S8.7	Circolare	800	0,34459	512	64,0%	1,01	0,48
49	S8.6	Circolare	800	0,35248	520	65,0%	1,02	0,48
50	S8.5	Circolare	800	0,35959	528	66,0%	1,02	0,47
51	S8.4	Circolare	800	0,36460	536	67,0%	1,02	0,47
52	S19.4	Circolare	800	0,37070	448	56,0%	1,28	0,66
53	S19.3	Circolare	800	0,37929	376	47,0%	1,63	0,94
54	S19.2	Circolare	800	0,39565	344	43,0%	1,91	1,15
55	S19.1	Circolare	800	0,41759	328	41,0%	2,15	1,33

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 3 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
56	S7.5	Circolare	800	0,55661	368	46,0%	2,47	1,45
57	S7.4	Circolare	800	0,57753	360	45,0%	2,63	1,59
58	S7.3	Circolare	800	0,59437	352	44,0%	2,79	1,72
59	S7.2	Circolare	800	0,60767	336	42,0%	3,03	1,85
60	S7.1	Circolare	800	0,62482	336	42,0%	3,12	1,90
61	S6.5	Circolare	800	0,72409	368	46,0%	3,21	1,88
62	S6.4	Circolare	800	0,73237	368	46,0%	3,24	1,88
63	S6.3	Circolare	800	0,74082	376	47,0%	3,19	1,87

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 4 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	D9.21	0,0267	0,90	25	6,0	0,0267	47,41	0,435	10,0
2	D9.22	0,0383	0,90	25	6,0	0,0651	47,41	0,435	10,0
3	D9.23	0,0383	0,90	25	6,0	0,1034	47,41	0,435	10,0
4	D9.24	0,0381	0,90	25	6,0	0,1415	47,41	0,435	10,0
5	D9.25	0,0346	0,90	25	6,0	0,1761	47,41	0,435	10,0
6	D9.26	0,0641	0,78	95	4,8	0,2402	47,41	0,435	10,0
7	D9.27	0,0675	0,77	101	4,7	0,3077	47,41	0,435	10,0
8	D9.28	0,0675	0,77	101	4,7	0,3752	47,41	0,435	10,0
9	D9.29	0,0675	0,77	101	4,7	0,4427	47,41	0,435	10,0
10	D9.30	0,0675	0,77	101	4,7	0,5102	47,41	0,435	10,0
11	D9.31	0,0686	0,77	102	4,7	0,5788	47,41	0,435	10,0
12	D9.32	0,0593	0,81	78	5,1	0,6382	47,41	0,435	10,0
13	D9.33	0,0706	0,90	25	6,0	0,7088	47,41	0,435	10,0
14	D9.34	0,0335	0,82	69	5,2	0,7423	47,41	0,435	10,0
15	D9.35	0,0578	0,80	84	5,0	0,8001	47,41	0,435	10,0
16	D9.36	0,0551	0,81	78	5,1	0,8552	47,41	0,435	10,0
17	D9.37	0,0554	0,81	75	5,1	0,9106	47,41	0,435	10,0
18	D9.38	0,0630	0,78	96	4,8	0,9737	47,41	0,435	10,0
19	S8.22	0,0267	0,90	25	6,0	0,0267	47,41	0,435	10,0
20	S8.23	0,0383	0,90	25	6,0	0,0651	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 4 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
21	S8.24	0,0383	0,90	25	6,0	0,1034	47,41	0,435	10,0
22	S8.25	0,0381	0,90	25	6,0	0,1415	47,41	0,435	10,0
23	S8.26	0,0346	0,90	25	6,0	0,1761	47,41	0,435	10,0
24	S8.27	0,0383	0,90	25	6,0	0,2145	47,41	0,435	10,0
25	S8.28	0,0383	0,90	25	6,0	0,2528	47,41	0,435	10,0
26	S8.29	0,0522	0,82	72	5,2	0,3050	47,41	0,435	10,0
27	S8.30	0,0614	0,79	91	4,9	0,3665	47,41	0,435	10,0
28	S8.31	0,0680	0,77	101	4,7	0,4345	47,41	0,435	10,0
29	S8.32	0,0752	0,75	111	4,5	0,5096	47,41	0,435	10,0
30	S8.33	0,0799	0,75	111	4,5	0,5896	47,41	0,435	10,0
31	S8.34	0,0837	0,85	52	5,5	0,6732	47,41	0,435	10,0
32	S8.35	0,0266	0,90	25	6,0	0,6998	47,41	0,435	10,0
33	S9.1	0,0461	0,85	55	5,5	0,7459	47,41	0,435	10,0
34	S9.2	0,0663	0,77	99	4,7	0,8122	47,41	0,435	10,0
35	S9.3	0,0706	0,77	102	4,7	0,8828	47,41	0,435	10,0
36	S9.4	0,0843	0,73	123	4,3	0,9670	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 4 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
1	D9.21	Circolare	400	0,00871	84	21,0%	0,45	0,57
2	D9.22	Circolare	400	0,02122	108	27,0%	0,78	0,84
3	D9.23	Circolare	400	0,03373	124	31,0%	1,02	1,04
4	D9.24	Circolare	400	0,04616	136	34,0%	1,23	1,21
5	D9.25	Circolare	400	0,05745	144	36,0%	1,41	1,35
6	D9.26	Circolare	400	0,07555	160	40,0%	1,61	1,48
7	D9.27	Circolare	400	0,09440	172	43,0%	1,83	1,58
8	D9.28	Circolare	400	0,11325	184	46,0%	2,01	1,68
9	D9.29	Circolare	400	0,13210	196	49,0%	2,16	1,76
10	D9.30	Circolare	400	0,15095	204	51,0%	2,34	1,84
11	D9.31	Circolare	400	0,17004	212	53,0%	2,51	1,91
12	D9.32	Circolare	400	0,18745	220	55,0%	2,65	1,98
13	D9.33	Circolare	400	0,21048	232	58,0%	2,78	2,03

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 4 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
14	D9.34	Trapezia	700	0,22050	168	17,4%	1,65	1,29
15	D9.35	Trapezia	700	0,23724	175	18,2%	1,69	1,29
16	D9.36	Trapezia	700	0,25339	154	15,8%	2,09	1,79
17	D9.37	Trapezia	700	0,26975	175	18,2%	1,93	1,54
18	D9.38	Trapezia	700	0,28751	112	11,1%	3,36	3,24
19	S8.22	Circolare	400	0,00871	84	21,0%	0,45	0,57
20	S8.23	Circolare	400	0,02122	108	27,0%	0,78	0,84
21	S8.24	Circolare	400	0,03373	124	31,0%	1,02	1,04
22	S8.25	Circolare	400	0,04616	136	34,0%	1,23	1,21
23	S8.26	Circolare	400	0,05745	144	36,0%	1,41	1,35
24	S8.27	Circolare	400	0,06995	152	38,0%	1,60	1,48
25	S8.28	Circolare	400	0,08246	160	40,0%	1,76	1,59
26	S8.29	Circolare	400	0,09799	168	42,0%	1,96	1,70
27	S8.30	Circolare	400	0,11552	180	45,0%	2,11	1,78
28	S8.31	Circolare	400	0,13447	192	48,0%	2,25	1,86
29	S8.32	Circolare	400	0,15499	200	50,0%	2,47	1,94
30	S8.33	Circolare	400	0,17678	212	53,0%	2,61	2,00
31	S8.34	Circolare	400	0,20264	224	56,0%	2,80	2,05
32	S8.35	Circolare	400	0,21131	228	57,0%	2,86	2,08
33	S9.1	Trapezia	700	0,22551	161	16,6%	1,77	1,39
34	S9.2	Trapezia	700	0,24409	98	9,6%	3,29	3,12
35	S9.3	Trapezia	700	0,26374	105	10,4%	3,31	3,13
36	S9.4	Trapezia	700	0,28612	112	11,1%	3,34	3,15

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	D10.1	0,0846	0,90	36	6,0	0,0846	47,41	0,435	10,0
2	D10.2	0,0506	0,87	77	5,3	0,2190	47,41	0,435	10,0
3	D10.3	0,1249	0,85	102	4,9	0,3439	47,41	0,435	10,0
4	D10.4	0,0841	0,87	82	5,3	0,4281	47,41	0,435	10,0
5	D10.5	0,0563	0,86	86	5,2	0,6619	47,41	0,435	10,0
6	D10.6	0,0783	0,88	64	5,7	0,7402	47,41	0,435	10,0
7	D10.7	0,0436	0,90	47	6,0	0,7838	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
8	D10.8	0,1041	0,90	47	6,0	0,8879	47,41	0,435	10,0
9	D10.9	0,0850	0,90	47	6,0	0,9729	47,41	0,435	10,0
10	D10.10	0,0670	0,90	47	6,0	1,0398	47,41	0,435	10,0
11	D10.11	0,0686	0,90	47	6,0	1,1084	47,41	0,435	10,0
12	D10.12	0,0648	0,90	47	6,0	1,1732	47,41	0,435	10,0
13	D10.13	0,0551	0,90	47	6,0	1,2284	47,41	0,435	10,0
14	D10.14	0,0649	0,90	47	6,0	1,2932	47,41	0,435	10,0
15	D10.15	0,0561	0,90	47	6,0	1,9960	47,41	0,435	10,0
16	D10.16	0,0650	0,90	47	6,0	2,0610	47,41	0,435	10,0
17	D11.1	0,0529	0,90	47	6,0	2,1139	47,41	0,435	10,0
18	D11.2	0,0578	0,90	47	6,0	2,1716	47,41	0,435	10,0
19	D11.3	0,0520	0,90	47	6,0	2,2236	47,41	0,435	10,0
20	D11.4	0,0728	0,90	47	6,0	2,2964	47,41	0,435	10,0
21	D11.5	0,0562	0,90	39	6,0	2,3526	47,41	0,435	10,0
22	D11.6	0,0555	0,90	24	6,0	2,8054	47,41	0,435	10,0
23	D12.1	0,0638	0,90	8	6,0	2,8692	47,41	0,435	10,0
24	D12.2	0,0369	0,90	5	6,0	2,9061	47,41	0,435	10,0
25	S10.1	0,0837	0,90	14	6,0	0,0837	47,41	0,435	10,0
26	S10.2	0,0381	0,90	23	6,0	0,0381	47,41	0,435	10,0
27	S10.3	0,0768	0,90	39	6,0	0,1150	47,41	0,435	10,0
28	S10.4	0,0626	0,90	47	6,0	0,1776	47,41	0,435	10,0
29	S10.5	0,0404	0,90	47	6,0	0,0404	47,41	0,435	10,0
30	S10.6	0,0670	0,90	47	6,0	0,1074	47,41	0,435	10,0
31	S10.7	0,0430	0,90	47	6,0	0,1504	47,41	0,435	10,0
32	S10.8	0,1041	0,90	47	6,0	0,2545	47,41	0,435	10,0
33	S10.9	0,0822	0,90	47	6,0	0,3367	47,41	0,435	10,0
34	S10.10	0,0650	0,90	47	6,0	0,4017	47,41	0,435	10,0
35	S10.11	0,0662	0,90	47	6,0	0,4679	47,41	0,435	10,0
36	S10.12	0,0627	0,90	47	6,0	0,5306	47,41	0,435	10,0
37	S10.13	0,0533	0,90	47	6,0	0,5839	47,41	0,435	10,0
38	S10.14	0,0627	0,90	47	6,0	0,6467	47,41	0,435	10,0
39	S10.15	0,0551	0,90	47	6,0	0,0551	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
40	S10.16	0,0635	0,90	47	6,0	0,1186	47,41	0,435	10,0
41	S10.17	0,0513	0,90	47	6,0	0,1699	47,41	0,435	10,0
42	S10.18	0,0510	0,90	47	6,0	0,2208	47,41	0,435	10,0
43	S10.19	0,0401	0,90	47	6,0	0,2610	47,41	0,435	10,0
44	S10.20	0,0767	0,90	47	6,0	0,3377	47,41	0,435	10,0
45	S10.21	0,0596	0,90	39	6,0	0,3972	47,41	0,435	10,0
46	S10.22	0,0525	0,90	23	6,0	0,0525	47,41	0,435	10,0
47	S11.1	0,0604	0,90	8	6,0	0,1129	47,41	0,435	10,0
48	S11.2	0,0348	0,90	5	6,0	0,1477	47,41	0,435	10,0
49	D18.3	0,0497	0,90	54	6,0	0,0497	47,41	0,435	10,0
50	D18.2	0,0433	0,90	54	6,0	0,0930	47,41	0,435	10,0
51	D18.1	0,0800	0,90	49	6,0	0,0800	47,41	0,435	10,0
52	D13.3	0,0532	0,90	38	6,0	0,1333	47,41	0,435	10,0
53	D13.2	0,0450	0,90	27	6,0	0,0450	47,41	0,435	10,0
54	D13.1	0,0338	0,90	16	6,0	0,0788	47,41	0,435	10,0
55	S18.3	0,0414	0,90	54	6,0	0,0414	47,41	0,435	10,0
56	S18.2	0,0486	0,90	54	6,0	0,0900	47,41	0,435	10,0
57	S18.1	0,0976	0,90	54	6,0	0,2806	47,41	0,435	10,0
58	S12.3	0,0541	0,90	25	6,0	0,3347	47,41	0,435	10,0
59	S12.2	0,0436	0,90	25	6,0	0,5116	47,41	0,435	10,0
60	S12.1	0,0326	0,90	16	6,0	0,5442	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
1	D10.1	Circolare	300	0,02759	66	22,0%	2,39	3,54
2	D10.2	Circolare	400	0,07080	124	31,0%	2,13	2,25
3	D10.3	Circolare	400	0,10907	160	40,0%	2,32	2,09
4	D10.4	Circolare	400	0,13546	196	49,0%	2,21	1,76
5	D10.5	Circolare	500	0,21095	255	51,0%	2,10	1,46
6	D10.6	Circolare	600	0,23601	306	51,0%	1,63	1,04
7	D10.7	Circolare	600	0,25024	414	69,0%	1,20	0,62

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
8	D10.8	Circolare	600	0,28419	318	53,0%	1,87	1,16
9	D10.9	Circolare	600	0,31190	336	56,0%	1,91	1,14
10	D10.10	Circolare	600	0,33374	354	59,0%	1,92	1,12
11	D10.11	Circolare	600	0,35612	312	52,0%	2,40	1,50
12	D10.12	Circolare	600	0,37727	276	46,0%	2,97	2,05
13	D10.13	Circolare	600	0,39524	252	42,0%	3,51	2,49
14	D10.14	Circolare	600	0,41640	240	40,0%	3,94	2,86
15	D10.15	Circolare	700	0,64564	364	52,0%	3,19	1,88
16	D10.16	Circolare	700	0,66684	357	51,0%	3,38	1,97
17	D11.1	Circolare	700	0,68408	364	52,0%	3,38	1,96
18	D11.2	Circolare	700	0,70293	371	53,0%	3,39	1,95
19	D11.3	Circolare	700	0,71988	378	54,0%	3,40	1,94
20	D11.4	Circolare	700	0,74364	399	57,0%	3,28	1,83
21	D11.5	Circolare	700	0,76197	434	62,0%	3,04	1,59
22	D11.6	Circolare	800	0,90965	480	60,0%	2,89	1,44
23	D12.1	Circolare	800	0,93046	504	63,0%	2,79	1,33
24	D12.2	Circolare	800	0,94248	512	64,0%	2,77	1,32
25	S10.1	Circolare	300	0,02732	63	21,0%	2,53	3,54
26	S10.2	Rettangolare	300	0,01243	35	7,0%	1,18	1,97
27	S10.3	Rettangolare	300	0,03750	75	15,0%	1,67	1,85
28	S10.4	Rettangolare	300	0,05792	115	23,0%	1,68	1,54
29	S10.5	Rettangolare	300	0,01319	45	9,0%	0,98	1,30
30	S10.6	Rettangolare	300	0,03504	120	24,0%	0,97	0,85
31	S10.7	Rettangolare	300	0,04906	215	43,0%	0,76	0,52
32	S10.8	Circolare	450	0,08301	185	41,0%	1,35	1,15
33	S10.9	Circolare	450	0,10983	216	48,0%	1,46	1,13
34	S10.10	Circolare	450	0,13104	239	53,0%	1,53	1,10
35	S10.11	Circolare	450	0,15262	225	50,0%	1,92	1,44
36	S10.12	Circolare	450	0,17308	203	45,0%	2,49	1,96
37	S10.13	Circolare	450	0,19047	194	43,0%	2,91	2,37
38	S10.14	Circolare	450	0,21093	189	42,0%	3,33	2,71
39	S10.15	Rettangolare	300	0,01797	50	10,0%	1,20	1,59
40	S10.16	Rettangolare	300	0,03868	85	17,0%	1,52	1,63
41	S10.17	Rettangolare	300	0,05540	110	22,0%	1,68	1,59
42	S10.18	Rettangolare	300	0,07203	130	26,0%	1,85	1,56
43	S10.19	Rettangolare	300	0,08512	150	30,0%	1,89	1,52
44	S10.20	Rettangolare	300	0,11014	190	38,0%	1,93	1,39
45	S10.21	Rettangolare	300	0,12957	235	47,0%	1,84	1,19

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
46	S10.22	Rettangolare	300	0,01714	55	11,0%	1,04	1,24
47	S11.1	Rettangolare	300	0,03683	115	23,0%	1,07	0,98
48	S11.2	Rettangolare	300	0,04819	175	35,0%	0,92	0,68
49	D18.3	Rettangolare	300	0,01621	100	20,0%	0,54	0,53
50	D18.2	Circolare	300	0,03033	111	37,0%	1,28	1,42
51	D18.1	Rettangolare	300	0,02611	95	19,0%	0,92	0,95
52	D13.3	Rettangolare	300	0,04347	140	28,0%	1,03	0,87
53	D13.2	Rettangolare	300	0,01467	85	17,0%	0,58	0,61
54	D13.1	Rettangolare	300	0,02569	215	43,0%	0,40	0,27
55	S18.3	Circolare	400	0,01352	100	25,0%	0,55	0,61
56	S18.2	Circolare	300	0,02936	108	36,0%	1,28	1,42
57	S18.1	Circolare	400	0,09154	212	53,0%	1,35	1,04
58	S12.3	Circolare	400	0,10917	244	61,0%	1,36	0,96
59	S12.2	Circolare	500	0,16686	335	67,0%	1,19	0,69
60	S12.1	Circolare	500	0,17750	350	70,0%	1,21	0,67

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 6 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
1	D14.3	0,0419	0,90	54	6,0	0,0419	47,41	0,435	10,0
2	D14.4	0,0886	0,90	54	6,0	0,1305	47,41	0,435	10,0
3	D14.5	0,0784	0,90	49	6,0	0,0784	47,41	0,435	10,0
4	D14.6	0,1074	0,90	38	6,0	0,1857	47,41	0,435	10,0
5	D14.7	0,0669	0,90	27	6,0	0,0669	47,41	0,435	10,0
6	D15.1	0,0645	0,90	16	6,0	0,1314	47,41	0,435	10,0
7	D15.2	0,0557	0,90	5	6,0	0,0557	47,41	0,435	10,0
8	S13.3	0,0454	0,90	54	6,0	0,0454	47,41	0,435	10,0
9	S13.4	0,0972	0,90	54	6,0	0,1426	47,41	0,435	10,0
10	S13.5	0,0859	0,90	49	6,0	0,3589	47,41	0,435	10,0
11	S13.6	0,1156	0,90	38	6,0	0,4745	47,41	0,435	10,0
12	S13.7	0,0705	0,90	27	6,0	0,6119	47,41	0,435	10,0
13	S14.1	0,0670	0,90	16	6,0	0,6789	47,41	0,435	10,0
14	S14.2	0,0563	0,90	5	6,0	0,8666	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 6 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
15	D16.1	0,0920	0,88	54	5,5	0,1477	47,41	0,435	10,0
16	D16.2	0,0857	0,87	59	5,5	0,3098	47,41	0,435	10,0
17	D16.3	0,0893	0,87	63	5,4	0,3991	47,41	0,435	10,0
18	D16.4	0,0996	0,87	65	5,5	0,6416	47,41	0,435	10,0
19	D16.5	0,0470	0,88	58	5,6	0,6886	47,41	0,435	10,0
20	D16.6	0,0627	0,88	56	5,7	0,8700	47,41	0,435	10,0
21	D16.7	0,0593	0,88	61	5,6	0,9293	47,41	0,435	10,0
22	D16.8	0,0656	0,88	65	5,5	1,1028	47,41	0,435	10,0
23	D16.9	0,0752	0,87	67	5,5	1,1780	47,41	0,435	10,0
24	D16.10	0,0779	0,87	71	5,4	1,3737	47,41	0,435	10,4
25	D16.11	0,0786	0,87	73	5,4	1,4523	47,41	0,435	11,0
26	D16.12	0,0788	0,87	73	5,4	1,6565	47,41	0,435	11,6
27	D16.13	0,0810	0,87	74	5,3	1,7375	47,41	0,435	12,2
28	D16.14	0,0823	0,86	74	5,3	1,9451	47,41	0,435	12,8
29	D16.15	0,0815	0,87	70	5,3	2,0266	47,41	0,435	13,4
30	D17.5	0,0705	0,87	56	5,5	0,0705	47,41	0,435	10,0
31	D17.4	0,0911	0,87	58	5,4	0,1616	47,41	0,435	10,0
32	D17.3	0,0764	0,87	57	5,5	0,2380	47,41	0,435	10,0
33	D17.2	0,0799	0,87	63	5,3	0,3179	47,41	0,435	10,0
34	D17.1	0,0802	0,87	65	5,3	0,3981	47,41	0,435	10,0
35	S15.1	0,0765	0,90	25	6,0	0,0765	47,41	0,435	10,0
36	S15.2	0,0701	0,90	27	6,0	0,0701	47,41	0,435	10,0
37	S15.3	0,0727	0,90	32	6,0	0,1428	47,41	0,435	10,0
38	S15.4	0,0827	0,90	37	6,0	0,0827	47,41	0,435	10,0
39	S15.5	0,0360	0,90	39	6,0	0,1187	47,41	0,435	10,0
40	S15.6	0,0531	0,90	39	6,0	0,0531	47,41	0,435	10,0
41	S15.7	0,0547	0,90	39	6,0	0,1078	47,41	0,435	10,0
42	S15.8	0,0550	0,90	39	6,0	0,0550	47,41	0,435	10,0
43	S15.9	0,0627	0,90	39	6,0	0,1177	47,41	0,435	10,0
44	S15.10	0,0627	0,90	39	6,0	0,0627	47,41	0,435	10,0
45	S15.11	0,0627	0,90	39	6,0	0,1254	47,41	0,435	10,0
46	S15.12	0,0624	0,90	39	6,0	0,0624	47,41	0,435	10,0

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 6 – Caratteristiche schematiche del bacino									
Rami della rete di drenaggio		Superficie direttamente afferente	Coeff. di deflusso	Pendenza bacino	Volume piccoli invasi	Superficie afferente totale	Parametri CPP		Durata pioggia di progetto
ID	Descrizione	S [ha]	Φ [-]	s [%]	W0 [mm]	S _T [ha]	a [mm/h ⁿ]	n [-]	tp [min]
47	S15.13	0,0629	0,90	37	6,0	0,1253	47,41	0,435	10,0
48	S15.14	0,0628	0,90	34	6,0	0,0628	47,41	0,435	10,0
49	S15.15	0,0625	0,90	30	6,0	0,1252	47,41	0,435	10,0
50	S16.1	0,0626	0,90	27	6,0	0,0626	47,41	0,435	10,0
51	S17.4	0,0692	0,90	25	6,0	0,0692	47,41	0,435	10,0
52	S17.3	0,0625	0,90	25	6,0	0,1317	47,41	0,435	10,0
53	S17.2	0,0625	0,90	25	6,0	0,1942	47,41	0,435	10,0
54	S17.1	0,0625	0,90	25	6,0	0,2567	47,41	0,435	10,0
55	scar_3	0,3247	0,75	200	3,0	1,1913	47,41	0,435	19,7

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
1	D14.3	Rettangolare	300	0,01365	175	35,0%	0,26	0,19
2	D14.4	Rettangolare	300	0,04256	195	39,0%	0,73	0,52
3	D14.5	Rettangolare	300	0,02556	105	21,0%	0,81	0,79
4	D14.6	Rettangolare	300	0,06058	230	46,0%	0,88	0,58
5	D14.7	Rettangolare	300	0,02182	195	39,0%	0,37	0,26
6	D15.1	Rettangolare	300	0,04287	325	65,0%	0,44	0,24
7	D15.2	Rettangolare	300	0,01816	165	33,0%	0,37	0,29
8	S13.3	Circolare	400	0,01480	204	51,0%	0,23	0,18
9	S13.4	Circolare	400	0,04650	188	47,0%	0,80	0,66
10	S13.5	Circolare	500	0,11706	235	47,0%	1,29	0,94
11	S13.6	Circolare	500	0,15478	315	63,0%	1,19	0,72
12	S13.7	Circolare	800	0,19960	432	54,0%	0,72	0,38
13	S14.1	Circolare	800	0,22144	464	58,0%	0,73	0,37
14	S14.2	Circolare	800	0,28269	552	69,0%	0,76	0,34
15	D16.1	Trapezia	700	0,04734	140	14,2%	0,43	0,38
16	D16.2	Trapezia	700	0,09939	217	23,2%	0,56	0,39
17	D16.3	Trapezia	700	0,12761	259	28,5%	0,58	0,39
18	D16.4	Trapezia	700	0,20573	343	39,9%	0,67	0,40
19	D16.5	Trapezia	700	0,22075	357	41,9%	0,68	0,40
20	D16.6	Trapezia	700	0,27956	413	50,2%	0,72	0,40
21	D16.7	Trapezia	700	0,29846	427	52,3%	0,74	0,40

Rete di drenaggio afferente alla Vasca 5 – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete								
Rami della rete di drenaggio		Sezione canaletta o tubazione	Dimensione principale	Portata di progetto	Tirante idrico	Grado di riempimento	Velocità media	Numero di Froude
ID	Descrizione		D [mm]	Q [m ³ /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]
22	D16.8	Trapezia	700	0,35447	469	59,0%	0,78	0,40
23	D16.9	Trapezia	700	0,37831	490	62,4%	0,79	0,40
24	D16.10	Trapezia	700	0,43192	469	59,0%	0,95	0,49
25	D16.11	Trapezia	700	0,44192	476	60,1%	0,96	0,49
26	D16.12	Trapezia	700	0,48828	504	64,7%	0,98	0,49
27	D16.13	Trapezia	700	0,49770	511	65,8%	0,98	0,49
28	D16.14	Trapezia	700	0,54164	539	70,6%	1,00	0,49
29	D16.15	Trapezia	700	0,55025	539	70,6%	1,01	0,49
30	D17.5	Trapezia	700	0,02230	84	8,2%	0,35	0,37
31	D17.4	Trapezia	700	0,05108	147	15,0%	0,44	0,38
32	D17.3	Trapezia	700	0,07525	182	19,0%	0,51	0,39
33	D17.2	Trapezia	700	0,10037	217	23,2%	0,56	0,39
34	D17.1	Trapezia	700	0,12557	252	27,6%	0,59	0,39
35	S15.1	Rettangolare	300	0,02495	210	42,0%	0,40	0,27
36	S15.2	Rettangolare	300	0,02286	195	39,0%	0,39	0,28
37	S15.3	Rettangolare	300	0,04659	350	70,0%	0,44	0,24
38	S15.4	Rettangolare	300	0,02698	225	45,0%	0,40	0,27
39	S15.5	Rettangolare	300	0,03871	300	60,0%	0,43	0,25
40	S15.6	Rettangolare	300	0,01732	155	31,0%	0,37	0,29
41	S15.7	Rettangolare	300	0,03517	275	55,0%	0,43	0,26
42	S15.8	Rettangolare	300	0,01796	160	32,0%	0,37	0,29
43	S15.9	Rettangolare	300	0,03840	295	59,0%	0,43	0,25
44	S15.10	Rettangolare	300	0,02045	180	36,0%	0,38	0,28
45	S15.11	Rettangolare	300	0,04090	310	62,0%	0,44	0,25
46	S15.12	Rettangolare	300	0,02034	180	36,0%	0,38	0,28
47	S15.13	Rettangolare	300	0,04086	310	62,0%	0,44	0,25
48	S15.14	Rettangolare	300	0,02047	180	36,0%	0,38	0,28
49	S15.15	Rettangolare	300	0,04085	310	62,0%	0,44	0,25
50	S16.1	Rettangolare	300	0,02042	180	36,0%	0,38	0,28
51	S17.4	Trapezia	700	0,02257	84	8,2%	0,36	0,37
52	S17.3	Trapezia	700	0,04295	133	13,4%	0,42	0,38
53	S17.2	Trapezia	700	0,06334	168	17,4%	0,47	0,39
54	S17.1	Trapezia	700	0,08373	196	20,7%	0,53	0,39
55	scar_3	Trapezia	700	0,25266	385	46,0%	0,71	0,40