

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO STRADALE

Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità

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

N M 2 5 0 3 D 2 6 R I I D 0 0 0 0 0 0 4 A

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

File: NM2503D26RIID000004A

Sommario

1. PREMESSA	2
2. INTRODUZIONE	3
3. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
4. ANALISI IDROLOGICA.....	6
3 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA	9
4 DIMENSIONAMENTO TOMBINI IDRAULICI	11
4.1 Tombini idraulici.....	11
4.2 Opera IN22	13
4.2.1 Idrologia per l’attraversamento IN60.....	13
4.2.2 Dimensionamento opera IN60	15
5 COMPATIBILITA’ IDRAULICA	19
5.1.1 Studio idrologico.....	19
5.1.2 Sistemazioni idrauliche	19
5.1.3 Analisi di compatibilità idraulica.....	20

	LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000004	REV. A	FOGLIO 2 di 20

1. PREMESSA

La presente relazione parte in

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;

	LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000004	REV. A	FOGLIO 3 di 20

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

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

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

2. INTRODUZIONE

La presente relazione parte integrante del progetto definitivo “Raddoppio Codogno-Cremona-Mantova”, illustra tutte le fasi del dimensionamento e della verifica dei manufatti idraulici di progetto che confluiranno nei ricettori finali. Le opere in esame sono tombini idraulici in cls a diverse tipologie di sezione quali opere circolari ed uno scatolare che garantiranno la continuità idraulica del reticolo idrografico intercettato dall’infrastruttura viaria. Oltre ai fossi e canali l’opera intercetta anche un corso d’acqua che hanno determinato la realizzazione di uno scatolare trapezoidale, a tal proposito la metodologia di dimensionamento e verifica, come verrà dettagliatamente illustrata nella presente relazione, ha comportato metodologie e riferimenti normativi differenti dai tombini idraulici a causa, appunto, della tipologia dell’opera che verrà realizzata.

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>LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000004</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 20</p>

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

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

	LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000004	REV. A	FOGLIO 5 di 20

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

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 $t > 1h$

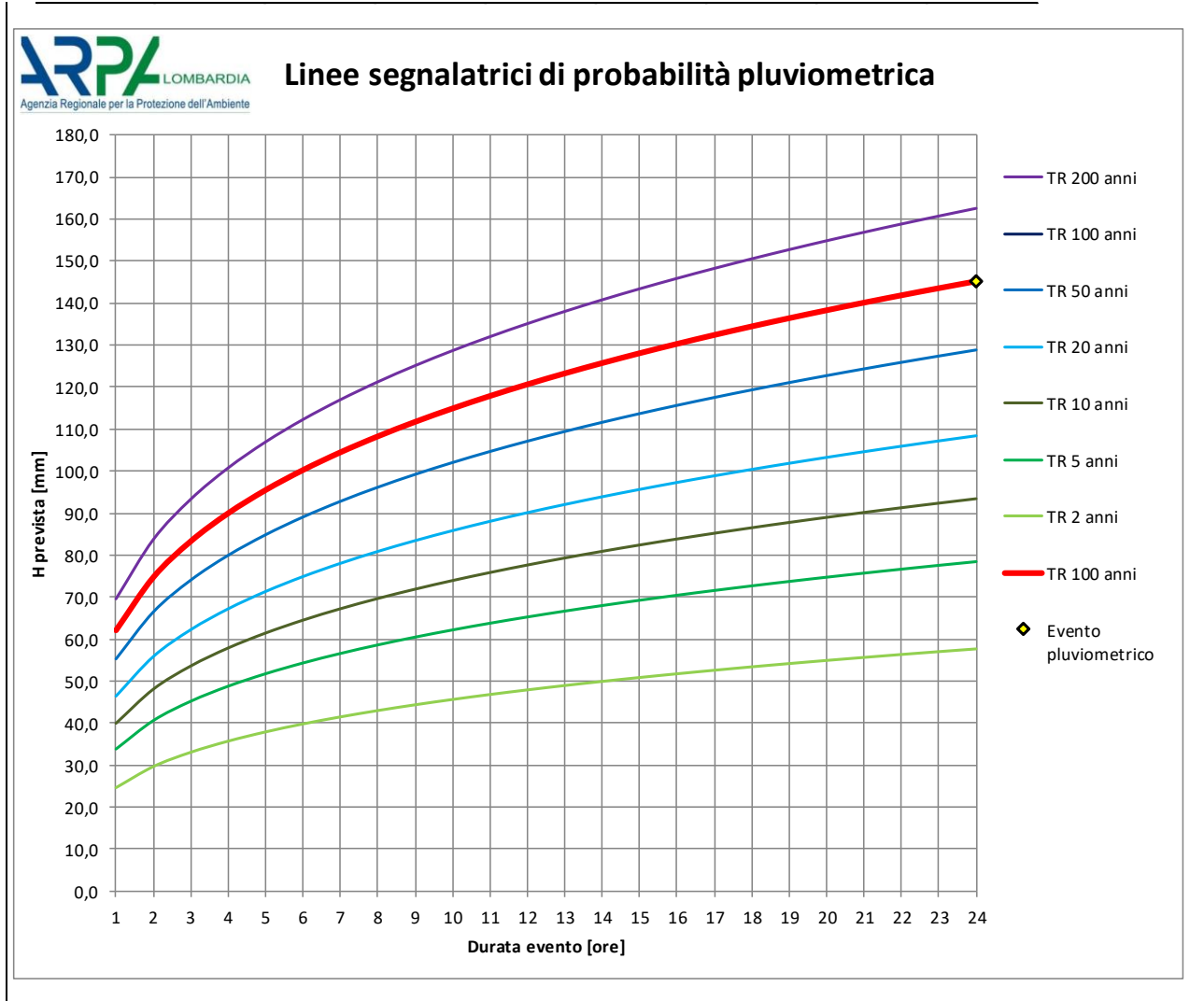


Figura 1 - LSPP ARPA Lombardia

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.

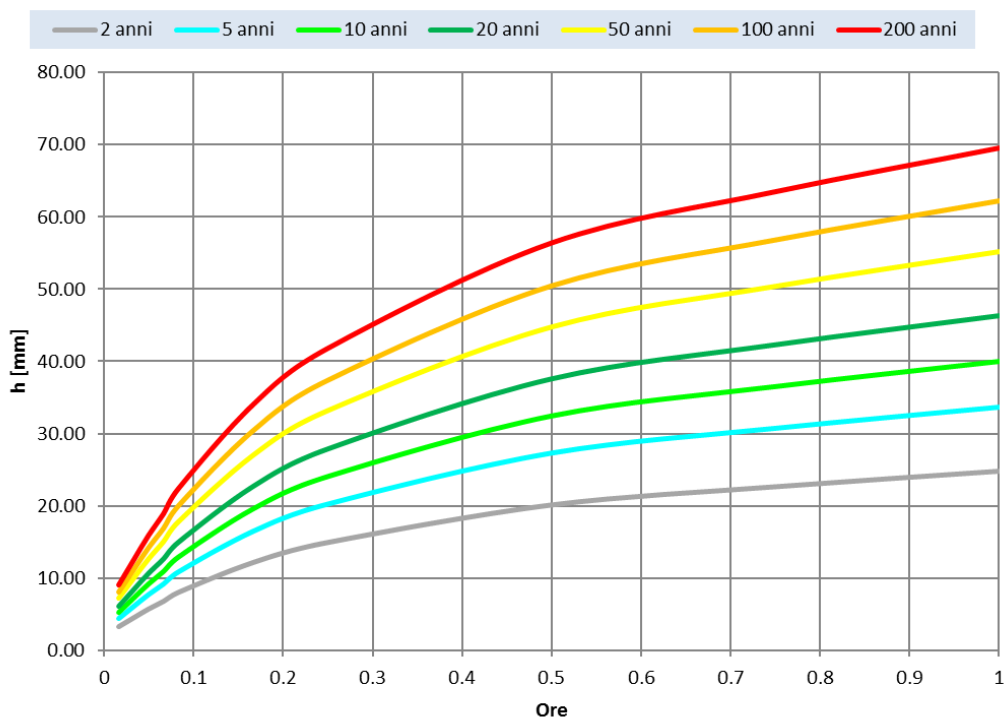


Figura 2 - Curve di possibilità pluviometrica piogge di forte intensità e breve durata

3 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

Per la stima delle portate di piena transitanti all’interno dei tombini idraulici si è fatto riferimento a due differenti metodi di trasformazione afflussi-deflussi:

- Metodo Razionale;
- Metodo SCS.

Il metodo razionale si basa sull’ipotesi che durante un evento meteorico, che inizi istantaneamente e continui con intensità costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , quando l’area di tutto il bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo Q_c è allora proporzionale al prodotto tra intensità di pioggia e area del bacino attraverso il coefficiente di afflusso ϕ . Il calcolo del tempo di corrivazione, definito come il tempo che impiega la particella di acqua idraulicamente più lontana ad arrivare alla sezione di chiusura. Stimato il tempo di concentrazione è stato individuato il coefficiente di deflusso che consente di tener conto della tipologia di terreno e di conseguenza la perdita del flusso di acqua all’interno del terreno.

Il coefficiente di deflusso ϕ è dato dal rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo e il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale:

$$C = \frac{P_e}{P}$$

Per bacini di ridotte dimensioni, sono stati assunti i valori dei coefficienti di afflusso C e le percentuali di ripartizione tra aree boschive, aree ad uso agricolo e aree urbanizzate, sulla base dei valori riportati nella tabella seguente e da cui deriva un valore stimato di $C=0.30$.

Il calcolo della portata è così definito:

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

Il CN (Curve Number) è un parametro sintetico che esprime l’attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale) proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972. Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione. Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall’equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell’afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l’intero evento preso in considerazione resti invariata la relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale.

Lo sviluppo successivo ha richiesto la stima della portata massima adottando come forzante del bacino una pioggia netta desunta dal metodo del Curve Number introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Il volume specifico di pioggia netta P_e , dall’inizio dell’evento meteorico fino all’istante generico t è legato al volume specifico di pioggia lorda P caduta nel medesimo intervallo temporale. Come per il metodo razionale, anche in questo caso si è stimato un valore del CN medio per i sottobacini BC01 e BC02 in quanto ricadevano in aree diversamente permeabili, mentre per i bacini minori si è individuato direttamente il Curve Number. Tale operazione è stata eseguita utilizzando i dati del Corine Land Cover 2012 IV livello e ricavando il corrispettivo Curve Number, tale tabella ci fornisce il CN(II) che a sua volta è stato utilizzato per stimare il CN(III) che nel caso in esame è pari a 85.54.

Il calcolo della portata è così definito:

$$Q = \frac{0.208 \cdot h_n \cdot A}{t_a}$$

4 DIMENSIONAMENTO TOMBINI IDRAULICI

Per il calcolo e la verifica dei tombini idraulici lungo la viabilità, si è proceduto individuando le varie tipologie di fossi attraversati dalle nuove viabilità determinandone le attuali dimensioni. Tale studio ha evidenziato che le sezioni utili attuali sono comprese tra i 0.60m e 1.20m, si è deciso di realizzare tombini idraulici a sezione circolare in cls di diametro $\Phi 1500$.

È stata calcolata la portata massima per tale sezione imponendo un riempimento del 67% come previsto delle NTC2018 ed una pendenza minima del 2‰ come riportato nel manuale di progettazione RFI. Per poter stimare tale portata si è uguagliata la portata massima smaltibile dal collettore utilizzando la formulazione di Chezy ed uguagliandola alla portata calcolabile con il metodo razionale si è riuscita ad individuare, in funzione del coefficiente di deflusso medio pari a 0.33, l'area massima del bacino drenato. Tale area è pari a 61ha. Il passo successivo è stato quello di individuare le aree di pertinenza dei vari tombini e confrontarle con la suddetta area, tale confronto ha evidenziato che tutti gli attraversamenti idraulici, sono sottesi a bacini con superficie inferiore a 61ha, pertanto possono essere realizzati mediante l'utilizzo di sezioni circolari in cls $\Phi 1500$.

4.1 Tombini idraulici

Il calcolo di progetto della dimensione dei tombini si è basato nel rispetto delle normative vigenti ed in particolare:

- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008);
- Circolare 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP.;
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.

Seguendo quanto riportato nelle suddette normative si è provveduto alla verifica dei manufatti idraulici garantendone:

- la capacità di far defluire la portata stimata per il tempo di ritorno $Tr=200$ anni;
- un grado di riempimento GR, rapporto tra l'altezza liquida ed il diametro interno del tombino, deve essere minore o uguale al 67% relativamente alle dimensioni del tubolare utilizzato;
- il tombino non deve andare in pressione;

**RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI
 MINORI – VIABILITA'**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000004	A	12 di 20

- la velocità di sbocco deve mantenersi al di sotto di un valore massimo cautelativo per evitare fenomeni erosivi localizzati.
- La dimensione minima per i tombini deve essere ϕ 1500 per i circolari così come previsto dal manuale di progettazione Italferr;
- Pendenza minima del tombino pari al 2‰ come previsto dal manuale di progettazione Italferr;

T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	2.22	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	85.53	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0.33	----	coefficiente di permeabilità
A	0.61	[km ²]	area bacino
i	0.20%	[---]	pendenza bacino
Q	2.16	[m ³ /s]	Portata

Tabella 3 - Stima bacino massimo

pendenza	Φ m	tirante idrico m	grado di riempimento %	Scabrezza	Qmax colettore m ³ /s	Q m ³ /s	Velocità m/s	Area bagnata m ²	Perimetro bagnato m	Raggio idraulico m
0.002	1.5	1.0	67%	67	2.16	2.16	1.72	1.25	2.87	0.437

Tabella 4 - Portata massima

4.2 Opera IN22

L’opera IN22 è costituita da una struttura scatolare a sezione trapezia in c.a. per poter garantire la continuità idraulica del canale Diversivo Magio. Tale canale consente sia l’irrigazione dei campi limitrofi che il drenaggio urbano della città di Piadena. Tale canale ha una portata irrigua regolamentata pari a 250 l/s, tuttavia per poter dimensionare e verificare idraulicamente l’opera di attraversamento è stato fatto uno studio idrologico ad-hoc come descritto nel paragrafo 4.2.1.

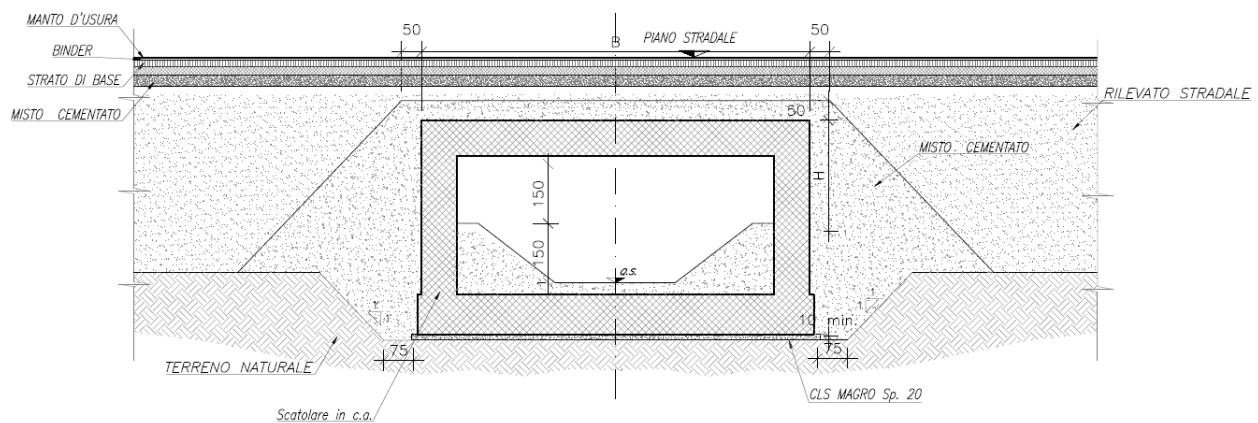


Figura 3 - Sezione IN60

4.2.1 Idrologia per l’attraversamento IN60

Per la stima della portata di piena transitante all’interno dell’opera si è fatto riferimento a due differenti metodi di trasformazione afflussi-deflussi:

- Metodo Razionale;
- Metodo SCS.

Il metodo razionale si basa sull’ipotesi che durante un evento meteorico, che inizi istantaneamente e continui con intensità costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , quando l’area di tutto il bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo Q_c è allora proporzionale al prodotto tra intensità di pioggia e area del bacino attraverso il coefficiente di afflusso ϕ . Il calcolo del tempo di corrivazione, definito come il tempo che impiega la particella di acqua idraulicamente più lontana ad arrivare alla sezione di chiusura. Stimato il tempo di

concentrazione è stato individuato il coefficiente di deflusso che consente di tener conto della tipologia di terreno e di conseguenza la perdita del flusso di acqua all’interno del terreno.

Il coefficiente di deflusso ϕ è dato dal rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo e il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale:

$$C = \frac{P_e}{P}$$

Per il bacino in esame è stato assunto un valore del coefficiente di afflusso C e le percentuali di ripartizione tra aree boschive, aree ad uso agricolo e aree urbanizzate, sulla base dei valori riportati nella tabella seguente e da cui deriva un valore stimato di C=0.30.

Il calcolo della portata è così definito:

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

Il CN (Curve Number) è un parametro sintetico che esprime l’attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale) proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972. Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione. Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall’equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell’afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l’intero evento preso in considerazione resti invariata la relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale.

Lo sviluppo successivo ha richiesto la stima della portata massima adottando come forzante del bacino una pioggia netta desunta dal metodo del Curve Number introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Il volume specifico di pioggia netta P_e , dall’inizio dell’evento meteorico fino all’istante generico t è legato al volume specifico di pioggia lorda P caduta nel medesimo intervallo temporale. Come per il metodo razionale, anche in questo caso si è stimato un valore del CN medio

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26</p>	<p>DOCUMENTO RIID0000004</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 15 di 20</p>

per il bacino in quanto ricade in aree diversamente permeabili. Tale operazione è stata eseguita utilizzando i dati del Corine Land Cover 2012 IV livello e ricavando il corrispettivo Curve Number, tale tabella ci fornisce il CN(II) che a sua volta è stato utilizzato per stimare il CN(III) che nel caso in esame è pari a 97.76.

Il calcolo della portata è così definito:

$$Q = \frac{0.208 \cdot h_n \cdot A}{t_a}$$

4.2.2 Dimensionamento opera IN60

Il calcolo di progetto della dimensione dell'opera si è basato nel rispetto delle normative vigenti ed in particolare:

- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008);
- Circolare 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP.;
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.

Seguendo quanto riportato nelle suddette normative si è provveduto alla verifica del manufatto idraulico garantendone:

- la capacità di far defluire la portata stimata per il tempo di ritorno $T_r=200$ anni;
- l'opera non deve andare in pressione;
- la velocità di sbocco deve mantenersi al di sotto di un valore massimo cautelativo per evitare fenomeni erosivi localizzati.
- Franco di sicurezza minimo tra livello massimo di piena ed estradosso dell'impalcato pari a 1,50m.

**RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI
MINORI – VIABILITA’**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000002	A	16 di 14



Figura 4 - Bacino IN60

T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	95	----	Curve number AMCII
CN(III)	97.76	----	Curve number AMCIII
t_c	3.95	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	99.76	[mm]	pioggia lorda
S	5.81	[mm]	potenziale di assorbimento
l_a	1.16	[mm]	Perdite iniziali
h_n	93.1	[mm]	pioggia netta
P	0.12	[%]	pendenza bacino
t_L	2.37	[ore]	tempo di ritardo
t_p	3.95	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	4.35	[ore]	tempo di accumulo
Q	4.45	[m ³ /s]	Portata

Tabella 5 - Portata stimata con il metodo SCS

T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	3.34	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	95.41	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0.30	----	coefficiente di permeabilità
A	1.14	[km ²]	area bacino
Q	2.70	[m ³ /s]	Portata

Tabella 6 - Portata stimata con il metodo razionale

**RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI
 MINORI – VIABILITA'**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000002	A	18 di 20

In via cautelativa si è deciso di verificare l'attraversamento idraulico utilizzando la massima portata calcolata con i due metodi.

ID OPERA	pendenza	b m	B m	tirante idrico m	Scabrezza	Qmax smaltibile m ³ /s	Velocità m/s	Area bagnata m ²	Perimetro bagnato m	Raggio idraulico m
IN60	0.002	3.10	8.00	1.50	30	7.68	1.26	6.10	6.71	0.91

Tabella 7 - Verifica idraulica

La verifica è stata effettuata utilizzando la portata idrologica rispetto a quella irrigua in quanto quest'ultima era irrisoria rispetto a quanto studiato idrologicamente.

Come si evince dalla tabella sopra riportata, la capacità idraulica massima di smaltimento del canale risulta superiore alla portata idrologica massima calcolata (4,45 m³/s).

In via cautelativa, il livello idrico utilizzato per verificare il franco di sicurezza con l'impalcato è quello a rive piene, cioè canale riempito al 100%. Essendo la quota di riempimento pari a 31.10 m s.l.m., la quota dell'intradosso dell'impalcato è stata fissata pari a 32.60 m s.l.m..

Date le caratteristiche morfologiche dei territori attraversati (prevalentemente pianeggianti), le caratteristiche geologiche (materiali a matrice prevalentemente fine) e la scarsa presenza di vegetazione arbustiva naturale lungo le sponde, non si ritiene siano da considerare accorgimenti per l'intercettazione di corpi flottanti o l'intasamento delle opere. Inoltre, il territorio attraversato risulta per la quasi totalità costituito da un reticolo idrografico artificiale realizzato a scopo agricolo, la cui gestione e manutenzione è affidata a consorzi privati a cui è affidata l'attività di presidio ed ispezione per garantire l'efficienza idraulica dei canali.

	LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000002	REV. A	FOGLIO 19 di 20

5 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 ed è stata analizzata la sicurezza del corpo stradale, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio idraulico più opportuni, garantendo la minima interferenza delle opere ferroviarie con il normale deflusso delle acque.

5.1.1 Studio idrologico

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

5.1.2 Sistemazioni idrauliche

Gli interventi di sistemazione ripropongono la sagoma delle sezioni attuali d’alveo, e incidono solo limitatamente sulle pendenze longitudinali dei corsi d’acqua e dei canali irrigui interferiti.

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

- assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell’infrastruttura viaria;
- 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;
- assicurarsi che l’evoluzione della livelletta del fosso, non approfondisca l’incisione esistente in corrispondenza dell’opera di attraversamento;
- impedire divagazioni che possano andare ad interessare le opere di fondazione delle pile o delle spalle;

	LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO – PIADENA -MANTOVA LOTTO 03					
RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI – VIABILITA’	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0000002	REV. A	FOGLIO 20 di 20

- assicurarsi che l’evoluzione della livelletta d’alveo, non approfondisca l’incisione esistente in corrispondenza dell’opera di attraversamento;
- evitare le conseguenze derivanti dai fenomeni di erosione localizzata.

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.

5.1.3 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 viaria in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- gli attraversamenti viari in progetto sono trasparenti al corso d’acqua e non aumentano l’estensione delle aree soggette ad allagamento;

Nel caso in esame è stato effettuato uno studio in funzione delle mappe di pericolosità idraulica fornite dal PGRA valutando il volume sottratto all’area di piena, nel caso in esame è risultato trascurabile il volume del rilevato viario rispetto al volume di esondazione della piena del Fiume Oglio, pertanto la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.

In funzione delle norme Attuative del PAI che prevedono, all'interno delle Fasce A e B la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell’ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo.

Per quanto riguarda il progetto in esame non comporta variazioni o riduzioni delle aree inondabili e che comunque garantisce la trasparenza idraulica mediante la realizzazione di nuovi tombini ed attraversamenti adeguati alle normative vigenti (NTC2018 e circolare 2019).

**RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI
MINORI – VIABILITA’**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26	RIID0000002	A	21 di 20

Alla luce delle suddette considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.