


Progetto:	23P08	CITTADELLA DELLA LOGISTICA PDC CON CONTESTUALE VARIANTE AGLI STRUMENTI URBANISTICI CRESPINA LORENZANA (PI)	Techbau Engineering & Construction 
Rev.:	00		
Data:	2024/03/26		

CITTADELLA DELLA LOGISTICA

PERMESSO DI COSTRUIRE CON CONTESTUALE VARIANTE
AGLI STRUMENTI URBANISTICI ART.35 LRT 65/2014

RELAZIONE TECNICA

RELAZIONE IDRAULICA ANTIFOSSETTO

23P08DAR045RR-00

Professionista incaricato:



AEQUA ENGINEERING SRL
C.F. e P.IVA 03913010272
Sede legale ed operativa
Via Veneto 1
30030 Martellago (VE)
Tel./Fax +39 041 5631962
E-mail: info@aequaeng.com
PEC: posta@pec.aequaeng.com

Ing. Giuseppe Baldo



Giuseppe Baldo

00	2024/03/26	Prima Revisione - First Release	N.Cognome	N.Cognome	N.Cognome
REV.	DATA	DESCRIZION <i>DESCRIPTION</i>	PREPARATO <i>PREPARED</i>	CONTROLLATO <i>CHECKED</i>	APPROVATO <i>APPROVED</i>

INDICE GENERALE

1. PREMESSA.....	2
2. RELAZIONE IDROLOGICA.....	3
2.1. <i>Caratteristiche geomorfologiche del bacino.....</i>	<i>4</i>
2.2. <i>Definizione degli afflussi.....</i>	<i>5</i>
2.2.1. <i>LSPF adottate per la stima degli eventi critici.....</i>	<i>5</i>
2.2.2. <i>Ietogramma di progetto e fattore di ragguaglio.....</i>	<i>7</i>
2.3. <i>Le perdite di bacino: il metodo del CN del SCS.....</i>	<i>8</i>
2.4. <i>Trasformazione afflussi netti – deflussi: IUH di Clark.....</i>	<i>11</i>
2.5. <i>Risultati della modellazione idrologica: idrogrammi di piena.....</i>	<i>12</i>
3. RELAZIONE IDRAULICA.....	14
3.1. <i>Modello di calcolo RAS.....</i>	<i>15</i>
3.1.1. <i>Modello di calcolo a moto vario monodimensionale.....</i>	<i>15</i>
3.1.2. <i>Modello di calcolo a moto vario bidimensionale.....</i>	<i>16</i>
3.2. <i>Caratteristiche geometriche del modello idraulico.....</i>	<i>17</i>
3.3. <i>Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata.....</i>	<i>18</i>
3.4. <i>Condizioni al contorno.....</i>	<i>19</i>
3.5. <i>Impostazioni di calcolo.....</i>	<i>20</i>
3.6. <i>Criteri di modellazione di ponti e tombini.....</i>	<i>20</i>
3.7. <i>Scenari simulati.....</i>	<i>20</i>
3.8. <i>Verifica idraulica attraversamento.....</i>	<i>20</i>
4. ALLEGATI.....	22

2. RELAZIONE IDROLOGICA

Nel presente capitolo vengono definiti i criteri adottati ai fini della stima degli idrogrammi di piena e delle massime portate del reticolo idrografico oggetto di studio. Si è adottato per l'analisi uno ietogramma di progetto di tipo triangolare. La pioggia netta è stata calcolata adottando il modello di calcolo delle perdite del CN sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS), mentre per la trasformazione afflussi-deflussi si è considerato il metodo dell'idrogramma unitario di Clark.

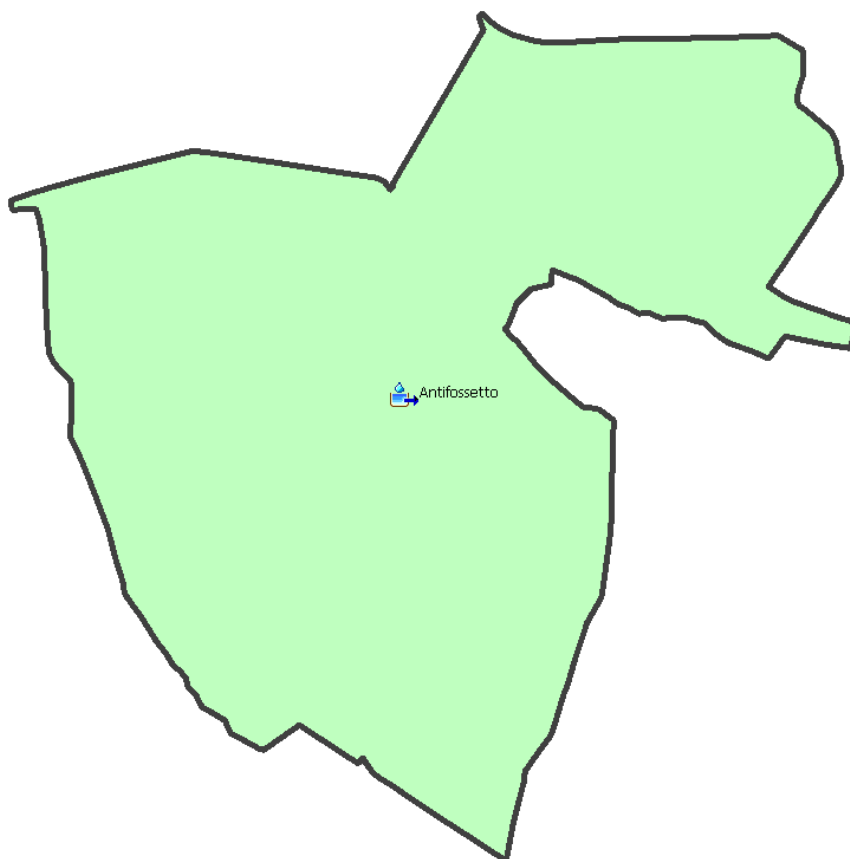


Figura 2: Bacino oggetto di studio su HEC-HMS

Il bacino oggetto di studio è riportato in Figura 2. Alcuni dati utili all'analisi idrologica sono stati ripresi dallo studio idrologico idraulico redatto a supporto degli strumenti urbanistici del comune di Collesalveti.

L'analisi è stata condotta con riferimento a un tempo di ritorno di 200 anni, coerentemente con quanto espresso nella normativa vigente in materia di progetto e verifica di attraversamenti, come nel caso in esame.

A [kmq]	10.43
Z_{max} [m slm]	30.77
Z_{min} [m slm]	5.20
i_b [m/m]	0.011
L_a [km]	4.95
L_{max} [km]	5.83
I_a [m/m]	0.006

Tabella 1: Caratteristiche geomorfologiche del bacino oggetto di studio

2.2. Definizione degli afflussi

2.2.1. LSPP adottate per la stima degli eventi critici

Per la stima delle precipitazioni è stato utilizzato il modello TCEV, facendo riferimento alle curve di possibilità pluviometrica dedotte nell'ambito dell' "Accordo di Collaborazione Scientifica RT-UNIFI - Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", di cui alla DGRT 1133/2012 e basate sulle elaborazioni dei dati di pioggia aggiornati fino al 2012.

Il modello a doppia componente *TCEV* interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione *TCEV* ha espressione:

$$P(x) = \exp\left[-\lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\theta_2)\right],$$

dove $P(x)$ indica la probabilità di non superamento del valore x della generica variabile casuale X mentre λ_i e θ_i ($i=1,2$) sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La forma canonica della distribuzione è:

$$P(z) = \exp\left[-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\theta)\right], \quad z = (x - \varepsilon_1)/\theta_1;$$

$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta};$$

Per la stima dei parametri della distribuzione è stato seguito un approccio gerarchico di regionalizzazione.

Attraverso l'analisi di frequenza regionale sono state stimate su tutto il territorio regionale le altezze di pioggia per le durate 1, 3, 6, 12, 24 ore ed i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500. Attraverso una regressione lineare sono stati calcolati i parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica a ed n , grazie ai quali è possibile calcolare, per qualsiasi durata, in qualsiasi punto del territorio regionale, l'altezza di pioggia per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500. I parametri a ed n sono forniti in formato raster, con risoluzione 1 km x 1 km.

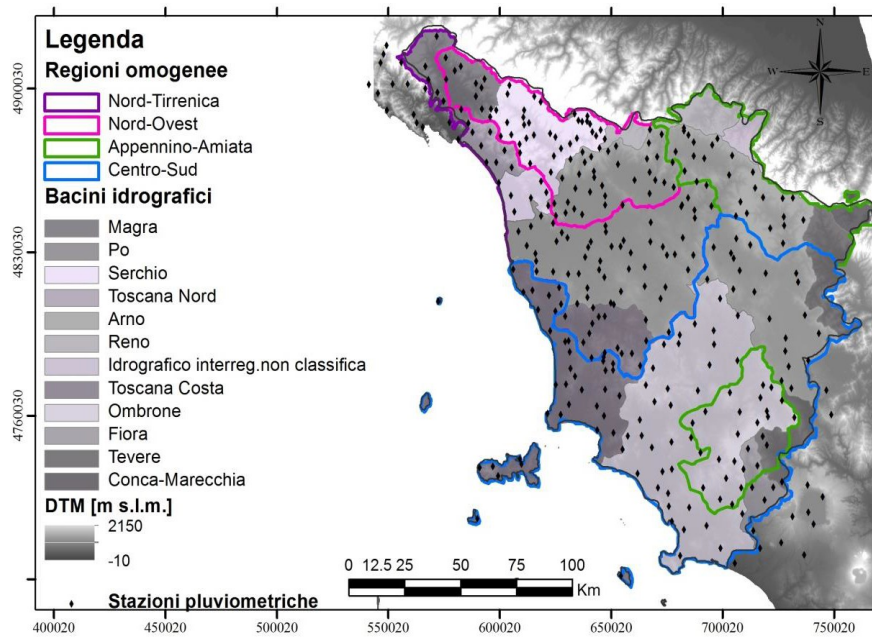


Figura 4: Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee.

Le seguenti figure riportano la distribuzione dei parametri a ed n per il bacino oggetto di studio, con riferimento a un tempo di ritorno di 200 anni.

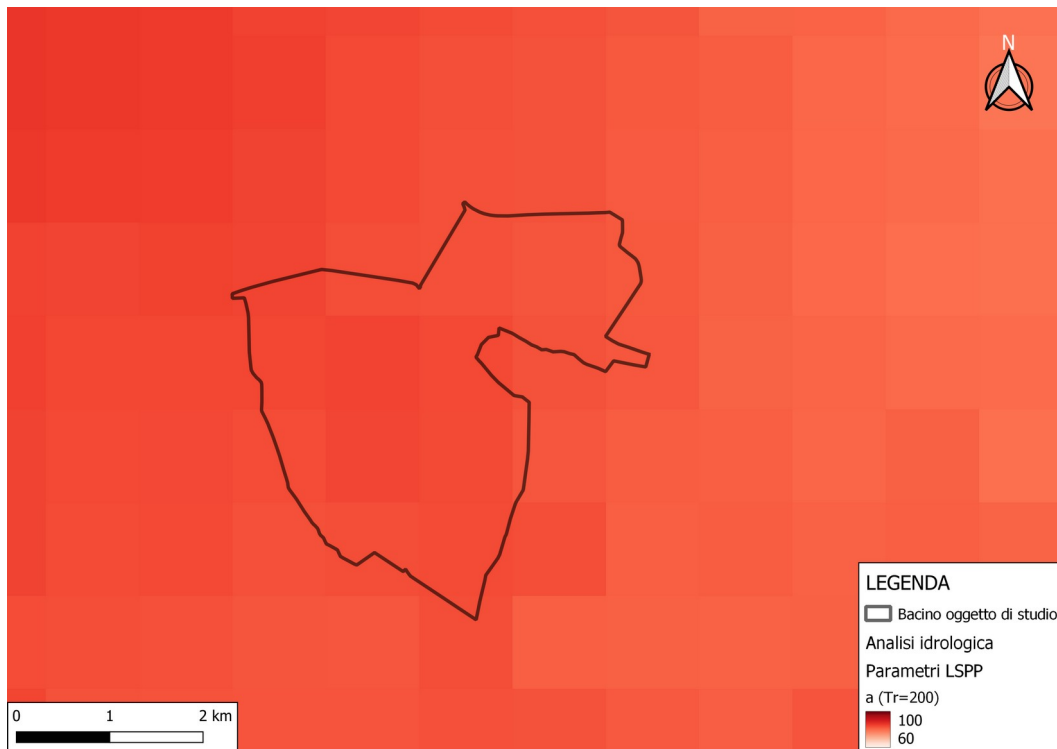


Figura 5: Parametro a della LSPP, per un tempo di ritorno di 200 anni

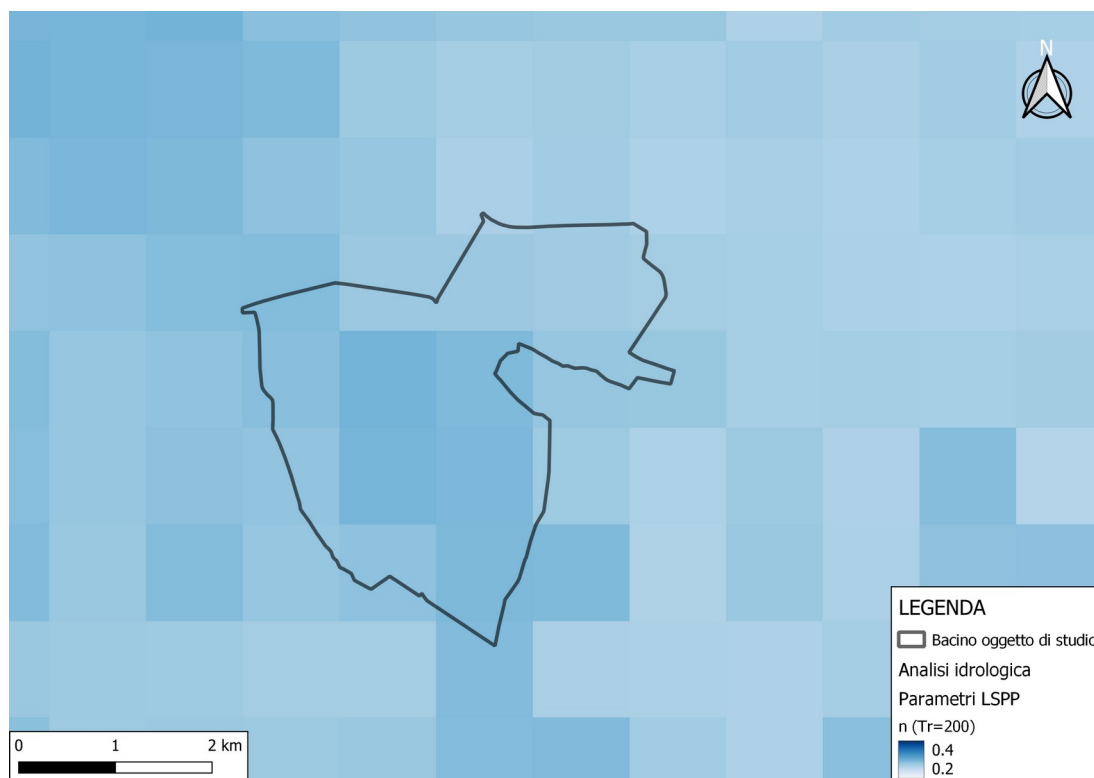


Figura 6: Parametro n della LSPP, per un tempo di ritorno di 200 anni

Nella seguente tabella si riportano i valori dei parametri a e n della LSPP, mediati sull'intero bacino oggetto di studio per il tempo di ritorno di 200 anni, ai fini del calcolo degli afflussi meteorici per il caso in esame.

Tr (anni)	a	n
200	84.30	0.290

Tabella 2 - Parametri a e n della LSPP mediati sull'intero bacino oggetto di studio

Si ha quindi:

$$h_{200} = 84.30 t^{0.290}$$

2.2.2. Ietogramma di progetto e fattore di ragguglio

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono le altezze di pioggia attese per un assegnato tempo di ritorno ed una fissata durata dell'evento. È necessario pertanto scegliere successivamente la distribuzione della pioggia all'interno della finestra temporale corrispondente alla durata prescelta.

L'osservazione sperimentale delle piogge intense mostra che, all'interno di un'area assegnata, l'intensità di precipitazione durante un certo evento risulta variabile da punto a punto in misura tanto più accentuata quanto maggiore è l'estensione dell'area esaminata. Nel caso di bacini idrografici caratterizzati da un'estensione areale indicativamente superiore a 25 km² (da indicazioni della World Meteorological Organization), è opportuno apportare una correzione dell'altezza di pioggia mediante l'applicazione di un idoneo coefficiente di ragguglio.

Nelle simulazioni idrologiche condotte si sono fatte le seguenti assunzioni:

- ietogrammi di progetto triangolari;
- coefficiente di ragguaglio unitario (ARF = 1), considerate le ridotte dimensioni del bacino oggetto di studio.

2.3. Le perdite di bacino: il metodo del CN del SCS

Le perdite di bacino possono essere valutate mediante l'applicazione del metodo elaborato dal Soil Conservation Service (SCS) e basato sul parametro CN.

Tale metodo trae origine dall'equazione di continuità, espressa dalla seguente formula:

$$P_{net} = P - S'$$

con P_{net} volume specifico (mm) di pioggia netta, P volume specifico affluito, S' volume specifico infiltrato. Il metodo ipotizza la validità della seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{(S')}{S} = \frac{P_{net}}{(P - I_a)}$$

dove S è il massimo volume d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e I_a la perdita iniziale. Combinando le due equazioni precedenti si ottiene:

$$\begin{aligned} P_{net} &= 0 && \text{per } P < I_a \\ P_{net} &= \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} && \text{per } P > I_a \end{aligned}$$

Per la stima di I_a si può far ricorso alla classica relazione: $I_a = 0.2 S$, dove la valutazione di S è ricondotta a quella dell'indice CN, secondo la seguente:

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

valida per S espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso tra 0 e 100, definito in funzione dei seguenti elementi: gruppo idrologico di suolo, tipologia di uso del suolo e condizione di umidità del suolo all'istante di inizio della precipitazione.

Per quanto riguarda i dati relativi al gruppo idrologico e alla tipologia e uso del suolo si è fatto riferimento ai dati più aggiornati disponibili sul sito della Regione Toscana. I dati relativi al gruppo idrologico dei suoli derivano dal DB Pedologico regionale mentre i dati di uso del suolo derivano dal database Corine Land Cover UCS 2019 della Regione Toscana.

Per l'assegnazione del parametro CN è stato fatto riferimento alla specifica tabella riportata in "Macroattività B - Modellazione idrologica Attività B2: Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: parametrizzazione HMS" (Università di Firenze, Regione Toscana, 2014).

Le seguenti figure riportano la distribuzione di uso e tipo di suolo e dei gruppi idrologici per l'area di studio.

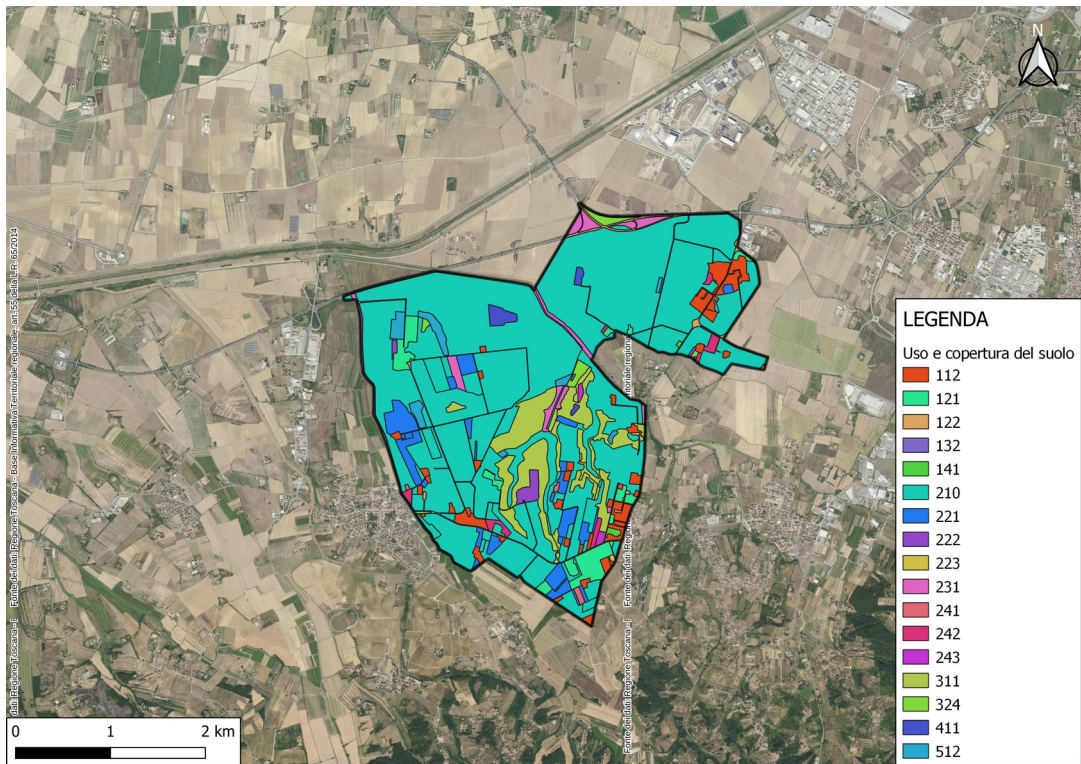


Figura 7 - Mappa di uso e copertura del suolo per il bacino oggetto di studio

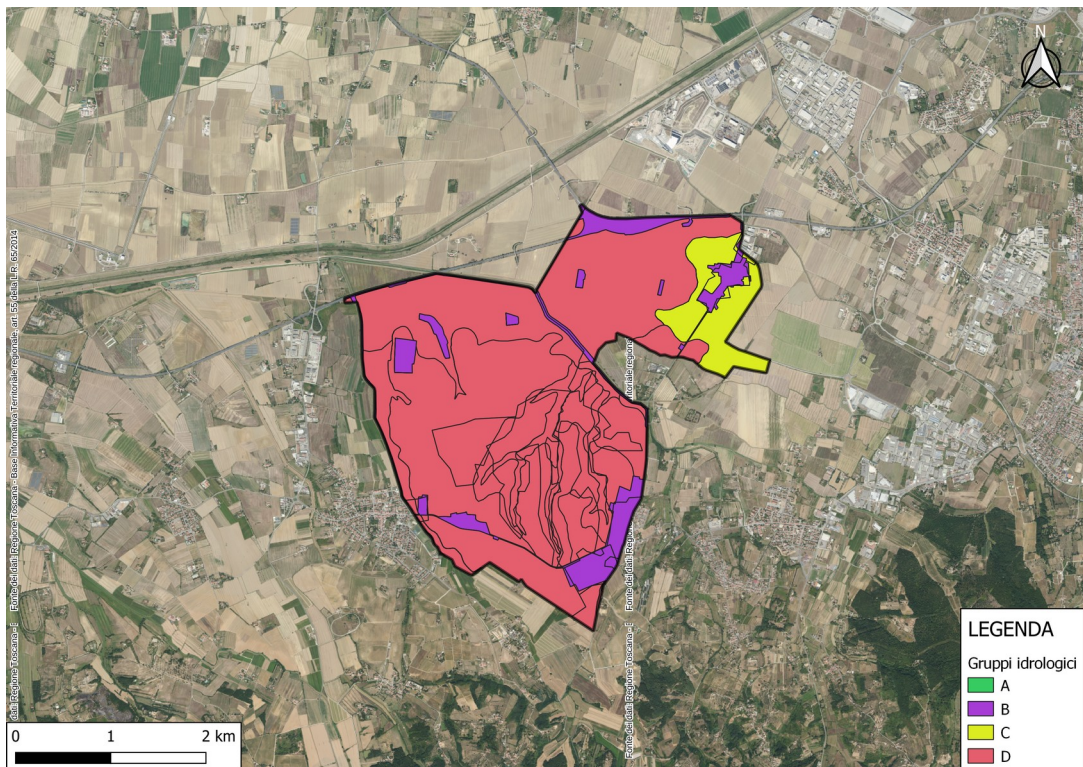


Figura 8 - Mappa dei gruppi idrologici per il bacino oggetto di studio

La mappa del CN medio ottenuta seguendo il procedimento sin qui descritto è riportata in Figura 9.

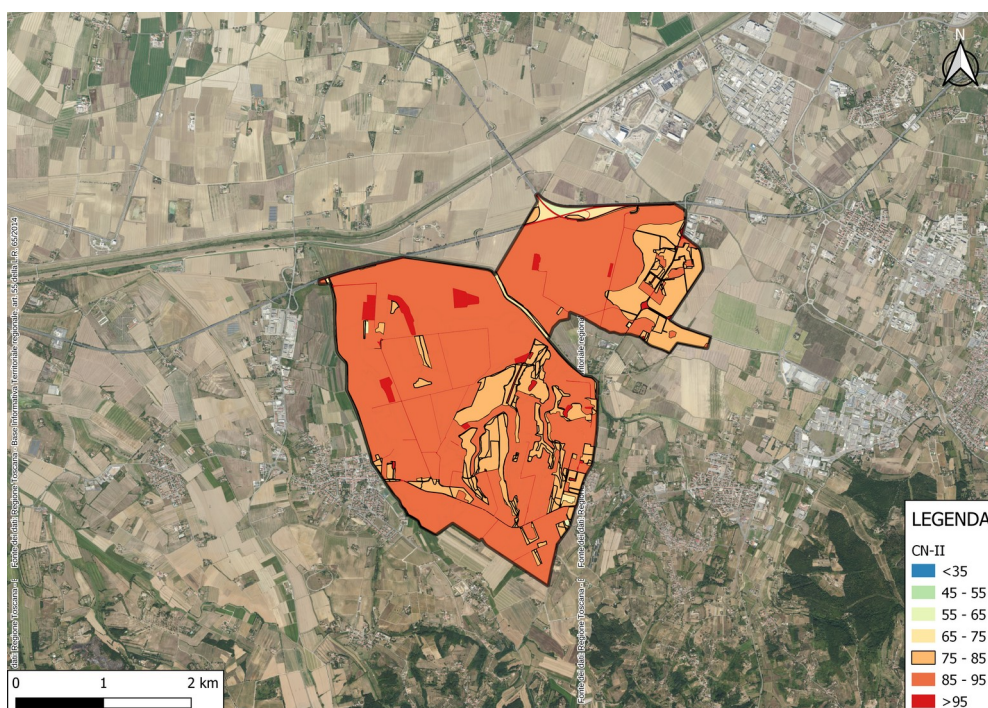


Figura 9 - Mappa del CNII per il bacino oggetto di studio

Per quanto concerne la condizione di umidità iniziale del suolo, sono state individuate tre classi di umidità denominate AMC (Antecedent Moisture Condition) in base ai mm di pioggia che si sono avuti nei 5 giorni antecedenti l'evento, come indicato nella seguente tabella:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti all'evento (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 13	< 36
II	13-28	36 - 54
III	> 28	> 54

Tabella 3: Classi AMC del metodo CN

La conversione dei valori del CN in relazione alla condizione di umidità iniziale può essere effettuata mediante le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{(4.2 \cdot CN(II))}{(10 - 0.058 \cdot CN(II))} \quad CN(III) = \frac{(23 \cdot CN(II))}{(10 + 0.13 \cdot CN(II))}$$

Nello studio è stata considerata cautelativamente la condizione AMC III, convertendo dunque il CNII medio nel corrispondente CNIII sulla base delle formule di cui sopra, ottenendo un valore di CNIII medio per l'intero bacino oggetto di studio di 93.54.

2.4. Trasformazione afflussi netti – deflussi: IUH di Clark

Per la trasformazione afflussi netti – deflussi si è ricorso all'utilizzo del metodo dell'idrogramma unitario di Clark. La definizione dell'IUH di Clark nasce dalla considerazione che i fenomeni fisici che governano la trasformazione afflussi deflussi sono essenzialmente due:

- la traslazione della pioggia netta dal suo punto di origine alla sezione di chiusura del bacino idrografico;
- i fenomeni di invaso e svaso di acqua che avvengono in un bacino soggetto a eventi meteorici.

La sua applicazione richiede la definizione del tempo di corrivazione del bacino idrografico e della costante di invaso del serbatoio lineare, che rappresenta i fenomeni di invaso nel bacino idrografico stesso. Inoltre, sulla base degli studi condotti da HEC-USACE, il rapporto $R/(T_c+R)$ assume generalmente un valore costante all'interno di regioni idrologiche omogenee. Tale parametro varia generalmente da valori prossimi a 0.1, tipici solitamente di idrogrammi caratterizzati da un ramo ascendente ripido (ad esempio idrogrammi generati da bacini urbani o da bacini ad elevata pendenza media) fino a valori prossimi a 0.7, che si hanno per idrogrammi relativi a bacini agricoli pianeggianti o coperti da boschi, con bassa pendenza media.

Per quanto riguarda invece il calcolo del tempo di corrivazione T_c , sulla base delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini, si sono considerate le seguenti formule:

$$t_c = 0.322 \cdot (A^{0.594} \cdot S^{0.313}) / (L_{max}^{0.594} \cdot i_b^{0.150}) \quad \text{Simas - Hawkins}$$

$$t_{c,SCS} = 0.00227 (1000 L_{max})^{0.8} \left[\left(\frac{1000}{CNI} \right) - 9 \right]^{0.7} i_b^{-0.5} \quad \text{SCS}$$

$$t_c = 0.108 \frac{(A L_a)^{0.333}}{i_a^{0.5}} \quad \text{Pasini}$$

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{i_a^{0.25}} \right)^{0.76} \quad \text{Temez}$$

avendo indicato con A l'area del bacino in Km², con L la lunghezza dell'asta principale in Km, con i_b la pendenza media del bacino in m/m, con i_a la pendenza media dell'asta principale in m/m, con S la ritenzione massima del terreno in mm, con L_{max} la massima distanza tra la sezione di chiusura del bacino e lo spartiacque in km e con T_c il tempo di corrivazione in ore.

<i>tc (Simas - Hawkins)</i>	2.83	ore
<i>tc (SCS)</i>	4.26	ore
<i>tc (Pasini)</i>	5.22	ore
<i>tc (Temez)</i>	3.93	ore

Tabella 4: Tempi di corrivazione per il bacino oggetto di studio

Mediando i valori del tempo di corrivazione che si ottengono mediante l'applicazione delle formule su scritte e i cui risultati sono riportati in Tabella 4, si ottiene così un valore del tempo di corrivazione medio del bacino di 4.059 h.

A questo punto, per la stima di R si tiene conto del fatto che per bacini idrologici di caratteristiche omogenee il rapporto $R/(T_c+R)$ assume generalmente un valore costante, come già detto pocanzi. Nel caso in esame si è assunto lo stesso valore adottato per il medesimo bacino nello "Studio idrologico e idraulico a supporto del regolamento urbanistico" redatto da Prima Ingegneria per il comune di Collesalveti, in cui il rapporto $R/(T_c+R)$ è risultato pari a 0.48. Mediante formula inversa, sulla base del valore di tale rapporto, si giunge così a un valore della costante R del metodo dell'IUH di Clark di 3.676 h.

2.5. Risultati della modellazione idrologica: idrogrammi di piena

Sulla base di quanto sopra esposto, è stato implementato il modello idrologico dell'area di studio sul software HEC-HMS. Sono state eseguite simulazioni per un tempo di ritorno di 200 anni, con durate di pioggia pari a 3 h, 6 h, 7 h e 8 h.

Si sono così ottenuti i seguenti idrogrammi di piena:

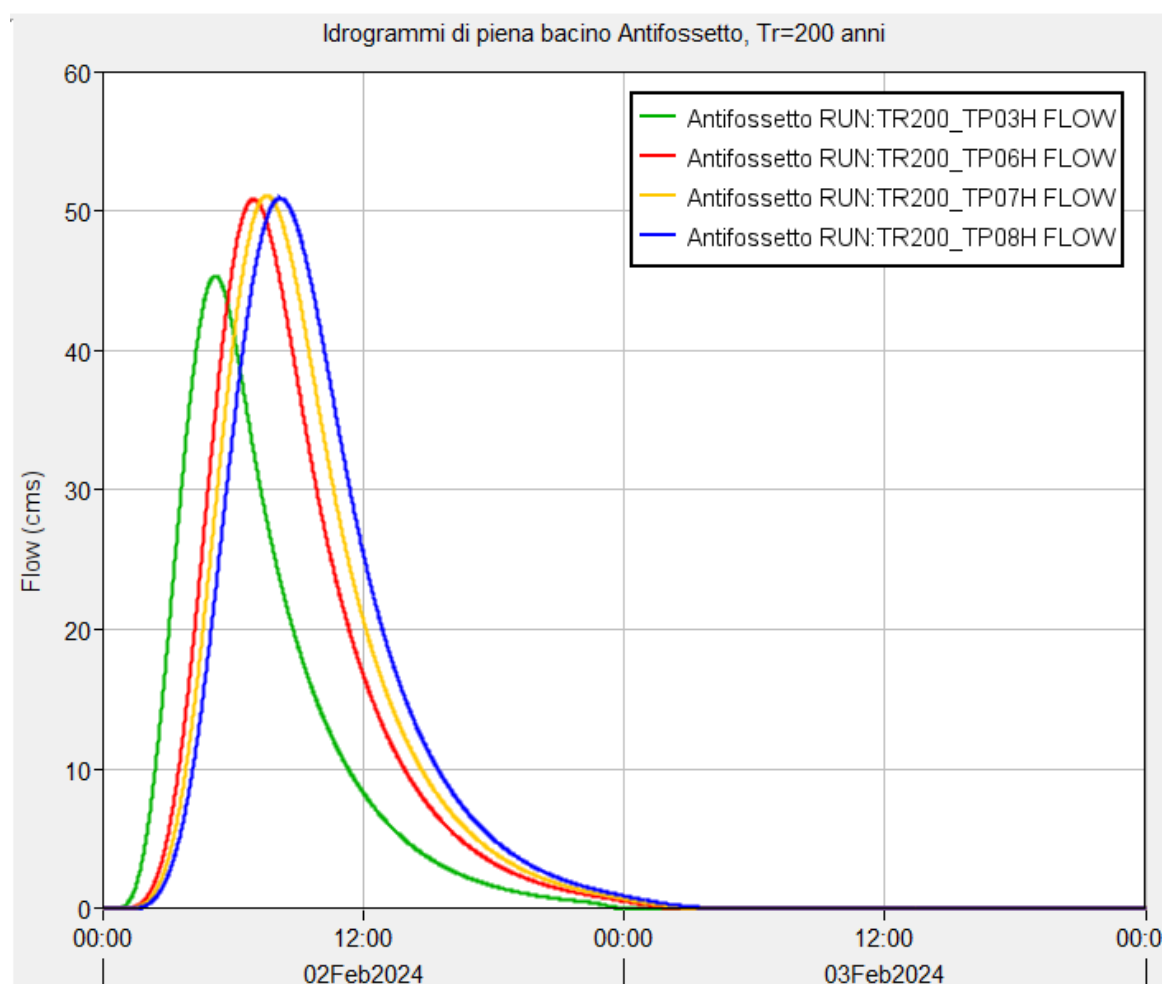


Figura 10: Idrogrammi di piena del bacino oggetto di studio, per $Tr=200$ anni, durate di pioggia 3h, 6h, 7h, 8h

Ogni simulazione è individuata con una sigla in cui TRXXX indica il tempo di ritorno (pari a 200 anni) e TPYY la durata dello ietogramma di pioggia.

Nella seguente tabella si riepilogano i valori di picco degli idrogrammi riportati in Figura 10:

<i>Q_{max,3h}</i>	<i>45.3</i>	<i>m³/s</i>
<i>Q_{max,6h}</i>	<i>50.8</i>	<i>m³/s</i>
<i>Q_{max,7h}</i>	<i>51.1</i>	<i>m³/s</i>
<i>Q_{max,8h}</i>	<i>50.9</i>	<i>m³/s</i>

Tabella 5: Portate di picco per il bacino oggetto di studio, per Tr=200 anni

Si può notare allora come il picco della portata si manifesti per un evento di durata pari a 7 h. Tale idrogramma è stato utilizzato per le verifiche dell'attraversamento.

3. RELAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica del tratto di interesse è stata condotta mediante il software HEC-RAS 6.3.1 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), prodotto anch'esso dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

Le simulazioni sono state eseguite in regime di moto vario mono e bidimensionale: in particolare si è proceduto ad implementare un'analisi monodimensionale in alveo e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso.

Di seguito si riporta un estratto della planimetria di modellazione RAS, in prossimità della zona in cui è ubicato l'attraversamento in progetto.

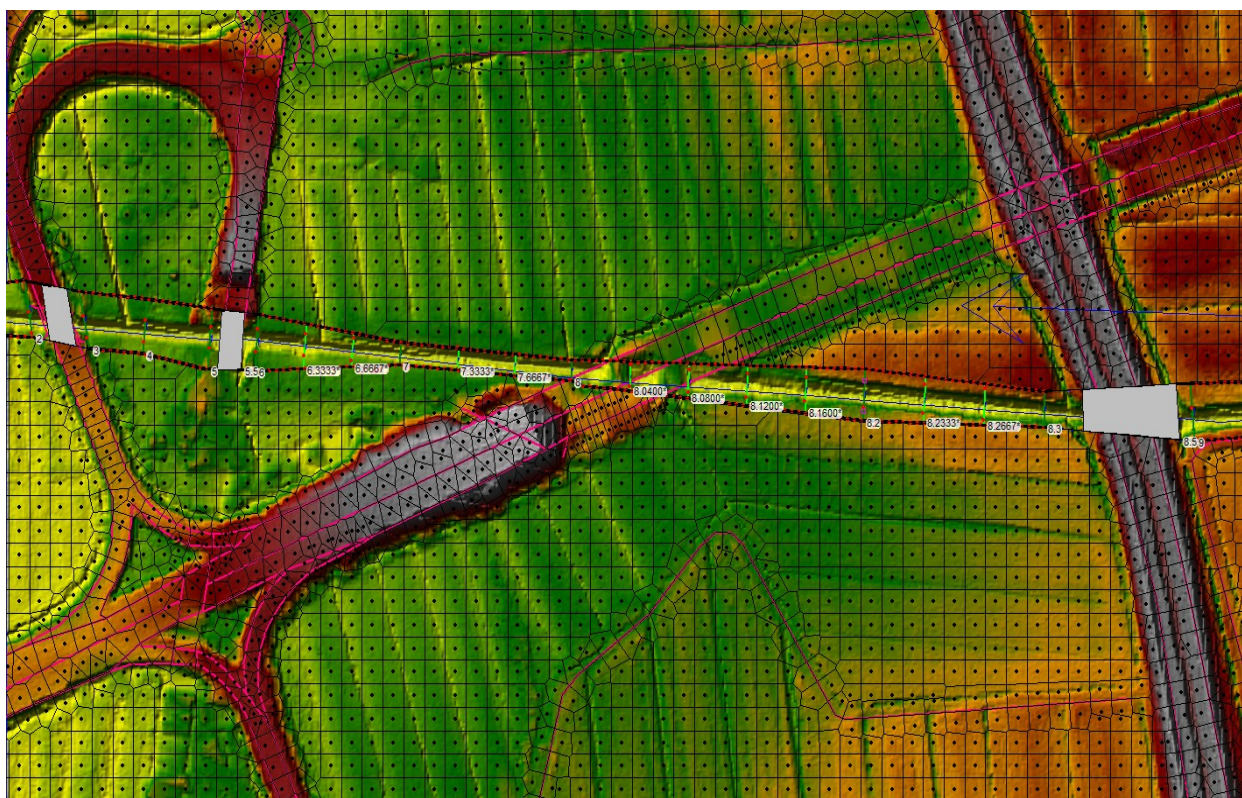


Figura 11: Estratto della planimetria di modellazione RAS nella zona dell'attraversamento in progetto

Per la planimetria di modellazione completa si rimanda all'allegato posto in coda alla presente relazione.

Nel seguito dopo una succinta esposizione delle caratteristiche dei modelli matematici adottati da RAS si procede con la descrizione dei parametri di modellazione adottati.

3.1. Modello di calcolo RAS

3.1.1. Modello di calcolo a moto vario monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1-\Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1-\Phi^2) Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q ; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida γ), A l'area liquida, S_f la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "*Local Partial Inertia*", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume $Fr=1$, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

3.1.2. Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti.

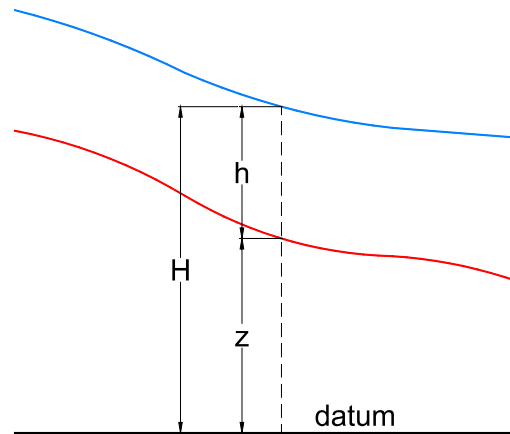


Figura 12: sistema di riferimento di Hec-Ras 2D: la quota del terreno è indicata con $z(x,y)$ l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$

Conservazione della massa: assumendo il fluido incomprimibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial (h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui t è il tempo, u e v sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni x ed y e q è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial u}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot u + f \cdot v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot v - f \cdot u$$

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, ν_t è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis.

Utilizzando la formula di Chézy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

$$c_f = \frac{g \cdot |V|}{C^2 \cdot R}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità, $|V|$ è il modulo del vettore velocità, C è il coefficiente di Chézy ed R è il raggio idraulico. Utilizzando la formula di Manning $C = R^{1/6}/n$, in cui n è il coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

$$c_f = \frac{n^2 \cdot g |V|}{R^{4/3}}$$

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di preprocessione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

3.2. Caratteristiche geometriche del modello idraulico

La geometria del modello idraulico è stata ricostruita sulla base del LIDAR 1m x 1m fornito dalla Regione Toscana e delle sezioni di rilievo topografico diretto appositamente redatte per il tratto oggetto di studio. È stato modellato un tratto di circa 1.2 km, lunghezza tale da evitare effetti al contorno per le valutazioni di interesse. Nel dettaglio, per la definizione della geometria del modello si è operato nel seguente modo:

- per la modellazione dell'alveo inciso si è fatto riferimento alle sezioni di rilievo disponibili, la cui ubicazione planimetrica è riportata in allegato. Una volta definite le sezioni geometricamente e planimetricamente nel modello, se n'è verificata la coerenza con il LIDAR disponibile. Inoltre, oltre alle sezioni di modellazione idraulica dedotte dai rilievi, sono state inserite sezioni interpolate ogni 30-35 m, generate da HEC-RAS a partire dalle sezioni rilevate, per una più corretta definizione della geometria del modello.
- le caratteristiche topografiche della rete di calcolo 2D sono state desunte dal DTM generato dai dati LIDAR della Regione Toscana disponibili per l'area di studio. La rete di calcolo bidimensionale interessa le aree esterne all'alveo inciso ed è stata definita utilizzando le opzioni di discretizzazione automatica del dominio di calcolo presenti in HEC-RAS, definendo opportune break-lines in corrispondenza di elementi morfologicamente ed idraulicamente significativi, quali strade, corsi d'acqua, rilevati, ecc.

Le aree di calcolo bidimensionali sono collegate con l'alveo inciso mediante "lateral structures", da cui si ha lo scambio di acqua (bidirezionale) tra modello monodimensionale e bidimensionale. Le celle di calcolo bidimensionali sono state realizzate tenendo conto di eventuali ostacoli significativi per il deflusso idraulico quali possono essere strade e rilevati, rappresentati per mezzo di "break lines". La geometria delle *lateral structure* è ripresa dalla geometria delle sezioni rilevate, integrata ove necessario dai dati LIDAR. Come modello di calcolo per le strutture laterali si è optato per la risoluzione delle *Normal 2D Equation Domain*. Per tutti gli scenari di modellazione è stata utilizzata una maglia computazionale di dimensione principale di 10 m x 10 m.

Il ponte in progetto (RS 8.2) è caratterizzato da una luce di 12 m tra le spalle e una quota intradosso di 9.30m s.l.m.m.. Di seguito se ne riporta la geometria così come schematizzata all'interno del modello RAS:

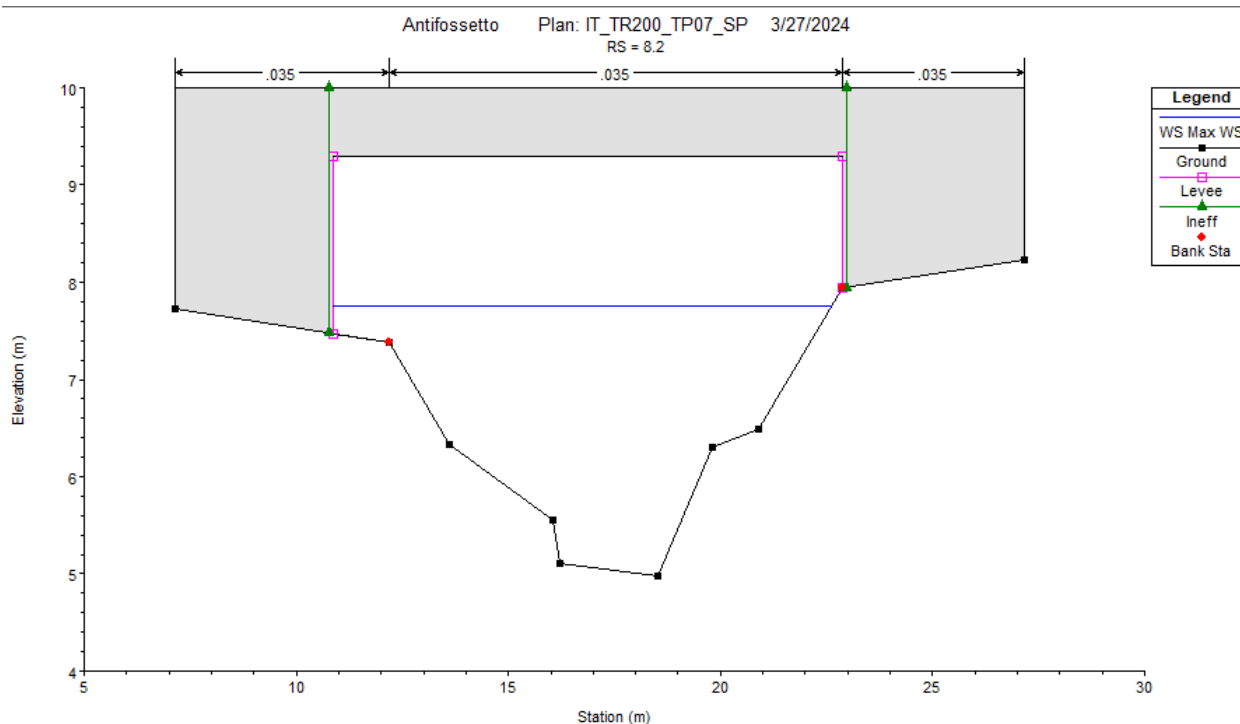


Figura 13: Schematizzazione attraversamento in progetto su modello RAS

3.3. Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

Per quanto riguarda l'alveo inciso, i coefficienti di scabrezza n di Manning sono stati fissati avvalendosi del confronto tra le caratteristiche dei tratti in esame ed altri corsi d'acqua di caratteristiche di scabrezza simili, per cui si hanno a disposizione misure di taratura di n . In generale l'alveo si presenta regolare e privo di vegetazione significativa. I valori di n adottati sono riportati nelle sezioni RAS in allegato; nello specifico, per l'alveo inciso si è adottato un valore di 0.035, considerando che le sezioni dell'Antifossetto risultano generalmente prive di significativa vegetazione, ma che comunque la piena potrebbe avvenire in condizioni di non perfetta manutenzione dei corsi d'acqua. Sono stati inoltre assegnati coefficienti di perdita concentrata per contrazione/espansione rispettivamente pari a 0.1/0.3 per ogni sezione di calcolo, ad eccezione di quelle in prossimità di ponti ed attraversamenti (tra cui quello in progetto), per cui tali coefficienti sono stati impostati rispettivamente pari a 0.3/0.5.

I coefficienti di scabrezza delle celle bidimensionali sono stati assegnati a partire dall'uso del suolo derivato dal progetto Corine, secondo la seguente tabella di corrispondenza (ripresa da R. Pestana et al., 2013, *Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river*, ESA Living Planet Symposium 2013):

Code	Designation	n
111	Continuous urban fabric	0.230
112	Discontinuous urban fabric	0.115
121	Industrial or commercial units	0.230
122	Roads and rail networks and associated land	0.038
124	Airports	0.230
131	Mineral extraction sites	0.104
132	Dump sites	0.115
133	Construction sites	0.115
142	Sport and leisure facilities	0.023
211	Non-irrigated arable land	0.043
212	Permanently irrigated land	0.043
213	Rice fields	0.023
221	Vineyards	0.043
222	Fruit trees and berry plantations	0.043
223	Olive groves	0.043
231	Pastures	0.298
241	Annual crops associated w/permanent crops	0.043
242	Complex cultivation patterns	0.023
243	Agriculture, w/significant natural vegetation	0.058
244	Agro-forestry areas	0.058
311	Broad-leaved forest	0.230
312	Coniferous forest	0.127
313	Mixed forest	0.230
321	Natural grasslands	0.039
322	Moors and heathland	0.058
323	Sclerophyllous vegetation	0.058
324	Transitional woodland-shrub	0.058
331	Beaches, dunes, sands	0.138
332	Bare rocks	0.104
333	Sparsely vegetated areas	0.104
334	Burnt areas	0.104
411	Inland marshes	0.115
511	Water courses	0.035
512	Water bodies	0.035

Tabella 6: valori del coefficiente di scabrezza sulle aree 2D (R. Pestana et al., 2014).

3.4. Condizioni al contorno

Le analisi sono state condotte con riferimento a un tempo di ritorno di 200 anni, relativamente all'idrogramma generato da eventi di pioggia di durata pari a 7 h, in quanto quello contraddistinto dalla portata massima, come evidenziato nei paragrafi precedenti.

La condizione al contorno di monte (RS 15) è stata impostata specificando l'idrogramma in ingresso fornito come output da HEC-HMS in sede di modellazione idrologica per un evento di pioggia di durata 7 h e tempo di ritorno 200 anni. Come condizione al contorno di valle del dominio 1D (RS 1) si assegna la condizione di moto uniforme, con pendenza della linea dell'energia assunta uguale alla pendenza del fondo e pari a 0.00055. Per quanto riguarda le aree di calcolo bidimensionale, già considerate sufficientemente estese in maniera tale che l'area di interesse non risenta delle condizioni al bordo, si sono considerate condizioni al contorno all'uscita di moto uniforme assumendo una pendenza della linea dell'energia coincidente con la pendenza del fondo

pari a 0.003.

3.5. Impostazioni di calcolo

Le simulazioni sono state effettuate adottando il modello completo di calcolo basato sulle equazioni complete di De Saint-Venant (SWE-ELM) con metodo di risoluzione euleriano-lagrangiano. Per la definizione dell'intervallo temporale di calcolo si è adottata l'opzione "Adjust time step based on Courant" di HEC-RAS, che varia appunto l'intervallo di calcolo in modo da mantenere un valore del numero di Courant compreso tra i limiti preimpostati. Nella fattispecie si è adottato un intervallo del numero di Courant variabile tra 0.7 e 1.7.

3.6. Criteri di modellazione di ponti e tombini

I vari ponti presenti all'interno del tratto oggetto di modellazione sono stati modellati su RAS adottando la conservazione dell'energia (*Energy – Standard Step*) per le condizioni di *low flow* (acqua non a contatto con l'impalcato) e l'opzione *pressure/weir* per le condizioni di *high flow* (acqua a contatto con l'impalcato). Per quest'ultima condizione in particolare, per la modellazione del funzionamento a pressione/stramazzo, si sono adottati i valori consigliati dalla FHWA per i coefficienti di deflusso.

Il ponte in progetto (RS 8.2) è stato modellato invece con l'apposita funzione *LID* di RAS, in quanto l'impalcato non interferisce con la corrente.

3.7. Scenari simulati

La seguente tabella riporta i codici degli scenari di calcolo (plan) definiti su RAS, in cui IT sta a rappresentare che si è adottato uno ietogramma di progetto di tipo triangolare, Trxxx indica il tempo di ritorno considerato (pari a 200 anni), TPYY la durata dell'evento meteorico considerato e la sigla finale SA o SP rappresentano rispettivamente la simulazione di stato attuale e stato di progetto (considerando anche il ponte in progetto)

Codice simulazione	Descrizione
IT_TR200_TP07_SA	Ietogramma triangolare, Tr=200 anni, Tp=7h, stato attuale
IT_TR200_TP07_SP	Ietogramma triangolare, Tr=200 anni, Tp=7h, stato di progetto

Tabella 7: Scenari di modellazione idraulica

3.8. Verifica idraulica attraversamento

Per il dimensionamento dell'attraversamento è stato considerato un ponte con luce spalle di 12 m e quota intradosso di 9.30 m s.l.m.m., dimensionato in accordo alle NTC 2018, facendo riferimento alle prescrizioni per i ponti riportate al punto *C5.1.2.3. compatibilità idraulica*, per cui il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m.

Il massimo tirante idrico, per l'attraversamento in progetto (ubicato alla sezione 8.2), per la simulazione relativa a un tempo di ritorno di 200 anni e durata di pioggia di 7 h è pari a 2.79 m,

con quota duecentennale di 7.76 m.s.m.. I dati di interesse per l'attraversamento vengono riportati nella seguente Tabella 8:

Quota pelo libero Tr200 RS 8.2	Tirante idrico	Franco NTC2018	Franco disponibile
7.76 m .s.m.	2.79 m	1.50 m	1.54 m

Tabella 8: Dimensionamento e verifica ponte in progetto

Si può notare pertanto come le dimensioni del ponte siano tali da garantire il rispetto del franco di sicurezza minimo richiesto dalle NTC 2018, come visibile anche nella seguente Figura 14, in cui si riporta il massimo tirante idrico associato a un Tr di 200 anni per la sezione di calcolo del ponte (RS 8.2).

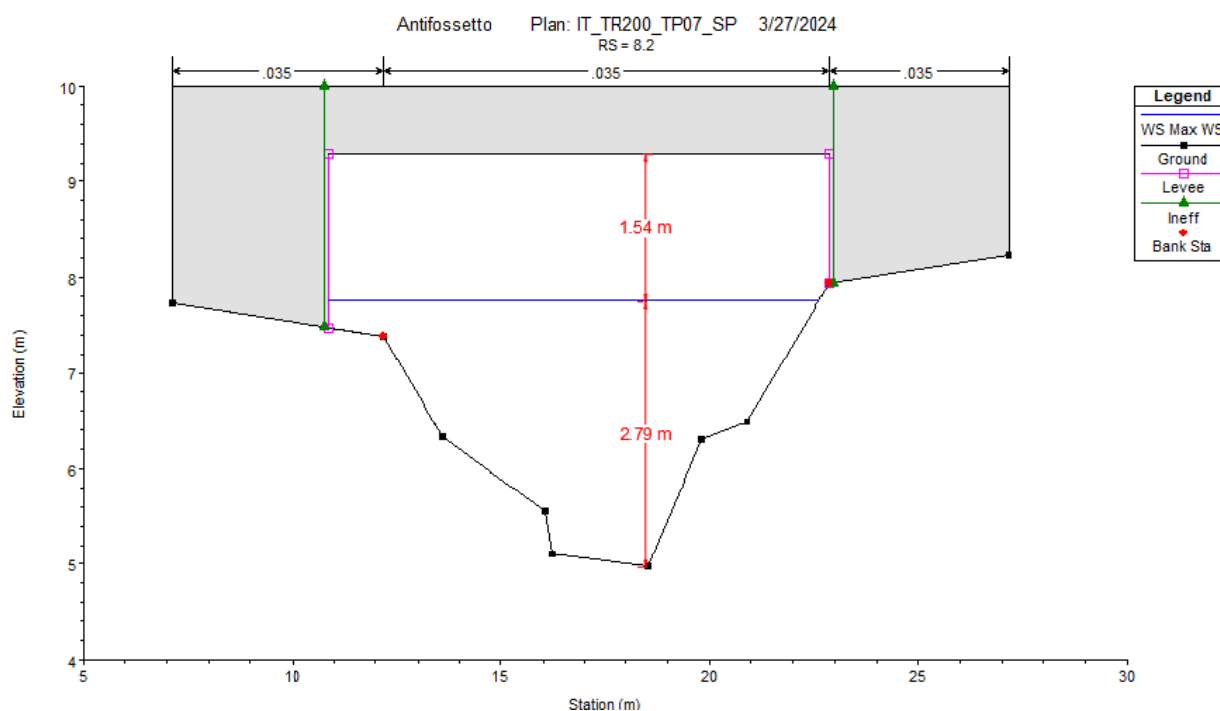


Figura 14: Dimensionamento e verifica ponte in progetto

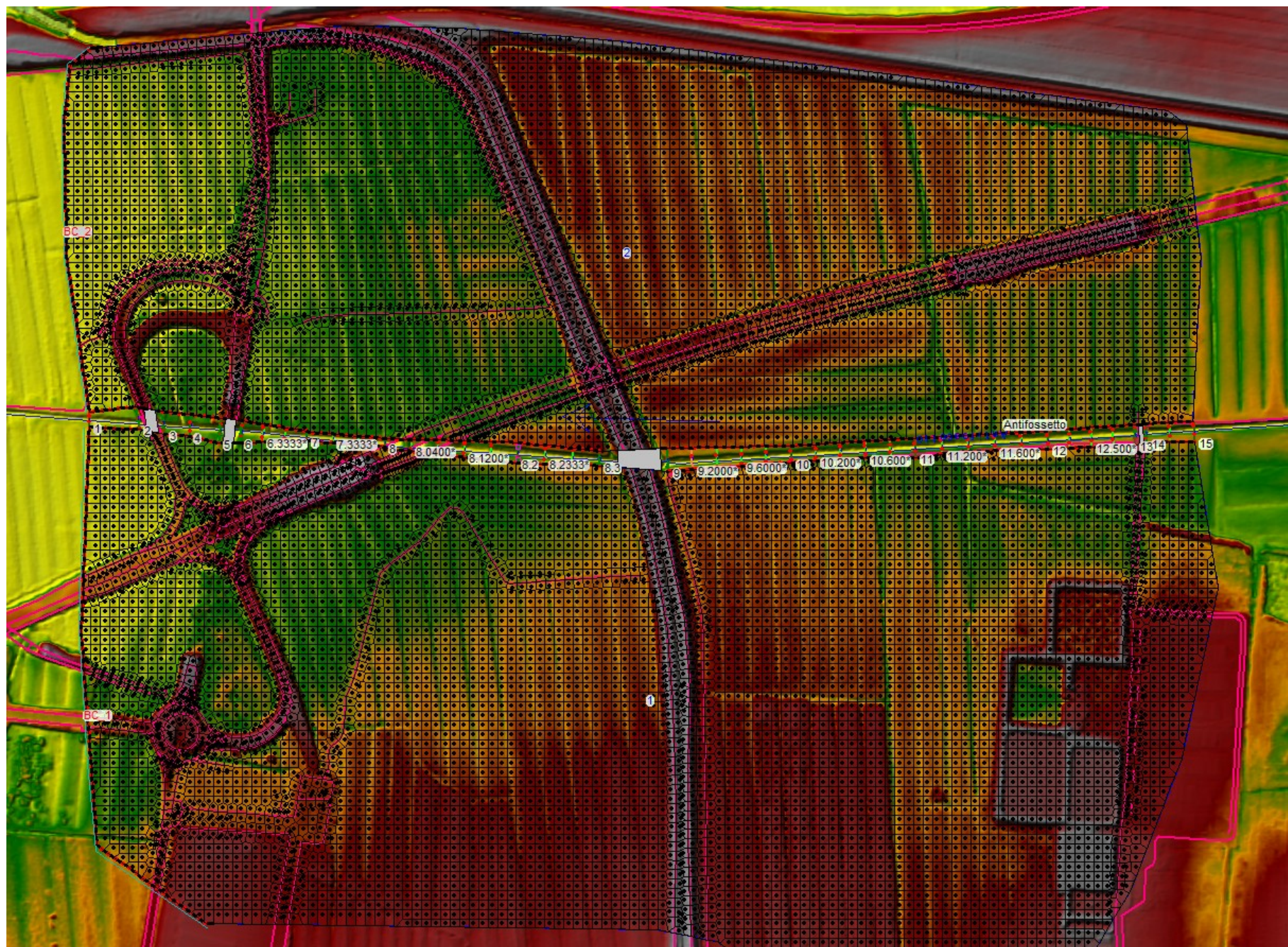
Anche il confronto tra l'andamento dei profili di piena nelle condizioni di stato attuale e stato di progetto, riportato in allegato, non mostra apprezzabili differenze tra condizioni di stato attuale e di stato di progetto.

Il nuovo attraversamento così dimensionato risulta quindi compatibile con il corso d'acqua.

4. ALLEGATI

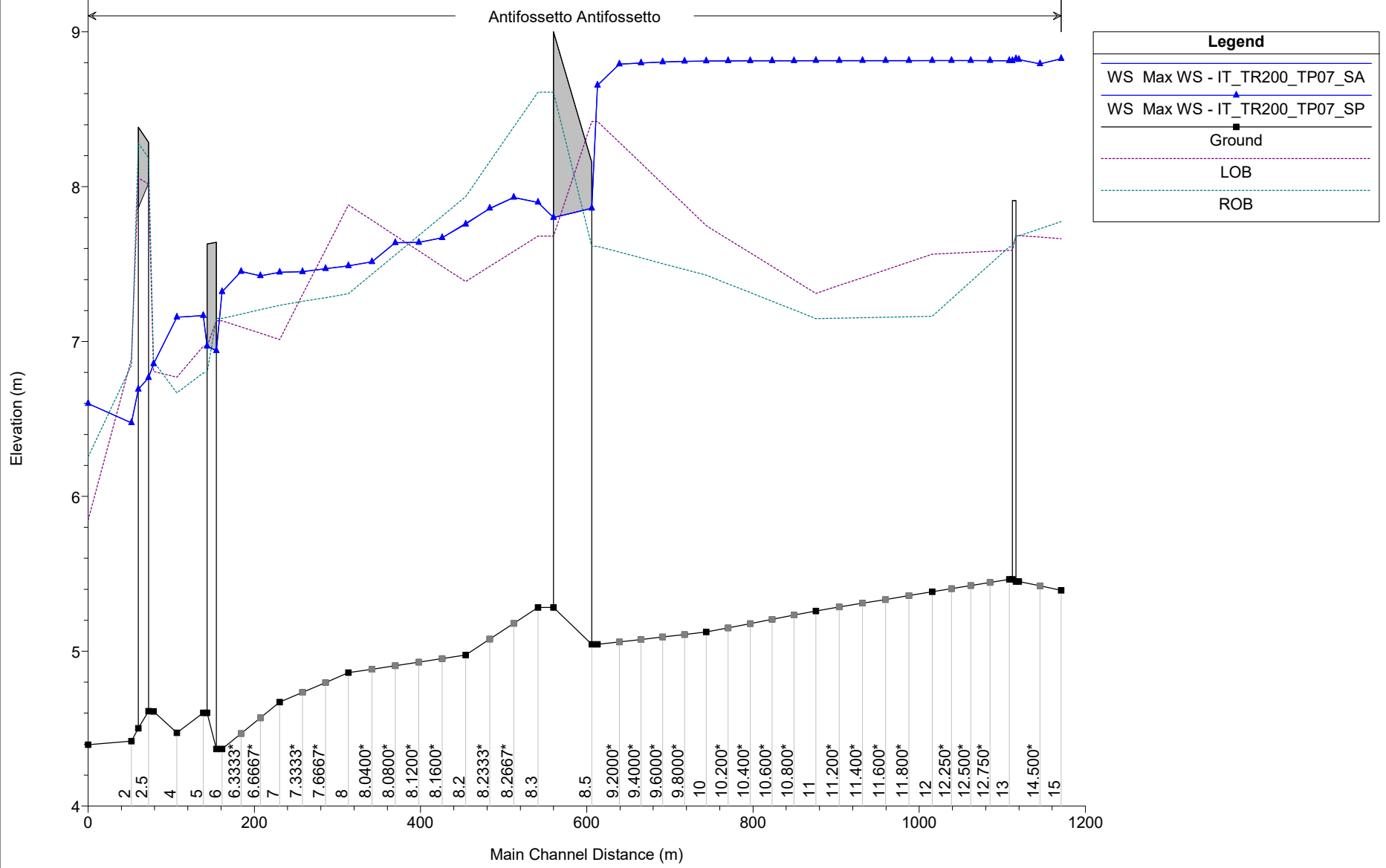
Si riportano, allegati alla presente relazione, i risultati delle simulazioni eseguite. In particolare:

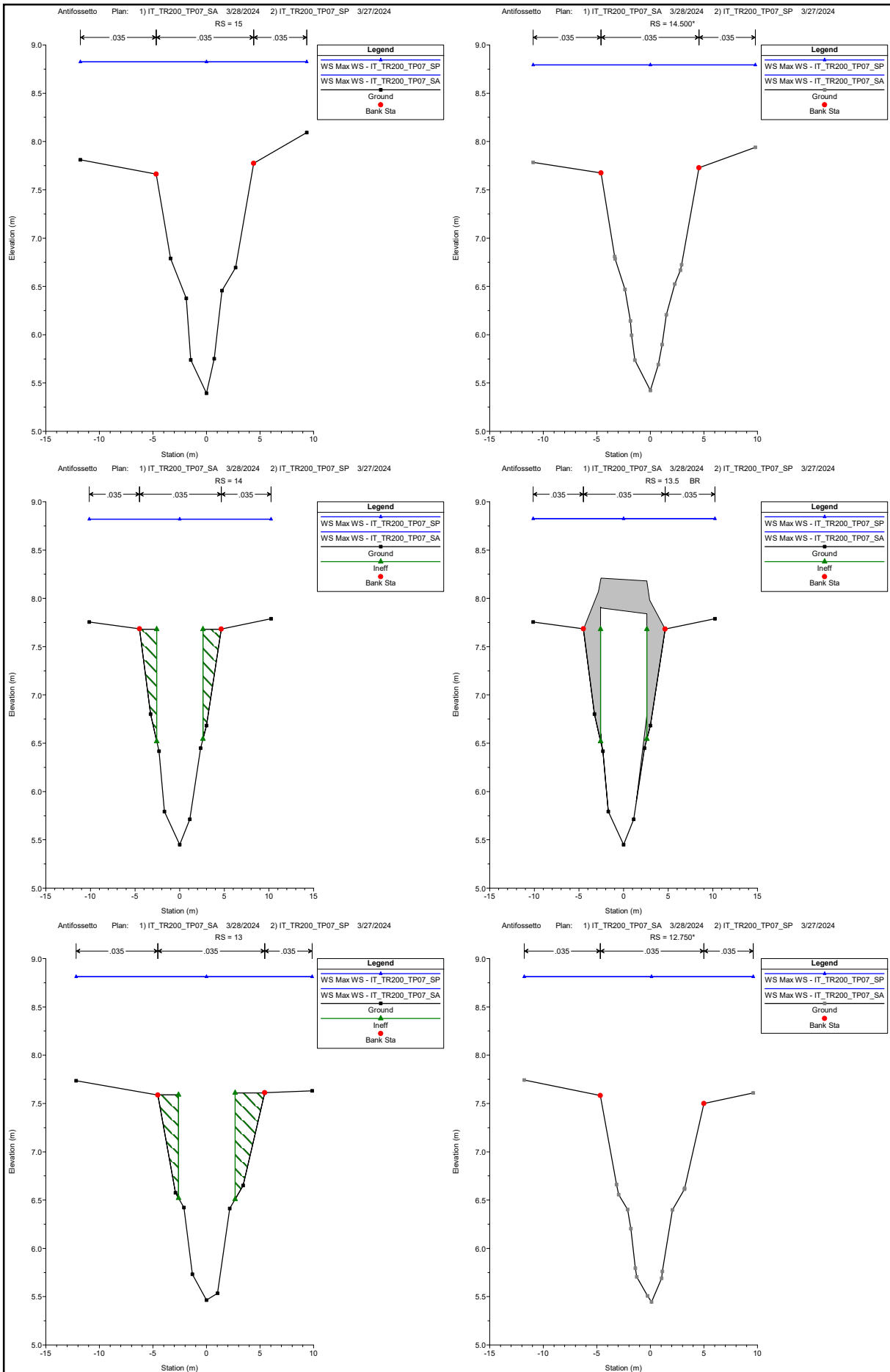
1. planimetria di modellazione idraulica;
2. profilo scenario stato attuale e scenario di progetto;
3. sezioni di calcolo RAS stato attuale e stato di progetto;
4. Tabelle numeriche.

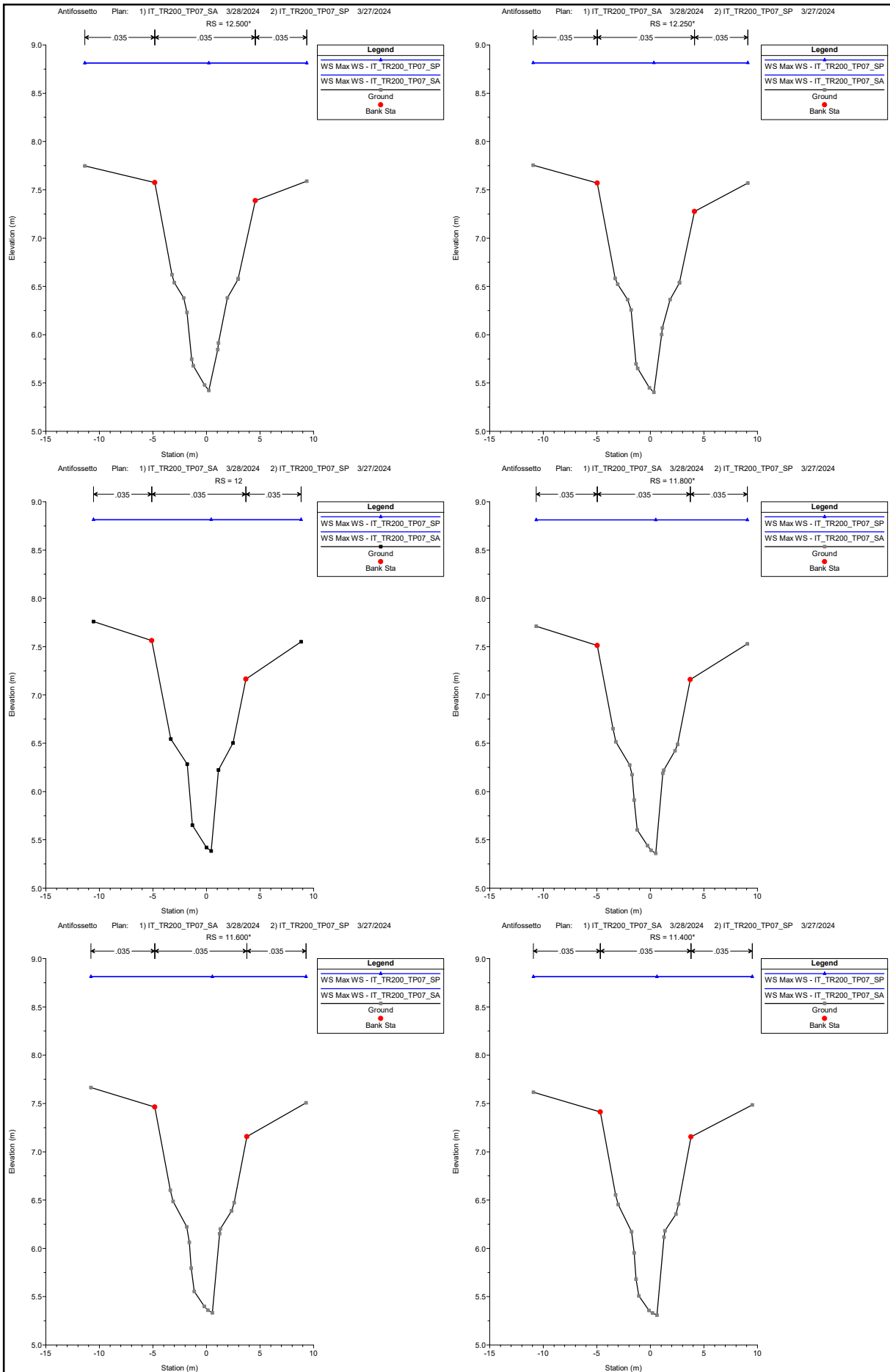


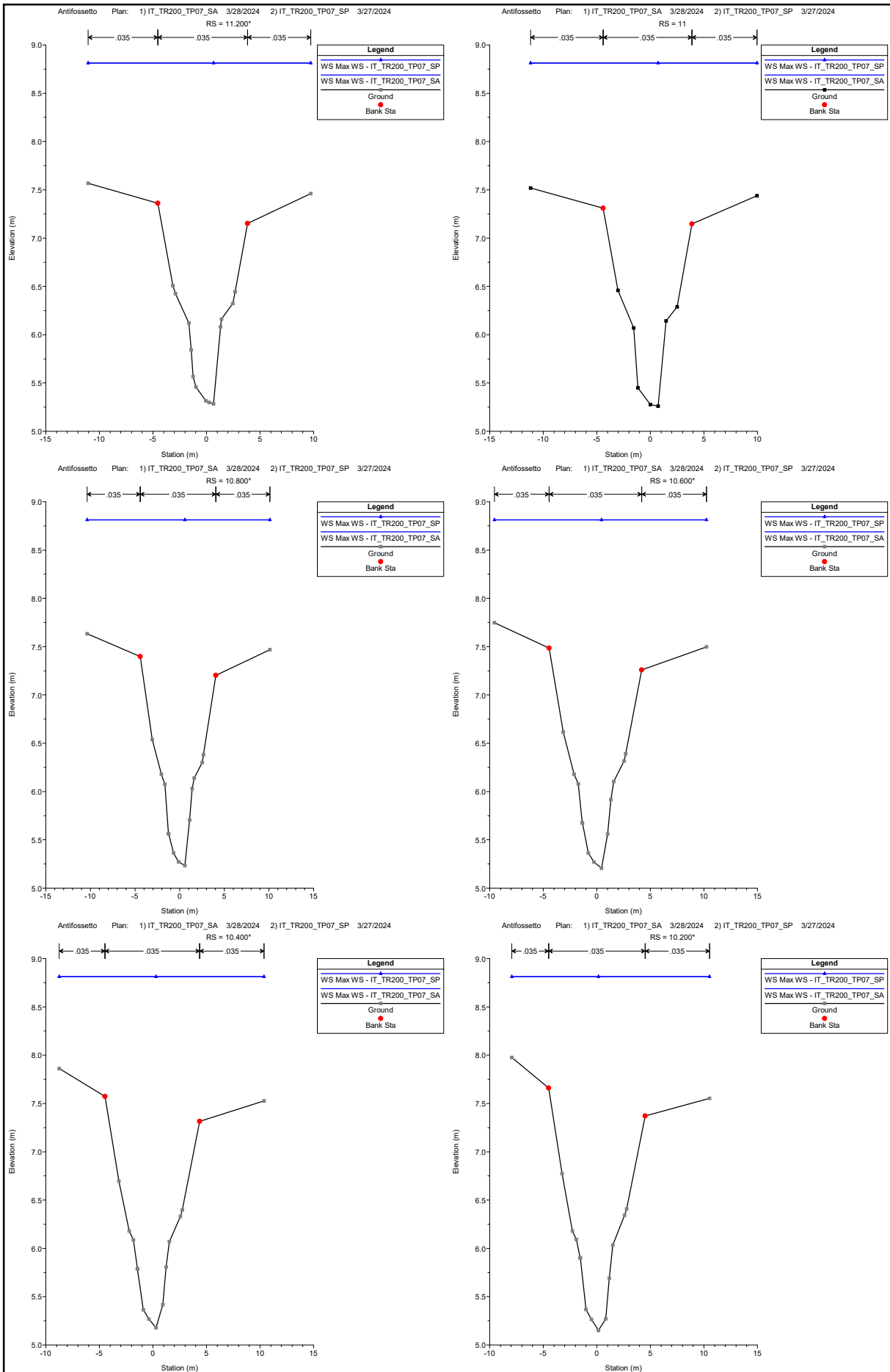
Antifossetto Plan: 1) IT_TR200_TP07_SA 3/28/2024 2) IT_TR200_TP07_SP 3/27/2024

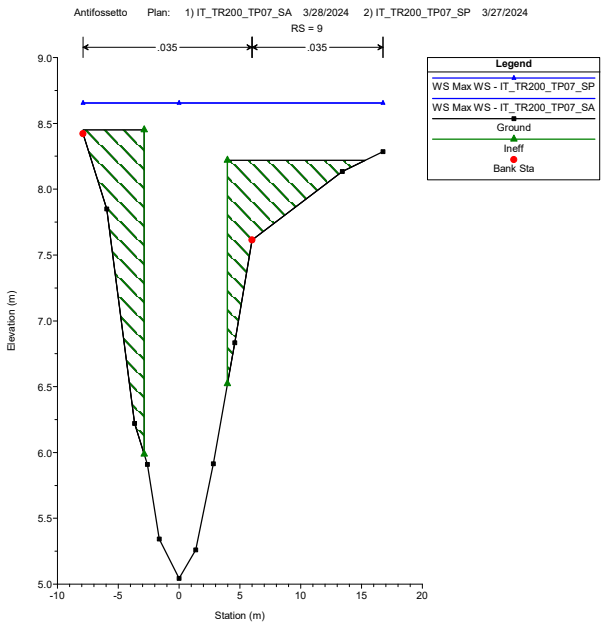
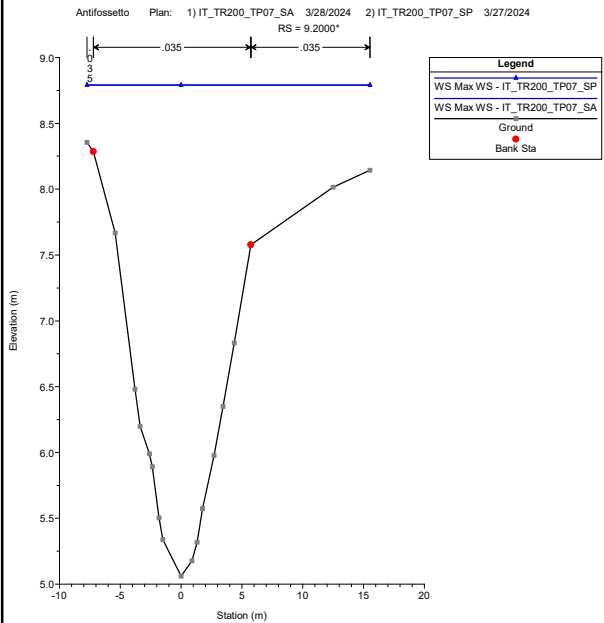
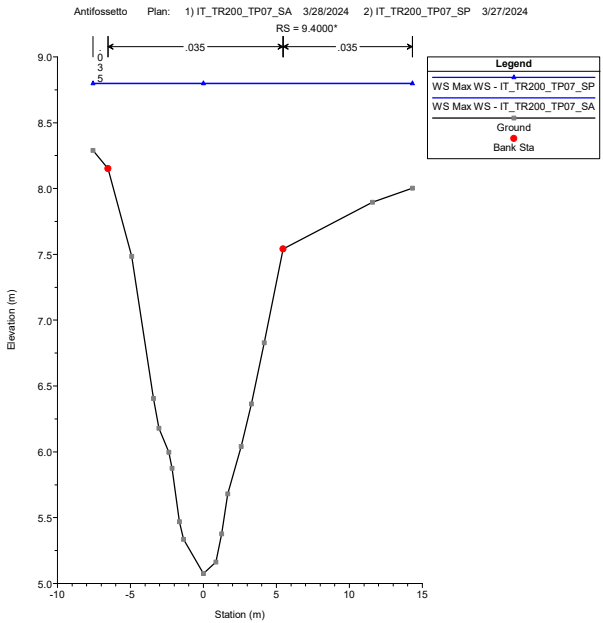
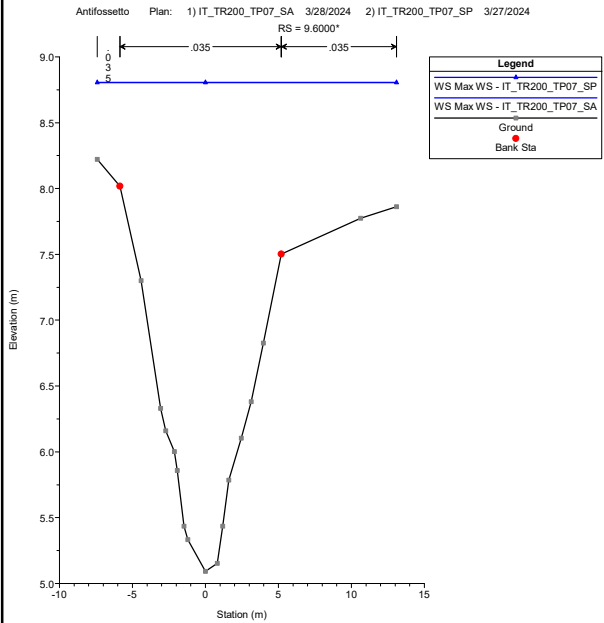
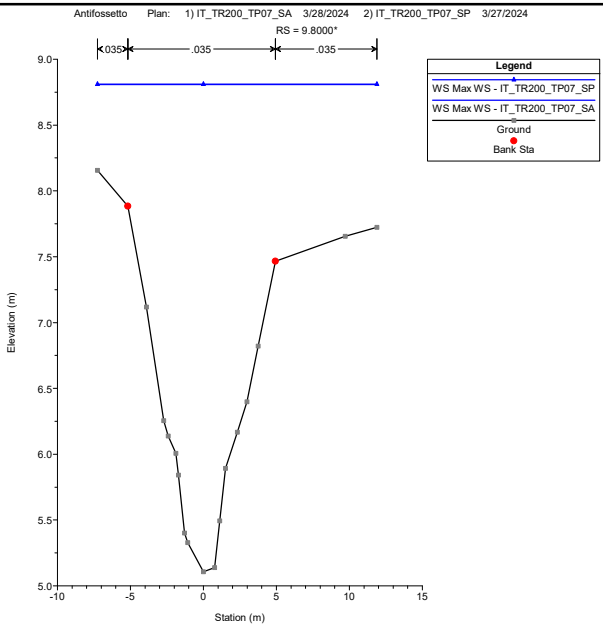
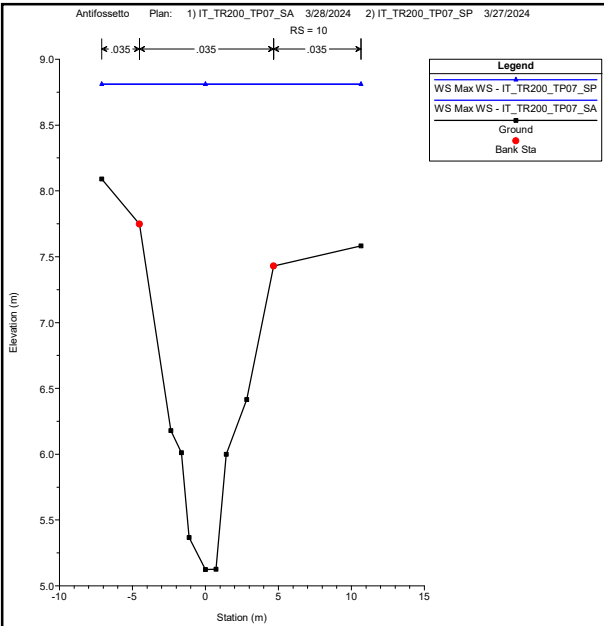
Antifossetto Antifossetto

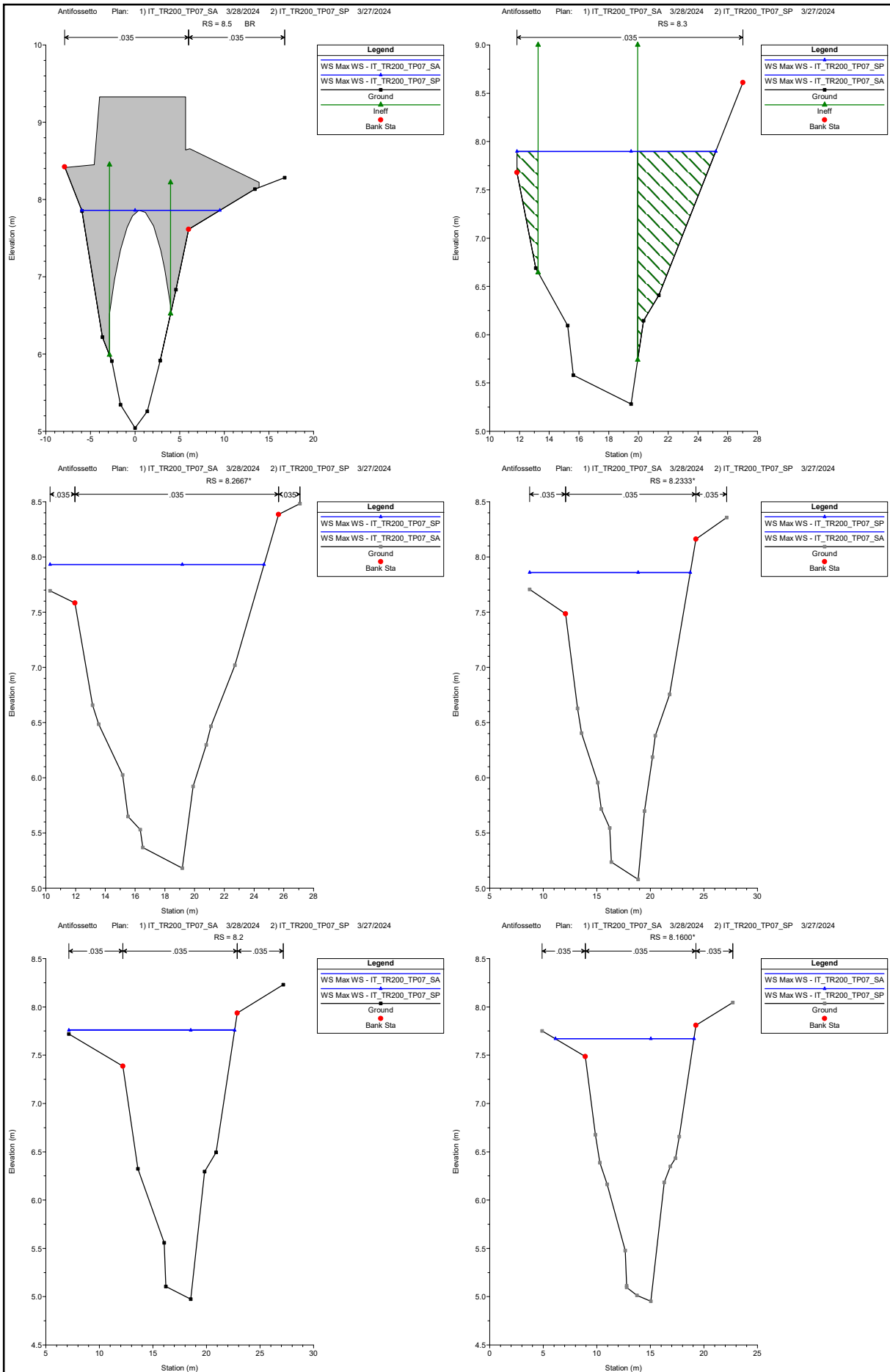


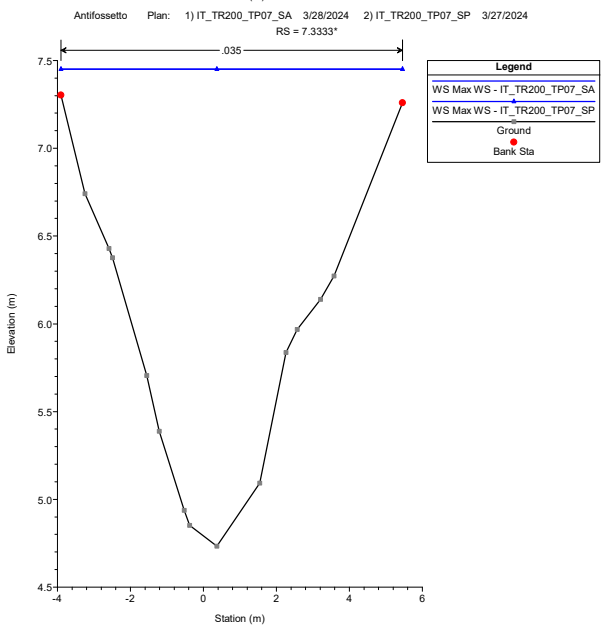
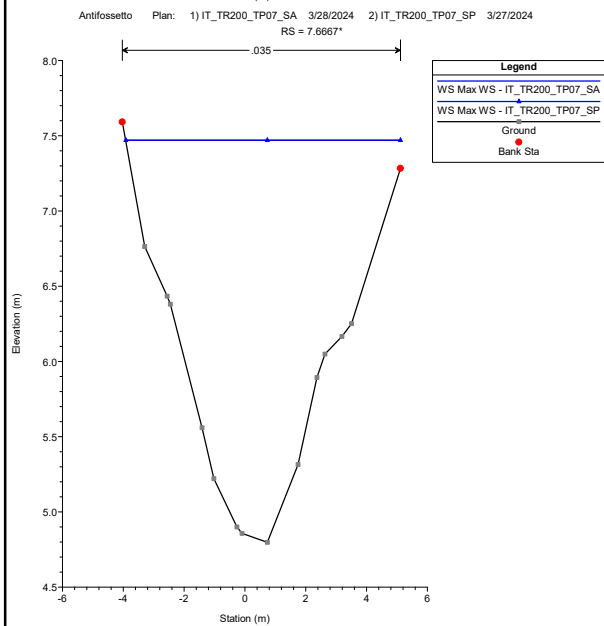
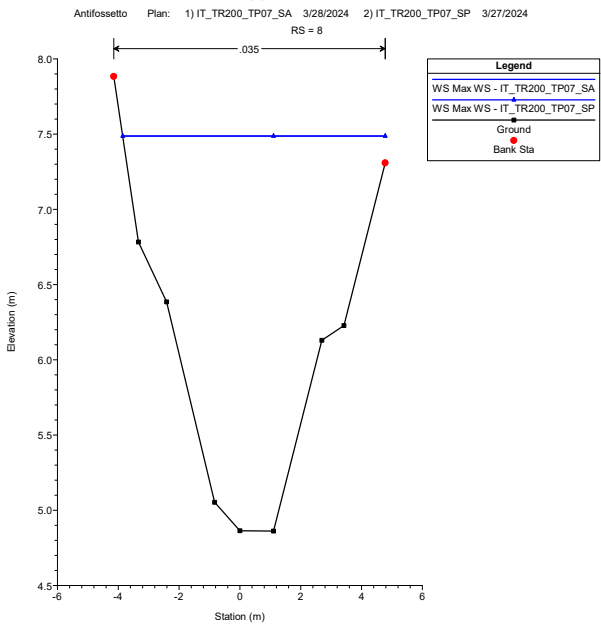
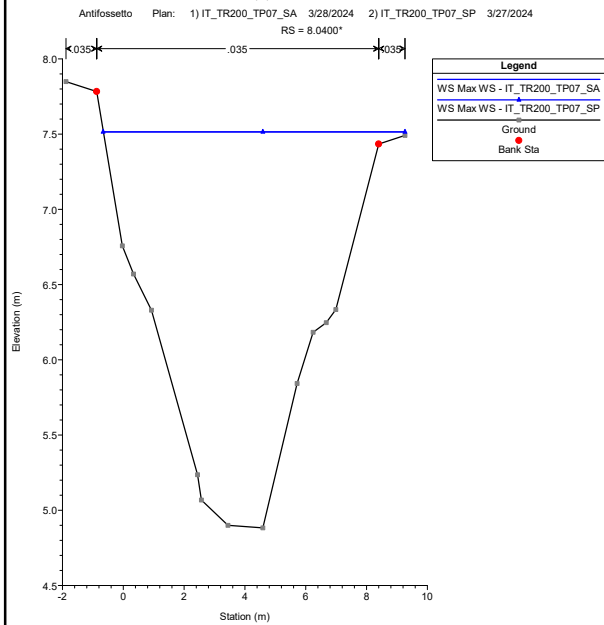
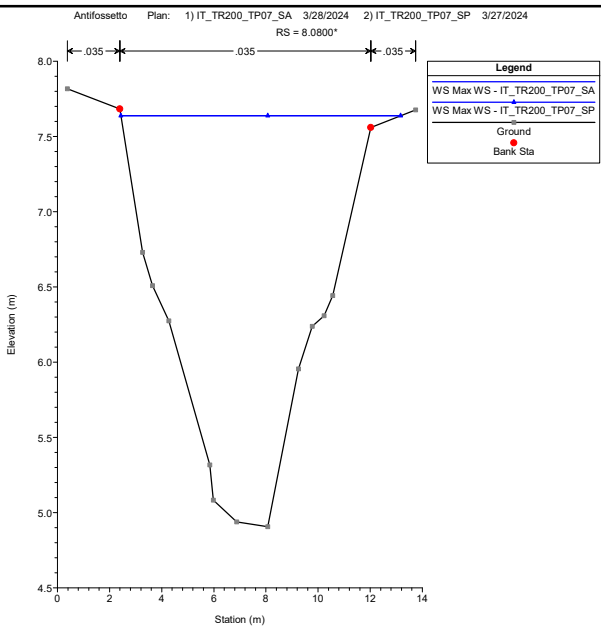
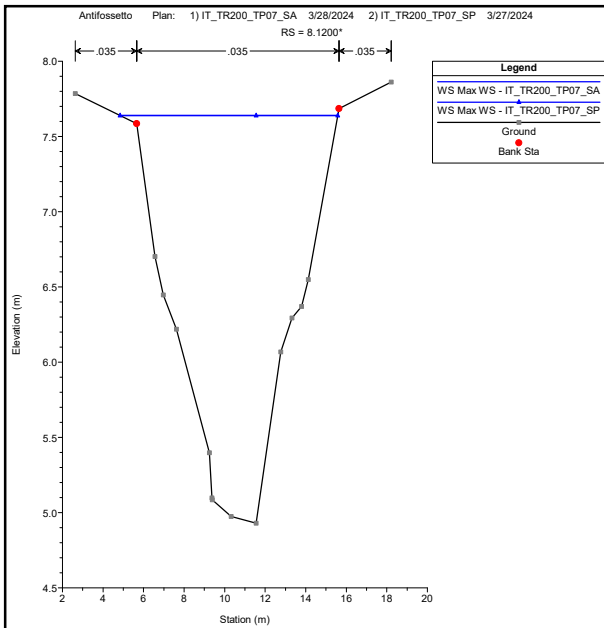


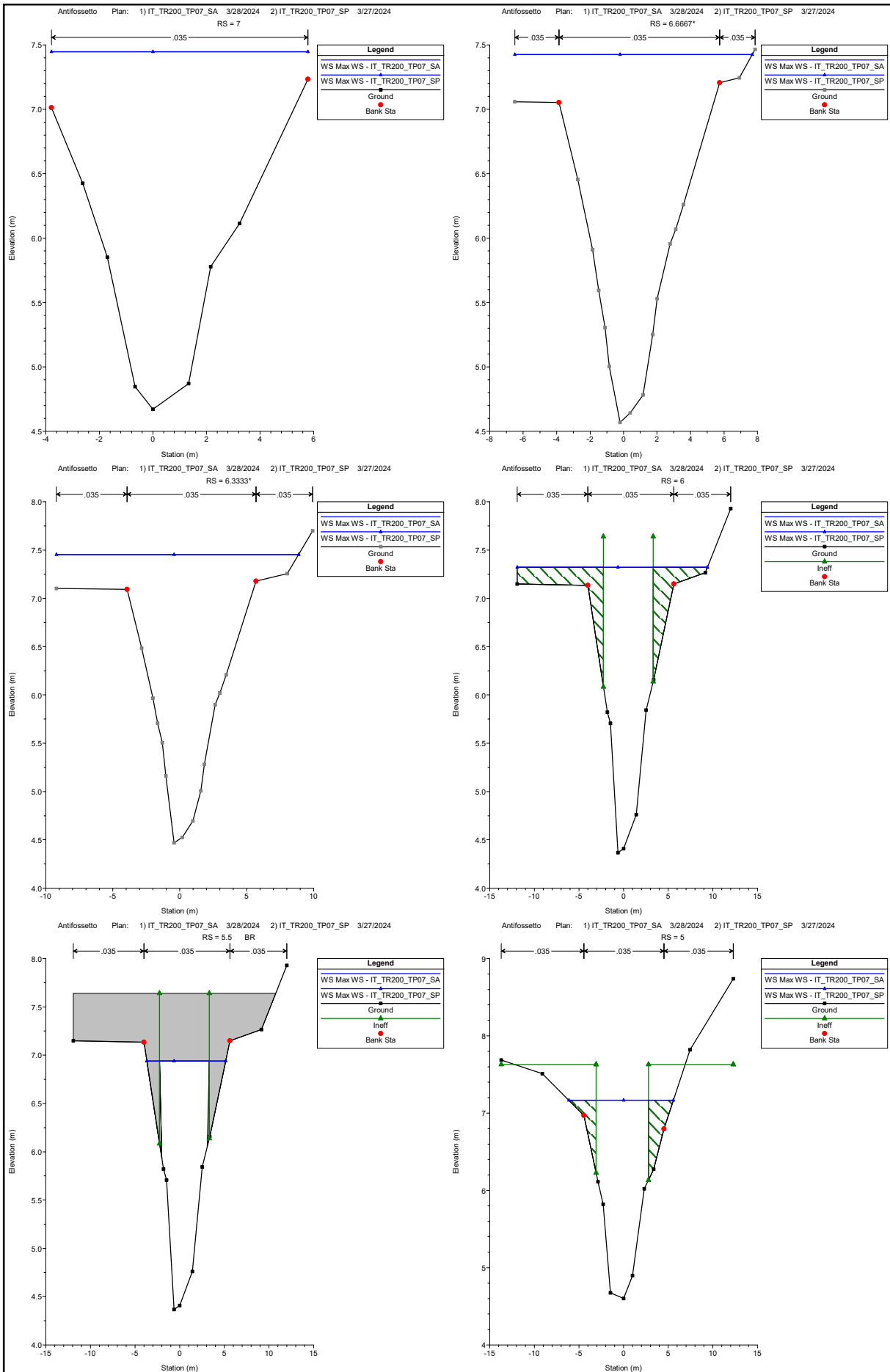


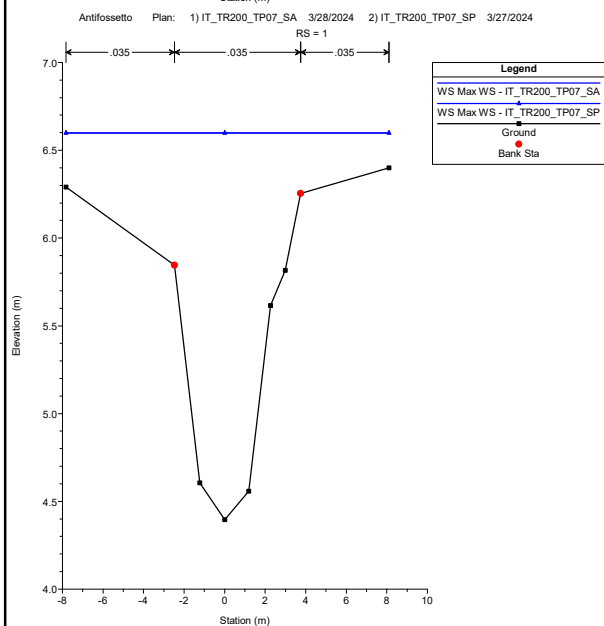
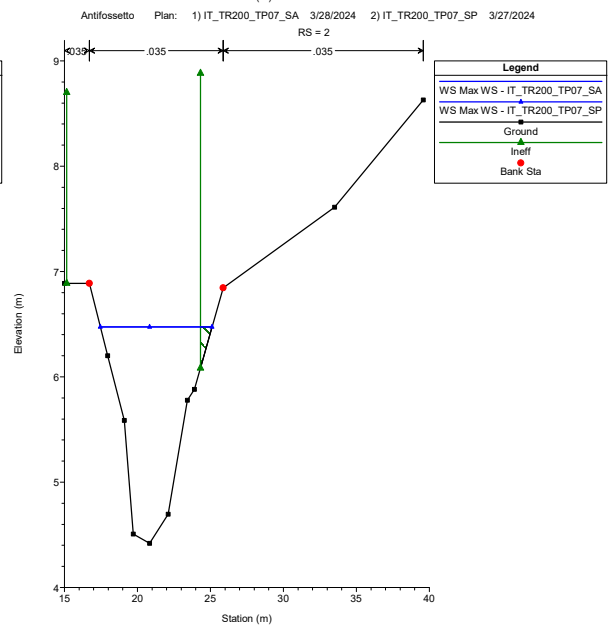
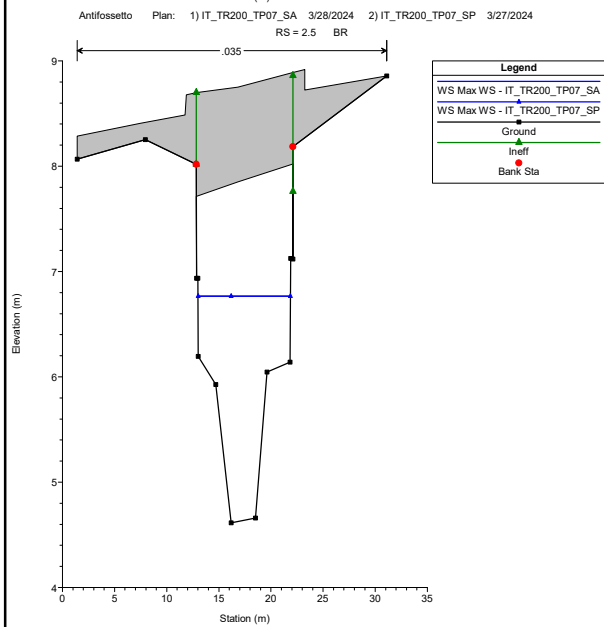
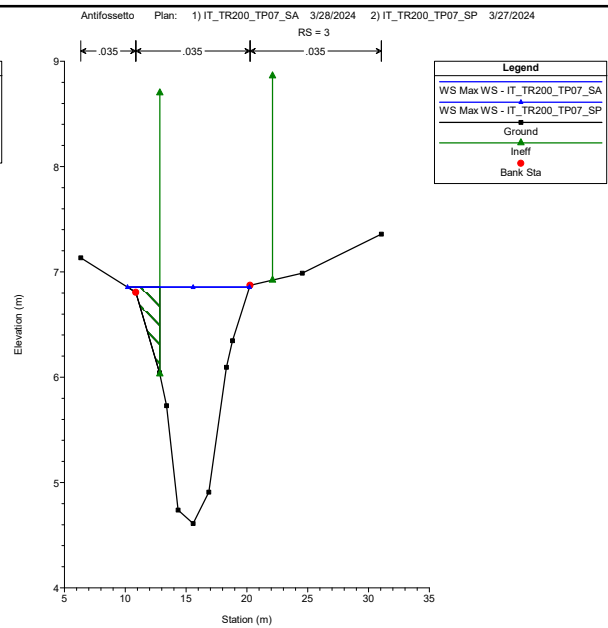
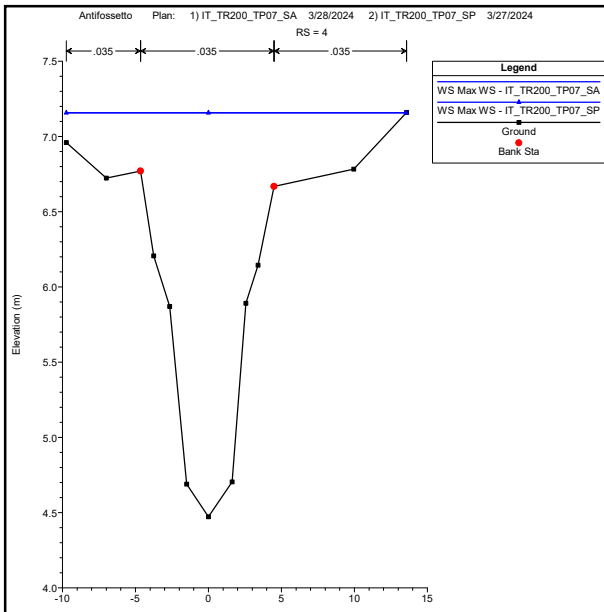












HEC-RAS River: Antifossetto Reach: Antifossetto Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	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)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Antifossetto	15	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	34.95	5.39	8.83		8.89	0.000732	1.24	33.40	21.15	0.26
Antifossetto	15	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	34.94	5.39	8.83		8.89	0.000731	1.24	33.42	21.15	0.26
Antifossetto	14.9												
			Lat Struct										
Antifossetto	14.8												
			Lat Struct										
Antifossetto	14.500*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	35.55	5.42	8.79		8.86	0.000735	1.26	33.33	20.76	0.26
Antifossetto	14.500*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	35.55	5.42	8.79		8.86	0.000735	1.26	33.34	20.76	0.26
Antifossetto	14	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	27.46	5.45	8.82	7.28	8.86	0.000520	1.00	32.09	20.37	0.22
Antifossetto	14	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	27.44	5.45	8.82	7.28	8.86	0.000518	1.00	32.10	20.37	0.22
Antifossetto	13.5												
			Bridge										
Antifossetto	13	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	27.24	5.46	8.81		8.85	0.000425	0.90	35.17	22.05	0.20
Antifossetto	13	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	27.22	5.46	8.81		8.85	0.000423	0.90	35.18	22.05	0.20
Antifossetto	12.9												
			Lat Struct										
Antifossetto	12.8												
			Lat Struct										
Antifossetto	12.750*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	25.31	5.44	8.81		8.84	0.000276	0.80	37.38	21.38	0.16
Antifossetto	12.750*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	25.28	5.44	8.81		8.84	0.000275	0.80	37.40	21.38	0.16
Antifossetto	12.500*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	23.34	5.42	8.81		8.84	0.000241	0.75	36.74	20.71	0.15
Antifossetto	12.500*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	23.30	5.42	8.81		8.84	0.000240	0.75	36.74	20.71	0.15
Antifossetto	12.250*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	21.54	5.40	8.81		8.83	0.000212	0.70	36.11	20.05	0.14
Antifossetto	12.250*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	21.51	5.40	8.81		8.83	0.000211	0.70	36.13	20.05	0.14
Antifossetto	12	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	19.92	5.38	8.81		8.83	0.000188	0.66	35.52	19.38	0.13
Antifossetto	12	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	19.90	5.38	8.81		8.83	0.000187	0.66	35.53	19.38	0.13
Antifossetto	11.800*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	18.46	5.36	8.81		8.83	0.000151	0.59	36.52	19.73	0.12
Antifossetto	11.800*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	18.43	5.36	8.81		8.83	0.000150	0.59	36.53	19.73	0.12
Antifossetto	11.600*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	17.11	5.33	8.81		8.83	0.000121	0.54	37.55	20.09	0.11
Antifossetto	11.600*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	17.11	5.33	8.81		8.83	0.000121	0.54	37.56	20.09	0.11
Antifossetto	11.400*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	15.94	5.31	8.81		8.82	0.000099	0.49	38.60	20.44	0.10
Antifossetto	11.400*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	15.95	5.31	8.81		8.82	0.000099	0.49	38.61	20.44	0.10
Antifossetto	11.200*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	14.82	5.28	8.81		8.82	0.000080	0.44	39.68	20.79	0.09
Antifossetto	11.200*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	14.82	5.28	8.81		8.82	0.000080	0.44	39.68	20.79	0.09
Antifossetto	11	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	13.87	5.26	8.81		8.82	0.000066	0.41	40.77	21.15	0.08
Antifossetto	11	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	13.86	5.26	8.81		8.82	0.000066	0.40	40.78	21.15	0.08
Antifossetto	10.800*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	12.64	5.23	8.81		8.82	0.000060	0.39	38.99	20.47	0.08
Antifossetto	10.800*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	12.63	5.23	8.81		8.82	0.000060	0.38	39.00	20.47	0.08
Antifossetto	10.600*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	11.52	5.21	8.81		8.82	0.000054	0.36	37.40	19.80	0.07
Antifossetto	10.600*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	11.51	5.21	8.81		8.82	0.000054	0.36	37.41	19.80	0.07
Antifossetto	10.400*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	10.75	5.18	8.81		8.82	0.000050	0.35	36.00	19.12	0.07
Antifossetto	10.400*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	10.75	5.18	8.81		8.82	0.000050	0.35	36.01	19.12	0.07
Antifossetto	10.200*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	10.17	5.15	8.81		8.82	0.000048	0.34	34.79	18.45	0.07
Antifossetto	10.200*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	10.16	5.15	8.81		8.82	0.000048	0.34	34.80	18.45	0.07
Antifossetto	10	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	9.94	5.12	8.81		8.82	0.000049	0.34	33.76	17.77	0.07
Antifossetto	10	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	9.93	5.12	8.81		8.82	0.000048	0.34	33.77	17.77	0.07
Antifossetto	9.8000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	10.65	5.11	8.81		8.81	0.000048	0.34	35.78	19.14	0.07
Antifossetto	9.8000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	10.63	5.11	8.81		8.81	0.000048	0.34	35.79	19.14	0.07
Antifossetto	9.6000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	12.36	5.09	8.80		8.81	0.000058	0.37	37.60	20.52	0.07
Antifossetto	9.6000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	12.34	5.09	8.81		8.81	0.000058	0.37	37.61	20.52	0.07
Antifossetto	9.4000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	15.21	5.08	8.80		8.81	0.000081	0.44	39.16	21.89	0.09
Antifossetto	9.4000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	15.18	5.08	8.80		8.81	0.000081	0.44	39.18	21.89	0.09
Antifossetto	9.2000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	17.31	5.06	8.79		8.80	0.000098	0.48	40.57	23.26	0.10
Antifossetto	9.2000*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	17.27	5.06	8.79		8.80	0.000098	0.48	40.59	23.26	0.10
Antifossetto	9	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	33.18	5.04	8.65	6.87	8.74	0.001232	1.31	27.91	24.64	0.32
Antifossetto	9	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	33.15	5.04	8.66	6.87	8.74	0.001227	1.31	27.94	24.64	0.32
Antifossetto	8.5												
			Bridge										
Antifossetto	8.3	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	33.18	5.28	7.90		8.17	0.002567	2.30	14.44	13.36	0.50
Antifossetto	8.3	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	33.15	5.28	7.90		8.17	0.002554	2.29	14.46	13.36	0.50
Antifossetto	8.29												
			Lat Struct										
Antifossetto	8.28												
			Lat Struct										
Antifossetto	8.2667*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	33.15	5.18	7.93		8.05	0.001773	1.57	21.47	14.39	0.39
Antifossetto	8.2667*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	33.12	5.18	7.93		8.06	0.001763	1.57	21.50	14.39	0.39
Antifossetto	8.2333*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	33.16	5.08	7.86		8.00	0.002011	1.67	20.47	15.01	0.41
Antifossetto	8.2333*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	33.13	5.08	7.86		8.00	0.001997	1.67	20.51	15.02	0.41
Antifossetto	8.2	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	33.10	4.97	7.76		7.93	0.002503	1.83	18.82	15.48	0.45
Antifossetto	8.2	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	33.08	4.97	7.76	6.96	7.93	0.002560	1.85	18.14	11.76	0.45
Antifossetto	8.1600*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	32.14	4.95	7.67		7.86	0.002958	1.94	16.82	12.94	0.48
Antifossetto	8.1600*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	32.16	4.95	7.67		7.86	0.002962	1.94	16.81	12.93	0.48
Antifossetto	8.1200*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	29.20	4.93	7.64		7.81	0.002683	1.82	16.03	10.75	0.46

HEC-RAS River: Antifossetto Reach: Antifossetto Profile: Max WS (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Plan	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)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Antifossetto	8.1200*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	29.21	4.93	7.64		7.81	0.002688	1.83	16.03	10.74	0.46
Antifossetto	8.0800*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	25.50	4.91	7.64		7.77	0.002082	1.62	15.80	10.74	0.40
Antifossetto	8.0800*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	25.52	4.91	7.64		7.77	0.002088	1.62	15.79	10.73	0.40
Antifossetto	8.0400*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	26.47	4.88	7.52		7.69	0.002840	1.84	14.42	9.92	0.47
Antifossetto	8.0400*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	26.47	4.88	7.51		7.69	0.002842	1.84	14.42	9.92	0.47
Antifossetto	8	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	23.92	4.86	7.49		7.64	0.002513	1.72	13.92	8.64	0.43
Antifossetto	8	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	23.92	4.86	7.49		7.64	0.002514	1.72	13.92	8.64	0.43
Antifossetto	7.6667*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	21.78	4.80	7.47		7.59	0.002062	1.55	14.09	9.04	0.40
Antifossetto	7.6667*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	21.78	4.80	7.47		7.59	0.002063	1.55	14.09	9.04	0.40
Antifossetto	7.3333*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	20.13	4.73	7.45		7.55	0.001715	1.40	14.38	9.36	0.36
Antifossetto	7.3333*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	20.12	4.73	7.45		7.55	0.001715	1.40	14.38	9.36	0.36
Antifossetto	7	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	17.97	4.67	7.45		7.52	0.001277	1.20	14.93	9.58	0.31
Antifossetto	7	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	17.97	4.67	7.45		7.52	0.001277	1.20	14.93	9.58	0.31
Antifossetto	6.6667*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	17.94	4.57	7.42		7.49	0.001087	1.16	16.33	14.19	0.30
Antifossetto	6.6667*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	17.93	4.57	7.42		7.49	0.001087	1.16	16.33	14.19	0.30
Antifossetto	6.3333*	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	13.62	4.47	7.45		7.49	0.000526	0.82	18.23	18.10	0.20
Antifossetto	6.3333*	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	13.63	4.47	7.45		7.49	0.000527	0.82	18.23	18.10	0.21
Antifossetto	6	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	17.09	4.37	7.32	6.14	7.42	0.001175	1.42	12.06	21.33	0.31
Antifossetto	6	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	17.09	4.37	7.32	6.14	7.42	0.001176	1.42	12.06	21.33	0.31
Antifossetto	5.5		Bridge										
Antifossetto	5	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	17.08	4.60	7.17		7.28	0.001447	1.50	11.39	11.73	0.34
Antifossetto	5	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	17.09	4.60	7.17		7.28	0.001448	1.50	11.39	11.72	0.34
Antifossetto	4.9		Lat Struct										
Antifossetto	4.8		Lat Struct										
Antifossetto	4	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	18.41	4.47	7.16		7.21	0.000827	1.06	20.39	23.26	0.26
Antifossetto	4	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	18.41	4.47	7.16		7.21	0.000828	1.06	20.38	23.26	0.26
Antifossetto	3	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	21.17	4.61	6.86	6.30	7.08	0.004252	2.09	10.12	10.03	0.57
Antifossetto	3	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	21.17	4.61	6.86	6.30	7.08	0.004253	2.09	10.11	10.03	0.57
Antifossetto	2.5		Bridge										
Antifossetto	2	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	15.62	4.42	6.47		6.65	0.004019	1.85	8.44	7.65	0.53
Antifossetto	2	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	15.62	4.42	6.47		6.65	0.004019	1.85	8.44	7.65	0.53
Antifossetto	1.9		Lat Struct										
Antifossetto	1.8		Lat Struct										
Antifossetto	1	Max WS	IT_TR200_TP07_SA	9.09	4.40	6.60	5.50	6.63	0.000552	0.80	13.53	15.93	0.21
Antifossetto	1	Max WS	IT_TR200_TP07_SP	9.09	4.40	6.60	5.50	6.63	0.000552	0.80	13.53	15.93	0.21