REGIONE LIGURIA

CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA

COMUNE DI MONTOGGIO

ADEGUAMENTO DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CARPI TRAMITE L'ESECUZIONE DI UN CANALE DEVIATORE DELLA PORTATA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

BARTOLOMEO VISCONTI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Ingegnere
17.05.2024 07:40:19 GMT+00:00

RELAZIONE IDRAULICA

Mandataria:

EDes Earth Design

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI

Dott. Ing. Chiara PALESE

Mandanti:

ENARCH S.r.l.

Dott. Ing. Paolo RUGGIERI

Dott. Arch. Grazia PRASSA

Dott. Ing. Vittorio Schettini

Studio di Ingegneria Curcio e Remonda

Dott. For. Elena Pittana

Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010
Via Postumia 49, 10142 Torino Tel. +39 011.0262900
www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

Elaborato		*Revisione*			*Redatto*	*Controllato e approvato*
5		0	FEB.2024	Prima emissione	Ing. Francesca D'EMILIO	Ing. Bartolomeo VISCONTI
Scala	-					
Codice	*23034-P22-0_IDR*					

COMMITTENTE
Comune di Montoggio

REGIONE LIGURIA **COMUNE DI MONTOGGIO** **CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA**



COMUNE DI MONTOGGIO

ADEGUAMENTO DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CARPI TRAMITE L'ESECUZIONE DI UN CANALE DEVIATORE DELLA PORTATA

RELAZIONE IDRAULICA

INDICE

1. PREMESSA 1

2. APPROCCIO METODOLOGICO 1

3. INQUADRAMENTO GENERALE 2

3.1. Variante Bacini Padani 2

4. PARAMETRI IDROLOGICI 3

5. STUDIO IDRAULICO – APPROCCIO METODOLOGICO E PARAMETRI IDRAULICI 5

5.1. METODO DI CALCOLO ADOTTATO PER LA MODELLAZIONE NUMERICA MONODIMENSIONALE 5

5.2. Assetto geometrico 5

5.2.1. Geometria di progetto 6

5.3. Condizioni al contorno 6

5.4. Valori di scabrezza 6

5.5. FRANCO IDRAULICO 8

6. ANALISI DEI RISULTATI *9*
6.1. STATO DI FATTO 9
7. VERIFICHE CON CONDIZIONE SCRIVIA IN PIENA *21*
8. FUNZIONALITÀ IDRAULICA DEI LOTTI *24*
9. EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PORTATE *26*
10. CONSIDERAZIONI MORFODINAMICHE *27*
ALLEGATO 1 – RISULTATI MODELLO CONDIZIONI DI RILIEVO *28*
ALLEGATO 2 – RISULTATI MODELLO CONDIZIONI DI PROGETTO *29*

1. PREMESSA

La presente relazione idraulica è redatta nell'ambito del progetto di *"Adeguamento del tratto terminale del rio Carpi tramite l'esecuzione di un canale deviatore della portata"* al fine di sviluppare le verifiche idrauliche per il dimensionamento delle opere e le valutazioni inerenti la mitigazione operata dall'intervento.

Nell'ottobre 2014 il rio Carpi è stato protagonista di un'importante esondazione nel suo medio-basso corso a monte della copertura che attraversa il centro abitato, che ha comportato ingenti danni, in particolare a causa della quantità di materiale che si è mobilizzato durante l'evento.

Nei mesi immediatamente successivi è stato redatto un progetto preliminare delle opere necessarie per la messa in sicurezza dell'abitato rispetto ai fenomeni di dissesto relativi al rio Carpi, e sono anche stati eseguiti alcuni interventi di riduzione delle condizioni di pericolosità, eseguiti direttamente dall'amministrazione comunale, consistenti essenzialmente nell'allontanamento del materiale detritico depositato in conoide e nelle sezioni terminali coperte, e nella posa in opera di una briglia a rete di trattenuta all'incirca a metà percorso tra le due briglie esistenti; tali interventi hanno svolto una significativa funzione nell'autunno successivo, nel corso dell'evento del 15 novembre.

Nel giugno 2016 è stato redatto progetto esecutivo *"Messa in sicurezza del rio Carpi a Montoggio (GE) – Progetto degli interventi a breve termine"* avente per oggetto la sistemazione delle aree in dissesto del rio Carpi a monte dell'abitato e la riduzione del rischio idraulico connesso in particolare al trasporto solido. I lavori del progetto citato sono stati eseguiti e terminati nel 2018.

Il presente progetto di fattibilità tecnica ed economica ha per oggetto la messa in sicurezza definitiva dell'abitato relativamente alle condizioni di rischio indotte dal tratto tombinato del rio Capri all'interno dell'abitato, attualmente caratterizzato da uno scatolare con percorso piuttosto tortuoso, al di sotto di alcune abitazioni e della viabilità, fino alla foce in Scrivia.

2. APPROCCIO METODOLOGICO

Il presente progetto è stato supportato da una conoscenza pregressa del bacino e l'approccio metodologico per la redazione dello studio idraulico di rilievo e di progetto è riassunto dalla seguente sintesi della metodologia di indagine:

- analisi della documentazione progettuale disponibile relativa sia agli eventi pregressi che agli interventi di sistemazione idraulica realizzati nel tratto di monte del rio Carpi;
- verifica di dettaglio delle condizioni del corso d'acqua mediante sopralluoghi in sito per la verifica delle condizioni delle opere e delle sezioni idrauliche; tali sopralluoghi sono stati condotti nei mesi di dicembre 2023 e febbraio 2024;
- assunzione del modello idrologico e delle valutazioni della capacità di trasporto solido adottate per il tratto di monte;
- rilievo topografico specifico, eseguito per l'elaborazione del presente studio idraulico, mediante rilievo di sezioni idrauliche d'alveo significative estese sulle sponde per quanto necessario alla definizione dei campi di esondazione e delle geometrie delle sezioni. Il rilievo è stato eseguito mediante tecnica Laser Scan integrata a modalità GPS tradizionali oltre che verificato con il DTM ministeriale a 1m;
- elaborazione del modello idraulico monodimensionale di rilievo e di progetto del rio Carpi del tratto compreso tra il ponte di località Carpi inferiore e la foce allo Scrivia.

3. INQUADRAMENTO GENERALE

L'area oggetto di intervento è la porzione di abitato indicata come località Carpi Inferiore, in prossimità della quale il rio Carpi diventa intubato passando sotto piazza Balilla e la SP226 per poi sfociare nel torrente Scrivia.



***Figura 1**. Inquadramento su foto aerea dell'area di interesse.*

3.1. VARIANTE BACINI PADANI

Sotto il profilo del quadro del dissesto, si fa riferimento alla Carta dei Dissesti (T2- 12/22) della Variante dei Bacini Padani, redatta a seguito dell'Accordo di Pianificazione ai sensi dell'art. 57 della L.R. 36/1997 tra Autorità di bacino del fiume Po, Regione Liguria e Provincia di Genova. Per l'area in esame si individua un areale associabile a pericolosità molto elevata (Ee) per tutto il tratto di rio a valle del ponte, e aree limitrofe a pericolosità elevata (Eb).

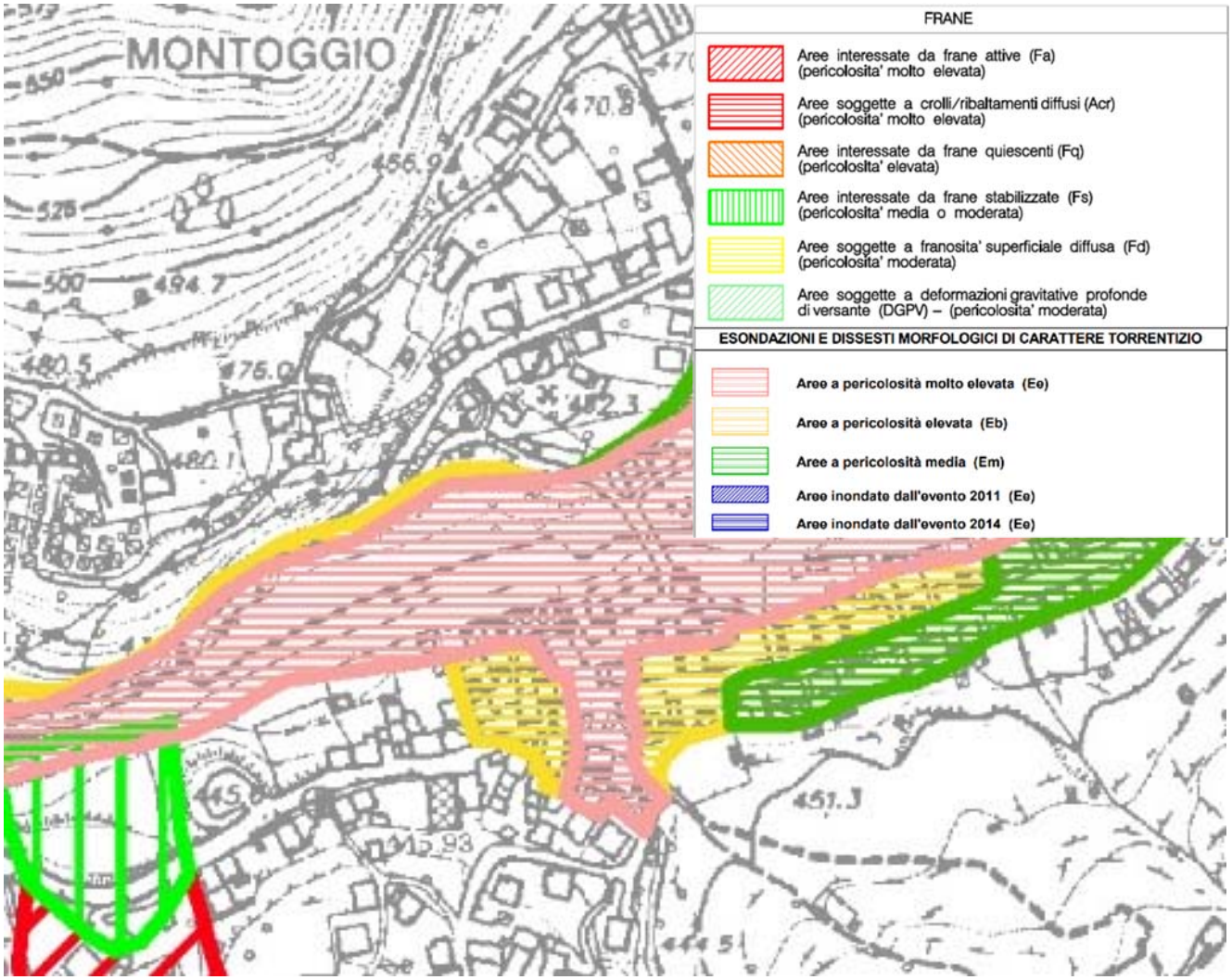


Figura 2. *Perimetrazione delle aree di dissesto da VBP.*

4. PARAMETRI IDROLOGICI

Per quanto riguarda gli aspetti idrologici, la citata Variante Bacini Padani definisce le caratteristiche dei bacini e i valori di massima piena da assumere per le verifiche idrauliche; in particolare, si riporta lo stralcio della Tavola *"T3 – Corografia con i sottobacini idrografici (Scrivia)"* della VBP che individua i seguenti parametri idrologici per il bacino in esame:

Sezione di chiusura	Sottobacino	Superficie sottesa alla sez. di chiusura *(km²)*	Portata di piena al colmo *(m³/s)*		
			T=50anni	T=200anni	T=500anni
CP	Rio Carpi	2.80	56	82	98

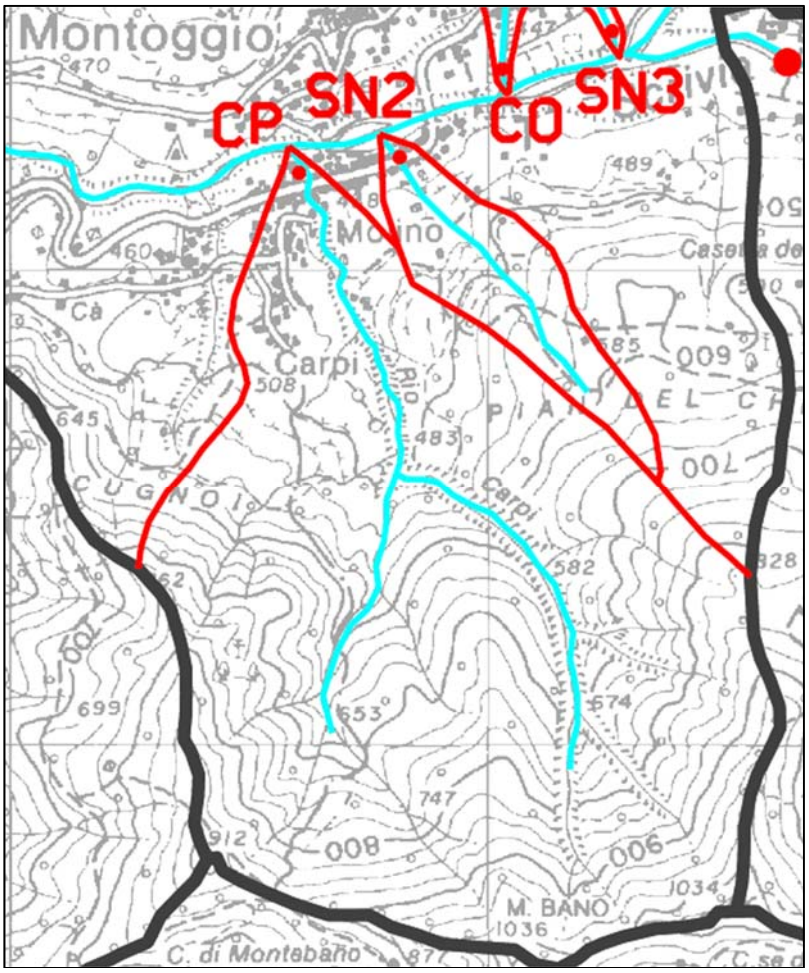


***Figura 3**. Stralcio Tavola T3della VBP*

Si evidenzia tuttavia che la superficie sottesa alla sezione di chiusura non risulta essere 2.80 km^2 bensì 1.36km^2, per cui le portate calcolate dal Piano Bacini Padani risultano sovrastimate.

Per gli aspetti idrologici sono dunque stati adottati gli stessi di valori di portata calcolati e utilizzati nel già citato progetto di "Messa in sicurezza del rio Carpi a Montoggio (GE) – Progetto degli interventi a breve termine" a firma degli scriventi professionisti.

Lo studio idrologico sviluppato all'interno del progetto comprendeva lo sviluppo di un modello afflussi-deflussi tarato sulla base dei dati pluviometrici disponibili e relativi agli eventi intensi registrati, e comprendeva una caratterizzazione idrologica completa del bacino e dei suoi sottobacini, compresa una caratterizzazione granulometrica al fine di calcolare valori di portata sia liquida che solida, e i relativi idrogrammi e debrisgrammi.

I valori calcolati per il tratto di valle del rio Carpi, risultano i seguenti:

Q Tr50 *(m^3/s)*	Q Tr200 *(m^3/s)*	Q Tr50 + TS *(m^3/s)*	Q Tr200 + TS *(m^3/s)*
36.9	46.4	42.5	60.6

Nell'ambito dei lavori di messa in sicurezza del tratto di monte sono stati realizzate numerose opere, quali opere di consolidamento dei versanti, briglie antidebris e briglie di trattenuta, aventi l'obiettivo di contenere il trasporto solido verso valle. Tenuto conto della presenza di tali opere si è dunque deciso di effettuare le verifiche di dimensionamento con i valori della sola portata liquida.

In particolare, anche trascurando l'effetto delle opere realizzate a monte dell'apice conoide, che comunque sono 3 briglie antidebris e 2 briglie in legname e pietrame di altezza del paramento di circa 2.50 – 3.00 m, che stanno svolgendo in modo adeguato il loro compito di consolidamento al piede dei versanti favorendo la deposizione del materiale a tergo e la formazione di un alveo a salti (cosiddette briglie "a perdere"), a valle dell'apice conoide sono presenti due briglie in cemento armato finestrate, che realizzano a tergo delle stesse un volume di invaso di circa 10.000 mc, oltre a svolgere una funzione di smorzamento di eventuali fenomeni di colata detritica.

5. STUDIO IDRAULICO – APPROCCIO METODOLOGICO E PARAMETRI IDRAULICI

La presente relazione sviluppa le condizioni idrauliche di deflusso nello stato di fatto e nelle condizioni di progetto, mediante l'implementazione di un modello monodimensionale di tipo permanente. L'approccio sviluppato è stato pensato al fine di poter confrontare tra loro i profili idrici ricavati, e caratterizzare correttamente le condizioni di moto, in termini di dinamica, tiranti e velocità, con particolare riferimento alla verifica dei franchi residui.

5.1. METODO DI CALCOLO ADOTTATO PER LA MODELLAZIONE NUMERICA MONODIMENSIONALE

La determinazione dei profili idraulici è stata realizzata tramite una modellazione in moto permanente, relativa sia alle condizioni di rilievo sia a quelle di progetto, tramite il software HEC-RAS "River Analysis System" Versione 6.4.1 (U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center).

Il calcolo del profilo idraulico in condizioni di moto unidimensionale prevede la definizione di un valore di portata costante e opera mediante la risoluzione delle equazioni di bilancio energetico e consente l'individuazione delle grandezze idrauliche fondamentali legate al moto dell'acqua oltre che della dinamica del flusso con la definizione dei passaggi di stato.

Il significato dei dati riportati nelle tabelle risulta il seguente:

River Sta = codice della sezione d'elaborazione. La numerazione procede in ordine decrescente da monte a valle.

Qtotal = portata di calcolo;

Min Ch El = quota di fondo alveo;

W.S. Elev. = altezza idrometrica calcolata;

E.G. Slope = pendenza motrice;

Vel Chnl = velocità di deflusso;

Froude # Chl = numero di Froude della corrente;

Area = sezione interessata dal deflusso;

Top Width = larghezza pelo libero in sommità;

Lenght Chnl = distanza tra le sezioni.

5.2. ASSETTO GEOMETRICO

Per la definizione dell'assetto geometrico si è fatto riferimento al rilievo realizzato a luglio 2023 con tecnologia laser scanner e verificato con numerosi sopralluoghi in sito.

Per la modellazione bidimensionale si è inoltre utilizzato come base il DTM Lidar con precisione 1 m del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), in particolare per le quote di raccordo a monte del rilievo con laser scanner sul rio Carpi e della confluenza con lo Scrivia.

5.2.1.Geometria di progetto

La verifica idraulica effettuata si è sviluppata in modo lineare procedendo da valle verso monte, modificando progressivamente le sezioni idrauliche del corso d'acqua (allargamenti e adeguamenti in quota) con riferimento alla portata con tempo di ritorno duecentennale e ai franchi idraulici richiesti dalla normativa regionale.
L'obiettivo è la significativa riduzione del rischio idraulico nelle situazioni attualmente di maggior criticità, anche se per la presenza di vincoli altimetrici e dovuti alla presenza di edifici non è possibile garantire la messa in sicurezza lungo l'intero corso d'acqua con i franchi idraulici minimi richiesti dalla normativa regionale, come meglio indicato nel capitolo dedicato.
Si evidenzia che proprio al fine di ridurre il carico energetico, il profilo del nuovo canale presenta alcuni salti che consentono di mantenere una pendenza ridotta (circa l'1% a fronte del precedente 3%) e di contenere pertanto le velocità.
Durante la modellazione idraulica del corso d'acqua sono state sviluppati diversi scenari di progetto
Scenario 1: adeguamento del canale esistente con realizzazione di un canale scolmatore;
Scenario 2: realizzazione di un nuovo canale con sezione sufficiente, e adeguamento del tratto esistente di valle.
Per ragioni di sintesi e per facilità di lettura si è scelto di allegare alla presente relazione la sola modellazione effettuata per la verifica della configurazione stato di fatto (Allegato 1) e della configurazione di progetto complessiva (Allegato 2), i cui risultati sono anche indicati negli elaborati grafici di progetto.
Si rimanda alla Relazione Tecnico Illustrativa per l'illustrazione delle alternative progettuali analizzate.

5.3. CONDIZIONI AL CONTORNO

Le ipotesi di calcolo relative alle condizioni al contorno introdotte nel modello di simulazione numerica di moto permanente sono le seguenti:
- sono stati calcolati i profili idrometrici in corrispondenza di tutti i valori di portata e i tempi di ritorno riportati nel capitolo 4;
- le portate al colmo sono considerate costanti in tutto il tratto analizzato;
- come condizioni al contorno iniziali sono state imposte le seguenti pendenze motrici in condizioni di moto uniforme (Normal Depth):
    - Monte: 4% sia in condizioni di rilievo che di progetto;
    - Valle: 3% in condizioni di rilievo, 1% in condizioni di progetto
    - Sono inoltre state simulate le condizioni di tirante in Scrivia ininfluente e tirante in Scrivia corrispondente al valore di massima piena Tr200; tenuto conto dell'esito di questa ultima simulazione non si è ritenuto effettuare altre simulazioni con diverse ipotesi di contemporaneità, come meglio illustrato nel seguito.

5.4. VALORI DI SCABREZZA

Il fondo alveo del rio Carpi a monte dello scatolare esistente è essenzialmente naturale, con presenza di pietrame e materiale di media pezzatura nel tratto interessato dall'alveo di magra, condizione che si presenta anche all'interno dello scatolare esistente, dove risulta presente a tratti la roccia affiorante, che comporta un fondo alveo molto irregolare. In corrispondenza del ponte per località Carpi Superiore e nel tratto compreso tra il ponte e l'imbocco dello scatolare è invece presente un tratto plateato, realizzato nell'ambito degli interventi ~~del~~ 2016.

Il regolamento regionale n.3 del 14 luglio 2011 "Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua" definisce alcuni parametri di scabrezza di riferimento in funzione della tipologia di corso d'acqua (Allegato 1), riportati di seguito.

CORSO D'ACQUA	C Strickler	n di Manning

	$[m^{1/3}s^{-1}]$	$[m^{-1/3}\,s]$
Naturali, con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva arborea in alveo.	25-30	0.04 - 0.033
Naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35	0.033 - 0.028
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati in buono stato	35-40	0.028 - 0.025
Fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti interferenti	40-45	0.025 - 0.022

Il parametro di scabrezza utilizzato nel modello idraulico del Piano Bacini Padani, nel tratto corrispondente al tratto in oggetto, risulta essere univoco lungo l'intero corso, sia per l'alveo centrale sia per le sponde esistenti e pari ad un valore n di Manning di 0.025 $m^{-1/3}\,s$ (C Strickler di 40 $m^{1/3}s^{-1}$).

Nel seguito le assunzioni del presente studio idraulico

- Condizioni stato di fatto

Per la modellazione dello stato di fatto del rio si è scelto di mantenere un parametro di scabrezza di poco superiore di quello previsto dal Piano Bacini Padani, vista la forte irregolarità del fondo con presenza di rocce.

SCABREZZA CONDIZIONI STATO DI FATTO	C Strickler $[m^{1/3}s^{-1}]$	n di Manning $[m^{-1/3}\,s]$
Fondo alveo di magra naturale	28	0.035
Tratti di scatolare con fondo roccioso irregolare	28	0.035
Tratti con fondo in c.a.	40	0.025



Figura 4. *Vista verso monte del tratto terminale dello scatolare esistente*

- Condizioni di progetto

In condizioni di progetto si prevede un fondo cementato per l'intero tratto a valle del ponte. Si precisa che la scelta di realizzare la platea di fondo è dovuta esclusivamente ad aspetti di carattere strutturale.

Le verifiche idrauliche effettuate nella configurazione di progetto tengono conto degli interventi previsti con la modifica lungo alcuni tratti dei parametri di scabrezza impiegati nelle condizioni di stato di fatto, per il rifacimento di alcune sponde artificiali o la pulizia dell'alveo.

SCABREZZA CONDIZIONI DI PROGETTO	C Strickler $[m^{1/3}s^{-1}]$	n di Manning $[m^{-1/3}s]$
Tratti di scatolare realizzati interamente in c.a.	40	0.025
Fondo in massi cementati	28	0.035

5.5. FRANCO IDRAULICO

Il già sopracitato regolamento regionale n.3 del 14 luglio 2011 (Allegato 2), in merito ai franchi idraulici da prendere in riferimento definisce che per i tratti di corso d'acqua del reticolo di primo livello (bacino

sotteso superiore a 1km^2), come nel caso del rio Carpi, i franchi non debbano essere inferiori al valore maggiore tra:

- Il carico cinetico della corrente $U^2/2g$, dove U (m/s) è la velocità media della corrente e g è l'accelerazione gravitazionale (m/s^2);
- I valori di seguito indicati, dove i primi corrispondono a bacini poco dissestati e modesto trasporto solido, i secondi a bacini molto dissestati con forte trasporto solido:

1	Argini e difese spondali	cm 50/100
2	Ponti e strutture di attraversamento fino ad estensioni longitudinali di m.12	cm 100/150
3	Coperture e tombinature, ponti e strutture di attraversamento oltre m. 12	cm 150/200

Data la tipologia del corso d'acqua in oggetto con velocità medie elevate – spesso maggiori di 5 m/s, dovute a pendenze mediamente elevate, salvo situazioni localizzate il criterio maggiormente vincolante risulta essere quello relativo al carico cinetico, che comporta franchi idraulici talvolta anche superiori ai 2 m.

Si sottolinea tuttavia che gli interventi previsti consentono un notevole miglioramento delle condizioni di deflusso, e un sensibile aumento del franco residuo, che viene garantito sempre per almeno 1.5m.

Nel caso specifico la dimensione della sezione idraulica risulta fortemente vincolata sia sotto il profilo altimetrico sia sotto quello planimetrico (in larghezza). Infatti per quanto riguarda l'altimetria di fatto da piazza Balilla fino allo Scrivia l'altezza effettiva libera della sezione è condizionata dalla quota di sbocco a valle (che non può essere ridotta data la quota di immissione in Scrivia) e dalle quote stradali; già l'utilizzo di un valore di pendenza minore di quello attuale consente di guadagnare in altezza utile della sezione, ma con un limite massimo di altezza utile pari a 3.00 m

Sotto il profilo planimetrico, che influenza la larghezza utile della sezione, la presenza di alcuni edifici, in particolare nel tratto di vicolo a valle di via IV Novembre, vincola ad una larghezza massima di 6.00 m, che viene quindi mantenuta per evidenti motivi di continuità anche a monte. È utile in questo contesto evidenziare come la realizzazione della sezione di progetto è possibile solo grazie alla prevista demolizione di un edificio a monte (zona imbocco) e di una porzione di un altro edificio residenziale e di un capannone a valle.

Quanto sopra, a cui aggiungere la presenza delle opere di trattenuta del trasporto solido a monte, consente di affermare che a parere degli scriventi ci sono le condizioni per richiedere una deroga rispetto ai franchi previsti dalla norma, tenuto conto delle successive valutazioni in termini di tiranti di progetto.

6. ANALISI DEI RISULTATI

6.1. STATO DI FATTO

Le verifiche effettuate nelle condizioni di rilievo evidenziano come l'attuale tratto tombinato, pur consentendo il transito della portata duecentennale (liquida) per la maggior parte dei tratti, presenta evidenti criticità in particolare a partire dalla zona di attraversamento della SP fino di fatto alla confluenza in Scrivia. Il tratto tombinato risulta caratterizzato da sezioni strutturalmente e geometricamente varie, evidentemente realizzate in tempi e con modalità costruttive diversi; si riscontrano discontinuità di

geometria, presenza di muri in parte in pietrame e in parte in muratura; il fondo è prevalentemente in roccia o comunque con fondo naturale.

Di seguito si riporta il profilo ottenuto dal modello in condizioni di rilievo, la cui irregolarità è conseguenza delle discontinuità di sezione e delle sconnessioni del fondo alveo.

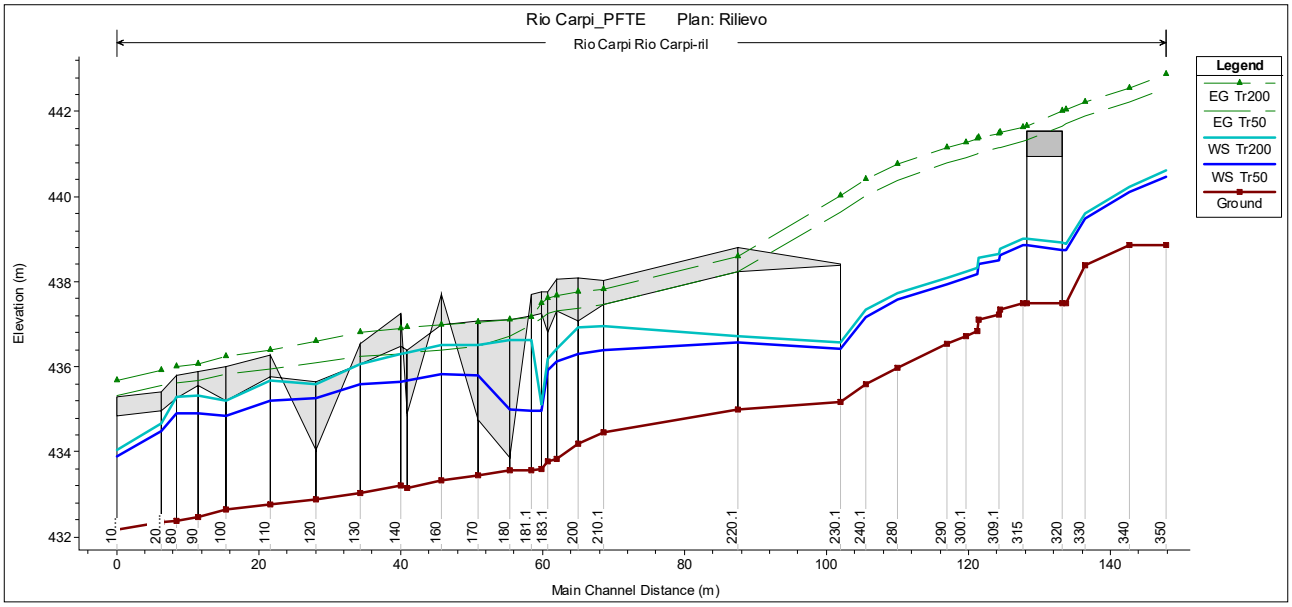


Figura 5. *Profilo Tr50 e Tr200 in condizioni di rilievo*

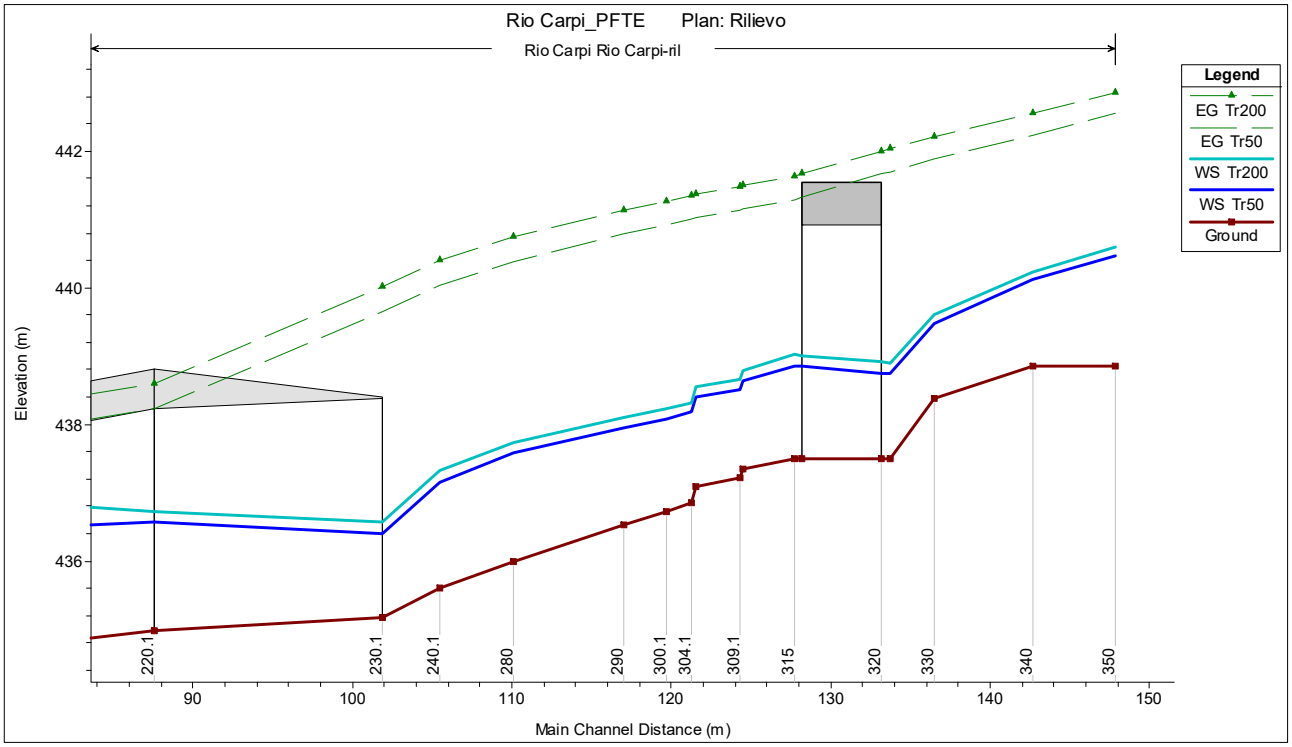


Figura 6. *Profilo Tr50 e Tr200 in condizioni di rilievo - zoom monte*

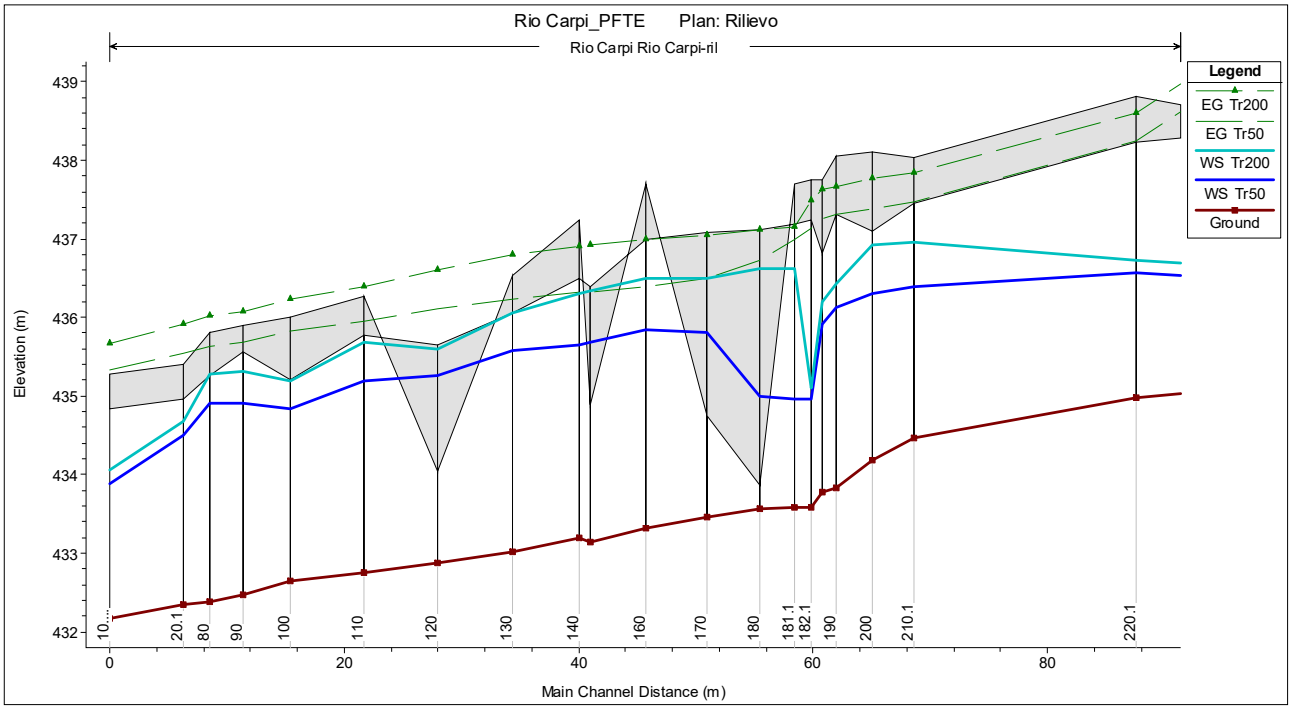


Figura 7. *Profilo Tr50 e Tr200 in condizioni di rilievo - zoom valle*

Si evidenzia che tale profilo, pur riportando i corretti profili idraulici, per una mera questione grafica non è rappresentativa delle corrette quote dell'intradosso della copertura, per la quale si fa riferimento al seguente profilo grafico dell'elaborato n.14, di cui si riporta uno stralcio.

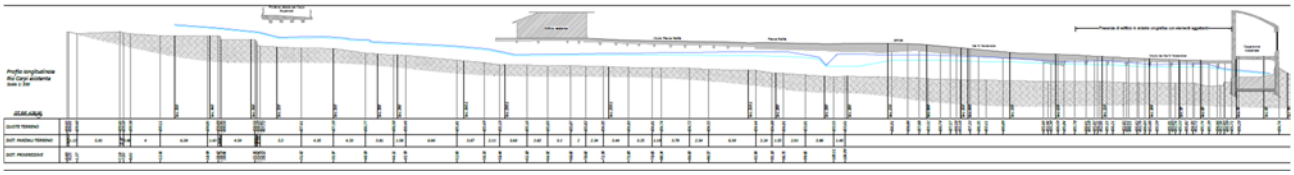


Figura 8. *Stralcio elaborato 14 - profilo di rilievo*

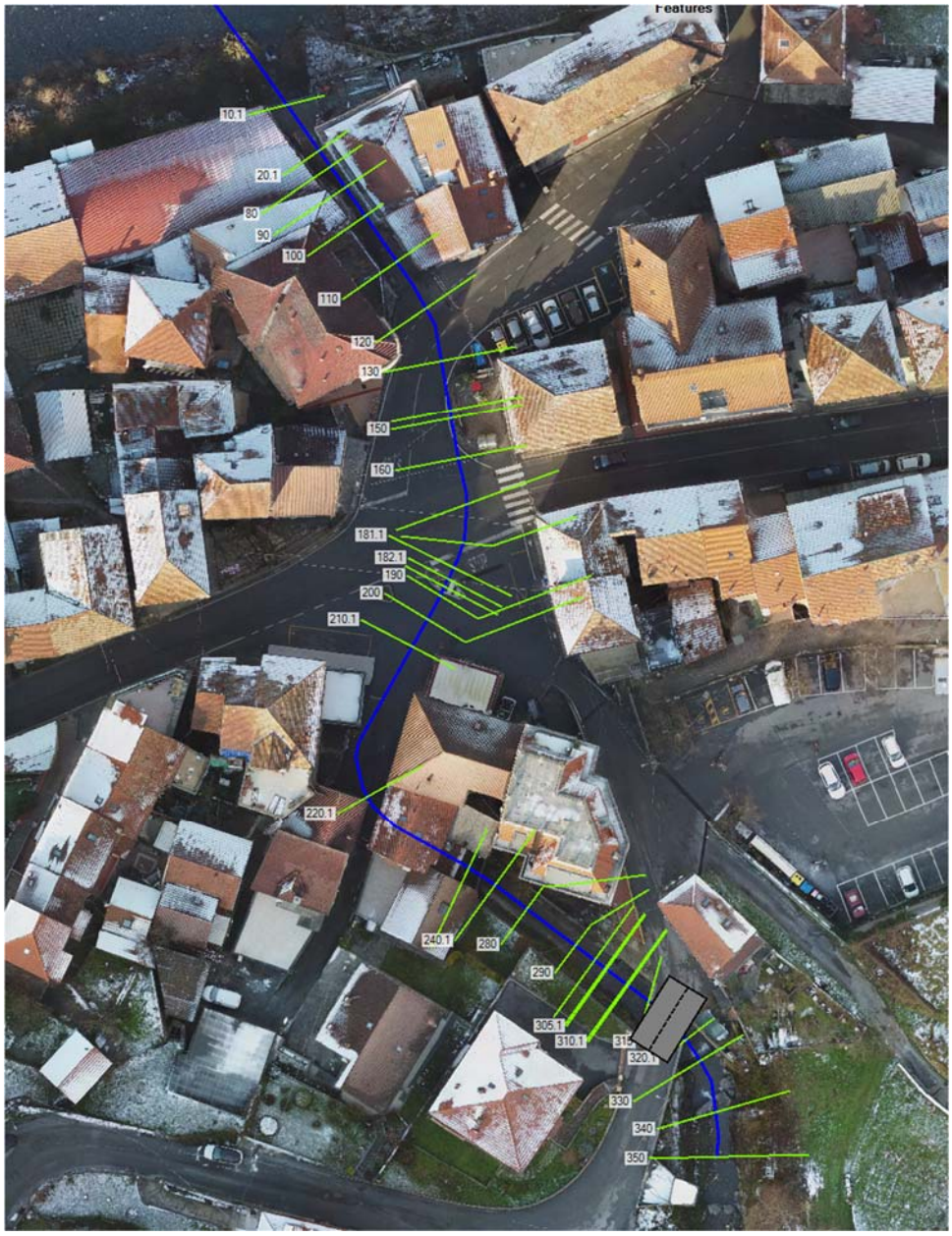


Figura 9. *Ubicazione sezioni di rilievo*

Sotto il profilo idraulico nel primo tratto la portata TR 200 anni transita sia pur con franchi inferiori a quelli previsti dalla norma (mediamente 0.80/1.00 m); in particolare il deflusso all'imbocco è garantito dallo scivolo in c.a. a forte pendenza che comporta tuttavia elevate velocità e un carico cinetico superiore all'intradosso, come evidenziato nella sezione di imbocco RS230.1 sotto riportata.

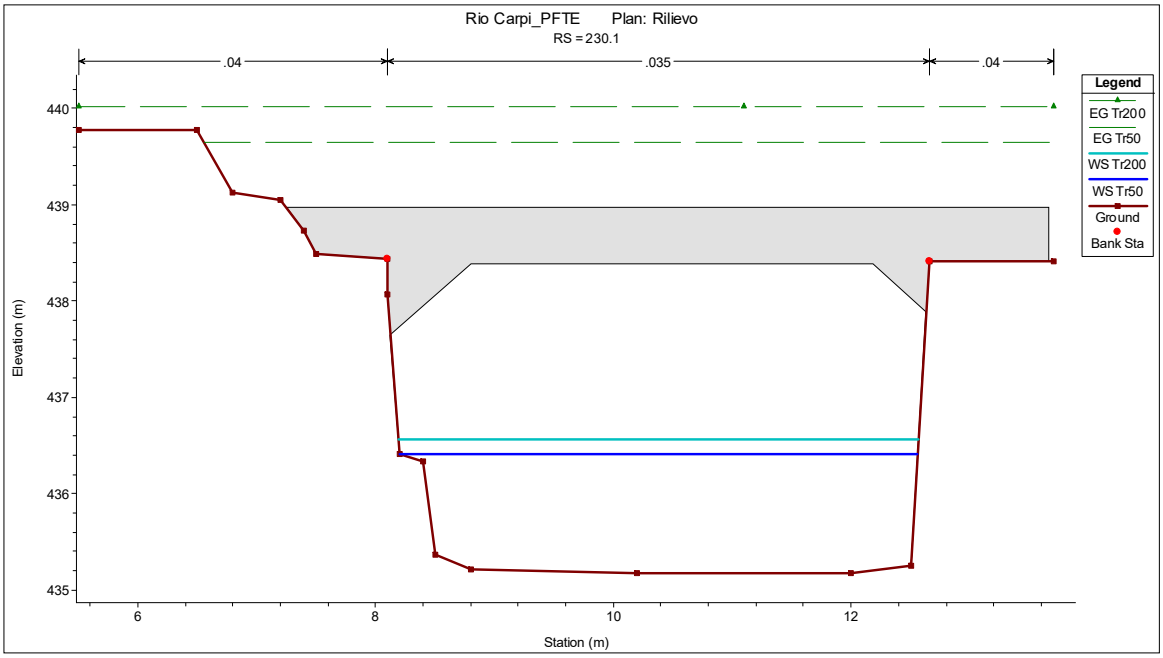


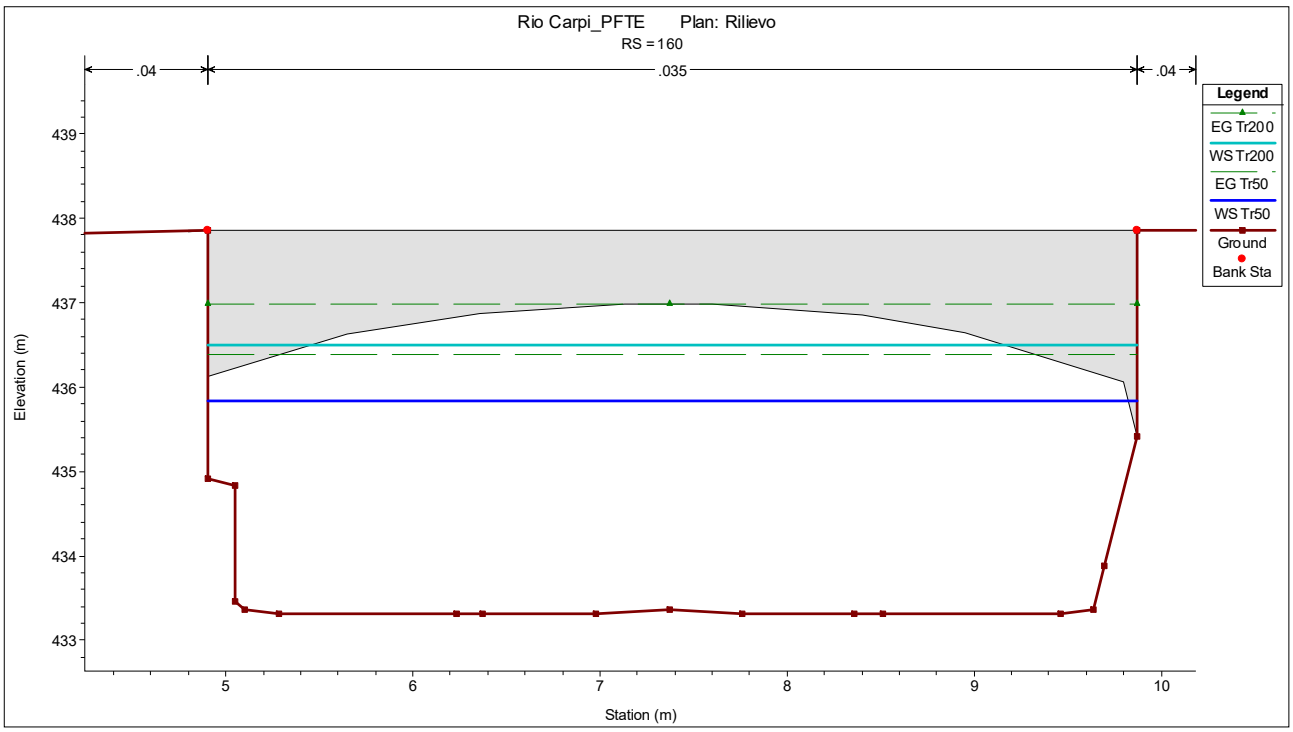
Figura 10. *Sezione 230.1 in condizioni di rilievo*

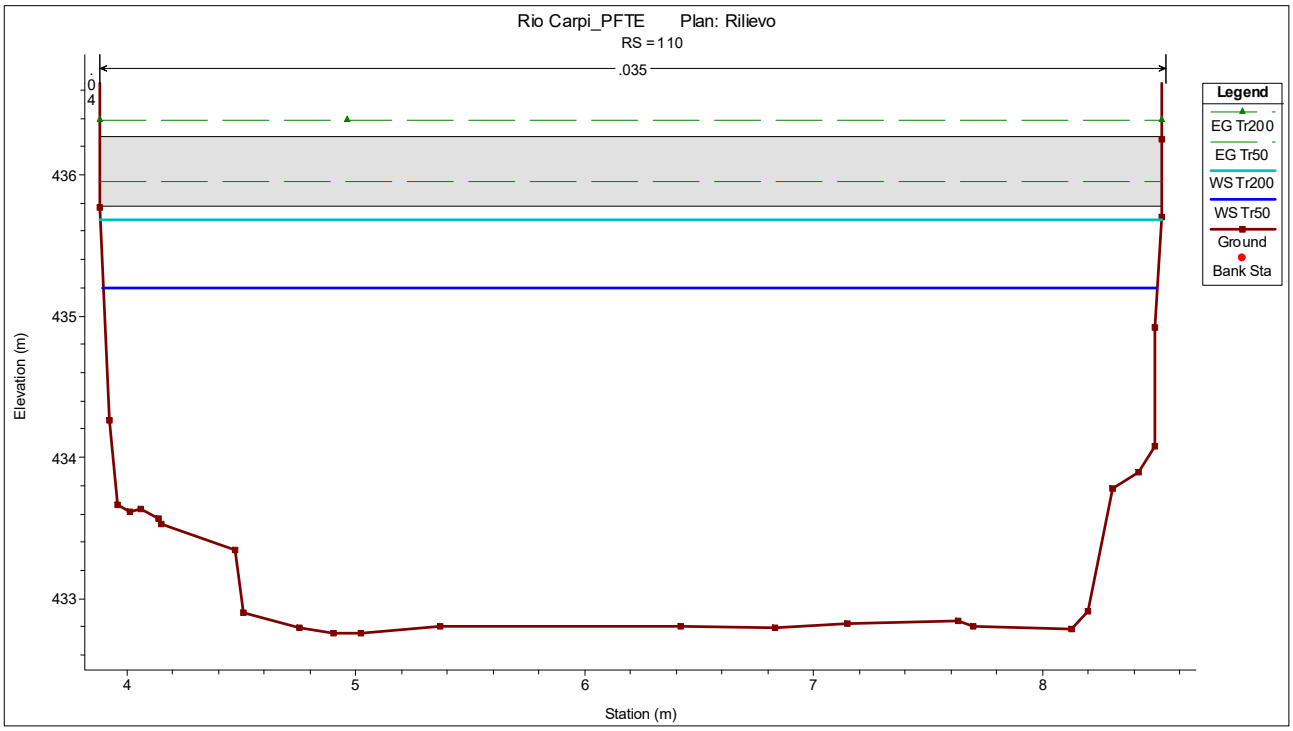
A partire dalla zona di attraversamento della SP si riscontra un primo netto cambio di sezione, evidente nella foto di seguito riportata, dove inizia una sezione corrispondente ad un vecchio ponte ad arco, in corrispondenza della curva verso sinistra.



Figura 11. *Evidenza del cambio di sezione*

Il tratto a valle della strada Provinciale è caratterizzato da livelli prossimi all'intradosso, con tratti in pressione, sia in corrispondenza delle sezioni ad arco che dalle sezioni con soletta con struttura a travi, con pareti in muratura in parte in mattoni e in parte in pietrame.





In definitiva quindi il modello mostra come le sezioni attuali non garantiscano il deflusso di piena; è evidente che la simulazione, pur dettagliata e basata su un rilievo molto affinato, non può tenere conto in

modo esatto delle discontinuità presenti nel tratto tombinato; si può quindi affermare che le sezioni attuali comportano un rischio elevato di insufficienza delle sezioni di deflusso.

A questo è utile aggiungere che anche l'andamento planimetrico dell'attuale percorso, che risulta anomalo con una curva accentuata in destra e una successiva controcurva verso sinistra, è da considerare quale fattore di ulteriore pericolo, come per altro dimostrato nel corso degli eventi 2014 e 2015, nel corso dei quali il deflusso è stato indirizzato secondo la traiettoria più naturale, di fatto bypassando la curva (anche per la presenza di materiale che ostruiva le sezioni). Infine l'attuale percorso transita al di sotto di alcuni edifici, altra situazione da considerare quanto meno anomala.

6.2. CONDIZIONI DI PROGETTO

La soluzione progettuale prescelta prevede la realizzazione di un nuovo alveo nel tatto compreso tra il ponte per via Carpi Superiore e la SP226 e l'ampliamento della sezione a valle fino alla confluenza in Scrivia; questa soluzione risulta prescelta poiché consente di superare la maggior parte dei vincoli precedenti, poiché permette la realizzazione di un nuovo alveo di sezione adeguata per il tratto compreso tra il ponte di via Carpi superiore e l'imbocco del vicolo che da via IV Novembre si sviluppa verso lo Scrivia, senza interferenze di rilievo o comunque tali da vincolare le scelte progettuali in termini di larghezza (o meglio, è la soluzione che consente di "massimizzare" l'ampiezza delle sezioni del nuovo alveo); inoltre consente una rettifica del percorso dell'alveo, che si sviluppa quindi secondo un andamento presumibilmente più conforme alla morfologia del territorio ante urbanizzazione, eliminando di fatto la sinuosità certamente artificiale dell'attuale assetto. Questa soluzione risulta inoltre favorita dalla scelta dell'amministrazione di acquisire e demolire il palazzo presente in corrispondenza dell'imbocco del nuovo scatolare, peraltro fortemente danneggiato nei piani inferiori (che risultano inagibili) dall'evento del 2014; in questo modo potrà essere lasciato a cielo aperto un tratto di oltre 20 m in corrispondenza dell'imbocco.



Figura 12. *Ubicazione sezioni di progetto*

Gli interventi che modificano le condizioni idrauliche sono le seguenti (si rimanda alla Relazione Tecnica Illustrativa per la descrizione di dettaglio):

Tratto A-B: Adeguamento quote di fondo alveo tratto di monte (RS350): in questo tratto si prevede una riprofilatura del fondo alveo di ridotta entità, volta a adeguare le quote alla soluzione progettuale di valle, mediante scavo e realizzazione di platea in massi cementati e ripresa dove necessario della fondazione delle scogliere esistenti per il necessario collegamento alla platea in progetto; lo sviluppo del tratto è di circa 15 m

Tratto B-C: Deviatore e nuovo ponte sul rio Carpi (R320-310): in questo tratto si prevede la realizzazione dell'opera di deviazione del rio Carpi dall'attuale sezione al nuovo tracciato, intervento in parte a monte della nuova sede per rettificare l'andamento planimetrico del nodo e favorire un più lineare deflusso verso la nuova sezione e in parte di realizzazione della nuova sezione; di fatto dal punto B fino alla sezione 300 circa si prevede di rettificare l'andamento attuale dell'alveo riducendo la curva oggi molto accentuata per indirizzare l'alveo verso il nuovo canale; la soluzione progettuale prevede anche il rifacimento del ponte su

strada Carpi superiore, il cui mantenimento costituirebbe un vincolo rispetto all'andamento planimetrico ritenuto non compatibile con la soluzione prescelta; in corrispondenza della deviazione rispetto al vecchio alveo si prevede di mantenere il muro di sponda sinistra della nuova sezione ad una quota corrispondente al tirante TR 200 anni in condizioni di annullamento del franco, in modo da realizzare un varco nella continuità del muro di sponda che consenta, in caso di evento eccezionale, la riattivazione della vecchia sezione, con funzione di scolmatore; questa scelta è stata preferita rispetto ad una soluzione che prevedesse il mantenimento della doppia sezione utile data la conformazione del punto di deviazione, che per le sue caratteristiche e i vincoli dovuti agli edifici circostanti, non consente di realizzare un manufatto "ripartitore" di semplice concezione ed effettiva funzionalità; inoltre la scelta dell'amministrazione è stata quella di voler realizzare per quanto possibile una nuova sezione di deflusso, che non interessasse più in alcun modo edifici o proprietà private, e per la quale definire un sedime demaniale certo, mantenendo invece la sezione esistente esclusivamente per una gestione di emergenze, oltre che di scarico delle acque meteoriche direttamente afferenti.

È prevista la demolizione e successiva ricostruzione dell'attraversamento su via Carpi superiore, secondo una geometria che consenta la corretta configurazione dell'alveo sottostante e garantisca comunque la continuità stradale; si prevede la realizzazione di spalle su micropali e travi in c.a. e l'impalcato in travetti accostati prefabbricati precompressi tipo Trave Cap 13x14 cm. La lunghezza di questo tratto è di circa 35 m.

Tratto C-D: Nuovo canale a cielo aperto (RS270): questo tratto viene realizzato di fatto in corrispondenza del sedime dell'edificio che viene demolito, e prevede la realizzazione di una sezione ad U a cielo aperto, larga 6.00 m e di altezza minima di 4.40 m; la sezione viene realizzata con paratia di micropali su entrambe le sponde, scavo della sezione e realizzazione di pareti e soletta di fondo in c.a.; la lunghezza del tratto è di circa 11 m.

Tratto D-E: Nuovo canale scatolare su Piazza Balilla (RS250-190): questo tratto si sviluppa al di sotto del sedime di Piazza Balilla, ed è costituito da una sezione a scatolare di dimensioni 6.00 x 3.00 m, con pareti laterali realizzate in modo analogo alle precedenti, e solaio in lastre prefabbricate alveolari 36+9 cm; la lunghezza di questo tratto è di circa 23.5 m

Tratto E-F: confluenza: in questo tratto si ha la confluenza del vecchio alveo nel nuovo; per quanto riguarda la sponda destra e l'impalcato sono previste le soluzioni progettuali descritte in precedenza; in sponda sinistra è invece previsto il varco di innesto del vecchio alveo, il cui tracciato viene ripreso per una lunghezza di circa 12 m con una sezione scatolare di nuova realizzazione di larghezza 4.00 m e altezza 2.40 m, le cui modalità esecutive risultano analoghe; lungo l'alveo principale la lunghezza del tratto è di circa 9.00 m

Tratto F-G: adeguamento sezione idraulica tratto di monte(RS180-130): questo tratto si estende da valle confluenza fino all'imbocco del vicolo che si diparte da via IV Novembre; si prevede un adeguamento dimensionale della sezione esistente, con sezione scatolare di larghezza 6.00 e altezza 3.00; in generale la sezione viene allargata su entrambe le sponde, con soluzione progettuale analoga a quella descritta in precedenza. La lunghezza del tratto è di circa 26.50 m

Tratto G-H: adeguamento sezione idraulica tratto di valle (RS120-70): questo tratto risulta interessare il sedime del vicolo che parte da via IV Novembre fino alla confluenza in Scrivia; anche in questo caso si prevede l'adeguamento dimensionale della sezione esistente, con allargamento in sinistra orografica, poiché in destra l'attuale muro di sponda risulta prossimo agli edifici; la sezione finale presenta uguale geometria e viene realizzata con modalità analoghe a quelle descritte; tuttavia in questo tratto la presenza di una balconata e una porzione di edificio, in parte civile abitazione e in parte ad uso capannone, richiedono interventi di demolizione delle strutture interferenti e loro parziale ricostruzione; in particolare si prevede la demolizione della balconata e della porzione aggettante della veranda e di parte della cucina del primo piano, e la demolizione di 3 campate del capannone presente a valle; nell'ambito dei lavori, oltre agli indennizzi per le proprietà interessate nei termini dovuti, si prevede il ripristino al rustico della

balconata e la tamponatura delle pareti in demolizione, prevedendo invece in sede di accordo con le parti in termini di indennizzi gli oneri per i ripristini delle finiture interne (pavimenti, impianti, etc.) per la ragioni che sono successivamente illustrate. La lunghezza del tratto è di 22 m.

Tratto H-I: manufatto di sbocco in Scrivia (RS60-40): a valle del vicolo si prevede la realizzazione dello sbocco in Scrivia mediante sezione ad U in calcestruzzo di dimensioni interne di 6.00 x 3.00 m, per una lunghezza di circa 14 m. Infine si prevede la realizzazione di un tratto di scogliera a protezione della sponda sinistra per una lunghezza di circa 30 m dopo lo sbocco dello scatolare a U e il raccordo del pennello di protezione dello sbocco già esistente al nuovo manufatto.

Le verifiche idrauliche nelle condizioni di progetto prevedono il deflusso della portata duecentennale con tiranti massimi di 1.65m in corrispondenza del tratto terminale.

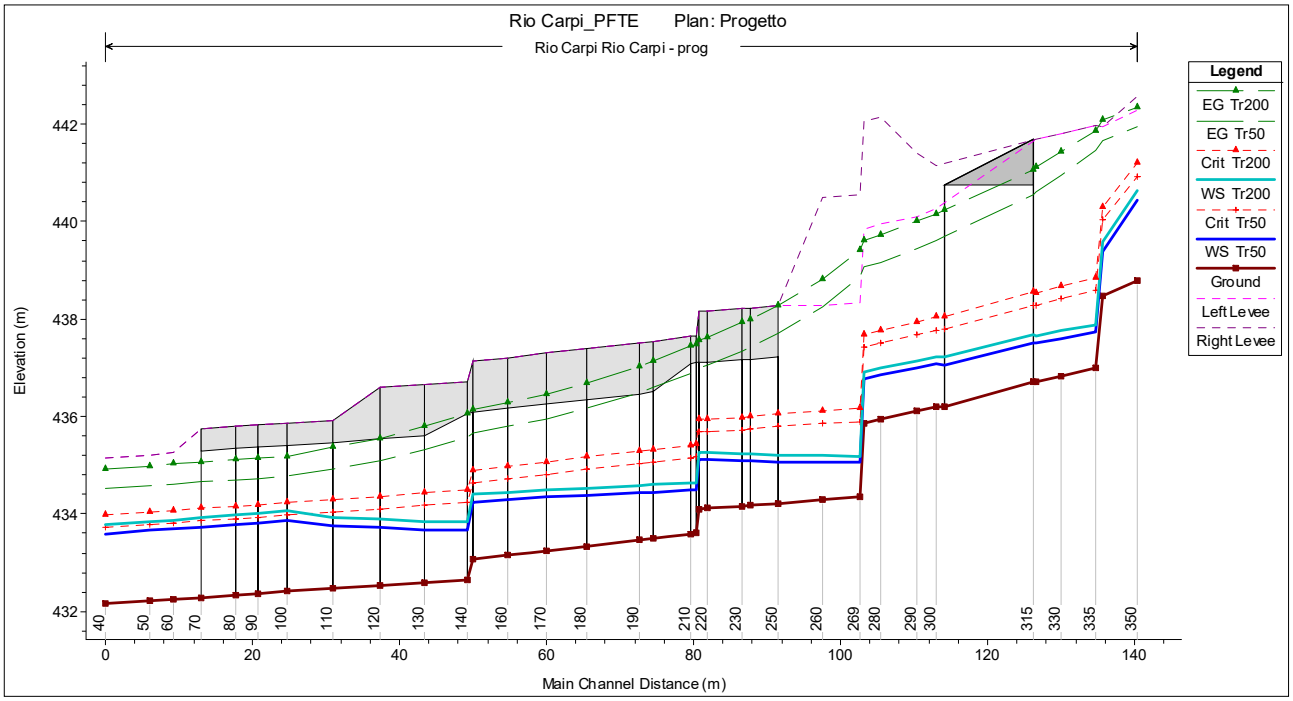


***Figura 13**. Profilo Tr50 e Tr200 in condizioni di progetto*

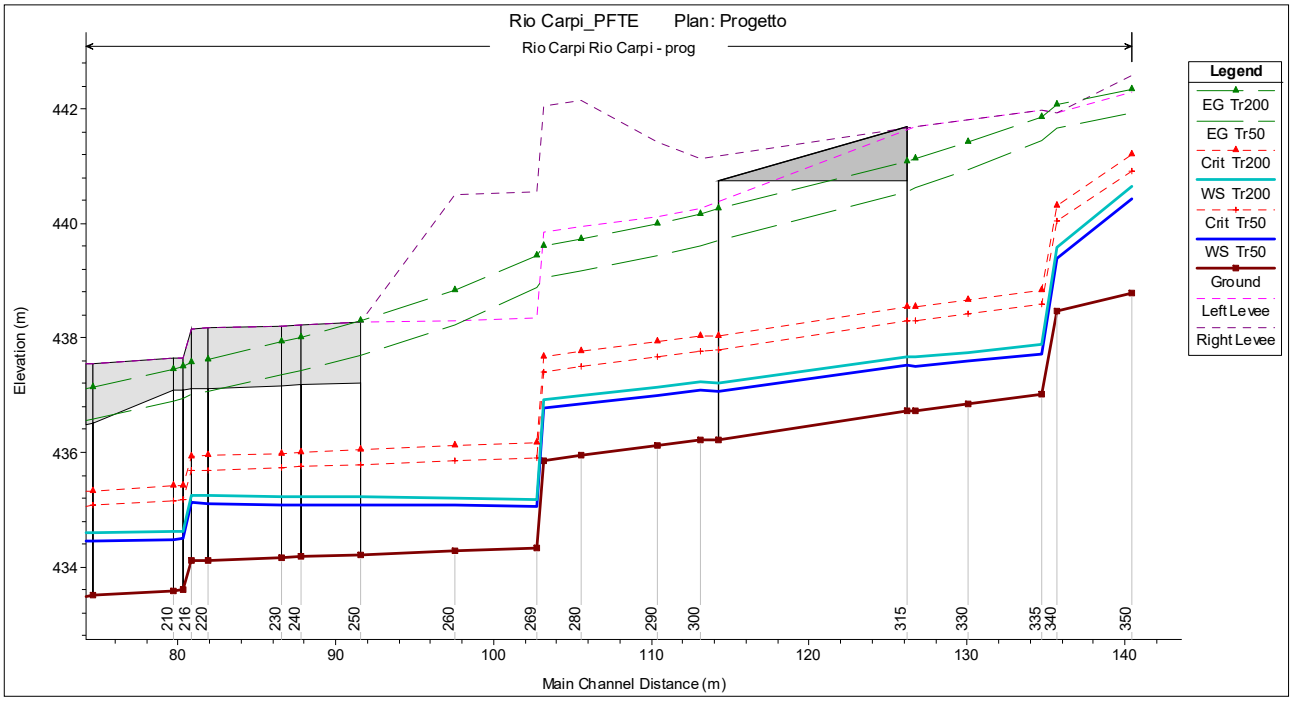


Figura 14. *Profilo Tr50 e Tr200 in condizioni di progetto - zoom monte*

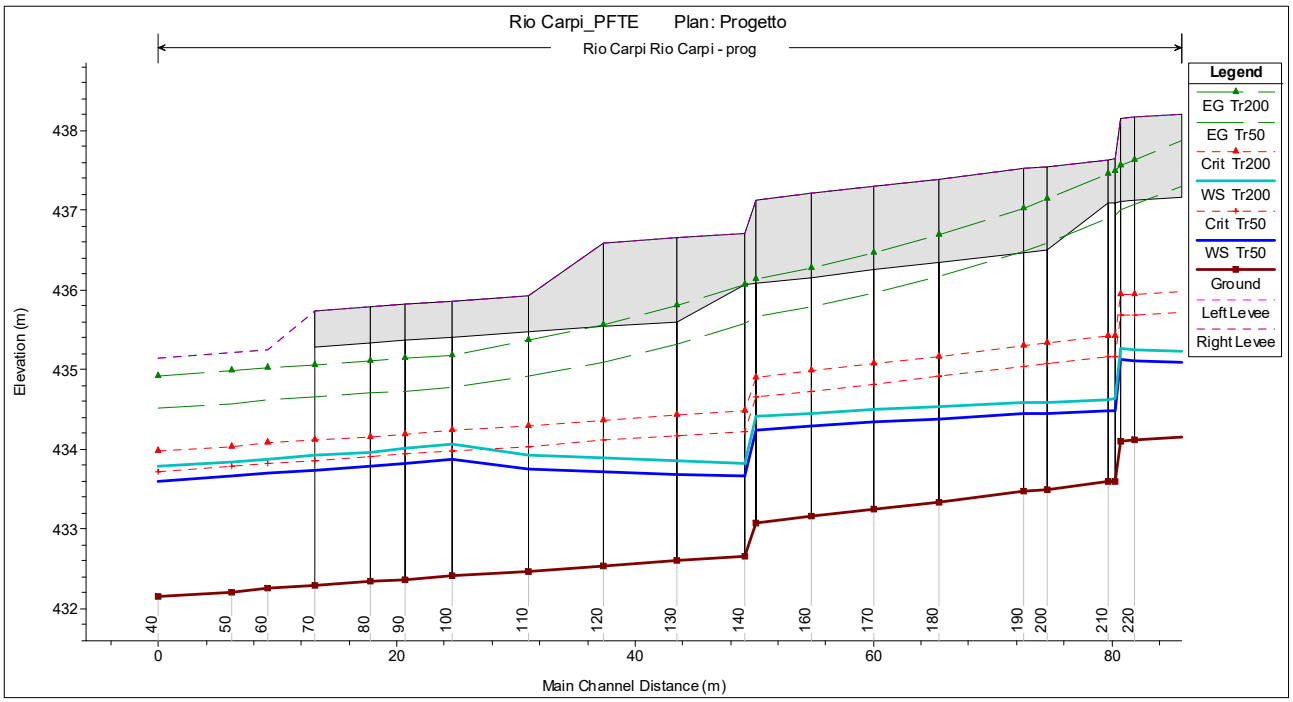


Figura 15. *Profilo Tr50 e Tr200 in condizioni di progetto - zoom valle*

Come si evince dal profilo, gli interventi in progetto comportano una regolarizzazione del profilo idrico con conseguente abbassamento dei livelli; tuttavia l'aumento della sezione con realizzazione di un fondo in c.a. (imposto per ragioni di dimensionamento strutturale) comportano una diminuzione di scabrezza e un moto in corrente veloce in tutto il tratto modellato.

Pertanto al fine di limitare le velocità, in fase progettuale si è sviluppato un profilo a salti con tratti con pendenza all'1% a fronte di pendenze di rilievo comprese tra il 3 e il 3.5%.

Di seguito si riporta la tabella dei franchi, nella quale si riporta il livello della portata duecentennale, la quota di sponda o di intradosso in corrispondenza delle sezioni che presentano delle coperture (ponti o tombinature), e i rispettivi franchi di progetto e teorico.

Sez.	**Quota di fondo** *(m s.l.m.)*	**Livello Tr200** *(m s.l.m.)*	**Quota intradosso** *(m s.l.m.)*	**Franco** *(m)*	**Franco teorico** *(m)*
320 ponte	436.72	437.66	440.75	3.09	3.46
300 ponte	436.21	437.23	440.75	3.52	2.93
250	434.22	435.22	437.22	2	3.07
240	434.18	435.23	437.18	1.95	2.77
230	434.16	435.22	437.16	1.94	2.70
220	434.12	435.25	437.12	1.87	2.38
216	434.11	435.26	437.11	1.85	2.31
215	433.6	434.63	437.1	2.47	2.86
210	433.59	434.63	437.09	2.46	2.82
200	433.5	434.6	436.5	1.9	2.54
190	433.47	434.59	436.47	1.88	2.44
180	433.34	434.53	436.34	1.81	2.16
170	433.25	434.49	436.25	1.76	1.97
160	433.16	434.45	436.16	1.71	1.83
150	433.08	434.41	436.08	1.67	1.73
140	432.66	433.83	436.06	2.23	2.23
130	432.6	433.85	435.5	1.65	1.95
120	432.54	433.89	435.5	1.61	1.66
110	432.47	433.93	435.47	1.54	1.50
100	432.41	434.06	435.41	1.35	1.50
90	432.37	434.01	435.37	1.36	1.50
80	432.34	433.97	435.34	1.37	1.50

In particolare si evidenzia che nella sezione di monte il ponte in progetto non rispetta il franco da normativa, corrispondente al carico cinetico, come riportato nella figura seguente, ma vede comunque un aumento del franco a circa 3m e delle condizioni di sicurezza rispetto alle condizioni di rilievo.

In definitiva la soluzione in progetto comporta un notevole miglioramento delle condizioni di deflusso, poiché si passa da una situazione in cui la portata duecentennale transitava a filo intradosso con dei tratti in pressione, ad una situazione in cui la portata Tr200 transita garantendo quasi ovunque un franco minimo di 1.50m, ad eccezione del tratto terminale dello scatolare. Come già anticipato sarà tuttavia necessario richiedere una deroga rispetto ai franchi previsti dalla normativa, in quanto non viene garantito il rispetto del carico cinetico.

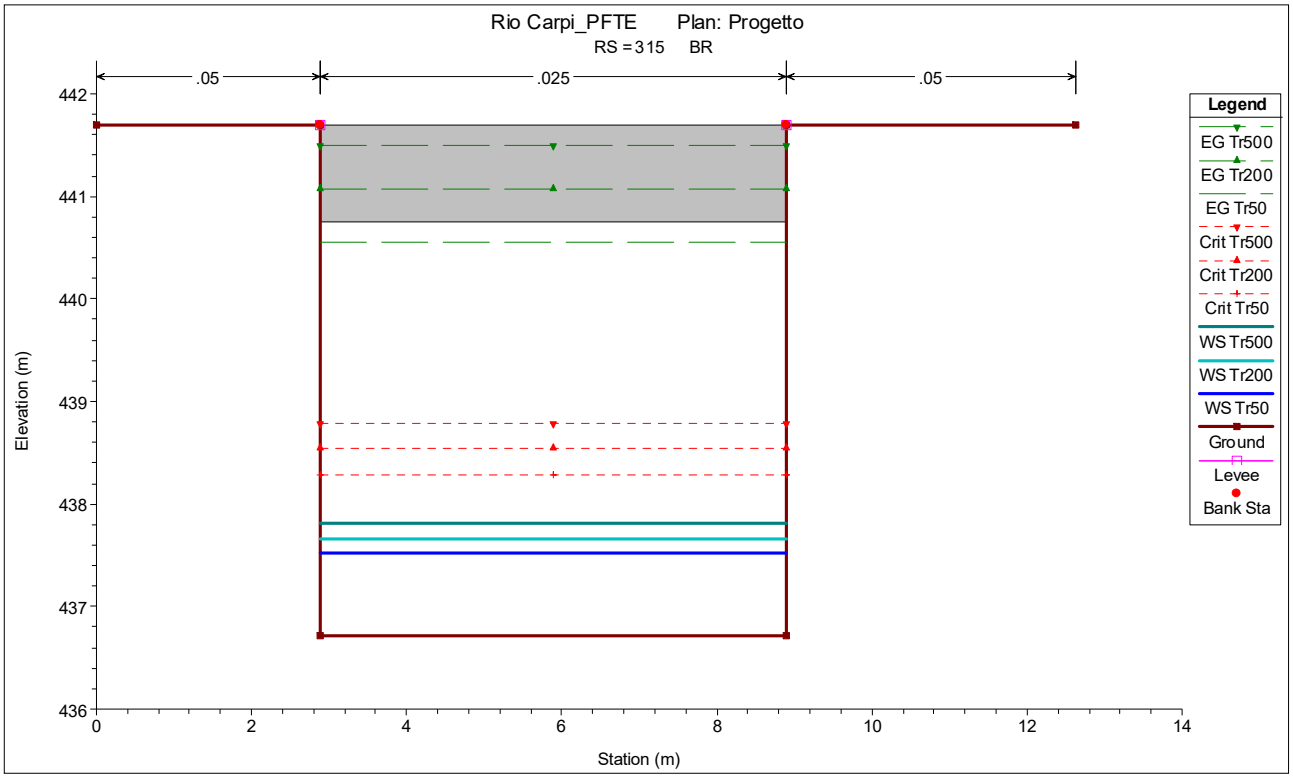


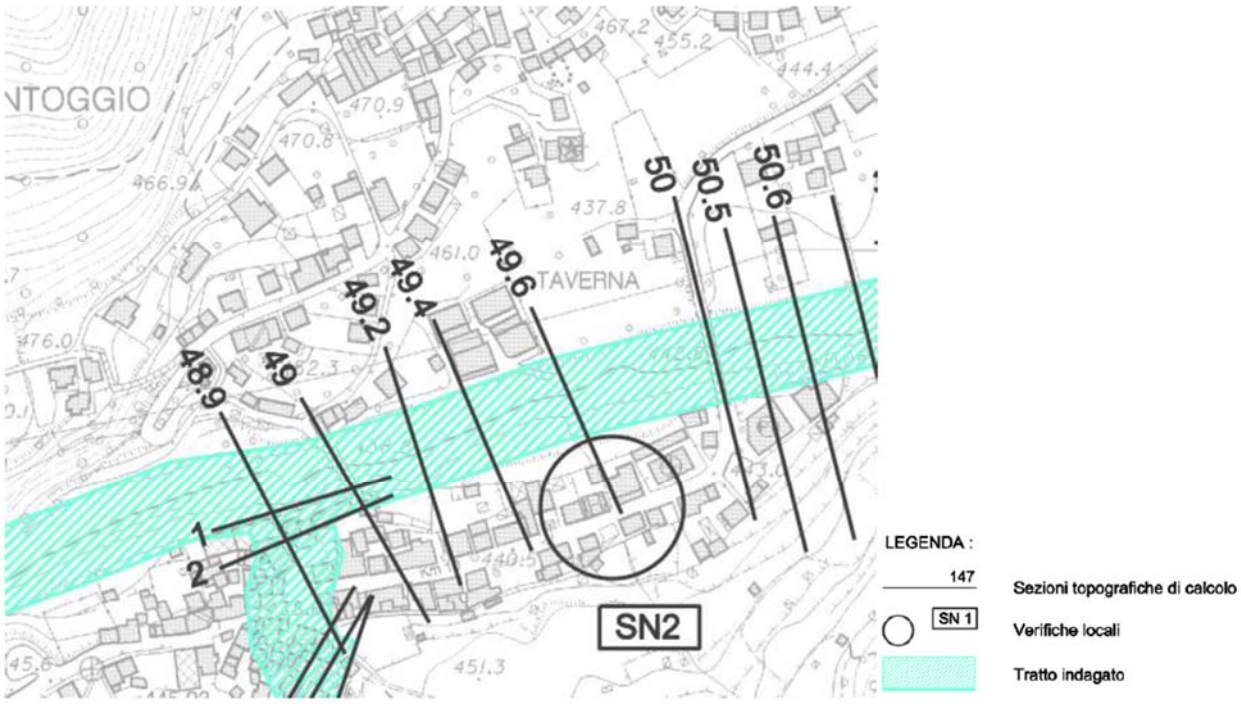
***Figura 16**. Sezione di monte del ponte in progetto*

7. VERIFICHE CON CONDIZIONE SCRIVIA IN PIENA

Le verifiche di cui sopra sono state sviluppate con la condizione di torrente Scrivia in magra, come indicato nel paragrafo 5.3, al fine di studiare il deflusso sul rio Carpi indipendentemente dall'influenza.

Per verificare l'effetto del torrente Scrivia in piena è stata modificata la condizione al contorno in uscita del modello imponendo allo sbocco un livello pari a quello di piena del torrente.

Per la valutazione del livello di piena dello Scrivia si è fatto riferimento ai tiranti idrici presenti nella Variante Bacini Padani alla sezione 48.9, sezione posta in corrispondenza dello sbocco del rio Carpi, come da immagine seguente.



Di seguito si riportano i risultati della VBP in corrispondenza della sezione 48.9.

River Sta	Profile	Q Total *(m³/s)*	Min Ch El *(m)*	W.S. Elev *(m)*
48.9	Q200	791.00	430.59	433.67

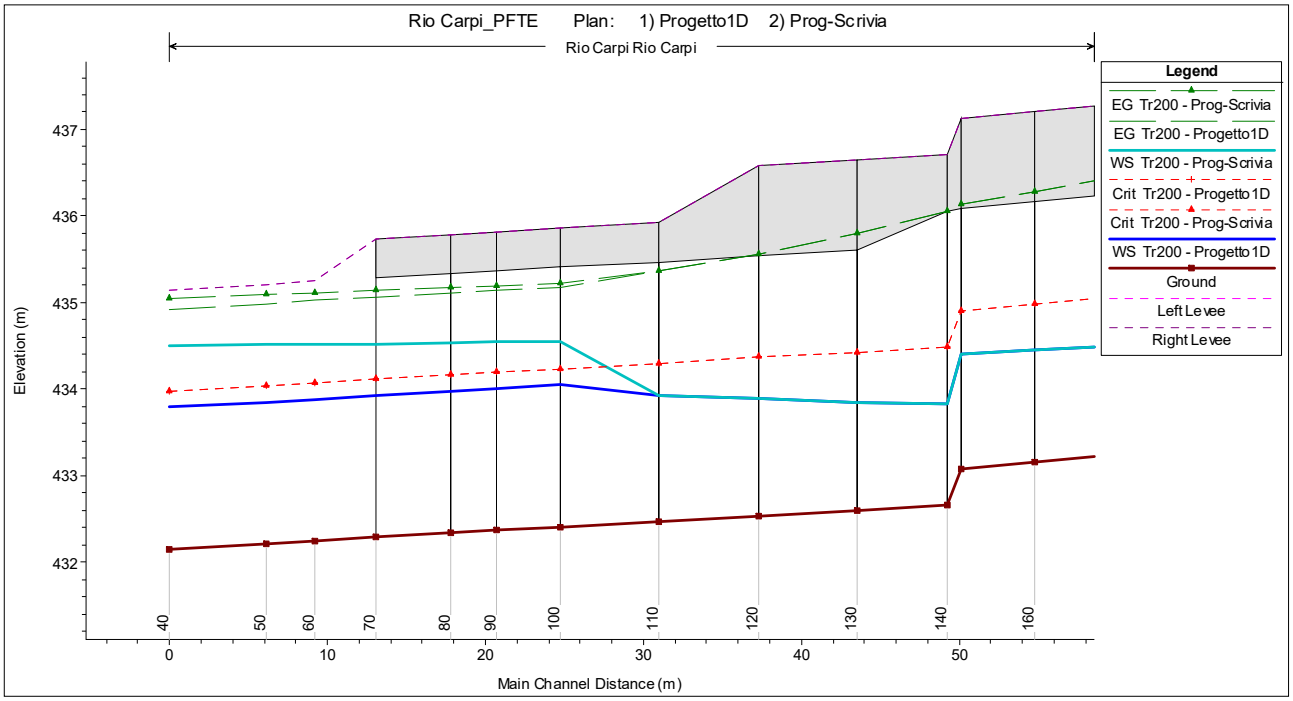
Il tirante duecentennale calcolato in corrispondenza della sezione è dunque pari a 3.08m. Tale tirante è stato inoltre verificato in termini di coerenza con l'esito di uno studio del tratto di Scrivia a monte (zona campi sportivi) realizzato dagli scriventi sviluppando un modello bidimensionale, trovando conferma del valore adottato.

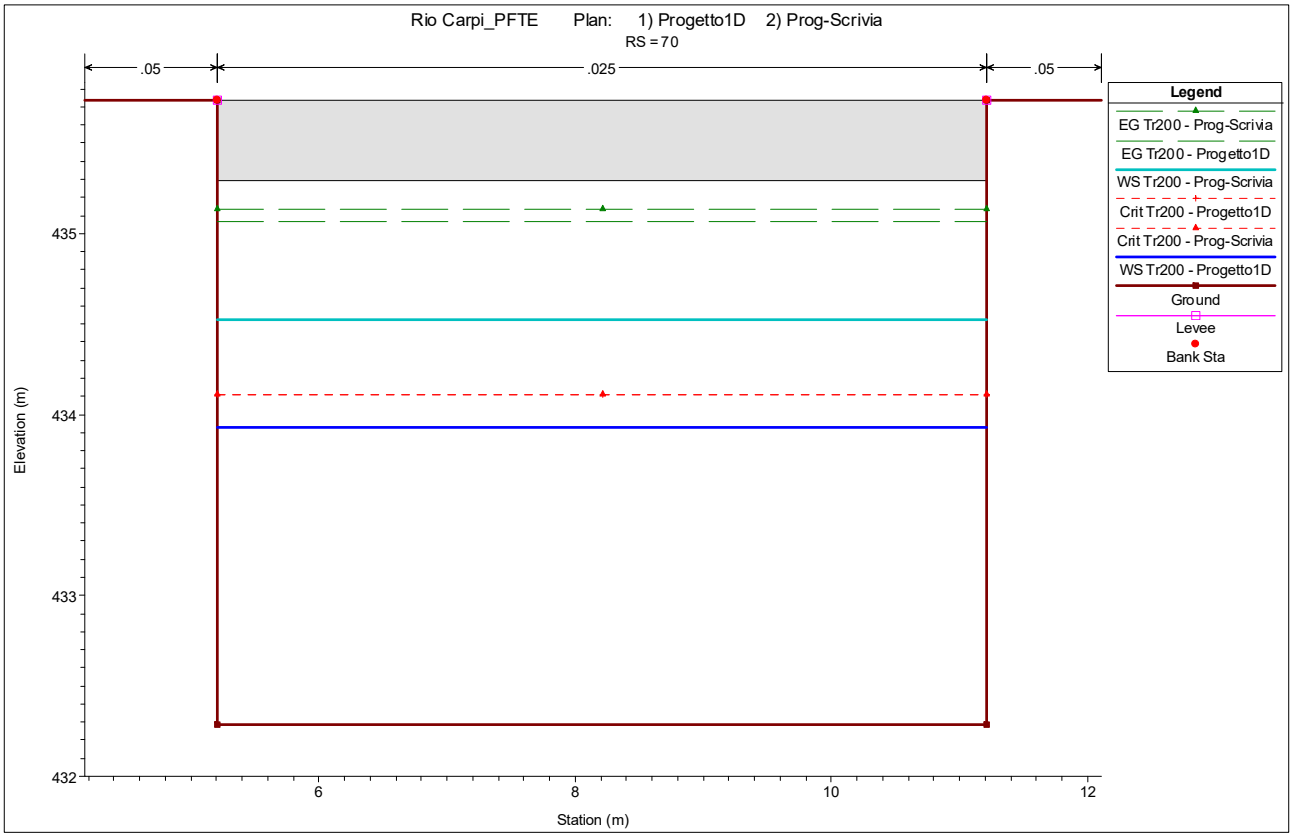
Per rendere coerenti le quote della verifica della VBP con le quote del rilievo del presente progetto si è calcolato un nuovo livello come somma del tirante e della quota di fondo alveo dal rilievo del laser scanner, stimato in circa 434.50 m.

Fondo alveo *(m)*	Tirante *(m)*	W.S. Elev *(m)*
431.40	3.10	434.50

L'immagine seguente riporta il confronto tra i profili senza influenza dello Scrivia (blu) e il profilo con il torrente in piena (azzurro); si evidenzia che il livello di piena dello Scrivia comporta un rigurgito all'interno dello scatolare fino alla sezione RS110 dove avviene un risalto per il passaggio dalla corrente veloce a valle del salto della sezione RS140 alla corrente lenta dovuta ai livelli di Scrivia.

Si sottolinea che, per quanto peggiorativa, la condizione di progetto con l'influenza di Scrivia vede comunque il deflusso della portata duecentennale con un franco residuo di circa 75cm.





Sulla base di questo risultato, come già indicato in precedenza, si ritiene non significativo ai fini delle presenti verifiche, implementare ulteriori simulazioni con diverse condizioni di contemporaneità delle piene.

8. FUNZIONALITÀ IDRAULICA DEI LOTTI

Il presente progetto prevede una sistemazione complessiva relativa al rio Carpi, che attualmente tuttavia non risulta interamente finanziato. Come ampiamente illustrato nel capitolo 12 della relazione tecnica illustrativa, il progetto è stato pertanto suddiviso in tre lotti funzionali, secondo i criteri e le modalità illustrate nel capitolo 13.

In particolare

- Con l'esecuzione del **Lotto 1**, il cui importo di finanziamento di **3.040.000 €** è stato attribuito al Comune di Montoggio dalla Regione Liguria è prevista la realizzazione del tratto di valle di intervento, definito in termini progettuali "Adeguamento delle sezioni – Tratto di valle", comprendente la realizzazione della nuova sezione a partire dallo sbocco in Scrivia verso monte, fino a monte della SP226, in corrispondenza della sezione 190 circa (tratti I-K, I-H, G-H, F-G e F-E); questo intervento, che prevede di fatto il raddoppio della sezione utile di deflusso, comporta un significativo miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica, rimuovendo la maggiore criticità costituita da una ridotta sezione di valle; inoltre nel primo lotto sono previsti tutti gli oneri di acquisizione delle proprietà private interessate dai lavori e le relative demolizioni, in modo da garantire fin da subito la realizzabilità dei lotti successivi
- Il **Lotto 2** è stato invece tarato su un importo complessivo di finanziamento di **1.000.000 €**, pari all'importo massimo finanziabile dalla Regione Liguria nell'ambito della "richiesta intervento strutturale o manutenzione straordinaria NIS_11201"; con tale finanziamento è possibile prevedere la realizzazione del tratto definito in progetto "Realizzazione nuova sezione – Tratto di monte", comprendente la nuova sezione sotto Piazza Balilla e in corrispondenza del sedime dell'edificio in demolizione, fino al sedime attuale del rio Carpi (Tratti E-D, C-D, raccordo con alveo rio Carpi esistente); con la realizzazione del lotto 2 si ottiene l'attivazione della nuova sezione, l'eliminazione dell'anomalo andamento planimetrico a doppia curva del tratto attuale e del tratto tombinato al di sotto di alcuni edifici, e di fatto il raggiungimento degli obiettivi di riduzione della pericolosità idraulica
- Il **Lotto 3** prevede alcune opere nella parte sommitale dell'intervento, volti a rendere ottimale l'imbocco del nuovo canale deviatore, (che al termine del lotto 2 è garantita ma con un andamento planimetricamente non ancora ottimale) con una configurazione che migliora l'innesto della nuova sezione; tale intervento richiede il completo rifacimento del ponte di via Carpi superiore, e una serie di altri interventi di adeguamento delle strutture murarie e delle opere di protezione spondale nel tratto immediatamente a monte del ponte stesso. L'importo del finanziamento del terzo lotto è di **1.315.000 €**

Al fine di verificare la funzionalità idraulica del primo lotto, è stata sviluppata una nuova geometria che prevede le condizioni di rilievo dalla sezfino alla sezione 210 e le condizioni di progetto a partire dalla sezione 200, dove si prevede il rifacimento e l'allargamento del canale esistente fino al nuovo sbocco nel torrente Scrivia.

Di seguito si riportano i profili di Tr50 e Tr200 in condizioni di progetto primo lotto. Si evidenzia che la portata duecentennale defluisce all'interno dello scatolare, se pure senza il rispetto dei franchi da normativa, migliorando notevolmente le problematiche di deflusso relative al tratto di valle riscontrate nelle condizioni di rilievo, come evidenziato dal confronto diretto in figura 17.

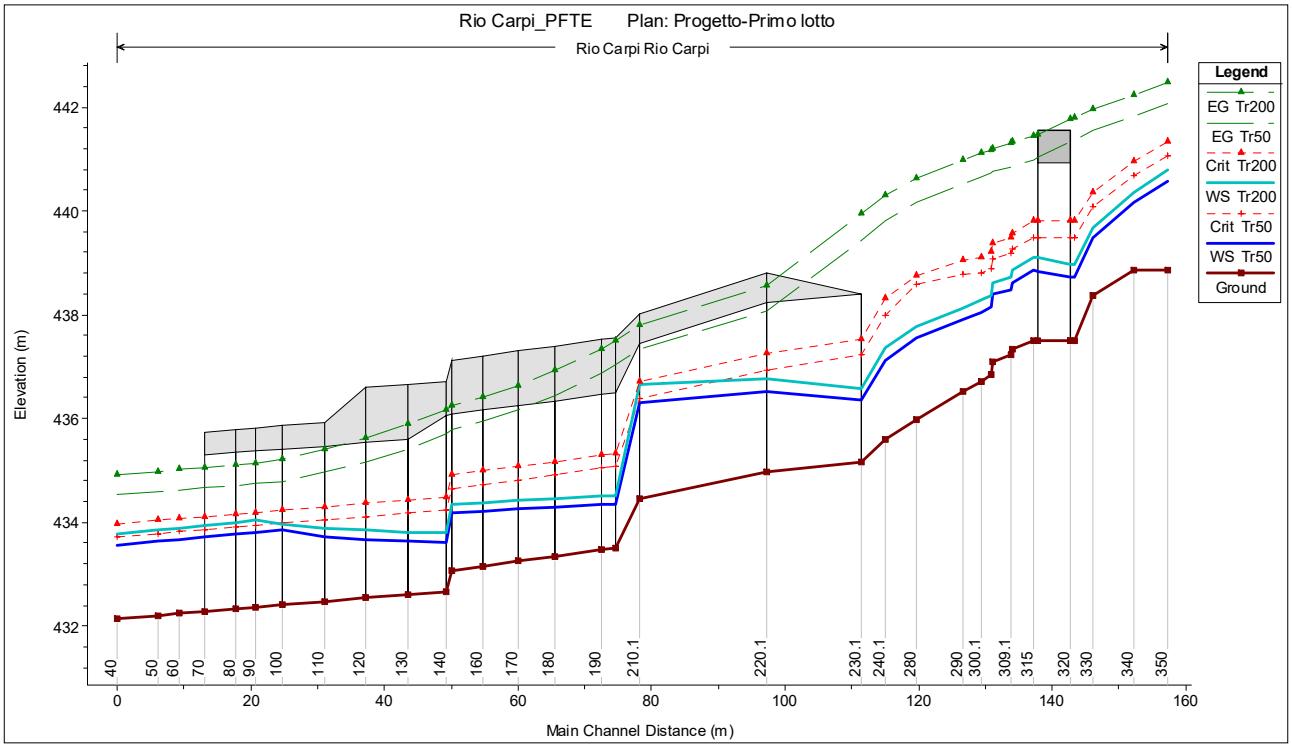


Figura 17. *Profili Tr50 e Tr200 condizioni di progetto primo lotto*

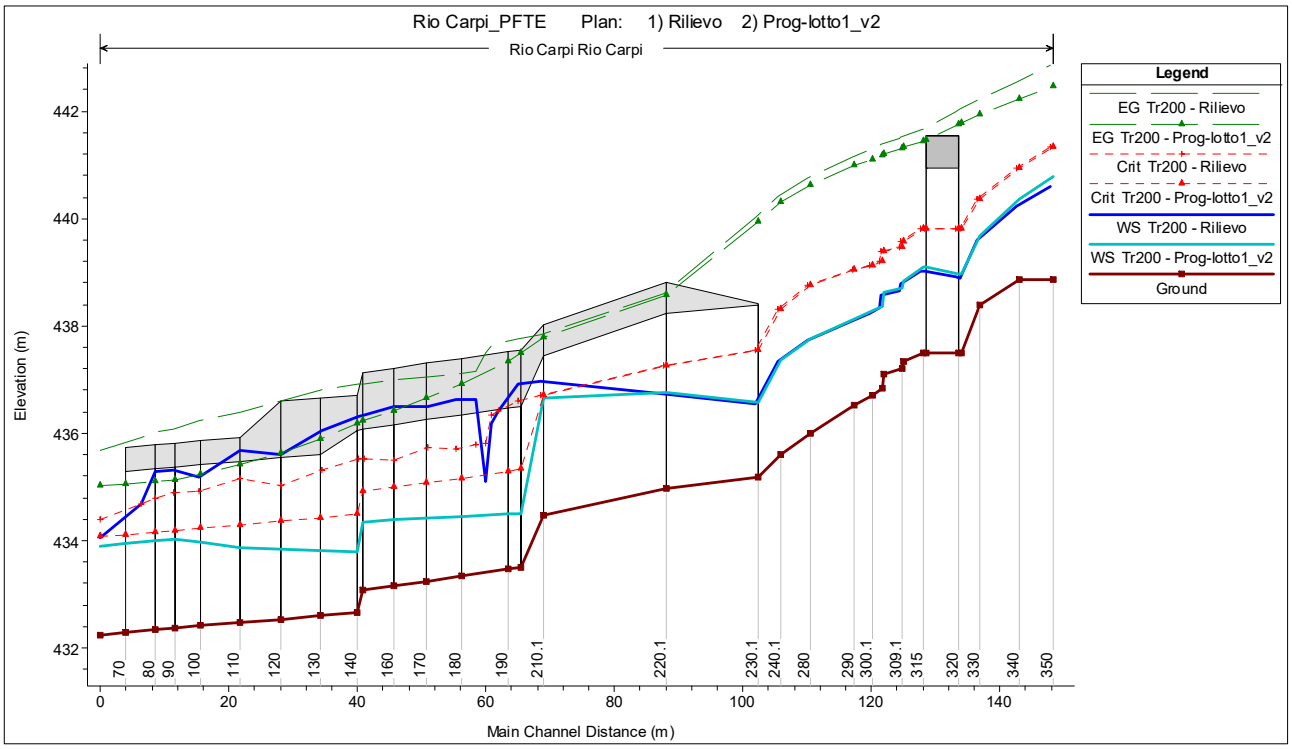


Figura 18. *Confronto profili Tr200 in condizioni di rilievo e di progetto-primo lotto*

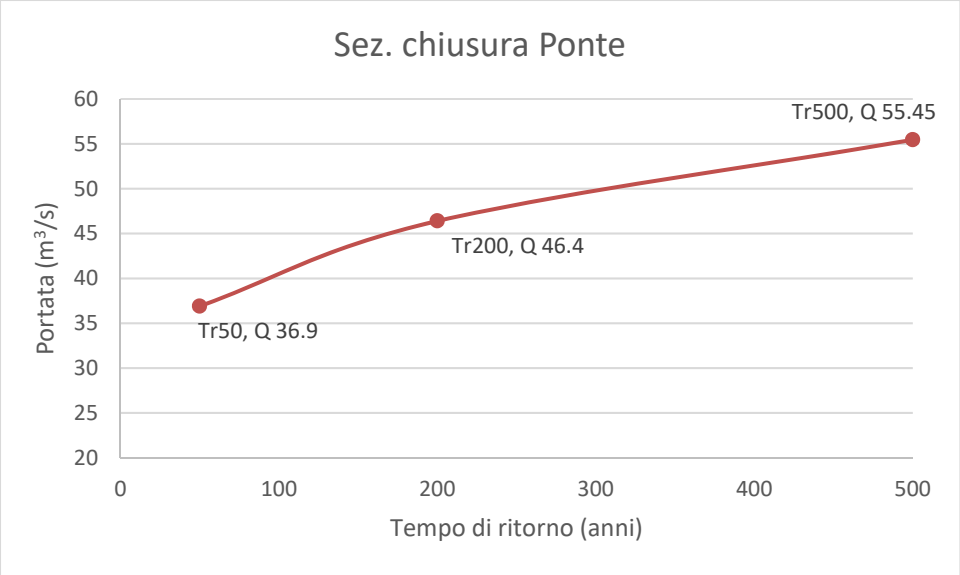
9. EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PORTATE

Lo scatolare è stato dimensionato e verificare per consentire il regolare deflusso della portata duecentennale, come previsto da normativa (§5.1.2.3 NTC 2018).

Tuttavia, la conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC - MATTM, 2015).

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici. Tali condizioni (scenari) comportano anche la variazione degli andamenti delle piogge, con aumenti delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10mm) e punte superiori a 20mm in alcune zone. (Fonte: *ISPRA "Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali").*

In questa fase preliminare il presente studio non ha previsto un aggiornamento delle analisi idrologiche, per cui al fine di verificare la capacità di deflusso in caso di aumento delle precipitazioni è stata fatta una valutazione preliminare tramite una simulazione con Tr500, portata che è stata stimata con una curva di potenza riportata di seguito e basata sui fattori di crescita dedotti dalle portate della VBP.



Come visibile dal profilo riportato nella figura seguente, anche il Tr500 risulta defluire all'interno dello scatolare con un franco minimo di 1.10m circa, senza tuttavia il rispetto dell'elevato carico cinetico dovuto alle elevate velocità.

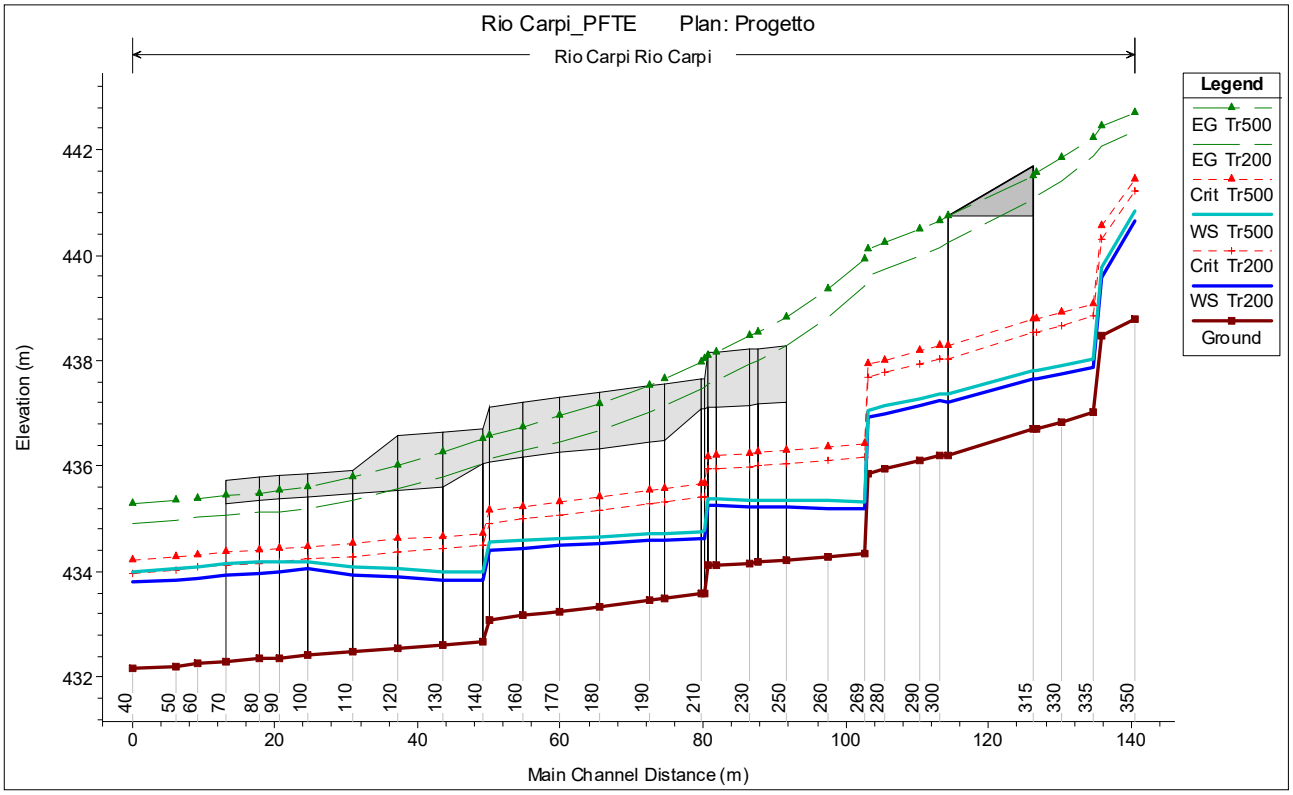


Figura 19. *Profili Tr200 e Tr500 in condizioni di progetto*

10. CONSIDERAZIONI MORFODINAMICHE

Come illustrato in premessa, in passato il rio Carpi è stato soggetto di eventi di piena con importante apporto solido, che ha comportato problemi al deflusso della corrente e conseguenti ingenti danni.

A seguito di tali eventi il tratto di monte del rio è stato oggetto di numerosi interventi aventi l'obiettivo di sistemare le aree in dissesto e la riduzione del rischio idraulico in connessione in particolare al trasporto solido. I lavori del progetto citato sono stati eseguiti e terminati nel 2018.

Ad oggi sono quindi presenti due briglie selettive che sottendono due piazze di deposito di in grado di contenere almeno 10.000 mc complessivi, un'ampia zona a valle a debole pendenza a monte della prima briglia esistente prima dell'abitato, in grado anch'essa di consentire l'eventuale deposito di ulteriore materiale prima del suo arrivo in corrispondenza del tratto intubato.

Gli interventi di primo lotto inoltre hanno visto la realizzazione di opere di consolidamento del fondo alveo e dei versanti, che ad oggi si può concludere stiano svolgendo in modo adeguato le proprie funzioni, come confermato sopralluogo effettuato all'interno dello scatolare nel quale è stato possibile verificare che le sezioni d'alveo risultano sgombre da depositi, e che sul fondo la roccia risulta affiorante.

In conclusione, tenuto conto del ridotto traporto solido e dell'esistente fondo in roccia, si ritiene che il tratto oggetto del presente progetto non sia attualmente soggetto a evoluzioni del fondo e si possa considerare stabile da un punto di vista morfodinamico, condizione che persisterà a seguito della plateazione del fondo, la cui realizzazione è necessaria per un'adeguata progettazione della sezione da un punto di vista strutturale.

ALLEGATO 1 – RISULTATI MODELLO CONDIZIONI DI RILIEVO

HEC-RAS Plan: Rilievo River: Rio Carpi Reach: Rio Carpi

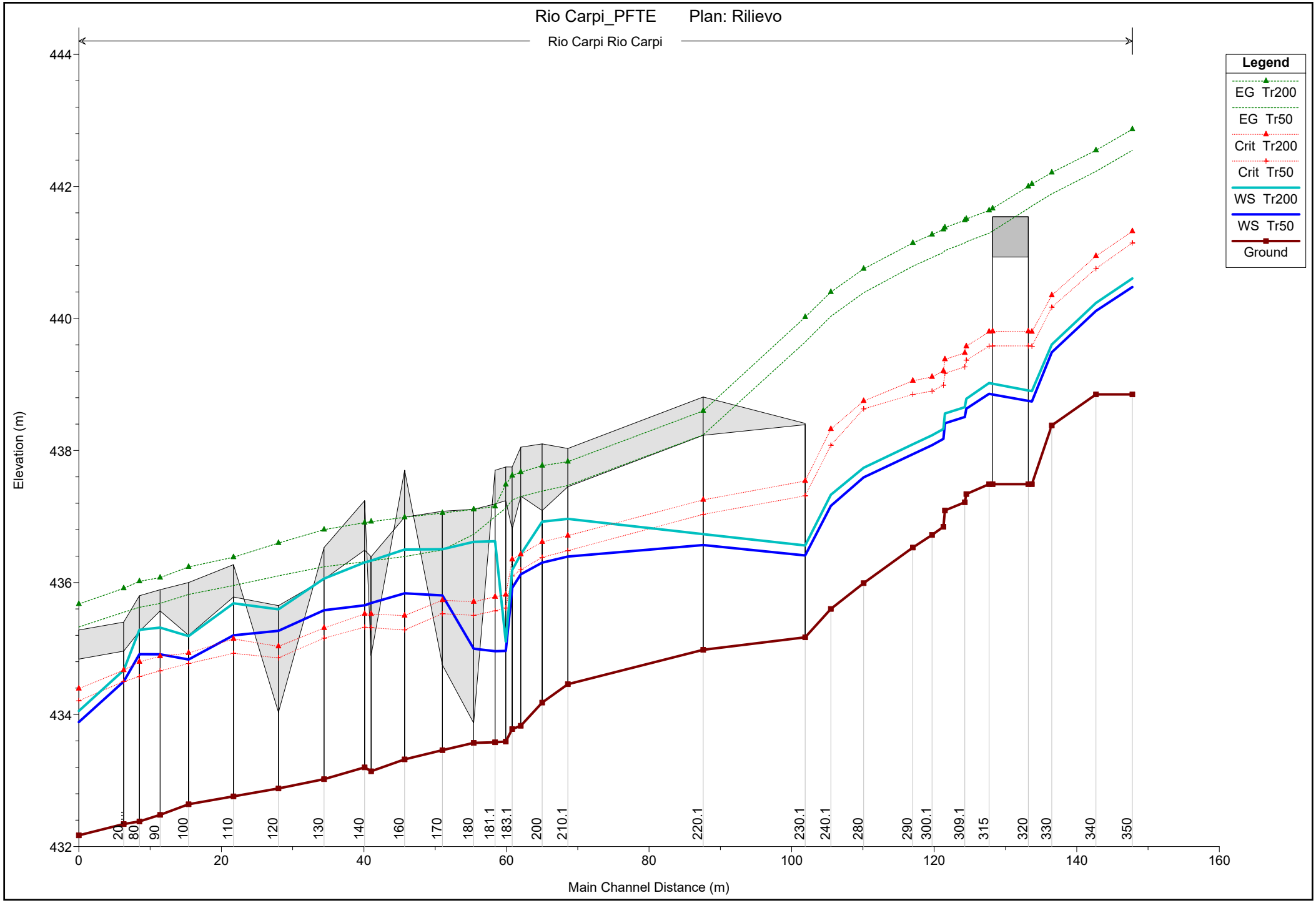
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Carpi	350	Tr50	39.60	438.85	440.48	441.14	442.55	0.060075	6.37	6.21	5.71	1.95
Rio Carpi	350	Tr200	46.40	438.85	440.61	441.32	442.87	0.060048	6.66	6.97	5.96	1.97
Rio Carpi	340	Tr50	39.60	438.85	440.11	440.75	442.23	0.063806	6.44	6.15	6.10	2.05
Rio Carpi	340	Tr200	46.40	438.85	440.24	440.95	442.55	0.062835	6.74	6.89	6.18	2.04
Rio Carpi	330	Tr50	39.60	438.38	439.49	440.17	441.89	0.040755	6.86	5.77	5.98	2.23
Rio Carpi	330	Tr200	46.40	438.38	439.60	440.35	442.21	0.040418	7.15	6.49	6.20	2.23
Rio Carpi	320.1	Tr50	39.60	437.49	438.74	439.58	441.71	0.048716	7.62	5.19	4.56	2.28
Rio Carpi	320.1	Tr200	46.40	437.49	438.90	439.80	442.04	0.046206	7.84	5.92	4.58	2.20
Rio Carpi	320		Bridge									
Rio Carpi	315	Tr50	39.60	437.49	438.86	439.58	441.29	0.036798	6.91	5.73	4.58	1.97
Rio Carpi	315	Tr200	46.40	437.49	439.02	439.80	441.64	0.035744	7.16	6.48	4.60	1.93
Rio Carpi	310.1	Tr50	39.60	437.34	438.63	439.37	441.16	0.037964	7.04	5.62	4.84	2.09
Rio Carpi	310.1	Tr200	46.40	437.34	438.78	439.58	441.51	0.036919	7.31	6.35	4.86	2.04
Rio Carpi	309.1	Tr50	39.60	437.22	438.51	439.27	441.14	0.040056	7.19	5.51	4.82	2.15
Rio Carpi	309.1	Tr200	46.40	437.22	438.66	439.48	441.49	0.038768	7.45	6.23	4.85	2.10
Rio Carpi	305.1	Tr50	39.60	437.09	438.41	439.17	441.03	0.039775	7.16	5.53	4.79	2.13
Rio Carpi	305.1	Tr200	46.40	437.09	438.56	439.38	441.38	0.038663	7.43	6.24	4.83	2.09
Rio Carpi	304.1	Tr50	39.60	436.84	438.18	438.99	441.00	0.046263	7.44	5.32	4.71	2.24
Rio Carpi	304.1	Tr200	46.40	436.84	438.33	439.20	441.35	0.044556	7.70	6.03	4.76	2.19
Rio Carpi	300.1	Tr50	39.60	436.72	438.08	438.90	440.92	0.048548	7.47	5.30	4.68	2.24
Rio Carpi	300.1	Tr200	46.40	436.72	438.23	439.11	441.27	0.046627	7.72	6.01	4.73	2.19
Rio Carpi	290	Tr50	39.60	436.53	437.94	438.85	440.79	0.048931	7.47	5.30	4.63	2.23
Rio Carpi	290	Tr200	46.40	436.53	438.09	439.06	441.14	0.047062	7.73	6.00	4.66	2.18
Rio Carpi	280	Tr50	39.60	435.99	437.59	438.63	440.39	0.065741	7.42	5.43	5.09	2.13
Rio Carpi	280	Tr200	46.40	435.99	437.74	438.75	440.75	0.065143	7.73	6.21	5.47	2.10
Rio Carpi	240.1	Tr50	39.60	435.60	437.16	438.08	440.03	0.089423	7.51	5.28	4.14	2.12
Rio Carpi	240.1	Tr200	46.40	435.60	437.33	438.32	440.40	0.086773	7.76	5.98	4.18	2.07
Rio Carpi	230.1	Tr50	39.60	435.17	436.41	437.31	439.64	0.108621	7.96	4.97	4.36	2.38

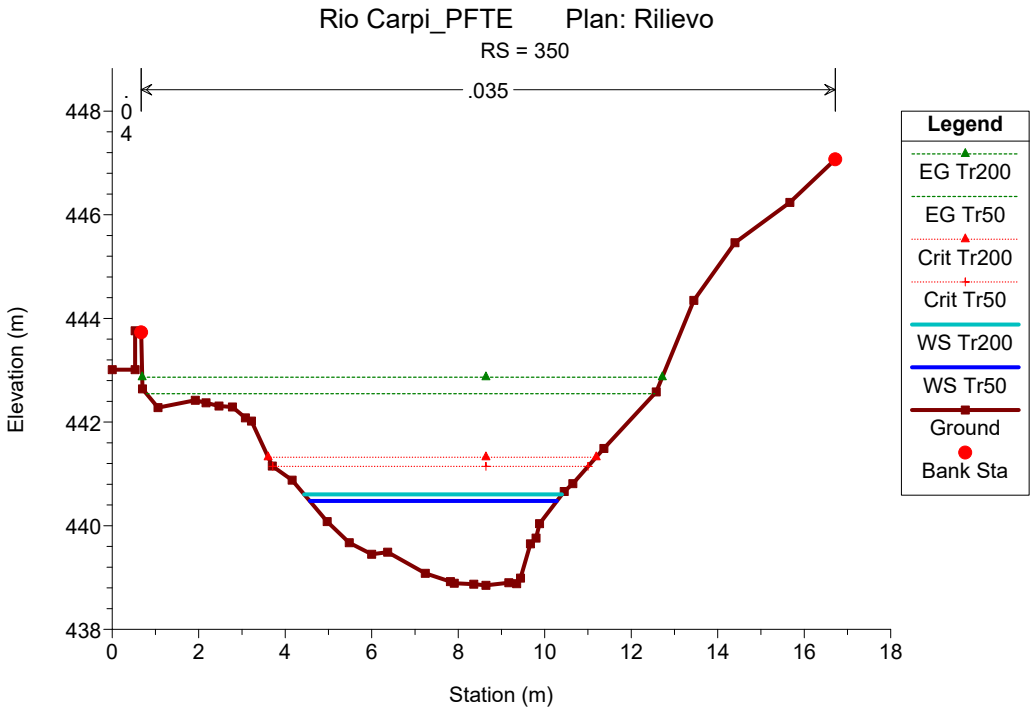
HEC-RAS Plan: Rilievo River: Rio Carpi Reach: Rio Carpi (Continued)

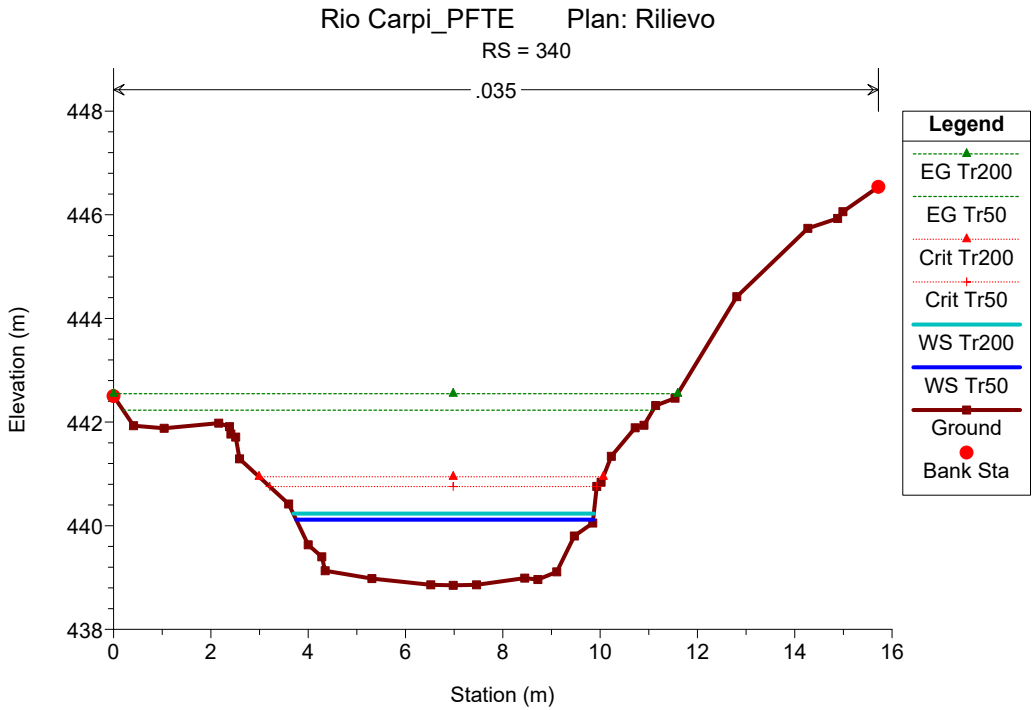
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Carpi	230.1	Tr200	46.40	435.17	436.56	437.54	440.02	0.104665	8.24	5.63	4.38	2.32
Rio Carpi	220.1	Tr50	39.60	434.98	436.57	437.03	438.24	0.043824	5.72	6.92	4.52	1.48
Rio Carpi	220.1	Tr200	46.40	434.98	436.73	437.25	438.60	0.045338	6.05	7.67	4.54	1.49
Rio Carpi	210.1	Tr50	39.60	434.46	436.39	436.48	437.47	0.023189	4.60	8.62	4.60	1.07
Rio Carpi	210.1	Tr200	46.40	434.46	436.96	436.71	437.83	0.015648	4.12	11.26	4.61	0.83
Rio Carpi	200	Tr50	39.60	434.18	436.30	436.38	437.39	0.023642	4.61	8.59	4.46	1.06
Rio Carpi	200	Tr200	46.40	434.18	436.92	436.61	437.77	0.015409	4.08	11.38	4.55	0.82
Rio Carpi	190	Tr50	39.60	433.83	436.12	436.19	437.30	0.026671	4.81	8.23	3.81	1.05
Rio Carpi	190	Tr200	46.40	433.83	436.43	436.43	437.67	0.026063	4.94	9.39	3.82	1.01
Rio Carpi	183.1	Tr50	39.60	433.78	435.92	436.10	437.25	0.031457	5.11	7.75	3.73	1.13
Rio Carpi	183.1	Tr200	46.40	433.78	436.19	436.35	437.62	0.031458	5.30	8.76	3.74	1.11
Rio Carpi	182.1	Tr50	39.60	433.59	434.96	435.61	437.13	0.063414	6.51	6.08	5.03	1.89
Rio Carpi	182.1	Tr200	46.40	433.59	435.11	435.82	437.48	0.063440	6.83	6.79	5.05	1.88
Rio Carpi	181.1	Tr50	39.60	433.58	434.96	435.57	437.00	0.060245	6.32	6.27	4.90	1.78
Rio Carpi	181.1	Tr200	46.40	433.58	436.62	435.78	437.15	0.009052	3.22	14.42	4.04	0.59
Rio Carpi	180	Tr50	39.60	433.57	435.00	435.50	436.73	0.057710	5.83	6.79	5.18	1.62
Rio Carpi	180	Tr200	46.40	433.57	436.62	435.71	437.11	0.014104	3.11	14.93	3.85	0.57
Rio Carpi	170	Tr50	39.60	433.46	435.80	435.53	436.49	0.013408	3.68	10.77	5.10	0.77
Rio Carpi	170	Tr200	46.40	433.46	436.50	435.73	437.05	0.009632	3.28	14.15	4.00	0.60
Rio Carpi	160	Tr50	39.60	433.32	435.84	435.28	436.39	0.009982	3.30	11.99	4.93	0.66
Rio Carpi	160	Tr200	46.40	433.32	436.50	435.50	436.99	0.008329	3.09	15.00	3.70	0.55
Rio Carpi	150	Tr50	39.60	433.14	435.69	435.31	436.33	0.014657	3.54	11.19	4.89	0.71
Rio Carpi	150	Tr200	46.40	433.14	436.33	435.52	436.92	0.017707	3.40	13.63	1.23	0.61
Rio Carpi	140	Tr50	39.60	433.20	435.65	435.32	436.32	0.012394	3.60	11.00	4.88	0.73
Rio Carpi	140	Tr200	46.40	433.20	436.30	435.52	436.91	0.012641	3.44	13.49	2.22	0.62
Rio Carpi	130	Tr50	39.60	433.02	435.58	435.16	436.24	0.013846	3.59	11.02	3.62	0.72
Rio Carpi	130	Tr200	46.40	433.02	436.06	435.31	436.80	0.021007	3.81	12.16		0.70
Rio Carpi	120	Tr50	39.60	432.88	435.27	434.86	436.10	0.027303	4.04	9.79	2.74	0.84

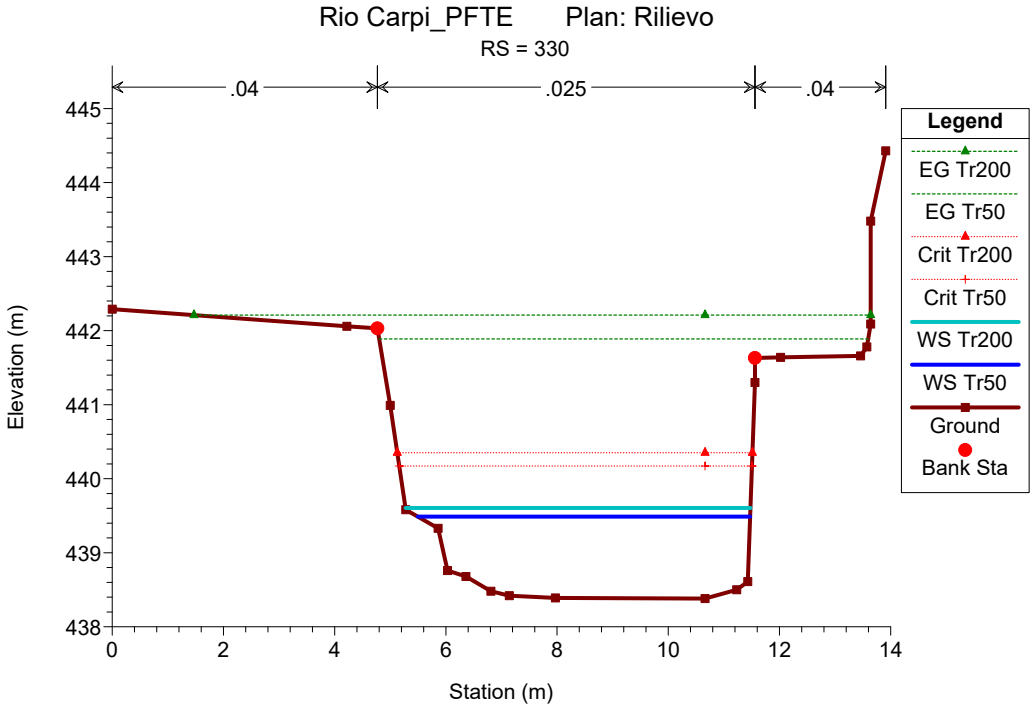
HEC-RAS Plan: Rilievo River: Rio Carpi Reach: Rio Carpi (Continued)

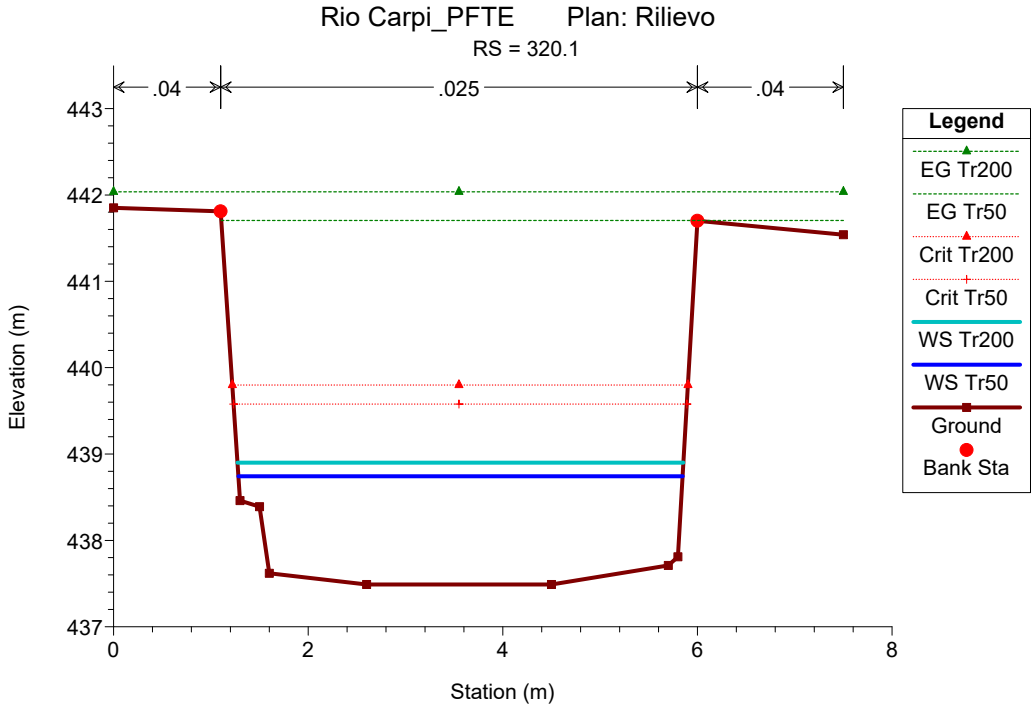
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Carpi	120	Tr200	46.40	432.88	435.59	435.03	436.60	0.037933	4.44	10.46	1.21	0.86
Rio Carpi	110	Tr50	39.60	432.76	435.20	434.93	435.95	0.014650	3.85	10.29	4.61	0.82
Rio Carpi	110	Tr200	46.40	432.76	435.68	435.14	436.38	0.012001	3.70	12.53	4.64	0.72
Rio Carpi	100	Tr50	39.60	432.64	434.83	434.77	435.82	0.021661	4.40	9.00	4.00	0.95
Rio Carpi	100	Tr200	46.40	432.64	435.19	434.93	436.24	0.028935	4.54	10.23	1.28	0.91
Rio Carpi	90	Tr50	39.60	432.48	434.91	434.66	435.68	0.014802	3.89	10.19	4.59	0.83
Rio Carpi	90	Tr200	46.40	432.48	435.32	434.88	436.07	0.013109	3.85	12.04	4.61	0.76
Rio Carpi	80	Tr50	39.60	432.38	434.91	434.57	435.62	0.013839	3.73	10.61	4.63	0.79
Rio Carpi	80	Tr200	46.40	432.38	435.28	434.80	436.02	0.022033	3.80	12.22		0.71
Rio Carpi	20.1	Tr50	39.60	432.34	434.50	434.50	435.55	0.024843	4.54	8.73	4.17	0.99
Rio Carpi	20.1	Tr200	46.40	432.34	434.67	434.67	435.91	0.028841	4.93	9.40	3.75	1.03
Rio Carpi	10.1	Tr50	39.60	432.17	433.89	434.21	435.33	0.034049	5.32	7.45	4.65	1.34
Rio Carpi	10.1	Tr200	46.40	432.17	434.05	434.39	435.67	0.035564	5.64	8.23	4.66	1.35

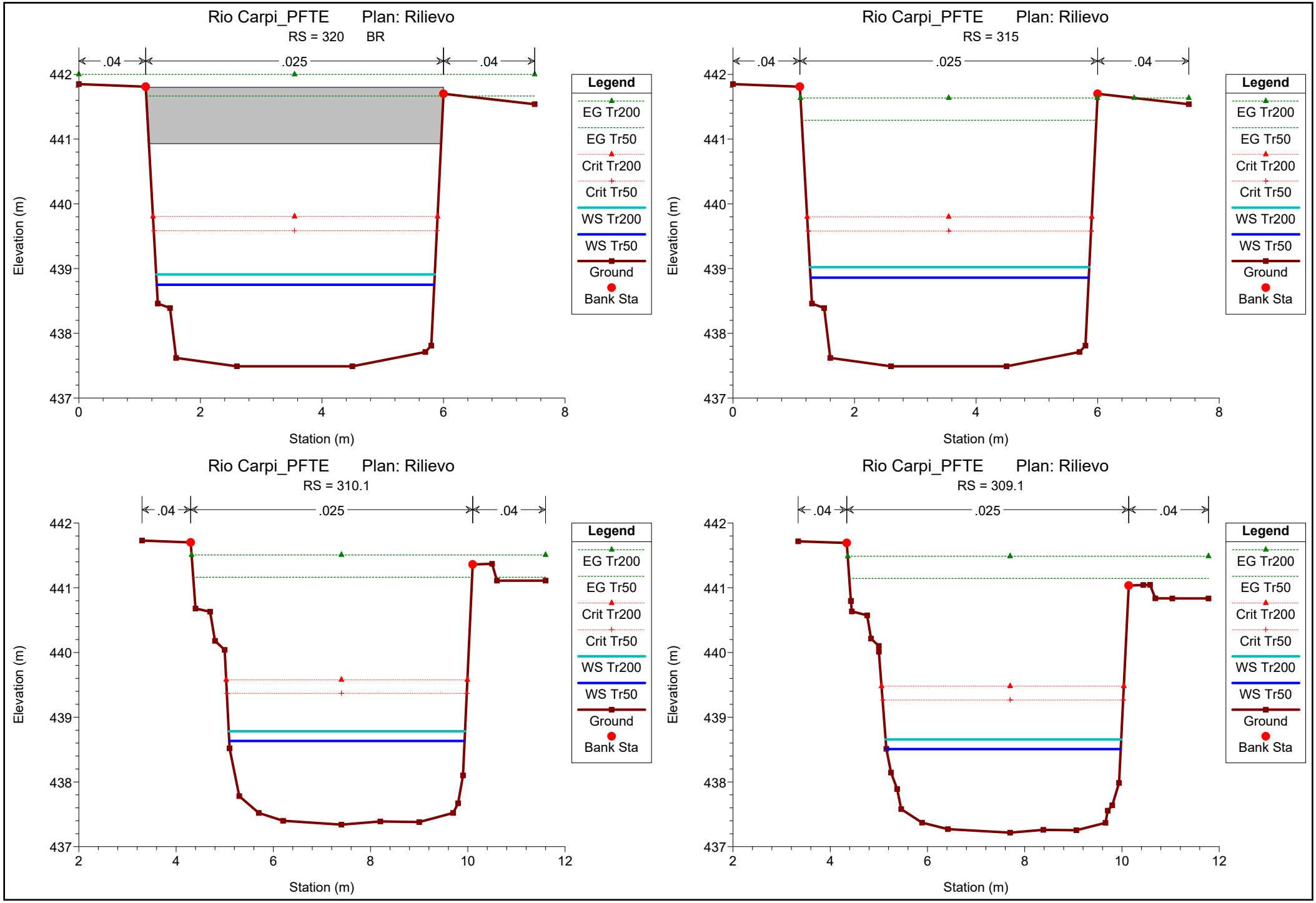

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
Rio Carpi Rio Carpi
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Elevation (m)
444
442
440
438
436
434
432
0
20
40
60
80
100
120
140
160
Main Channel Distance (m)
20
80
90
100
110
120
130
140
160
170
180
181.1
183.1
200
210.1
220.1
230.1
240.1
280
290
300.1
309.1
315
320
330
340
350

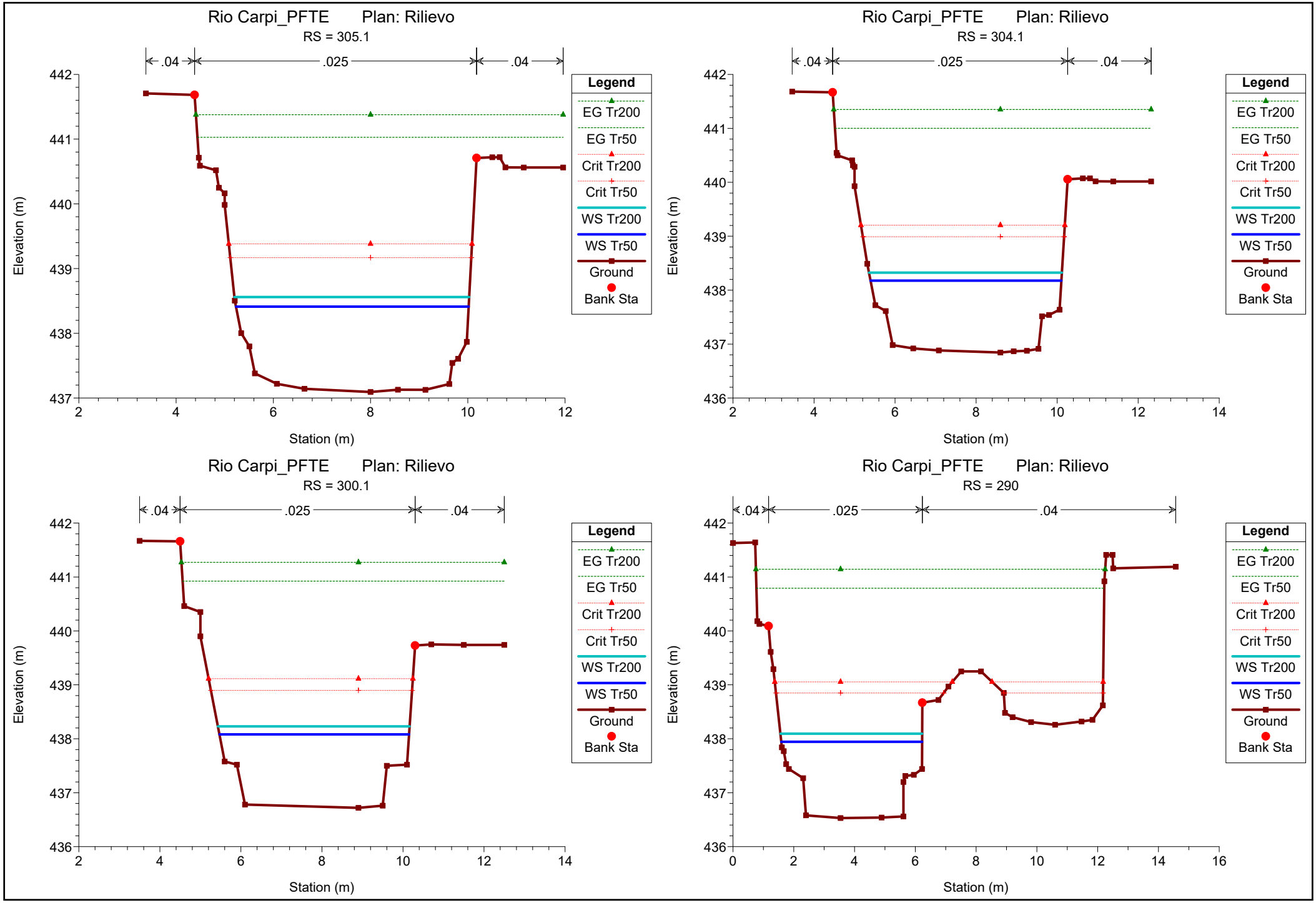

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 350
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

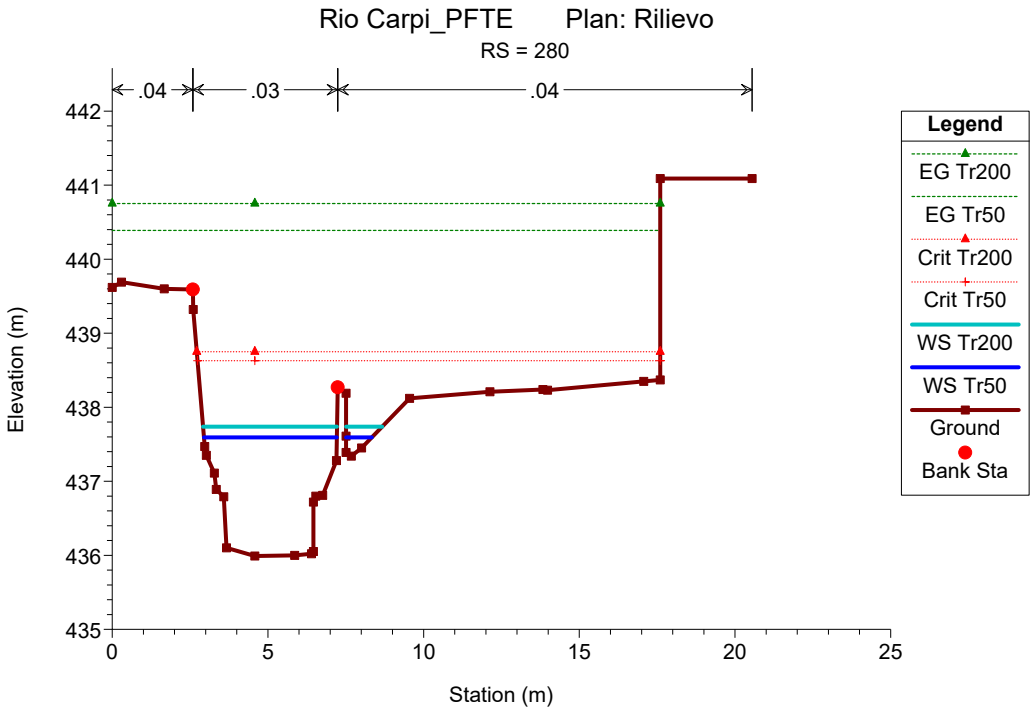

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 340
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

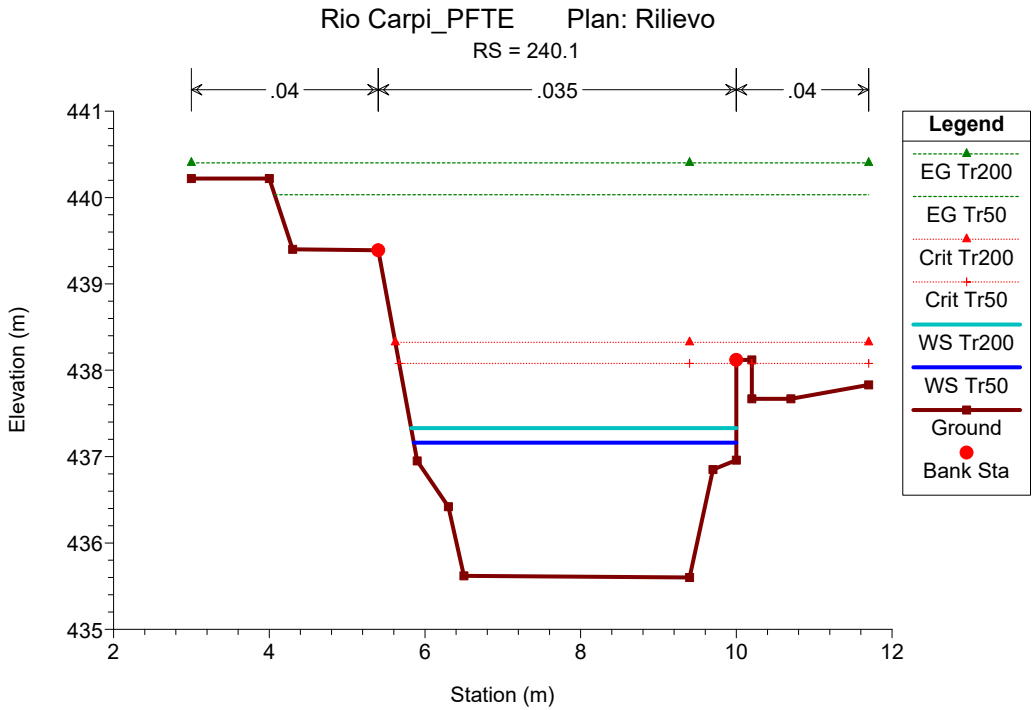

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 330
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

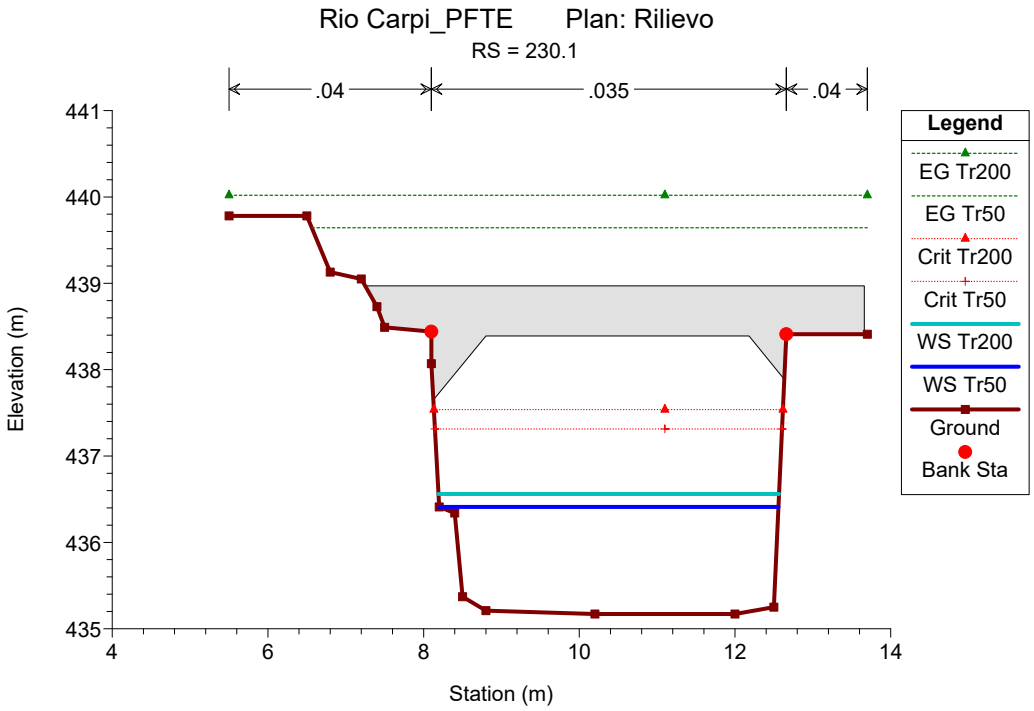

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 320.1
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

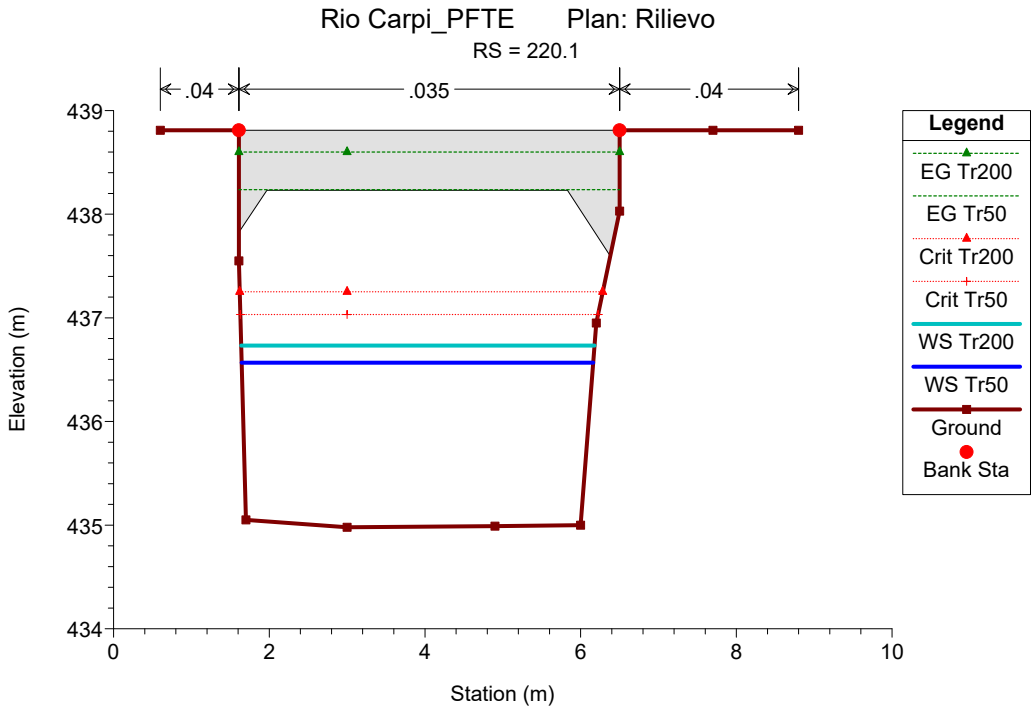

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 320 BR
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 315
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 310.1
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 309.1

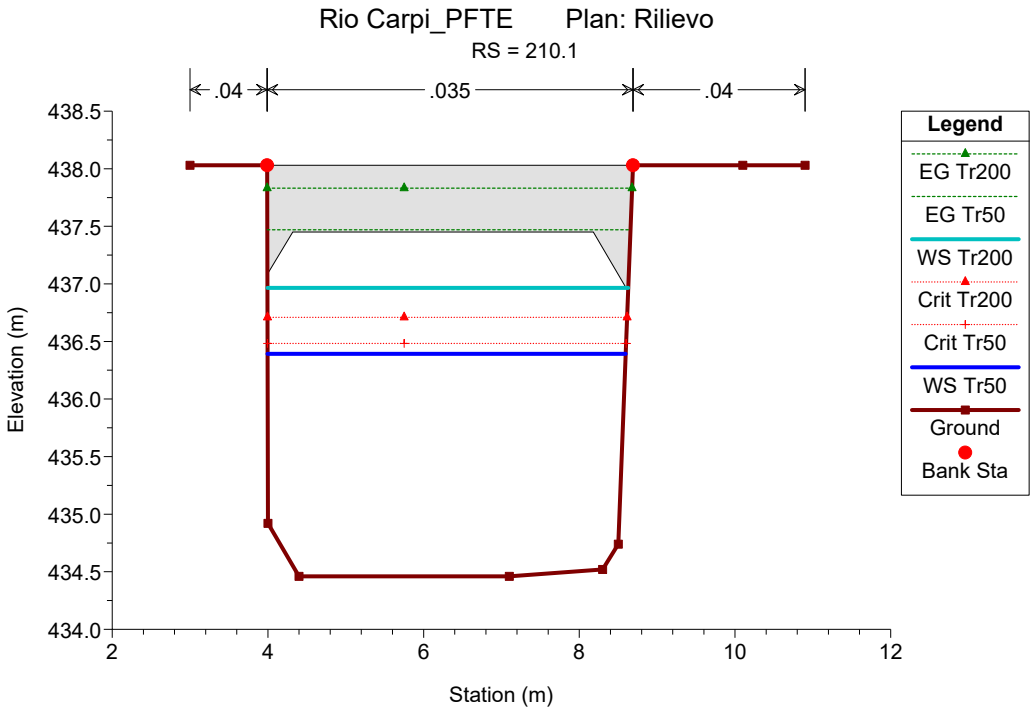

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 305.1
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 304.1
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 300.1
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 290
.04
.025
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

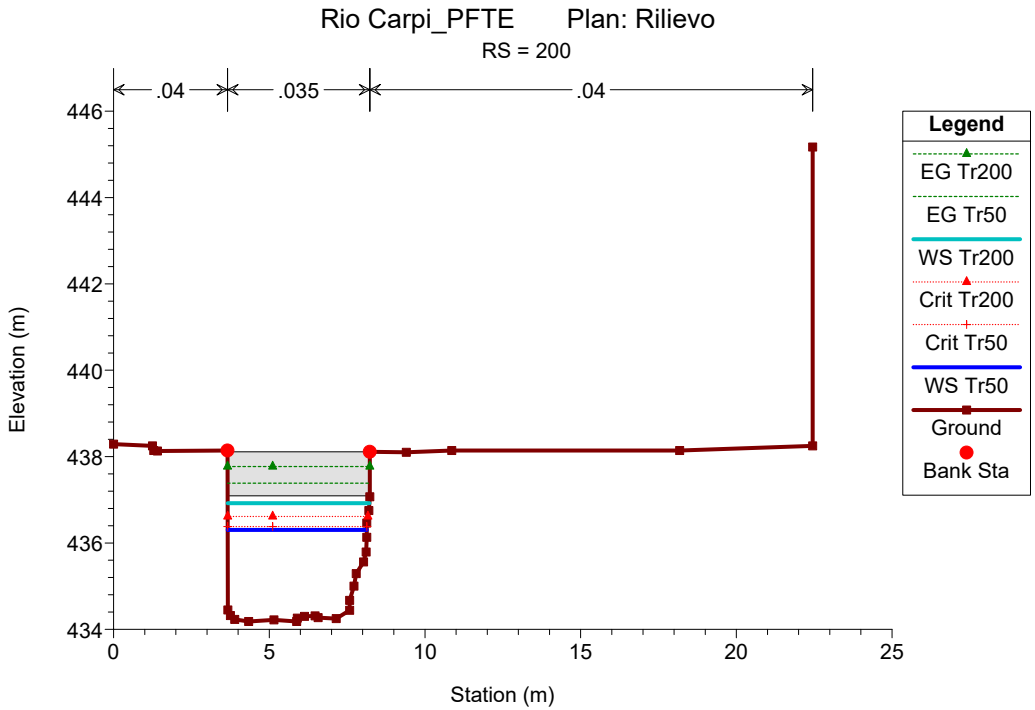

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 280
.04
.03
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

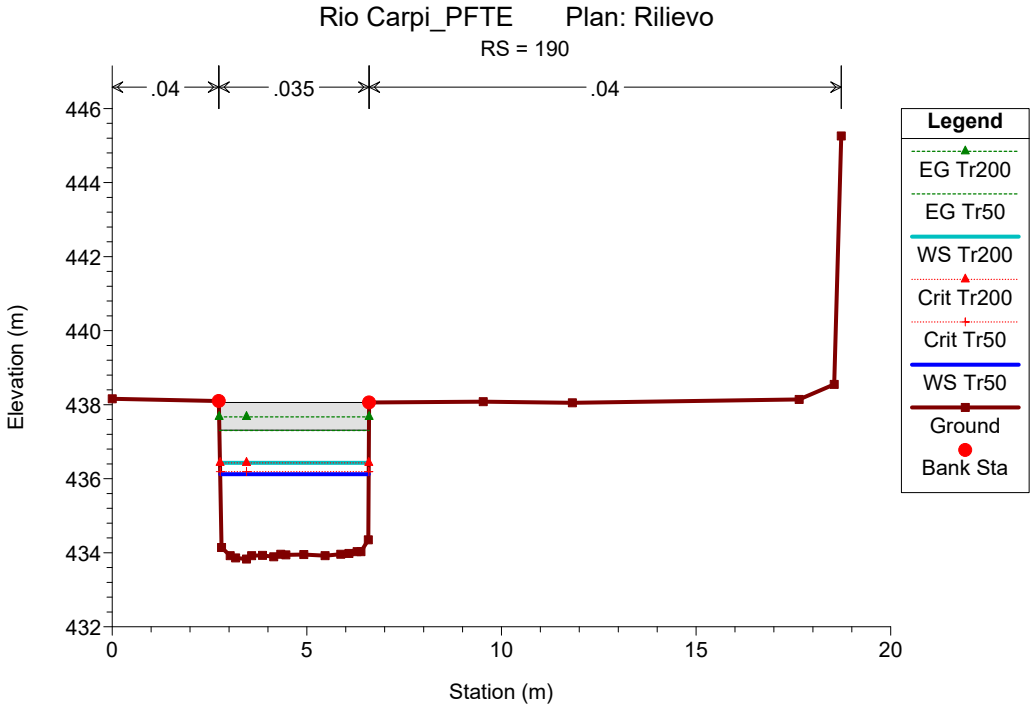

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 240.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

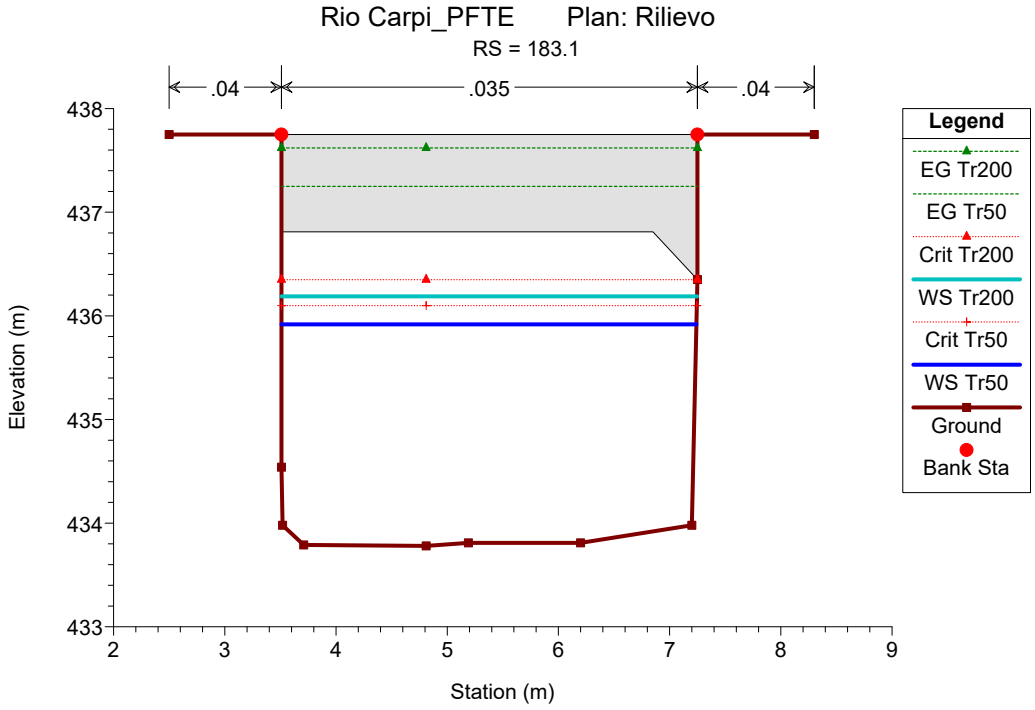

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 230.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

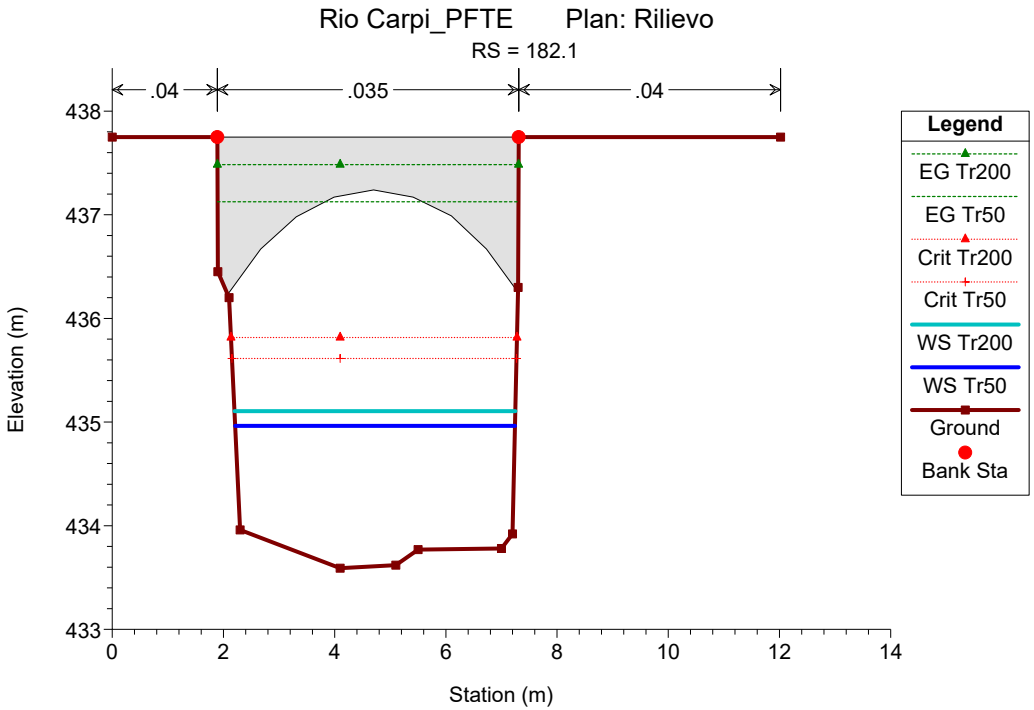

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 220.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

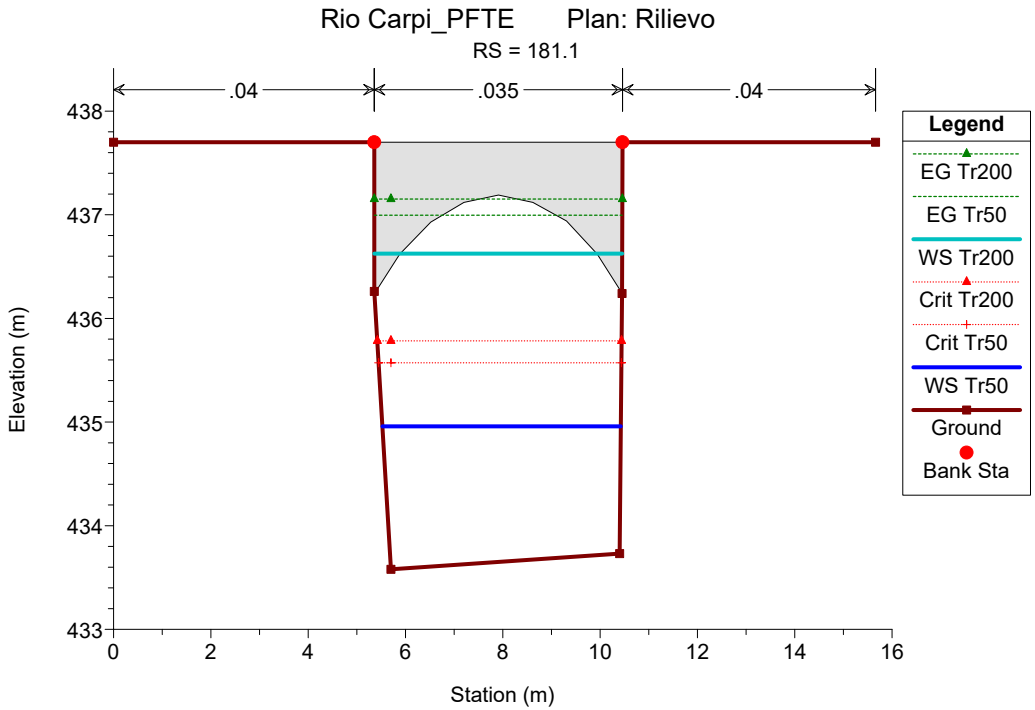

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 210.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Bank Sta

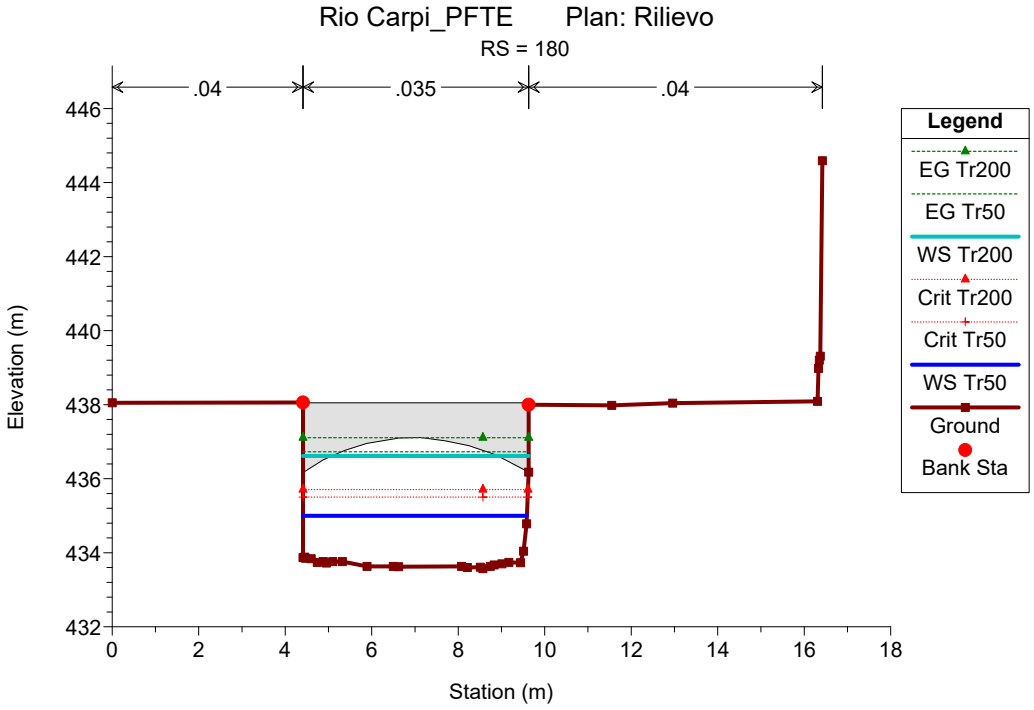

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 200
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Bank Sta

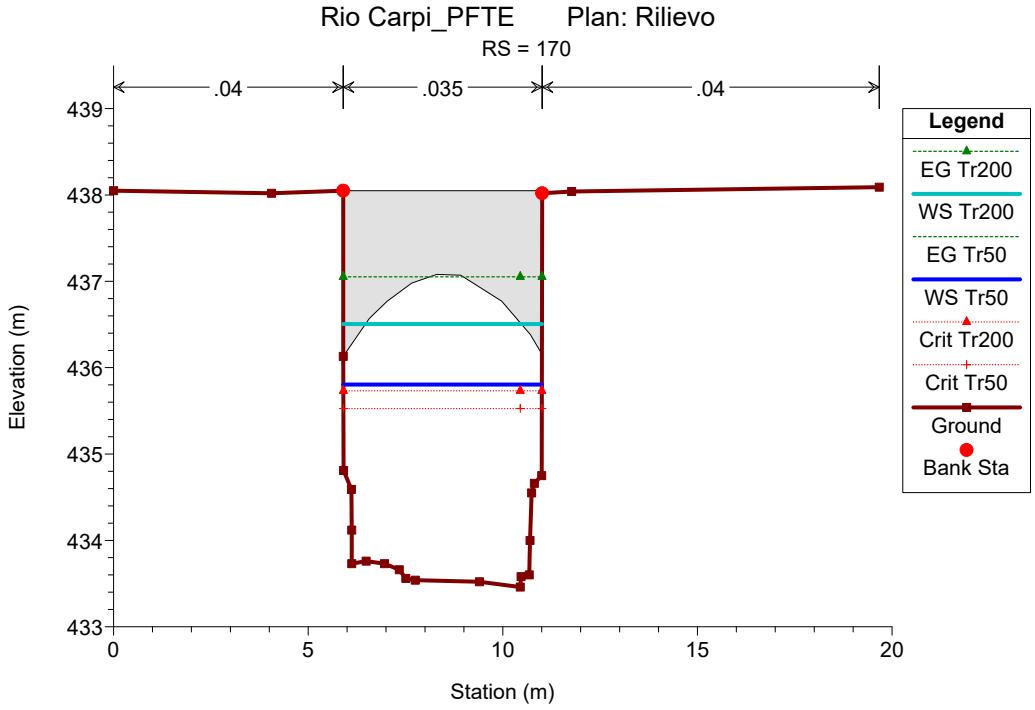

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 190
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Bank Sta

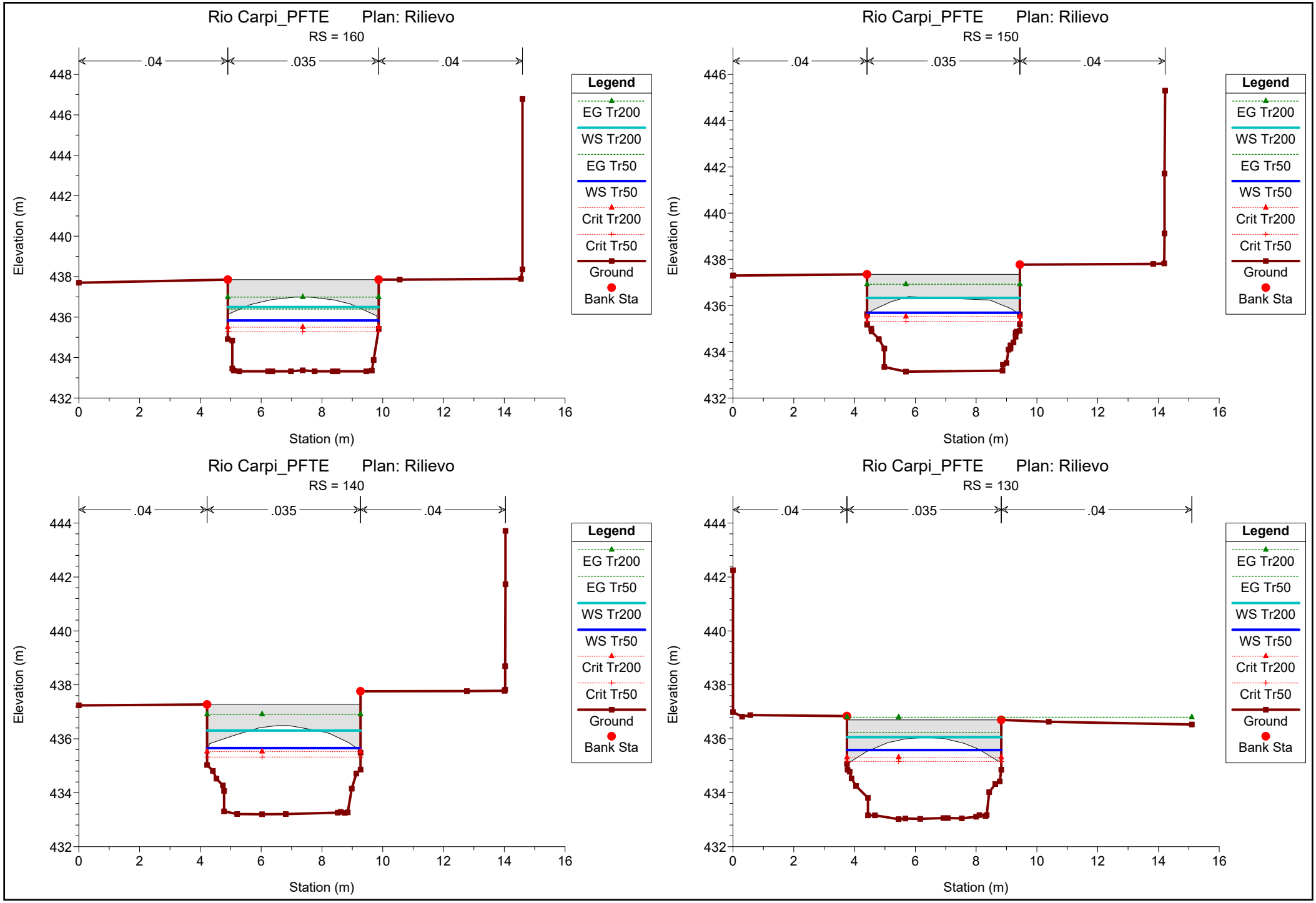

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 183.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
WS Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Bank Sta

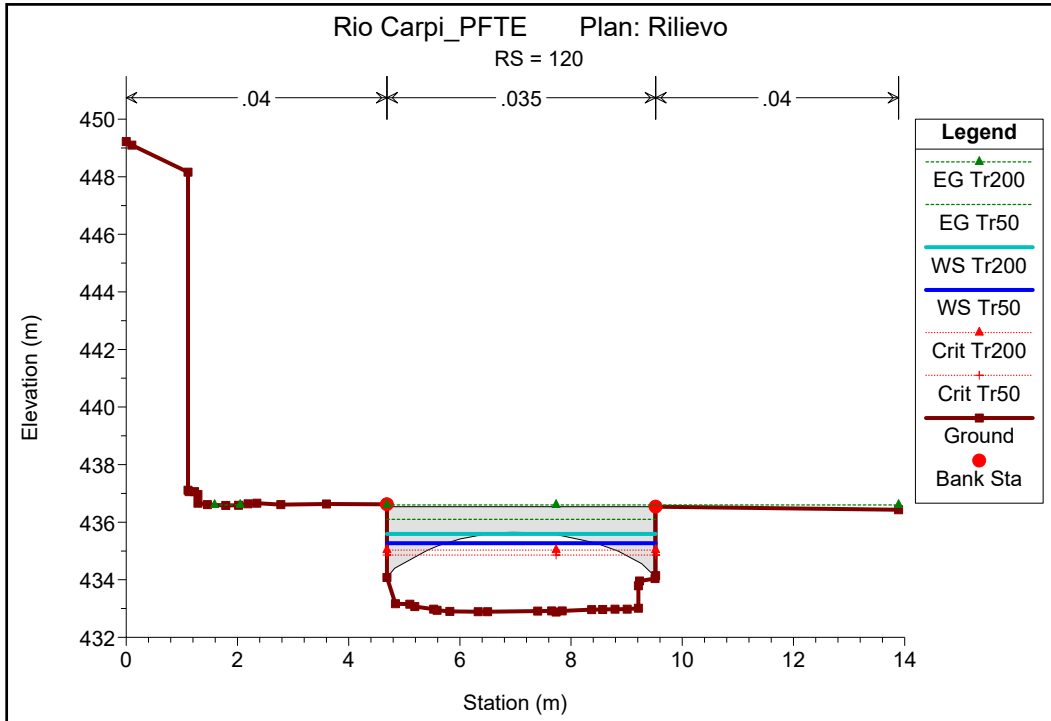

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 182.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

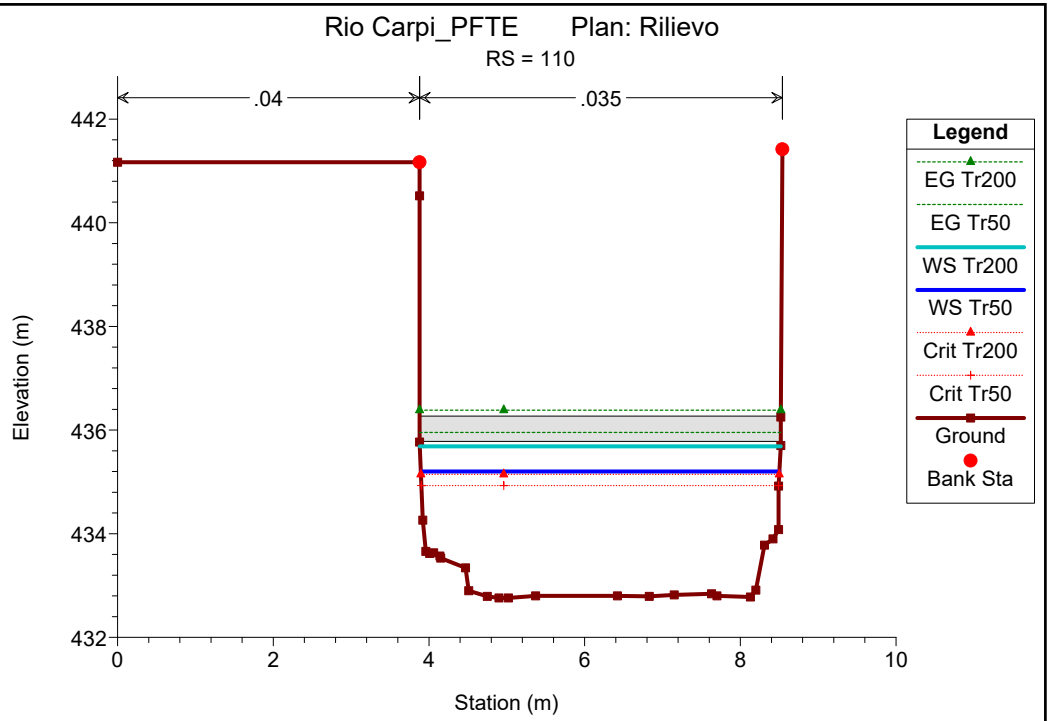

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 181.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Bank Sta

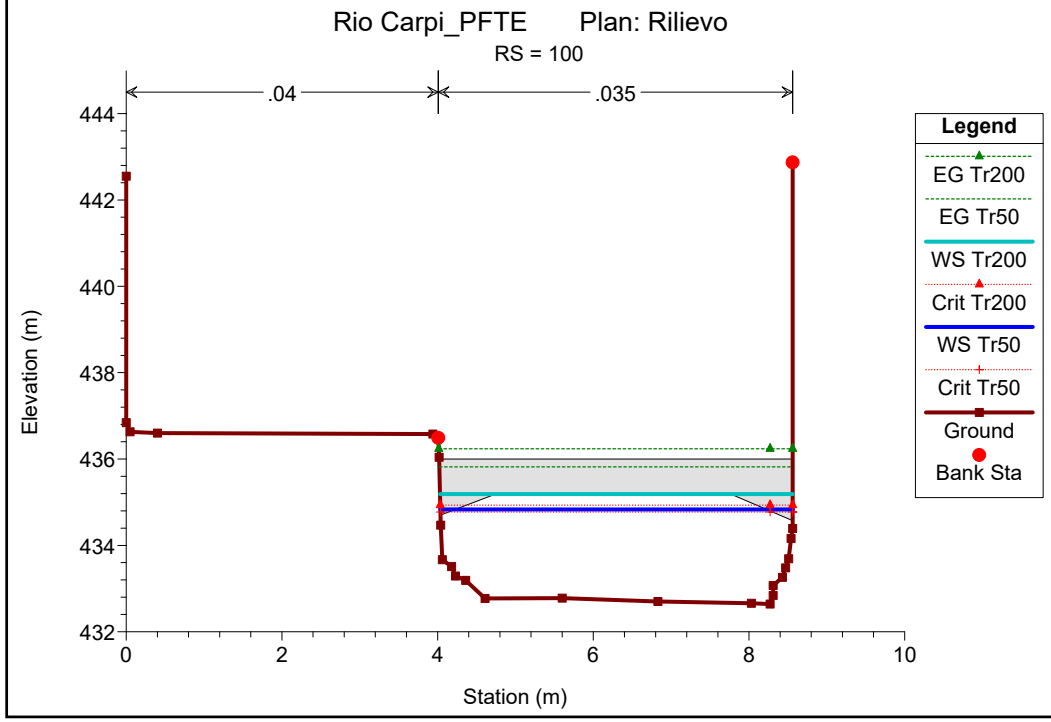

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 180
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Bank Sta

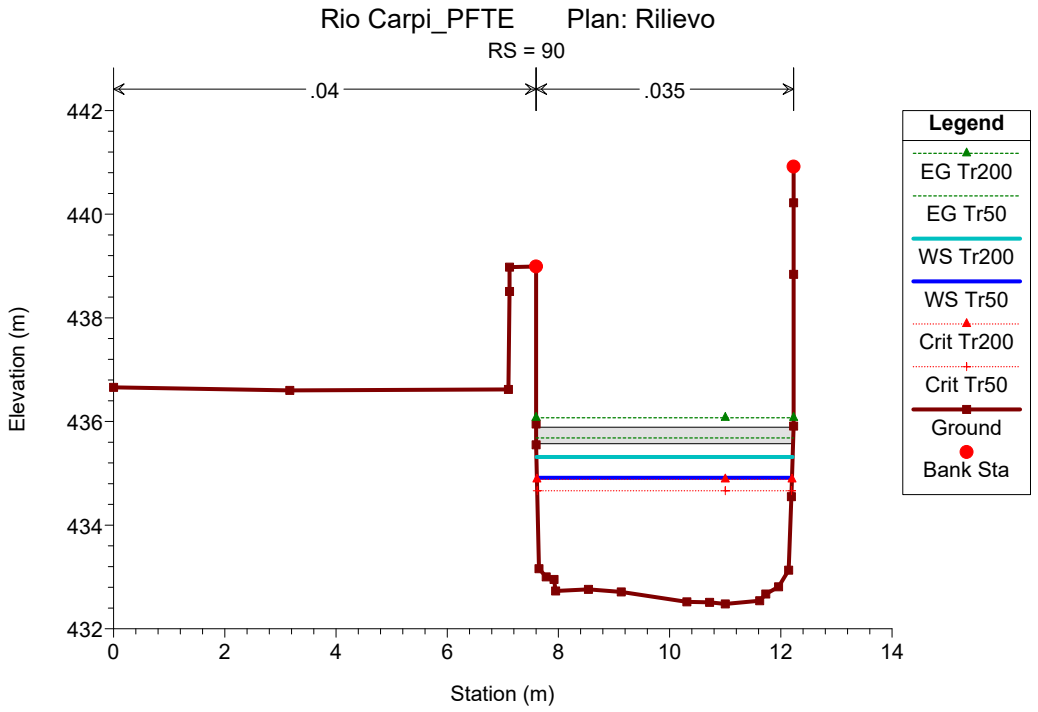

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 170
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
WS Tr200
EG Tr50
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta

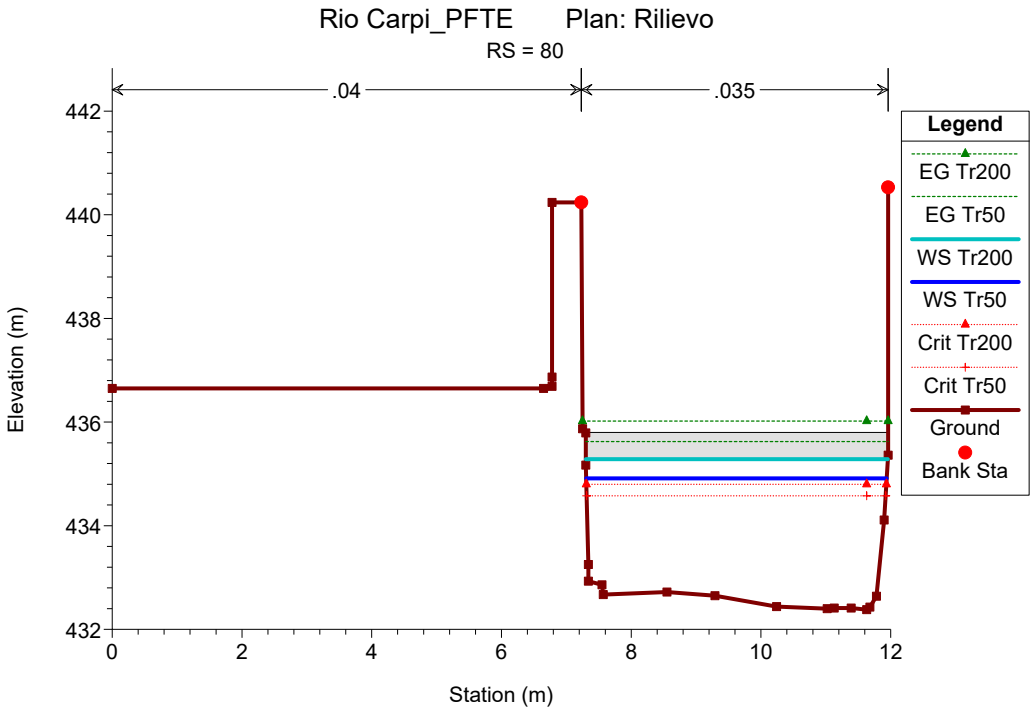

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 160
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
WS Tr200
EG Tr50
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 150
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
WS Tr200
EG Tr50
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 140
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 130
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta

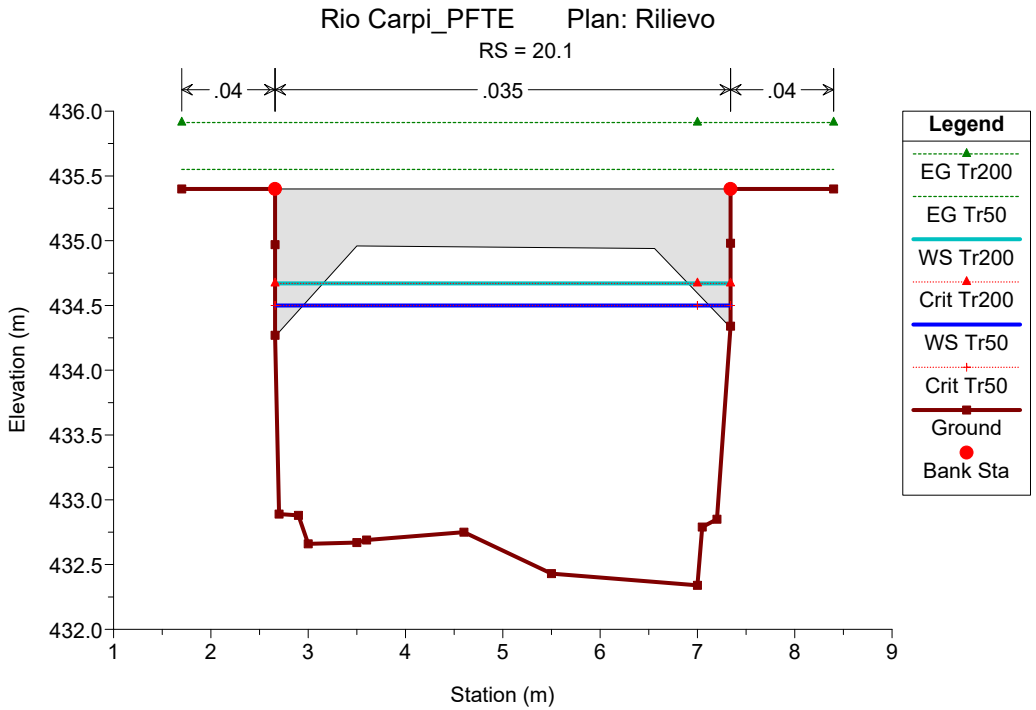

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 120
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta

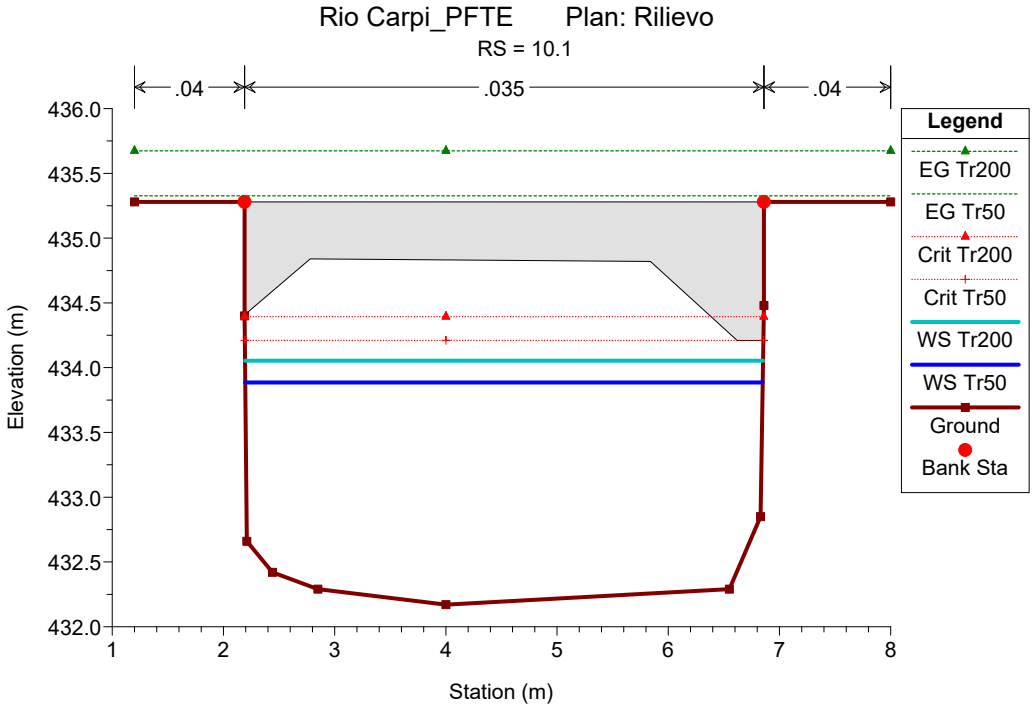

Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 110
.04
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 100
.04
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
WS Tr50
Crit Tr50
Ground
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 90
.04
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 80
.04
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
Ground
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 20.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
WS Tr200
Crit Tr200
WS Tr50
Crit Tr50
Ground
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Rilievo
RS = 10.1
.04
.035
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Bank Sta

ALLEGATO 2 – RISULTATI MODELLO CONDIZIONI DI PROGETTO

HEC-RAS Plan: Progetto1D River: Rio Carpi Reach: Rio Carpi

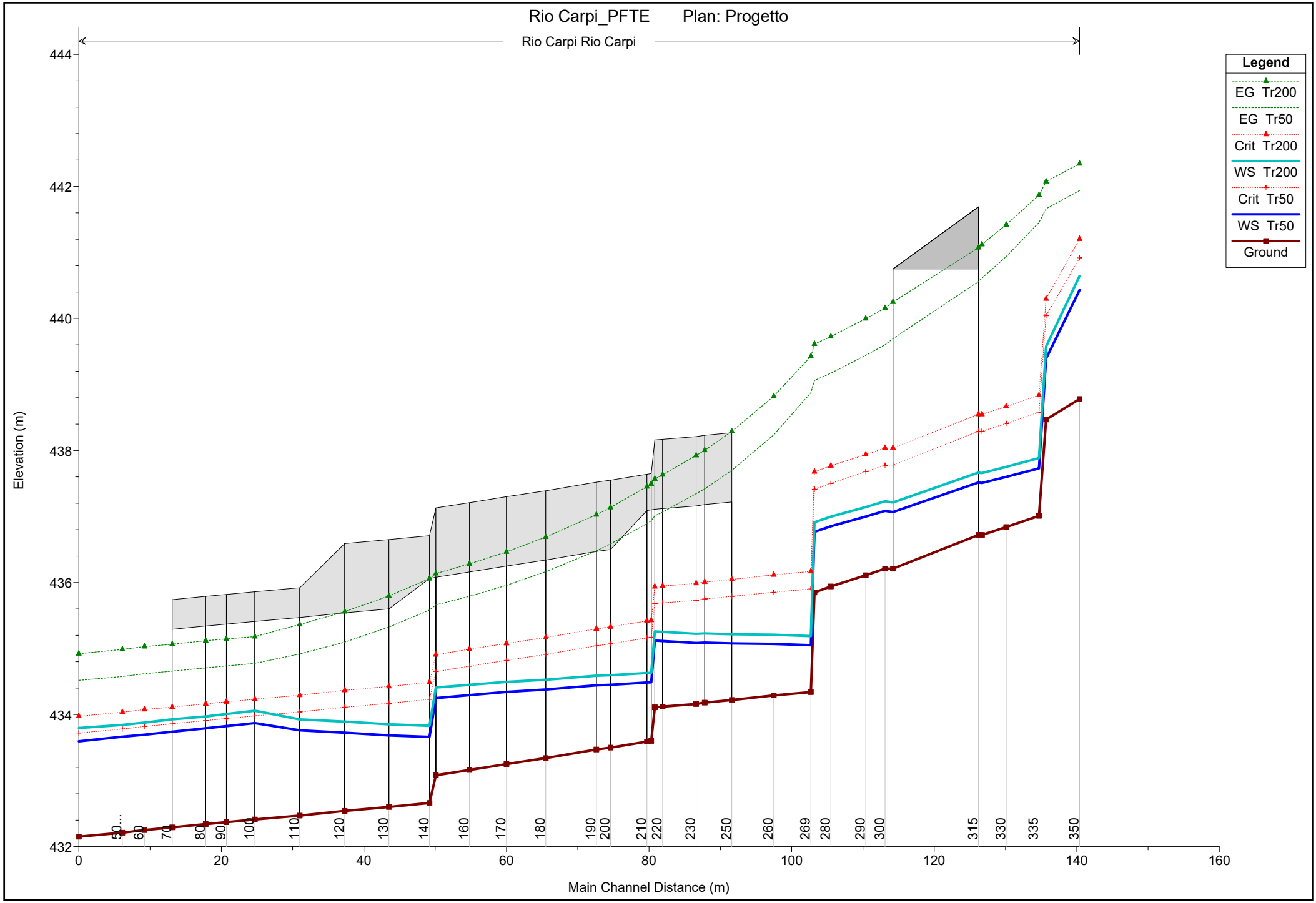
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Carpi	350	Tr50	36.90	438.78	440.43	440.92	441.94	0.040068	5.44	6.79	5.62	1.58
Rio Carpi	350	Tr200	46.40	438.78	440.64	441.20	442.34	0.040064	5.77	8.04	6.04	1.60
Rio Carpi	340	Tr50	36.90	438.47	439.39	440.04	441.66	0.044358	6.67	5.53	6.00	2.22
Rio Carpi	340	Tr200	46.40	438.47	439.57	440.30	442.07	0.040734	7.00	6.63	6.00	2.13
Rio Carpi	335	Tr50	36.90	437.01	437.73	438.58	441.45	0.094318	8.55	4.32	6.00	3.22
Rio Carpi	335	Tr200	46.40	437.01	437.89	438.84	441.87	0.082080	8.84	5.25	6.00	3.02
Rio Carpi	330	Tr50	36.90	436.84	437.60	438.41	440.94	0.079695	8.09	4.56	6.00	2.96
Rio Carpi	330	Tr200	46.40	436.84	437.75	438.67	441.42	0.072420	8.48	5.47	6.00	2.84
Rio Carpi	320	Tr50	36.90	436.72	437.51	438.29	440.61	0.071288	7.80	4.73	6.00	2.81
Rio Carpi	320	Tr200	46.40	436.72	437.66	438.55	441.12	0.066429	8.24	5.63	6.00	2.72
Rio Carpi	315		Bridge									
Rio Carpi	300	Tr50	36.90	436.21	437.09	437.78	439.60	0.051797	7.02	5.25	6.00	2.40
Rio Carpi	300	Tr200	46.40	436.21	437.23	438.04	440.16	0.051563	7.58	6.13	6.00	2.39
Rio Carpi	290	Tr50	36.90	436.11	437.00	437.68	439.44	0.049574	6.92	5.33	6.00	2.35
Rio Carpi	290	Tr200	46.40	436.11	437.14	437.94	440.00	0.049697	7.48	6.20	6.00	2.35
Rio Carpi	280	Tr50	36.90	435.94	436.85	437.50	439.17	0.045812	6.74	5.47	6.00	2.26
Rio Carpi	280	Tr200	46.40	435.94	437.00	437.77	439.72	0.046421	7.31	6.34	6.00	2.27
Rio Carpi	270	Tr50	36.90	435.85	436.77	437.41	439.06	0.045063	6.71	5.50	6.00	2.24
Rio Carpi	270	Tr200	46.40	435.85	436.91	437.68	439.61	0.045721	7.28	6.38	6.00	2.25
Rio Carpi	269	Tr50	36.90	434.34	435.05	435.90	438.88	0.098297	8.66	4.26	6.00	3.28
Rio Carpi	269	Tr200	46.40	434.34	435.19	436.17	439.43	0.090207	9.12	5.09	6.00	3.16
Rio Carpi	260	Tr50	36.90	434.29	435.07	435.85	438.24	0.073557	7.88	4.68	6.00	2.85
Rio Carpi	260	Tr200	46.40	434.29	435.21	436.12	438.82	0.070845	8.42	5.51	6.00	2.81
Rio Carpi	250	Tr50	36.90	434.22	435.08	435.79	437.70	0.055154	7.17	5.15	6.00	2.47
Rio Carpi	250	Tr200	46.40	434.22	435.22	436.05	438.29	0.055511	7.76	5.98	6.00	2.48
Rio Carpi	240	Tr50	36.90	434.18	435.09	435.75	437.42	0.046067	6.76	5.46	6.00	2.26
Rio Carpi	240	Tr200	46.40	434.18	435.23	436.01	438.00	0.047612	7.38	6.29	6.00	2.30
Rio Carpi	230	Tr50	36.90	434.16	435.08	435.73	437.35	0.044121	6.66	5.54	6.00	2.21

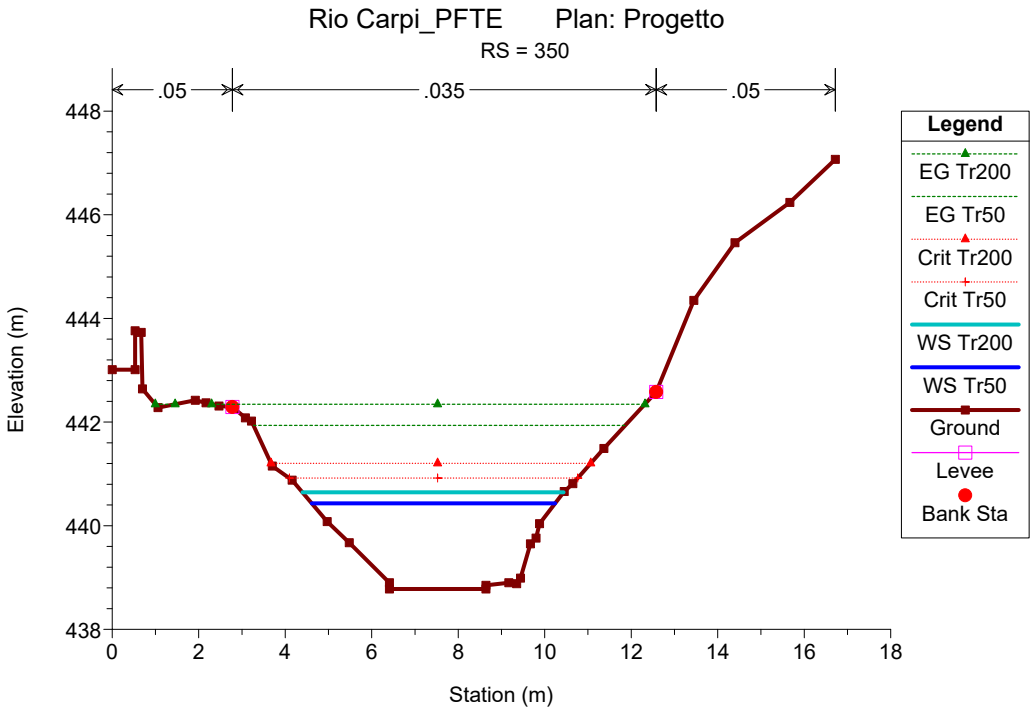
HEC-RAS Plan: Progetto1D River: Rio Carpi Reach: Rio Carpi (Continued)

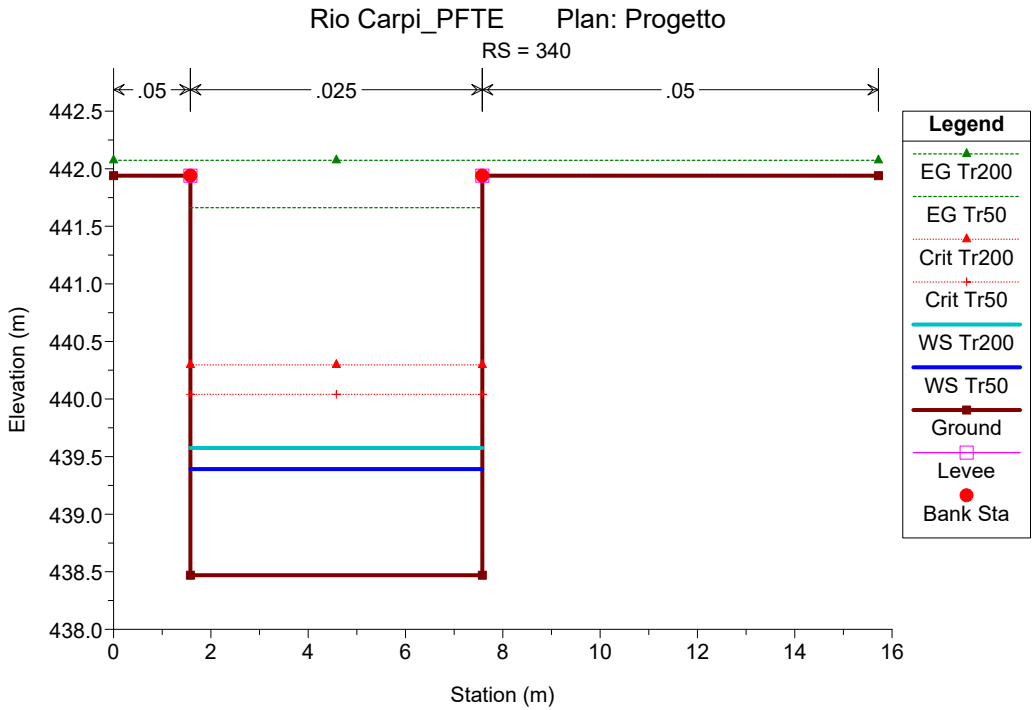
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Carpi	230	Tr200	46.40	434.16	435.22	435.99	437.92	0.045783	7.28	6.37	6.00	2.26
Rio Carpi	220	Tr50	36.90	434.12	435.11	435.69	437.07	0.035400	6.19	5.96	6.00	1.98
Rio Carpi	220	Tr200	46.40	434.12	435.25	435.95	437.63	0.037883	6.83	6.79	6.00	2.05
Rio Carpi	216	Tr50	36.90	434.11	435.12	435.68	437.01	0.033695	6.09	6.06	6.00	1.94
Rio Carpi	216	Tr200	46.40	434.11	435.26	435.94	437.57	0.036310	6.73	6.89	6.00	2.01
Rio Carpi	215	Tr50	36.90	433.60	434.49	435.17	436.93	0.049669	6.93	5.33	6.00	2.35
Rio Carpi	215	Tr200	46.40	433.60	434.63	435.43	437.49	0.049868	7.49	6.19	6.00	2.35
Rio Carpi	210	Tr50	36.90	433.59	434.48	435.16	436.89	0.048515	6.87	5.37	6.00	2.32
Rio Carpi	210	Tr200	46.40	433.59	434.63	435.42	437.45	0.048882	7.44	6.24	6.00	2.33
Rio Carpi	200	Tr50	36.90	433.50	434.45	435.07	436.59	0.040431	6.47	5.70	6.00	2.12
Rio Carpi	200	Tr200	46.40	433.50	434.60	435.33	437.14	0.041780	7.06	6.57	6.00	2.15
Rio Carpi	190	Tr50	36.90	433.47	434.44	435.04	436.48	0.037655	6.32	5.84	6.00	2.05
Rio Carpi	190	Tr200	46.40	433.47	434.59	435.30	437.03	0.039288	6.92	6.71	6.00	2.09
Rio Carpi	180	Tr50	36.90	433.34	434.38	434.91	436.17	0.030924	5.92	6.23	6.00	1.85
Rio Carpi	180	Tr200	46.40	433.34	434.53	435.17	436.69	0.032851	6.51	7.13	6.00	1.91
Rio Carpi	170	Tr50	36.90	433.25	434.34	434.82	435.96	0.026606	5.63	6.56	6.00	1.72
Rio Carpi	170	Tr200	46.40	433.25	434.49	435.08	436.46	0.028671	6.22	7.46	6.00	1.78
Rio Carpi	160	Tr50	36.90	433.16	434.30	434.73	435.79	0.023784	5.42	6.81	6.00	1.62
Rio Carpi	160	Tr200	46.40	433.16	434.45	434.99	436.28	0.025769	5.99	7.74	6.00	1.69
Rio Carpi	150	Tr50	36.90	433.08	434.25	434.65	435.66	0.021775	5.26	7.01	6.00	1.55
Rio Carpi	150	Tr200	46.40	433.08	434.41	434.91	436.14	0.023613	5.82	7.97	6.00	1.61
Rio Carpi	140	Tr50	36.90	432.66	433.66	434.23	435.58	0.034481	6.14	6.01	6.00	1.96
Rio Carpi	140	Tr200	46.40	432.66	433.83	434.49	436.06	0.034411	6.61	7.02	6.00	1.95
Rio Carpi	130	Tr50	36.90	432.60	433.68	434.17	435.32	0.027247	5.67	6.50	6.00	1.74
Rio Carpi	130	Tr200	46.40	432.60	433.85	434.43	435.80	0.028130	6.18	7.51	6.00	1.76
Rio Carpi	120	Tr50	36.90	432.54	433.73	434.11	435.10	0.020892	5.19	7.11	6.00	1.52
Rio Carpi	120	Tr200	46.40	432.54	433.89	434.37	435.56	0.022405	5.71	8.12	6.00	1.57
Rio Carpi	110	Tr50	36.90	432.47	433.76	434.04	434.92	0.016239	4.76	7.75	6.00	1.34

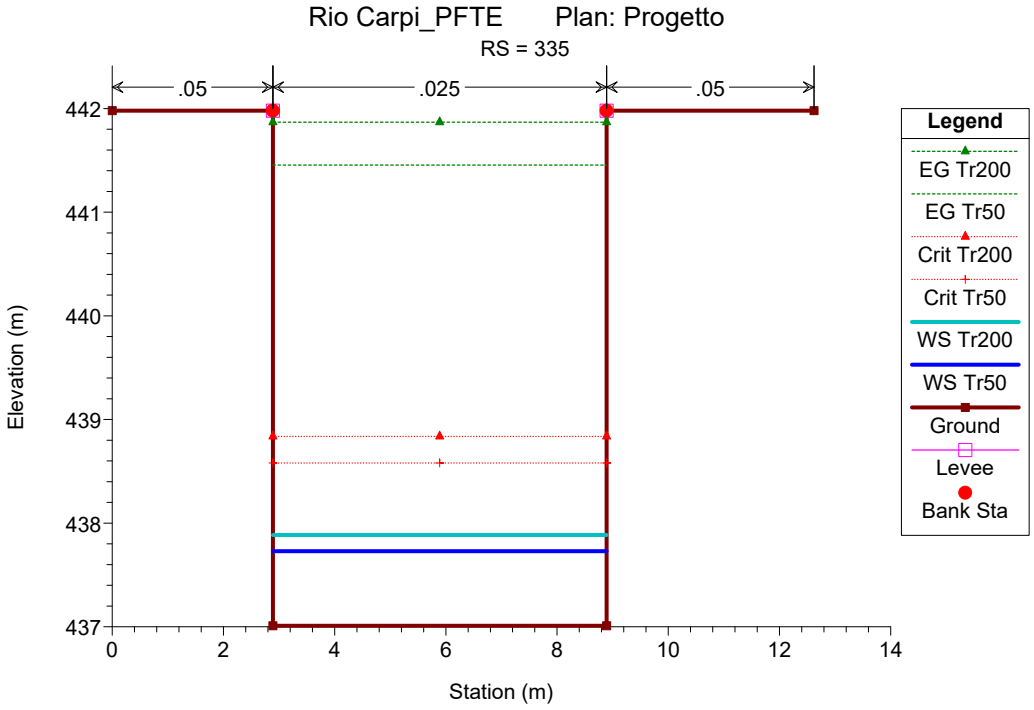
HEC-RAS Plan: Progetto1D River: Rio Carpi Reach: Rio Carpi (Continued)

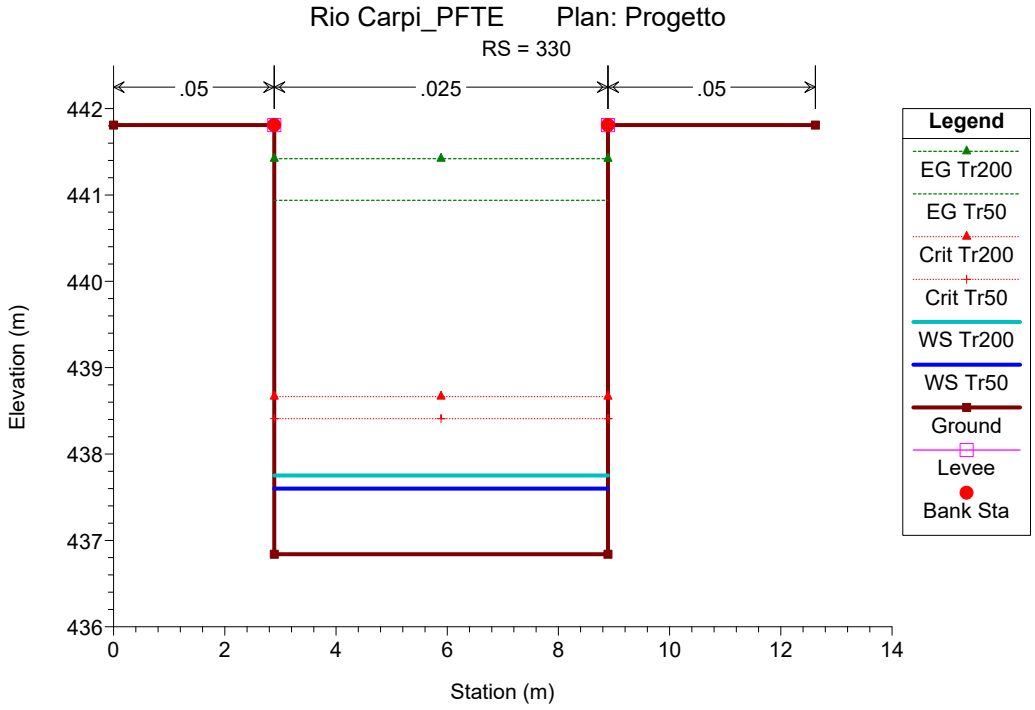
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Carpi	110	Tr200	46.40	432.47	433.93	434.29	435.36	0.018082	5.31	8.74	6.00	1.40
Rio Carpi	100	Tr50	36.90	432.41	433.87	433.98	434.77	0.011349	4.21	8.76	6.00	1.11
Rio Carpi	100	Tr200	46.40	432.41	434.06	434.23	435.18	0.012670	4.69	9.89	6.00	1.17
Rio Carpi	90	Tr50	36.90	432.37	433.83	433.94	434.74	0.011473	4.23	8.73	6.00	1.12
Rio Carpi	90	Tr200	46.40	432.37	434.01	434.19	435.14	0.012909	4.72	9.82	6.00	1.18
Rio Carpi	80	Tr50	36.90	432.34	433.79	433.91	434.71	0.011534	4.23	8.71	6.00	1.12
Rio Carpi	80	Tr200	46.40	432.34	433.97	434.16	435.12	0.013075	4.74	9.78	6.00	1.19
Rio Carpi	70	Tr50	36.90	432.29	433.74	433.86	434.66	0.011595	4.24	8.70	6.00	1.13
Rio Carpi	70	Tr200	46.40	432.29	433.93	434.11	435.06	0.012902	4.72	9.83	6.00	1.18
Rio Carpi	60	Tr50	36.90	432.25	433.69	433.82	434.62	0.011718	4.26	8.67	6.00	1.13
Rio Carpi	60	Tr200	46.40	432.25	433.88	434.08	435.03	0.013138	4.75	9.76	6.00	1.19
Rio Carpi	50	Tr50	36.90	432.21	433.66	433.78	434.58	0.011483	4.23	8.73	6.00	1.12
Rio Carpi	50	Tr200	46.40	432.21	433.84	434.04	434.99	0.013004	4.73	9.80	6.00	1.18
Rio Carpi	40	Tr50	36.90	432.15	433.59	433.72	434.52	0.011715	4.26	8.67	6.00	1.13
Rio Carpi	40	Tr200	46.40	432.15	433.80	433.98	434.92	0.012732	4.70	9.87	6.00	1.17

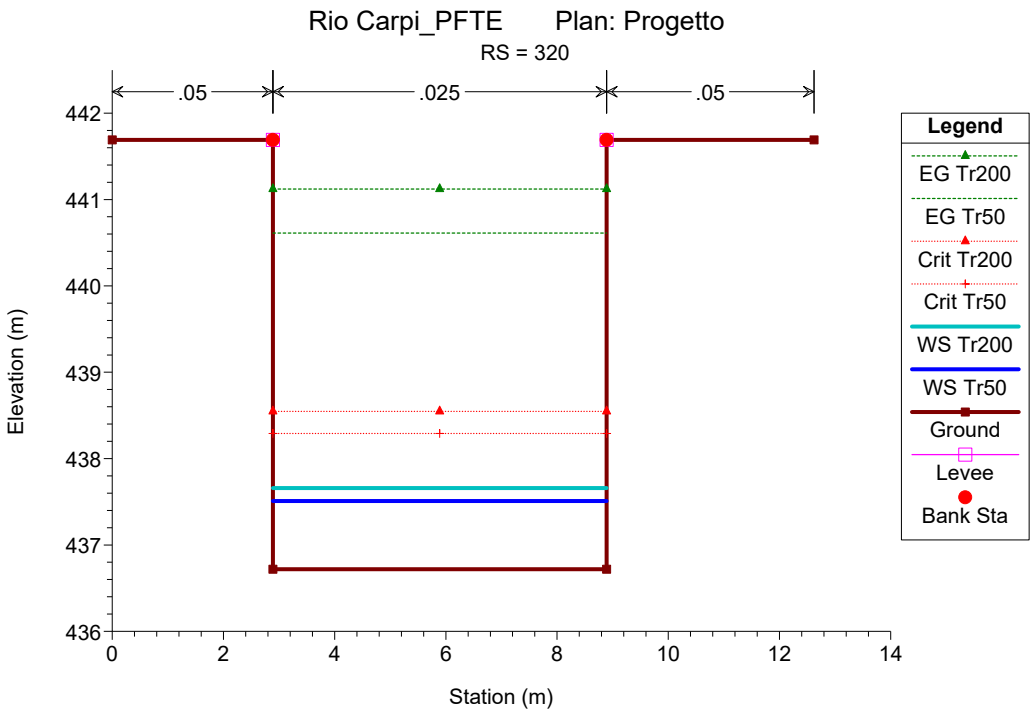

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
Rio Carpi Rio Carpi
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
WS Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
444
442
440
438
436
434
432
0
20
40
60
80
100
120
140
160
50...
60
70
80
90
100
110
120
130
140
160
170
180
190
200
210
220
230
250
260
269
280
290
300
315
330
335
350

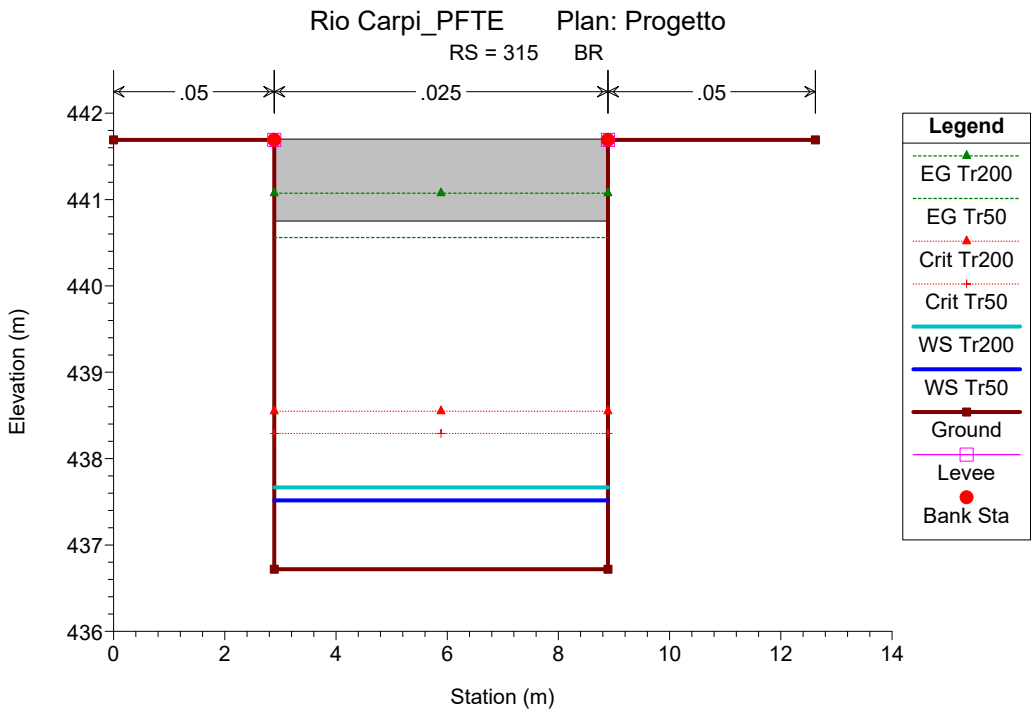

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 350
.05
.035
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

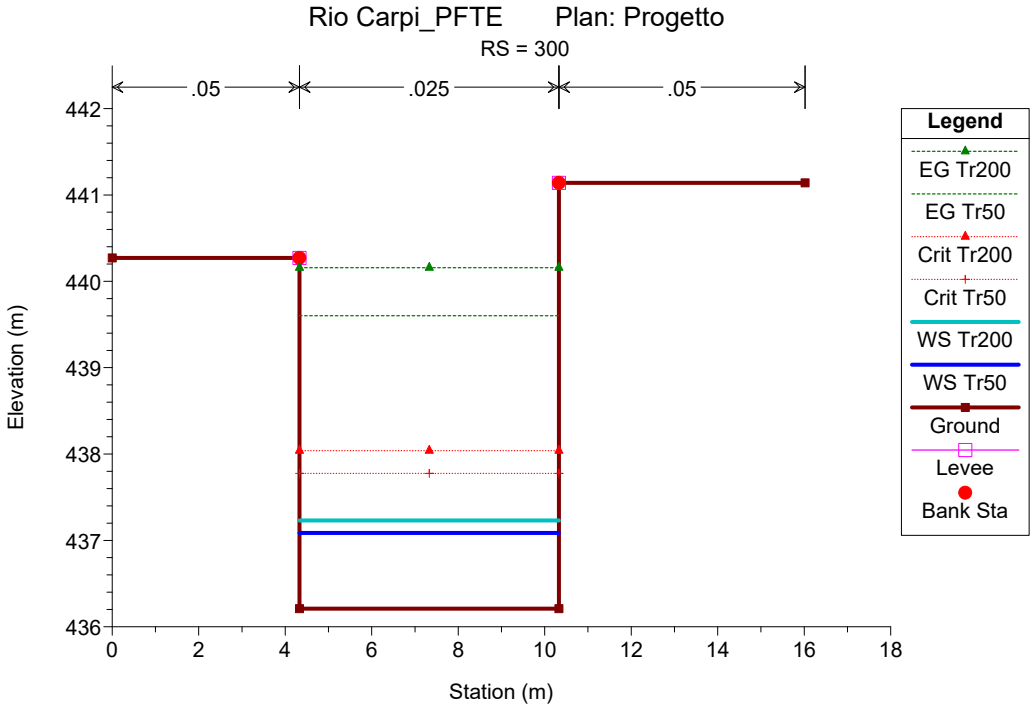

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 340
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

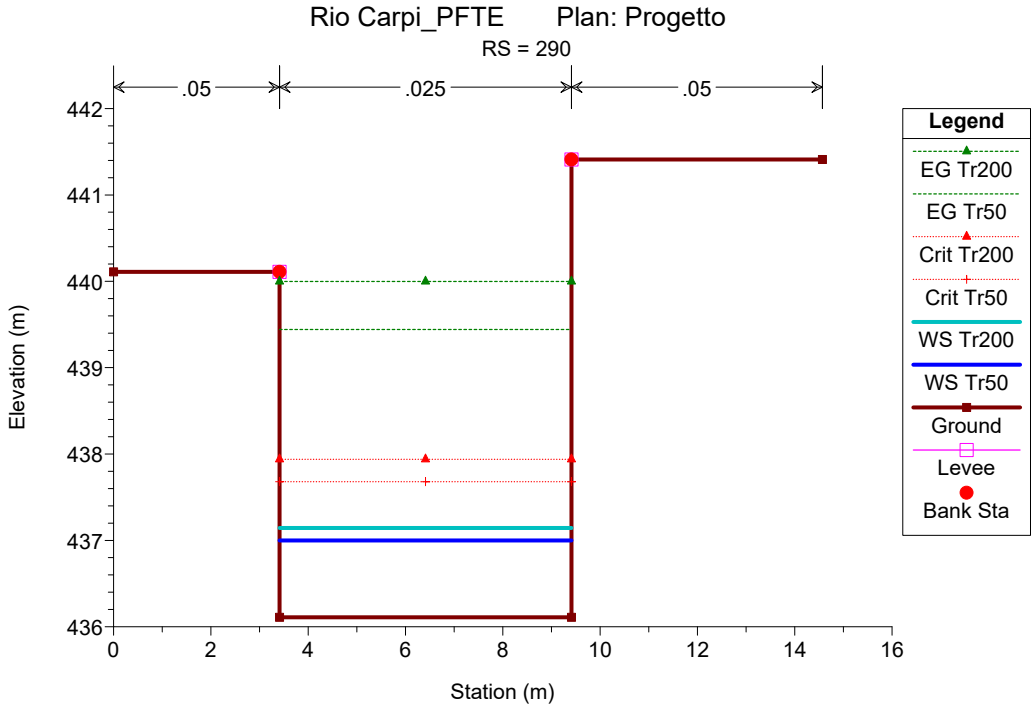

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 335
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

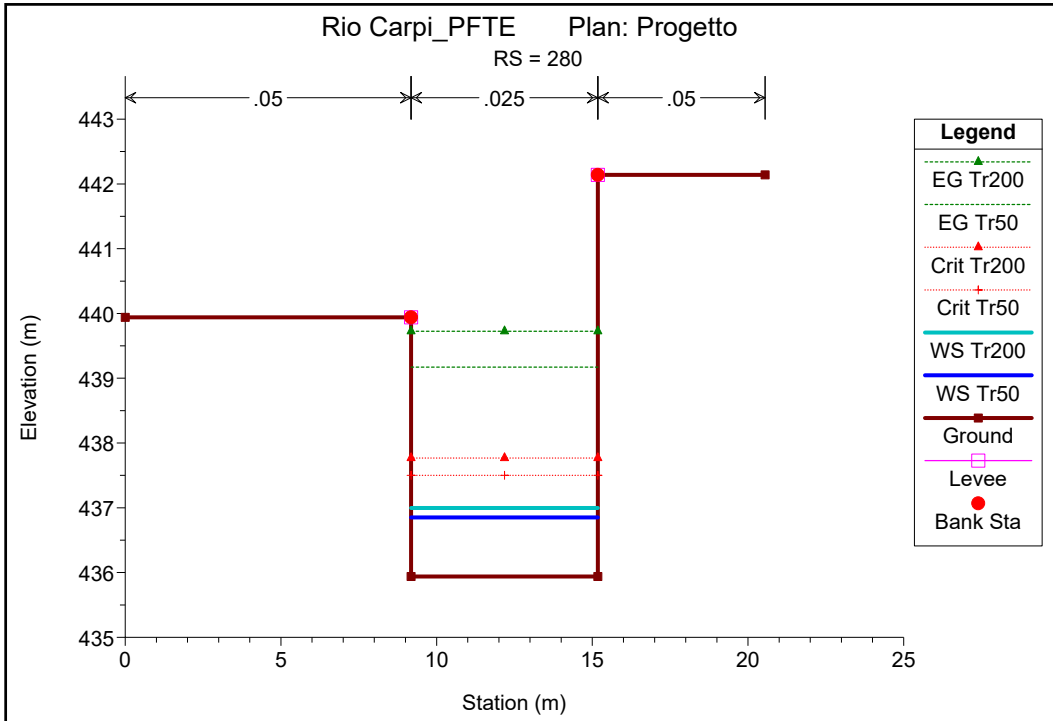

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 330
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

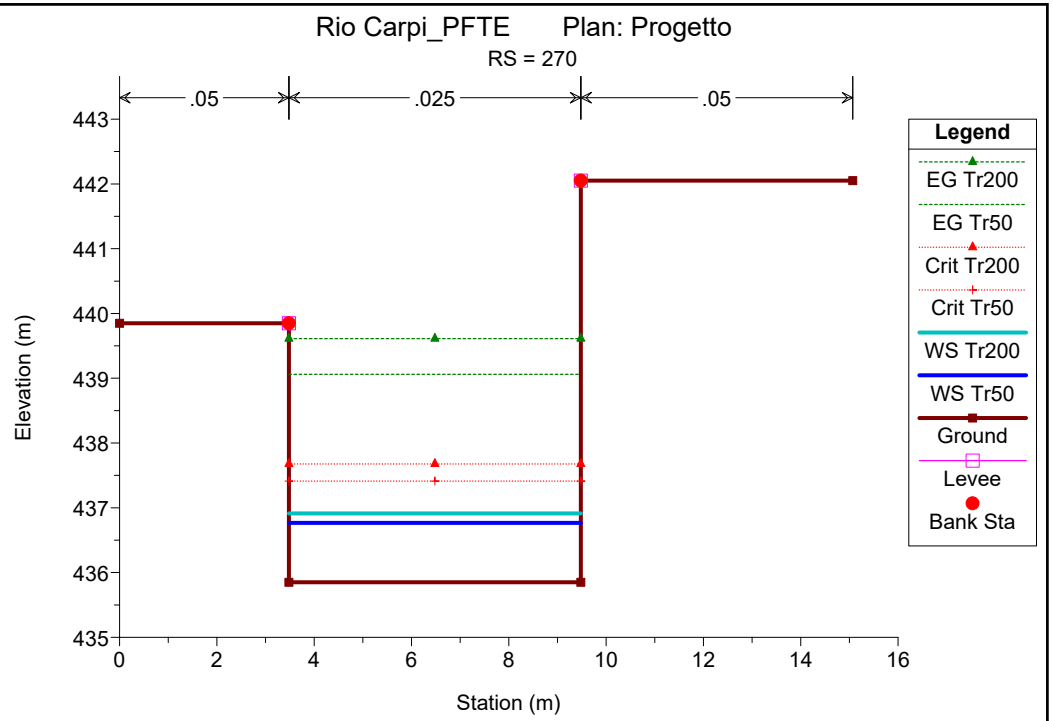

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 320
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

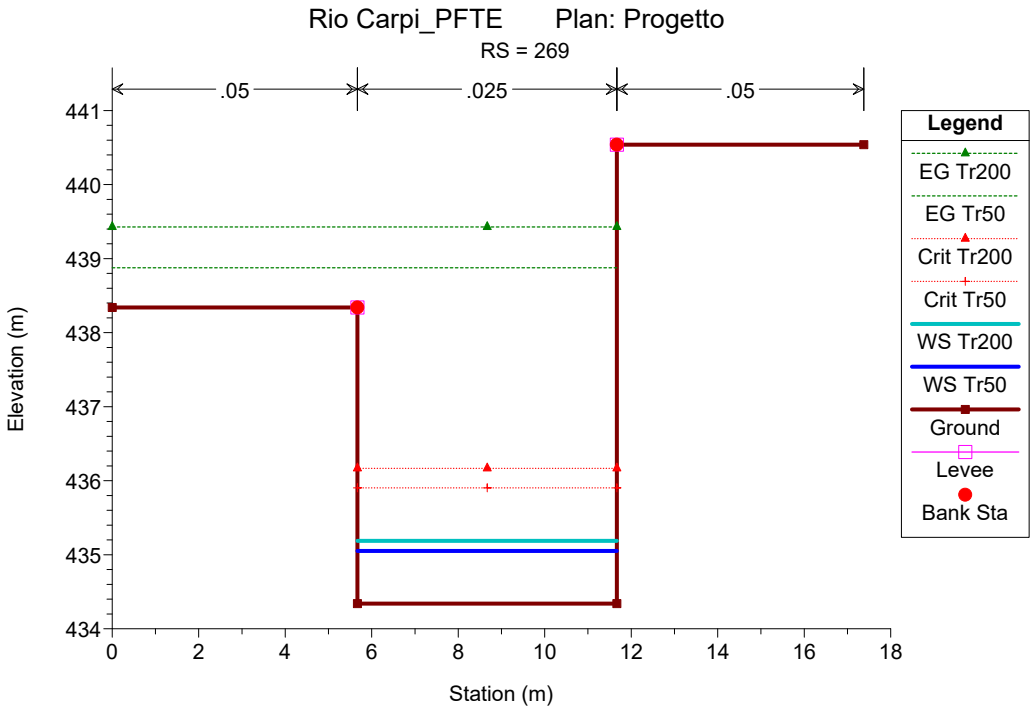

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 315 BR
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

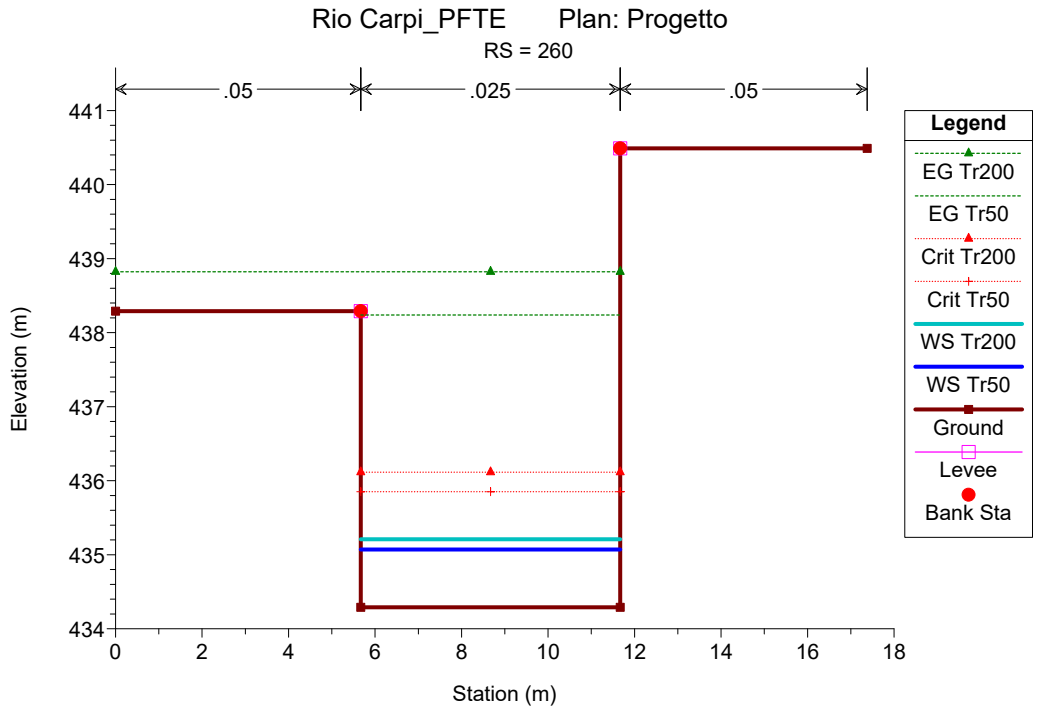

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 300
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

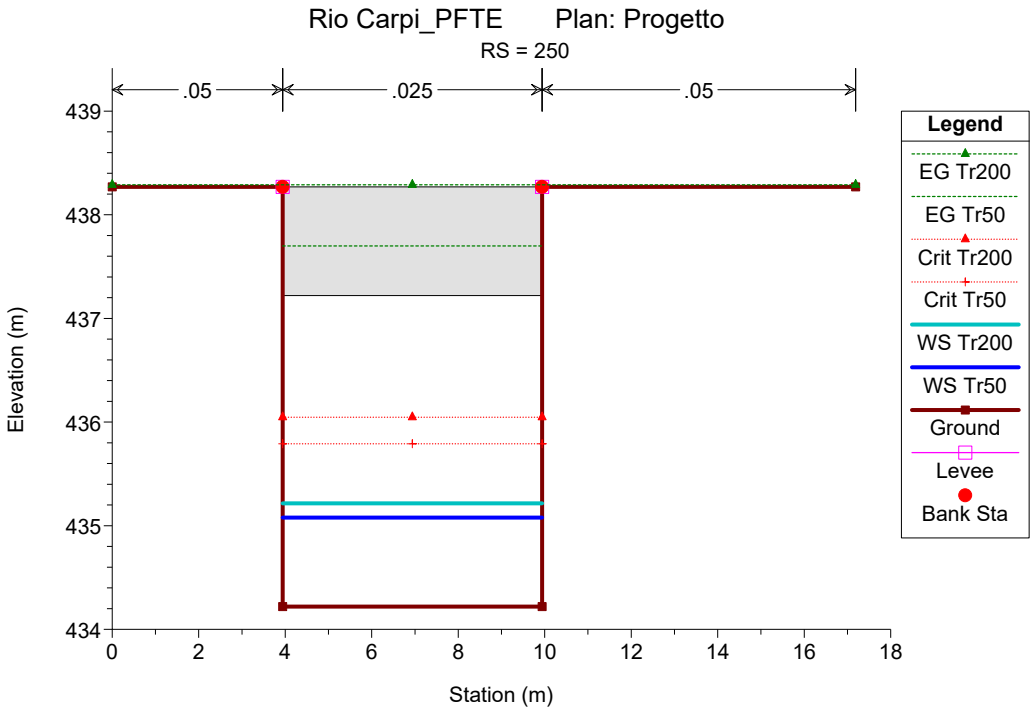

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 290
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

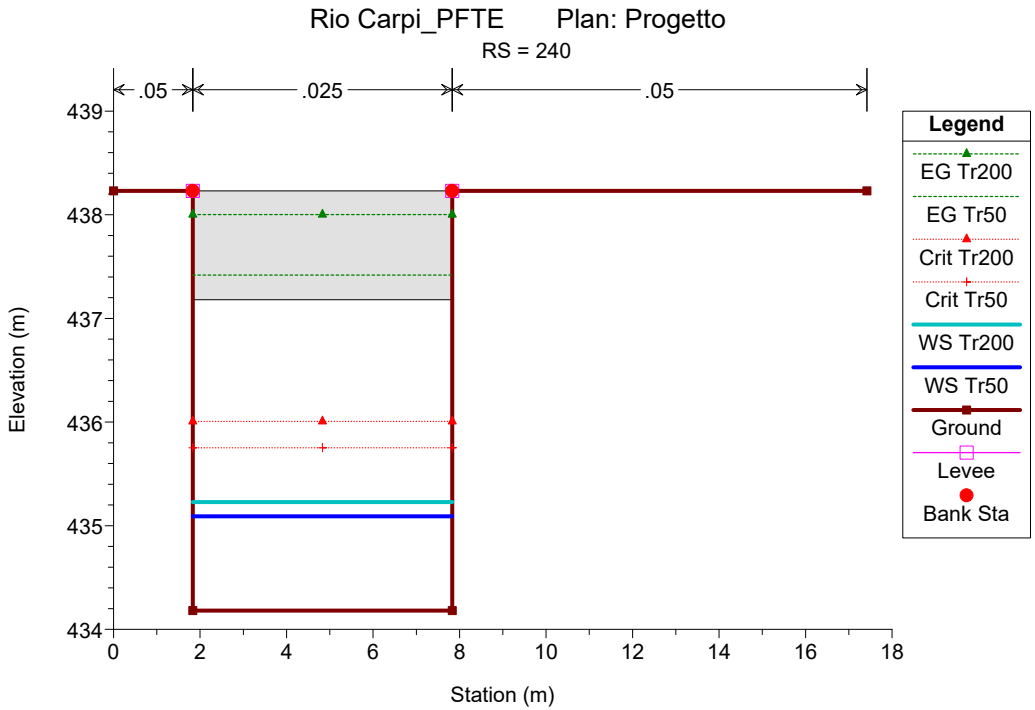

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 280
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

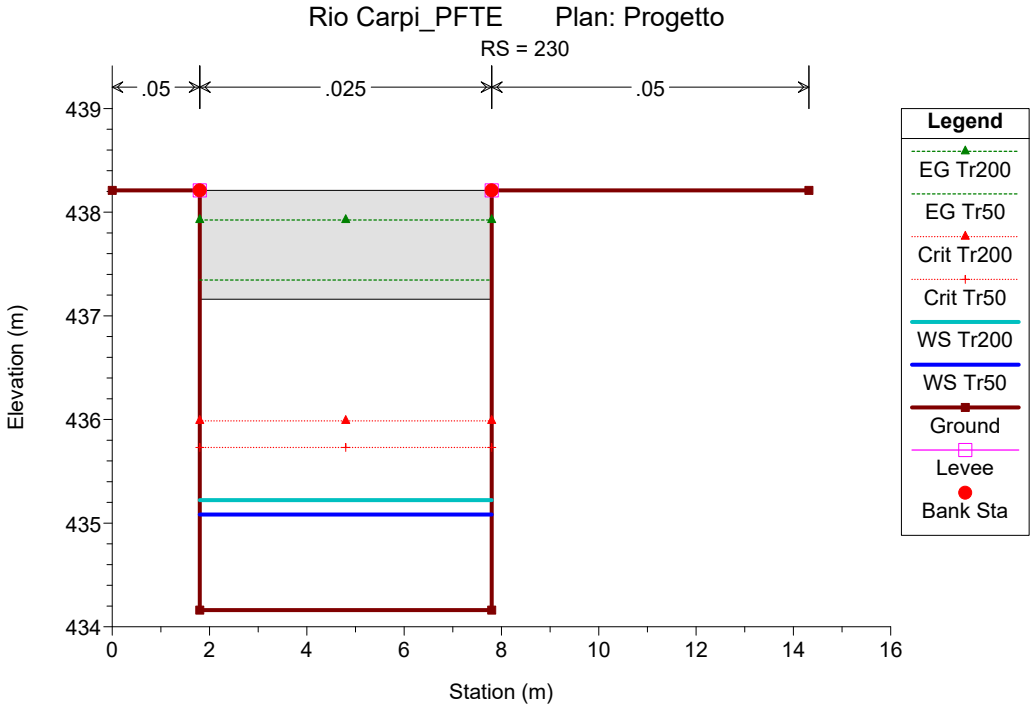

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 270
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

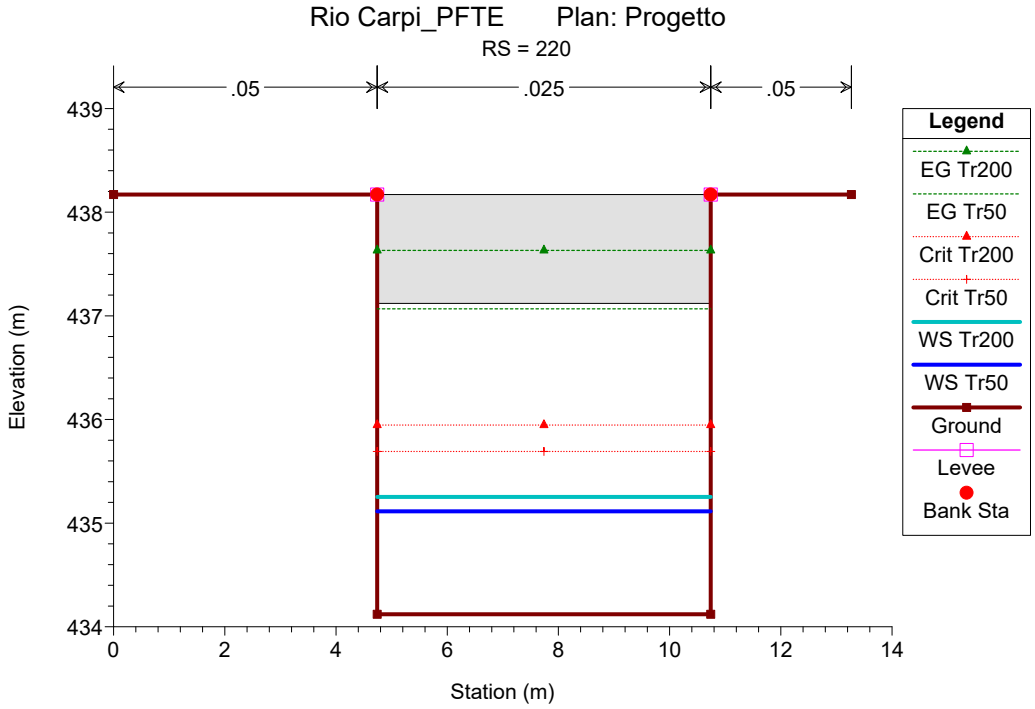

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 269
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

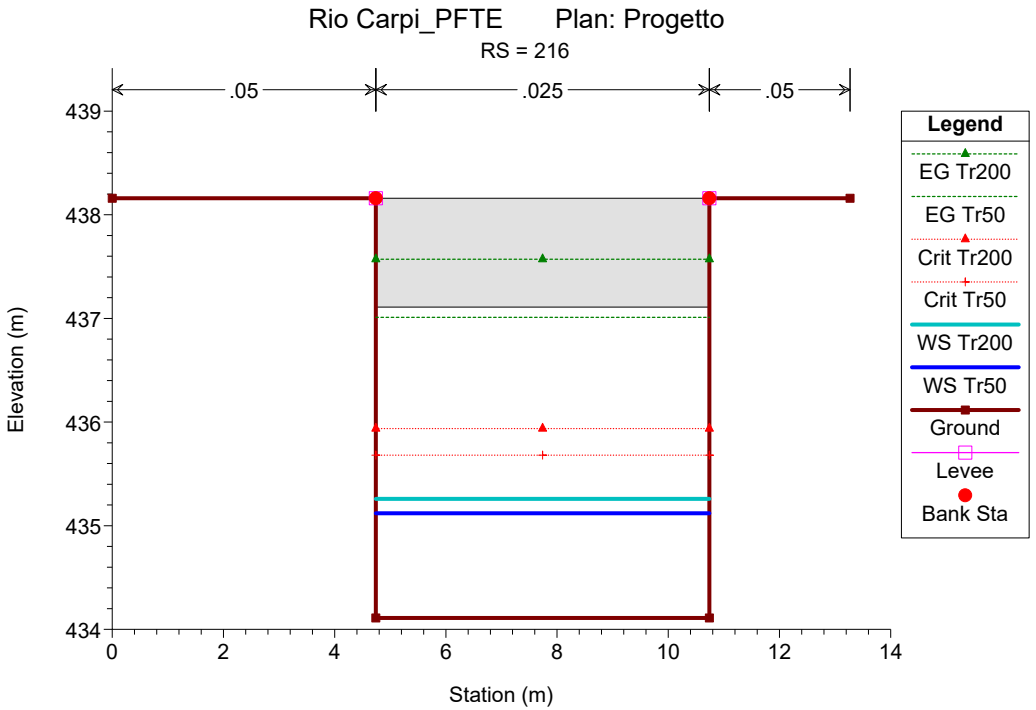

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 260
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

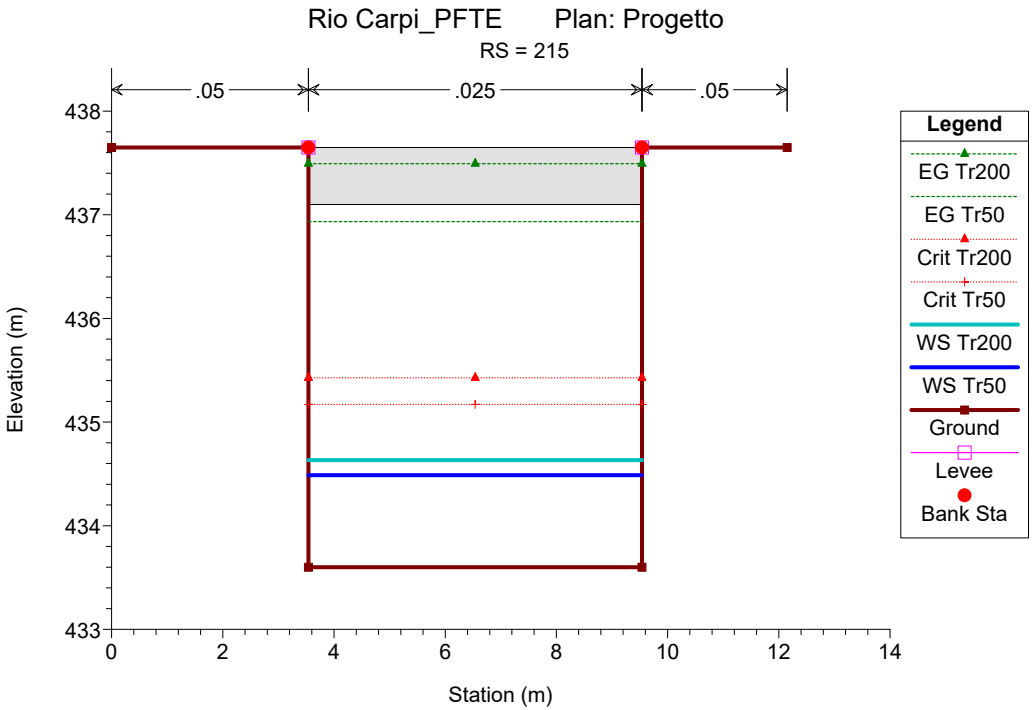

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 250
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

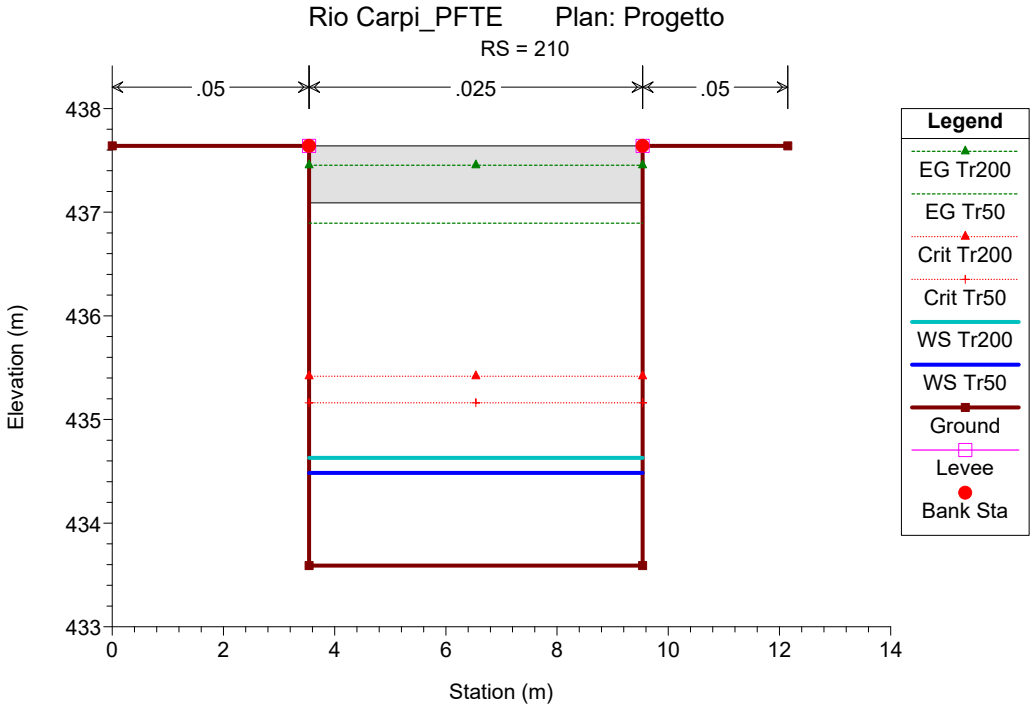

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 240
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

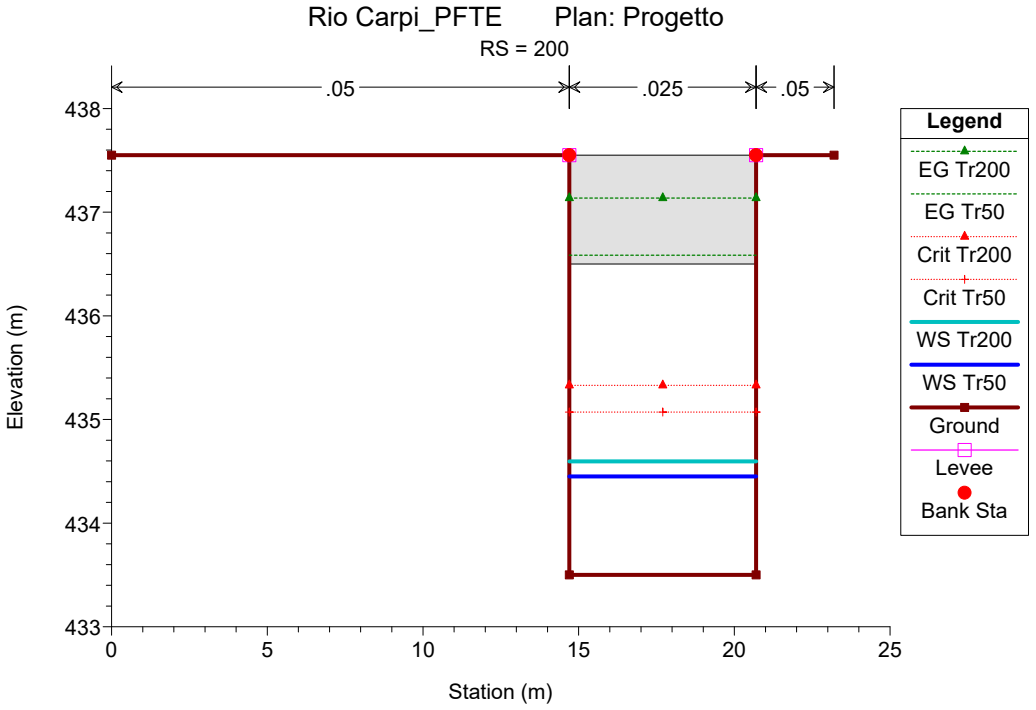

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 230
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

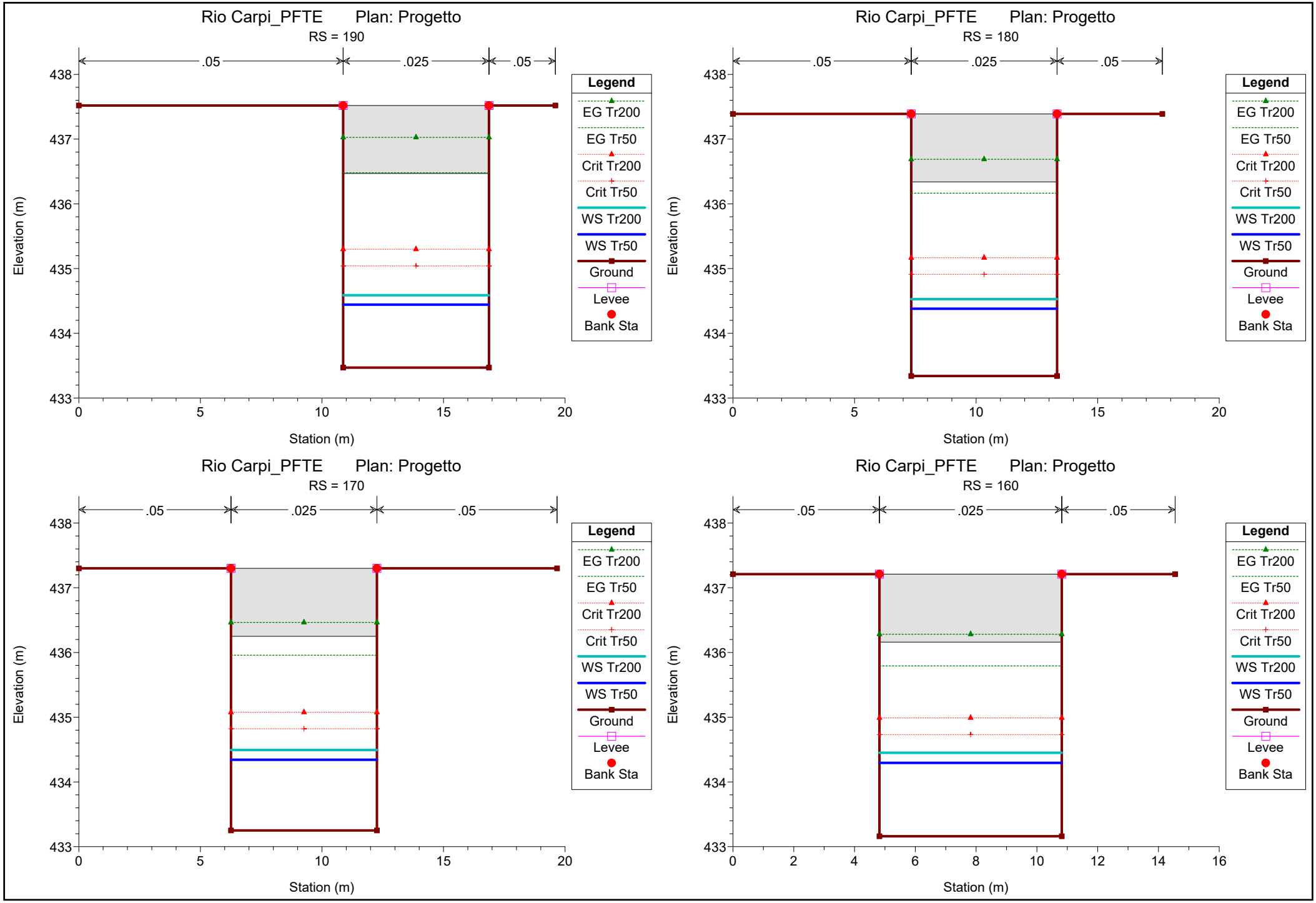

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 220
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

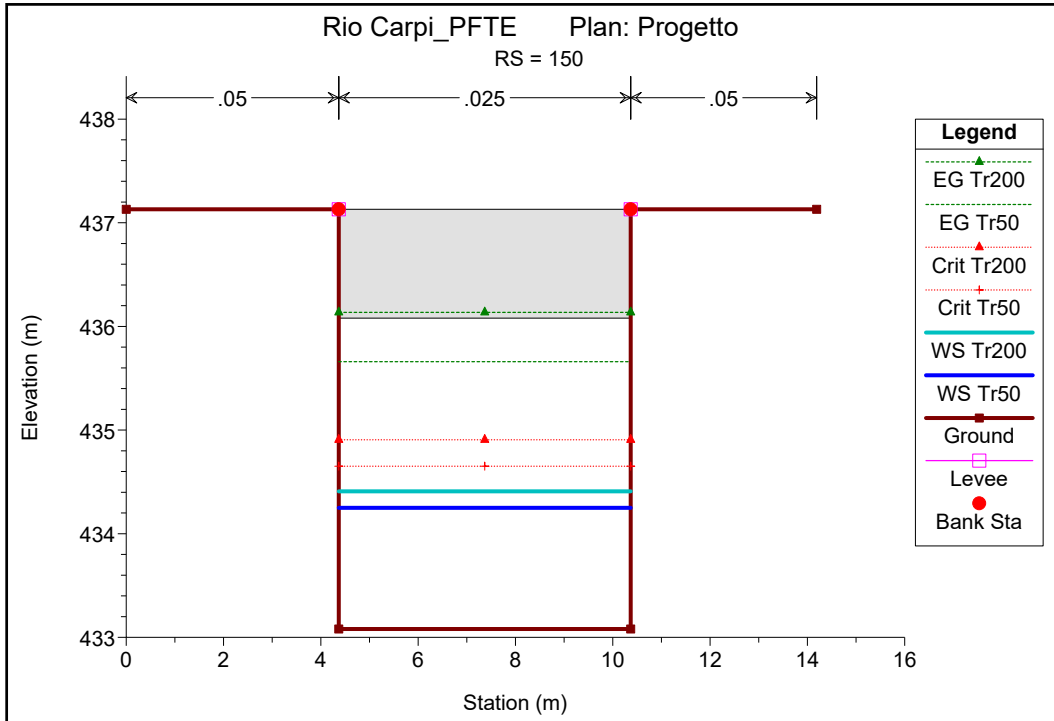

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 216
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

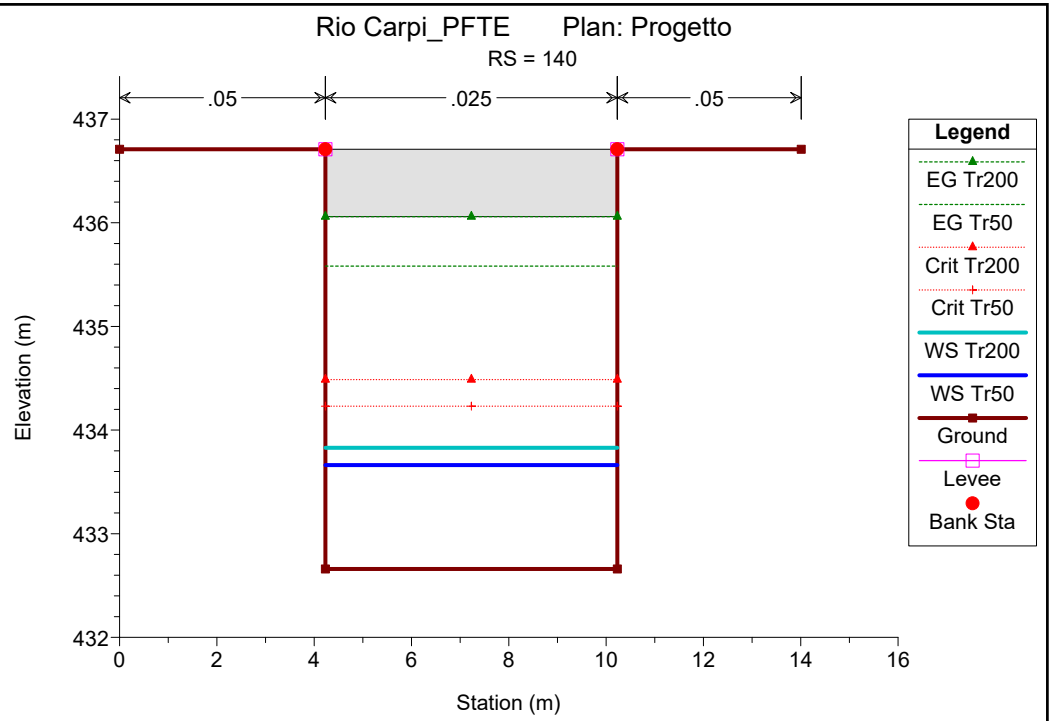

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 215
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

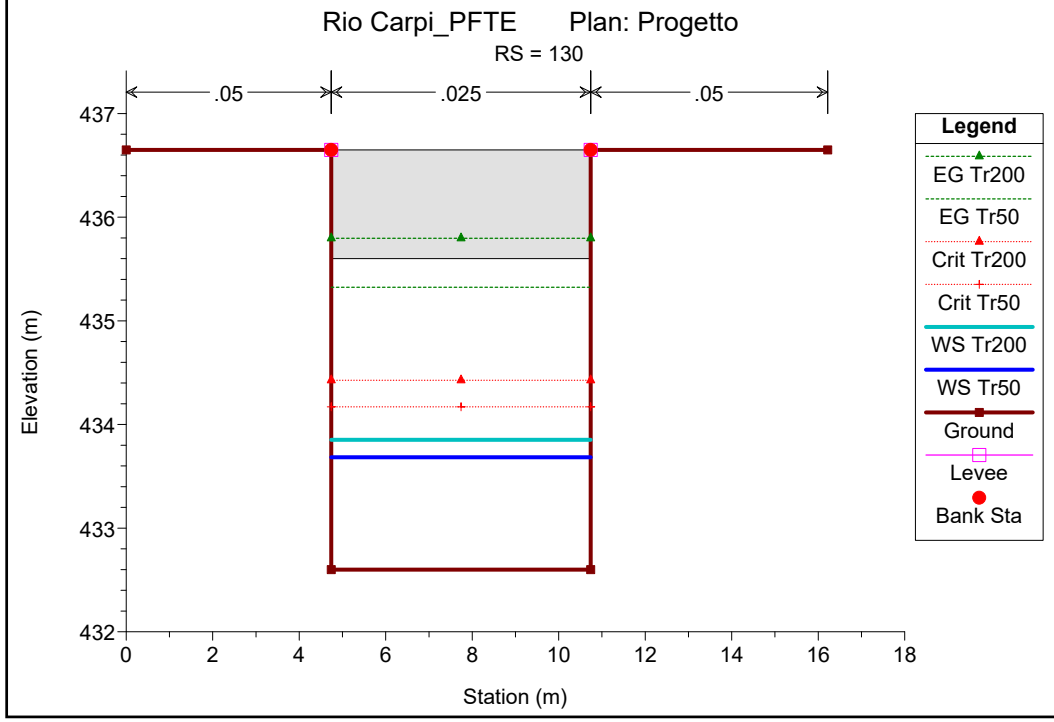

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 210
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

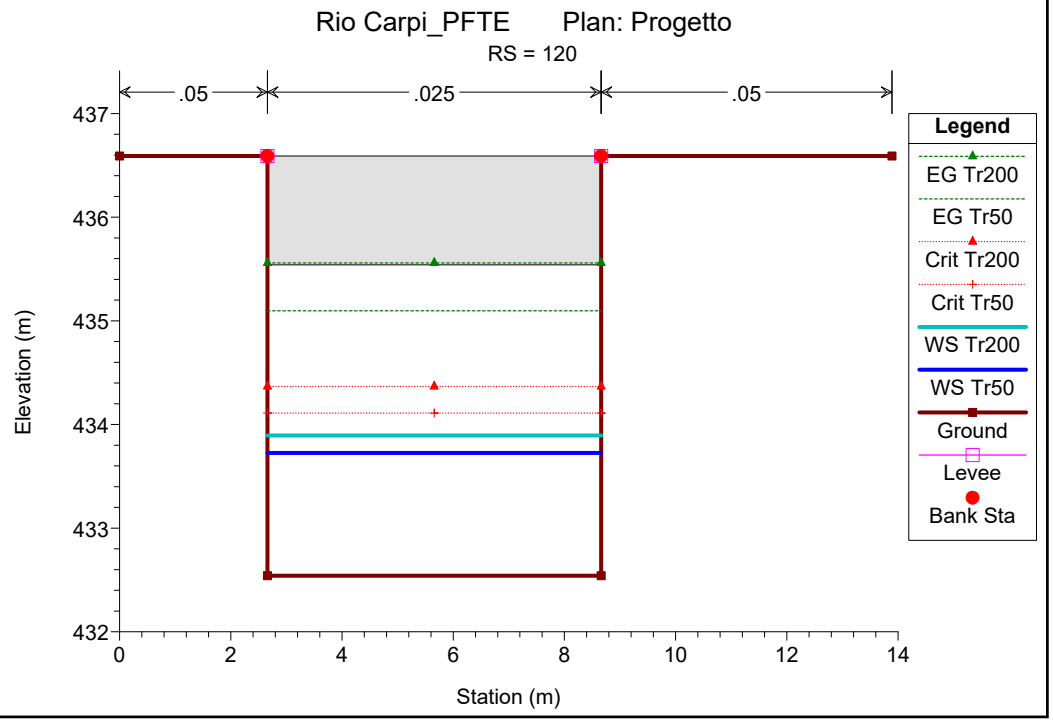

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 200
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 190
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 180
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 170
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 160


Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 150
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

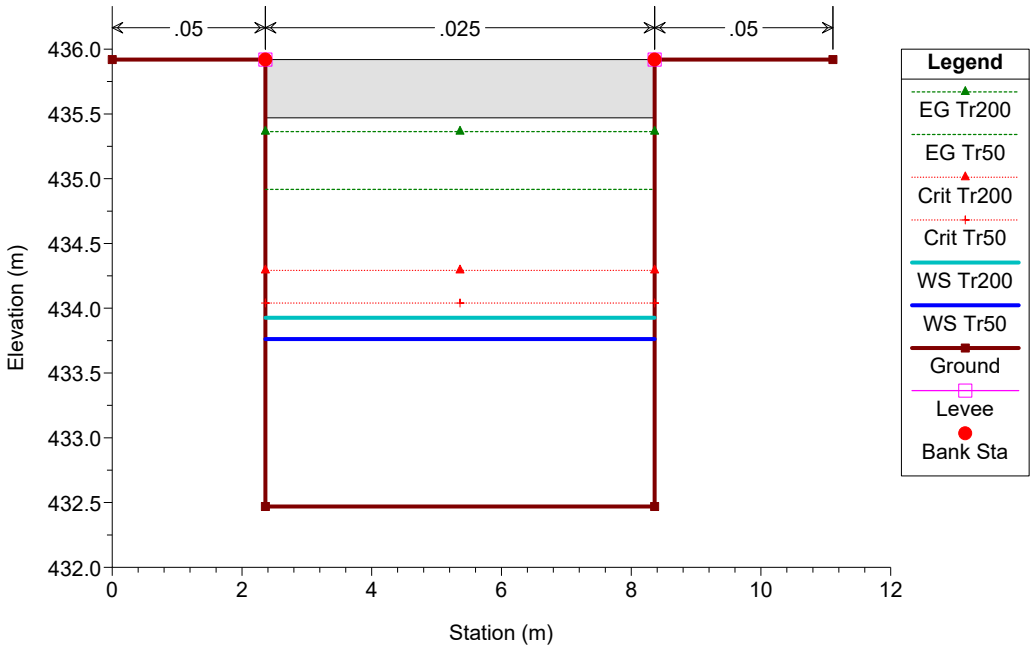

Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 140
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 130
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta


Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 120
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
Crit Tr50
WS Tr200
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta

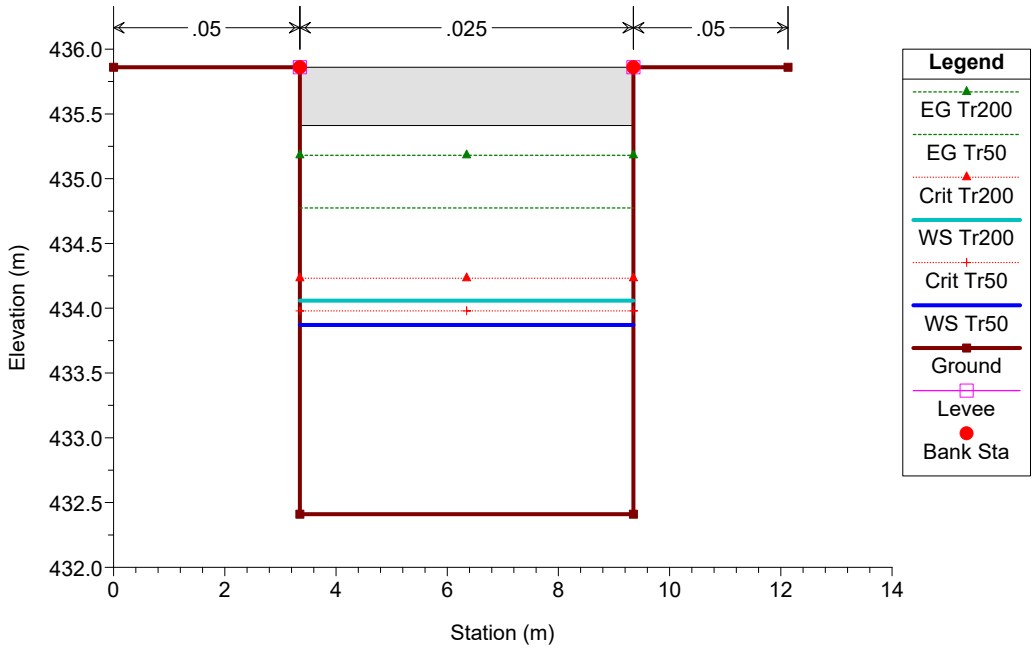
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto

RS = 110



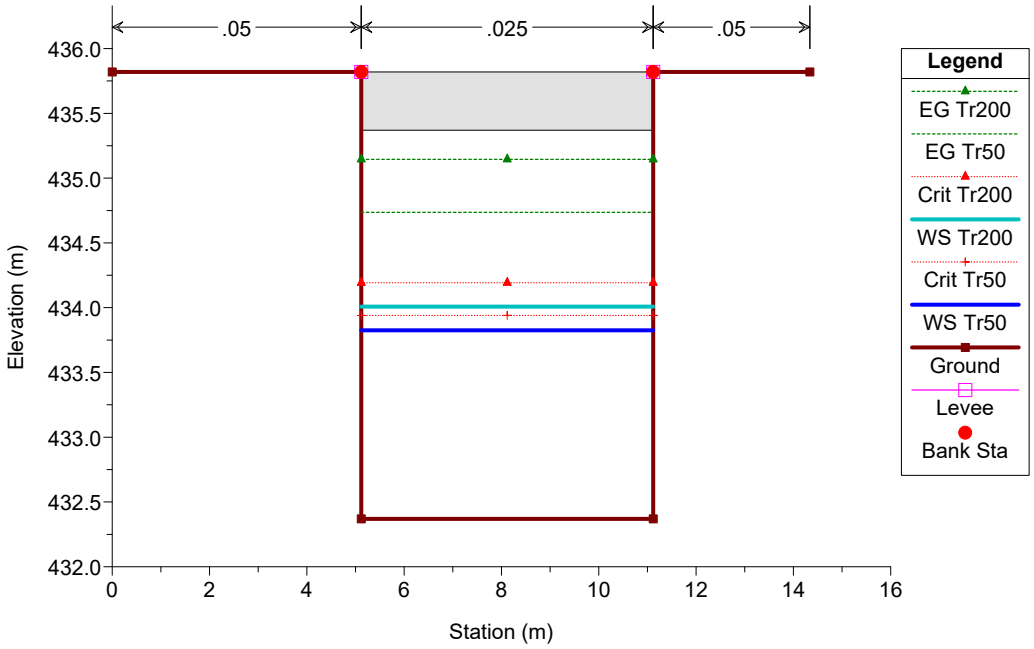
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto

RS = 100



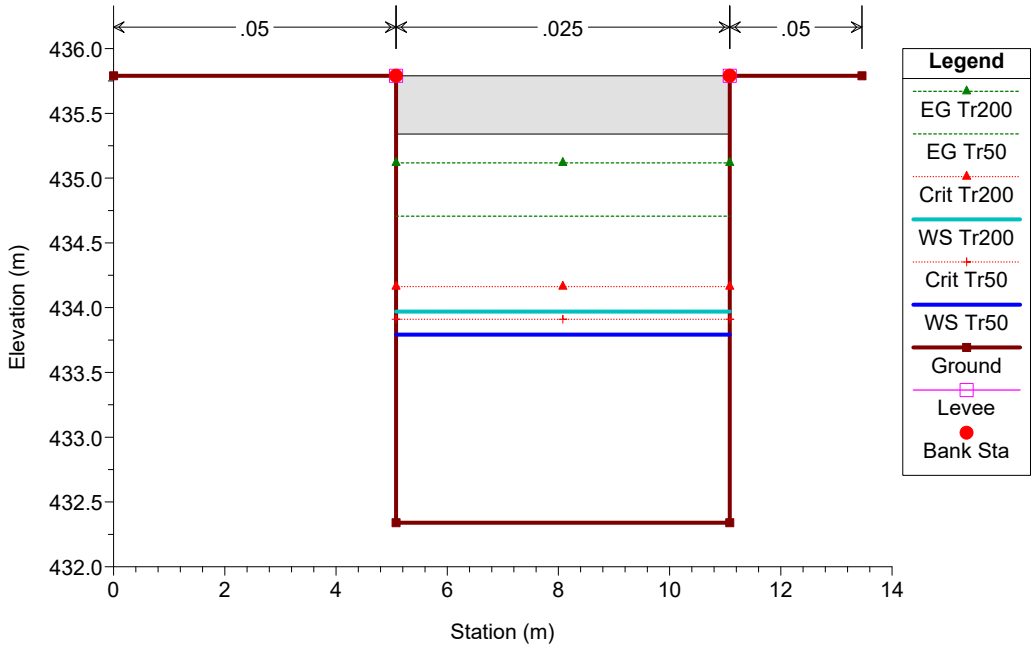
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto

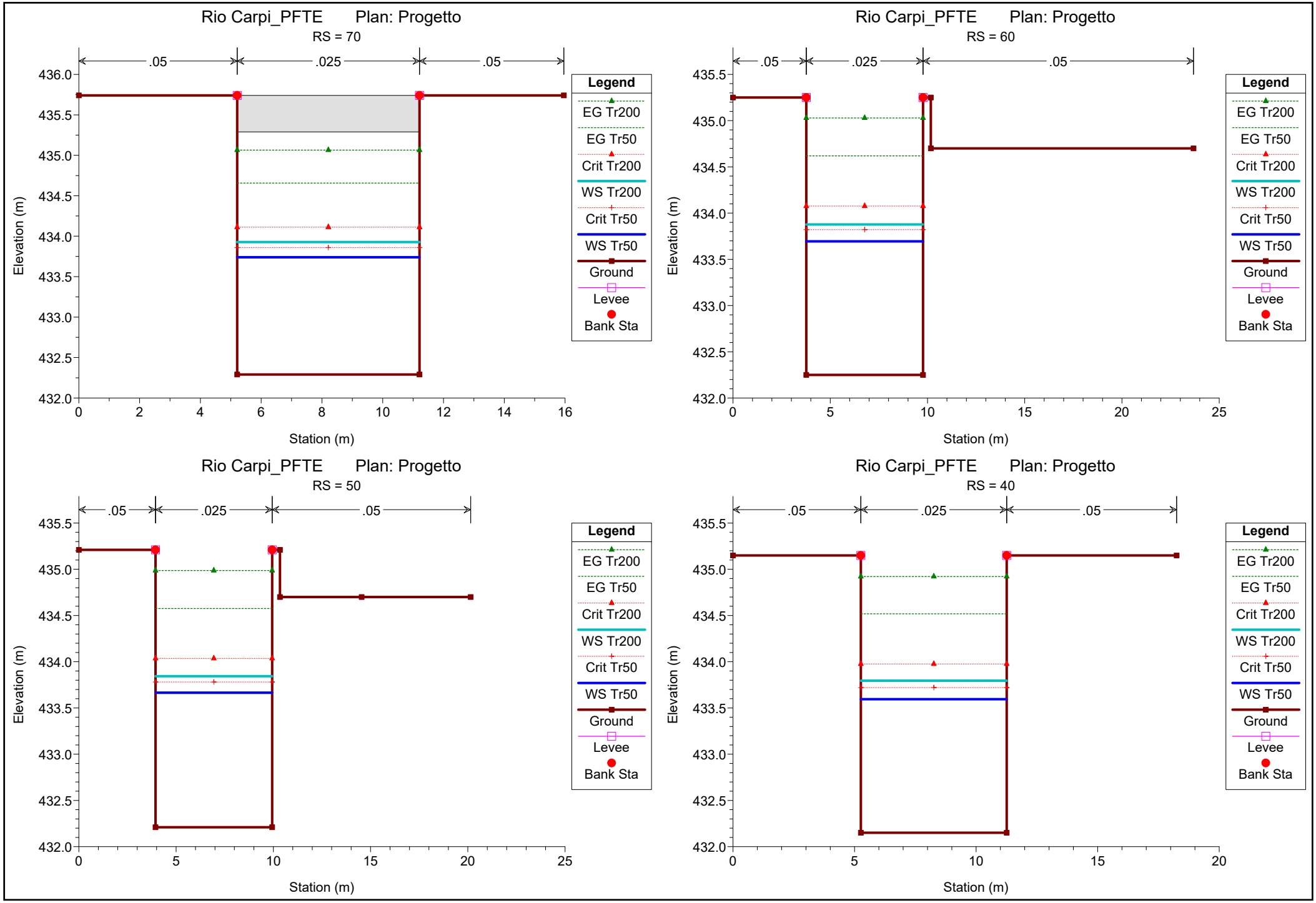
RS = 90



Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto

RS = 80




Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 70
.05
.025
.05
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Tr200
EG Tr50
Crit Tr200
WS Tr200
Crit Tr50
WS Tr50
Ground
Levee
Bank Sta
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 60
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 50
Rio Carpi_PFTE Plan: Progetto
RS = 40