

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J71H92000020011

**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA**

**QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**

Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio acque di piattaforma

SCALA:

-

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

I Q 0 1    0 1    R    2 6    R I    I D 0 0 0 2    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	E.Pacitti	Settembre 2021	S. Scafa <i>SSf</i>	Settembre 2021	M. Berlingieri <i>MB</i>	Settembre 2021	A. Perego Settembre 2021



File: IQ0101R26RIID0002001A

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
3	INQUADRAMENTO FISICO E IDROGRAFICO .....	6
4	ANALISI PLUVIOMETRICA .....	7
5	STIMA DELLE PORTATE DI PIENA .....	9
6	OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO .....	14
7	VERIFICA DEGLI ELEMENTI IDRAULICI .....	16
7.1.	EMBRICI .....	16
7.2.	BOCCHETTONI PLUVIALI .....	18
7.3.	VERIFICA CANALETTE E COLLETTORI CIRCOLARI .....	20
8	SISTEMA DI ACCUMULO E DISPERSIONE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DI PIATTAFORMA .....	23
8.1.	ASPETTI NORMATIVI .....	23
8.2.	ASPETTI MORFOLOGICI DELLA RETE IDRICA DI SUPERFICIE .....	24
8.3.	MISURE DI CONDUCIBILITÀ IDRAULICA .....	25
8.4.	FOSSO A DISPERSIONE CON BAULETTO DRENANTE .....	26
9	ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....	38

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 1 PREMESSA

Il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera si inserisce nel quadro complessivo degli interventi previsti nello scenario di potenziamento dell'offerta ferroviaria delle direttrici Milano-Genova e Torino-Alessandria-Piacenza.

Nell'ambito dei Progetti per il Piano Lombardia ed al fine di dare continuità all'attivazione del Terzo Valico dei Giovi, RFI ha valutato l'opportunità di effettuare un potenziamento infrastrutturale del corridoio Milano – Genova, includendo negli interventi da realizzare anche il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera.

Il quadruplicamento tra Tortona e Voghera permetterà di disporre della capacità necessaria per soddisfare gli incrementi di traffico sulle due direttrici. Il layout infrastrutturale di progetto consentirà una separazione dei flussi di traffico tra i collegamenti Torino/Alessandria - Piacenza e le relazioni Milano – Genova garantendo una riduzione delle interferenze negli impianti, a beneficio di un incremento complessivo della regolarità di circolazione.

In particolare, è prevista in progetto la realizzazione di un'opera di scavalco che consentirà di instradare i treni provenienti da Genova (via TVG)/Alessandria e diretti verso Piacenza sulla "linea Piacenza" senza interferire con i treni provenienti da Milano e diretti verso Genova (via TVG)/Alessandria, che costituiscono il flusso principale secondo il nuovo modello di esercizio. Con quest'opera, da un lato si eliminano le interferenze sulla "linea Milano" in stazione di Tortona, dall'altro si consente una più equa ripartizione dei flussi sui quattro binari.

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova coppia di binari tra le stazioni di Tortona e di Voghera, in affiancamento a quella esistente, per un'estesa di circa 16 km.

Il perimetro dell'intervento riguarda la tratta Tortona (esclusa) – Voghera (esclusa). Gli interventi previsti negli impianti di Tortona e Voghera sono minimali e atti ad accogliere i nuovi binari di quadruplicamento. È previsto l'adeguamento della fermata di Pontecurone per l'inserimento dei due nuovi binari e di conseguenza saranno adeguati a STI i marciapiedi a servizio viaggiatori (altezza pari a H=55 cm e lunghezza utile di 250 m). Inoltre, il sottopasso della fermata dovrà essere opportunamente adeguato per garantire la piena accessibilità anche alle PRM. Le periferiche IaP installate nella fermata dovranno essere adeguate per caratteristiche e quantitativi allo standard RFI.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto, per quanto concerne l'idraulica, nel rispetto delle seguenti norme:

- 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";
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- 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) versione aggiornata;
- 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. 2020);
- 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";
- 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".
- 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 (Legge per il governo del territorio)" e successivi.

### 3 INQUADRAMENTO FISICO E IDROGRAFICO

Il tracciato si sviluppa approssimativamente in direzione NE – SO attraversando il confine tra Piemonte e Lombardia su un terreno pianeggiante o sub-pianeggiante.

Il suolo è utilizzato prevalentemente a scopi agricoli, e il tracciato incontra il centro urbano di Pontecurone oltre alle città ai capilinea.

I principali corsi d'acqua della zona sono i torrenti Curone, Calvenza e Grue, il primo affluente in destra del fiume Po, gli altri affluenti in destra del fiume Scrivia

L'area oggetto dell'Intervento è riportata nella figura seguente:

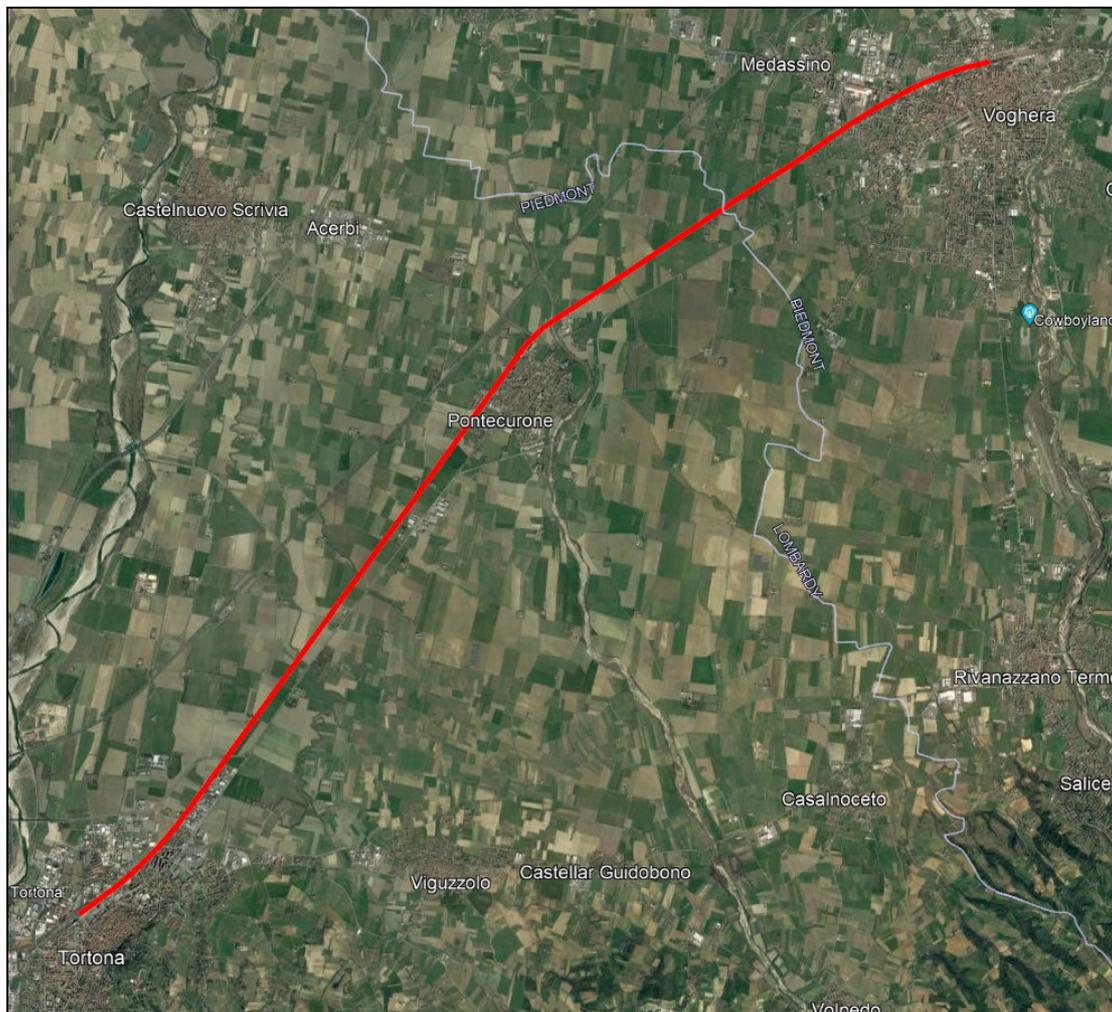


Figura 1 – Localizzazione dell'Intervento

## 4 ANALISI PLUVIOMETRICA

Nell'ambito dello studio idrologico sviluppato nella "Relazione idrologica bacini minori e piattaforma" IQ0101R26RHID0001001A, vengono stimati i parametri della legge di possibilità pluviometrica per i differenti tempi di ritorno al fine di calcolare, mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate di progetto che interessano i manufatti idraulici.

I tempi di ritorno (Tr) prescritti dal Manuale di Progettazione ferroviaria variano infatti a seconda del tipo di manufatto idraulico:

- Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..):

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Fossi di guardia:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Manufatti di attraversamento:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	200
Deviazioni stradali	200

- Inalveazioni:

	Tr [anni]	
Tratti a monte e valle della linea ferroviaria	200	Per S < 10 Km <sup>2</sup>

Per l'area oggetto d'intervento, con riferimento a tempi di ritorno di 25, 50, 100, 200 anni, secondo lo studio di Arpa Piemonte e con l'applicazione del metodo di Bell, si ottengono i seguenti valori per  $a \cdot K_T$  ed  $n$  e le seguenti leggi di probabilità pluviometrica per precipitazioni di durata inferiore e superiore all'ora:

Tratta ferroviaria di riferimento		t ≤ 1 ora				t > 1 ora			
		25	50	100	200	25	50	100	200
Tortona-Pontecurone	a	30.43				30.43			
	n	0.464				0.250			
	KT	2.33	2.80	3.40	4.10	2.33	2.80	3.40	4.10
Pontecurone-Voghera	a	28.57				28.57			
	n	0.464				0.260			
	KT	2.22	2.70	3.20	3.90	2.22	2.70	3.20	3.90

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..I: Parametri LSPP di progetto opere stradali e ferroviarie

Per le verifiche degli elementi idraulici che compongono il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria; è stato considerato un tempo di ritorno di 100 anni, con una curva di possibilità pluviometrica relativa a durate di pioggia inferiori all'ora:

- $a(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 103.46 \text{ (mm/h)}$       Tratta Tortona-Pontecurone
- $n(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 0.464$
- $a(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 91.42 \text{ (mm/h)}$       Tratta Pontecurone-Voghera
- $n(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 0.464$

## 5 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

Il calcolo della portata di afflusso nelle opere di raccolta viene eseguito mediante il metodo del volume di invaso. In particolare si fa riferimento al metodo dell'invaso italiano sviluppato da Puppini (1932) e Supino (1933) e alle formule che esprimono direttamente il coefficiente udometrico (portata per unità di area), in quanto adatte al calcolo diretto piuttosto che la verifica.

Le ipotesi del metodo italiano dell'invaso lineare sono le seguenti:

- funzionamento autonomo di tutti i collettori: nessun rigurgito o richiamo
- regime di moto uniforme in ogni collettore: pelo libero parallelo al fondo del collettore; volume invasato pari al prodotto della lunghezza del collettore per l'area bagnata
- funzionamento sincrono: tutti i collettori raggiungono contemporaneamente il massimo volume invasabile.

Il metodo italiano dell'invaso lineare è un modello concettuale che schematizza il funzionamento del bacino con un invaso lineare; esso utilizza un legame lineare fra la portata  $Q(t)$  nella sezione di chiusura e il volume  $W(t)$  immagazzinato dal sistema bacino-rete a monte della sezione nel medesimo istante  $t$ :

$$W(t) = KQ(t)$$

con  $K$  = costante dell'invaso lineare [T].

Il comportamento dell'invaso è descritto dall'equazione di continuità:

$$P(t) - Q(t) = \frac{dW(t)}{dt} = K \frac{dQ(t)}{dt}$$

dove  $P(t) = i_n(t)A$  è la portata di afflusso meteorico netto (pioggia netta  $i_n(t)$  per area bacino  $A$ ).

Se  $P(t)$  è costante (ietogramma costante) si può integrare analiticamente l'equazione di continuità per ricavare l'idrogramma  $Q(t)$ .

Se  $P(t) \neq$  costante può risultare necessario ricorrere all'integrazione numerica.

L'integrazione dell'equazione di continuità per separazione delle variabili per il caso di portata di afflusso meteorico netto costante  $P(t) = P = \text{cost.}$  è così' sviluppata:

$$\int_0^t \frac{1}{K} dt = \int_{Q_0}^Q \frac{1}{P-Q} dQ \quad \frac{t-t_0}{K} = -\ln \frac{P-Q}{P-Q_0} \quad P-Q = (P-Q_0)e^{-\frac{(t-t_0)}{K}}$$

Specificando le condizioni al contorno  $Q_0=0$  (invaso vuoto) per  $t=t_0=0$  si ha:

$$Q(t) = P(1 - e^{-\frac{t}{K}}) \quad \text{per} \quad 0 \leq t \leq t_p$$

Essendo la durata  $t_p$  la durata della pioggia ( $P \neq 0$  per  $0 \leq t \leq t_p$ ).

Terminata la pioggia ( $t > t_p$ ) si integra con  $P=0$  e condizione al contorno  $Q_0 = Q_M = Q(t_p)$  per  $t_0 = t_p$ :

$$Q(t) = Q_M e^{-\frac{(t-t_p)}{K}} \quad \text{per} \quad t > t_p$$

Dove la portata al colmo per pioggia costante di durata  $t_p$  è pari a  $Q_M$ :

$$Q_M = Q(t_p) = P(1 - e^{-\frac{t_p}{K}})$$

Fissando il tempo di ritorno  $Tr$  si determinano i coefficienti  $a$  e  $n$  della curva di possibilità climatica:

$$i(t_p) = a \cdot t^{n-1}$$

Assunto uno ietogramma costante e un metodo proporzionale delle perdite con coefficiente di afflusso  $\varphi$  si ricava la portata al colmo per qualsiasi durata di pioggia  $t_p$ :

$$Q_M = \varphi \cdot a \cdot t_p^{n-1} A \cdot (1 - e^{-\frac{t_p}{K}})$$

Per le ipotesi assunte, la costante di invaso  $K$  può essere scritta così:

$$K = \frac{W(t)}{Q(t)} = \frac{W_M}{Q_M}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Dove:

- $W_M$  = massimo volume invasato dal sistema bacino-rete a monte della tratta da dimensionare
- $Q_M$  = massima portata al colmo della tratta da dimensionare

La procedura esposta per il metodo dell'invaso fornisce la portata al colmo in funzione del tempo di pioggia  $t_p$ . Posto  $K = W_M/Q_M$ , la  $Q_M$  si riscrive:

$$Q_M = \varphi \cdot a \cdot t_p^{n-1} A \cdot \left(1 - e^{-t_p \frac{Q_M}{W_M}}\right)$$

La determinazione del tempo di pioggia che rende massimo  $Q_M$  si trova eguagliando a zero la derivata rispetto a  $t_p$ .

Posto  $r = \frac{t_p}{K}$  nel caso di curva di probabilità a 2 parametri il massimo della portata al colmo si avrà per

$$n = 1 - r \frac{e^{-r}}{1 - e^{-r}}$$

Si potrà dunque scrivere:

$$Q_M = \varphi \cdot a \cdot A \cdot K^{n-1} \cdot r^{n-1} \cdot (1 - e^{-r})$$

Considerando  $z = \frac{1}{n} \left[ r^{\frac{n-1}{n}} (1 - e^{-r})^{\frac{1}{n}} \right]$  si può scrivere:

$$Q_M = n \cdot (\varphi \cdot a \cdot A)^{n-1} \cdot W_M^{\frac{n-1}{n}} z$$

Poiché i valori di  $z$  riportati nella seguente tabella non variano molto al variare di  $n$  si potrà fargli assumere un valore costante senza commettere apprezzabile errore nel campo di  $n$  compreso tra 0.30 e 0.60.

$n$	0.30	0.40	0.50	0.60
$r$	0.67	0.95	1.26	1.62
$z$	0.78	0.79	0.81	0.84
$r^{n-1} (1 - e^{-r})$	0.65	0.63	0.64	0.66

Valori di  $r$  e  $z$  al variare dell'esponente  $n$  della CPP

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Se si considera  $z=0.78$  si può scrivere il coefficiente udometrico secondo la seguente relazione:

$$u = 2168n \frac{(K a)^{1/n}}{W^{(1/n)-1}} \quad (\text{l/s x ha})$$

Nella quale:

- K                   coefficiente di deflusso;
- W                   volume specifico d'invaso ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )
- a                   coefficiente della curva di possibilità climatica ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- n                   esponente della curva di possibilità climatica.

In particolare si avrà:

- K = 0,9           coefficiente di deflusso banchina ferroviaria o aree impermeabili;
- K = 0,7           coefficiente di deflusso piattaforma ferroviaria, scarpate e stradello;
- K = 0,4           coefficiente di deflusso del bacino esterno alla recinzione;
- $W^1_1 = 0,005$  m volume specifico d'invaso della piattaforma ferroviaria;
- $W^{11}_1 = 0,003$  m       volume specifico d'invaso per il bacino esterno alla piattaforma ferroviaria;
- $W_2 = A/L$  volume specifico d'invaso del fosso o del canale (A = area bagnata in  $\text{m}^2$ , L = larghezza in m del bacino scolante);
- $W_m = W^1_1 + W^{11}_1 + W_2$        volume medio ponderale in metri.

I parametri a (in metri) ed n sono quelli della curva di probabilità climatica per  $Tr = 100$ .

Determinato il coefficiente udometrico u, la portata affluente per metro di lunghezza (D) è pari a:

$$q = \frac{u}{10.000} L \quad (\text{l/s x m})$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

La portata defluente viene calcolata in moto uniforme con l'espressione:

$$Q_d = 1/n A R^{2/3} i^{1/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

- A = area bagnata dell'elemento idraulico (m<sup>2</sup>)
- R = Raggio idraulico dell'elemento idraulico (m)
- i = pendenza dell'elemento idraulico (-)
- n coefficiente di scabrezza che varia per i vari materiali utilizzati:
  - n= 0.018 calcestruzzo
  - n= 0.011 materia plastiche (PEAD, PVC)
  - n= 0.033 terra, gabbioni e materassi tipo reno

Normalmente la pendenza di fondo "i" non deve essere inferiore a 0,001.

Uguagliando la portata del metodo dell'invaso, qD (in cui D è lo sviluppo longitudinale del fosso/canale in metri), con quella del moto uniforme, Qd, si ricava il tirante idrico dell'elemento idraulico h.

In base a quanto sopra riportato 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÷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);
- la verifica è soddisfatta quando h all'interno delle tubazioni è inferiore all'altezza associata al riempimento massimo pari al 70% della sezione totale.
- nel caso di elementi aperti quali canali rettangolari e trapezoidali si richiede un tirante che dia origine ad un franco minimo di 5cm sul bordo dell'elemento idraulico.

Verranno descritte nel seguito le reti di drenaggio delle acque meteoriche afferenti le zone in progetto con le relative verifiche idrauliche.

## 6 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di intercettazione, collettamento e smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma che hanno recapito fossi a dispersione sul terreno pre infiltrazione. Tutto l'intervento si sviluppa in rilevato per alcuni tratti in viadotto.

L'intercettazione delle acque avviene tramite embrici che recapitano le acque direttamente nei fossi a dispersione posti generalmente sul lato sinistro o in fossi di guardia o canalette rettangolari che fanno capo a pozzetti in cls prefabbricati rispettivamente con dimensioni 2.00x1.50m e 0.40x0.40 dai quali si sviluppano dei collettori in PVC Ø315 che sottopassano la linea ferroviaria fino a raggiungere i fossi a dispersione precedentemente citati.

Si riporta di seguito due sezioni trasversali nelle quali si evidenziano i sistemi di drenaggio descritti.

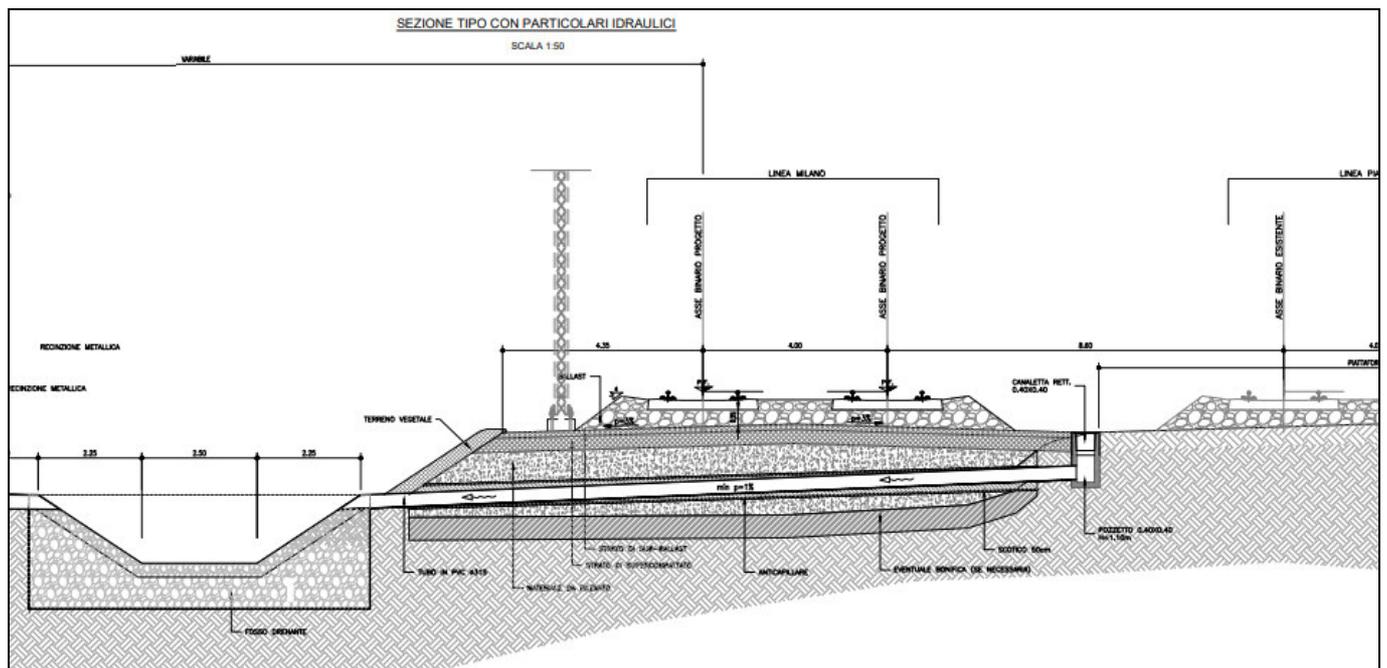


Figura 2 – Recapito a fosso a dispersione da canaletta 0.40x0.40 tramite Ø315

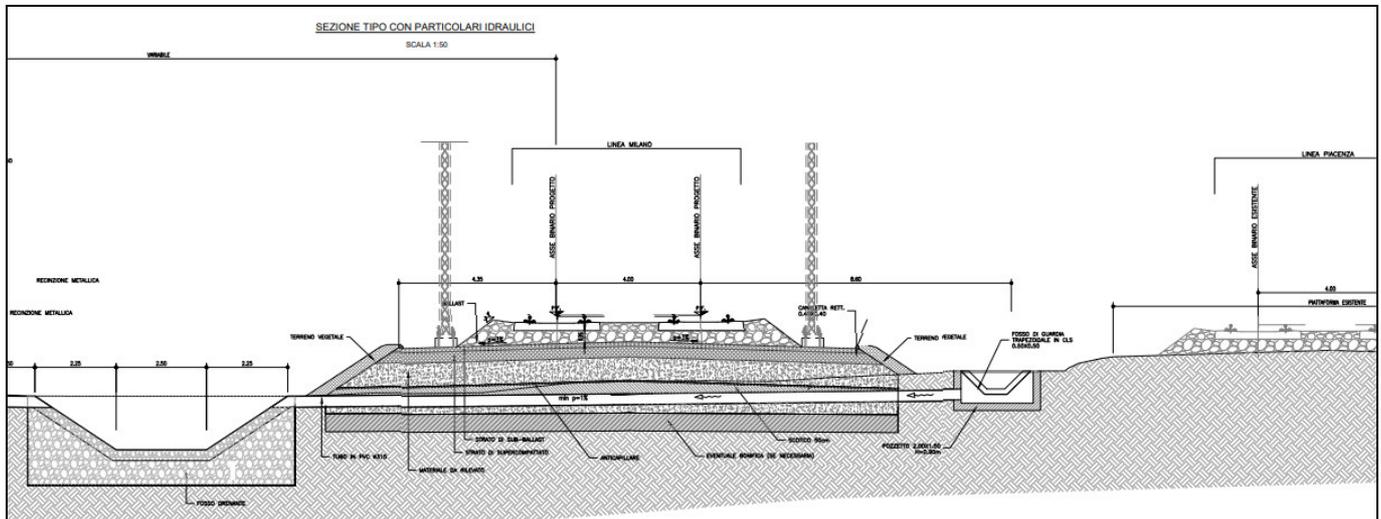


Figura 3 – Recapito a fosso a dispersione da fosso trapezoidale 0.50x0.50 tramite Ø315

In maniera analoga le acque afferenti gli impalcati de ivadotti sono intercettati tramite bocchettoni con pluviali in PVC circolari Ø160 che periodicamente in corrispondenza delle pile e /o spalle trasportano le acque a terra in pozzetti in cls prefabbricati 0.40x0.40 dai quali si sviluppano dei collettori in PVC Ø315 fino a raggiungere i fossi a dispersione.

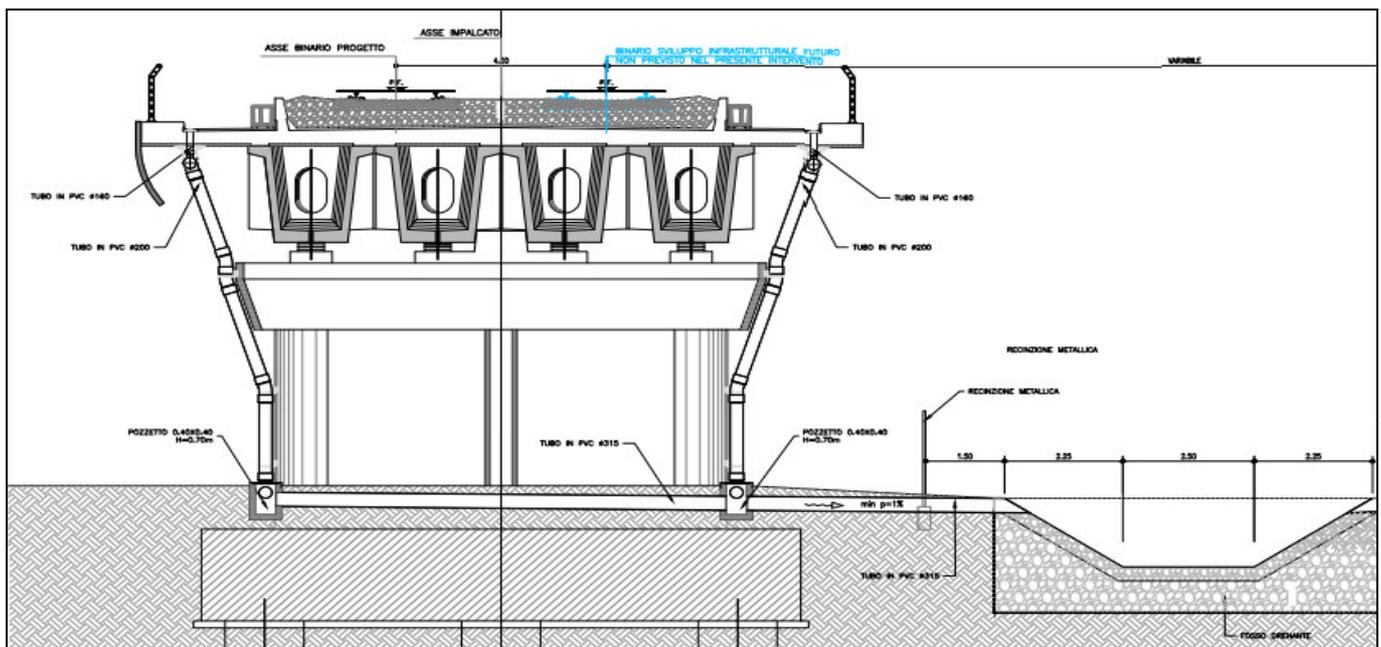


Figura 4 – Recapito a fosso a dispersione da pluviali discendenti da impalcato tramite Ø315

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 7 VERIFICA DEGLI ELEMENTI IDRAULICI

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi idraulici che compongono il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria; è stato considerato un tempo di ritorno di 100 anni, e la relativa curva di possibilità pluviometrica è stata adeguata a durate di pioggia inferiori all'ora:

- $a(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 103.46 \text{ (mm/h)}$       Tratta Tortona-Pontecurone
- $n(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 0.464$
  
- $a(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 91.42 \text{ (mm/h)}$       Tratta Pontecurone-Voghera
- $n(\text{TR}=100 \text{ anni}) = 0.464$

### 7.1. Embrici

Le portate generate in piattaforma ferroviaria ruscellano a lato di essa, in una cunetta triangolare delimitata da un cordolo, fino a quando non incontrano l'apertura d'imbocco della canaletta ad embrici che le convoglia al fosso drenante di riferimento.

Al fine di valutare un corretto passo delle canalette, sono calcolati gli apporti massimi di pioggia in funzione della larghezza della piattaforma pavimentata variando il passo degli sbocchi, e verificando che il tirante non superi la capacità della cunetta.

Per il calcolo della portata generata si fa riferimento al metodo razionale.

La portata è espressa dalla formula:

$$Q = \varphi \cdot i(t_c) \cdot A$$

dove:

- $\varphi$  = coefficiente di deflusso del bacino; in questo caso 0.90 trattandosi di piattaforma stradale
- $i(t_c)$  = intensità di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione ( $t_c$ );
- $A$  = superficie del bacino pari al passo degli caditoie per la larghezza della piattaforma drenata
- $t_c$  = tempo di corrivazione del bacino; data l'esiguità dell'area si impone un tempo pari a 5 minuti inteso come tempo di carico prima dell'ingressos in rete in questo caso la caditoia.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

L'intensità di pioggia è funzione della curva di possibilità pluviometrica ricavata dalla formula monomia:

$$i(t_c) = \alpha \cdot t_c^{n-1}$$

Per un  $t_c = 5$  minuti e  $\varphi = 0.90$  per la tratta Tortona-Pontecurone si avrà:

- $i(t_c) = 311.7$  mm/h
- $u(t_c) = 0.0866$  (l/s·m<sup>2</sup>)

Per la tratta per la tratta Pontecurone-Voghera si avrà:

- $i(t_c) = 352.70$  mm/h
- $u(t_c) = 0.0980$  (l/s·m<sup>2</sup>)

Si riportano di seguito le verifiche del passo scelto e della capacità di smaltimento delle bocche di lupo inserite con interasse  $p = 10$  m.

Considerando l'imbocco come uno stramazzo laterale che si apre sul cordolo, è possibile utilizzare la seguente equazione:

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

dove:

- $Q$  = portata sfiorata (espressa in m<sup>3</sup>/s);
- $\mu$  = coefficiente di deflusso, pari a 0.385;
- $L$  = larghezza dello stramazzo pari a 0.905 m;
- $h$  = carico idraulico (espresso in m);
- $g$  = accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s<sup>2</sup>.

La portata massima scaricabile dalla canaletta ad embrici dev'essere tale per cui il tirante all'imbocco non arrivi a lambire la canalina portacavi, la cui base è circa 4.5 cm più in alto della sommità del cordolo. Ogni cunetta accoglie le portate da metà piattaforma, la superficie che genera la portata è dunque larga 6.35 m; ipotizzando un passo tra gli sbocchi di 10 m, si ottiene una superficie contribuente di 63.5 m<sup>2</sup>.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Esplicitando nella formula degli stramazzi l'altezza in funzione della portata nota, si ottiene un tirante  $h=2.5\text{cm}$ , pienamente accettabile. Il passo 10m è dunque scelto per le canalette ad embrici.

La tabella seguente riassume i risultati della verifica:

Tratta	Largh. piattaforma (m)	Passo embrici (m)	Portata generata (l/s)	h (cm)
Pontecurone-Voghera	6.35	10	5.50	2.35
Tortona-Pontecurone	6.35	10	6.22	2.55

## 7.2. Bocchettoni pluviali

Nelle parti di tracciato che si sviluppano in viadotto, le acque meteoriche dalla massicciata sono raccolte ai lati della stessa e separate fisicamente da essa, in canalette delimitate dal cordolo dell'impalcato e dalle sponde che reggono la massicciata. Lo smaltimento è poi operato da un sistema di caditoie grigliate che, tramite bocchettoni circolari di diametro  $D$ , convogliano le portate in un collettore sospeso che corre longitudinalmente al di sotto della soletta ed è fissato ad essa, e dal quale partono discendenti che recapitano le acque ai fossi drenanti.

Fintantoché il livello  $h$  dell'acqua non è molto elevato, i bocchettoni pluviali si comportano come soglie sfioranti a pianta circolare:

$$Q = 0.35 \cdot \pi D h \cdot \sqrt{2gh}$$

quando invece sono completamente sommersi diventano luci circolari sotto battente:

$$Q = 0.6 \cdot \pi \frac{D^2}{4} \cdot \sqrt{2gh}$$

Le due configurazioni generano la medesima portata quando il rapporto tirante/diametro è 0.329. Nella tabella seguente sono riportati i valori della portata smaltita da bocchettoni circolari di diametri commerciali, per differenti valori di carico; in celeste sono evidenziati i valori derivanti dal funzionamento a luce sotto battente, mentre in verde quelli da soglia sfiorante:

Diametro (mm)	Carico sul bocchettone (mm)						
	50	75	100	125	150	200	250
	Portata defluente (l/s)						
75	2.63	3.22	3.71	4.15	4.55	5.25	5.87
100	4.67	5.72	6.60	7.38	8.08	9.33	10.44
125	7.29	8.93	10.31	11.53	12.63	14.59	16.31
160	8.71	14.63	16.90	18.89	20.70	23.90	26.72
175	9.53	17.51	20.21	22.60	24.76	28.59	31.96
200	10.89	22.87	26.40	29.52	32.34	37.34	41.75
225	12.25	28.94	33.42	37.36	40.93	47.26	52.84
250	13.61	25.01	41.25	46.12	50.53	58.34	65.23
275	14.97	27.51	49.92	55.81	61.14	70.59	78.93
300	16.34	30.01	59.41	66.42	72.76	84.01	93.93
325	17.70	32.51	50.06	77.95	85.39	98.60	110.24
350	19.06	35.01	53.91	90.40	99.03	114.35	127.85
375	20.42	37.51	57.76	103.78	113.68	131.27	146.77
400	21.78	40.01	61.61	86.10	129.35	149.36	166.99

Si riportano di seguito le verifiche del passo scelto e della capacità di smaltimento dei bocchettoni.

Nello specifico è stato utilizzato un foro pari a Ø160 a servizio della semipiattaforma B=6.30m con passo dipendente dalla lunghezza di impalcato.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Nel tratto Tortona-Pontecurone si annoverano i viadotti VI03 e VO04 con campate da 25m, il ponte sul Torrente Grue a campata unica L=35m e il ponte Calvezia con campate a 30m.

Opera	Largh. Piattaforma (m)	Passo bocchettoni (m)	Portata generata (l/s)	Tirante su bocchettone (cm)
VI03	6.30	25	13.64	6.51
VI04	6.30	25	13.64	6.51
Ponte Torrente Grue	6.30	35	19.09	12.8
Ponte Calvezia	6.30	30	16.36	9.37

Nel tratto Pontecurone-Voghera è presente il viadotto Curone con campate con L=30m

Opera	Largh. Piattaforma (m)	Passo bocchettoni (m)	Portata generata (l/s)	Tirante su bocchettone (cm)
Viadotto Curone	6.30	30	18.52	12.0

considerando un incasso della soglia sfiorante nell'impalcato pari a circa 5cm e avendo la canaletta portacavi a circa 10 cm dall'estradosso dell'impalcato si ammette un carico massimo pari a 15cm che, essendo sempre inferiore ai casi sopra indicati, permette il deflusso delle portate che i generano sulla semipiattaforma in qualsiasi delle situazioni presenti.

Alla luce di quanto sopra indicato si conferma il passo scelto si conferma il passo p=15m scelto.

### 7.3. Verifica canalette e collettori circolari

Si riportano di seguito le verifiche dei tratti di canaletta posta tra 2 pozzetti dai quali si dirama il collettore in PVC Ø315 con scarico nel fosso ad infiltrazione con bauletto drenante. Nello specifico i pozzetti hanno passo 50m e si verifica la canaletta 0.40mx0.40m in cls, il fosso di guardia in cls 0.50mx0.50m e i collettori in PVC Ø315.

Sia la canaletta in cls 0.40x0.40m che il fosso di guardia 0.50x0.50m sono considerati cautelativamente con una pendenza longitudinale minima p=0.10%; i collettori in PVC invece sono posati con una pendenza p=1.00-1.50%

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Nella tabella riportata di seguito vengono indicate le grandezze riportate sulle verifiche per ogni elemento idraulico:

- Tipo – tipologia elemento idraulico, can. rett. can trap, DN
- B x H – DN – dimensioni dell'elemento idraulico, B x H se canale DN se collettore circolare
- a – parametro a CPP per  $t < 1$  ora
- n' – parametro n' CPP per  $t < 1$  ora
- K - coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino servito
- W - Volume specifico d'invaso
- u – coefficiente udometrico del tratto in esame
- q – portate specifica per metro lineare del tratto in esame
- L – lunghezza dell'elemento idraulico del tratto in esame
- $Q_p$  - portata elemento idraulico precedente
- Q - portata elemento idraulico in esame
- p – pendenza media dell'elemento idraulico in esame
- $K_s$  – coefficiente di Gauckler- Strickler
- h – tirante idraulico atteso
- f – franco idraulico (m) per elementi aperti o riempimento per elementi chiusi (%)

#### Tratto Tortona-Pontecurone:

Verifica sistema canaletta rettangolare 0.40x0.40m – Ø315 considerando 2 semipiattaforme per un totale di 12.55m

Tipo	B x H - DN	a	n'	K	W	u	q	L	$Q_p$	$Q_{tot}$	p	$K_s$	h	f
-	(m) – (mm)	inizio	fine	-	(m)	(l/sxha)	(l/sxm)	(m)	(l/s)	(l/s)	(%)	( $m^{1/3}/s$ )	(m)	(m) – (%)
Can. rett.	0.40x0.40	91.42	0.464	0,90	0,0094	1017	1,28	50	-	64	0.10	70	0.24	0.16
Ø	315	91.42	0.464	-	-	-	-	50	64	64	1.00	90	0.17	55%

Verifica sistema canaletta trapezoidale 0.50x0.40m – Ø315 considerando 2 semipiattaforme per un totale di 12.55m, 2m di ingombro in piante del rilevato e 2m di fascia terreno esterno alla piattaforma

**Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio**  
**acque di piattaforma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RI	ID0002 001	A	22 di 40

Tipo	B x H - DN	a	n'	K	W	u	q	L	Q <sub>p</sub>	Q <sub>tot</sub>	p	K <sub>s</sub>	h	f
-	(m) – (mm)	inizio	fine	-	(m)	(l/sxha)	(l/sxm)	(m)	(l/s)	(l/s)	(%)	(m <sup>1/3</sup> /s)	(m)	(m) – (%)
Can. trap.	0.50x0.50	91.42	0.464	0.82	0,0084	893	1,60	50	-	74	0.10	70	0.18	0.32
Ø	315	91.42	0.464	-	-	-	-	50	74	74	1.00	90	0.19	61%

Tratto Pontecurone-Voghera:

Verifica sistema canaletta rettangolare 0.40x0.40m – Ø315 considerando 2 semipiattaforme per un totale di 12.55m

Tipo	B x H - DN	a	n'	K	W	u	q	L	Q <sub>p</sub>	Q <sub>tot</sub>	p	K <sub>s</sub>	h	f
-	(m) – (mm)	inizio	fine	-	(m)	(l/sxha)	(l/sxm)	(m)	(l/s)	(l/s)	(%)	(m <sup>1/3</sup> /s)	(m)	(m) – (%)
Can. rett.	0.40x0.40	103.46	0.464	0,90	0,0107	1173	1,47	50	-	74	0.10	70	0.26	0.164
Ø	315	103.46	0.464	-	-	-	-	50	74	74	1.00	90	0.19	61%

Verifica sistema canaletta trapezoidale 0.50x0.40m – Ø315 considerando 2 semipiattaforme per un totale di 12.55m, 2m di ingombro in piante del rilevato e 2m di fascia terreno esterno alla piattaforma

Tipo	B x H - DN	a	n'	K	W	u	q	L	Q <sub>p</sub>	Q <sub>tot</sub>	p	K <sub>s</sub>	h	f
-	(m) – (mm)	inizio	fine	-	(m)	(l/sxha)	(l/sxm)	(m)	(l/s)	(l/s)	(%)	(m <sup>1/3</sup> /s)	(m)	(m) – (%)
Can. trap.	0.50x0.50	103.46	0.464	0,82	0,0097	1035	1,71	50	-	86	0.10	70	0.19	0.31
Ø	315	103.46	0.464	-	-	-	-	50	86	86	1.00	90	0.22	69%

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 8 SISTEMA DI ACCUMULO E DISPERSIONE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DI PIATTAFORMA

### 8.1. Aspetti normativi

Il territorio in esame è sottoposto alla legislazione prevista dalla Regione Lombardia, che recentemente ha diffuso una serie di linee guida atte a definire le buone pratiche sul tema dell'invarianza idrologica e/o idraulica: il 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*", successivamente modificato dal RR n.8 del 19/04/2019.

Nella Legge Regionale è specificato che le misure di compensazione per la salvaguardia dell'invarianza idraulica devono essere applicate anche per "*la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo ineditato*" (Art. 27.1 lett. E.3) quale la fattispecie.

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).*

*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*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

*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 nota, i punti 2 e 3 dell'elenco sopra riportato. Il punto 2 avendo una maggiore priorità rispetto al 3 viene preso in considerazione come soluzione progettuale per lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti la nuova piattaforma ferroviaria.

Per quanto riguarda i tempi di ritorno, il Regolamento (Art.11.2 lett. A) definisce quanto segue:

- $T_R=50$  anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione con un adeguato grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;
- $T_R=100$  anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate e dei provvedimenti protettivi da realizzarsi eventualmente in luogo del franco.

Anche se il sistema proposto prevede un  $T_R=50$  anni, in ottemperanza al manuale di progettazione ferroviaria che impone un  $T_R=100$  anni per lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma ferroviaria le opere di infiltrazione saranno quindi direttamente dimensionati in base ad un tempo di ritorno centennale.

## 8.2. Aspetti morfologici della rete idrica di superficie

Il territorio in esame è caratterizzato da una maglia molto fitta ed estesa di canali irrigui e di scolo, con solo tre corpi idrici maggiori, a carattere torrentizio. Data la funzione agricola nei canali vengono immesse, con manovre su organi meccanici, portate di diversa entità in funzione del periodo dell'anno e della necessità produttiva. Tale circostanza fa sì che la predisposizione di un sistema di recapito delle acque di piattaforma a gravità in suddetti canali, attraverso fossi di guardia rivestiti al piede del rilevato,

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

sia poco fattibile ed efficiente. Stessa problematica si riscontrerebbe per un sistema di recapito a valle di vasche di laminazione, che per far fronte a bassi valori di portata in uscita e ad altezze di invaso limitato (per garantire lo scarico a gravità nei canali anche quando pieni d'acqua), necessiterebbero di un grande ingombro areale.

Vi è quindi una difficoltà tecnica (oltre che autorizzativa) nel perseguire la soluzione con vasche di laminazione e recapito in canali irrigui.

Si opta dunque per un sistema dispersione per infiltrazione negli strati superficiali del suolo.

### 8.3. Misure di conducibilità idraulica

Per definire la fattibilità di un sistema ad infiltrazione negli strati superficiali del suolo e per poterne effettuare il dimensionamento, la conducibilità idraulica  $k$  del terreno è un parametro fondamentale. Sono state effettuate otto misurazioni distribuite lungo il tracciato, all'esterno dei tratti urbani; nella tabella di seguito sono riportati i valori:

Pozzetto di prova	km	K (m/s)
P1	57+400	3.43E-06
P2	58+800	6.47E-07
P3	60+450	3.84E-06
P4	62+200	1.17E-06
P5	64+400	2.84E-06
P6	66+700	2.23E-06
P7	67+400	4.53E-06
P8	68+400	7.84E-07

*Tabella 2 – Valori di permeabilità del terreno lungo il tracciato*

Data la vicinanza tra loro dei vari elementi del sistema d'infiltrazione, e la loro maggiore permeabilità rispetto a quella del terreno, è possibile definire un valore medio di conducibilità per ciascun sub-tratto in oggetto e il numero di binari la cui superficie deve essere servita:

km	Pozzetto	k(m/s)	Tratto		k <sub>medio</sub> (m/s)
57+400	P1	3.43E-06	Tortona-Pontecurone TP	5 binari	2.64E-06
58+800	P2	6.47E-07			
60+450	P3	3.84E-06			
62+200	P4	1.17E-06	Pontecurone- Voghera PV	3 binari	2.31E-06
64+400	P5	2.84E-06			
66+700	P6	2.23E-06			
67+400	P7	4.53E-06			
68+400	P8	7.84E-07			

Figura 5 - Ubicazione delle prove di permeabilità in pozzetto lungo il tracciato

L'utilizzo di pozzi o pozzetti a dispersione non è ritenuta la scelta ottimale, considerando la prossimità dello Zero piezometrico della falda al piano campagna: si può concludere che sistemi di trincee/fossi disperdenti siano la soluzione più adatta alla dispersione delle acque di piattaforma nel territorio in oggetto.

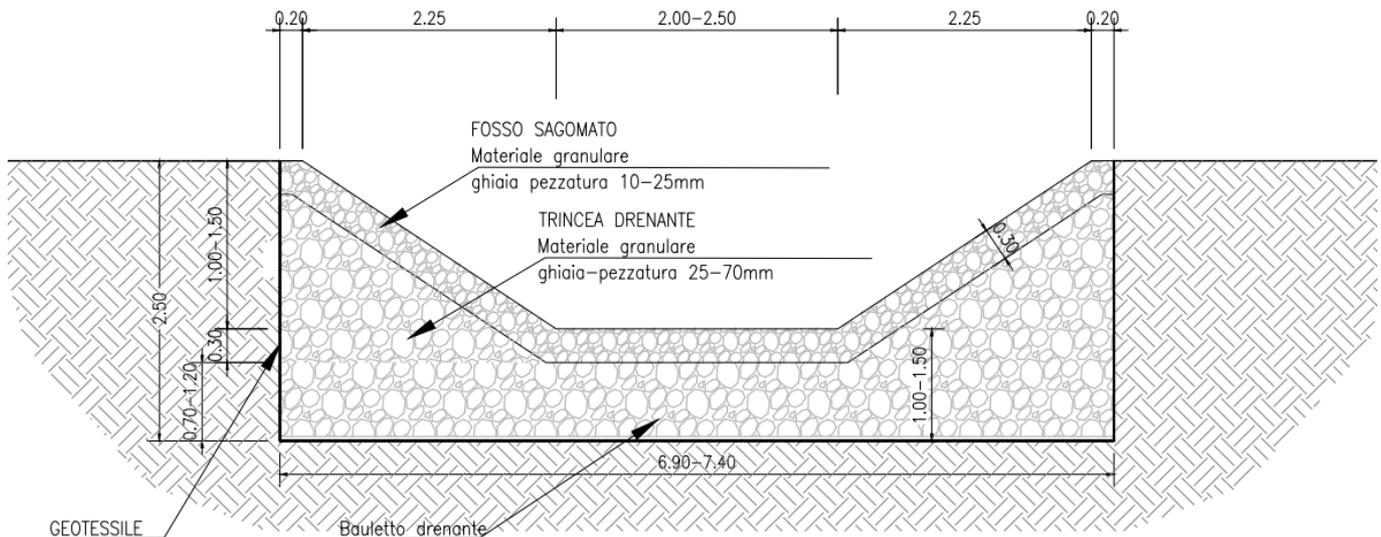
Si rimanda alla relazione geologica per i dettagli di ciascuna prova.

Per il dimensionamento dei sistemi ad infiltrazione sono inoltre considerati coefficienti dimezzati, ad ulteriore tutela rispetto alle fluttuazioni di falda:

- TP a 5 binari:  $k=1.32 \cdot 10^{-6}$  m/s;
- TP a 3 binari:  $k=1.16 \cdot 10^{-6}$  m/s;
- PV a 3 binari:  $k=1.16 \cdot 10^{-6}$  m/s.

#### 8.4. Fosso a dispersione con bauletto drenante

Le trincee (cassonetti) drenanti saranno riempite di materiale inerte di granulometria 25-70mm separato dal terreno circostante da uno strato di geotessuto, e sormontate da fossi di raccolta delle acque, a sezione trapezia e realizzati con uno strato di 30cm di ghiaia a pezzatura 10-25mm.



*Figura 6 –Fosso a dispersione con bauletto drenante*

La portata che afferisce alla trincea dipende dall'area del tracciato ferroviario servita; il volume in ingresso alla trincea sarà dato dall'integrale nel tempo delle portate. A tale quantità va sottratto un volume intercettato dalla superficie drenata stessa, per uno spessore di 5mm.

Il sistema fosso-trincea può dunque accogliere un determinato volume, che al passare del tempo si infiltra; per semplicità di calcolo e a favore di sicurezza si considera come superficie drenante la sola interfaccia terreno/cassonetto al di sotto del livello del fosso.

Note la capacità d'invaso e la velocità d'infiltrazione, il tempo critico è quello a cui corrisponde il massimo volume invasato, cioè la massima differenza tra volume in ingresso e in uscita. Il primo è dato dal prodotto -dato che per semplicità si considerano ietogrammi rettangolari- dell'altezza di pioggia, calcolata di volta in volta con i parametri relativi al particolare intervallo considerato e a cui sono tolti 5mm di ritenute superficiali, e l'area ferroviaria afferente. Il secondo dipende dall'estensione della superficie drenante, che cresce al crescere del volume invasato, e dunque dal livello idrico  $Y$  all'interno del cassonetto (fintantoché non si raggiunge il fondo del fosso soprastante).

Al crescere del tempo diminuisce l'intensità di pioggia e di conseguenza la portata in ingresso, ma fino al raggiungimento della durata critica l'aumento dell'intervallo di tempo fa crescere la portata cumulata in ingresso più che quella in uscita; in corrispondenza della durata critica si ha pertanto il massimo volume invasato, dopodiché la componente di filtrazione prevale sull'accumulo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Le trincee drenanti dovranno accogliere il drenaggio dai rilevati di nuova realizzazione, e da metà dell'area ferroviaria esistente: in alcuni casi dovranno essere considerati 5 binari, in altri 3.

Per la verifica è stato innanzitutto considerato il rapporto tra la capacità d'accumulo e il massimo volume invasato, considerando soddisfacente al minimo un valore di 1,3.

Per quanto riguarda invece i tempi di svuotamento è stato verificato che, una volta terminato l'evento critico di pioggia, il sistema mantenga una capacità residua tale da poter invasare un secondo evento con tempo di ritorno TR=50 anni che si verifica a 48 ore di distanza dal precedente in ottemperanza all'art.11 comma f punto 2.

La verifica del tempo di svuotamento è stata effettuata attraverso il calcolo indicato al capitolo 4 dell'allegato G delle Linee Guida del Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n.7 della Regione Lombardia:

$$t_{\text{svuotamento}} = \frac{W_{\text{lam}}}{(Q_u + q_{\text{inf}})} t_{\text{svuotamento}} = W_{\text{lam}} / (Q_u + q_{\text{inf}})$$

Dove:

- $W_{\text{lam}}$  è il volume massimo raggiunto nella vasca corrispondente cioè ad un evento di durata critica;
- $Q_u$  è il valore di portata effluente in uscita e pari a 0;
- $q_{\text{inf}}$  è la portata infiltrata ed è stata valutata con il prodotto tra la permeabilità  $k$  e la superficie drenante del sistema (contorno bagnato del cassonetto, escludendo eventuali porzioni a livello del fosso).

Sono di seguito riportate le tabelle riassuntive con i dati geometrici e di verifica per ciascuno dei fossi:

**Geometria fossi**

ID	$b_{\text{fosso}}$ [m]	$H_{\text{fosso}}$ [m]	$b_{\text{cassonetto}}$ [m]	$h_{\text{cassonetto}}$ [m]	Lunghezza [m]	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]
F1	2.50	1.50	7.00	1.00	178	1268.25
F2	2.50	1.50	7.00	1.00	9	64.125
F3	2.50	1.50	7.00	1.00	556.00	3961.50
F4	2.50	1.50	7.00	1.00	117.00	833.63
F5	2.50	1.50	7.00	1.00	104.00	741.00
F6	2.50	1.50	7.00	1.00	145.00	1033.13
F7	2.50	1.50	7.00	1.00	90.00	641.25
F8	2.50	1.50	7.00	1.00	44.00	313.50
F9	2.50	1.50	7.00	1.00	89.00	634.13
F10	2.50	1.50	7.00	1.00	74.00	527.25
F11	2.50	1.50	7.00	1.00	91.00	648.38
F12	2.50	1.50	7.00	1.00	132.00	940.50
F13	2.50	1.50	7.00	1.00	8.00	57.00
F14	2.50	1.50	7.00	1.00	364.00	2593.50
F15	2.50	1.50	7.00	1.00	15.00	106.88
F16	2.50	1.50	7.00	1.00	120.00	855.00
F17	2.50	1.50	7.00	1.00	217.00	1546.13
F18	2.50	1.50	7.00	1.00	84.00	598.50
F19	2.50	1.50	7.00	1.50	198.00	1410.75
F20	2.50	1.50	7.00	1.50	79.00	562.88

**Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio**  
**acque di piattaforma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RI	ID0002 001	A	30 di 40

### Geometria fossi

ID	$b_{\text{fosso}}$ [m]	$H_{\text{fosso}}$ [m]	$b_{\text{cassonetto}}$ [m]	$h_{\text{cassonetto}}$ [m]	Lunghezza [m]	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]
F21	2.50	1.50	7.00	1.00	329.00	2344.13
F22	2.50	1.50	7.00	1.00	335.00	2386.88
F23	2.50	1.50	7.00	1.00	102.00	726.75
F24	2.50	1.50	7.00	1.00	55.00	391.88
F25	2.50	1.50	7.00	1.00	82.00	584.25
F26	2.50	1.50	7.00	1.00	198.00	1410.75
F27	2.50	1.50	7.00	1.00	118.00	840.75
F28	2.50	1.50	7.00	1.00	289.00	2059.13
F29	2.50	1.50	7.00	1.00	203.00	1446.38
F30	2.50	1.50	7.00	1.00	163.00	1161.38
F31	2.50	1.50	7.00	1.00	424.00	3021.00
F32	2.50	1.00	5.50	1.50	267.00	1068.00
F33	2.50	1.00	5.50	1.50	84.00	336.00
F34	2.50	1.00	5.50	1.50	173.00	692.00
F35	2.50	1.00	5.50	1.50	306.00	1224.00
F36	2.50	1.00	5.50	1.50	48.00	192.00
F37	2.50	1.00	5.50	1.50	191.00	764.00
F38	2.50	1.00	5.50	1.50	23.00	92.00
F39	2.50	1.00	5.50	1.50	42.00	168.00
F40	2.50	1.00	5.50	1.50	68.00	272.00

**Geometria fossi**

ID	$b_{\text{fosso}}$ [m]	$H_{\text{fosso}}$ [m]	$b_{\text{cassonetto}}$ [m]	$h_{\text{cassonetto}}$ [m]	Lunghezza [m]	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]
F41	2.50	1.00	5.50	1.50	110.00	440.00
F42	2.50	1.00	5.50	1.50	96.00	384.00
F43	2.50	1.00	5.50	1.50	143.00	572.00
F44	2.50	1.00	5.50	1.50	156.00	624.00
F45	2.50	1.00	5.50	1.50	81.00	324.00
F46	2.00	1.00	5.00	1.00	32.00	112.00
F46bis	2.00	1.00	5.00	1.00	21.00	73.50
F47	2.00	1.00	5.00	1.50	102.00	357.00
F47bis	2.00	1.00	5.00	1.00	101.00	353.50
F48	2.00	1.00	5.00	1.00	105.00	367.50
F48bis	2.00	1.00	5.00	1.00	104.00	364.00
F49	2.00	1.00	5.00	1.00	213.00	745.50
F49bis	2.00	1.00	5.00	1.00	54.00	189.00
F50	2.00	1.00	5.00	1.50	208.00	728.00
F51	2.00	1.00	5.00	1.50	104.00	364.00
F52	2.00	1.00	5.00	1.00	19.00	66.50
F53	2.00	1.00	5.00	1.50	26.00	91.00
F54	2.00	1.00	5.00	1.00	28.00	98.00
F55	2.00	1.00	5.00	1.00	313.00	1095.50
F56	2.00	1.00	5.00	1.00	209.00	731.50

Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio  
acque di piattaforma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RI	ID0002 001	A	32 di 40

### Geometria fossi

ID	$b_{\text{fosso}}$ [m]	$H_{\text{fosso}}$ [m]	$b_{\text{cassonetto}}$ [m]	$h_{\text{cassonetto}}$ [m]	Lunghezza [m]	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]
F57	2.00	1.00	5.00	1.00	103.00	360.50
F58	2.00	1.00	5.00	1.00	267.00	934.50
F59	2.00	1.00	5.00	1.00	19.00	66.50
F60	2.00	1.00	5.00	1.00	133.00	465.50
F61	2.00	1.00	5.00	1.00	467.00	1634.50
F62	2.00	1.00	5.00	1.00	137.00	479.50
F63	2.00	1.00	5.00	1.00	223.00	780.50
F64	2.00	1.00	5.00	1.00	230.00	805.00
F65	2.00	1.00	5.00	1.00	10.00	35.00
F66	2.00	1.00	5.00	1.00	20.00	70.00
F67	2.00	1.00	5.00	1.00	161.00	563.50
F68	2.00	1.00	5.00	1.00	49.00	171.50
F69	2.00	1.00	5.00	1.00	23.00	80.50
F70	2.00	1.00	5.00	1.00	71.00	248.50

Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio  
acque di piattaforma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RI	ID0002 001	A	33 di 40

### Verifica fossi

ID	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]	t <sub>crit</sub> [min]	V max invasato [m <sup>3</sup> ]	Tirante max [m]	Q filt,fosso [m <sup>3</sup> /s]	t <sub>svuot</sub> [h]	Volume disperso a 48h [m <sup>3</sup> ]	Acqua in vasca a 48h [m <sup>3</sup> ]	V disp. a 48h [m <sup>3</sup> ]	Coeff. di sicurezza
F1	1268.25	1686	491.89	0.76	0.0021	64.64	365.27	126.62	1141.63	2.58
F2	64.125	1680	24.67	0.75	0.0001	64.12	18.47	6.20	57.92	2.60
F3	3961.50	1695	1555.14	0.77	0.0066	65.42	1140.96	414.18	3547.32	2.55
F4	833.63	1692	325.94	0.76	0.0014	65.16	240.09	85.85	747.78	2.56
F5	741.00	1711	296.72	0.78	0.0012	66.74	213.42	83.31	657.69	2.50
F6	1033.13	1733	425.11	0.79	0.0017	68.58	297.55	127.56	905.56	2.43
F7	641.25	1698	252.74	0.77	0.0011	65.69	184.69	68.05	573.20	2.54
F8	313.50	1702	124.06	0.77	0.0005	65.95	90.29	33.76	279.74	2.53
F9	634.13	1714	254.93	0.78	0.0011	67.00	182.64	72.29	561.84	2.49
F10	527.25	1746	220.29	0.80	0.0009	69.63	151.85	68.44	458.81	2.39
F11	648.38	1905	289.70	0.84	0.0011	74.46	186.74	102.96	545.42	2.24
F12	940.50	2036	468.27	0.92	0.0016	82.98	270.88	197.39	743.11	2.01
F13	57.00	2195	31.94	1.00	0.0001	93.38	16.42	15.52	41.48	1.78
F14	2593.50	1780	1128.88	0.83	0.0043	72.54	746.96	381.92	2211.58	2.30
F15	106.88	1940	49.20	0.86	0.0002	76.72	30.78	18.42	88.46	2.17
F16	855.00	2027	422.76	0.91	0.0014	82.41	246.25	176.51	678.49	2.02

Verifica fossi

ID	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]	t <sub>crit</sub> [min]	V max invasato [m <sup>3</sup> ]	Tirante max [m]	Q filt,fosso [m <sup>3</sup> /s]	t <sub>svuot</sub> [h]	Volume disperso a 48h [m <sup>3</sup> ]	Acqua in vasca a 48h [m <sup>3</sup> ]	V disp. a 48h [m <sup>3</sup> ]	Coeff. di sicurezza
F17	1546.13	2142	833.94	0.97	0.0026	89.89	445.30	388.64	1157.49	1.85
F18	598.50	2262	351.12	1.03	0.0010	97.77	172.38	178.75	419.75	1.70
F19	1410.75	2205	688.92	0.90	0.0026	73.25	451.46	237.46	1173.29	2.05
F20	562.88	2221	278.82	0.91	0.0010	74.30	180.13	98.70	464.18	2.02
F21	2344.13	2124	1248.07	0.96	0.0039	88.73	675.14	572.93	1771.20	1.88
F22	2386.88	1736	985.93	0.80	0.0040	68.84	687.45	298.49	2088.39	2.42
F23	726.75	1714	292.16	0.78	0.0012	67.00	209.31	82.85	643.90	2.49
F24	391.88	1702	155.07	0.77	0.0007	65.95	112.86	42.20	349.67	2.53
F25	584.25	1694	228.90	0.77	0.0010	65.29	168.27	60.62	523.63	2.55
F26	1410.75	1895	624.38	0.84	0.0024	73.76	406.31	218.06	1192.69	2.26
F27	840.75	2122	446.90	0.96	0.0014	88.59	242.15	204.76	635.99	1.88
F28	2059.13	2142	1110.64	0.97	0.0034	89.89	593.05	517.59	1541.54	1.85
F29	1446.38	1771	622.67	0.82	0.0024	71.75	416.57	206.09	1240.28	2.32
F30	1161.38	1724	472.38	0.79	0.0019	67.79	334.49	137.89	1023.48	2.46
F31	3021.00	1716	1216.86	0.78	0.0050	67.13	870.08	346.77	2674.23	2.48
F32	1068.00	1707	348.34	0.42	0.0023	41.82	399.81	0.00	1068.00	3.07

Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio  
acque di piattaforma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RI	ID0002 001	A	35 di 40

### Verifica fossi

ID	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]	t <sub>crit</sub> [min]	V max invasato [m <sup>3</sup> ]	Tirante max [m]	Q filt,fosso [m <sup>3</sup> /s]	t <sub>svuot</sub> [h]	Volume disperso a 48h [m <sup>3</sup> ]	Acqua in vasca a 48h [m <sup>3</sup> ]	V disp. a 48h [m <sup>3</sup> ]	Coeff. di sicurezza
F33	336.00	1734	113.61	0.43	0.0007	43.36	125.78	0.00	336.00	2.96
F34	692.00	1748	238.14	0.44	0.0015	44.13	259.05	0.00	692.00	2.91
F35	1224.00	1795	447.06	0.46	0.0027	46.83	458.20	0.00	1224.00	2.74
F36	192.00	1802	70.71	0.46	0.0004	47.22	71.88	0.00	192.00	2.72
F37	764.00	1761	267.52	0.44	0.0017	44.90	286.00	0.00	764.00	2.86
F38	92.00	1809	34.16	0.46	0.0002	47.61	34.44	0.00	92.00	2.69
F39	168.00	1816	62.89	0.47	0.0004	48.00	62.89	0.00	168.00	2.67
F40	272.00	1785	98.11	0.45	0.0006	46.25	101.82	0.00	272.00	2.77
F41	440.00	1717	145.49	0.42	0.0010	42.40	164.71	0.00	440.00	3.02
F42	384.00	1599	113.57	0.38	0.0008	37.92	143.75	0.00	384.00	3.38
F43	572.00	1734	193.41	0.43	0.0012	43.36	214.13	0.00	572.00	2.96
F44	624.00	1899	256.42	0.50	0.0014	52.69	233.59	22.83	601.17	2.43
F45	324.00	2679	223.17	0.76	0.0008	77.93	137.46	85.71	238.29	1.45
F46	112.00	2587	80.69	0.79	0.0003	86.60	44.72	35.96	76.04	1.39
F46bis	73.50	1534	19.35	0.36	0.0002	31.65	29.35	0.00	73.50	3.80
F47	357.00	2190	160.83	0.56	0.0009	47.38	162.92	0.00	357.00	2.22

**Verifica fossi**

ID	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]	t <sub>crit</sub> [min]	V max invasato [m <sup>3</sup> ]	Tirante max [m]	Q filt,fosso [m <sup>3</sup> /s]	t <sub>svuot</sub> [h]	Volume disperso a 48h [m <sup>3</sup> ]	Acqua in vasca a 48h [m <sup>3</sup> ]	V disp. a 48h [m <sup>3</sup> ]	Coeff. di sicurezza
F47bis	353.50	2541	247.31	0.77	0.0008	84.10	141.15	106.16	247.34	1.43
F48	367.50	2526	254.57	0.77	0.0008	83.27	146.75	107.82	259.68	1.44
F48bis	364.00	2499	247.75	0.76	0.0008	81.82	145.35	102.40	261.60	1.47
F49	745.50	2488	503.56	0.75	0.0017	81.20	297.68	205.88	539.62	1.48
F49bis	189.00	2348	115.72	0.70	0.0004	73.60	75.47	40.26	148.74	1.63
F50	728.00	2343	384.18	0.63	0.0019	55.51	332.22	51.95	676.05	1.89
F51	364.00	2283	181.03	0.60	0.0010	52.31	166.11	14.92	349.08	2.01
F52	66.50	2419	42.87	0.73	0.0002	77.49	26.55	16.31	50.19	1.55
F53	91.00	2177	40.39	0.55	0.0002	46.68	41.53	0.00	91.00	2.25
F54	98.00	2511	67.21	0.76	0.0002	82.44	39.13	28.08	69.92	1.46
F55	1095.50	2041	519.44	0.58	0.0025	57.00	437.44	82.00	1013.50	2.11
F56	731.50	1806	269.19	0.47	0.0017	44.24	292.09	0.00	731.50	2.72
F57	360.50	1862	141.83	0.50	0.0008	47.29	143.95	0.00	360.50	2.54
F58	934.50	1810	345.37	0.48	0.0022	44.43	373.15	0.00	934.50	2.71
F59	66.50	1817	24.79	0.48	0.0002	44.81	26.55	0.00	66.50	2.68
F60	465.50	1792	168.36	0.47	0.0011	43.48	185.88	0.00	465.50	2.76

Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio  
acque di piattaforma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RI	ID0002 001	A	37 di 40

### Verifica fossi

ID	Capacità max invaso [m <sup>3</sup> ]	t <sub>crit</sub> [min]	V max invasato [m <sup>3</sup> ]	Tirante max [m]	Q filt,fosso [m <sup>3</sup> /s]	t <sub>svuot</sub> [h]	Volume disperso a 48h [m <sup>3</sup> ]	Acqua in vasca a 48h [m <sup>3</sup> ]	V disp. a 48h [m <sup>3</sup> ]	Coeff. di sicurezza
F61	1634.50	1813	606.67	0.48	0.0038	44.62	652.67	0.00	1634.50	2.69
F62	479.50	1948	207.11	0.54	0.0011	51.92	191.47	15.64	463.86	2.32
F63	780.50	1998	354.82	0.56	0.0018	54.65	311.66	43.16	737.34	2.20
F64	805.00	1775	284.80	0.46	0.0019	42.53	321.44	0.00	805.00	2.83
F65	35.00	1726	11.61	0.44	0.0001	39.89	13.98	0.00	35.00	3.01
F66	70.00	1674	21.59	0.41	0.0002	37.08	27.95	0.00	70.00	3.24
F67	563.50	1674	173.81	0.41	0.0013	37.08	225.01	0.00	563.50	3.24
F68	171.50	1660	51.84	0.41	0.0004	36.33	68.48	0.00	171.50	3.31
F69	80.50	1534	21.19	0.36	0.0002	31.65	32.14	0.00	80.50	3.80
F70	248.50	1534	65.42	0.36	0.0006	31.65	99.23	0.00	248.50	3.80

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 9 ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e la laminazione superficiale. Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti, e viene descritto in via speditiva mediante un "coefficiente di deflusso" il quale rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore. Il secondo processo, influenzato dalle caratteristiche del reticolo drenante e dalla morfologia delle aree contermini, agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata.

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso, ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce un'artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato.

Ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda, e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili. L'urbanizzazione degli ultimi decenni ha configurato situazioni di rischio idraulico significative conseguentemente alla perdita di capacità di invaso del territorio connessa alla sensibile riduzione dei volumi del drenaggio minuto (scoline, fossi...).

Alla luce di quanto descritto, si pone il problema, nella pianificazione, sia di bacino che non, di adottare strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico. In particolare, è necessario limitare in futuro possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva urbanizzazione e all'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve invece prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di "invarianza idraulica" delle trasformazioni di uso del suolo (Pistocchi, 2001).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio</b> <b>acque di piattaforma</b>	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

A tal fine come espressamente dichiarato nel capitolo precedente si è provveduto a recapitare tutte le acque delle superficie concernenti la nuova piattaforma ferroviaria in sistemi di infiltrazione nel suolo senza alcun recapito alla rete esistente.

Tale soluzione scongiura ogni eventuale incremento delle portate di picco e dei volumi verificabili in situazione ante operam in ottemperanza al 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", successivamente modificato dal RR n.8 del 19/04/2019.

Oltre alla capacità di invaso e infiltrazione sono stati rispettati anche i limiti presenti sui i tempi di svuotamento del sistema di drenaggio per infiltrazione.

E' stato verificato che, una volta terminato l'evento critico di pioggia, il sistema mantenga una capacità residua tale da poter invasare un secondo evento con tempo di ritorno TR=50 anni che si verifica a 48 ore di distanza dal precedente in ottemperanza all'art.11 (*Metodologia di calcolo delle misure di invarianza idraulica e idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta*) comma f punto 2.

#### Art.11

f) 1....

2. per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati(14), il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato secondo quanto indicato alla lettera e). Il volume di laminazione calcolato secondo quanto indicato alla lettera e) deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore;

Si è proceduto allo sviluppo di tale verifica che si svolge su più livelli di approfondimento atta a valutare la pericolosità presente e potenziale sull'area e le possibili alterazioni del regime idraulico.

Nel caso in oggetto relativo ad interventi infrastrutturali di trasporto nastriforme quali ferrovia si è proceduto con la realizzazione di fossi adiacenti e paralleli al tracciato con capacità tale da soddisfare i requisiti di volume di compensazione richiesti.

Potenziando la capacità di laminazione del territorio si compensa la perdita di capacità di infiltrazione.

A seguito di quanto sopra esposto la rete di drenaggio a servizio della piattaforma ferroviaria (collettori e fossi di guardia) con recapito nei fossi di accumulo piogge e successiva infiltrazione è stata dimensionata secondo quanto riportato e indicato dalla normativa regionale in materia di invarianza idraulica e idrologica.

Il progetto del quadruplicamento ferroviario della tratta Tortona-Voghera, per quanto riguarda il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma è idrologicamente e idraulicamente compatibile con il territorio in cui si inserisce rispettando il principio dell'invarianza idraulica e idrologica.