

lavoro

**Prolungamento di Via Franklin
tra SP72 Parma-Mezzani
e SP62R della Cisa**

fase
progettuale

**PROGETTO DI FATTIBILITA'
TECNICO - ECONOMICA**

elaborato

RELAZIONE IDRAULICA

progettisti

DOTT. ING. MARCO PEDRINI
Via Pelacani 5 - Parma
mail info@pedrinistudio.it
tel. 0521 499309

DOTT. ING. MARCO PETROLINI
via Sandro Pertini 12/a - Parma
mail info@petrolinistudio.it
tel. 0521 463882

DOTT. ING. CRISTIAN BOTTI
Via Pizzolese 2 - Parma
mail cristianbotti@gmail.com
tel. 0521 1581838

DOTT. ING. Iunior MATTEO CHIONNA
CASTELLI GADOLINI
Strada Due Castagne 33 – Parma
mail mchionna87@gmail.com
tel. 345 9000716

Prima emissione

SETTEMBRE 2024

revisioni

data

oggetto

Giugno
2025

Aggiornamento C.d.S.

Seconda emissione

SETTEMBRE 2025

Dimensione

A4

Elaborato n°

B.03



Comune di Parma

PROLUNGAMENTO DI VIA FRANKLIN TRA SP72 PARMA-MEZZANI E SP62R DELLA CISA

COMMITTENTE:

Comune di Parma

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

RI.01

Giugno 2025

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Oggetto specifico del documento	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
2.1	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)	6
2.2	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)	8
2.3	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (AI SENSI DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE E DEL D.LGS 49/2010) E RRI DEL COMUNE DI PARMA	10
3	RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE.....	14
4	INTERFERENZE IDRAULICHE	16
5	ANALISI IDROLOGIA.....	18
5.1	Curva di possibilità pluviometrica.....	18
5.2	Il metodo di trasformazione afflussi/deflussi	19
5.2.1	Valutazione delle perdite idrologiche e determinazione delle portate di piena	19
6	ANALISI IDRAULICA.....	28
6.1.1	Le ipotesi del calcolo idraulico	28
6.1.2	Il modello matematico utilizzato.....	28
6.2	Geometria dell'alveo.....	30
6.2.1	Coefficiente di scabrezza	31
6.2.2	Condizioni iniziali e al contorno	32
6.3	RISULTATI DELLE ANALISI IDRAULICHE.....	32
6.3.1	Stato di fatto	32
	Cavo Canaletto.....	32
	Fosso Fine	38
	Cavo Boccacava	44
	Canale Naviglia	49
6.3.2	Stato di Progetto.....	55
	Cavo Canaletto.....	55
	Fosso Fine	62
	Cavo Boccacava	67
	Canale Naviglia	74
6.4	Attraversamenti minori.....	80
7	IDRAULICA DI PIATTAFORMA	81
7.1	Dimensionamento dei drenaggi superficiali	81
7.1.1	Modello afflussi deflussi.....	81

7.1.2	Calcolo velo idrico piattaforma stradale	83
7.1.3	Deflusso idrico e interasse scarichi.....	84
7.1.4	Dimensionamento drenaggi superficiali	85
8	CONCLUSIONI	89

1 PREMESSA

Il presente piano di fattibilità tecnico-economica riguarda il progetto di realizzazione di un collegamento viario tra la S.P. 72 Parma – Mezzani (via Burla) e la S.P. 62R della Cisa (via Mantova), deliberato dall'Accordo Territoriale stipulato tra le Amministrazioni Comunali di Parma e Sorbolo e la Amministrazione Provinciale di Parma, finalizzato all'attuazione delle aree di trasformazione di natura commerciale.

Il nuovo asse viario si configura come un prolungamento di Via Benjamin Franklin e Via Forlanini, collegando due radiali che penetrano nel centro urbano da nord-est. Questo percorso attraverserà appezzamenti agricoli allineati con la maglia regolare della centuriazione e, innestandosi in località Chiozzola con la esistente Via Caduti del Lavoro, si innesterà sulla via Mantova sgravando l'attuale viabilità dal traffico pesante e realizzando un collegamento diretto con le aree produttive in corso di realizzazione (APEA APS1 – Comune di Sorbolo Mezzani) in ampliamento all'esistente zona produttiva di Chiozzola e quella adiacente, posta ad est e già autorizzata (APEA APS2 – Comune di Sorbolo di Mezzani).

La nuova strada costituirà un importante collegamento bilaterale tra due assi viabilistici che attualmente mancano di raccordi significativi. Essa consentirà nuovi flussi veicolari tra le aree a nord del Comune di Sorbolo e gli insediamenti produttivi dei comparti S.P.I.P., rendendo più immediato l'accesso al casello autostradale della A1.

La sezione tipo adottata per l'asse principale è la tipologia "F" Strada Urbana locale, soluzione base a 2 corsie, nel rispetto delle "Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade previste dal D.M. 5 novembre 2001.



Figura 1 – Inquadramento nuovo tracciato su ortofoto

Il tracciato stradale divide il territorio da ovest ad est andando a modificare il sistema di scolo delle acque superficiali ed interseca alcuni canali consortili per i quali è previsto l'attraversamento idraulico con manufatti scatolari prefabbricati ed in opera, in particolare da ovest ad est:

- **Cavo Canaletto**, in prossimità di Strada Pedrignano, sarà intubato mediante uno scatolare prefabbricato con sezione interna pari a **300x175 cm e per un tratto di lunghezza pari a circa 20 m**;
- **Fosso Fine** sarà intubato mediante uno scatolare prefabbricato di sezione interna pari a **300x150 cm e per un tratto di lunghezza pari a circa 20 m**;
- **Cavo Boccacava** sarà intubato mediante uno scatolare prefabbricato con sezione interna pari a **300x200 cm e per un tratto di lunghezza pari a circa 20 m**;
- **Canale Naviglia** sarà attraversato mediante uno scatolare in calcestruzzo armato realizzato in opera con sezione netta interna libera pari a **800x275 cm e per un tratto di lunghezza pari a circa 20 m**.

1.1 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO

Nella presente Relazione vengono trattati gli aspetti idrologici e idraulici relativi al progetto di fattibilità tecnico-economica del progetto di realizzazione di un collegamento viario tra la S.P. 72 Parma – Mezzani (via Burla) e la S.P. 62R della Cisa (via Mantova), nel Comune di Parma e Sorbolo Mezzani. In particolare, viene fornita la caratterizzazione idrologica-idraulica dell'area di interesse e vengono individuate le principali problematiche legate all'interazione tra l'infrastruttura e il sistema delle acque superficiali. Vengono determinati, inoltre, i valori di colmo delle portate di piena generate dai bacini dei canali consortili interferiti. L'Ente gestore è il Consorzio della Bonifica Parmense.

In particolare, vengono affrontati i seguenti punti:

- Inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento;
- Caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico e idraulico;
- Individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con l'opera di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- Delineazione dello studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti principali;
- La raccolta e l'allontanamento, nel rispetto del criterio di invarianza idraulica, delle acque meteoriche ricadenti sulle superfici stradali e sulle pertinenze.

Lo studio e le elaborazioni dei dati raccolti consentiranno di associare, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, una corretta valutazione dell'evento meteorico generatore della portata di dimensionamento.

Le curve di possibilità pluviometrica utilizzate per la stima, note le caratteristiche dei bacini idrografici scolanti, delle portate di progetto nello studio idraulico sono quelle fornite dal Consorzio della Bonifica Parmense.

Inoltre, vengono illustrate le elaborazioni effettuate per un primo dimensionamento e la verifica dei dispositivi di raccolta e drenaggio e laminazione delle acque di piattaforma.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)

Il PAI, costituisce piano stralcio del Piano di bacino del Po, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183 del 18 maggio 1989, e ha valore di piano territoriale di settore (L.183/89, art.17, c.1) alle cui prescrizioni devono adeguarsi gli atti di pianificazione e programmazione regionali, provinciali e comunali (L.183/89, art.17, c. 6).

L'assetto idraulico dei corsi d'acqua principali e i relativi fenomeni di inondazione, che determinano condizioni di rischio idraulico, sono affrontati nel PAI attraverso la delimitazione delle fasce fluviali, condotta secondo un metodo che definisce tre distinte fasce (art.28 N.A. e Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" al Titolo II delle N.A. del PAI.):

- La fascia A o fascia di deflusso della piena, è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente; per la delimitazione della stessa si assume quella più ampia fra:
 - La porzione dell'alveo ove defluisce almeno l'80% della portata di riferimento; all'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0,40 m/s (criterio prevalente per i corsi d'acqua mono o pluricursali);
 - Il limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata di riferimento (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati);
- La fascia B o fascia di esondazione, esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena, ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni dimensionate per la stessa portata; la delimitazione sulla base dei livelli idrici va integrata con:
 - Le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
 - Le aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.
- La fascia B di progetto è costituita da quella parte della fascia B in cui il contenimento dei livelli idrici di piena è affidato a opere idrauliche non esistenti e programmate nell'ambito dello stesso PAI; la fascia B di progetto è ricondotta alla fascia B nel momento in cui le opere previste sono realizzate, "in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita".
- La fascia C o area di inondazione per piena catastrofica, è costituita dalla porzione di territorio esterna alla fascia B, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena

più gravosi di quelli di riferimento. Come portata catastrofica si assume la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un tempo di ritorno superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con 500 anni di tempo di ritorno. Per i corsi d'acqua non arginati la delimitazione è effettuata con gli stessi criteri adottati per la fascia B; per i corsi d'acqua arginati, l'area è delimitata unicamente nei tratti in cui lo rendano possibile gli elementi morfologici disponibili; in tali casi la delimitazione è definita in funzione della più gravosa delle seguenti due ipotesi (se entrambe applicabili) in relazione alle altezze idriche relative alla piena:

- Altezze idriche corrispondenti alla quota di tracimazione degli argini,
- Altezze idriche ottenute calcolando il profilo idrico senza tenere conto degli argini.

L'ubicazione dell'area di progetto è riportata in figura 2 che evidenzia la non classificazione all'interno delle fasce del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

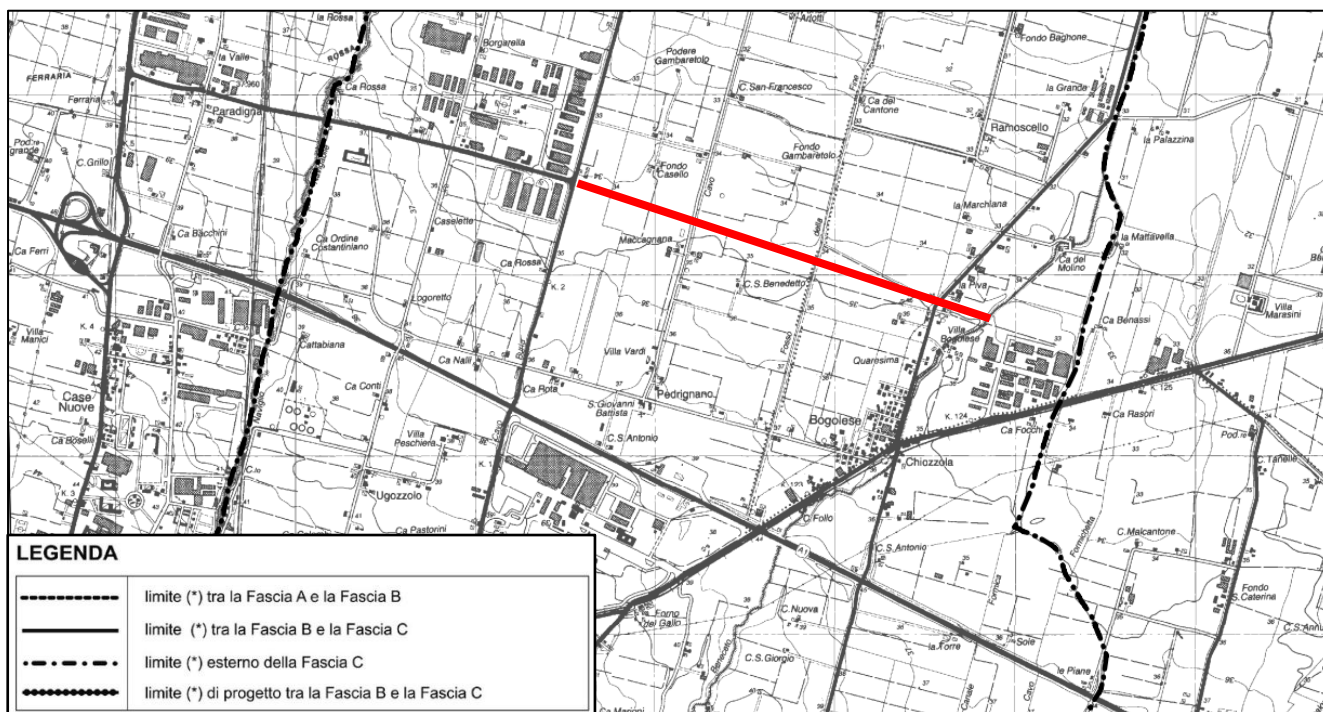


Figura 2 – Ubicazione dell'area di intervento con fasce fluviali PAI.

2.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), approvato con delibera di Consiglio provinciale n.71 del 25.07.2003, è stato redatto ai sensi dell'articolo 20, comma 2, del D.Lgs. 267/2000 e dell'articolo 26 della Legge regionale 20/2000, e, in attuazione del quadro normativo e programmatico regionale, definisce l'assetto del territorio, con riferimento agli interessi sovra comunali, in particolare:

- Orienta l'attività di governo del territorio provinciale e quello dei Comuni;
- Costituisce, nel proprio ambito territoriale, specificazione, approfondimento ed attuazione delle linee di azione della programmazione regionale;
- Costituisce momento di raccordo delle politiche settoriali della Provincia;
- Costituisce strumento di indirizzo e coordinamento per la pianificazione urbanistica comunale (art.1, comma 1 e segg.).

Il PTCP vigente, ha individuato, per quanto riguarda le tematiche ambientali, gli ambiti da sottoporre a disposizioni normative di tutela; in particolare, in accordo con le previsioni del Piano per l'Assetto Idrogeologico – PAI (DPCM 24 Maggio 2001; G.U. n.183, 8 agosto 2001) e nell'ottica di adeguamento al PAI stesso, sono state definite le zone caratterizzate da fenomeni di dissesto idrogeologico, di tutela idraulica e gli ambiti territoriali soggetti a rischio idraulico e idrogeologico.

Nella deliberazione con cui la Giunta Regionale ha espresso l'intesa sul PTCP, ai sensi dell'art. 27 comma 9 della L.R. 20/2000, l'approvazione del piano è stata condizionata da alcuni adempimenti. In particolare la Provincia è stata sollecitata ad adeguare il PTCP al PAI per consentire al PTCP di assumere il valore e gli effetti del PAI mediante il conseguimento dell'Intesa con l'Autorità di Bacino del Fiume Po, ai sensi dell'art. 27 della L.R. 20/2000.

Con la delibera di Consiglio Provinciale n.134 del 27.12.2007 è stata adottata una Variante parziale al PTCP finalizzata a conseguire una maggiore aderenza ai contenuti del PAI in materia di difesa del suolo. Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume PO, con Deliberazione n.4 del 7 dicembre 2016, ha provveduto all'adozione della "Variante al Piano per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI): torrente Baganza da Calestano a Confluenza Parma e torrente Parma da Parma a confluenza Po". La Variante è stata successivamente approvata con DPCM del 22 febbraio 2018, oggetto di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 25.05.2018 (GU Parte Prima n.120 Anno 159).

La Variante del PAI riguarda l'aggiornamento delle fasce fluviali del torrente Baganza e Parma, da Calestano a confluenza Parma in zona urbana, e il torrente Parma, da Parma alla confluenza in Po, con specifico riferimento alla definizione di obiettivi e misure di riduzione del rischio. La zona in esame non è stata oggetto di variante.

L'ABDPO provveduto in particolare all'aggiornamento dei contenuti della pianificazione di bacino vigente (PAI) sia in termini di quadro conoscitivo di base che in termini di valutazioni di pericolosità e rischio, definendo conseguentemente obiettivi e misure anche tenendo in considerazione gli effetti conseguenti all'evento alluvionale del 13 ottobre 2014.

Al fine di adeguare i contenuti e le disposizioni di riferimento della pianificazione Provinciale alle nuove previsioni di tutela della pianificazione di bacino, la Provincia di Parma, ai sensi della stessa Intesa PAI-PTCP e secondo quanto previsto dall'art. 65, commi 4 e 5, del D.Lgs.152/2006, ha provveduto all'elaborazione di una specifica variante di adeguamento del PTCP.

L'aggiornamento del P.T.C.P., in particolare del tematismo relativo alle fasce fluviali definite nella Tavola C1 "Tutela Ambientale, Paesistica e Storico-Culturale", è previsto dallo stesso Protocollo d'Intesa, sottoscritto dalla Provincia, Regione Emilia-Romagna e ADBPO, per la definizione delle disposizioni del PTCP relative all'attuazione del PAI, ai sensi dell'Art.57 del D.Lgs. n.112 e art.21 della LR 20/2000, nonché dell'art.1 delle stesse Norme di Attuazione del PAI.

La suddetta Variante è stata elaborata quale Variante specifica al P.T.C.P., in recepimento delle previsioni di Piani sovraordinati, e pertanto in attuazione e con le procedure di cui all'art. 27-bis della L.R. 20/2000 e dell'art. 76 della L.R. 24/2017, ponendosi i seguenti obiettivi:

- Adeguamento\aggiornamento delle delimitazione delle fasce fluviali del P.T.C.P. rappresentate nella Tavola C1 "Tutela Ambientale, Paesistica e Storico-Culturale" (scala 1:25.000), approvato con Del. di C.P. n.134 del 21.12.2007, attraverso il recepimento dei contenuti (definizione aggiornata dei limiti fascia A, B, B progetto e C) della Variante PAI adottata con Del. del C.I. n.4 del 7 dicembre 2016, relativa al Torrente Baganza (tratto Calestano – confluenza T. Parma e area urbana confluenza T. Baganza e T. Parma);
- Integrazione del repertorio cartografico (Fasce di pertinenza fluviale) del Quadro Conoscitivo del PTCP.

In particolare per i corpi idrici oggetto di delimitazione delle fasce fluviali vengono individuate:

- La **zona di deflusso di piena** che costituisce la definizione cartografica e l'articolazione integrata delle zone di cui agli articoli 17 e 18 del PTPR e della *Fascia A* di deflusso di piena, così come definita dall'articolo 28 del PAI. All'interno di tale zona vengono, quindi, individuati due ambiti:
 - **Ambito A1:** costituito dall'alveo, così come individuato dell'art.18 del PTPR;
 - **Ambito A2:** interessa la restante area sede del deflusso della corrente, sino al limite esterno della zona stessa.
- La zona di tutela ambientale e idraulica dei corsi d'acqua che costituisce la definizione cartografica e l'articolazione integrata delle zone di tutela dei corsi d'acqua, individuate ai sensi dell'art.17 del PTPR, e della Fascia B di esondazione, così come definita dall'art.28 del PAI. Essa è esterna alla zona di deflusso della piena.
- I limiti di progetto che individuano caratteristiche e localizzazione delle nuove opere idrauliche per i contenimenti dei livelli idrici di piena e per la regimazione dell'alveo in funzione dell'assetto di progetto del corpo idrico definito nelle Linee di assetto idraulico e idrogeologico – Allegato 10 alle Norme tecniche di Attuazione (NTA).

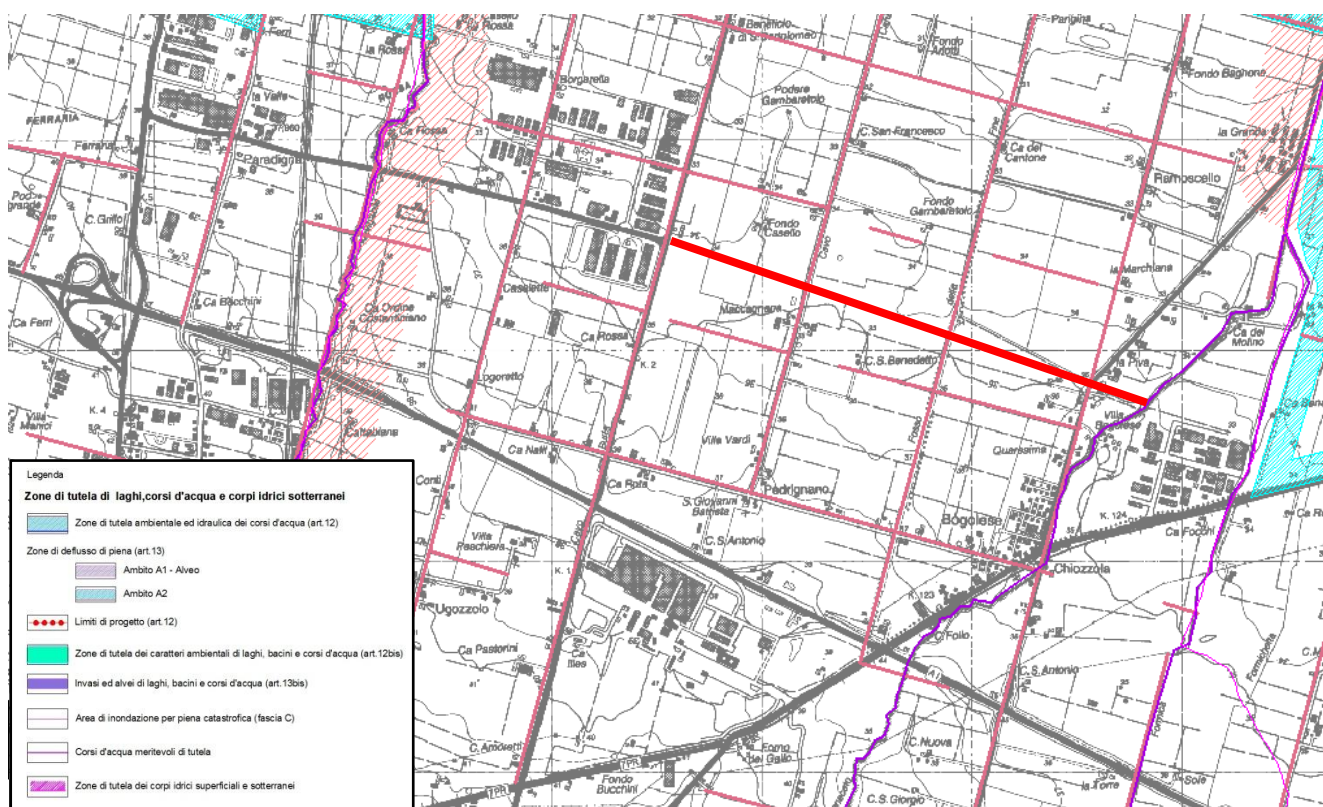


Figura 3 – Ubicazione dell'area di intervento con fasce fluviali del PTCP della Provincia di Parma.

2.3 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (AI SENSI DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE E DEL D.LGS 49/2010) E RRI DEL COMUNE DI PARMA

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) è un Piano introdotto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') con la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurne le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche.

In base a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE, il PGRA, alla stregua dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), è stralcio del Piano di Bacino ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Alla scala di intero distretto, il PGRA agisce in sinergia con i PAI vigenti.

Il piano, sulla base delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione, definisce la strategia generale a livello di distretto, individua gli obiettivi distrettuali e le misure per orientare e fare convergere verso il comune obiettivo della sicurezza delle popolazioni e del territorio tutti gli strumenti di pianificazione distrettuale, territoriale e di settore vigenti compresa la pianificazione di emergenza di competenza del sistema della Protezione Civile. Definisce, inoltre, le priorità d'azione per le Aree a Rischio Potenziale Significativo, le infrastrutture strategiche, i beni culturali e le aree protette esposte a rischio, per i quali

gli obiettivi generali di distretto devono essere declinati per mitigare da subito le criticità presenti con specifiche misure.

Il PGRA è stato approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 3 marzo 2016.

Le mappe della pericolosità rappresentano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali) e dal mare, con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) rappresentati con tre diverse tonalità di blu, associando al diminuire della frequenza di allagamento il diminuire dell'intensità del colore.

Le mappe del rischio indicano la presenza degli elementi potenzialmente esposti (popolazione coinvolta, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) che ricadono nelle aree allagabili e la corrispondente rappresentazione in 4 classi da molto elevata (R4) a moderata o nulla (R1). Le 4 categorie di rischio sono rappresentate mediante una paletta di colori che va dal giallo (rischio moderato o nullo) al viola (rischio molto elevato), passando per l'arancione (rischio medio) e il rosso (rischio elevato). In figura sono riportate le mappe della pericolosità elaborate per il territorio comunale, e in particolare nell'area d'interesse, redatte conformemente a quanto richiesto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010.

Il primo aggiornamento (secondo ciclo) delle mappe di pericolosità e del rischio alluvioni è stato esaminato nella seduta di Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019, e in data 16 marzo 2020 sono stati pubblicati gli atti della Conferenza Istituzionale Permanente e le mappe delle aree allagabili e del rischio, ai sensi di quanto disposto nelle Deliberazioni n.7 e 8 del 20 dicembre 2019. A seguito della pubblicazione delle mappe 2019, si sono succedute una serie di complesse fasi di osservazione-pubblicazione-aggiornamento, concluse 11 aprile 2022 con Approvazione definitiva con Decreto del Segretario Generale n. 43 del 11 aprile 2022 - DS n. 43/2022.

Nelle figure seguenti si riportano gli estratti delle mappe della pericolosità per il Reticolo Principale (RP) e per il Reticolo Secondario di Pianura (RSP) elaborate per il territorio comunale, e della Carta delle aree di vulnerabilità idraulica del RRI del Comune di Parma.

Le mappe della pericolosità contengono la perimetrazione delle aree che potrebbero essere interessate da inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), rappresentate con tre diverse tonalità di blu, associando al ridursi della frequenza di allagamento il diminuire dell'intensità del colore.



Figura 4 – Estratto della tavola Piano Gestione Rischio Alluvioni – Aree Inondabili: Mappa della Pericolosità (AIPO secondo ciclo aggiornamento fase 2 del 11.04.2022.) Reticolo Principale

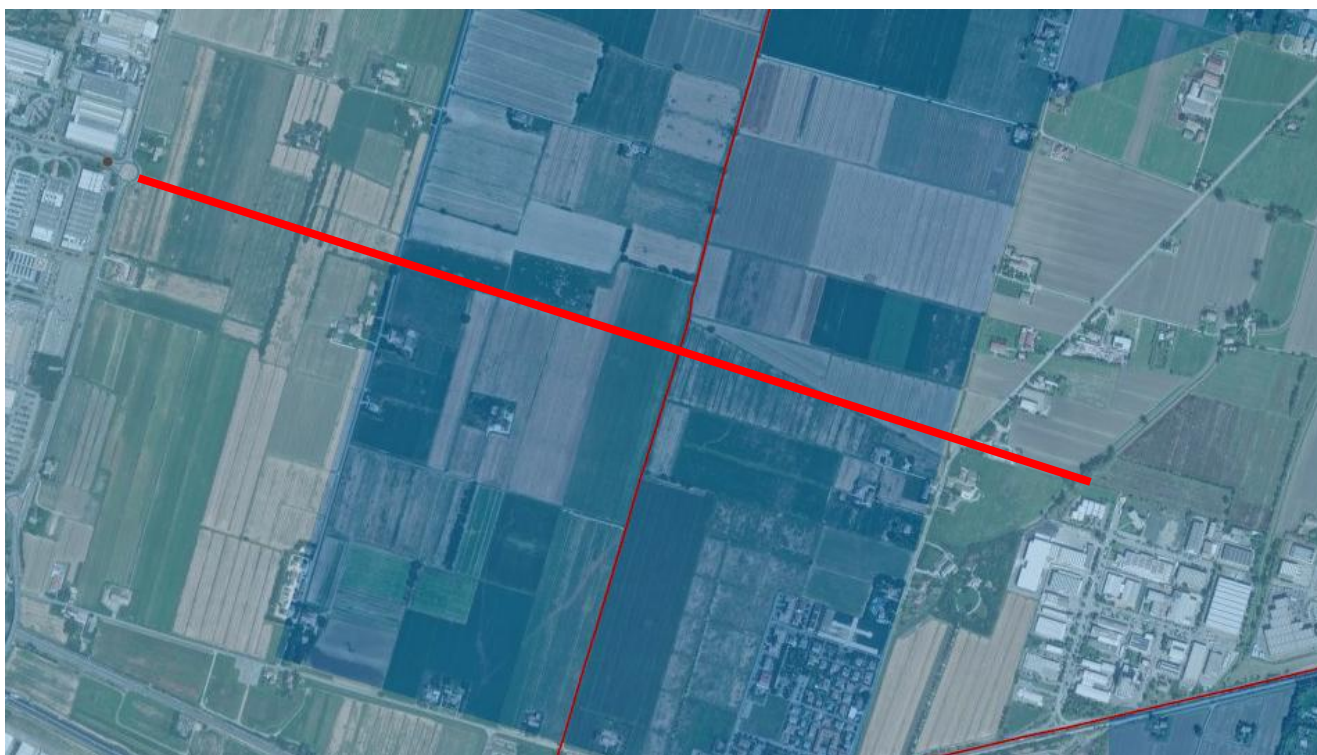


Figura 5 - Estratto della tavola Piano Gestione Rischio Alluvioni – Aree Inondabili: Mappa della Pericolosità (AIPO secondo ciclo aggiornamento fase 2 del 11.04.2022.) Reticolo Secondario di Pianura

L'area oggetto di interesse risulta non classificata per il Reticolo Principale e in classe di Pericolosità P2 e P3 del Reticolo Secondario di Pianura

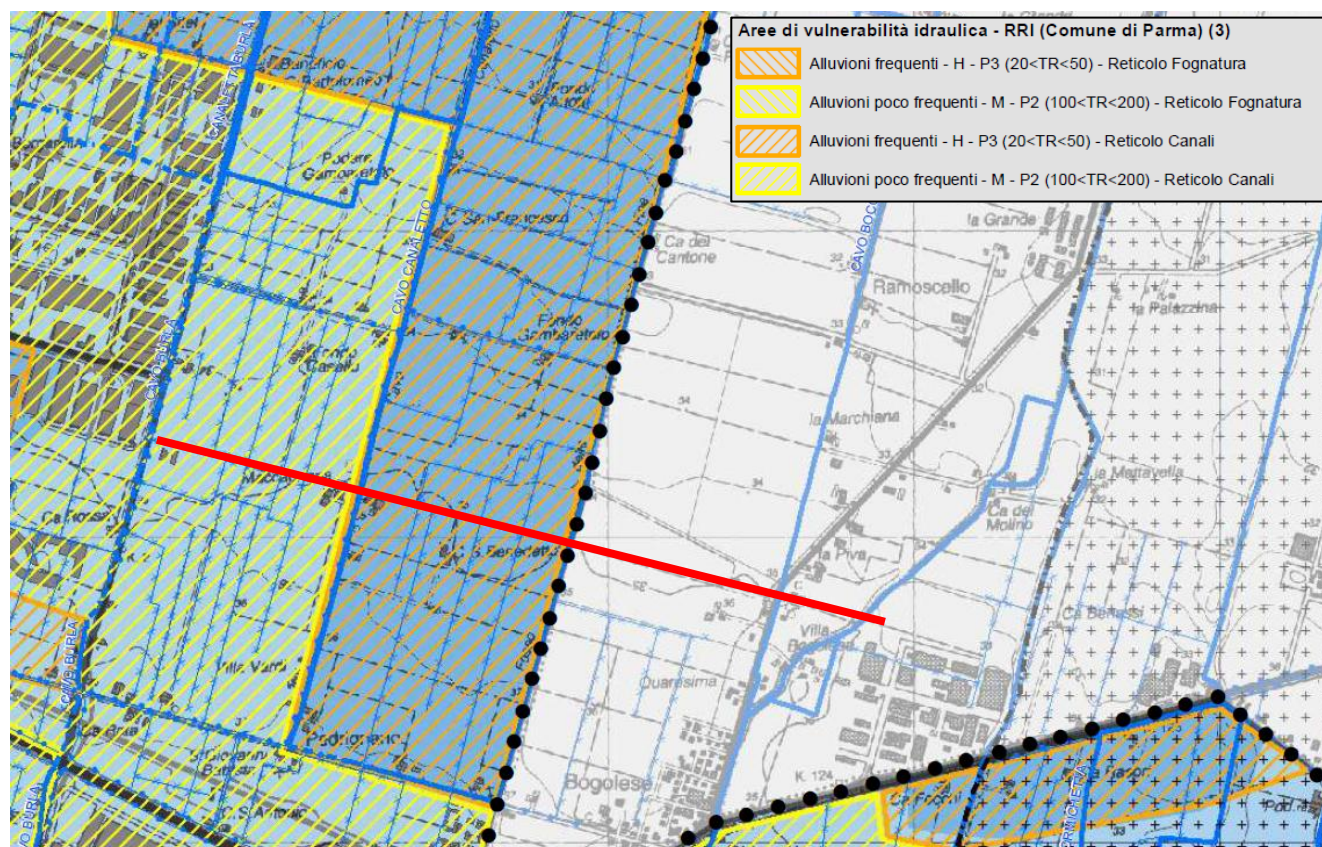


Figura 6 - Stralcio della Carta delle aree di vulnerabilità idraulica del RRI del Comune di Parma.

L'area di intervento risulta classificata parzialmente in classe di pericolosità P2 e P3 – Reticolo dei Canali per il documento RRI del Comune di Parma.

3 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE

Il tracciato stradale proposto si sviluppa sul territorio intercomunale come una "bretella" destinata a collegare due aree prevalentemente produttive, facilitando gli scambi veicolari da est a ovest. Le caratteristiche geometriche della nuova infrastruttura la classificano come strada locale extraurbana di Classe F2.

La progettazione prevede, nel primo tratto a ovest, la realizzazione di un asse rettilineo che si dirama dalla rotatoria esistente di via Burla - via Franklin, attraversando la campagna oltre la periferia nord della città di Parma. Il percorso si snoda per tutta la sua lunghezza attraverso diverse proprietà dedicate all'agricoltura estensiva e interseca due strade comunali minori: Strada Pedrignano e Strada della Fine (vicinale). In corrispondenza dell'intersezione con Strada Pedrignano, sarà realizzato un incrocio a raso che, in base ai flussi di traffico osservati su questa viabilità secondaria, imporrà un obbligo di svolta a destra per chi proviene da Strada Pedrignano. Per Strada della Fine, interessata da un'entità di traffico pressoché nulla, sarà chiusa per motivi di sicurezza.

Proseguendo verso la località Chiozzola, il tracciato attraversa la strada comunale omonima grazie a una nuova rotatoria con un diametro di 36 m. Successivamente, il percorso continua in rettilineo e interseca il canale Naviglia; per questo attraversamento è previsto l'uso di uno scatolare in c.a. in opera con sezione netta interna di 800x275 cm, che interesserà il canale per circa 23 m, accompagnato da opere di sistemazione spondale per garantire un regolare deflusso idrico.

Subito dopo il tratto viario si innesterà nella rotatoria già autorizzata facente parte della lottizzazione APEA APS1 in fase di realizzazione, congiungendosi con la strada esistente del comparto produttivo di Chiozzola. Dopo circa 600 m, il percorso giunge all'innesto con la Strada provinciale SP62R.

A completamento dell'opera, saranno realizzate anche infrastrutture accessorie come pozzetti e muri di sostegno per il contenimento del terreno lungo il canale Naviglia, in conformità con le indicazioni del Consorzio di Bonifica Parmense.

Per quanto riguarda l'andamento altimetrico, il progetto prevede che la nuova viabilità si posizioni mediamente a circa 70 cm sopra il livello attuale del terreno agricolo circostante, con pendenze modeste per garantire un raccordo adeguato.

Le problematiche legate alla progettazione e realizzazione dell'opera si concentrano principalmente su tre aspetti:

- Intersezioni con fondi e proprietà lungo il tracciato previsto;
- Interferenze con la viabilità locale e corsi d'acqua che scorrono in direzione sud-nord, incrociando perpendicolarmente il nuovo tracciato;
- Interferenze con elettrodotti esistenti.

Il tracciato rettilineo del primo tratto segue l'allineamento naturale dell'asse di via Franklin, che è già stato realizzato lungo i tracciati delle centuriazioni romane. Questa scelta mira a evitare frazionamenti

significativi dei fondi agricoli, considerando che le proprietà terriere si delineano più chiaramente lungo i confini catastali piuttosto che in posizioni casuali.

L'intersezione con i due tracciati viari nel primo tratto ha richiesto specifiche opere per la regolamentazione del traffico, come svasi laterali per facilitare le manovre di immissione.

I corsi d'acqua che interferiscono con il tracciato sono essenzialmente quattro. Il primo, il Cavo Canaletto, adiacente a Strada di Pedrignano, sarà attraversato da uno scatolare in c.a. di dimensioni 300x175 cm. Procedendo verso est, si incontrano il fosso della Fine e il cavo Boccacava, che saranno intubati rispettivamente con scatolari in c.a. di 300x150 cm e 300x200 cm. L'ultimo canale, il Naviglia, richiederà uno scatolare in c.a. con sezione interna di 800x275 cm.

Inoltre, è necessario considerare le interferenze degli elettrodotti di alta e media tensione, che attraversano o lambiscono il tracciato. Un elaborato grafico specifica i tratti di interrimento e intersezione dei cavi elettrici, tenuti in considerazione nel documento "Computo metrico estimativo". Anche una breve tratta di rete telefonica aerea dovrà essere inserita nel bauletto stradale lungo l'asse nord-sud in prossimità dell'incrocio con Strada di Pedrignano.

Oltre a queste problematiche minori, non sono state riscontrate particolari condizioni ostative alla realizzazione dell'opera, sia a livello archeologico che geologico

4 INTERFERENZE IDRAULICHE

Il tracciato in progetto determina interferenze idrauliche con corpi idrici superficiali quali il cavo Canaletto, il fosso Fine, il cavo Boccacava e il canale Naviglia gestiti dal Consorzio della Bonifica Parmense, oltre a due canali di scolo/irrigui privati e al reticolo di scolo dei terreni agricoli.

Si riporta nella figura seguente la bacinizzazione dei corsi d'acqua gestiti dal Consorzio.

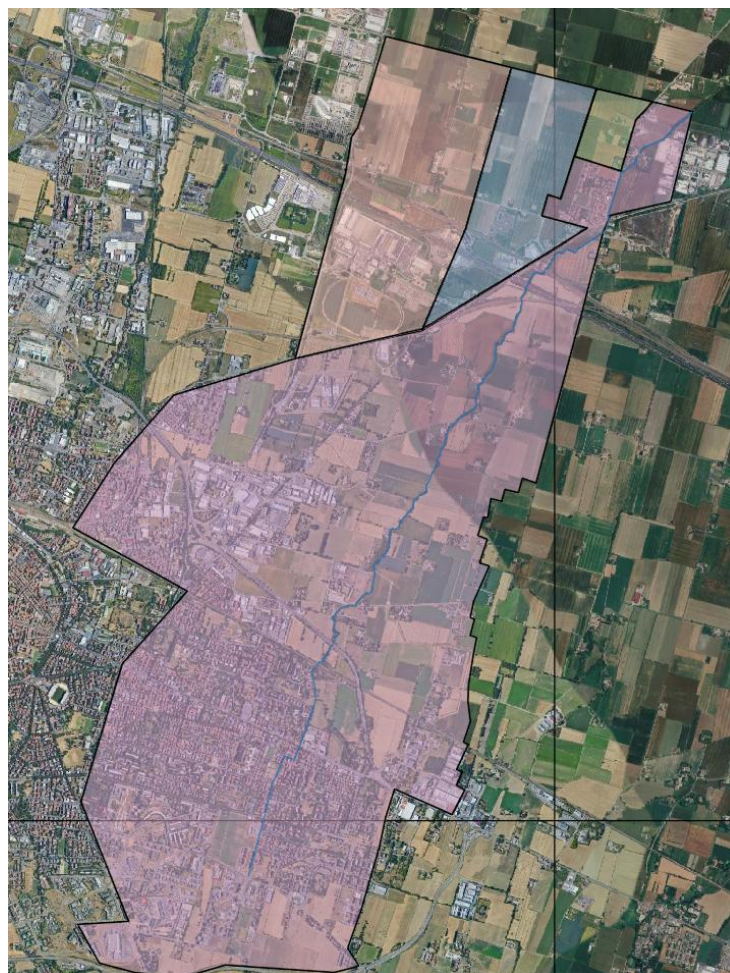


Figura 7 - Bacini dei canali consortili su ortofoto

I bacini interferiti dal tracciato (chiusi in prossimità del nuovo tracciato in progetto) e le relative caratteristiche morfologiche sono elencati nella tabella seguente:

Bacino	A	H _{max}	H _{med}	H _{min}	L	i
	km ²	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m	%
Cavo Canaletto	2,49	41,80	38,00	34,20	2.912	0,08
Fosso Fine	1,25	39,30	36,75	34,20	2.382	0,11
Cavo Boccacava	0,234	35,90	35,20	34,50	705	0,18
Canale Naviglia	14,92	61,30	47,25	33,20	7.971	0,28

Tabella 1 - Caratteristiche morfologiche dei bacini interferiti

in cui:

- A è l'area del bacino idrografico;
- H_{max} è la quota massima del bacino dell'asta fluviale principale;
- H_{min} è la quota minima del bacino, coincidente con la quota minima dell'asta fluviale principale alla sezione di chiusura;
- H_{med} è la quota media del bacino idrografico rispetto alla sezione di chiusura;
- L è la lunghezza dell'asta principale, considerata come quella a maggior sviluppo planimetrico del reticolo idrografico sotteso alla sezione di chiusura;
- i è pendenza media dell'asta principale.

5 ANALISI IDROLOGIA

Lo studio idrologico è volto alla determinazione delle portate di progetto da considerare per il corretto dimensionamento delle opere di attraversamento dei corpi idrici esistenti e del sistema di drenaggio di piattaforma.

La valutazione delle portate di progetto deriva da una analisi statistica dei dati disponibili, in modo da stabilire una relazione fra le portate ed il corrispondente tempo di ritorno. Esistono diversi metodi per la valutazione delle portate di progetto, a seconda dei dati di partenza:

- Analisi statistica delle misure idrometriche, per i corpi idrici dotati di stazioni di misura. Questo metodo è applicabile laddove le stazioni di misura esistano e siano sufficientemente prossime alla sezione di chiusura del bacino considerata.
- Metodi di regionalizzazione delle portate: possono essere utilizzati su vasti bacini strumentati, laddove, con tecniche di regressione statistica, l'intera informazione idrometrica può essere utilizzata per correlare la portata nella sezione fluviale considerata con le caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino.
- Metodi di trasformazione afflussi/deflussi: in caso di bacini non strumentati, le portate di progetto possono essere valutate a partire da una analisi statistica dei dati di precipitazione atmosferica, da trasformarsi in portate per mezzo di modelli di trasformazione afflussi/deflussi.

I corpi idrici e le altre incisioni minori attraversate dal tracciato di progetto non sono dotate di stazioni di misura dei livelli/portate e pertanto per la valutazione delle portate di progetto si farà ricorso ai metodi di trasformazione afflussi/deflussi.

5.1 CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'analisi idrologica ha lo scopo di definire le portate nello Stato di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia. La stima degli afflussi/deflussi, sull'area oggetto di studio, è stata realizzata utilizzando come parametro di calcolo il metodo Curve Number elaborato dal Soil Conservation Service (USA). Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento. L'analisi è stata fatta analizzando il coefficiente di deflusso, dipendente dal tipo di permeabilità e uso del terreno.

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (d) dell'evento di pioggia in funzione di un prefissato tempo di ritorno (TR) è stato necessario individuare la legge probabilistica che meglio si adatta alla serie storica del campione analizzato. Generalmente, per le elaborazioni statistiche dei dati di pioggia, la distribuzione che meglio interpreta le serie storiche risulta essere quella di Gumbel, descritta dall'espressione:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per TR 100 forniti dal Consorzio della Bonifica Parmense, riportati nella tabella seguente:

Durate	$t \leq 1$ ora	$t \geq 1$
a	71.905	63.011
n	0.370	0.304

Tabella 2 - Valori caratteristici della curva di possibilità pluviometrica, TR = 100 anni.

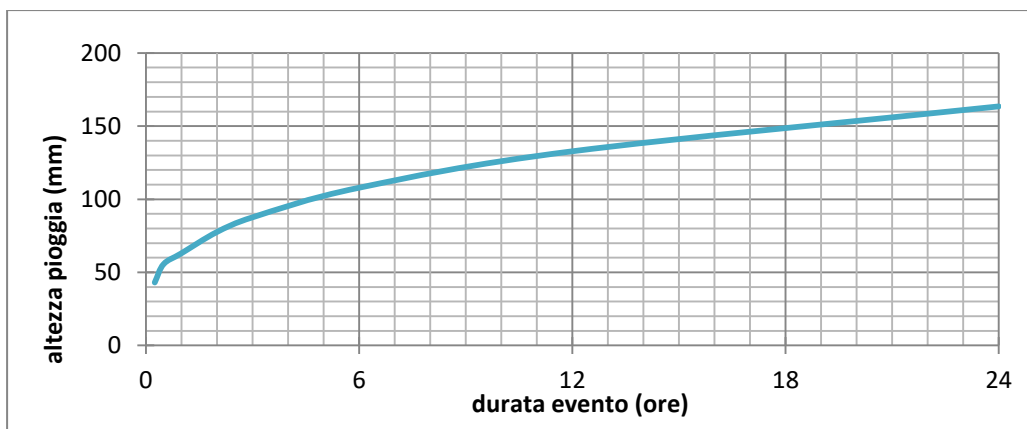


Figura 8 - Curva di possibilità pluviometrica per TR=100 anni.

5.2 IL METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI

Mancando del tutto, per i corpi idrici e i bacini in esame, dati specifici circa le misure di portata e dell'andamento delle piene, si è implementato un modello afflussi/deflussi per la determinazione delle portate di progetto per la verifica idraulica del tratto in esame. Nell'ambito del presente studio idrologico, una volta focalizzata l'indagine sul regime delle piogge di forte intensità, per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica sopra esposte, si è proceduto alla trasformazione degli afflussi in deflussi al fine di correlare gli eventi di pioggia alle portate di piena. Tale trasformazione A/D è impostata sulla valutazione delle perdite idrologiche e stima delle portate con il metodo *Curve Number* dell'U.S. *Soil Conservation Service*.

5.2.1 VALUTAZIONE DELLE PERDITE IDROLOGICHE E DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

L'applicazione del metodo è basata sulla conoscenza delle principali caratteristiche morfometriche del bacino considerato, ricavate principalmente dall'analisi delle carte C.T.R. e ortofoto. Una volta delimitata la porzione di bacino sottesa alla sezione di chiusura di interesse se ne determina la superficie (S), la lunghezza dell'asta fluviale principale (L), l'altitudine massima (H_{max}), l'altitudine minima (H_{min}) e l'altitudine media (H_m).

Per tale motivo sia la determinazione del tempo di corrivazione (t_c) che del coefficiente di deflusso (ϕ)

richiedono la conoscenza del reticolo idrografico afferente alla sezione di chiusura che delle caratteristiche fisiche del bacino ad esso sotteso. La formula riportata di seguito fornisce il valore di $Q_{\max}$ in m³/s,:

$$Q = \frac{S \cdot \varphi \cdot P}{3.6 \cdot T_c}$$

dove

- S = superficie del bacino in km²;
- T_r = tempo di ritorno in anni;
- P = Pioggia critica (mm)
- T_c = tempo di corrivazione del bacino in ore;
- h = altezza della precipitazione con dato T_r fornita dalla linea segnalatrice ed espressa in mm.

Per la determinazione del coefficiente di deflusso φ si è fatto riferimento al metodo C.N. (Curve Number) sviluppato dal Soil Conservation Service USA, in quanto in casi analoghi ha dimostrato particolare validità. Con questo metodo nel bilancio complessivo dei volumi medi/mensili transitanti alla sezione di chiusura, è necessario tenere presente che il volume di origine naturale in realtà deriva dalla risposta del bacino sollecitato degli afflussi meteorici e di cui si è scorporata l'aliquota persa per infiltrazione ed evapotraspirazione. Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento (terreno asciutto CNI, mediamente saturo CNII o saturo CNIII). Sebbene originariamente non sia stato sviluppato per l'interpretazione della dinamica temporale delle perdite idrologiche, è ampiamente diffuso, soprattutto per la notevole mole di dati reperibili in letteratura per la sua applicazione. Le caratteristiche di permeabilità del suolo dei bacini in oggetto di studio sono state dedotte attraverso la carta dell'uso del suolo estratta dal Geoportale della Regione Emilia Romagna, da cui con elaborazioni successive sono stati determinati i coefficienti di deflusso dei bacini.

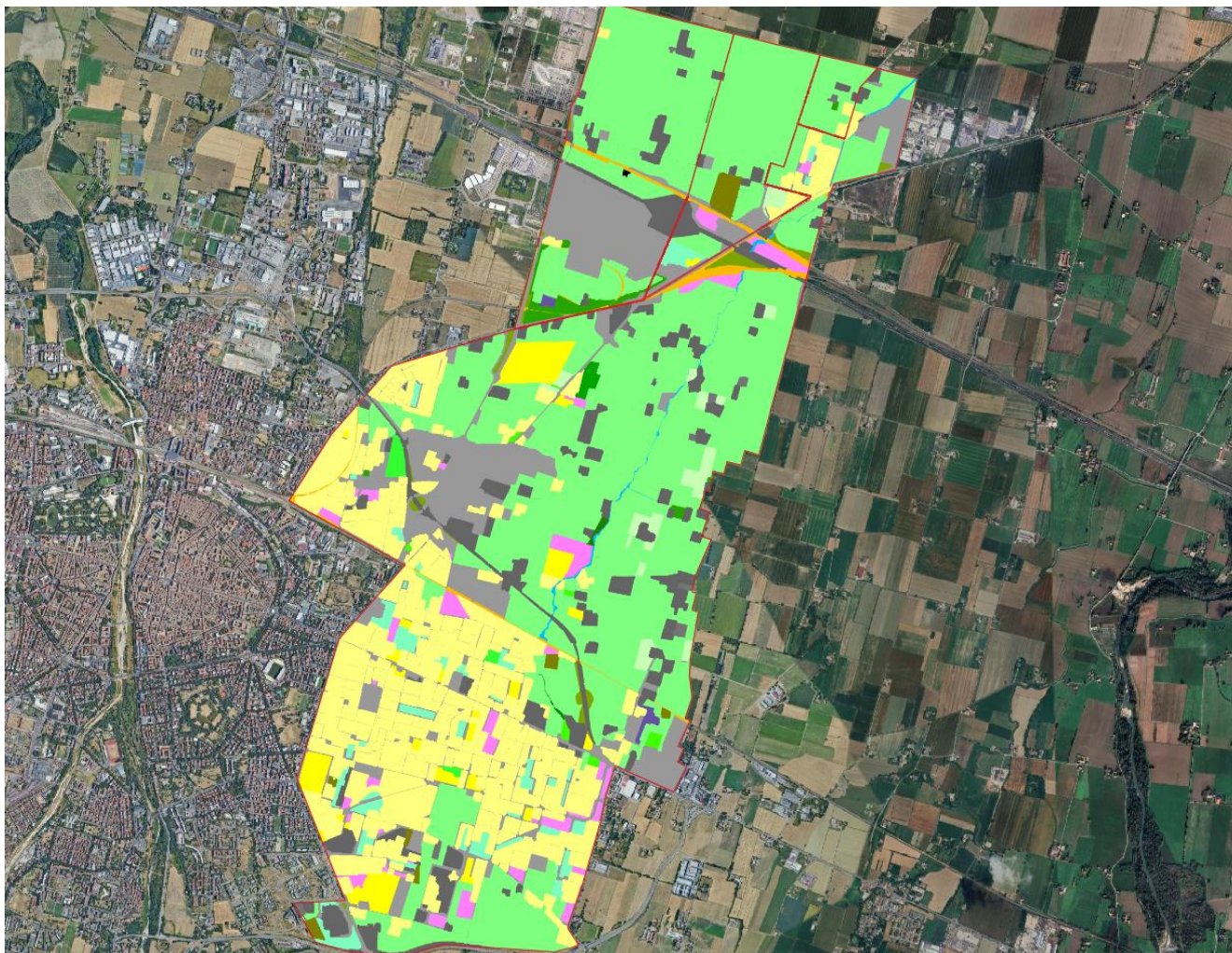


Figura 9 - Carta Uso del Suolo con individuazione bacini – Geoportale Emilia Romagna.

L'utilizzo di questo metodo impone l'applicazione di coefficienti che dipendono dal tipo di acclività dei versanti e dal tipo di copertura e natura del terreno. I corpi idrici considerati, così come per altri corsi d'acqua che presentano le analoghe caratteristiche di estensione ed acclività, riporta i maggiori deflussi in occasione di piogge intense e di breve durata. Per la determinazione del T_c , calcolato impiegando formule differenti, si è imposto che abbia caratteristiche costanti indipendentemente dal valore della portata al colmo.

Per la determinazione della portata di piena al colmo, sono stati simulati eventi pluviometrici critici di varia durata (1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore) e si è preso come riferimento quello generante le condizioni più gravose in termini di portate al colmo dell'onda di piena transitante nel corso d'acqua. In particolare, le condizioni più gravose sono associate all'evento pluviometrico avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico.

Come sopra ricordato, per la stima del coefficiente di deflusso è stato applicato il metodo CN (Curve Number) che consente in fase successiva di determinare la distribuzione nel tempo del deflusso e la sua portata massima al colmo.

Il coefficiente CN attribuisce a ogni singola porzione di superficie del bacino idrografico, un valore

adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura. La tabella seguente riporta i valori proposti dal S.C.S.; questi presuppongono una condizione "media" dello stato di umidità e saturazione del suolo anteriormente all'evento pluviometrico.

Tipo di Uso del Suolo	Permeabilità del suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62 - 72	71 - 81	78 - 88	81 - 91
Pascoli	39 - 68	61 - 79	74 - 86	80 - 89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	71	83
Boschi o foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Affioramenti rocciosi	98	98	98	98
Area a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50% al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per l'85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiate	76	85	89	91

Tabella 3: Coefficienti CN per varie combinazioni suolo-copertura.

I valori di CN mostrati in tabella fanno riferimento a differenti tipologie idrologiche di suolo, dipendenti dalla permeabilità del terreno. La classificazione proposta dal SCS è la seguente:

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde e molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità d'argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 4 - tipologie idrologiche di suolo (classificazione SCS).

Per l'area di intervento è stato assunto un tipo di suolo di classe C.

Sono stati quindi valutati, per ogni sottobacino del corso d'acqua esaminato, i valori del coefficiente CN e sono stati calcolati il coefficiente di deflusso (ϕ) per piogge con diverso tempo di ritorno TR ed il tempo di corrivazione t_c ; tali valori, insieme alle caratteristiche geometriche dei vari sottobacini, vengono utilizzate per definire le portate di piena al colmo generate dal bacino imbrifero. Data l'acclività dei versanti dei sottobacini tributari e l'estensione degli stessi, la capacità d'accumulo delle acque meteoriche si riduce, favorendo la formazione d'elevati deflussi e rapido esaurimento delle portate, prevedendo dunque tempi di corrivazione relativamente brevi.

L'analisi idrologica è stata effettuata anche in condizioni di bassa e alta saturazione, correggendo i valori dei coefficienti CN secondo le relazioni:

$$CN_I = \frac{CN}{2.38 - 0.0138 \cdot CN} \quad \text{per terreno inizialmente asciutto (bassa saturazione)}$$

$$CN_{III} = \frac{CN}{0.43 + 0.0057 \cdot CN} \quad \text{per terreno fortemente imbibito (alta saturazione)}$$

Si è ritenuto opportuno, valutate le caratteristiche morfologiche e podologiche del bacino, riferirsi ai risultati delle modellazioni relativi sia alla situazione intermedia di saturazione, e quindi ai valori del coefficiente CN non modificati (CN_{II}), che alla situazione di alta saturazione, e quindi ai valori cautelativi del coefficiente CN (CN_{III}). Si riporta nella seguente tabella una sintesi dei parametri medi dei bacini i quali descrivono le perdite idrologiche e determinano quindi i deflussi superficiali:

- C.N. = Curve Number (dipende dalle caratteristiche del terreno)
- S (mm) = $25400/CN - 254$ = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione
- I (mm) = $0,2 \times S$ = volume massimo invasabile nelle depressioni e infiltrato

Cavo Canaletto

Tipo di copertura (suolo tipo C)	Superficie	%	CN _I	CN _{II}	CN _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	Ia _I	Ia _{II}	Ia _{III}
Unità di misura	km ²					mm	mm	mm	mm	mm	mm
Terreno boscoso	0.1	3%	58	77	89	180.57	75.87	32.62	36.11	15.17	6.52
Coltivo	1.520	61%	63	80	90	151.13	63.50	27.31	30.23	12.70	5.46
Incolto		0%	53	73	86	223.59	93.95	40.40	44.72	18.79	8.08
Urbano	0.890	36%	79	90	95	67.17	28.22	12.14	13.43	5.64	2.43
Affioramenti rocciosi	0.000	0%	95	98	99	12.34	5.18	2.23	2.47	1.04	0.45
TOTALE	2.496	100%	68.39	83.46	92.07	122.20	51.35	22.08	24.44	10.27	4.42

Tabella 5 - Stima dei parametri CN, S e I per il bacino del Cavo Canaletto - Chiusura bacino alla strada in progetto.

Fosso Fine

Tipo di copertura (suolo tipo C)	Superficie	%	CN _I	CN _{II}	CN _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	Ia _I	Ia _{II}	Ia _{III}
Unità di misura	km ²					mm	mm	mm	mm	mm	mm
Terreno boscoso	0.0	0%	58	77	89	180.57	75.87	32.62	36.11	15.17	6.52
Coltivo	1.027	82%	63	80	90	151.13	63.50	27.31	30.23	12.70	5.46
Incolto		0%	53	73	86	223.59	93.95	40.40	44.72	18.79	8.08
Urbano	0.225	18%	79	90	95	67.17	28.22	12.14	13.43	5.64	2.43
Affioramenti rocciosi	0.000	0%	95	98	99	12.34	5.18	2.23	2.47	1.04	0.45
TOTALE	1.253	100%	65.64	81.80	91.22	136.04	57.16	24.58	27.21	11.43	4.92

Tabella 6 - Stima dei parametri CN, S e I per il bacino del Fosso Fine - Chiusura bacino alla strada in progetto.

Cavo Boccacava

Tipo di copertura (suolo tipo C)	Superficie	%	CN _I	CN _{II}	CN _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	Ia _I	Ia _{II}	Ia _{III}
Unità di misura	km ²					mm	mm	mm	mm	mm	mm
Tereno boscoso	0.0	0%	58	77	89	180.57	75.87	32.62	36.11	15.17	6.52
Coltivo	0.209	89%	63	80	90	151.13	63.50	27.31	30.23	12.70	5.46
Incolto		0%	53	73	86	223.59	93.95	40.40	44.72	18.79	8.08
Urbano	0.025	11%	79	90	95	67.17	28.22	12.14	13.43	5.64	2.43
Affioramenti rocciosi	0.000	0%	95	98	99	12.34	5.18	2.23	2.47	1.04	0.45
TOTALE	0.234	100%	64.47	81.08	90.85	142.03	59.68	25.66	28.41	11.94	5.13

Tabella 7 - Stima dei parametri CN, S e I per il bacino del Cavo Boccacava - Chiusura bacino alla strada in progetto.

Canale Naviglia

Tipo di copertura (suolo tipo C)	Superficie	%	CN _I	CN _{II}	CN _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	Ia _I	Ia _{II}	Ia _{III}
Unità di misura	km ²					mm	mm	mm	mm	mm	mm
Tereno boscoso	0.0	0%	58	77	89	180.57	75.87	32.62	36.11	15.17	6.52
Coltivo	6.169	41%	63	80	90	151.13	63.50	27.31	30.23	12.70	5.46
Incolto		0%	53	73	86	223.59	93.95	40.40	44.72	18.79	8.08
Urbano	8.757	59%	79	90	95	67.17	28.22	12.14	13.43	5.64	2.43
Affioramenti rocciosi	0.000	0%	95	98	99	12.34	5.18	2.23	2.47	1.04	0.45
TOTALE	14.926	100%	72.31	85.87	93.31	101.87	42.80	18.41	20.37	8.56	3.68

Tabella 8 - Stima dei parametri CN, S e I per il bacino del Canale Naviglia - Chiusura bacino alla strada in progetto.

Il tempo di corrivazione è stato quindi calcolato impiegando formule differenti, i risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

Cavo Canaletto

Formula di calcolo	Tempo di corrivazione		
Kirpick	Tc	ore	1.95
Pasini	Tc	ore	7.61
Pezzoli	Tc	ore	5.83
Giandotti	Tc	ore	6.85
Ventura	Tc	ore	7.30
Turazza	Tc	ore	1.47
Viparelli	Tc	ore	0.54
Puglisi	Tc	ore	6.22
MEDIA	Tc	ore	4.72

Tabella 9 - Calcolo del tempo di corrivazione (TC) attraverso formule differenti - Cavo Canaletto

Fosso Fine

Formula di calcolo	Tempo di corrivazione		
Kirpick	Tc	ore	1.80
Pasini	Tc	ore	4.62
Pezzoli	Tc	ore	3.89
Giandotti	Tc	ore	6.30
Ventura	Tc	ore	4.22
Turazza	Tc	ore	1.17
Viparelli	Tc	ore	0.44
Puglisi	Tc	ore	6.22
MEDIA	Tc	ore	3.58

Tabella 10 - Calcolo del tempo di corrivazione (TC) attraverso formule differenti - Fosso Fine

Cavo Boccacava

Formula di calcolo	Tempo di corrivazione		
<i>Kirpick</i>	Tc	<i>ore</i>	0.73
<i>Pasini</i>	Tc	<i>ore</i>	1.38
<i>Pezzoli</i>	Tc	<i>ore</i>	0.90
<i>Giandotti</i>	Tc	<i>ore</i>	4.47
<i>Ventura</i>	Tc	<i>ore</i>	1.43
<i>Turazza</i>	Tc	<i>ore</i>	0.67
<i>Viparelli</i>	Tc	<i>ore</i>	0.13
<i>Puglisi</i>	Tc	<i>ore</i>	4.25
MEDIA	Tc	ore	1.75

Tabella 11 - Calcolo del tempo di corrivazione (TC) attraverso formule differenti - Cavo Boccacava

Canale Naviglia

Formula di calcolo	Tempo di corrivazione		
<i>Kirpick</i>	Tc	<i>ore</i>	3.77
<i>Pasini</i>	Tc	<i>ore</i>	10.02
<i>Pezzoli</i>	Tc	<i>ore</i>	8.27
<i>Giandotti</i>	Tc	<i>ore</i>	9.14
<i>Ventura</i>	Tc	<i>ore</i>	9.26
<i>Turazza</i>	Tc	<i>ore</i>	2.67
<i>Viparelli</i>	Tc	<i>ore</i>	1.48
<i>Puglisi</i>	Tc	<i>ore</i>	7.88
MEDIA	Tc	ore	6.56

Tabella 12 - Calcolo del tempo di corrivazione (TC) attraverso formule differenti - Canale Naviglia

Dopo aver determinato l'uso del suolo del bacino, grazie al metodo Curve Number (CN), sono state ricavate le altezze di pioggia netta e i coefficienti di deflusso per il calcolo delle portate massime. Si è quindi considerato un tempo di corrivazione pari alla media dei valori calcolati attraverso le differenti formule da letteratura:

Bacino	Tc (ore)
Cavo Canaletto	4.72
Fosso Fine	3.58
Cavo Boccacava	1.75
Canale Naviglia	6.56

Si riportano di seguito sinteticamente i valori dei parametri dei bacini in corrispondenza del nuovo tracciato stradale esponendo le portate risultanti considerando il terreno mediamente saturo (CN_{II}) e il terreno completamente saturo (CN_{III}).

Cavo Canaletto

Parametri Bacino			Sezione chiusura - Nuovo tracciato stradale							
			CNII				CNIII			
			TR 25	TR 50	TR100	TR200	TR 25	TR 50	TR100	TR200
Superficie bacino idrografico	S	Km ²	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Lunghezza dell'asta principale	L	Km	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91
Quota max.	Hmax	msm	41.80	41.80	41.80	41.80	41.80	41.80	41.80	41.80
Quota sezione chiusura	Hs	msm	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
Quota media	Hm	msm	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
ΔH	Hm-Hs	m	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
Tempo di corrivazione	Tc	ore	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72
Pioggia critica	hc	mm	79.71	90.39	100.99	111.54	79.71	90.39	100.99	111.54
Coefficiente di deflusso	φ		0.52	0.55	0.58	0.61	0.74	0.76	0.78	0.80
Coefficiente udometrico	μ	l/sec/ettaro	24.18	29.41	34.75	40.19	34.49	40.46	46.45	52.44
Portata max. al colmo	Q max.	m³/sec	6.04	7.34	8.68	10.03	8.61	10.10	11.60	13.09

Tabella 13 - Principali risultati idrologici per il bacino del Cavo Canaletto per ciascun tempo di ritorno.

Fosso Fine

Parametri Bacino			Sezione chiusura - Nuovo tracciato stradale							
			CNII				CNIII			
			TR 25	TR 50	TR100	TR200II	TR 25	TR 50	TR100	TR200III
Superficie bacino idrografico	S	Km ²	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Lunghezza dell'asta principale	L	Km	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
Quota max.	Hmax	msm	39.30	39.30	39.30	39.30	39.30	39.30	39.30	39.30
Quota sezione chiusura	Hs	msm	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
Quota media	Hm	msm	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75
ΔH	Hm-Hs	m	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55
Tempo di corrivazione	Tc	ore	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58
Pioggia critica	hc	mm	73.49	83.21	92.86	102.47	73.49	83.21	92.86	102.47
Coefficiente di deflusso	φ		0.45	0.49	0.52	0.55	0.69	0.72	0.74	0.76
Coefficiente udometrico	μ	l/sec/ettaro	25.58	31.52	37.63	43.88	39.33	46.38	53.46	60.57
Portata max. al colmo	Q max.	m³/sec	3.20	3.95	4.71	5.50	4.93	5.81	6.70	7.59

Tabella 14 - Principali risultati idrologici per il bacino del Fosso Fine per ciascun tempo di ritorno.

Cavo Boccacava

Parametri Bacino			Sezione chiusura - Nuovo tracciato stradale							
			CNII				CNIII			
			TR 25	TR 50	TR100	TR200II	TR 25	TR 50	TR100	TR200III
Superficie bacino idrografico	S	Km ²	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Lunghezza dell'asta principale	L	Km	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Quota max.	Hmax	msm	35.90	35.90	35.90	35.90	35.90	35.90	35.90	35.90
Quota sezione chiusura	Hs	msm	34.50	34.50	34.50	34.50	34.50	34.50	34.50	34.50
Quota media	Hm	msm	35.20	35.20	35.20	35.20	35.20	35.20	35.20	35.20
ΔH	Hm-Hs	m	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Tempo di corrivazione	Tc	ore	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Pioggia critica	hc	mm	59.45	67.07	74.63	82.16	59.45	67.07	74.63	82.16
Coefficiente di deflusso	φ		0.36	0.40	0.44	0.47	0.62	0.66	0.68	0.71
Coefficiente udometrico	μ	l/sec/ettaro	34.23	42.85	51.84	61.14	59.00	69.97	81.04	92.21
Portata max. al colmo	Q max.	m³/sec	0.80	1.00	1.21	1.43	1.38	1.64	1.90	2.16

Tabella 15 - Principali risultati idrologici per il bacino del Cavo Boccacava per ciascun tempo di ritorno

Canale Naviglia

Parametri Bacino			Sezione chiusura - Nuovo tracciato stradale							
			CNII				CNIII			
			TR 25	TR 50	TR100	TR200II	TR 25	TR 50	TR100	TR200III
Superficie bacino idrografico	S	Km ²	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93
Lunghezza dell'asta principale	L	Km	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97
Quota max.	Hmax	msm	61.30	61.30	61.30	61.30	61.30	61.30	61.30	61.30
Quota sezione chiusura	Hs	msm	33.20	33.20	33.20	33.20	33.20	33.20	33.20	33.20
Quota media	Hm	msm	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25	47.25
DH	Hm-Hs	m	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05
Tempo di corrivazione	Tc	ore	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
Pioggia critica	hc	mm	87.82	99.75	111.60	123.38	87.82	99.75	111.60	123.38
Coefficiente di deflusso	φ		0.60	0.63	0.66	0.69	0.79	0.81	0.83	0.84
Coefficiente udometrico	μ	l/sec/ettaro	22.32	26.79	31.33	35.90	29.40	34.29	39.18	44.07
Portata max. al colmo	Q max.	m³/sec	33.32	39.99	46.76	53.59	43.88	51.19	58.49	65.78

Tabella 16 - Principali risultati idrologici per il bacino del Canale Naviglia per ciascun tempo di ritorno

6 ANALISI IDRAULICA

Lo studio è stato impostato sugli elementi morfologici ed idrologici sopra illustrati, procedendo all'implementazione di un modello numerico di tipo monodimensionale in grado di definire le sollecitazioni idrauliche lungo i diversi tratti in esame, ed in particolare in corrispondenza della nuova viabilità. Determinate le portate transitanti, si è quindi proceduto alla verifica della sezione di deflusso per i quattro bacini in esame.

La presente analisi si riferisce allo scenario morfologico attuale, ricostruito mediante appositi rilievi topografici eseguiti nel maggio 2025.

I tratti considerati nelle analisi idrauliche in oggetto presenta:

- **Cavo Canaletto** un estensione di circa 2.568 m ed è delimitato dalla sezione trasversale 1 (a monte) e dalla sezione 10 (a valle).
- **Fosso Fine** un estensione di circa 2.516 m ed è delimitato dalla sezione trasversale 1 (a monte) e dalla sezione 14 (a valle).
- **Cavo Boccacavo** un estensione di circa 530 m ed è delimitato dalla sezione trasversale 1 (a monte) e dalla sezione 8 (a valle).
- **Canale Naviglia** un estensione di circa 1.585 m ed è delimitato dalla sezione trasversale 1 (a monte) e dalla sezione 9 (a valle).

6.1.1 LE IPOTESI DEL CALCOLO IDRAULICO

Il calcolo dei massimi livelli di piena procede sulla base delle equazioni classiche dell'idraulica dei moti a pelo libero; in particolare, sono integrate numericamente le equazioni differenziali per correnti monodimensionali in moto uniforme.

La scabrezza d'alveo è stata espressa attraverso il coefficiente c di Gauckler-Strickler, adottando valori mutuati dalla letteratura e dall'esperienza, compresi fra 30 e $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.

6.1.2 IL MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

Il modello utilizzato, è HEC-RAS River Analysis System, elaborato dall'Hydrologic Engineering Center dell' US Army Corps of Engineers (versione 6.6, Settembre 2024).

Si tratta di uno strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti Pubblici e Privati negli Stati Uniti e in oltre 40 nazioni, ed ormai adottato anche da molti Enti Pubblici Italiani.

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario, analisi del trasporto solido in letto mobile. Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni di portata, tiranti idrometrici, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica in condizioni di moto permanente, per effetto della morfologia dell'alveo, della sua resistenza d'attrito e della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse).

Il modello calcola i profili di moto per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista, ed è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo Manning), calcolate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il modello richiede, oltre alla geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, i dati di portata in ingresso nella prima sezione di monte ed, eventualmente, in tutte le sezioni dove sono disponibili dati di portata, oltre alle condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente. L'equazione generale dell'energia è la seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

Y_1, Y_2	altezza idrometrica nella sezione 1 e 2,
Z_1, Z_2	quota del fondo alveo nelle sezioni 1 e 2,
V_1, V_2	velocità medie (portata totale/area bagnata) nelle sezioni 1 e 2,
α_1, α_2	coefficienti di velocità,
h_e	perdita di carico nel tratto 1-2.

La perdita di carico tra due sezioni trasversali è calcolata come somma delle perdite distribuite per attrito e di quelle concentrate per effetto di contrazioni o allargamenti bruschi di sezione secondo l'equazione:

$$h_e = LS_f + C \left(\alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

L	distanza pesata, in funzione della portata, tra le due sezioni trasversali 1 e 2
S_f	pendenza motrice tra le sezioni 1 e 2
C	coefficiente di perdita di carico per contrazione o allargamento di sezione.

La pendenza d'attrito S_f è valutata secondo l'espressione di Manning:

$$S_f = n^2 Q|Q| / (A^2 R^{4/3})$$

dove n è il coefficiente di resistenza di Manning (che vale anche $n=1/c$ con c di Gauckler-Strickler) ed R è il raggio idraulico.

L'equazione differenziale del moto è integrata per via numerica, attraverso un insieme di fasi iterative che sono ripetute più volte per affinarne la risoluzione; per la determinazione dei profili è quindi necessario fornire le condizioni iniziali di portata in ingresso e le condizioni al contorno in funzione del regime di moto.

6.2 GEOMETRIA DELL'ALVEO

Le caratteristiche topografiche delle aree interessate sono state dedotte sulla base delle sezioni d'alveo e del piano quotato in prossimità dell'ambito oggetto di intervento. I corso d'acqua di interesse sono stati oggetto di una campagna di rilievi topografici nel maggio 2025, che sono stati utilizzati per la determinazione delle caratteristiche geometriche dell'alveo e sulla base delle quali sono state fatte le valutazioni idrauliche sulle condizioni di deflusso.

Cavo Canaletto

Sono state utilizzate 10 sezioni trasversali, in corrispondenza del tratto di interesse, in modo tale da rappresentare in maniera adeguata l'andamento del cavo per una estensione di circa 2.568 m.

Ai fini delle verifiche idrauliche viene preso in considerazione un tronco di corso d'acqua sufficientemente esteso verso valle e monte del tratto di interesse, in modo tale da non essere influenzato dalle condizioni al contorno da assumere nelle simulazioni di calcolo; il limite di valle individuato è rappresentato dalla sezione 10 quello di monte dalla sezione 1.

Fosso fine

Sono state utilizzate 14 sezioni trasversali, in corrispondenza del tratto di interesse, in modo tale da rappresentare in maniera adeguata l'andamento del cavo per una estensione di circa 2.516 m.

Ai fini delle verifiche idrauliche viene preso in considerazione un tronco di corso d'acqua sufficientemente esteso verso valle e monte del tratto di interesse, in modo tale da non essere influenzato dalle condizioni al contorno da assumere nelle simulazioni di calcolo; il limite di valle individuato è rappresentato dalla sezione 14 quello di monte dalla sezione 1.

Cavo Boccacava

Sono state utilizzate 8 sezioni trasversali, in corrispondenza del tratto di interesse, in modo tale da rappresentare in maniera adeguata l'andamento del cavo per una estensione di circa 530 m.

Ai fini delle verifiche idrauliche viene preso in considerazione un tronco di corso d'acqua sufficientemente esteso verso valle e monte del tratto di interesse, in modo tale da non essere influenzato dalle condizioni al contorno da assumere nelle simulazioni di calcolo; il limite di valle individuato è rappresentato dalla sezione 7 quello di monte dalla sezione 1.

Cavo Naviglia

Sono state utilizzate 10 sezioni trasversali, in corrispondenza del tratto di interesse, in modo tale da rappresentare in maniera adeguata l'andamento del cavo per una estensione di circa 1585 m.

Ai fini delle verifiche idrauliche viene preso in considerazione un tronco di corso d'acqua sufficientemente esteso verso valle e monte del tratto di interesse, in modo tale da non essere influenzato dalle condizioni al contorno da assumere nelle simulazioni di calcolo; il limite di valle individuato è rappresentato dalla sezione 10 quello di monte dalla sezione 1.



Figura 10 - Sezioni su rilievo

6.2.1 COEFFICIENTE DI SCABREZZA

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning, assegnato in accordo con le indicazioni fornite dallo stesso modello USACE sopra citato, in accordo con USGS Water Supply Paper 1849, di H.H. Barnes, Jr..

Sono stati assegnati valori diversi rispettivamente per l'alveo inciso e per le aree golenali allagabili in piena. La scelta dei valori del parametro è stata effettuata dopo un'accurata ricognizione dei luoghi,

considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo e la copertura vegetale, che ricopre le sponde e le aree adiacenti. La scabrezza dell'alveo inciso non è stata considerata variabile con la quota della superficie libera; infatti le caratteristiche del materiale costituente l'alveo nell'area occupata dalle portate di magra e morbida sono poco variabili rispetto a quelle presenti nell'area occupata dalle piene. Sono stati adottati i valori numerici di seguito riportati:

- Sponde $n = 0,033 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^1$ equivalente a $c = 30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$
- Alveo $n = 0,040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^1$ equivalente a $c = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

6.2.2 CONDIZIONI INIZIALI E AL CONTORNO

Si ritiene congruo impostare una condizione di moto uniforme a monte e a valle. Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche idrauliche per i diversi tratti di interesse.

6.3 RISULTATI DELLE ANALISI IDRAULICHE

6.3.1 STATO DI FATTO

La simulazione delle portate individuate nel capitolo precedente attraverso il modello morfologico del Cavo Canaletto, Fosso Fine, Cavo Boccacava e Cavo Naviglia ha permesso di determinare i livelli idrometrici che si stabiliscono in ciascuna sezione trasversale dei diversi tratti considerati. I risultati che vengono riportati nel seguito si riferiscono ai tratti oggetto di intervento allo stato di fatto nella condizione di terreno mediamente saturo (CNII) e saturo (CNIII) per TR25, TR50, TR100 e TR200 anni.

CAVO CANALETTO

I risultati che vengono riportati nel seguito si riferiscono ai tratti oggetto di intervento allo stato di fatto nella condizione di terreno mediamente saturo (CNII) e saturo (CNIII) per TR25, TR50, TR100 e TR200 anni.

Cavo Canaletto CNII

River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
Sez. 1	TR25	6	33.19	34.84		34.89	0.001304	1.03	0.29
	TR50	7.34	33.19	35.02		35.09	0.001317	1.09	0.29
	TR100	8.68	33.19	35.2		35.27	0.001337	1.15	0.29
	TR200	10	33.19	35.37		35.44	0.001355	1.2	0.29
Sez. 2	TR25	6	32.9	34.62		34.69	0.00169	1.14	0.33
	TR50	7.34	32.9	34.81		34.88	0.001728	1.21	0.33
	TR100	8.68	32.9	34.98		35.06	0.001775	1.28	0.32
	TR200	10	32.9	35.14		35.23	0.001814	1.34	0.32
Sez. 3	TR25	6	32.55	34.03		34.13	0.003018	1.4	0.43
	TR50	7.34	32.55	34.2		34.31	0.003069	1.49	0.43
	TR100	8.68	32.55	34.35		34.48	0.003112	1.57	0.42
	TR200	10	32.55	34.5		34.64	0.003149	1.64	0.42
Sez. 4	TR25	6	31.88	33.24		33.38	0.004391	1.61	0.52
	TR50	7.34	31.88	33.4		33.55	0.004311	1.7	0.51
	TR100	8.68	31.88	33.56		33.72	0.004266	1.77	0.5

River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
	TR200	10	31.88	33.7		33.87	0.004246	1.83	0.49
Sez. 5	TR25	6	31.18	32.67		32.74	0.001892	1.18	0.35
	TR50	7.34	31.18	32.82		32.9	0.001998	1.28	0.36
	TR100	8.68	31.18	32.96		33.06	0.00209	1.36	0.36
	TR200	10	31.18	33.09		33.2	0.002173	1.43	0.37
	TR25	6	30.53	31.74		31.82	0.002282	1.21	0.41
Sez. 6	TR50	7.34	30.53	31.89		31.97	0.002206	1.28	0.4
	TR100	8.68	30.53	32.02		32.11	0.002168	1.34	0.4
	TR200	10	30.53	32.15		32.25	0.002088	1.38	0.39
	TR25	6	29.79	31.19		31.26	0.001874	1.13	0.37
Sez. 7	TR50	7.34	29.79	31.36		31.43	0.001776	1.18	0.36
	TR100	8.68	29.79	31.51		31.59	0.001696	1.22	0.35
	TR200	10	29.79	31.67		31.75	0.001636	1.26	0.34
	TR25	6	29.24	30.8		30.85	0.001396	1.02	0.32
Sez. 8	TR50	7.34	29.24	30.99		31.05	0.00127	1.05	0.3
	TR100	8.68	29.24	31.17		31.23	0.001204	1.08	0.29
	TR200	10	29.24	31.33		31.4	0.001169	1.12	0.28
	TR25	6	28.64	30.59	29.48	30.62	0.000541	0.74	0.19
Sez. 9	TR50	7.34	28.64	30.78		30.81	0.00059	0.81	0.2
	TR100	8.68	28.64	30.95		30.99	0.000639	0.87	0.2
	TR200	10	28.64	31.11		31.15	0.000686	0.93	0.21
	TR25	6	28.64	29.5	29.48	29.78	0.014013	2.37	0.97
Sez. 10	TR50	7.34	28.64	29.59	29.58	29.91	0.014002	2.5	0.98
	TR100	8.68	28.64	29.67	29.66	30.02	0.014002	2.61	0.99
	TR200	10	28.64	29.75	29.74	30.12	0.01402	2.71	1

Tabella 17 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

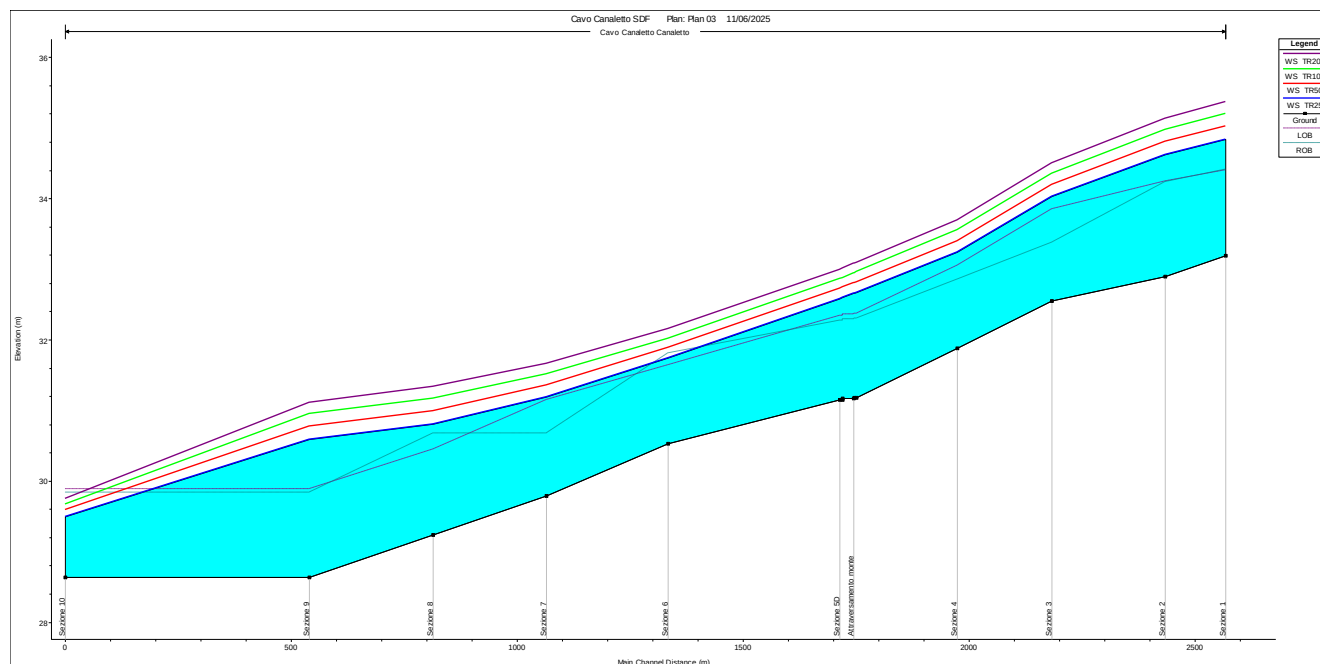


Figura 11 - Profilo Cavo Canaletto nella configurazione dello stato di fatto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

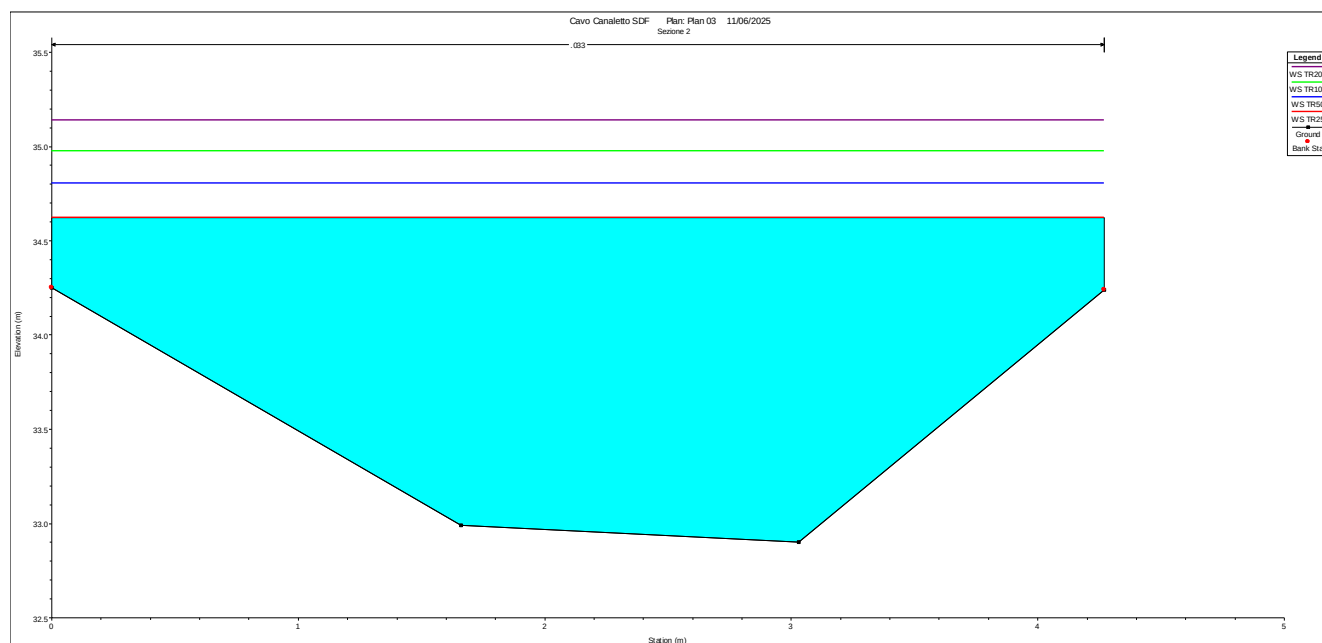


Figura 12 - Sezione di deflusso 2 Cavo Canaletto – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

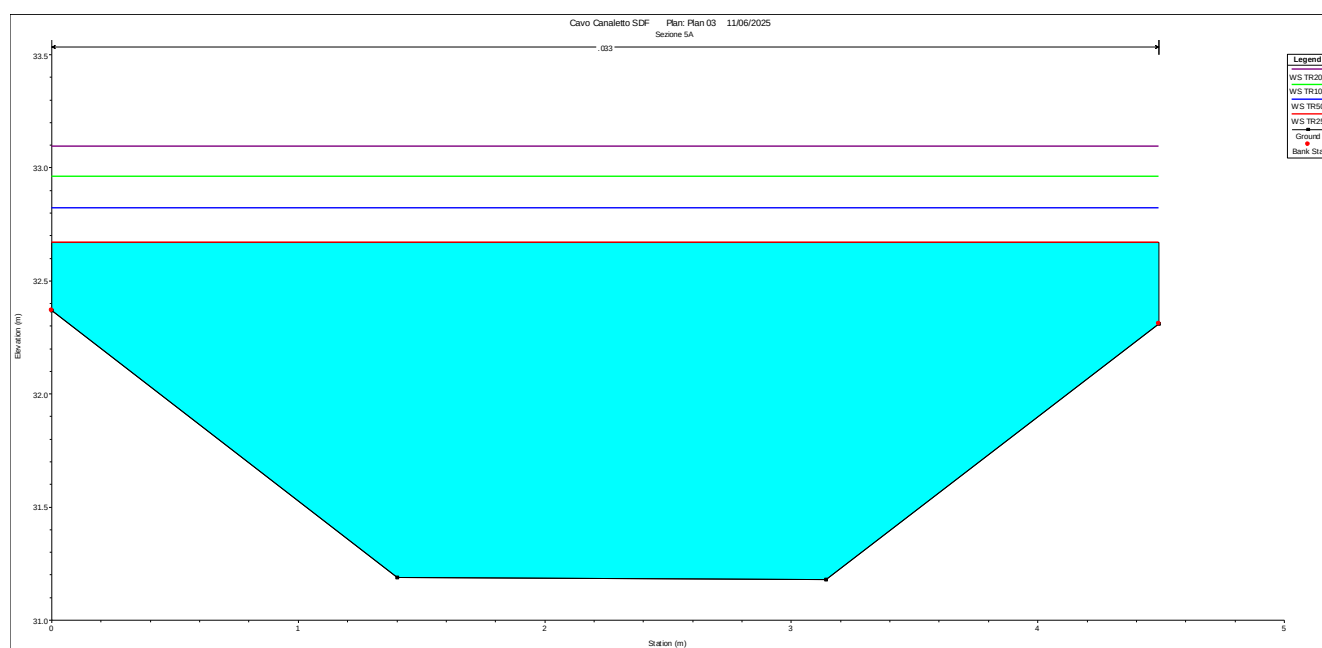


Figura 13 - Sezione di deflusso 5 Cavo Canaletto – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

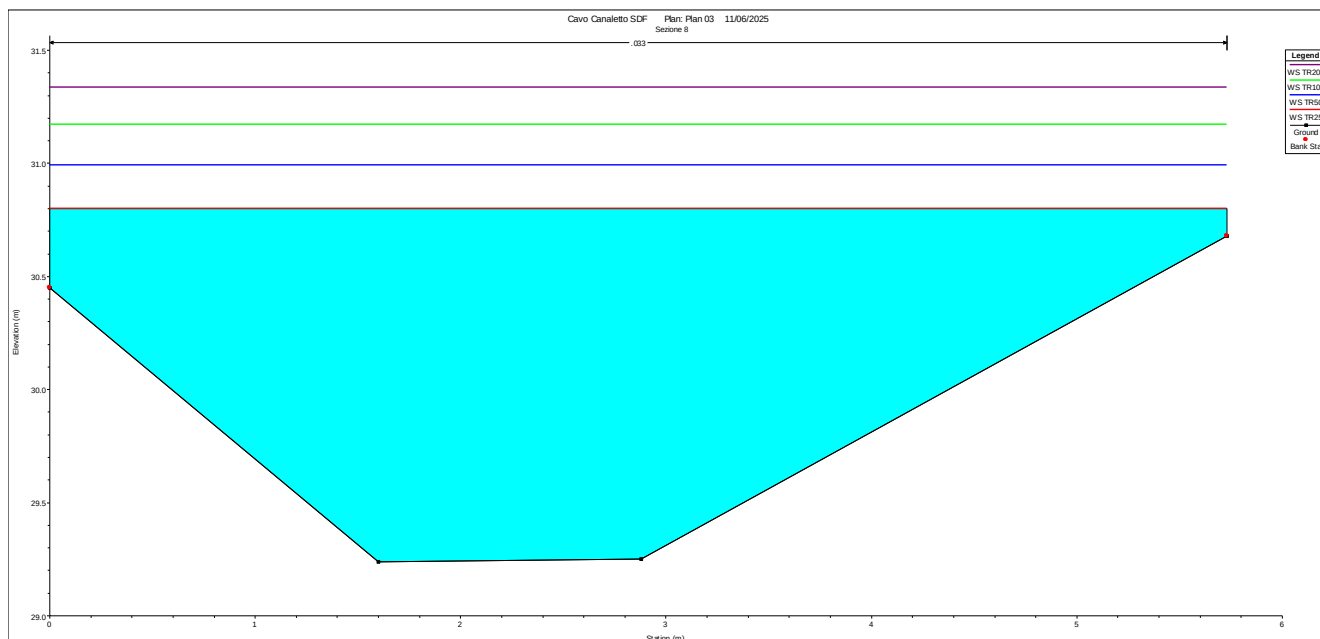


Figura 14 - Sezione di deflusso 8 Cavo Canaletto – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

Dai risultati esposti si evince chiaramente come, per le ipotesi di calcolo in precedenza illustrate, l'alveo inciso del Cavo Canaletto presenta una sezione di deflusso non sufficiente per il corretto deflusso di tutte le portate di progetto considerate (CNII) presentando processi di esondazione in quasi tutto tratto in esame.

Cavo Canaletto CNIII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude #
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	Chl
Sez. 1	TR25	8.6	33.19	35.19		35.26	0.001336	1.15	0.29
	TR50	10.1	33.19	35.38		35.45	0.001356	1.2	0.29
	TR100	11.6	33.19	35.56		35.64	0.001376	1.25	0.29
	TR200	13.1	33.19	35.74		35.83	0.001395	1.3	0.28
Sez. 2	TR25	8.6	32.9	34.97		35.05	0.001772	1.28	0.32
	TR50	10.1	32.9	35.15		35.24	0.001816	1.34	0.32
	TR100	11.6	32.9	35.33		35.43	0.001857	1.4	0.32
	TR200	13.1	32.9	35.5		35.61	0.001892	1.45	0.32
Sez. 3	TR25	8.6	32.55	34.34		34.47	0.00311	1.57	0.42
	TR50	10.1	32.55	34.51		34.65	0.003152	1.64	0.42
	TR100	11.6	32.55	34.68		34.82	0.003197	1.71	0.41
	TR200	13.1	32.55	34.84		35	0.003221	1.76	0.41
Sez. 4	TR25	8.6	31.88	33.55		33.71	0.004268	1.76	0.5
	TR50	10.1	31.88	33.71		33.88	0.004245	1.84	0.49
	TR100	11.6	31.88	33.87		34.05	0.004242	1.9	0.48
	TR200	13.1	31.88	34.02		34.22	0.00425	1.96	0.47
Sez. 5	TR25	8.6	31.18	32.95		33.05	0.002085	1.35	0.36
	TR50	10.1	31.18	33.1		33.21	0.002179	1.44	0.37
	TR100	11.6	31.18	33.25		33.37	0.002258	1.51	0.37
	TR200	13.1	31.18	33.39		33.52	0.002324	1.57	0.37

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude #
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	Chl
Sez. 6	TR25	8.6	30.53	32.01		32.1	0.002171	1.33	0.4
	TR50	10.1	30.53	32.16		32.26	0.002082	1.38	0.39
	TR100	11.6	30.53	32.31		32.42	0.002011	1.42	0.38
	TR200	13.1	30.53	32.46		32.57	0.00195	1.46	0.37
Sez. 7	TR25	8.6	29.79	31.5		31.58	0.001702	1.22	0.35
	TR50	10.1	29.79	31.68		31.76	0.001632	1.26	0.34
	TR100	11.6	29.79	31.84		31.93	0.001585	1.3	0.33
	TR200	13.1	29.79	32		32.09	0.001553	1.34	0.32
Sez. 8	TR25	8.6	29.24	31.16		31.22	0.00121	1.08	0.29
	TR50	10.1	29.24	31.35		31.41	0.001167	1.12	0.28
	TR100	11.6	29.24	31.52		31.59	0.001149	1.16	0.28
	TR200	13.1	29.24	31.68		31.76	0.001144	1.19	0.28
Sez. 9	TR25	8.6	28.64	30.94	29.66	30.98	0.000638	0.87	0.2
	TR50	10.1	28.64	31.12		31.16	0.000689	0.93	0.21
	TR100	11.6	28.64	31.28		31.33	0.000741	0.99	0.21
	TR200	13.1	28.64	31.44		31.49	0.000792	1.05	0.22
Sez. 10	TR25	8.6	28.64	29.67	29.66	30.01	0.014002	2.61	0.99
	TR50	10.1	28.64	29.75	29.75	30.13	0.014018	2.72	1
	TR100	11.6	28.64	29.83	29.83	30.24	0.01395	2.82	1
	TR200	13.1	28.64	29.91	29.91	30.34	0.013841	2.91	1

Tabella 18 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

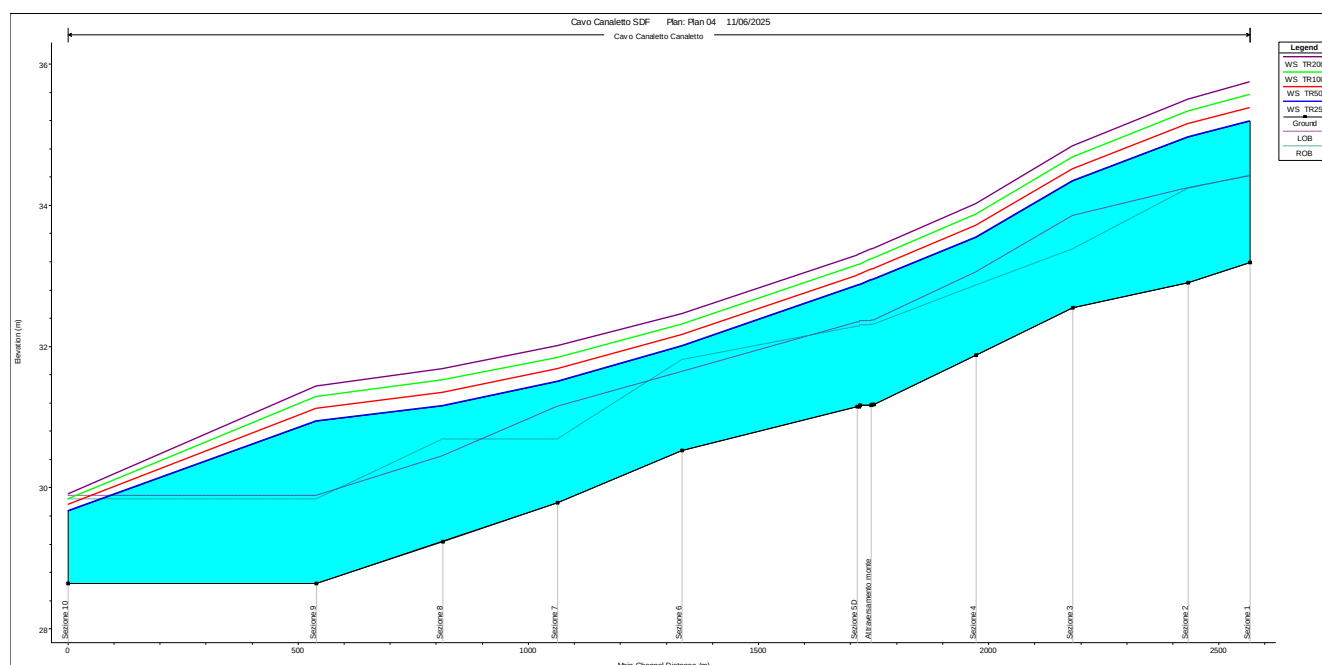


Figura 15 - Profilo Cavo Canaletto nella configurazione dello stato di fatto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

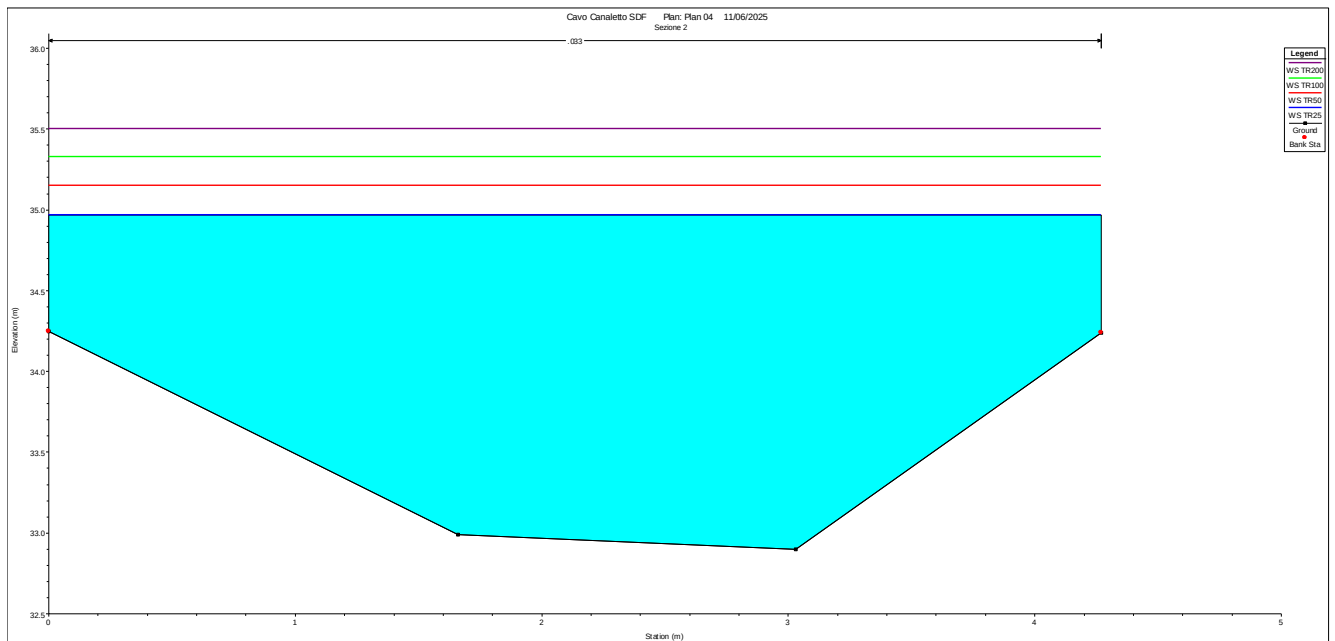


Figura 16 - Sezione di deflusso 2 Cavo Canaletto – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

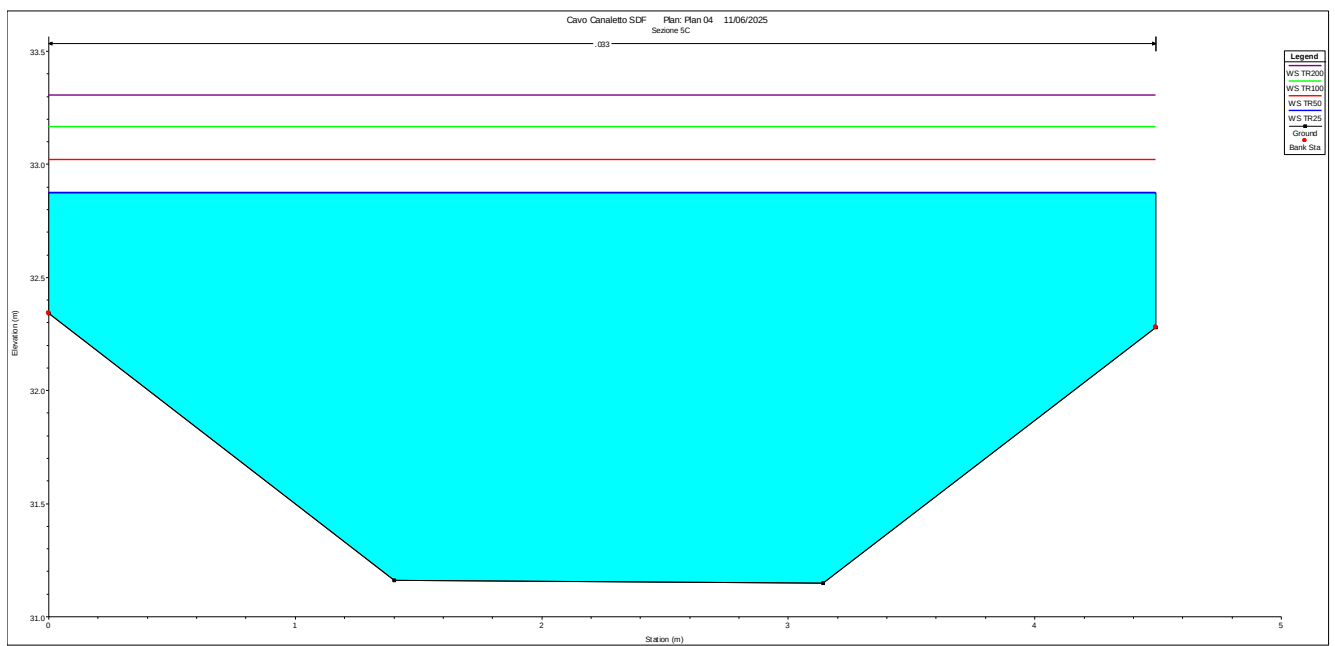


Figura 17 - Sezione di deflusso 5 Cavo Canaletto – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

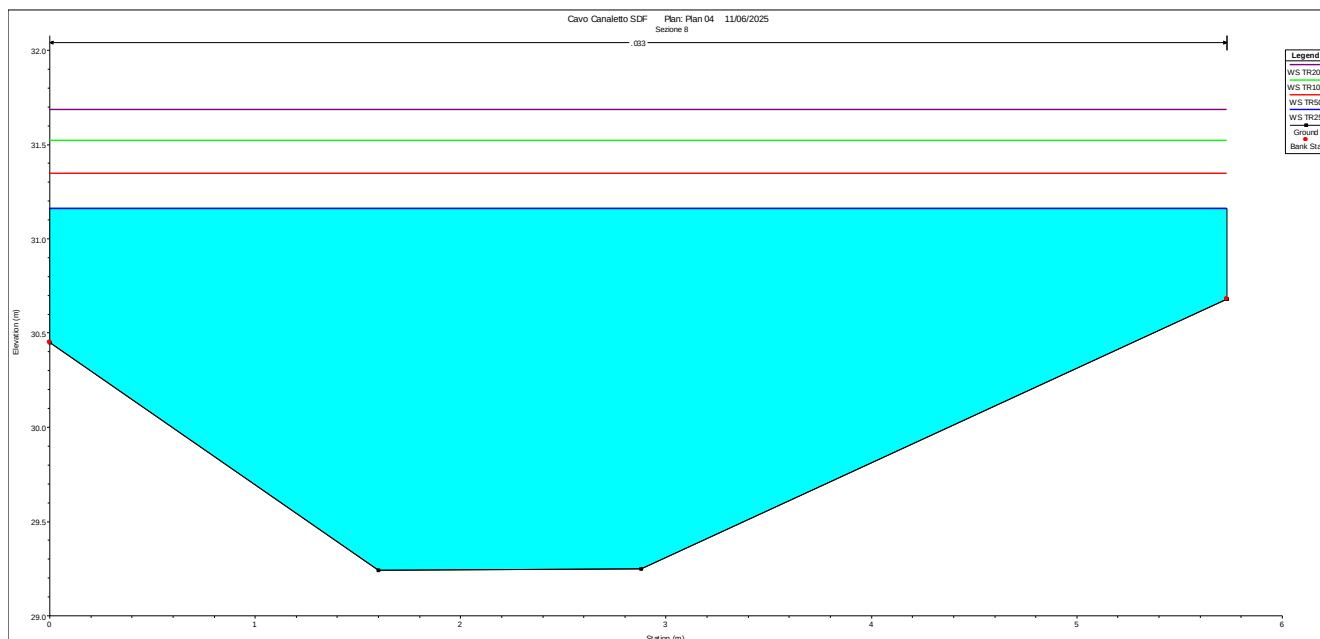


Figura 18 - Sezione di deflusso 8 Cavo Canaletto – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

Dai risultati esposti si evince chiaramente come, anche per tutte le portate di progetto in CNIII, l'alveo inciso del Cavo Canaletto presenta una sezione di deflusso non sufficiente per il corretto deflusso delle portate presentando processi di esondazione per tutto il tratto in esame e per tutte le portate di piena considerate.

FOSSO FINE

I risultati che vengono riportati nel seguito si riferiscono ai tratti oggetto di intervento allo stato di fatto nella condizione di terreno mediamente saturo (CNII) e saturo (CNIII) per TR25, TR50, TR100 e TR200 anni.

Fosso Fine CNII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude #
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	Chl
Sez. 1	TR25	3.2	34.39	35.73		35.77	0.87	0.28
	TR50	3.95	34.39	35.87		35.91	0.94	0.29
	TR100	4.71	34.39	35.99		36.04	1	0.29
	TR200	5.5	34.39	36.12		36.17	1.06	0.29
Sez. 2	TR25	3.2	34.23	35.51		35.57	1.14	0.4
	TR50	3.95	34.23	35.63		35.7	1.23	0.4
	TR100	4.71	34.23	35.74		35.83	1.31	0.41
	TR200	5.5	34.23	35.85		35.95	1.38	0.41
Sez. 3	TR25	3.2	33.82	34.94		35.04	1.41	0.55
	TR50	3.95	33.82	35.07		35.18	1.45	0.53
	TR100	4.71	33.82	35.19		35.3	1.5	0.52
	TR200	5.5	33.82	35.3		35.42	1.55	0.5
Sez. 4	TR25	3.2	32.79	34.13		34.19	1.06	0.36
	TR50	3.95	32.79	34.26		34.33	1.14	0.37
	TR100	4.71	32.79	34.39		34.46	1.2	0.37
	TR200	5.5	32.79	34.51		34.59	1.25	0.37

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude #
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	Chl
Sez. 5	TR25	3.2	32.89	34.06		34.16	1.35	0.49
	TR50	3.95	32.89	34.19		34.3	1.43	0.49
	TR100	4.71	32.89	34.31		34.43	1.49	0.48
	TR200	5.5	32.89	34.43		34.56	1.55	0.47
Sez. 6	TR25	3.2	32.25	33.59		33.64	1.03	0.36
	TR50	3.95	32.25	33.71		33.77	1.11	0.36
	TR100	4.71	32.25	33.83		33.9	1.17	0.36
	TR200	5.5	32.25	33.95		34.03	1.23	0.36
Sez. 7	TR25	3.2	31.79	32.99		33.07	1.24	0.47
	TR50	3.95	31.79	33.11		33.2	1.31	0.46
	TR100	4.71	31.79	33.23		33.33	1.36	0.45
	TR200	5.5	31.79	33.35		33.46	1.41	0.44
Sez. 8	TR25	3.2	31.41	32.65		32.71	1.11	0.4
	TR50	3.95	31.41	32.78		32.85	1.17	0.39
	TR100	4.71	31.41	32.91		32.98	1.23	0.38
	TR200	5.5	31.41	33.03		33.12	1.28	0.38
Sez. 9	TR25	3.2	31.27	32.4		32.46	1.13	0.41
	TR50	3.95	31.27	32.53		32.6	1.19	0.4
	TR100	4.71	31.27	32.66		32.73	1.25	0.39
	TR200	5.5	31.27	32.77		32.86	1.31	0.39
Sez. 10	TR25	3.2	30.42	31.83		31.88	1.01	0.35
	TR50	3.95	30.42	31.94		32	1.1	0.36
	TR100	4.71	30.42	32.05		32.12	1.18	0.37
	TR200	5.5	30.42	32.14		32.22	1.25	0.38
Sez. 11	TR25	3.2	29.92	30.87		31	1.64	0.7
	TR50	3.95	29.92	30.99		31.13	1.64	0.66
	TR100	4.71	29.92	31.1		31.24	1.65	0.64
	TR200	5.5	29.92	31.21		31.35	1.66	0.62
Sez. 12	TR25	3.2	28.82	30.24		30.26	0.66	0.23
	TR50	3.95	28.82	30.37		30.39	0.7	0.23
	TR100	4.71	28.82	30.48		30.51	0.74	0.23
	TR200	5.5	28.82	30.59		30.62	0.78	0.24
Sez. 13	TR25	3.2	28.82	29.98		30.04	1.11	0.41
	TR50	3.95	28.82	30.09		30.17	1.18	0.42
	TR100	4.71	28.82	30.2		30.28	1.24	0.42
	TR200	5.5	28.82	30.3		30.39	1.3	0.43
Sez. 14	TR25	3.2	27.9	28.71	28.63	28.89	1.89	0.82
	TR50	3.95	27.9	28.8	28.71	29	2	0.83
	TR100	4.71	27.9	28.88	28.79	29.1	2.09	0.84
	TR200	5.5	27.9	28.96	28.86	29.2	2.18	0.84

Tabella 19 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

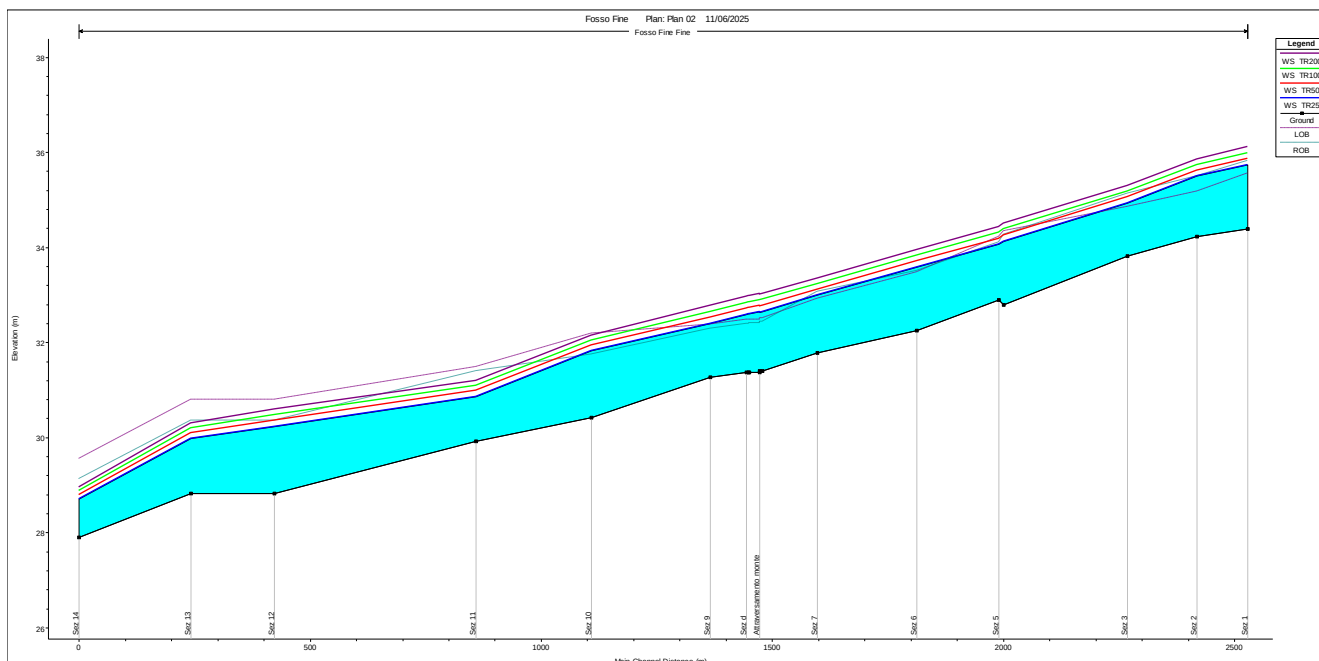


Figura 19 - Profilo Fosso Fine nella configurazione dello stato di fatto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR100 anni

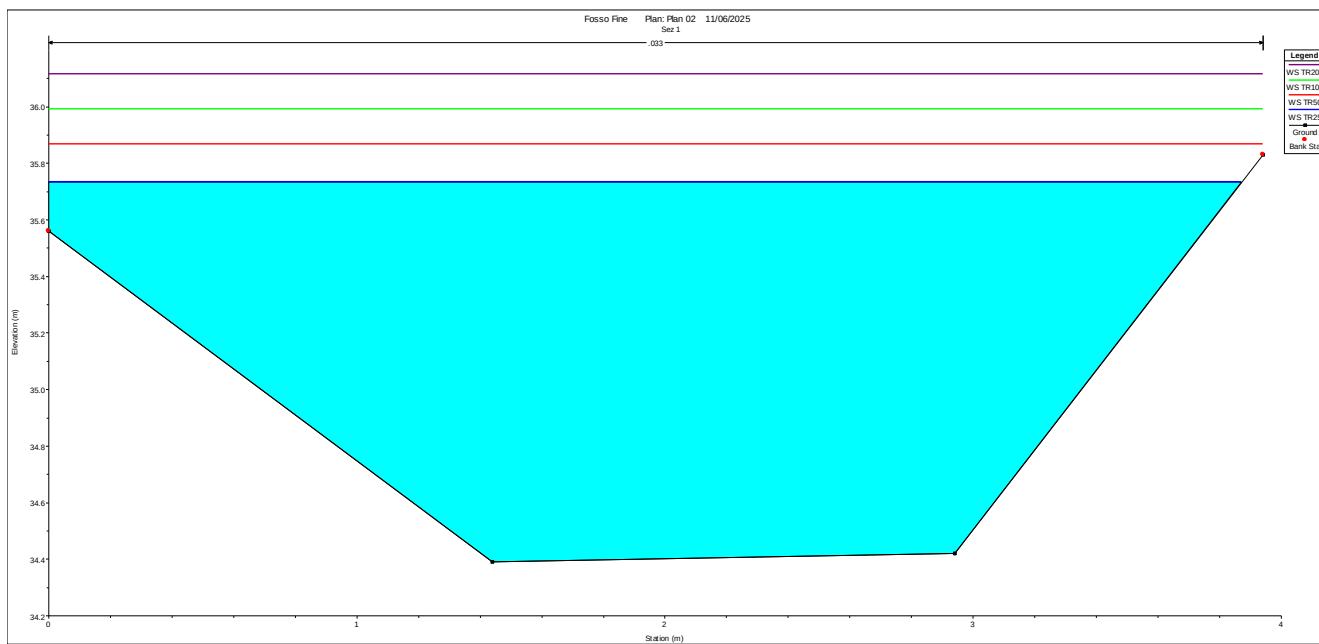


Figura 20 - Sezione di deflusso 1 Fosso Fine – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

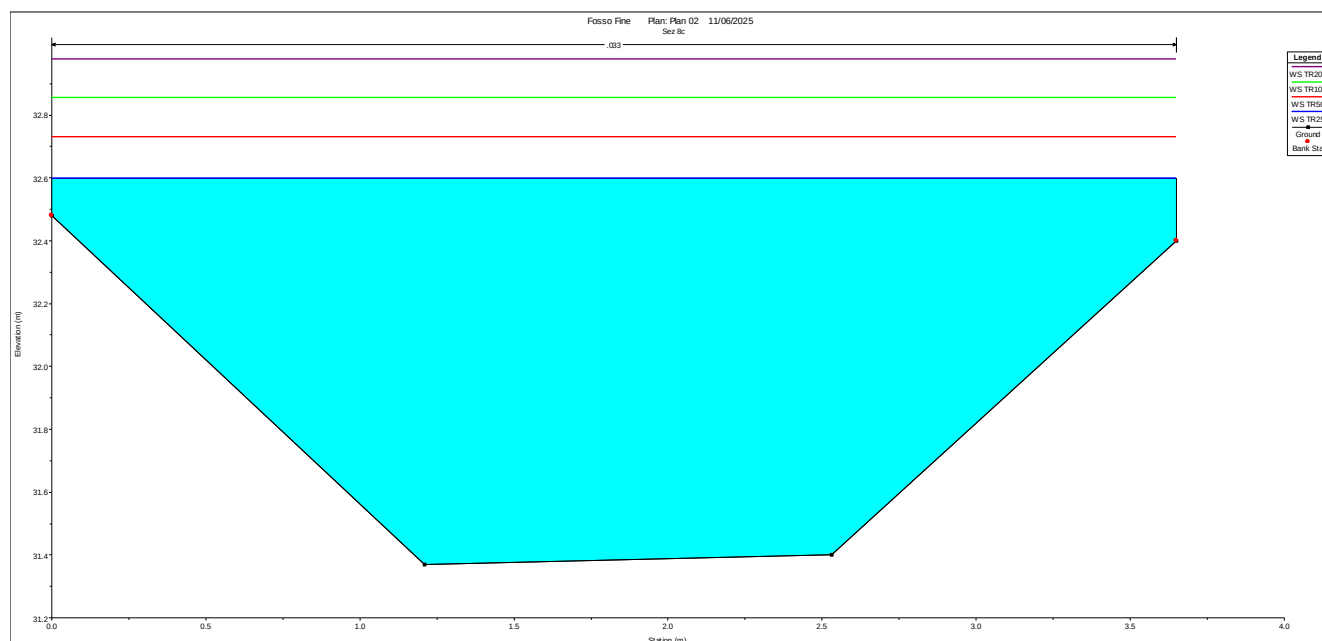


Figura 21 - Sezione di deflusso 8 Fosso Fine – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

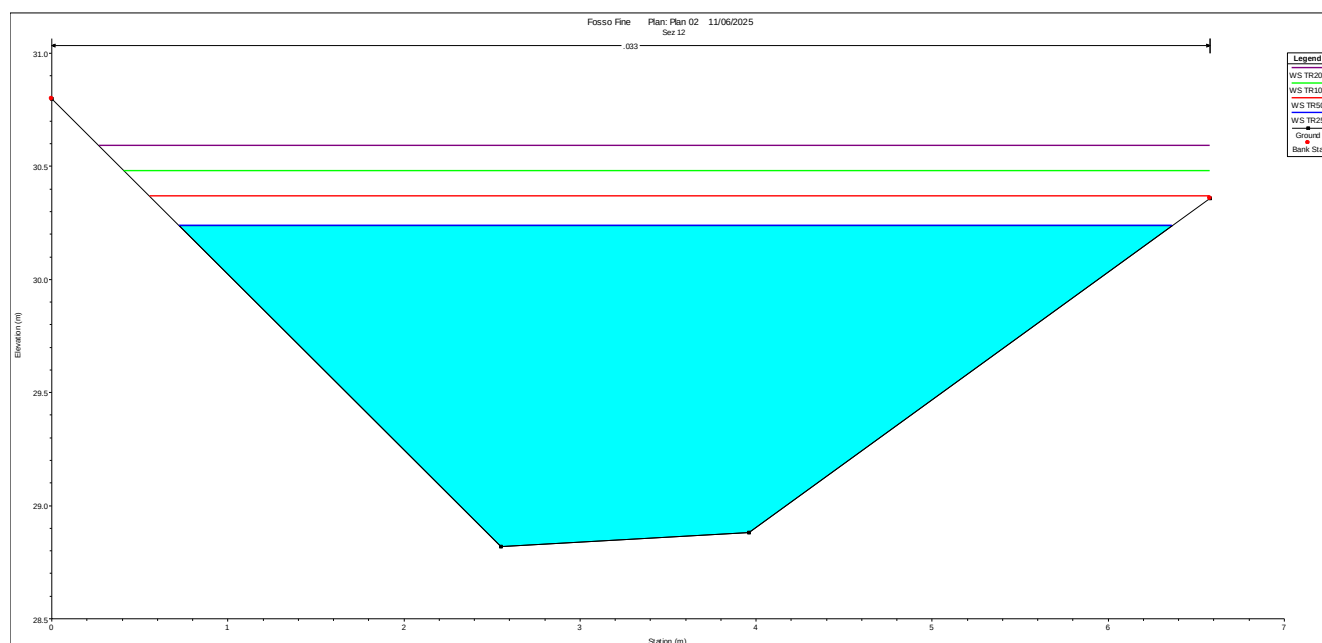


Figura 22 - Sezione di deflusso 12 Fosso Fine – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

Dai risultati esposti si evince che, in base alle ipotesi di calcolo precedentemente illustrate, l'alveo inciso del Fosso Fine presenta una sezione di deflusso solo parzialmente adeguata al corretto smaltimento delle portate (CNII). In alcuni tratti si verificano fenomeni di esondazione per tutte le portate di piena considerate.

Fosso Fine CNIII

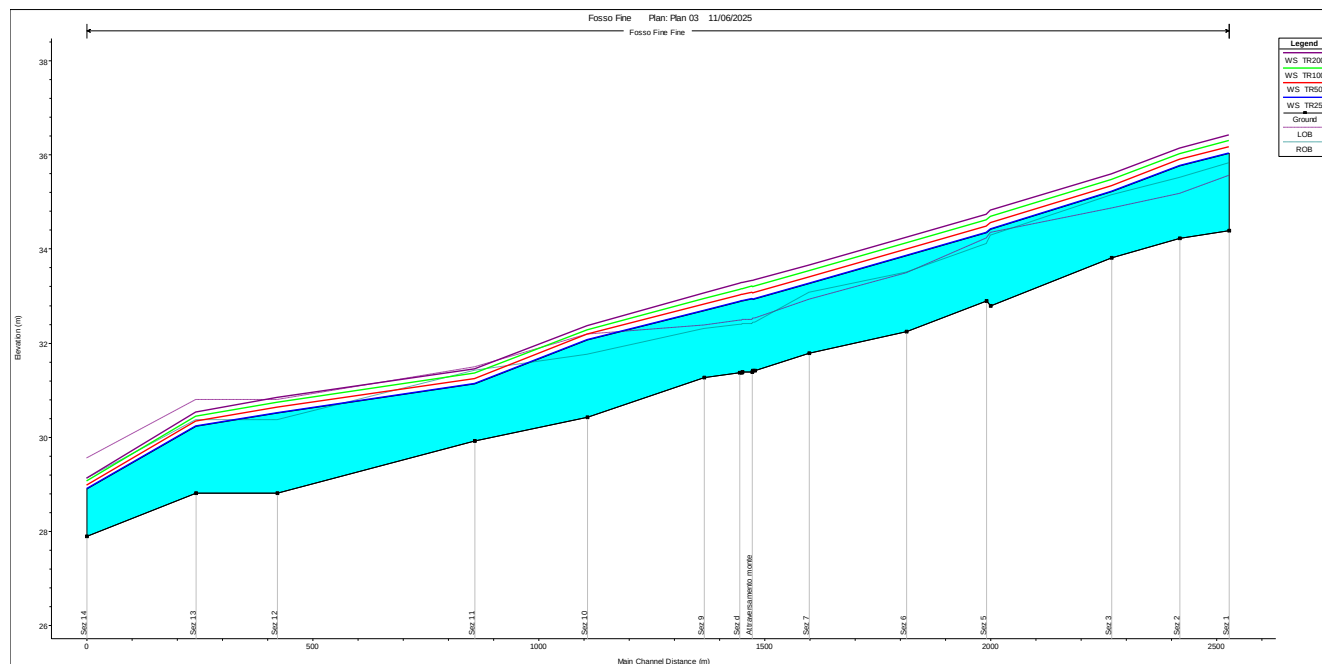


Figura 23 - Profilo Fosso Fine nella configurazione dello stato di fatto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR100 anni

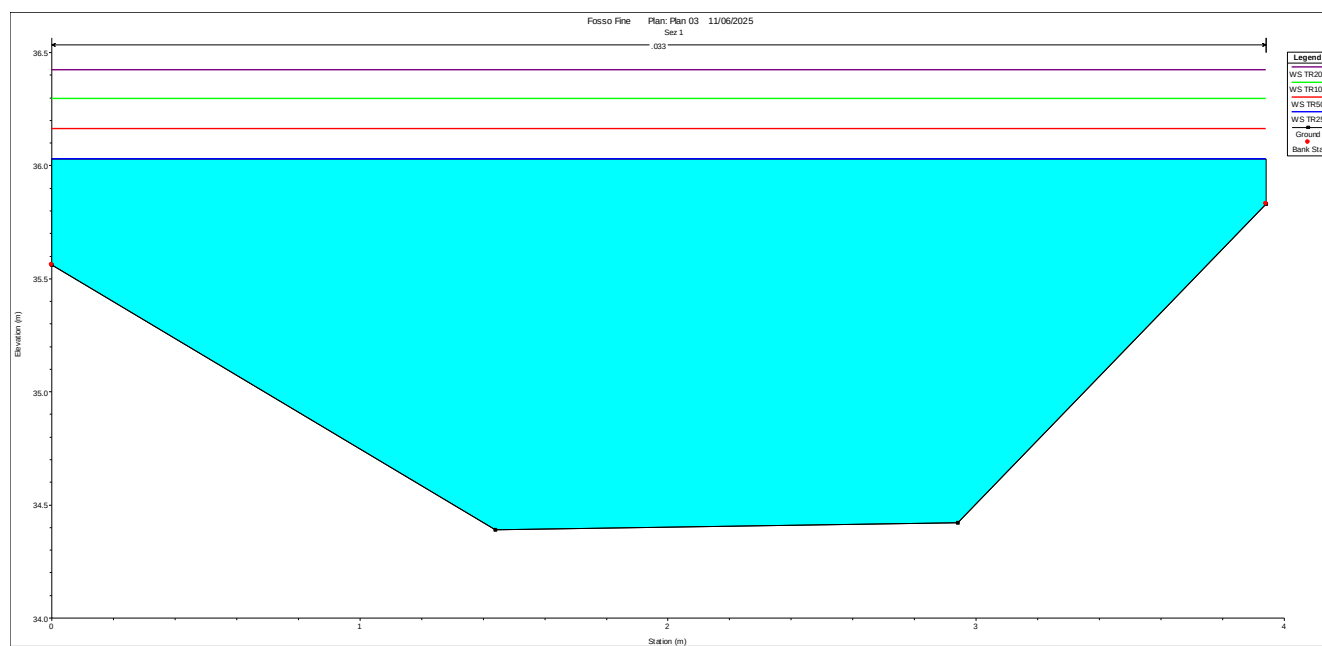


Figura 24 - Sezione di deflusso 1 Fosso Fine - CNIII - TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

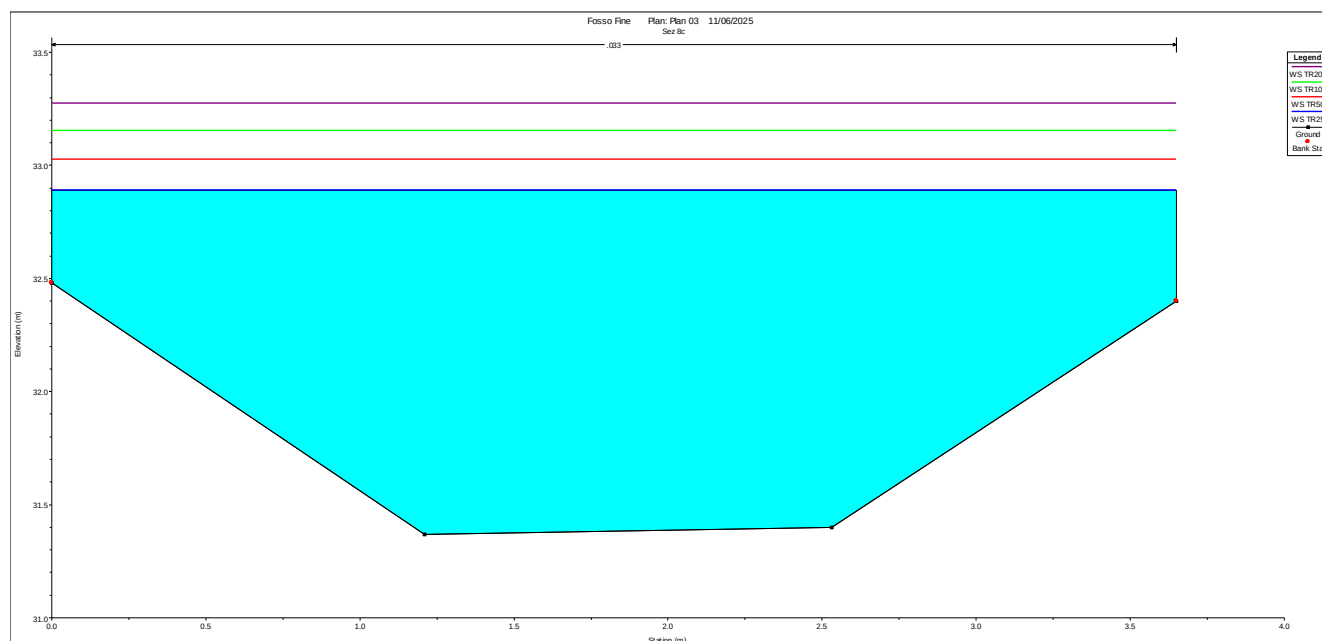


Figura 25 - Sezione di deflusso 8 Fosso Fine – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

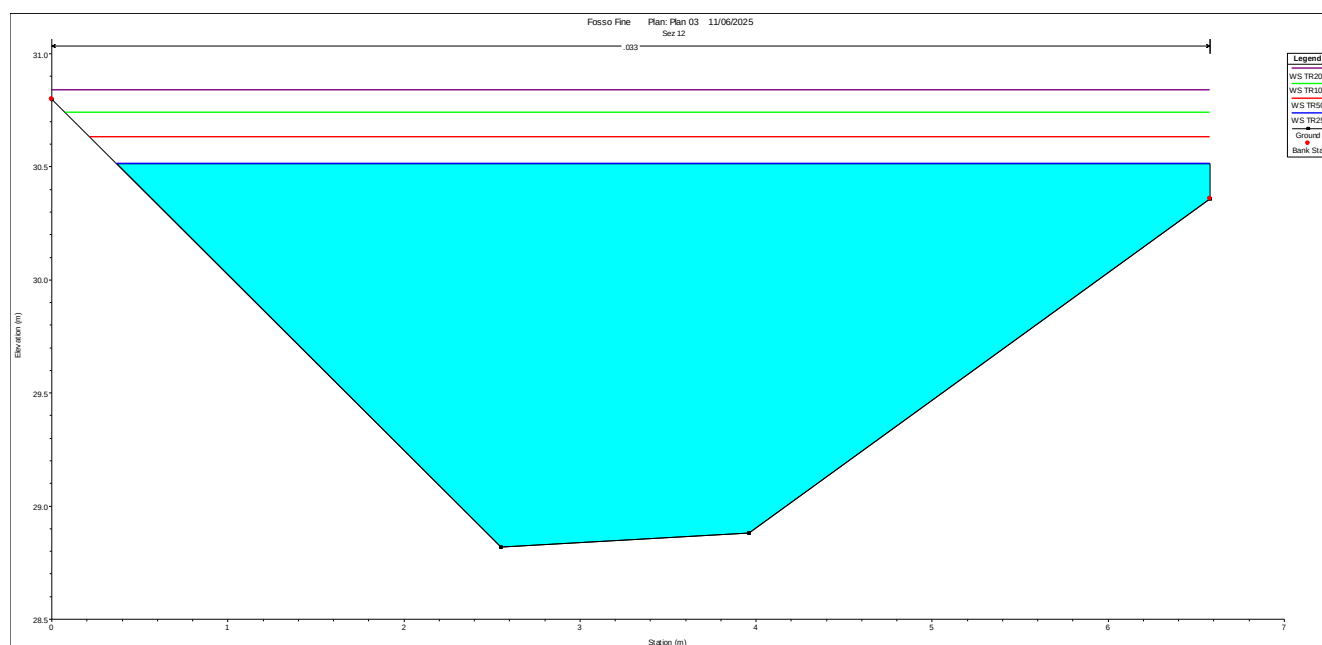


Figura 26 - Sezione di deflusso 12 Fosso Fine – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

Dai risultati esposti si evince chiaramente come, anche per tutte le portate di progetto in CNIII, l'alveo inciso del Fosso Fine presenta una sezione di deflusso non sufficiente per il corretto deflusso delle portate presentando processi di esondazione per tutto il tratto in esame e per tutte le portate di piena considerate.

CAVO BOCCACAVA

I risultati che vengono riportati nel seguito si riferiscono ai tratti oggetto di intervento allo stato di fatto nella condizione di terreno mediamente saturo (CNII) e saturo (CNIII) per TR25, TR50, TR100 e TR200 anni.

Cavo Boccacava CNII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.1	TR25	0.8	31.65	31.95		32.01	1.04	0.67
	TR50	1	31.65	32.01		32.06	1.06	0.63
	TR100	1.21	31.65	32.06		32.12	1.08	0.59
	TR200	1.43	31.65	32.12		32.18	1.09	0.57
Sez.2	TR25	0.8	31.35	31.81		31.82	0.55	0.28
	TR50	1	31.35	31.87		31.89	0.59	0.28
	TR100	1.21	31.35	31.94		31.95	0.62	0.28
	TR200	1.43	31.35	32		32.02	0.65	0.28
Sez.3	TR25	0.8	31.3	31.7		31.73	0.77	0.42
	TR50	1	31.3	31.76		31.8	0.8	0.41
	TR100	1.21	31.3	31.83		31.86	0.82	0.4
	TR200	1.43	31.3	31.9		31.93	0.84	0.39
Sez.4	TR25	0.8	31.13	31.59		31.61	0.7	0.37
	TR50	1	31.13	31.66		31.69	0.72	0.35
	TR100	1.21	31.13	31.74		31.77	0.74	0.34
	TR200	1.43	31.13	31.81		31.84	0.76	0.33
Sez.5	TR25	0.8	30.91	31.47		31.49	0.55	0.25
	TR50	1	30.91	31.56		31.58	0.58	0.25
	TR100	1.21	30.91	31.64		31.66	0.61	0.25
	TR200	1.43	30.91	31.72		31.74	0.64	0.25
Sez.6	TR25	0.8	30.81	31.47		31.48	0.43	0.19
	TR50	1	30.81	31.55		31.57	0.46	0.19
	TR100	1.21	30.81	31.64		31.65	0.49	0.19
	TR200	1.43	30.81	31.71		31.73	0.52	0.2
Sez.7	TR25	0.8	30.58	31.39	30.98	31.41	0.6	0.27
	TR50	1	30.58	31.47		31.5	0.65	0.27
	TR100	1.21	30.58	31.55		31.58	0.69	0.28
	TR200	1.43	30.58	31.63		31.65	0.72	0.29
Sez.8	TR25	0.8	30.22	30.64	30.62	30.77	1.61	0.95
	TR50	1	30.22	30.69	30.67	30.84	1.71	0.96
	TR100	1.21	30.22	30.73	30.72	30.9	1.8	0.96
	TR200	1.43	30.22	30.78	30.77	30.96	1.88	0.97

Tabella 20 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

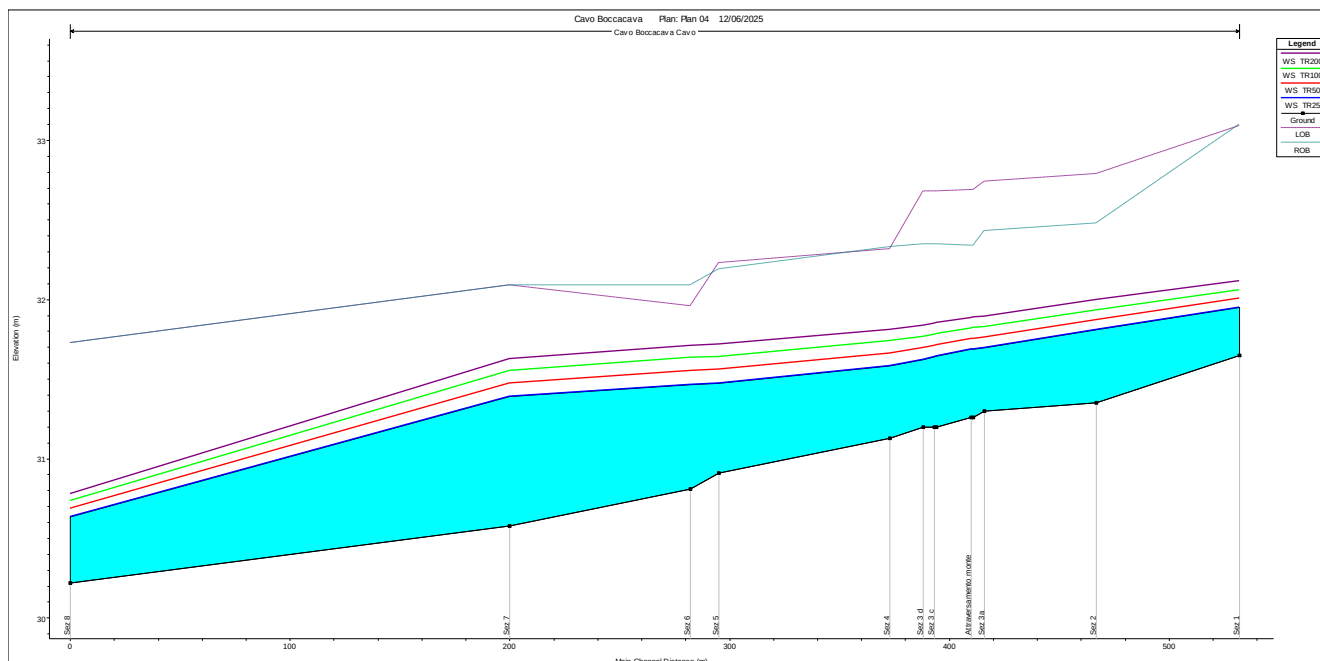


Figura 27 - Profilo Cavo Boccacava nella configurazione dello stato di fatto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

Le seguenti figure riportano i profili di rigurgito in corrispondenza delle sezioni trasversali poste in prossimità dell'area oggetto di intervento. I risultati della modellazione delle condizioni attuali del Cavo Boccacava hanno evidenziato che il tratto oggetto di intervento permette il deflusso di tutte le portate di progetto corrispondenti a piogge con tempo di ritorno fino a 200 anni (CNII), senza che si verifichino fuoriuscite né allagamenti.

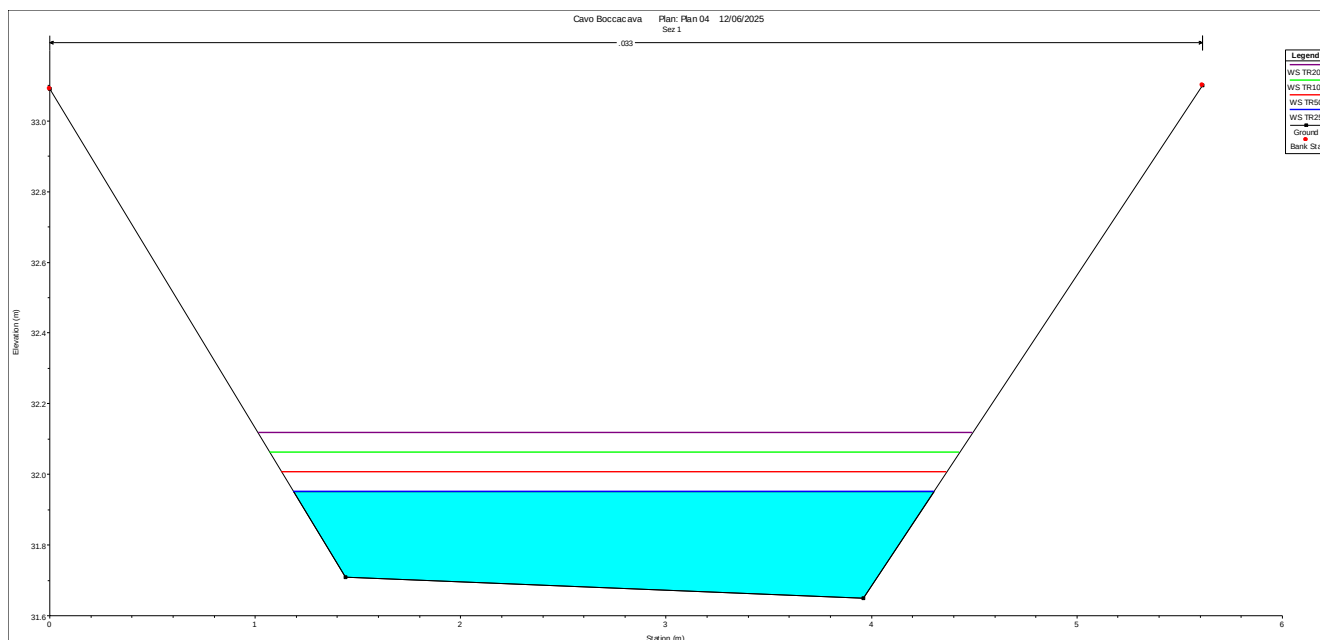


Figura 28 - Sezione di deflusso 1 Cavo Boccacava - CNII - TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Stato di fatto

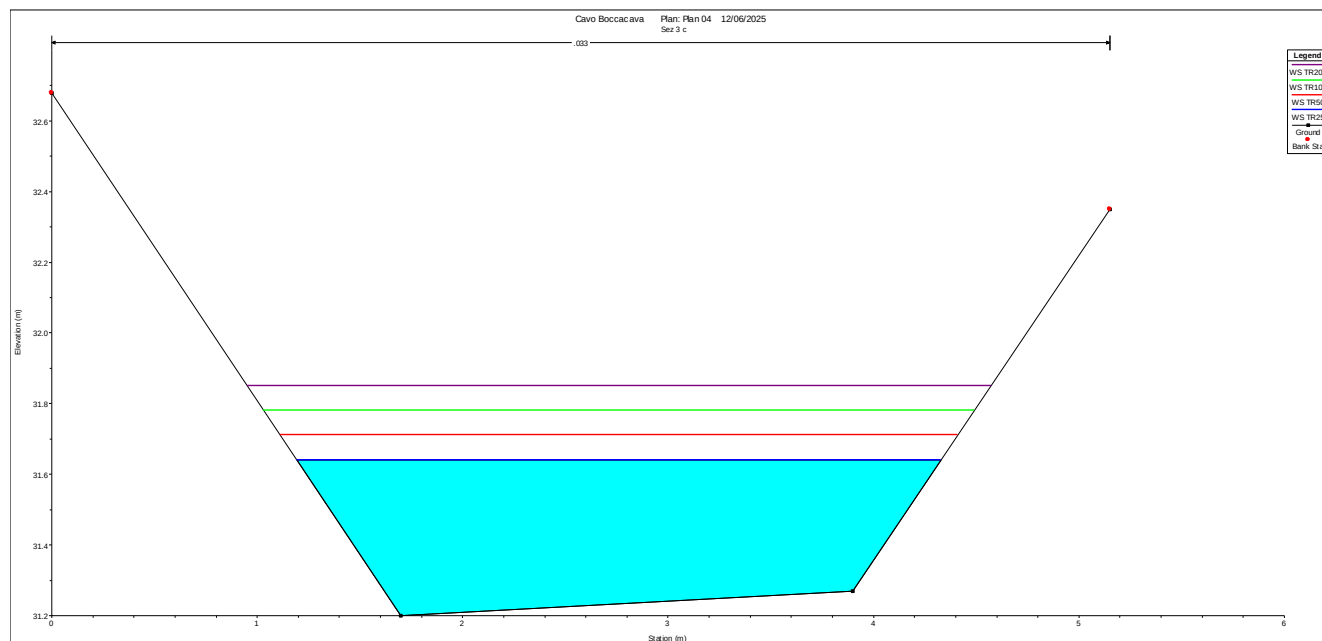


Figura 29 - Sezione di deflusso 3 Cavo Boccacava – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

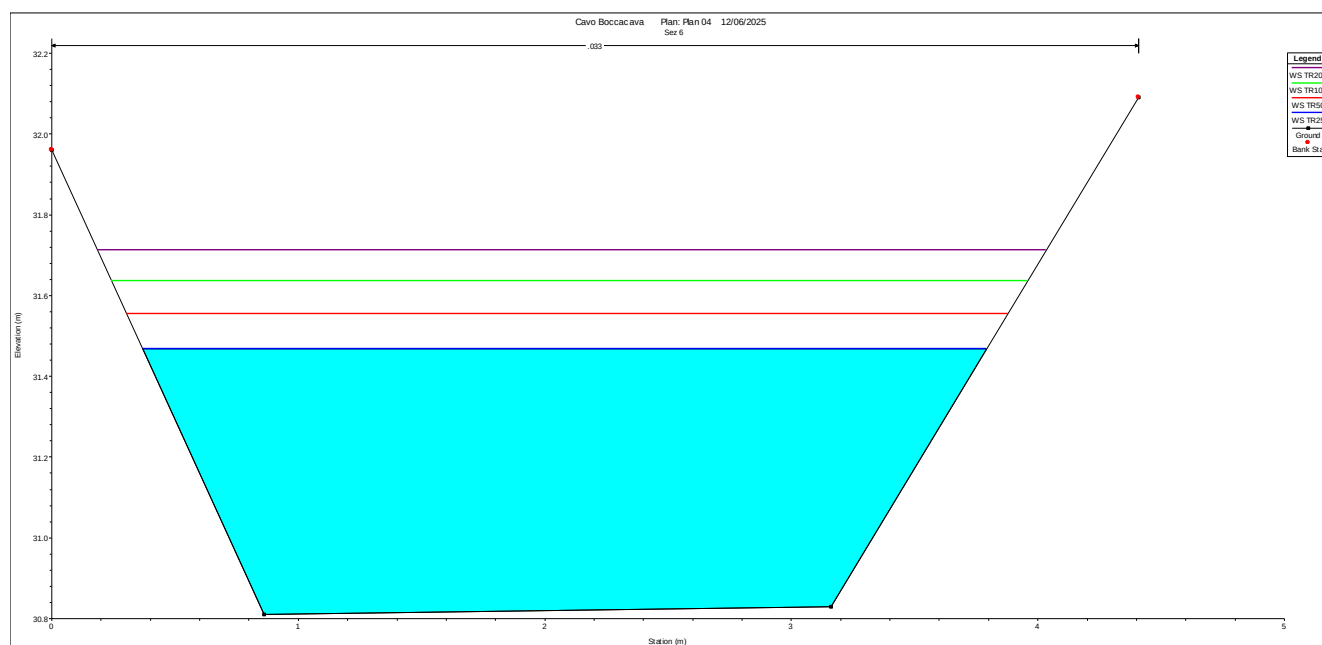


Figura 30 - Sezione di deflusso 6 Cavo Boccacava – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

Boccacava CNIII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.1	TR25	1.38	31.65	32.1		32.17	1.09	0.57
	TR50	1.64	31.65	32.17		32.23	1.1	0.55
	TR100	1.9	31.65	32.23		32.29	1.11	0.52
	TR200	2.16	31.65	32.28		32.35	1.12	0.51
Sez.2	TR25	1.38	31.35	31.98		32	0.65	0.28
	TR50	1.64	31.35	32.05		32.08	0.68	0.28
	TR100	1.9	31.35	32.12		32.14	0.7	0.28
	TR200	2.16	31.35	32.18		32.21	0.73	0.28
Sez.3	TR25	1.38	31.26	31.87		31.9	0.77	0.35
	TR50	1.64	31.26	31.95		31.98	0.79	0.34
	TR100	1.9	31.26	32.02		32.05	0.81	0.34
	TR200	2.16	31.26	32.08		32.12	0.83	0.33
Sez.4	TR25	1.38	31.13	31.8		31.83	0.75	0.33
	TR50	1.64	31.13	31.88		31.91	0.77	0.32
	TR100	1.9	31.13	31.95		31.98	0.8	0.32
	TR200	2.16	31.13	32.02		32.05	0.82	0.32
Sez.5	TR25	1.38	30.91	31.7		31.72	0.63	0.25
	TR50	1.64	30.91	31.78		31.81	0.66	0.25
	TR100	1.9	30.91	31.86		31.88	0.7	0.25
	TR200	2.16	30.91	31.93		31.95	0.73	0.26
Sez.6	TR25	1.38	30.81	31.69		31.71	0.52	0.2
	TR50	1.64	30.81	31.78		31.79	0.55	0.2
	TR100	1.9	30.81	31.85		31.87	0.58	0.2
	TR200	2.16	30.81	31.92		31.94	0.6	0.21
Sez.7	TR25	1.38	30.58	31.61	31.12	31.64	0.72	0.28
	TR50	1.64	30.58	31.69		31.72	0.75	0.29
	TR100	1.9	30.58	31.76		31.79	0.79	0.3
	TR200	2.16	30.58	31.83		31.86	0.82	0.3
Sez.8	TR25	1.38	30.22	30.77	30.76	30.95	1.87	0.97
	TR50	1.64	30.22	30.82	30.81	31.01	1.95	0.98
	TR100	1.9	30.22	30.86	30.86	31.07	2.03	0.98
	TR200	2.16	30.22	30.91	30.9	31.13	2.1	0.99

Tabella 21 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

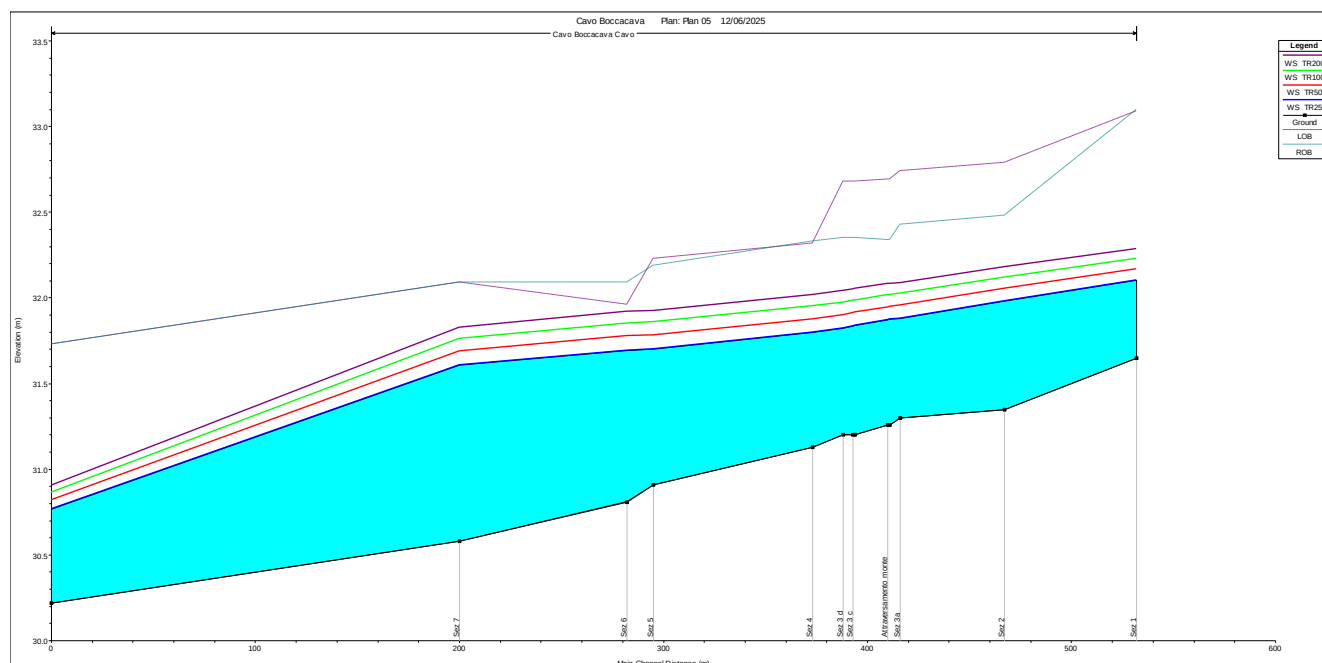


Figura 31 - Profilo Cavo Boccacava nella configurazione dello stato di fatto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

Le seguenti figure riportano i profili di rigurgito in corrispondenza delle sezioni trasversali poste in prossimità dell'area oggetto di intervento. I risultati della modellazione delle condizioni attuali del Cavo Boccacava hanno evidenziato che il tratto oggetto di intervento permette il deflusso di tutte le portate di progetto corrispondenti a piogge con tempo di ritorno fino a 200 anni (CNIII), senza che si verifichino fuoriuscite né allagamenti.

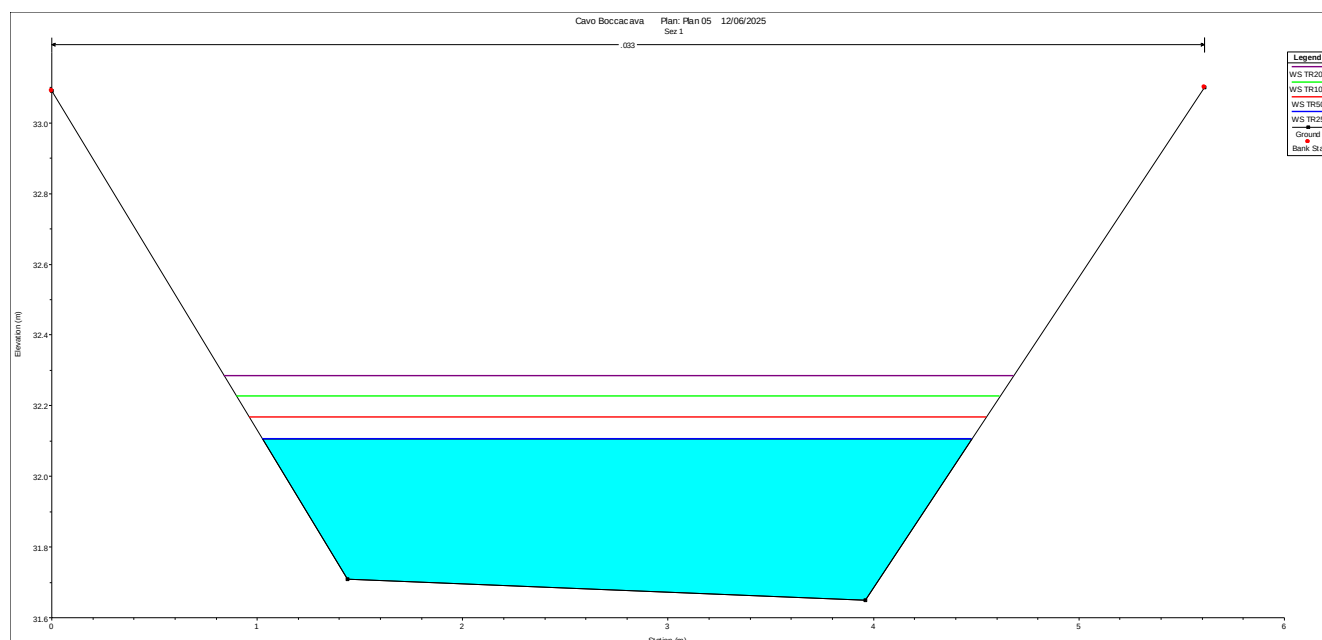


Figura 32 - Sezione di deflusso 1 Cavo Boccacava - CNIII - TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Stato di fatto

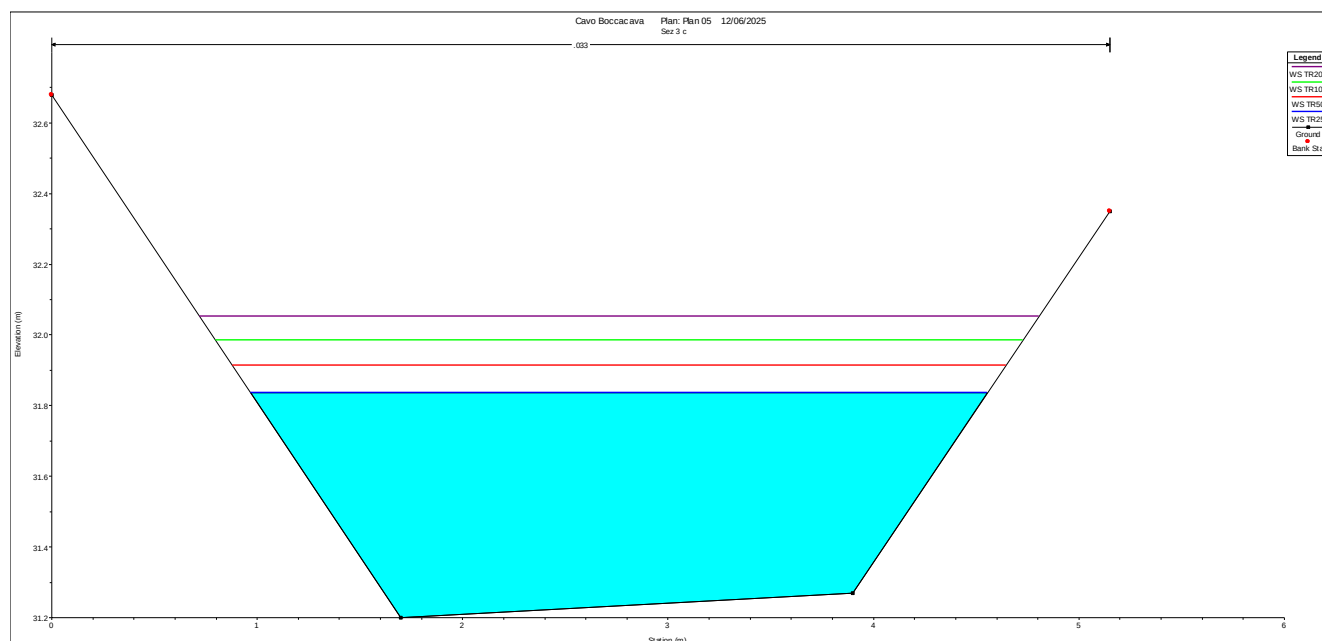


Figura 33 - Sezione di deflusso 3 Cavo Boccacava – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

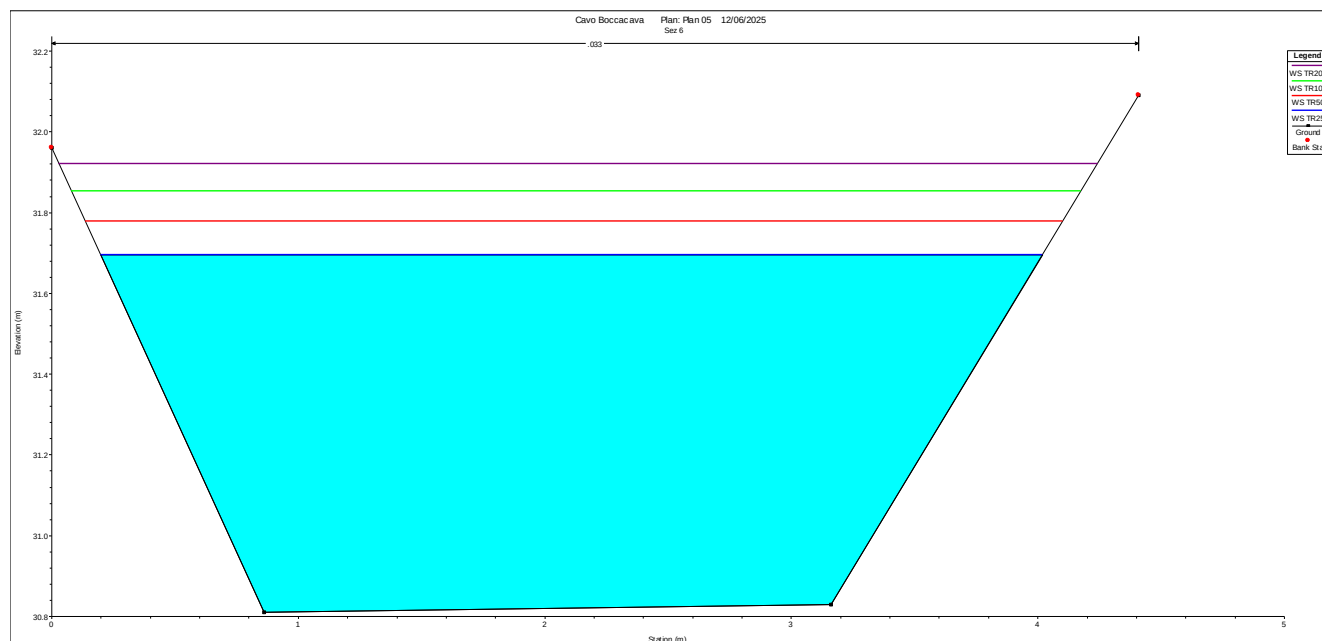


Figura 34 - Sezione di deflusso 6 Cavo Boccacava – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

CANALE NAVIGLIA

I risultati che vengono riportati nel seguito si riferiscono ai tratti oggetto di intervento allo stato di fatto nella condizione di terreno mediamente saturo (CNII) e saturo (CNIII) per TR25, TR50, TR100 e TR200 anni.

Canale Naviglia CNII

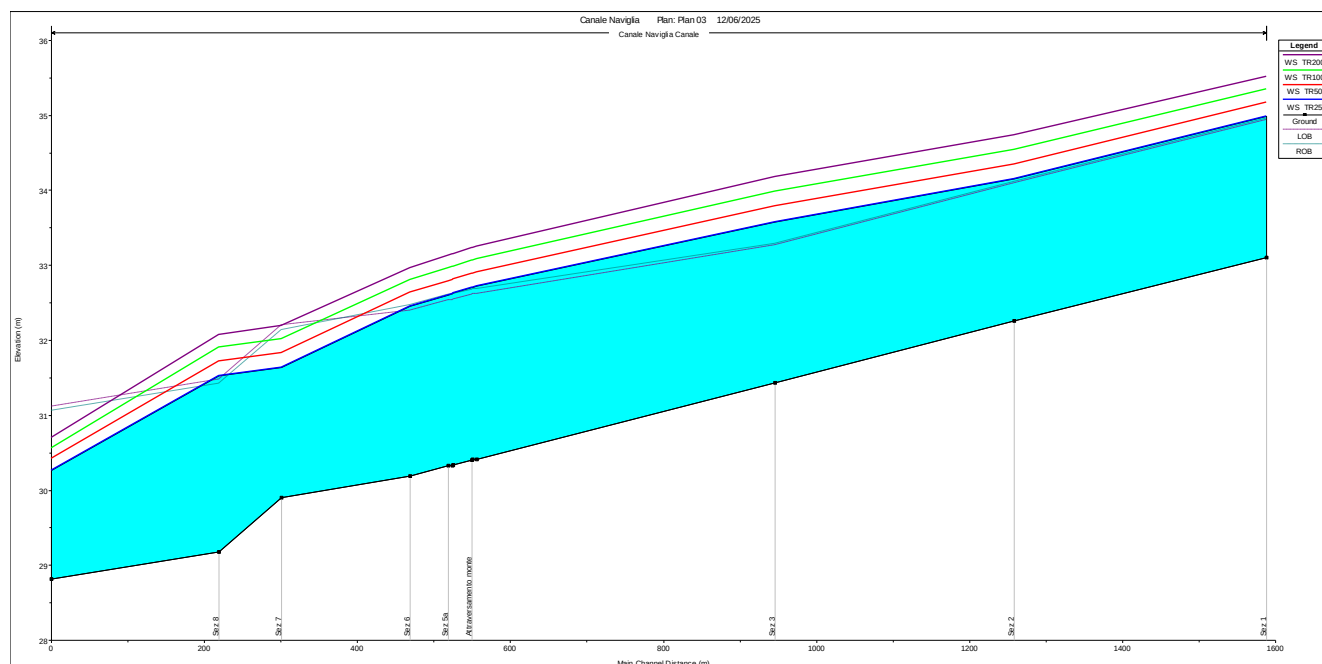


Figura 35 - Profilo Canale Naviglia nella configurazione dello stato di fatto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR100 anni

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.1	TR25	33.32	33.1	34.99		35.16	1.83	0.49
	TR50	39.99	33.1	35.17		35.36	1.94	0.49
	TR100	46.76	33.1	35.35		35.56	2.05	0.49
	TR200	53.59	33.1	35.52		35.75	2.14	0.49
Sez.2	TR25	33.32	32.26	34.15		34.32	1.83	0.49
	TR50	39.99	32.26	34.35		34.54	1.92	0.48
	TR100	46.76	32.26	34.55		34.75	2	0.48
	TR200	53.59	32.26	34.74		34.96	2.08	0.47
Sez.3	TR25	33.32	31.43	33.58		33.7	1.54	0.38
	TR50	39.99	31.43	33.79		33.93	1.65	0.38
	TR100	46.76	31.43	33.99		34.14	1.74	0.39
	TR200	53.59	31.43	34.18		34.35	1.82	0.39
Sez.4	TR25	33.32	30.41	32.7		32.9	1.97	0.51
	TR50	39.99	30.41	32.89		33.12	2.1	0.52
	TR100	46.76	30.41	33.07		33.32	2.22	0.52
	TR200	53.59	30.41	33.23		33.51	2.34	0.52
Sez.5	TR25	33.32	30.33	32.63		32.82	1.97	0.51
	TR50	39.99	30.33	32.81		33.04	2.1	0.52
	TR100	46.76	30.33	32.99		33.24	2.23	0.52
	TR200	53.59	30.33	33.15		33.43	2.34	0.53
Sez.6	TR25	33.32	30.19	32.45		32.66	2.01	0.53
	TR50	39.99	30.19	32.64		32.87	2.15	0.53
	TR100	46.76	30.19	32.81		33.07	2.28	0.54
	TR200	53.59	30.19	32.96		33.26	2.4	0.54

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.7	TR25	33.32	29.9	31.64		31.96	2.53	0.72
	TR50	39.99	29.9	31.83		32.18	2.61	0.71
	TR100	46.76	29.9	32.02		32.39	2.68	0.7
	TR200	53.59	29.9	32.2		32.58	2.74	0.69
Sez.8	TR25	33.32	29.18	31.52	30.62	31.66	1.66	0.41
	TR50	39.99	29.18	31.72		31.88	1.78	0.42
	TR100	46.76	29.18	31.9		32.09	1.89	0.42
	TR200	53.59	29.18	32.08		32.28	2	0.43
Sez.9	TR25	33.32	28.82	30.26	30.26	30.8	3.25	1.01
	TR50	39.99	28.82	30.42	30.42	31.01	3.4	1.01
	TR100	46.76	28.82	30.56	30.56	31.2	3.54	1.01
	TR200	53.59	28.82	30.7	30.7	31.38	3.64	1

Tabella 22 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

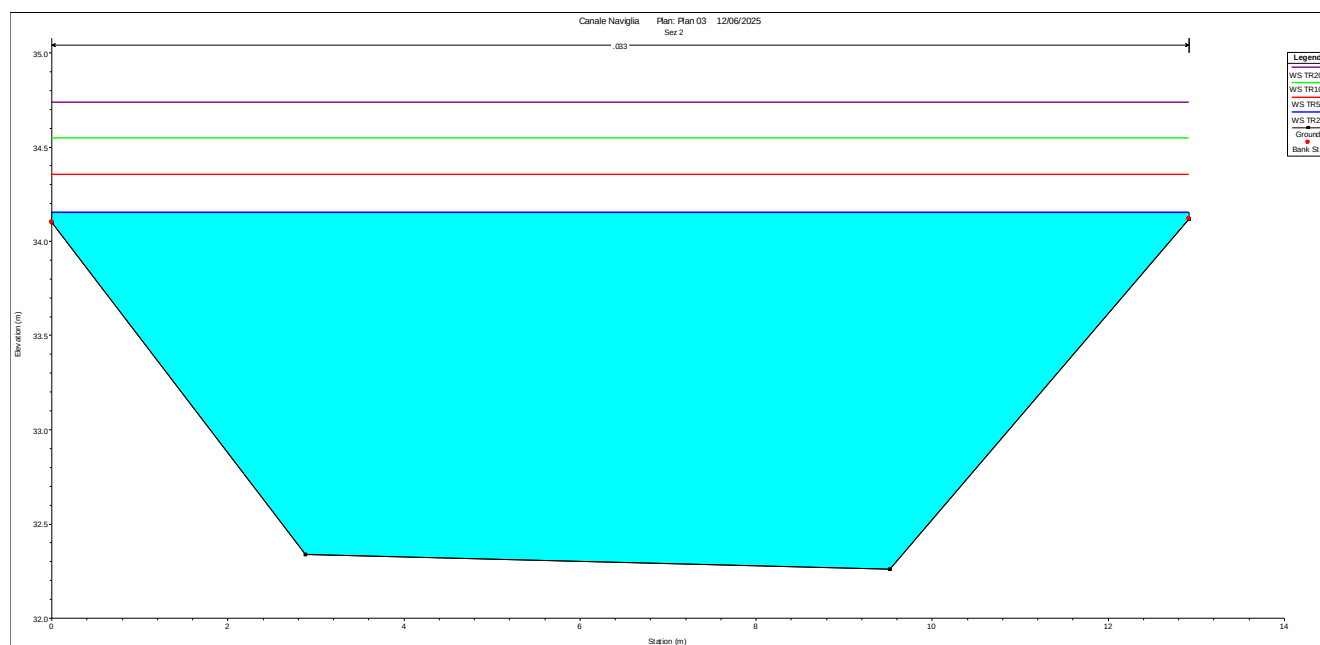


Figura 36 - Sezione di deflusso 2 Canale Naviglio – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

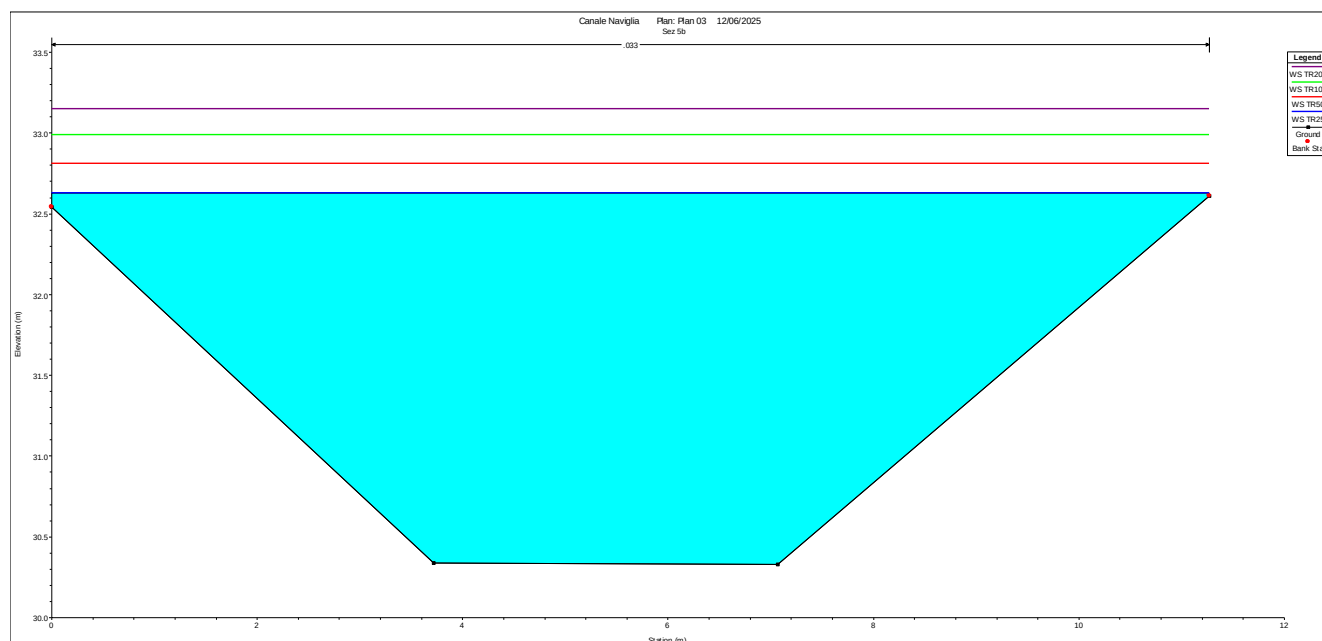


Figura 37 - Sezione di deflusso 5 Canale Naviglia – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

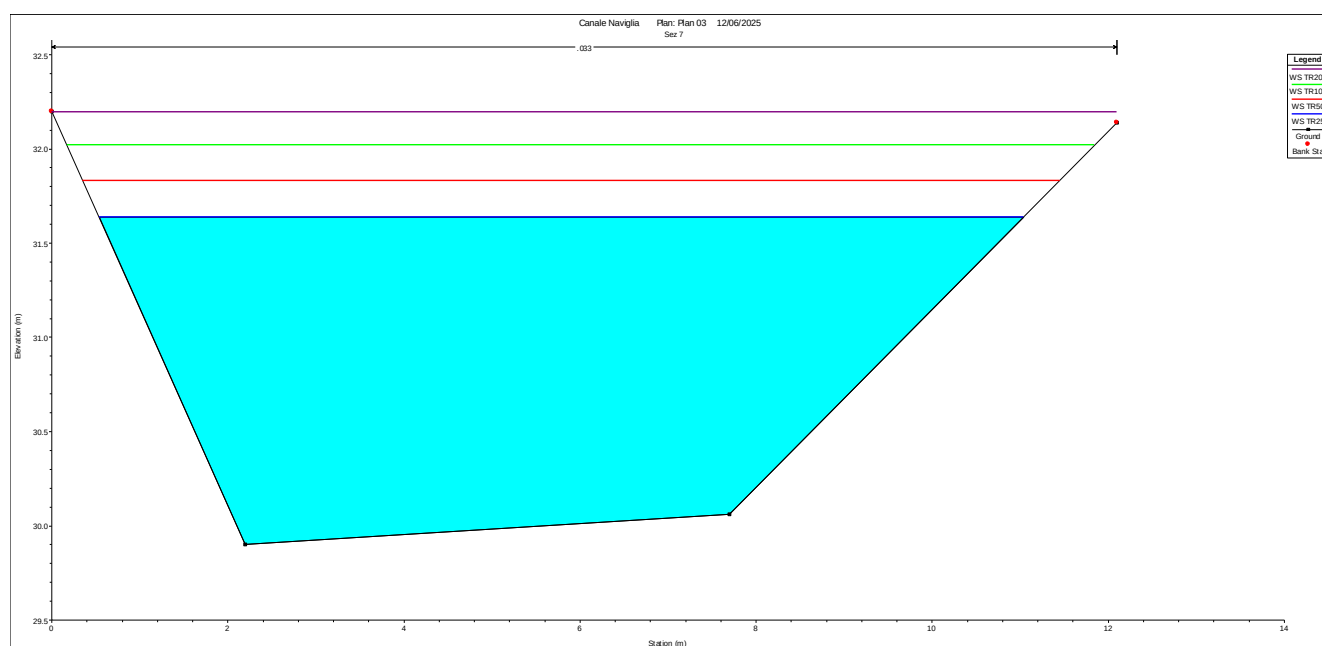


Figura 38 - Sezione di deflusso 7 Canale Naviglia – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

Dai risultati esposti si evince chiaramente come, per le ipotesi di calcolo in precedenza illustrate, l'alveo inciso del Canale Naviglia presenta una sezione di deflusso non sufficiente per il corretto deflusso di tutte le portate di progetto considerate (CNII) presentando processi di esondazione quasi in tutto il tratto in esame.

Canale Naviglia CNIII

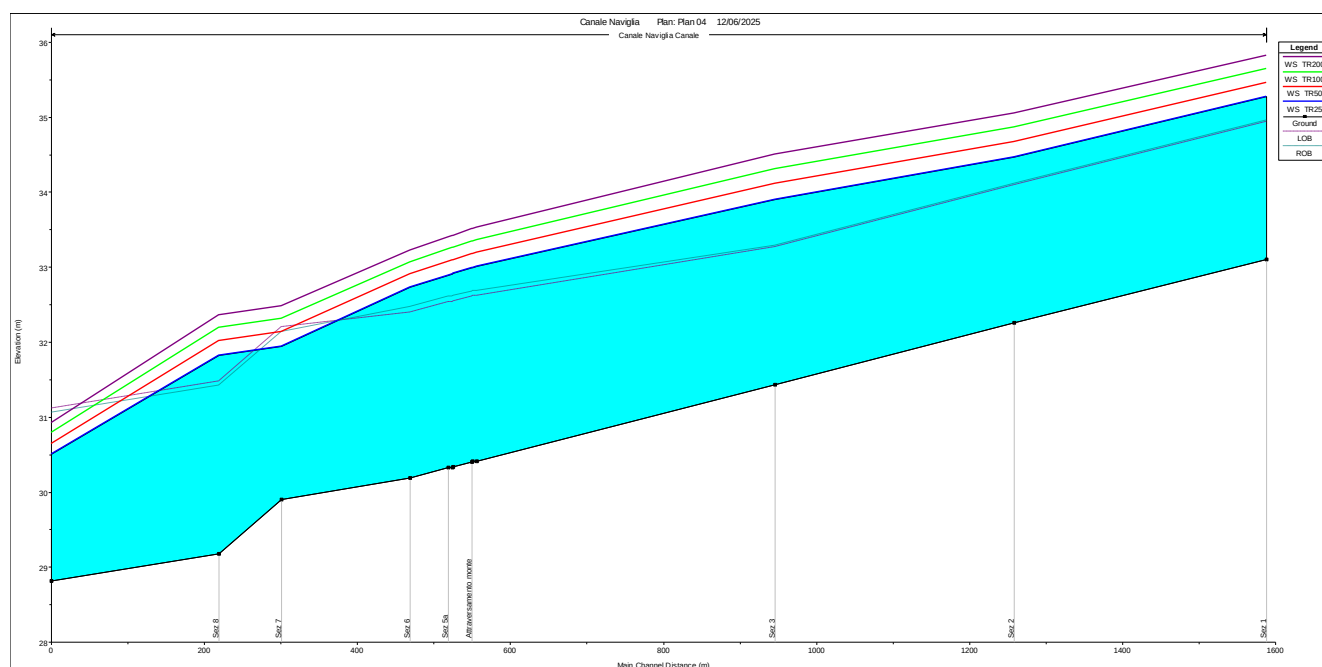


Figura 39 - Profilo Canale Naviglia nella configurazione dello stato di fatto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

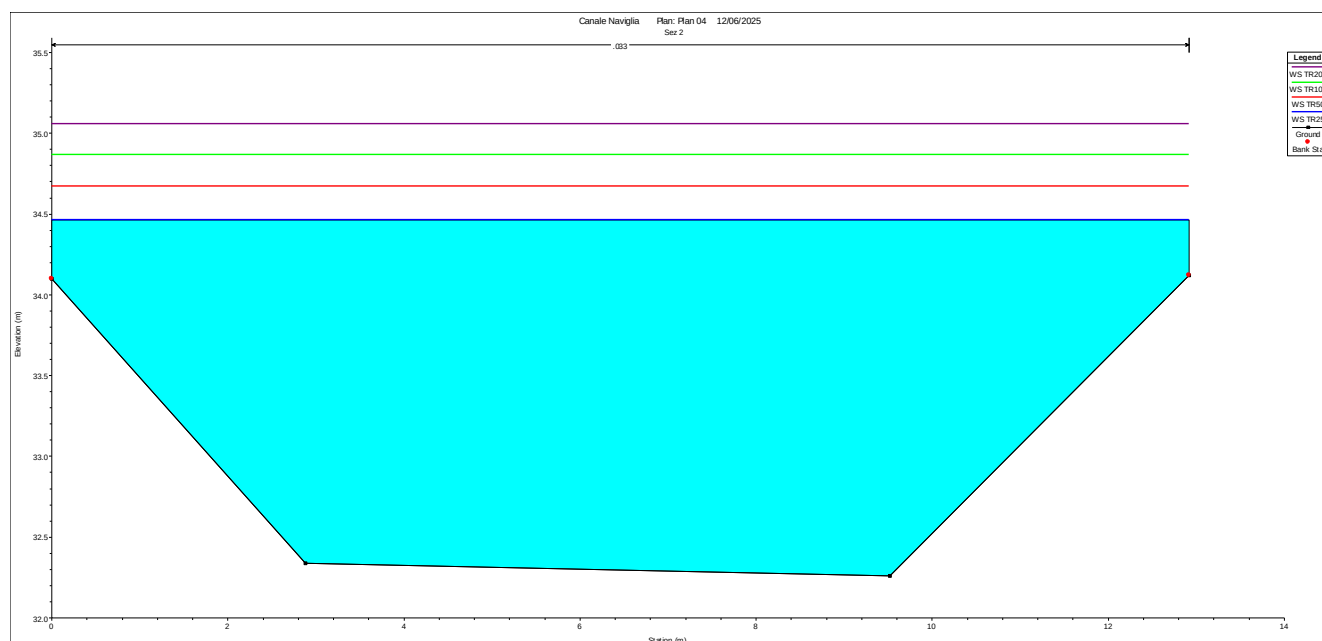


Figura 40 - Sezione di deflusso 2 Canale Naviglia - CNIII - TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Stato di fatto

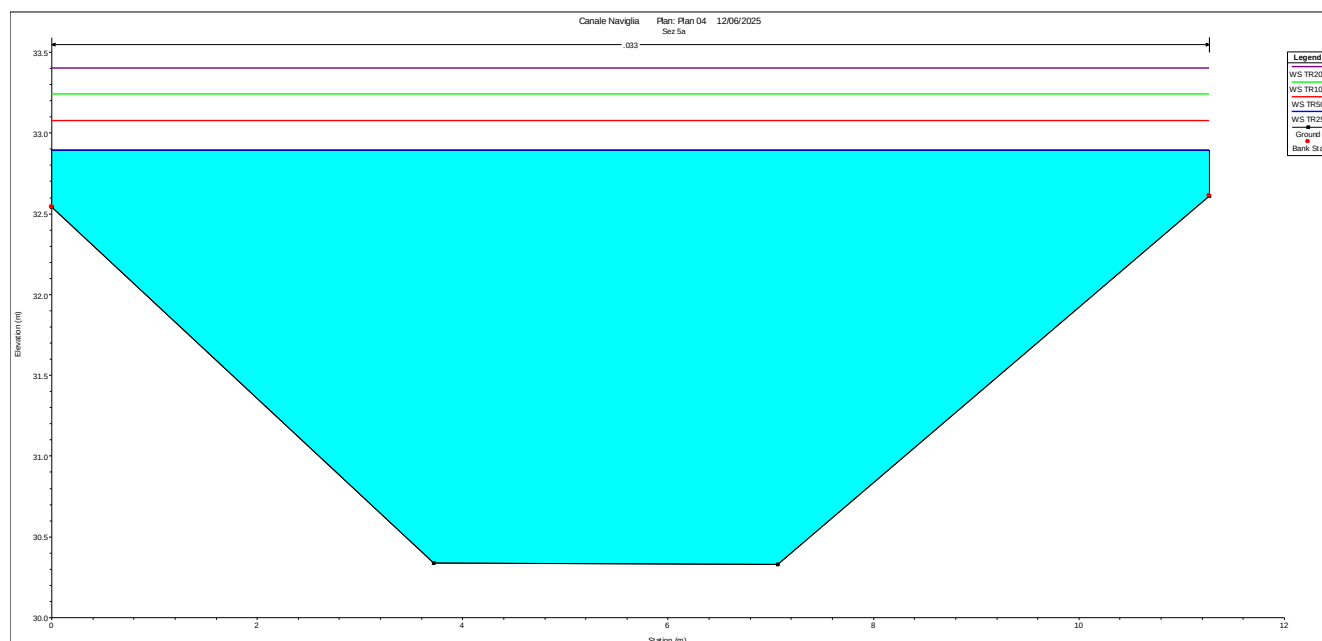


Figura 41 - Sezione di deflusso 5 Canale Naviglia – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

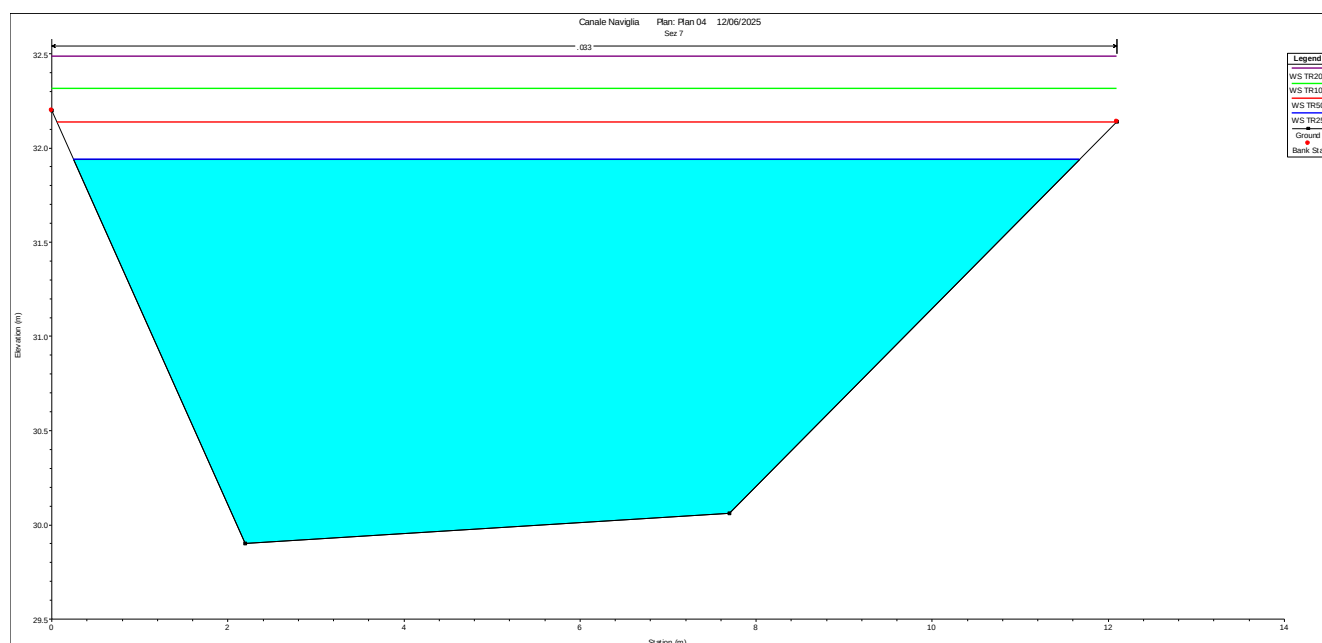


Figura 42 - Sezione di deflusso 7 Canale Naviglia – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Stato di fatto

Dai risultati esposti si evince chiaramente come, per le ipotesi di calcolo in precedenza illustrate, l'alveo inciso del Canale Naviglia presenta una sezione di deflusso non sufficiente per il corretto deflusso di tutte le portate di progetto considerate (CNIII) presentando processi di esondazione quasi in tutto tratto in esame.

6.3.2 STATO DI PROGETTO

Nella seguenti simulazioni è riportata la configurazione morfologica di progetto e quindi con l'inserimento dei nuovi attraversamenti in progetto in prossimità del Cavo Canaletto, Fosso Fine, Cavo Boccacava e Cavo Naviglia. I risultati che vengono riportati nel seguito si riferiscono ai tratti oggetto di intervento allo stato di progetto nella condizione di terreno mediamente saturo (CNII) e saturo (CNIII) per TR25, TR50, TR100 e TR200 anni.

CAVO CANALETTO

La simulazione nello stato di progetto prevede l'inserimento del nuovo attraversamento con scatolare di dimensione interna 300x175 mm per un tratto di lunghezza pari a 20 m, all'interno della geometria attuale.

Cavo Canaletta CNII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez. 1	TR25	6	33.19	34.84		34.89	1.03	0.29
	TR50	7.34	33.19	35.02		35.08	1.09	0.29
	TR100	8.68	33.19	35.2		35.27	1.15	0.29
	TR200	10	33.19	35.37		35.44	1.2	0.29
Sez. 2	TR25	6	32.9	34.63		34.69	1.14	0.33
	TR50	7.34	32.9	34.81		34.88	1.21	0.33
	TR100	8.68	32.9	34.98		35.06	1.28	0.32
	TR200	10	32.9	35.14		35.23	1.34	0.32
Sez. 3	TR25	6	32.55	34.05		34.15	1.38	0.42
	TR50	7.34	32.55	34.2		34.32	1.48	0.42
	TR100	8.68	32.55	34.35		34.48	1.57	0.42
	TR200	10	32.55	34.5		34.64	1.64	0.42
Sez. 4	TR25	6	31.88	33.15		33.31	1.77	0.6
	TR50	7.34	31.88	33.34		33.5	1.8	0.55
	TR100	8.68	31.88	33.51		33.68	1.83	0.52
	TR200	10	31.88	33.71		33.88	1.82	0.48
Sez. 5a	TR25	6	31.18	32.75	31.84	32.8	0.93	0.25
	TR50	7.34	31.18	32.93	31.93	32.99	1.01	0.25
	TR100	8.68	31.18	33.1	32.02	33.16	1.08	0.26
	TR200	10	31.18	33.32	32.09	33.39	1.11	0.25
Attraversamento								
Sez. 5b	TR25	6	31.18	32.62		32.68	1.03	0.29
	TR50	7.34	31.18	32.77		32.84	1.13	0.3
	TR100	8.68	31.18	32.91		32.99	1.22	0.31
	TR200	10	31.18	33.04		33.13	1.29	0.32
Sez. 6	TR25	6	30.53	31.74		31.82	1.21	0.41
	TR50	7.34	30.53	31.89		31.97	1.28	0.4
	TR100	8.68	30.53	32.02		32.11	1.34	0.4
	TR200	10	30.53	32.15		32.25	1.38	0.39

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez. 7	TR25	6	29.79	31.19		31.26	1.13	0.37
	TR50	7.34	29.79	31.36		31.43	1.18	0.36
	TR100	8.68	29.79	31.51		31.59	1.22	0.35
	TR200	10	29.79	31.67		31.75	1.26	0.34
Sez. 8	TR25	6	29.24	30.8		30.85	1.02	0.32
	TR50	7.34	29.24	30.99		31.05	1.05	0.3
	TR100	8.68	29.24	31.17		31.23	1.08	0.29
	TR200	10	29.24	31.33		31.4	1.12	0.28
Sez. 9	TR25	6	28.64	30.59	29.48	30.62	0.74	0.19
	TR50	7.34	28.64	30.78		30.81	0.81	0.2
	TR100	8.68	28.64	30.95		30.99	0.87	0.2
	TR200	10	28.64	31.11		31.15	0.93	0.21
Sez. 10	TR25	6	28.64	29.5	29.48	29.78	2.37	0.97
	TR50	7.34	28.64	29.59	29.58	29.91	2.5	0.98
	TR100	8.68	28.64	29.67	29.66	30.02	2.61	0.99
	TR200	10	28.64	29.75	29.74	30.12	2.71	1

Tabella 23 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

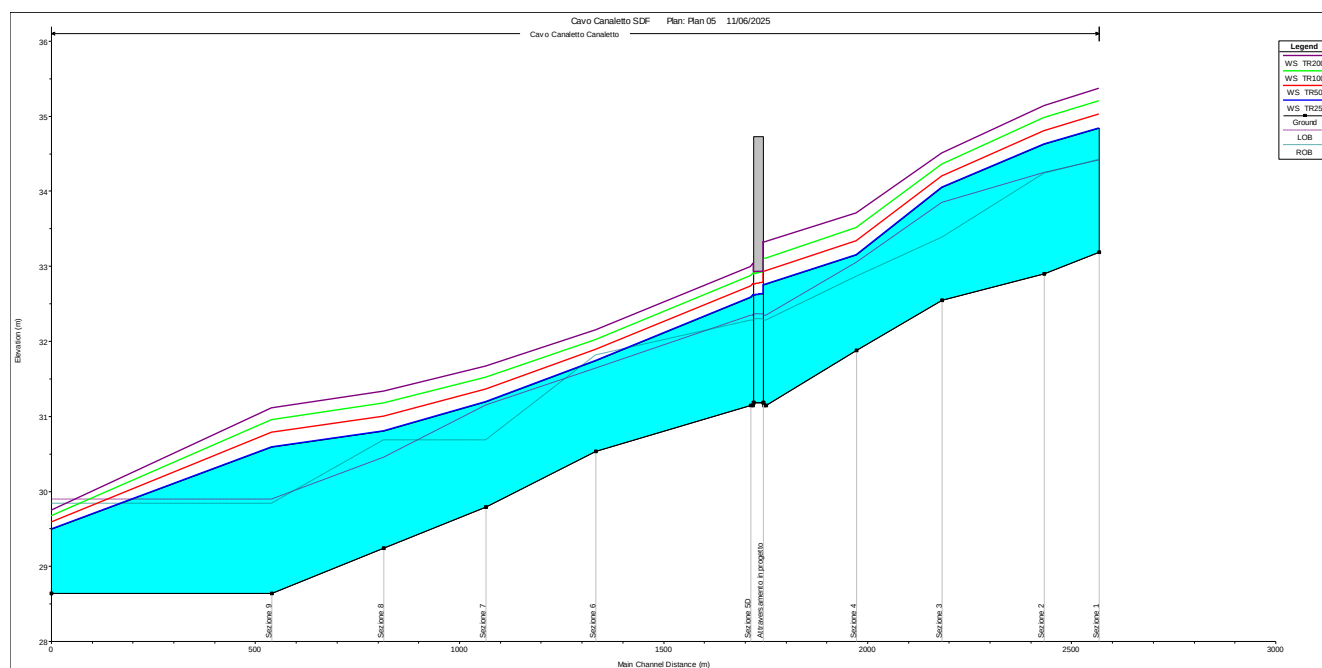


Figura 43 - Profilo Cavo Canaletto nella configurazione dello stato di progetto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR1000 anni

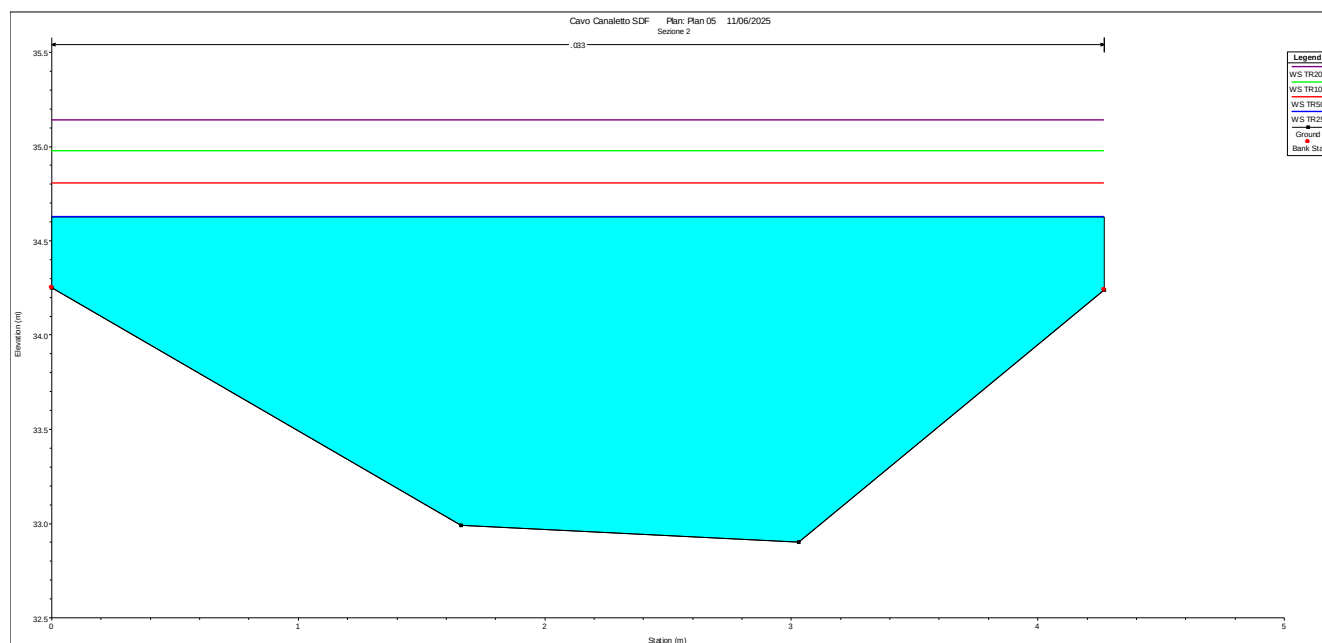


Figura 44 - Sezione di deflusso 2 Cavo Canaletto – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

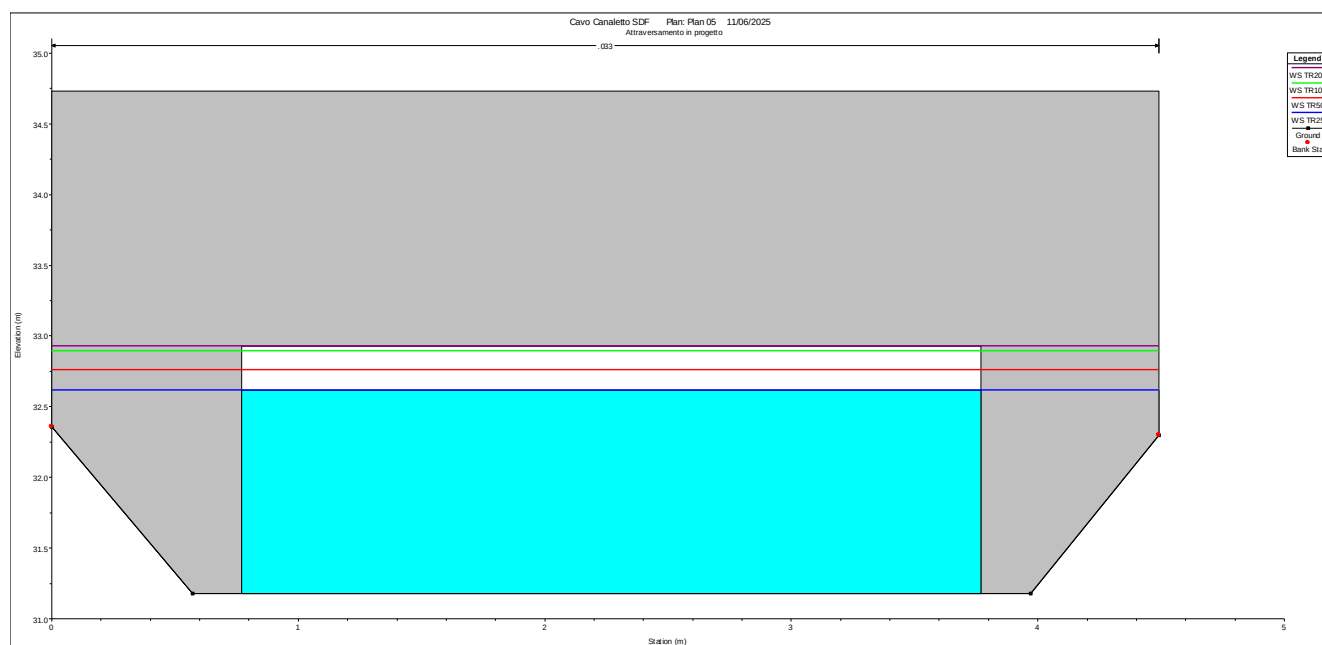


Figura 45 - Sezione di deflusso 5 Cavo Canaletto – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Nuovo attraversamento

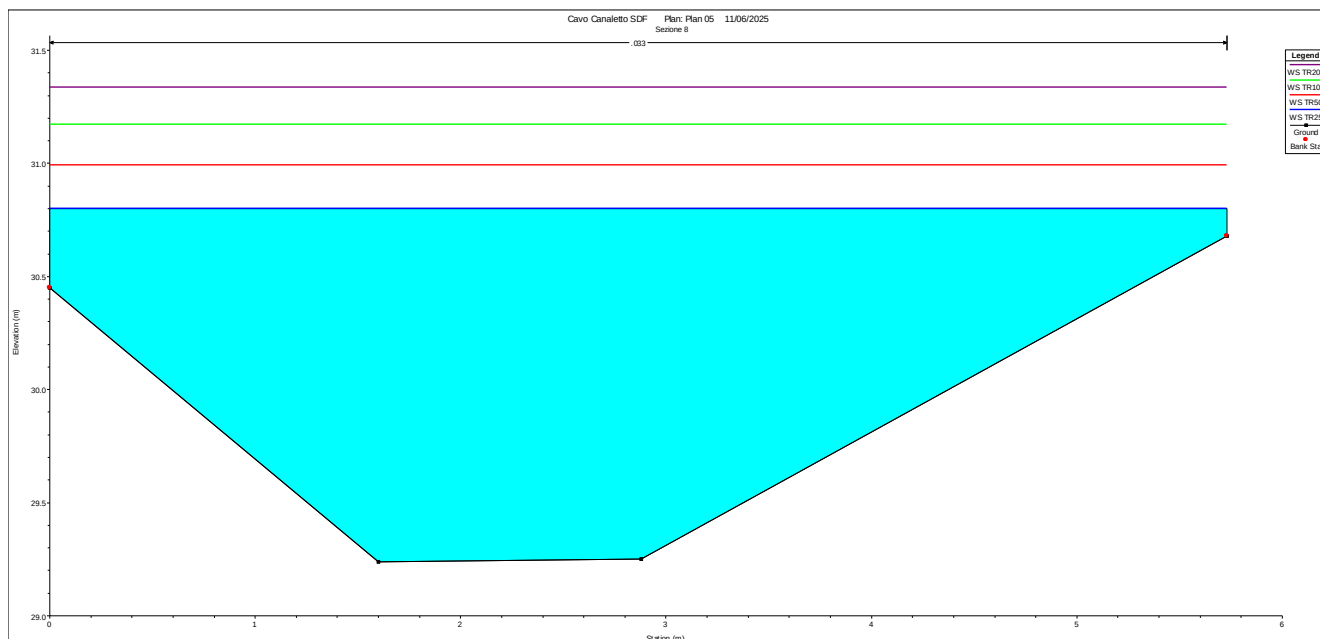


Figura 46 - Sezione di deflusso 8 Cavo Canaletto – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

I profili di rigurgito e i risultati delle simulazioni evidenziano che il tratto oggetto di intervento risulta idraulicamente insufficiente per il transito delle portate di progetto previste secondo le condizioni CNII.

Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 300 × 175 cm, consente:

- il transito della portata Q25 CNII, con un franco idraulico di circa 35 cm;
- il transito della portata Q50 CNII, con un franco idraulico di circa 20 cm;
- il transito della portata Q100 CNII, con un franco idraulico di circa 5 cm.

Per la portata Q200 CNII, invece, il manufatto presenta un comportamento a pressione.

Cavo Canaletta CNIII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez. 1	TR25	8.6	33.19	35.19		35.26	1.15	0.29
	TR50	10.1	33.19	35.38		35.45	1.2	0.29
	TR100	11.6	33.19	35.57		35.65	1.25	0.28
	TR200	13.1	33.19	35.75		35.84	1.29	0.28
Sez. 2	TR25	8.6	32.9	34.97		35.05	1.28	0.32
	TR50	10.1	32.9	35.15		35.24	1.34	0.32
	TR100	11.6	32.9	35.33		35.43	1.4	0.32
	TR200	13.1	32.9	35.51		35.62	1.44	0.32
Sez. 3	TR25	8.6	32.55	34.34		34.47	1.56	0.42
	TR50	10.1	32.55	34.51		34.65	1.64	0.42
	TR100	11.6	32.55	34.69		34.84	1.7	0.41
	TR200	13.1	32.55	34.87		35.03	1.73	0.4

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez. 4	TR25	8.6	31.88	33.5		33.67	1.83	0.52
	TR50	10.1	31.88	33.72		33.89	1.82	0.48
	TR100	11.6	31.88	33.95		34.12	1.81	0.45
	TR200	13.1	31.88	34.19		34.35	1.79	0.41
Sez. 5a	TR25	8.6	31.18	33.09	32.01	33.15	1.08	0.26
	TR50	10.1	31.18	33.34	32.1	33.4	1.11	0.25
	TR100	11.6	31.18	33.59	32.18	33.66	1.14	0.24
	TR200	13.1	31.18	33.85	32.27	33.92	1.15	0.23
Attraversamento								
Sez. 5b	TR25	8.6	31.18	32.9		32.98	1.21	0.31
	TR50	10.1	31.18	33.05		33.14	1.3	0.32
	TR100	11.6	31.18	33.19		33.29	1.38	0.32
	TR200	13.1	31.18	33.33		33.44	1.45	0.33
Sez. 6	TR25	8.6	30.53	32.01		32.1	1.33	0.4
	TR50	10.1	30.53	32.16		32.26	1.38	0.39
	TR100	11.6	30.53	32.31		32.42	1.42	0.38
	TR200	13.1	30.53	32.46		32.57	1.46	0.37
Sez. 7	TR25	8.6	29.79	31.5		31.58	1.22	0.35
	TR50	10.1	29.79	31.68		31.76	1.26	0.34
	TR100	11.6	29.79	31.84		31.93	1.3	0.33
	TR200	13.1	29.79	32		32.09	1.34	0.32
Sez. 8	TR25	8.6	29.24	31.16		31.22	1.08	0.29
	TR50	10.1	29.24	31.35		31.41	1.12	0.28
	TR100	11.6	29.24	31.52		31.59	1.16	0.28
	TR200	13.1	29.24	31.68		31.76	1.19	0.28
Sez. 9	TR25	8.6	28.64	30.94	29.66	30.98	0.87	0.2
	TR50	10.1	28.64	31.12		31.16	0.93	0.21
	TR100	11.6	28.64	31.28		31.33	0.99	0.21
	TR200	13.1	28.64	31.44		31.49	1.05	0.22
Sez. 10	TR25	8.6	28.64	29.67	29.66	30.01	2.61	0.99
	TR50	10.1	28.64	29.75	29.75	30.13	2.72	1
	TR100	11.6	28.64	29.83	29.83	30.24	2.82	1.01
	TR200	13.1	28.64	29.91	29.91	30.34	2.91	1

Tabella 24 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

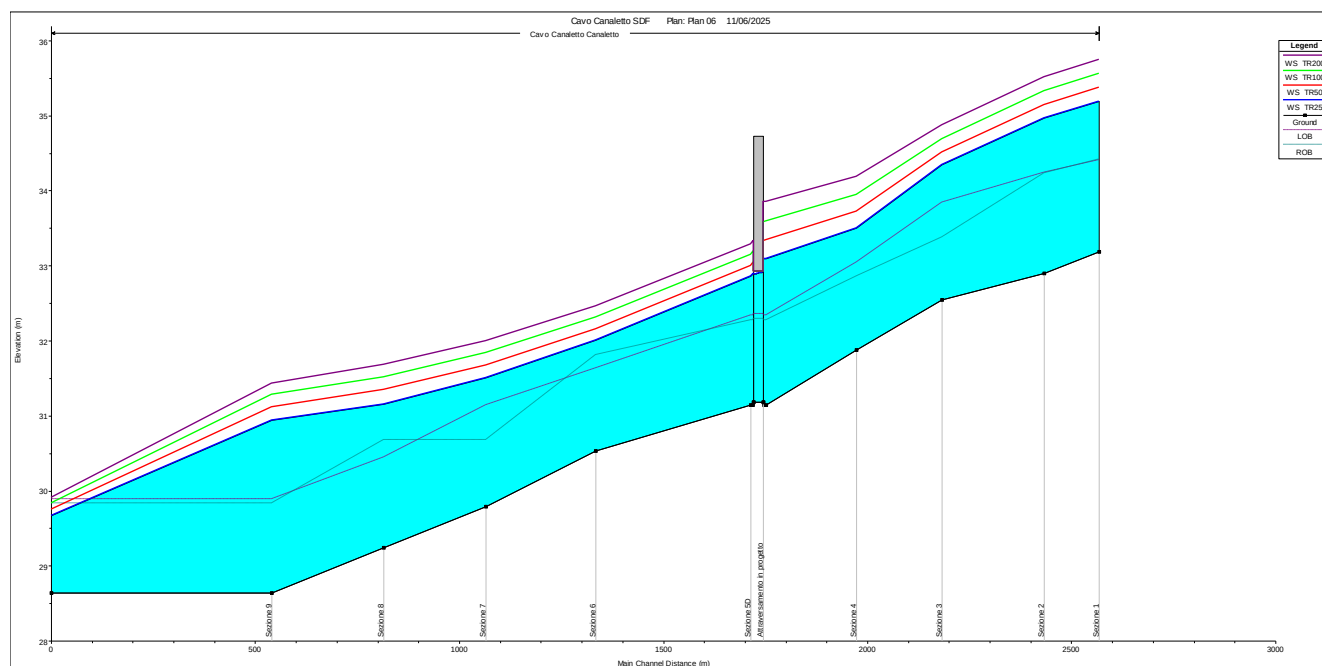


Figura 47 - Profilo Cavo Canaletto nella configurazione dello stato di fatto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR100 anni

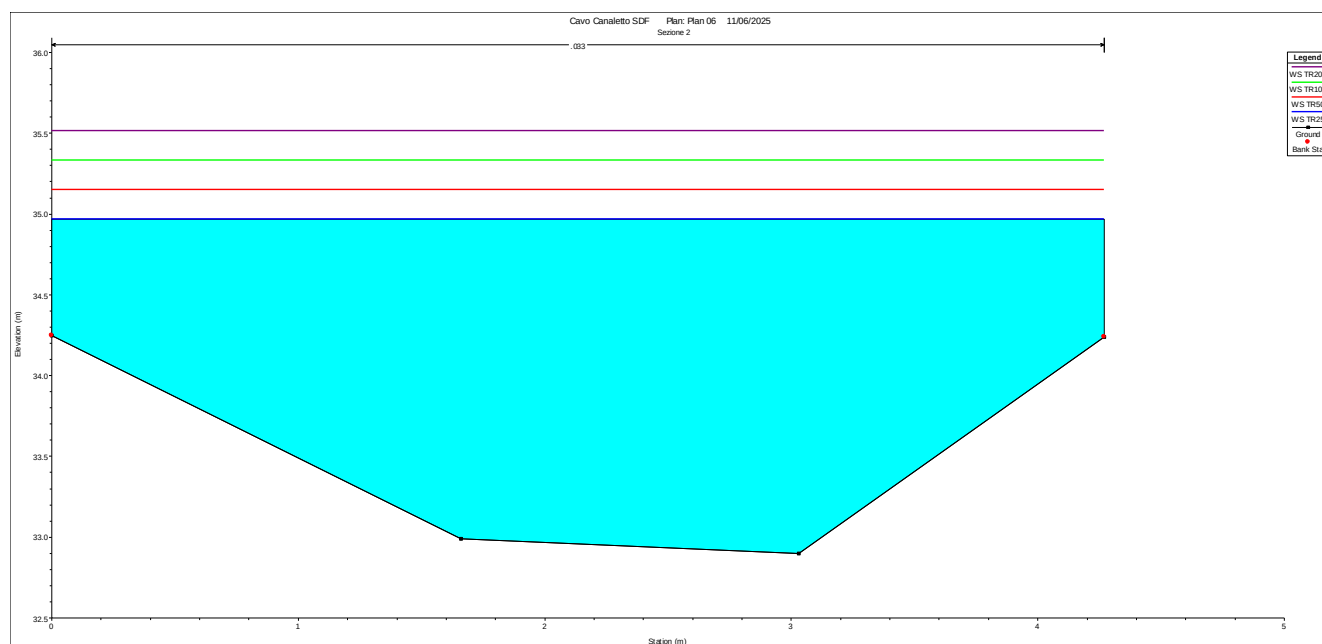


Figura 48 - Sezione di deflusso 2 Cavo Canaletto - CNII - TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

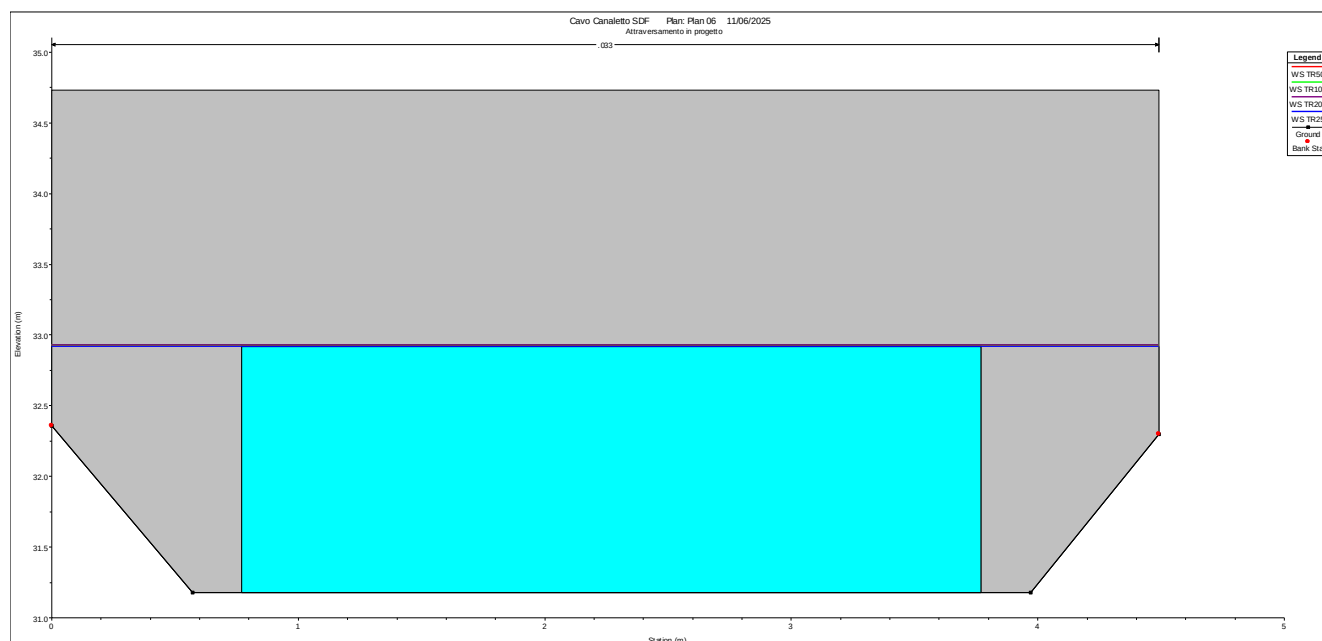


Figura 49 - Sezione di deflusso 5 Cavo Canaletto – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

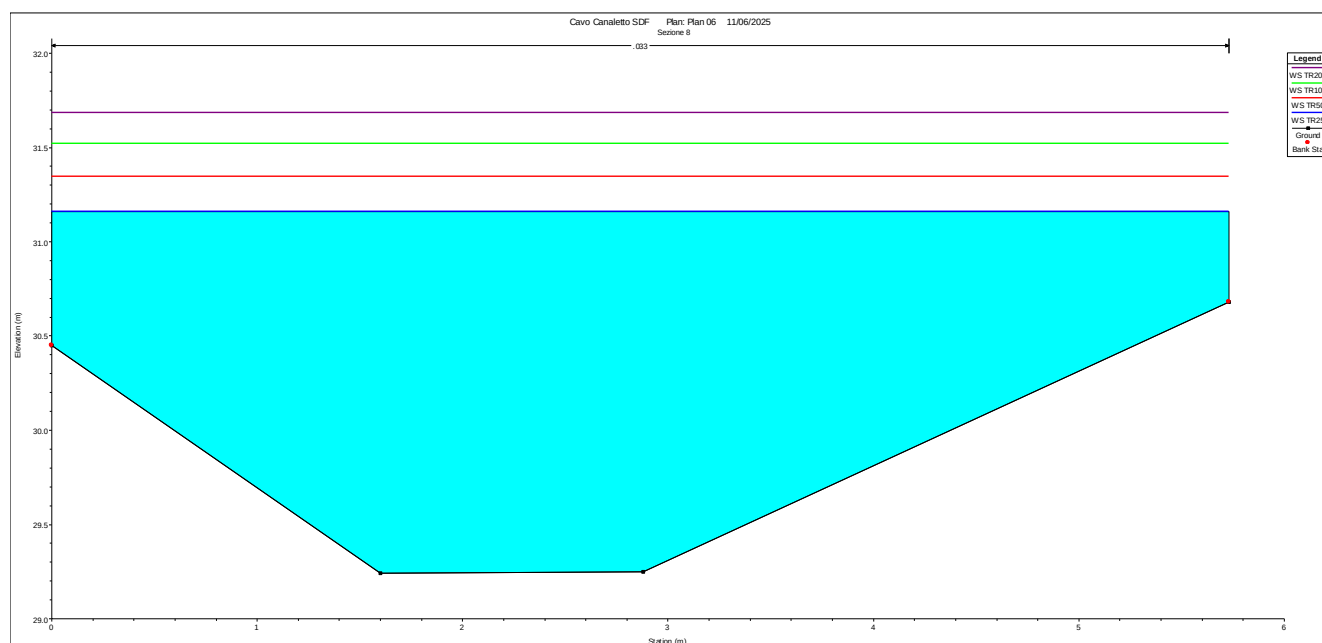


Figura 50 - Sezione di deflusso 8 Cavo Canaletto – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

I profili di rigurgito e i risultati delle simulazioni evidenziano che il tratto oggetto di intervento risulta idraulicamente insufficiente per il transito delle portate di progetto previste secondo le condizioni CNIII. Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 300×175 cm, presenta un comportamento in pressione per tutte le portate di progetto.

FOSSO FINE

La simulazione nello stato di progetto prevede l'inserimento del nuovo attraversamento con scatolare di dimensione interna 300x150 mm per un tratto di lunghezza complessiva pari a circa 20 m, all'interno della geometria attuale.

Fosso Fine CNII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch	W.S.	Crit	E.G.	Vel	Froude #
		(m³/s)	El (m)	Elev (m)	W.S. (m)	Elev (m)	Chnl (m/s)	
Sez. 1	TR25	3.2	34.39	35.73		35.77	0.87	0.28
	TR50	3.95	34.39	35.87		35.91	0.94	0.29
	TR100	4.71	34.39	35.99		36.04	1	0.29
	TR200	5.5	34.39	36.12		36.17	1.06	0.29
Sez. 2	TR25	3.2	34.23	35.51		35.57	1.14	0.4
	TR50	3.95	34.23	35.63		35.7	1.23	0.4
	TR100	4.71	34.23	35.74		35.83	1.31	0.41
	TR200	5.5	34.23	35.85		35.95	1.38	0.41
Sez. 3	TR25	3.2	33.82	34.94		35.04	1.41	0.55
	TR50	3.95	33.82	35.07		35.18	1.45	0.53
	TR100	4.71	33.82	35.19		35.3	1.5	0.52
	TR200	5.5	33.82	35.3		35.42	1.55	0.5
Sez. 4	TR25	3.2	32.79	34.13		34.19	1.06	0.36
	TR50	3.95	32.79	34.26		34.33	1.14	0.37
	TR100	4.71	32.79	34.39		34.46	1.2	0.37
	TR200	5.5	32.79	34.51		34.59	1.25	0.37
Sez. 5	TR25	3.2	32.89	34.06		34.16	1.36	0.49
	TR50	3.95	32.89	34.19		34.3	1.43	0.49
	TR100	4.71	32.89	34.31		34.43	1.49	0.48
	TR200	5.5	32.89	34.43		34.56	1.55	0.47
Sez. 6	TR25	3.2	32.25	33.6		33.65	1.02	0.35
	TR50	3.95	32.25	33.72		33.78	1.1	0.36
	TR100	4.71	32.25	33.83		33.9	1.17	0.36
	TR200	5.5	32.25	33.95		34.02	1.23	0.36
Sez. 7	TR25	3.2	31.79	32.92		33.02	1.38	0.54
	TR50	3.95	31.79	33.06		33.16	1.4	0.51
	TR100	4.71	31.79	33.2		33.3	1.42	0.47
	TR200	5.5	31.79	33.35		33.45	1.42	0.44
Sez. 8.a	TR25	3.2	31.38	32.68	31.82	32.7	0.61	0.18
	TR50	3.95	31.38	32.83	31.88	32.85	0.67	0.19
	TR100	4.71	31.38	32.97	31.94	33	0.71	0.19
	TR200	5.5	31.38	33.13	32	33.16	0.75	0.19
Attraversamento								
Sez. 8b	TR25	3.2	31.38	32.63		32.65	0.63	0.19
	TR50	3.95	31.38	32.77		32.79	0.7	0.2
	TR100	4.71	31.38	32.9		32.93	0.75	0.2
	TR200	5.5	31.38	33.02		33.06	0.81	0.21

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude #
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	Chl
Sez. 9	TR25	3.2	31.27	32.4		32.46	1.13	0.41
	TR50	3.95	31.27	32.53		32.6	1.19	0.4
	TR100	4.71	31.27	32.66		32.73	1.25	0.39
	TR200	5.5	31.27	32.77		32.86	1.31	0.39
Sez. 10	TR25	3.2	30.42	31.83		31.88	1.01	0.35
	TR50	3.95	30.42	31.94		32	1.1	0.36
	TR100	4.71	30.42	32.05		32.12	1.18	0.37
	TR200	5.5	30.42	32.14		32.22	1.25	0.38
Sez. 11	TR25	3.2	29.92	30.87		31	1.64	0.7
	TR50	3.95	29.92	30.99		31.13	1.64	0.66
	TR100	4.71	29.92	31.1		31.24	1.65	0.64
	TR200	5.5	29.92	31.21		31.35	1.66	0.62
Sez. 12	TR25	3.2	28.82	30.24		30.26	0.66	0.23
	TR50	3.95	28.82	30.37		30.39	0.7	0.23
	TR100	4.71	28.82	30.48		30.51	0.74	0.23
	TR200	5.5	28.82	30.59		30.62	0.78	0.24
Sez. 13	TR25	3.2	28.82	29.98		30.04	1.11	0.41
	TR50	3.95	28.82	30.09		30.17	1.18	0.42
	TR100	4.71	28.82	30.2		30.28	1.24	0.42
	TR200	5.5	28.82	30.3		30.39	1.3	0.43
Sez. 14	TR25	3.2	27.9	28.71	28.63	28.89	1.89	0.82
	TR50	3.95	27.9	28.8	28.71	29	2	0.83
	TR100	4.71	27.9	28.88	28.79	29.1	2.09	0.84
	TR200	5.5	27.9	28.96	28.87	29.2	2.18	0.84

Tabella 25 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

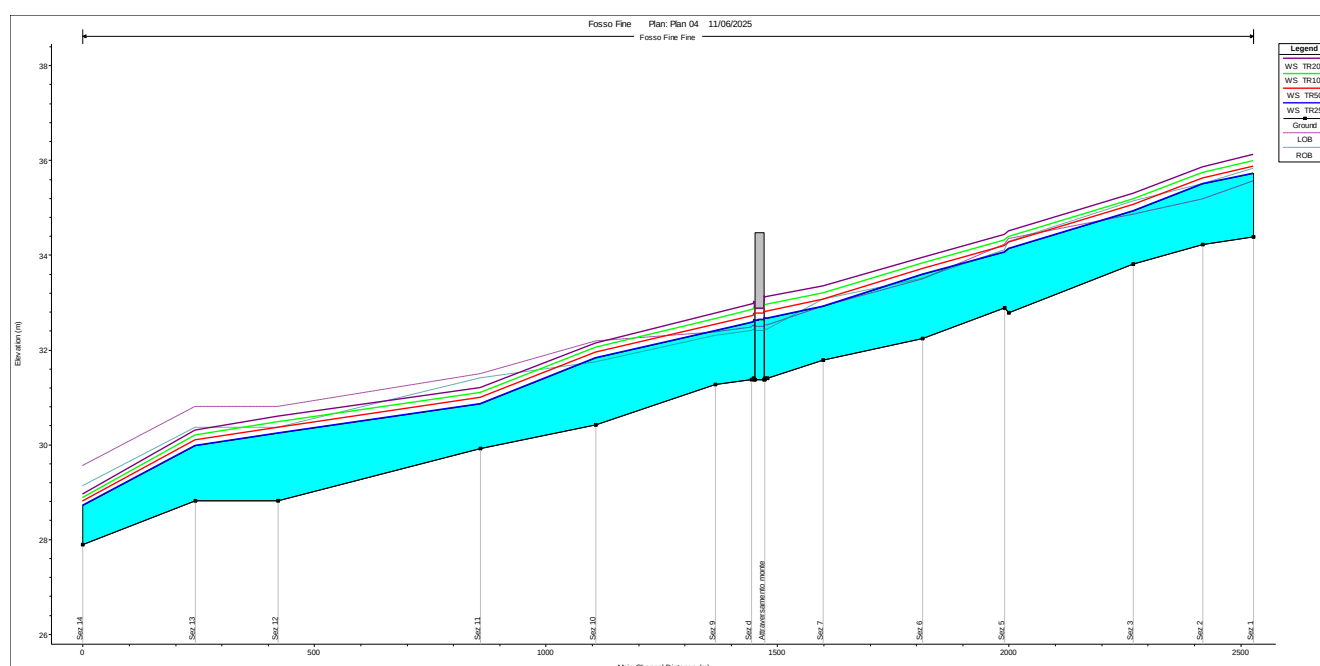


Figura 51 - Profilo fosso Fine nella configurazione dello stato di progetto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR100 anni

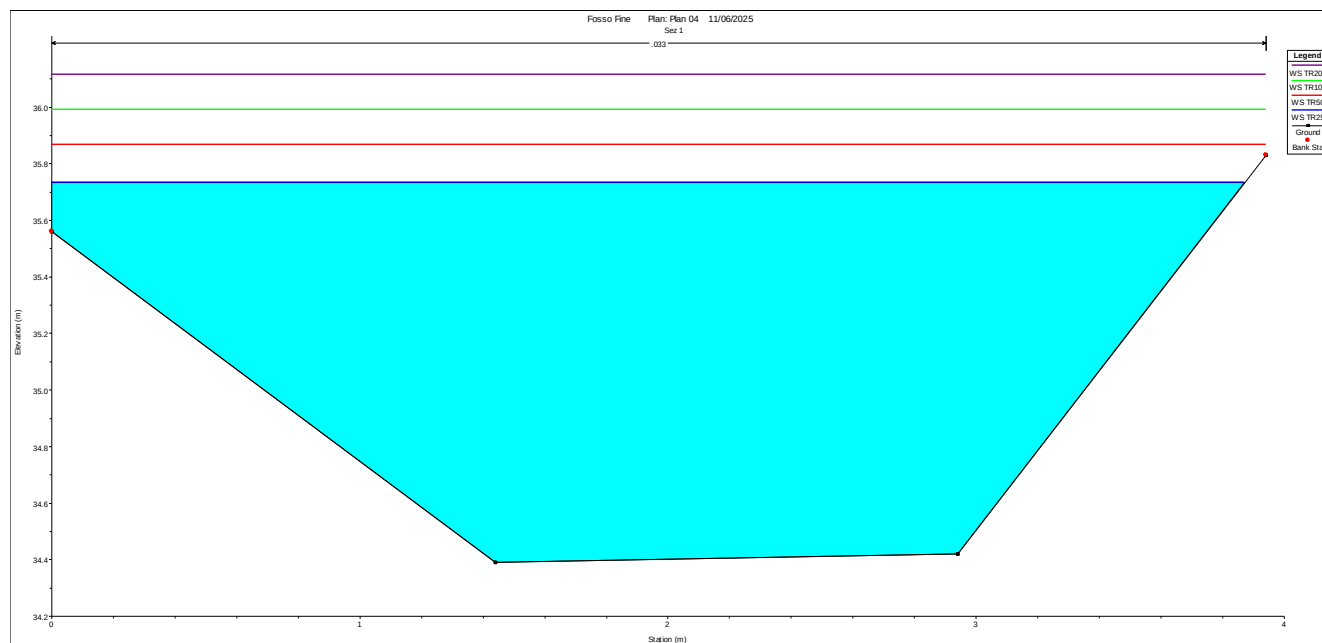


Figura 52 - Sezione di deflusso 1 Fosso Fine – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

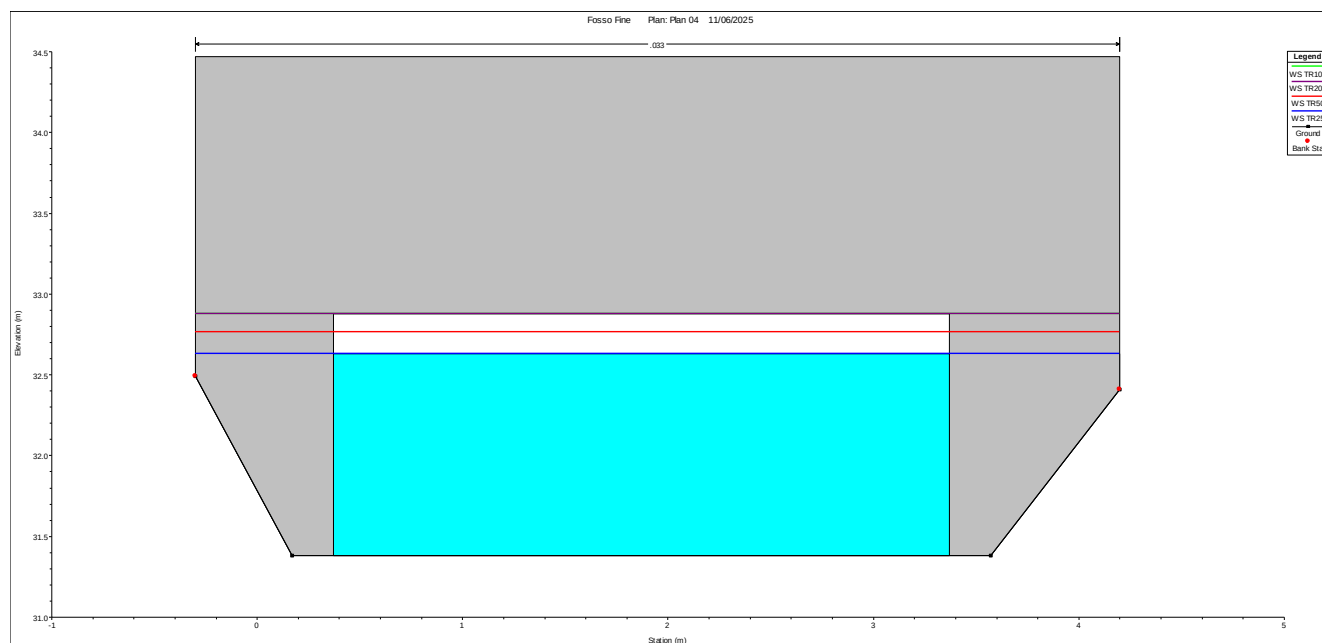


Figura 53 - Sezione di deflusso 8 Fosso Fine – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Nuovo attraversamento

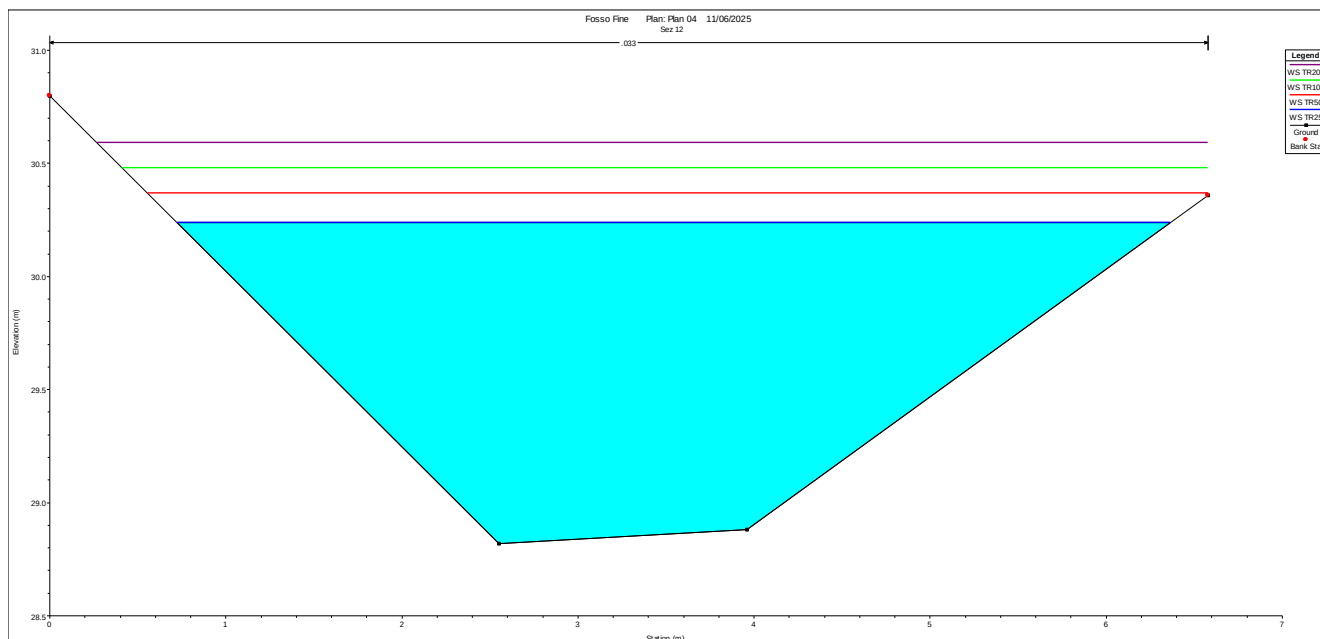


Figura 54 - Sezione di deflusso 12 Fosso Fine – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

Dai risultati esposti si evince che, in base alle ipotesi di calcolo precedentemente illustrate, l'alveo inciso del Fosso Fine presenta una sezione di deflusso solo parzialmente adeguata al corretto smaltimento delle portate (CNII). Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 300×175 cm, consente:

- il transito della portata Q25 CNII, con un franco idraulico di circa 25 cm;
- il transito della portata Q50 CNII, con un franco idraulico di circa 15 cm;

Per le portate Q100 e Q200 CNII, invece, il manufatto presenta un comportamento a pressione.

Fosso Fine CNIII

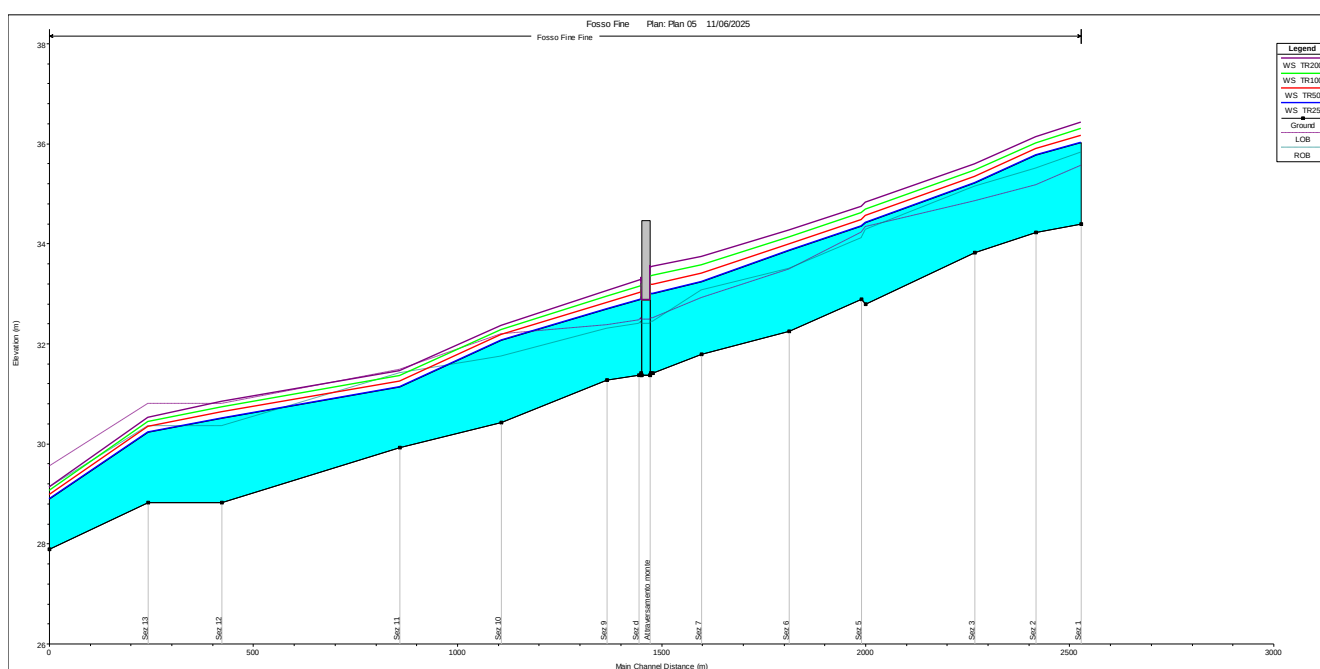


Figura 55 - Profilo fosso Fine nella configurazione dello stato di progetto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR100 anni

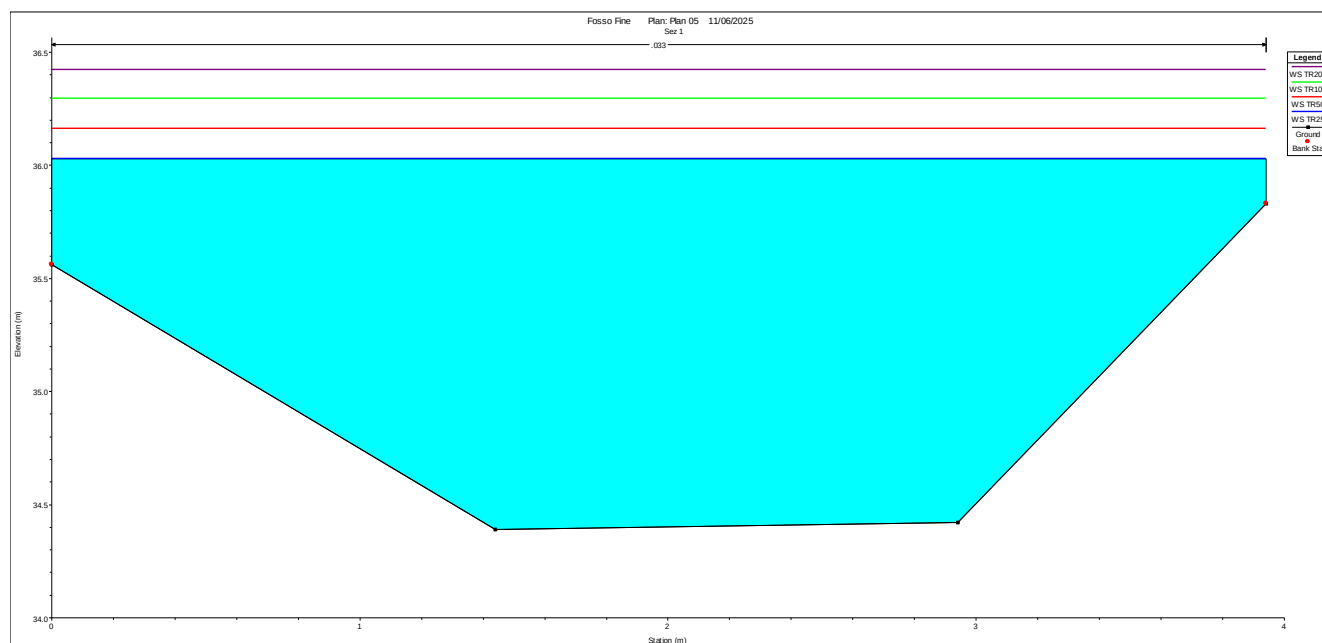


Figura 56 - Sezione di deflusso 1 Fosso Fine – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Progetto

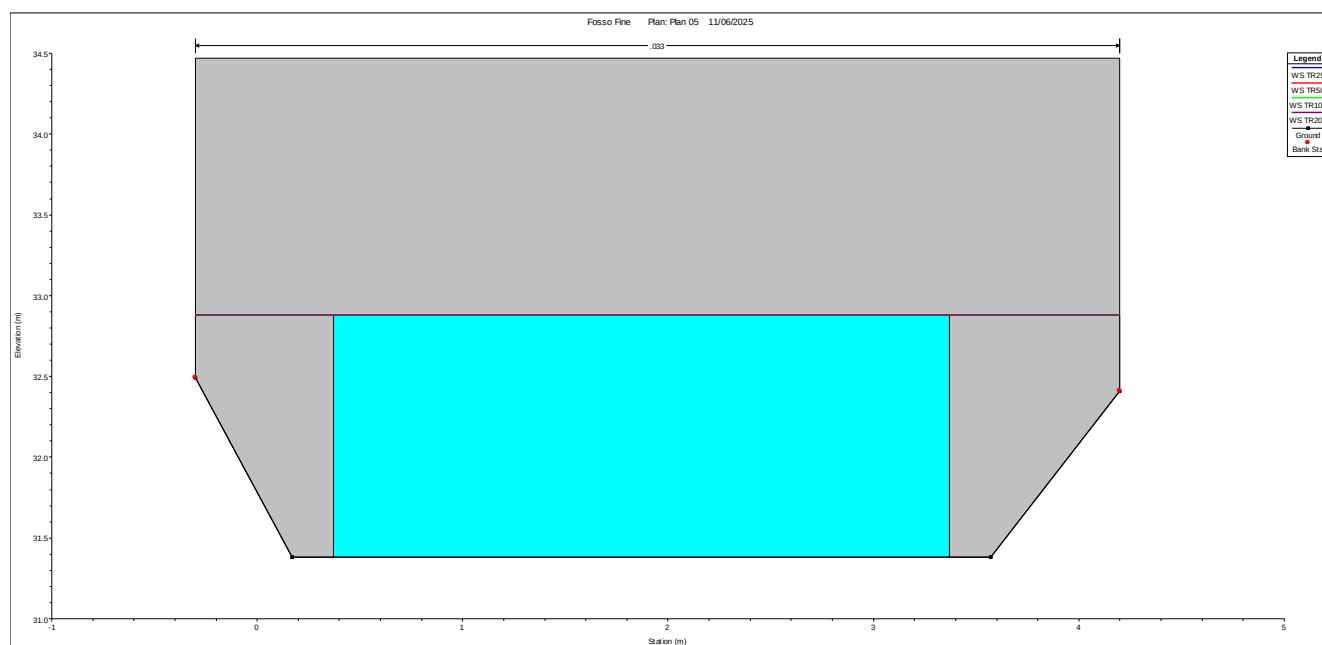


Figura 57 - Sezione di deflusso 8 Fosso Fine – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Progetto attraversamento

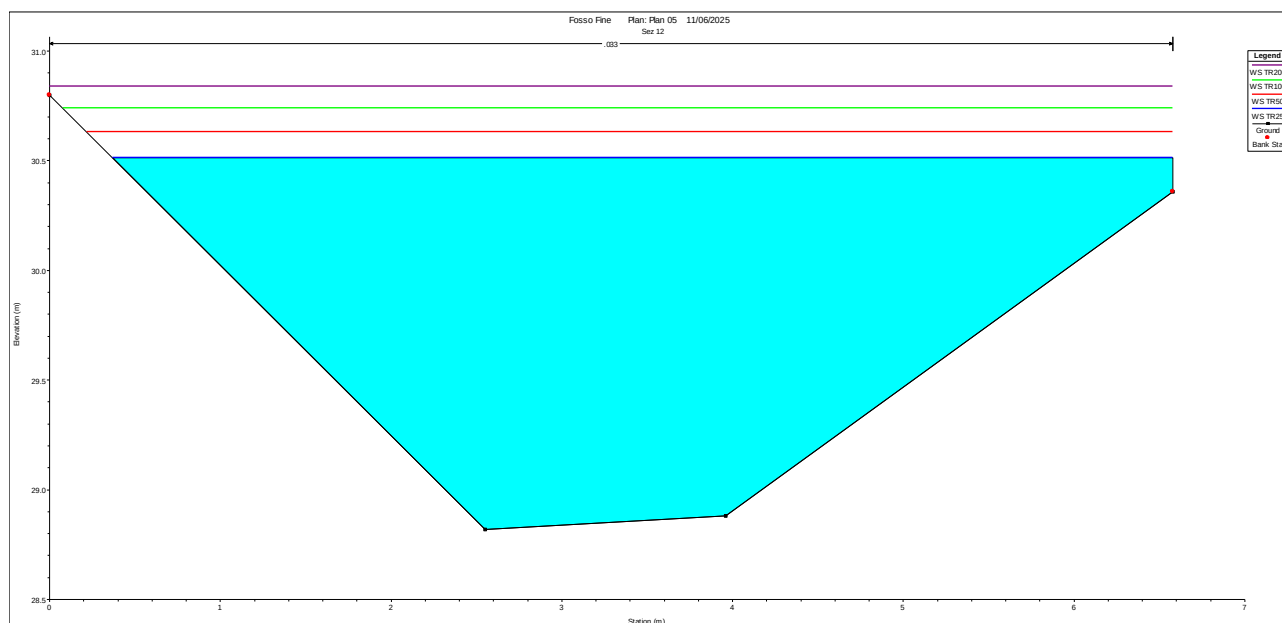


Figura 58 - Sezione di deflusso 12 Fosso Fine – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

Dai risultati esposti si evince che, in base alle ipotesi di calcolo precedentemente illustrate, l'alveo inciso del Fosso Fine presenta una sezione di deflusso solo parzialmente adeguata al corretto smaltimento delle portate (CNIII). Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 300×150 cm, presenta un comportamento in pressione per tutte le portate di progetto.

CAVO BOCCACAVA

La simulazione nello stato di progetto prevede l'inserimento del nuovo attraversamento con scatolare di dimensione interna 300×200 mm per un tratto di lunghezza complessiva pari a circa 20 m, all'interno della geometria attuale.

Cavo Boccacava CNII

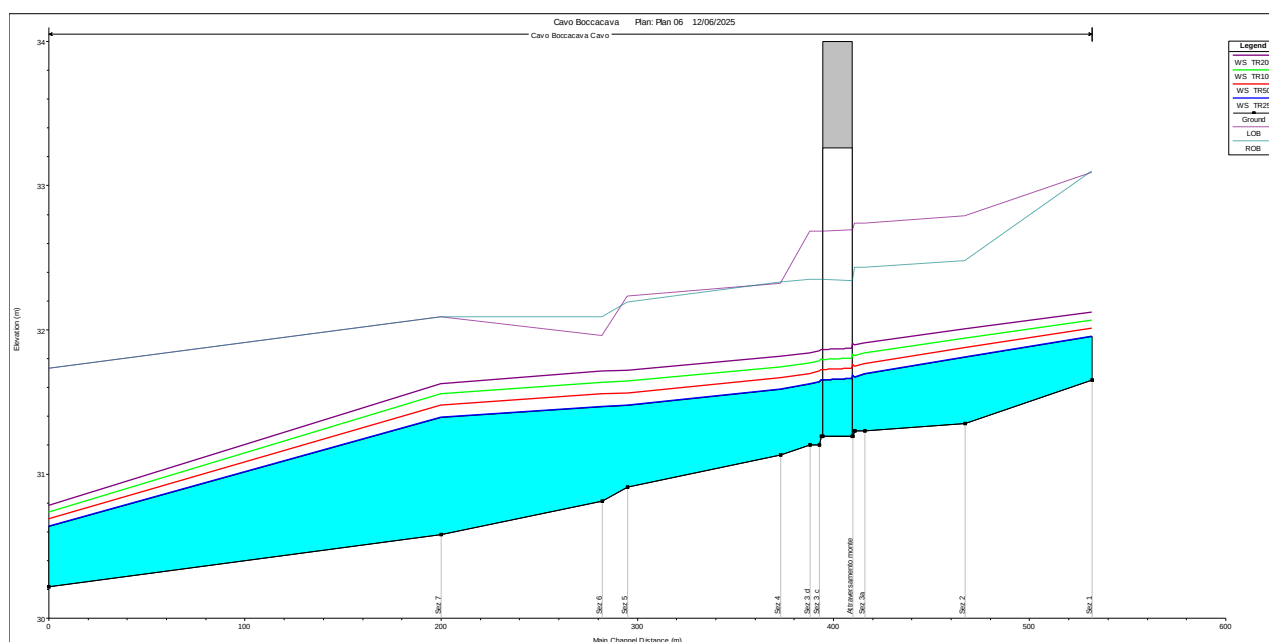
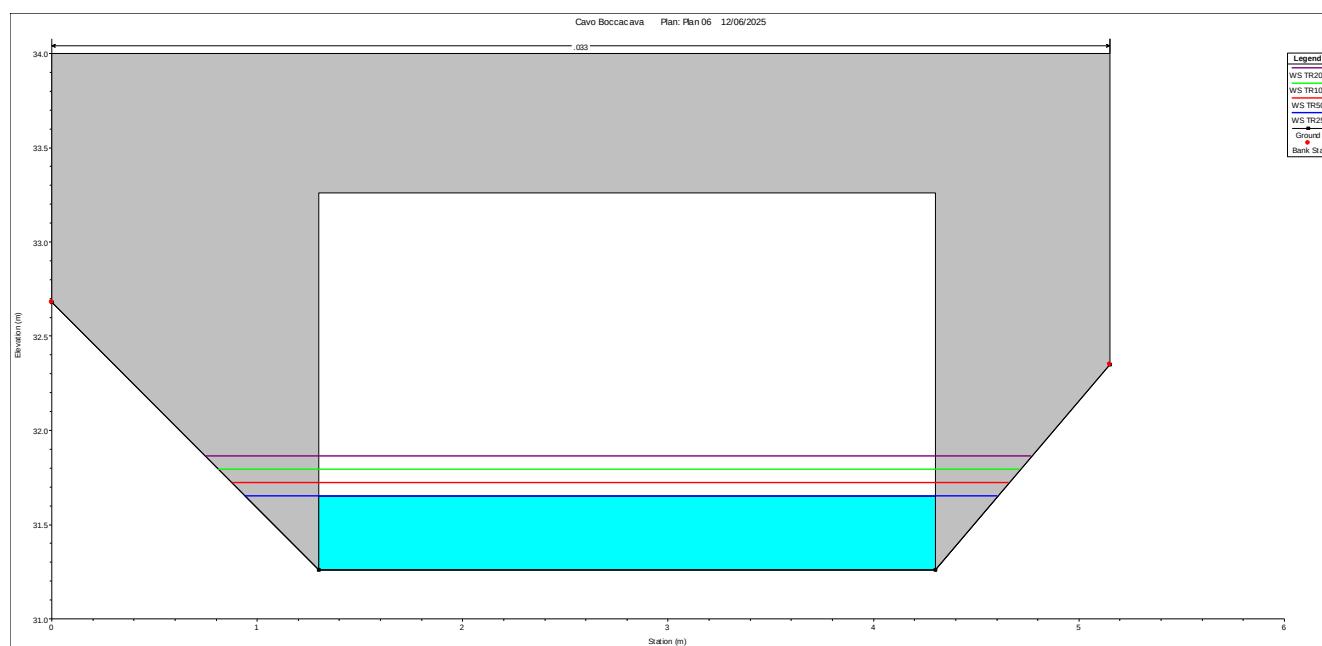
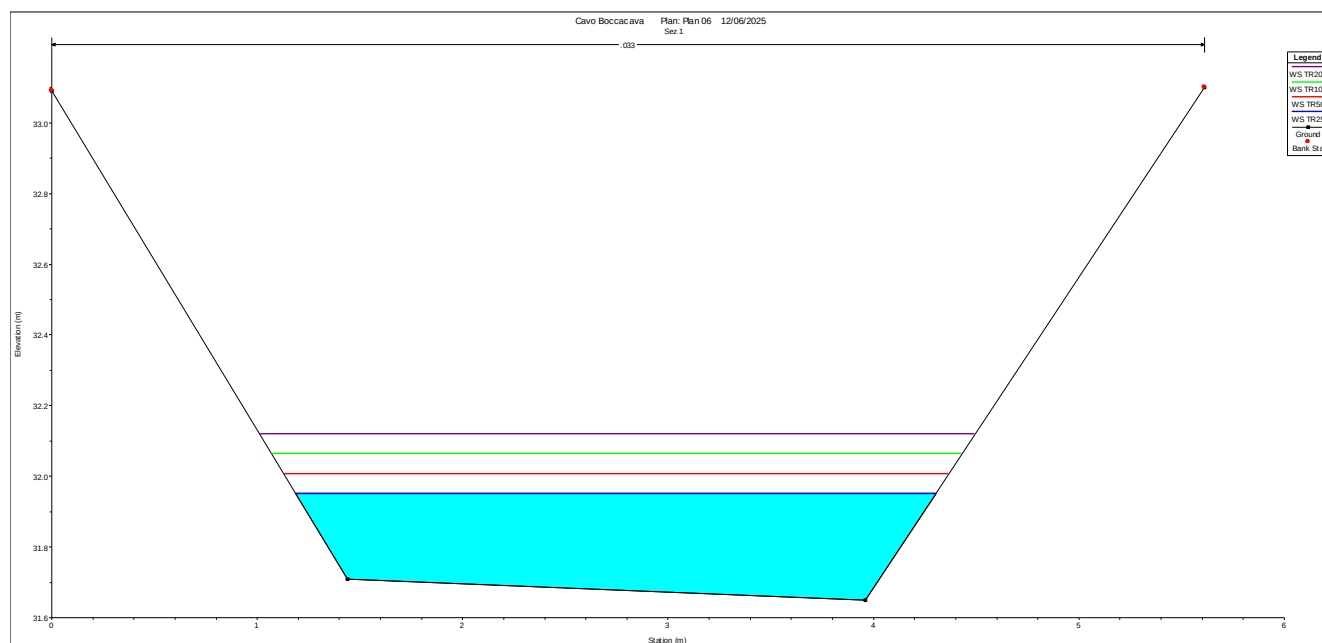


Figura 59 - Profilo Cavo Boccacava nella configurazione dello stato di progetto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.1	TR25	0.8	31.65	31.95		32.01	1.04	0.67
	TR50	1	31.65	32.01		32.06	1.06	0.63
	TR100	1.21	31.65	32.06		32.12	1.07	0.59
	TR200	1.43	31.65	32.12		32.18	1.08	0.56
Sez.2	TR25	0.8	31.35	31.81		31.82	0.55	0.28
	TR50	1	31.35	31.87		31.89	0.59	0.28
	TR100	1.21	31.35	31.94		31.96	0.62	0.28
	TR200	1.43	31.35	32		32.02	0.65	0.28
Sez.3.a	TR25	0.8	31.26	31.68	31.45	31.7	0.56	0.29
	TR50	1	31.26	31.76	31.48	31.77	0.59	0.28
	TR100	1.21	31.26	31.83	31.51	31.85	0.61	0.28
	TR200	1.43	31.26	31.9	31.54	31.92	0.63	0.27
Attraversamento								
Sez.3.b	TR25	0.8	31.26	31.65		31.67	0.61	0.33
	TR50	1	31.26	31.72		31.74	0.64	0.32
	TR100	1.21	31.26	31.79		31.82	0.66	0.31
	TR200	1.43	31.26	31.86		31.89	0.68	0.3
Sez.4	TR25	0.8	31.13	31.59		31.61	0.7	0.37
	TR50	1	31.13	31.66		31.69	0.72	0.35
	TR100	1.21	31.13	31.74		31.77	0.74	0.34
	TR200	1.43	31.13	31.81		31.84	0.76	0.33
Sez.5	TR25	0.8	30.91	31.47		31.49	0.55	0.25
	TR50	1	30.91	31.56		31.58	0.58	0.25
	TR100	1.21	30.91	31.64		31.66	0.61	0.25
	TR200	1.43	30.91	31.72		31.74	0.64	0.25
Sez.6	TR25	0.8	30.81	31.47		31.48	0.43	0.19
	TR50	1	30.81	31.55		31.57	0.46	0.19
	TR100	1.21	30.81	31.64		31.65	0.49	0.19
	TR200	1.43	30.81	31.71		31.73	0.52	0.2
Sez.7	TR25	0.8	30.58	31.39	30.98	31.41	0.6	0.27
	TR50	1	30.58	31.47		31.5	0.65	0.27
	TR100	1.21	30.58	31.55		31.58	0.69	0.28
	TR200	1.43	30.58	31.63		31.65	0.72	0.29
Sez.8	TR25	0.8	30.22	30.64	30.62	30.77	1.61	0.95
	TR50	1	30.22	30.69	30.67	30.84	1.71	0.96
	TR100	1.21	30.22	30.73	30.72	30.9	1.8	0.96
	TR200	1.43	30.22	30.78	30.77	30.96	1.88	0.97

Tabella 26 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento



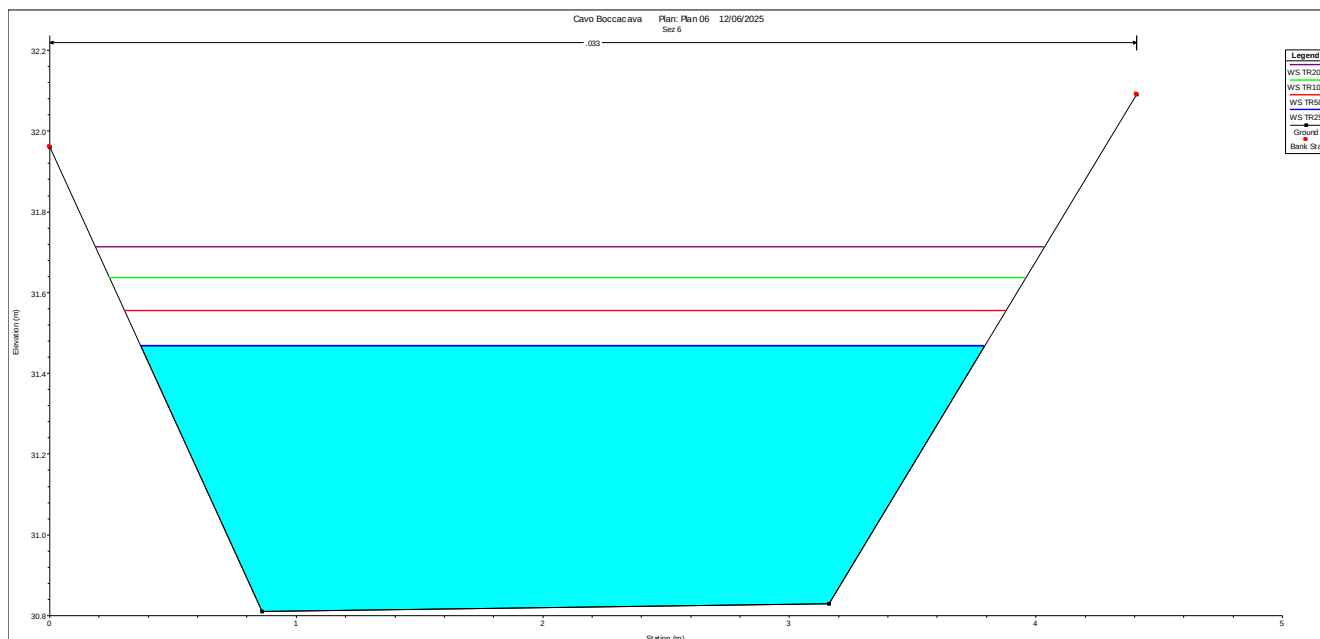


Figura 62 - Sezione di deflusso 6 Cavo Boccacava – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Progetto

I profili di rigurgito e i risultati sopra riportati evidenziano che il tratto oggetto di intervento permette il deflusso di tutte le portate di progetto considerate in CNII, senza che si verifichino fuoriuscite né allagamenti anche in prossimità del nuovo attraversamento.

Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 300 × 200 cm, consente:

- il transito della portata Q25 CNII, con un franco idraulico di circa 160 cm;
- il transito della portata Q50 CNII, con un franco idraulico di circa 154 cm;
- il transito della portata Q100 CNII, con un franco idraulico di circa 147 cm.
- il transito della portata Q200 CNII, con un franco idraulico di circa 140 cm.

Cavo Boccacava CNII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m²)	
Sez.1	TR25	1.38	31.65	32.11		32.17	1.08	1.28	0.57
	TR50	1.64	31.65	32.17		32.23	1.09	1.5	0.54
	TR100	1.9	31.65	32.23		32.3	1.1	1.73	0.51
	TR200	2.16	31.65	32.29		32.36	1.1	1.96	0.49
Sez.2	TR25	1.38	31.35	31.99		32.01	0.64	2.16	0.28
	TR50	1.64	31.35	32.06		32.08	0.67	2.46	0.28
	TR100	1.9	31.35	32.13		32.16	0.69	2.76	0.28
	TR200	2.16	31.35	32.2		32.22	0.71	3.05	0.27
Sez.3.a	TR25	1.38	31.3	31.89		31.92	0.82	1.68	0.38
	TR50	1.64	31.3	31.97		32.01	0.83	1.97	0.37
	TR100	1.9	31.3	32.04		32.08	0.84	2.25	0.35
	TR200	2.16	31.3	32.12		32.15	0.85	2.54	0.34

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch EI	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	
Sez.3a	TR25	1.38	31.26	31.89	31.53	31.91	0.62	2.21	0.27
	TR50	1.64	31.26	31.97	31.56	31.99	0.64	2.55	0.26
	TR100	1.9	31.26	32.04	31.59	32.07	0.66	2.87	0.26
	TR200	2.16	31.26	32.11	31.62	32.14	0.68	3.18	0.26
Attraversamento									
Sez.3b	TR25	1.38	31.26	31.85		31.87	0.67	2.06	0.3
	TR50	1.64	31.26	31.92		31.95	0.69	2.37	0.29
	TR100	1.9	31.26	32		32.02	0.71	2.67	0.29
	TR200	2.16	31.26	32.06		32.09	0.73	2.96	0.28
Sez.4	TR25	1.38	31.13	31.8		31.83	0.75	1.83	0.33
	TR50	1.64	31.13	31.88		31.91	0.77	2.12	0.32
	TR100	1.9	31.13	31.95		31.98	0.8	2.39	0.32
	TR200	2.16	31.13	32.02		32.05	0.82	2.65	0.32
Sez.5	TR25	1.38	30.91	31.7		31.72	0.63	2.18	0.25
	TR50	1.64	30.91	31.78		31.81	0.66	2.47	0.25
	TR100	1.9	30.91	31.86		31.88	0.7	2.73	0.25
	TR200	2.16	30.91	31.93		31.95	0.73	2.98	0.26
Sez.6	TR25	1.38	30.81	31.69		31.71	0.52	2.68	0.2
	TR50	1.64	30.81	31.78		31.79	0.55	3	0.2
	TR100	1.9	30.81	31.85		31.87	0.58	3.3	0.2
	TR200	2.16	30.81	31.92		31.94	0.6	3.59	0.21
Sez.7	TR25	1.38	30.58	31.61	31.12	31.64	0.72	1.93	0.28
	TR50	1.64	30.58	31.69		31.72	0.75	2.18	0.29
	TR100	1.9	30.58	31.76		31.79	0.79	2.4	0.3
	TR200	2.16	30.58	31.83		31.86	0.82	2.63	0.3
Sez.8	TR25	1.38	30.22	30.77	30.76	30.95	1.87	0.74	0.97
	TR50	1.64	30.22	30.82	30.81	31.01	1.95	0.84	0.98
	TR100	1.9	30.22	30.86	30.86	31.07	2.03	0.94	0.98
	TR200	2.16	30.22	30.91	30.9	31.13	2.1	1.03	0.99

Tabella 27 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

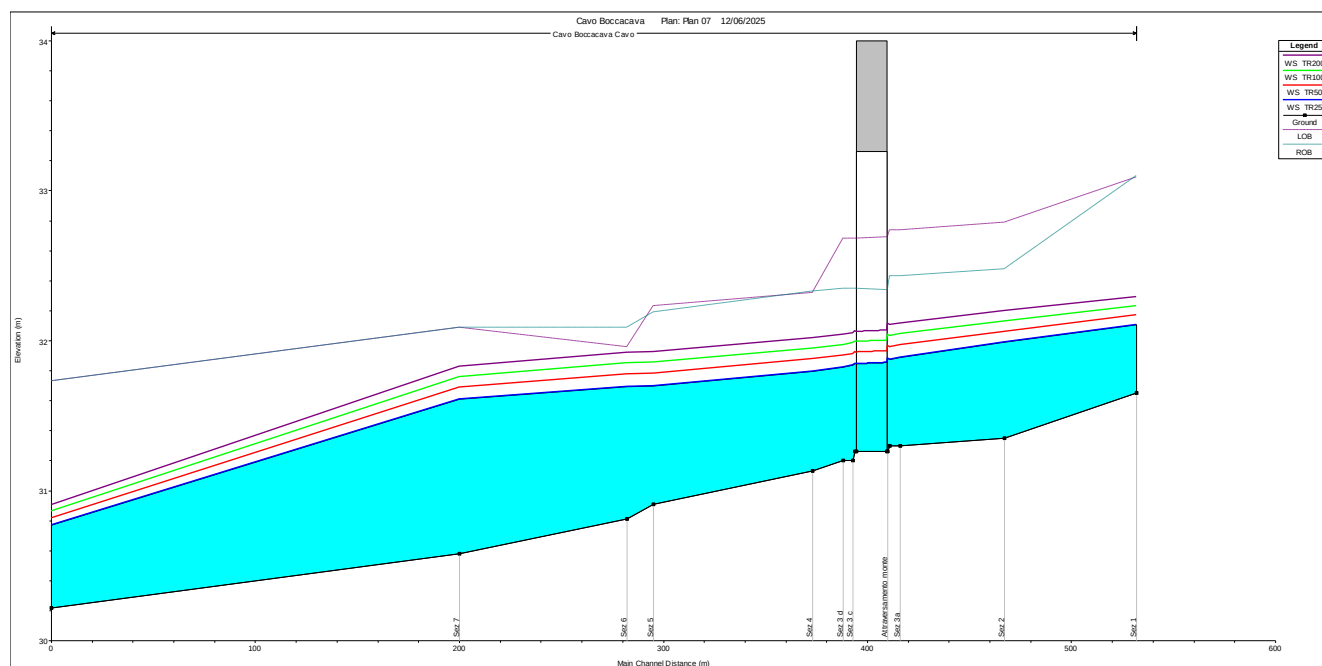


Figura 63 - Profilo Cavo Boccacava nella configurazione dello stato di progetto - CNIII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

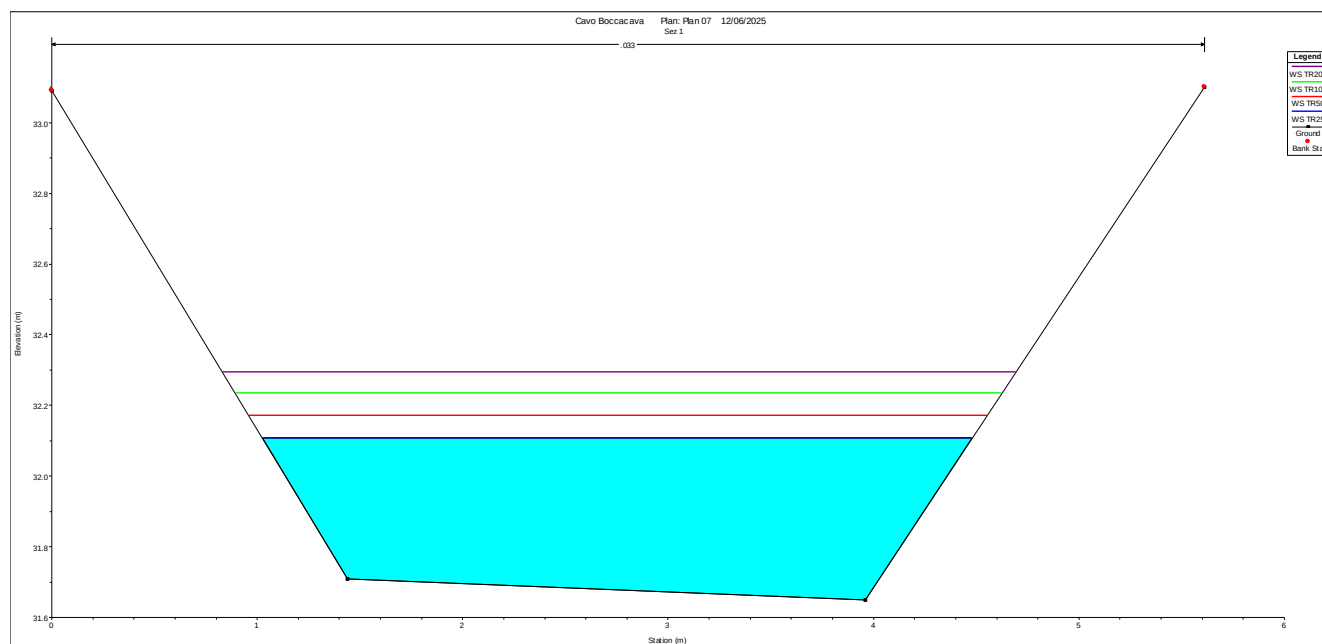


Figura 64 - Sezione di deflusso 1 Cavo Boccacava - CNIII - TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Progetto

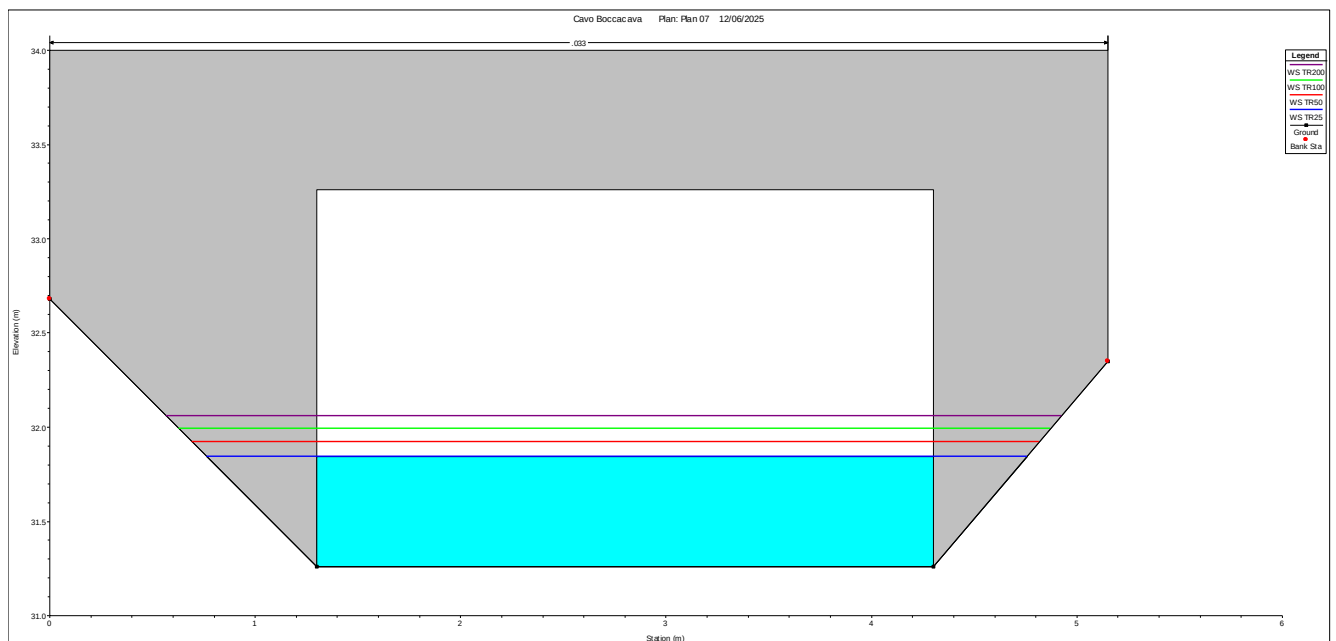


Figura 65 - Sezione di deflusso 3 Cavo Boccacava – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Attraversamento in progetto

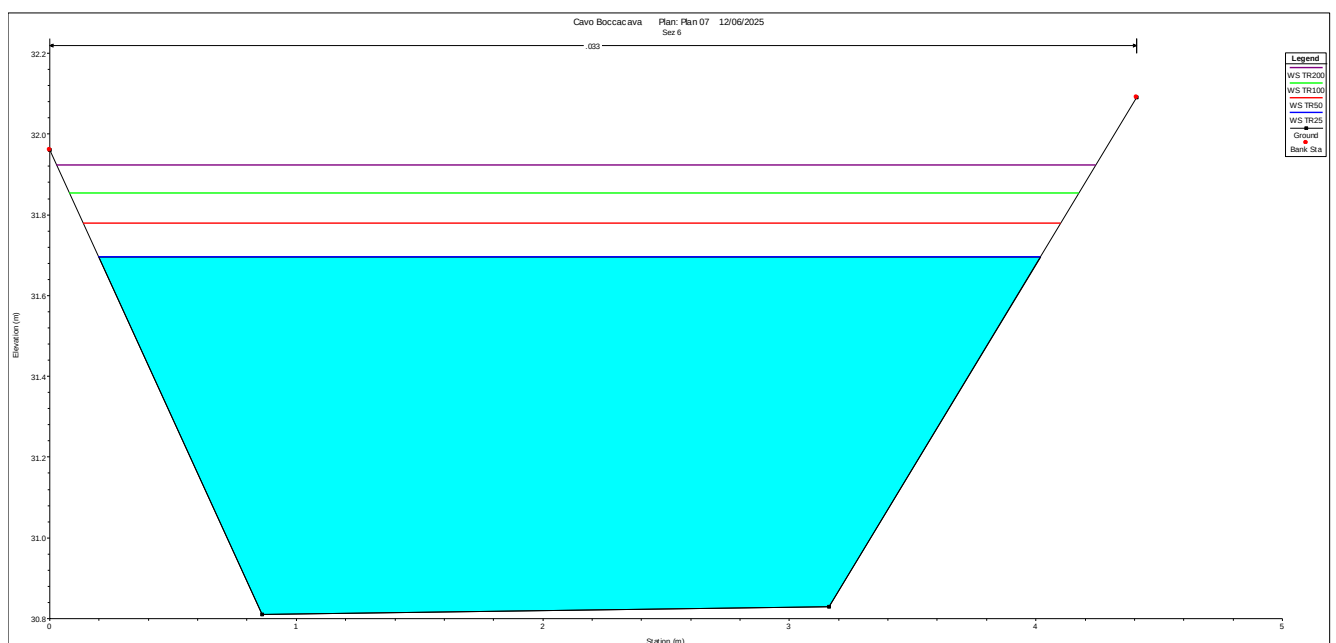


Figura 66 - Sezione di deflusso 6 Cavo Boccacava – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Progetto

I profili di rigurgito e i risultati sopra riportati evidenziano che il tratto oggetto di intervento permette il deflusso di tutte le portate di progetto considerate in CNIII, senza che si verifichino fuoriuscite né allagamenti anche in prossimità del nuovo attraversamento. Inoltre, il nuovo manufatto di attraversamento in progetto di dimensione netta interna minima pari a 300x200 cm consente il transito della portata Q_{200} CNII con un franco idraulico pari a circa 1.2 m.

CANALE NAVIGLIA

La simulazione nello stato di progetto prevede l'inserimento del nuovo attraversamento con scatolare di dimensione interna 800x275 mm per un tratto di lunghezza complessiva pari a circa 20 m, all'interno della geometria attuale.

Canale Naviglia CNII

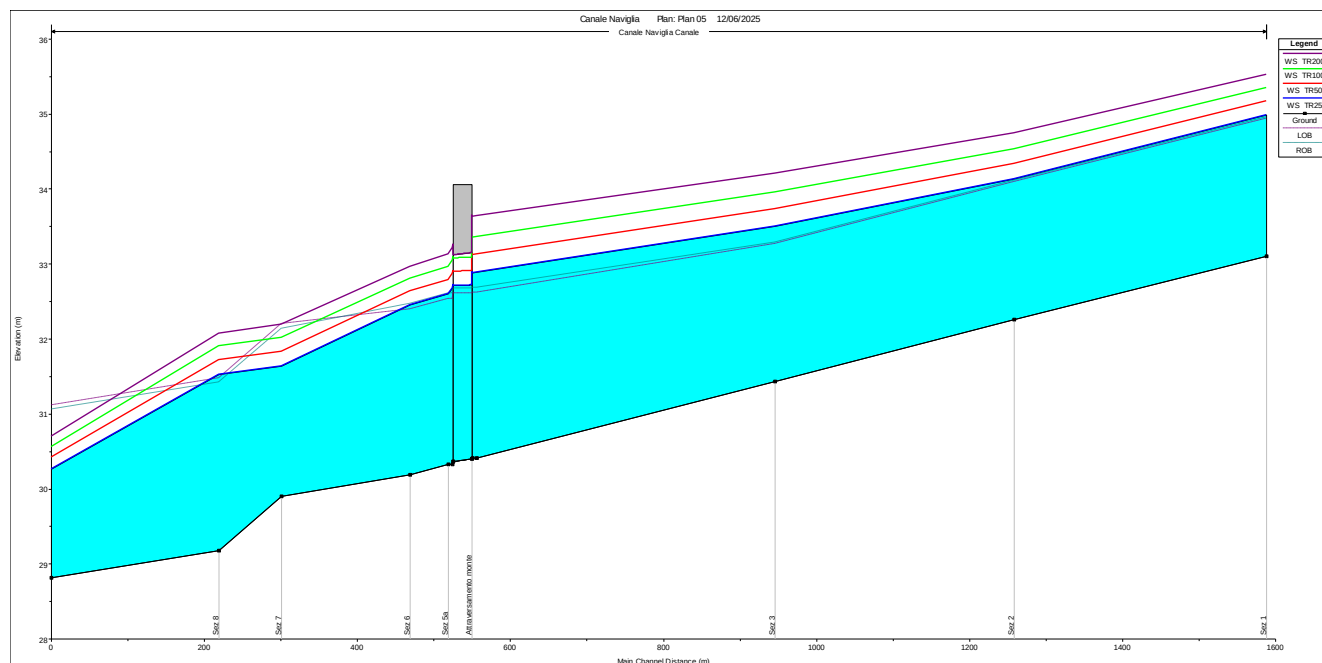


Figura 67 - Profilo canale Naviglia nella configurazione dello stato di progetto - CNII TR25 TR50 TR100 e TR200 anni

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.1	TR25	33.32	33.1	34.99		35.16	1.82	0.49
	TR50	39.99	33.1	35.17		35.36	1.94	0.49
	TR100	46.76	33.1	35.35		35.56	2.05	0.49
	TR200	53.59	33.1	35.52		35.76	2.13	0.49
Sez.2	TR25	33.32	32.26	34.14		34.31	1.84	0.5
	TR50	39.99	32.26	34.34		34.53	1.94	0.49
	TR100	46.76	32.26	34.54		34.74	2.01	0.48
	TR200	53.59	32.26	34.75		34.96	2.07	0.47
Sez.3	TR25	33.32	31.43	33.5		33.63	1.62	0.41
	TR50	39.99	31.43	33.73		33.88	1.7	0.4
	TR100	46.76	31.43	33.96		34.12	1.76	0.39
	TR200	53.59	31.43	34.21		34.37	1.8	0.38
Sez.4	TR25	33.32	30.41	32.88		33.01	1.57	0.37
	TR50	39.99	30.41	33.12		33.27	1.67	0.37
	TR100	46.76	30.41	33.35		33.51	1.77	0.37
	TR200	53.59	30.41	33.63		33.8	1.81	0.36

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Attraversamento								
Sez.5	TR25	33.32	30.33	32.68		32.83	1.68	0.41
	TR50	39.99	30.33	32.87		33.04	1.82	0.42
	TR100	46.76	30.33	33.05		33.24	1.95	0.43
	TR200	53.59	30.33	33.22		33.44	2.08	0.44
Sez.6	TR25	33.32	30.19	32.45		32.66	2.01	0.53
	TR50	39.99	30.19	32.64		32.87	2.15	0.53
	TR100	46.76	30.19	32.81		33.07	2.28	0.54
	TR200	53.59	30.19	32.96		33.26	2.4	0.54
Sez.7	TR25	33.32	29.9	31.64		31.96	2.53	0.72
	TR50	39.99	29.9	31.83		32.18	2.61	0.71
	TR100	46.76	29.9	32.02		32.39	2.68	0.7
	TR200	53.59	29.9	32.2		32.58	2.74	0.69
Sez.8	TR25	33.32	29.18	31.52	30.62	31.66	1.66	0.41
	TR50	39.99	29.18	31.72		31.88	1.78	0.42
	TR100	46.76	29.18	31.9		32.09	1.89	0.42
	TR200	53.59	29.18	32.08		32.28	2	0.43
Sez.9	TR25	33.32	28.82	30.26	30.26	30.8	3.25	1.01
	TR50	39.99	28.82	30.42	30.42	31.01	3.4	1
	TR100	46.76	28.82	30.56	30.56	31.2	3.54	1.01
	TR200	53.59	28.82	30.7	30.7	31.38	3.64	1

Figura 68 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento

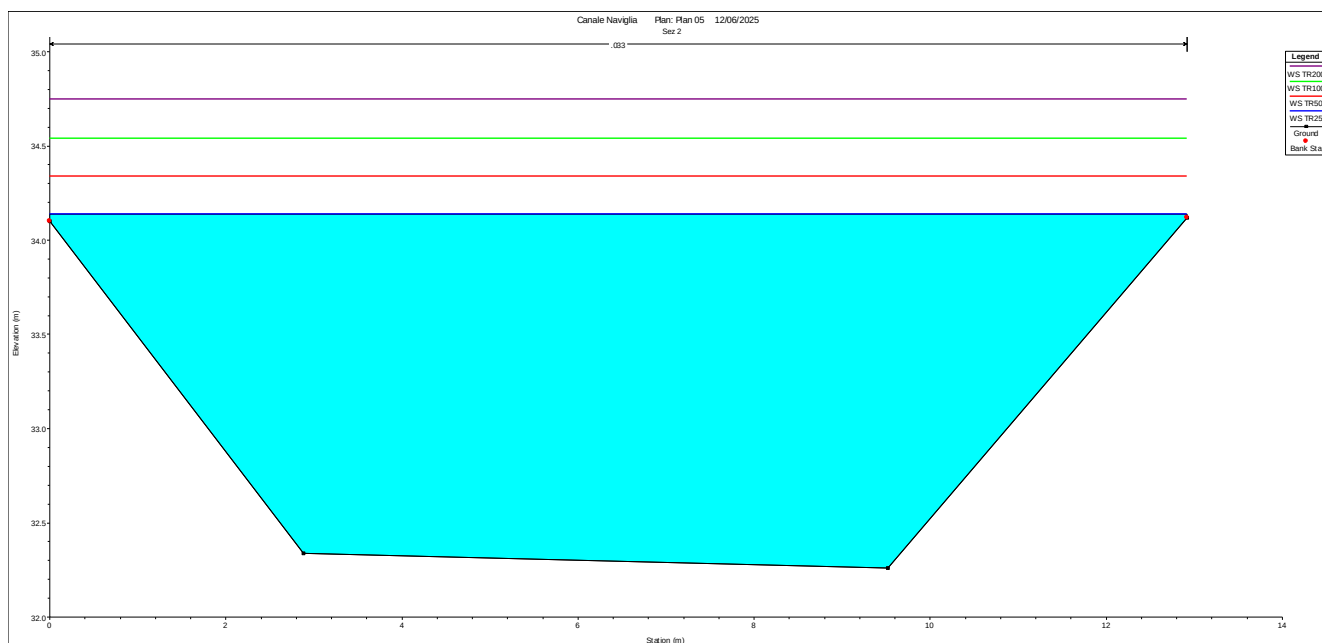


Figura 69 - Sezione di deflusso 2 Canale Naviglia – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni - Progetto

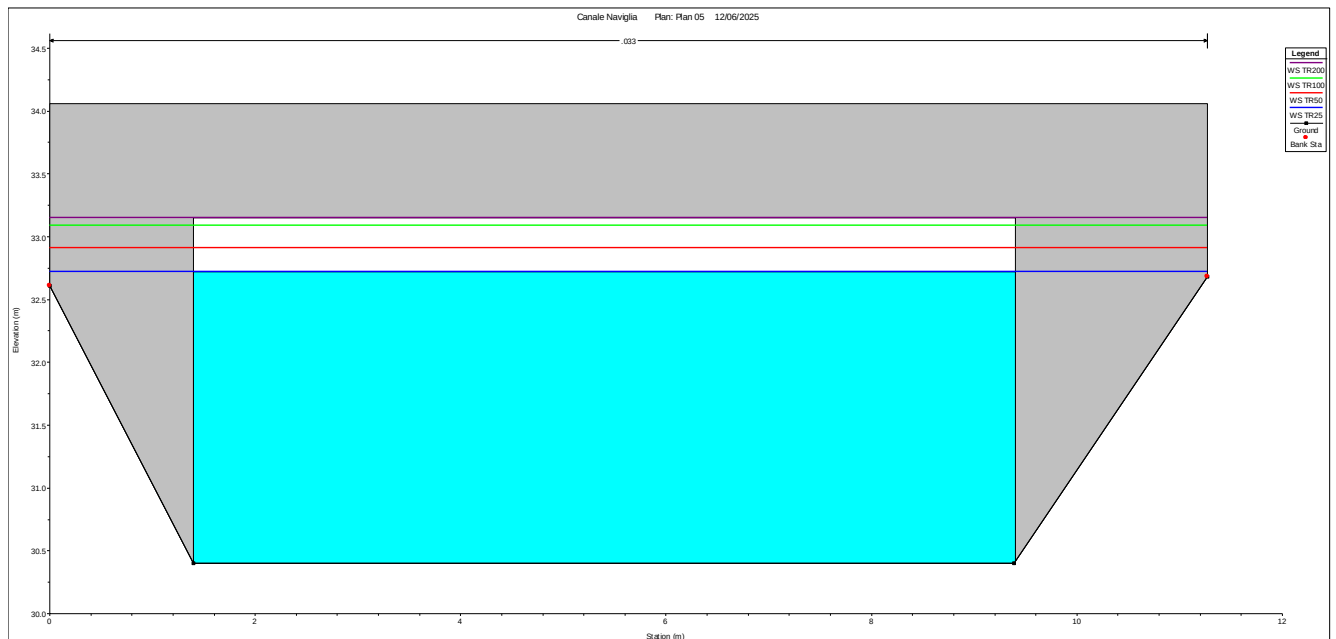


Figura 70 - Sezione di deflusso 5 Canale Naviglia – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Nuovo attraversamento

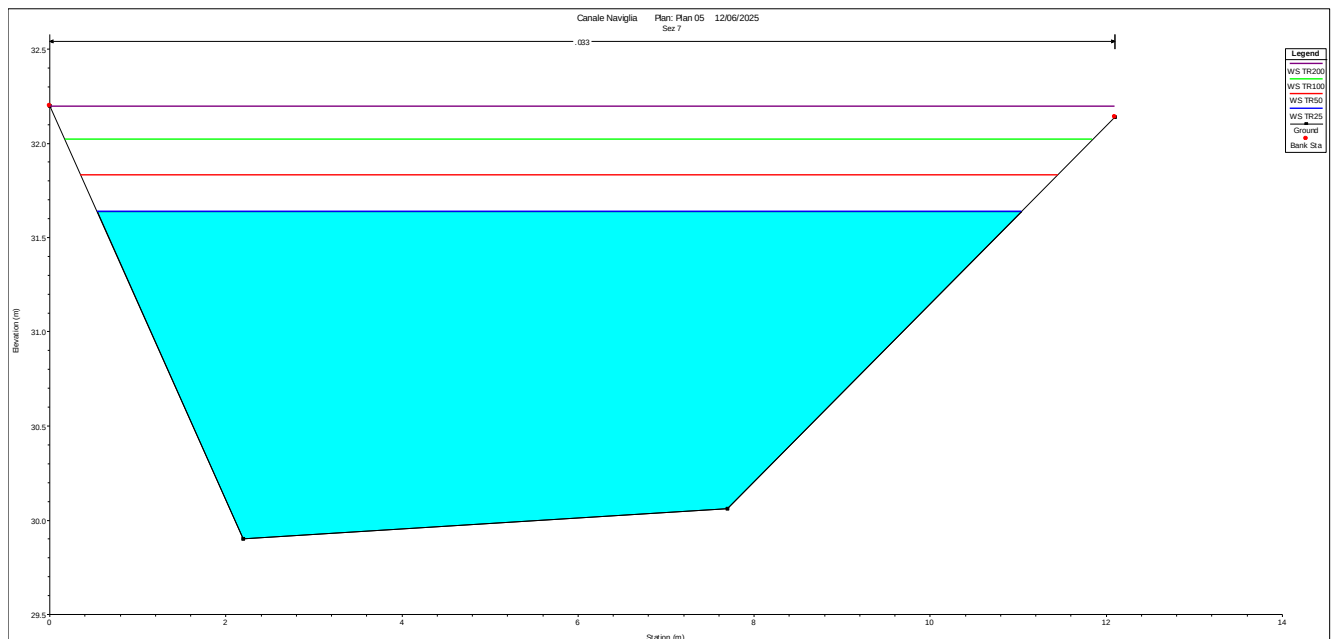


Figura 71 - Sezione di deflusso 7 Canale Naviglia – CNII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Progetto

I profili di rigurgito e i risultati delle simulazioni evidenziano che il tratto oggetto di intervento risulta idraulicamente insufficiente per il transito delle portate di progetto previste secondo le condizioni CNII. Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 800×275 cm, consente:

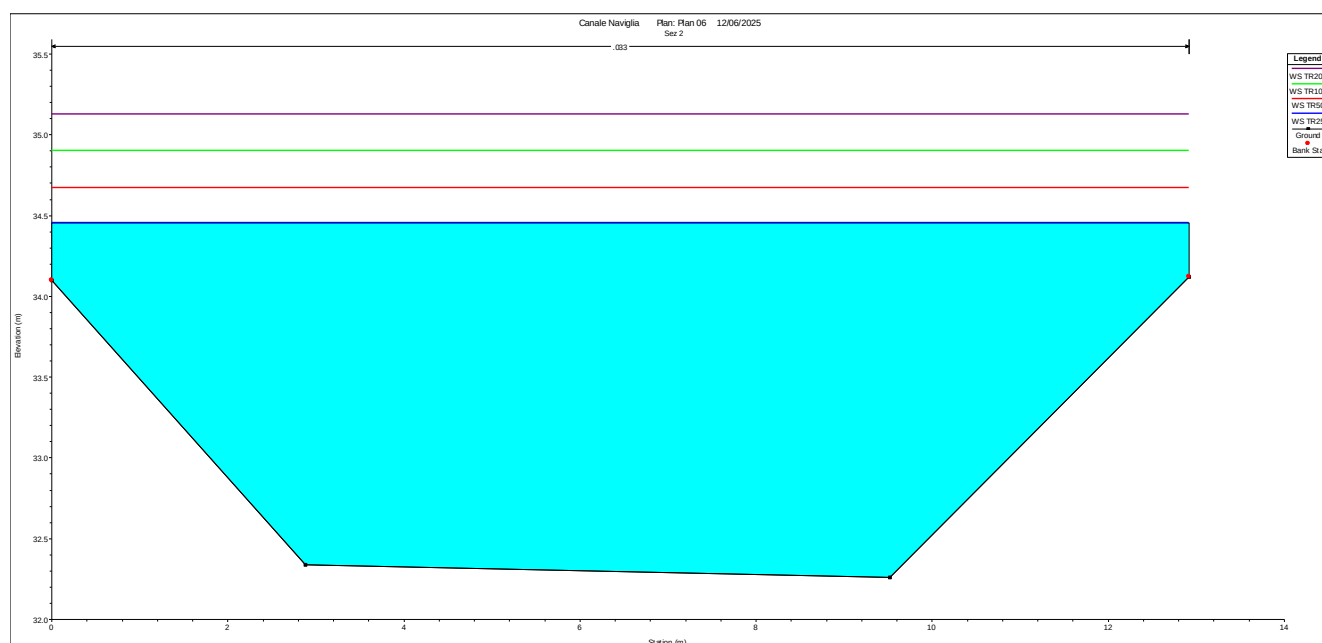
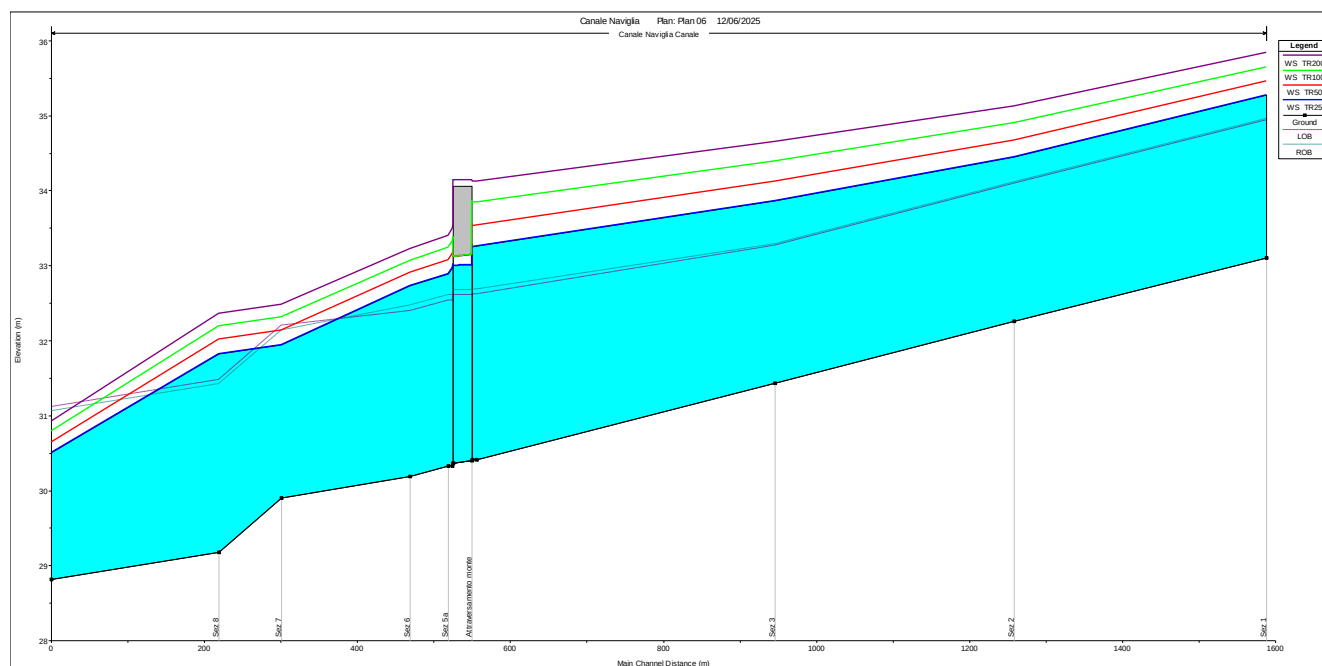
- il transito della portata Q25 CNII, con un franco idraulico di circa 45 cm;
- il transito della portata Q50 CNII, con un franco idraulico di circa 45 cm;
- il transito della portata Q100 CNII, con un franco idraulico di circa 5 cm.

Per la portata Q200 CNII, invece, il manufatto presenta un comportamento a pressione.

Canale Naviglia CNIII

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
Sez.1	TR25	43.88	33.1	35.27		35.48	2	0.49
	TR50	51.19	33.1	35.46		35.69	2.1	0.49
	TR100	58.49	33.1	35.65		35.89	2.19	0.48
	TR200	65.78	33.1	35.84		36.1	2.25	0.48
Sez.2	TR25	43.88	32.26	34.45		34.65	1.98	0.48
	TR50	51.19	32.26	34.67		34.89	2.05	0.47
	TR100	58.49	32.26	34.9		35.13	2.09	0.45
	TR200	65.78	32.26	35.13		35.36	2.13	0.44
Sez.3	TR25	43.88	31.43	33.87		34.02	1.74	0.4
	TR50	51.19	31.43	34.12		34.28	1.79	0.38
	TR100	58.49	31.43	34.39		34.56	1.82	0.37
	TR200	65.78	31.43	34.65		34.83	1.86	0.36
Sez.4	TR25	43.88	30.4	33.28	31.79	33.4	1.53	0.31
	TR50	51.19	30.4	33.56	31.93	33.69	1.61	0.3
	TR100	58.49	30.4	33.86	32.06	34	1.66	0.3
	TR200	65.78	30.4	34.14	32.2	34.29	1.71	0.3
Attraversamento								
Sez.5	TR25	43.88	30.37	33.02		33.16	1.68	0.35
	TR50	51.19	30.37	33.21		33.38	1.81	0.37
	TR100	58.49	30.37	33.38		33.57	1.94	0.38
	TR200	65.78	30.37	33.55		33.76	2.05	0.39
Sez.6	TR25	43.88	30.19	32.74		32.99	2.22	0.54
	TR50	51.19	30.19	32.91		33.19	2.36	0.54
	TR100	58.49	30.19	33.07		33.38	2.49	0.55
	TR200	65.78	30.19	33.22		33.57	2.6	0.56
Sez.7	TR25	43.88	29.9	31.94		32.3	2.66	0.71
	TR50	51.19	29.9	32.14		32.51	2.72	0.69
	TR100	58.49	29.9	32.31		32.71	2.79	0.68
	TR200	65.78	29.9	32.48		32.9	2.86	0.66
Sez.8	TR25	43.88	29.18	31.83	30.87	32	1.85	0.42
	TR50	51.19	29.18	32.02		32.21	1.96	0.43
	TR100	58.49	29.18	32.19		32.41	2.07	0.43
	TR200	65.78	29.18	32.36		32.6	2.18	0.44
Sez.9	TR25	43.88	28.82	30.51	30.51	31.12	3.47	1
	TR50	51.19	28.82	30.65	30.65	31.31	3.61	1.01
	TR100	58.49	28.82	30.79	30.79	31.5	3.71	1
	TR200	65.78	28.82	30.92	30.92	31.67	3.81	1

Tabella 28 - Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento



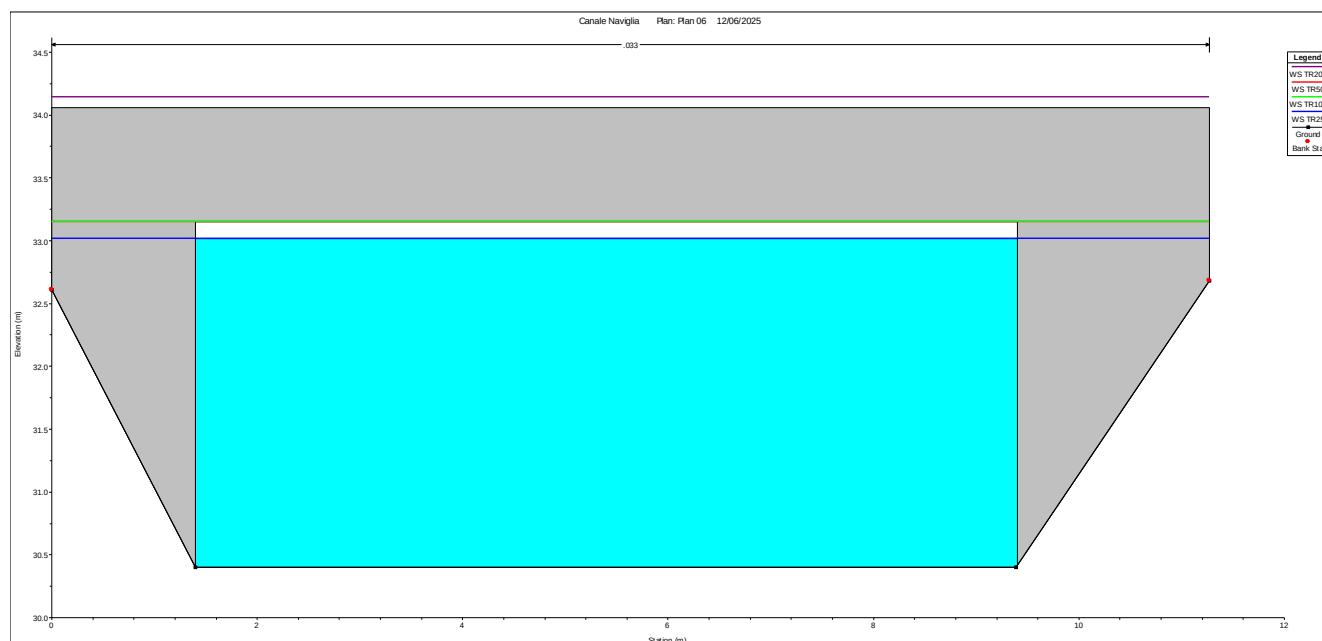


Figura 74 - Sezione di deflusso 5 Canale Naviglia – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni – Attraversamento in progetto

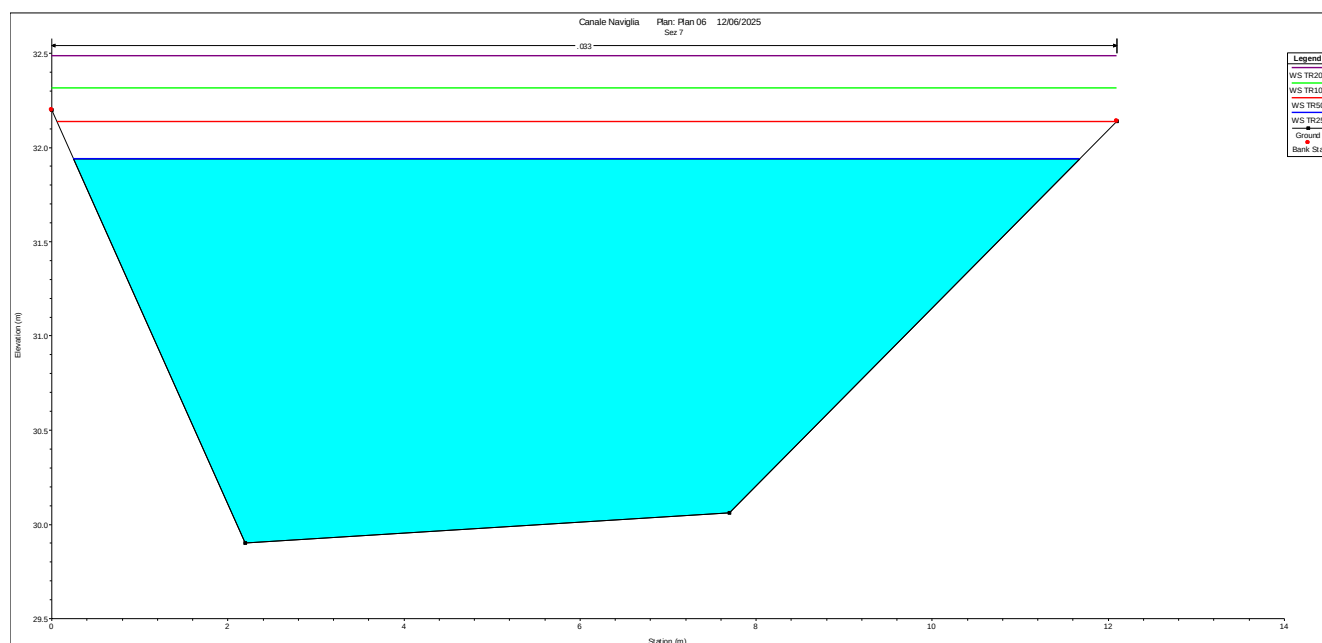


Figura 75 - Sezione di deflusso 7 Canale Naviglia – CNIII – TR25, TR50, TR100 e TR200 anni

I profili di rigurgito e i risultati delle simulazioni evidenziano che il tratto oggetto di intervento risulta idraulicamente insufficiente per il transito delle portate di progetto previste secondo le condizioni CNIII.

Il nuovo manufatto di attraversamento, con sezione interna netta minima pari a 800×275 cm, consente il solo transito della portata Q25 CNIII, con un franco idraulico di circa 10 cm mentre per le portate Q50, Q100 e Q200 CNIII, il deflusso all'interno del manufatto avviene in pressione.

6.4 ATTRAVERSAMENTI MINORI

Il tracciato in progetto interferisce idraulicamente non solo con alcuni corpi idrici superficiali principali consortili, quali il Cavo Canaletto, il Fosso Fine, il Cavo Boccacava e il Canale Naviglia, ma anche con due canali privati. Al fine di garantire la continuità idraulica di questi corsi d'acqua secondari, sono previsti attraversamenti mediante condotte (DN800) da posizionare al di sotto del nuovo rilevato stradale, oppure l'intercettazione degli stessi all'interno dei fossi di guardia previsti in progetto. Le soluzioni tecniche adottate, così come i relativi dimensionamenti, saranno approfonditi e definiti nelle successive fasi di progettazione.

7 IDRAULICA DI PIATTAFORMA

La rete di drenaggio si pone gli obiettivi di ripristinare la continuità del deflusso superficiale naturale preesistente, drenare i volumi che cadono direttamente sulla superficie stradale e trasferirli alla rete di drenaggio per l'allontanamento verso i rispettivi ricettori finali.

7.1 DIMENSIONAMENTO DEI DRENAGGI SUPERFICIALI

L'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale nei tratti in rilevato, è concentrato in appositi elementi in cls per preservare lo stato d'arte del corpo arginale.

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

Al piede del rilevato, l'acqua viene collettata per mezzo di fossi di guardia, che hanno funzione di drenaggio e laminazione, dimensionati con tempo di ritorno pari a TR100 anni, necessari alla raccolta delle acque di piattaforma provenienti dagli embrici e dalle scarpate del corpo del rilevato. Tali elementi presentano una sezione trapezia con pendenza delle sponde pari a 1:1.

Nel rispetto del principio di invarianza idraulica si è scelto di predisporre dei manufatti per la laminazione delle portate scaricate. In particolare, tale manufatto sarà costituito da una bocca tarata, con recapito delle portate verso la rete di corpi idrici superficiali, con recapito diretto nel Cavo Canaletto, Fosso Fine, Cavo Boccacava e Canale Naviglia e nei due fossi privati.

7.1.1 MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI

Si tratta di modelli che consentono di determinare la risposta idrologica di un bacino (deflussi superficiali e/o sotterranei) in corrispondenza a input di pioggia predefiniti, attraverso la simulazione dei processi che intervengono nella trasformazione degli afflussi di pioggia in deflussi di piena.

Il Metodo della corrivazione (o Metodo Razionale) consente di valutare la portata di piena al colmo sulla base del tempo di corrivazione considerando per ogni sezione una durata critica della pioggia posta uguale al tempo di corrivazione. La durata di pioggia critica per il bacino (o tempo di corrivazione) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_e + t_r$$

Dove:

- t_c è la durata critica di pioggia;
- t_e è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti);
- t_r è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale").

Il tempo di ingresso in rete t_e viene posto pari a 5 minuti per tenere in conto il forte effetto d'invaso che si ha all'inizio della precipitazione, mentre il tempo di traslazione t_r alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{V_i}$$

dove:

- N: numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- L_i : lunghezza del tronco i-esimo;
- V_i : velocità del tronco i-esimo.

I dati idrologici di input sono i seguenti:

- Tempo di pioggia $t_p = 10$ minuti
- Tempo di pioggia $t_c = 10$ minuti
- Tempo di ritorno $TR = 100$ anni.

Nel caso in esame, date le caratteristiche delle superfici scolanti della rete di drenaggio e per mantenere un adeguato margine di sicurezza unitamente all'esigenza di adottare manufatti economicamente sostenibili, si è ricavato il seguente valore medio del tempo di corrivazione, indipendente dalle singole superfici:

$$t_{c100} = 10 \text{ minuti (0,17 ore)}$$

$$i = 222,31 \text{ mm/h}$$

Nel presente studio, si è adottato lo ietogramma costante, dedotto dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la sua durata:

$$i = a \cdot t^n / t = a \cdot t^{n-1}$$

Il valore della portata al colmo dell'idrogramma di piena è stato ottenuto applicando la relazione generale del metodo della corrivazione (formula razionale):

$$Q_c = 2.78 \cdot \phi \cdot i \cdot S = 2.78 \cdot \phi \cdot a \cdot t_{cn}^{n-1} \cdot S$$

Dove

- Q_c è la portata di picco espressa in [l/s],
- ϕ il coefficiente d'afflusso considerato pari a 0.9 (pavimentazione stradale) 0.6 (rilevati) e 0.3 (aree esterne);
- i_c l'intensità critica di pioggia [mm/ora],
- S la superficie del bacino scolante [ha].

Un parametro utilizzato, derivante dalle grandezze e dalle relazioni appena esposte, è il coefficiente udometrico (portata di picco per unità di superficie scolante) calcolabile come

$$u(t) = 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot t c n - 1$$

Il coefficiente di deflusso (φ), rapporto tra l'afflusso e il deflusso attraverso la sezione di chiusura, è funzione del grado di permeabilità delle aree interessate:

$$\text{Tracciato in progetto} = 0.9$$

Il calcolo dei coefficienti udometrici μ per le aree drenate con riferimento a TR100 anni risulta:

$$\text{Tracciato} = 549 \text{ l/s/ha}$$

Tale calcolo non considera l'effetto di laminazione delle portate per il volume di invaso degli invasi superficiali e delle opere di drenaggio (tubazioni, pozzetti), poiché le limitate lunghezze e dimensioni delle opere e principalmente l'elevato coefficiente di deflusso ($\varphi=0.9$) comportano un immediato e più gravoso afflusso nella rete drenante, rendendo inefficace l'effetto di laminazione.

Il dimensionamento dei dispositivi di raccolta delle acque di piattaforma è stato effettuato applicando il coefficiente udometrico di $Q=549 \text{ l/s/ha}$ (TR100 anni) alle superfici effettivamente drenate.

7.1.2 CALCOLO VELO IDRICO PIATTAFORMA STRADALE

La relazione utilizzata per il calcolo del velo idrico sulla piattaforma stradale è quella proposta dal Road Research Laboratory del Regno Unito:

$$y = 0.0474 (L j)^{0.5} i_L^{-0.2}$$

dove

- y rappresenta l'altezza del velo liquido in [mm],
- j l'intensità di precipitazione riferita alla durata di pochi minuti ed espressa in [mm/ora],
- L la lunghezza del percorso dell'acqua in [m],
- i_L la pendenza della strada lungo la linea della corrente.

La pendenza i_L e la lunghezza L del percorso della corrente sono legate alla geometria del sistema dalle seguenti relazioni:

$$L = b \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$i_L = (i_t^2 + i_l^2)^{0.5}$$

dove

- b è la larghezza della sede stradale in [m],
- i_t la pendenza trasversale della strada
- i_l la pendenza longitudinale della strada.

L'applicazione numerica della relazione viene eseguita con riferimento alla durata critica di pioggia (assunta pari al tempo di corrivazione del bacino scolante considerato) di 10 minuti. Considerare un tempo di corrivazione inferiore invalida il modello di calcolo dove $T_c=10$ minuti (tempo di arrivo in fogna), non conduce a risultati completamente diversi (nella formula l'intensità di pioggia è sotto radice quadrata), ma induce valori di intensità di pioggia poco attendibili, considerato il numero di dati pluviometrici disponibili per durate inferiori ai 10 minuti. Per la determinazione dell'intensità di pioggia si utilizzano i parametri delle curve di possibilità pluviometrica corrispondenti ad un tempo di ritorno di 100 anni ($a = 71.9$; $n = 0.37$). Riguardo alle pendenze della piattaforma stradale, con riferimento alla situazione di progetto, si ottengono i seguenti risultati:

Tracciato in progetto - strada 4.5 m

- $i_l = 0.030$ (pendenza media)
- $i_t = 0.025$
- $j = 222,31$ mm/ora
- $L = 5.85$ m
- $y = 3.27$ mm

I valori ottenuti consentono di scongiurare pericolosi fenomeni di accumulo dell'acqua sulla piattaforma stradale garantendo, quindi, gli abituali standard di sicurezza.

7.1.3 DEFLUSSO IDRICO E INTERASSE SCARICHI

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della sede stradale che interessa l'intera banchina, si ottiene:

- La massima portata drenata dalla piattaforma nel tratto in rettilineo larghezza sede stradale 4.5 m $Q_{max} = 549$ l/sec/ha $\cdot 5.85$ m $\cdot 1$ m / 10.000 m² = 0.32 l/sec/m;

L'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale nei tratti in rilevato, è concentrato in appositi elementi in cls per preservare lo stato d'arte del corpo arginale.

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

La capacità di smaltimento degli embrici può essere stimata ipotizzando un funzionamento a soglia sfiorante di larghezza L e tirante sopra la soglia h secondo la relazione:

$$Q = c_q \cdot (L \cdot h) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- $g = 9.81$ m/s² (accelerazione di gravità);
- $c_q = 0.6$ (coefficiente di afflusso);
- $L = 0.38$ m (larghezza della vena sfiorante – dimensioni commerciali);
- $h = 0.02$ m (altezza delle lama d'acqua contenuta nel cordolino bituminoso);

La massima portata drenata dall'embrice risulta $Q_{max} = 9$ l/sec.

Dividendo il valore della massima portata drenata dall'embrice, si ottiene l'interasse minimo:

- Interasse = $9 \text{ l/sec} : 0.32 \text{ l/sec/m} = 28 \text{ m}$ **Tratto in rettilineo**

L'interasse adottato dai progettisti per l'intera tratta è pari a circa 25 m, tale per cui gli elementi di raccolta sono in grado di smaltire la portata in arrivo con elevato coefficiente di sicurezza.

7.1.4 DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI

Le acque di piattaforma relative al tracciato vengono captate e convogliate mediante embrici e un verso fossi di guardia superficiali.

Si prevede quindi, per la raccolta delle acque meteoriche, il tracciamento di scoli superficiali paralleli alla nuovo tracciato in progetto.

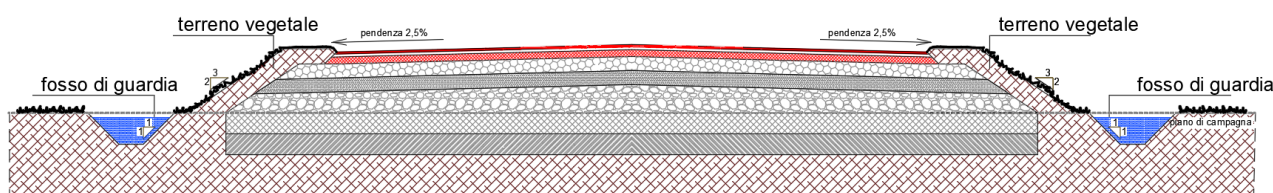


Figura 76 - Sezione stradale in progetto con posizionamento fossi di guardia

Gli scoli di progetto, di sviluppo differente, sottendono aree drenate di varia estensione fino allo scarico finale nella rete di scoli superficiali esistenti nello specifico:

Fosso Privato 1

La nuova superficie scolante che confluisce nel fosso privati 1 è pari a circa 2.668 m^2 .

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

I fossi saranno realizzati a sezione trapezoidale di larghezza sul fondo pari a 0.5 m, altezza pari 0,50 m con pendenza delle sponde pari a 1:1 e coefficiente di scabrezza pari a circa $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La lunghezza complessiva è pari a 600 m (300 m per monte e valle)

Così dimensionato il nuovo sistema di drenaggio raggiungerà un massimo volume di invaso pari a:

- $V = 300 \text{ m}^3$ calcolato considerando un grado di riempimento dei fossi pari al 100%
- $V = 240 \text{ m}^3$ calcolato considerando un riempimento dei fossi pari a circa l'80%

Cavo Canaletto

La nuova superficie scolante che confluisce nel Cavo Canaletto è pari a circa 3.356 m^2 .

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

I fossi saranno realizzati a sezione trapezoidale di larghezza sul fondo pari a 0.5 m, altezza pari 0,50 m con pendenza delle sponde pari a 1:1 e coefficiente di scabrezza pari a circa $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La lunghezza complessiva è pari 710 m (355 m per valle e monte)

Così dimensionato il nuovo sistema di drenaggio raggiungerà un massimo volume di invaso pari a:

- $V = 355 \text{ m}^3$ calcolato considerando un grado di riempimento dei fossi pari al 100%
- $V = 284 \text{ m}^3$ calcolato considerando un riempimento dei fossi pari a circa l'80%

Fosso privato 2

La nuova superficie scolante che confluisce nel Cavo Canaletto è pari a circa 4.070 m^2 .

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

I fossi saranno realizzati a sezione trapezoidale di larghezza sul fondo pari a 0.5 m, altezza pari 0,50 m con pendenza delle sponde pari a 1:1 e coefficiente di scabrezza pari a circa $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La lunghezza complessiva è pari a 940 m (470 m per valle e monte)

Così dimensionato il nuovo sistema di drenaggio raggiungerà un massimo volume di invaso pari a :

- $V = 470 \text{ m}^3$ calcolato considerando un grado di riempimento dei fossi pari al 100%
- $V = 376 \text{ m}^3$ calcolato considerando un riempimento dei fossi pari a circa l'80%

Fosso Fine

La nuova superficie scolante che confluisce nel Cavo Canaletto è pari a circa 2.174 m^2 .

L'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale nei tratti in rilevato, è concentrato in appositi elementi in cls per preservare lo stato d'arte del corpo arginale.

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

I fossi saranno realizzati a sezione trapezoidale di larghezza sul fondo pari a 0.5 m, altezza pari 0,50 m con pendenza delle sponde pari a 1:1 e coefficiente di scabrezza pari a circa $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La lunghezza complessiva è pari a 470 m (235 m per valle e monte)

Così dimensionato il nuovo sistema di drenaggio raggiungerà un massimo volume di invaso pari a :

- $V = 235 \text{ m}^3$ calcolato considerando un grado di riempimento dei fossi pari al 100%
- $V = 188 \text{ m}^3$ calcolato considerando un riempimento dei fossi pari a circa l'80%

Cavo Boccacava

La nuova superficie scolante che confluisce nel Cavo Canaletto è pari a circa 5.947 m^2 .

L'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale nei tratti in rilevato, è concentrato in appositi elementi in cls per preservare lo stato d'arte del corpo arginale.

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

I fossi saranno realizzati a sezione trapezoidale di larghezza sul fondo pari a 0.5 m, altezza pari 0,50 m con pendenza delle sponde pari a 1:1 e coefficiente di scabrezza pari a circa $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La lunghezza complessiva è pari a 1384 m (692 m per valle e monte)

Così dimensionato il nuovo sistema di drenaggio raggiungerà un massimo volume di invaso pari a :

- $V = 392 \text{ m}^3$ calcolato considerando un grado di riempimento dei fossi pari al 100%
- $V = 554 \text{ m}^3$ calcolato considerando un riempimento dei fossi pari a circa l'80%

Canale Naviglia

La nuova superficie scolante che confluisce nel Cavo Canaletto è pari a circa 5.518 m^2 .

L'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale nei tratti in rilevato, è concentrato in appositi elementi in cls per preservare lo stato d'arte del corpo arginale.

Gli embrici raccolgono le acque di ruscellamento dalla piattaforma stradale e le convogliano al piede del rilevato, in un fosso di guardia in terra.

I fossi saranno realizzati a sezione trapezoidale di larghezza sul fondo pari a 0.5 m, altezza pari 0,50 m con pendenza delle sponde pari a 1:1 e coefficiente di scabrezza pari a circa $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. La lunghezza complessiva è pari a 1.178 m.

Così dimensionato il nuovo sistema di drenaggio raggiungerà un massimo volume di invaso pari a:

- $V = 590 \text{ m}^3$ calcolato considerando un grado di riempimento dei fossi pari al 100%
- $V = 472 \text{ m}^3$ calcolato considerando un riempimento dei fossi pari a circa l'80%

I fossi sono stati dimensionati tenendo conto anche dei deflussi provenienti dai campi circostanti, per garantire un corretto smaltimento delle acque. Tuttavia, questa ipotesi sarà oggetto di verifica e eventuale adeguamento nella fase successiva di progettazione.

Per garantire la continuità idraulica del reticolo esistente e assicurare un corretto deflusso delle acque, i fossi di monte e di valle saranno messi in collegamento mediante condotte interrato, posizionate sotto il nuovo tracciato stradale. Per ciascun sottobacino è previsto uno scarico regolato da un manufatto di laminazione, dotato di bocca tarata a dimensione comprese tra DN125 e DN160, al fine di modulare le portate in uscita e contenere i picchi di deflusso. Le acque verranno infine recapitate nella rete di scolo esistente. Nell'immagine seguente viene riportato un tipologico del manufatto di scarico.

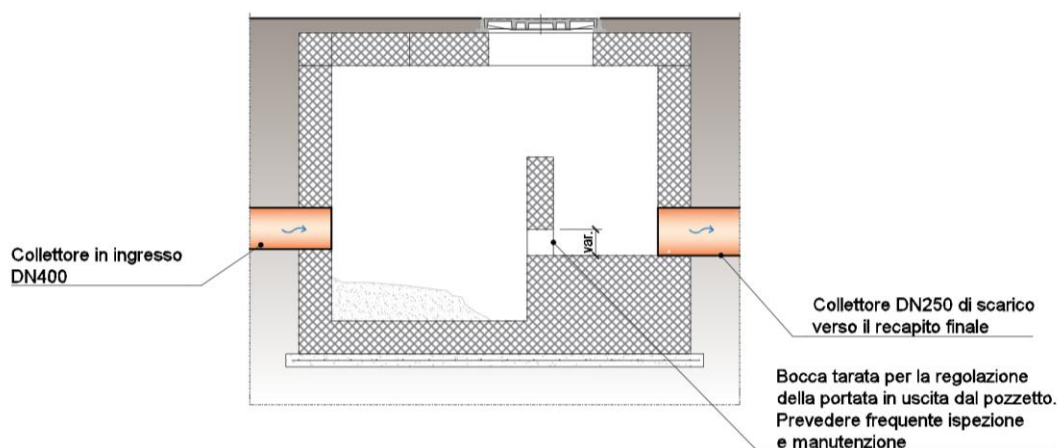


Figura 77 – Tipologico Scarico finale fossi di guardia con manufatto di laminazione

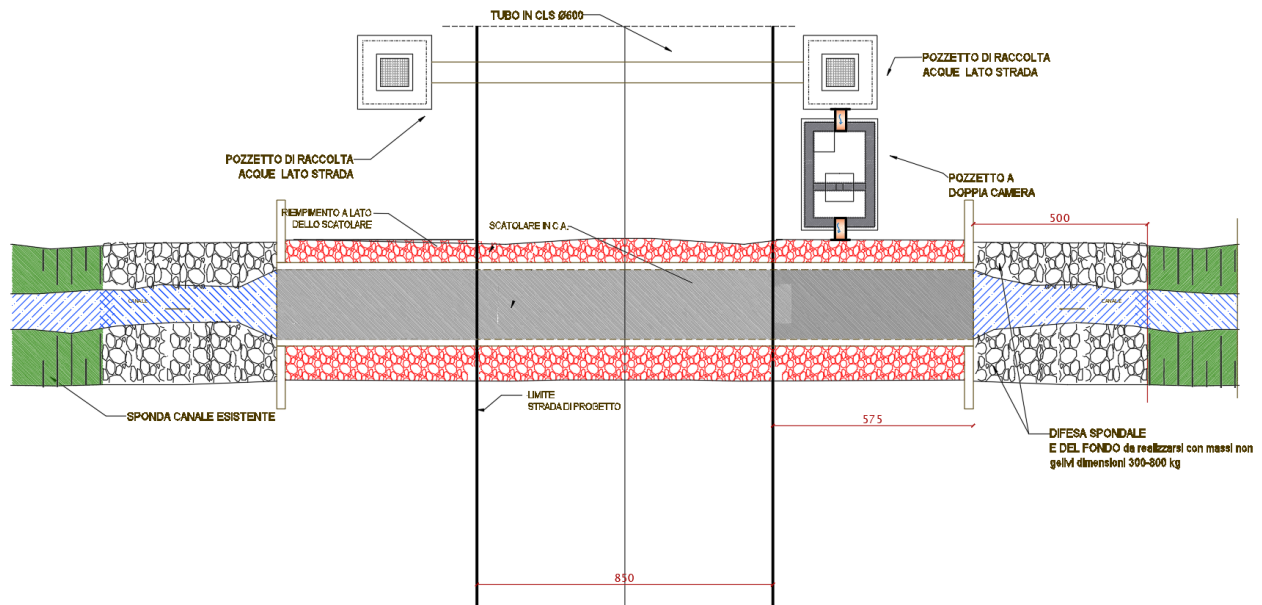


Figura 78 - Planimetria sistema di scarico in progetto

8 CONCLUSIONI

L'intervento in oggetto è stato progettato nel rispetto del principio di invarianza idraulica e non comporta un incremento delle portate scaricate in occasione di eventi di pioggia particolarmente intensi.

Il dimensionamento e la verifica dei nuovi scatolari di attraversamento del canale Canaletto, del fosso Fine, del cavo Boccacava e del canale Naviglia hanno portato ai seguenti risultati:

- Canale Canaletto (sezione interna netta minima 300×175 cm), il manufatto consente il transito delle portate fino a Q_{100} CNII con un franco idraulico compreso tra circa 5 e 35 cm, mentre per Q_{200} CNII il deflusso avviene in pressione. In condizioni CNIII, il deflusso risulta in pressione per tutte le portate di progetto.
- Fosso Fine (sezione interna netta minima 300×175 cm), il manufatto garantisce il transito con franco idraulico compreso tra 15 e 25 cm fino a Q_{50} CNII; per portate superiori (Q_{100} e Q_{200} CNII) il deflusso avviene in pressione, così come per tutte le portate CNIII.
- Cavo Boccacava (sezione interna netta minima 300×200 cm), il manufatto assicura un franco idraulico compreso tra circa 140 e 160 cm per le portate CNII fino a Q_{200} , mentre in CNIII garantisce il transito di Q_{200} con un franco superiore a 1 m.
- Canale Naviglio (sezione interna netta minima 800×275 cm), il manufatto consente il deflusso con franco idraulico compreso tra circa 5 e 45 cm fino a Q_{100} CNII; per Q_{200} CNII e per tutte le portate CNIII il deflusso avviene in pressione, fatta eccezione per Q_{25} CNIII che transita con franco di circa 10 cm.

Il progetto recepisce le richieste di integrazione formulate dal Consorzio di Bonifica Parmense.