

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA
TRATTA PIADENA-MANTOVA
IDROLOGIA E IDRAULICA GENERALE

Relazione idraulica drenaggio di piattaforma ferroviaria e
compatibilità idraulica

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

N M 2 5 0 3 D 2 6 R I I D 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. Coppa <i>G. Coppa</i>	Aprile 2020	M. Ventura <i>M. Ventura</i>	Aprile 2020	M. Berlingeri <i>M. Berlingeri</i>	Aprile 2020	
File: NM2503D26RIID0000001A								

Sommario

1. PREMESSA	4
1 INTRODUZIONE	5
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3. ANALISI IDROLOGICA.....	8
4 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA	11
5 RECAPITO DEL DRENAGGIO DI PIATTAFORMA FERROVIARIA.....	16
5.1 Compatibilità idraulica	16
5.2 Criteri di progettazione.....	19
6 LIVELLO DELLA FALDA E PERMEABILITA'	21
7 SISTEMI DI ACCUMULO E DISPERSIONE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DI PIATTAFORMA.....	24
7.1 Cassonetti drenanti interrati con tubo di distribuzione fessurato	24
7.1.1 Criteri di dimensionamento.....	26
7.1.2 Risultati della verifica: metodo delle sole piogge.....	27
7.1.3 Risultato della verifica: procedura dettagliata (modello SWMM).....	28
7.1.4 Svuotamento del sistema.....	30
7.1.5 Vantaggi ed aspetti manutentivi.....	31
7.1.6 Specifiche sul materiale drenante e posa in opera.	32
Performance attese	33
Fuso granulometrico	34
Prove di laboratorio.....	34
Campo prova	34

7.2	Fossi drenanti in terra.....	35
7.2.1	Criteri di dimensionamento.....	36
7.2.2	Risultati della verifica: metodo delle sole piogge.....	37
7.2.3	Risultato della verifica: procedura dettagliata (modello SWMM).....	38
7.2.4	Svuotamento del sistema.....	40
7.2.5	Vantaggi ed aspetti manutentivi.....	41
7.3	Vasche di accumulo e infiltrazione.....	42
7.3.1	Criteri di dimensionamento.....	45
7.3.2	Risultati della verifica: modello SWMM.....	46
7.3.3	Svuotamento del sistema.....	50
7.3.4	Vantaggi ed aspetti manutentivi.....	53
8	OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO	54
8.1	Linea ferroviaria in rilevato.....	55
8.2	Verifiche embrici.....	56
8.3	Dimensionamento idraulico	57
8.4	Linea ferroviaria in trincea	62
8.5	Linea ferroviaria in viadotto.....	64
8.6	Linea ferroviaria in prossimità di muri.....	66
8.7	Verifica canalette di recapito nelle vasche drenanti	68
9	DRENAGGIO MARCIAPIEDI DI STAZIONE.....	69
9.1	STAZIONE DI PIADENA.....	69
9.1.1	Descrizione schema di drenaggio	69
9.1.2	Verifica del sistema di recapito.....	70
9.1.3	Verifica condotte di drenaggio.....	73
9.2	STAZIONE DI BOZZOLO.....	74

9.2.1	Descrizione schema di drenaggio	74
9.2.2	Verifica condotte di drenaggio.....	75
9.3	STAZIONE DI MARCARIA e CASTELLUCCHIO	77
9.3.1	Descrizione schema di drenaggio	77
9.3.2	Verifica sistema di recapito.....	77
9.3.3	Verifica condotte di drenaggio.....	85
10	CONCLUSIONI.....	88
11	ALLEGATI	88
	CENNI SUL SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO	88

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 90</p>

1. PREMESSA

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualificazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l’intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull’intera relazione.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L’obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l’incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest’ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^a fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^a fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 5 di 90

- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell'ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L'intervento, nel suo complesso, grazie all'incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono riportati i criteri progettuali e le verifiche idrauliche riguardanti il drenaggio e lo smaltimento delle acque meteoriche della linea in progetto, dalla piattaforma fino al loro recapito finale. Dopo alcuni richiami su gli aspetti idrologici, si illustreranno i riferimenti normativi e le caratteristiche idrogeologiche del territorio, che costituiscono le condizioni al contorno sulla base delle quali sono state operate le scelte progettuali, di seguito illustrate.

La scelta dei tempi di ritorno, delle procedure di verifica e dei sistemi di recapito è stata effettuata in conformità a quanto previsto dalle indicazioni riportate nel Testo coordinato del r.r. 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019 e dal Manuale di Progettazione Ferroviaria 2018.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 6 di 90

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 7 di 90

- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.3 - Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 e relative "Norme tecniche regionali in materia di trattamento degli scarichi di acque reflue in attuazione dell'articolo 3, comma 1 del Regolamento reg. 2006, n.3".
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po".
- Testo coordinato del r.r. 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 8 di 90</p>

3. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica dei bacini in questione è stata condotta con riferimento ai seguenti documenti prodotti dalle autorità competenti sul territorio lombardo:

- *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n.49 del 23.02.2010 – Profili fi piena dei corsi d'acqua del reticolo principale*
- *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - dell'Adda nel tratto da Olginate alla confluenza nel Po, del Fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, del Fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*

I valori delle portate di piena sono stati stimati mediante l'utilizzo delle curve di possibilità pluviometrica fornite dall'ARPA Lombardia e successivamente l'applicazione di modelli idrologici afflussi-deflussi.

Per la stima delle portate di piena defluenti nei corsi d'acqua sono stati utilizzati modelli di trasformazione afflussi-deflussi che a partire dalle curve di possibilità pluviometrica dell'ARPA Lombardia forniscono il corrispondente andamento nel tempo delle portate.

L'applicazione di tali modelli necessita quindi della conoscenza del regime delle precipitazioni di forte intensità nel territorio di interesse, sintetizzato nelle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che legano l'altezza h , la durata d della pioggia e il tempo di ritorno T tramite l'espressione:

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

Per il calcolo del regime pluviometrico sono state considerati i parametri delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia.

Tr (anni)	a (mm/h)	n
25	45.392	0.266
50	55.212	
100	62.238	
200	69.615	

Tabella 1 - Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge extraorarie t>1h

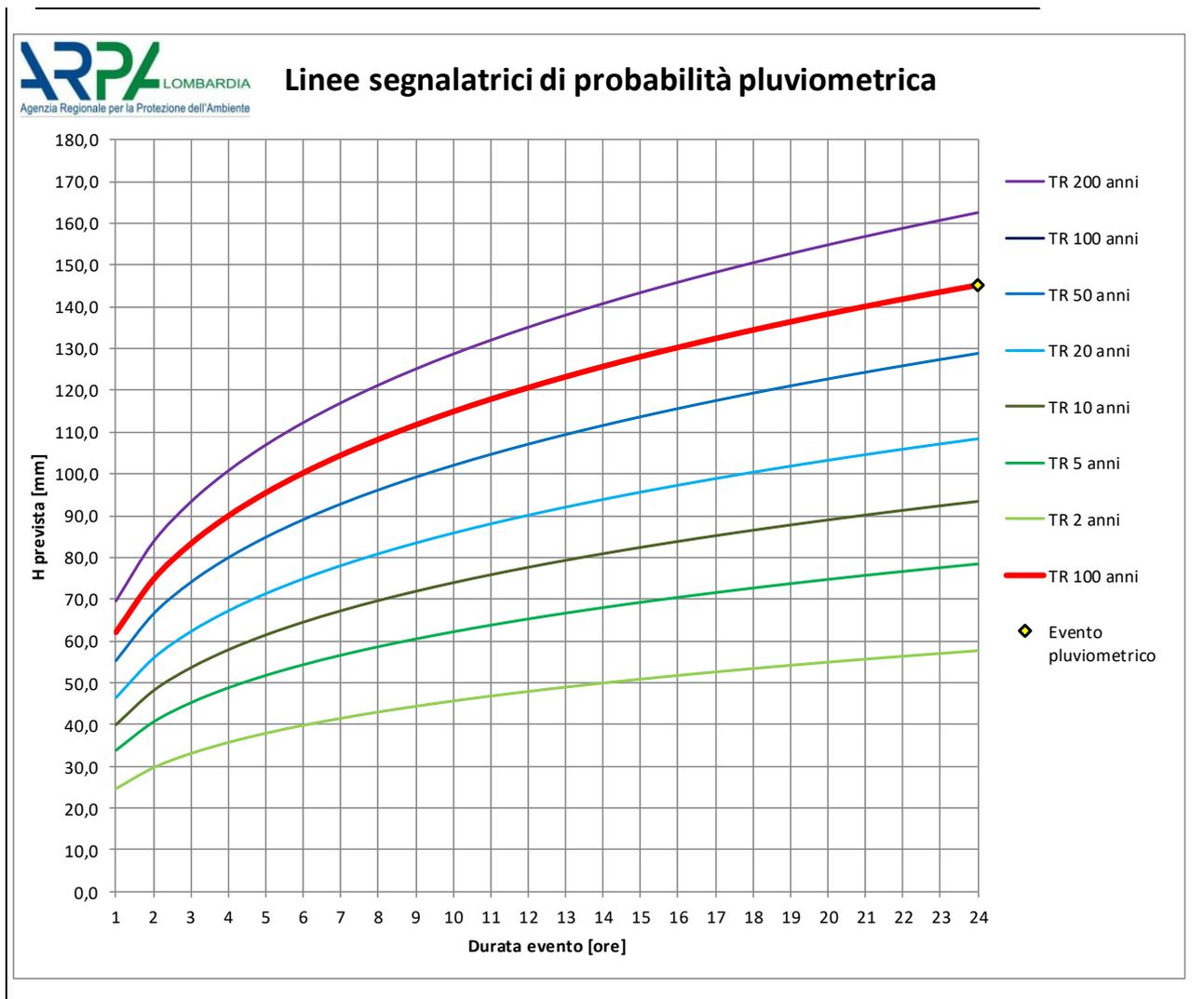


Figura 1 - LSPP ARPA Lombardia

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 10 di 90

A seguito dell'analisi delle piogge di breve durata secondo il metodo di Bell nella seguente tabella i parametri a e n delle leggi di probabilità pluviometrica per eventi di durata inferiore all'ora misurati in minuti per i vari tempi di ritorno:

Tr (anni)	a (mm/h)	n
25	51.69	0.518
50	61.50	
100	69.29	
200	77.54	

Tabella 2 - Parametri delle CPP al variare del Tr per piogge sub-orarie $t < 1h$

Le curve di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno durata inferiore ad un'ora (stimate con il metodo di Bell), riferite al progetto in essere, sono riportate di seguito, con tempo t espresso in minuti.

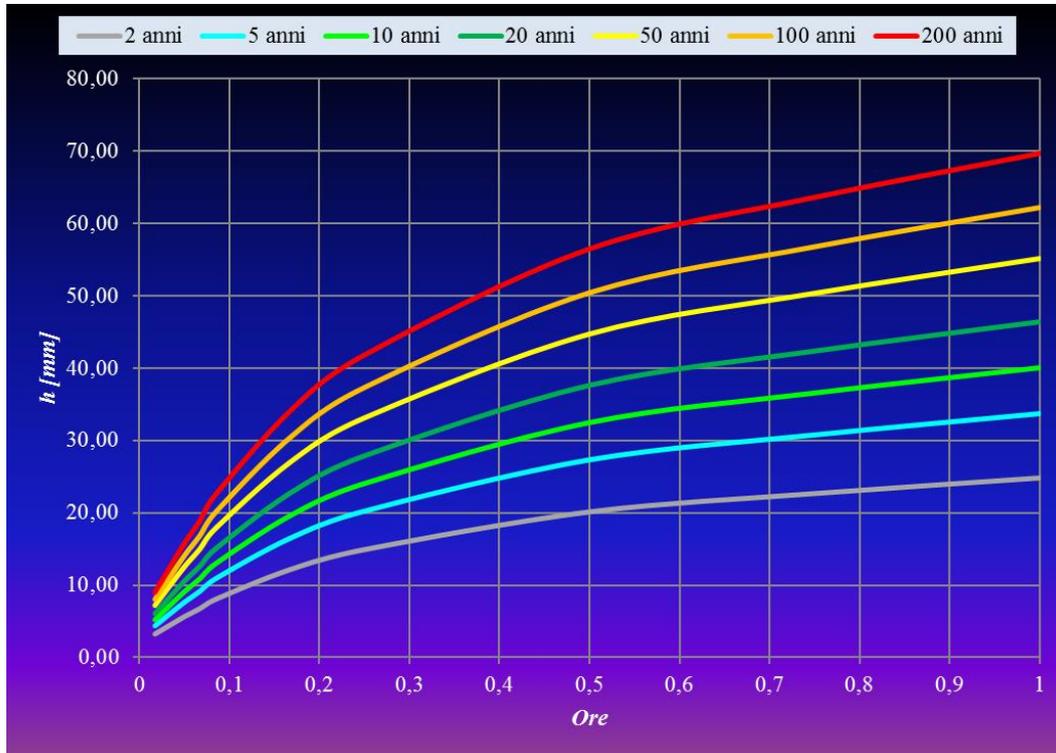


Figura 2 - Curve di possibilità pluviometrica piogge di forte intensità e breve durata

4 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

L'impostazione idrologica ed i metodi di dimensionamento delle opere tengono conto delle prescrizioni del "Manuale di progettazione"; le relazioni proposte nel manuale di progettazione derivano dal metodo dell'invaso secondo l'impostazione data dal "Metodo italiano", nel quale si fa l'ipotesi che il funzionamento dei collettori sia autonomo e sincrono:

- autonomo significa che ogni condotto si riempie e si svuota per effetto delle caratteristiche idrologiche del bacino drenato trascurando quindi eventuali rigurgiti indotti dai rami che seguono a valle,
- sincrono significa che tutti i condotti si riempiono e si svuotano contemporaneamente.

Tali ipotesi di funzionamento non sono pienamente aderenti alla realtà nella quale invece si ha una propagazione dell'onda di piena da monte verso valle e quindi il volume W effettivamente invasato è minore di quello intero complessivo della rete.

METODO DELL'INVASO

La portata fluviale della rete è calcolata con il metodo empirico dell'invaso che tiene conto della diminuzione di portata per il velo (sottilissimo) che rimane sul terreno e per il volume immagazzinato in rete. In zone completamente pianeggianti, come quelle di progetto, il metodo empirico dell'invaso risulta il più adatto.

L'acqua di pioggia proveniente dall'atmosfera avrà una portata che indicheremo con "p", mentre "I" indicheremo l'intensità di pioggia, cioè l'altezza d'acqua che cade nell'unità di tempo.

Dell'acqua piovana una parte viene assorbita dal terreno, una porzione evapora ed il resto defluisce; la porzione che evapora è molto piccola e quindi trascurabile.

Indicando con " ψ " l'aliquota che defluisce sul terreno bisogna tenere conto che tale valore dipenderà dalla natura del terreno, dalla durata dell'evento di pioggia, dal grado di umidità dell'atmosfera e dalla stagione, φ prende il nome di coefficiente di afflusso e moltiplicato per l'area del bacino (A) e per l'intensità di pioggia (I) ci fornirà una stima della portata che affluisce nel bacino nell'unità di tempo.

$$p = \varphi \cdot I \cdot A$$

nel tempo dt il volume d'acqua affluito sarà $p \cdot dt$, mentre nell'istante t nella rete di drenaggio defluirà, una portata q, inizialmente nulla e man mano crescente.

Se il volume che affluisce nel tempo dt è pari a $p \cdot dt$ e quello che defluisce è $q \cdot dt$, la differenza, che indicheremo con dw, rappresenterà il volume d'acqua che si invasa nel tempo.

Pertanto, l'equazione di continuità in forma differenziale sarà:

$$p \cdot dt = q \cdot dt + dw$$

Il metodo dell'invaso utilizzato per lo studio idraulico e la verifica dei collettori di smaltimento delle acque delle aree esterne si basa proprio sull'equazione di continuità.

Considerando che la portata q può essere considerata costante, le variabili da determinare sono q(t), w(t), e t, per cui l'equazione a seguire non sarebbe integrabile se non fissando q o w:

$$w/\omega = W/\omega = \text{cost}$$

in cui ω è l'area della sezione, w è il volume invasato totale, W è il volume immagazzinato nella rete posta a monte della sezione in questione.

Tuttavia valutando che il valore massimo di portata verrà raggiunto alla fine dell'evento di pioggia di durata t , il problema di progetto si riduce ad individuare la durata di pioggia che massimizzi la portata, tenuto conto che al diminuire di questa aumenta l'intensità di pioggia I .

Tale problema è stato risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia (I) costante e di rete di drenaggio inizialmente vuota ($q = 0$ per $t = 0$) considerando:

- Una relazione lineare tra il volume w immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica ω :

$$w/\omega = W/\Omega = \text{cost}$$

Questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme, mentre nel caso di reti, si basa su due ulteriori ipotesi: che i vari elementi si riempiono contemporaneamente senza che mai il deflusso affluente sia ostacolato (funzionamento autonomo) e che il grado di riempimento di ogni elemento sia coincidente con quello degli altri (funzionamento sincrono);

- Una relazione lineare tra la portata defluente e l'area della sezione a monte:

$$q/\omega = Q/\Omega = \text{cost}$$

(Q portata a monte della sezione, Ω area della sezione a monte)

Tale relazione corrisponde all'ipotesi di velocità costante in condotta, ipotesi abbastanza prossima alla realtà nella fascia dei tiranti idrici che in genere si considerano.

Con queste ipotesi semplificative si ottiene:

$$\frac{dw}{W} = \frac{dq}{Q}$$

$$dw = \frac{dq}{Q} \cdot W$$

L'equazione di continuità diviene quindi:

$$(p - q)dt = \frac{W}{Q} \cdot dq$$

Ovvero:

$$p - q = \frac{dw}{dt}$$

L'integrazione dell'equazione di continuità consente di ottenere una relazione tra la portata e il tempo di riempimento di un canale, ovvero consente la stima dell'intervallo temporale tra un valore nullo di portata ed un valore massimo. Definendo T il tempo necessario per passare da $q=0$ a $q=q_{max}$, e t_r il tempo di riempimento, si avrà:

- un canale adeguato se $T \leq t_r$,
- un canale insufficiente se $T > t_r$.

Il corretto dimensionamento del canale di drenaggio delle acque piovane si ottiene ponendo $T = t_r$, ovvero nel caso in cui la durata dell'evento piovoso eguagli il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento progettazione, imponendo la relazione $T = t_r$ si ottiene l'espressione analitica del coefficiente udometrico:

$$u = k \cdot \frac{(\varphi * a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$$

In cui:

u, coefficiente udometrico, rappresenta la portata per unità di superficie del bacino (l/s/ha);

φ , coefficiente di deflusso;

W, il volume w rappresenta il volume specifico di invaso totale pari al rapporto tra il volume di invaso totale W_{tot} e la superficie drenata, è valutato secondo la seguente espressione:

$$W = \frac{0.005(A_p + A_s) + 0.003A_e + \sigma L}{A_p + A_r + A_e}$$

- A_p denota l'area della piattaforma ferroviaria di progetto (m^2);
- A_s denota l'area della scarpata dell'eventuale trincea e della piattaforma ferroviaria esistente (m^2);
- A_e denota l'area esterna (m^2);

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 15 di 90</p>

- L (m) e σ (m²), rispettivamente, rappresentano la lunghezza e la sezione idrica nel fosso per il grado di riempimento effettivo.
In particolare, W é dato dalla somma del volume proprio di invaso W_1 , del volume di invaso dei tratti confluenti depurato del termine dei piccoli invasi W_2 , del volume dei piccoli invasi considerando l'intera superficie del bacino drenata W_3 .
- a, n coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora vista l'estensione dei bacini e per tempo di ritorno pari a 100 anni (con a espresso il mm/h);
- k , coefficiente che assume il valore "2168 n" [Sistemi di Fognatura, Manuale di Progettazione, CSU Editore, Hoepli; Appunti di Costruzioni Idrauliche, Girolamo Ippolito, Liguori Editore].

L'espressione del coefficiente udometrico utilizzata nel nostro studio è dunque:

$$u = 2168 \cdot n \cdot \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{w^{n-1}}$$

Per quanto attiene il coefficiente di deflusso esso è stato assunto:

- $\varphi = 0.90$ per la piattaforma ferroviaria di progetto;
- $\varphi = 0.40$ per la piattaforma ferroviaria esterna, scarpata della trincea e aree esterne.

Ricavato il coefficiente udometrico, la portata si ottiene come

$$Q = u(A_p + A_r + A_e)$$

Dove la superficie totale drenata $A = A_p + A_r + A_e$ è espressa in ettari e la portata Q in l/s.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 16 di 90

5 RECAPITO DEL DRENAGGIO DI PIATTAFORMA FERROVIARIA

5.1 Compatibilità idraulica

Il territorio in esame è sottoposto alla legislazione prevista dalla Regione Lombardia, che recentemente ha diffuso una serie di linee guida atte a definire una regolamentazione ben preciso sul tema dell'invarianza idraulica (Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12" e successivi aggiornamenti).

La compatibilità idraulica del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma rispetto al tema dell'invarianza idraulica ed idrologica è stato assunto quindi alla base della progettazione ed ha guidato le scelte tecniche e metodologiche illustrate nella presente relazione.

Il regolamento richiamato infatti specifica che le misure di compensazione per la salvaguardia dell'invarianza idraulica devono essere applicate anche per:

e.3) la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo inedificato;

All'articolo 4.3 inoltre viene precisato quanto segue:

L'infiltrazione rappresenta, se la situazione idrogeologica locale lo consente (v. art. 5.2.2), un'utile e opportuna modalità di smaltimento delle acque pluviali. Peraltro, poiché nella generalità dei casi la capacità di infiltrazione dei suoli è inferiore, talora in modo significativo, rispetto all'intensità delle piogge più intense, il contenimento delle portate allo scarico richiede necessariamente la trattenuta temporanea delle acque pluviali in eccesso rispetto all'infiltrazione in invasi di laminazione.

La vasta possibilità di configurare tali invasi con differenti tipologie consente di individuare soluzioni tecnicamente fattibili e di costo percentualmente contenuto, rispetto al costo complessivo dell'intervento, qualora tali capacità di invaso siano attentamente previste in fase di progetto (vedi art. 9).

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 17 di 90

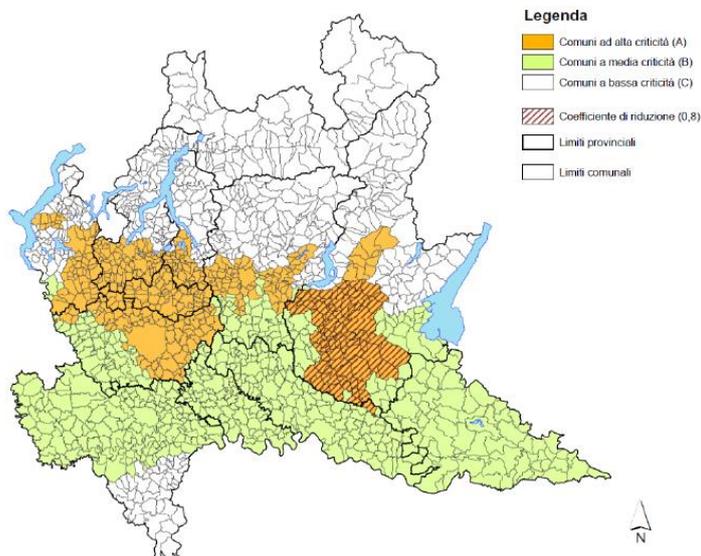
Lo smaltimento dei volumi invasati, nel rispetto dei valori limite ammissibili di portata più oltre indicati (art. 6.2), deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:

1. *mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità (es. innaffiamento giardini, acque grigie, lavaggio pavimentazioni e auto, ecc.);*
2. *mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio. L'infiltrazione induce così alla riduzione degli effetti dell'impermeabilizzazione anche in termini di rispetto del principio di invarianza idrologica;*
3. *scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale o reticolo di bonifica, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2) e assoggettati al controllo dell'Autorità idraulica competente;*
4. *scarico in fognatura, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2).*

Non essendo possibile il riutilizzo né lo scarico in fognatura, verranno analizzati nella presente relazione, il punto 2 ed il punto 3 dell'elenco sopra riportato.

Per quanto riguarda i metodi di dimensionamento e le caratteristiche dell'area geografica dell'intervento in termini di criticità si fa riferimento alle seguenti informazioni contenute nel Regolamento Regionale:

Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica:



CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 3 - classificazione degli interventi secondo il Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7

L'area in oggetto ricade nell'ambito territoriale B (media criticità). La classe di intervento, poiché questo riguarda la realizzazione di circa 60 ettari di piattaforma ferroviaria (coefficiente di deflusso medio ponderale=0,9), ricade nella categoria di impermeabilizzazione potenzialmente alta. Di conseguenza i sistemi di laminazione del drenaggio di piattaforma verranno verificati anche con la procedura dettagliata tramite l'utilizzo del modello SWMM. Il recapito nel reticolo idrografico di superficie, nel rispetto del coefficiente udometrico di 20l/s*ha previsto per quest'area, verra' quindi

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 19 di 90

limitato considerando di conferire una portata complessiva massima inferiore a $60\text{ha} \times 0,9 \times 20\text{l/ha} = 1080\text{ l/s}$. Le restanti superfici impermeabili verranno interamente infiltrate negli strati superficiali del suolo, previa verifica delle condizioni idrogeologiche e nel rispetto dei criteri progettuali di seguito esposti.

5.2 Criteri di progettazione

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione una nuova piattaforma ferroviaria pressoché impermeabile (ad esclusione dei rilevati). Le acque meteoriche raccolte dalle superfici del corpo ferroviario andranno quindi raccolte e portate al recapito. Per rispettare il principio di invarianza idraulica ed idrologica, si prediligeranno in questo progetto le soluzioni di recapito con sistemi di accumulo e infiltrazione attraverso gli strati superficiali del suolo. Poiché' i sistemi di accumulo ed infiltrazione, devono poter garantire una distanza minima di sicurezza tra il fondo del sistema stesso e la quota della falda, per definire i tratti in cui è possibile ricorrere a tali soluzioni, è stato condotto preliminarmente uno studio dell'andamento della stessa, attraverso l'installazione di piezometri lungo il tracciato e la lettura in diversi periodi dell'anno. In funzione del livello massimo della falda dal piano campagna (d), sono stati quindi previsti 4 tipi di sistemi di recapito:

- Trincee disperdenti con materiale drenante e tubo fessurato ($d > 2,5\text{m}$)
- Fosso aperto in terra con fondo costituito da materiale drenante ($2,5\text{m} > d > 1,5\text{m}$)
- Fosso al piede rivestito con recapito a vasca aperta disperdente ($d < 1,5\text{m}$ e possibilità di raggiungere aree con falda più profonda).
- Fosso rivestito in cls con recapito a reticolo idrografico ($d < 1,5\text{m}$ e impossibilità di raggiungere aree con falda più profonda)

In accordo con le indicazioni del Regolamento Regionale sull'invarianza idraulica, il tempo di ritorno assunto alla base del dimensionamento delle opere di accumulo e infiltrazione (trincee disperdenti e fossi in terra) è di 50 anni, poiché' il contesto del progetto è prettamente agricolo e non urbanizzato, e non si prevedono possibili danni a cose o persone in caso di insufficienza del sistema per eventi di Tr superiore. Per le vasche disperdenti e i sistemi filtrati delle stazioni è stato assunto un tempo di ritorno di 100 anni, per via della maggior importanza e vulnerabilità delle opere.

In base ai criteri sopradescritti la successione dei diversi sistemi di recapito lungo il tracciato è così individuata:

Pk inizio	Pk fine	Tipo sistema adottato	ID recapito	Tipologia recapito	K (m/s)	Qrec.(l/s) In reticolo	Identificativo	Ente Gestore
54+900	59+625	Trincea drenante con tubo fessurato		Strati superficiali del suolo	5,00E-06	0		
59+625	60+110	Fosso drenante in terra		Strati superficiali del suolo	8,00E-06	0		
60+110	61+950	Fosso rivestito con recapito Vasca	V01	Vasca accumulo e infiltrazione	1.7E-05	0		
61+950	62+720	Trincea drenante con tubo fessurato		Strati superficiali del suolo	8,00E-06	0		
62+720	64+180	Fosso rivestito con recapito Vasca	V02	Vasca accumulo e infiltrazione	9.5E-06	0		
64+180	64+864	Fosso rivestito con recapito Canale	IN35	Canale di bonifica		142,34	Fosso Pozza	Navarolo
64+864	65+055	Fosso rivestito con recapito Canale	IN34	Fosso di scolo		46,35		privato
65+055	67+128	Fosso rivestito con recapito Vasca	V03	Vasca accumulo e infiltrazione	1.9E-06	0		
Ponte sull'Oglio								
67+128	67+700	Fosso drenante in terra		Strati superficiali del suolo	4,00E-06	0		
67+700	69+900	Trincea drenante con tubo fessurato		Strati superficiali del suolo	4,00E-06	0		
69+900	70+370	Fosso rivestito con recapito Canale	IN25	Fosso scolo		134,52		privato
70+370	71+100	Fosso drenante in terra		Strati superficiali del suolo	3,00E-05	0		
71+100	71+400	Fosso rivestito con recapito Canale	IN24	Canale bonifica		67,45	Tartaro Fabrezza	Garda Chiese
71+400	72+050	Fosso rivestito con recapito Vasca	V04	Vasca accumulo e infiltrazione	9.8E-07	0		
72+050	72+200	Fosso drenante in terra		Strati superficiali del suolo	3,00E-06	0		
72+200	72+625	Trincea drenante con tubo fessurato		Strati superficiali del suolo	3,00E-06	0		
72+625	78+350	Fosso drenante in terra		Strati superficiali del suolo	3,00E-06	0		
78+350	80+850	Trincea drenante con tubo fessurato		Strati superficiali del suolo	1,40E-05	0		
80+850	81+350	Fosso drenante in terra		Strati superficiali del suolo	1,40E-05	0		
81+350	81+750	Fosso rivestito con recapito Canale	IN7	Promiscuo		103,74	Allacciante Osone, Gamberi Morante	Territorio Mincio
81+750	89+450	Trincea drenante con tubo fessurato		Strati superficiali del suolo	1,90E-05	0		
Totale recapiti in reticolo idrografico (l/s)						494,4		

Tabella 4 - Tabella riassuntiva dei sistemi di drenaggio e recapito impiegati lungo il tracciato

6 LIVELLO DELLA FALDA E PERMEABILITA'

La ricostruzione della superficie della falda è stata condotta mediante l'installazione di piezometri lungo il tracciato e nei pressi della linea di progetto.



Il profilo della falda è stato quindi ricostruito dai valori delle diverse letture in diversi periodi dell'anno, per i dettagli delle indagini geologiche si rimanda alla Relazione Geologica.

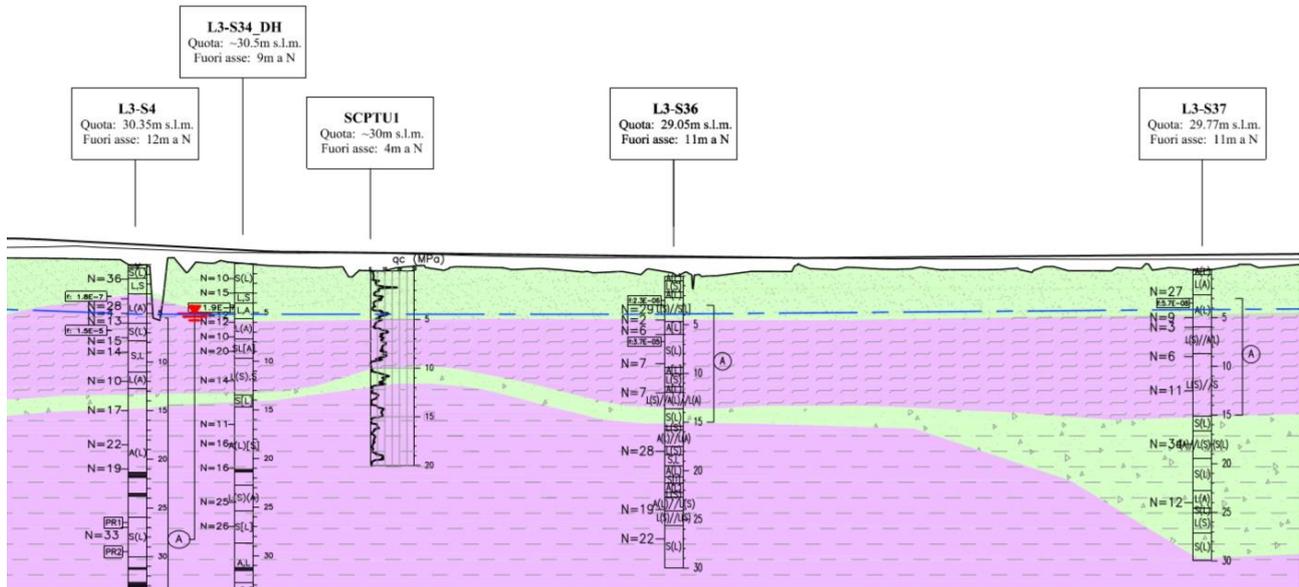


Figura 3 - Stralcio del profilo idrogeologico con ricostruzione del livello della falda.

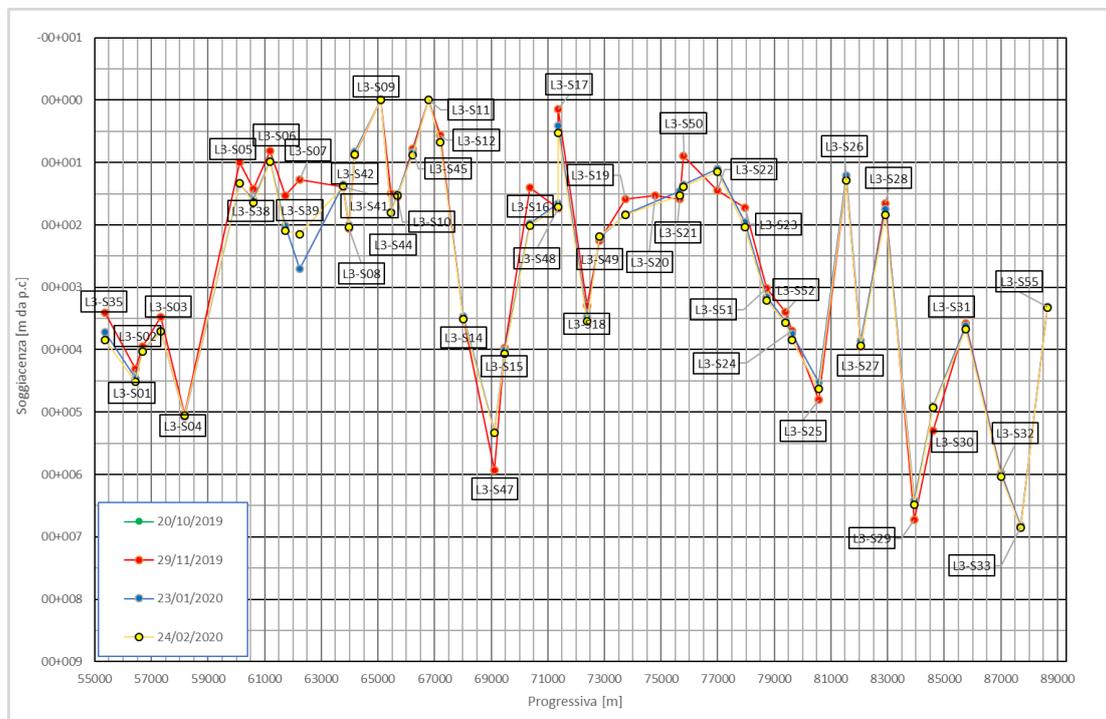


Figura 4 - Livello di falda in diversi periodi dell'anno

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 23 di 90

Altro elemento fondamentale per il dimensionamento dei sistemi a dispersione è la permeabilità (k) degli strati del terreno in cui è previsto che avvenga il fenomeno di infiltrazione. Data l'importanza di tale coefficiente, piuttosto che affidarsi a valori indicativi di letteratura rispetto alle stratigrafie, nel presente progetto è stata condotta una campagna di misura specifica di tale variabile attraverso prove di permeabilità in pozzetto ed integrate con un numero rappresentativo di prove Lefranc in foro a basse profondità.

Per quanto riguarda la permeabilità in pozzetto la prova consiste nella stima del coefficiente di permeabilità con l'esecuzione di pozzetti di profondità variabile tra 1 e 1,5 m ed utilizzando una dima cilindrica, di 40 cm di altezza e 35/40 cm di diametro (a seconda del modello presente sul mercato).

Tale dima viene infissa nel terreno di fondo scavo per circa 10 cm, ed eseguita la prova, in conformità a quanto previsto nelle AGI e con modalità funzione della granulometria del terreno. Di volta in volta vengono inoltre calibrati parametri quali il tempo di saturazione e la durata della prova stessa.

Viene inoltre prelevato, in corrispondenza dell'intervallo di prova, materiale in quantità sufficiente ad eseguire una prova granulometrica completa.

I risultati (riportati in tabella 4) vengono definiti in condizione di terreno saturo, e non occorrerà quindi applicare ulteriori coefficienti riduttivi.



Dall'insieme dei risultati delle prove di permeabilità in pozzetto e delle prove di permeabilità Lefranc, sono stati definiti i valori di permeabilità per tratti omogenei di tracciato, riportati nella tabella 4 del paragrafo precedente.

7 SISTEMI DI ACCUMULO E DISPERSIONE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DI PIATTAFORMA

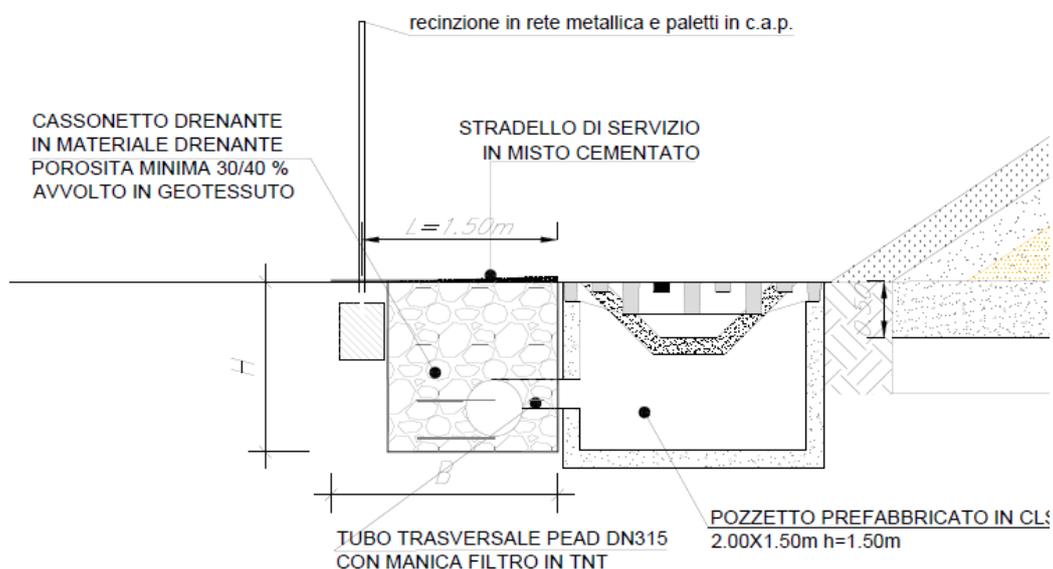
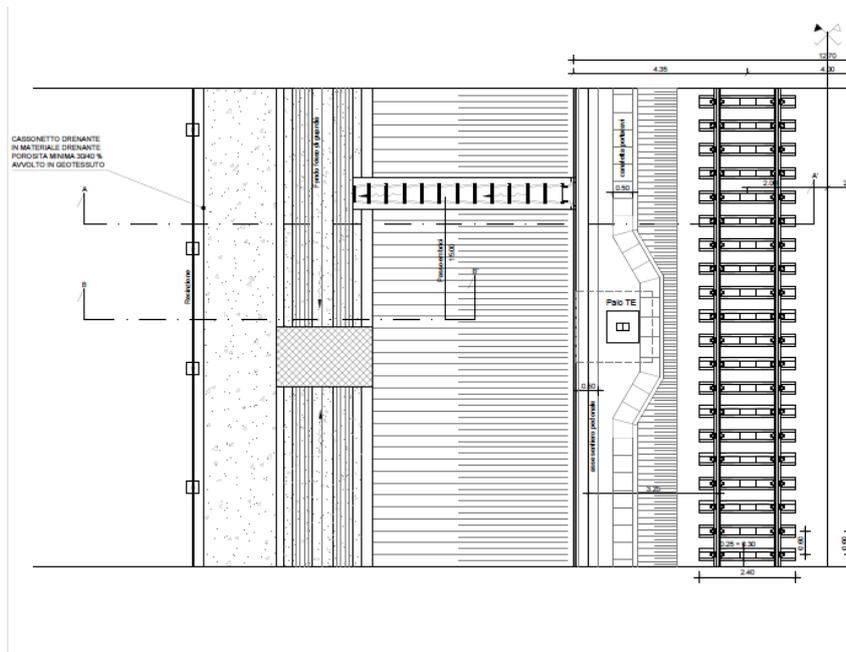
Nei paragrafi seguenti, vengono riportate le caratteristiche, i dimensionamenti e le verifiche dei sistemi di recapito richiamati nei paragrafi precedenti ed applicati al presente progetto.

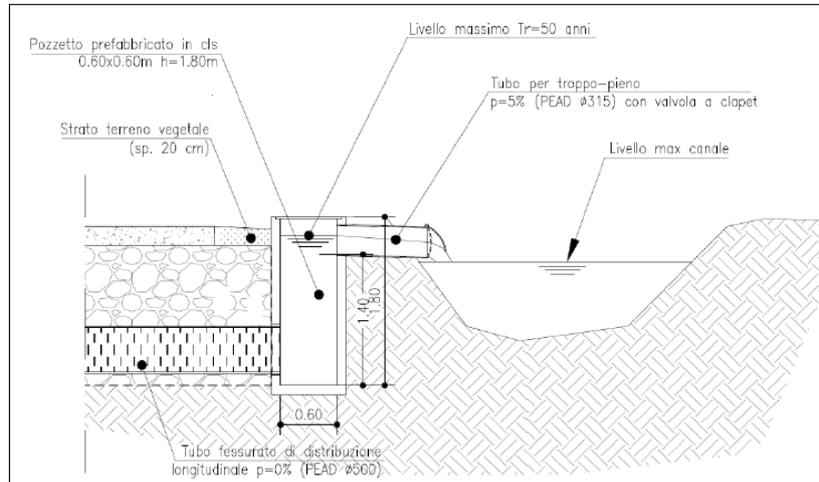
7.1 Cassonetti drenanti interrati con tubo di distribuzione fessurato

Per lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma, laddove il livello di falda lo permette, verranno realizzate trincee drenanti a sezione rettangolare riempite di materiale drenante ad alta porosità efficace (minimo 40%), avvolto in geotessuto e con all'interno un tubo di distribuzione e invaso orizzontale fessurato in PEAD. Il riempimento del sistema avviene puntualmente attraverso pozzetti di sedimentazione disposti circa ogni 60 metri. Tali pozzetti, che avranno la principale funzione di trattenere il fango trasportato dallo scorrimento superficiale ed evitare che esso vada ad intasare i vuoti della trincea, sono alimentati da una canaletta trapezia in cls posta al piede del rilevato che raccoglie l'acqua di piattaforma e l'acqua meteorica che interessa il rilevato. Il sistema è carrabile

e può quindi ospitare una viabilità di servizio sopra di esso. In prossimità dei canali (all'estremità del bauletto) viene posizionato un pozzetto in cls per l'ispezione del tubo fessurato ed in cui è presente uno scarico di troppo pieno ad una quota convenientemente bassa rispetto al p.c. compatibilmente con il livello massimo raggiungibile nel canale (si considera una quota di sfioro a circa 20 cm dal p.c.).

Le trincee dovranno avere un fondo scavo a pendenza nulla lungo tratti continui di bauletto.





7.1.1 Criteri di dimensionamento

Per il pre-dimensionamento è stato impiegato il metodo delle sole piogge. E' stata inoltre eseguita una verifica con il modello SWMM per tenere in conto la sollecitazione meteorica tramite l'utilizzo di ietogrammi di progetto diversi da quello rettangolare e della formazione degli idrogrammi in ingresso alla vasca e in uscita da essa, simulando il fenomeno dell'infiltrazione. Tale ultima verifica è stata condotta anche per rispondere alle richieste dalle linee Guida della Regione Lombardia (vedi tabella 3) per interventi di estensione come quello in oggetto in aree di tipo B (procedura dettagliata).

Data la collocazione di tali sistemi in un contesto

Per il metodo delle sole piogge sono state fatte le seguenti ipotesi:

- 1) Tempo di Ritorno=50 anni
- 2) Intensita' di pioggia costante durante la durata dell'evento
- 3) Coefficiente di deflusso medio ponderale = 0,9
- 4) Volume di invaso = Volume dei vuoti (non è stato preso in considerazione volume canaletta)
- 5) Volume dei vuoti = 30 % (anziché' 40%, per tenere in considerazione parziale intasamento)
- 6) Il volume dei vuoti è stato incrementato per tener conto anche del volume del tubo fessurato.
- 7) Coefficiente di permeabilità dedotto dalle prove specifiche in situ.
- 8) Superficie di filtrazione = fondo + superfici laterali.

Per la procedura dettagliata con modello SWMM sono state fatte le seguenti ipotesi:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A

- 1) Tempo di Ritorno=50 anni
- 2) Ietogrammi Chicago per diverse durate orarie di evento e con picco centrato.
- 3) Coefficiente di deflusso medio ponderale = 0,9
- 4) Sistema di invaso simulato con vasca (storage) avente volume pari al volume utile dedotto come nel metodo precedente.
- 5) Superficie di filtrazione = fondo + superfici laterali in funzione dell'altezza nella vasca.
- 6) Fenomeno di infiltrazione simulato attraverso inserimento pompa con portata variabile in funzione della superficie filtrante effettiva e del coefficiente di permeabilità.
- 7) Coefficiente di permeabilità dedotto dalle prove specifiche in situ.
- 8) Metodo di calcolo della modellazione: metodo cinematico.

La verifica è stata condotta sul tratto di linea in cui è stato rilevato il coefficiente di permeabilità più basso tra tutti quelli misurati nei tratti in cui è prevista l'infiltrazione, ossia 3×10^{-6} m/s. E' stata presa in considerazione una trincea drenante con sezione 1,5 x 1,5 metri e lunghezza 60 m, con tubo forato Di450 (indice vuoti medio = 35%). Di seguito si riportano i risultati delle verifiche con i due diversi metodi.

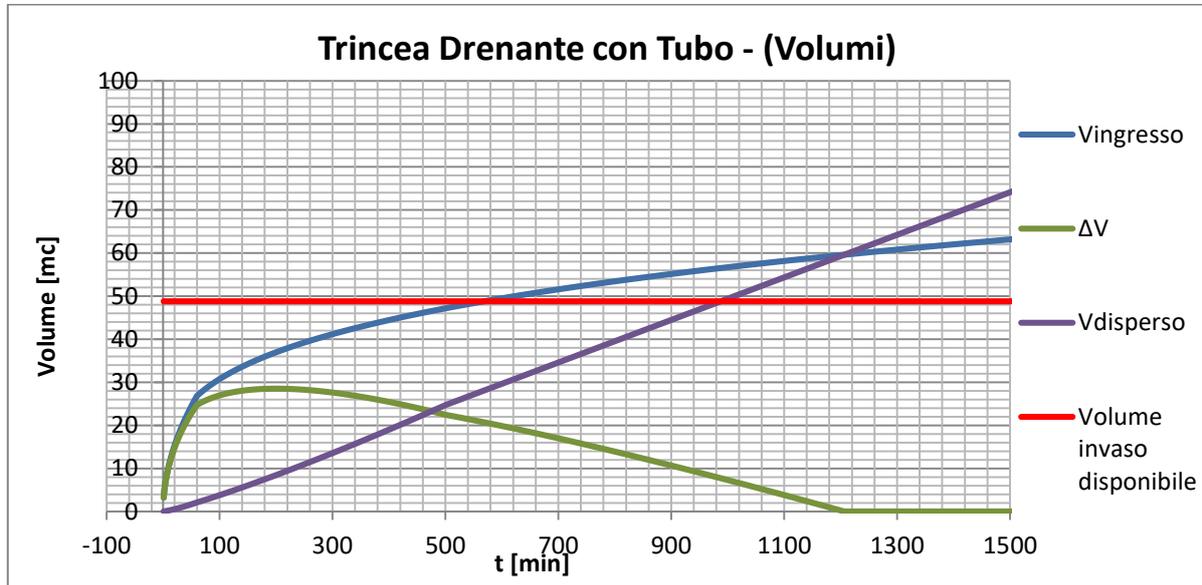
7.1.2 Risultati della verifica: metodo delle sole piogge.

Curva di pioggia:

T_{rit} [anni]	a [mm/h]	n (>1h) [-]	n' (t<1h) [-]
50	55.21	0.266	0.518

Risultati della verifica:

Volume max disponibile (m ³)	Volume max invasato (m ³)	Coefficiente sicurezza	Durata critica (ore)
47,18	28,52	1,65	3



7.1.3 Risultato della verifica: procedura dettagliata (modello SWMM)

Con le stesse ipotesi idrologiche, idrogeologiche e geometriche del caso precedente sono state ottenute le seguenti curve di volumi per eventi con durata 12, 14, 18 e 24 ore.

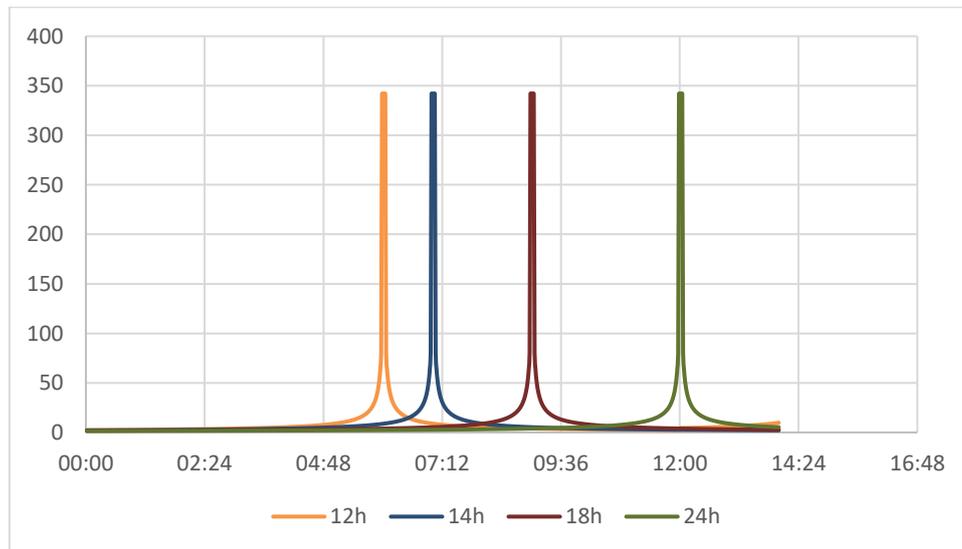


Figura 5 - Ietogrammi di progetto simulati

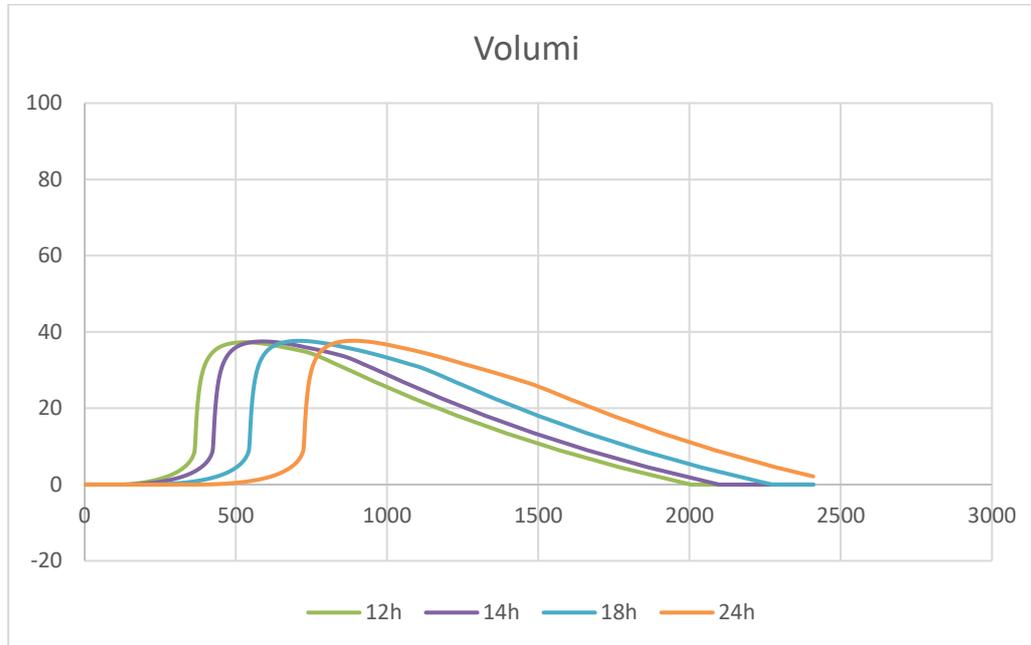


Figura 6 - andamento dei volumi in vasca per diversi eventi

Volume max disponibile (m ³)	Volume max invasato (m ³)	Coefficiente sicurezza	Durata critica (ore)
47,18	37,71	1,25	14

Come si può vedere con entrambi i metodi il sistema a dispersione risulta verificato. La verifica viene ritenuta valida per tutti gli altri tratti di linea in quanto previsti su suoli con valori di permeabilità maggiori.

Nella figura successiva si riporta il grafico dell'idrogramma in entrata e in uscita dalla vasca (infiltrazione),

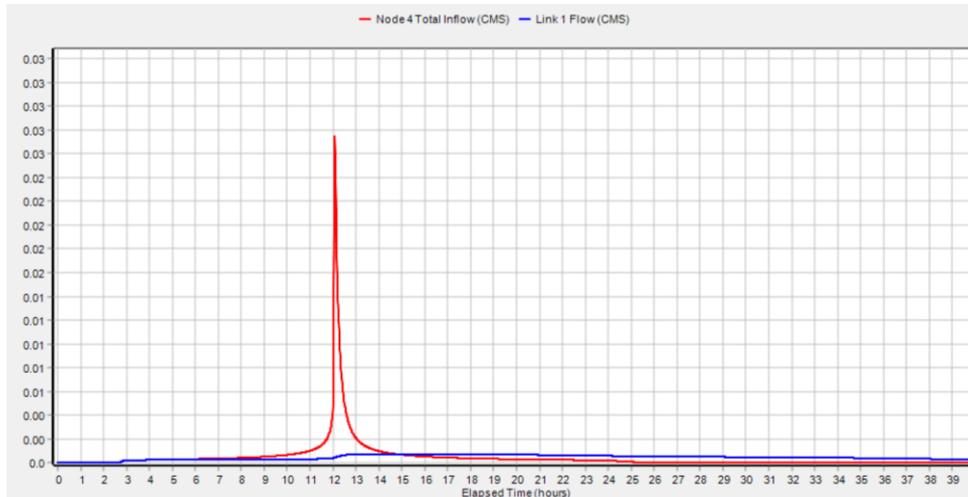


Figura 7 - idrogrammi in entrata e in uscita dal sistema di infiltrazione

7.1.4 Svuotamento del sistema

Per stimare lo svuotamento del sistema si fara' riferimento ai risultati del modello SWMM, in particolare dall'analisi della curva dei volumi nel tempo per la durata critica (14 ore), si ottiene che lo svuotamento completo del sistema avviene in 21 ore dopo la fine dell'evento di progetto. Tale risultato risulta compatibile con i requisiti di svuotamento richiesti dal Regolamento Regionale (massimo 48 h).

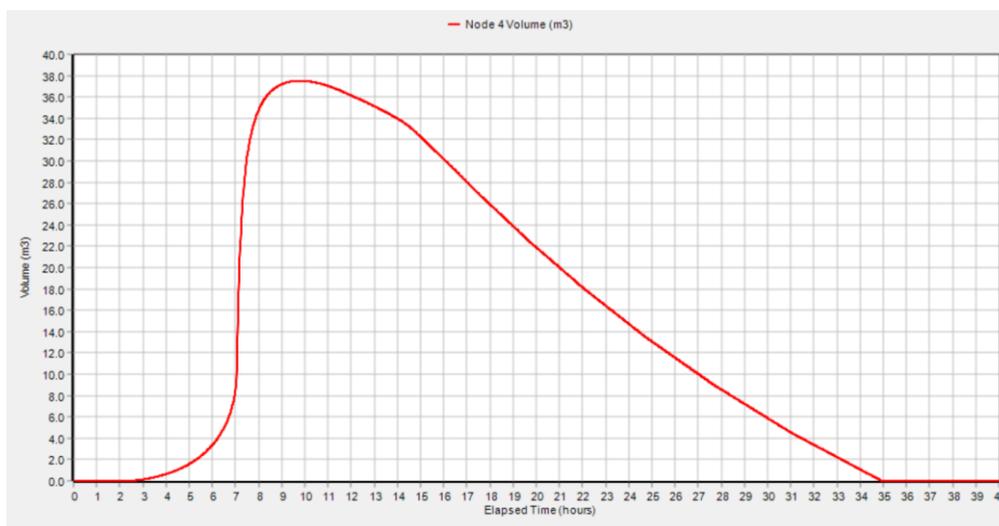


Figura 8 - Curva di svuotamento del sistema ad infiltrazione (bauletto).

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 31 di 90

7.1.5 Vantaggi ed aspetti manutentivi.

Laddove le condizioni idrogeologiche lo consentivano, e' stato privilegiato l'utilizzo di questo sistema di accumulo ed infiltrazione, rispetto al classico fosso disperdente in terra, in quanto tale soluzione presenta i seguenti vantaggi:

- Bassi costi di manutenzione, in quanto questa sarà effettuata periodicamente solo in corrispondenza dei pozzetti di sedimentazione sul fondo dei quali si accumulerà la maggior parte del materiale trasportato. Inoltre, all'interno dei tubi che collegano il pozzetto con il tubo fessurato, verranno inserite delle "maniche-filtro" in geotessile che potranno essere sfilate e lavate facilmente. In questo modo sarà impedito ingresso di fango all'interno del cassonetto, che manterrà quindi inalterato nel tempo il suo volume disponibile.
- L'ingombro in pianta della trincea drenante è utilizzabile per la realizzazione di uno stradello di servizio.
- Non si creano specchi d'acqua a cielo aperto, impedendo ingresso di nutrie e proliferazione zanzare.
- L'accesso alla linea per la manutenzione è facilitato essendo il cassonetto drenante carrabile e pedonabile.
- La presenza di geotessile impedisce l'ingresso di fango dall'esterno.
- Essendo le pareti del cassonetto drenante verticali (lo scavo è sostenuto dal materiale drenante interno), l'ingombro in pianta rimane sempre costante indipendentemente dalle variazioni orografiche del piano campagna.
- Il tubo di distribuzione rappresenta un volume subito disponibile per piogge di breve durata.

Di contro e' evidente che i costi di realizzazione sono superiori rispetto al fosso in terra, tuttavia e' stato stimato, che tali maggiori costi iniziali vengono ammortizzati nel tempo per via dei minori costi di manutenzione. La manutenzione riguarderà principalmente:

- Spurgo dei pozzetti di immissione e sedimentazione: 2 volte/anno considerando un accumulo max di 20 cm di materiale proveniente dalle scarpate.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 32 di 90

- Pulizia dei tubi fessurati con acqua ad alta pressione da effettuarsi per tratti di 60 metri attraverso i pozzetti di ispezione e di troppo pieno: 1 volta ogni 5 anni.

7.1.6 Specifiche sul materiale drenante e posa in opera.

La trincea drenante sarà costituita da materiale avente i seguenti requisiti:

- Ghiaia e ghiaietto lavato proveniente da rocce resistenti, non soggette ad alterazione. Non è ammesso l'impiego di materiali di natura pozzolanica, piroclastica, solubile.
- Dimensione secondo il fuso granulometrico definito dallo studio e campo prova, come definito nel
- successivo paragrafo
- Forma dei grani non appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), eseguita, ove possibile, sulle
- singole pezzature, non superiore al 50%;
- indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al setaccio 31.5, non minore di 50.

Nella realizzazione del cassonetto drenante dovranno essere utilizzate e messe in atto tutte le buone pratiche operative atte a raggiungere le performance richieste e la durabilità nel tempo.

In particolare:

- la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto e dovrà evitarsi la segregazione del materiale;
- Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di 2% dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 33 di 90

- Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita;
- Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L' idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento saranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità;
- Sulla sommità del cassonetto drenante, per l'intera larghezza, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

Performance attese

Trattandosi di un materiale inconsueto, vengono fissati preliminarmente dei parametri obiettivo a cui tendere nel condurre lo studio del fuso granulometrico e durante il campo prova.

La caratteristica principale necessaria affinché il materiale in oggetto sia impiegabile per gli scopi richiesti è che la sua porosità totale finale sia almeno del 30%.

Come obiettivi secondari, dopo il costipamento, il materiale drenante dovrà avere una densità secca non inferiore al 90% della massima ottenuta tramite la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2), eseguita in fase di studio del fuso granulometrico. Inoltre, il modulo di deformazione M_d misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 40 MPa al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.4 (CNR-BU n.146). Nonostante a priori sia presumibile che tali valori siano ragionevolmente raggiungibili, essi vanno intesi come valori obiettivo e nel caso in cui non venissero raggiunti, possono eventualmente essere riconsiderati a seguito dei risultati dello studio ed i risultati del campo prova.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 34 di 90

Fuso granulometrico

La scelta del fuso granulometrico finale dovrà scaturire in funzione dei risultati delle prove di laboratorio e del campo prova, verificando che vengano soddisfatte le performance attese di cui al paragrafo precedente.

Prove di laboratorio

Per l'accettazione del materiale di partenza, dovranno eseguirsi tutte le prove necessarie ad assicurare le caratteristiche richieste nel paragrafo 4 (petrografia, forma dei grani, Los Angeles, CBR).

Per la conferma o eventuale ridefinizione del fuso granulometrico e per il controllo delle caratteristiche richieste, sarà necessario eseguire le seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometrica (UNI CEN ISO/TS 17892 – 4)
- Determinazione del peso specifico dei grani (UNI CEN ISO/TS 17892 – 3)
- Determinazione del peso secco dell'unità di volume (UNI CEN ISO/TS 17892 – 2)
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892 – 1)
- Prova di costipamento Proctor modificata (UNI EN 13286-2).
- Prova per la determinazione della resistenza alla frammentazione (prova Los Angeles (UNI EN 1097-2),
- indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47),

Dai risultati ottenuti sarà quindi possibile ricavare la porosità totale ed ottenere una prima conferma riguardo il fuso da impiegarsi, oppure sarà necessario adeguare le frazioni granulometriche in modo da raggiungere il valore obiettivo del 30%. Nel secondo caso dovranno essere ripetute le prove per confermare che l'adeguamento delle frazioni ha centrato l'obiettivo.

Campo prova

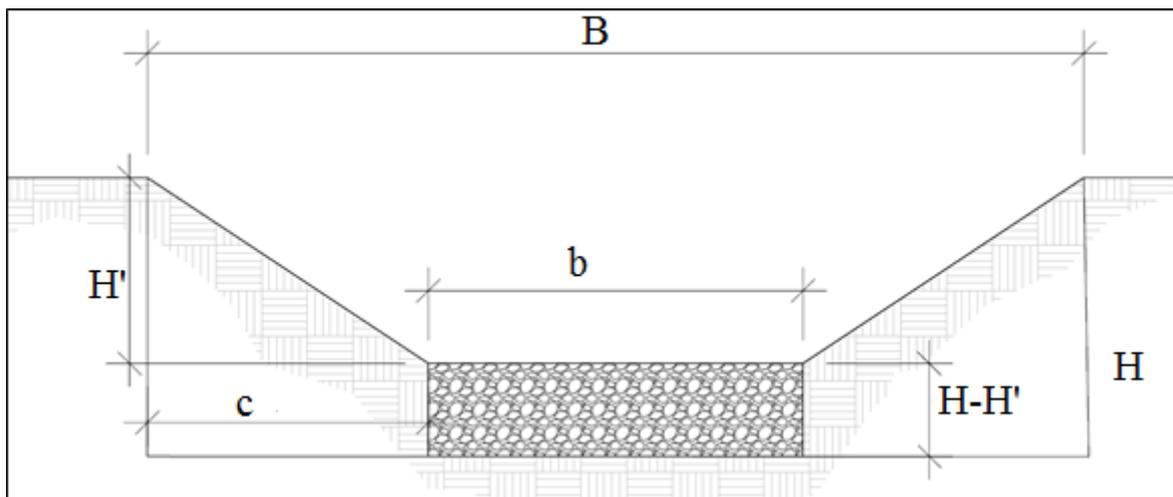
Una volta definito un fuso granulometrico che garantisca una porosità totale del 30%, si dovrà necessariamente passare ad un campo prova sperimentale in situ per mettere a punto le modalità di stesa e compattazione. Nello specifico, queste modalità dovranno assicurare che la compattazione preservi la porosità ed allo stesso tempo permetta di avvicinarsi il più possibile ai valori obiettivo di densità (90% della massima ottenuta dalla prova Proctor) e di modulo di deformazione 40 MPa

nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa misurati mediante prova di carico su piastra). Qualora si dimostri che i valori obiettivo (densità e modulo di deformazione) non siano raggiungibili, si dovrà determinare quali sono i valori massimi ottenibili e, questi, saranno assunti come riferimento durante la costruzione, anche in considerazione della destinazione d'uso (scalo ferroviario). Tuttavia, si precisa che la porosità non è oggetto di rimodulazione ed il valore del 30% è inderogabile.

Nell'esecuzione del campo prova dovranno utilizzarsi modalità e combinazioni di compattazione tese al raggiungimento dell'obiettivo primario (porosità). Preliminarmente sono da considerare, per il costipamento, rulli lisci vibranti di medio peso. Sarà oggetto di studio durante il campo prova il numero di passate, velocità del mezzo impiegato, ampiezza e frequenza della vibrazione.

7.2 Fossi drenanti in terra.

L'adozione di tali opere come recapito delle acque di piattaforma, e' limitata ai tratti in cui la profondità della falda e' tale da non consentire l'inserimento di cossonetti drenanti ma sufficiente da avere un adeguata distanza dal fondo del fosso. Al di sotto del fondo del fosso e' previsto comunque uno strato drenante avvolto in geotessuto. In corrispondenza degli embrici il fosso verra' rivestito con materassi per evitare l'erosione localizzata.



Tutti i fossi in terra avranno un'altezza minima di 0,5 m e una larghezza alla base di 1m. Il fondo del fosso dovrà avere pendenza nulla lungo il suo sviluppo, pertanto l'altezza (e di conseguenza anche l'ingombro complessivo in pianta), potrà variare in funzione dell'orografia del terreno.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 36 di 90

7.2.1 Criteri di dimensionamento

Per il dimensionamento è stato impiegato il metodo delle sole piogge. E' stata inoltre eseguita una verifica con il modello SWMM per tenere in conto la sollecitazione meteorica tramite l'utilizzo di ietogrammi di progetto diversi da quello rettangolare e della formazione degli idrogrammi in ingresso alla vasca e in uscita da essa, simulando il fenomeno dell'infiltrazione. Tale ultima verifica è stata condotta anche per rispondere alle richieste dalle linee Guida della Regione Lombardia (vedi tabella 3) per interventi di estensione come quello in oggetto in aree di tipo B (procedura dettagliata).

Nel computo del volume disponibile del fosso, non e' stato considerato il volume dello strato drenante posto sul fondo.

Per il metodo delle sole piogge sono state fatte le seguenti ipotesi:

- 1) Tempo di Ritorno=50 anni
- 2) Intensita' di pioggia costante durante la durata dell'evento
- 3) Coefficiente di deflusso medio ponderale = 0,9
- 4) Coefficiente di permeabilità dedotto dalle prove specifiche in situ.
- 5) Superficie di filtrazione = fondo + superfici laterali.

Per la procedura dettagliata con modello SWMM sono state fatte le seguenti ipotesi:

- 1) Tempo di Ritorno=50 anni
- 2) Ietogrammi Chicago per diverse durate orarie di evento e con picco centrato.
- 3) Coefficiente di deflusso medio ponderale = 0,9
- 4) Superficie di filtrazione = fondo + superfici laterali in funzione dell'altezza nella vasca.
- 5) Fenomeno di infiltrazione simulato attraverso inserimento pompa con portata variabile in funzione della superficie filtrante effettiva e del coefficiente di permeabilità.
- 6) Coefficiente di permeabilità dedotto dalle prove specifiche in situ.
- 7) Metodo di calcolo della modellazione: metodo cinematico.

La verifica è stata condotta sul tratto di linea in cui è stato rilevato il coefficiente di permeabilità più basso ossia 3×10^{-6} m/s. E' stata presa in considerazione un fosso trapezio con base minore 1m,

altezza 0,5 m e sponde 1:1, per il drenaggio di un tratto di piattaforma di lunghezza 60 m e larghezza 9m . Di seguito si riportano i risultati delle verifiche con i due diversi metodi.

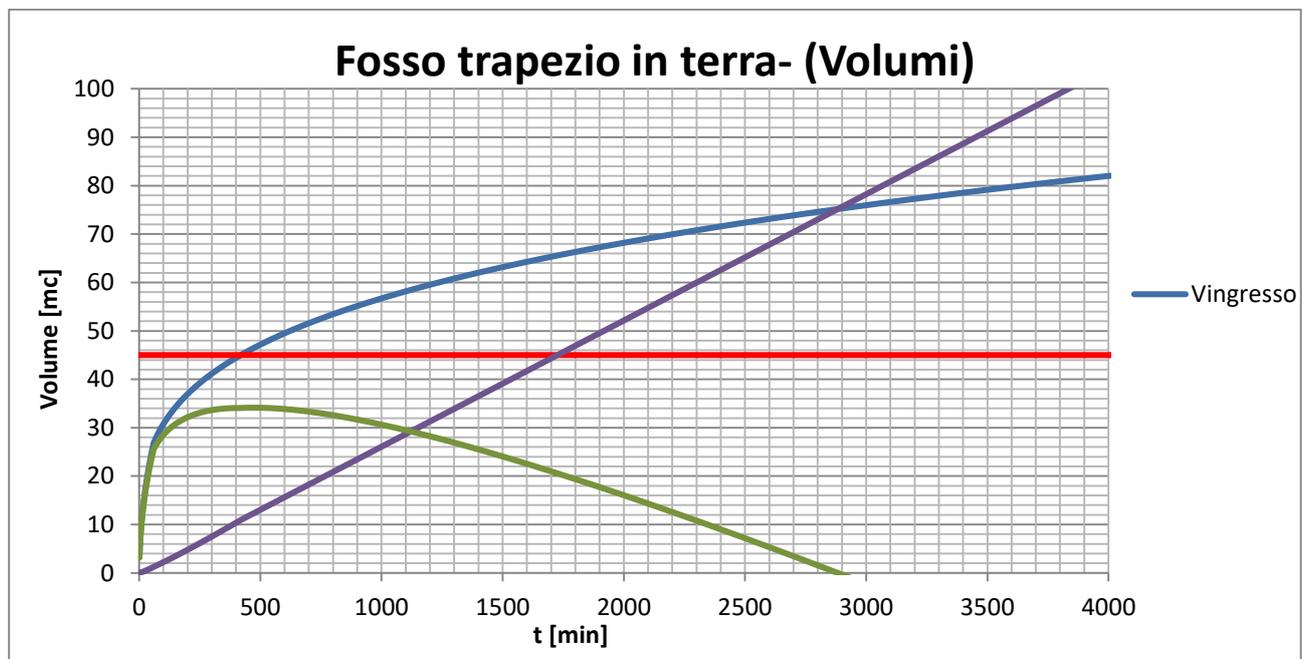
7.2.2 Risultati della verifica: metodo delle sole piogge.

Curva di pioggia:

T_{rit} [anni]	a [mm/h]	$n (>1h)$ [-]	$n' (t<1h)$ [-]
50	55.21	0.266	0.518

Risultati della verifica:

Volume max disponibile (m ³)	Volume max invasato (m ³)	Coefficiente sicurezza	Durata critica (ore)
45	34,14	1,3	8



7.2.3 Risultato della verifica: procedura dettagliata (modello SWMM)

Con le stesse ipotesi idrologiche, idrogeologiche e geometriche del caso precedente sono state ottenute le seguenti curve di volumi per eventi con durata 12, 14, 18 e 24 ore .

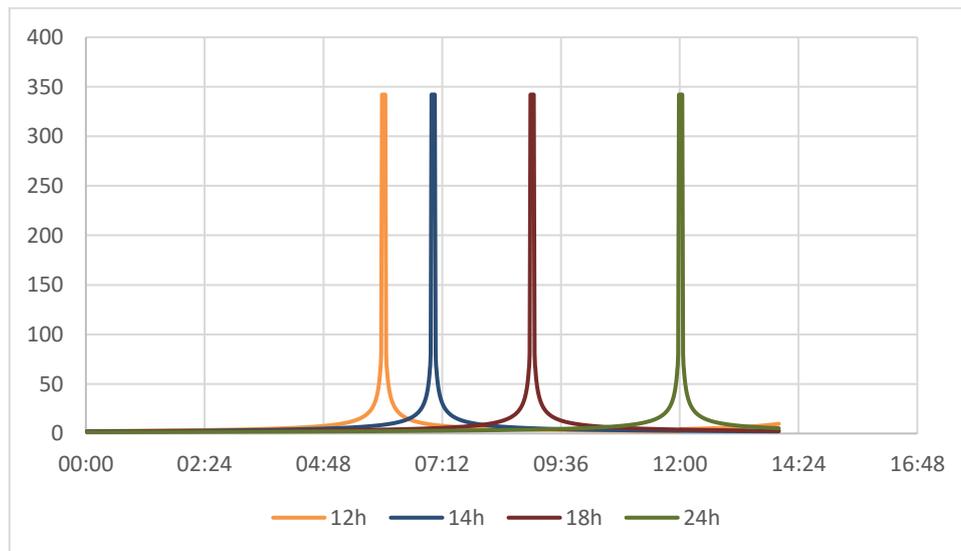


Figura 9 - Ietogrammi di progetto simulati

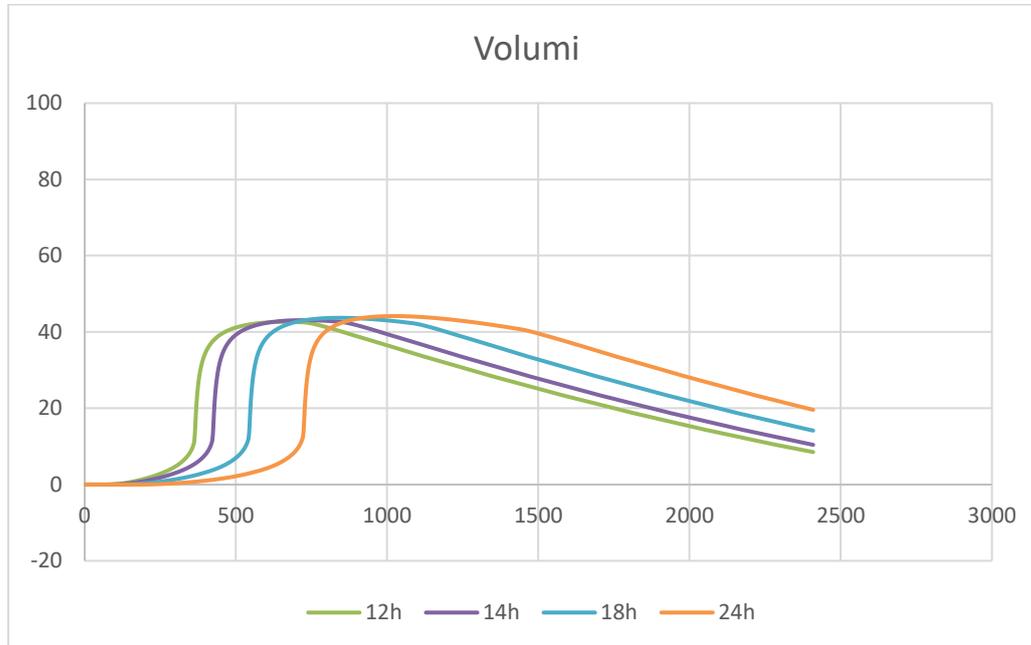


Figura 10 - andamento dei volumi in vasca per diversi eventi

Volume max disponibile (m ³)	Volume max invasato (m ³)	Coefficiente sicurezza	Durata critica (ore)
45	44,17	1,02	18

Come si può vedere con entrambi i metodi il sistema a dispersione risulta verificato.

Nella figura successiva si riporta il grafico dell'idrogramma in entrata e in uscita dalla vasca (infiltrazione),

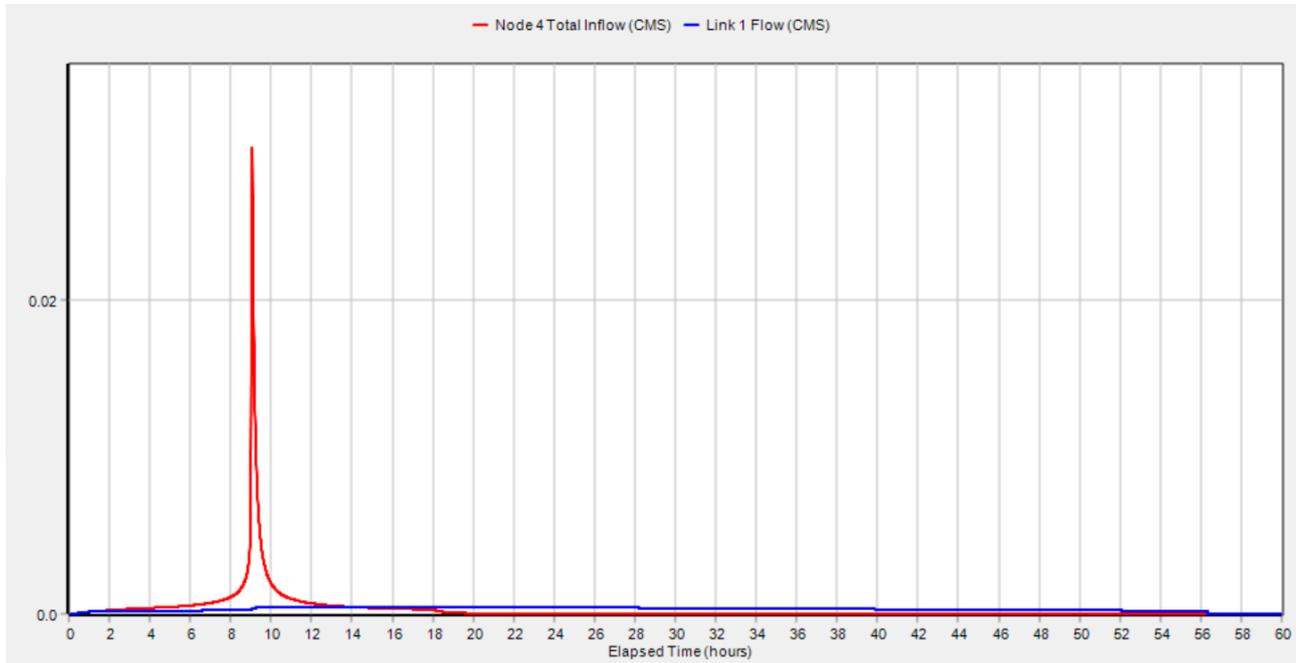


Figura 11 - idrogrammi in entrata e in uscita dal sistema di infiltrazione.

7.2.4 Svuotamento del sistema

Per stimare lo svuotamento del sistema si fara' riferimento ai risultati del modello SWMM, in particolare dall'analisi della curva dei volumi nel tempo per la durata critica (18 ore), si ottiene che lo svuotamento completo del sistema avviene in 38 ore dopo la fine dell'evento di progetto. Tale risultato risulta compatibile con i requisiti di svuotamento richiesti dal Regolamento Regionale (massimo 48 h).

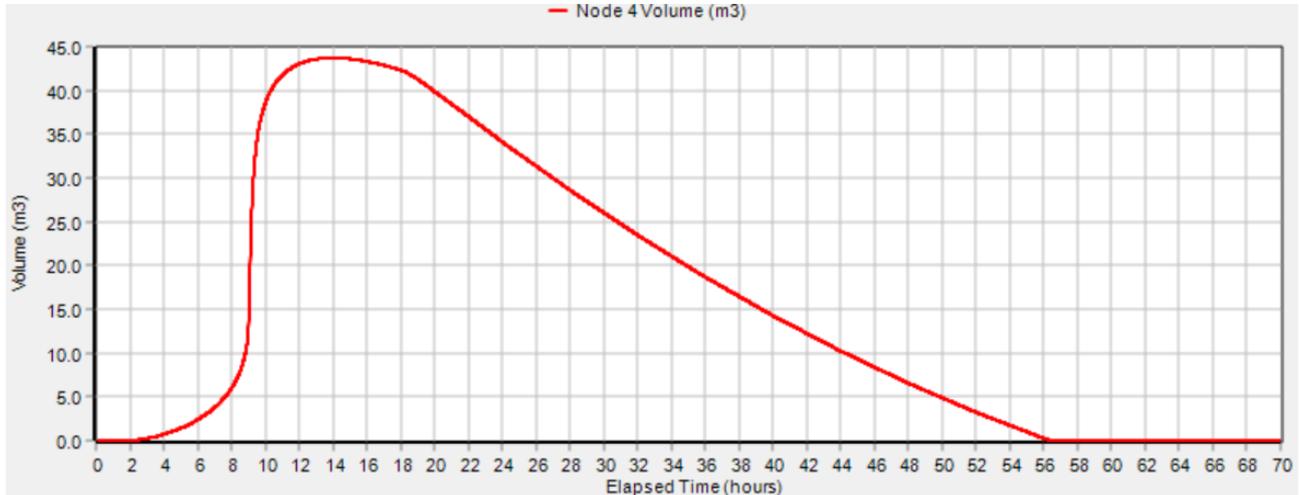


Figura 12 - Curva di svuotamento del sistema ad infiltrazione (fosso in terra).

7.2.5 Vantaggi ed aspetti manutentivi.

I principali vantaggi di tale sistema rispetto al bauletto drenante sono:

- Facilita' di esecuzione.
- Costi ridotti di realizzazione.
- Altezze di scavo ridotte a parita' di volume di invaso, e quindi possibilita' di impiego anche con falde piu' superficiali.

I principali svantaggi sono:

- Superficie del fosso non utilizzabile (non carrabile o comunque non utilizzabile come stradello);
- Necessità di manutenzione delle sponde (crescita vegetazione spontanea) e del fondo (deposito di materiale fino sul geotessuto), frequente e per tutta la lunghezza della trincea;
- Altezza e quindi ingombro in pianta variabile (dovendo essere il fondo orizzontale e la pendenza delle sponde fissa), in funzione dell'orografia del piano campagna;
- Con il passare del tempo il trasporto solido di materiale fino, può determinare un'impermeabilizzazione dello strato superficiale delle sponde del canale, riducendo la capacità di infiltrazione;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 42 di 90

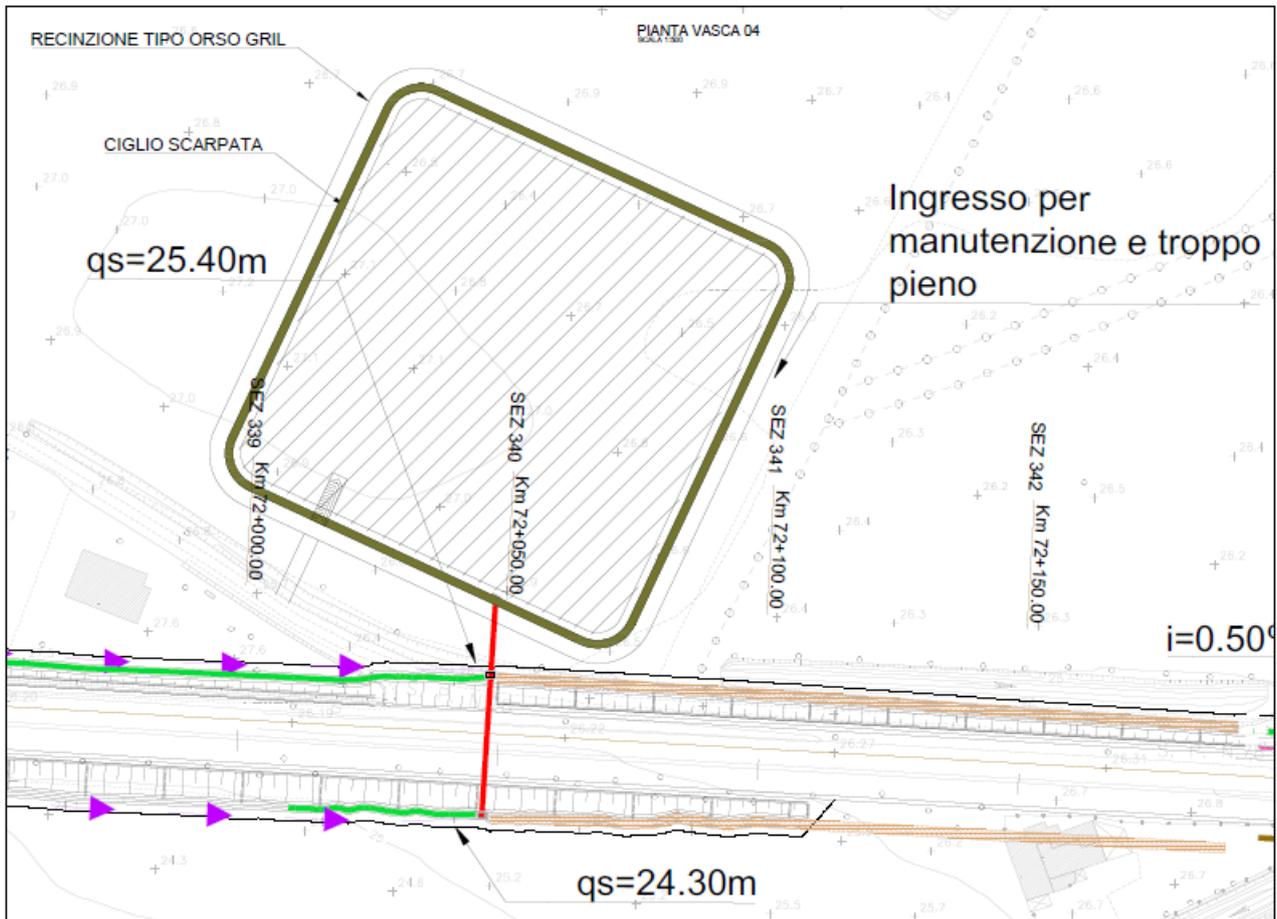
- La presenza di uno specchio di acqua aperto facilita la proliferazione di zanzare e nutrie. Queste ultime in particolare, molto diffuse nell'area, possono danneggiare le sponde dei fossi in terra;
- Difficoltà di accesso al corpo ferroviario per manutenzione dei rilevati e degli embrici;
- In caso di presenza di uno stradello questo dovrà essere previsto in aggiunta all'ingombro del fosso in terra.

Per quanto riguarda la manutenzione, si ipotizzano le seguenti attività:

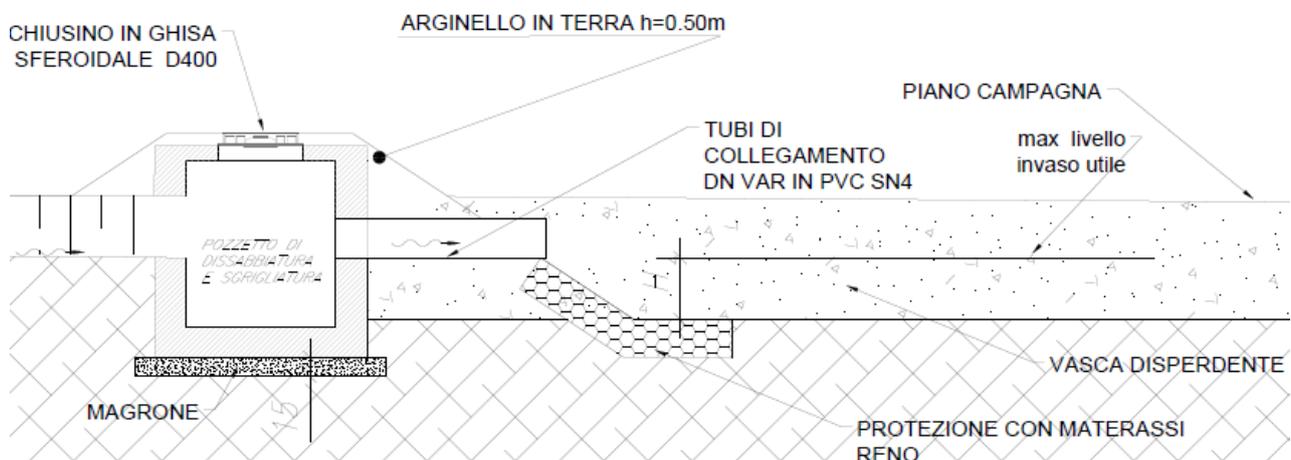
- Sfalci di arbusti, rovi ed erba infestante sulle sponde non rivestite del canale: 3 volte/anno (gennaio /maggio/settembre)
- Spurgo del residuo fangoso sul fondo del fosso, proveniente dallo scorrimento sulle sponde in terra e dal rilevato, trattenuto dalla presenza di geotessile: 1 volta/anno considerando un accumulo annuo sul fondo di 1 cm lungo tutto il tratto.

7.3 Vasche di accumulo e infiltrazione.

Come accennato nei paragrafi precedenti, nei tratti di linea per i quali e' stata misurata una quota di falda molto superficiale, il recapito del drenaggio di piattaforma non puo' essere costituito dai sistemi precedentemente descritti, in quanto non si avrebbe il necessario franco di terreno tra fondo disperdente e livello della falda. Pertanto, in queste situazioni si e' optato per convogliare, attraverso fossi rivestiti, le acque di piattaforma verso delle vasche in terra posizionate laddove le condizioni idrogeologiche sono piu' idonee per un recapito di questo tipo. Tali vasche sono costituite da scavi nel terreno naturale con pendenza delle sponde 1:1 e circondate da un argine in terra di altezza 0,5m con la funzione principale di evitare ingresso di acque esterne di versante non derivanti dalla piattaforma ferroviaria. Le vasche sono dotato di uno scarico di troppo pieno di superficie realizzato attraverso un'interruzione dell'argine in corrispondenza di zone non vulnerabili. Subito a monte dell'immissione in vasca viene previsto un pozzetto di sedimentazione per limitare l'ingresso di materiale fino.



PARTICOLARE IMMISSIONE VASCA
SCALA 1:20



**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA
 FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000001	A	44 di 90

La posizione, le quote delle canalizzazioni che conducono alle vasche e le quote di fondo delle vasche stesse sono riassunte nella tabella seguente:

	canaletta 1: Piadena -> Mantova			sezione vasca		canaletta 2: Mantova ->Piadena		
	pk inizio	quota SX	quota DX	pk	quota canale recapito	pk inizio	quota SX	quota DX
V01	60+109	28,88	29,4	61+750	28,15	61+945	28,68	28,23
	pk fine	quota SX	quota DX		quota fondo vasca	pk fine	quota SX	quota DX
	61+750	28,74	28,18		27,65	61+750	28,48	28,18
	note			note		note		
	canaletta trapezia 50x50			canaletta trapezia 50x50		canaletta trapezia 30x30		
V02	pk inizio	quota SX	quota DX	pk	quota canale recapito	pk inizio	quota SX	quota DX
	62+738	27,15	27,15	64+150	23,45			
	pk fine	quota SX	quota DX		quota fondo vasca	pk fine	quota SX	quota DX
	64+150	23,65	23,65		22,95			
	note			note		note		
canaletta rettangolare in trincea 0,7x0,5 fino a 64+050 poi prosegue pensile su banca rilevato			il canale di recapito in vasca e la vasca sono pensili		non ci sono canalette da Mantova			
V03	pk inizio	quota SX	quota DX	pk	quota canale recapito	pk inizio	quota SX	quota DX
	65+055	23,65	23,65	65+525	23,35	67+144	25,7	25,7
	pk fine	quota SX	quota DX		quota fondo vasca	pk fine	quota SX	quota DX
	65+525	23,4	23,5		22,9	65+525	23,4	23,5
	note			note		note		
canaletta trapezia 50x50			canaletta trapezia 50x50		e' previsto un cambio di pendenza intermedio alla pk 66+150 con quota scorrimento 23,8. Le canalette (trapezie 50x50) sono pensili sulla banca del rilevato.			
V04	pk inizio	quota SX	quota DX	pk	quota canale recapito	pk inizio	quota SX	quota DX
	71+400	27,57	27,57	71+700	25,4			
	pk fine	quota SX	quota DX		quota fondo vasca	pk fine	quota SX	quota DX
	71+700	26,55	26,55		24,3			
	note			note		note		
canaletta trapezia 50x50			canaletta trapezia 50x50		non ci sono canalette da Mantova			

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 45 di 90

7.3.1 Criteri di dimensionamento

Per il dimensionamento è stato impiegato il modello SWMM per tenere in conto la sollecitazione meteorica tramite l'utilizzo di ietogrammi di progetto diversi da quello rettangolare e della formazione degli idrogrammi in ingresso alla vasca e in uscita da essa, simulando il fenomeno dell'infiltrazione. Tale ultima verifica è stata condotta anche per rispondere alle richieste dalle linee Guida della Regione Lombardia (vedi tabella 3) per interventi di estensione come quello in oggetto in aree di tipo B (procedura dettagliata).

sono state fatte le seguenti ipotesi:

- 1) Tempo di Ritorno verifica tirante massimo e volume massimo = 100 anni
- 2) Tempo di Ritorno svuotamento vasca = 50 anni
- 3) Ietogrammi Chicago per diverse durate orarie di evento e con picco centrato.
- 4) Coefficiente di deflusso medio ponderale = 0,9
- 5) Sistema di invaso simulato con vasca (storage).
- 6) Superficie di filtrazione = fondo + superfici laterali in funzione dell'altezza nella vasca.
- 7) Fenomeno di infiltrazione simulato attraverso inserimento pompa con portata variabile in funzione della superficie filtrante effettiva e del coefficiente di permeabilità.
- 8) Coefficiente di permeabilità dedotto dalle prove specifiche in situ.
- 9) Metodo di calcolo della modellazione: metodo cinematico.

7.3.2 Risultati della verifica: modello SWMM.

Curve di pioggia:

T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n (>1h) [-]	n' (<1h) [-]
50	55.21	0.266	0.518
100	62.23	0.266	

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei risultati e delle caratteristiche delle 4 vasche:

	u.m.	V01	V02	V03	V04
Pk vasca	xxx+xxx	61+750	64+150	65+525	71+700
Superficie drenata	Ha	3.32	2.52	5.44	1.56
Coeff. Permeabilita'	m/s	1.7E-05	9.5E-06	1.93E-06	9.8E-07
Quota falda	m.s.l.m.m.	26.35	21.95	21.9	22.8
Quota fondo vasca	m.s.l.m.m.	27.65	22.95	22.9	24.3
Franco fondo vasca/falda	m	1.3	1	1	1.5
h utile vasca	m	0.5	0.5	0.5	1
h scavo vasca	m	1	0.5	1	1.5
Area fondo vasca	m ²	4000	4000	12100	6400
Area ingombro vasca (fino recinzione)	m ²	5566	5456	14566	8360
V utile	m ³	2053	2053	6148	6674
V max invasato (Tr100)	m ³	1547.95	1608.56	5455.21	1691.55
Durata Critica	ore	22h	18h	48h	22h
Coeff. Sicurezza (Tr100)	-	1.33	1.28	1.13	3.95
Verifica svuotamento 72h (Tr50)	SI/NO	SI	SI	SI	SI
Verifica volume a 48h (Tr50)	SI/NO	SI	SI	SI	SI
Altezza max (Tr 100 anni)	m	0.38	0.4	0.45	0.26

Per le simulazioni sono stati impiegati ietogrammi Chicago con picco centrato e durate di 2, 6, 12, 18, 22, 24, 30 e 48 ore. Nei grafici seguenti si riportano gli andamenti dei volumi nel tempo per le 4 vasche e per i differenti eventi considerati.

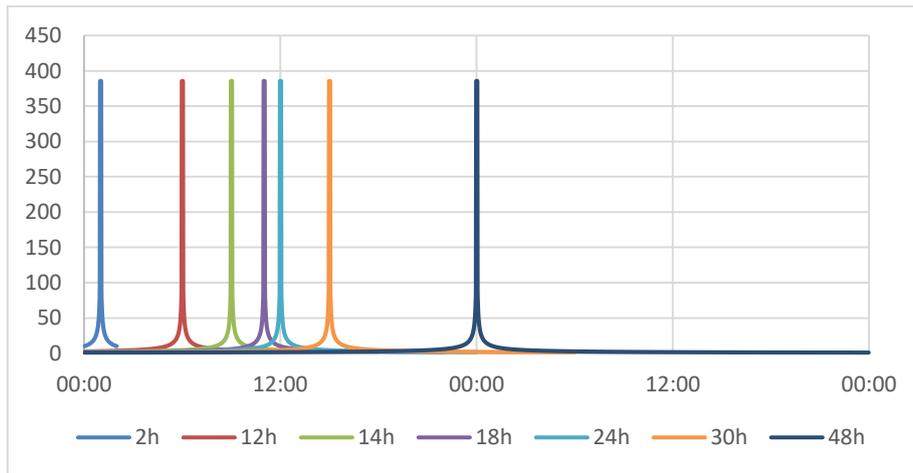
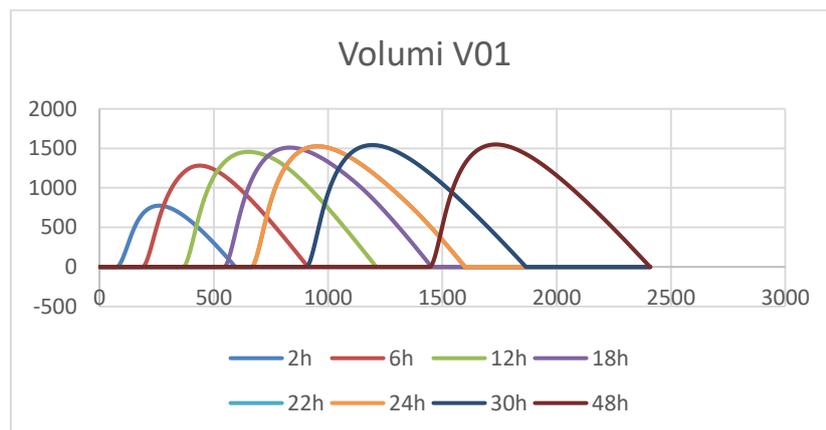


Figura 13 - Ietogrammi di progetto simulati



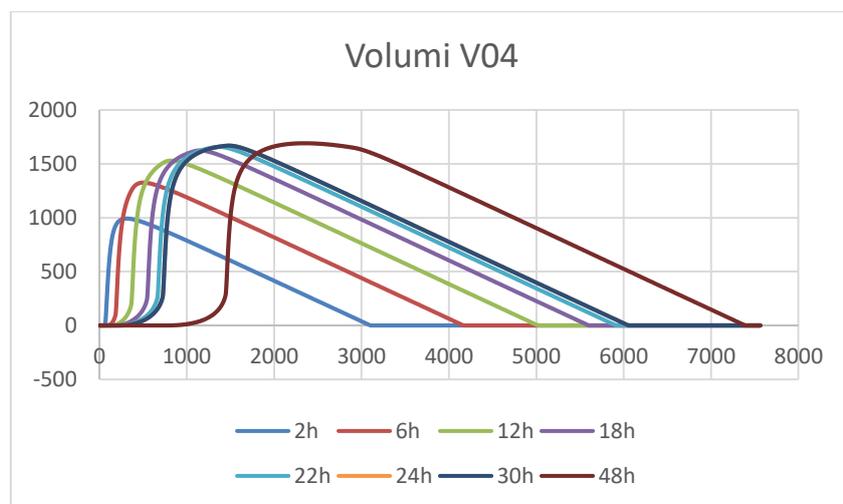
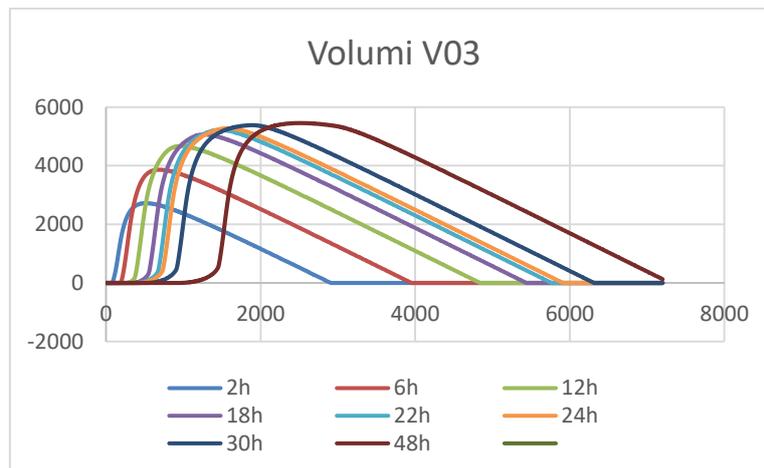
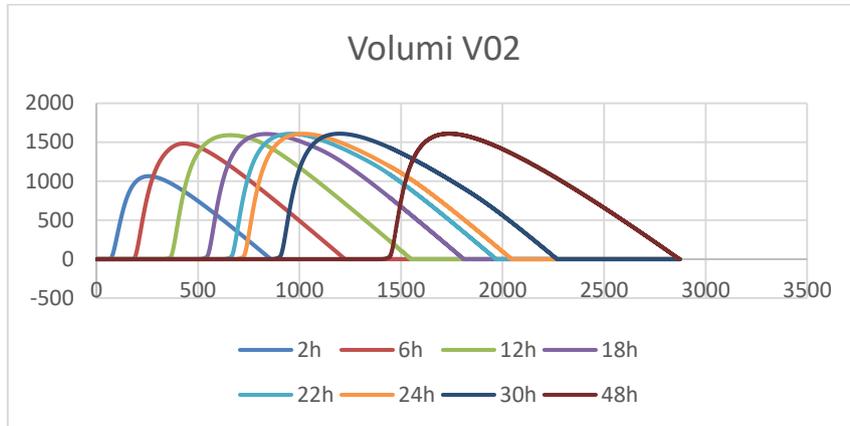


Figura 14 - Andamento dei volumi in vasca nel tempo per diversi eventi

A titolo di esempio si riportano di seguito i grafici degli idrogrammi di ingresso e uscita dalla vasca V01 (infiltrazione):

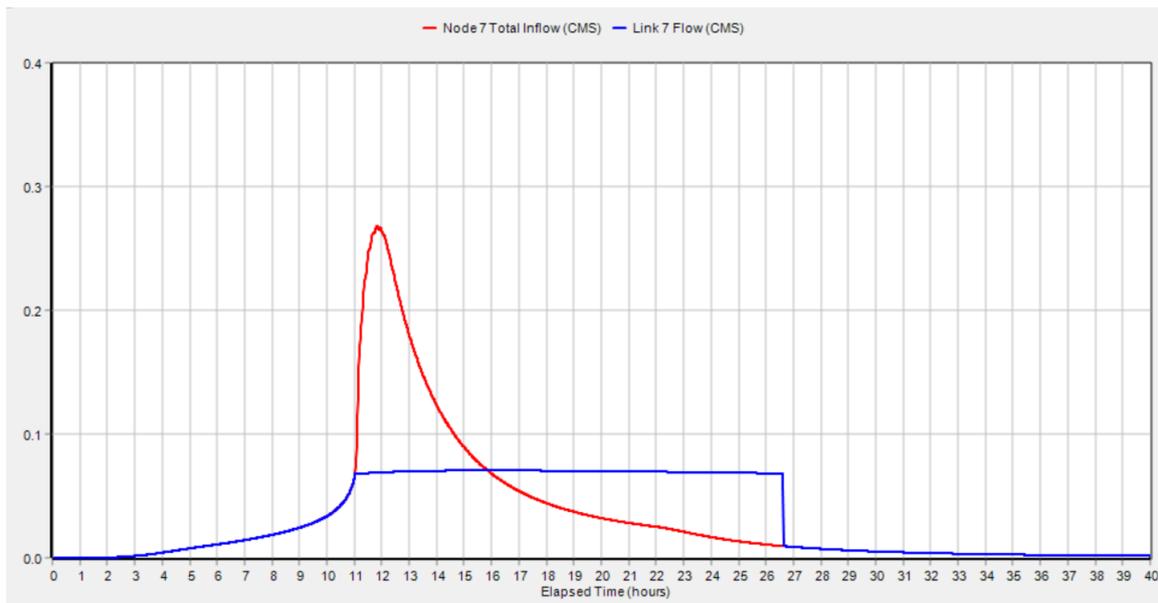


Figura 15 - Idrogrammi di ingresso e di uscita vasca V01 (evento 22 ore)

7.3.3 Svuotamento del sistema

Di seguito sono riportati i diagrammi di andamento dei volumi nel tempo per le singole vasche, considerando eventi con durate pari alle durate critiche di ciascuna di esse (tempo di ritorno 50 anni).

Le vasche V01 e V02 risultano avere uno svuotamento completo entro 48 ore dalla fine dell'evento critico.

Le vasche V03 e V04, hanno durate di svuotamento superiori alle 48 ore, tuttavia viene verificato che il volume disponibile dopo 48 ore sia sufficiente ad accogliere un secondo evento di uguale entità, così come richiesto dal Regolamento Regionale sull'invarianza idraulica. Tutti e quattro sistemi verificano lo svuotamento completo entro 72h.

V03-Svuotamento Tr 50 anni (d48h)			
Tsvuot	63h	<72h	OK
Vmax invasato (m ³)	4745		
V utile vasca (m ³)	6148		
Vresiduo a 48h(m ³)	1280		
Vdisponibile a 48h(m ³)	4868	> Vmax	OK

V04 - Svuotamento Tr 50 anni (d22h)			
Tsvuot	66h	<72h	OK
Vmax invasato (m ³)	1423		
V utile vasca (m ³)	6674		
Vresiduo a 48h(m ³)	410		
Vdisponibile a 48h(m ³)	6264	> Vmax	OK

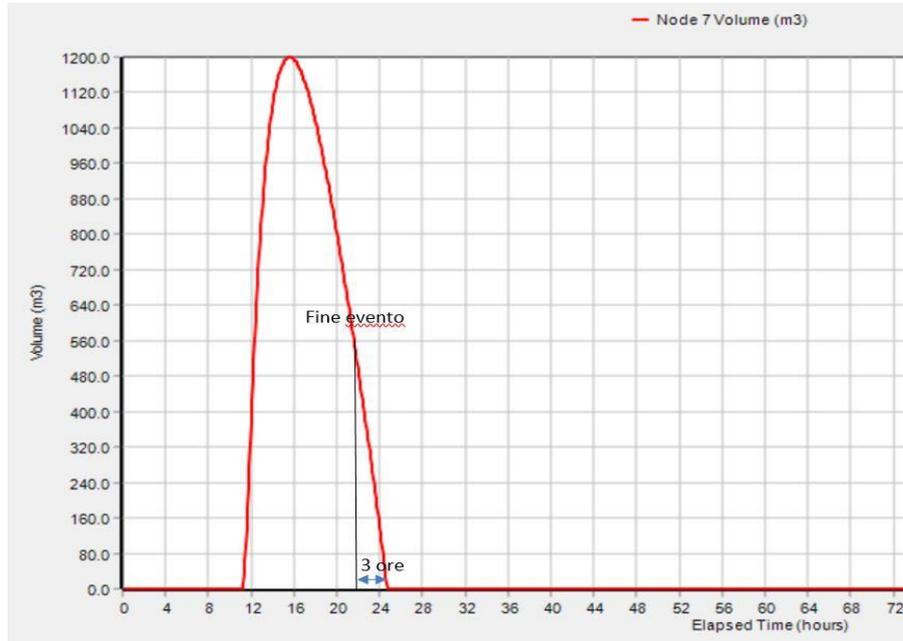


Figura 16 - Curva di svuotamento del sistema ad infiltrazione (vasca V01).

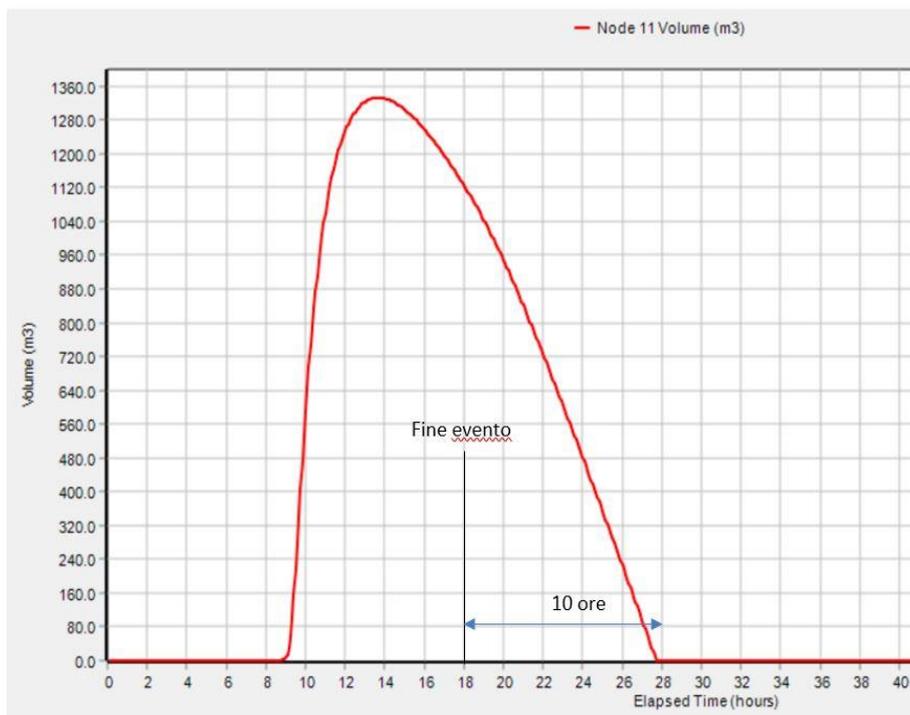


Figura 17 - Curva di svuotamento del sistema ad infiltrazione (vasca V02).

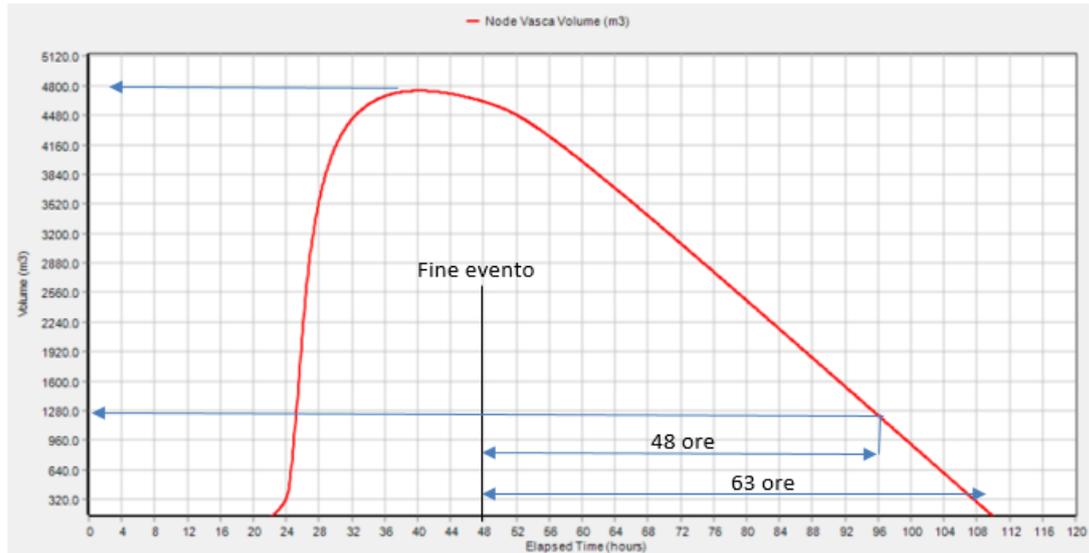


Figura 18 - Curva di svuotamento del sistema ad infiltrazione (vasca V03).

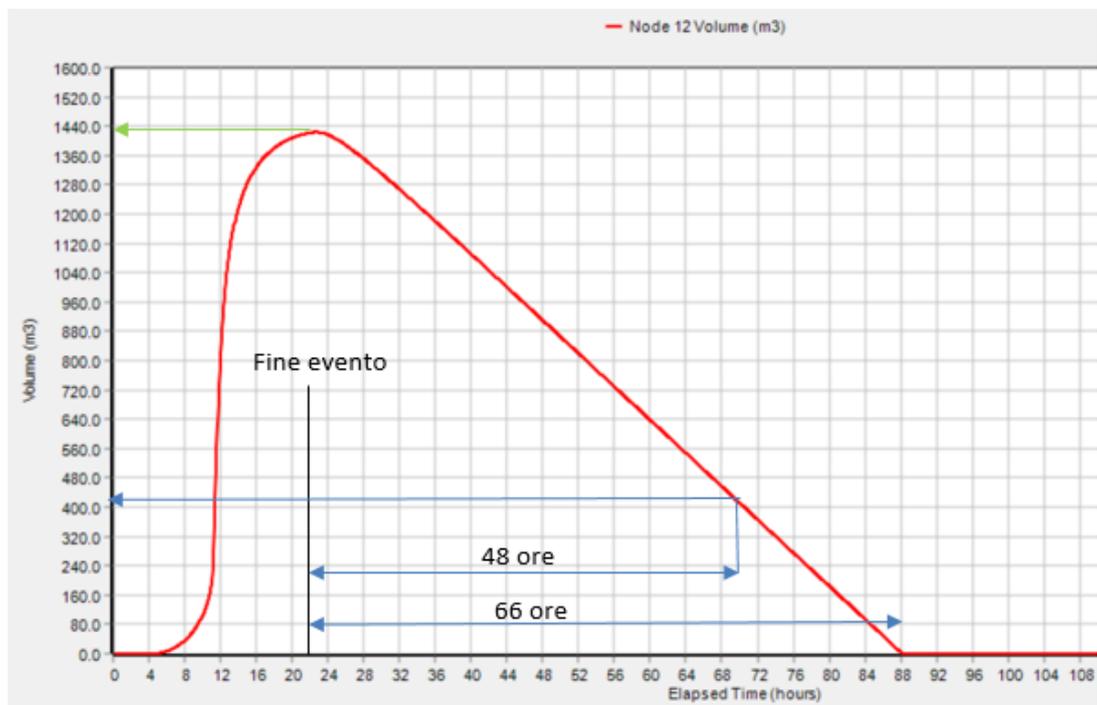


Figura 19 - Curva di svuotamento del sistema ad infiltrazione (vasca V04).

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 53 di 90

7.3.4 Vantaggi ed aspetti manutentivi.

Il vantaggio delle vasche così come concepito nel presente è progetto e quello di riuscire a gestire il recapito del drenaggio di piattaforma, nel rispetto delle linee guida del Regolamento Regionale sull'invarianza idraulica, anche per tratti dove la quota della falda non ne consentirebbe l'infiltrazione in loco attraverso sistemi di infiltrazione lungo linea. Tali opere tuttavia richiedono alcuni accorgimenti realizzati e di manutenzione in esercizio che si riassumono di seguito:

Gli impianti di infiltrazione devono essere provvisti di una copertura vegetale densa - cotica erbosa permanente di tipo estensivo: da evitare la vegetazione che presenta un apparato radicale profondo che favorisce la formazione di percorsi preferenziali e by-pass.

Gli impianti devono sempre essere accessibili (tutto l'anno). Verranno predisposti accessi carrabili su ogni vasca con cancello sulla recinzione, verranno inoltre realizzate viabilità di servizio per raggiungere le vasche. Uno stradello di servizio della larghezza di 3m interno alla recinzione verrà realizzato lungo tutto il perimetro della vasca. Una rampa consentirà di raggiungere il fondo della vasca.

Il principale aspetto da considerare è il rischio di colmatatura dell'impianto (riempimento progressivo dei pori da particelle organiche inorganiche).

Il maggiore rischio di colmatatura si riscontra nella fase iniziale dopo la messa in esercizio di un impianto. Di conseguenza è richiesta una manutenzione particolarmente intensa in questo periodo.

Un bacino d'infiltrazione può essere messo in esercizio solo dopo che la vegetazione è già cresciuta, in nessun caso durante la costruzione (rischio di colmatazione e inquinamento).

Per gli impianti di ritenzione occorre prevedere la pulizia degli organi di regolazione, il lavaggio dei canali di accumulo e la rimozione della vegetazione eccedente e dei materiali galleggianti.

Le sponde erbose vanno falciate almeno una volta l'anno con mezzi adeguati. Dopo un temporale occorre verificare l'efficienza dell'infiltrazione. Se necessario si deve smuovere il terreno in superficie. Il materiale di falcio delle superfici filtranti non può essere utilizzato quale foraggio né dovrebbe essere lasciato sul posto, ma va convogliato all'impianto di termodistruzione dei rifiuti.

È escluso l'utilizzo di prodotti fitosanitari per il trattamento delle superfici filtranti.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 54 di 90

8 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta, collettamento e smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma ferroviaria e le banchina di stazione.

In funzione della sezione tipologica sono stati individuate differenti tipologie di smaltimento delle acque di piattaforma:

- Sezioni in rilevato: è affidato agli embrici, canalette trapezoidali, bauletto drenante/fosso drenante.
- Sezioni in trincea/muri: è affidato alle canalette laterali in cls, tubi in cls, recapito in bauletto drenante/fosso drenante.
- Sezioni in viadotto: nel caso dei viadotti sono previste munite di griglie in ghisa, collegate mediante bocchettoni in acciaio alla sottostante tubazione di raccolta in acciaio e da qui al recapito finale.

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a $0,4 \div 0,5$ m/s, ove possibile, al fine di evitare fenomeni di sedimentazione sul fondo che necessiti di una manutenzione più frequente dell'ordinaria;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento, per le opere idrauliche connesse alla piattaforma ferroviaria, deve essere non superiore al 67% per elementi chiusi per evitare che la condotta possa andare in pressione; il grado di riempimento per le opere idrauliche deve essere non superiore al 50% per le condotte con DN minore di 500 mm. Per gli elementi idraulici aperti si impone un franco idraulico sulla sponda pari a 0.05m (5cm).

8.1 Linea ferroviaria in rilevato

Nei tratti in rilevato, la raccolta delle acque di piattaforma avviene in corrispondenza dell'elemento marginale della sezione ferroviaria dotata di una pendenza trasversale pari a 3.0%, costituito da un cordolo in conglomerato bituminoso interrotto con un interasse di 10 m, per consentire, attraverso canalizzazioni in embrici il recapito delle acque di piattaforma in fossi di guardia rivestiti in calcestruzzo e successivamente al recapito finale.

Schema drenaggio di piattaforma ferroviaria:

- Embrice passo 10m;
- Canaletta trapezoidale 0.50x0.50 in cls;
- Pozzetto prefabbricato in cls 2.00x1.50m h=1.50m con grigliato Keller passo max 60m con tubo in PEAD DN315;
- Tubo fessurato in PEAD DN500 per distribuzione longitudinale acque nel cassonetto drenante/fosso drenante;
- Cassonetto drenante in materiale drenante con porosità minima 30/40% avvolto in geocomposito;
- Fosso di guardia in terra con bauletto drenante.

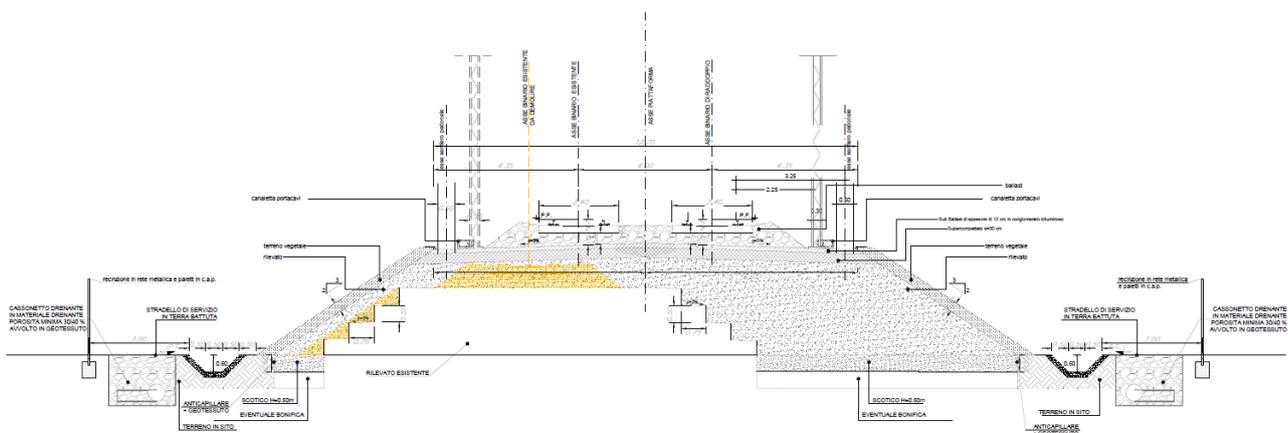


Figura 20 - Sezione tipo in rilevato

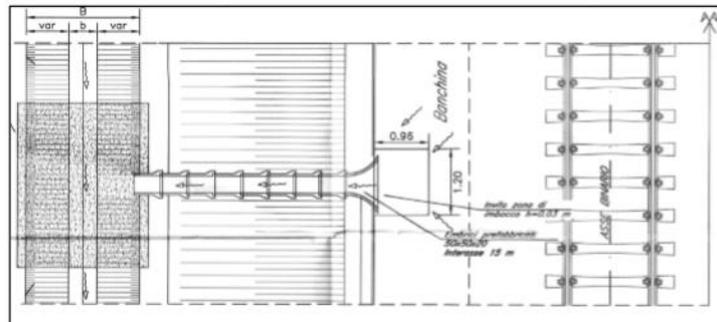


Figura 21 - Dettaglio embrice

Il recapito finale del sistema di drenaggio avviene direttamente con canalette trapezoidali che recapitano all'interno dei pozzetti che a loro volta tramite tubazioni in PEAD convogliano le acque di piattaforma all'interno dei manufatti drenanti (bauletti laddove il livello di falda risulta essere maggiore di 2.50m rispetto al P.C. o fossi drenanti se il livello di falda è minore di 2.50m rispetto al p.c. ma comunque maggiore di 1.50m).

8.2 Verifiche embrici

Al fine di valutare il corretto passo degli embrici sono stati calcolati gli apporti massimi di pioggia in funzione della larghezza della piattaforma pavimentata variando il passo degli embrici e verificando la capacità di smaltimento della cunetta.

Considerando l'embrice come uno stramazzo si considera valida la seguente espressione:

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

dove:

- Q = portata sfiorata (m³/s)
- μ coefficiente di deflusso, pari a 0.385
- L = larghezza stramazzo L=0.905(m)
- h = carico idraulico (m)
- g = accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s².

EMBRICI										
pendenza	b m	L max m	ta ore	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	Qmax smaltibile mc/s
0.4%	9.0	11	0.083	0.092	98	0.90	357.75	70	0.030	0.009
5.0%	9.0	37	0.083	0.092	335	0.90	357.75	70	0.030	0.030
0.6%	9.0	13	0.083	0.092	116	0.90	357.75	70	0.030	0.010
0.7%	9.0	14	0.083	0.092	125	0.90	357.75	70	0.030	0.011
0.8%	9.0	15	0.083	0.092	134	0.90	357.75	70	0.030	0.012
0.9%	9.0	16	0.083	0.092	142	0.90	357.75	70	0.030	0.013
1.0%	9.0	17	0.083	0.092	150	0.90	357.75	70	0.030	0.013
1.5%	9.0	20	0.083	0.092	184	0.90	357.75	70	0.030	0.016
2.0%	9.0	24	0.083	0.092	212	0.90	357.75	70	0.030	0.019
2.5%	9.0	26	0.083	0.092	237	0.90	357.75	70	0.030	0.021
3.0%	9.0	29	0.083	0.092	260	0.90	357.75	70	0.030	0.023
3.5%	9.0	31	0.083	0.092	281	0.90	357.75	70	0.030	0.025
4.0%	9.0	33	0.083	0.092	300	0.90	357.75	70	0.030	0.027
4.5%	9.0	35	0.083	0.092	318	0.90	357.75	70	0.030	0.028

Tabella 5 - Verifica interasse embrici

8.3 Dimensionamento idraulico

Definiti i parametri pluviometrici, il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli elementi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gaukler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6}$$

ottenendo:

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

dove:

- Q, portata (m³/s)
- i, pendenza media del fosso (m/m);
- A, sezione idrica (m²);
- K_s, il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a 80 mm^{1/3} · s⁻¹ per le tubazioni in materiale plastico, pari a 67 mm^{1/3} · s⁻¹ per le canalette in cls;
- R, raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA
 FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000001	A	59 di 90

DATI RETE				COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	Ks	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
55+300	55+439	60.000	0.74%	67	0.500	0.500	0.062	28.091	2.700	407.101	28.090	12.5%	1.081
55+439	55+872	60.000	0.44%	67	0.500	0.500	0.071	26.682	2.700	386.691	26.682	14.1%	0.843
55+872	56+383	60.000	0.78%	67	0.500	0.500	0.062	28.233	2.700	409.173	28.233	12.3%	1.108
56+383	57+143	60.000	0.37%	67	0.500	0.500	0.074	26.209	2.700	379.821	26.208	14.7%	0.776
57+143	57+302	60.000	2.52%	67	0.500	0.500	0.046	31.212	2.700	452.341	31.212	9.2%	1.924
57+302	57+875	60.000	0.44%	67	0.500	0.500	0.071	26.663	2.700	386.420	26.663	14.1%	0.840
57+875	58+740	60.000	2.70%	67	0.500	0.500	0.045	31.373	2.700	454.677	31.373	9.1%	1.986
58+740	59+457	60.000	0.81%	67	0.500	0.500	0.061	28.323	2.700	410.476	28.323	12.2%	1.126
59+457	59+954	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.411	2.700	339.296	23.411	18.6%	0.479
59+954	60+451	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.411	2.700	339.296	23.411	18.6%	0.479
60+451	60+948	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.411	2.700	339.296	23.411	18.6%	0.479
60+948	61+270	60.000	3.62%	67	0.500	0.500	0.042	32.071	2.700	464.801	32.071	8.4%	2.280
61+270	62+115	60.000	0.52%	67	0.500	0.500	0.068	27.141	2.700	393.345	27.141	13.6%	0.914
62+115	62+728	60.000	1.20%	67	0.500	0.500	0.055	29.353	2.700	425.400	29.353	11.1%	1.357
62+728	63+422	60.000	3.24%	67	0.500	0.500	0.043	31.813	2.700	461.055	31.813	8.6%	2.165
63+422	63+814	60.000	1.82%	67	0.500	0.500	0.050	30.407	2.700	440.684	30.407	10.0%	1.650
63+814	63+312	60.000	1.02%	67	0.500	0.500	0.058	28.942	2.700	419.442	28.942	11.5%	1.259
63+312	63+769	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.370	2.700	338.692	23.370	18.6%	0.476
63+769	64+426	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.411	2.700	339.296	23.411	18.6%	0.479
64+426	65+125	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.411	2.700	339.296	23.411	18.6%	0.479
65+125	65+500	60.000	0.13%	67	0.500	0.500	0.093	23.411	2.700	339.296	23.411	18.6%	0.479
65+500	65+625	60.000	7.56%	67	0.500	0.500	0.035	33.720	2.700	488.695	33.720	6.9%	3.216
65+625	67+700	60.000	7.76%	67	0.500	0.500	0.034	33.777	2.700	489.515	33.777	6.9%	3.256
67+700	68+025	60.000	7.76%	67	0.500	0.500	0.034	33.777	2.700	489.515	33.777	6.9%	3.256
68+025	68+175	60.000	7.76%	67	0.500	0.500	0.034	33.777	2.700	489.514	33.776	6.9%	3.256
68+175	69+800	60.000	0.88%	67	0.500	0.500	0.060	28.539	2.700	413.604	28.539	12.0%	1.171
69+800	69+925	60.000	0.50%	67	0.500	0.500	0.068	27.035	2.700	391.808	27.035	13.7%	0.897
69+925	70+625	60.000	0.50%	67	0.500	0.500	0.068	27.035	2.700	391.806	27.035	13.7%	0.897
70+625	71+100	60.000	0.50%	67	0.500	0.500	0.068	27.035	2.700	391.806	27.035	13.7%	0.897
71+100	71+350	60.000	0.50%	67	0.500	0.500	0.068	27.035	2.700	391.806	27.035	13.7%	0.897
71+350	72+025	60.000	0.50%	67	0.500	0.500	0.068	27.035	2.700	391.806	27.035	13.7%	0.897
72+025	72+225	60.000	0.50%	67	0.500	0.500	0.068	27.035	2.700	391.806	27.035	13.7%	0.897
72+225	72+450	60.000	2.21%	67	0.500	0.500	0.048	30.891	2.700	447.688	30.890	9.5%	1.809
72+450	72+755	60.000	0.23%	67	0.500	0.500	0.082	24.859	2.700	360.273	24.859	16.5%	0.615
72+755	73+950	60.000	2.37%	67	0.500	0.500	0.047	31.063	2.700	450.180	31.062	9.3%	1.870
73+950	74+403	60.000	1.98%	67	0.500	0.500	0.049	30.613	2.700	443.670	30.613	9.8%	1.716
74+403	74+615	60.000	2.48%	67	0.500	0.500	0.046	31.172	2.700	451.764	31.172	9.2%	1.910
74+615	75+015	60.000	2.75%	67	0.500	0.500	0.045	31.420	2.700	455.356	31.420	9.0%	2.004
75+015	75+409	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
75+409	75+500	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
75+500	76+225	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
76+225	76+400	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
76+400	76+575	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
76+575	76+650	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
76+650	77+325	60.000	0.20%	67	0.500	0.500	0.085	24.521	2.700	355.374	24.521	17.0%	0.580
77+325	77+879	60.000	3.00%	67	0.500	0.500	0.044	31.627	2.700	458.363	31.627	8.8%	2.087
77+879	78+075	60.000	3.00%	67	0.500	0.500	0.044	31.627	2.700	458.363	31.627	8.8%	2.087

Tabella 6 - Verifica canaletta trapezoidale 50x50

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA
 FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000001	A	60 di 90

DATI RETE				COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	Ks	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
55+300	55+439	60.000	0.0074	80	0.271	0.271	0.129	30.505	2.700	442.113	30.506	47.8%	1.130
55+439	55+872	60.000	0.0044	80	0.271	0.271	0.147	29.013	2.700	420.478	29.013	54.1%	0.846
55+872	56+383	60.000	0.0078	80	0.271	0.271	0.128	30.655	2.700	444.271	30.655	47.1%	1.164
56+383	57+143	60.000	0.0037	80	0.271	0.271	0.153	28.501	2.700	413.053	28.501	56.5%	0.766
57+143	57+302	60.000	0.0252	80	0.271	0.271	0.097	33.673	2.700	488.013	33.673	36.0%	2.151
57+302	57+875	60.000	0.0044	80	0.271	0.271	0.147	28.993	2.700	420.188	28.993	54.2%	0.842
57+875	58+740	60.000	0.0270	80	0.271	0.271	0.096	33.831	2.700	490.310	33.831	35.4%	2.226
58+740	59+457	60.000	0.0081	80	0.271	0.271	0.127	30.748	2.700	445.627	30.748	46.8%	1.185
59+457	59+954	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
59+954	60+451	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
60+451	60+948	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
60+948	61+270	60.000	0.0362	80	0.271	0.271	0.090	34.513	2.700	500.177	34.512	33.1%	2.585
61+270	62+115	60.000	0.0052	80	0.271	0.271	0.141	29.504	2.700	427.598	29.504	52.0%	0.930
62+115	62+728	60.000	0.0120	80	0.271	0.271	0.100	0.000	2.700	633.871	43.737	36.9%	0.615
62+728	63+422	60.000	0.0324	80	0.271	0.271	0.092	34.262	2.700	496.542	34.261	33.9%	2.445
63+422	63+814	60.000	0.0182	80	0.271	0.271	0.105	32.875	2.700	476.444	32.875	38.8%	1.818
63+814	63+312	60.000	0.0102	80	0.271	0.271	0.120	31.389	2.700	454.899	31.388	44.3%	1.345
63+312	63+769	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
63+769	64+426	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
64+125	65+125	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
65+125	65+500	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
65+500	65+625	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
65+625	67+700	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
67+700	68+025	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
68+025	68+175	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
69+800	69+925	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
69+925	70+625	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
70+625	71+100	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
71+350	72+025	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
72+025	72+225	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
72+450	72+755	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
72+755	73+950	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
73+950	74+403	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
74+403	74+615	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.858	26.624	66.2%	0.528
74+615	75+015	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
75+015	75+409	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528
75+409	75+500	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
75+500	76+225	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
76+225	76+400	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
76+400	76+575	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
76+575	76+650	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
77+325	77+879	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.857	26.624	66.2%	0.528
77+879	78+075	60.000	0.0020	80	0.271	0.271	0.179	26.624	2.700	385.856	26.624	66.2%	0.528

Tabella 7 - Verifica collettore DN315

DATI RETE				COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	K _s	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
55+300	55+439	20.000	0.0074	80	0.176	0.176	0.096	11.982	0.900	520.953	11.982	54.3%	1.022
55+439	55+872	20.000	0.0044	80	0.176	0.176	0.111	11.586	0.900	503.736	11.586	62.9%	0.746
55+872	56+383	20.000	0.0078	80	0.176	0.176	0.094	12.020	0.900	522.608	12.020	53.5%	1.054
56+383	57+143	20.000	0.0037	80	0.176	0.176	0.117	11.442	0.900	497.515	11.443	66.2%	0.667
57+143	57+302	20.000	0.0252	80	0.176	0.176	0.070	12.741	0.900	553.933	12.740	39.6%	1.988
57+302	57+875	20.000	0.0044	80	0.176	0.176	0.111	11.580	0.900	503.496	11.580	63.0%	0.743
57+875	58+740	20.000	0.0270	80	0.176	0.176	0.069	12.776	0.900	555.473	12.776	38.9%	2.059
58+740	59+457	20.000	0.0081	80	0.176	0.176	0.093	12.044	0.900	523.641	12.044	53.0%	1.074
59+457	59+954	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
59+954	60+451	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
60+451	60+948	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
60+948	61+270	20.000	0.0362	80	0.176	0.176	0.064	12.925	0.900	561.969	12.925	36.2%	2.397
61+270	62+115	20.000	0.0052	80	0.176	0.176	0.105	11.719	0.900	509.541	11.719	59.9%	0.829
62+115	62+728	20.000	0.0120	80	0.176	0.176	0.084	12.307	0.900	535.065	12.307	47.8%	1.338
62+728	63+422	20.000	0.0324	80	0.176	0.176	0.065	12.871	0.900	559.597	12.871	37.2%	2.265
63+422	63+814	20.000	0.0182	80	0.176	0.176	0.076	12.559	0.900	546.030	12.559	43.0%	1.674
63+814	63+312	20.000	0.0102	80	0.176	0.176	0.088	12.204	0.900	530.593	12.204	49.8%	1.226
63+312	63+769	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
63+769	64+426	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
64+125	65+125	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
65+125	65+500	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
65+500	65+625	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
65+625	65+700	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
65+700	68+025	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
68+025	68+175	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
69+800	69+925	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
69+925	70+625	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
70+625	71+100	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
71+350	72+025	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
72+025	72+225	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
72+450	72+755	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
72+755	73+950	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
73+950	74+403	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
74+403	74+615	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
74+615	75+015	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
75+015	75+409	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
75+409	75+500	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
75+500	76+225	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
76+225	76+400	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
76+400	76+575	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
76+575	76+650	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
77+325	77+879	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408
77+879	78+075	20.000	0.0020	80	0.176	0.176	0.144	10.864	0.900	472.377	10.865	82.1%	0.408

Tabella 8 - Verifica collettore DN200

8.4 Linea ferroviaria in trincea

Per quanto riguarda la raccolta delle acque di piattaforma, questa avviene tramite la predisposizione di canalette rettangolari realizzate in calcestruzzo 50X50, in grado di intercettare le acque che ruscellano sulla piattaforma per effetto della sua pendenza trasversale, così come quelle che ruscellano lungo le scarpate delle trincee, e recapitarle successivamente al ricettore finale.

Inoltre, sono presenti fossi di guardia trapezoidali rivestiti in calcestruzzo in testa alle trincee che intercettano eventuali acque esterne scolanti. Tali fossi sono disposti a presidio del corpo ferroviario

Schema drenaggio di piattaforma ferroviaria:

- Canaletta trapezoidale 0.50x0.50 in cls;
- Pozzetto prefabbricato in cls 2.00x1.50m h=1.50m con grigliato Keller passo max 60cm con tubo in PEAD DN315;
- Tubo fessurato in PEAD DN500 per distribuzione longitudinale acque nel cassonetto drenante/fosso drenante;
- Cassonetto drenante in materiale drenante con porosità minima 30/40% avvolto in geocomposito;

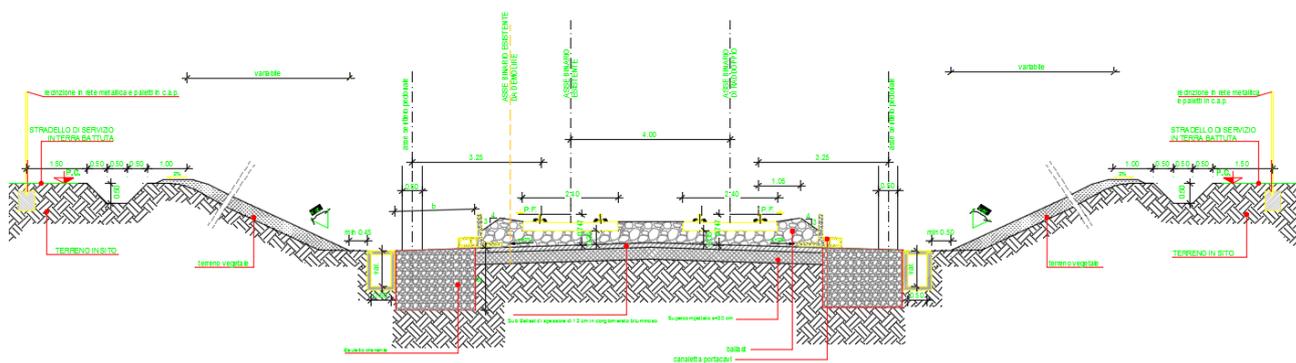


Figura 22 - Drenaggio in trincea

DATI RETE				COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	K _s	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
62+100	62+750	20.000	0.0160	67.000	0.400	0.400	0.033	10.388	0.900	577.095	10.388	8.2%	1.386
62+750	63+828	20.000	0.0250	67.000	0.400	0.400	0.029	10.651	0.900	591.707	10.651	7.3%	1.712
63+828	64+000	20.000	0.0102	67.000	0.400	0.400	0.037	10.100	0.900	561.113	10.100	9.4%	1.114
65+625	65+675	20.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.059	8.931	0.900	496.145	8.931	14.7%	0.502
68+175	68+500	20.000	0.0088	67.000	0.400	0.400	0.039	10.002	0.900	555.648	10.002	9.8%	1.037
72+325	72+450	20.000	0.0221	67.000	0.400	0.400	0.030	10.580	0.900	587.774	10.580	7.5%	1.615
78+075	78+289	20.000	0.0300	67.000	0.400	0.400	0.028	10.755	0.900	597.443	10.754	6.9%	1.868
78+289	79+725	20.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.059	8.931	0.900	496.145	8.931	14.7%	0.502
79+725	80+582	20.000	0.0258	67.000	0.400	0.400	0.029	10.669	0.900	592.720	10.669	7.2%	1.739
80+582	81+371	20.000	0.0486	67.000	0.400	0.400	0.024	11.013	0.900	611.810	11.013	6.0%	2.348
81+371	81+770	20.000	0.0234	67.000	0.400	0.400	0.030	10.612	0.900	589.556	10.612	7.4%	1.658
81+770	83+888	20.000	0.0116	67.000	0.400	0.400	0.036	10.185	0.900	565.842	10.185	9.0%	1.187
83+888	85+227	20.000	0.0116	67.000	0.400	0.400	0.036	10.185	0.900	565.805	10.184	9.0%	1.186
85+227	85+664	20.000	0.0026	67.000	0.400	0.400	0.055	9.135	0.900	507.491	9.135	13.6%	0.573
85+664	85+929	20.000	0.0470	67.000	0.400	0.400	0.024	10.996	0.900	610.873	10.996	6.1%	2.312
85+929	86+287	20.000	0.0024	67.000	0.400	0.400	0.056	9.062	0.900	503.411	9.061	14.0%	0.546
86+287	86+798	20.000	0.0076	67.000	0.400	0.400	0.041	9.902	0.900	550.111	9.902	10.2%	0.965
86+798	87+838	20.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.059	8.931	0.900	496.145	8.931	14.7%	0.502
87+838	87+996	20.000	0.0408	67.000	0.400	0.400	0.025	10.922	0.900	606.757	10.922	6.3%	2.162
87+996	88+146	20.000	0.0550	67.000	0.400	0.400	0.023	11.076	0.900	615.304	11.075	5.8%	2.490
88+146	88+567	20.000	0.0706	67.000	0.400	0.400	0.022	11.199	0.900	622.164	11.199	5.4%	2.803
88+567	88+700	20.000	0.0327	67.000	0.400	0.400	0.027	10.803	0.900	600.166	10.803	6.7%	1.948

Tabella 9 - Verifica canaletta 40x40

DATI RETE				COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	K _s	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
62+100	62+750	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.085	10.387	0.900	548.782	10.388	28.3%	0.820
62+750	63+828	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.086	10.650	0.900	546.331	10.651	28.6%	0.820
63+828	64+000	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.084	10.100	0.900	551.499	10.100	27.9%	0.819
65+625	65+675	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.079	8.930	0.900	563.109	8.931	26.2%	0.818
68+175	68+500	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.083	10.002	0.900	552.443	10.002	27.7%	0.819
72+325	72+450	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.086	10.580	0.900	546.982	10.580	28.5%	0.820
78+075	78+289	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.086	10.754	0.900	545.372	10.754	28.8%	0.820
78+289	79+725	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.079	8.930	0.900	563.109	8.931	26.2%	0.818
79+725	80+582	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.086	10.669	0.900	546.155	10.669	28.7%	0.820
80+582	81+371	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.087	11.013	0.900	543.013	11.013	29.1%	0.820
81+371	81+770	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.086	10.612	0.900	546.687	10.612	28.6%	0.820
81+770	83+888	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.084	10.185	0.900	550.688	10.185	28.0%	0.819
83+888	85+227	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.084	10.185	0.900	550.694	10.184	28.0%	0.819
85+227	85+664	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.079	9.135	0.900	561.015	9.135	26.5%	0.819
85+664	85+929	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.087	10.996	0.900	543.166	10.996	29.1%	0.820
85+929	86+287	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.079	9.061	0.900	561.764	9.061	26.4%	0.819
86+287	86+798	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.083	9.901	0.900	553.411	9.902	27.6%	0.819
86+798	87+838	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.079	8.930	0.900	563.109	8.931	26.2%	0.818
87+838	87+996	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.087	10.922	0.900	543.839	10.922	29.0%	0.820
87+996	88+146	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.088	11.076	0.900	542.446	11.075	29.2%	0.820
88+146	88+567	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.088	11.199	0.900	541.339	11.199	29.4%	0.820
88+567	88+700	20.000	0.0050	67.000	0.300	0.300	0.087	10.803	0.900	544.922	10.803	28.8%	0.820

Tabella 10 - Verifica collettore DN300

8.5 Linea ferroviaria in viadotto

In corrispondenza dei viadotti la raccolta delle acque di piattaforma avviene in corrispondenza dell'elemento marginale della sezione ferroviaria dotata di una canaletta in PEAD che convoglia le acque di piattaforma all'interno di un collettore in acciaio di diametro DN400 che recapiterà all'interno del fosso di guardia.

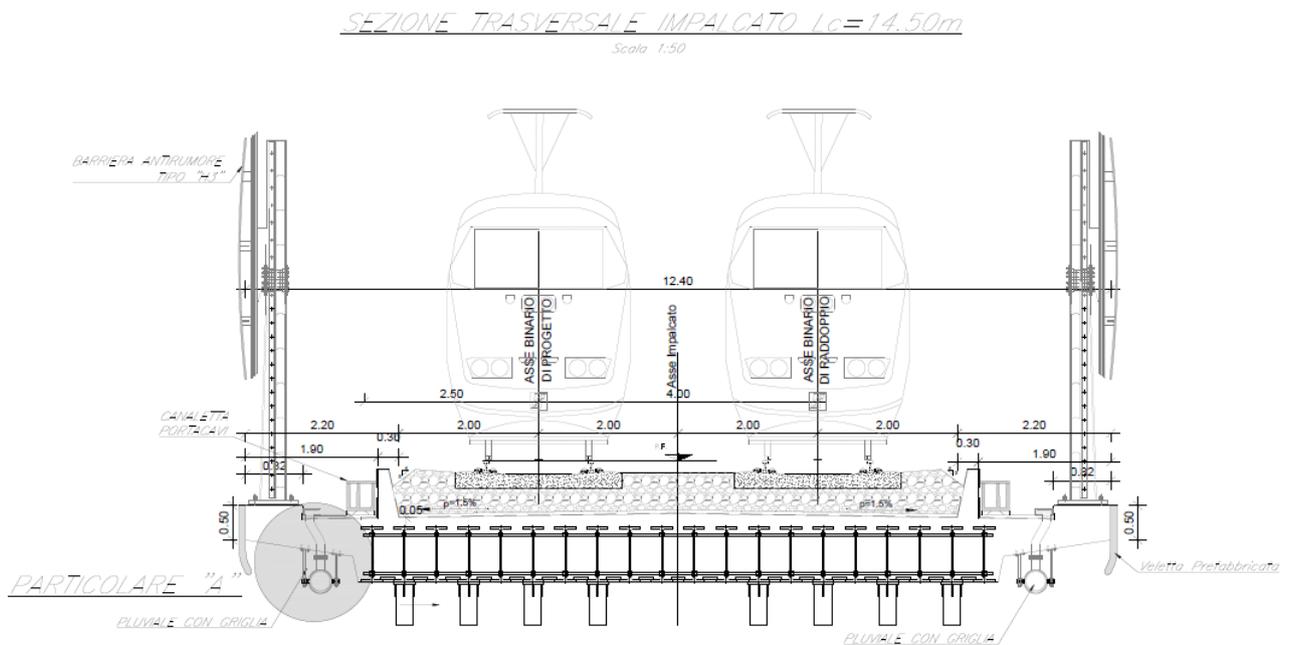


Figura 23 - Drenaggio in viadotto

DATI RETE				COLLETORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	K _s	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
63+800	64+000	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
64+000	64+125	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
65+125	65+500	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
67+700	68+025	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.420	10.196	23.7%	0.983
68+500	68+800	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
68+800	69+236	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
69+236	70+625	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
71+100	71+350	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
72+0.25	72+325	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.420	10.196	23.7%	0.983
73+850	73+950	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
73+950	74+403	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
74+403	74+615	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
74+615	75+016	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.426	10.196	23.7%	0.983
75+016	75+409	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
75+409	75+500	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
75+825	76+650	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983
76+650	77+325	20.000	0.0050	80.000	0.318	0.318	0.075	10.196	0.900	566.425	10.196	23.7%	0.983

Tabella 11 - Verifica collettore DN200

pendenza	b	L max	ta	tc	A _{totale}	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	K _s Gauckler-Strickler	Q _{max} smaltibile mc/s
	m	m	ore	ore	m ²				
0.003	9.0	11	0.083	0.092	102	1.00	357.64	90	0.010
0.004	9.0	13	0.083	0.092	118	1.00	357.64	90	0.012
0.005	9.0	15	0.083	0.092	132	1.00	357.64	90	0.013
0.006	9.0	16	0.083	0.092	145	1.00	357.64	90	0.014
0.007	9.0	17	0.083	0.092	156	1.00	357.64	90	0.016
0.008	9.0	19	0.083	0.092	167	1.00	357.64	90	0.017
0.009	9.0	20	0.083	0.092	177	1.00	357.64	90	0.018
0.010	9.0	21	0.083	0.092	187	1.00	357.64	90	0.019
0.015	9.0	25	0.083	0.092	229	1.00	357.64	90	0.023
0.020	9.0	29	0.083	0.092	264	1.00	357.64	90	0.026
0.025	9.0	33	0.083	0.092	295	1.00	357.64	90	0.029
0.030	9.0	36	0.083	0.092	323	1.00	357.64	90	0.032
0.035	9.0	39	0.083	0.092	349	1.00	357.64	90	0.035
0.040	9.0	42	0.083	0.092	374	1.00	357.64	90	0.037

Tabella 12 - Interasse bocchettoni

8.6 Linea ferroviaria in prossimità di muri

Nel caso di tratti ferroviari in prossimità di muri, verrà realizzata una canaletta che raccoglierà le acque di piattaforma e le devierà a dei pluviali con interasse 16 metri che manderanno l'acqua all'interno dei fossi drenanti/bauletti drenanti.

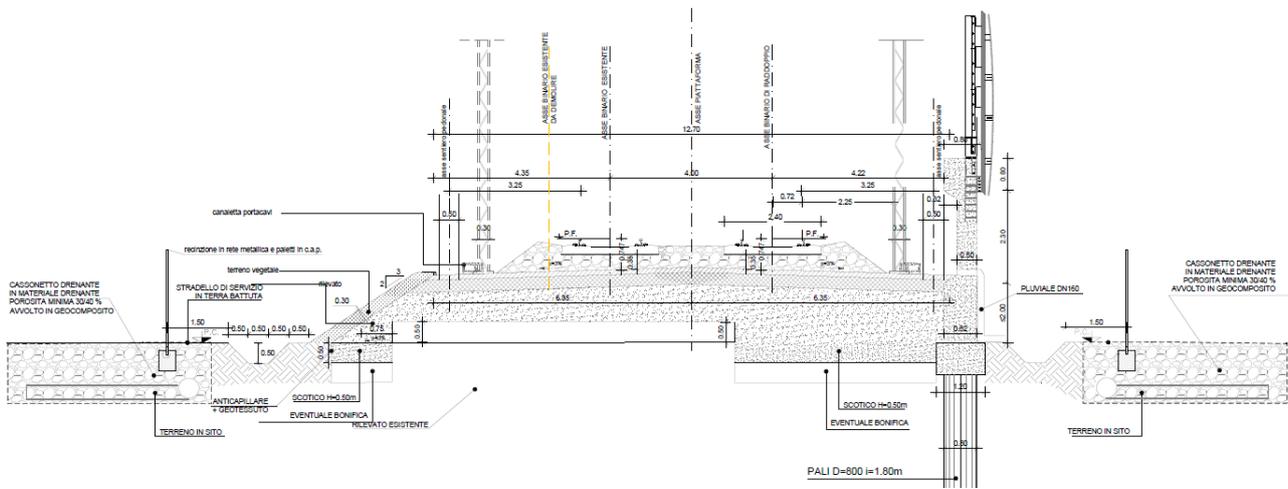


Figura 24 - Drenaggio in presenza di muri

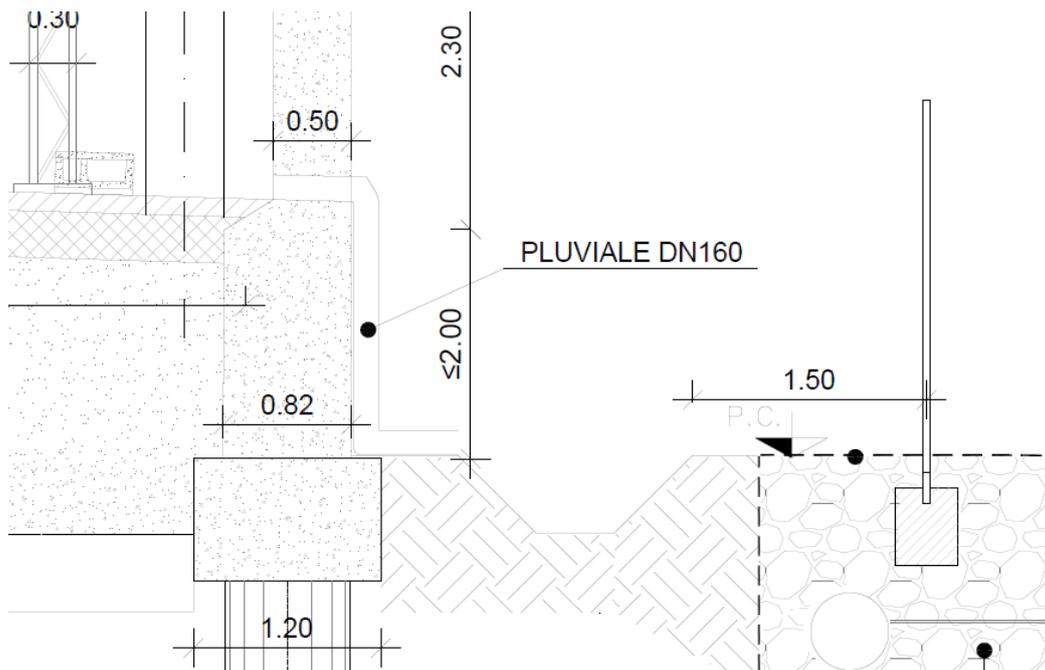


Figura 25 - Pluviale

DATI RETE				COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	Ks	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
63+800	64+000	16.000	0.0102	67.000	0.400	0.400	0.033	8.307	0.720	576.843	8.307	8.3%	1.105
64+000	64+125	16.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.052	7.416	0.720	515.029	7.416	13.0%	0.501
65+125	65+500	16.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.052	7.416	0.720	515.029	7.416	13.0%	0.501
67+700	68+025	16.000	0.0776	67.000	0.400	0.400	0.019	9.157	0.720	635.872	9.157	4.6%	2.890
68+500	68+800	16.000	0.0088	67.000	0.400	0.400	0.034	8.233	0.720	571.702	8.233	8.6%	1.028
68+800	69+236	16.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.052	7.416	0.720	515.029	7.416	13.0%	0.501
69+236	70+625	16.000	0.0050	67.000	0.400	0.400	0.040	7.939	0.720	551.297	7.939	10.1%	0.784
71+100	71+350	16.000	0.0050	67.000	0.400	0.400	0.040	7.939	0.720	551.297	7.939	10.1%	0.784
72+0.25	72+325	16.000	0.0740	67.000	0.400	0.400	0.019	9.140	0.720	634.702	9.140	4.7%	2.826
73+850	73+950	16.000	0.0023	67.000	0.400	0.400	0.050	7.489	0.720	520.069	7.489	12.5%	0.532
73+950	74+403	16.000	0.0237	67.000	0.400	0.400	0.026	8.696	0.720	603.902	8.696	6.5%	1.653
74+403	74+615	16.000	0.0198	67.000	0.400	0.400	0.027	8.616	0.720	598.351	8.616	6.9%	1.515
74+615	75+016	16.000	0.0248	67.000	0.400	0.400	0.026	8.715	0.720	605.242	8.715	6.4%	1.688
75+016	75+409	16.000	0.0275	67.000	0.400	0.400	0.025	8.759	0.720	608.262	8.759	6.2%	1.772
75+409	75+500	16.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.052	7.416	0.720	515.029	7.416	13.0%	0.501
75+825	76+650	16.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.052	7.416	0.720	515.029	7.416	13.0%	0.501
76+650	77+325	16.000	0.0020	67.000	0.400	0.400	0.052	7.416	0.720	515.029	7.416	13.0%	0.501

Tabella 13 - Verifica canaletta 40x40

DATI RETE			COLLETTORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	i _{med}	Ks	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
63+800	64+000	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.086	8.307	0.720	589.423	8.307	49.1%	0.860
64+000	64+125	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.416	0.720	598.843	7.416	46.0%	0.870
65+125	65+500	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.416	0.720	598.843	7.416	46.0%	0.870
67+700	68+025	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.091	9.157	0.720	580.857	9.157	52.0%	0.849
68+500	68+800	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.086	8.232	0.720	590.188	8.233	48.8%	0.860
68+800	69+236	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.416	0.720	598.843	7.416	46.0%	0.870
69+236	70+625	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.084	7.939	0.720	593.256	7.939	47.8%	0.864
71+100	71+350	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.084	7.939	0.720	593.256	7.939	47.8%	0.864
72+0.25	72+325	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.091	9.140	0.720	581.023	9.140	51.9%	0.849
73+850	73+950	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.489	0.720	598.056	7.489	46.2%	0.869
73+950	74+403	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.089	8.696	0.720	585.448	8.696	50.4%	0.855
74+403	74+615	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.088	8.616	0.720	586.257	8.616	50.1%	0.856
74+615	75+016	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.089	8.715	0.720	585.254	8.715	50.5%	0.854
75+016	75+409	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.089	8.759	0.720	584.816	8.759	50.6%	0.854
75+409	75+500	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.416	0.720	598.843	7.416	46.0%	0.870
75+825	76+650	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.416	0.720	598.843	7.416	46.0%	0.870
76+650	77+325	0.0050	80.000	0.176	0.176	0.081	7.416	0.720	598.843	7.416	46.0%	0.870

Tabella 14 - Verifica collettore DN200

8.7 Verifica canalette di recapito nelle vasche drenanti

DATI RETE				COLLETORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	K _s	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
60+109	61+750	1641.00	0.002	67	0.500	0.500	0.314	247.408	73.845	131.101	247.408	62.7%	0.650
61+945	61+750	195.000	0.002	67	0.500	0.500	0.141	58.890	8.775	262.607	58.890	28.3%	0.609
62+738	64+050	1312.000	0.002	67	0.500	0.700	0.447	218.422	59.040	144.765	218.422	89.5%	0.466
64+050	64+150	100.000	0.003	67	0.500	0.500	0.097	38.024	4.500	330.643	38.024	19.5%	0.720
65+000	65+500	500.000	0.002	67	0.500	0.500	0.205	113.239	22.500	196.937	113.239	41.0%	0.628
67+144	66+150	994.000	0.002	67	0.500	0.500	0.266	177.414	44.730	155.204	177.414	53.1%	0.627
66+150	65+525	625.000	0.002	67	0.500	0.500	0.327	267.580	28.125	125.449	267.580	65.4%	0.653
71+400	71+700	300.000	0.003	67	0.500	0.500	0.151	86.362	13.500	250.326	86.362	30.3%	0.798

Figura 26 - Verifica canalette sx

DATI RETE				COLLETORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	K _s	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
60+109	61+750	1641.00	0.002	67	0.500	0.500	0.314	247.408	73.845	131.101	247.408	62.7%	0.650
61+945	61+750	195.000	0.002	67	0.500	0.500	0.141	58.890	8.775	262.607	58.890	28.3%	0.609
62+738	64+050	1312.000	0.002	67	0.500	0.700	0.447	218.422	59.040	144.765	218.422	89.5%	0.466
64+050	64+150	100.000	0.003	67	0.500	0.500	0.097	38.024	4.500	330.643	38.024	19.5%	0.720
65+000	65+500	500.000	0.002	67	0.500	0.500	0.205	113.239	22.500	196.937	113.239	41.0%	0.628
67+144	66+150	994.000	0.002	67	0.500	0.500	0.266	177.414	44.730	155.204	177.414	53.1%	0.627
66+150	65+525	625.000	0.002	67	0.500	0.500	0.327	267.580	28.125	125.449	267.580	65.4%	0.653
71+400	71+700	300.000	0.003	67	0.500	0.500	0.151	86.362	13.500	250.326	86.362	30.3%	0.798

Figura 27 - Verifica canalette dx

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 69 di 90

9 DRENAGGIO MARCIAPIEDI DI STAZIONE

Nel presente capitolo vengono condotte le verifiche idrauliche relative ai collettori di drenaggio interrati nelle banchine delle stazioni di nuova realizzazione. In tali collettori vengono convogliate sia le acque dei marciapiedi e delle pensiline, sia i tratti piattaforma ferroviaria in corrispondenza delle stazioni e delle fermate in progetto. Il recapito di tali sistemi di drenaggio e' costituito da sistemi a dispersione che verranno dettagliati nei paragrafi successivi:

9.1 STAZIONE DI PIADENA

9.1.1 Descrizione schema di drenaggio

Poiche' in questa stazione non verra' realizzato lo strato di subballast, il sistema di recapito della ferrovia e dei marciapiedi scoperti rimarra' invarato rispetto alla situazione attuale. Verra' previsto pero' il recapito a dispersione delle portate raccolte dalle pensiline di nuova realizzazione, per evitare di concentrare le portate in corrispondenza degli scarichi sul ballast, soluzione che potrebbe peggiorare le attuali condizioni di drenaggio, seppur non vi sarebbe di fatto un aumento dei volumi affluiti ma solo delle portate. Le superfici scolanti delle pensiline saranno quindi raccolte da un sistema di tubazioni che andra' a recapitare all'interno di vasche di accumulo e dispersione nel suolo posizionati all'interno dei marciapiedi stessi. Il sistema e' costituito da moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 95% del volume totale. I moduli sono componibili per realizzare la vasca delle volute dimensioni; sono inoltre carrabili per ricoprimenti minimi di 80 cm e vengono avvolti esternamente con geotessile per evitare il trasferimento del materiale all'interno della trincea. Il rinterro viene effettuato con materiale di elevate capacita' drenanti ben costipato (ghiaia, ghiaietto).

Questi moduli hanno una doppia funzione, disperdono e contemporaneamente laminano le portate in arrivo.

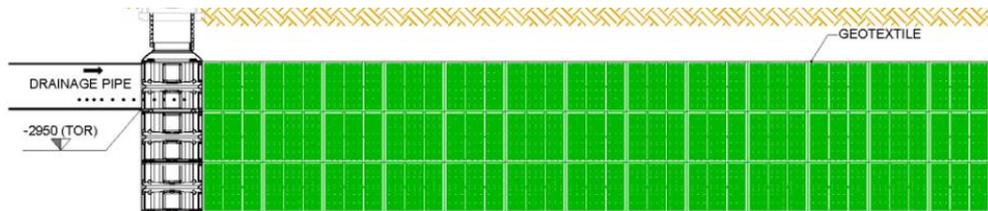


Figura 28 - Tipologico di trincea drenante con moduli in materiale plastico

9.1.2 Verifica del sistema di recapito

Il calcolo del volume da assegnare alla vasca di laminazione V , necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S , al variare del tempo di pioggia tP (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

con:

V_{IN} , volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere

$$V_{IN} = S \cdot \phi \cdot h(t) = S \cdot \phi \cdot a \cdot t^n$$

Dove ϕ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 71 di 90</p>

Tale ipotesi è valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso.

Per la pioggia di progetto si farà riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 100 anni e durata superiore all'ora, con la curva di possibilità pluviometrica calcolata nella relazione idrologica del presente progetto. La durata superiore all'ora, per le piogge di progetto, è scelta in funzione dei suoli di modesta permeabilità [Jonason, 1984].

V_{OUT} , volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{OUT} = K_j S t_p$$

Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione (V_{out}), è stato effettuato utilizzando lo schema di moto filtrante secondo la formulazione:

$$Q_U = K_j S$$

Dove k rappresenta la conducibilità idraulica, S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso e J la cadente idraulica (posta pari a 1).

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso sarà dunque:

$$V_{max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

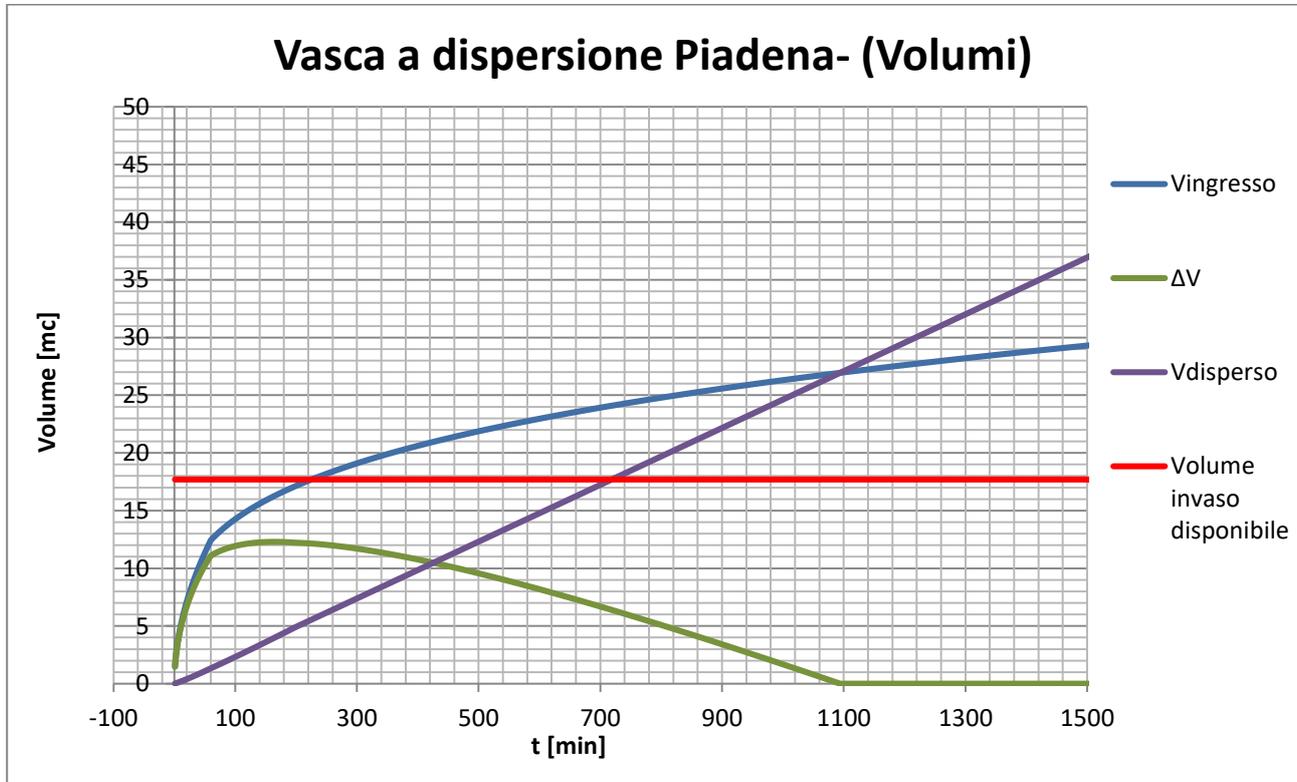
In particolare, è da riferire che l'approccio adottato in accordo alle relazioni analizzate conduce a valutazioni del volume di laminazione V in favore di sicurezza, non tenendo conto degli effetti di laminazione nella rete di drenaggio. Le pensiline in oggetto possono essere suddivise in 5 aree

scolanti di circa 200 mq, ciascuna afferente ad una vasca di dimensioni 3 x 10 m e altezza 0,6 m. Con questa ipotesi, per un tempo di ritorno di 100 anni si avrebbe per la singola vasca la seguente verifica:

Stazione Piadena 55+271

	u.m.	VS-9-10-11-12-13
Superficie drenata	m ²	200
Coeff. Permeabilita'	m/s	0.000009
Quota falda	m.s.l.m.m.	29.2
Quota fondo vasca	m.s.l.m.m.	32
Franco fondo vasca/falda	m	2.8
h utile vasca	m	0.6
h scavo vasca (da piano finito banchina)	m	1.6
Dimansioni in pianta	mxm	2.4x10
Area fondo vasca	m ²	24
V utile	m ³	17.7
V max invasato (Tr100)	m ³	12.29
Durata Critica	ore	3
Coeff. Sicurezza (Tr100)	-	1.44
Verifica svuotamento 72h (Tr100)	SI/NO	SI
Verifica volume a 48h (Tr100)	SI/NO	SI

Si riporta di seguito l'andamento dei volumi:



9.1.3 Verifica condotte di drenaggio

La verifica idraulica degli specchi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k * \sqrt{R * i}$$

Con $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La portata di picco e' stata stimata tramite il metodo cinematico assumendo un tempo di ritorno di 100 anni, un tempo di corrivazione di 5 minuti e coefficiente di deflusso pari a 1. Per i tubi con diametro inferiore al D500, si e' considerato un grado di riempimento massimo pari al 50%. Per i tubi con diametro pari a D500 si e' considerato di avere un franco minimo di 20 cm (60% riempimento) mentre per i collettori di diametro > 500mm si e' considerato di avere massimo il 70% di riempimento.

Con riferimento alle planimetrie idrauliche delle stazioni (vedi NM2503D26PZFBV11B0013A), si riportano di seguito i risultati delle verifiche per la stazione di Piadena:

Pozzetto iniziale	Pozzetto finale	L		i minima	Area Afferente	tempo corr.	Portata	Riempimento
		[m]	[mm]					
P1	P2	9,20	315	0,001				
P2	P3	9,20	315	0,001				
P3	P4	9,90	315	0,001				
P4	P5	0,60	315	0,001				
P5	Recapito 1 (*)	1,80	315	0,001	200	5	0,01275	37
P9	P10	2,60	200	0,002			0	
P10	P11	3,50	200	0,002			0	
P11	P12	3,80	200	0,002	74	5	0,004718	34
P12	P13	9,20	315	0,001			0	
P13	P14	6,40	315	0,001			0	
P14	P15	0,90	315	0,001			0	
P15	Recapito 2 (*)	1,80	315	0,001	200	5	0,01275	37
P20	P21	2,40	200	0,002			0	
P21	P22	3,20	200	0,002			0	
P22	P23	3,50	200	0,002	74	5	0,004718	34
P23	P24	9,30	315	0,001			0	
P24	P25	6,40	315	0,001			0	
P25	P26	0,90	315	0,001			0	
P26	Recapito 3 (*)	1,80	315	0,001	200	5	0,01275	37
P30	P31	2,70	200	0,002			0	
P31	P32	3,50	200	0,002			0	
P32	P33	3,70	200	0,002	74	5	0,004718	34
P33	P34	9,20	315	0,001			0	
P34	P35	6,40	315	0,001			0	
P35	P36	1,00	315	0,001			0	
P36	Recapito 4 (*)	1,80	315	0,001	200	5	0,01275	37
P41	P42	2,20	200	0,002			0	
P42	P43	3,20	200	0,002			0	
P43	P44	3,50	200	0,002	74	5	0,004718	34
P44	P45	9,30	315	0,001			0	
P45	P46	6,40	315	0,001			0	
P46	P47	1,00	315	0,001			0	
P47	Recapito 5 (*)	1,80	315	0,001	200	5	0,01275	37

9.2 STAZIONE DI BOZZOLO

9.2.1 Descrizione schema di drenaggio

Le superfici afferenti al sistema di drenaggio in progetto sono le seguenti:

- Piattaforma ferroviaria di stazione
- Marciapiedi di stazione
- Pensiline a servizio dei marciapiedi.

Il recapito di tali acque e' affidato al collettore posto in continuita' al drenaggio di linea, che attraversera' la stazione di bozzolo con un collettore in PVC interrato De800 il cui tracciato e' stato definito per evitare l'interferenza con il sottopasso e che prevede il recapito all'interno della vasca a dispersione V02, descritta nei precedenti capitoli.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 75 di 90

9.2.2 Verifica condotte di drenaggio

La verifica idraulica degli specchi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k * \sqrt{R * i}$$

Con $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La portata di picco e' stata stimata tramite il metodo cinematico assumendo un tempo di ritorno di 100 anni, un tempo di corrivazione di 5 minuti e coefficiente di deflusso pari a 1. Per i tubi con diametro inferiore al D500, si e' considerato un grado di riempimento massimo pari al 50%. Per i tubi con diametro pari a D500 si e' considerato di avere un franco minimo di 20 cm (60% riempimento) mentre per i collettori di diametro $> 500\text{mm}$ si e' considerato di avere massimo il 70% di riempimento. Per il collettore passante D800 di lunghezza circa 1300 metri e' stato assunto un tempo di corrivazione di 20 minuti.

Con riferimento alle planimetrie idrauliche delle stazioni (vedi NM2503D26PZFFV12B0013A), si riportano di seguito i risultati delle verifiche per la stazione di Bozzolo:

Pozzetto iniziale	Pozzetto finale	L		DN	i minima	Area Afferente	tempo corr.	Portata	Riempimento
		[m]	[mm]						
P1	P2	3,5	400	0,001					
P2	P3	3,7	400	0,001					
P3	P4	3,7	400	0,001					
P4	P5	3,1	400	0,001					
P5	P6	10,2	400	0,001	324	5	0,020655	35	
P7	P8	14,5	315	0,001					
P8	P9	11,2	315	0,001					
P9	P10	1,1	315	0,001					
P10	P6	1,2	315	0,001	106	5	0,006758	27	
P6	P11	3,3	400	0,001	430	5	0,027413	42	
P11	P12	13,9	500	0,002					
P12	P13	14	500	0,002					
P13	P14	14	500	0,002					
P14	P15	14	500	0,002					
P15	P16	14	500	0,002					
P16	P17	14	500	0,002					
P17	P18	14	500	0,002					
P18	P19	9	500	0,002	1987				
P19	P40	11,4	500	0,002	1987				
P40	P41	23,5	800	0,002					
P41	P42	23,5	800	0,002					
P42	P43	23,5	800	0,002					
P43	P44	23,5	800	0,002					
P44	P45	23,5	800	0,002					
P45	P46	23,5	800	0,002					
P46	P47	23,5	800	0,002					
P47	P48	23,5	800	0,002					
P48	P49	23,5	800	0,002					
P49	P50 (*)	23,5	800	0,002	17500	20	0,56875	68	
P21	P22	3,4	400	0,001					
P22	P23	3,7	400	0,001					
P23	P24	3,7	400	0,001					
P24	P25	3,1	400	0,001					
P25	P26	3,7	400	0,001					
P26	P27	3,7	400	0,001					
P27	P28	5,8	400	0,001	366	5	0,023333	38	
P29	P30	15,1	315	0,001					
P30	P31	15,2	315	0,001					
P31	P32	1,2	315	0,001					
P32	P28	1,2	315	0,001	128	5	0,00816	30	
P28	P33	14,3	500	0,002					
P33	P34	14,3	500	0,002					
P34	P35	14,3	500	0,002					
P35	P36	10,8	500	0,002					
P36	P50	8,4	500	0,002	1170		0,074588	42	
P52	P53	3,5	315	0,001					
P53	P54	3,7	315	0,001					
P54	P55	6,8	315	0,001					
P55	P56	11	315	0,001					
P56	P65	4	315	0,001	256	5	0,01632	47	
P57	P58	9	800	0,002					
P58	P59	13,6	800	0,002					
P59	P60	13,6	800	0,002					
P60	P61	13,6	800	0,002					
P61	P62	13,6	800	0,002					
P62	P63	13,6	800	0,002					
P63	P64	13,6	800	0,002					
P64	P65	13,8	800	0,002					
P65	P66	9,6	800	0,002					
P66	P67	22,7	800	0,002					
P67	P68	18	800	0,002					
P68	P69	9,7	800	0,002					
P69	P70	13,6	800	0,002					
P70	P71	9,5	800	0,002					
P71	P72	13,6	800	0,002					
P72	P73	13,6	800	0,002					
P73	P74	13,6	800	0,002					
P74	P75 (*)	15,2	800	0,002	17500	20	0,56875	68	

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A

9.3 STAZIONE DI MARCARIA e CASTELLUCCHIO

9.3.1 Descrizione schema di drenaggio

Le superfici afferenti al sistema di drenaggio in progetto sono le seguenti:

- Piattaforma ferroviaria di stazione
- Marciapiedi di stazione
- Pensiline a servizio dei marciapiedi.

Poiche' il drenaggio di linea a monte e a valle della stazione e' costituito da sistema ad infiltrazione lungo linea (bauletti con tubo fessurato), e poiche' la linea stessa si trova in trincea, non e' possibile ottenere lo spazio necessario per dimensionare tali sistemi anche per accogliere le acque derivanti dalle superfici sopra elencate. Pertanto si ricorrera' a sistemi di invaso e infiltrazione posizionati sui marciapiedi stessi. Vista la quota della falda posizionata sufficientemente al di sotto del piano campagna, si e' optato a sistemi di invaso alveolari ad alto indice dei vuoti analoghi a quelli previsti per la stazione di Piadena e precedentemente descritti, dimensionati tenendo in conto il coefficiente di permeabilita' misurato del terreno sottostante.

9.3.2 Verifica sistema di recapito

Il calcolo del volume da assegnare alla vasca di laminazione V , necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma e' effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S , al variare del tempo di pioggia t_P (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

con:

V_{IN} , volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere

$$V_{IN} = S \cdot \varphi \cdot h(t) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 78 di 90</p>

Dove ϕ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Tale ipotesi è valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso.

Per la pioggia di progetto si farà riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 100 anni e durata superiore all'ora, con la curva di possibilità pluviometrica calcolata nella relazione idrologica del presente progetto. La durata superiore all'ora, per le piogge di progetto, è scelta in funzione dei suoli di modesta permeabilità [Jonason, 1984].

V_{OUT} , volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{OUT} = K_j S t_p$$

Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione (V_{out}), è stato effettuato utilizzando lo schema di moto filtrante secondo la formulazione:

$$Q_U = K_j S$$

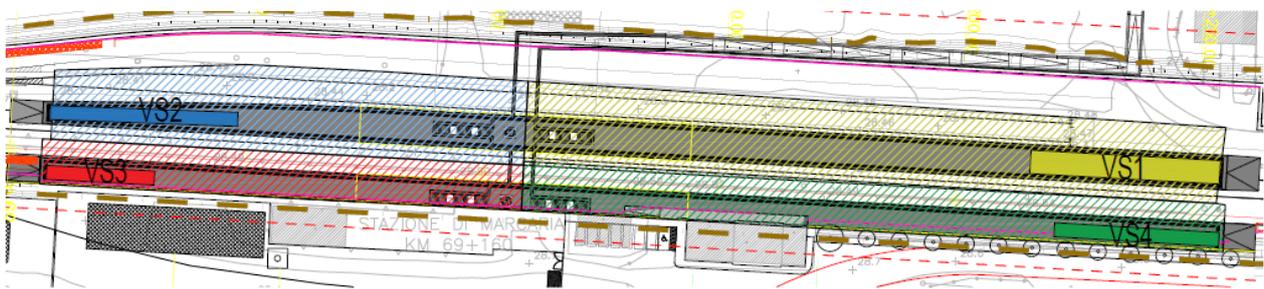
Dove k rappresenta la conducibilità idraulica, S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso e J la cadente idraulica (posta pari a 1).

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso sarà dunque:

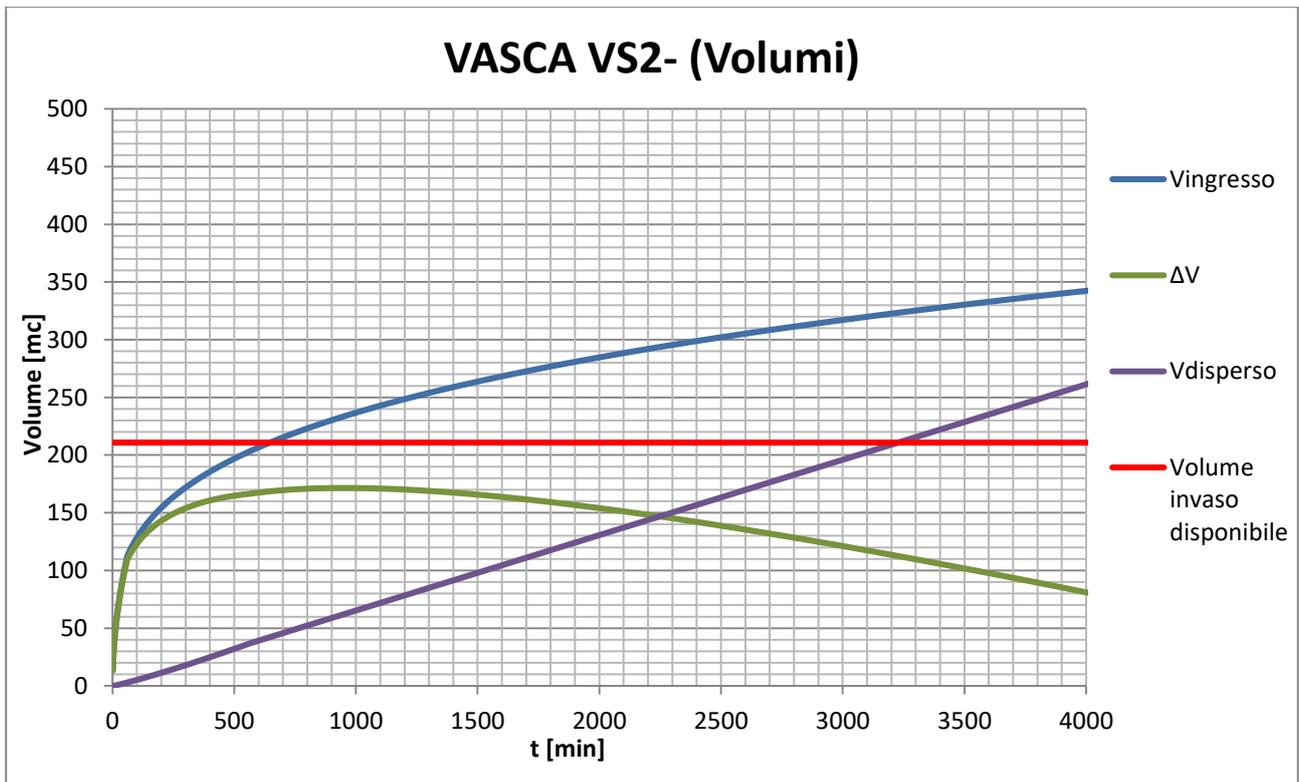
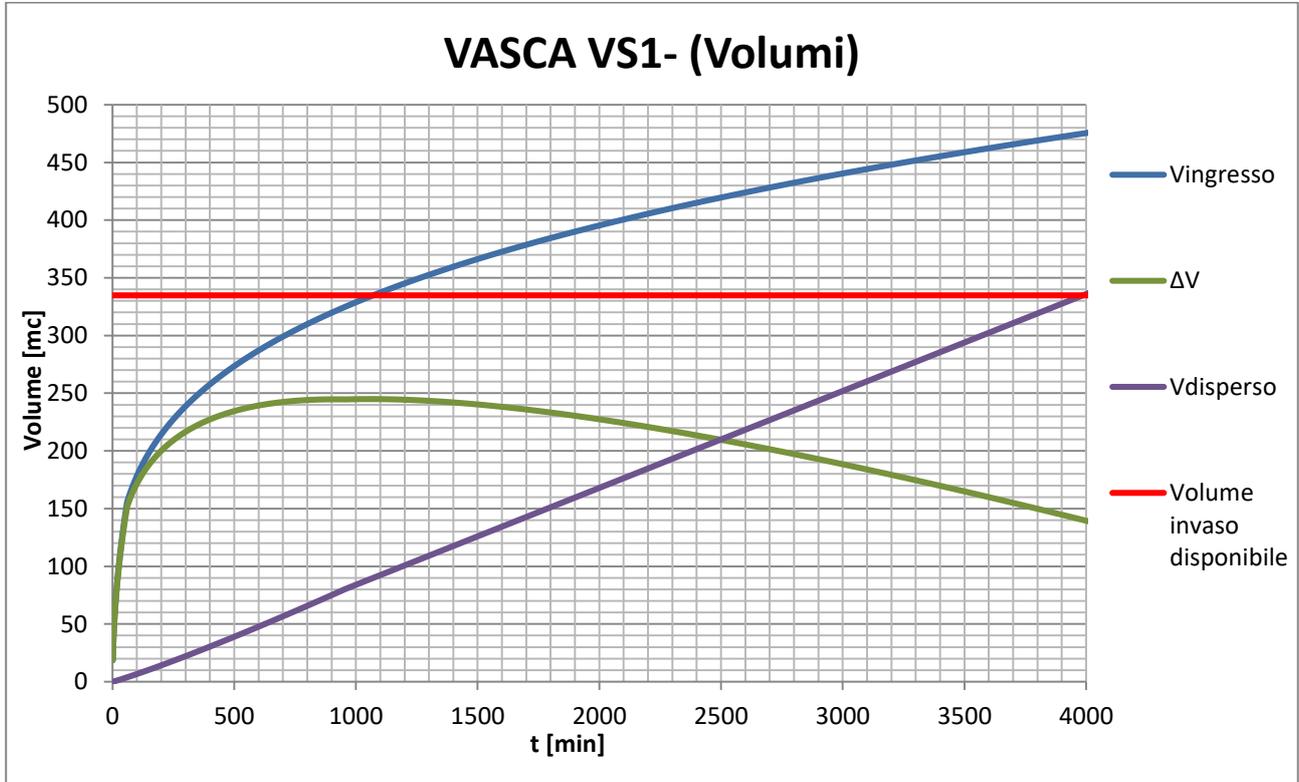
$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

In particolare, è da riferire che l'approccio adottato in accordo alle relazioni analizzate conduce a valutazioni del volume di laminazione V in favore di sicurezza, non tenendo conto degli effetti di laminazione nella rete di drenaggio. Nella figura di seguito sono riportate le aree scolanti e il posizionamento delle vasche per la stazione di Marcaria:

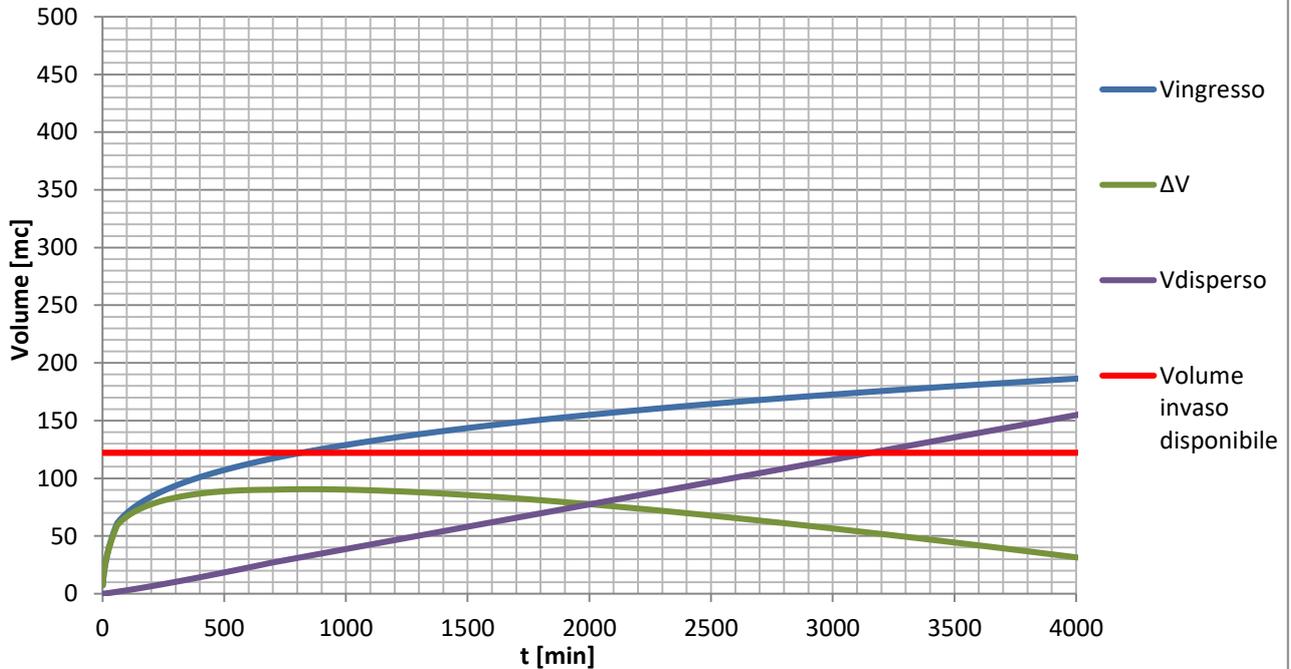


Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei risultati per le diverse vasche e i grafici degli andamenti dei volumi entranti ed uscenti.

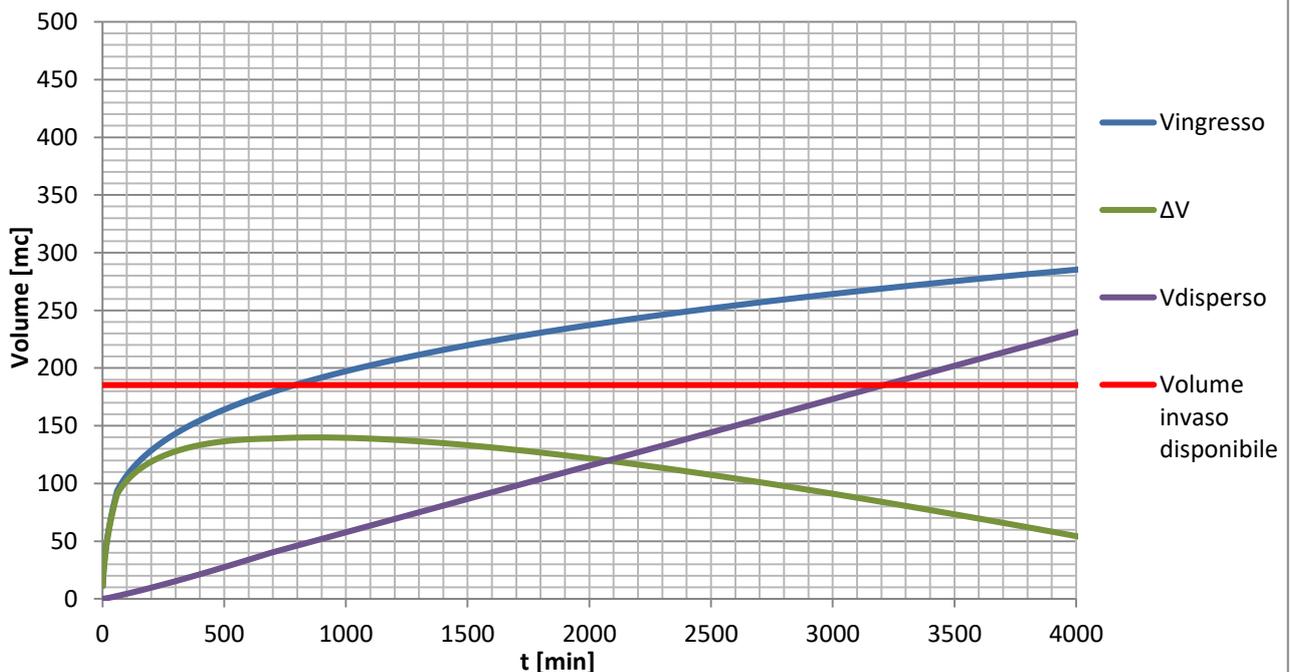
	u.m.	VS1	VS2	VS3	VS4
Superficie drenata	m ²	2500	1800	980	1500
Coeff. Permeabilita'	m/s	4E-06	4E-06	4E-06	4E-06
Quota falda	m.s.l.m.m.	22.89	22.89	22.89	22.89
Quota fondo vasca	m.s.l.m.m.	26.25	26.25	26.25	26.25
Franco fondo vasca/falda	m	3.36	3.36	3.36	3.36
h utile vasca	m	1.8	1.8	1.8	1.8
h scavo vasca (da piano finito banchina)	m	2.8	2.8	2.8	2.8
Dimansioni in pianta	m x m	4.8x39.6	3x39.6	3x22.8	3x34.8
Area fondo vasca	m ²	190.08	118.8	68.4	104.4
V utile	m ³	334.82	210.83	122.18	185.3
V max invasato (Tr100)	m ³	244.93	171.49	90.54	139.9
Durata Critica	ore	18	16	14	15
Coeff. Sicurezza (Tr100)	-	1.37	1.23	1.35	1.32
Verifica svuotamento 72h (Tr100)	SI/NO	SI	SI	SI	SI
Verifica volume a 48h (Tr100)	SI/NO	SI	SI	SI	SI



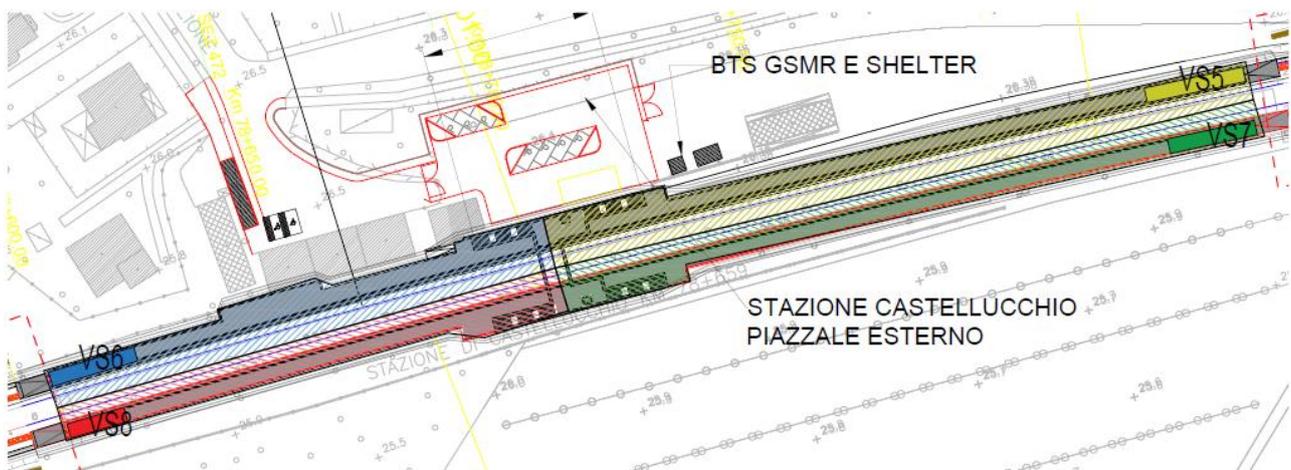
VASCA VS3- (Volumi)



VASCA VS4- (Volumi)



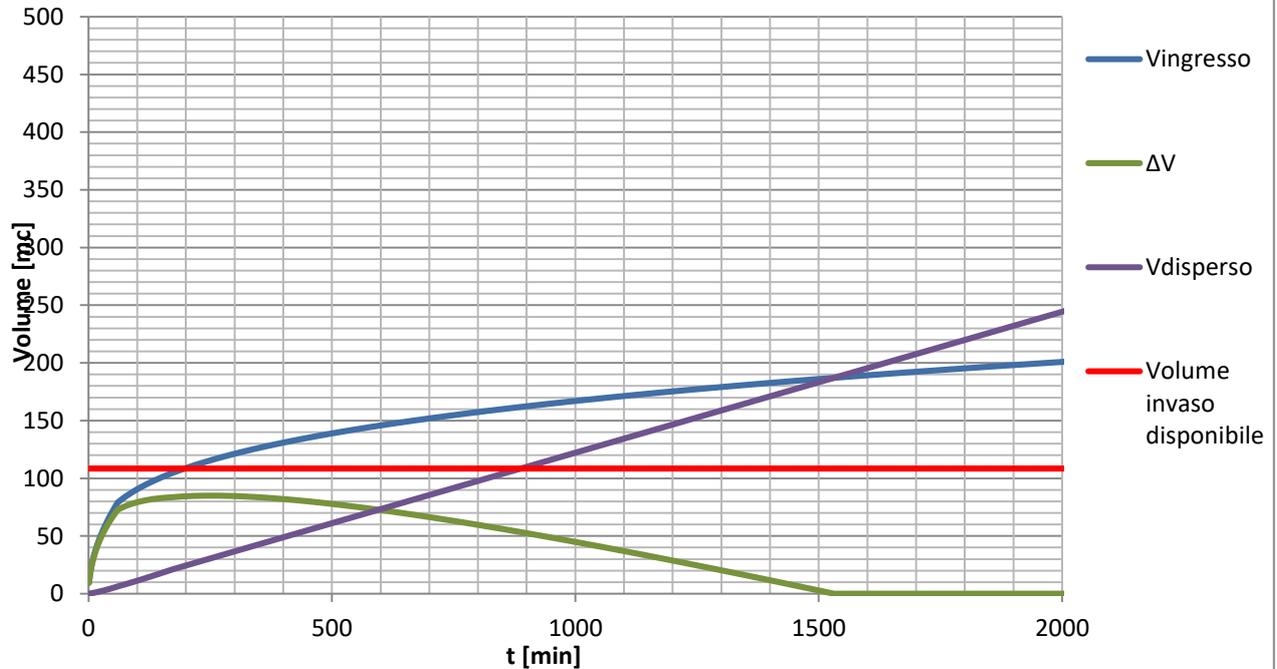
Per quanto riguarda la stazione di Castellucchio, lo schema di drenaggio ha le stesse caratteristiche della stazione di Marcaria, di seguito si riportano le aree scolanti:



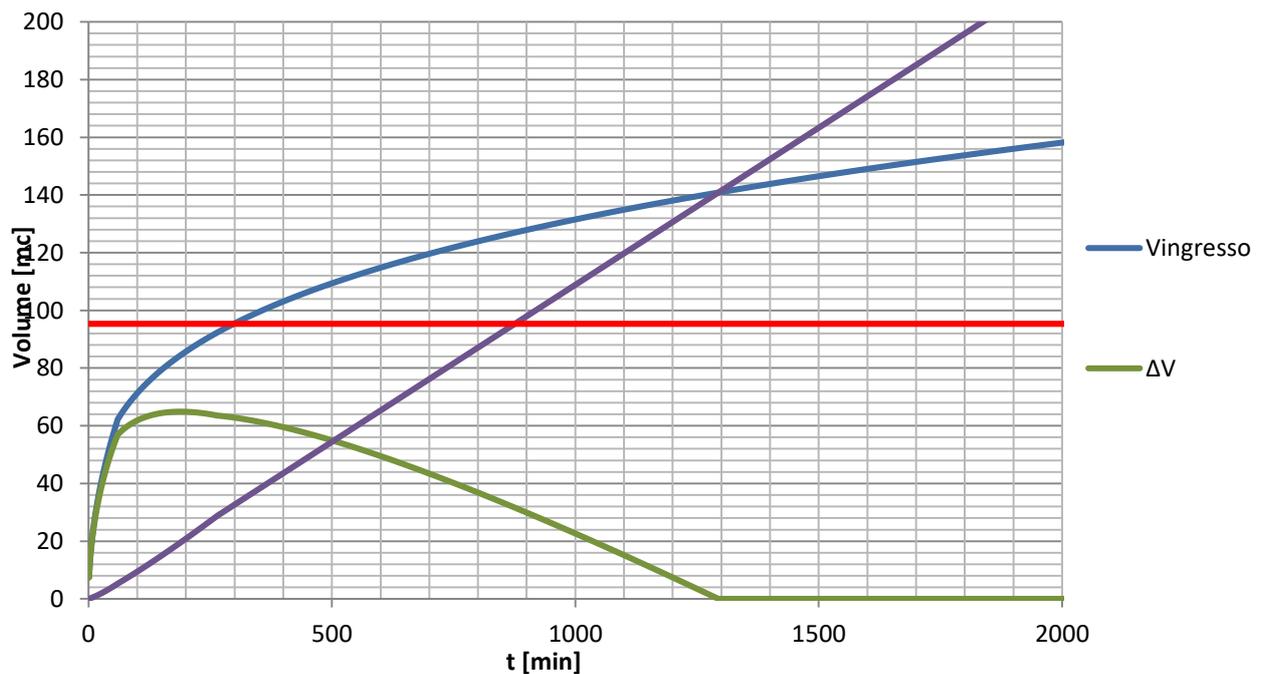
Stazione di Castellucchio pk 78+700

	u. m.	VS5	VS6	VS7	VS8
Superficie drenata	m ²	1300	1000	770	1000
Coeff. Permeabilita'	m/s	1.4E-05	1.4E-05	1.4E-05	1.4E-05
Quota falda	m. s. l. m. m.	23	23	23	23
Quota fondo vasca	m. s. l. m. m.	24	24	24	24
Franco fondo vasca/falda	m	1	1	1	1
h utile vasca	m	1.8	1.8	1.8	1.8
h scavo vasca (da piano finito banchina)	m	2.8	2.8	2.8	2.8
Dimansioni in pianta	m x m	3x20.4	3x18	3x12	3x18
Area fondo vasca	m ²	61.2	54	36	54
V utile	m ³	108.46	95.34	63.87	95.34
V max invasato (Tr100)	m ³	84.94	64.89	51.14	64.89
Durata Critica	ore	4	3	4	3
Coeff. Sicurezza (Tr100)	-	1.28	1.47	1.25	1.47
Verifica svuotamento 72h (Tr100)	SI/NO	SI	SI	SI	SI
Verifica volume a 48h (Tr100)	SI/NO	SI	SI	SI	SI

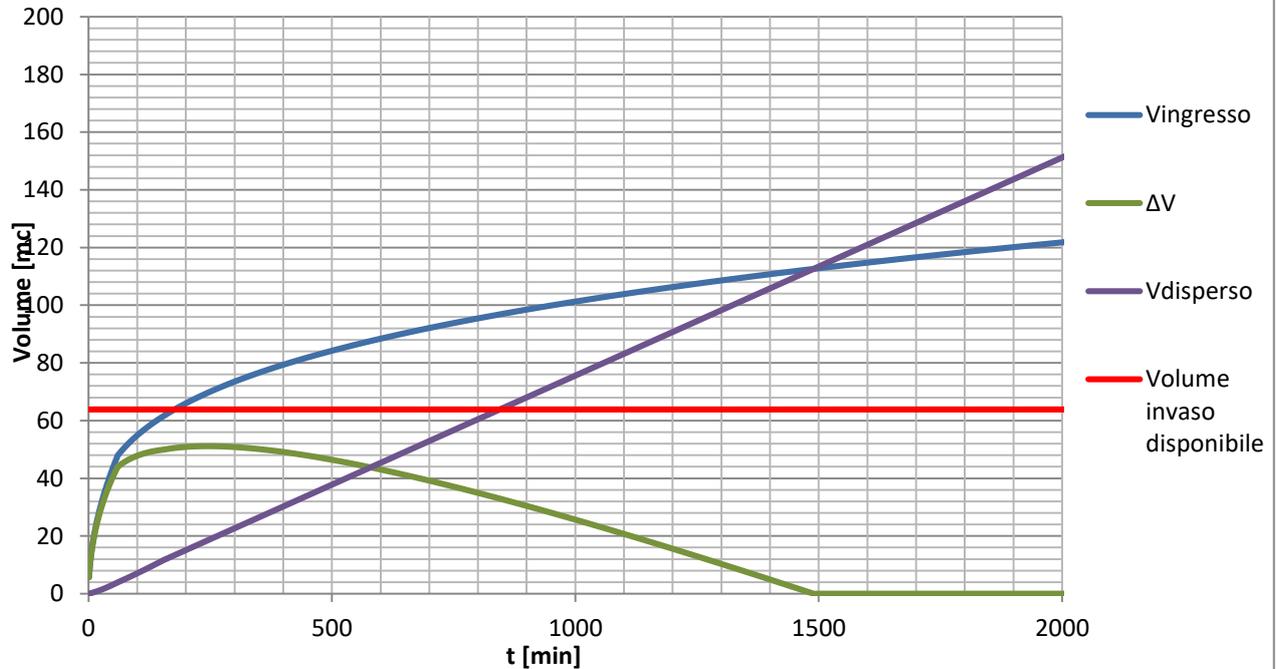
VASCA V05- (Volumi)



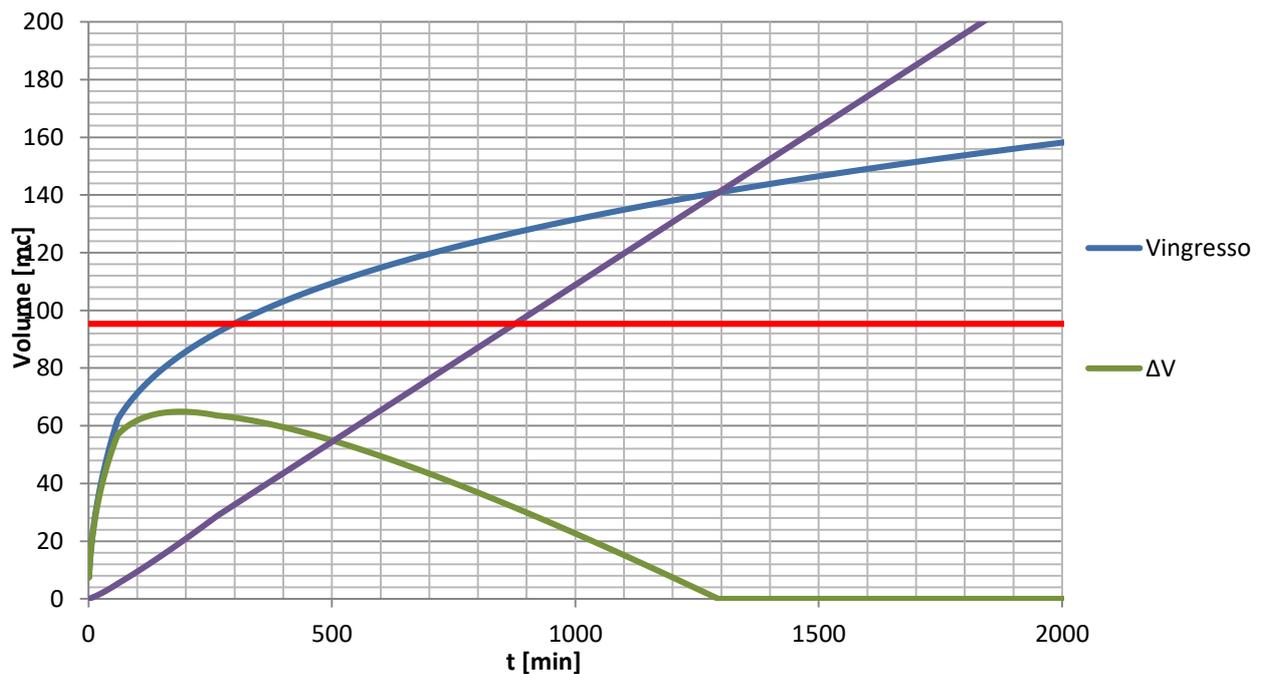
VASCA V06- (Volumi)



VASCA V07- (Volumi)



VASCA V08- (Volumi)



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 85 di 90</p>

9.3.3 Verifica condotte di drenaggio

La verifica idraulica degli specchi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k * \sqrt{R * i}$$

Con $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La portata di picco e' stata stimata tramite il metodo cinematico assumendo un tempo di ritorno di 100 anni, un tempo di corrivazione di 5 minuti e coefficiente di deflusso pari a 1. Per i tubi con diametro inferiore al D500, si e' considerato un grado di riempimento massimo pari al 50%. Per i tubi con diametro pari a D500 si e' considerato di avere un franco minimo di 20 cm (60% riempimento) mentre per i collettori di diametro $> 500\text{mm}$ si e' considerato di avere massimo il 70% di riempimento.

Con riferimento alle planimetrie idrauliche delle stazioni (vedi NM2503D26PZFV13B0013A), si riportano di seguito i risultati delle verifiche per la stazione di Marcaria:

Pozzetto iniziale	Pozzetto finale	L	DN	i minima	Area Afferente	tempo corr.	Portata	Riempimento
		[m]	[mm]	[m/m]	[m ²]	[min]	[m ³ /s]	[%]
P1	P2	3,2	400	0,001				
P2	P3	8,2	400	0,001				
P3	P4	9,5	400	0,001				
P4	P5	8,5	400	0,001				
P5	P6	0,5	400	0,001	358	5	0,022823	37
P12	P13	3,3	400	0,001				
P13	P1	8,1	400	0,001				
P1	P15	9,6	400	0,001				
P15	P16	8,2	400	0,001				
P16	P17	0,5	400	0,001	344	5	0,02193	30
P17	P18	14,7	500	0,001				
P18	P19	14,7	500	0,001				
P19	P20	14,7	500	0,001				
P20	P21	14,7	500	0,001				
P21	P22	14,7	500	0,001	843	5	0,053741	41
P26	P27	3,3	400	0,001				
P27	P28	3,7	400	0,001				
P28	P29	7,7	400	0,001				
P29	P30	5	400	0,001				
P30	P31	3,7	400	0,001				
P31	P32	4,2	400	0,001	513	5	0,032704	42
P33	P34	15,6	315	0,001				
P34	P35	14,6	315	0,001				
P35	P36	1,5	315	0,001				
P36	P32	0,9	315	0,001	122	5	0,007778	30
P32	P37	14,2	500	0,002			0	
P37	P38	5	500	0,002	986	5	0,062858	37
P45	P46	3,3	400	0,001				
P46	P47	3,8	400	0,001				
P47	P48	7,8	400	0,001				
P48	P49	4,8	400	0,001				
P49	P50	3,7	400	0,001				
P50	P51	4,2	400	0,001	513	5	0,032704	42
P52	P53	15,9	315	0,001			0	
P53	P54	14,3	315	0,001			0	
P54	P55	1,5	315	0,001			0	
P55	P51	1	315	0,001	122	5	0,007778	30
P51	P56	15,1	630	0,002			0	
P56	P57	14,6	630	0,002			0	
P57	P58	14,6	630	0,002			0	
P58	P59	14,6	630	0,002			0	
P59	P60	14,6	630	0,002			0	
P60	P61	7,7	630	0,002	1880	5	0,11985	42

Per i collettori della rete di drenaggio della stazione di Castellucchio (vedi planimetria NM2503D26PZFV14B0013A) si hanno le seguenti verifiche:

Pozzetto iniziale	Pozzetto finale	L		DN	i minima	Area Affidente	tempo corr.	Portata	Riempimento
		[m]	[mm]						
P1	P2	5,6	400	0,001				0	
P2	P3	4,3	400	0,001				0	
P3	P4	4,3	400	0,001				0	
P4	P5	5	400	0,001	271			0,017276	32
P5	P6	7,9	500	0,001				0	
P6	P7	13,9	500	0,001				0	
P7	P8	13,9	500	0,001				0	
P8	P9	13,9	500	0,001				0	
P9	P10	6	500	0,001	500	5		0,031875	32
P17	P18	4,3	400	0,001				0	
P18	P19	6	400	0,001				0	
P19	P20	3,8	400	0,001				0	
P20	P21	4,3	400	0,001				0	
P21	P22	10	400	0,001	386	5		0,024608	39
P22	P23	13,9	500	0,001				0	
P23	P24	13,9	500	0,001				0	
P24	P25	13,9	500	0,001				0	
P25	P26	13,9	500	0,001				0	
P26	P27	13,9	500	0,001				0	
P27	P28	13,9	500	0,001	1015	5		0,064706	47
P37	P38	5,6	400	0,001				0	
P38	P39	4,3	400	0,001				0	
P39	P40	4,3	400	0,001				0	
P40	P41	5	400	0,001	271	5		0,017276	32
P41	P42	7,9	500	0,001				0	
P42	P43	13,9	500	0,001				0	
P43	P44	13,9	500	0,001				0	
P44	P45	13,9	500	0,001				0	
P45	P46	11	500	0,001	504	5		0,03213	33
P48	P49	4,3	400	0,001				0	
P49	P50	6	400	0,001				0	
P50	P51	3,8	400	0,001				0	
P51	P52	4,3	400	0,001				0	
P52	P53	10,2	400	0,001	386	5		0,024608	39
P53	P54	13,8	500	0,001				0	
P54	P55	13,9	500	0,001				0	
P55	P56	13,9	500	0,001				0	
P56	P57	13,9	500	0,001				0	
P57	P58	13,9	500	0,001				0	
P58	P59	9	500	0,001	1015	5		0,064706	47

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 88 di 90

10 CONCLUSIONI

Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche della piattaforma ferroviaria e delle banchine di stazione, descritto nella presente relazione, e' stato pensato per rispettare la normativa vigente sul tema dell'invarianza idraulica ed idrologica, oltreche' la sicurezza della linea stessa. La particolare configurazione idrogeologica del territorio in esame, caratterizzato da livelli di falda anche molto superficiali in alcuni tratti, ha imposto di ricorrere a diverse soluzioni progettuali, in funzione anche del tracciato, dei valori di permeabilita' e degli spazi a disposizione, ottimizzando nel contempo aspetti economici, prestazionali e manutentivi, oltre che di impatto sul territorio.

11 ALLEGATI

CENNI SUL SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO

SWMM (Storm Water Management Model) è un software complesso in grado di simulare il movimento della precipitazione meteorica e degli inquinanti da essa trasportati dalla superficie del bacino alla rete dei canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio urbano. Tale programma è stato concepito per modellare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico. Il suo utilizzo è molto flessibile e di fatto tale programma, benché sia nato prevalentemente come software di modellazione per reti di fognature urbane, può essere tranquillamente applicato anche nel caso di canali aperti con sezioni regolari oppure di forma varia.

SWMM offre la possibilità di compiere calcoli e simulazioni di tipo idraulico (grazie alla risoluzione e integrazione numerica in forma completa delle equazioni di De Saint Venant) su una rete di canali o condotte, sollecitata da fenomeni meteorici o da ingressi di natura diversa. Come si può osservare dalla Figura 2.1, SWMM schematizza il bacino idrografico di drenaggio, e i suoi differenti componenti fisici, come vari compartimenti:

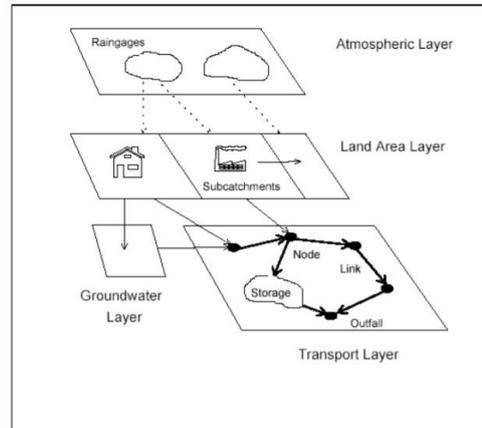


Figura 2.1: Concettualizzazione di un' area di drenaggio in SWMM.

- **ATMOSFERA:** nel quale vengono definiti i valori di pioggia che la simulazione utilizza per le precipitazioni sul bacino. E' possibile lanciare simulazioni di eventi critici di pioggia che vanno a sollecitare il bacino di studio di diverso tipo: - a "evento singolo", ovvero simulazioni della durata di poche ore; - "in continuo", ovvero simulazioni della durata di diversi giorni o mesi.
- **TERRITORIO:** può essere suddiviso in diversi sottobacini, ciascuno caratterizzato in maniera differente; riceve afflussi dal comparto Atmosfera, come pioggia, o sottoforma di deflusso superficiale proveniente da altre porzioni di Territorio.
- **GROUNDWATER:** il quale riceve infiltrazione dal Territorio e trasferisce gli efflussi al Trasporto.
- **TRASPORTO:** contiene la rete dei canali, condotte, manufatti. SWMM utilizza una descrizione topologica della rete basandosi su una geometria formata da rami e nodi. I rami e i nodi hanno ciascuno proprietà specifiche che, combinate tra loro, consentono la rappresentazione idraulica dell'intera rete di deflusso. In questo comparto si procede al calcolo della propagazione in rete, scegliendo tra diversi moduli: moto uniforme, onda cinematica e moto vario, basato sulla risoluzione completa delle equazioni di De Saint Venant. In quest'ultima opzione il programma consente di effettuare i calcoli in maniera più accurata, poiché vengono modellati anche i fenomeni di rigurgito, moti a pelo libero e in pressione, inversione del flusso nei rami. Come si può osservare dalla Figura 2.2, il programma di calcolo risulta essere fondamentalmente strutturato in maniera modulare, costituito da singoli blocchi, ognuno dei quali ha una specifica funzione e routine di calcolo.

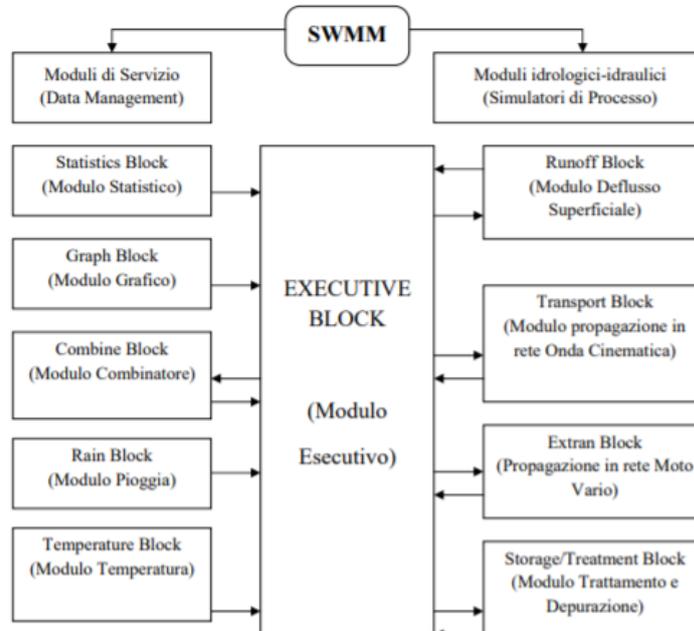


Figura 2.2: Schema della struttura modulare e relazionale tra i moduli di SWMM.

La componente di deflusso SWMM funziona sull'identificativo di alcune zone denominate subcatchment (sottobacini) che ricevono la precipitazione e generano i carichi della sostanza inquinante e di precipitazione. Il modello trasporta i carichi attraverso un sistema di condotte, canali, dispositivi di trattamento e di invaso, impianti di sollevamento, luci di fondo e stramazzi. SWMM rintraccia la quantità e la qualità di deflusso generate all'interno di ogni subcatchment, la portata, la profondità di flusso e la qualità di acqua in ogni condotta e canale durante il periodo di simulazione formato da passi temporali definiti. SWMM inizialmente è stato sviluppato nel 1971 e da allora ha subito parecchi aggiornamenti importanti. Continua ad essere ampiamente usato per la progettazione e analisi di eventi di precipitazione eccezionale, fognature miste, fognature sanitarie ed altre reti di fognatura nelle aree urbane, con molte applicazioni nelle zone non-urbane per reti di canali.

SWMM 5 fornisce un ambiente integrato per la pubblicazione dei dati di input di zona di studio, le simulazioni di qualità idrologica, idraulica e dell'acqua e dell'esame dei risultati in una varietà di disposizioni. Questi includono i programmi color-coded del sistema di zona e del trasporto di

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 91 di 90

drenaggio, grafici e tabelle di serie cronologiche, diagrammi di profilo ed analisi di frequenza statistiche.

SWMM rappresenta i vari processi idrologici che producono il deflusso dalle aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni;
- evaporazione d'acqua;
- accumulo e scioglimento della neve;
- infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno;
- percolazione di acqua infiltrata negli strati dell'acqua freatica;
- interflow fra acqua freatica e la rete di fognatura;

La variabilità spaziale di questi processi è realizzata dividendo la zona di studio in sottobacini, subcatchment, ognuna delle quali sarà divisa sulla base dell'area permeabile ed impermeabile. Il flusso terrestre può essere diretto fra i sub-catchments, o nei punti di entrata di una rete di fognatura.

SWMM inoltre contiene un insieme flessibile di possibilità per la modellazione idraulica usate per dirigere le portate e le affluenze esterne attraverso la rete di fognatura delle condotte, dei canali, delle unità di trattamento e di invaso e delle strutture di diversione. Questi includono:

- rete di drenaggio con numero di maglie illimitato;
- impiego di un'ampia varietà di figure chiuse standard ed aperte delle condotte come pure per canali naturali;
- elementi speciali di modello quali le unità trattamento/di invaso, i divisori di flusso, le pompe, gli stramazzi e luci di fondo;
- applicare i flussi e gli input esterni di qualità dell'acqua alle acque di superficie, dal interflow dell'acqua freatica, dall'infiltrazione pioggia-dipendente/dall'affluenza, dal flusso sanitario del tempo asciutto e dalle affluenze prestabilite dall'utente;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA FERROVIARIA ECOMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000001	REV. A	FOGLIO 92 di 90

- utilizzare l'onda cinematica o i metodi di percorso dinamici completi di flusso dell'onda;
- modellare i vari regimi di flusso, come lo stagno, il sovraccarico, il flusso d'inversione ed accumulazione di superficie;
- applicare le regole dinamiche prestabilite dall'utente di controllo per simulare il funzionamento delle pompe, delle aperture dell'orifizio e dei livelli della sommità degli sbarramenti;

Oltre che alla modellazione, generazione e trasporto dei flussi, SWMM può anche valutare la produzione dei carichi inquinanti connessi al deflusso. SWMM è stato impiegato in numerosi studi relativi a precipitazioni intense. Le applicazioni tipiche includono:

- disegno dei componenti della rete di fognatura e di canali per controllo dell'inondazione;
- tracciato normale dell'inondazione dei sistemi naturali della scanalatura (SWMM 5 è un modello FEMA-approvato per gli studi di NFPI);
- progettazione delle strategie di controllo per la minimizzazione dei trabocchi della rete fognaria.