

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**


**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA  
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA  
FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE**

FERMATE  
Fermata PIEVE EMANUELE

Relazione idraulica sistemazioni esterne

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA / DISCIPLINA	PROGR.	REV.
N M 0 Z	1 0	D	2 6	R I	F V 0 2 0 B	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRATA	novembre 2018	M. Ventura	novembre 2018	S. Borelli	novembre 2018	 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Dott. Ing. Francesco Sacchi novembre 2018 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 231/2018
File: NM0Z10D26RIFV020B001A.docx								n. Elab.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA</b> <b>QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA SISTEMAZIONI ESTERNE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIFV010B001	REV. A

## SOMMARIO


<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Riferimenti normativi .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Inquadramento fisico ed idrografico .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Analisi pluviometrica .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Stima delle portate di piena .....</b>	<b>11</b>
5.1	Metodo di trasformazione afflussi deflussi .....	11
5.2	Dimensionamento idraulico .....	15
<b>6</b>	<b>Opere di drenaggio idraulico.....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Verifica elementi idraulici .....</b>	<b>17</b>

## INDICE TABELLE

<i>Tabella 1 – Parametri delle CPP al variare del <math>T_r</math> per piogge extraorarie <math>t &gt; 1h</math> .....</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 2 – Parametri delle CPP al variare del <math>T_r</math> per piogge sub-orarie <math>t &lt; 1h</math> .....</i>	<i>10</i>

## INDICE FIGURE

<i>Figura 1 – Localizzazione intervento Fermata Locate di Triulzi .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 - Celle individuate interessate dalla ferrovia oggetto dell'intero intervento in fase1 .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 - Curve di Possibilità Pluviometrica per piogge extraorarie <math>t &gt; 1h</math> – ARPA .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4 – Curve di possibilità pluviometrica per piogge sub-orarie <math>t &lt; 1h</math>.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 – Stralcio planimetrico elaborato NM0Z10D26P8FV010B001A.....</i>	<i>17</i>

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA SISTEMAZIONI ESTERNE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIFV010B001	REV. A	LAMBRO MERIDIONALE 3 di 18

## 1 PREMESSA

Il progetto prevede il potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Milano - Genova nella tratta tra la stazione di Milano Rogoredo e la stazione di Pavia; in particolare in questa fase denominata Fase 1 il quadruplicamento della tratta avviene tra la stazione di Milano Rogoredo e la stazione di Pieve Emanuele e dal km 17+217 circa fino alla fermata di Certosa di Parma al km 21+139 circa.


Il tracciato si sviluppa prevalentemente in direzione Nord – Sud e, nel tratto iniziale fino al km 3+700, le opere in progetto sono realizzate sull'esistente rilevato ferroviario già predisposto per il quadruplicamento della linea. Di seguito la linea si sviluppa in affiancamento al rilevato esistente posizionandosi ad ovest di esso fino al km 9+360; da questo punto fino a fine intervento della fase 1 le opere in progetto si posizionano ad est del rilevato esistente contemplando pertanto anche una leggera variante della linea storica.

Dal punto di vista idraulico la tratta ferroviaria attraversa un territorio pressoché pianeggiante caratterizzato dalla presenza di una fitta rete di canali di bonifica ed irrigui.

In corrispondenza del km 9+967 circa è presente l'attraversamento del Lambro Meridionale per il quale si è fatto riferimento agli specifici studi svolti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Lo studio idrologico è finalizzato alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, che verranno assunte nelle successive verifiche idrauliche. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle costruzioni e in ottemperanza con il *Regolamento regionale 29 giugno 2018 - n. 7 Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifica dell'articolo 17 del 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")*.

Le curve di probabilità pluviometrica sono state stimate per periodi di ritorno pari a 20, 25, 100, 200 e 500 anni; per la stima delle portate di progetto per la rete di drenaggio della piattaforma ferroviaria si farà riferimento ad un tempo di ritorno  $Tr=100$  anni mentre per le opere di laminazione esterne (cassonetti drenanti, fossi in terra non rivestiti con cassonetto drenante al fondo) si utilizzerà un tempo di ritorno  $Tr=50$ anni.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA SISTEMAZIONI ESTERNE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIFV010B001	REV. A	LAMBRO MERIDIONALE 4 di 18

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto 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.
- 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”.
- 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

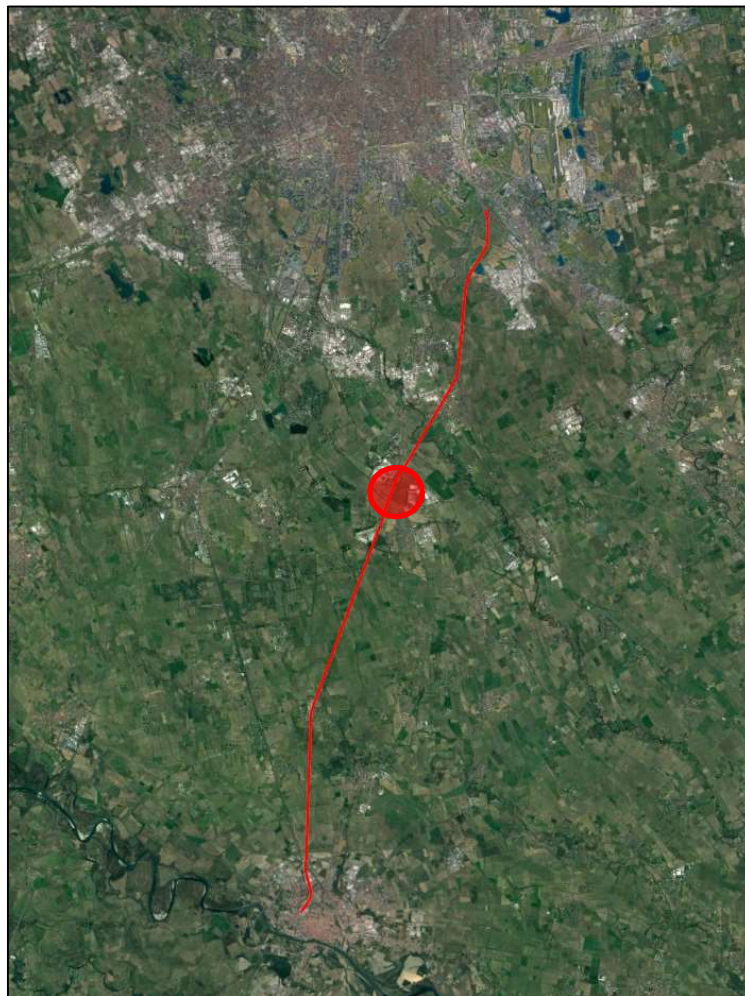
tecniche regionali in materia di trattamento degli scarichi di acque reflue in attuazione dell'articolo 3, comma 1 del Regolamento reg. 2006, n.3".

- 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)”.


### 3 INQUADRAMENTO FISICO ED IDROGRAFICO

Il tracciato si sviluppa prevalentemente in direzione Nord – Sud e, nel tratto iniziale fino al km 3+700, le opere in progetto sono realizzate sull'esistente rilevato ferroviario già predisposto per il quadruplicamento della linea. Di seguito la linea si sviluppa in affiancamento al rilevato esistente posizionandosi ad ovest di esso fino al km 9+360; da questo punto fino a fine intervento della fase 1 le opere in progetto si posizionano ad est del rilevato esistente contemplando pertanto anche una leggera variante della linea storica.

In Figura 1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di intervento della fermata Pieve Emanuele sita alla Km 10+773 (Google Heart).



*Figura 1 – Localizzazione intervento Fermata Pieve Emanuele*

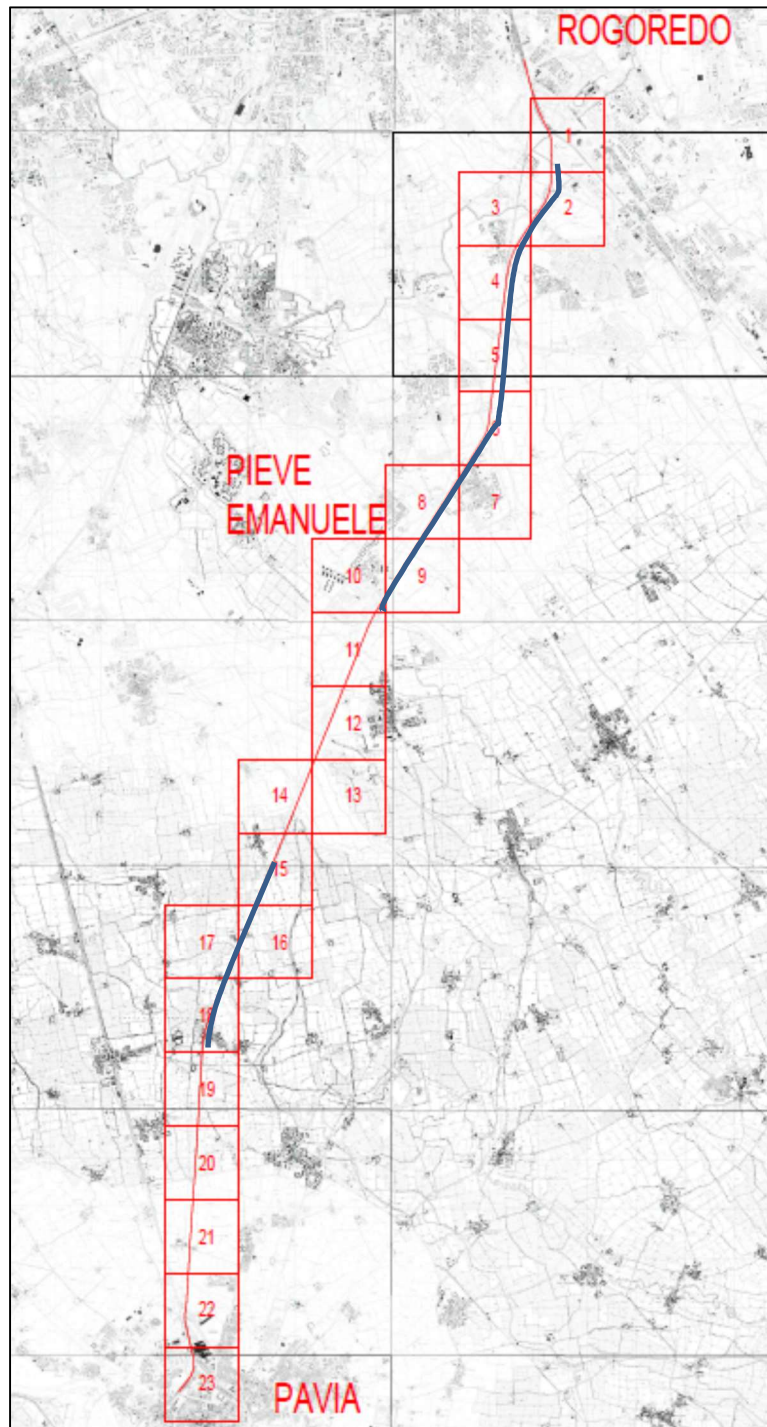
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA SISTEMAZIONI ESTERNE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIFV010B001	REV. A	LAMBRO MERIDIONALE 7 di 18

#### 4 ANALISI PLUVIOMETRICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per il dimensionamento e la verifica degli elementi idraulici componenti la rete di drenaggio delle acque di piattaforma.

Lo studio idrologico è stato svolto e illustrato nella Relazione Idrologica “NM0Z10D26RIID0002001” nella quale sono state elaborate le curve di possibilità pluviometrica sulla base degli studi idrologici prodotti dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente (ARPA) della Lombardia nello studio de “*Il regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia – Modello di previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata*” (2005)

Nella figura seguente si riportano le celle dell’ARPA interessate dal tracciato ferroviario oggetto dell’intervento; sono state numerate dal progettista per indentificare le zone.



*Figura 2 - Celle individuate interessate dalla ferrovia oggetto dell'intero intervento in fase 1*



Per l'area oggetto di intervento, con riferimento ai tempi di ritorno di 25, 50, 100, 200 e 500 anni, secondo lo studio di Arpa Lombardia si ottengono i valori per  $a$  ed  $n$  e le leggi di probabilità pluviometrica, per precipitazioni di durata superiore all'ora, di seguito riportati.

I parametri di ogni cella sono riportati nelle

Tr (anni)	a (mm/h)	n
25	53.484	0.2942
50	60.726	
100	68.270	
200	76.181	
500	87.122	

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

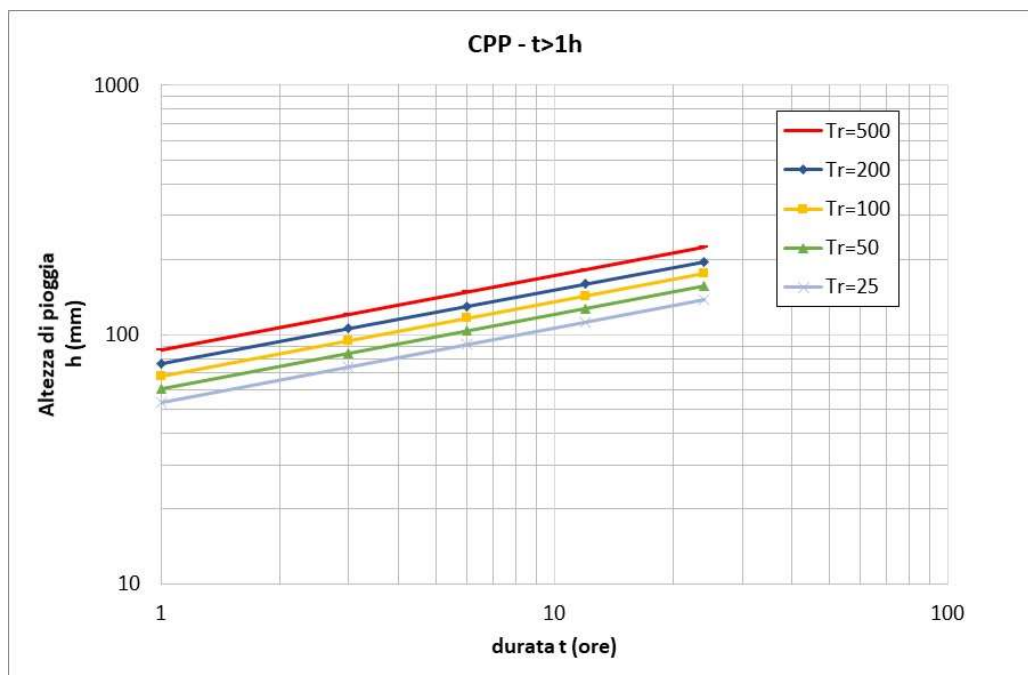


Figura 3 - Curve di Possibilità Pluviometrica per piogge extraorarie  $t > 1h$  – ARPA

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/min)	$n'$
25	8.065	0.4708
50	9.157	
100	10.281	
200	11.442	
500	13.039	

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.

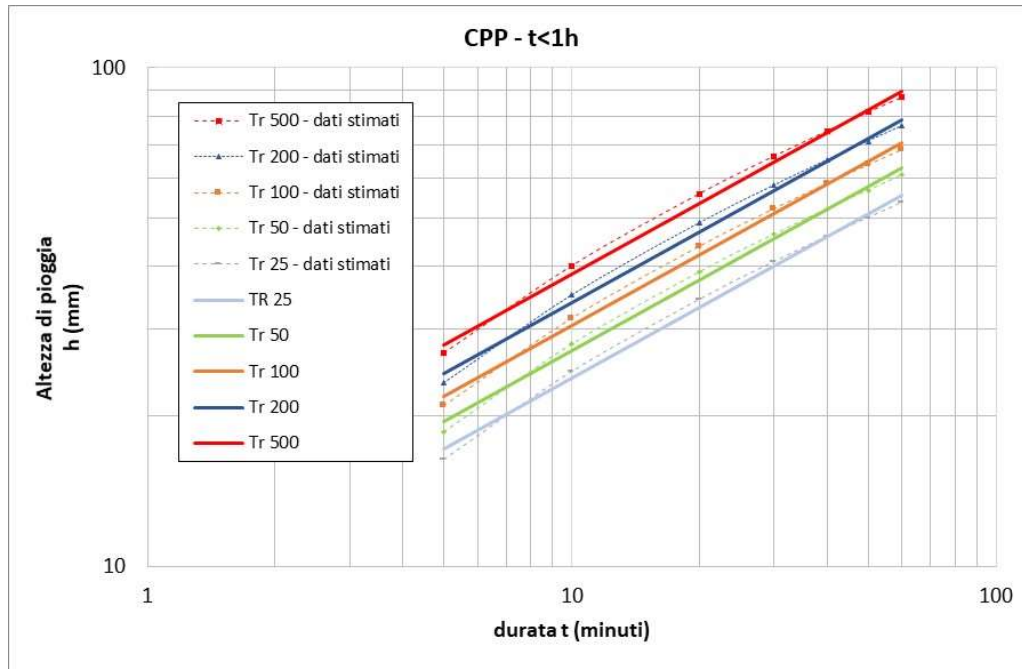



Figura 4 – Curve di possibilità pluviometrica per piogge sub-orarie  $t < 1h$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA</b> <b>QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA</b> <b>FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA SISTEMAZIONI ESTERNE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIFV010B001	REV. A	LAMBRO MERIDIONALE 11 di 18

## 5 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

Il progetto in essere necessita quindi di varie opere idrauliche che bisogna dimensionare e verificare adeguatamente. Il dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque è differente per ciascuna opera, la procedura può essere riepilogata con i seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica (Analisi idrologica);
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica (Metodo di trasformazione afflussi/deflussi);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

### 5.1 Metodo di trasformazione afflussi deflussi

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 " $\psi$ " 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,  $\varphi$  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  $\omega$  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  $\omega$ :

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

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 riempiano 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,  $\Omega$  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:

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

In cui:

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

$\varphi$ , 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 ( $m^2$ );
- $L$  (m) e  $\sigma$  ( $m^2$ ), rispettivamente, rappresentano la lunghezza e la sezione idrica nel fosso per il grado di riempimento effettivo.

In particolare  $W$  è 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.

## 5.2 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 specchi in progetto, viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad \text{Eq. 12}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V \quad \text{Eq. 13}$$

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

$$K = K_s R^{1/6} \quad \text{Eq. 14}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2} \quad \text{Eq. 15}$$

dove:

- $Q$ , portata ( $m^3/s$ )
- $i$ , pendenza media del fosso ( $m/m$ );
- $A$ , sezione idrica ( $m^2$ );

- $K_s$ , il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a  $80 \text{ mm}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$  per le tubazioni in materiale plastico, pari a  $70 \text{ mm}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$  per le canalette in cls;
- R, raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

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  $0,4 \div 0,5 \text{ m/s}$ , 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  $5 \text{ m/s}$ , 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 70% 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).

## 6 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.

Nella presente relazione sono descritte le sistemazioni idrauliche previste in progetto, per l'intercettazione ed il deflusso delle acque afferenti la piattaforma ferroviaria e la banchina la fermata di Pieve Emanuele, costituite dalle opere di raccolta e scarico delle acque meteoriche ricadenti sulla sede competente la ferrovia di progetto.

Le acque meteoriche afferenti la banchina ruscellano fino a raggiungere la piattaforma ferroviaria e sono intercettate da tubi quadri in PVC 0.16x0.16 posti trasversalmente alla linea posati sopra la fondazione del muro di banchina.

Le acque così raccolte sono recapitate a pozzetti prefabbricati in cls 1.00x1.00posti sulla banchina; da essi si dirama la rete di drenaggio costituita da collettori in PEAD Ø630 con recapito nel canale esistente posto al km 10+860.00.



Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico ove è evidenziato il sistema di drenaggio di piattaforma, in particolare si ha:

1. Tubi quadri in PVC 0.16x0.16
2. pozzetti prefabbricati in cls 1.00x1.00 h variabile da 1.90m a 3.00m passo max p=20m
3. collettori tubi PEAD Ø630

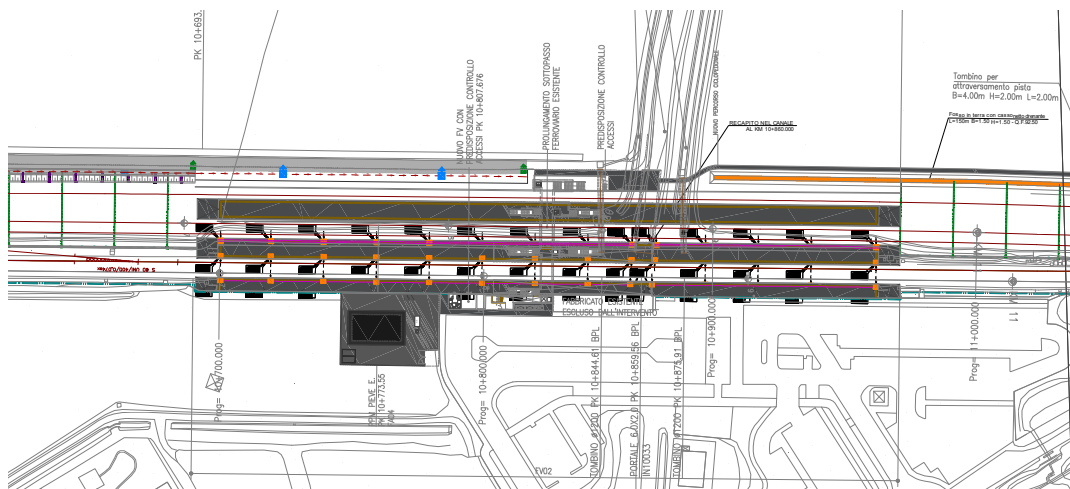


Figura 5 – Stralcio planimetrico elaborato NMOZ10D26P8FV020B001A

Per maggior dettaglio si rimanda agli elaborati specifici, in particolare:

1. NMOZ10D26P8FV020B001A – Planimetria di smaltimento acque.

## 7 VERIFICA ELEMENTI IDRAULICI

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi idraulici a servizio del sistema di drenaggio della fermata di Pieve Emanuele.

Per tutte le verifiche si è fatto riferimento alle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora.

Nella tabella riportata di seguito vengono indicate le seguenti grandezze 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
- inizio e fine elemento idraulico – progressiva di inizio e fine
- Lato - posizione elemento idraulico lato sinistro, destro o elemento interno
- 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
- $Q_+$  - portata proveniente dall'elemento idraulico precedente collegato
- $Q_{tot}$  - portata totale dell'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 (%)

Tipo	B x H - DN	Pozz.	Pozz.	K	W	u	q	L	Q <sub>+</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) – (%)
DN	630	P01	P09	0.90	0.015	329	0.489	155	-	75.8	0.05	80	0.34	67%
DN	630	P15	P24	0.90	0.0162	303	0.226	155	-	35	0.05	80	0.21	37%
DN	630	P29	P37	0.90	0.0157	313	0.297	155	-	46.1	0.05	80	0.25	46%
DN	630	P14	P10	0.90	0.0124	407	0.605	85	-	51.4	0.05	80	0.26	50%
DN	630	P28	P24	0.90	0.0134	374	0.279	85	-	23.7	0.05	80	0.17	28%
DN	630	P42	P38	0.90	0.013	386	0.367	85	-	31.2	0.05	80	0.2	34%