



**TORRENTE LOC. TERZANA PISOgne BRESCIA INTERVENTO 3.
MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE TROBIOLO PER L'AREA
AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO DI PISOgne CHE INTERESSA
L'ABITATO, LE INFRASTRUTTURE STRATEGICHE E STORICHE**

CUP: D58H25000210002, CIG: BA01331ADE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

RELAZIONE IDRAULICA rev. 01 del 15/05/2026



IL Progettista

Dott. ing, Fabio A. Fanetti

Studio di Ingegneria
 Dott. Ing. Fabio A. Fanetti
 Via Tonolini n° 2
 25048 Sonico Bs
 e-mail: fabio@studiofanetti.it
 pec: fabioangelo.fanetti@ingpec.eu



INCARICO DI PROGETTAZIONE	
Incarico di progettazione	Determina n. 8 del 21/10/2026 del Responsabile dell'area tecnica dott. ing. Angelo Giuseppe Venturini.
Integrazione con calcoli idraulici	15/05/2026



INDICE

- 1 Premessa;
- 2 Caratteristiche sintetiche e finalità del progetto;
- 3 Inquadramento e ubicazione area di intervento;
- 4 Stato dei luoghi ed elementi di criticità;
- 5 Proposta tecnica di intervento;
- 6 Calcoli idraulici;



1 Premessa;

Il presente documento è redatto a supporto del progetto dei lavori di **MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE TROBIOLO PER L'AREA AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO DI PISOGNE CHE INTERESSA L'ABITATO, LE INFRASTRUTTURE STRATEGICHE E STORICHE CUP: D58H25000210002, CIG: BA01331ADE**, in Comune di Pisogne (Bs). Le opere sono finanziate con Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 1113 del 27 novembre 2024. Nella presente relazione definite le esigenze da soddisfare, le caratteristiche tecniche e funzionali delle opere e la fattibilità degli interventi. Nell'ambito dello studio idraulico dei corsi d'acqua a carattere torrentizio, un criterio di classificazione ampiamente condiviso in letteratura si basa sul regime dominante di trasporto solido. In tale prospettiva, i torrenti possono essere distinti in tre categorie principali: torrenti in erosione, torrenti in trasporto e torrenti in deposito, in funzione del rapporto tra l'energia della corrente e quella necessaria alla mobilitazione e al trasporto del materiale solido. I torrenti in erosione sono caratterizzati da una disponibilità energetica della corrente superiore a quella richiesta per il trasporto del carico solido proveniente da monte. Questa condizione si riscontra tipicamente in alvei a forte pendenza, ove la pendenza di fondo supera quella critica. L'eccesso di energia determina fenomeni di incisione dell'alveo, sia sul fondo sia sulle sponde, con modalità influenzate dalla geometria dell'alveo e dalle caratteristiche geologiche dei versanti. L'erosione risulta generalmente più intensa nei tratti di monte, dove la corrente è meno carica di sedimenti, e comporta nel tempo una tendenza alla riduzione della pendenza dell'alveo stesso. I torrenti in trasporto rappresentano una condizione intermedia, nella quale si realizza un equilibrio dinamico tra l'energia della corrente e quella necessaria al trasporto solido. In tali contesti, i fenomeni di erosione e deposizione risultano complessivamente trascurabili, configurando una situazione di sostanziale stabilità morfologica. Infine, i torrenti in deposito si distinguono per una disponibilità energetica insufficiente a sostenere il trasporto del carico solido. Ne consegue la deposizione progressiva dei materiali e il conseguente innalzamento del fondo alveo. Tali condizioni si riscontrano tipicamente in tratti a debole pendenza, come nelle aree di conoide, dove la diminuzione della velocità della corrente favorisce i processi di sedimentazione. La presente classificazione costituisce un utile riferimento interpretativo per l'analisi dei processi morfodinamici e per la pianificazione degli interventi di gestione e mitigazione del rischio idraulico. Il caso in studio è di un torrente che ha una forte pendenza, dove si è manifestata il fenomeno di una forte erosione a monte e, un deposito a valle. Torrente per la maggior parte secco.

2 Caratteristiche sintetiche e finalità del progetto;

Gli interventi previsti, in funzione del contributo assegnato, sono finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico del torrente Trobiolo nell'area ad elevato rischio idrogeologico di Pisogne, che interessa l'abitato, le infrastrutture strategiche e storiche. Le opere progettate comprendono: il risezionamento dell'alveo nei tratti interessati da consistenti depositi dovuti all'erosione a monte; la realizzazione di opere trasversali (briglie) fondate su pali lungo la parte alta dell'asta torrentizia, a partire dall'area in corrispondenza del ponticello in legno; il consolidamento della sponda sinistra in corrispondenza della nicchia di frana mediante elementi a "farfalla" (ombrelli); nonché il ripristino, ove possibile, delle briglie esistenti a valle. Attualmente l'asta torrentizia si presenta in condizioni di secca, come evidenziato anche dalla documentazione fotografica. Tuttavia, ai fini del dimensionamento e della verifica delle opere trasversali, si è fatto riferimento al valore di portata indicato nella relazione del dott. geologo Albertelli Luca, pari a 7,50 mc/s per un tempo di ritorno di 200 anni. Le opere in progetto hanno lo scopo di stabilizzare il fondo dell'alveo secondo il profilo attualmente naturalizzato, al fine di prevenire l'erosione delle sponde e contribuire alla stabilizzazione del versante in sinistra idraulica, oggi caratterizzato da condizioni di criticità.

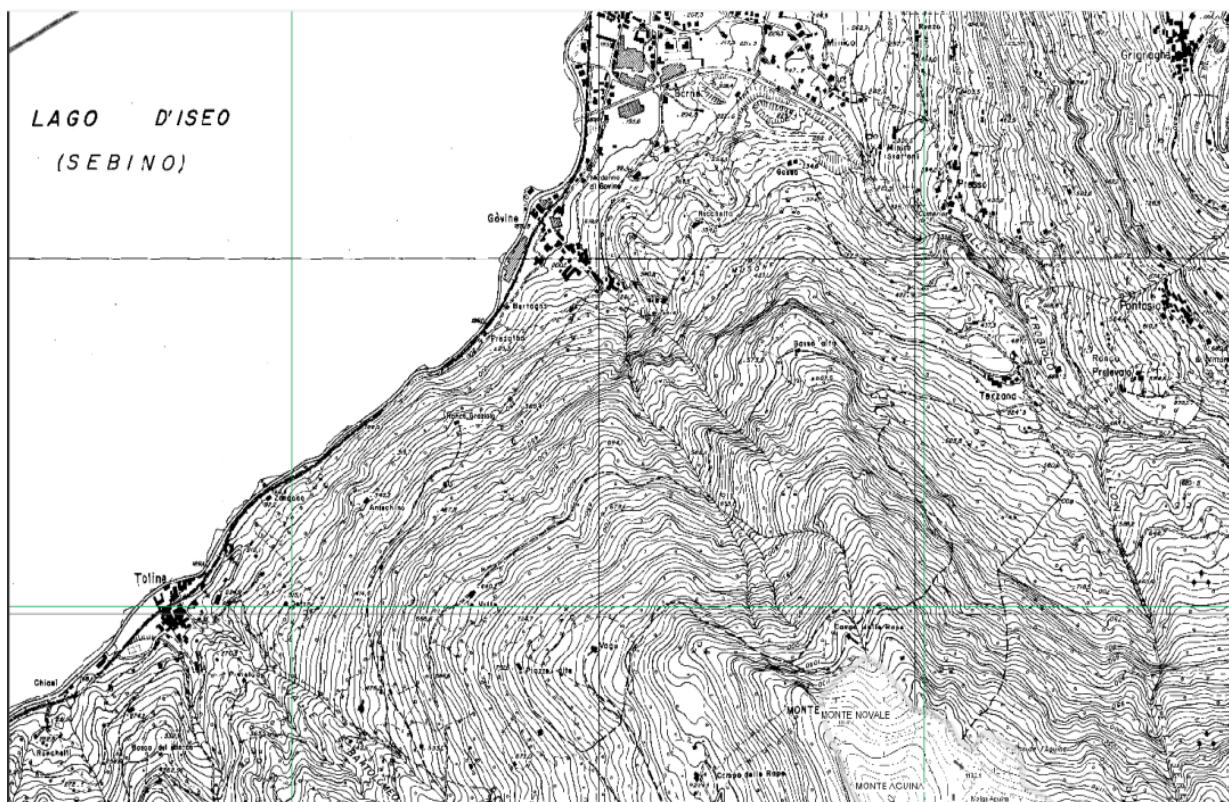


3 Inquadramento e ubicazione area di intervento;

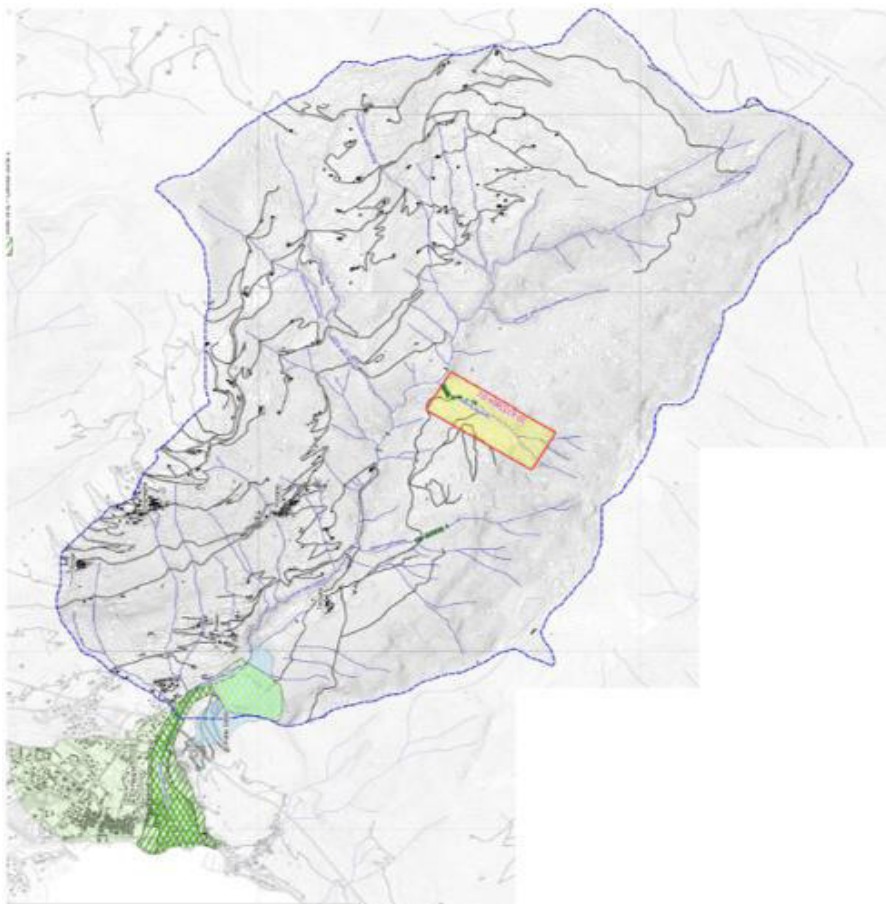
Il territorio del Comune di Pisogne in Provincia di Brescia, fa parte della Comunità Montana del Serbino. Il Comune è situato sulla sponda nord-orientale del Lago d'Iseo, nel punto in cui la valle inizia ad aprirsi verso l'interno. Per questo viene spesso considerato la "porta" della Val Camonica: da lì si passa dalla zona del lago al territorio più montano e vallivo che caratterizza la valle stessa.

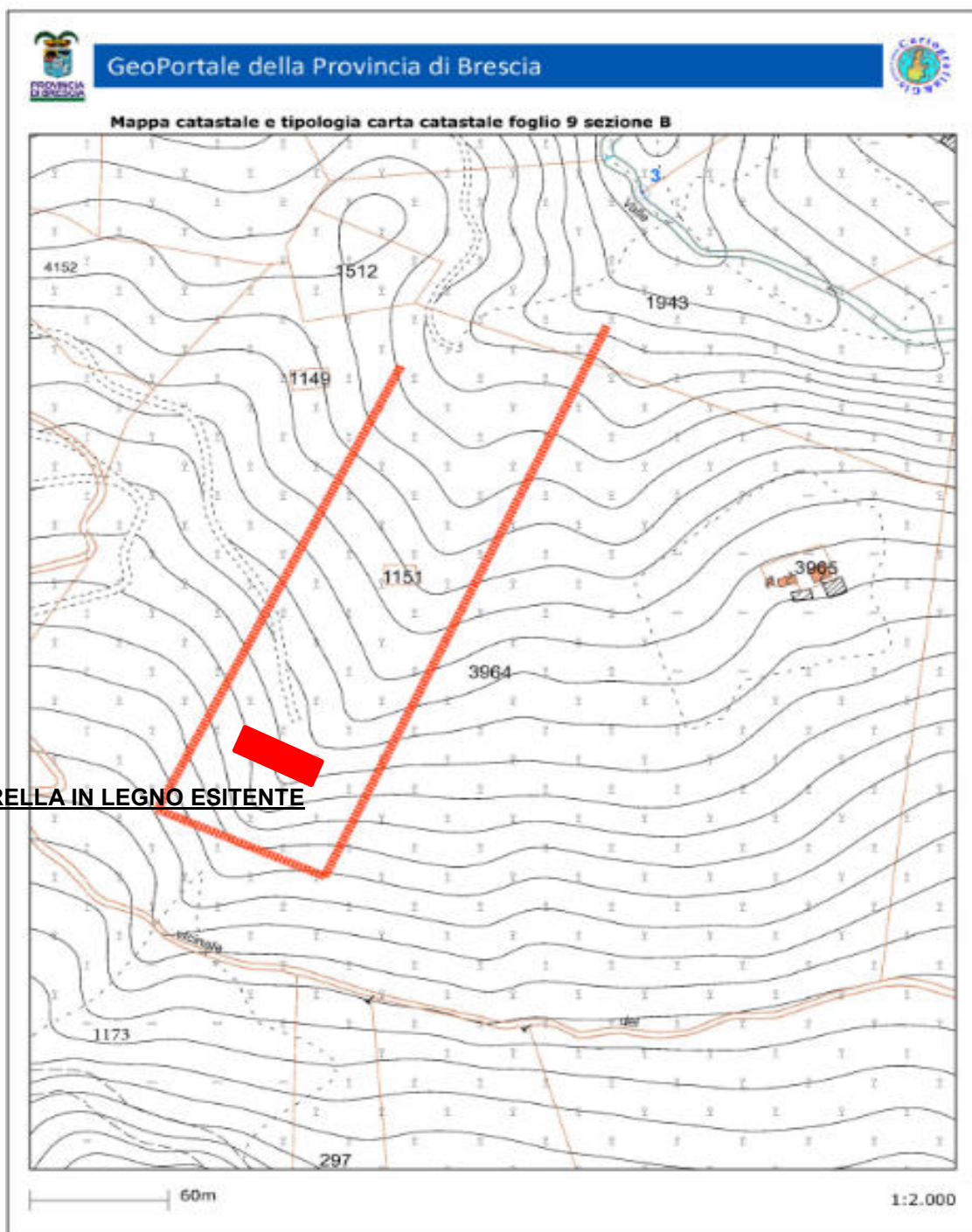
In pratica:

- a sud hai il Lago d'Iseo
- a nord si sviluppa tutta la Val Camonica



Relazione di idraulica rev. 01 15 05 2026

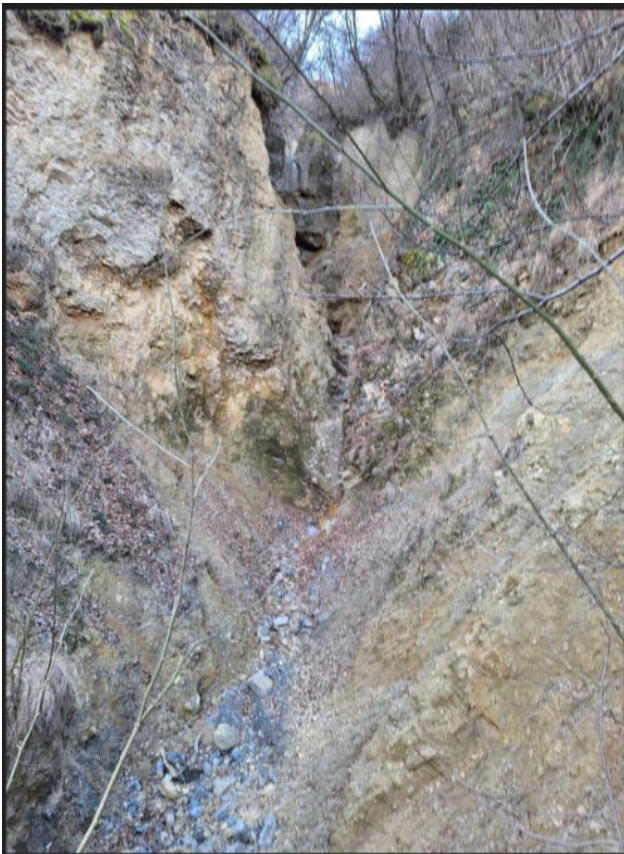


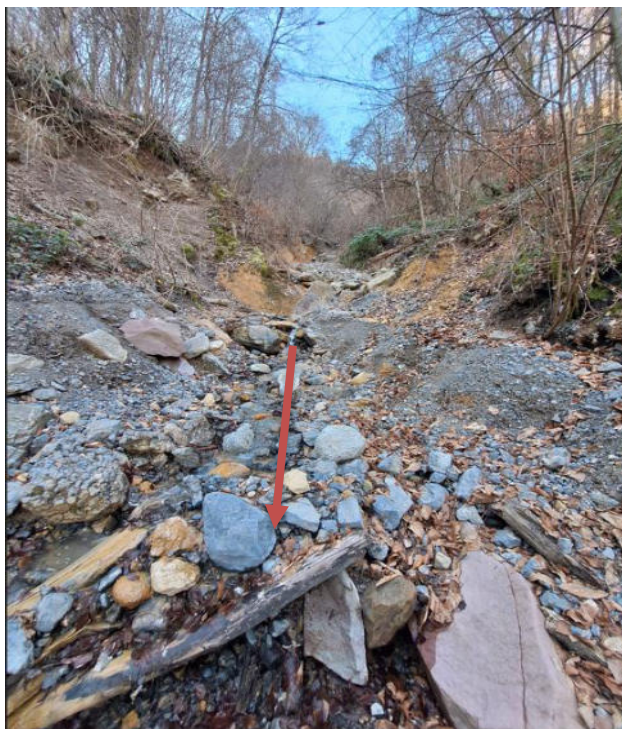


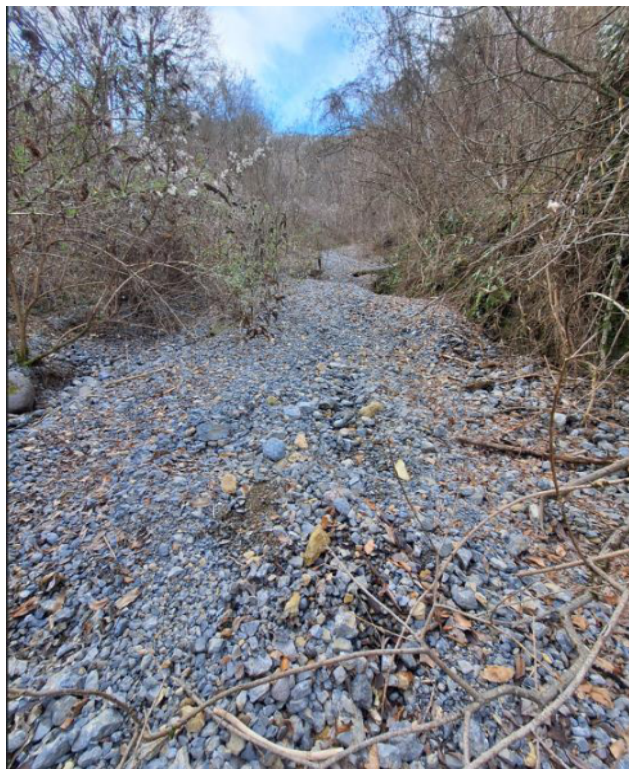
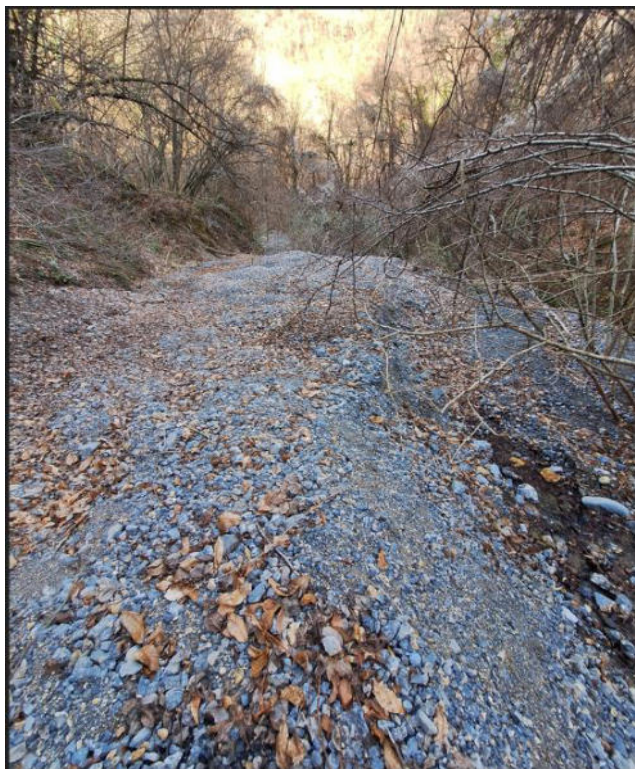
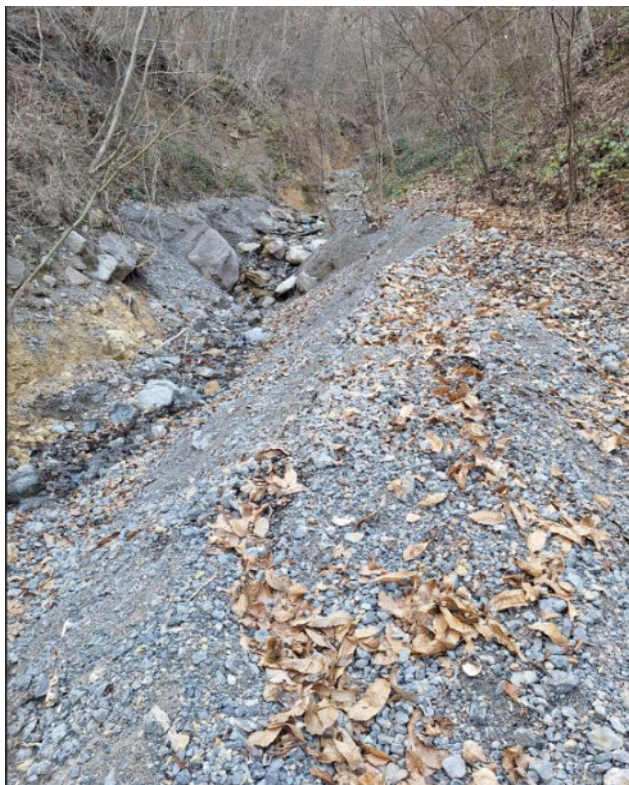


4 Stato dei luoghi ed elementi di criticità;

La conformità dell'area interessata all'intervento è costituita principalmente dai seguenti elementi:
asta torrentizia erosa nelle prossimità del ponticello con evidenti solcature e deposito di materiale nella parte bassa. Il sedime dell'alveo ha trovato la sua conformazione naturale. Presenza di vegetazione arbustiva spontanea incolta in destra e sinistra. Nicchia di frana in sinistra in corrispondenza circa della zona di deposito.











In base ai sopralluoghi effettuati, è emerso che la principale criticità dell'asta nel tratto in esame è, rappresentata dall'erosione che inizia appena sopra il ponticello in legno. Tale criticità è dovuta all'assenza di opere trasversali quali briglie (oggi il tratto interessato ha trovato un suo profilo di equilibrio) e, quelle in passato realizzate sono state divelte. La presenza di fenomeni di erosione o deposito all'interno dell'alveo fluviale costituisce una condizione di criticità idraulica, in quanto può determinare l'innescio di movimenti franosi nei tratti di versante a monte e, al contempo, generare rischi idraulici a valle dovuti all'innalzamento del fondo alveo. In tale contesto si rende necessario il ripristino delle condizioni di equilibrio morfodinamico del corso d'acqua, attraverso interventi di sistemazione d'alveo e, più in generale, di sistemazione dei versanti. Le sistemazioni d'alveo si configurano come opere puntuali, finalizzate principalmente al controllo della velocità della corrente e all'incremento della resistenza all'erosione del fondo e delle sponde. La riduzione della velocità della corrente rappresenta uno degli obiettivi principali degli interventi in alveo ed è conseguita mediante la diminuzione della pendenza longitudinale del fondo. Tale situazione viene realizzata con sistemi a gradinata che replicano il profilo di equilibrio creatosi nel tempo, sistemi costituiti da briglie/soglie. Le briglie determinano un innalzamento del profilo di fondo a monte che contribuisce alla stabilizzazione delle sponde e, hanno (in questo caso) anche la funzione di fissare localmente la quota del fondo. Oltre alla realizzazione di nuove briglie fondate su pali vengono consolidate le briglie ancora esistenti con interventi manutentivi e, con un consolidamento con farfalle tirante (ombrelli).

5 Proposta tecnica di intervento;

A seguito dei sopralluoghi effettuati, verificate le condizioni dell'asta torrentizia e delle sponde, in funzione delle risorse economiche del contributo concesso, sono stati individuati gli interventi principali necessari da effettuarsi (non completamente esaustivi, in futuro si dovranno reperire ulteriori risorse economiche per intervenire su tutta l'asta). Il progetto prevede il risezioanmento dell'alveo, opere di stabilizzazione del fondo con briglie, il ripristino di briglie esistenti e, il consolidamento della sponda in sinistra idraulica con sistemi monoancoarti ad ombrelli. Per maggiori specifiche si rimanda al computo metrico estimativo e agli elaborati grafici allegati al progetto.

Opere: allestimento del cantiere e, ripristini

Ripristino della pista esistente di accesso al cantiere;

Taglio della vegetazione e delle piante interferenti con le opere di progetto;

Risezioanmento dell'alveo:

Ripristino del sedime dell'alveo dove si è accumulato il materiale;

Realizzazione delle opere trasversali:

Realizzazione di briglie tese a stabilizzare il fondo;

Realizzazione di opere di consolidamento del versante.

Realizzazione di sistemi ad ombrello con mono ancoraggio per stabilizzare il versante;

La lunghezza complessiva dell'asta interessata al progetto è di 140 metri (dalla sez 1 alla sez 19)



Realizzazione di briglia a catenaria in sassi e calcestruzzo fondata su pali:

Non si è simulato un flusso in quanto il torrente è prevalentemente in secca, si è considerata una portata di progetto presa dalla relazione geologica del dott. Geologo Albertelli di 7,50 mc/sec per un tempo di ritorno di 200 anni per intervenire ad eseguire delle opere di regolarizzazione briglie/soglie. Le briglie progettate hanno la gaveta a cordamolla (catenaria) (tav. 8)

Normative di riferimento

Norme tecniche per le costruzioni 2018;

È il riferimento principale per il calcolo strutturale.

Aspetti rilevanti per briglie a gravità:

- Verifiche agli stati limite (SLU e SLE)
- Stabilità globale:
 - ribaltamento
 - scorrimento
 - capacità portante del terreno
- Azioni:
 - peso proprio
 - spinta idrostatica
 - sovraccarichi (sedimenti, tronchi, ecc.)
- Combinazioni di carico

Circolare 21 gennaio 2019 n° 7 c.s.LL.PP.

- Fornisce chiarimenti applicativi delle NTC
- Utile per interpretazione delle verifiche geotecniche e idrauliche

Normativa idraulica e difesa del suolo.

- **Piani di Assetto Idrogeologico (PAI)** delle Autorità di Bacino
- Linee guida regionali (es. sistemazioni idraulico-forestali)
- Regi Decreti storici ancora richiamati:
 - Regio Decreto 523/1904

Eurocodici:

4. Eurocodice 7 (EN 1997)

- Verifiche di stabilità:
 - scorrimento
 - ribaltamento
 - capacità portante
- Interazione terreno-struttura
- Fondazioni della briglia



5. Eurocodice 1 (EN 1991)

- Azioni idrauliche e carichi variabili

6. Eurocodice 2 (EN 1992)

- Se la briglia è in calcestruzzo:
 - armature
 - durabilità
 - verifiche di resistenza

Le verifiche sono condotte secondo i principi della **geotecnica agli stati limite ultimi (SLU)** e della normativa vigente (NTC 2018). Vengono illustrati i criteri di dimensionamento e verifica di briglie in calcestruzzo armato fondate su micropali (criteri che verranno affinati nella relazione di calcolo), previste per gli interventi di stabilizzazione del fondo alveo utilizzati per un primo studio di fattibilità. L'opera viene modellata come struttura di sostegno soggetta all'azione combinata del peso proprio, delle spinte idrostatiche e idrodinamiche, delle pressioni interstiziali e delle reazioni del terreno e dei micropali di fondazione. Le verifiche sono state condotte in conformità ai principi degli stati limite ultimi secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti. La verifica di stabilità a scivolamento è espressa mediante il rapporto tra le resistenze e le azioni orizzontali agenti:

$$FS_{sciv} = R_d / R_s \geq 1.0$$

dove:

- R_d = resistenze al taglio alla base
- S_d = azioni orizzontali di progetto

dove la resistenza complessiva al taglio alla base è data dalla somma del contributo attritivo e coesivo del contatto terreno struttura, delle azioni verticali agenti e del contributo resistente dei micropali. In forma analitica si considera:

$$R_d = (N_d \cdot \tan \varphi' + c' \cdot A_b) + R_{pali} + R_{attrito}$$

dove:

- N_d = risultante delle azioni verticali (peso briglia + sovraccarichi)
- φ' = angolo di attrito terreno-struttura
- c' = coesione efficace
- A_b = area di base
- R_{pali} = contributo dei micropali a taglio e attrito laterale
- $R_{attrito}$ = eventuale incremento per rugosità/interblocco

mentre le azioni orizzontali comprendono la spinta idrostatica, la pressione del terreno e gli effetti di filtrazione:

Le azioni orizzontali sono:

$$S_d = P_{idro} + P_{terreno} + P_{filtrazione}$$

La verifica a ribaltamento viene condotta confrontando i momenti stabilizzanti con quelli ribaltanti rispetto al piede di valle.

La sicurezza al ribaltamento si esprime come:

$$FS_{rib} = M_{st} / M_{rib} \geq 1.5$$

dove:



- Mst = momenti stabilizzanti
- Mrib = momenti ribaltanti rispetto al piede di valle

Momenti stabilizzanti:

$$Mst = \sum (W_i \cdot b_i) + M_{pali}$$

Momenti ribaltanti:

$$Mrib = P_{tot} \cdot h_{cp}$$

dove:

- W_i = pesi delle componenti strutturali
- b_i = bracci stabilizzanti rispetto al punto di rotazione
- P_{tot} = risultante delle spinte orizzontali
- h_{cp} = altezza del centro di pressione

I momenti stabilizzanti derivano dai pesi propri della struttura e dai contributi dei micropali, mentre i momenti ribaltanti sono generati dalla risultante delle pressioni orizzontali applicate ad un'altezza equivalente del centro di pressione. Si ha pertanto:

Il contributo dei micropali può essere modellato come coppia resistente:

$$M_{pali} = \sum (T_{pali} \cdot z_{paliz})$$

dove:

- $T_{pali_}$ = resistenza del singolo micropalo
- $z_{paliz_}$ = braccio rispetto al punto di rotazione

La verifica al sifonamento viene effettuata valutando il gradiente idraulico agente nel terreno di fondazione, definito come rapporto tra perdita di carico e lunghezza del percorso di filtrazione:

La verifica contro il sifonamento è condotta valutando il gradiente idraulico:

$$i = \Delta h / L$$

Condizione di sicurezza:

$$i \leq i_{criti}$$

dove il gradiente critico è:

$$i_{crit} = \gamma' / \gamma_{wi_}$$

oppure, in forma semplificata:

$$i_{crit} \approx G_s - 1 / (1 + e_i)$$

dove:

- γ' = peso unitario immerso del terreno
- γ_w = peso unitario dell'acqua
- G_s = densità relativa dei grani
- e = indice dei vuoti

La verifica globale del sifonamento richiede inoltre:

$$FS_{sif} = i_{crit} / i \geq 1.5 FS$$

I micropali contribuiscono alla stabilità globale attraverso:

resistenza assiale:

$$R_{ax} = Q_s + Q_b$$



resistenza laterale (interazione terreno–palo):

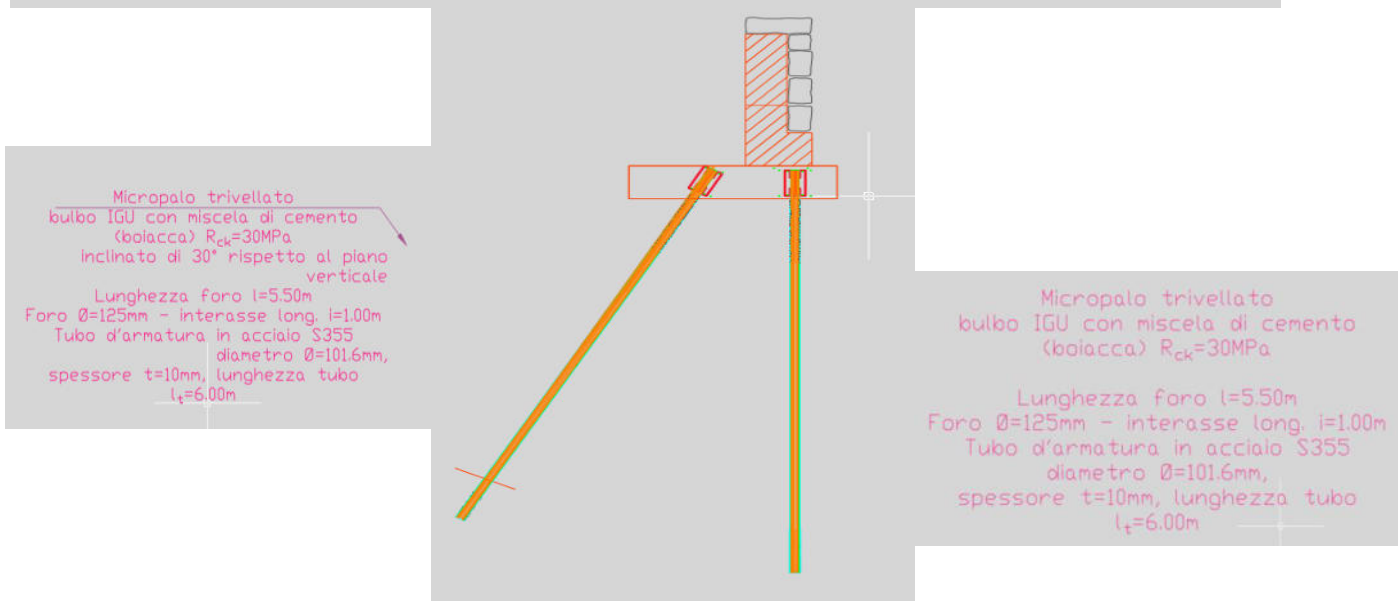
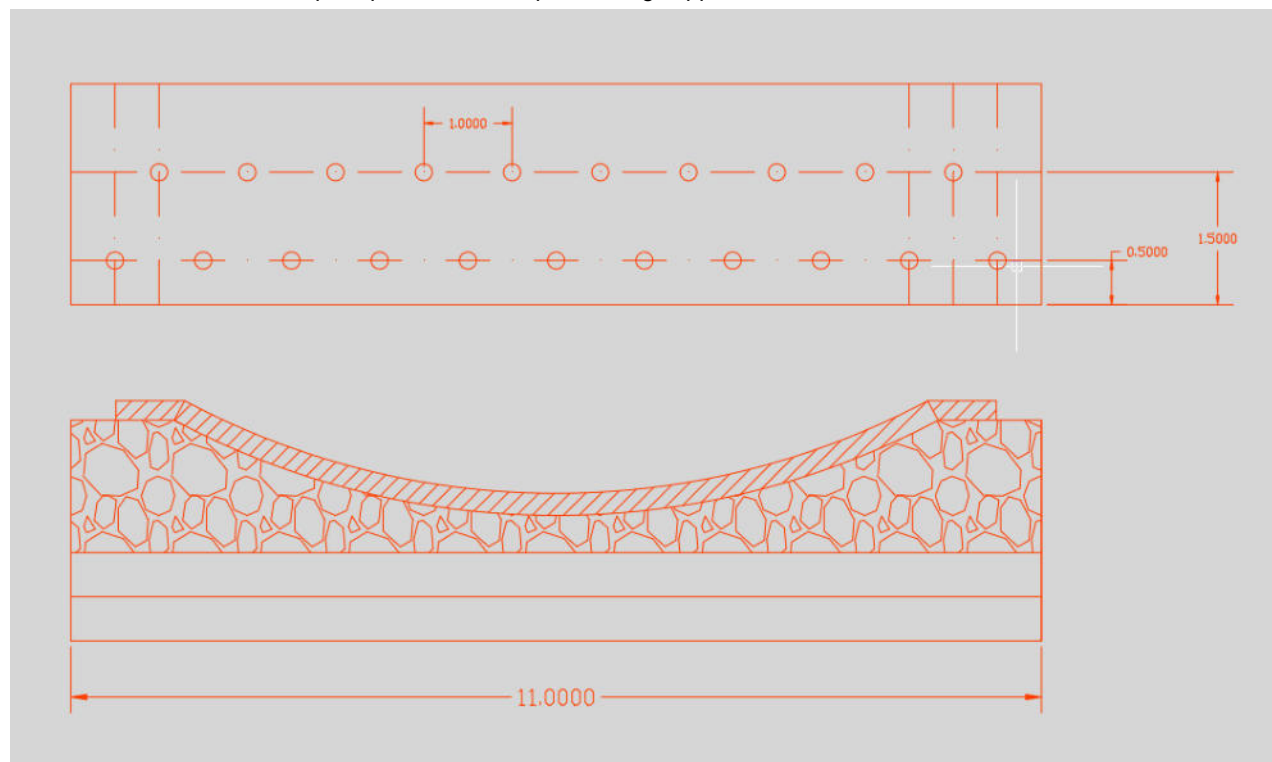
$$R_{lat} = \int \tau(z) \cdot dA \quad (\text{integrale da } 0 \text{ a } L)$$

dove:

- Q_s = attrito laterale
- Q_b = resistenza di punta
- $\tau(z)$ = tensione tangenziale lungo il fusto

La presenza dei micropali incrementa significativamente la capacità resistente dell'opera, migliorando la stabilità nei confronti dei cinematismi di collasso e garantendo un adeguato margine di sicurezza anche in condizioni idrauliche critiche.

I calcoli riferiti alle relazioni sopra riportate sono esplicitati negli appositi doc di calcolo a corredo del PTFE





6 Calcoli idraulici:

per i calcoli si è considerata la portata riferita ad un tempo di ritorno di 200 anni pari a 7 mc/sec riportata nella relazione della società Cogeo del geologo Albertelli.

Tr: 200 anni portata; 7 mc/sec;

6.1 Analisi idraulica:

L'individuazione dei tiranti idrici del tratto in esame è stata condotta facendo uso del software Hec-Ras sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

6.2 Caratteristiche geometriche e coefficiente di scabrezza:

Per l'implementazione dei modelli di calcolo è stato innanzitutto necessario effettuare un rilievo topografico di un tratto interessato allo studio, necessario e sufficiente per permettere di ricostruire l'andamento del pelo libero. I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati con riferimento al coefficiente di scabrezza di Manning o di Strickler ($n = 1/kS$), forniti dalle tabelle del testo "Ven Te Chow, Ph. D – Open Channel Hydraulics - Mc Graw Hill International Editions – 1986". La scelta è stata effettuata considerando le caratteristiche geometriche dei materiali che compongono attualmente l'alveo e della copertura delle sponde.

Valori tipici del coefficiente di Manning

	Tipo di alveo/canale	Condizione	nnn
Valore utilizzato	Calcestruzzo molto liscio	nuovo	0.010 – 0.012
	Calcestruzzo ordinario	normale	0.013 – 0.017
	Muratura in pietra	regolare	0.017 – 0.030
	Tubazioni metalliche	lisce	0.011 – 0.015
	Terra scavata	uniforme	0.018 – 0.025
	Canale in terra	con erba bassa	0.025 – 0.035
	Fossi agricoli	vegetazione moderata	0.030 – 0.050
	Torrenti naturali	fondo ghiaioso	0.035 – 0.060
	Fiumi naturali	sinuosi con vegetazione	0.045 – 0.100
	Alvei montani	massi e forte irregolarità	0.050



6.3 Descrizione del modello Hec-Ras

Il modello idraulico HEC_RAS del U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center è un programma di calcolo che, tramite la risoluzione delle equazioni differenziali di De Saint-Venant, consente di determinare i profili di corrente sia in condizioni di moto vario che di moto permanente.

Si riportano di seguito alcuni richiami teorici sul moto vario delle correnti a superficie libera e sui metodi di risoluzione delle equazioni che le descrivono.

Il moto di una corrente idrica a superficie libera, nella quale non siano presenti significative componenti trasversali di moto, è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come equazioni di De Saint-Venant monodimensionali.

Nelle ipotesi di fluido omogeneo ed incompressibile, pendenza, distribuzione della pressione idrostatica nelle sezioni trasversali, assenza di immissioni e sottrazioni di portata, tali equazioni assumono la forma seguente:

$$\begin{cases} \frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A}{\delta t} = 0 \\ \frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\beta \cdot \frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{g \cdot |Q| \cdot Q}{\chi^2 \cdot A \cdot R} = 0 \end{cases}$$

dove:

-h è la quota idrica misurata rispetto ad un livello orizzontale di riferimento (m)

-A è l'area bagnata (m²)

-R è il raggio idraulico (m)

-χ è il coefficiente di scabrezza di Chezy (m^{1/2} s⁻¹)

-Q è la portata (m³ s⁻¹)

-g è la accelerazione di gravità (ms⁻²)

-β è il coefficiente di ragguaglio delle quantità di moto che solitamente si pone uguale all'unità.

Nel caso specifico si è ritenuto sufficiente considerare condizioni di moto permanente, cioè condizioni per le quali la portata risulta indipendente dalla variabile temporale.

Il coefficiente di resistenza di Chezy χ può essere valutato con l'espressione di Strickler:

$$\chi = k_s \cdot R^{1/6}$$

dove k_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler.



6.4 Inserimento dei dati e delle condizioni al contorno in Hec-Ras

Inizialmente è stata introdotta la geometria del tratto di torrente rilevato. È stato rappresentato l'andamento planimetrico dell'asta torrentizia, sono state inserite le sezioni precedentemente rilevate, sono state inserite delle sezioni di interpolazione ricostruite dal programma (indicate con * e di colore rosso).

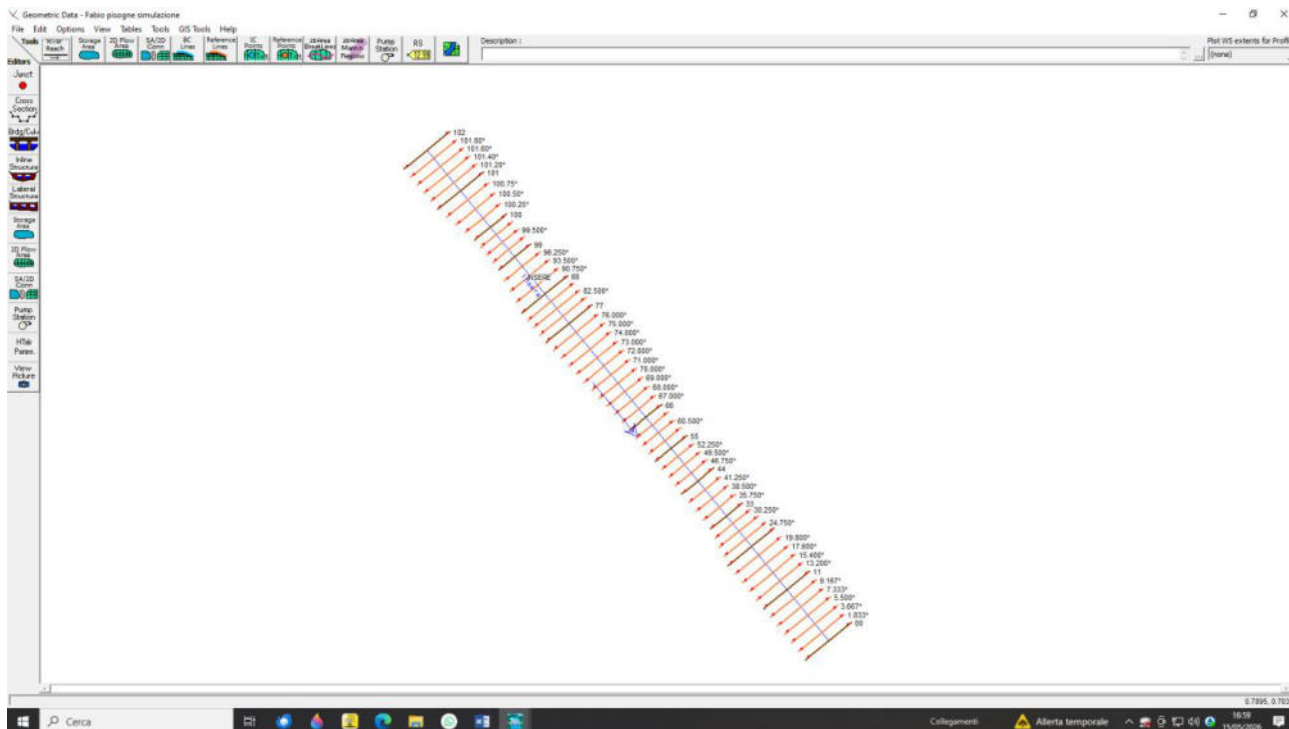


Figura 1: Estratto Estratto HEC-RAS – tratto torrente oggetto di verifica con rispettive sezioni

Nell'inserimento delle sezioni è stato necessario indicare, oltre che a fornire i parametri geometrici delle stesse, la distanza dalla sezione precedente, il valore del coefficiente di scabrezza, che nel programma in questione è definito con il coefficiente di Manning dell'alveo.

Successivamente sono state inseriti i dati di portata (portata di piena con Tempo di ritorno di 200 anni = $7 \text{ m}^3/\text{s}$) e le condizioni di contorno necessarie per la simulazione.

Nel caso specifico la simulazione, come già anticipato nel paragrafo precedente, è stata condotta considerando condizioni di moto permanente, cioè condizioni per le quali la portata risulta indipendente dalla variabile temporale.



6.5 Risultati della simulazione utilizzando il programma Hec-Ras

Le analisi idrauliche condotte, considerando la portata di piena con tempo di ritorno di $T_R = 200$ anni, lungo tratto analizzato.

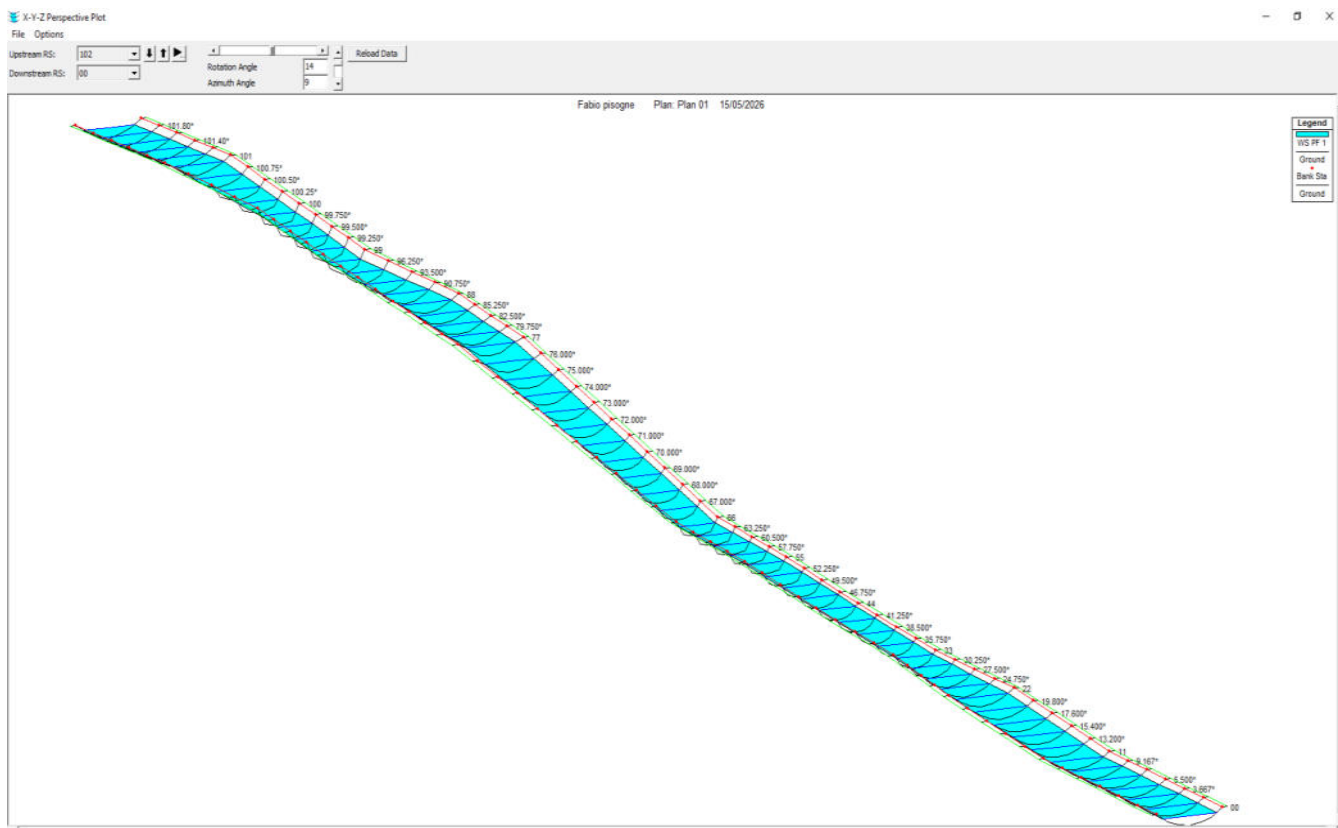


Figura 2: Estratto HEC-RAS – tratto torrente oggetto di verifica con rispettive sezioni con portata $T = 200$ anni



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Inse Reach: IN

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
INSERE	102	PF 1	7.00	850.00	850.79	850.79	851.04	0.016259	2.19	3.19	6.62	1.01
INSERE	101.80*	PF 1	7.00	849.56	850.35	850.35	850.60	0.016341	2.19	3.19	6.63	1.01
INSERE	101.60*	PF 1	7.00	849.12	849.91	849.91	850.16	0.016300	2.19	3.20	6.65	1.01
INSERE	101.40*	PF 1	7.00	848.68	849.47	849.47	849.72	0.016344	2.19	3.20	6.67	1.01
INSERE	101.20*	PF 1	7.00	848.24	849.03	849.03	849.28	0.016404	2.19	3.19	6.68	1.01
INSERE	101	PF 1	7.00	847.80	848.59	848.59	848.83	0.016222	2.18	3.21	6.71	1.01
INSERE	100.75*	PF 1	7.00	847.00	847.78	847.78	848.04	0.016157	2.24	3.13	6.21	1.01
INSERE	100.50*	PF 1	7.00	846.19	846.98	846.98	847.25	0.016546	2.32	3.01	5.66	1.02
INSERE	100.25*	PF 1	7.00	845.39	846.19	846.19	846.48	0.016278	2.38	2.94	5.11	1.00
INSERE	100	PF 1	7.00	844.59	845.40	845.40	845.72	0.016722	2.48	2.83	4.52	1.00
INSERE	99.750*	PF 1	7.00	843.79	844.64	844.64	844.96	0.016826	2.50	2.81	4.48	1.01
INSERE	99.500*	PF 1	7.00	843.00	843.88	843.88	844.19	0.016497	2.49	2.81	4.44	1.00
INSERE	99.250*	PF 1	7.00	842.20	843.12	843.12	843.43	0.016471	2.50	2.80	4.40	1.00
INSERE	99	PF 1	7.00	841.40	842.35	842.35	842.67	0.016713	2.52	2.77	4.35	1.01
INSERE	96.250*	PF 1	7.00	840.80	841.68	841.68	841.98	0.016424	2.43	2.88	4.92	1.01
INSERE	93.500*	PF 1	7.00	840.20	841.03	841.03	841.31	0.016202	2.34	3.00	5.50	1.01
INSERE	90.750*	PF 1	7.00	839.60	840.38	840.38	840.64	0.016172	2.26	3.10	6.07	1.01
INSERE	88	PF 1	7.00	839.00	839.74	839.74	839.99	0.016434	2.20	3.19	6.65	1.01
INSERE	85.250*	PF 1	7.00	838.31	839.06	839.06	839.31	0.016411	2.20	3.18	6.62	1.01
INSERE	82.500*	PF 1	7.00	837.63	838.39	838.39	838.63	0.016489	2.21	3.17	6.58	1.01
INSERE	79.750*	PF 1	7.00	836.95	837.71	837.71	837.96	0.016416	2.21	3.17	6.55	1.01
INSERE	77	PF 1	7.00	836.26	837.03	837.03	837.28	0.016222	2.20	3.18	6.51	1.01
INSERE	76.000*	PF 1	7.00	835.18	835.95	835.95	836.20	0.016280	2.21	3.16	6.45	1.01
INSERE	75.000*	PF 1	7.00	834.10	834.87	834.87	835.12	0.016153	2.22	3.15	6.35	1.01
INSERE	74.000*	PF 1	7.00	833.01	833.78	833.78	834.04	0.016196	2.24	3.12	6.21	1.01
INSERE	73.000*	PF 1	7.00	831.93	832.70	832.70	832.96	0.016136	2.26	3.10	6.06	1.01
INSERE	72.000*	PF 1	7.00	830.85	831.61	831.61	831.88	0.016159	2.28	3.07	5.89	1.01
INSERE	71.000*	PF 1	7.00	829.76	830.53	830.53	830.80	0.016170	2.30	3.04	5.71	1.01
INSERE	70.000*	PF 1	7.00	828.68	829.45	829.45	829.72	0.016149	2.33	3.01	5.53	1.01
INSERE	69.000*	PF 1	7.00	827.60	828.37	828.37	828.65	0.016185	2.36	2.97	5.33	1.01
INSERE	68.000*	PF 1	7.00	826.51	827.29	827.29	827.58	0.016207	2.38	2.94	5.13	1.01
INSERE	67.000*	PF 1	7.00	825.43	826.21	826.21	826.51	0.016548	2.43	2.88	4.92	1.01
INSERE	66	PF 1	7.00	824.35	825.13	825.13	825.44	0.016391	2.45	2.86	4.71	1.00
INSERE	63.250*	PF 1	7.00	823.75	824.53	824.53	824.83	0.016435	2.44	2.87	4.74	1.00
INSERE	60.500*	PF 1	7.00	823.16	823.92	823.92	824.22	0.016427	2.44	2.87	4.77	1.00
INSERE	57.750*	PF 1	7.00	822.56	823.32	823.32	823.62	0.016441	2.43	2.88	4.80	1.00
INSERE	55	PF 1	7.00	821.96	822.71	822.71	823.01	0.016359	2.42	2.89	4.84	1.00
INSERE	52.250*	PF 1	7.00	821.22	821.99	821.99	822.29	0.016359	2.43	2.89	4.86	1.00
INSERE	49.500*	PF 1	7.00	820.48	821.26	821.26	821.56	0.016191	2.42	2.89	4.88	1.00
INSERE	46.750*	PF 1	7.00	819.74	820.54	820.54	820.84	0.016120	2.41	2.90	4.90	1.00
INSERE	44	PF 1	7.00	819.00	819.81	819.81	820.11	0.016328	2.42	2.89	4.93	1.01
INSERE	41.250*	PF 1	7.00	818.23	819.05	819.05	819.35	0.016367	2.43	2.88	4.89	1.01
INSERE	38.500*	PF 1	7.00	817.45	818.28	818.28	818.58	0.016385	2.44	2.87	4.87	1.01
INSERE	35.750*	PF 1	7.00	816.68	817.51	817.51	817.82	0.016501	2.45	2.86	4.84	1.01
INSERE	33	PF 1	7.00	815.90	816.75	816.75	817.05	0.016334	2.44	2.87	4.81	1.01
INSERE	30.250*	PF 1	7.00	815.29	816.10	816.10	816.38	0.016209	2.35	2.97	5.37	1.01
INSERE	27.500*	PF 1	7.00	814.69	815.46	815.46	815.72	0.016166	2.28	3.07	5.90	1.01
INSERE	24.750*	PF 1	7.00	814.08	814.83	814.83	815.08	0.016220	2.22	3.16	6.41	1.01
INSERE	22	PF 1	7.00	813.47	814.20	814.20	814.44	0.016291	2.16	3.24	6.89	1.01
INSERE	19.800*	PF 1	7.00	812.66	813.38	813.38	813.62	0.016337	2.16	3.23	6.90	1.01
INSERE	17.600*	PF 1	7.00	811.84	812.57	812.57	812.80	0.016248	2.16	3.24	6.91	1.01
INSERE	15.400*	PF 1	7.00	811.03	811.75	811.75	811.99	0.016290	2.16	3.24	6.91	1.01
INSERE	13.200*	PF 1	7.00	810.21	810.93	810.93	811.17	0.016209	2.16	3.25	6.92	1.01
INSERE	11	PF 1	7.00	809.40	810.12	810.12	810.35	0.016224	2.16	3.25	6.92	1.01
INSERE	9.167*	PF 1	7.00	808.82	809.54	809.54	809.77	0.016301	2.16	3.24	6.94	1.01
INSERE	7.333*	PF 1	7.00	808.25	808.96	808.96	809.19	0.016263	2.15	3.25	6.96	1.01

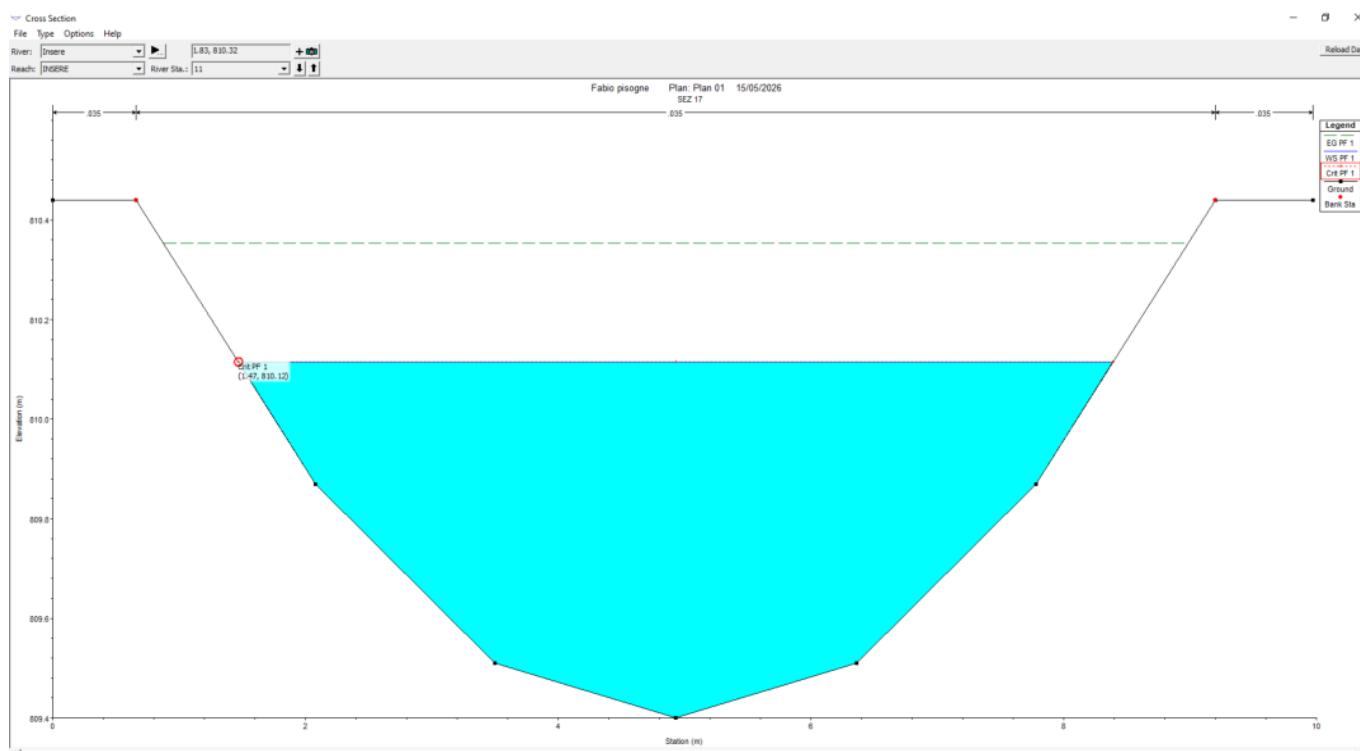
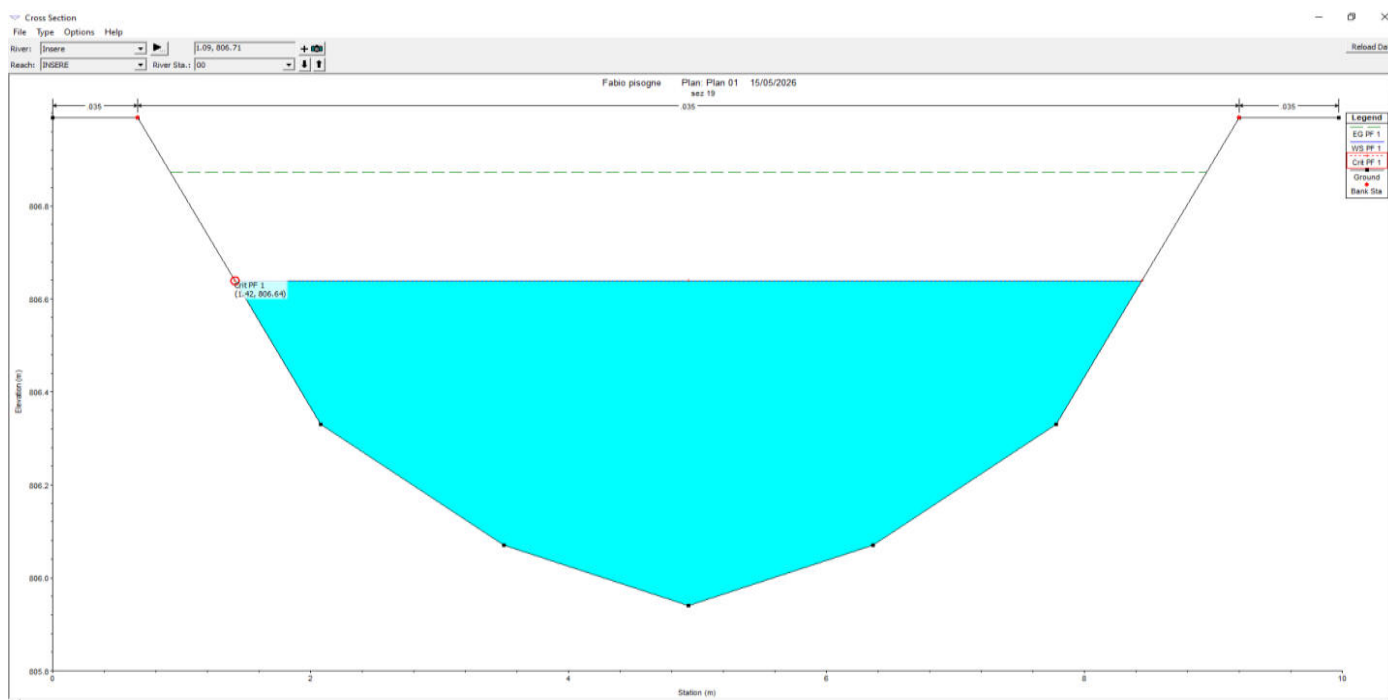
Total flow in cross section.

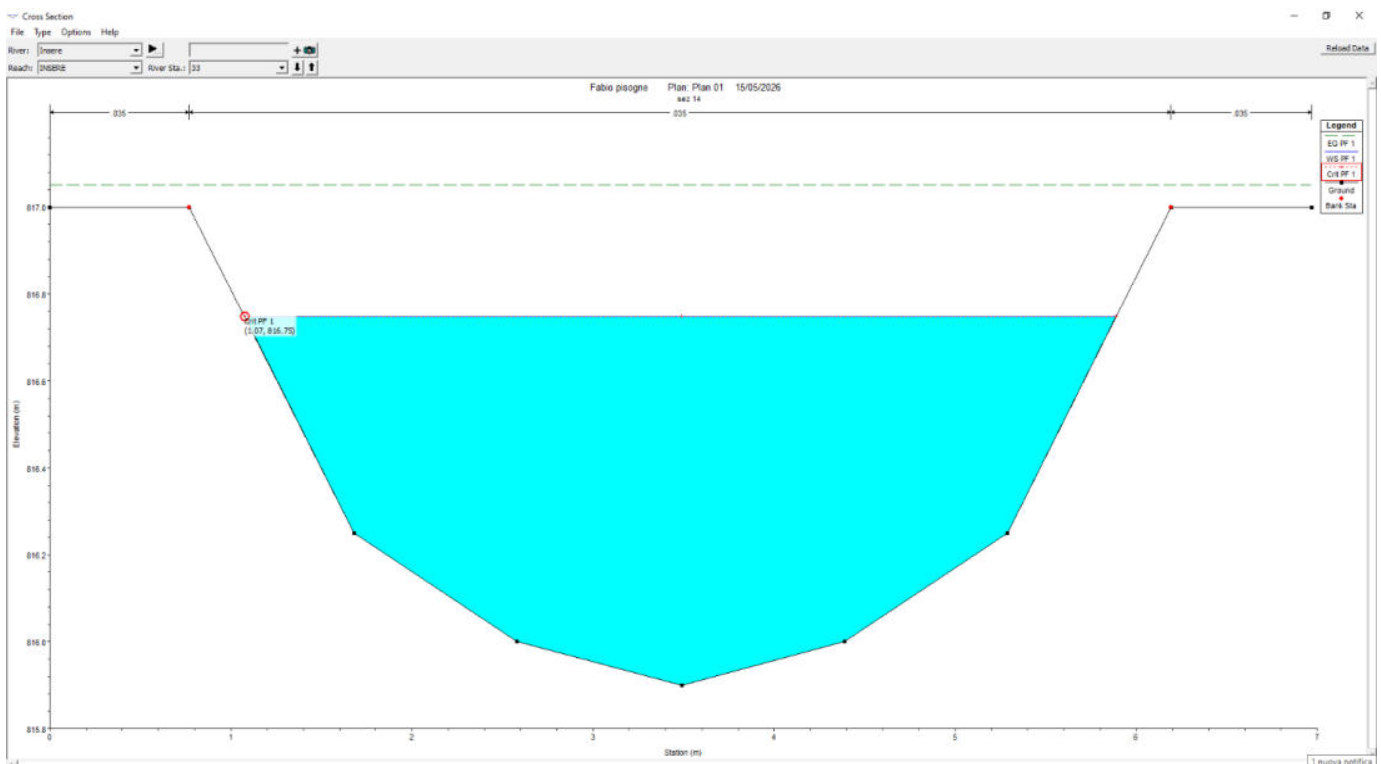
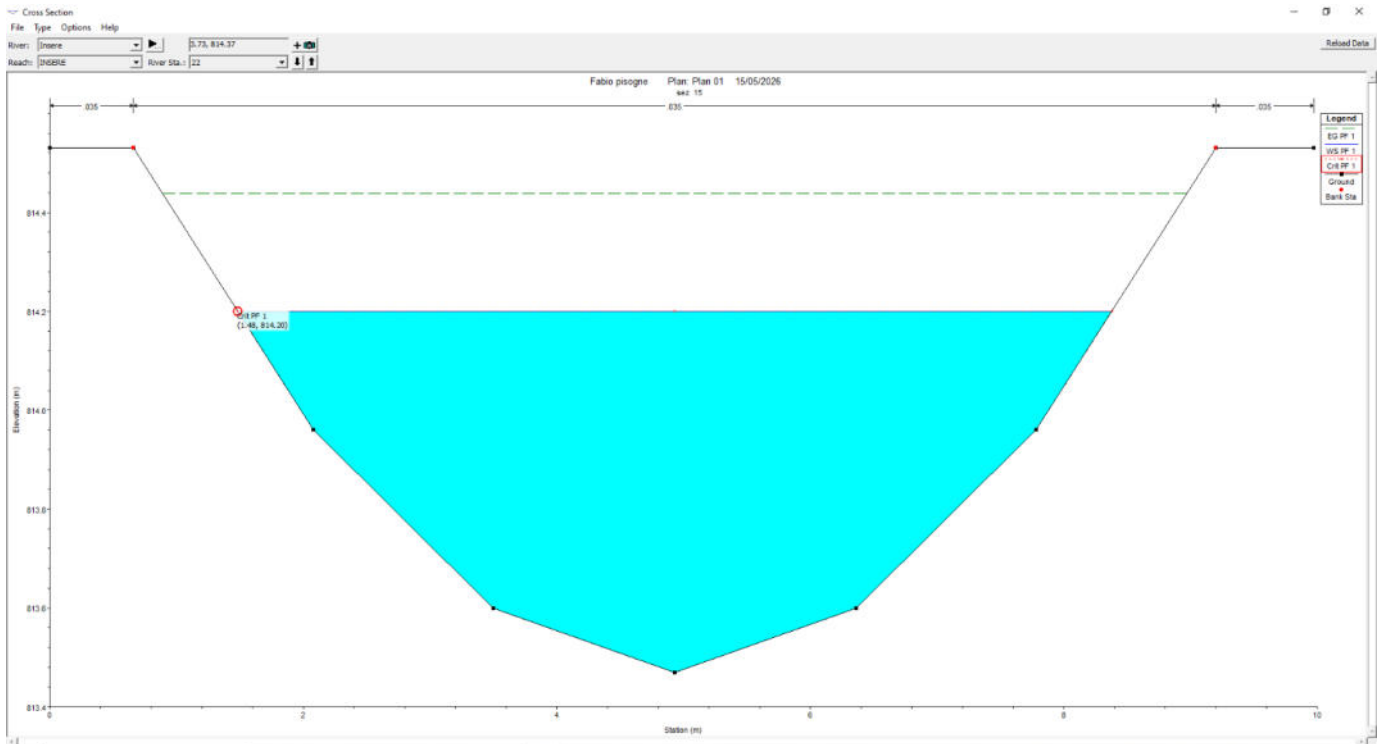
Figura 3: Estratto HEC-RAS – Valori di portata, quota pelo libero, altezza critica, velocità, area di deflusso e numero di Froude, T=200 anni

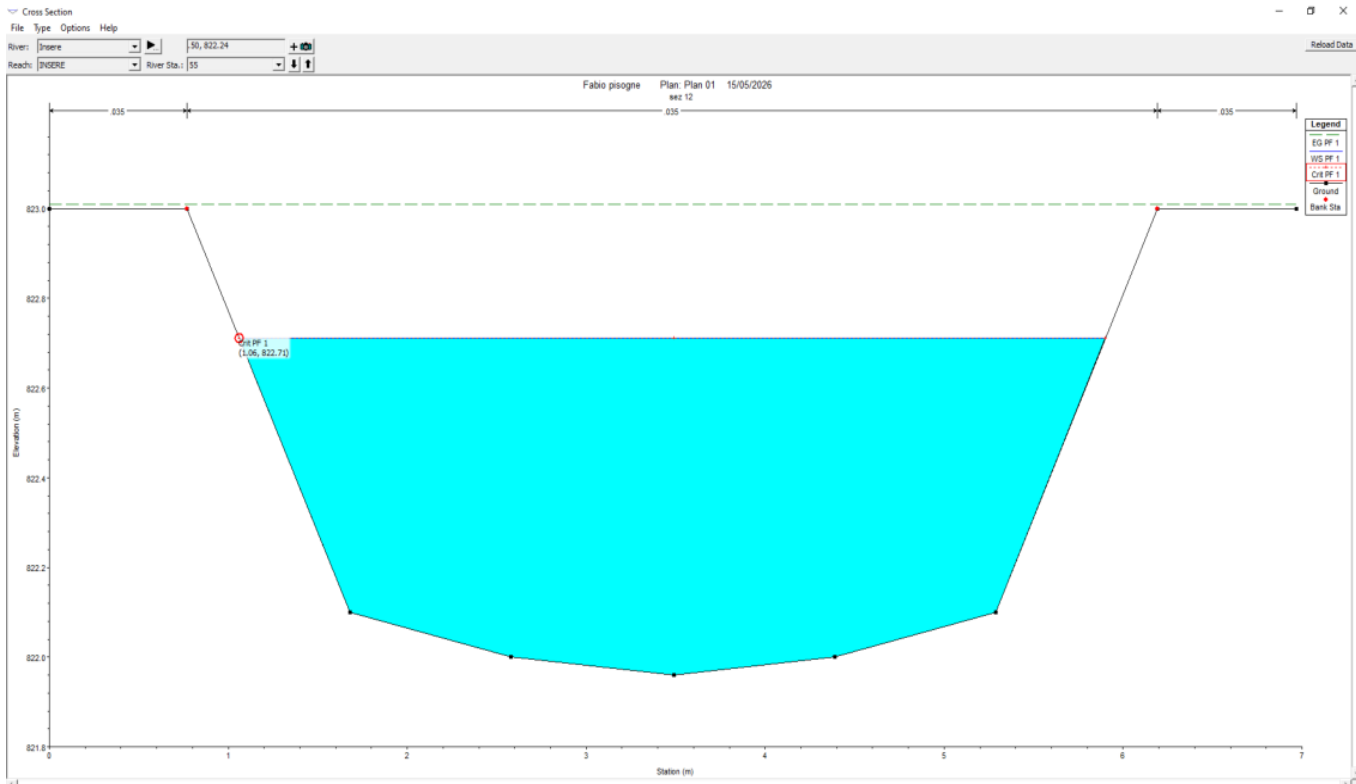
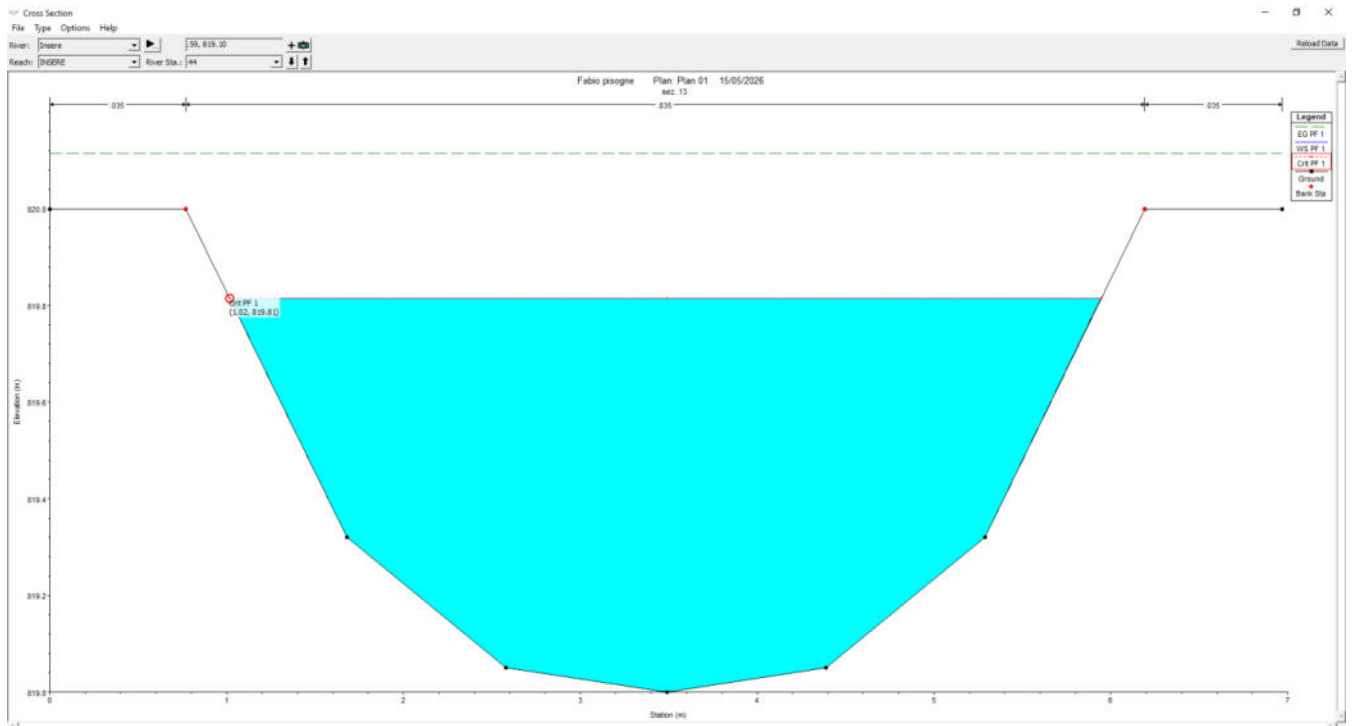


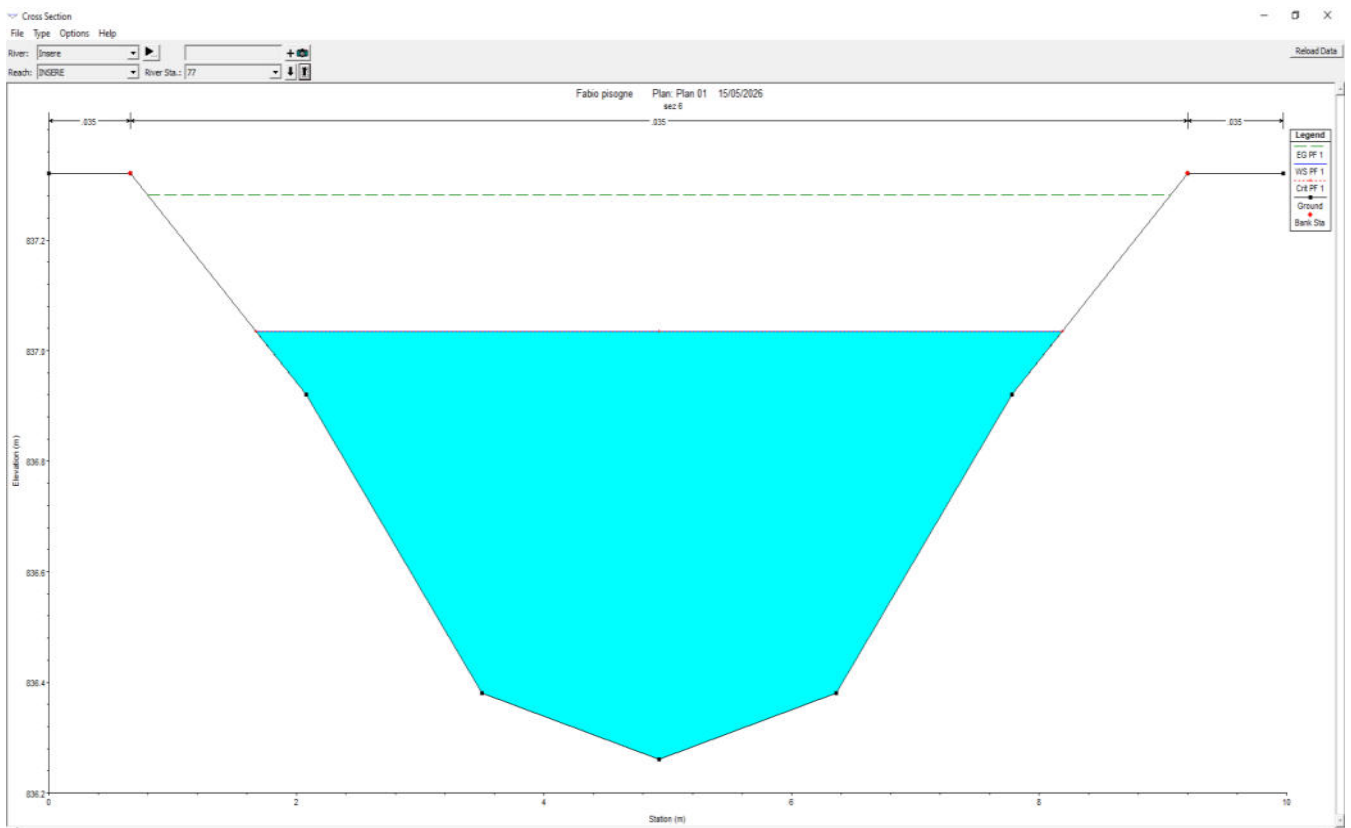
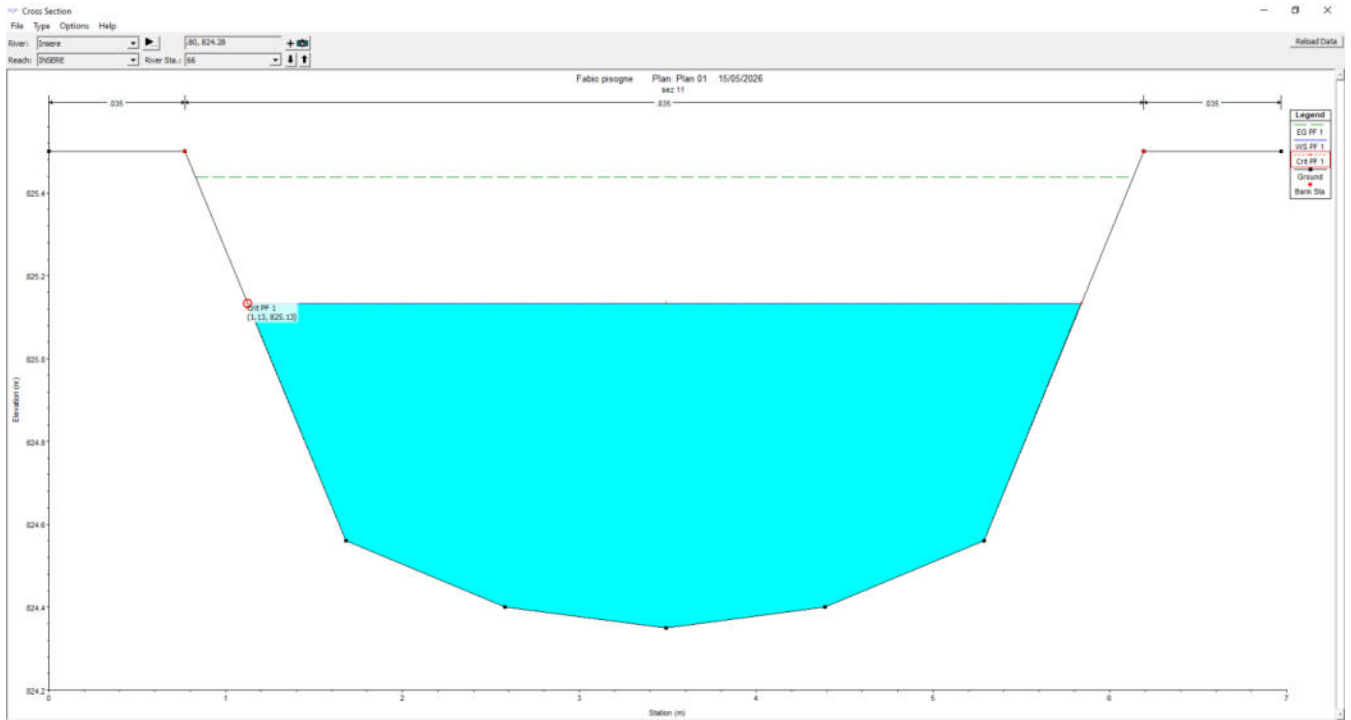
Nella figura 4. Di seguito vengono riportate immagini di alcune sezioni della simulazione indisturbata lungo il tratto analizzato (da valle a monte):

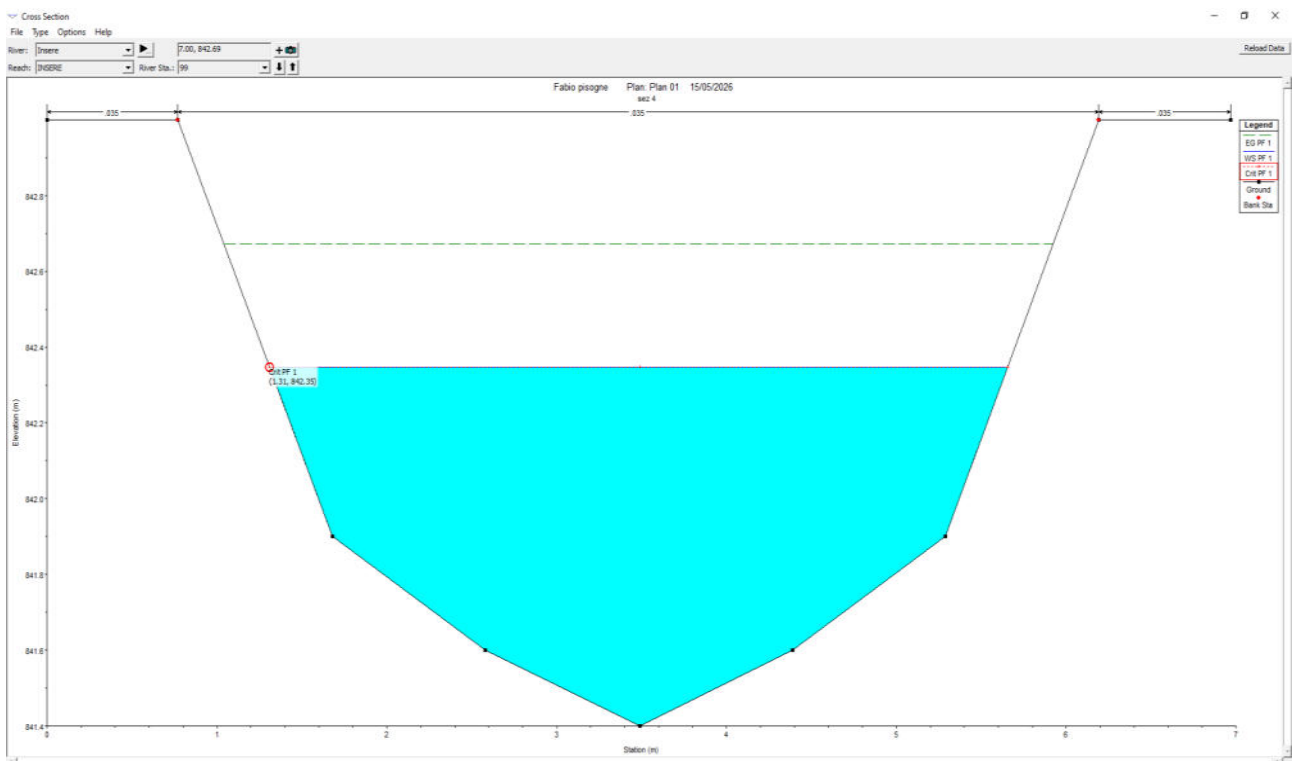
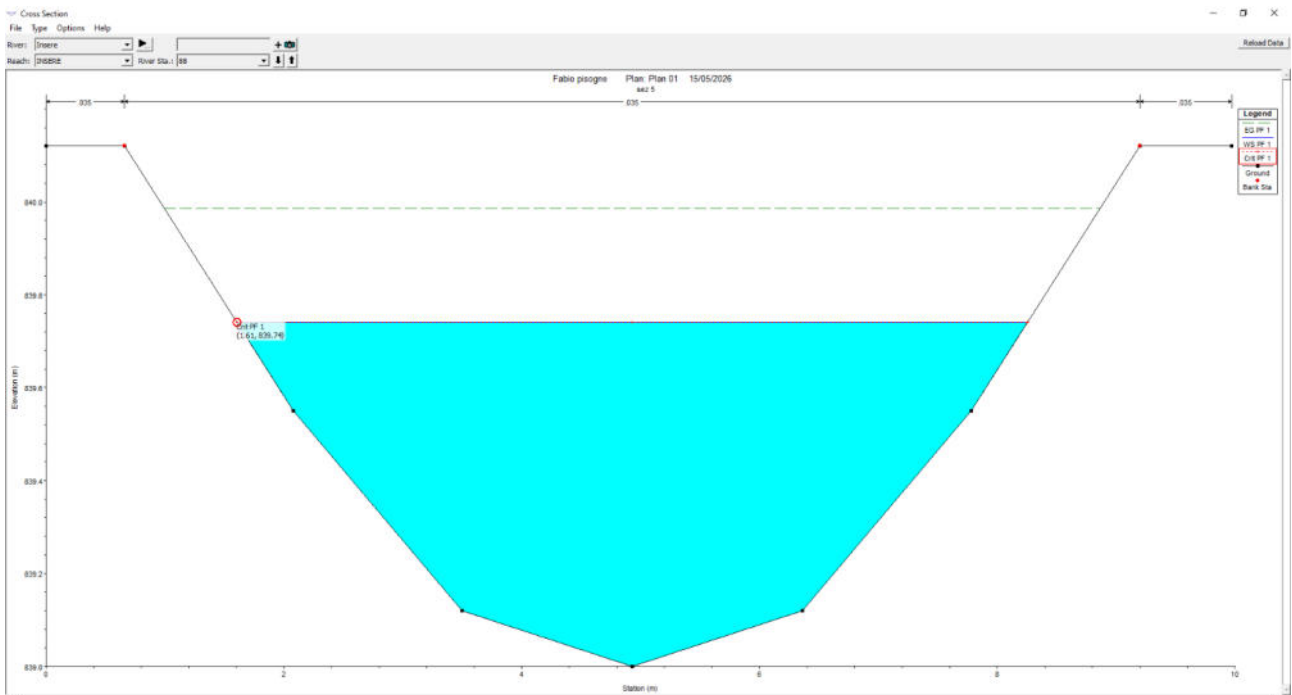
sezione 00 a valle.

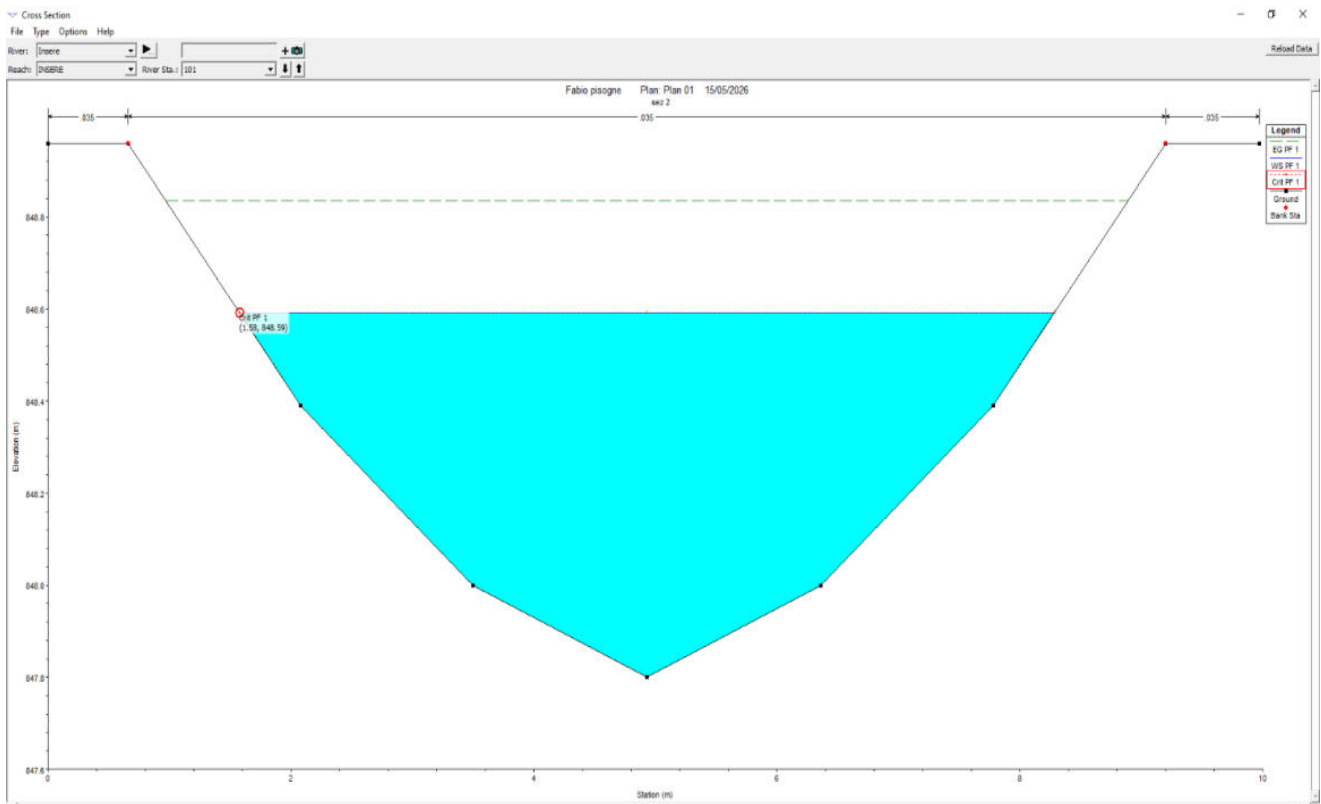
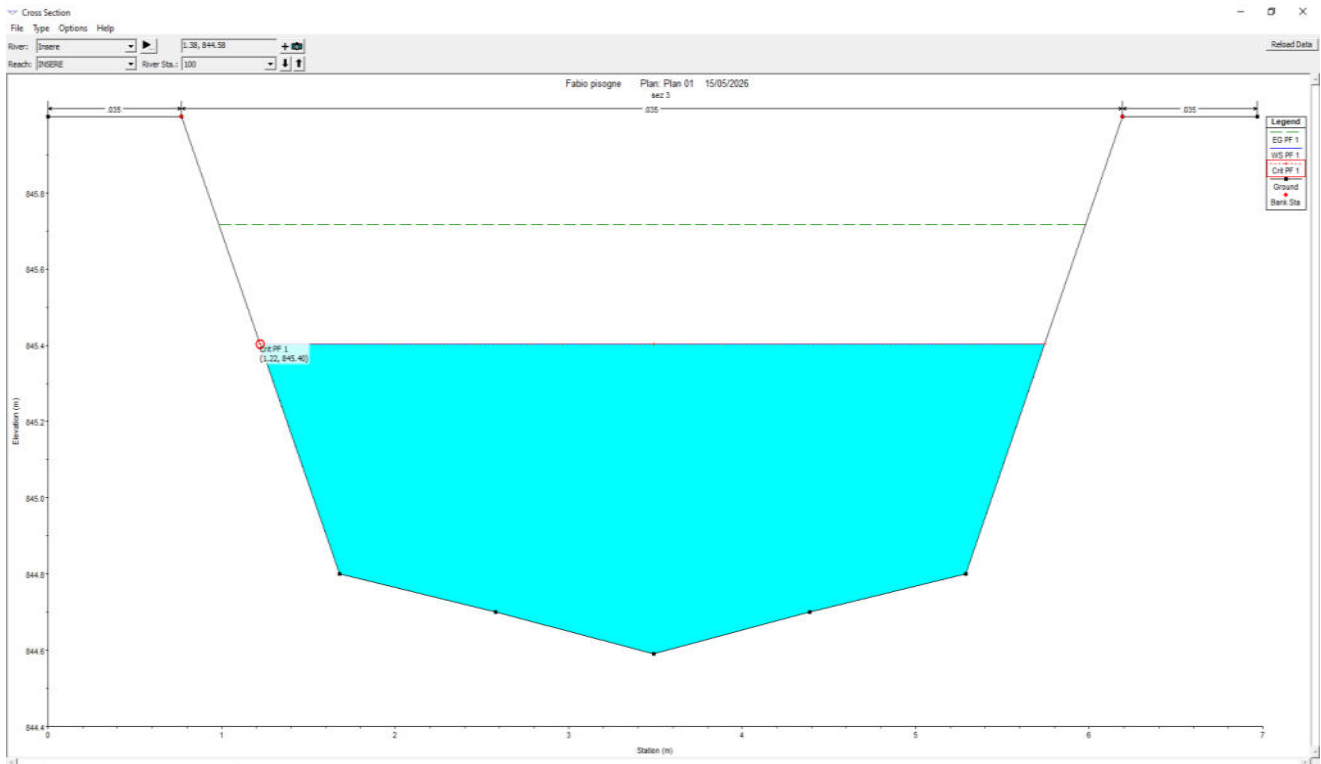












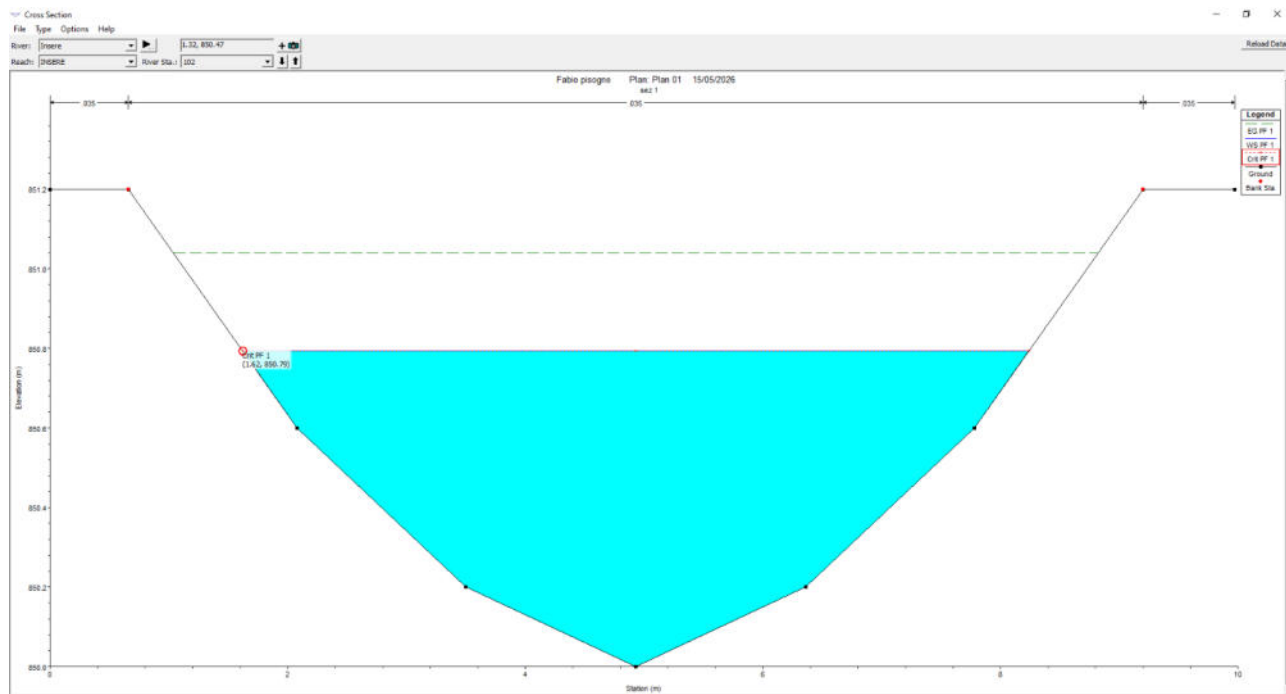


Figura 4: Estratto HEC-RAS Sezione da valle a monte, portata di verifica T=200 anni

Si può vedere dall'analisi idraulica effettuata che le sezioni sono idonee a contenere il flusso di acqua.

7) Conclusioni

Lo studio ha evidenziato il comportamento idraulico del tratto di torrente interessato dai lavori. La simulazione, condotta mediante il software HEC-RAS utilizzando una portata di verifica pari a $7 \text{ m}^3/\text{s}$, ha restituito esito positivo. Come si può osservare dai risultati della simulazione, le opere idrauliche trasversali risultano idonee al corretto smaltimento della portata di progetto. Oltre alla funzione idraulica le opere hanno lo scopo di stabilizzare il profilo del torrente.

Il tecnico:
dott. ing. Fabio A. Fanetti