

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

IDROLOGIA E IDRAULICA GENERALE

Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità

SCALA:

-

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 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima Emissione	G. Coppa	Aprile 2020	M. Ventura	Aprile 2020	M. Berlingeri	Aprile 2020	A. Perego Giugno 2022
B	Revisione per prescrizioni MITE MIC	A. Figgiaconi <i>A. Figgiaconi</i>	Giugno 2022	S. Scafa <i>S. Scafa</i>	Giugno 2022	M. Berlingeri <i>M. Berlingeri</i>	Giugno 2022	



File: NM2503D26RIID0000004B.doc

MANTOVA
R. Lab.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B	FOGLIO 1 di 34

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3.	ANALISI IDROLOGICA.....	5
4.	INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO E UBICAZIONE NUOVI MANUFATTI	7
5.	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.....	13
4.1	STIMA PORTATA DI PICCO PER IN60, IN65 E IN70.....	13
4.2	STIMA DELLA PORTATA NEI CANALI IRRIGUI O FOSSI PRIVATI INTERFERITI.....	15
4.3	VERIFICA ATTRAVERSAMENTI DI PROGETTO IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE	15
6.	DIMENSIONAMENTO ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI	18
4.4	PORTATA DI PIENA PER GLI ATTRAVERSAMENTI IN60, IN65 E IN70.....	18
4.5	PORTATA ALLO STATO DI FATTO MANUFATTI INTERFERITI	20
4.6	VERIFICA NUOVI MANUFATTI	22
7.	COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	27
4.7	PAI.....	27
4.8	PGRA	30
4.9	ANALISI DI COMPATIBILITÀ	32

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

1. PREMESSA

La presente relazione idraulica costituisce parte integrante del progetto definitivo “Raddoppio Codogno-Cremona-Mantova”.

Il presente Progetto Definitivo, comprende gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^ 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^ 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.

Il progetto prevede, nell’ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, l’adeguamento e la realizzazione di nuove viabilità. Rimandando alle relazioni tecniche descrittive delle varie viabilità per maggiori informazioni, si riporta a seguire uno stralcio su ortofoto del tracciato delle infrastrutture di progetto, in rosso quelle stradali e in viola quella ferroviaria.

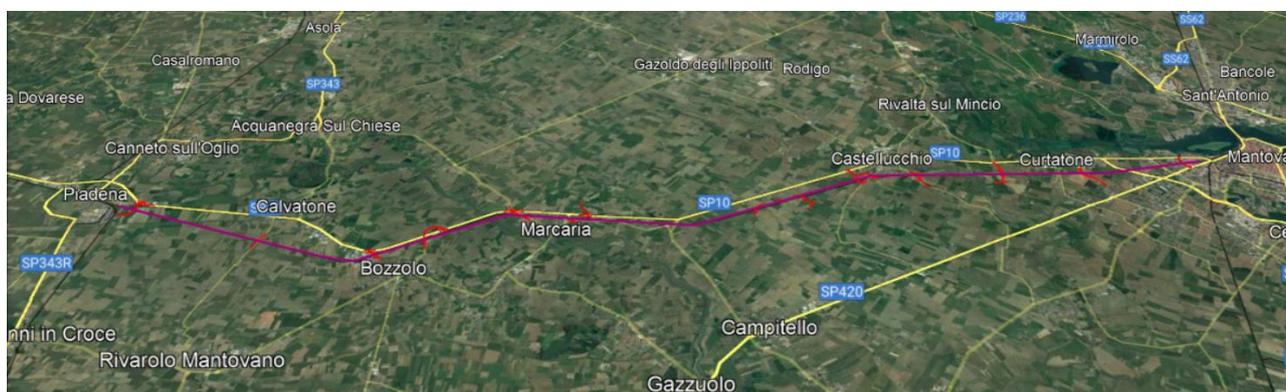


Figura 1 Inquadramento area di progetto

Nel documento verranno illustrate tutte le fasi del dimensionamento e della verifica delle opere atte a risolvere le interferenze riscontrate tra le viabilità di progetto e i corsi d’acqua, canali irrigui o altri manufatti idraulici esistenti. Al fine di garantire la continuità idraulica del reticolo idrografico intercettato, saranno previsti tombini in cls a sezioni circolari di diametro DN 1500mm e scatolari di dimensioni interne 2x1.5m e 2x1m. Oltre a tali tombini, il progetto prevede un cavalcafosso di DN800mm in corrispondenza della NV30 e la realizzazione di uno scatolare trapezio in ca di base interna fino a 8m e altezza utile fino a 3.4m, rendendo così compatibile la nuova viabilità NV22 con il canale Diversino Magio.

Trattandosi di un reticolo di tipo irriguo oppure di fossi privati non risulta possibile stabilire un valore di portata transitante nei canali legata ad un determinato tempo di ritorno. Il criterio di dimensionamento delle nuove opere si basa quindi sul mantenimento delle capacità di deflusso di quelle esistenti. Nello specifico, è stata rilevata la sezione delle opere esistenti ed è stata stimata la portata transitante in caso di riempimento del 100%. Tale portata è stata assunta alla base del dimensionamento delle nuove opere, prevedendo un grado di riempimento pari ai 2/3 della sezione utile al deflusso.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

Per quanto riguarda l'attraversamento con il canale Diversino Magio (IN60), è stato delimitato il suo bacino scolante ed è stata stimata la sua portata di piena con tempo di ritorno T_r pari a 200anni. Oltre a tale interferenza, si è scelto di delimitare il bacino imbrifero e quindi di stimare al protata per T_r 200anni anche per gli attraversamenti dei canali identificati con IN65 e IN70. 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, dalle Norme tecniche delle costruzioni e smi (NTC18) e dal Manuale di Progettazione Ferroviaria agg.2020.

A seguire si riporta l'elenco degli elaborati relativi agli aspetti idraulici delle nuove viabilità.

Elaborato	Codifica
Relazione idraulica attraversamenti minori stradali	NM2503D26RIID0000004B
Relazione di calcolo tombini stradali circolari	NM2503D26CLIN0000001A
Relazione di calcolo tombini stradali scatolari	NM2503D26CLIN0000002A
Relazione di calcolo IN60 - Tombino idraulico su NV22	NM2503D26CLIN6000001B
Carpenteria tombini circolari	NM2503D26PZIN0000001A
Carpenteria tombini scatolari	NM2503D26PZIN0000002A
IN60 - Tombino idraulico NV22 - Pianta e sezioni	NM2503D26PZIN6000001B

Tabella 1 Elenco elaborati riguardanti i manufatti di attraversamento della nuova sede viaria

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B	FOGLIO 4 di 34

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- 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".
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- 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.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.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato al 2020 RFI DTC SI CS MA IFS 001 E.
- 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.
- D.M. 17 Gennaio 2018 Aggiornamento delle ««Norme tecniche per le costruzioni»» (G.U.n.42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale).
- Circolare 21 gennaio 2019 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale).
- 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 secondo ciclo (PGRA 2021) adottato in data 29 dicembre 2020 con Deliberazione n.3 la Conferenza Istituzionale Permanente.
- 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".
- 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

3. ANALISI IDROLOGICA

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento dell'attraversamento sul canale Diversino Magio è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione ferroviaria RFI e dall'Aggiornamento delle Norme tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Le verifiche e i dimensionamenti degli attraversamenti idraulici sono stati effettuati quindi considerando eventi con un tempo di ritorno di 200 anni, per completezza si riporta a seguire la prescrizione dell'art.C5.1.2.3 “Compatibilità idraulica” delle NTC 2018:

C5.1.2.3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA Ai fini dell'applicazione del punto 5.1.2.3 della Norma, s'intende per alveo la sezione occupata dal deflusso della portata di piena di progetto. Quest'ultima è a sua volta caratterizzata da un tempo di ritorno pari a $Tr = 200$ anni, dovendosi intendere tale valore quale il più appropriato da scegliere, non escludendo tuttavia valori anche maggiori che devono però essere adeguatamente motivati e giustificati.
--

La tabella seguente sintetizza la scelta del tempo di ritorno per tipologia di opere indicata nel Manuale di Progettazione cod. RFIDTCSICSMAIFS001E:

<ul style="list-style-type: none"> Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..): 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tr [anni]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Linea ferroviaria</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Deviazione stradali</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>		Tr [anni]	Linea ferroviaria	100	Deviazione stradali	25
	Tr [anni]						
Linea ferroviaria	100						
Deviazione stradali	25						
<ul style="list-style-type: none"> Fossi di guardia: 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tr [anni]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Linea ferroviaria</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Deviazione stradali</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>		Tr [anni]	Linea ferroviaria	100	Deviazione stradali	25
	Tr [anni]						
Linea ferroviaria	100						
Deviazione stradali	25						

Di seguito si riepilogano i parametri delle LSPP di progetto per eventi meteorici con durate inferiori e superiori all'ora per tempo di ritorno pari a 200anni.

Per durate d inferiori a 1 ora:

- Tr_{200} anni $h=93.45d^{0.464}$

Per durate d superiori a 1 ora:

- Tr_{200} anni per durate fino a 8ore $h=93.45d^{0.177}$ Per durate maggiori $h=84.20d^{0.226}$

Nel caso specifico per la rete dei canali irrigui risulta di difficile determinazione una classificazione idrologica e pertanto non sono applicabili i classici metodi riportati in letteratura idraulica per la stima delle portate; poiché la rete irrigua comprende tutto il territorio in cui si sviluppa il progetto ed essendo essa regolata artificialmente dall'uomo è praticamente impossibile determinare un valore di portata in funzione dell'analisi idrologica e allo stesso tempo non è fattibile perimetrare un bacino imbrifero definendo le sue grandezze caratteristiche (altezza massima, altezza minima, altezza media, area, lunghezza asta fluviale, pendenza media).

Le opere di attraversamento minore (tombini) sono state pertanto progettate nel rispetto del concetto di equivalenza idraulica con le attuali opere di attraversamento e delle sezioni dei canali esistenti.

Le condizioni alla base del dimensionamento sono:

- Canali con larghezza uguale o superiore alla larghezza del canale esistente;

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B	FOGLIO 6 di 34

- Opere di attraversamento con dimensioni uguali o maggiori degli attuali tombini fermo restando il rispetto del p.to 1;
- Dimensione sufficiente al convogliamento della portata massima defluibile nel canale al massimo grado di riempimento in condizione di moto uniforme.
- La portata transitante nelle opere di progetto non sarà inferiore a 250 l/s, essendo questa la portata irrigua regolamentata.

Per la stima della portata defluente in un tombino si fa riferimento al canale irriguo di sua competenza adottando il valore della portata associato al massimo grado di riempimento. La portata delle opere esistenti è stata stimata sotto l'ipotesi di moto uniforme con pendenza rilevata, ove possibile, dai rilievi celerimetrico aerofotogrammetrici altrimenti, data la conformazione territoriale dell'area di progetto situata in una zona pianeggiante, con pendenza pari a 0.20%.

La portata così ottenuta è stata utilizzata alla base del dimensionamento delle nuove opere, prevedendo un riempimento pari ai 2/3 della sezione utile al deflusso.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

4. INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO E UBICAZIONE NUOVI MANUFATTI

L'area interessata dal presente lavoro si colloca nella parte meridionale della Regione Lombardia, tra le province di Cremona e Mantova, nei territori del Comune di Piadena Drizzona, Tornata, Bozzolo, Marcaria, Castellucchio, Curatone e Mantova.

Il territorio della provincia di Cremona confina a est con l'Oglio, a sud con il fiume Po, a ovest con l'Adda e a nord con la provincia di Bergamo. È una zona pianeggiante e modellata dalle valli fluviali.

Il territorio della provincia di Mantova sul quale ricade il progetto è il medio mantovano, area pianeggiante attraversata dal Mincio e confinata a sud dal Po e il territorio dell'Oglio, a cavallo tra la provincia in questione e il confinante territorio provinciale di Cremona.

La morfologia dell'area è prettamente pianeggiante, collocata nel pieno della Pianura Padana.

L'immagine seguente mostra in rosso le viabilità di progetto oggetto di raddoppio e in nero i confini comunali.

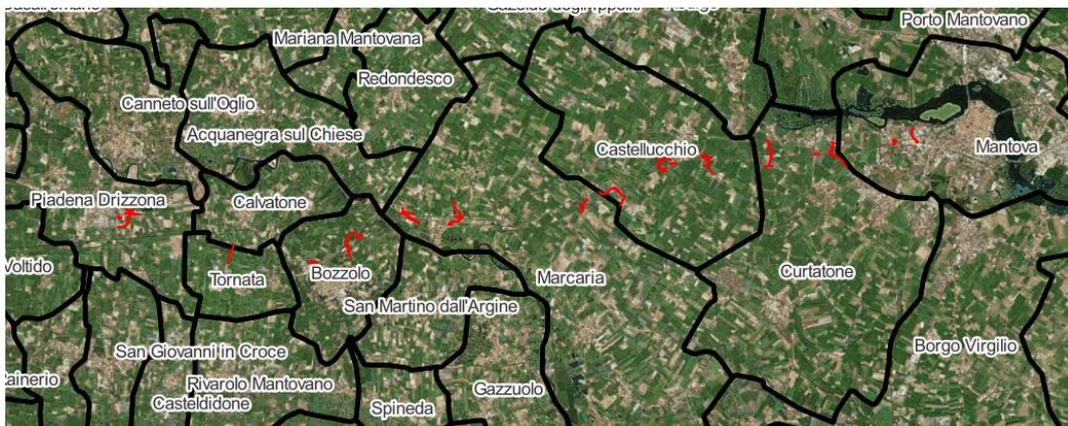


Figura 2 Inquadramento area di intervento – in rosso nuove viabilità

Le nuove viabilità ricadono nei bacini del Fiume Oglio e Mincio, sottobacini del Fiume Po'. A seguire si riportano degli stralci della suddivisione in bacini nell'intorno delle viabilità di progetto, queste ultime segnate in rosso.

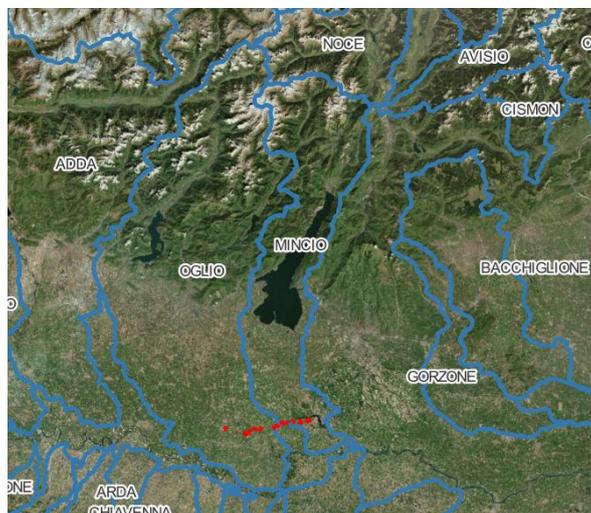
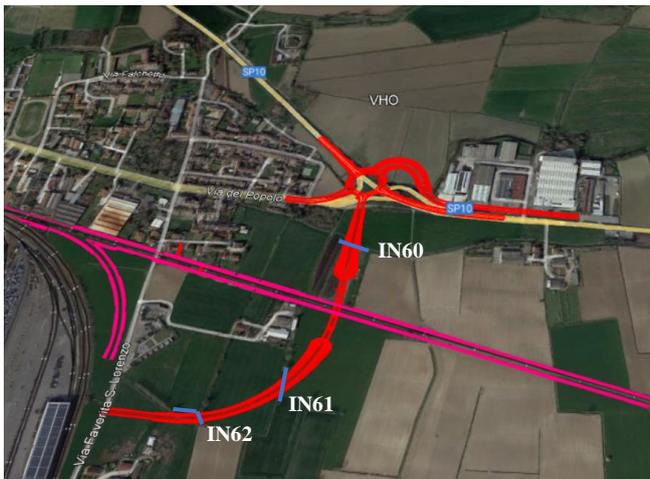


Figura 3 Inquadramento area di intervento e bacini secondari nella Regione Lombardia – in rosso nuove viabilità

Rimandando alle tavole di progetto per maggiori dettagli, si riportano nelle immagini seguenti l'ubicazione degli attraversamenti con l'indicazione del codice identificativo assegnato (WBS). Le WBS relative alle opere atte alla risoluzione delle interferenze con le viabilità sono state inserite a partire dalle progressive 60 (IN60, IN61, ecc), distinguendole così da quelle inerenti agli attraversamenti con la sede ferroviaria.

Nuova viabilità NV22



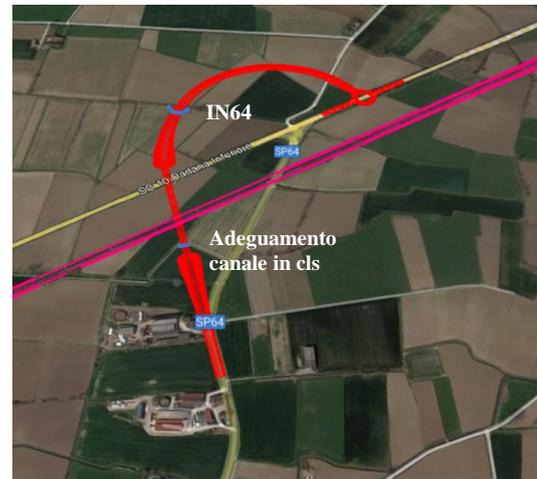
Nuova viabilità NV23



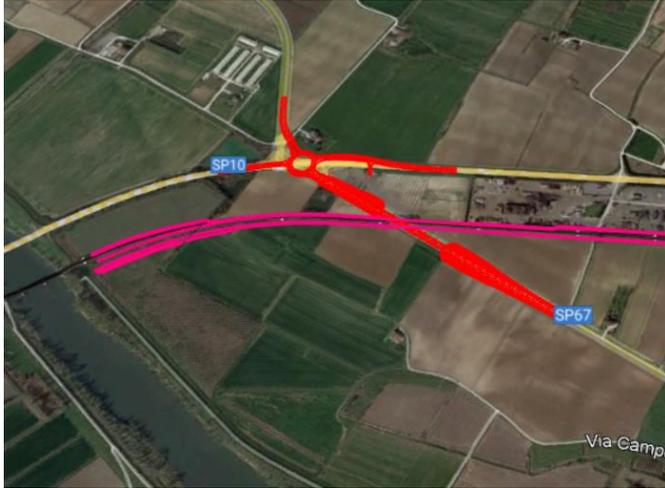
Nuova viabilità NV24



Nuova viabilità NV25



Nuova viabilità NV26



Nuova viabilità NV27



Nuova viabilità NV28



Nuova viabilità NV29



Nuova viabilità NV30



Nuova viabilità NV31



Nuova viabilità NV32



Nuova viabilità NV33



Figura 4 Ubicazione opere di attraversamento idraulico – in rosso le nuove viabilità, in viola la sede ferroviaria oggetto di raddoppio, in blu le opere di risoluzione delle interferenze idrauliche

Si riportano a seguire fotografie scattate durante il sopralluogo effettuato il giorno 8 giugno e le immagini estratte da Google Earth, da cui è possibile riscontrare lo stato di fatto dei canali più rilevanti intercettati.

NV22 IN60

L'immagine seguente mostra il canale Diversivo Magio lungo la Via Favorita San Lorenzo, circa 300m più a sud dell'intersezione di progetto



NV23 IN63Bis

L'immagine seguente mostra il canale interessato dalla NV23 lungo la Via Roma, circa 500m più a nord della viabilità NV23.



NV23 IN63

Circa 40m più a valle dell'intersezione identificata come IN63, la nuova viabilità NV23 intercetta un canale in cls che confluisce in un canale sempre in cls, in cui sono presenti una paratoia e successivamente un sifone che attraversa il passaggio a livello proseguendo con un canale in cls trapezoidale.



NV25 IN64

La viabilità NV25 interseca un canale irriguo a nord (WBS IN64). Tale canale in cls scarica tramite una paratoia in un canale adiacente in cls, il quale con andamento da est verso ovest attraversa la via Tezzoglio



NV25 Adeguamento canale in cls

A sud della NV25 è esistente un canale trapezoidale in cls, che scorre con direzione est-ovest attraversando la SP64. Essendo il tratto interessato dal canale prevista la realizzazine delle pile del nuovo attraversamento stradale sarà adeguato il canale interferente in posizione adiacente a quella esistente in modo da essere compatibile con la nuova viabilità.



NV27 IN65

Lungo la NV27 di progetto viene intercettato un canale della rete irrigua di bonifica, il quale sfocia nel torrente Tartaro Fabrezza. Prima di sfociare riceve le acque del canale interessato dell'attraversamento ferroviario IN25. Tale canale è profondo circa 1m, per cui per le quote di scorrimento è stata assunta una quota di circa 1m da pc. L'immagine seguente mostra il canale interferente con la NV27 in corrispondenza dell'attraversamento con la Strada S. Giovanni, posto circa 80m a est della NV27.



NV29 IN67

In adiacenza alla Via Ospitaletto Gabbiana scorre un canale irriguo, il quale risulta fuori terra immediatamente a sud dell'ultima abitazione del nucleo abitativo, in corrispondenza dell'inizio dei campi agricoli. Non conoscendo la stabilità del tratto intubato, è stato individuato un tracciato della viabilità che permettesse di evitare l'interessamento di tale tratto. Il progetto prevede la ricostruzione del fosso delle medesime dimensioni in posizione parallela a quella esistente mantenendo la stessa lunghezza e quindi pendenza. Il canale di progetto termina in un pozzetto, da cui una tubazione DN800mm permette le acque di proseguire con il suo percorso. A valle, è prevista la realizzazione del tombino IN67, che permette la continuità del fosso con il tombino ferroviario IN13. L'immagine seguente mostra il passaggio tratto a cielo libero e intubato.



Figura 5 Fotografie e immagini relative agli attraversamenti stradali di progetto

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

4.1 Stima portata di picco per IN60, IN65 e IN70

Per le interferenze identificate come IN60, IN65 e IN70 è stato individuato un bacino scolante. Per la stima della portata di picco con tempo di ritorno di 200anni affluente in tali bacini si è scelto di applicare due metodi afflussi/deflussi: il metodo razione e il metodo SCS.

I risultati ottenuti dai due metodi sono stati confrontati e si è deciso di verificare gli attraversamenti idraulici utilizzando la massima portata ottenuta.

Di seguito si riportano i cenni teorici sui metodi applicati.

Metodo razionale:

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 C .

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, è stato eseguito per ogni bacino idrografico in esame utilizzando la formulazione di Ventura:

$$t_c = 0.127 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$$

dove:

- t_c è il tempo di corrivazione (ore);
- S è l'area del bacino (km^2);
- i è la pendenza (m/m);

Stimato il tempo di concentrazione si è individuato il coefficiente di deflusso che consentirà di tener conto della tipologia di terreno.

Il coefficiente di deflusso C 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:

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

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 $C=0.30$.

Metodo SCS:

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.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

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 seguente relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

Dove

- F = perdite effettive generate durante l'evento (mm);
- S = massima capacità di ritenzione idrica del suolo (mm);
- Q = pioggia netta cumulata (mm),
- P = pioggia lorda cumulata (mm);
- I_a = perdite iniziali dovute all'intercettazione, all'infiltrazione e alla saturazione delle depressioni superficiali (mm).

Lo sviluppo successivo richiede 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, dalla relazione:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale. Questa relazione è valida soltanto per:

$$P \geq I_a$$

mentre nel caso in cui l'altezza di pioggia risulti minore di I_a si ha P_e = 0.

I parametri S ed I_a possono essere determinati attraverso operazioni di taratura del modello, ma in maniera semplificata si adotta I_a = 0,2S verificata con buona approssimazione.

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN, tramite:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Con S espresso in millimetri.

L'indice CN, numero adimensionale compreso tra 0 e 100, è una funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione. Nella fattispecie esistono quattro gruppi che distinguono le tipologie di terreno sulla base delle capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento: a ciascuno di essi corrisponde un determinato valore di CN. Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC).

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

La stima del valore CN medio 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) mediante la seguente formulazione:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Nel caso in esame il CN(III) è pari a 85.54.

Il calcolo del tempo di corrivazione è stato eseguito per ogni bacino idrografico in esame utilizzando la formulazione del metodo SCS:

$$t_c = \left(\frac{1000}{CN(III)} - 9 \right)^{0.7} \left(\frac{L^{0.8}}{441i} \right)^{0.5}$$

dove:

- L è la lunghezza dell'asta fluviale espressa in m;
- i è la pendenza;
- CN(III) è il curve number.

4.2 Stima della portata nei canali irrigui o fossi privati interferiti

Ad eccezione delle interferenze identificate come IN60, IN65 e IN70, per i quali è stato possibile delimitare un bacino scolante e desumere quindi la portata transitante, per tutti gli altri attraversamenti è stata considerata la portata corrispondente a un grado di riempimento del 100% dei canali o fossi rilevati.

La portata dello stato di fatto dei canali intercettati dalle nuove viabilità è stata stimata nell'ipotesi di moto uniforme sfruttando l'applicativo Hydraulic Toolbox sviluppato dalla Federal Highway Administration della U.S. Department of Transportation, assunto quindi valida la legge di Gauckler-Stricker:

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

in cui si è indicato con

- Q : la portata (m³/s)
- I : la pendenza media dell'elemento di drenaggio (m/m);
- A : la sezione idrica (m²);
- K_s : il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, assunto pari 40 m^{1/3}/s per gli elementi in terra;
- R : il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

4.3 Verifica attraversamenti di progetto in ipotesi di moto permanente

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante.

Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che il deflusso relativo agli eventi di piena di riferimento siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

Il metodo adottato dal software HY-8 che costituisce uno standard ormai consolidato in questo tipo di progettazione, è fondato - da un lato - su un rigoroso approccio teorico e, dall'altro, su una ricca casistica sperimentale. Esso consente pertanto di trattare in modo semplice ma aderente al fenomeno fisico la relativa complessità del sistema costituito da canali di monte e di valle, imbocchi e canna del tombino.

In linea generale le condizioni idrauliche del deflusso attraverso il tombino possono essere governate sia dalla sezione d'imbocco (inlet control), sia dalle condizioni allo sbocco (outlet control).

La procedura si svolge secondo i passi di seguito schematicamente indicati, in cui l'obiettivo è la determinazione della quota di carico idraulico totale (o della quota di pelo libero) necessaria a far defluire la portata di progetto attraverso il tombino:

- viene eseguito il calcolo relativo alla condizione di inlet control, in cui i dati sono costituiti (oltre che dalla portata) dalla forma e dalle dimensioni dell'imbocco;
- viene eseguito il calcolo relativo alla condizione di outlet control, in cui i dati sono costituiti dalla forma, dalle dimensioni e dal materiale (scabrezza) della canna e dall'altezza d'acqua a valle dello sbocco;

il maggiore dei due valori calcolati per le due condizioni viene assunto come quota che governa il deflusso.

La verifica proposta dalla FHWA (Federal Highway Administration) ossia l'Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il "controllo da monte" si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l'ingresso. La sezione di controllo si localizza appena oltre l'ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico. Il programma HY-8 ha lo scopo di consentire un supporto alla progettazione ed alla verifica delle intersezioni dei corsi d'acqua minori con le infrastrutture viarie come strade e ferrovie. Il software utilizza le routines, in accordo ai criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels".

Si illustra di seguito il modulo relativo alla verifica delle opere d'arte di attraversamento dei corsi d'acqua minori.

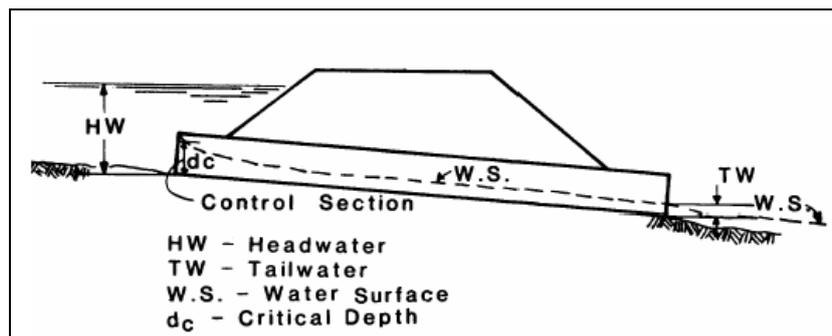


Figura 6 Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso.

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA). I diagrammi nelle figure delle pagine seguenti forniscono tale livello in condizioni di "controllo da monte" rispettivamente per tombini scatolari e circolari, prendendo in considerazione la portata di progetto e la geometria dell'ingresso (forma e area della sezione).

Il "controllo da valle" si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l'ingresso. La sezione di controllo si localizza all'uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

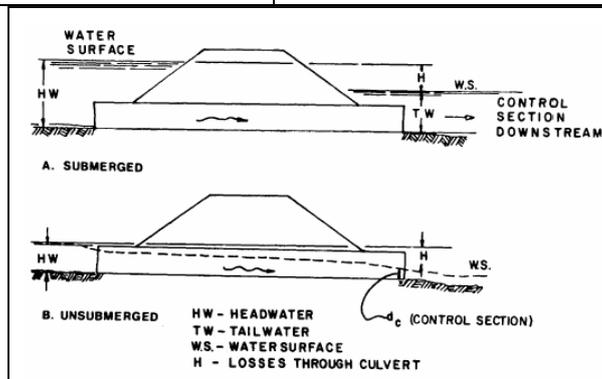


Figura 7 Esempi di moto controllato da sezioni a valle del tombino.

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna e il tirante all'imbocco e allo sbocco. Nell'analisi delle strutture di progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle. Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (caso tipico dell'immissione in un lago o in un altro fiume, o in un manufatto di sbocco in cui per la sezione di partenza del canale di allontanamento si possono ipotizzare condizioni di acqua ferma e quindi componente cinetica iniziale nulla) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

6. DIMENSIONAMENTO ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI

4.4 Portata di piena per gli attraversamenti IN60, IN65 e IN70

Con la WBS si è identificata l'interferenza tra la nuova viabilità NV22 e il canale artificiale Diversivo Magio, con IN70 si indica un nuovo tombino di trasparenza mentre con IN65 si riferisce a un nuovo manufatto atto a garantire la continuità del canale di Reticolo Idrico di Bonifica intercettato dalla nuova viabilità NV27. Le immagini seguenti mostrano in rosso i bacini delimitati sulla base dell'analisi della cartografia disponibili, del modello del terreno 3D ottenuto dal celerimetrico e dallo studio delle opere antropiche esistenti che modifiche il naturale deflusso delle acque.

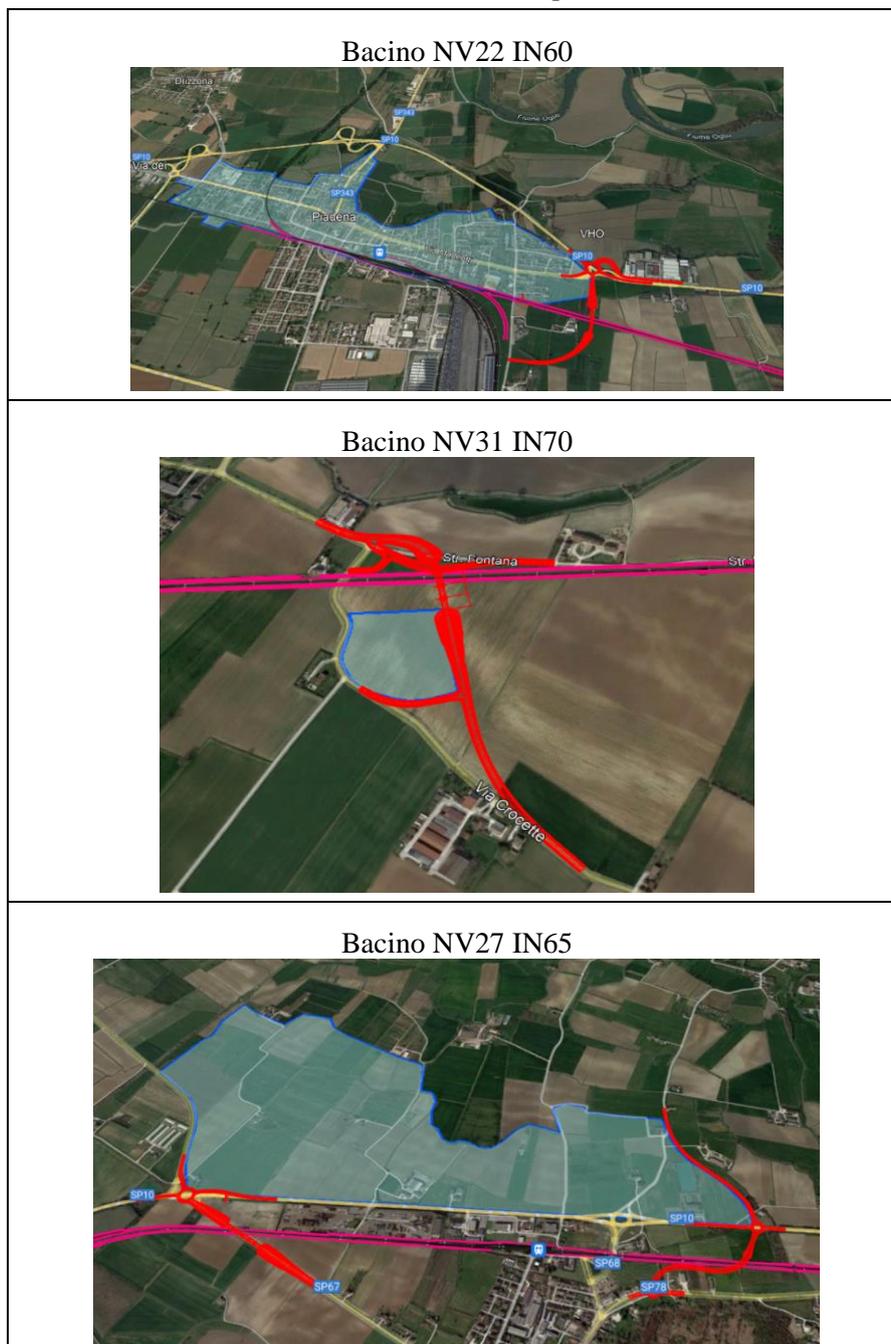


Figura 8 Delimitazione bacini scolanti

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

A seguire si riportano i dati dei bacini e la stima delle portate di picco per un tempo di ritorno di 200 anni sia con il metodo SCS che razionale, come descritto nel paragrafo 4.1.

Bacini	Dati bacini imbriferi													
	Superficie (mq)	Superficie (kmq)	Lunghezza d'asta (km)	Quota massima (m sim)	Quota media (m sim)	Quota minima (m sim)	Pendenza media (m/m)	CN (III) (-)	Tc Giandotti (h)	Tc Ventura (h)	Tc Pasini (h)	Tc Viparelli (h)	Tc Kiprich (h)	Tc SCS (h)
Bacino NV22 IN60	362065	0.362	0.87	37.00	30.00	23.00	0.016	85.54	1.75	0.60	0.58	0.16	0.29	0.80
Bacino NV31 IN70	39356	0.039	0.11	26.30	25.15	24.00	0.022	85.54	1.11	0.17	0.12	0.02	0.05	0.13
Bacino NV27 IN65	1705214	1.705	3.70	27.50	27.15	26.80	0.0002	85.54	22.76	12.06	14.42	0.69	4.90	23.58

Tabella 2 Dati bacini interferenze IN60, IN65, IN70

Bacini	Stima della portata metodo SCS										
	tc di progetto SCS (h)	a (Tr200) (mm/h)	n (Tr200) (-)	hlorde metodo SCS (Tr200) (mm)	S (potenziale di assorbimento) (-)	I (perdite inerziali)	hnetta (Tr200) (mm)	Tempo di ritardo (ore)	Tempo di accumulo (ore)	Portata di picco metodo SCS (mc/s)	
Bacino NV22 IN60	0.80	93.45	0.464	84.41	42.95	8.59	48.4	0.48	0.88	4.13	
Bacino NV31 IN70	0.13	93.45	0.464	35.85	42.95	8.59	10.6	0.08	0.14	0.62	
Bacino NV27 IN65	23.58	84.2	0.226	172.00	42.95	8.59	129.4	14.15	25.94	1.77	

Tabella 3 Stima della portata con il metodo SCS interferenze IN60, IN65, IN70

Bacini	Stima della portata con il metodo razionale					
	tc di progetto metodo razionale (h)	a (Tr200) (mm/h)	n (Tr200) (-)	hlorde metodo razionale (Tr200) (mm)	Coefficiente di deflusso (-)	Portata di picco metodo SCS (mc/s)
Bacino NV22 IN60	0.60	93.45	0.464	73.87	0.30	3.70
Bacino NV31 IN70	0.17	93.45	0.464	41.09	0.30	0.79
Bacino NV27 IN65	12.06	84.20	0.226	147.80	0.30	1.74

Tabella 4 Stima della portata con il metodo razionale interferenze IN60, IN65, IN70

Di seguito si riepilogano le portate alla base del dimensionamento delle nuove opere di progetto, risultate più cautelative dal confronto dei valori ottenuti con i due metodi.

Bacini	Portata di picco di progetto (mc/s)
Bacino NV22 IN60	4.13
Bacino NV31 IN70	0.79
Bacino NV27 IN65	1.77

Tabella 5 Portata di progetto per le interferenze IN60, IN65, IN70

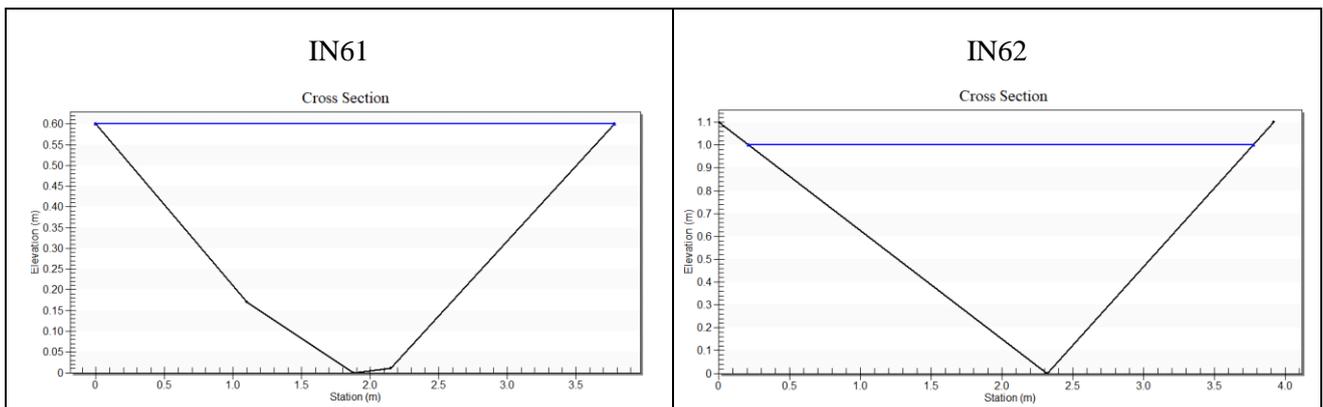
4.5 Portata allo stato di fatto manufatti interferiti

Nella tabella seguente si riportano per i vari attraversamenti le portate stimate in ipotesi di moto uniforme come descritto nel paragrafo 4.2.

WBS	IN61	IN62	IN63	IN63Bis	IN64	IN66	IN68	IN69	IN69Bis	IN71	IN72	IN73	IN74
Viabilità	NV22	NV22	NV23	NV23	NV25	NV28	NV29	NV30	NV30H	NV32	NV32	NV32	NV33
Progressiva	331.65	184.56	380.00	573.00	792.00	621.28	746.00	78.74	160.00	166.51	325.39	547.72	528.65
Portata (mc/s)	1.07	1.83	0.99	3.08	3.20	3.25	1.25	1.42	0.10	2.50	2.02	0.82	0.93
Tirante (m)	0.60	1.00	0.60	1.28	0.80	1.20	0.60	0.80	0.13	0.65	1.00	1.10	0.60
Area Bagnata (mq)	1.28	1.78	1.05	3.20	2.66	2.77	1.72	1.68	0.41	0.94	1.94	0.95	1.09
Perimetro bagnato (m)	3.98	4.10	2.74	4.82	4.79	5.21	6.86	5.19	7.13	2.90	4.38	2.85	3.29
Raggio idraulico (m)	0.32	0.44	0.38	0.66	0.55	0.53	0.25	0.32	0.06	0.32	0.44	0.33	0.33
Velocità media (m/s)	0.84	1.03	0.94	0.96	1.21	1.18	0.71	0.84	0.27	2.66	1.04	0.86	0.86
Nuomero di Froude	0.46	0.46	0.43	0.33	0.48	0.48	0.45	0.46	0.36	1.41	0.47	0.37	0.46
Altezza critica (m)	0.42	0.74	0.36	0.70	0.51	0.90	0.45	0.61	0.09	0.74	0.74	0.74	0.41
Velocità critica (m/s)	1.55	1.90	1.73	2.26	2.07	2.10	1.40	1.61	0.61	2.12	1.91	1.91	1.59
Manning's Roughness	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025

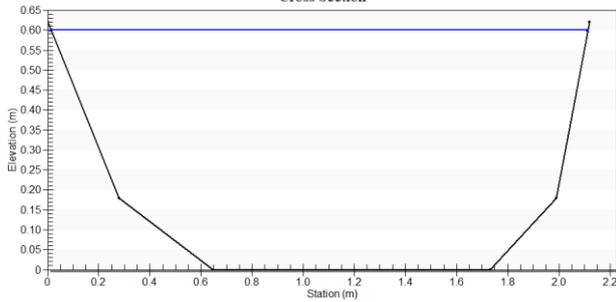
Tabella 6 Stima portata in ipotesi di moto uniforme dei canali interferiti allo stato di fatto

Di seguito si riportano le sezioni dei canali individuati allo stato di fatto in funzione del rilievo celerimetrico 3D, con evidenziato in blu il livello di pelo libero massimo ipotizzato.



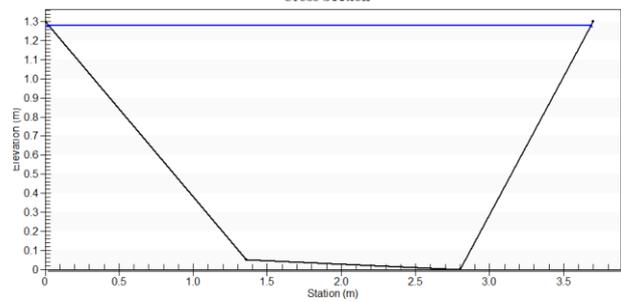
IN63

Cross Section



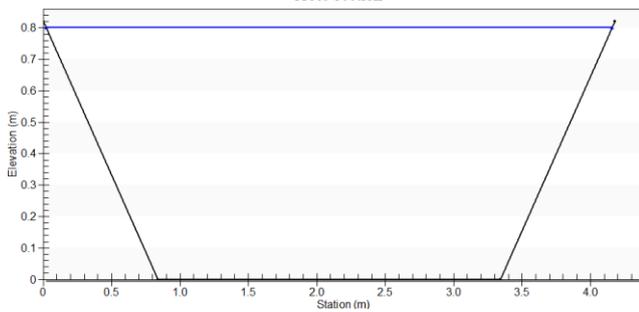
IN63Bis

Cross Section



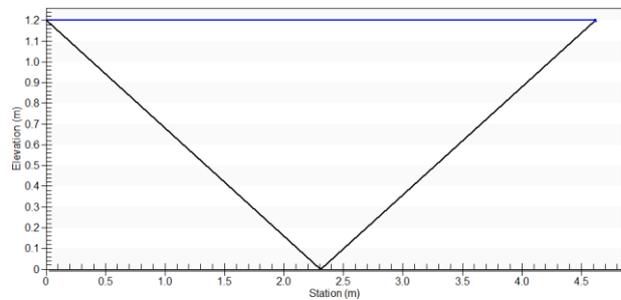
IN64

Cross Section



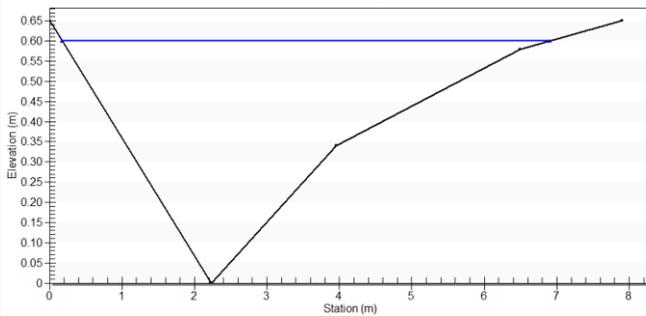
IN66

Cross Section



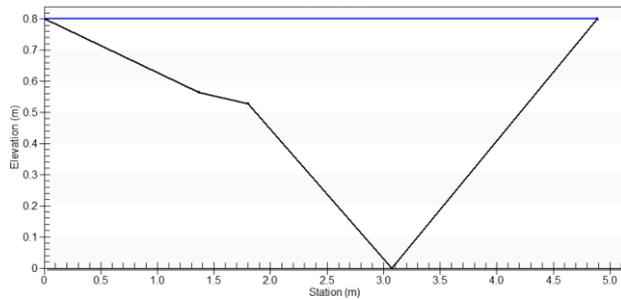
IN68

Cross Section



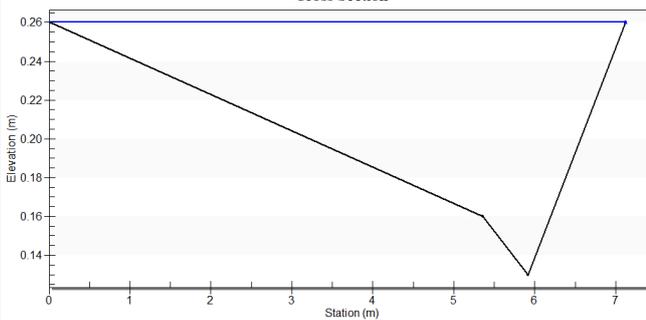
IN69

Cross Section



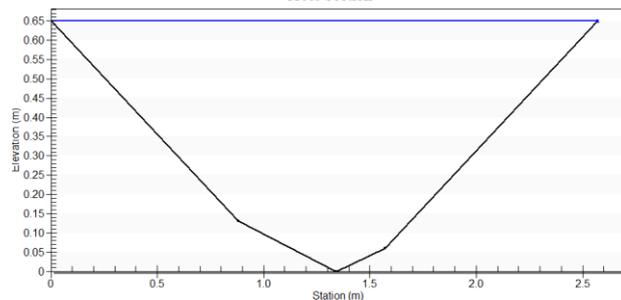
IN69Bis

Cross Section



IN71

Cross Section



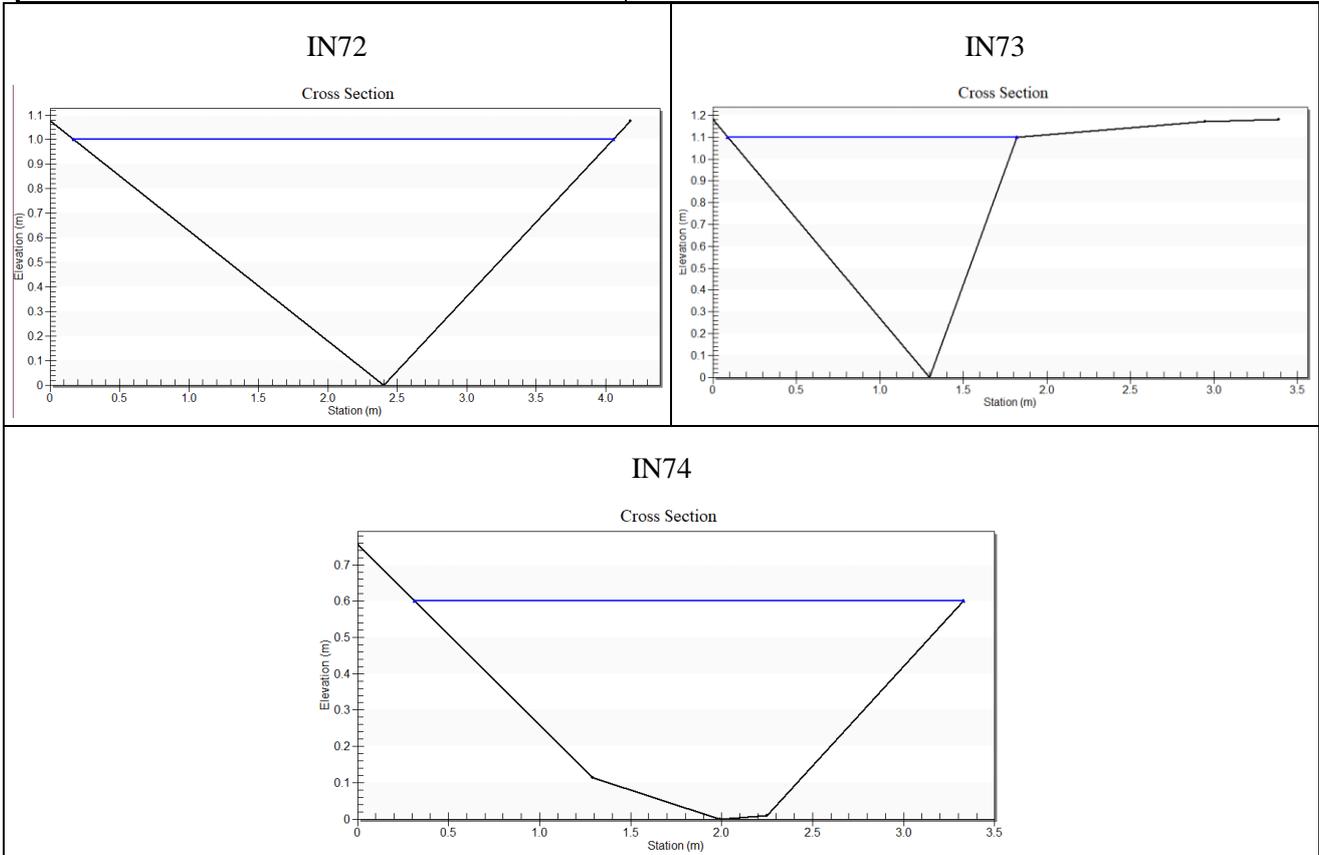


Figura 9 Sezioni canali interferiti

4.6 Verifica nuovi manufatti

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. 17 Gennaio 2018);
- Circolare 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP.;
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) RFI DTC SI CS MA IFS 001 E.

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 $T_r=200$ anni oppure quella corrispondente al 100% della sezione del canale esistente rilevato;
- Un grado di riempimento GR, inteso come rapporto tra l'altezza liquida ed il diametro interno del tombino, deve essere minore o uguale al 67% relativamente alle dimensioni del tombino di progetto, ovvero il tirante non deve essere superiore ai $2/3$ della sezione utile al deflusso;
- Il tombino non deve quindi andare in pressione;
- La velocità minima non inferiore a 0,5 m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- La velocità massima non superiore di 4 m/s al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici), per evitare fenomeni erosivi localizzati;
- Pendenza minima del tombino pari al 2‰ come previsto dal manuale di progettazione Italferr.
- Coefficiente di Stricker pari a $67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ essendo opere in cls.

WBS	IN61	IN62	IN63	IN63Bis	IN64	IN65	IN66	IN67
Viabilità	NV22	NV22	NV23	NV23	NV25	NV27F	NV28	NV29
Progressiva (m)	331.646	184.562	380	573	792	280	621.275	1020
Tipologia	Circolare	Scatolare	Canale a cielo aperto	Scatolare	Scatolare	Scatolare	Scatolare	Scatolare
Dimensioni opera di progetto	D1.5m	2x1.5m	2x1.5m	2x1.5m	2x1.5m	2x1.0m	2x1.5m	2x1.0m
Pendenza (%)	0.20	0.20	0.20	1.00	0.20	1.00	0.20	0.20
Quota ingresso (m slm)	30.67	29.66	29.68	27.01	22.82	25.19	23.11	24.20
Quota uscita (m slm)	30.61	29.63	29.65	26.83	22.78	25.06	23.07	24.16
Base/Diametro (m)	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Altezza interna H (m)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.50	1.00
Portata di picco (mc/s)	1.07	1.83	0.99	3.08	3.20	1.77	3.25	1.65(*)
Tirante h (m)	0.77	0.79	0.51	1.00	1.00	0.67	1.01	0.66
Grado di riempimento (h/H)	0.51	0.53	0.34	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66
Velocità minima (m/s)	1.54	1.33	1.13	2.45	2.06	2.06	2.12	1.67
Velocità massima (m/s)	1.95	1.40	1.15	2.47	2.50	2.52	2.52	2.01
WBS	IN68	IN69	IN69Bis	IN70	IN71	IN72	IN73	IN74
Viabilità	NV29	NV30	NV30H	NV31	NV32	NV32	NV32	NV33
Progressiva (m)	746	78.74	160	414.594	166.514	325.392	547.717	528.65
Tipologia	Scatolare	Circolare	Cavalcafosso Circolare	Circolare	Scatolare	Scatolare	Scatolare	Scatolare
Dimensioni opera di progetto	2x1.0m	D1.5m	D0.8m	D1.5m	2x1.5m	2x1.5m	2x1.5m	2x1.5m
Pendenza (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Quota ingresso (m slm)	24.88	24.45	25.20	23.72	25.23	24.39	24.81	23.78
Quota uscita (m slm)	24.85	24.41	25.17	23.68	25.16	24.26	24.70	23.74
Base/Diametro (m)	2.00	1.50	0.80	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00
Altezza interna H (m)	1.00	1.50	0.80	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Portata di picco (mc/s)	1.25	1.42	0.10	0.79	2.50	2.02	0.82	0.93
Tirante h (m)	0.56	0.88	0.27	0.65	0.88	0.78	0.43	0.46
Grado di riempimento (h/H)	0.56	0.59	0.34	0.43	0.59	0.52	0.29	0.31
Velocità minima (m/s)	1.48	1.85	0.83	1.46	1.86	1.67	1.23	1.34
Velocità massima (m/s)	1.83	2.20	1.14	1.79	2.31	2.15	1.60	1.66

(*) La portata di riferimento coincide con la portata stimata per Tr200anni per IN13, v. relazione idrologica NM2500D26RHID0000001B

Tabella 7 Verifica in ipotesi di moto permanente nuovi manufatti idraulici

Per quanto riguarda l'opera IN60 sulla NV22, questa è costituita da una struttura scatolare a sezione trapezia in c.a. al fine di 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. La portata irrigua regolamentata è pari a 250 l/s, tuttavia per poter dimensionare e verificare idraulicamente l'opera di attraversamento è stato effettuato uno studio idrologico, come riportato nel paragrafo 4.1.

L'immagine seguente mostra la struttura di progetto.

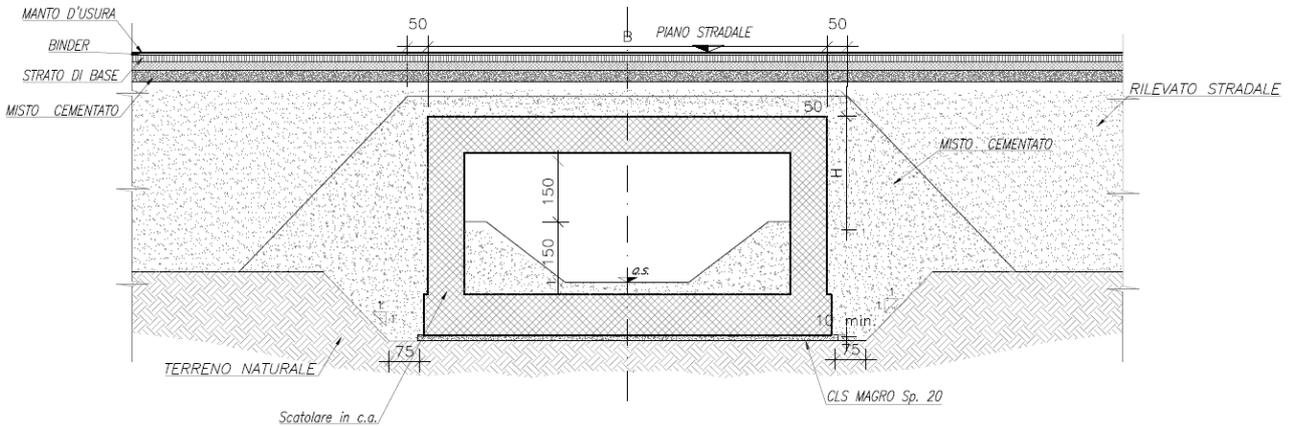


Figura 10 Risoluzione interferenza con il canale Diversivo Magio – NV22 IN60

Di seguito si riportano i principali risultati, ovvero il tirante massimo raggiunto e i valori di velocità minimo e massimo ottenuti in ipotesi di moto permanente.

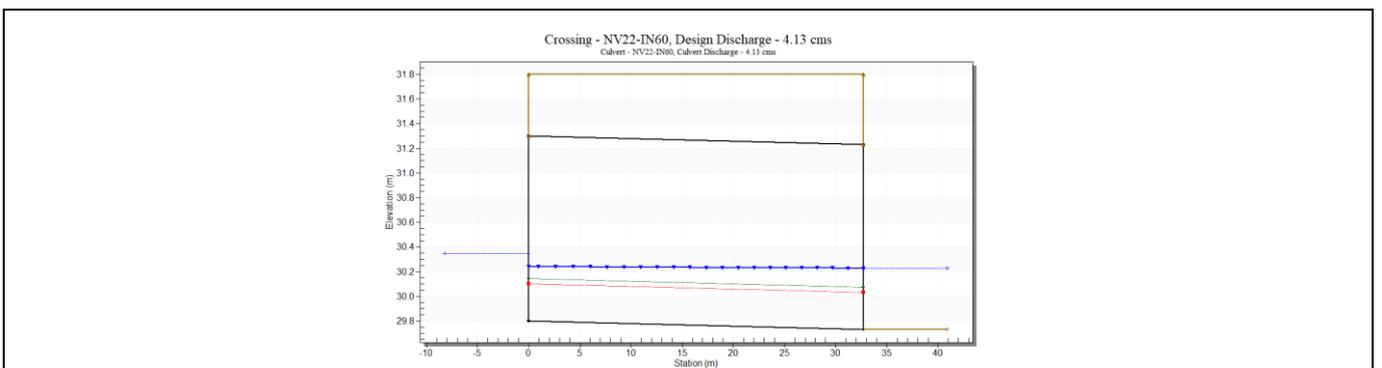
Parametro	Valore
Portata	4.13
Tirante h (m)	0.55
Grado di riempimento (h/H)	0.37
Velocità minima (m/s)	1.04
Velocità massima (m/s)	1.17

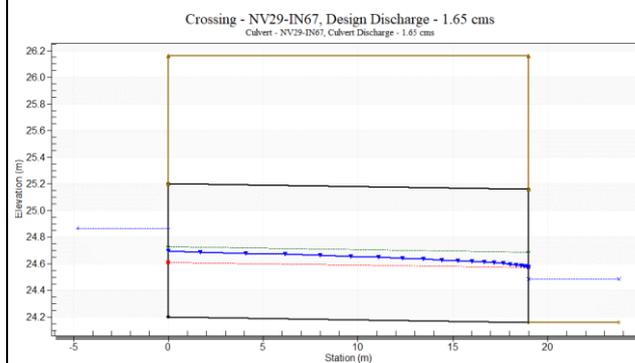
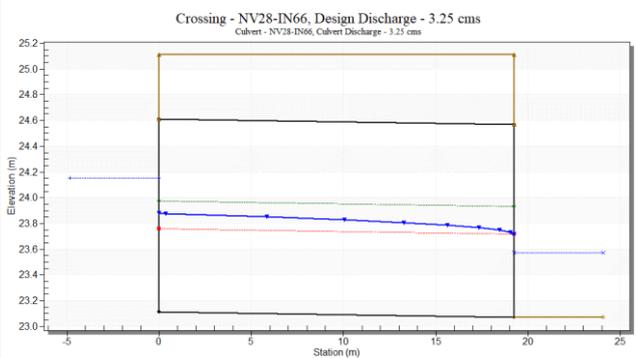
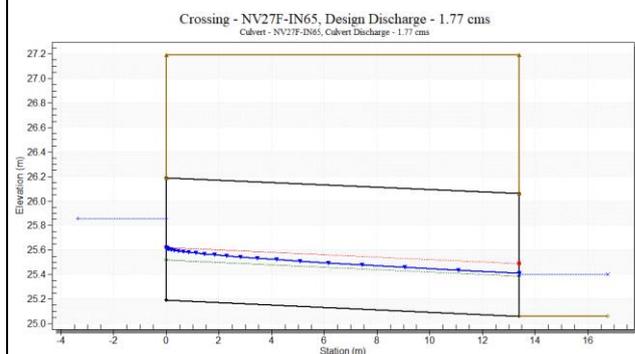
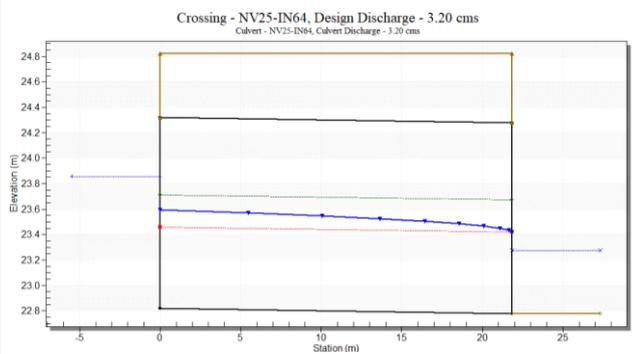
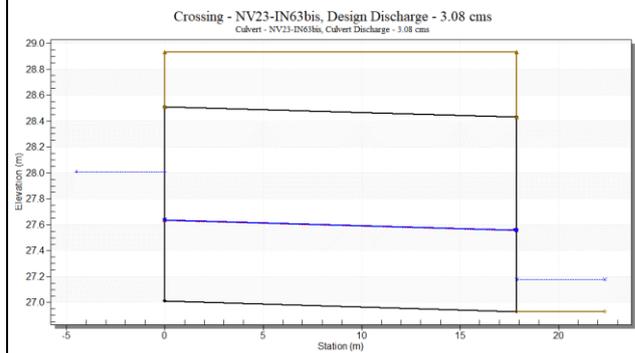
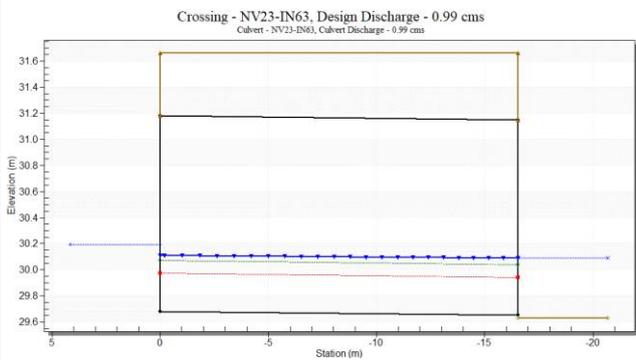
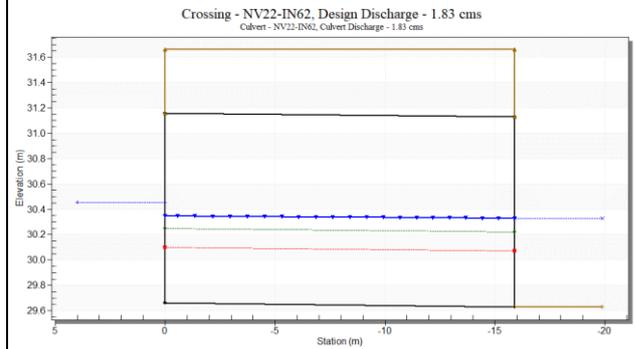
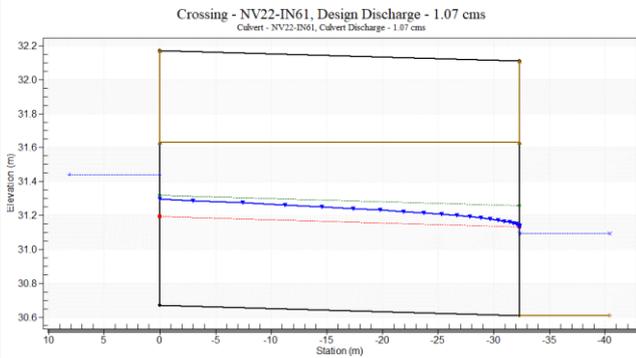
Tabella 8 Verifica in ipotesi di moto permanente NV22 IN60

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 minima è stata fissata pari a 32.60 m s.l.m.

Si rimanda all'elaborato grafico "IN60 - Tombino idraulico NV22 - Pianta e sezioni" NM2503D26PZIN6000001B per maggiori dettagli.

Di seguito i profili in ipotesi di moto permanente degli attraversamenti di progetto.





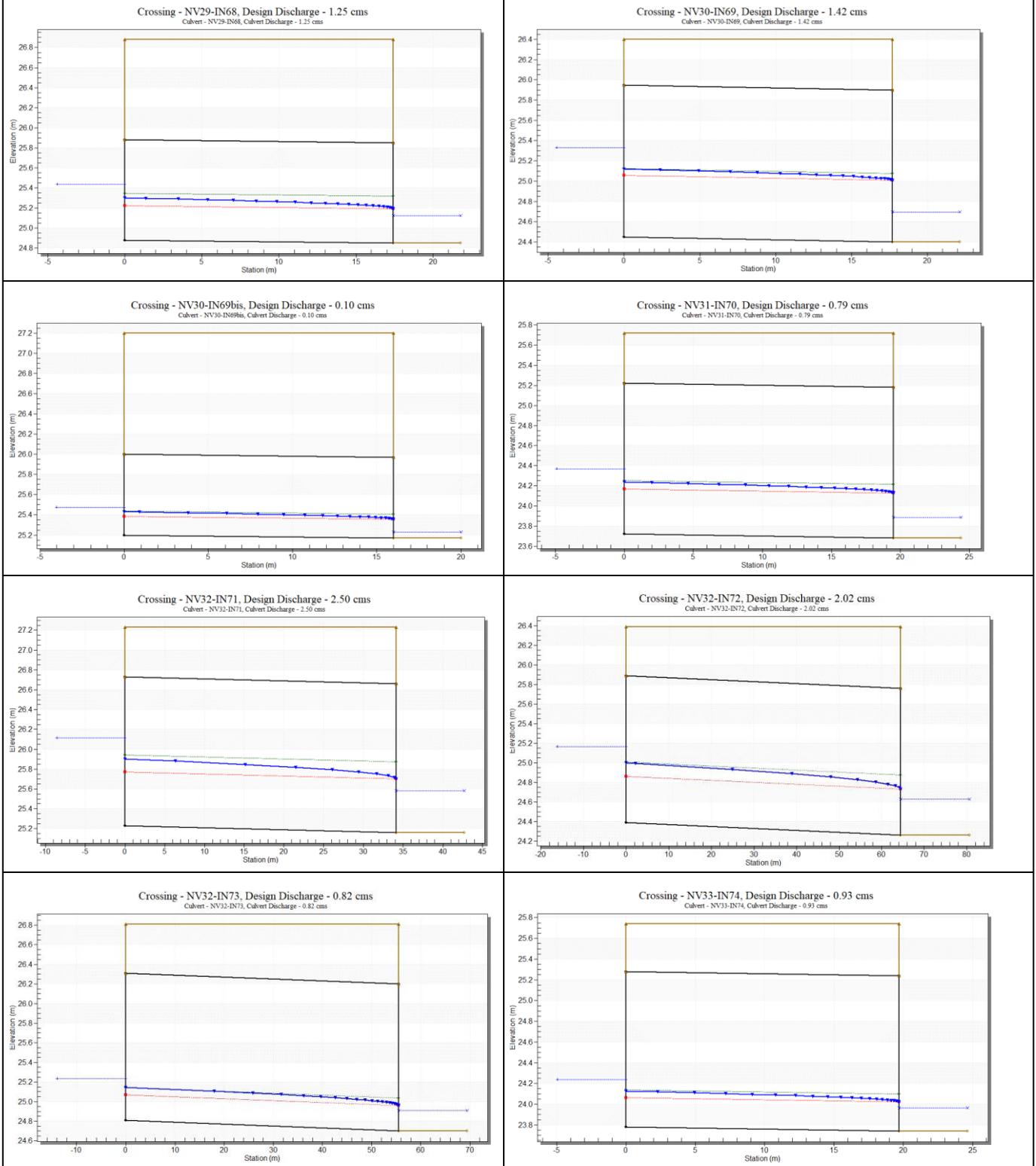


Figura 11 Profili in ipotesi di moto permanente dei nuovi manufatti di progetto

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

7. COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato successivamente ripartito in 8 distretti idrografici in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.

Il 17 febbraio 2017 è entrato in vigore il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM) n. 294 del 25 ottobre 2016 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017) che disciplina le modalità e i criteri per il passaggio di competenze dalle vecchie Autorità di bacino alle nuove Autorità di bacino distrettuali (alle quali il d.lgs 49/2010 demandava la redazione delle suddette mappature e del relativo piano di gestione (i.e. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – P.G.R.A.). Infatti, dall'entrata in vigore del D.M. 294/2016, risultano soppresse tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e i relativi organi.

Gli interventi in progetto ricadono nel Distretto Padano, in cui vige il Piano di Gestione rischio Alluvione del Distretto.



Figura 12 Suddivisione territoriale in distretti

4.7 PAI

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il PAI contiene:

- La delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti (Elaborato 8)

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B	FOGLIO 28 di 34

- La delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità, delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide (Elaborato 2 - Allegato 4) che caratterizzano la parte montana del territorio regionale.
- La perimetrazione e la zonazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1 e zona 2) e sul reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (zona I e zona BPr) (Elaborato 2 - Allegato 4.1)
- Le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate (Elaborato 7 - Norme di attuazione).

La documentazione completa del PAI, gli elaborati modificati a seguito delle varianti approvate successivamente al 2001 e le varianti in corso su tutto il bacino del Po, sono consultabili sul sito dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po (AdBPo).

Nell'ambito della redazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del bacino del Po (PGRA), l'Autorità di Bacino del fiume Po ha condotto una specifica attività rivolta a verificare le esigenze di aggiornamento degli strumenti di pianificazione per l'assetto idrogeologico vigenti nel bacino padano, allo scopo di armonizzarli con il PGRA (agg. Decreto del Segretario Generale 316 del 03/08/2021).

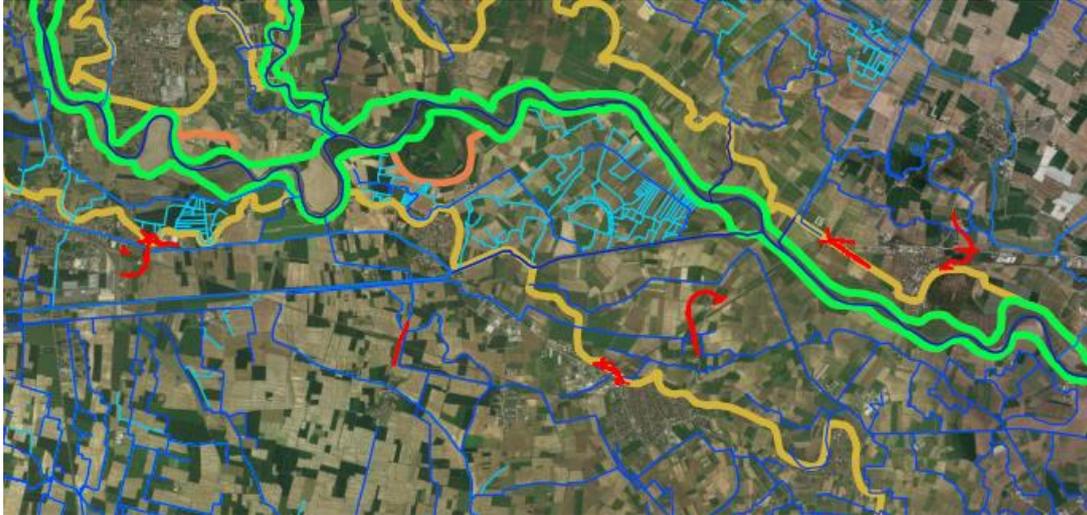
Di seguito si riporta un estratto delle norme di attuazione del PAI.

ART. 28 – Classificazione delle Fasce Fluviali

1. Apposito segno grafico, nelle tavole di cui all'art. 26, individua le fasce fluviali classificate come segue.
 - Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" al Titolo II delle presenti Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
 - Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta.
 - Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato.

Di seguito si riporta un estratto del Piano relativo alla classificazione in fasce fluviali, per le aree oggetto di intervento segnate in rosso:

Nuova viabilità da este verso ovest: NV22, NV23, NV24, NV25, NV26 e NV27



Nuova viabilità da este verso ovest: NV28, NV29, NV30, NV31, NV32, NV33 e NV34



Legenda

- Corsi_acqua_AIPO
- Corsi_acqua_Piano_di_Gestione
- Corsi_acqua_RIB
- Corsi_acqua_RIM
- 202206_Viabilità
- Limite_Fascia_A
- Limite_Fascia_C
- Limite_Fascia_B_di_progetto
- Limite_Fascia_B

Figura 13 Stralcio mappe esondazione PAI AdBPO e Aree di intervento per la realizzazione di nuove viabilità

Dalla sovrapposizione delle carte di pericolosità idraulica del PAI Lomabardia e le aree di intervento, è emerso che le nuove viabilità NV24 e NV26 si sviluppano lungo il perimetro della zona di pericolosità C relativa all'esondazione con TR500anni del Fiume Oglio, mentre le nuove viabilità NV25 e tratto a nord della rotonda NV22 ricadono all'interno dell'area di esondazione C.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

4.8 PGRA

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D. Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali.

In data 20 dicembre 2021 è stato adottato il primo aggiornamento del piano di gestione del rischio di alluvioni **PGRA 2021-2027** dalla Conferenza Istituzionale permanente.

In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio, e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale. A tal proposito, l'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE identifica tre scenari su cui valutare la pericolosità idraulica:

- scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (tempo di ritorno > 500 anni);
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità di alluvione);
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (elevata probabilità di alluvione).

Il Distretto idrografico Padano interessa le regioni Emilia-Romagna, Liguria, Lombardia, Piemonte, Veneto, la regione autonoma Valle d'Aosta e la provincia autonoma di Trento: la rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

- Reticolo principale (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);
- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento, come riportato di seguito.

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Le condizioni di pericolosità per le aree oggetto di studio segnate in rosso sono riportate nella figure seguenti.

Nuova viabilità segnate in rosso, da est verso ovest: NV22, NV23, NV24, NV25, NV26 e NV27



Nuova viabilità segnate in rosso, da est verso ovest: NV28, NV29, NV30, NV31, NV32, NV33 e NV34



Legenda

- Corsi_acqua_AIPO
- Corsi_acqua_Piano_di_Gestione
- Corsi_acqua_RIB
- Corsi_acqua_RIM
- 202206_Viabilità
- Pericolosità_RSP_scenari
 - M
 - H
- Pericolosità_RP_scenari
 - H
 - L
 - M

Figura 14 Stralcio mappe esondazione PGRA II Ciclo e Aree di intervento per la realizzazione di nuove viabilità

Dalla sovrapposizione delle mappe di esondazione del PGRA 2021-2027 della Regione Lombardia e le aree di intervento, è emerso che la nuova viabilità NV26 si sviluppano lungo il perimetro dello scenario “L” relativo all’esondazione con TR500anni del Fiume Oglio Sottolacuale, mentre le nuove viabilità NV24, NV25 e tratto a nord della rotonda NV22 ricadono all’interno di tale perimetrazione.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID 00 00 004	REV. B

4.9 Analisi di compatibilità

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione, emerge che le viabilità NV22, NV24, NV25 e NV26 ricadono in parte o completamente nella fascia C delimitata dal PAI ADBPO e nella zona con probabilità di alluvione scarsa L del reticolo principale (RP) per quanto riguarda la perimetrazione delle aree a rischio di esondazione del PGRA 2021-2027.

Il titolo V dell'elaborato n. 7 del PAI del bacino del fiume Po, contenente “*Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione Rischi di Alluvioni (PGRA)*” disciplina le attività consentite nelle aree di allagamento definendo i criteri base per l'analisi di compatibilità idraulica degli interventi in progetto. In particolare, il comma 2 dell'art. 58 riporta:

2. Nell'ambito delle disposizioni integrative di cui al comma precedente le Regioni individuano, ove necessario, eventuali ulteriori misure ad integrazione di quelle già assunte in sede di adeguamento dello strumento urbanistico al PAI. Dette misure, salva la possibilità di una loro migliore specificazione ed articolazione sulla base dei dati ed elementi a disposizione negli specifici casi, devono essere coerenti rispetto ai riferimenti normativi di seguito indicati:

[...]

a) Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme del precedente Titolo II del presente Piano;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del precedente Titolo II del presente Piano;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle disposizioni di cui al precedente art 31.

Richiamando l'articolo citato:

Art. 31. Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.
2. I Programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.
4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.
5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA												
Relazione idraulica attraversamenti minori - viabilità	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM25</td> <td>00 D 26</td> <td>RI</td> <td>ID 00 00 004</td> <td>B</td> <td>33 di 34</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM25	00 D 26	RI	ID 00 00 004	B	33 di 34
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM25	00 D 26	RI	ID 00 00 004	B	33 di 34								

Le opere in progetto sono interventi di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico.

Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano 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. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.

A valle delle indicazioni da normativa riportate si può affermare che gli interventi in oggetto:

- non costituiscono significativo ostacolo al deflusso e sono previste opere atte a garantire la continuità idraulica di tutti i canali e fossi intercettati;
- non pregiudicano la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area.

È possibile affermare che le opere in progetto risultano compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni secondo gli strumenti normativi.