

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA

LINEA CREMONA MANTOVA

TRATTA PIADENA MANTOVA

NUOVA PASSERELLA CICLOPEDONALE AL KM 83+902

Relazione idrologica e idraulica

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

N M 2 5 0 3 D 2 6 R I N V 3 7 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Tipo di Emissione	G. Coppa 	Aprile 2020	M. Ventura 	Aprile 2020	M. Berlingeri 	Aprile 2020	

File: NM2503D26RINV3700001A.doc

Sommario

1. PREMESSA	2
2. INTRODUZIONE	3
3. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
4. ANALISI IDROLOGICA	6
5. STIMA DELLE PORTATE DI PIENA	9
6. OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO	14
Impalcato passerella ciclopedonale.....	15
Rilevato passerella ciclopedonale	15
Dimensionamento idraulico	15
7. COMPATIBILITA' IDRAULICA	17
Studio idrologico.....	17
Sistemazione idraulica di piattaforma.....	17
Analisi di compatibilità idraulica.....	18

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RINV3700001	REV. A	FOGLIO 2 di 30

1. PREMESSA

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

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

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

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

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

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

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

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

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RINV3700001	REV. A	FOGLIO 3 di 30

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

2. INTRODUZIONE

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

Nella presente relazione vengono riportati i criteri progettuali e le verifiche idrauliche riguardanti il drenaggio e lo smaltimento delle acque meteoriche della passerella ciclopedonale in progetto il quale prevede la realizzazione di una canaletta in cls lungo il bordo banchina lungo i rilevati ed un collettore in acciaio che corre sotto l'impalcato dell'opera. Dopo alcuni richiami su gli aspetti idrologici, si illustreranno i riferimenti normativi e le caratteristiche idrogeologiche del territorio, che costituiscono le condizioni al contorno sulla base delle quali sono state operate le scelte progettuali, di seguito illustrate.

La scelta dei tempi di ritorno è stata effettuata in conformità a quanto previsto dalle indicazioni riportate nelle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po (PAI Fiume Po), dalle Norme tecniche delle costruzioni (NTC18) e dal Manuale di Progettazione Ferroviaria 2018.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03</p>					
<p>RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RINV3700001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 30</p>

3. 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.

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RINV3700001	REV. A	FOGLIO 5 di 30

- 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)”

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03</p>					
<p>RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RINV3700001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 6 di 30</p>

4. ANALISI IDROLOGICA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

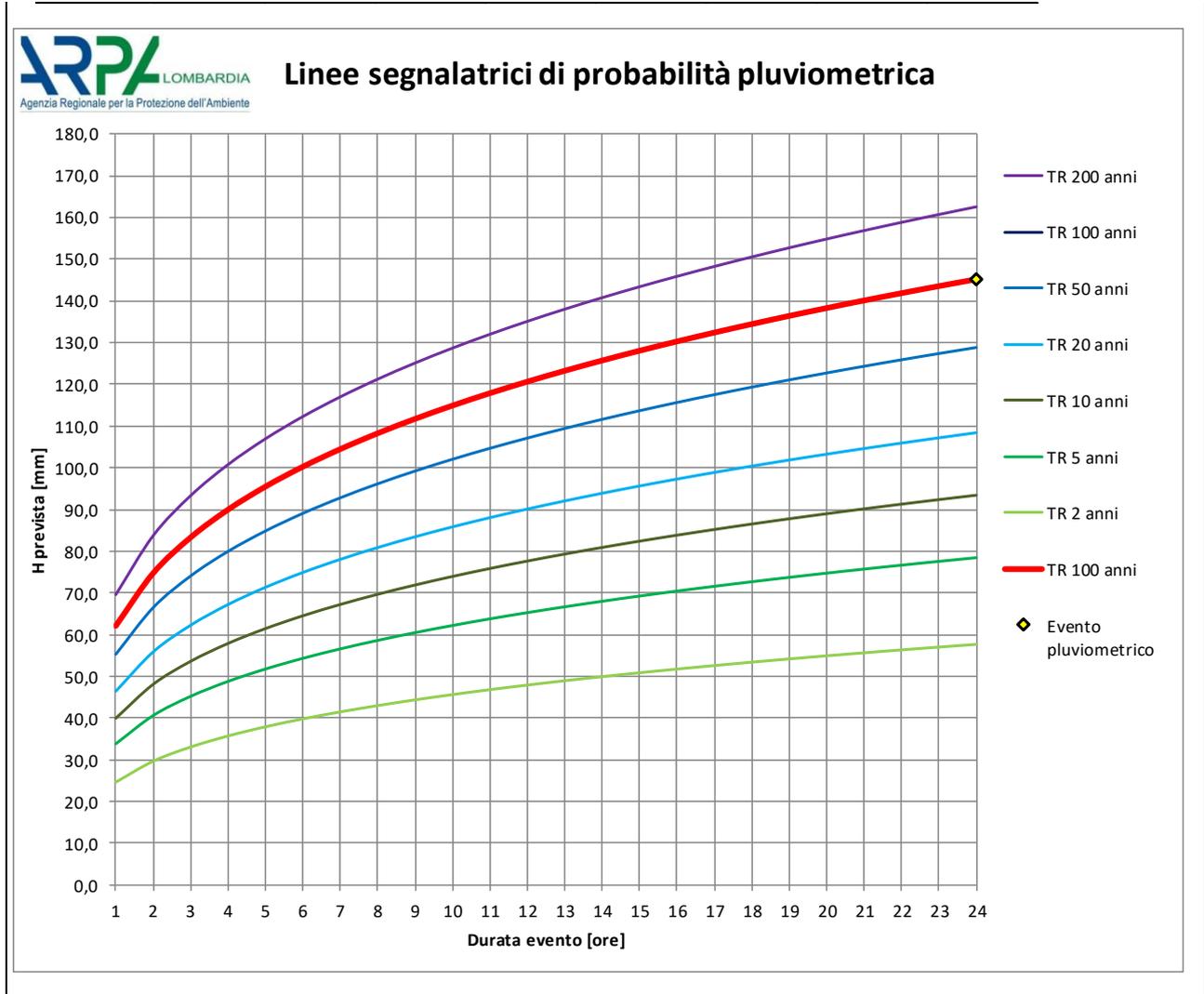


Figura 1 - LSPP ARPA Lombardia

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

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

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

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

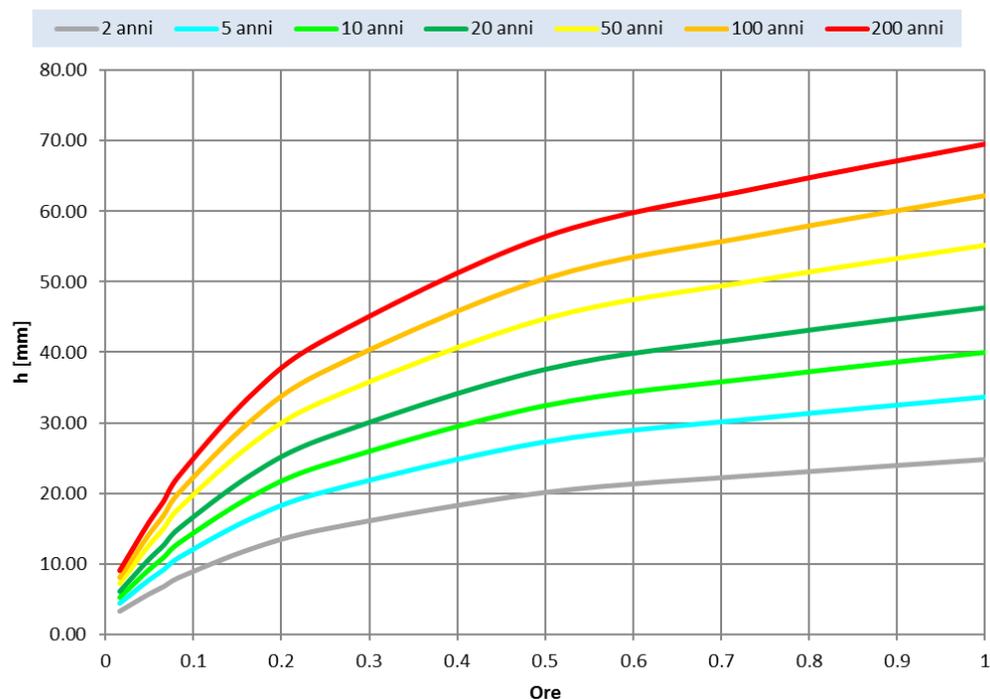


Figura 2 - Curve di possibilità pluviometrica piogge di forte intensità e breve durata

5. STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

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

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

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

METODO DELL'INVASO

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

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

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

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

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

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

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

Pertanto l'equazione di continuità in forma differenziale sarà:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme, mentre nel caso di reti, si basa su due ulteriori ipotesi: che i vari elementi si 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, Ω area della sezione a monte)

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

Con queste ipotesi semplificative si ottiene:

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

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

L'equazione di continuità diviene quindi:

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

Ovvero:

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

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

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

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

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03</p>					
<p>RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RINV3700001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 12 di 30</p>

In cui:

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

φ , coefficiente di deflusso;

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

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

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

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

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 uometrico, 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.

	CREMONA MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RINV3700001	REV. A	FOGLIO 14 di 30

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 della passerella ciclopedonale.

In funzione della sezione tipologica è stata individuata la tipologia di smaltimento delle acque di piattaforma:

- Sezioni in rilevato: è affidato a embrici e canalette trapezoidali in cls 40x40cm.
- Sezioni in cavalcaferrovia: è affidato a collettori in acciaio aventi diametro 250mm collegati alla piattaforma mediante griglie.

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÷0,5 m/s, ove possibile, al fine di evitare fenomeni di sedimentazione sul fondo che necessiti di una manutenzione più frequente dell'ordinaria;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento, per le opere idrauliche connesse alla piattaforma deve essere non superiore al 67% per elementi chiusi per evitare che la condotta possa andare in pressione; il grado di riempimento per le opere idrauliche deve essere non superiore al 50% per le condotte con DN minore di 500 mm.

Impalcato passerella ciclopedonale

La raccolta delle acque di piattaforma avviene in corrispondenza della barriera di campata di attraversamento ferrovia attraverso griglie che canalizzano le acque ai collettori in acciaio posti sotto l'impalcato.

Rilevato passerella ciclopedonale

La raccolta delle acque di piattaforma lungo il rilevato ciclopedonale avverrà mediante la realizzazione di embrici in cls con passo 10m che convoglieranno le acque meteoriche in canalette trapezoidali in cls 40x40cm.

Il recapito finale del sistema di drenaggio sarà con la ricucitura dei fossi attuali.

Dimensionamento idraulico

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

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

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

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

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

ottenendo:

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

dove:

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RINV3700001	A	16 di 30

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

DATI RETE				COLLETORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	Ks	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
0+225	0+200	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.042	14.767	1.125	531.710	14.767	10.5%	1.299
0+200	0+175	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.058	25.473	1.125	475.822	25.473	14.5%	1.347
0+175	0+150	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.070	35.340	1.125	438.529	35.340	17.6%	1.375
0+150	0+125	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.081	44.582	1.125	410.764	44.582	20.2%	1.393
0+125	0+100	25.000	0.0426	35.000	0.400	0.400	0.091	53.286	1.125	386.866	53.286	22.6%	1.385
0+100	0+075	25.000	0.0424	35.000	0.400	0.400	0.099	61.583	1.125	368.729	61.583	24.6%	1.394
0+075	0+050	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.105	69.587	1.125	355.736	69.587	26.2%	1.427
0+050	0+025	25.000	0.0439	35.000	0.400	0.400	0.111	77.293	1.125	342.505	77.293	27.8%	1.434
0+025	0+000	25.000	0.0430	35.000	0.400	0.400	0.118	84.714	1.125	329.808	84.714	29.5%	1.426
0+275	0+300	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.042	14.654	1.125	532.435	14.654	10.4%	1.299
0+300	0+325	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.058	25.370	1.125	476.268	25.370	14.5%	1.347
0+325	0+350	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.070	35.244	1.125	438.848	35.244	17.6%	1.374
0+350	0+375	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.081	44.492	1.125	411.010	44.492	20.2%	1.393
0+375	0+400	25.000	0.0424	35.000	0.400	0.400	0.091	53.196	1.125	386.844	53.196	22.6%	1.382
0+400	0+425	25.000	0.0426	35.000	0.400	0.400	0.098	61.501	1.125	369.129	61.501	24.6%	1.396
0+425	0+450	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.105	69.508	1.125	355.878	69.508	26.2%	1.427
0+450	0+475	25.000	0.0440	35.000	0.400	0.400	0.111	77.220	1.125	342.736	77.220	27.8%	1.435
0+475	0+486.68	11.680	0.0383	35.000	0.400	0.400	0.119	80.674	0.526	328.580	80.674	29.7%	1.346

Tabella 3 - Verifica canaletta trapezoidale 40x40

DATI RETE				COLLETORE					INVASO			VERIFICHE	
N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	Ks	Diam/B	Diam/H	Tirante	Q	W _p	u	Q _p	G.R.	Fr
ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[m ³]	[l/(s*ha)]	[l/s]	[%]	
0+250	0+237.20	12.800	0.0030	80.000	0.269	0.269	0.033	1.366	0.128	533.561	1.366	12.4%	0.709
0+237.20	0+225	12.200	0.0439	80.000	0.269	0.269	0.025	2.803	0.122	589.102	2.803	9.3%	2.597
0+250	0+262.7	12.700	0.0009	80.000	0.269	0.269	0.042	1.225	0.127	482.259	1.225	15.6%	0.404
0+262.7	0+275	12.300	0.0398	80.000	0.269	0.269	0.025	2.674	0.123	589.040	2.674	9.3%	2.475

Tabella 4 - Verifica collettori in acciaio

7. COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le opere in progetto fanno parte del progetto di Raddoppio della linea ferroviaria Codogno-Cremona-Mantova nel tratto Piadena – Mantova dal km 55+780 al km 89+731.83 – Lotto 3.

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura di progetto con il territorio.

Studio idrologico

Come riportato nella relazione idrologica, per la definizione delle portate di calcolo si è fatto riferimento a quanto indicato nelle normative regionali.

Sistemazione idraulica di piattaforma

Gli interventi di sistemazione per lo smaltimento delle acque meteoriche lungo la piattaforma della passerella ciclopedonale prevedono la raccolta delle acque stesse mediante la realizzazione di un sistema di canalette

Le sistemazioni idrauliche sono state progettate in generale con lo scopo di:

- assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell'infrastruttura;
- diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;

Particolari accorgimenti sono stati adottati per una corretta manutenzione delle opere, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza e, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere.

Analisi di compatibilità idraulica

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali ed in quelle riportate nelle norme Regionali, in quanto:

- il potenziamento della infrastruttura in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- L'opera in oggetto sarà realizzata sull'impronta della viabilità esistente, non è previsto quindi aumento di nuove superfici impermeabili e il recapito rimarrà inalterato rispetto alla situazione attuale, ossia a dispersione negli strati superficiali del terreno. Si ritiene quindi soddisfatta la compatibilità' rispetto all'invarianza idraulica.