



Provincia Sud Sardegna

***Messa in sicurezza del centro abitato di Masainas dal rischio idrogeologico***

***Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica***



Allegato

**D**

Scala

**RELAZIONE  
IDROLOGICO-IDRAULICA**

file

rev.	data	oggetto
00	10/03/2022	
01	11/07/2022	
02	09/08/2022	
03	27/04/2023	

**SarLand**  
Ingegneria e Architettura

Ing. Alessandro Lai  
Dott. Geol. Antonello P.L. Gellon  
Ing. Alice Scanu  
Ing. Marcello Mesina  
Ing. Michele Francesco Mannai  
Ing. Francesco Lai  
Dott. Nicola Sardu

**COMUNE DI MASAINAS**  
RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO  
Geom. Gianfranco Diana

**SINDACO**  
Dott. Gian Luca Pittoni

**Indice**

1	Premessa .....	2
2	Inquadramento territoriale .....	3
3	Analisi dello stato attuale e delle criticità rilevate.....	4
3.1	Analisi idraulica dello stato di fatto con modello bidimensionale HEC-RAS .....	7
4	Analisi idrologica .....	9
4.1	Parametri morfometrici .....	10
4.2	Determinazione del Curve Number (CN) .....	11
4.3	Tempo di corrivazione .....	12
4.4	Determinazione della portata di piena.....	14
4.4.1	Metodi indiretti.....	14
4.4.2	Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV .....	16
4.4.3	Portate di piena per il canale in progetto .....	18
4.4.4	Portate di piena per il canale recettore (Fiume_3067) .....	18
5	Analisi idraulica .....	19
5.1	Condizioni al contorno e portate .....	19
5.2	Descrizione e predisposizione del modello idraulico .....	20
5.2.1	Coefficienti di scabrezza .....	20
5.3	Analisi dei risultati – Canale in progetto .....	22
5.3.1	Verifica del franco longitudinale ai sensi della NTA del PAI .....	22
5.3.2	Verifica dei franchi trasversali in corrispondenza degli attraversamenti ai sensi delle Norme tecniche delle costruzioni 2018.....	25
5.4	Confronto tra le pericolosità idrauliche ante e post intervento .....	32
5.5	Valutazioni sui fenomeni erosivi in alveo .....	34
6	Dimensionamento canale di dreno di monte .....	34
6.1	Analisi idrologica bacino di drenaggio.....	34
6.2	Dimensionamento del canale di raccolta .....	36
6.3	Dimensionamento dell'opera di presa.....	36

Allegato 1: Aree di allagamento ante e post intervento

Allegato 2: Profili di corrente, sezioni di modellazione e tabulati di calcolo relativi al canale in progetto

Allegato 3: Profili di corrente, sezioni di modellazione e tabulati di calcolo relativi al canale in esistente



## 1 Premessa

Il Comune di Masainas, con Determinazione n. 544 del 31.12.2021 ha affidato alla scrivente i servizi di progettazione dei lavori di *“Messa in sicurezza del centro abitato di Masainas dal rischio idrogeologico – finanziato ai sensi dell’art. 139 della Legge 310.12.2018 n. 145”*

Scopo del presente progetto è la mitigazione del Rischio idraulico che interessa il centro abitato generato dai corsi d’acqua che si generano dai rilievi posti ad est dell’abitato.

Nelle fasi di progetto di fattibilità tecnica ed economica si è proceduto con un’attenta analisi delle alternative progettuali ed alla valutazione dei deflussi attraverso modelli idraulici 1D e 2D, che hanno permesso la comprensione delle problematiche dell’area e la definizione di soluzioni tecniche adeguate allo scopo. I risultati dei modelli e delle soluzioni progettuali sono coerenti con quelle della recente Variante puntuale al PAI, ai sensi degli artt. 8 e 37 delle Norme di Attuazione parte idraulica approvata con Determinazione del Segretario Generale dell’AdB n.81 protocollo n.4481 del 09/05/2022.

L’importo del finanziamento, pari a 990'000,00 € non consente di realizzare il completo collettamento e regimazione delle acque del versante sud-orientale del comune di Masainas consentendo comunque la creazione di un canale che devia la gran parte dei deflussi ora critici per le vie meridionali del paese per poi arrivare con 4 attraversamenti, fino ad ovest della SS 195.

L’intervento proposto ha previsto pertanto prioritariamente la realizzazione di un canale per il collettamento delle acque meteoriche che raccolga i deflussi del FIUME\_324426 che attualmente vanno a disperdersi nell’abitato convogliandoli a valle dell’abitato nel canale denominato FIUME\_3067 rispettando le previsioni delle scheda di mitigazione del rischio idrogeologico allegate alla succitata Variante puntuale al PAI, nello specifico la *“Scheda Masainas 2 - Fiume 324426 Località Masainas”*. La realizzazione del canale in progetto andrà a mitigare il rischio idraulico migliorando le condizioni di vivibilità dell’urbano e allo stesso tempo garantirà la continuità idraulica tra l’area a monte e quella a valle attraverso la realizzazione di un canale finalizzato al collettamento dei deflussi che attualmente risulta del tutto assente nell’ambito urbano.

La progettazione è stata sviluppata tenendo conto dei seguenti criteri che hanno guidato tutte le scelte progettuali:

- Mitigare il rischio idrogeologico in ambito urbano, coerentemente con le previsioni della Variante al PAI recentemente approvata
- Permettere il deflusso delle acque in aree possibilmente poco urbanizzate
- Garantire la continuità idraulica del reticolo idrografico
- Realizzare un intervento che privilegi le condizioni di naturalità
- Evitare, ove possibile, le opere in calcestruzzo

A seguito delle osservazioni presentate dagli Enti in fase di procedura di assoggettabilità a VIA, il progetto di fattibilità tecnica ed economica è stato oggetto di ulteriori approfondimenti e integrazioni. In particolare, in seguito all’aumento del finanziamento a disposizione il progetto è stato rivisto al fine di assicurare la realizzazione dell’intero canale di dreno fino all’immissione nel canale di bonifica, recependo le osservazioni della Nota prot. 12894 del 24/03/2023 del Genio Civile di Cagliari. La presente relazione è stata ulteriormente sviluppata in riscontro alla succitata nota come meglio evidenziato nell’elaborato L - *Riscontro osservazioni procedura di Assoggettabilità a VIA*.

## 2 Inquadramento territoriale

Il comune di Masainas è situato nella Provincia del Sud Sardegna. Il territorio comunale confina a nord con i comuni Giba, a sud con Sant'Anna Arresi e a ovest con Teulada e Piscinas (Figura 1).

Il territorio comunale è caratterizzato dai rilievi collinari di Serra Mura e Serra Manna a est, che vanno a degradare verso ovest fino a raggiungere l'area costiera del Golfo di Palmas.

Il paese è impostato nell'area pedemontana dei vicini rilievi di Serra Mura e Serra Manna e su di esso vanno ad essere convogliati i deflussi di tale zona collinare.

L'area di intervento è rappresentata topograficamente nel foglio n° 233 della carta d'Italia I.G.M. alla scala 1:100.000 ed nella nuova cartografia a scala 1:25.000 nella sezione 564-II.

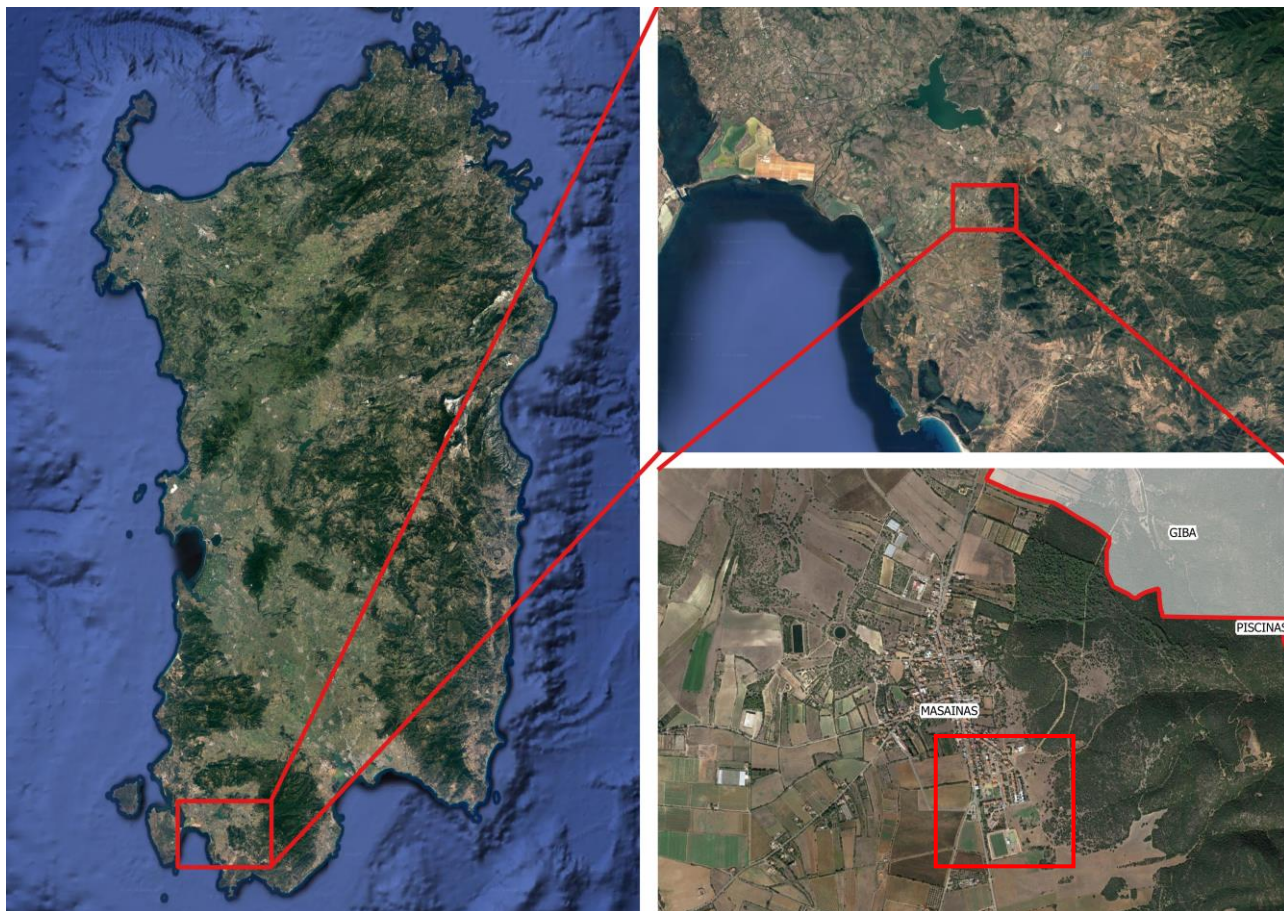


Figura 1. : Localizzazione dell'intervento



### 3 Analisi dello stato attuale e delle criticità rilevate

L'area oggetto di intervento è localizzata a sud dell'abitato ed è interessata dai deflussi del vicino rilievo di Serra Manna.

Quest'area è stata oggetto di studi precedenti vista la sua criticità dal punto di vista idraulico. Nello specifico, la Variante al PAI del territorio comunale di Masainas approvata con Determinazione del Segretario Generale dell'AdB n. 81 prot. 4481 del 09/05/2022, che a seguito di approfondimenti e modellazioni monodimensionali e bidimensionali ha verificato delle criticità idrauliche che hanno portato alla perimetrazione di aree a pericolosità idraulica anche molto elevata.

Le criticità idrauliche rilevate sono legate, come già sopra accennato, ai deflussi che provengono dai versanti della Serra Manna, localizzati a est dell'abitato che consentano di deviare, allontanandoli dal centro urbano, la maggior parte dei deflussi che periodicamente mettono in crisi l'abitato percorrendo la via XX Settembre.

Le principali criticità idrauliche sono legate ai corsi d'acqua che vanno a essere convogliati direttamente sull'abitato. In particolare, si è evidenziato che:

- il FIUME\_324426 va a essere convogliato direttamente sulla via Antonio Gramsci, dove i deflussi si disperdono nell'area abitata senza una direzione dei deflussi ben definita;
- I compluvi più a sud, mappati nella IGM 25V, vanno a convogliare i deflussi in corrispondenza del campo sportivo dove tendono a disperdersi per poi essere collettati verso est nei corsi d'acqua FIUME\_30332 e FIUME\_30544.

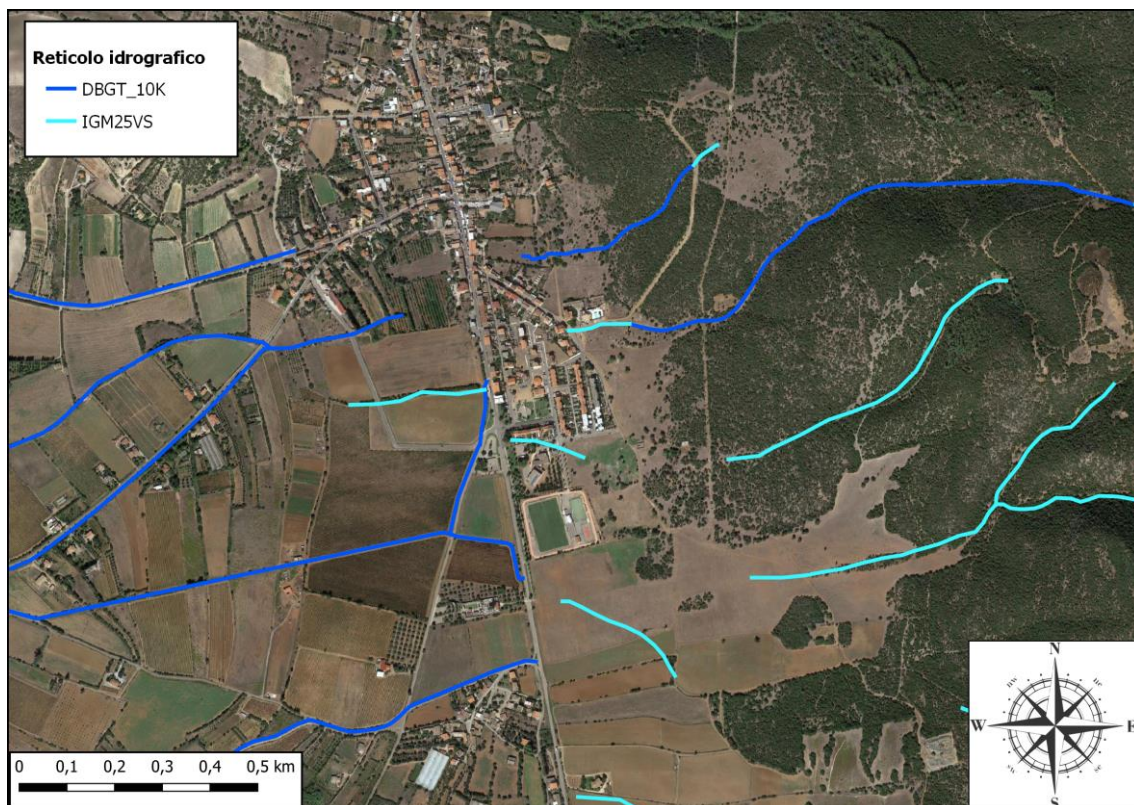


Figura 2. Reticolo idrografico per le finalità di cui alle NTA del PAI





Figura 3. Reticolo idrografico a monte dell'abitato interessato dall'intervento (fonte: Variante al PAI del territorio comunale di Masainas approvata con Determinazione del Segretario Generale dell'AdB n. 81 prot. 4481 del 09/05/2022)

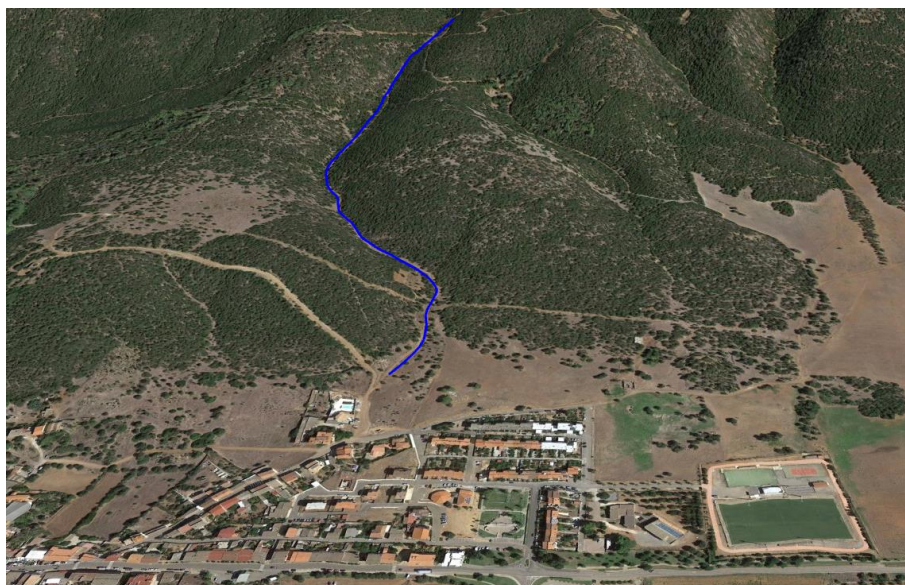


Figura 4. Vista aerea dei versanti della Serra Manna





**Figura 5. Vista aerea dell'area dell'abitato oggetto di intervento**



**Figura 6. Fiume\_324426**

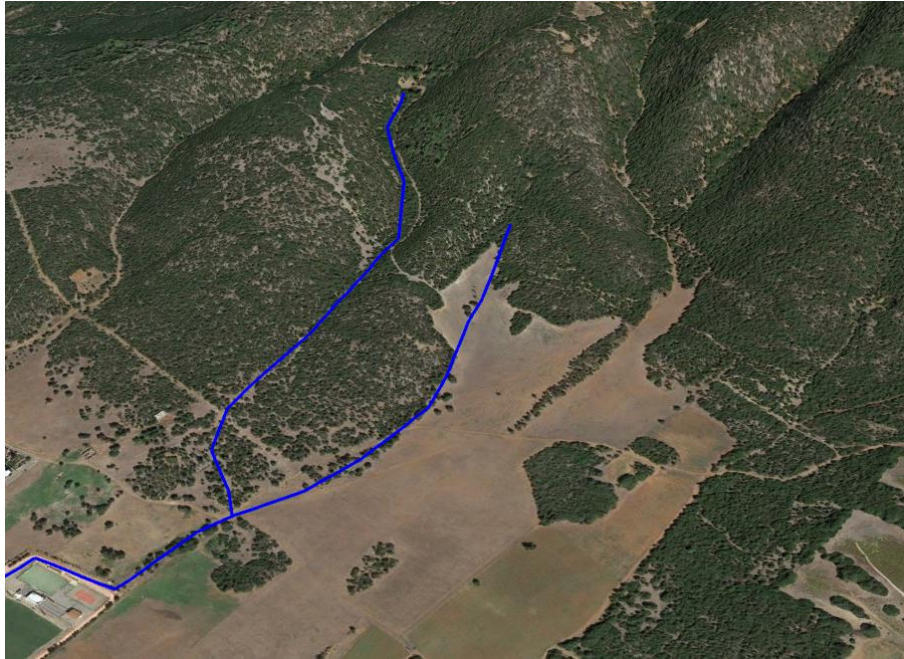


Figura 7. Compluvi sud-est

### 3.1 Analisi idraulica dello stato di fatto con modello bidimensionale HEC-RAS

L'area oggetto di intervento attualmente, durante gli eventi meteorici, è interessata da una componente di deflusso superficiale che si origina dai bacini idrografici situati a est del territorio comunale. La comprensione della genesi del fenomeno idraulico è stata affrontata mediante la realizzazione di un modello 2D volto a ricostruire la reale natura dei deflussi, delle portate e delle direzioni di deflusso. I risultati ottenuti da tale analisi sono stati successivamente confrontati con i risultati ottenuti dagli studi prodotti in precedenza che hanno interessato il territorio oggetto di intervento.

È stata effettuata una simulazione di tipo *Rain on grid* utilizzando come input un idrogramma rettangolare.

La modellazione idraulica è stata condotta utilizzando il DTM 1X1 della regione Sardegna. Si è utilizzata una griglia di calcolo variabile, raffittendola attorno alle direzioni di deflusso principale, sino ad una risoluzione pari a 1 m. I calcoli sono stati effettuati mediante l'utilizzo dell'algoritmo di discretizzazione *Diffusion Wave Approximation*.

Nella figura sottostante sono riportate le profondità della corrente ottenute mediante il modello bidimensionale di HEC-RAS 6.1.

Le principali criticità idrauliche sono legate ai corsi d'acqua che vanno a essere convogliati direttamente sull'abitato. In particolare, si nota che:

- il FIUME\_324426 va a essere convogliato direttamente sulla via Antonio Gramsci, dove i deflussi si disperdono nell'area abitata senza una direzione dei deflussi ben definita
- I compluvi più a sud, mappati nella IGM 25V, vanno a convogliare i deflussi in corrispondenza del campo sportivo dove tendono a disperdersi per poi essere collettati verso est nei corsi d'acqua FIUME\_30332 e FIUME\_3067.



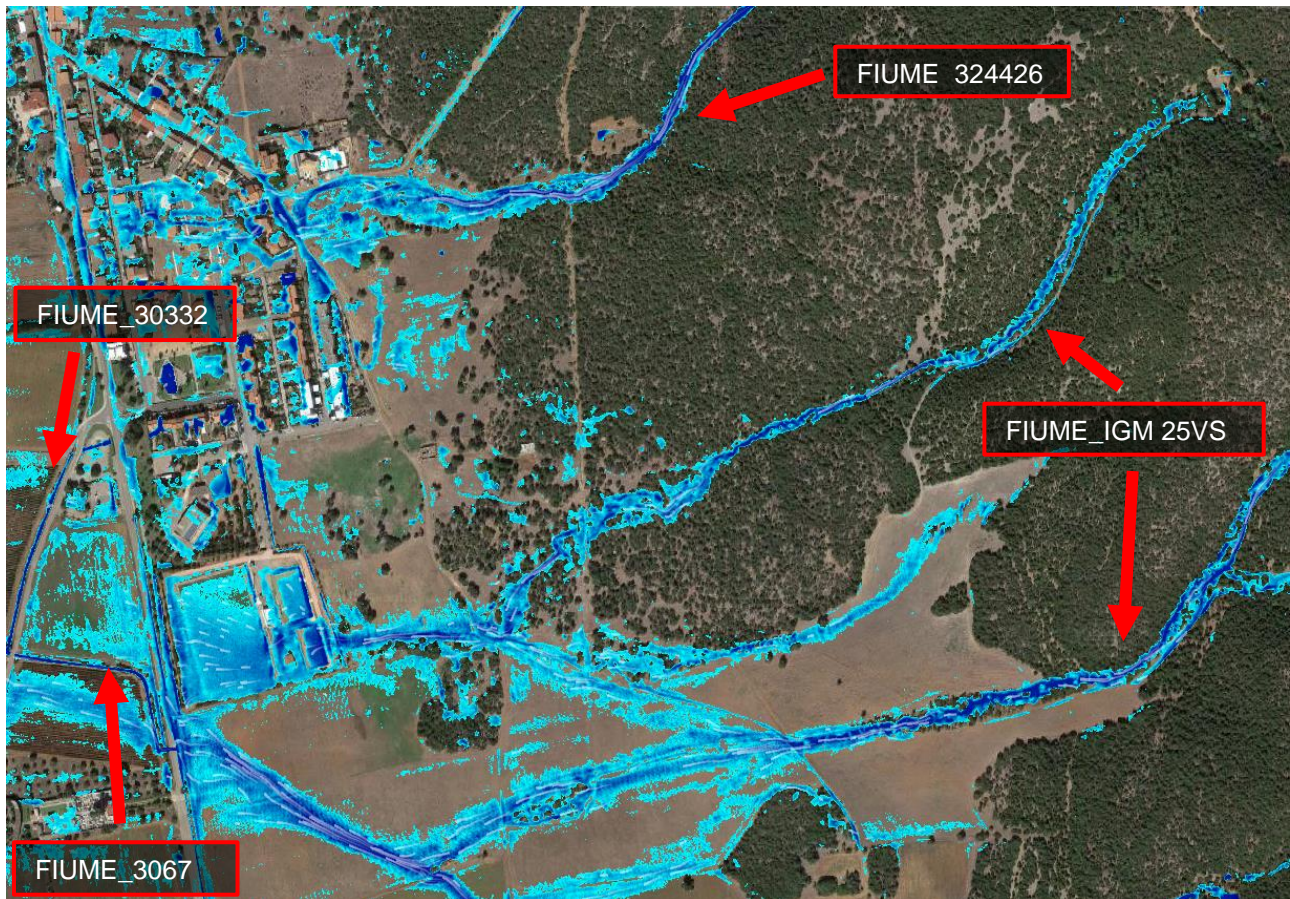


Figura 8: Risultati modello bidimensionale

## 4 Analisi idrologica

Per la determinazione delle portate di piena necessarie al dimensionamento degli interventi in progetto si è tenuto conto sia dei deflussi provenienti dal FIUME\_324426, sia dei deflussi provenienti dai versanti a monte del campo sportivo (Fiume 3068-1 e Fiume 3068-2)

In particolare, per il calcolo delle portate si è suddiviso il canale in due tratti:

- il primo tratto, a monte, drena i deflussi provenienti dal FIUME\_324426 e dai versanti che attraversa lungo il suo percorso; il bacino idrografico drenato da questo tratto è il bacino 1 in Figura 9.
- Il secondo tratto, a valle, che va dal campo sportivo sino al canale recettore, che oltre ai deflussi provenienti dal bacino 1 deve drenare anche quelli provenienti dai corsi d'acqua Fiume 3068-1 e Fiume 3068-2 (bacino 2 in Figura 9)

Per il canale recettore esistente – il Fiume 3067 – è stato delimitato il bacino contribuyente sia nella configurazione attuale, sia nella configurazione di progetto (Figura 10).

La portata di dimensionamento è stata stimata mediante il metodo razionale. La determinazione della precipitazione critica è stata effettuata utilizzando la curva di possibilità pluviometrica TCEV. I bacini di interesse ricadono nella zona occidentale, SZO 2. La pioggia indice giornaliera nell'area di studio è pari a 46.20 mm. L'altezza di precipitazione netta è stata calcolata mediante il metodo SCS-Curve Number. La determinazione del CN è stata effettuata secondo la metodologia indicata nel PSFF.

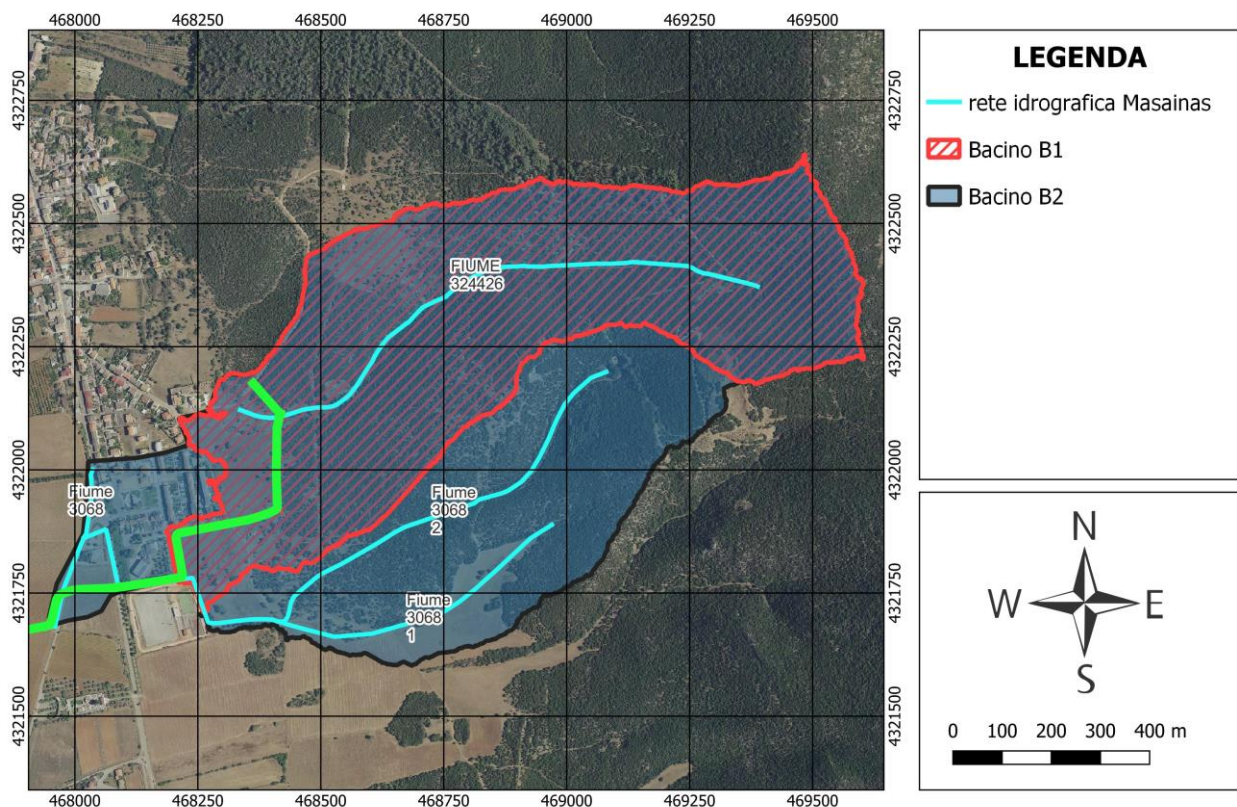


Figura 9: Bacini contribuenti



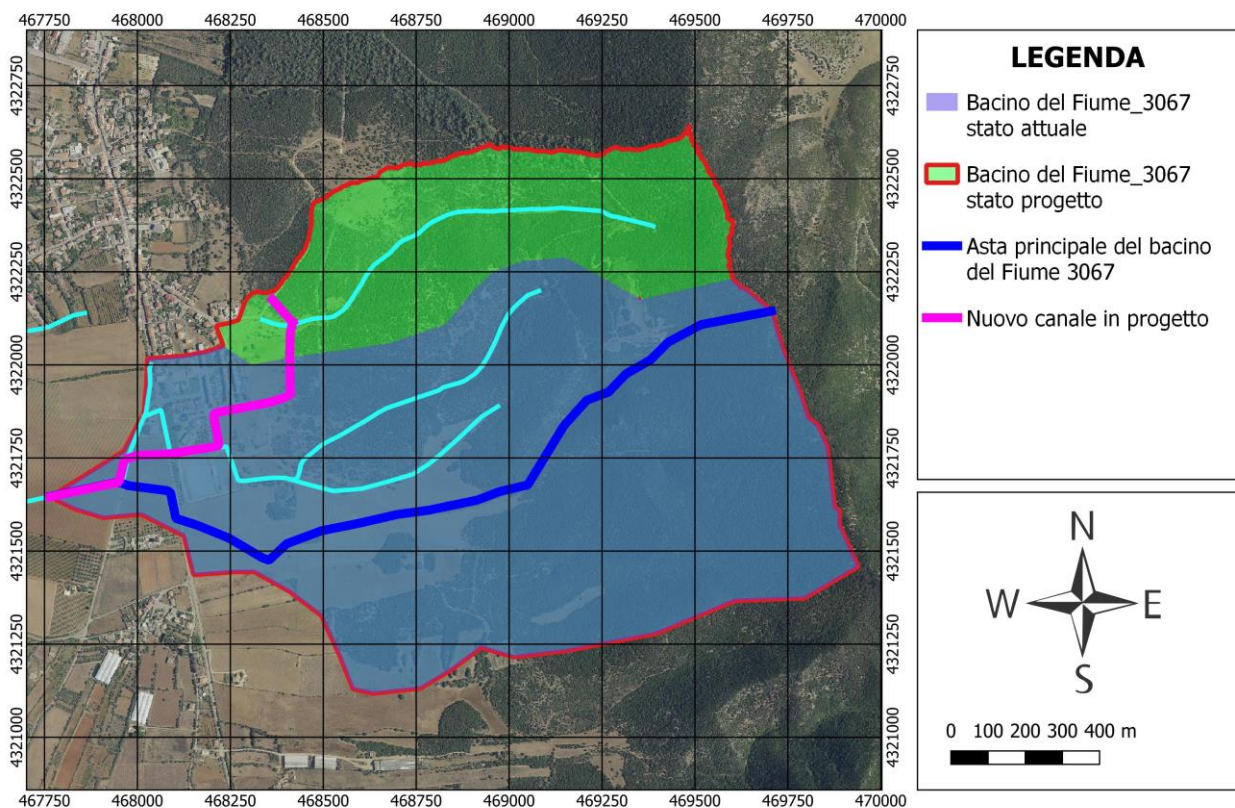


Figura 10: Bacino idrografico Fiume 3067 - Stato attuale e stato progetto

#### 4.1 Parametri morfometrici

Per il bacino di studio sono stati valutati i parametri morfometrici necessari all'analisi idrologica utilizzando il DTM di maglia 1 m della Regione Autonoma della Sardegna.

Per ciascuno dei bacini idrografici oggetto di analisi idrologica sono stati determinati i seguenti parametri:

- Superficie del bacino A
- Perimetro del bacino P
- Altitudine media del bacino  $H_m$ , calcolata automaticamente dal DTM come risultato di un'analisi di tipo statistico delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico;
- Pendenza media del bacino, calcolata automaticamente dal DTM come media delle pendenze delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico
- Lunghezza dell'asta principale L;
- Pendenza media dell'asta principale  $j_m$ , calcolata applicando la seguente formula:

$$\sqrt{j_m} = \frac{L}{\sum \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}}$$

in cui L è la lunghezza dell'asta principale,  $L_k$  e  $i_k$  sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza del k-esimo tratto elementare;

- Quota alla sezione di chiusura  $H_0$

- Quota massima Hmax
- Dislivello massimo  $\Delta z$

## **4.2 Determinazione del Curve Number (CN)**

Il parametro CN, che va a definire la capacità d'infiltrazione del bacino, e consente l'applicazione del metodo SCS-Curve Number per la determinazione delle perdite di bacino durante un evento di piena, è stato derivato a partire dalle mappe dell'uso del suolo e del tipo suolo, a disposizione nel Geoportale della Regione Sardegna, come risultato di un'analisi di tipo statistico sull'area del bacino.

In particolare, per la definizione del CN si è fatto riferimento alla metodologia illustrata nel P.S.F.F., il quale valuta il CN a partire dalle classi di Uso del Suolo, che vengono poi corrette con un  $\Delta CN$  variabile tra -5 e 15 determinato dalla litologia. Per effettuare il calcolo del CN si sono utilizzate la carta di Uso del Suolo del 2008 e la carta geologica della Sardegna 1:25.000 della Regione Sardegna, modificate sulla base delle ortofoto più recenti a disposizione.

Il valore calcolato è relativo ad una permeabilità del suolo media, riferita ad una condizione precedente all'inizio dell'evento (condizione AMC II), pertanto il coefficiente è stato ulteriormente corretto calcolando il valore riferito ad una condizione dei suoli bagnati con una limitata capacità di infiltrazione, tipica ad esempio di situazioni in cui siano cadute forti piogge nel periodo antecedente l'evento critico (condizione AMC III). Quest'ultimo valore è stato assunto come CN di riferimento, poiché riferito a delle condizioni più cautelative.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i parametri morfometrici ed il Curve Number calcolati per bacini analizzati.

			<b>BACINO 1</b>	<b>BACINO 2</b>
<b>Lunghezza asta principale</b>	La	[m]	1594.381	1594.381
<b>Pendenza asta principale</b>	ia	[-]	0.0861	0.086
<b>Elevazione a monte</b>	zmax	[m]	263	263
<b>Quota sezione di chiusura</b>	zmin	[m]	61	61
<b>Dislivello massimo</b>	$\Delta z$	[-]	202.31	202.31
<b>Perimetro del bacino</b>	P	[m]	5011.05	5320.10
<b>Area del bacino</b>	S	[mq]	562693.72	844237.63
<b>Pendenza media del bacino</b>	ib	[-]	0.1897	0.1094
<b>Altezza media del bacino</b>	Hm	[m]	141	136
<b>Curve Number (AMC-II)</b>	CN(II)	[-]	74.76	73.41
<b>Curve Number (AMC-III)</b>	CN(III)	[-]	87.2	85.359

Tabella 1: Parametri morfometrici del bacino del canale in progetto

			<b>ANTE</b>	<b>POST</b>
<b>Lunghezza asta principale</b>	La	[m]	2255	2255
<b>Pendenza asta principale</b>	ia	[-]	0.071	0.071
<b>Elevazione a monte</b>	zmax	[m]	370	370
<b>Quota sezione di chiusura</b>	zmin	[m]	49	49
<b>Dislivello massimo</b>	$\Delta z$	[-]	320	320
<b>Perimetro del bacino</b>	P	[m]	5591	6411
<b>Area del bacino</b>	S	[mq]	1533476	2003189
<b>Pendenza media del bacino</b>	ib	[-]	0.201	0.203
<b>Altezza media del bacino</b>	Hm	[m]	154	153
<b>Curve Number (AMC-II)</b>	CN(II)	[-]	65.07	67.44
<b>Curve Number (AMC-III)</b>	CN(III)	[-]	81.03	82.73

Tabella 2: Parametri morfometrici del bacino del canale recettore Fiume 3067

### 4.3 Tempo di corrivazione

La determinazione del tempo di corrivazione è stata fatta utilizzando le formule Soil Conservation Service, di Pasini e di Ventura, che sono adeguate alla valutazione per bacini di piccole dimensioni.

Ventura:

$$T_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{J_m}}$$

Pasini:

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$$

Soil Conservation Service:

$$T_c = 0.00227(1000L)^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} i_b^{-0.5}$$

dove

**A**: superficie del bacino [Km<sup>2</sup>];**L**: lunghezza dell'asta principale [Km];**H<sub>m</sub>**: altitudine media del bacino [m];**H<sub>o</sub>**: altitudine della sezione finale del bacino [m];**j<sub>m</sub>**: pendenza media dell'asta principale del corso d'acqua [-];**i<sub>b</sub>**: pendenza media del bacino [-];**CN**: curve number [-];

Tra questi si è scelto quello più cautelativo, che risulta quello SCS con CN(AMC-III) per tutti i bacini (vedi tabelle che seguono).

<b>SCS (CN-II)</b>	[min]	32.0	[ore]	0.534
<b>SCS (CN-III)</b>	<b>[min]</b>	<b>21.5</b>	<b>[ore]</b>	<b>0.358</b>
<b>Pasini</b>	[min]	21.3	[ore]	0.355
<b>Ventura</b>	[min]	19.5	[ore]	0.325

Tabella 3: Calcolo del tempo di corrivazione – Canale in progetto - bacino 1

<b>SCS (CN-II)</b>	[min]	34.2	[ore]	0.569
<b>SCS (CN-III)</b>	[min]	23.7	[ore]	0.395
<b>Pasini</b>	[min]	24.5	[ore]	0.408
<b>Ventura</b>	[min]	24.0	[ore]	0.400

Tabella 4: Calcolo del tempo di corrivazione – Canale in progetto - bacino 2

<b>SCS (CN-II)</b>	[min]	53.5	[ore]	0.891
<b>SCS (CN-III)</b>	[min]	34.0	[ore]	0.567
<b>Pasini</b>	[min]	61.3	[ore]	1.021
<b>Ventura</b>	[min]	36.7	[ore]	0.612

Tabella 5: Calcolo del tempo di corrivazione - Canale recettore Fiume 3067 ANTE

<b>SCS (CN-II)</b>	[min]	50.0	[ore]	0.834
<b>SCS (CN-III)</b>	[min]	32.1	[ore]	0.534
<b>Pasini</b>	[min]	66.6	[ore]	1.109
<b>Ventura</b>	[min]	40.1	[ore]	0.669

Tabella 6: Calcolo del tempo di corrivazione - Canale recettore Fiume 3067 POST



## 4.4 Determinazione della portata di piena

La determinazione delle portate di piena può avvenire con diverse metodologie in relazione ai dati disponibili per la loro valutazione. Si possono individuare dei *metodi diretti* basati sull'elaborazione di misure di portata disponibili per il bacino di studio o per bacini idrologicamente simili a quello considerato, e dei *metodi indiretti* facendo ricorso a equazioni che permettano di ottenere la sola portata al colmo oppure tramite modelli di trasformazione afflussi-deflussi. I metodi diretti prescindono dall'influenza che i diversi fattori morfologici hanno nella formazione dei deflussi, si fondano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura di portata della piena. I metodi indiretti possono invece essere ulteriormente suddivisi in empirici e analitici. I metodi empirici consentono la valutazione della portata massima di piena sulla base dei parametri morfometrici del bacino imbrifero, mentre i metodi analitici prendono in considerazione tutte quelle relazioni che hanno un fondamento fisico e si basano, anche in maniera semplificata, sull'impostazione di un bilancio idrologico relativo all'evento di piena.

Nel presente studio le portate di piena sono state determinate mediante il **metodo indiretto con applicazione del metodo razionale e determinazione della precipitazione critica tramite metodo TCEV**.

### 4.4.1 Metodi indiretti

Questi metodi nascono dalla scarsa disponibilità di osservazioni storiche di portata, unita alla necessità di avere a disposizione stime sui vari parametri caratterizzanti le diverse sezioni idrologiche lungo i corrispondenti tronchi critici. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

Secondo le indicazioni delle Linee Guida PAI, la portata al colmo è derivata con il metodo razionale. Tale metodo è basato sull'ipotesi che l'evento meteorico, che inizia istantaneamente e ha intensità costante nello spazio e nel tempo, abbia una portata che aumenti fino ad un tempo pari al tempo di corrivazione  $t_c$ , quando tutta l'area del bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo è allora pari al prodotto tra l'intensità di precipitazione ( $i$ ), di assegnata durata e periodo di ritorno ( $T_R$ ), il coefficiente di assorbimento ( $\Phi$ ), la superficie del bacino ( $A$ ), il coefficiente di laminazione  $\varepsilon(t)$ :

$$Q_c = i[\theta, T_R, r(\theta, A)] \Phi A \varepsilon(\theta)$$

dove:

$i$ : intensità di precipitazione di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T_R$

$\Phi$ : coefficiente di assorbimento,

$A$ : superficie del bacino

$\varepsilon(\theta)$ : coefficiente di laminazione

$\theta$ : durata critica

$r(\theta, A)$ : il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino

Si descrivono di seguito descritte le ipotesi e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

La durata di pioggia critica ( $\theta$ ), è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale ( $t_f$ ) e del tempo di corrivazione ( $t_c$ ):

$$\theta_c = t_f + t_c$$

Il tempo di formazione  $t_f$  è ricavato iterativamente con la formula seguente, e successivamente sommato a  $t_c$  per il calcolo della durata critica:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta_c, r)}$$

Il tempo di **corrivazione** è stato valutato le formule illustrate in precedenza e, al fine dei calcoli idrologici, si è scelto di usare la formula che garantisce il valore di tempo di corrivazione inferiore.

**L'intensità di precipitazione**  $i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)]$  che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione,  $d$ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno  $T_R$ . La determinazione della pioggia lorda è stata condotta con le curve di possibilità pluviometrica Log-Normale e TCEV, come indicato di seguito.

**L'altezza di pioggia ragguagliata** ottenuta calcolata per la durata critica  $\Theta$  di ogni bacino viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro  $r$ , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report

$$r = 1 - (0,0394 A^{0.354}) \Theta^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0,0394 A^{0.354}) \Theta^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

dove:

$\Theta$  è la durata critica della precipitazione;

$A$  è la superficie del bacino (espressa in  $\text{km}^2$ ).

L'altezza di pioggia netta, ovvero la quota parte della precipitazione totale (lorda) al netto delle perdite di bacino dovute all'infiltrazione nei suoli, alla intercezione fogliare delle piante e agli accumuli d'acqua nelle piccole depressioni, può essere calcolata con il metodo SCS-Curve Number, in cui

$$h_N = \frac{(h_r(\theta) - 0.2S)^2}{h_r(\theta) - 0.8S} \quad [mm]$$

dove

$h_r$  = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

$S$  = massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm).

Il valore  $S$  è calcolato dall'equazione:

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

in cui il valore del CN è valutato come indicato precedentemente.

**Il coefficiente di laminazione**,  $\varepsilon(t)$ , dovrà essere opportunamente valutato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche topografiche del bacino idrografico sotteso facendo riferimento ai ben noti modelli concettuali della corrivazione e dell'invaso. Nell'analisi effettuata, questo è stato posto pari a 1.

#### 4.4.2 Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV

La curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV utilizzata è la seguente:

$$hT(\tau) = \mu(\tau)K_T(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{n_1 n_2}$$

con la pioggia indice di durata  $\tau$  (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata  $\tau$ ) espressa come funzione della stessa durata e della pioggia indice giornaliera:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu(g)$ :

$$a_1 = \mu(g) / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \log_{10} \mu(g)$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  viene stimata sulla base della carta delle isoiete riportata in Figura 11.

L'altezza di pioggia  $h_T(\tau)$  di durata  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(\tau)$  per un coefficiente di crescita:

$$K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$$

$a_2$  e  $n_2$  si ricavano, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, con le seguenti relazioni, distinte per sottozona così come individuata in Figura 11. I bacini oggetto di studio sono appartenenti alla sottozona SZO 2.

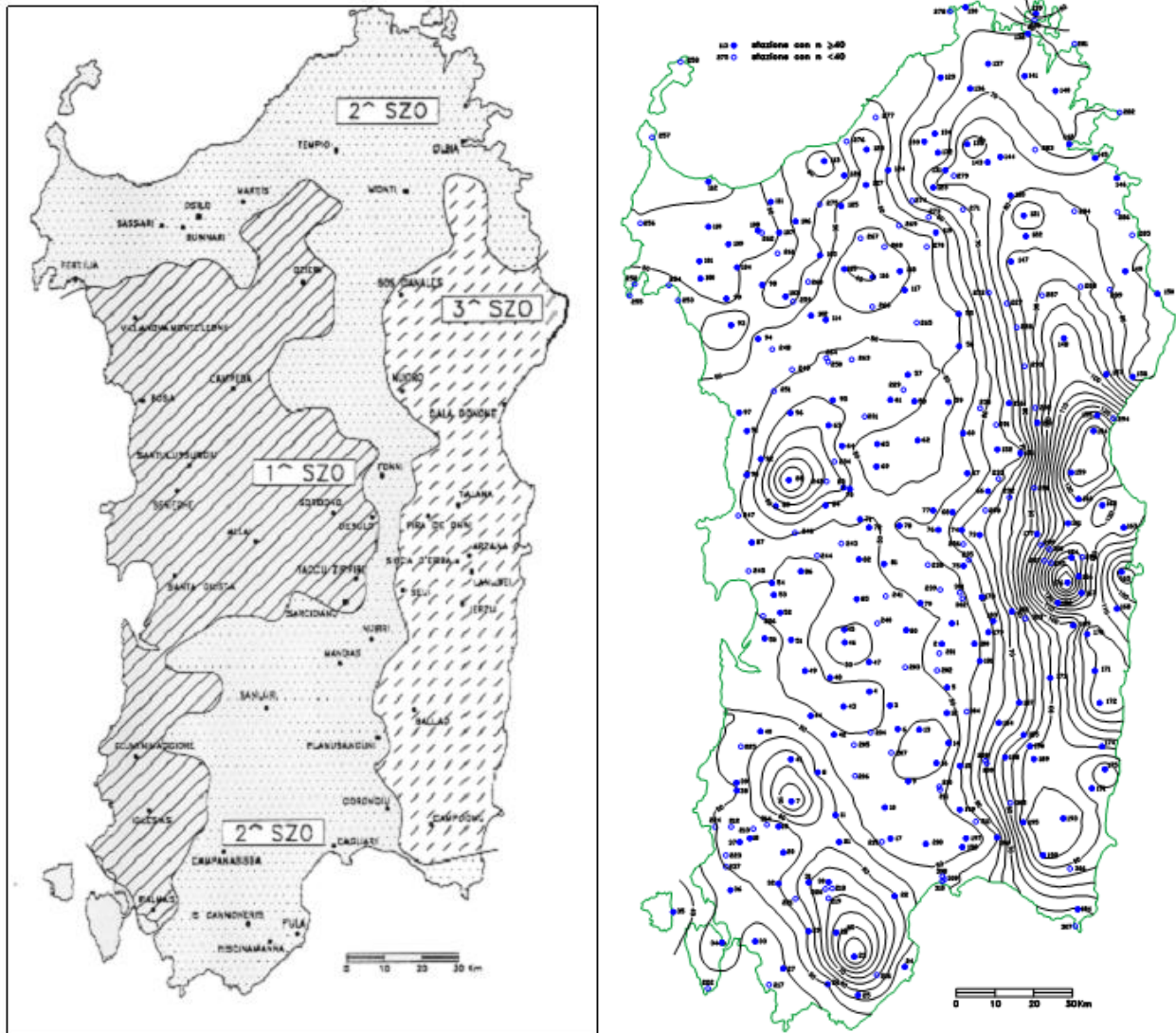


Figura 11: sotto-zone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna (a sinistra) e distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia indice giornaliera in Sardegna (a destra)

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

#### 4.4.3 Portate di piena per il canale in progetto

L'analisi idrologica ha portato alla definizione delle portate con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni alla sezione di chiusura del bacino (Tabella 7 e Tabella 8).

Tempo di ritorno	50	100	200	500
Altezza di precipitazione lorda (mm)	33.23	36.55	39.82	44.18
Altezza di precipitazione netta (mm)	10.53	12.75	15.04	18.22
Intensità di precipitazione lorda (mm/h)	71.117	80.406	89.540	101.706
Intensità di precipitazione ragguagliata (mm/h)	68.10	76.96	85.67	97.27
Intensità di precipitazione netta (mm/h)	22.54	28.05	33.82	41.95
Portata (mc/s)	<b>3.52</b>	<b>4.38</b>	<b>5.29</b>	<b>6.56</b>

Tabella 7: Portate di piena calcolate per il Bacino 1

Tempo di ritorno	50	100	200	500
Altezza di precipitazione lorda (mm)	39.72	44.23	48.67	54.52
Altezza di precipitazione netta (mm)	12.16	15.13	18.21	22.47
Intensità di precipitazione lorda (mm/h)	55.663	63.999	72.203	83.011
Intensità di precipitazione ragguagliata (mm/h)	53.25	61.19	69.01	79.30
Intensità di precipitazione netta (mm/h)	17.04	21.89	27.01	34.21
Portata (mc/s)	<b>4.35</b>	<b>5.59</b>	<b>6.90</b>	<b>8.74</b>

Tabella 8: Portate di piena calcolate per il Bacino 2

#### 4.4.4 Portate di piena per il canale recettore (Fiume\_3067)

Tempo di ritorno	50	100	200	500
Portata (mc/s)	<b>6.30</b>	<b>8.50</b>	<b>11.00</b>	<b>14.50</b>

Tabella 9: Portate di piena per il Fiume\_3067 nella situazione STATO ATTUALE – Portate dedotte dallo studio di Variante al PAI del Comune di Masainas

Tempo di ritorno	50	100	200	500
Altezza di precipitazione lorda (mm)	40.37	44.89	49.33	55.16
Altezza di precipitazione netta (mm)	10.70	13.46	16.34	20.34
Intensità di precipitazione lorda (mm/h)	54.495	62.935	71.229	82.132
Intensità di precipitazione ragguagliata (mm/h)	51.43	59.34	67.11	77.33
Intensità di precipitazione netta (mm/h)	14.44	18.87	23.59	30.29
Portata (mc/s)	<b>8.03</b>	<b>10.50</b>	<b>13.13</b>	<b>16.85</b>

Tabella 10: Portate di piena calcolate per il Fiume\_3067 nella situazione POST-PROGETTO

Tempo di ritorno	50	100	200	500
Portate attuali	6.30	8.5	11	14.5
Portate POST	8.03	10.5	13.13	16.85
Variazione	+27.5%	+23.5%	+19.4%	+16.2%

Tabella 11: Confronto portate Fiume\_3067 stato attuale VS stato progetto

## 5 Analisi idraulica

Le verifiche idrauliche sono state eseguite con l'ausilio del software HEC-RAS della US Army Corps of Engineering Center (versione 6.0) che effettua calcoli idraulici monodimensionali di un'intera rete di canali sfruttando le equazioni classiche dell'idraulica del moto permanente e del moto vario. Più precisamente, la definizione del profilo idraulico avviene attraverso l'integrazione delle equazioni di conservazione dell'energia della corrente tra due sezioni di calcolo consecutive. Le perdite di energie considerate tra le due sezioni sono quelle dovute alla resistenza dell'alveo e alle variazioni di sezione.

La sezione viene suddivisa in porzioni a differente scabrezza e per ognuna viene calcolato il valore della portata. La portata in ogni sezione è ottenuta come somma di questi contributi. In ogni sezione l'altezza cinetica media della corrente è valutata come media pesata dell'altezza cinetica di ogni porzione in cui si è divisa la singola sezione trasversale assumendo come peso la portata che transita in ognuna delle suddette porzioni.

Le perdite di energia continue dovute alla resistenza dell'alveo sono valutate secondo la formula di Manning. Le perdite di carico dovute alle variazioni di sezioni sono invece valutate secondo l'usuale formula della perdita di carico concentrata, funzione del quadrato delle velocità a monte e a valle della variazione di sezione.

### 5.1 Condizioni al contorno e portate

Come condizione al contorno è stata utilizzata la pendenza del corso d'acqua nel tratto a monte e nel tratto a valle dei corsi d'acqua studiati. La portata considerata è, per ciascun tempo di ritorno, quella calcolata in corrispondenza della sezione di chiusura con le metodologie dell'analisi idrologica precedentemente illustrata. Ponendosi in condizioni di sicurezza, si è imputata a monte la portata calcolata sulla sezione di chiusura a valle, sovrastimando così la portata effettiva. Le portate imputate al modello per i diversi tempi di ritorno sono quelle riportate nel capitolo precedente.

Da sezione	A sezione	Q Tr 50 (mc/s)	Q Tr 100 (mc/s)	Q Tr 200 (mc/s)	Q Tr 500 (mc/s)
974	510.2	3.52	4.38	5.29	6.56
494	180	4.35	5.57	6.9	8.74

**Tabella 12: Portate di piena utilizzate per la modellazione del canale in progetto**

Da sezione	A sezione	Q Tr 50 (mc/s)	Q Tr 100 (mc/s)	Q Tr 200 (mc/s)	Q Tr 500 (mc/s)
162	8	6.30	8.5	11	14.5

**Tabella 13: Portate di piena utilizzate per la modellazione del canale recettore Fiume\_3067 – Stato attuale**

Da sezione	A sezione	Q Tr 50 (mc/s)	Q Tr 100 (mc/s)	Q Tr 200 (mc/s)	Q Tr 500 (mc/s)
162	8	8.03	10.5	13.13	16.85

**Tabella 14: Portate di piena utilizzate per la modellazione del canale recettore Fiume\_3067 – Stato progetto**



## 5.2 Descrizione e predisposizione del modello idraulico

Il software della HEC necessita, per effettuare la simulazione idraulica, di un modello geometrico che ben rappresenti l'andamento piano – altimetrico dell'alveo.

Al fine di effettuare tale rappresentazione, si è utilizzato l'applicativo HEC-GeoRas, che consente di rappresentare l'asta fluviale e le sezioni attraverso metodologie GIS. L'interfaccia GIS permette di identificare al meglio i dati necessari su HEC-Ras, consentendo di visualizzare graficamente sezioni, asta fluviale e qualunque parametro previsto all'interno del modello numerico (levee, coefficiente di Manning, ecc)

Per le modellazioni monodimensionali si è utilizzata quale base il DTM 1x1 della Regione Sardegna; integrandolo attraverso un rilievo topografico e misure puntuali della sezione dei canali esistenti. Le aree interessate dall'intervento sono state inoltre oggetto di apposito rilievo aerofotogrammetrico attraverso aereo a pilotaggio remoto. I dati così acquisiti hanno mostrato una buona corrispondenza con quelli di base e hanno permesso di ottenere una simulazione che ben rappresenta lo stato attuale dei luoghi. Le sezioni di modellazione sono state disposte a intervalli regolari brevi lungo il corso d'acqua e infittite a seconda delle esigenze di modellazione (es. variazione di portata, di pendenza, di forma, di scabrezza delle superfici e in prossimità delle strutture idrauliche) per fornire una rappresentazione adeguata della situazione reale.

Per ciò che concerne le aree di esondazione dello stato attuale, nel tratto di monte e in corrispondenza dell'abitato sono state assunte le pericolosità vigenti derivanti dallo studio di variante al PAI del comune di Masainas determinate mediante un'accurata modellazione bidimensionale. Nel tratto di valle (FIUME\_3067), al fine di poter confrontare lo stato ante e quello post, si è realizzato un modello monodimensionale dello stato attuale sulla base del quale sono state definite le aree di esondazione relative a tale tronco idraulico.

Per il corso d'acqua recettore – il FIUME\_3067 – posto a valle del paese è stata effettuata una modellazione monodimensionale sia nello stato di attuale (Allegato 3), utilizzando le portate dello studio di variante al PAI, sia nello stato di progetto (Allegato 2), utilizzando le portate ricalcolate per tener conto dell'incremento dovuto alla realizzazione del nuovo canale.

### 5.2.1 Coefficienti di scabrezza

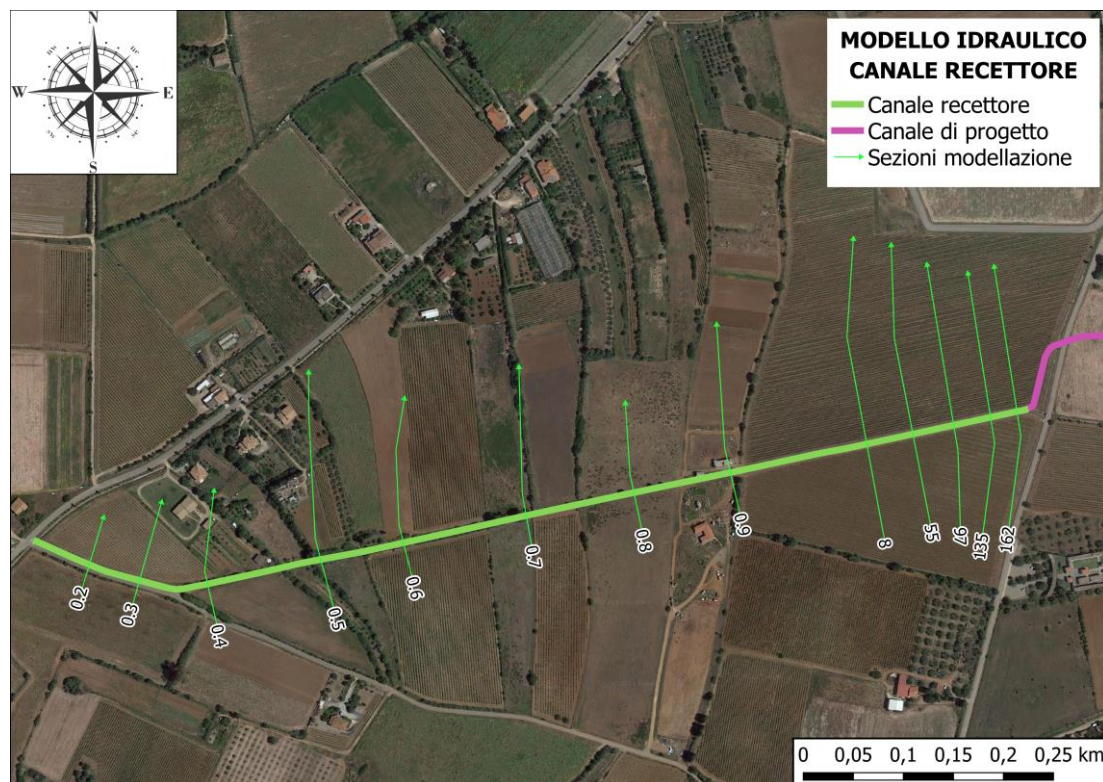
I valori di scabrezza di Manning inseriti nel modello di HEC-RAS sono stati determinati sulla base delle caratteristiche dell'alveo e del territorio circostante. In particolare, si è considerato l'uso del territorio così come determinato dalle ortofoto più recenti a disposizione, dalla carta di uso del suolo e dai sopralluoghi effettuati. La loro determinazione ha fatto riferimento ai testi "La valutazione dei bacini idrografici" di V. Ferro<sup>1</sup> e "Open channel hydraulics" di T.V. Chow<sup>2</sup>. Si sono considerati i seguenti valori:

Canale esistente in assenza di vegetazione	0.025
Canale esistente con presenza di vegetazione	0.030
Canale in roccia in posto di nuova realizzazione	0.030

---

<sup>1</sup> V. Ferro, *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2002

<sup>2</sup> T.V. Chow *Open channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1959



## 5.3 Analisi dei risultati – Canale in progetto

### 5.3.1 Verifica del franco longitudinale ai sensi della NTA del PAI

Le verifiche sul franco idraulico longitudinale sono state eseguite come previsto all'art. 21 comma 2bis delle norme di attuazione dei PAI e utilizzando quale strumento di approfondimento per la corretta applicazione della norma il testo *Analisi modellistica per la definizione del franco idraulico da utilizzare nella progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture a rete o puntuali – Art. 21 comma 1 e comma 2 lettera d. delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna*.

Di seguito si riportano le metodologie di calcolo utilizzate.

Per velocità della corrente inferiore agli 8 m/s, si è effettuato il confronto tra il franco calcolato utilizzando tre diversi criteri. Tra questi, è stato scelto il franco più cautelativo, ovvero quello che corrisponde al massimo tra:

- 1)  $\delta h_1 = 0.5 \frac{v^2}{2g}$  dove  $v$  è la velocità media della corrente
- 2)  $\delta h_2 = 1$  m per profondità media della corrente  $y$  superiore a 1 m, oppure  
 $\delta h_2 = y$  per profondità media della corrente  $y$  pari o inferiore a 1 m
- 3)  $\delta h_3 = 0.87 \sqrt{y} + \alpha y'$

dove

$y$  è la profondità media della corrente,  $y'$  è la profondità della corrente aerata, e  $\alpha$  varia linearmente tra 0 e 1 per una velocità che varia tra i 5 e i 15 m/s e con le limitazioni che:

- $y'$  sia pari alla profondità media se questa è minore di 2 m e in caso contrario assuma il valore massimo di = 2 m
- il valore massimo del franco calcolato con questo metodo sia pari a 1.5 m.

Il valore  $y$  della profondità media della corrente è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s.

Qualora la velocità della corrente sia superiore agli 8 m/s, il franco è valutato come pari all'altezza cinetica:

$$4) \delta h_4 = \frac{v^2}{2g}$$

Le verifiche sono state fatte con un tempo di ritorno di 200 anni. Come si può vedere in Tabella 15 **la verifica è soddisfatta in tutte le sezioni**.

Si rimanda agli allegati per i risultati dettagliati delle simulazioni.

COMUNE DI MASAINAS

Messa in sicurezza del centro abitato di Masainas dal rischio idrogeologico

Sezione	Profilo	Portata	Quota fondo alveo	Quota del pelo libero	Velocità della corrente	Profondità media della corrente y	y'	$\alpha$	$\delta h1$	$\delta h2$	$\delta h3$	$\delta h4$	Altezza sezione	h pelo libero	Franco idraulico canale	Franco idraulico minimo ex art. 21 comma 2bis	Verifica
		[m3/s]	[mslm]	[mslm]	[m/s]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
974	Tr 200	5.29	77.47	78.18	2.99	0.71	0.71	0.00	0.23	0.71	0.73	-	1.75	0.71	1.04	0.73	OK
943	Tr 200	5.29	76.70	77.57	2.43	0.87	0.87	0.00	0.15	0.87	0.81	-	1.97	0.87	1.10	0.87	OK
900	Tr 200	5.29	76.03	76.80	2.75	0.77	0.77	0.00	0.19	0.77	0.76	-	2.23	0.77	1.46	0.77	OK
855	Tr 200	5.29	75.33	76.55	1.74	1.22	1.22	0.00	0.08	1.00	0.96	-	2.24	1.22	1.02	1.00	OK
810	Tr 200	5.29	75.12	76.27	1.84	1.15	1.15	0.00	0.09	1.00	0.93	-	3.00	1.15	1.85	1.00	OK
791	Tr 200	5.29	75.03	76.13	1.93	1.10	1.10	0.00	0.09	1.00	0.91	-	3.48	1.10	2.38	1.00	OK
772	Tr 200	5.29	74.94	75.71	2.75	0.77	0.77	0.00	0.19	0.77	0.76	-	2.15	0.77	1.38	0.77	OK
742	Tr 200	5.29	73.73	74.24	4.11	0.51	0.51	0.00	0.43	0.51	0.62	-	1.75	0.51	1.24	0.62	OK
718	Tr 200	5.29	72.77	73.40	3.36	0.63	0.63	0.00	0.29	0.63	0.69	-	1.40	0.63	0.77	0.69	OK
717.7	Tr 200	5.29	71.77	72.14	5.80	0.37	0.37	0.08	0.86	0.37	0.56	-	2.40	0.37	2.03	0.86	OK
713	Tr 200	5.29	71.77	72.28	4.13	0.51	0.51	0.00	0.43	0.51	0.62	-	2.00	0.51	1.49	0.62	OK
712.7	Tr 200	5.29	70.77	71.12	6.13	0.35	0.35	0.11	0.96	0.35	0.55	-	2.99	0.35	2.64	0.96	OK
708	Tr 200	5.29	70.77	71.25	4.36	0.48	0.48	0.00	0.48	0.48	0.60	-	2.67	0.48	2.19	0.60	OK
707.7	Tr 200	5.29	69.77	70.11	6.25	0.34	0.34	0.13	1.00	0.34	0.55	-	3.66	0.34	3.32	1.00	OK
699	Tr 200	5.29	69.63	70.17	3.95	0.54	0.54	0.00	0.40	0.54	0.64	-	2.81	0.54	2.27	0.64	OK
697	Tr 200	5.29	69.60	70.59	2.13	0.99	0.99	0.00	0.12	0.99	0.87	-	2.64	0.99	1.65	0.99	OK
690	Tr 200	5.29	69.57	70.34	2.74	0.77	0.77	0.00	0.19	0.77	0.76	-	1.92	0.77	1.15	0.77	OK
688	Tr 200	5.29	69.41	70.00	3.57	0.59	0.59	0.00	0.32	0.59	0.67	-	1.90	0.59	1.31	0.67	OK
640	Tr 200	5.29	65.31	65.69	5.63	0.38	0.38	0.06	0.81	0.38	0.56	-	1.22	0.38	0.84	0.81	OK
593	Tr 200	5.29	61.38	61.89	4.16	0.51	0.51	0.00	0.44	0.51	0.62	-	1.44	0.51	0.93	0.62	OK
592.99	Tr 200	5.29	60.84	61.23	5.38	0.39	0.39	0.04	0.74	0.39	0.56	-	1.98	0.39	1.59	0.74	OK
580	Tr 200	5.29	60.70	61.70	2.13	1.00	1.00	0.00	0.12	1.00	0.87	-	2.30	1.00	1.30	1.00	OK
568	Tr 200	5.29	60.58	61.59	2.09	1.01	1.01	0.00	0.11	1.00	0.87	-	2.21	1.01	1.20	1.00	OK
538	Tr 200	5.29	60.28	61.41	1.87	1.13	1.13	0.00	0.09	1.00	0.92	-	2.44	1.13	1.31	1.00	OK
510.2	Tr 200	5.29	59.98	61.30	1.60	1.32	1.32	0.00	0.07	1.00	1.00	-	2.49	1.32	1.17	1.00	OK
510	Tr 200	5.29	59.98	61.30	1.60	1.32	1.32	0.00	0.07	1.00	1.00	-	2.49	1.32	1.17	1.00	OK
494	Tr 200	6.9	59.81	61.10	2.14	1.29	1.29	0.00	0.12	1.00	0.99	-	3.17	1.29	1.88	1.00	OK
485	Tr 200	6.9	59.72	61.04	2.09	1.32	1.32	0.00	0.11	1.00	1.00	-	2.60	1.32	1.28	1.00	OK
483	Tr 200	6.9	59.72	61.02	2.12	1.30	1.30	0.00	0.11	1.00	0.99	-	2.61	1.30	1.31	1.00	OK
472	Tr 200	6.9	59.72	60.81	2.53	1.09	1.09	0.00	0.16	1.00	0.91	-	2.14	1.09	1.05	1.00	OK
470	Tr 200	6.9	59.72	60.64	3.01	0.92	0.92	0.00	0.23	0.92	0.83	-	1.97	0.92	1.05	0.92	OK



COMUNE DI MASAINAS

Messa in sicurezza del centro abitato di Masainas dal rischio idrogeologico

Sezione	Profilo	Portata	Quota fondo alveo	Quota del pelo libero	Velocità della corrente	Profondità media della corrente y	y'	$\alpha$	$\delta h_1$	$\delta h_2$	$\delta h_3$	$\delta h_4$	Altezza sezione	h pelo libero	Franco idraulico canale	Franco idraulico minimo ex art. 21 comma 2bis	Verifica
		[m <sup>3</sup> /s]	[mslm]	[mslm]	[m/s]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
438	Tr 200	6.9	58.16	58.73	4.85	0.57	0.57	0.00	0.60	0.57	0.66	-	1.65	0.57	1.08	0.66	OK
414	Tr 200	6.9	56.94	57.62	4.08	0.68	0.68	0.00	0.42	0.68	0.72	-	1.44	0.68	0.76	0.72	OK
390.2	Tr 200	6.9	56.04	56.78	3.75	0.74	0.74	0.00	0.36	0.74	0.75	-	1.87	0.74	1.13	0.75	OK
390	Tr 200	6.9	55.29	55.78	5.63	0.49	0.49	0.06	0.81	0.49	0.64	-	2.62	0.49	2.13	0.81	OK
380.2	Tr 200	6.9	55.29	56.20	3.02	0.91	0.91	0.00	0.23	0.91	0.83	-	2.20	0.91	1.29	0.91	OK
380	Tr 200	6.9	54.28	54.79	5.85	0.47	0.47	0.09	0.87	0.47	0.64	-	3.20	0.51	2.69	0.87	OK
369	Tr 200	6.9	53.77	54.40	4.40	0.63	0.63	0.00	0.49	0.63	0.69	-	3.05	0.63	2.42	0.69	OK
366	Tr 200	6.9	53.76	54.82	2.62	1.06	1.06	0.00	0.17	1.00	0.90	-	2.98	1.06	1.92	1.00	OK
352	Tr 200	6.9	53.75	54.56	2.82	0.81	0.81	0.00	0.20	0.81	0.78	-	2.58	0.81	1.77	0.81	OK
351	Tr 200	6.9	53.73	54.50	3.00	0.77	0.77	0.00	0.23	0.77	0.76	-	2.60	0.77	1.83	0.77	OK
345	Tr 200	6.9	53.72	54.36	2.97	0.49	0.49	0.00	0.22	0.49	0.61	-	2.18	0.64	1.54	0.61	OK
325	Tr 200	6.9	53.16	53.76	3.25	0.46	0.46	0.00	0.27	0.46	0.59	-	2.16	0.60	1.56	0.59	OK
306	Tr 200	6.9	52.58	53.17	3.32	0.46	0.46	0.00	0.28	0.46	0.59	-	2.19	0.59	1.60	0.59	OK
280	Tr 200	6.9	51.77	52.36	3.34	0.46	0.46	0.00	0.28	0.46	0.59	-	2.28	0.59	1.69	0.59	OK
266	Tr 200	6.9	51.34	52.65	1.10	0.89	0.89	0.00	0.03	0.89	0.82	-	2.32	1.31	1.01	0.89	OK
262	Tr 200	6.9	51.23	52.41	2.34	1.18	1.18	0.00	0.14	1.00	0.95	-	2.25	1.18	1.07	1.00	OK
249	Tr 200	6.9	51.15	52.07	3.00	0.92	0.92	0.00	0.23	0.92	0.83	-	1.95	0.92	1.03	0.92	OK
248	Tr 200	6.9	51.15	52.27	1.39	0.78	0.78	0.00	0.05	0.78	0.77	-	2.20	1.12	1.08	0.78	OK
233	Tr 200	6.9	51.12	52.22	1.42	0.77	0.77	0.00	0.05	0.77	0.76	-	1.98	1.10	0.88	0.77	OK
219	Tr 200	6.9	51.08	52.18	1.42	0.77	0.77	0.00	0.05	0.77	0.76	-	2.02	1.10	0.92	0.77	OK
205	Tr 200	6.9	51.06	52.12	1.48	0.74	0.74	0.00	0.06	0.74	0.75	-	2.04	1.06	0.98	0.75	OK
191	Tr 200	6.9	51.03	52.07	1.52	0.73	0.73	0.00	0.06	0.73	0.74	-	2.07	1.04	1.03	0.74	OK
180	Tr 200	6.9	51.00	52.03	1.55	0.72	0.72	0.00	0.06	0.72	0.74	-	2.10	1.03	1.07	0.74	OK

Tabella 15: Verifica del franco idraulico longitudinale

### **5.3.2 Verifica dei franchi trasversali in corrispondenza degli attraversamenti ai sensi delle Norme tecniche delle costruzioni 2018**

Per la progettazione dei ponti stradali occorre fare riferimento al capitolo 5 del "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. In particolare, per quanto riguarda la compatibilità idraulica si deve far riferimento al capitolo 5.1.2.3 delle suddette e al medesimo capitolo della CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Le NTC richiedono che gli attraversamenti vengano progettati riferendosi alla piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno pari a 200 anni, e prescrivono gli aspetti che devono essere analizzati nello studio di compatibilità idraulica.

La circolare del 21 gennaio 2019 introduce una distinzione tra i ponti e i tombini, prescrivendo per questi ultimi dei criteri meno stringenti per quanto riguarda il franco idraulico. In particolare, si afferma che:

*“Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m<sup>3</sup>/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.”*

La norma richiede inoltre:

*“Oltre a quanto previsto per gli attraversamenti dalla Norma, nella Relazione idraulica è opportuno siano considerati anche i seguenti aspetti:*

- *è da sconsigliare il frazionamento della portata fra più canne, tranne nei casi in cui questo sia fatto per facilitare le procedure di manutenzione, predisponendo allo scopo luci panconabili all'imbocco e allo sbocco e accessi per i mezzi d'opera;*
- *sono da evitare andamenti planimetrici non rettilinei e disallineamenti altimetrici del fondo rispetto alla pendenza naturale del corso d'acqua.*
- *per sezioni di area maggiore a 1,5 m<sup>2</sup> è da garantire la praticabilità del manufatto;*
- *il tombino può funzionare sia in pressione che a superficie libera, evitando in ogni caso il funzionamento intermittente fra i due regimi: nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s;*
- *nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;*
- *il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino;*
- *la tenuta idraulica deve essere garantita per ciascuna sezione dell'intero manufatto per un carico pari al maggiore tra: 0,5 bar rispetto all'estradosso o 1,5 volte la massima pressione d'esercizio;*
- *il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso d'acqua a monte;*



- *nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva. È in ogni caso da garantire l'accesso in alveo ai mezzi necessari per le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria da svolgere dopo gli eventi di piena;*
- *i tratti del corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto devono essere protetti da fenomeni di scalzamento e/o erosione, e opportune soluzioni tecniche sono da adottare per evitare i fenomeni di sifonamento”*

**Il canale di raccolta oggetto di progettazione ha delle portate di piena duecentennali minori di 50 mc/s e si prevede di realizzare gli attraversamenti mediante degli scatolari in c.a., pertanto le opere in progetto rientrano in questa casistica.**

Pertanto, il franco minimo da rispettare è stato calcolato come da succitata Circolare, ovvero:

$$franco_{\min} = \max\left(0.50 \text{ m}, \frac{h}{3}\right)$$

dove h è l'altezza della sezione in corrispondenza dell'attraversamento. Sono state verificate la sezione subito a monte dei ponti e quella di monte in corrispondenza dei ponti stessi, i cui dati di riferimento estratti dal modello.

**Come si può vedere nelle tabelle che seguono, la verifica del franco è rispettata in tutti gli attraversamenti in progetto.**

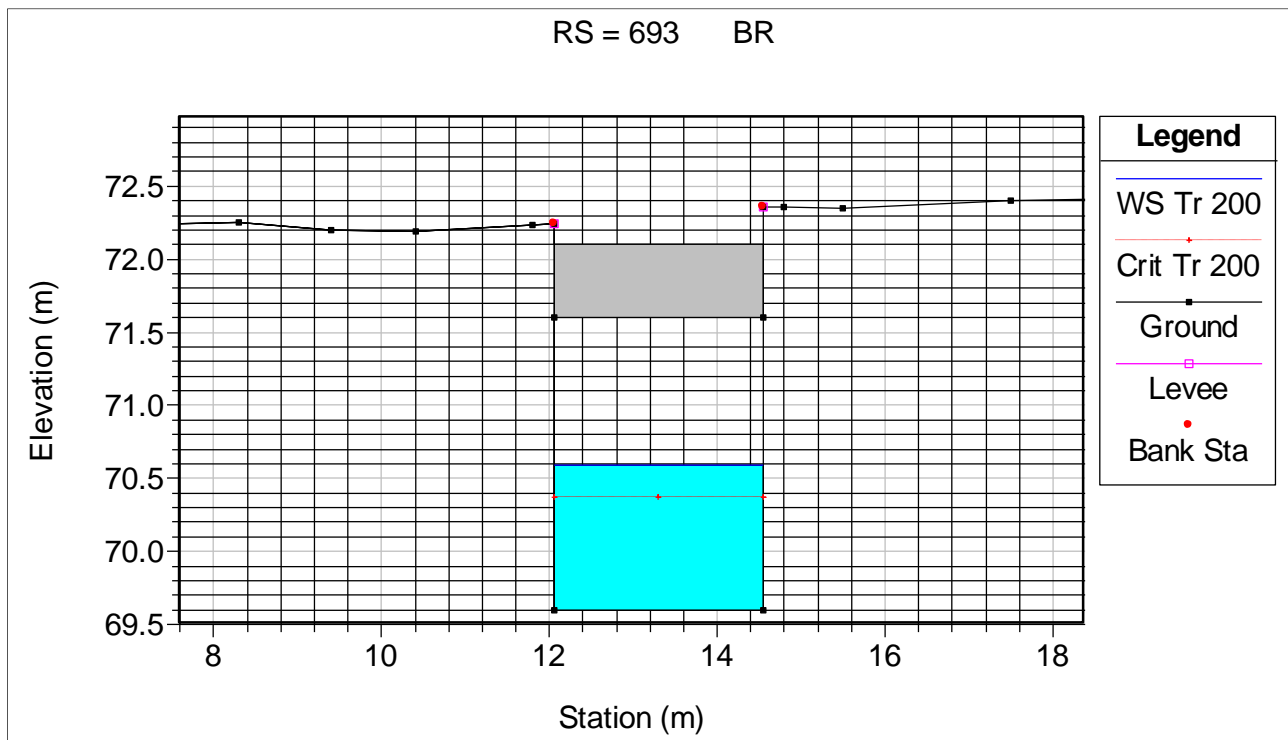


Figura 14: Sezione di HEC-RAS in corrispondenza dell'attraversamento 1

River:	River 1	Profile:	Tr 200_progetto	
Reach:	Reach 1	RS:	693	Plan: Plan 13
Plan: Plan 13 River 1 Reach 1 RS: 693 Profile: Tr 200_progetto				
E.G. US. (m)	70.82	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	70.59	E.G. Elev (m)	70.82	70.74
Q Total (m3/s)	5.29	W.S. Elev (m)	70.59	70.43
Q Bridge (m3/s)	5.29	Crit W.S. (m)	70.37	70.34
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	0.99	0.86
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.14	2.47
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	2.48	2.14
Weir Submerg		Froude # Chl	0.69	0.85
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	2.38	2.25
Min El Weir Flow (m)	72.10	Hydr Depth (m)	0.99	0.86
Min El Prs (m)	71.60	W.P. Total (m)	4.48	4.22
Delta EG (m)	0.10	Conv. Total (m3/s)	55.6	45.6
Delta WS (m)	0.25	Top Width (m)	2.50	2.50
BR Open Area (m2)	5.00	Frctn Loss (m)	0.08	0.01
BR Open Vel (m/s)	2.47	C & E Loss (m)	0.01	0.01
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	49.10	67.25
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	104.90	165.86

Figura 15: Tabella di HEC-RAS riportante i risultati della modellazione in corrispondenza dell'attraversamento 1

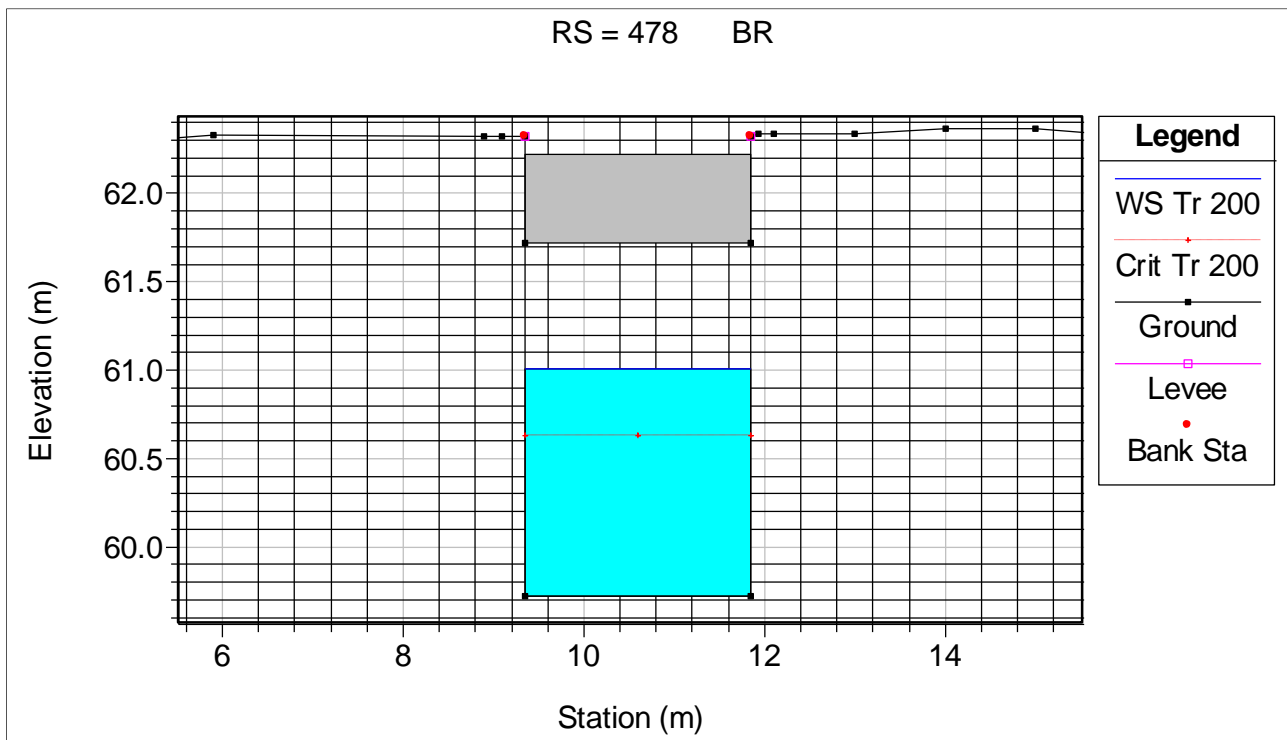


Figura 16: Sezione di HEC-RAS in corrispondenza dell'attraversamento 2

River:	River 1	Profile:	Tr 200_progetto	
Reach:	Reach 1	RS:	478	Plan: Plan 13
Plan: Plan 13 River 1 Reach 1 RS: 478 Profile: Tr 200_progetto				
E.G. US. (m)	61.25	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	61.02	E.G. Elev (m)	61.25	61.14
Q Total (m3/s)	6.90	W.S. Elev (m)	61.02	60.82
Q Bridge (m3/s)	6.90	Crit W.S. (m)	60.64	60.64
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.30	1.10
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.12	2.52
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	3.25	2.74
Weir Submerg		Froude # Chl	0.59	0.77
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	3.61	3.27
Min El Weir Flow (m)	62.22	Hydr Depth (m)	1.30	1.10
Min El Prs (m)	61.72	W.P. Total (m)	5.10	4.69
Delta EG (m)	0.11	Conv. Total (m3/s)	80.2	63.8
Delta WS (m)	0.21	Top Width (m)	2.50	2.50
BR Open Area (m2)	5.00	Frctn Loss (m)	0.10	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.52	C & E Loss (m)	0.01	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	46.21	66.96
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	98.09	168.63

Figura 17: Tabella di HEC-RAS riportante i risultati della modellazione in corrispondenza dell'attraversamento 2

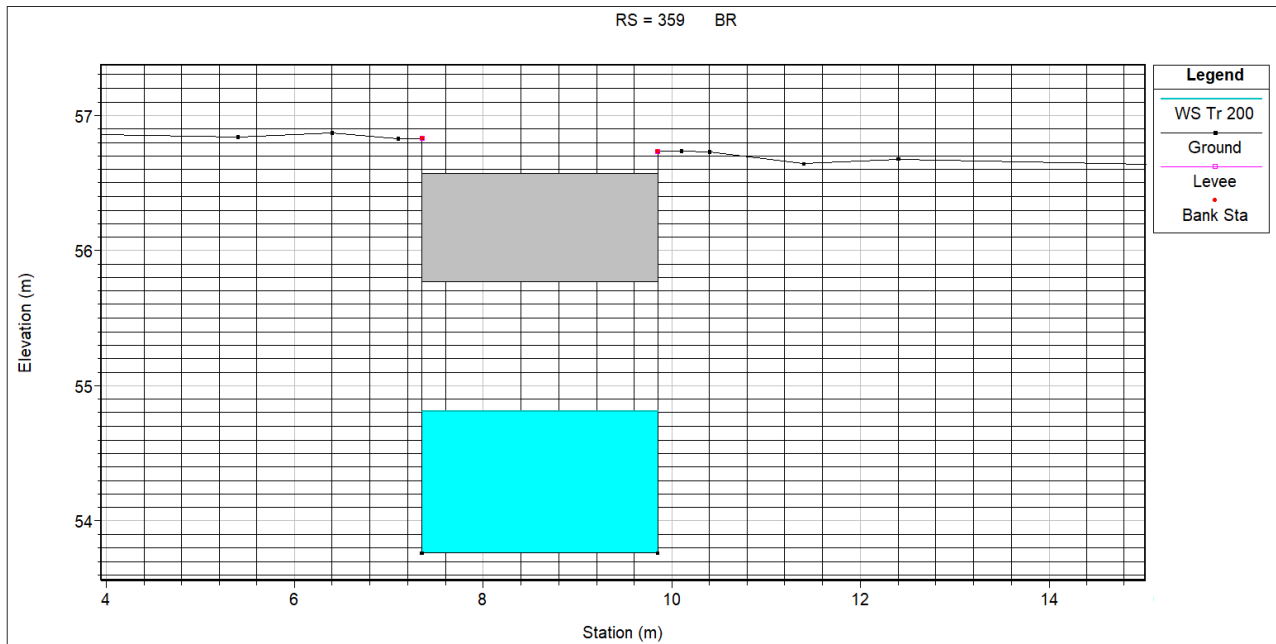


Figura 18: Sezione di HEC-RAS in corrispondenza dell'attraversamento 3

River:
River 1
Profile:
Tr 200\_progetto
Reach
Reach 1
RS:
359
Plan:
Plan 13

Plan: Plan 13 River 1 Reach 1 RS: 359 Profile: Tr 200_progetto				
E.G. US. (m)	55.16	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	54.82	E.G. Elev (m)	55.16	55.01
Q Total (m3/s)	6.90	W.S. Elev (m)	54.81	54.72
Q Bridge (m3/s)	6.90	Crit W.S. (m)	54.68	54.56
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.05	0.97
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.62	2.38
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	2.63	2.90
Weir Submerg		Froude # Chl	0.82	0.77
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	3.23	3.08
Min El Weir Flow (m)	56.57	Hydr Depth (m)	1.05	0.97
Min El Prs (m)	55.77	W.P. Total (m)	4.61	4.94
Delta EG (m)	0.19	Conv. Total (m3/s)	60.4	67.9
Delta WS (m)	0.25	Top Width (m)	2.50	3.00
BR Open Area (m2)	5.02	Frctn Loss (m)	0.14	0.02
BR Open Vel (m/s)	2.62	C & E Loss (m)	0.02	0.01
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	73.07	59.49
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	191.55	141.39

Figura 19: Tabella di HEC-RAS riportante i risultati della modellazione in corrispondenza dell'attraversamento 3

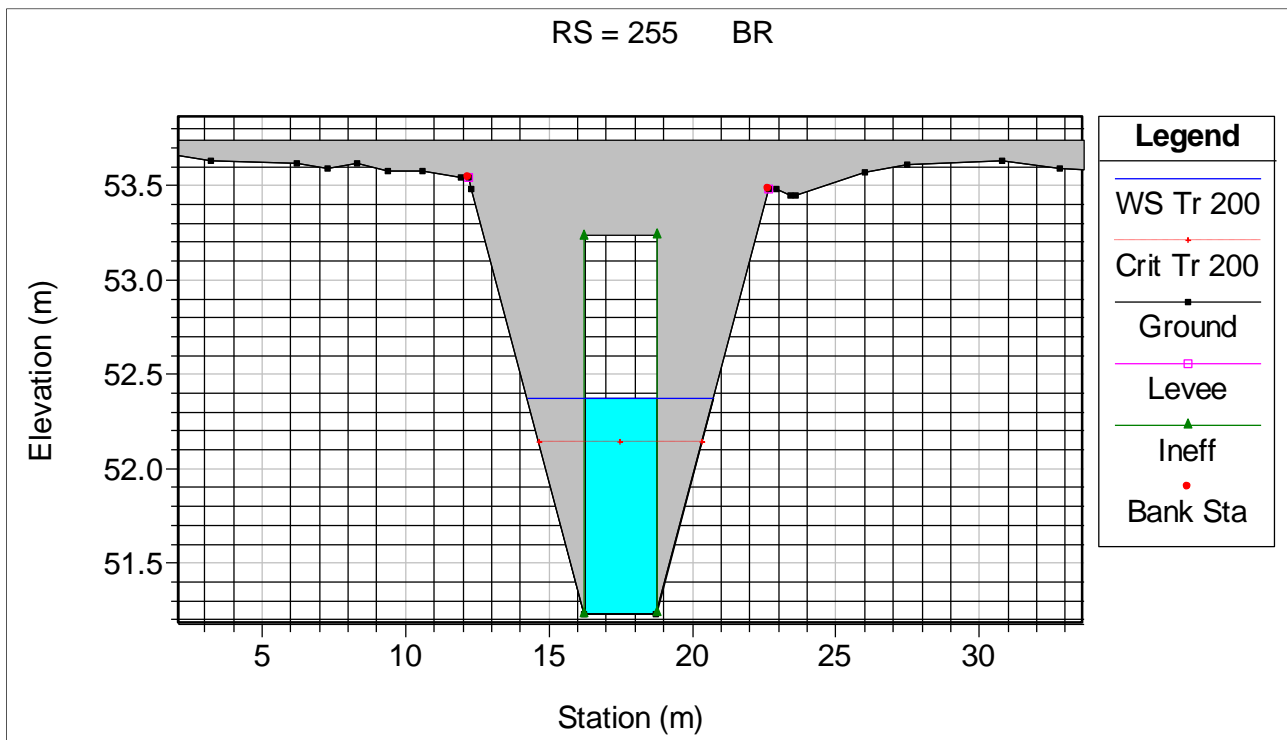


Figura 20: Sezione di HEC-RAS in corrispondenza dell'attraversamento 4

River:	River 1	Profile:	Tr 200_progetto	
Reach:	Reach 1	RS:	255	Plan: Plan 13
Plan: Plan 13 River 1 Reach 1 RS: 255 Profile: Tr 200_progetto				
E.G. US. (m)	52.69	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	52.41	E.G. Elev (m)	52.68	52.56
Q Total (m3/s)	6.90	W.S. Elev (m)	52.38	52.21
Q Bridge (m3/s)	6.90	Crit W.S. (m)	52.15	52.07
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.15	1.06
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.39	2.60
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	2.89	2.66
Weir Submerg		Froude # Chl	0.71	0.80
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	3.35	3.24
Min El Weir Flow (m)	53.74	Hydr Depth (m)	1.15	1.06
Min El Prs (m)	53.24	W.P. Total (m)	4.81	4.63
Delta EG (m)	0.16	Conv. Total (m3/s)	68.5	61.2
Delta WS (m)	0.34	Top Width (m)	2.50	2.50
BR Open Area (m2)	5.03	Frctn Loss (m)	0.11	0.02
BR Open Vel (m/s)	2.60	C & E Loss (m)	0.01	0.01
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	59.74	71.55
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	142.76	185.75

Figura 21: Tabella di HEC-RAS riportante i risultati della modellazione in corrispondenza dell'attraversamento 4

Sezione		<b>693</b>	<b>Ponte</b>
Portata	[m <sup>3</sup> /s]	5.29	5.29
Quota fondo alveo	[m slm]	69.6	69.6
Quota del pelo libero	[m slm]	70.59	70.59
Profondità corrente h	[m]	0.99	0.99
δh1 (0.5m)	[m]	0.5	0.5
δh2 (h/3)	[m]	0.67	0.67
Quota sezione all'intradosso	[m slm]	71.6	71.6
Franco idraulico canale	[m]	1.01	1.01
Franco idraulico minimo	[m]	0.67	0.67
Verifica rispettata		<b>SI</b>	<b>SI</b>

Tabella 16: Verifica del franco idraulico in corrispondenza dell'attraversamento 1

Sezione		<b>478</b>	<b>Ponte</b>
Portata	[m <sup>3</sup> /s]	6.90	6.90
Quota fondo alveo	[m slm]	59.72	59.72
Quota del pelo libero	[m slm]	61.02	61.02
Profondità corrente h	[m]	1.30	1.30
δh1 (0.5m)	[m]	0.50	0.50
δh2 (h/3)	[m]	0.67	0.67
Quota sezione all'intradosso	[m slm]	61.72	61.72
Franco idraulico canale	[m]	0.70	0.70
Franco idraulico minimo	[m]	0.67	0.67
Verifica rispettata		<b>SI</b>	<b>SI</b>

Tabella 17: Verifica del franco idraulico in corrispondenza dell'attraversamento 2

Sezione		<b>359</b>	<b>Ponte</b>
Portata	[m <sup>3</sup> /s]	6.90	6.90
Quota fondo alveo	[m slm]	53.76	53.76
Quota del pelo libero	[m slm]	54.82	54.81
Profondità corrente h	[m]	1.06	1.05
δh1 (0.5m)	[m]	0.50	0.50
δh2 (h/3)	[m]	0.67	0.67
Quota sezione all'intradosso	[m slm]	55.77	55.77
Franco idraulico canale	[m]	0.95	0.96
Franco idraulico minimo	[m]	0.67	0.67
Verifica rispettata		<b>SI</b>	<b>SI</b>

Tabella 18: Verifica del franco idraulico in corrispondenza dell'attraversamento 3



Sezione		255	Ponte
Portata	[m <sup>3</sup> /s]	6.90	6.90
Quota fondo alveo	[m slm]	51.23	51.23
Quota del pelo libero	[m slm]	52.41	52.38
Profondità corrente h	[m]	1.18	1.15
$\delta h_1$ (0.5m)	[m]	0.50	0.50
$\delta h_2$ (h/3)	[m]	0.67	0.67
Quota sezione all'intradosso	[m slm]	53.24	53.24
Franco idraulico canale	[m]	0.83	0.86
Franco idraulico minimo	[m]	0.67	0.67
Verifica rispettata		SI	SI

Tabella 19: Verifica del franco idraulico in corrispondenza dell'attraversamento 4

## 5.4 Confronto tra le pericolosità idrauliche ante e post intervento

La realizzazione del canale determina una riduzione notevole delle aree di allagamento nel centro urbano (Figura 23) e risulta quindi efficace nel suo scopo di mitigazione del rischio idraulico in corrispondenza dell'area abitata. Nell'ambito urbano non subisce variazioni la pericolosità idraulica generata dal corso d'acqua FIUME\_14552 poiché lo stesso non è oggetto di intervento.

In relazione al canale recettore Fiume\_3067 allo stato attuale le simulazioni di dettaglio mostrano delle aree di esondazione leggermente più ampie rispetto alla sezione del canale rivestito, sebbene le stesse risultino essere circoscritte nell'intorno dell'alveo stesso a meno di alcune specifiche sezioni per tempi di ritorno di 200 e 500 anni risultato coerente con lo studio art. 8 c.2.

Nello stato di progetto, l'incremento di portata nel Fiume 3067 a seguito della realizzazione del nuovo canale comporta delle modeste oscillazioni dei livelli idrici (in generale ricompresi tra i 2 e 10 cm, ed in rare eccezioni intorno ai 20 cm) e delle residuali variazioni delle aree di pericolosità. Queste sono limitate nell'intorno del canale e non comportano significative modifiche alle aree di allagamento, con risultati assolutamente confrontabili con quelli dello stato ante intervento. Si rimanda alle Carte delle aree di allagamento riportate nell'Allegato 1.

In generale dal confronto delle aree di pericolosità idraulica dello stato ante e post intervento si può notare una importante riduzione delle pericolosità idrauliche nell'ambito urbano a fronte di irrilevanti variazioni delle stesse nelle aree agricole a valle degli stessi interventi.

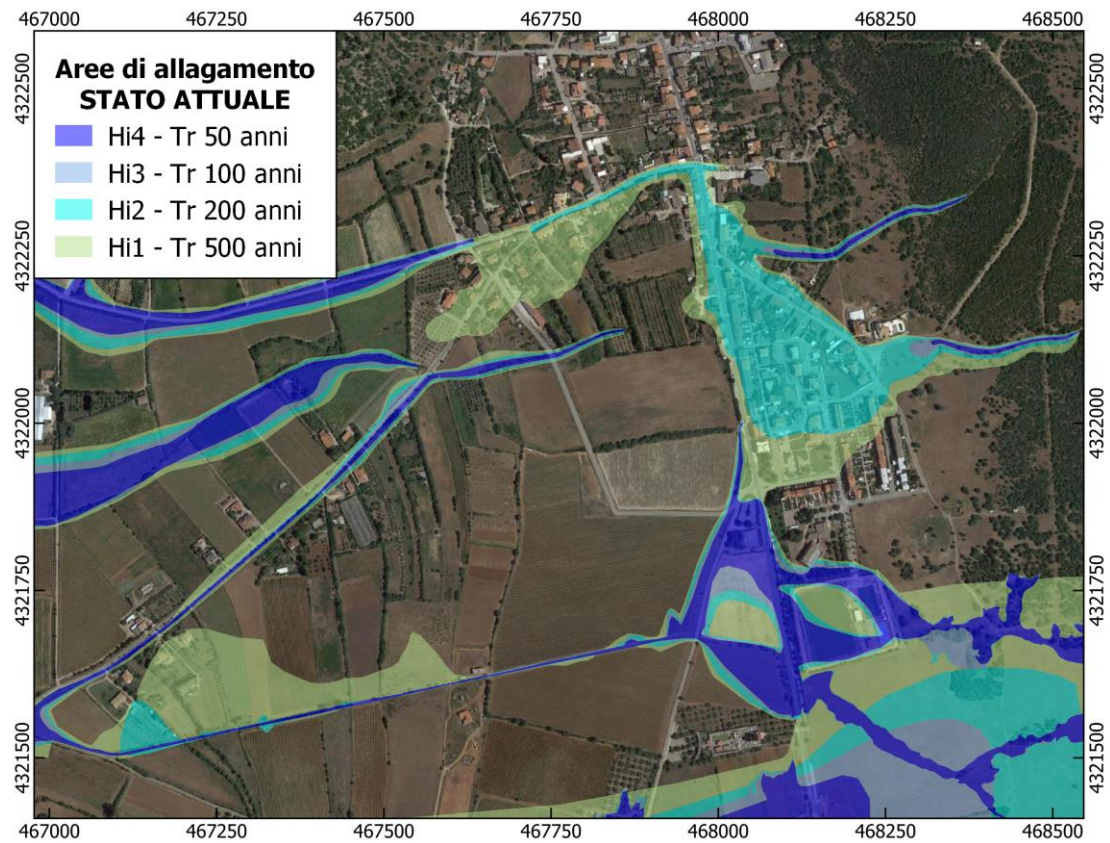


Figura 22: Aree di allagamento STATO ATTUALE

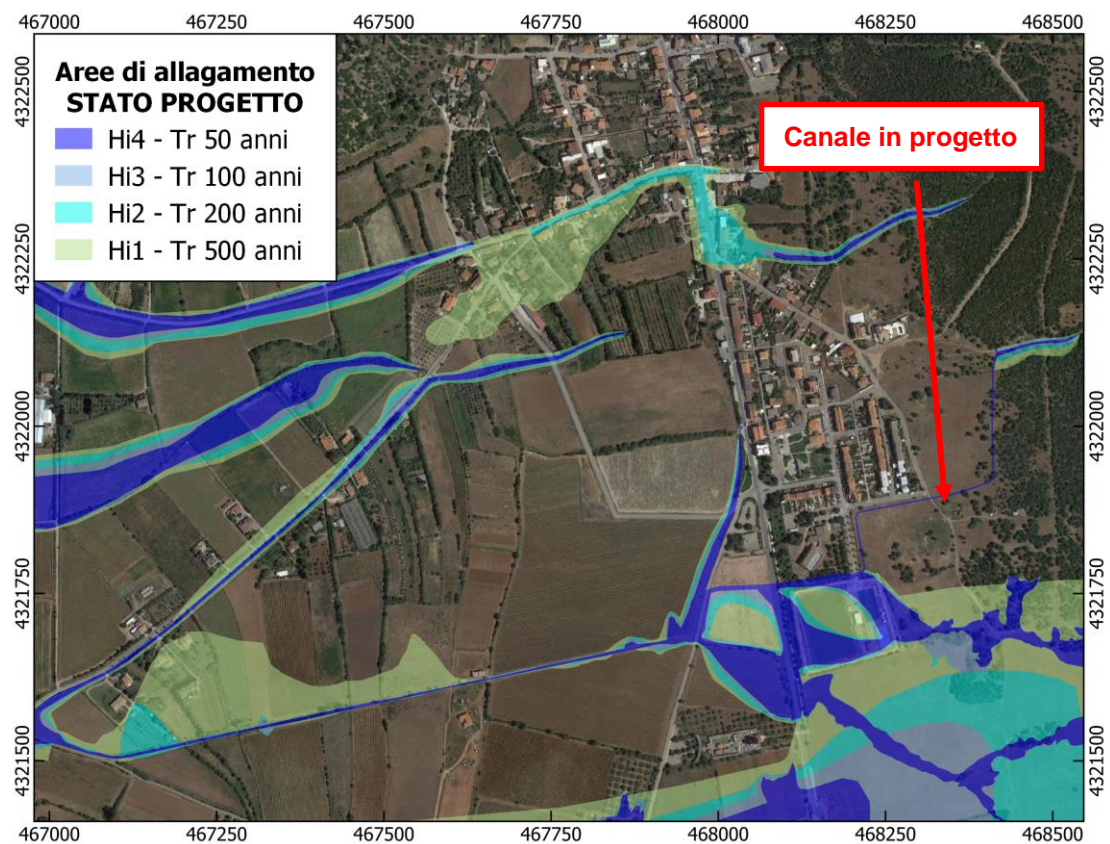


Figura 23: Aree di allagamento STATO PROGETTO



## 5.5 Valutazioni sui fenomeni erosivi in alveo

Le indagini geognostiche effettuate (cfr relazione geologica-geotecnica) hanno mostrato che nel primo tratto, a monte del tracciato (dove è prevista l'opera di immissione e sino alla Via Aldo Moro) è presente roccia in affioramento di natura calcareo – dolomitica ascrivibile al Paleozoico.

Scendendo verso valle è presente una copertura di materiale sciolto di colore rossastro, ghiaioso – sabbioso con ciottoli a matrice argillosa poggiante su materiali lapidei.

Le simulazioni idrauliche mostrano delle velocità solitamente tra gli 1 e i 2 m/s. In alcune sezioni, si hanno incrementi delle stesse sino ai 5 m/s.

Il canale in progetto è realizzato tramite scavo su roccia in posto e dunque non si prevede che vi siano effetti erosivi per tali velocità.

## 6 Dimensionamento canale di dreno di monte

### 6.1 Analisi idrologica bacino di drenaggio

L'analisi idrologica necessaria a determinare le portate di dimensionamento delle due condotte di collegamento è stata effettuata utilizzando le stesse metodologie riportate nel capitolo 4 Analisi idrologica. Dunque, nel presente capitolo ci si è limitati a descrivere i risultati ottenuti dal suddetto approccio.

In Tabella 20 sono riportati i parametri morfometrici ed il Curve Number calcolati per bacini analizzati.

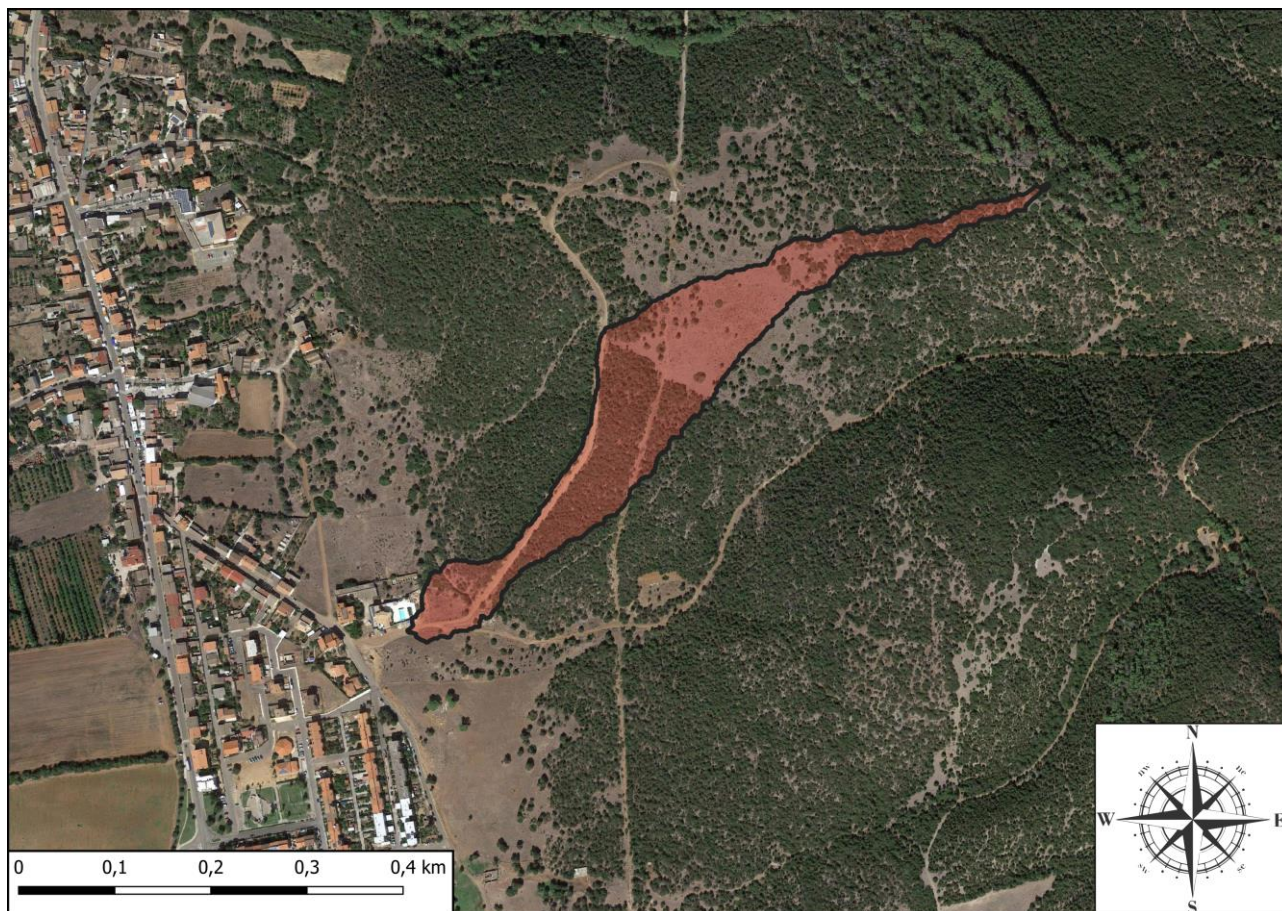


Figura 24: Bacino sotteso da Opera di presa di monte

			<b>BACINO</b>
<b>Lunghezza asta principale</b>	La	[m]	918.24
<b>Pendenza asta principale</b>	ia	[-]	0.075
<b>Elevazione a monte</b>	zmax	[m]	151.83
<b>Quota sezione di chiusura</b>	zmin	[m]	70.38
<b>Dislivello massimo</b>	$\Delta z$	[-]	81.45
<b>Perimetro del bacino</b>	P	[m]	2020.56
<b>Area del bacino</b>	S	[mq]	46558.73
<b>Pendenza media del bacino</b>	ib	[-]	0.1152
<b>Altezza media del bacino</b>	Hm	[m]	108
<b>Curve Number (AMC-II)</b>	CN(II)	[-]	78.52
<b>Curve Number (AMC-III)</b>	CN(III)	[-]	89.4

Tabella 20: Parametri morfometrici del bacino di drenaggio (Opera di presa di monte)

La determinazione del tempo di corrivazione è stata fatta utilizzando le formule Soil Conservation Service, di Pasini e di Ventura, che sono adeguate alla valutazione per bacini di piccole dimensioni.

Tra questi si è scelto quello più cautelativo, che risulta quello con la formula di Ventura (vedi Tabella 21).

<b>SCS (CN-II)</b>	[min]	23.7	[ore]	0.395
<b>SCS (CN-III)</b>	[min]	16.3	[ore]	0.271
<b>Pasini</b>	[min]	<b>8.3</b>	<b>[ore]</b>	<b>0.138</b>
<b>Ventura</b>	[min]	6.0	[ore]	0.100

Tabella 21: Calcolo del tempo di corrivazione – bacino di drenaggio (Opera di presa di monte)

Come precedentemente esposto, le portate di piena sono state determinate mediante il **metodo indiretto con applicazione del metodo razionale e determinazione della precipitazione critica tramite metodo TCEV**. L'analisi idrologica ha portato alla definizione delle portate con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni alla sezione di chiusura del bacino (Tabella 22).

<b>Tempo di ritorno</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
<b>Altezza di precipitazione lorda (mm)</b>	20.26	21.45	22.65	24.34
<b>Altezza di precipitazione netta (mm)</b>	4.55	5.21	5.89	6.90
<b>Intensità di precipitazione lorda (mm/h)</b>	140.184	152.094	163.993	180.859
<b>Intensità di precipitazione ragguagliata (mm/h)</b>	136.46	148.02	159.56	175.93
<b>Intensità di precipitazione netta (mm/h)</b>	31.48	36.91	42.66	51.29
<b>Portata (mc/s)</b>	0.41	0.48	0.55	0.66

Tabella 22: Portate di piena calcolate per il Bacino di drenaggio (Opera di presa di monte)

La portata di progetto avente tempo di ritorno pari a 200 anni è pari a 0.56 m<sup>3</sup>/s. Tale valore è ottenuto applicando la metodologia precedentemente riportata che in questo caso specifico, data la ridotta estensione del bacino idrografico analizzato, origina un coefficiente di deflusso pari a 0.3. Riconosciuta la fondamentale importanza di un buon funzionamento dell'opera di presa al fine di assicurare un funzionamento ottimale dell'intera infrastruttura si è scelto di maggiore tale coefficiente di afflusso fino a 0.54 (fonte: Ven Chow, David Maidment, Larry Mays-Applied Hydrology -McGraw-Hill Science Engineering Math (1988)).

**Così facendo si è ottenuta una portata bicentennale per il dimensionamento pari a Q = 1.21 m<sup>3</sup>/s.**

## 6.2 Dimensionamento del canale di raccolta

Il dimensionamento del canale è stato effettuato mediante la formula del moto uniforme

$$Q_r = \chi \Omega \sqrt{R i}$$

dove

$\chi$  è il coefficiente di Chezy,

$\Omega$  è l'area bagnata,

$R$  è il raggio idraulico

$i$  è la pendenza del collettore.

Con questa formula si stima che il canale possa smaltire la portata di progetto con un battente idrico di circa 58 cm ed una velocità di 2.1 m/s.

Il canale ha una sezione rettangolare larga 1 m ed ha altezza variabile; nella sezione più bassa il canale è alto circa 1.1 m quindi, nella sezione più sfavorevole, il grado di riempimento risulta pari a 54%.

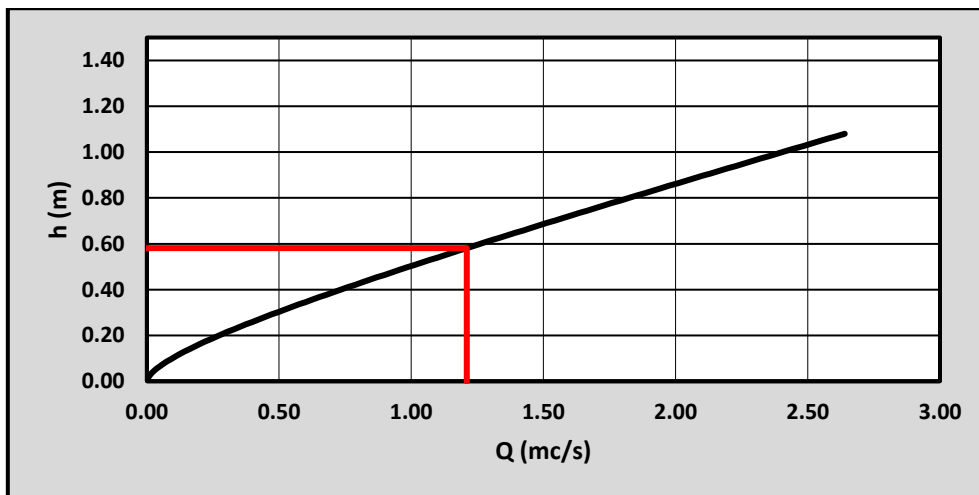


Figura 25: Scala delle portate del canale di monte

## 6.3 Dimensionamento dell'opera di presa

Il dimensionamento dell'opera di presa è stato effettuato considerando quest'ultima come uno scaricatore a salto a fondo allineato. Tale dimensionamento risulta cautelativo in quanto nella realtà la pendenza a monte dell'opera di presa aumenta l'efficienza dell'immissione delle portate in quanto meglio indirizza la vena superiore del profilo di deflusso all'interno dell'opera di presa stessa.

Il dimensionamento è stato effettuato considerando le portate di progetto e le velocità che si instaurano in corrispondenza dell'alveo naturale. La larghezza dell'opera di presa è posta pari a circa 8 metri mentre la lunghezza è dimensionata in modo tale che la vena superiore sia interamente contenuta all'interno dell'opera garantendo un margine di sicurezza.

Il grafico in Figura 26 riporta il profilo adimensionalizzato della vena superiore e inferiore nel caso di caduta libera da un canale rettangolare. Nello specifico, le coordinate adimensionalizzate sono  $x/h$  e  $y/h$  dove  $h$  rappresenta l'altezza della corrente di monte. Le varie curve, invece, sono funzione del numero di Froude.



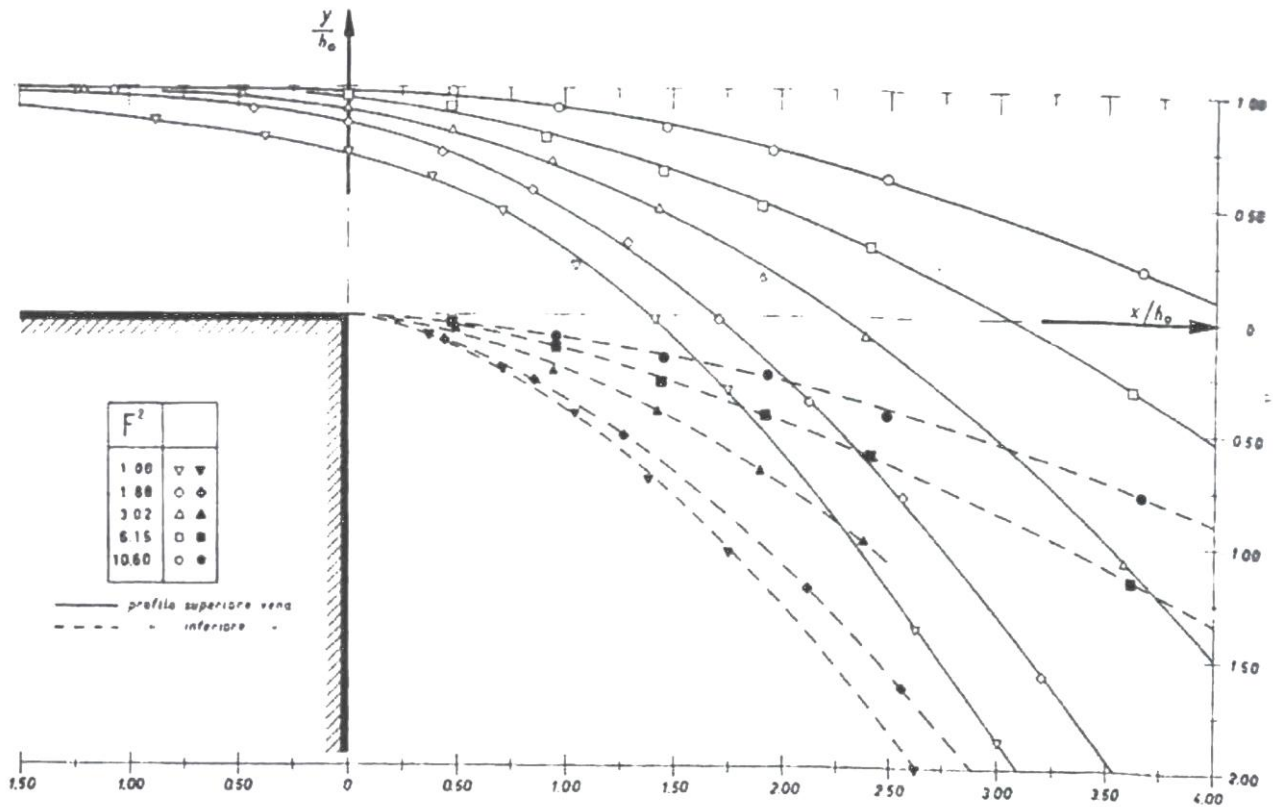


Figura 26: Profili della vena di caduta libera da canale rettangolare rilevati nel piano di simmetria [Rouse, 1943]

Da modello 2D si osservano in corrispondenza delle due opere di presa le seguenti caratteristiche idrauliche:

#### Opera di presa 1

$Q = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$	Portata in arrivo da TCEV
$V = 2.1 \text{ m/s}$	Velocità corrente da modello 2D
$b = 8 \text{ m}$	Larghezza opera di presa
$F = 1.06$	Numero di Froude
$h = 0.4 \text{ m}$	Altezza corrente in arrivo da modello 2D

Lunghezza minima dell'opera lungo la direzione del corso d'acqua

$$L = x/h = 1.6 \rightarrow x = 1.6h = 0.64 \text{ m}$$

La lunghezza scelta è pari a 1 metro.

#### Opera di presa 2

$Q = 5.29 \text{ m}^3/\text{s}$	Portata in arrivo da TCEV
$V = 2.4 \text{ m/s}$	Velocità corrente da modello 2D
$b = 8 \text{ m}$	Larghezza opera di presa

F= 1.12

Numero di Froude

h=0.5 m

Altezza corrente in arrivo da modello 2D

Lunghezza minima dell'opera lungo la direzione del corso d'acqua

$L = x/h = 1.7 \rightarrow x = 1.7 h = 0.85 \text{ m}$

La lunghezza scelta è pari a 2 metri.

## **Allegato 1**

### **Aree di allagamento ante e post intervento**





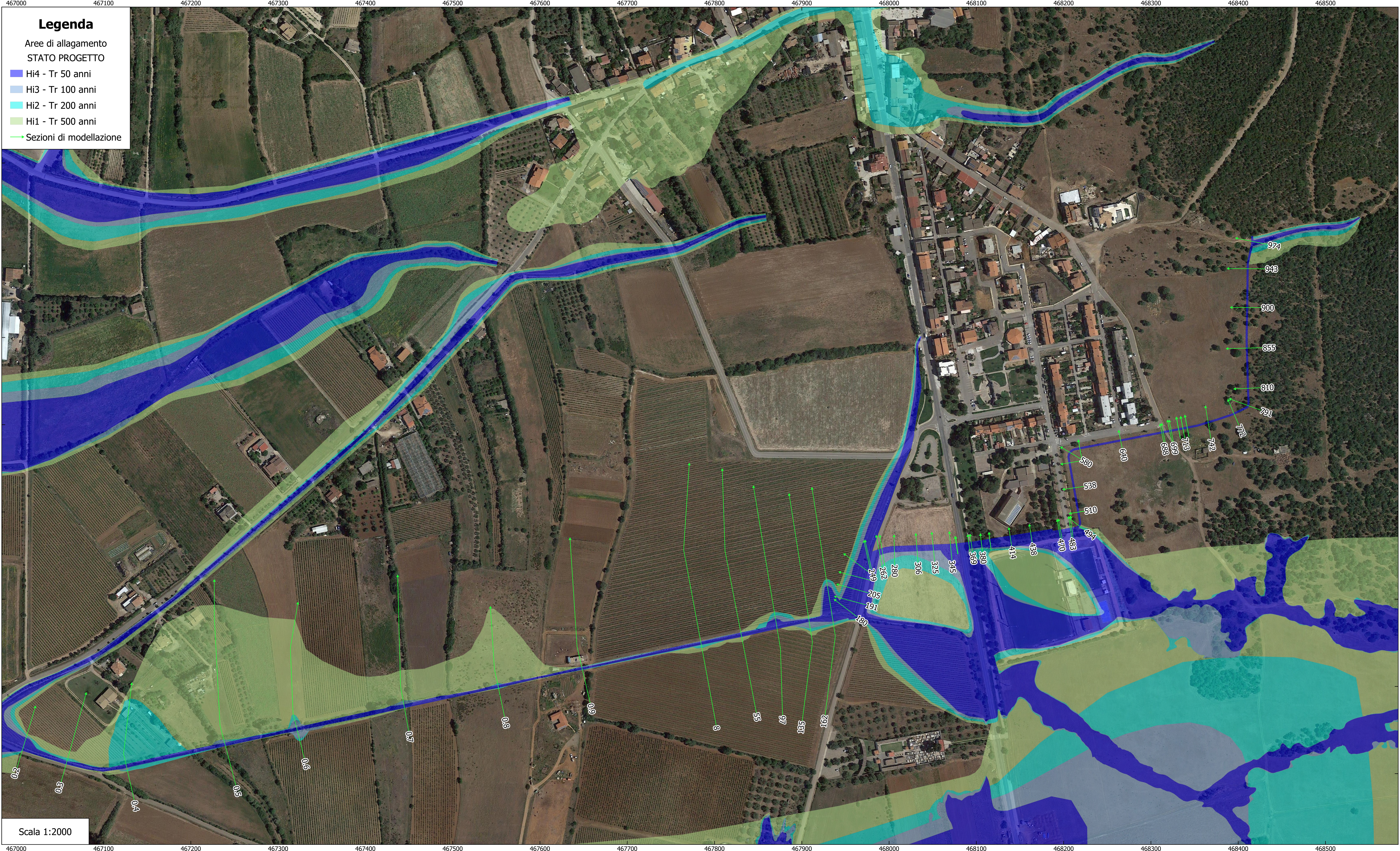












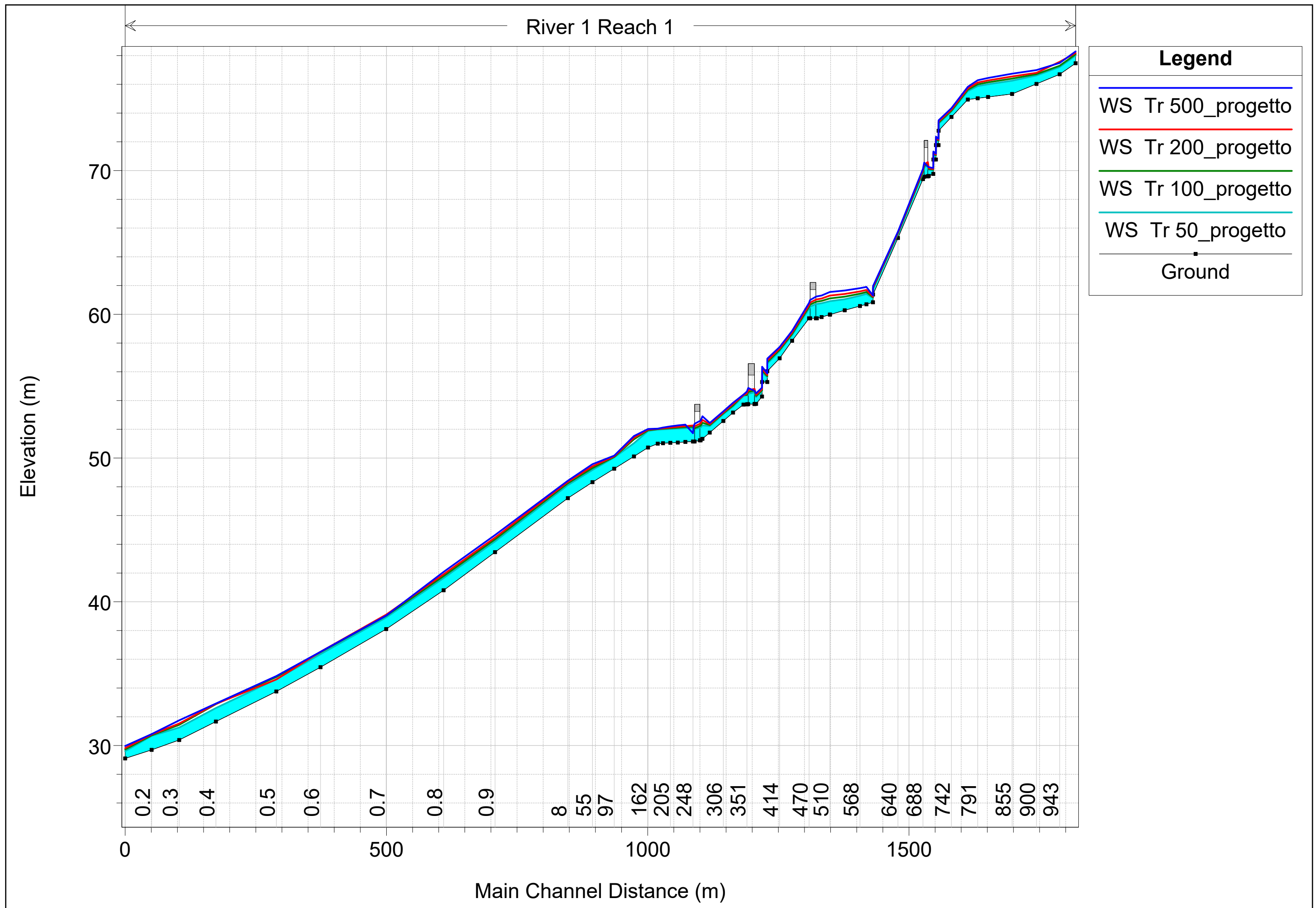


## **Allegato 2**

### **Profili di corrente, sezioni di modellazione e tabulati di calcolo relativi al canale in progetto**

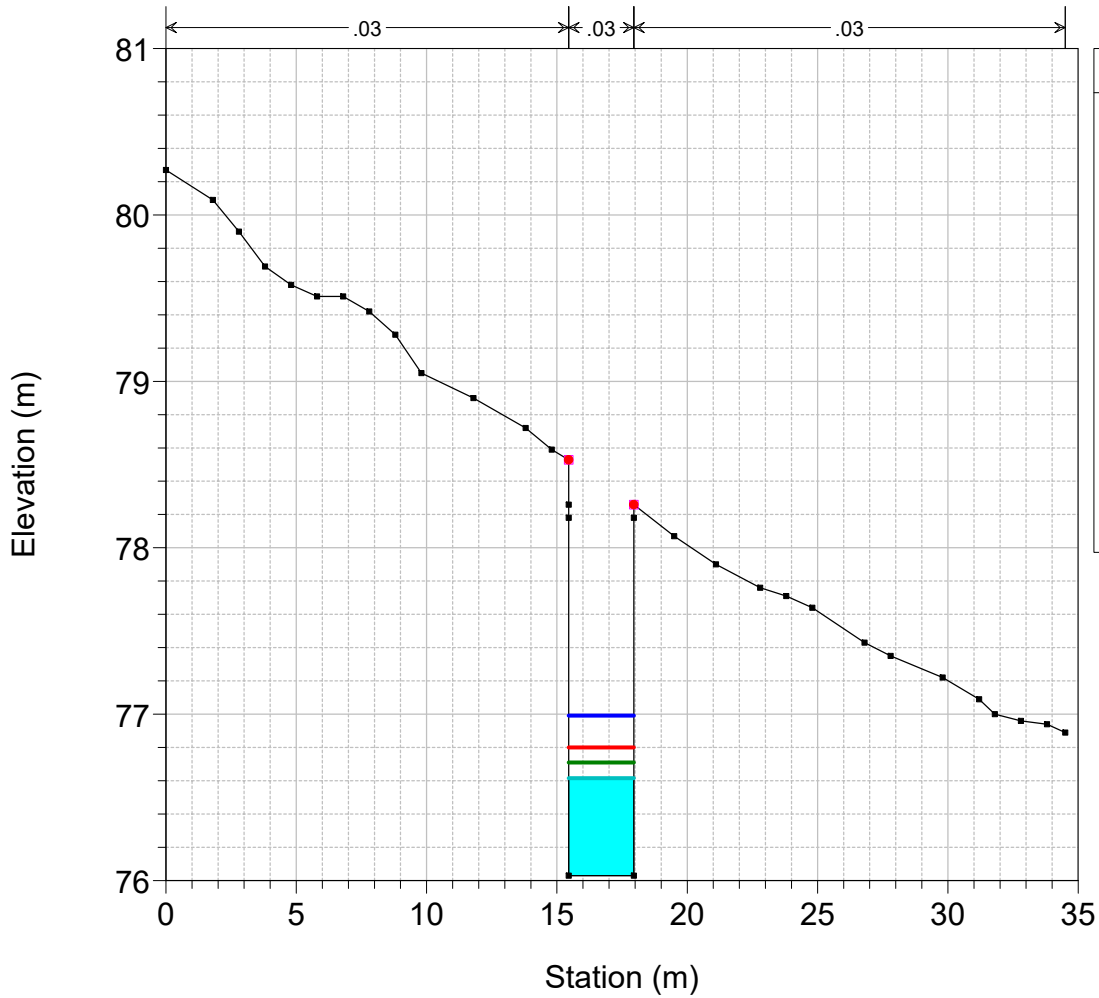


*Profili di corrente*

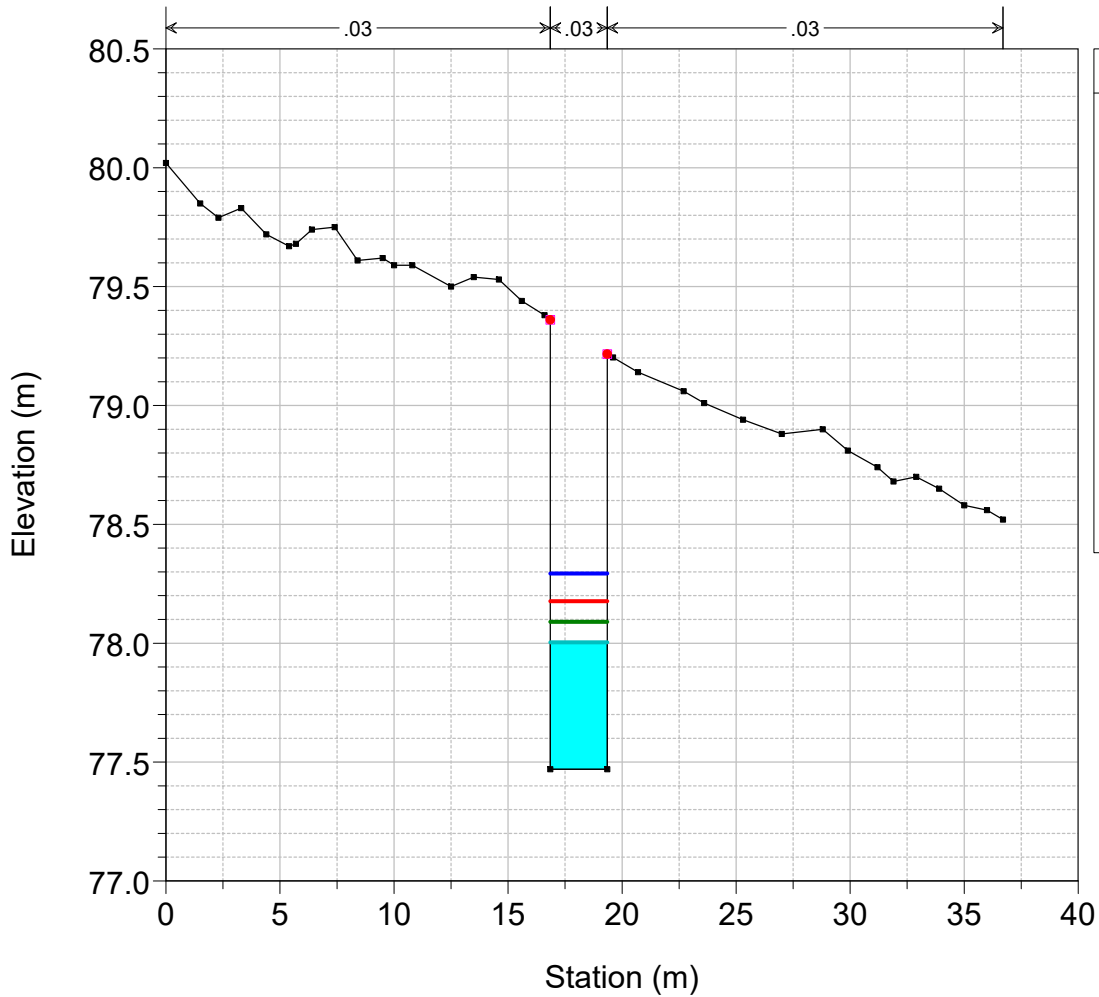


*Sezioni di calcolo con livelli idrici*

RS = 900

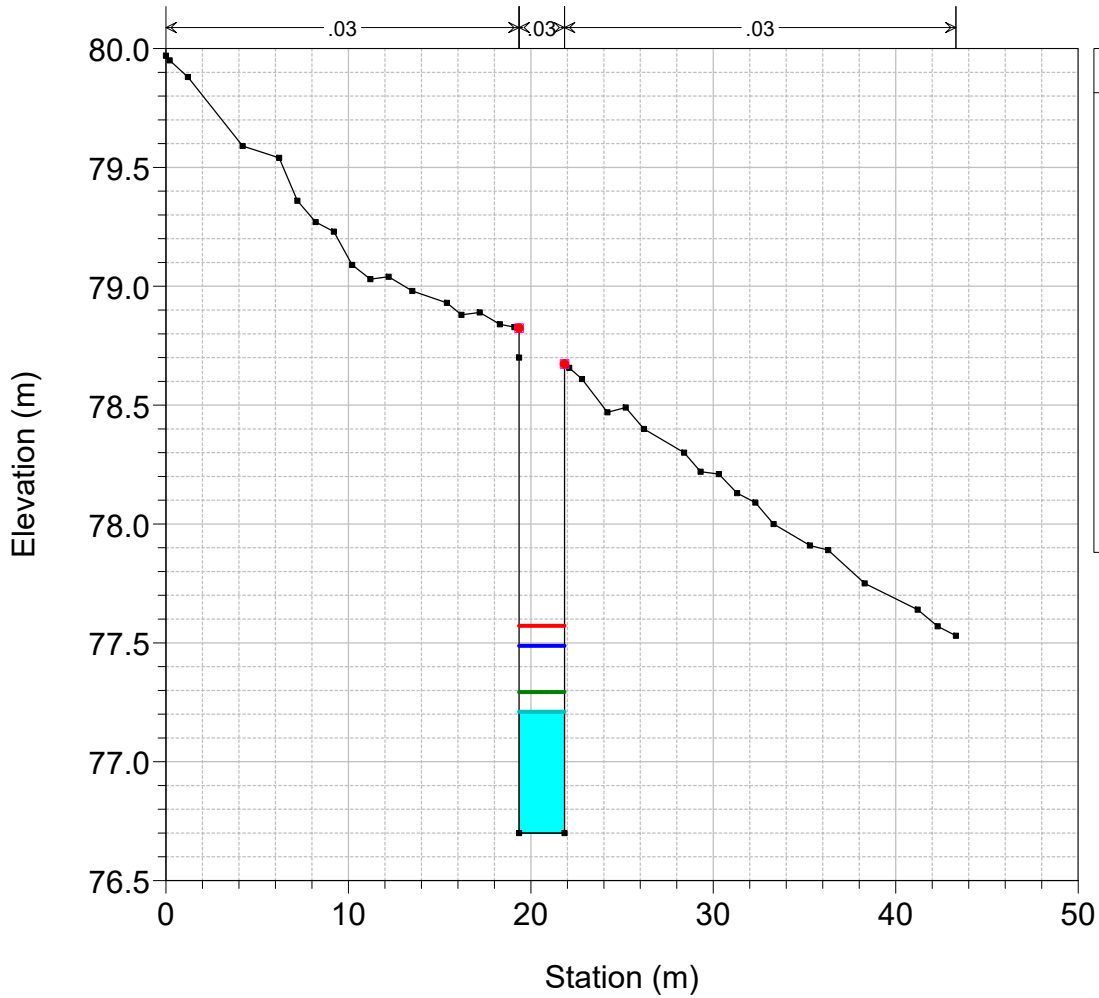


RS = 974

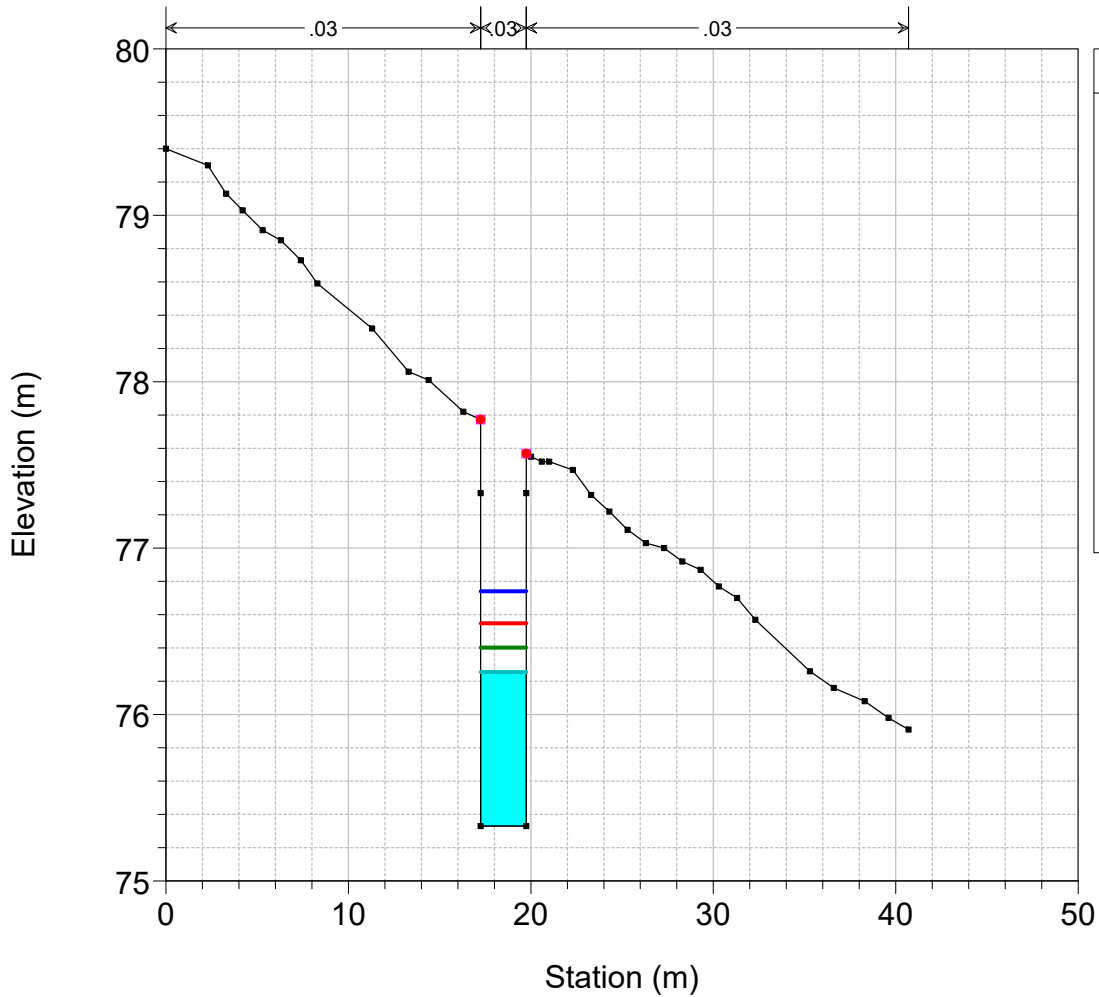




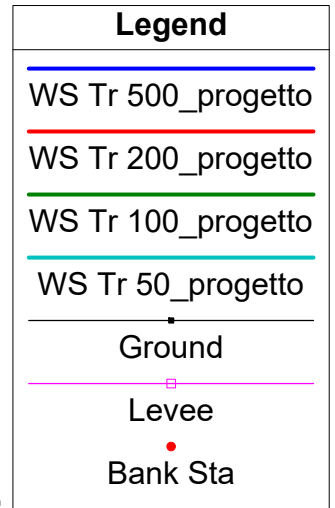
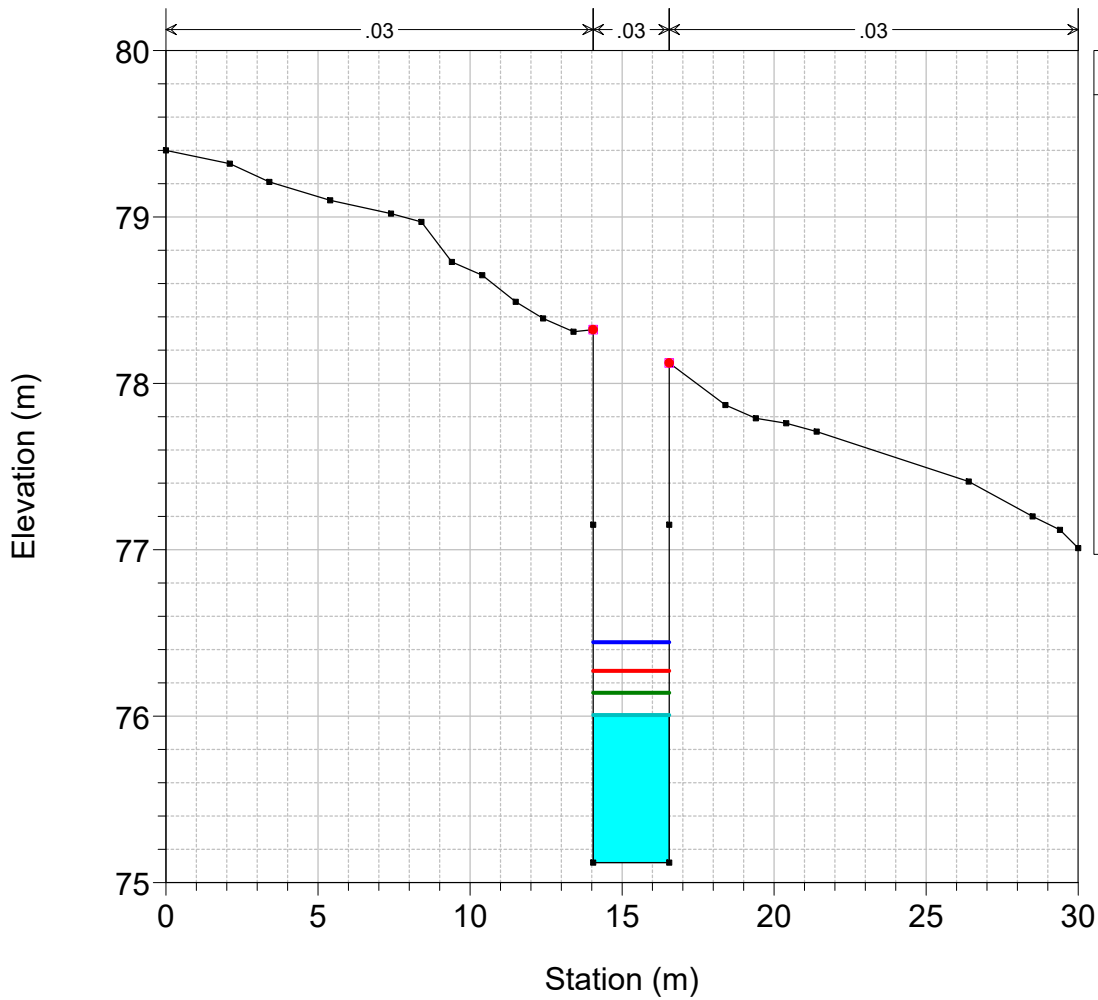
RS = 943



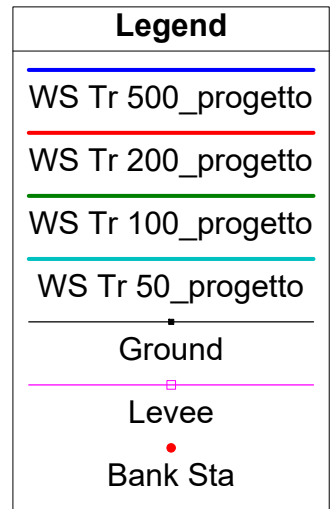
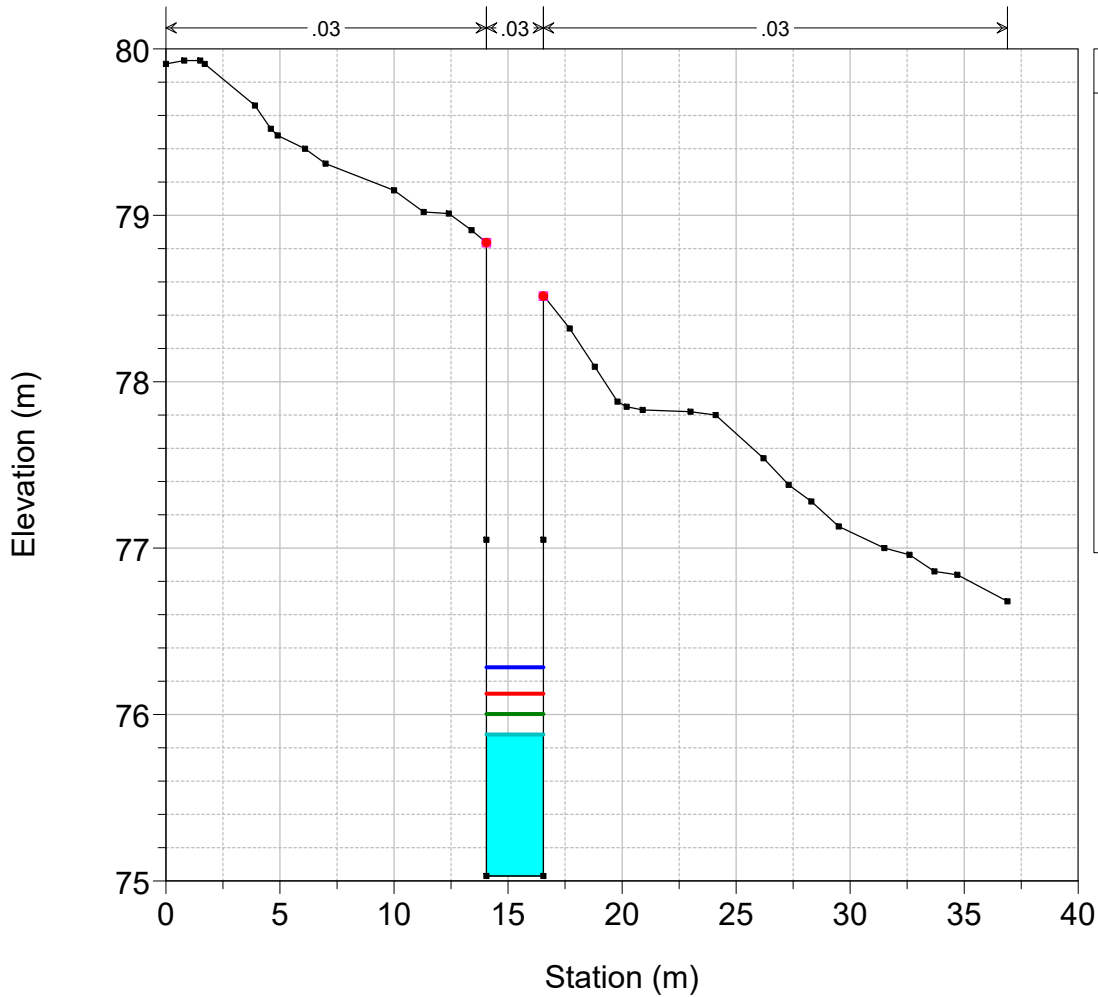
RS = 855



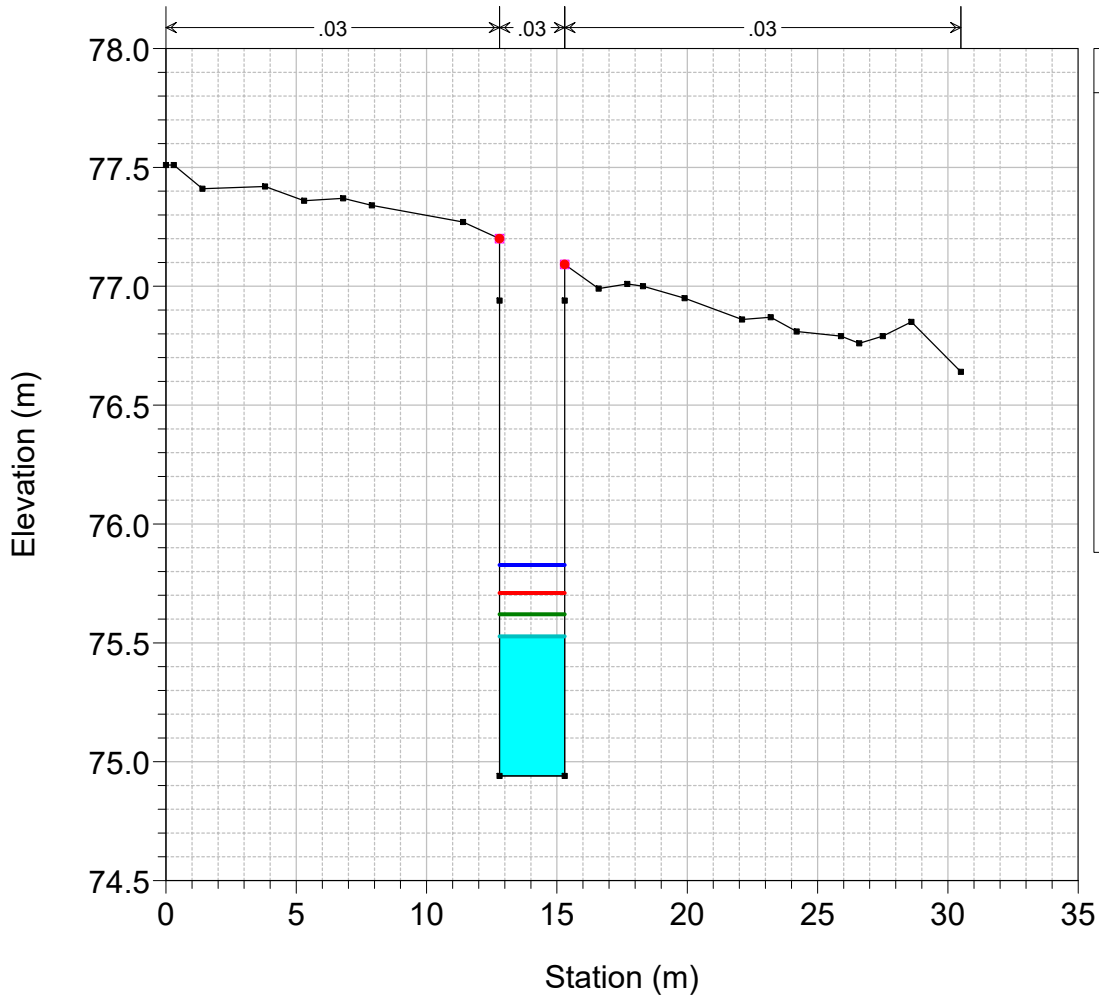
RS = 810



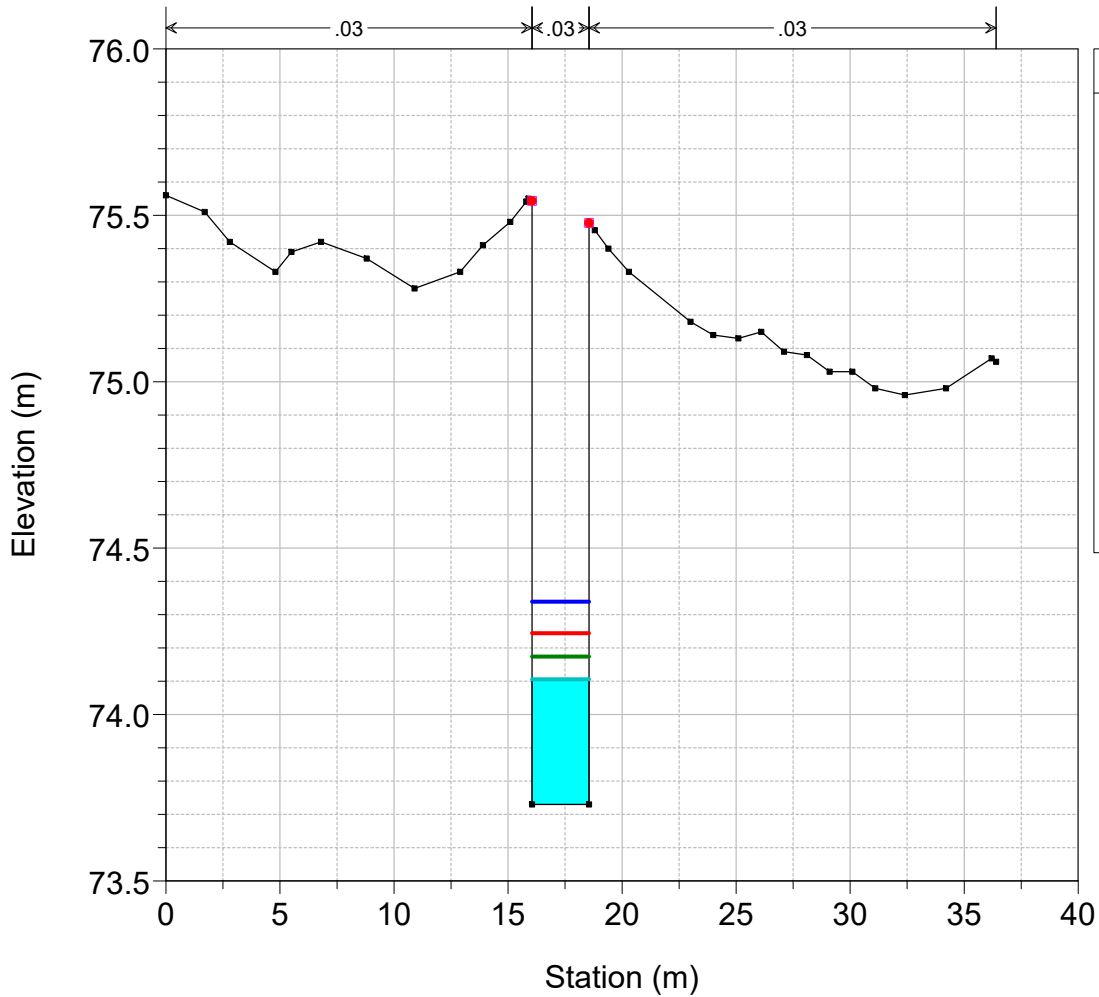
RS = 791



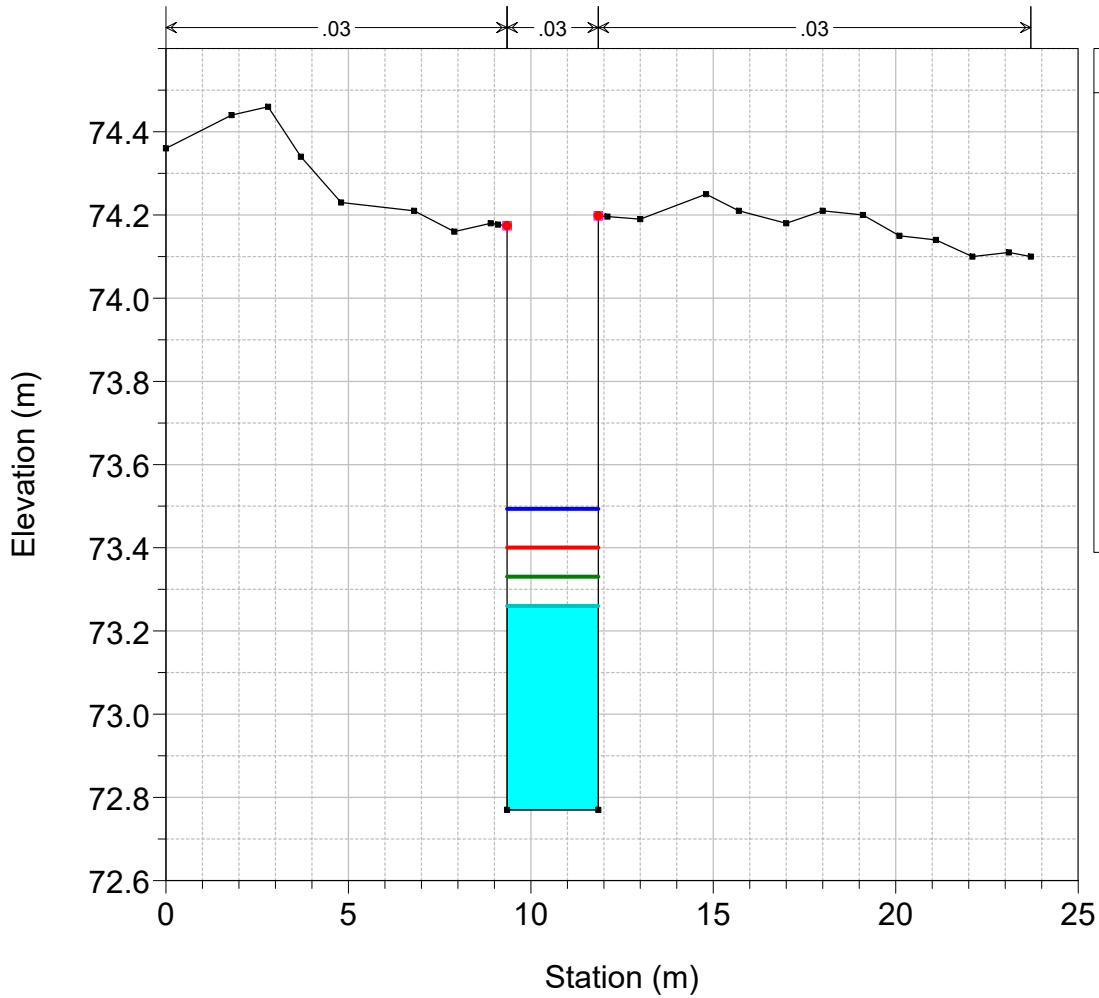
RS = 772



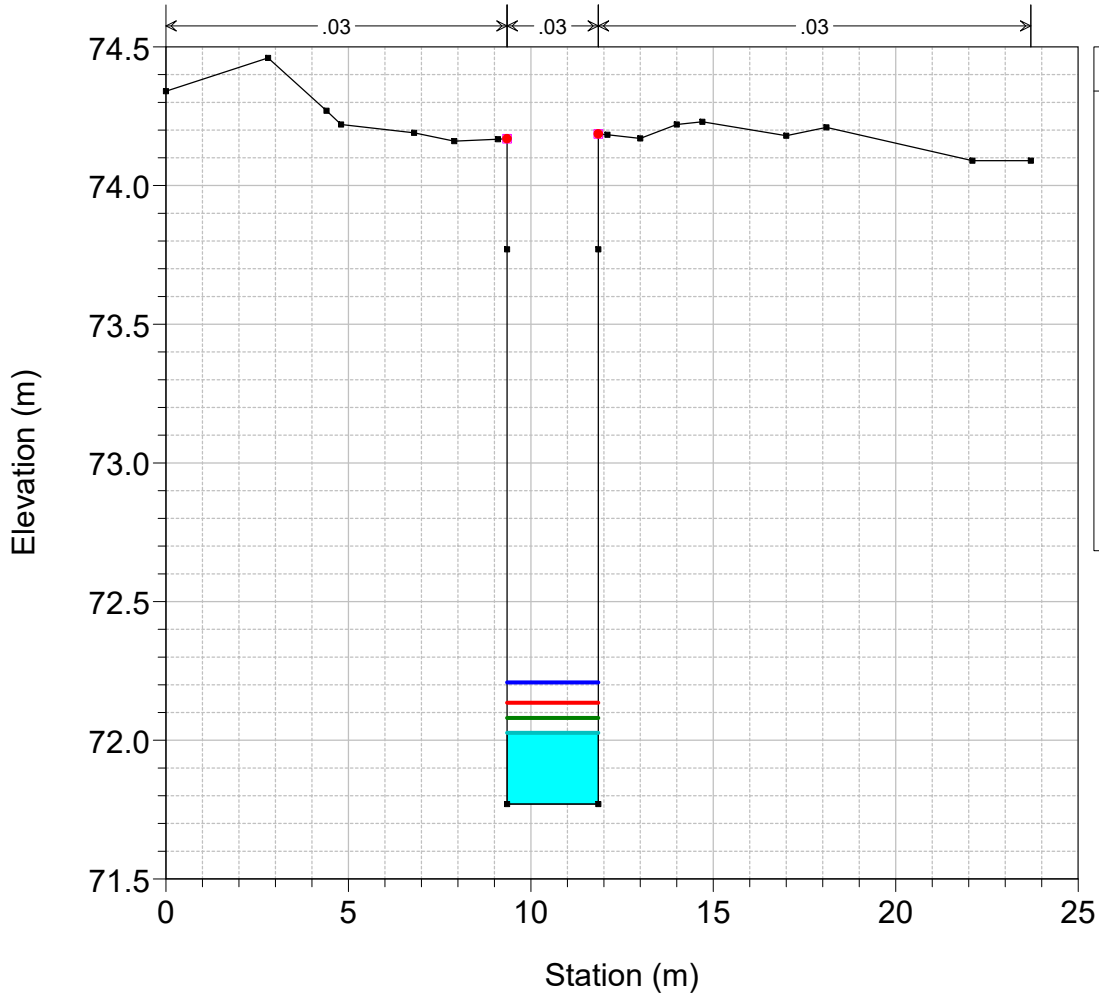
RS = 742



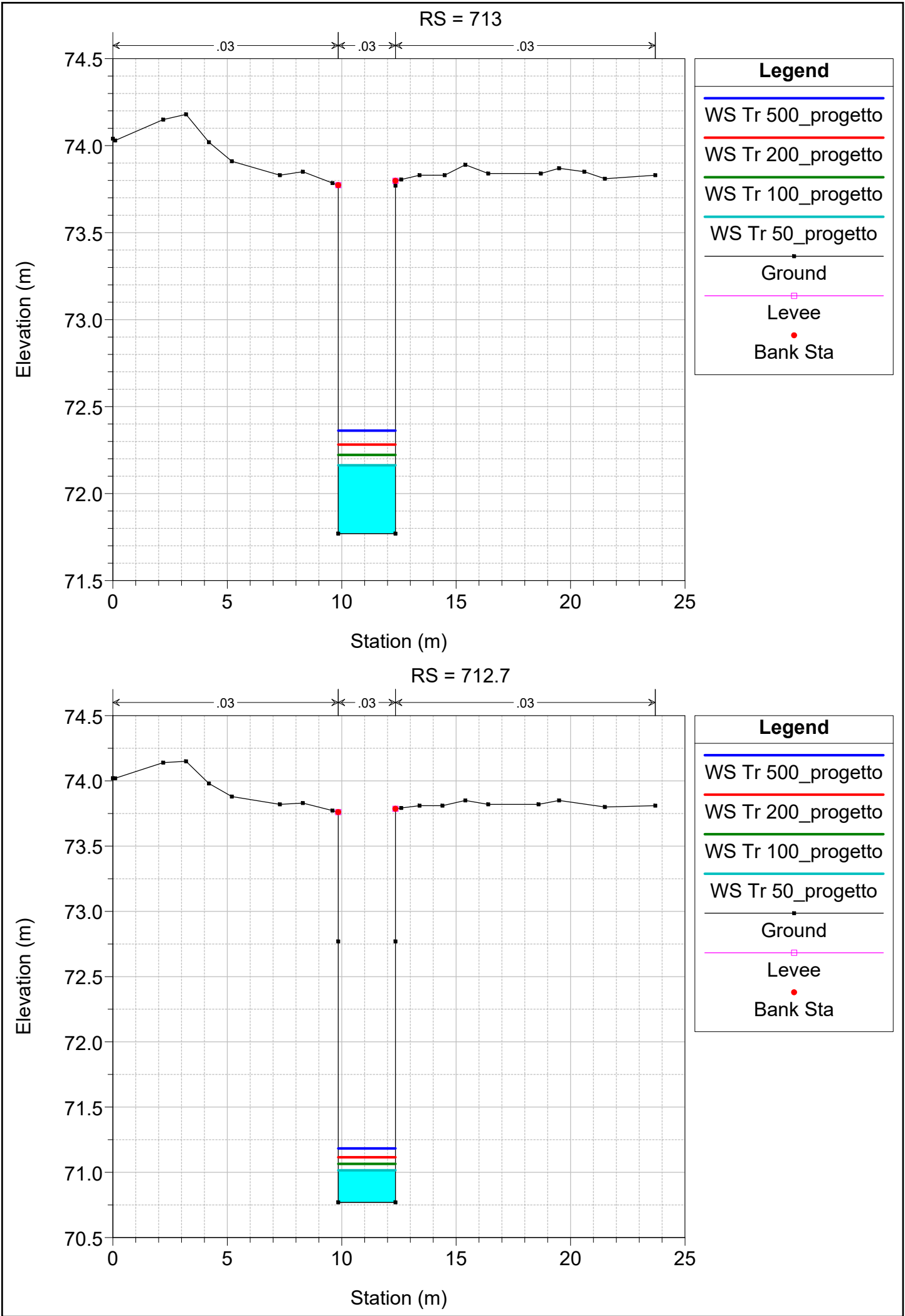
RS = 718



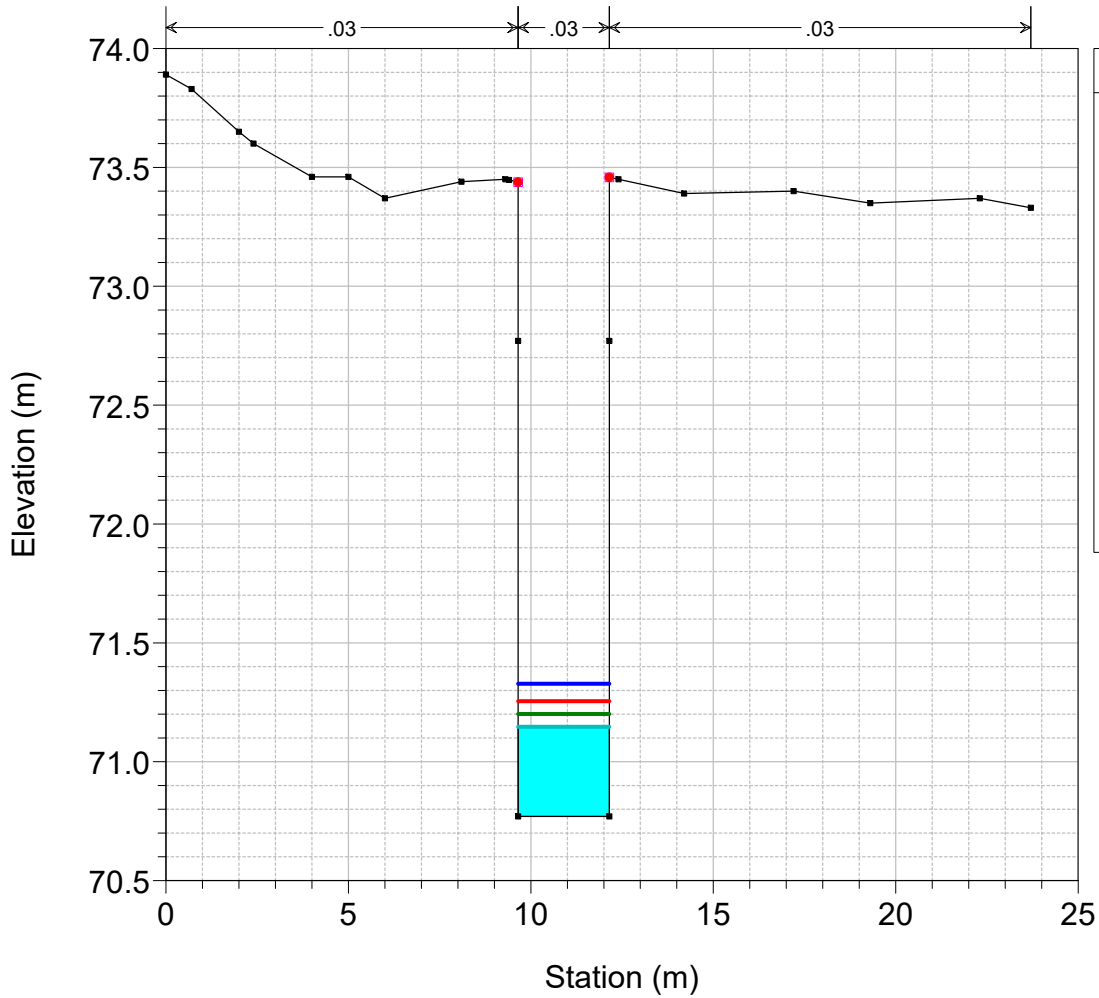
RS = 717.7



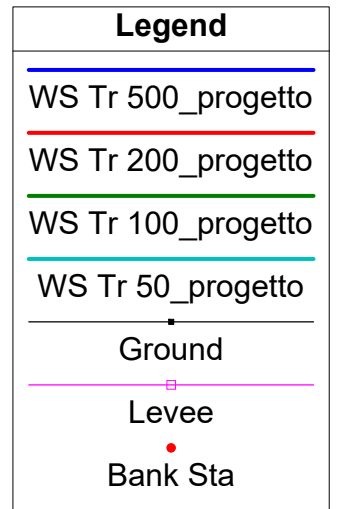
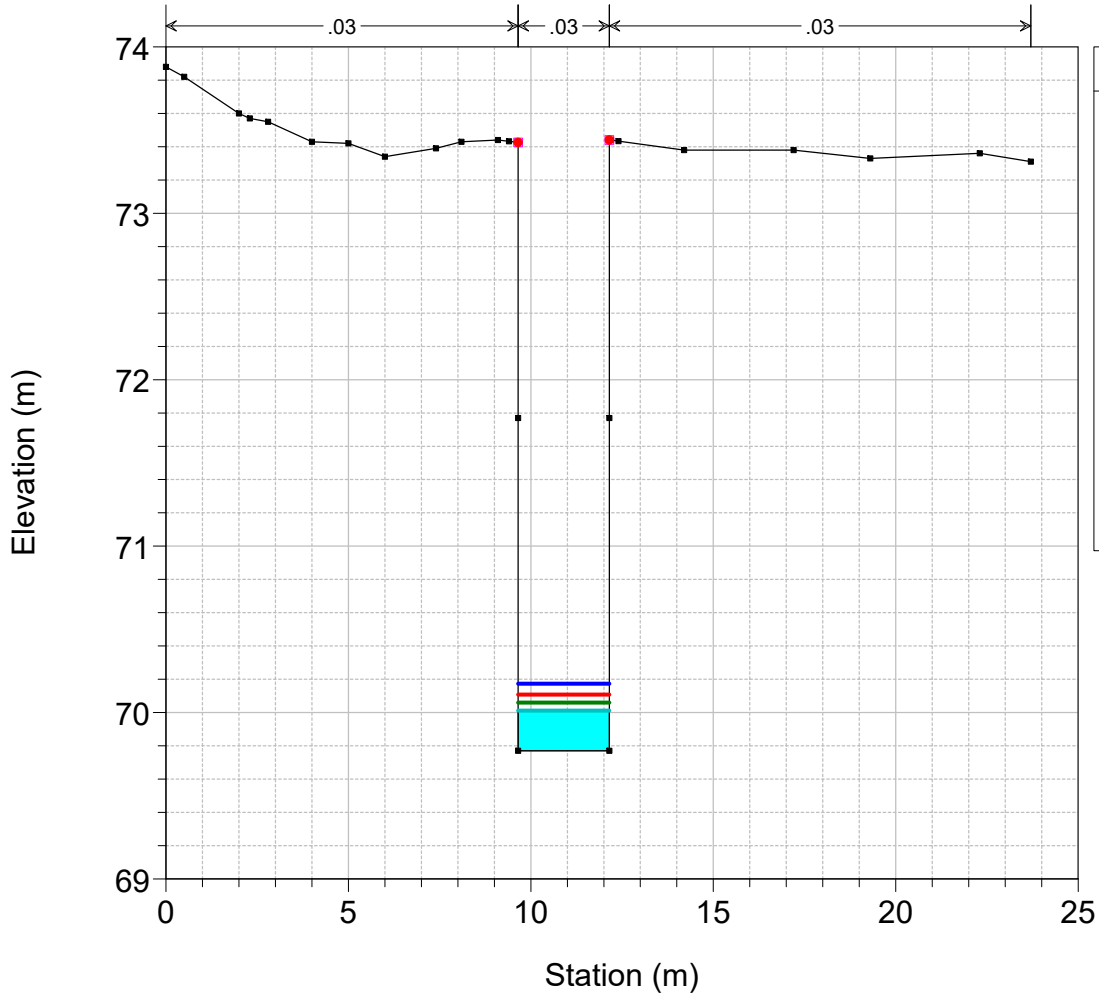




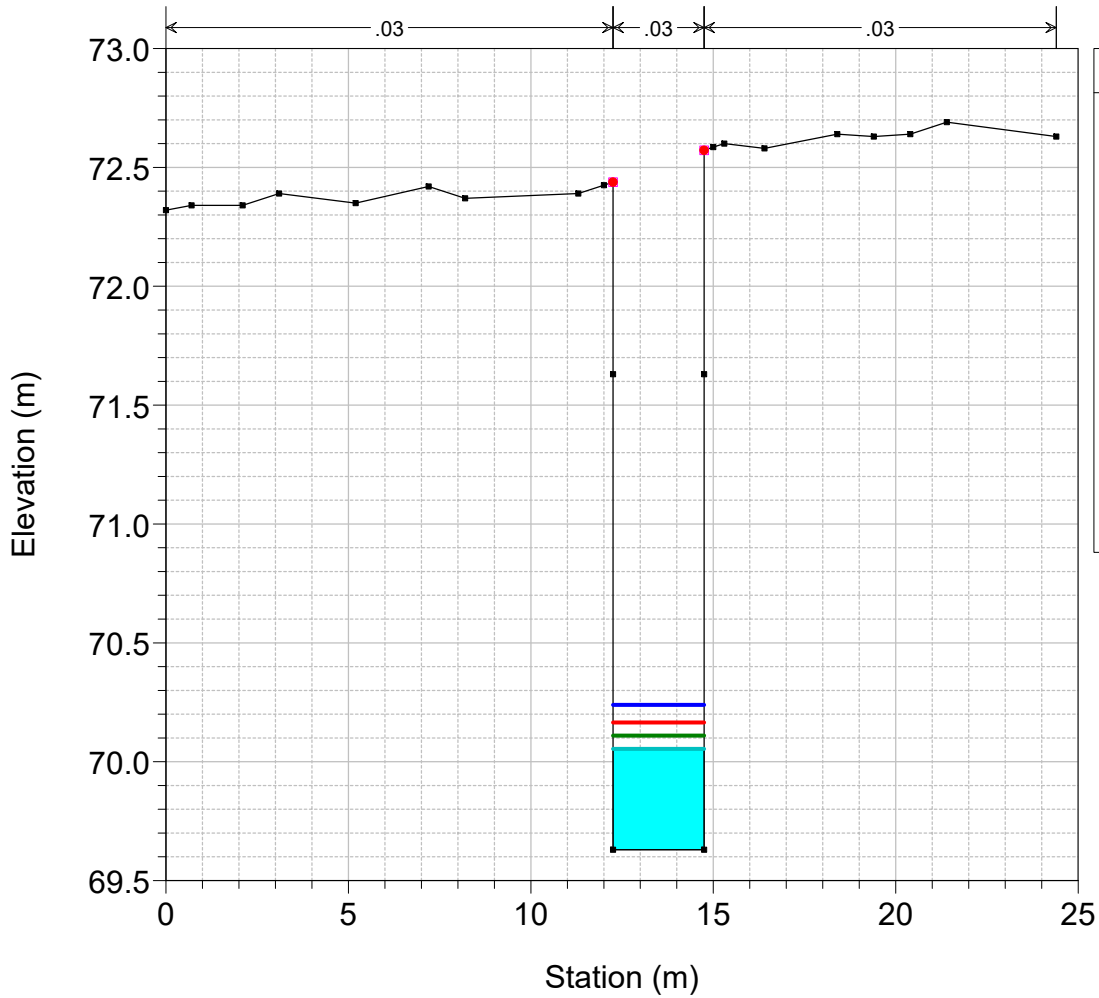
RS = 708



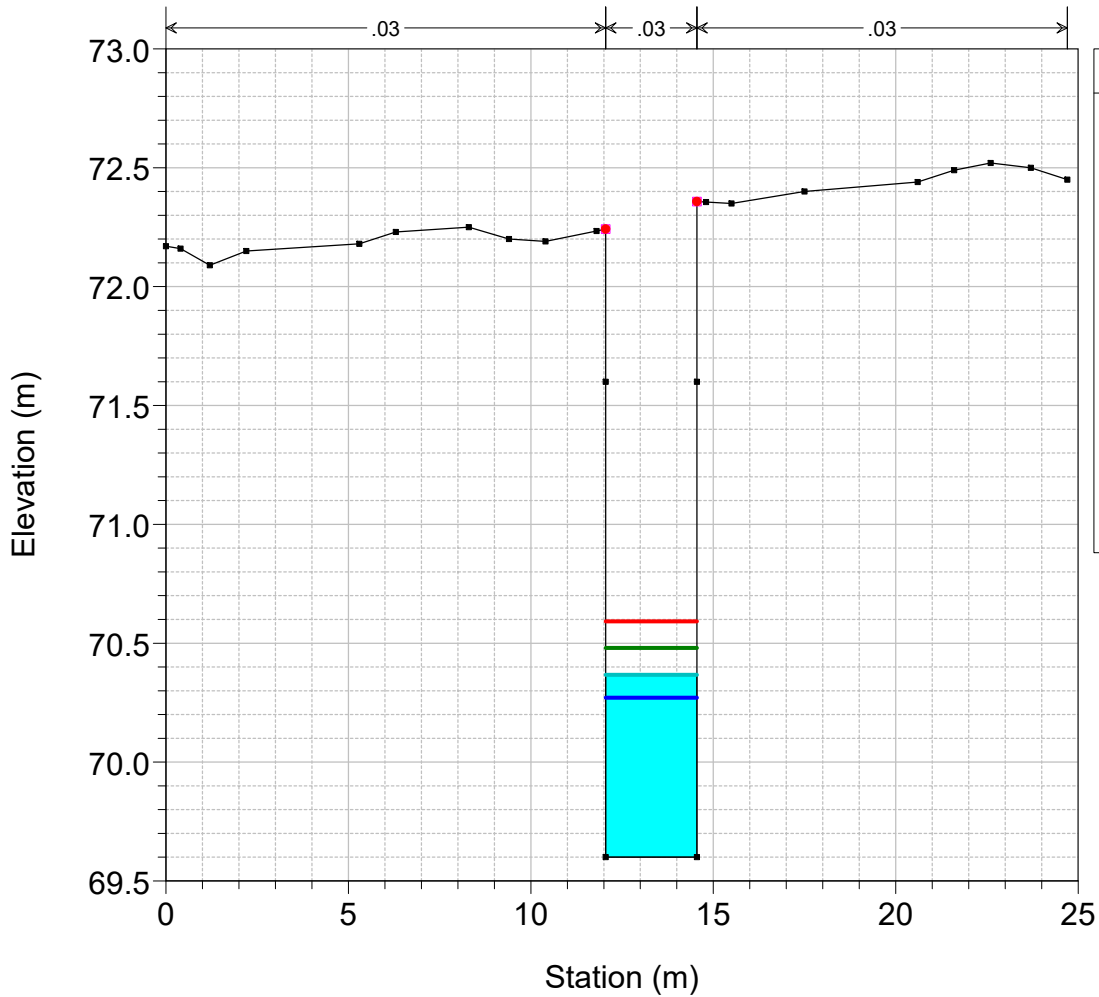
RS = 707.7



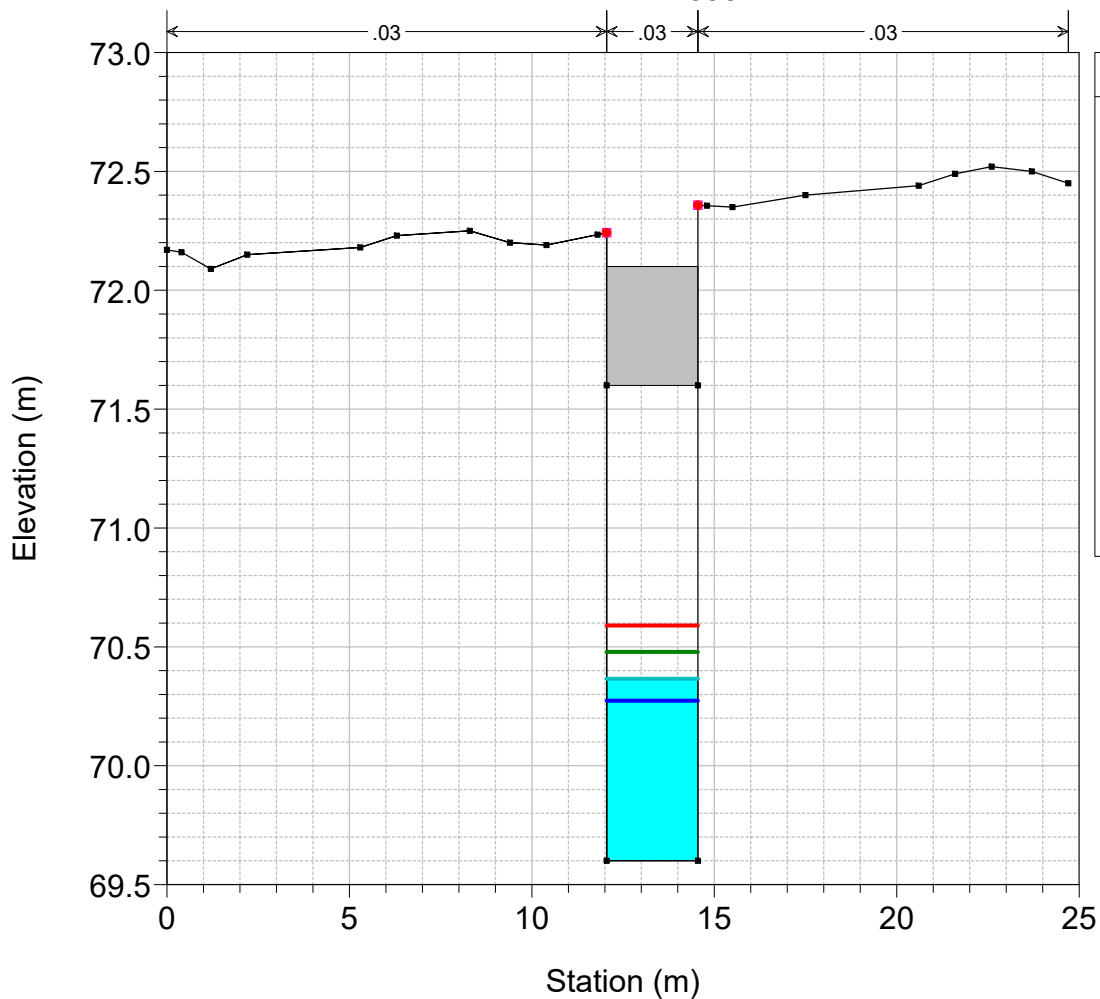
RS = 699



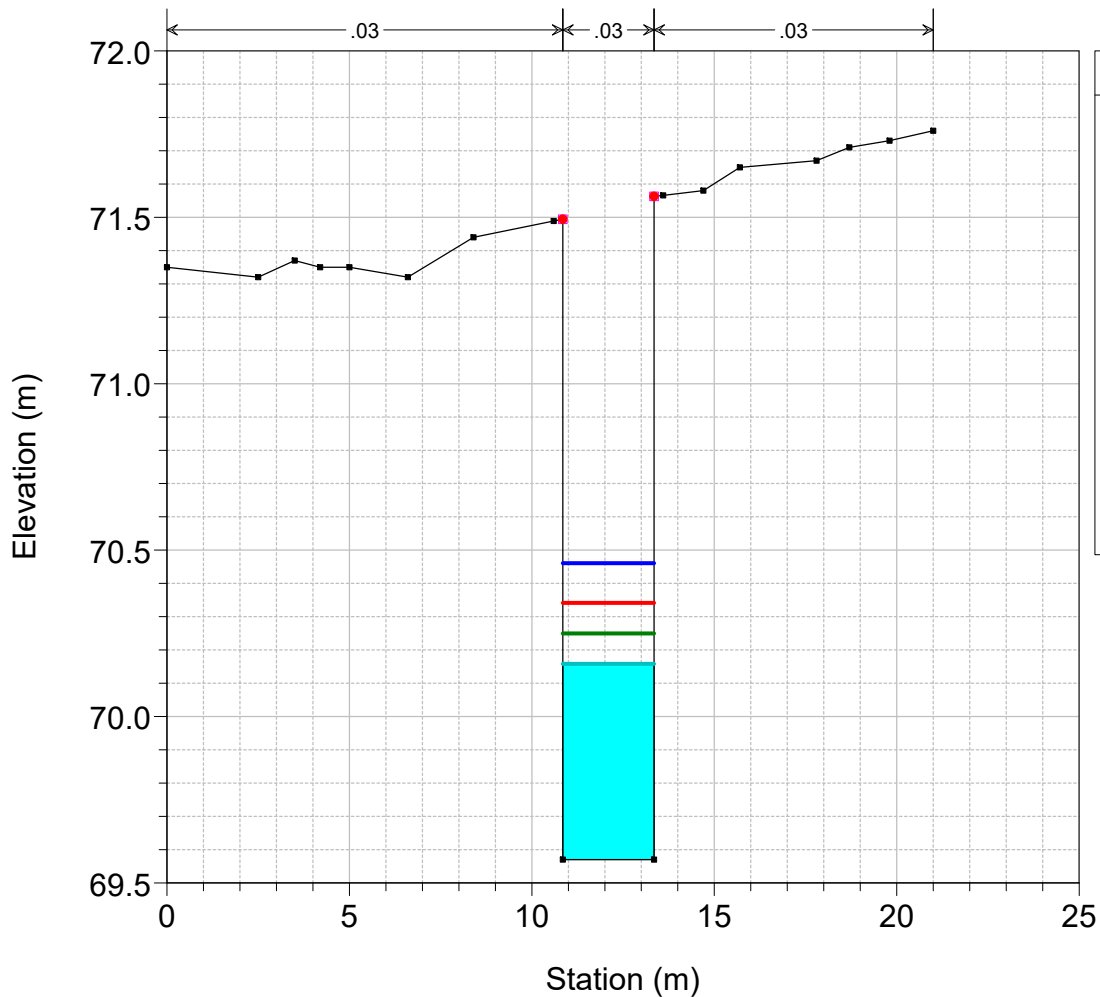
RS = 697



RS = 693 BR

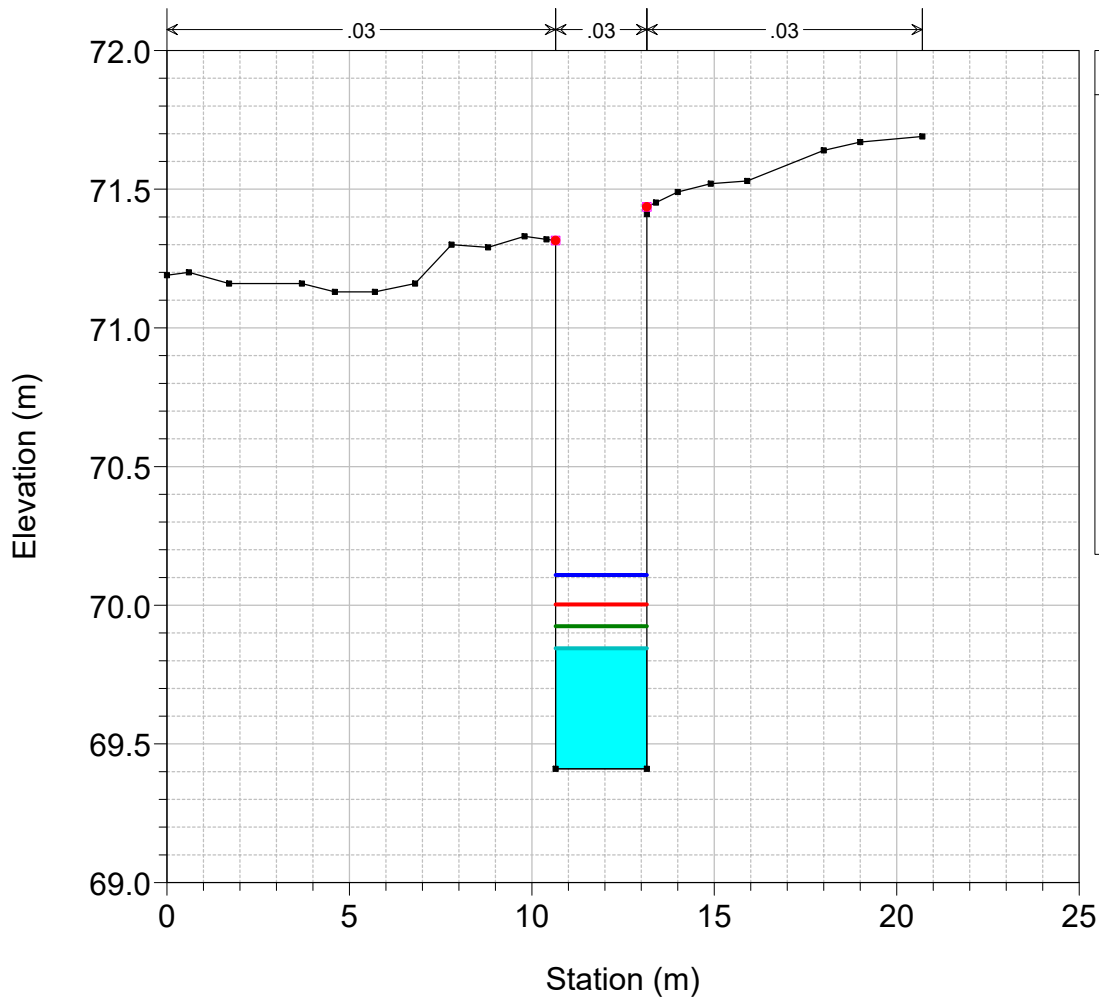


RS = 690

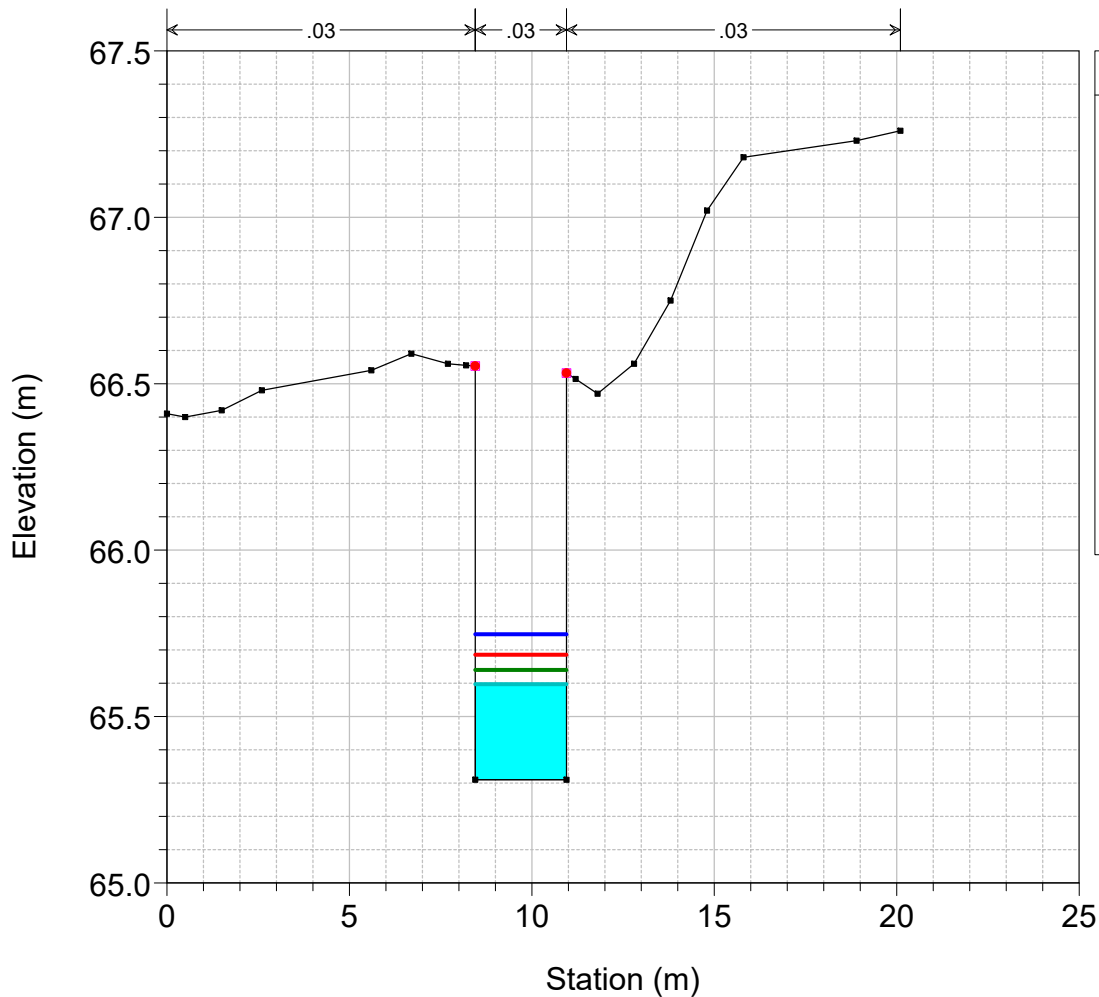


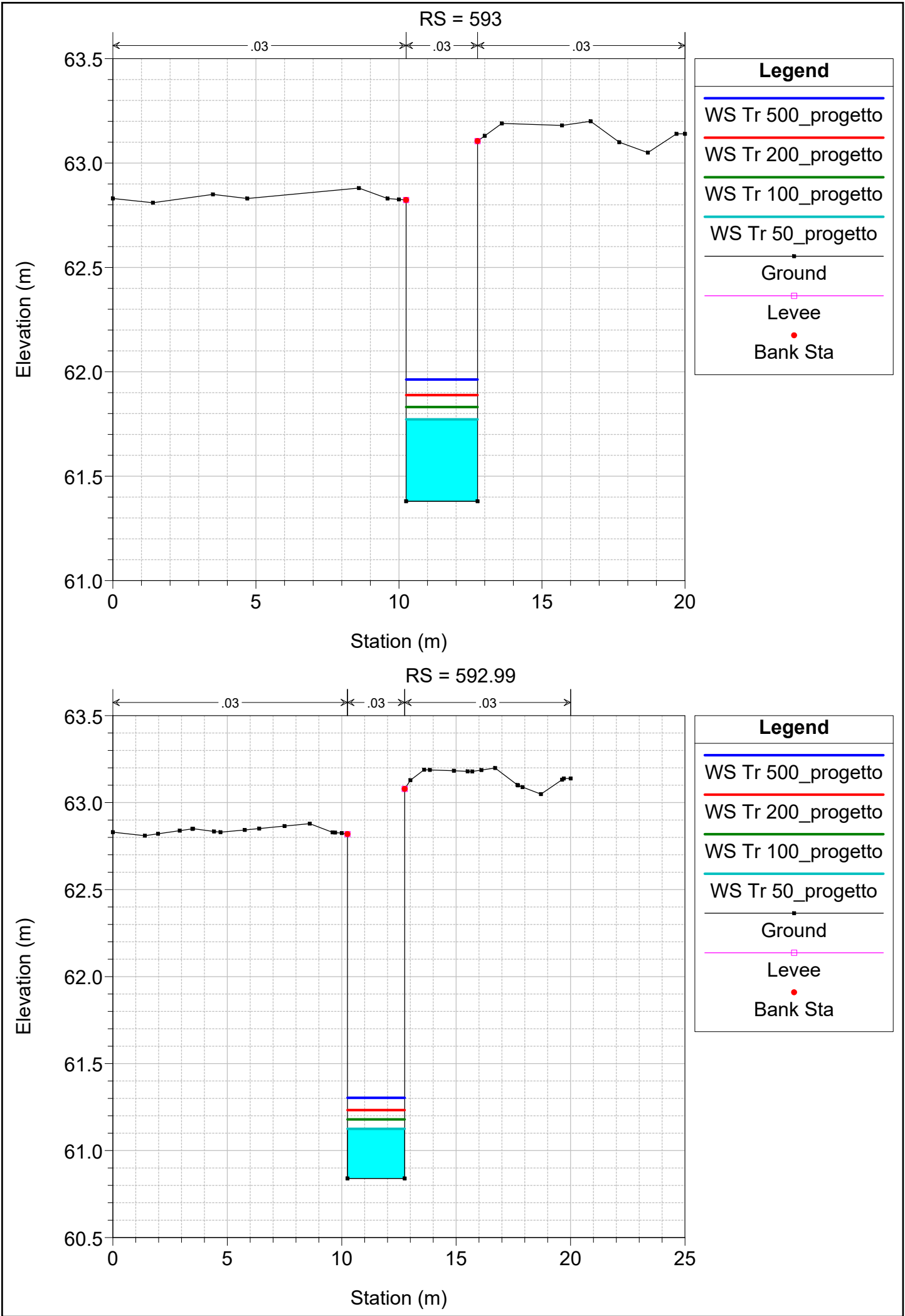


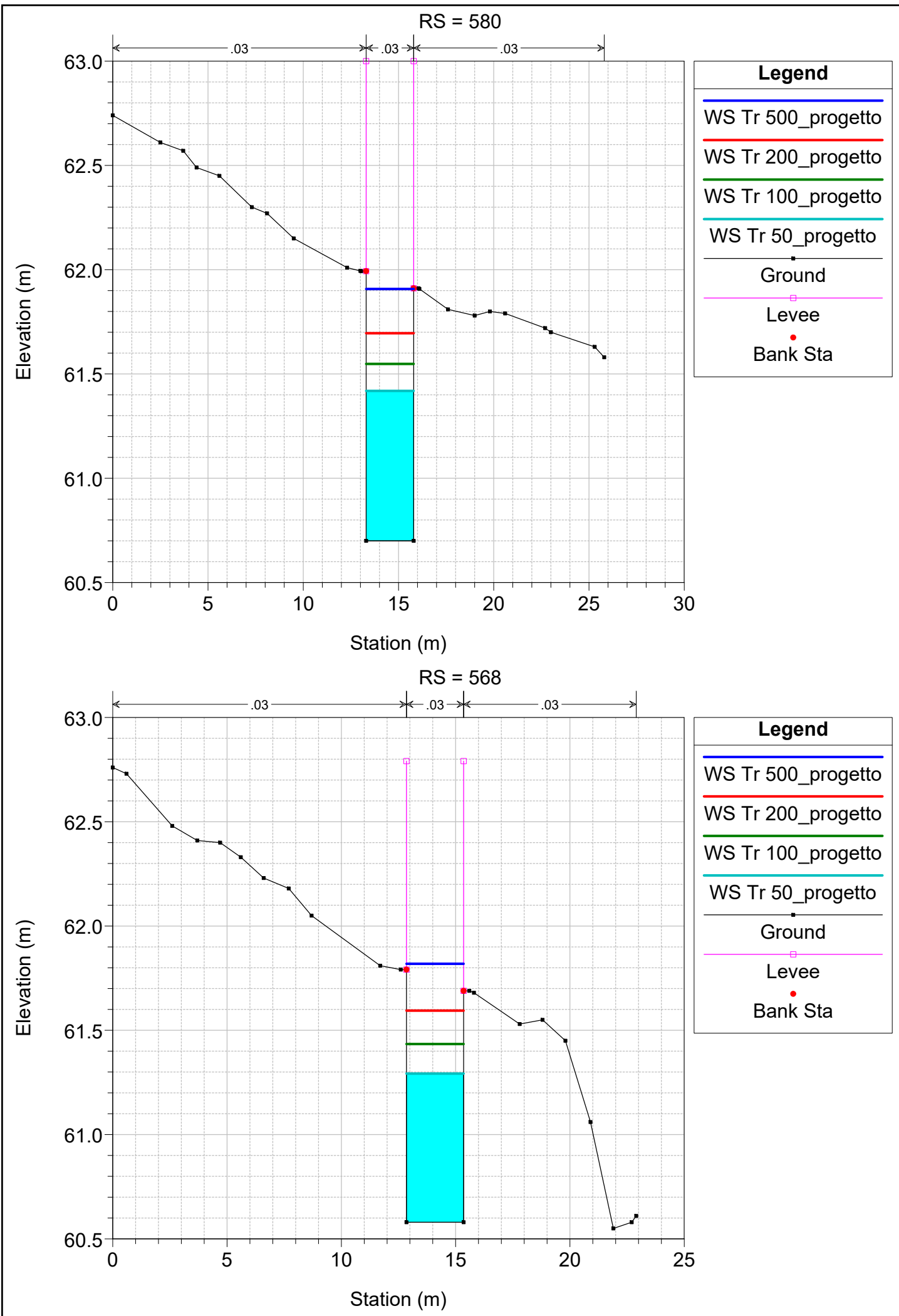
RS = 688



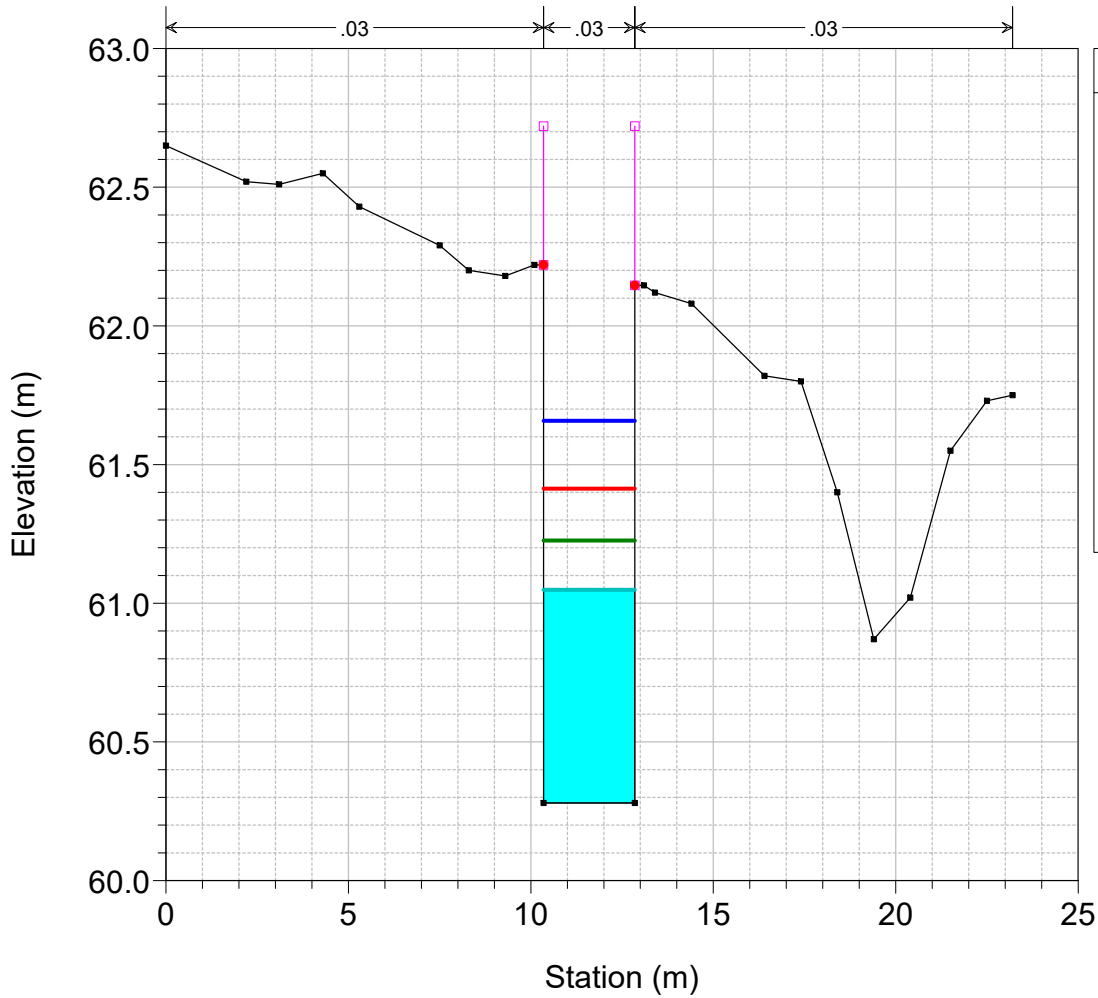
RS = 640



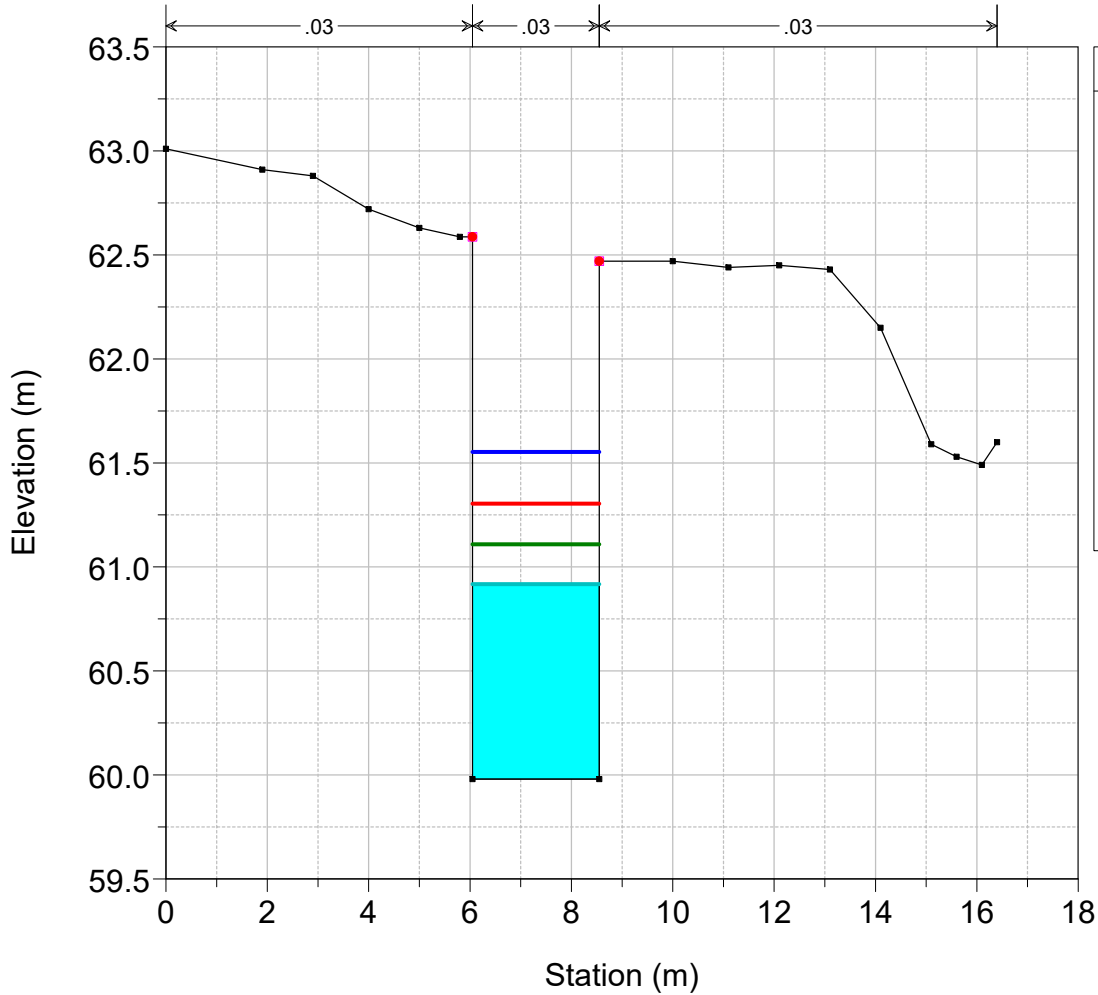




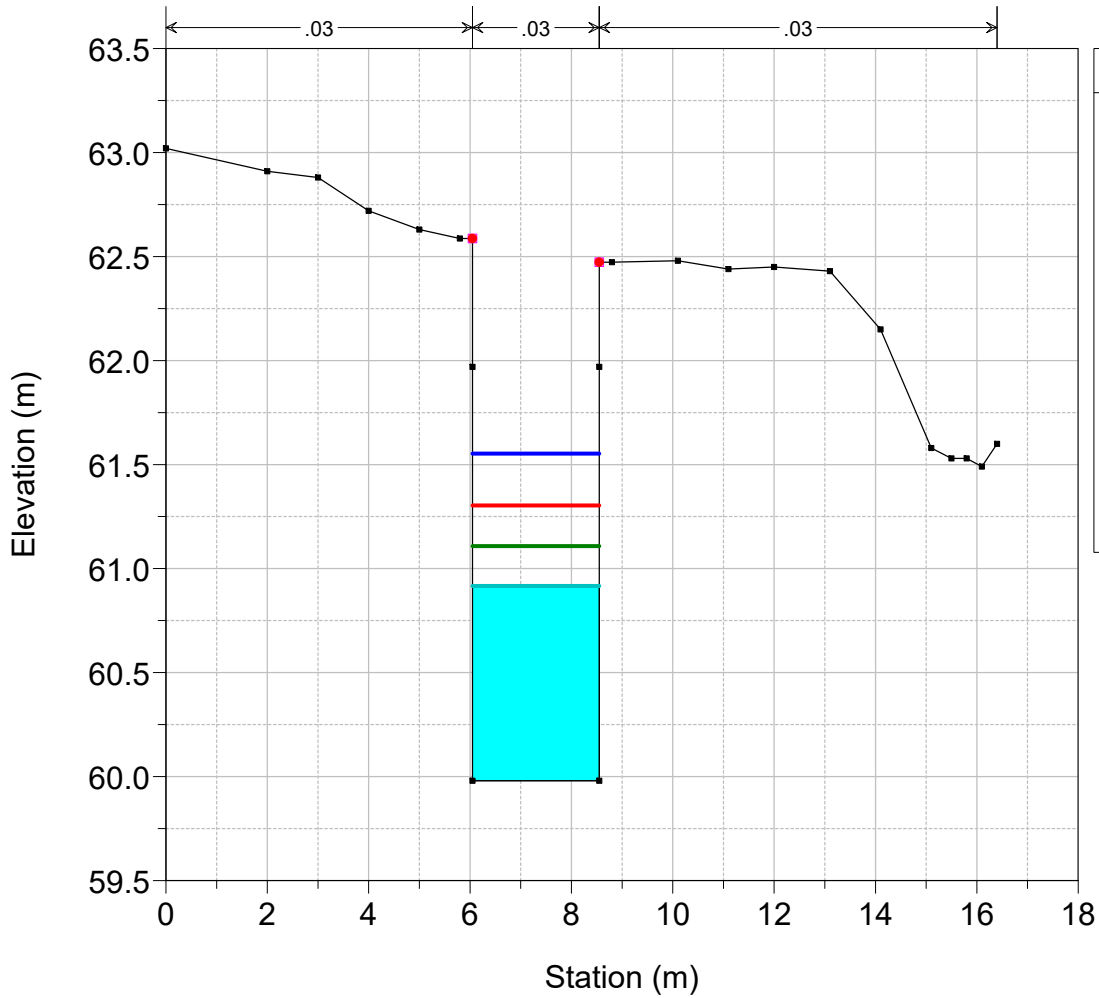
RS = 538



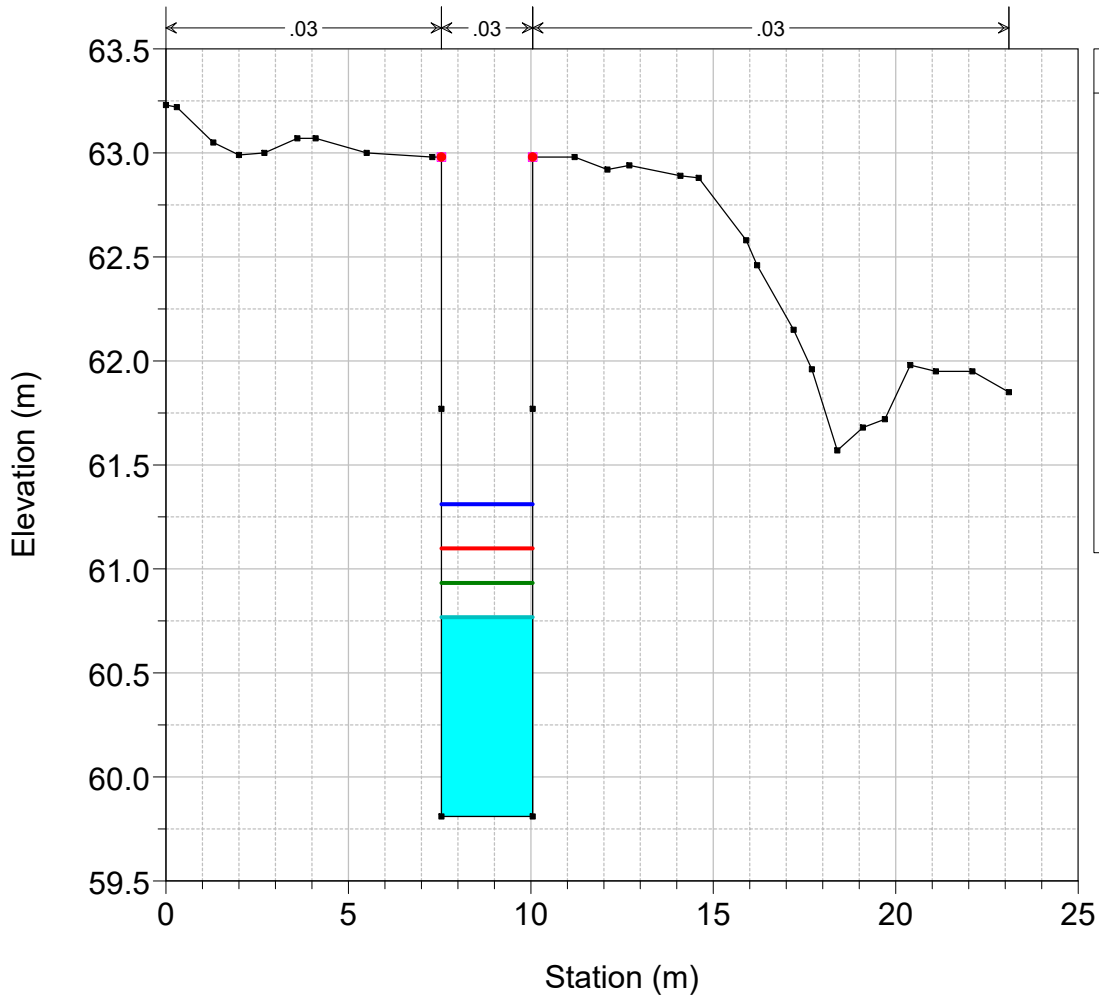
RS = 510.2



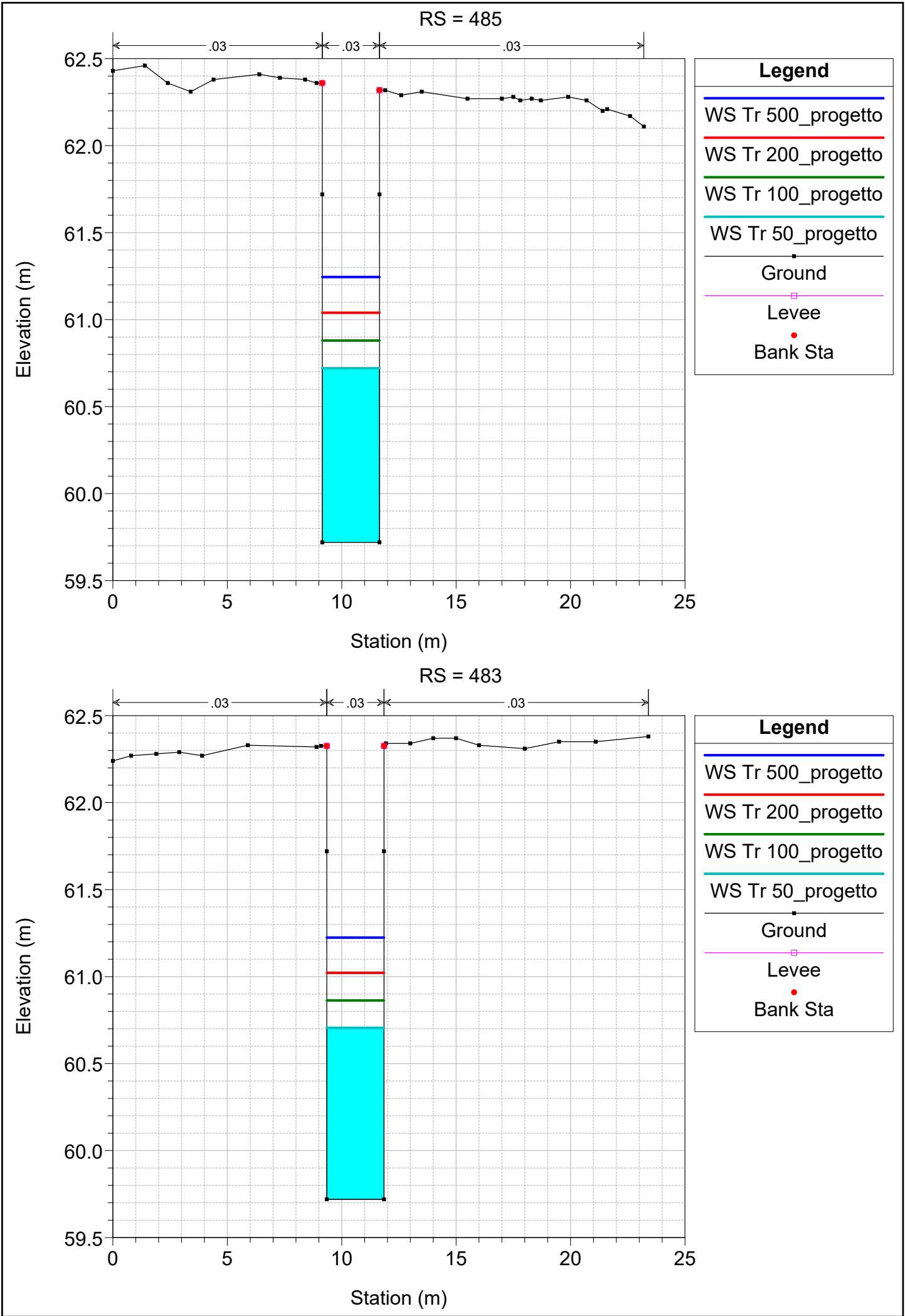
RS = 510



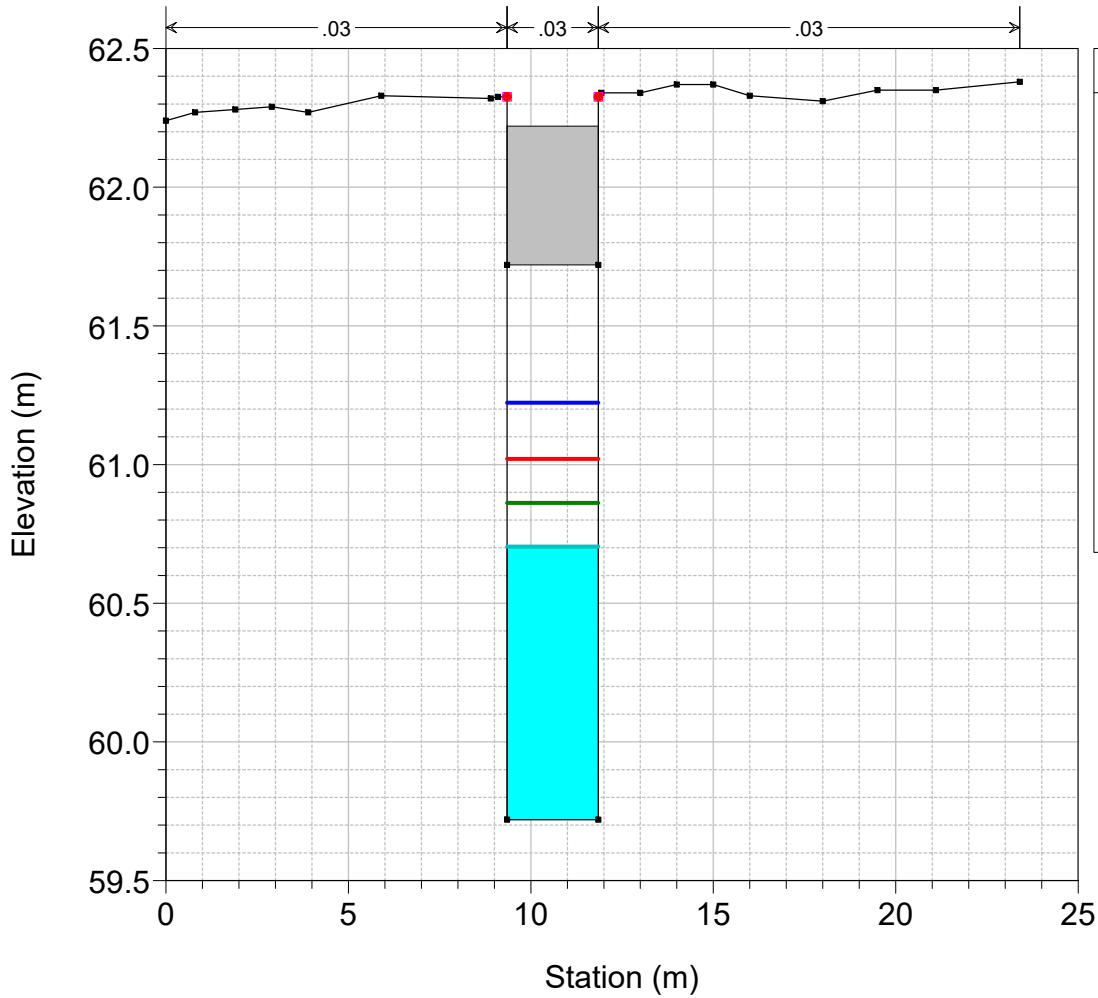
RS = 494



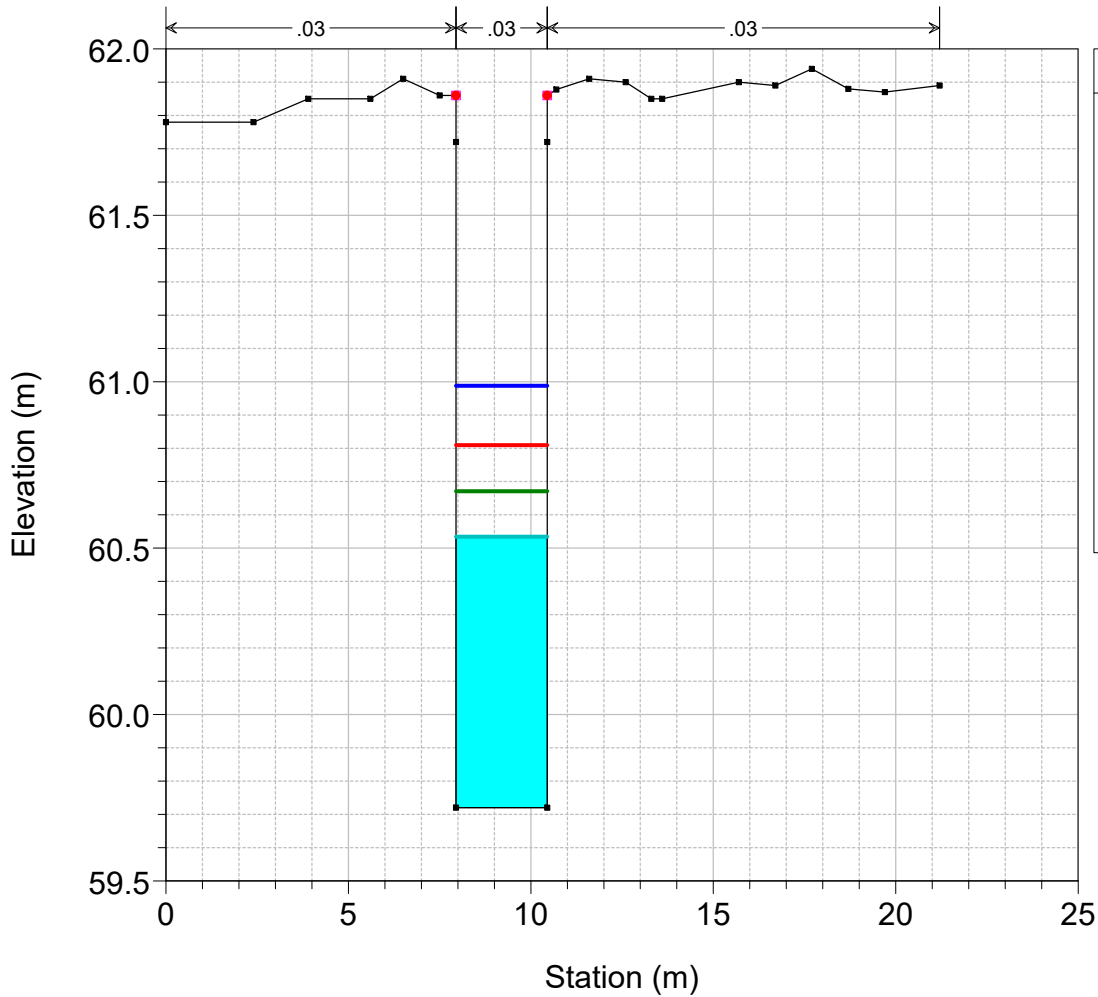




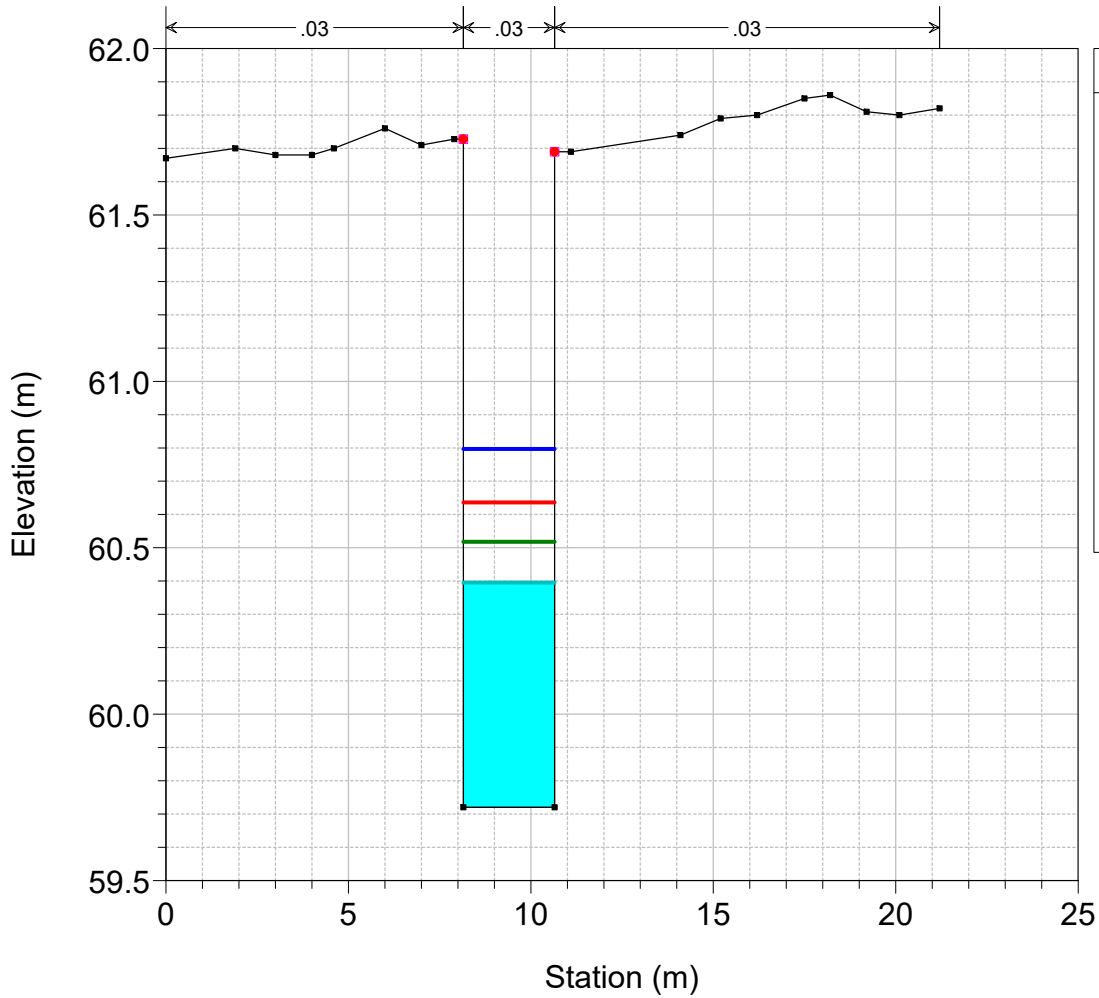
RS = 478 BR



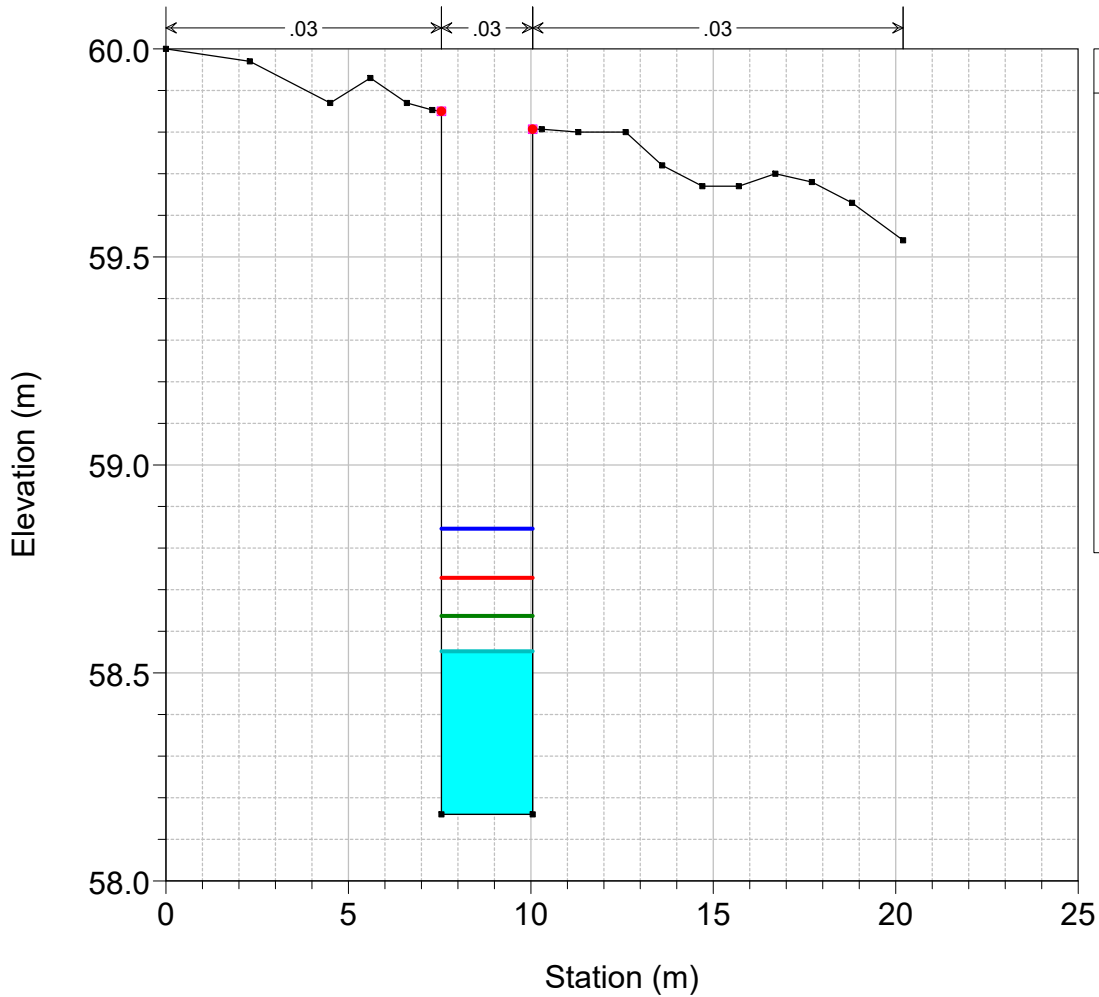
RS = 472



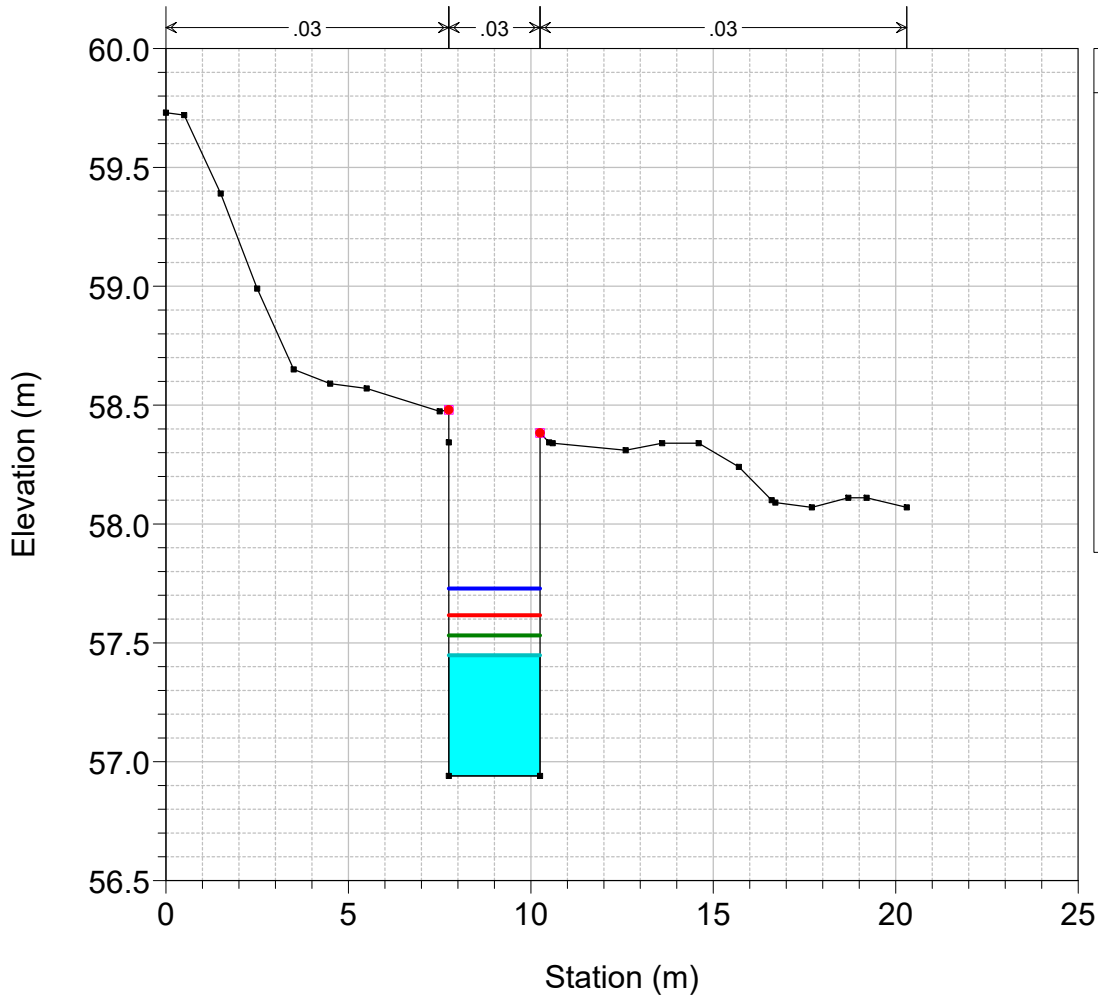
RS = 470



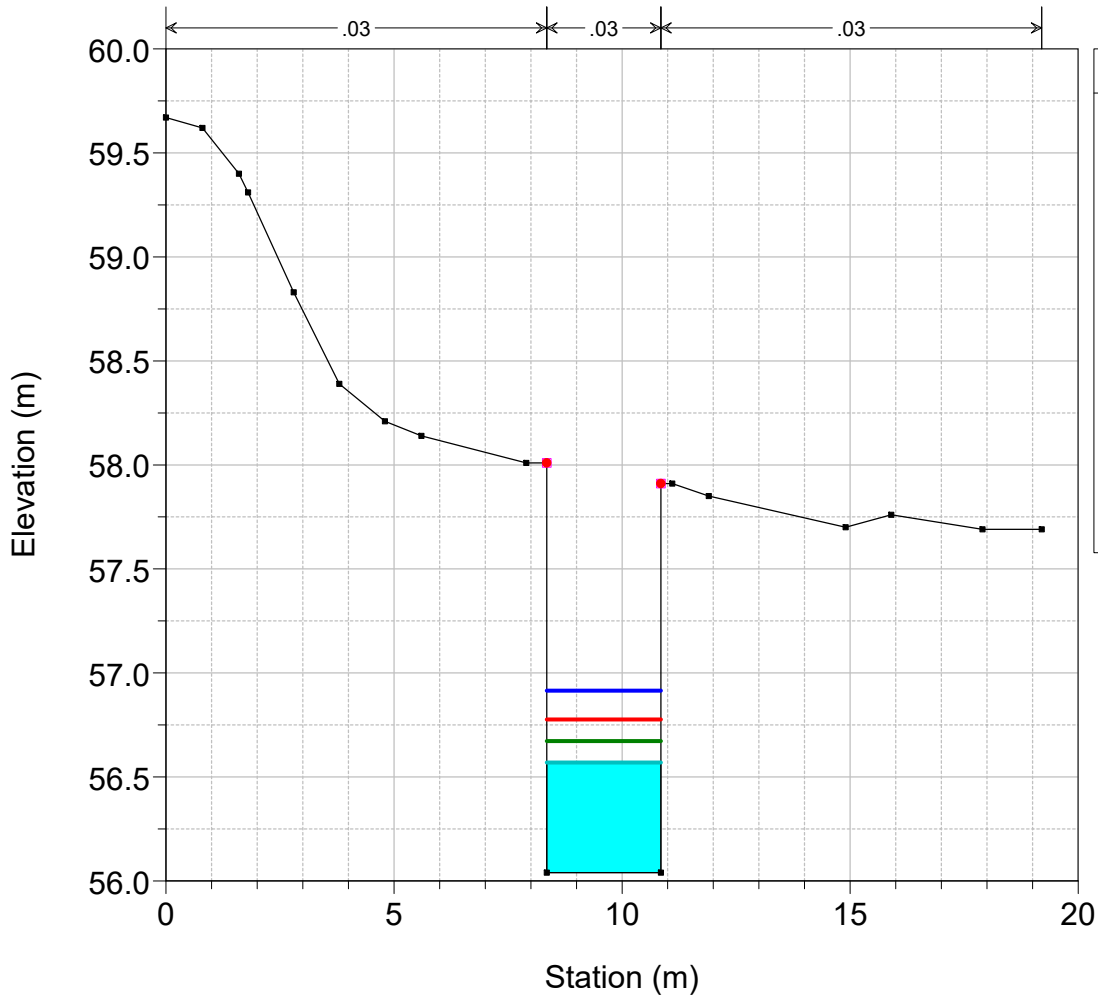
RS = 438

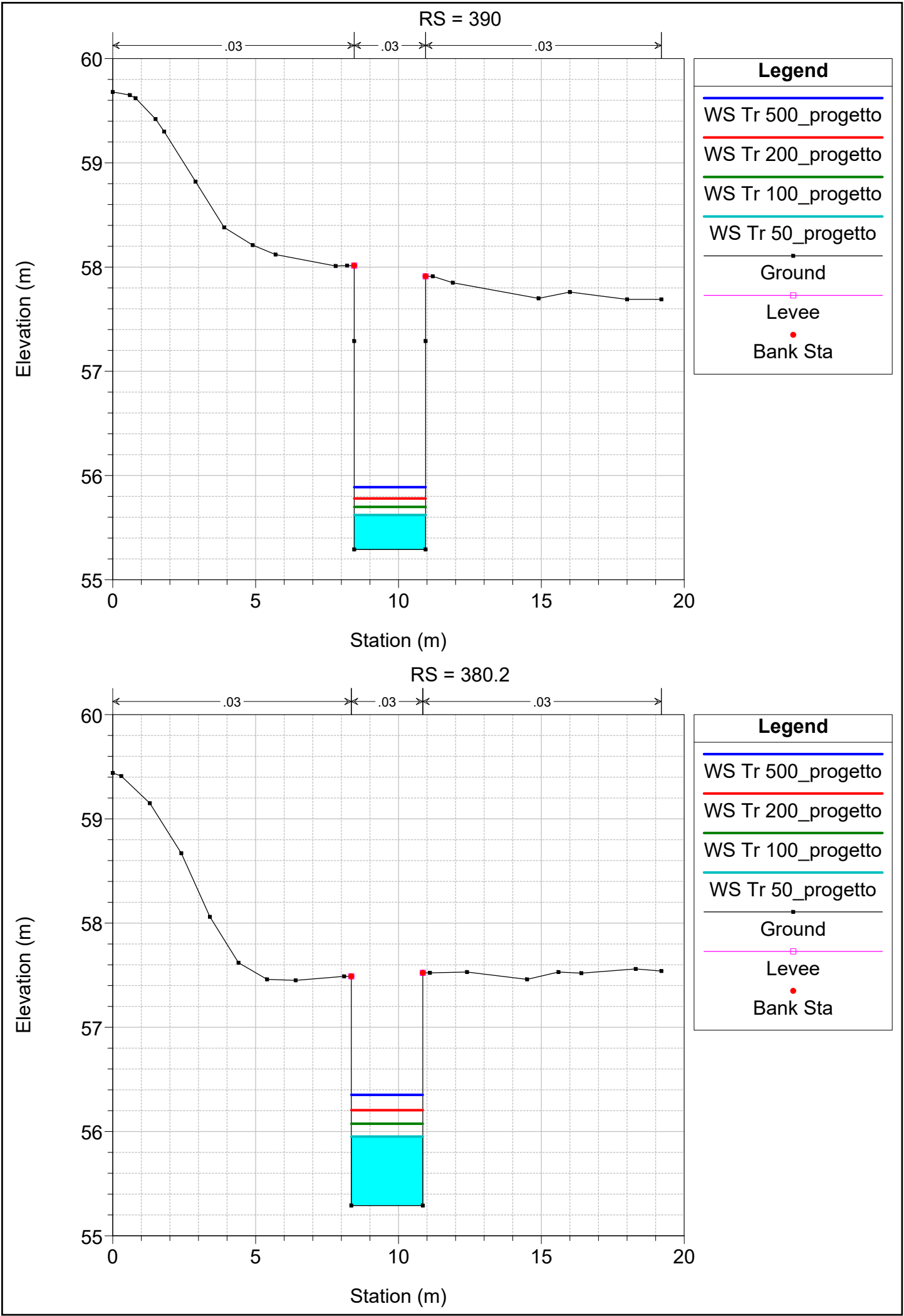


RS = 414

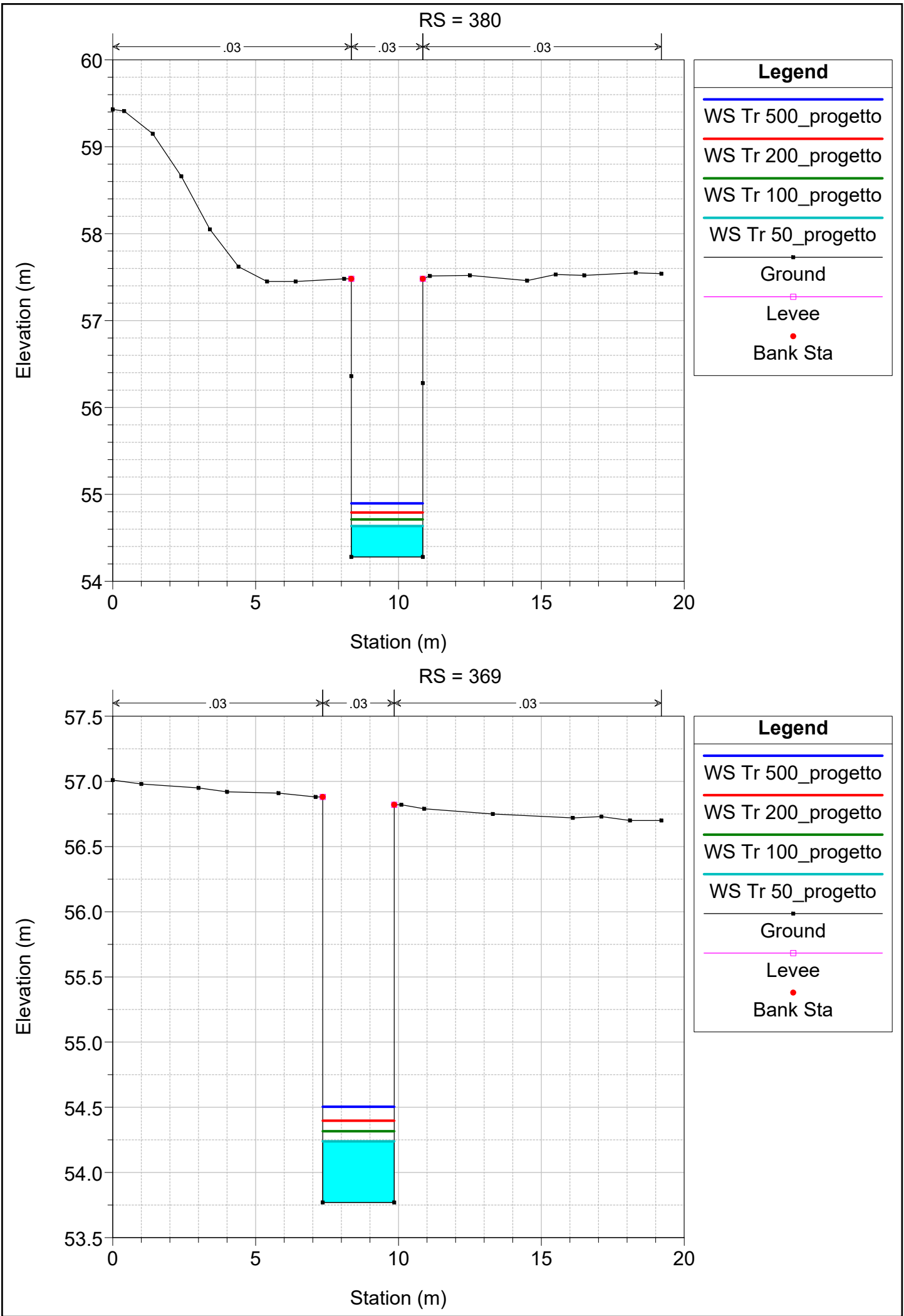


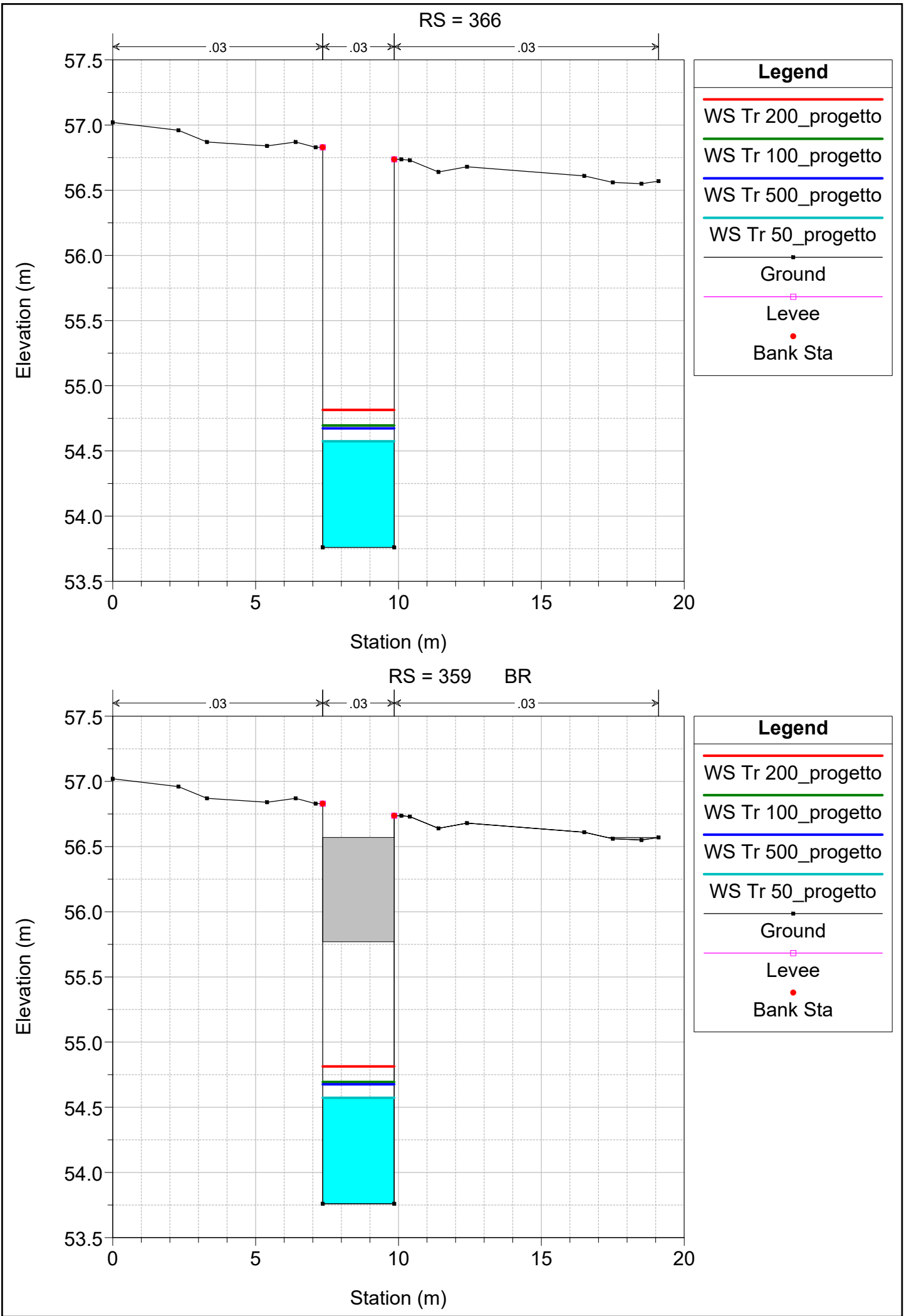
RS = 390.2



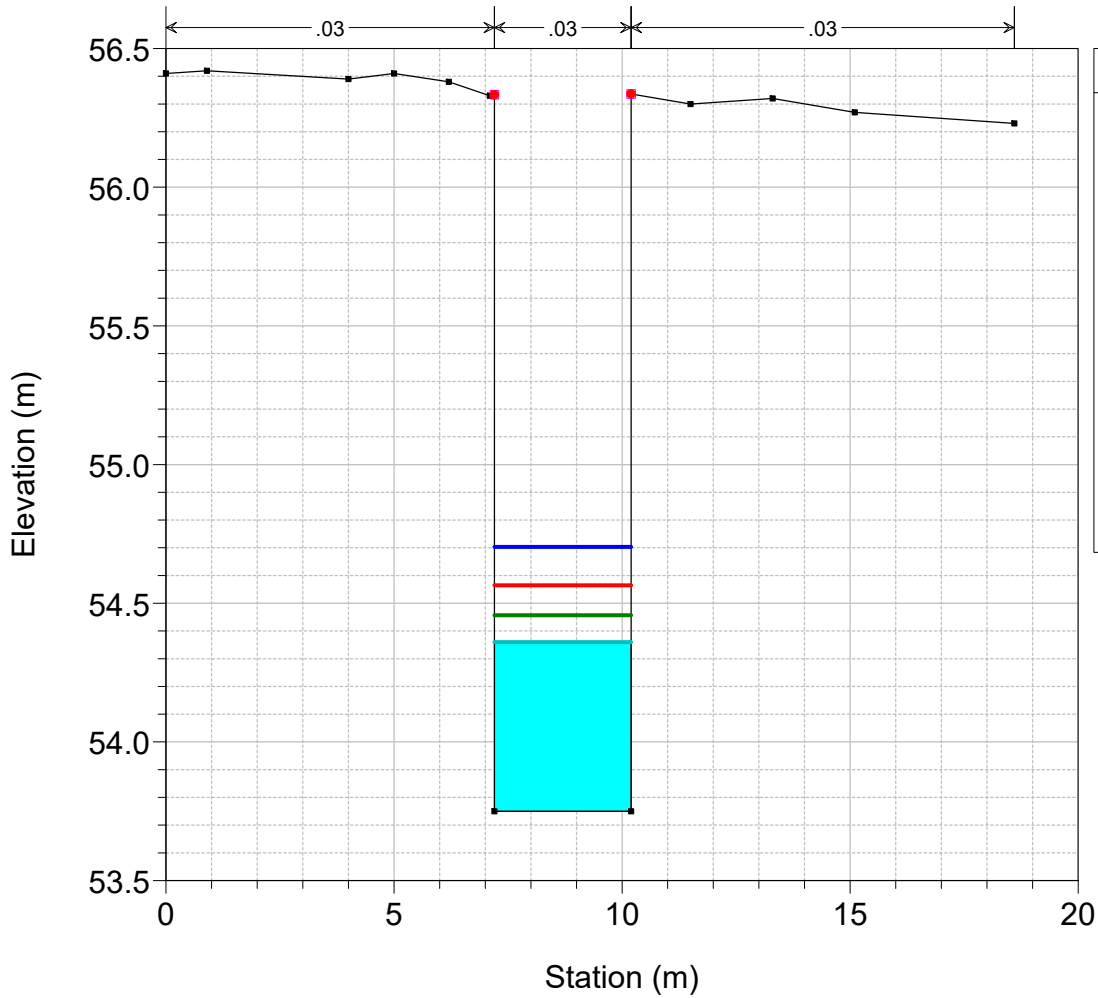




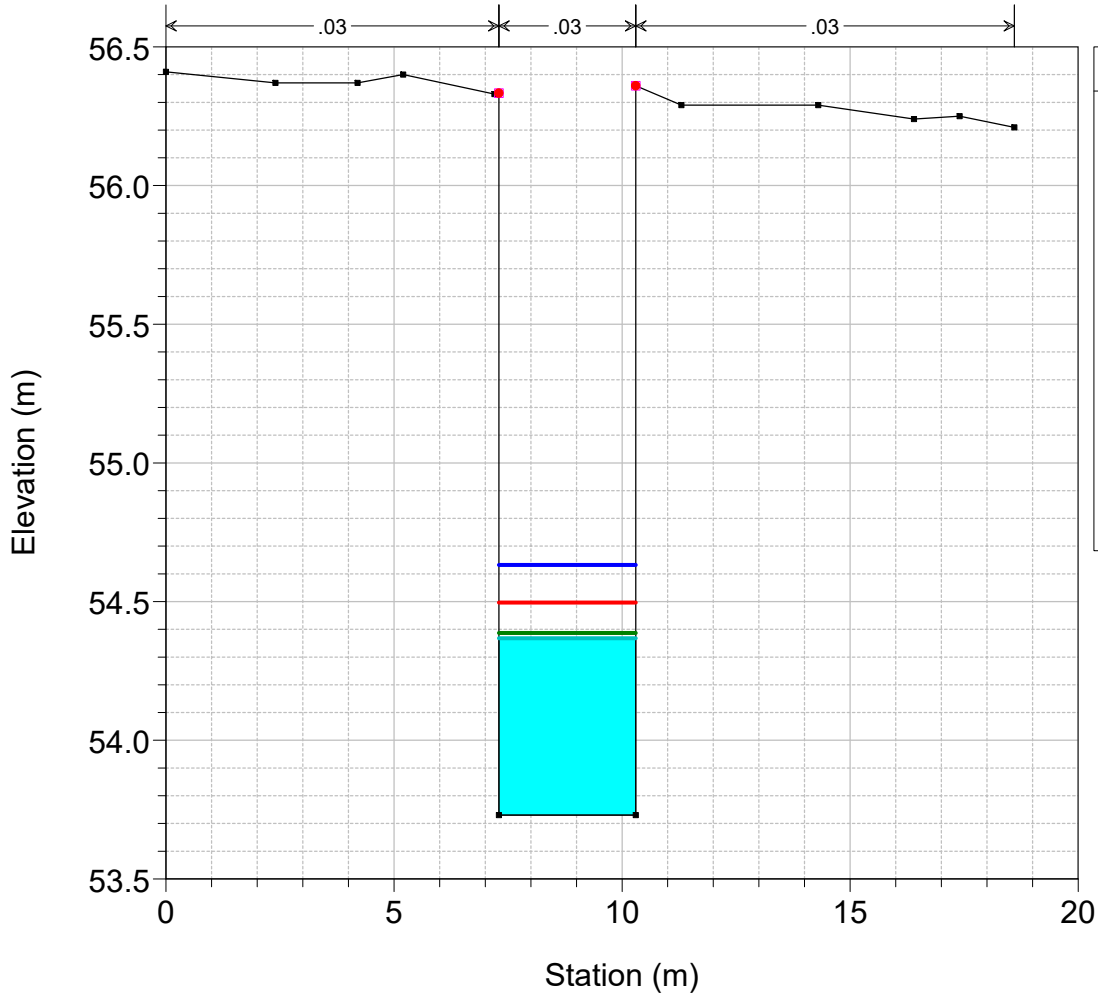




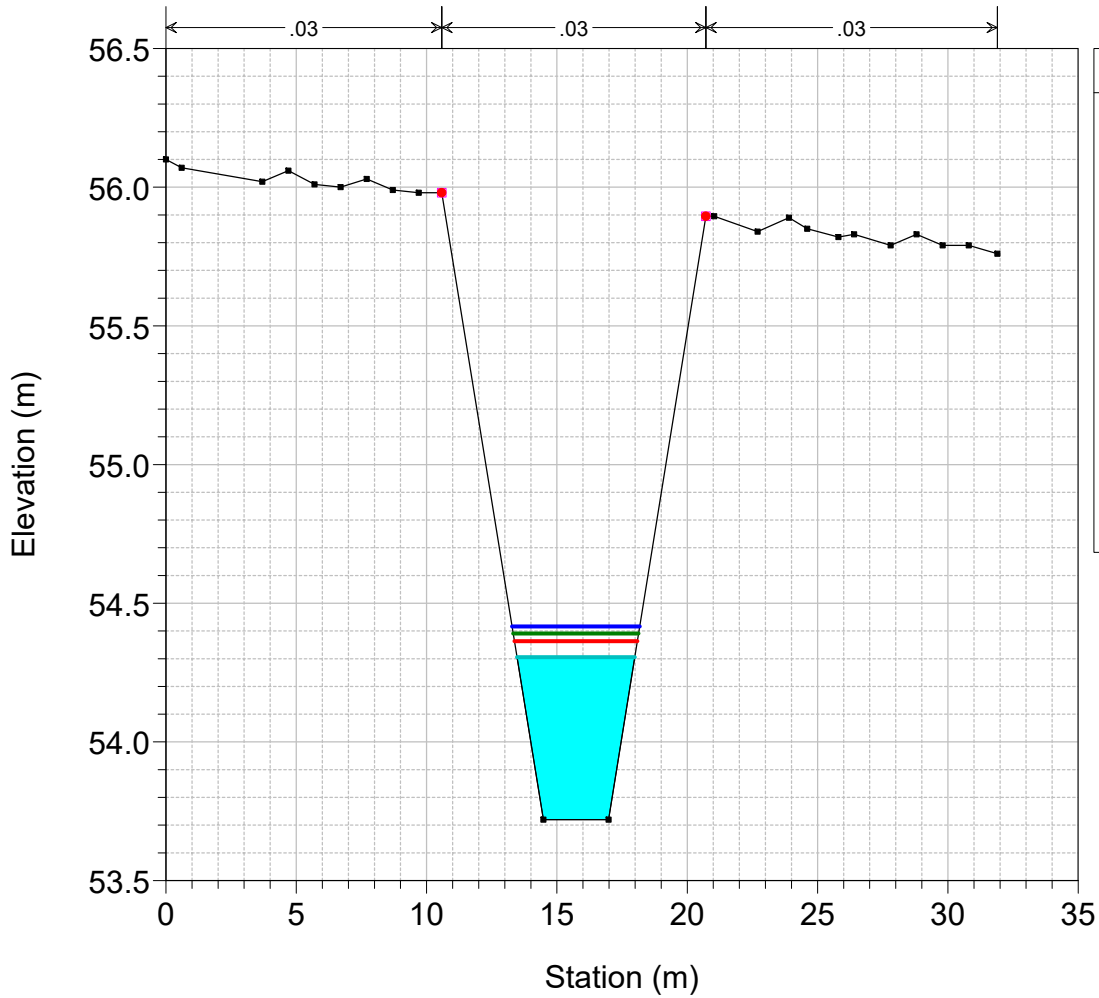
RS = 352



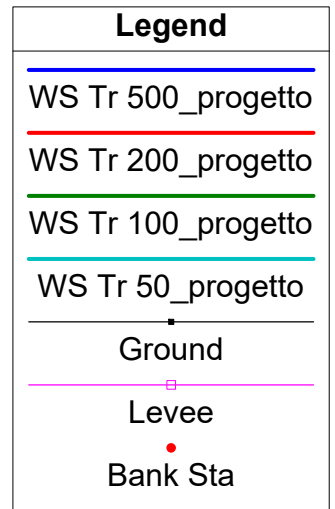
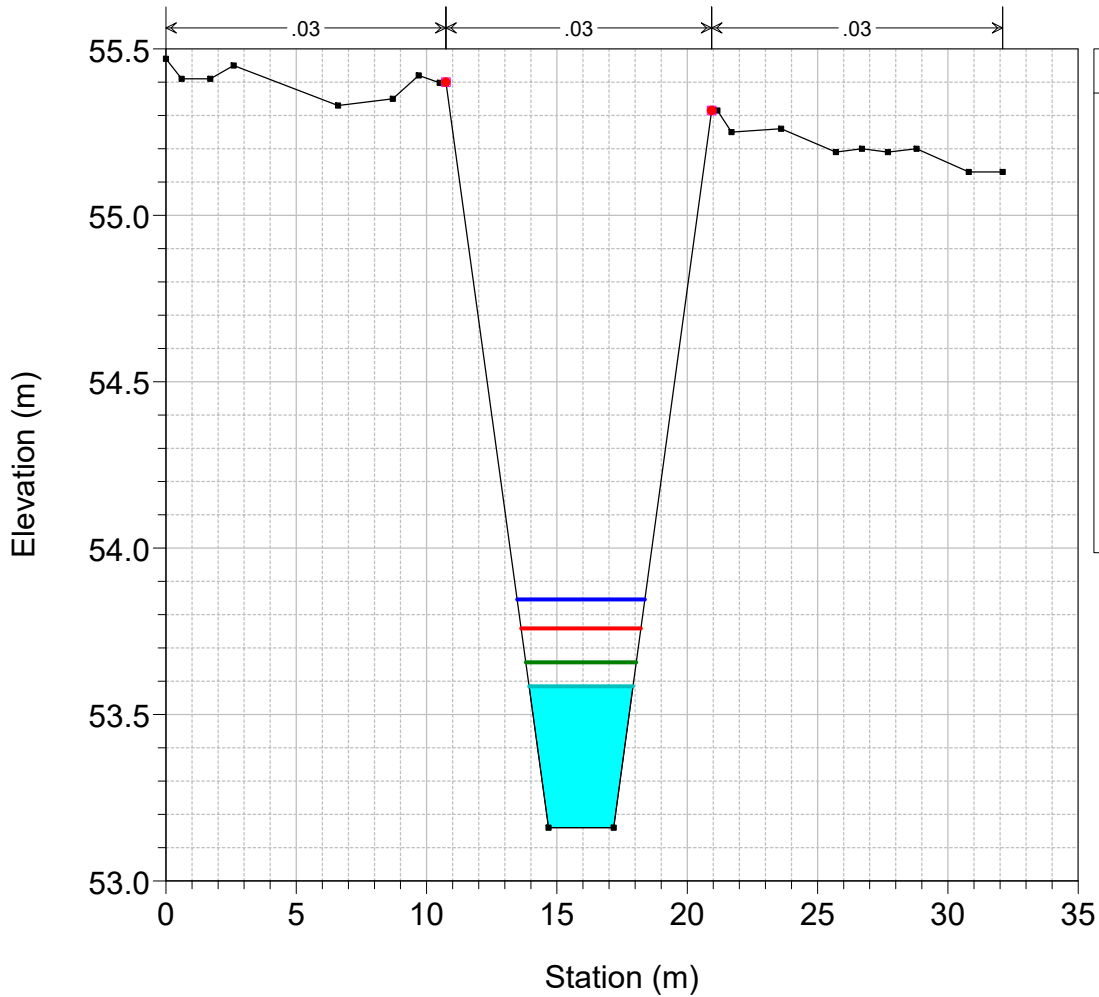
RS = 351



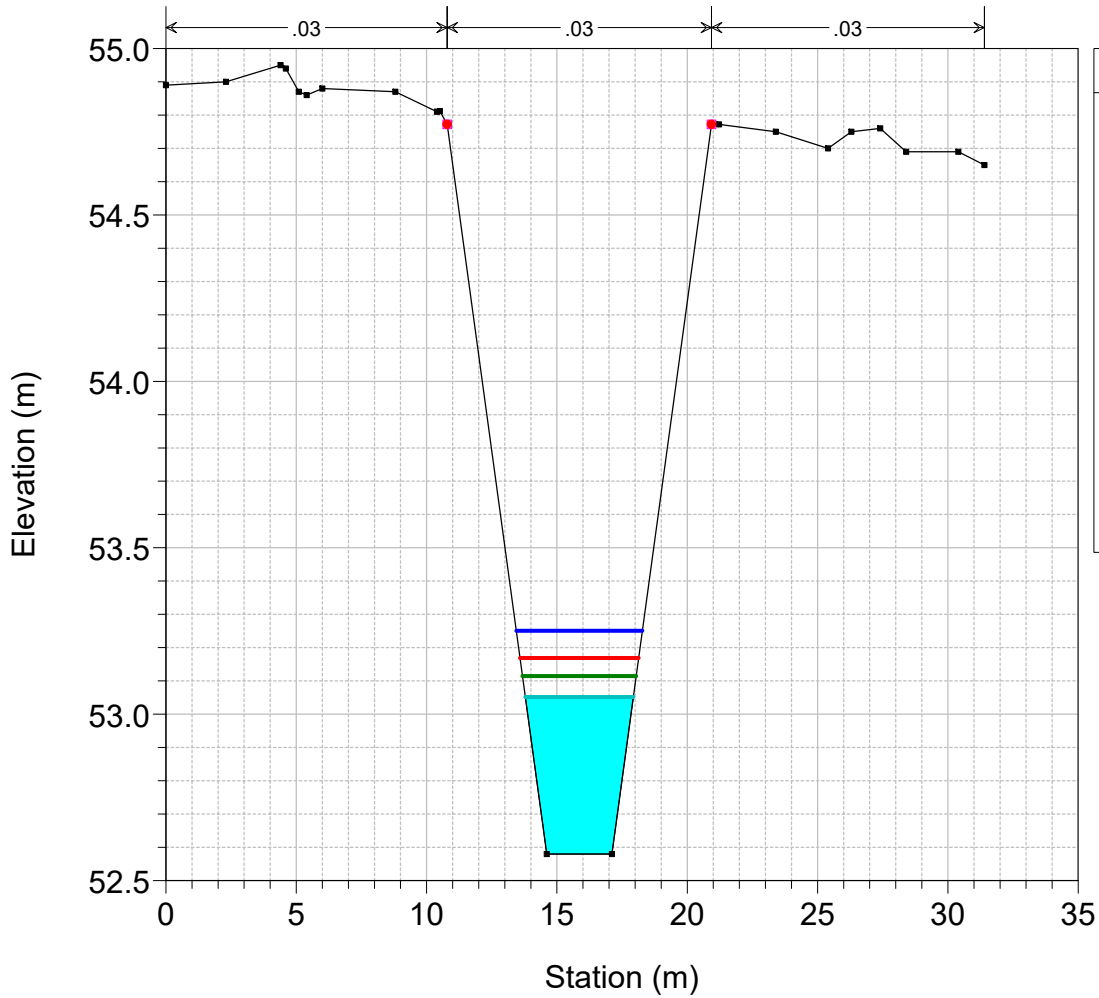
RS = 345



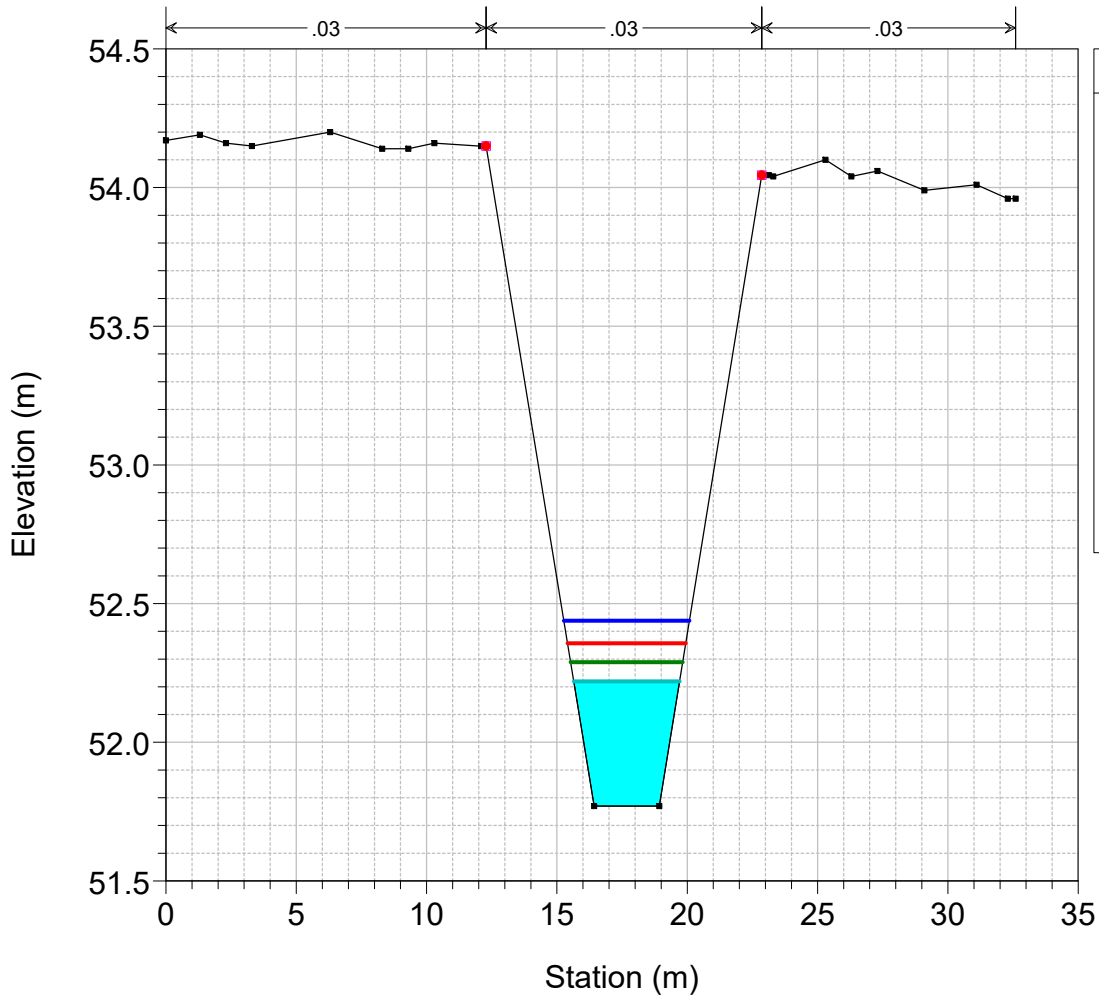
RS = 325



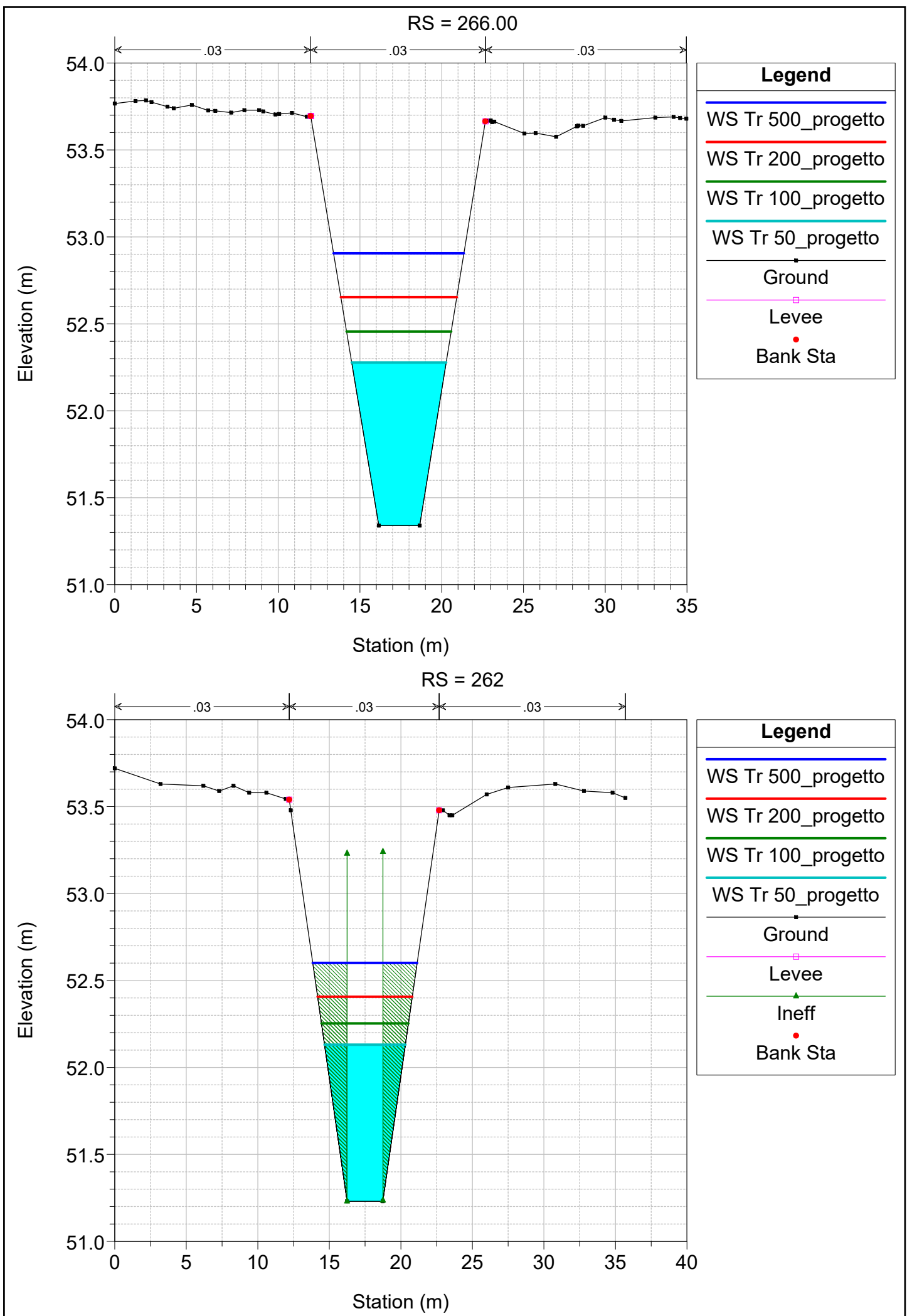
RS = 306



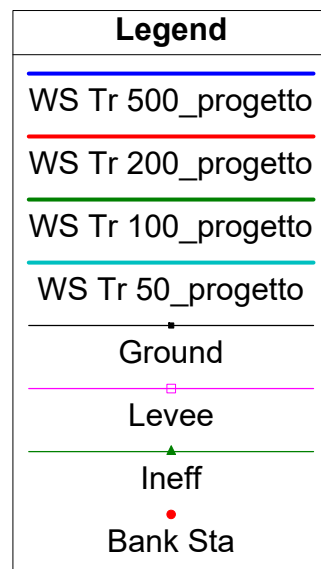
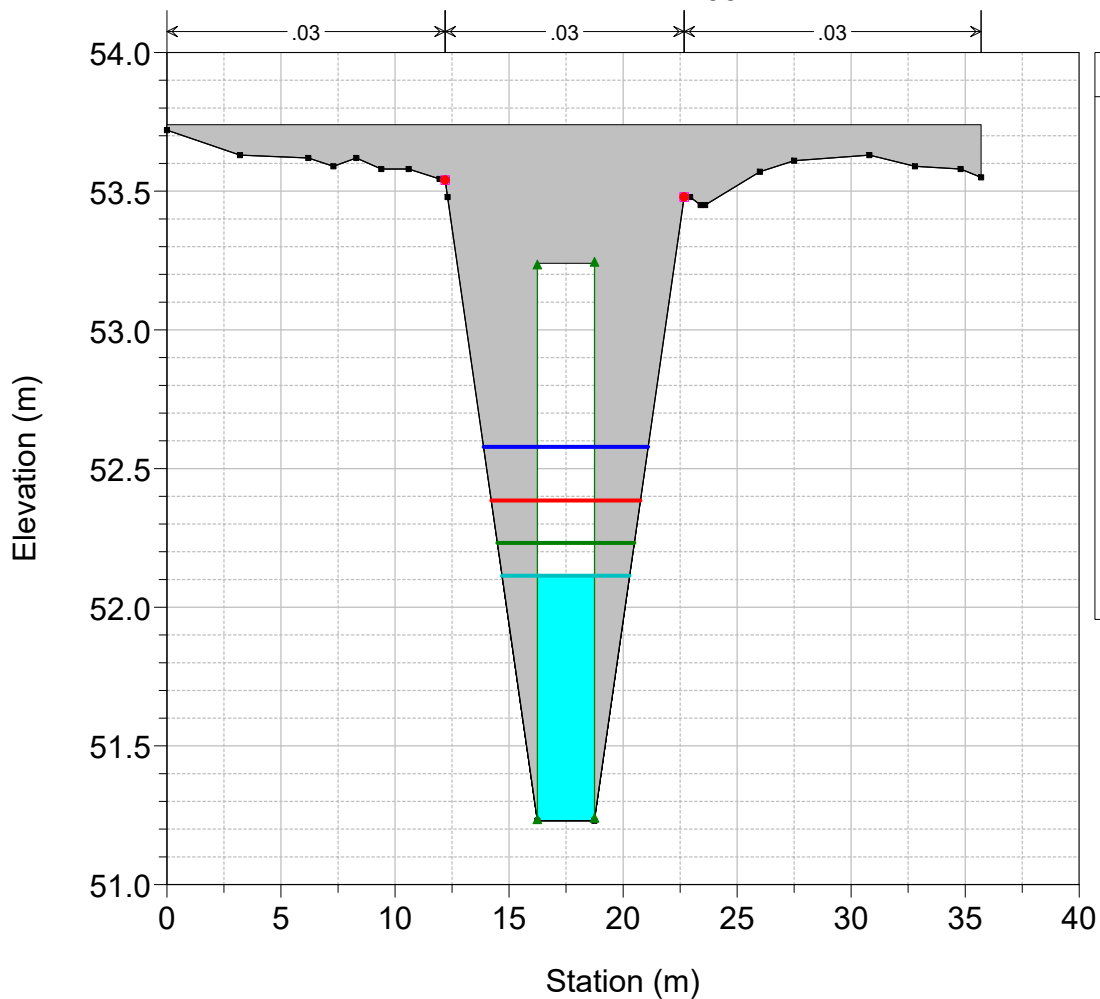
RS = 280



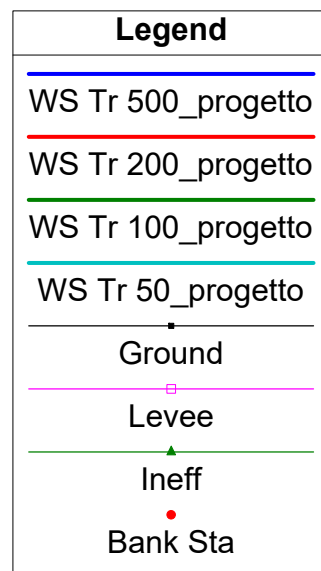
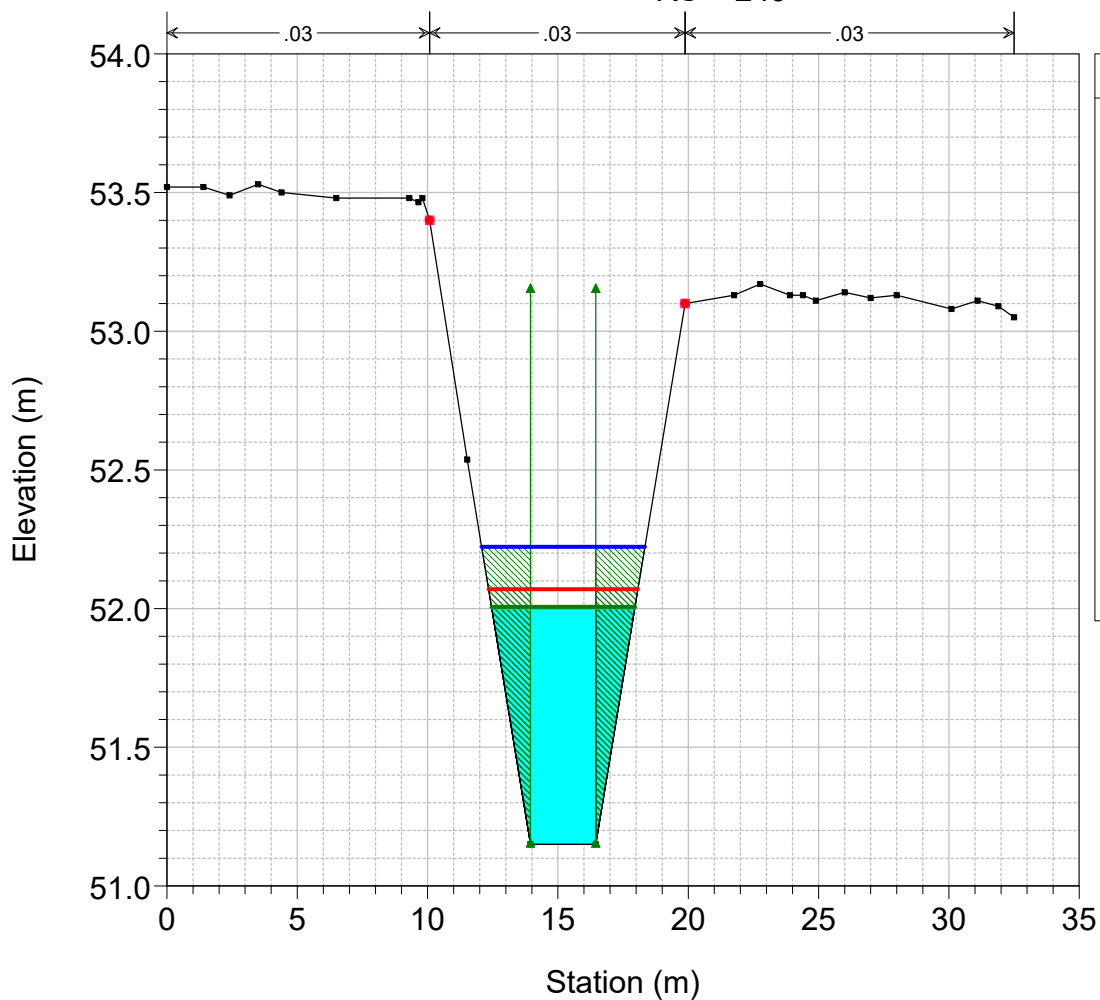




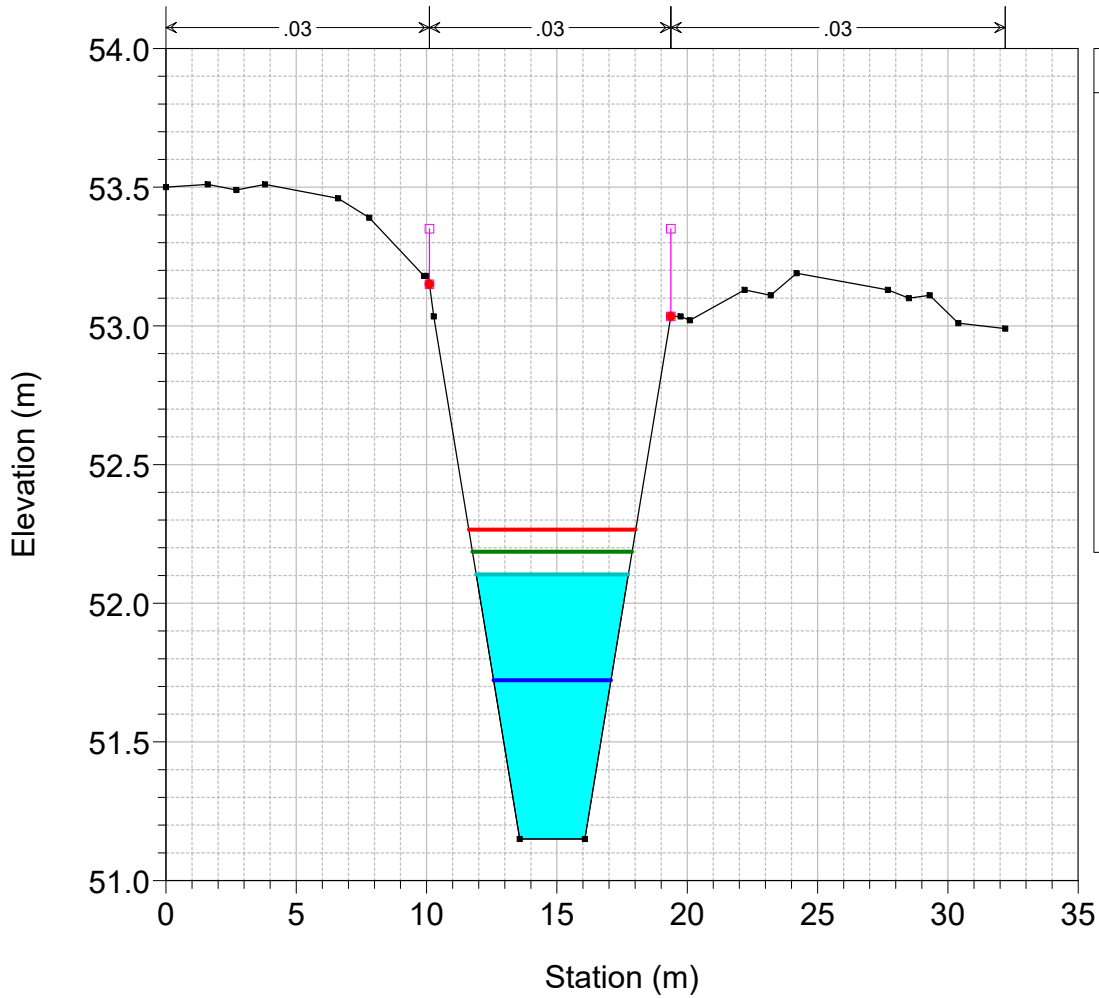
RS = 255 BR



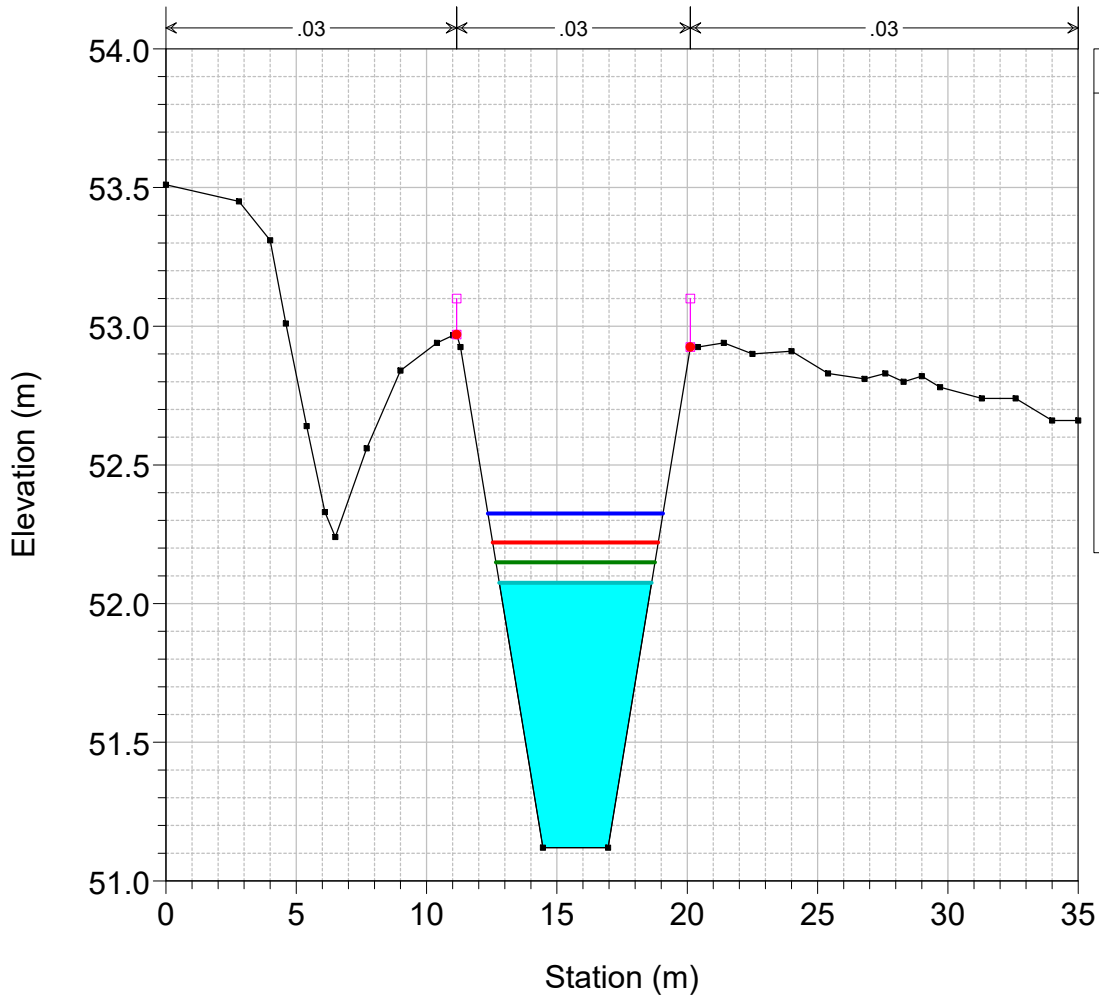
RS = 249



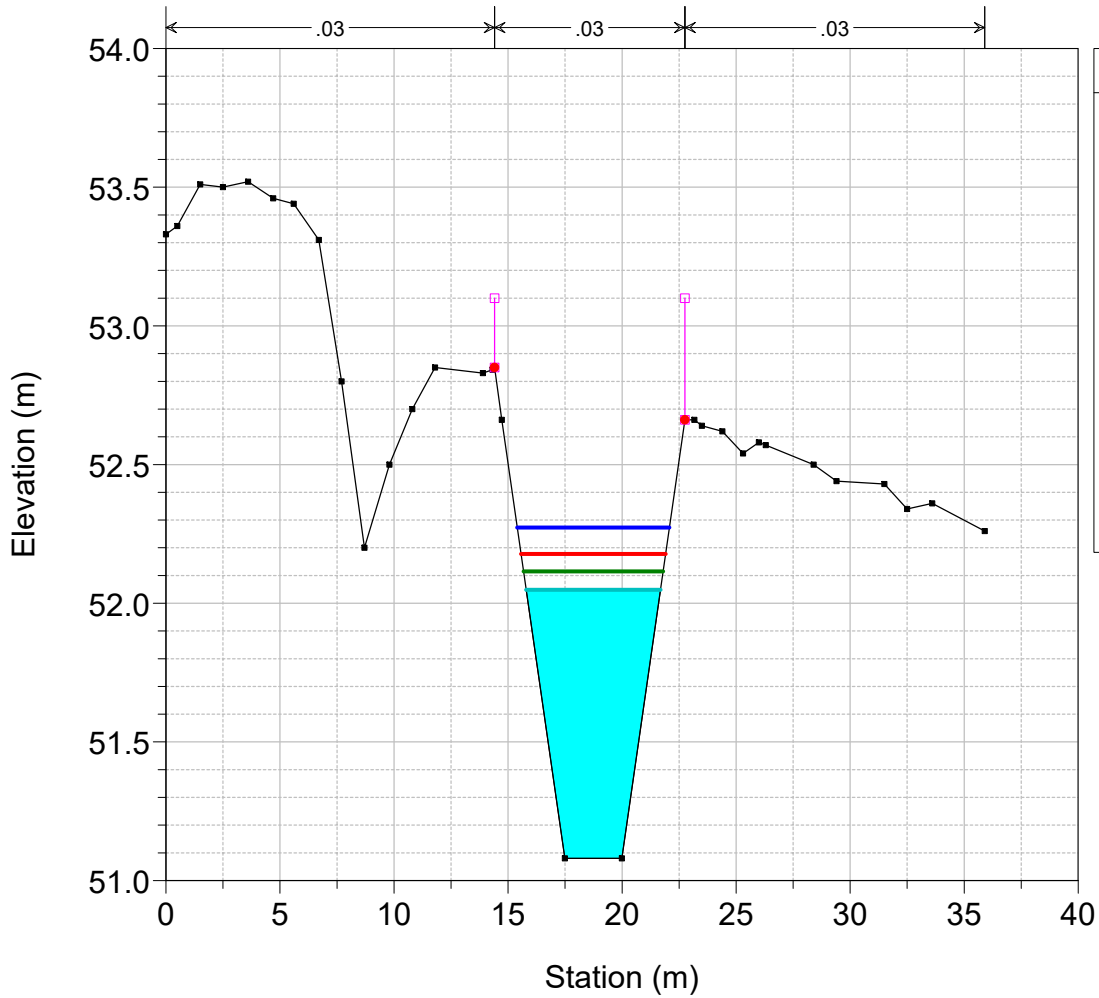
RS = 248



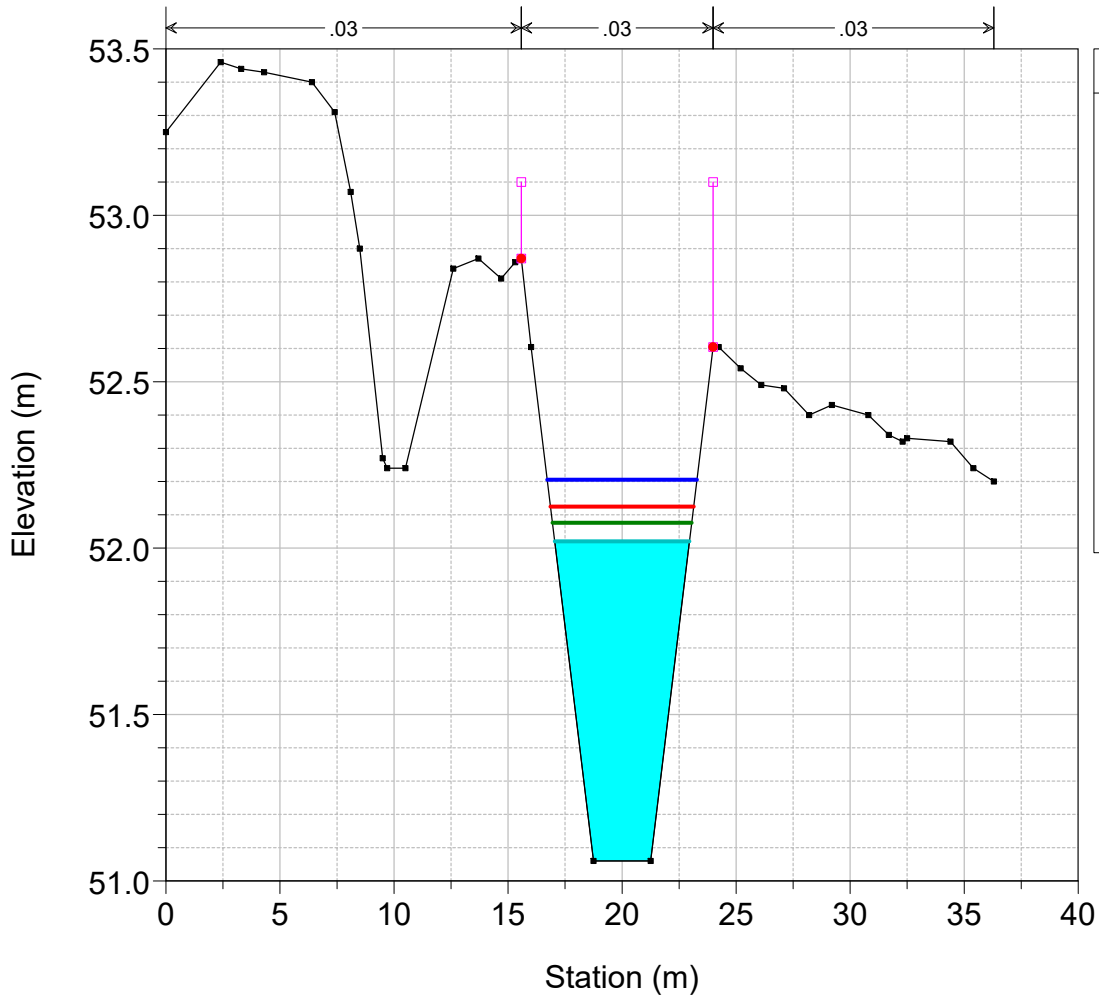
RS = 233



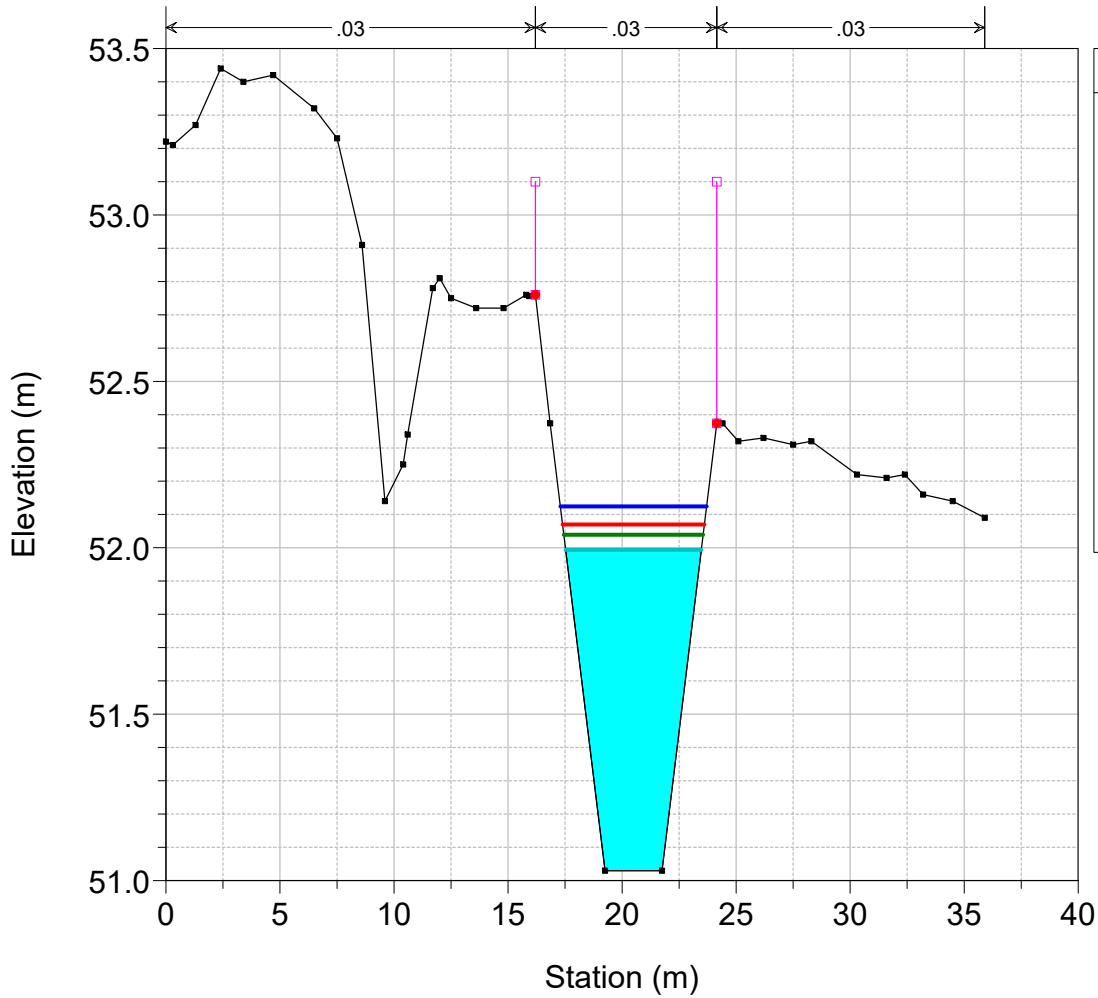
RS = 219



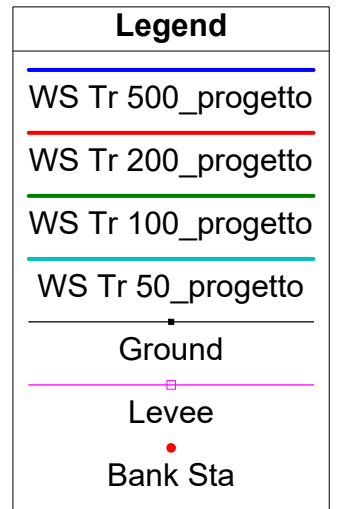
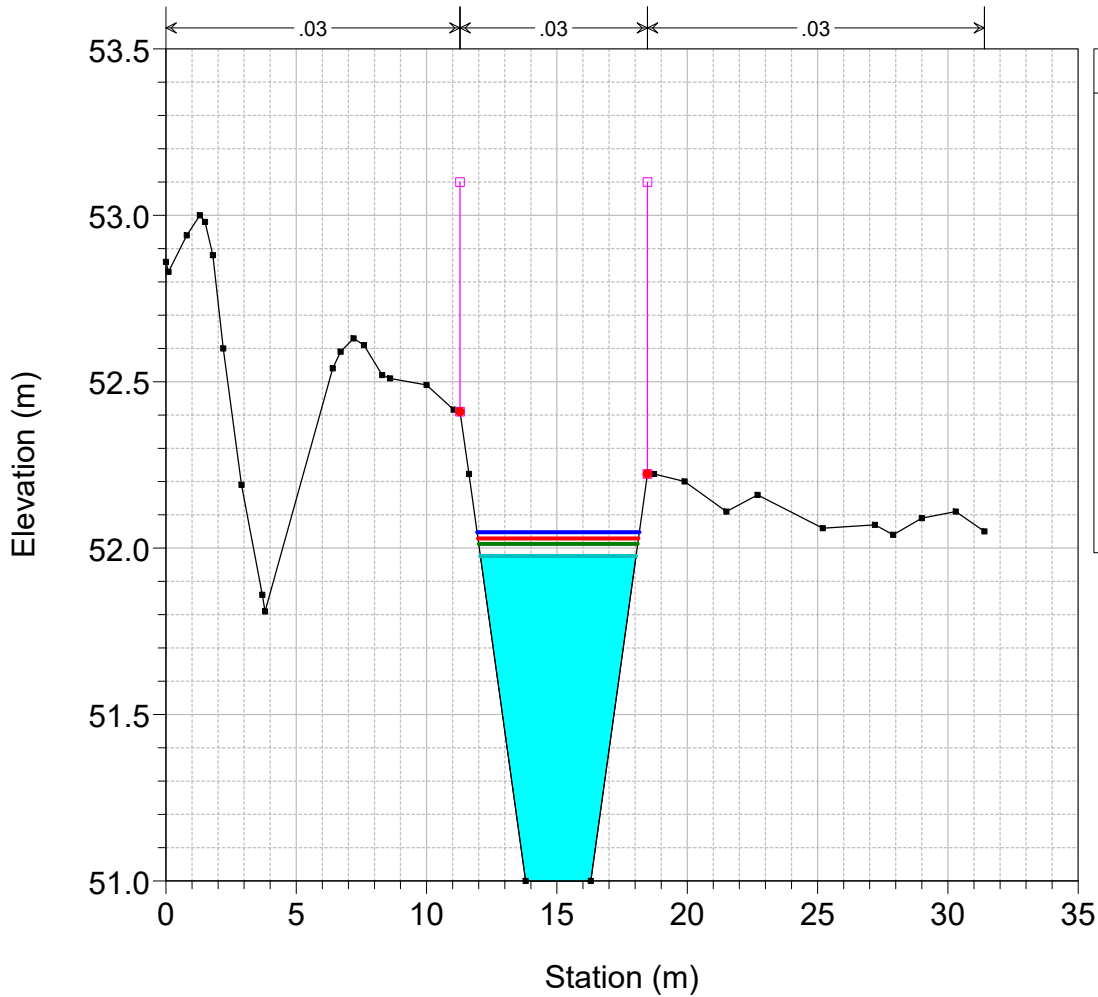
RS = 205



RS = 191

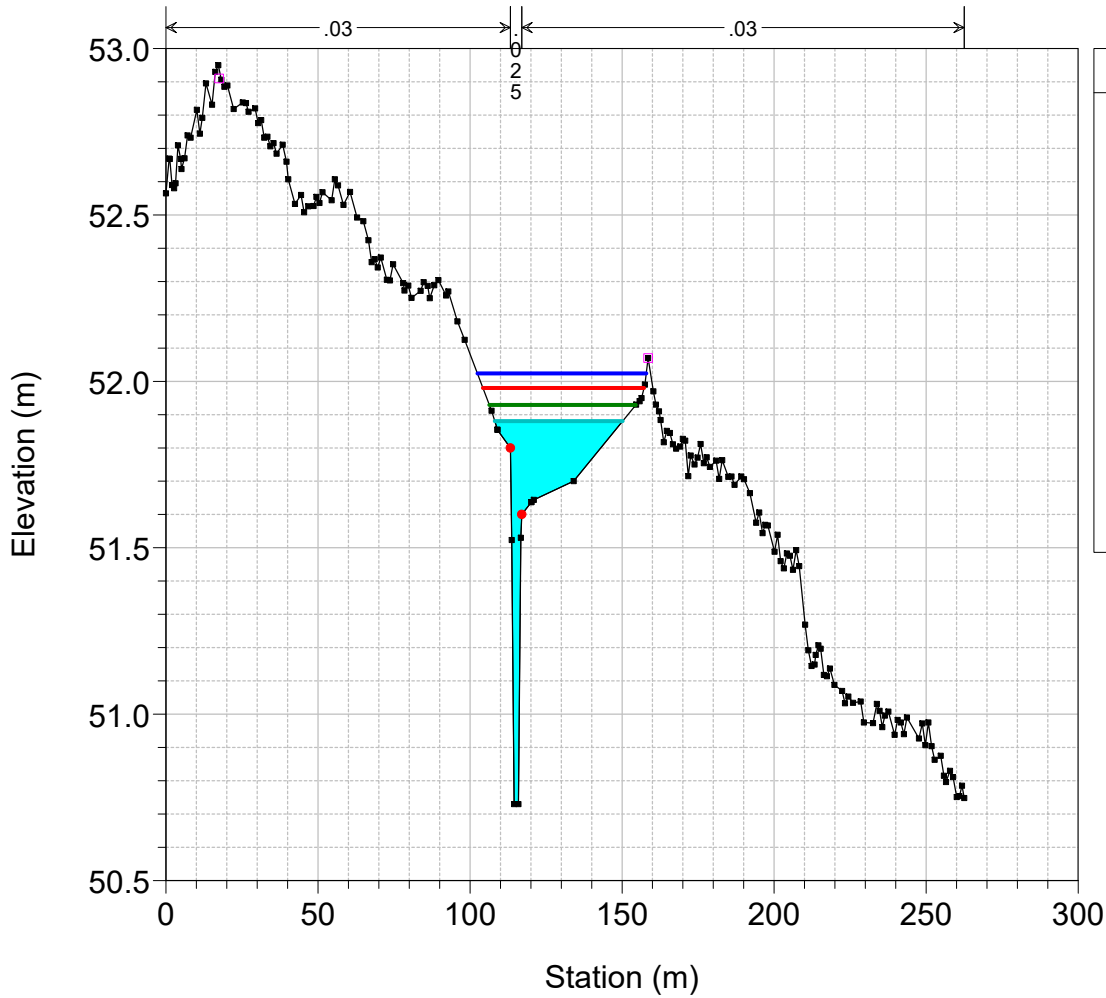


RS = 180

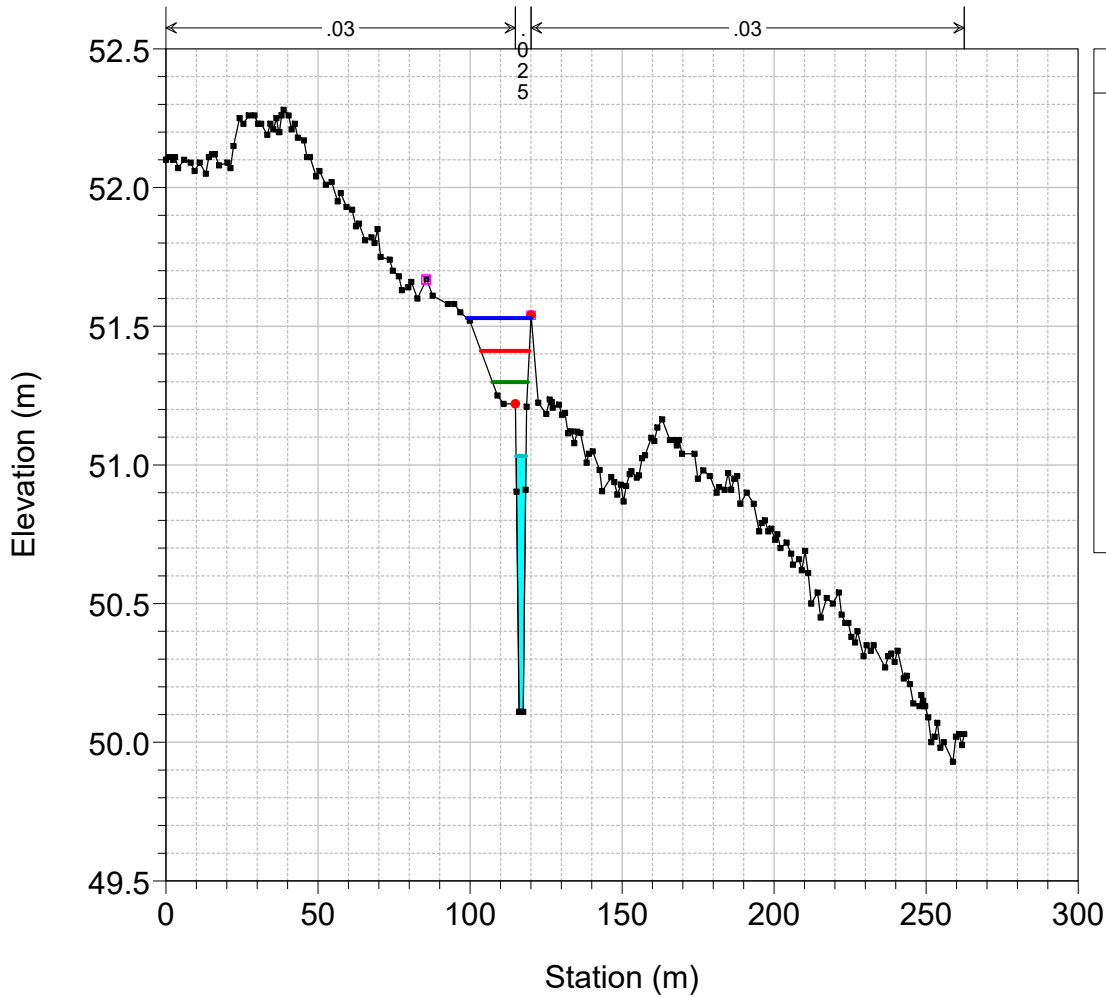




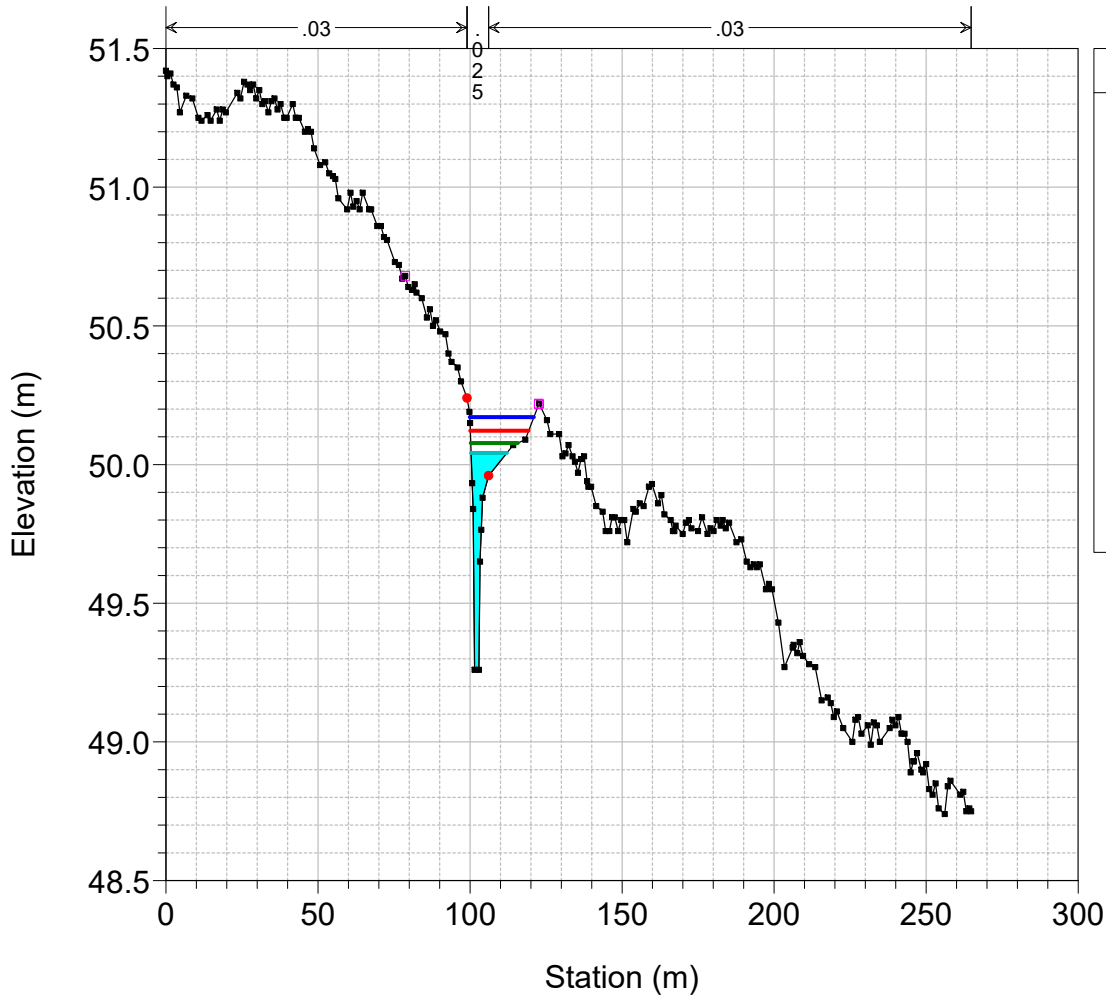
RS = 162



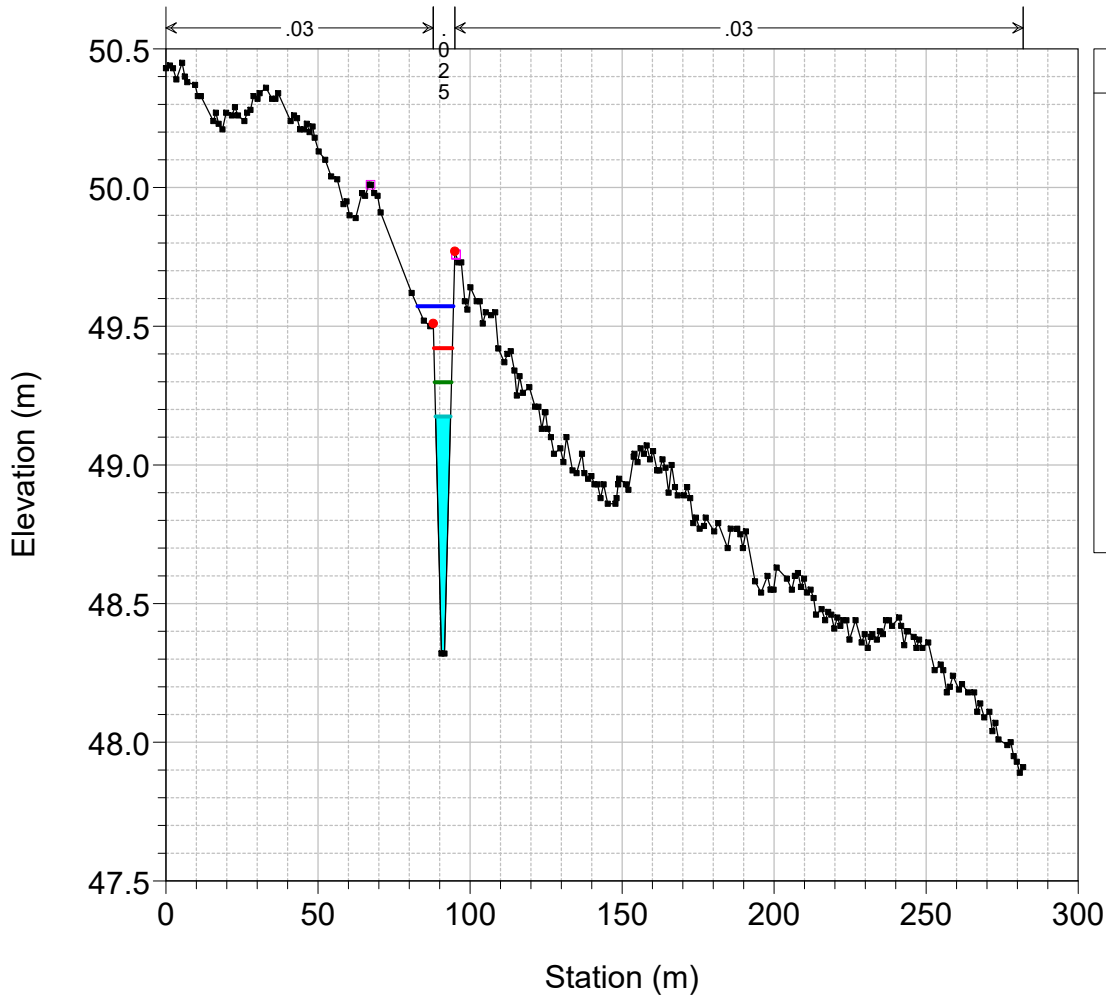
RS = 135

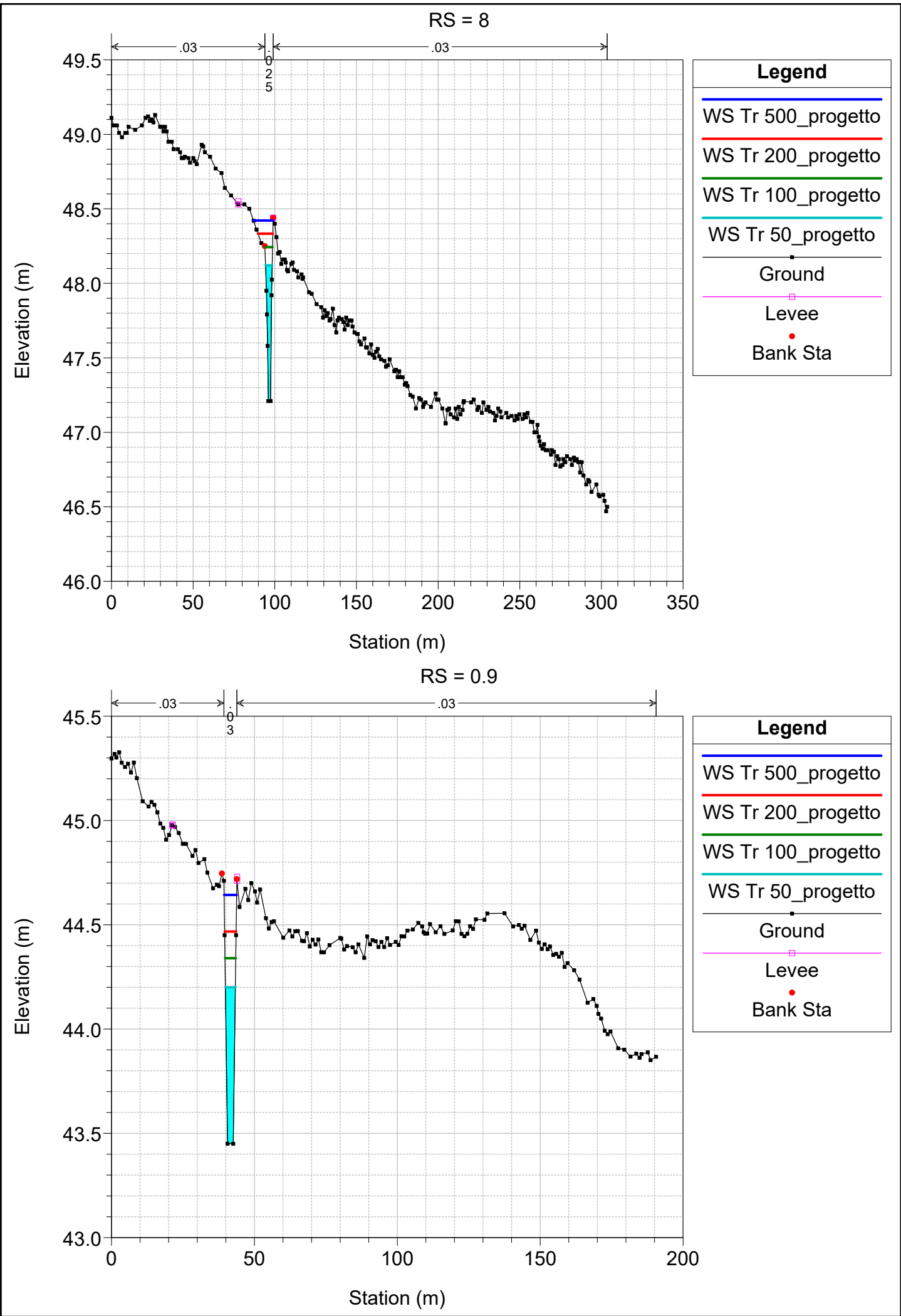


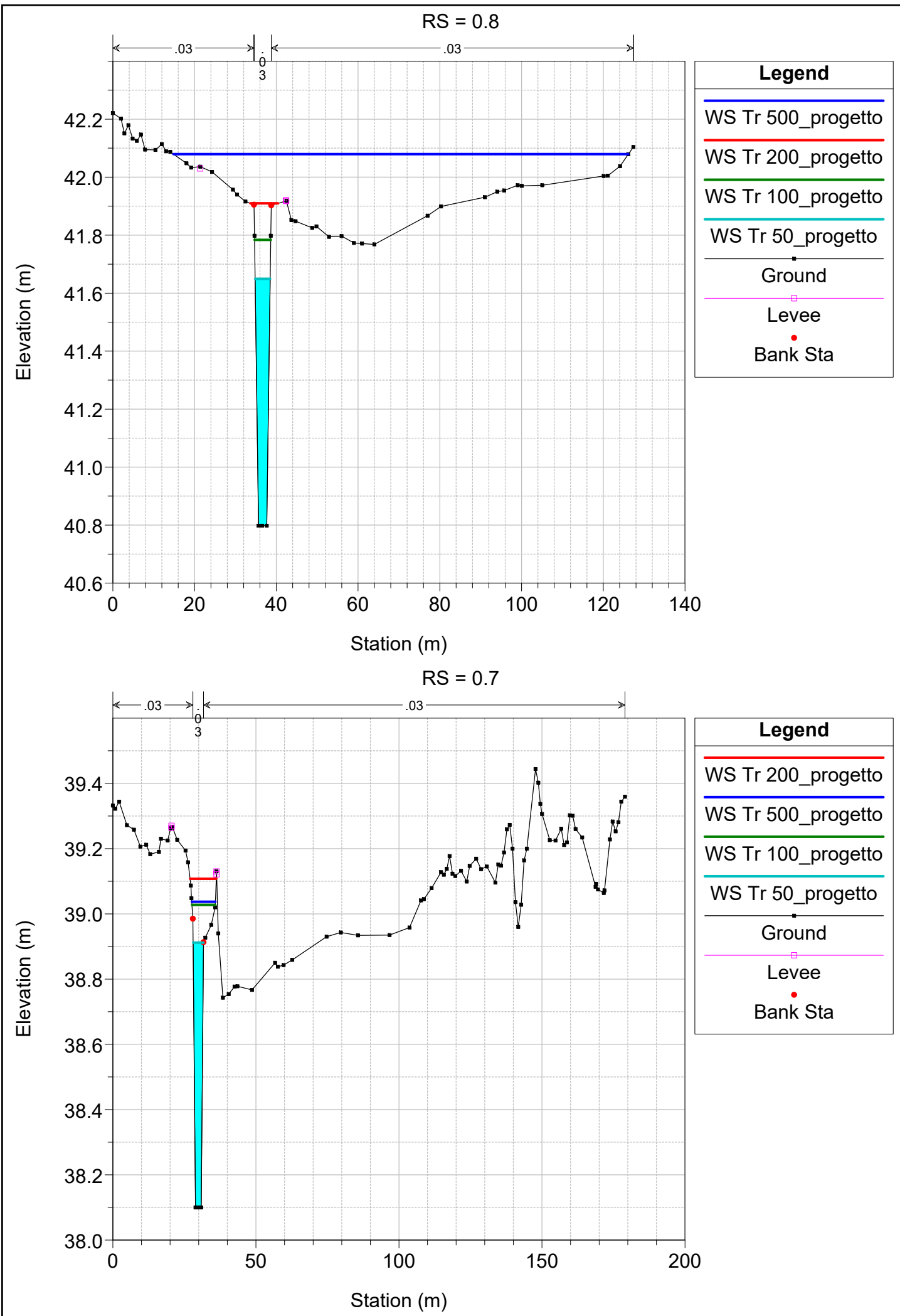
RS = 97

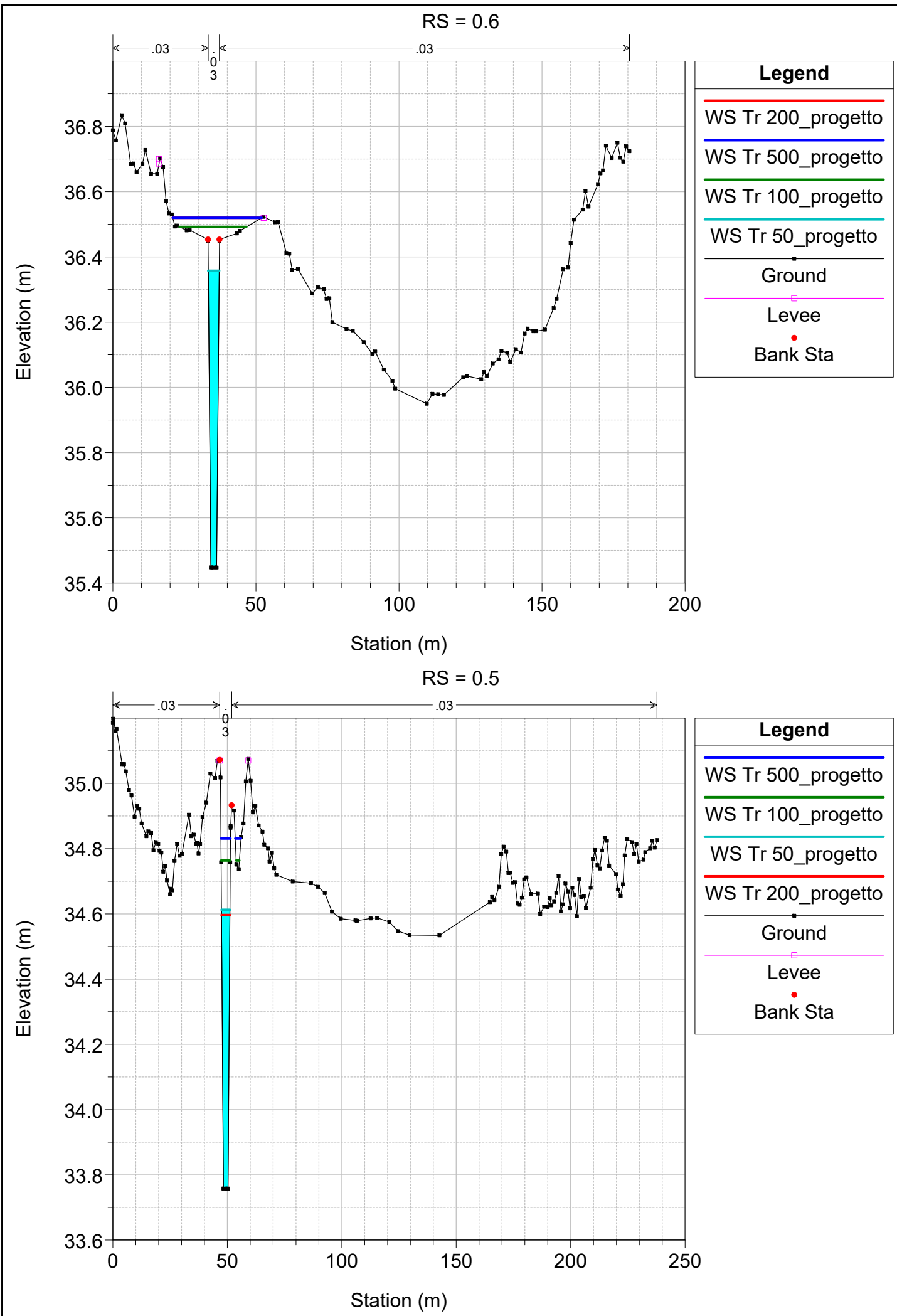


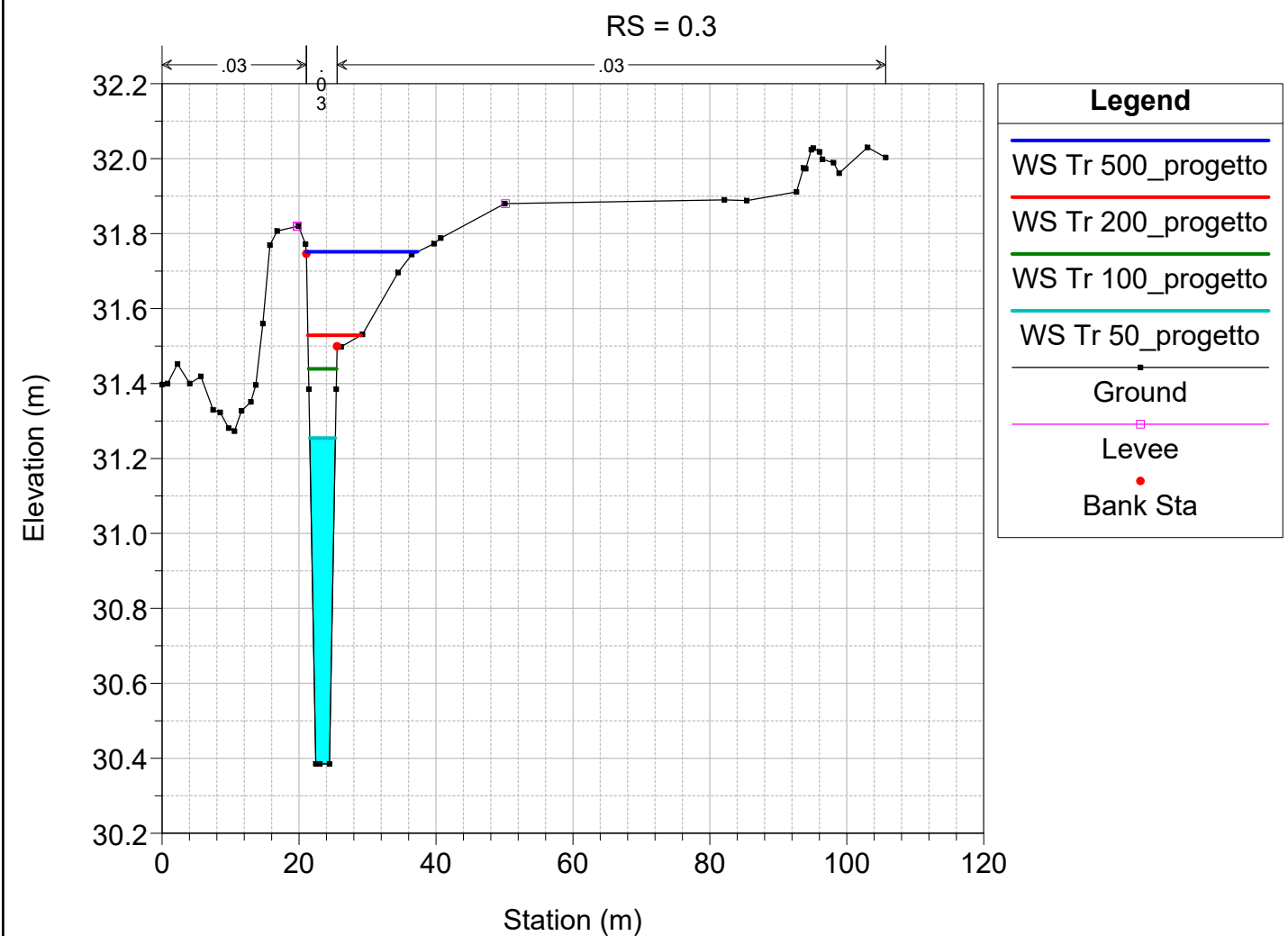
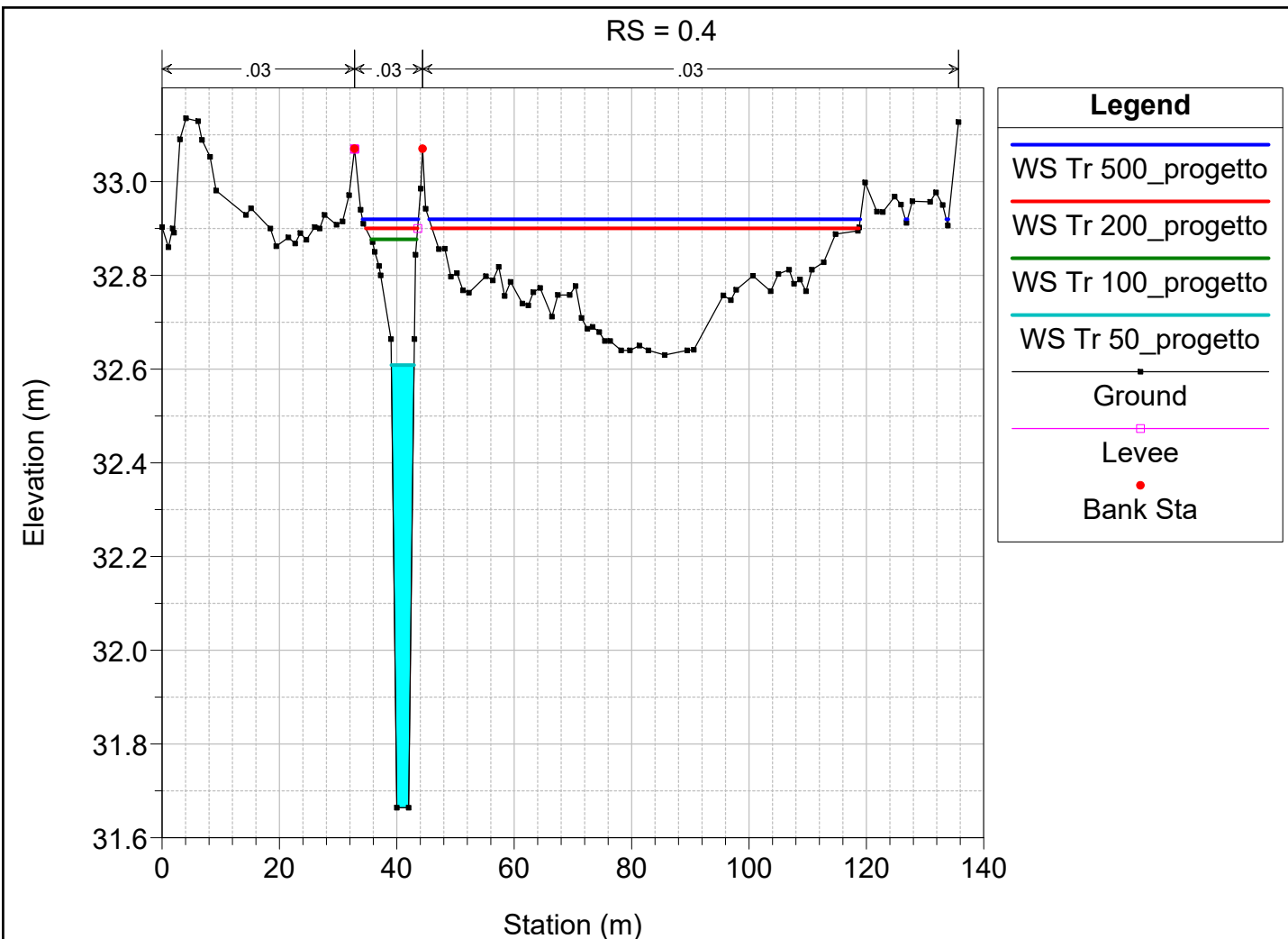
RS = 55



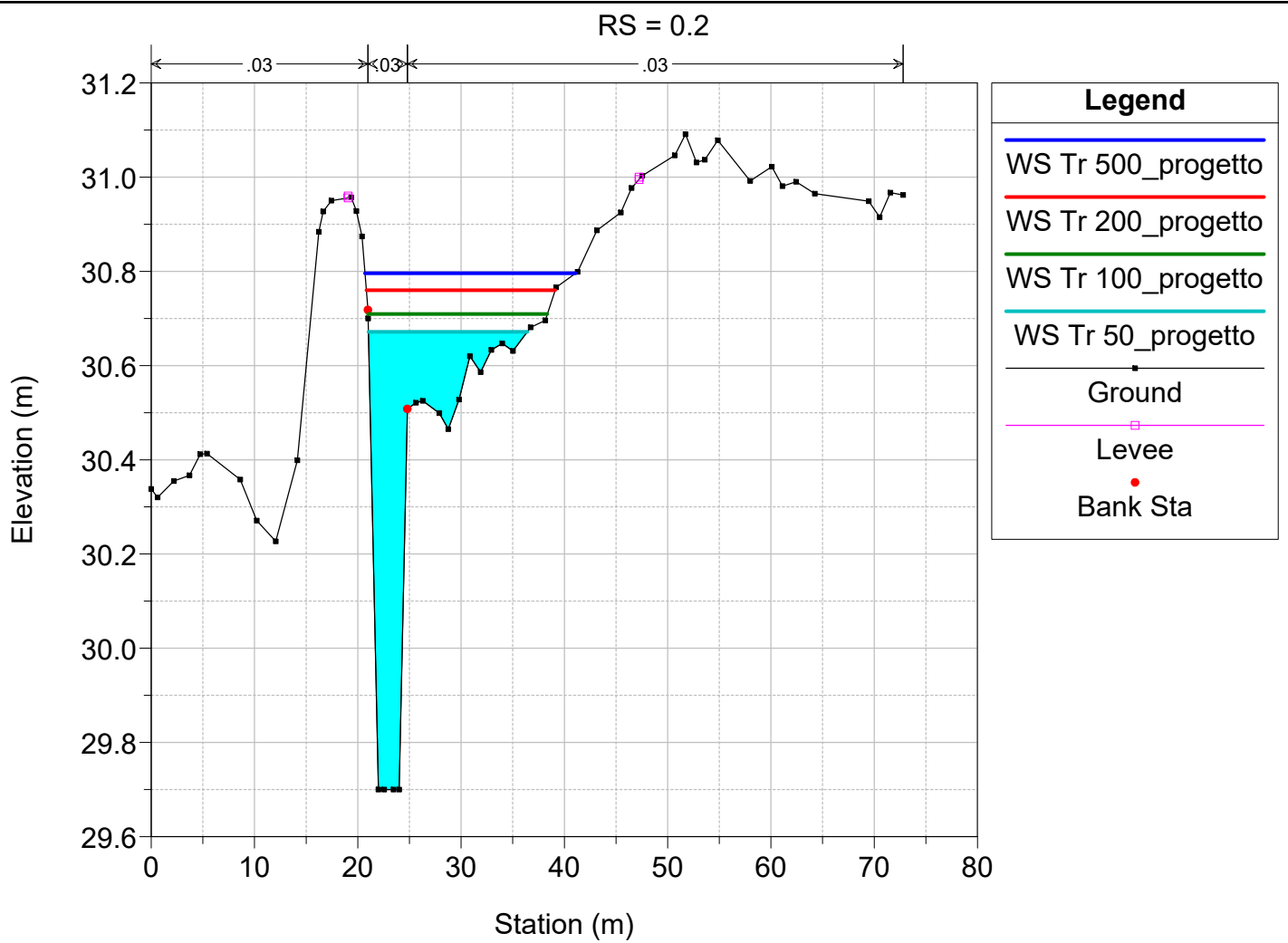












*Tabelle con risultati modello idraulico*

## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	974	Tr 50_progetto	3.52	77.47	78.00	78.06	78.36	0.023274	2.64	1.33	2.50	1.15
River 1	Reach 1	974	Tr 100_progetto	4.38	77.47	78.09	78.15	78.50	0.023274	2.83	1.55	2.50	1.15
River 1	Reach 1	974	Tr 200_progetto	5.29	77.47	78.18	78.24	78.63	0.023272	2.99	1.77	2.50	1.14
River 1	Reach 1	974	Tr 500_progetto	6.56	77.47	78.29	78.36	78.81	0.023272	3.19	2.06	2.50	1.12
River 1	Reach 1	943	Tr 50_progetto	3.52	76.70	77.21	77.29	77.60	0.026522	2.76	1.28	2.50	1.23
River 1	Reach 1	943	Tr 100_progetto	4.38	76.70	77.29	77.38	77.74	0.026430	2.95	1.48	2.50	1.22
River 1	Reach 1	943	Tr 200_progetto	5.29	76.70	77.57	77.47	77.87	0.012896	2.43	2.18	2.50	0.83
River 1	Reach 1	943	Tr 500_progetto	6.56	76.70	77.49	77.59	78.05	0.026339	3.33	1.97	2.50	1.20
River 1	Reach 1	900	Tr 50_progetto	3.52	76.03	76.62	76.62	76.91	0.017726	2.40	1.46	2.50	1.00
River 1	Reach 1	900	Tr 100_progetto	4.38	76.03	76.71	76.71	77.05	0.017877	2.58	1.70	2.50	1.00
River 1	Reach 1	900	Tr 200_progetto	5.29	76.03	76.80	76.80	77.18	0.018269	2.75	1.92	2.50	1.00
River 1	Reach 1	900	Tr 500_progetto	6.56	76.03	76.99	76.92	77.37	0.015118	2.73	2.40	2.50	0.89
River 1	Reach 1	855	Tr 50_progetto	3.52	75.33	76.25	75.92	76.37	0.004846	1.52	2.31	2.50	0.51
River 1	Reach 1	855	Tr 100_progetto	4.38	75.33	76.40	76.01	76.54	0.004999	1.63	2.68	2.50	0.50
River 1	Reach 1	855	Tr 200_progetto	5.29	75.33	76.55	76.10	76.70	0.005162	1.74	3.05	2.50	0.50
River 1	Reach 1	855	Tr 500_progetto	6.56	75.33	76.74	76.22	76.92	0.005392	1.86	3.53	2.50	0.50
River 1	Reach 1	810	Tr 50_progetto	3.52	75.12	76.01	75.71	76.14	0.005449	1.59	2.22	2.50	0.54
River 1	Reach 1	810	Tr 100_progetto	4.38	75.12	76.14	75.80	76.29	0.005729	1.72	2.55	2.50	0.54
River 1	Reach 1	810	Tr 200_progetto	5.29	75.12	76.27	75.89	76.44	0.006000	1.84	2.88	2.50	0.55
River 1	Reach 1	810	Tr 500_progetto	6.56	75.12	76.44	76.01	76.64	0.006360	1.98	3.31	2.50	0.55
River 1	Reach 1	791	Tr 50_progetto	3.52	75.03	75.88	75.62	76.02	0.006129	1.66	2.12	2.50	0.57
River 1	Reach 1	791	Tr 100_progetto	4.38	75.03	76.00	75.71	76.17	0.006524	1.80	2.43	2.50	0.58
River 1	Reach 1	791	Tr 200_progetto	5.29	75.03	76.13	75.80	76.32	0.006885	1.93	2.74	2.50	0.59
River 1	Reach 1	791	Tr 500_progetto	6.56	75.03	76.28	75.92	76.51	0.007354	2.09	3.14	2.50	0.60
River 1	Reach 1	772	Tr 50_progetto	3.52	74.94	75.53	75.53	75.82	0.017554	2.40	1.47	2.50	1.00
River 1	Reach 1	772	Tr 100_progetto	4.38	74.94	75.62	75.62	75.96	0.017797	2.57	1.70	2.50	1.00
River 1	Reach 1	772	Tr 200_progetto	5.29	74.94	75.71	75.71	76.10	0.018279	2.75	1.92	2.50	1.00
River 1	Reach 1	772	Tr 500_progetto	6.56	74.94	75.83	75.83	76.27	0.018859	2.96	2.22	2.50	1.00
River 1	Reach 1	742	Tr 50_progetto	3.52	73.73	74.11	74.32	74.82	0.066069	3.75	0.94	2.50	1.95
River 1	Reach 1	742	Tr 100_progetto	4.38	73.73	74.17	74.41	74.97	0.061916	3.94	1.11	2.50	1.89
River 1	Reach 1	742	Tr 200_progetto	5.29	73.73	74.24	74.50	75.11	0.058392	4.11	1.29	2.50	1.83
River 1	Reach 1	742	Tr 500_progetto	6.56	73.73	74.34	74.62	75.28	0.054859	4.31	1.52	2.50	1.76
River 1	Reach 1	718	Tr 50_progetto	3.52	72.77	73.26	73.36	73.68	0.029914	2.87	1.22	2.50	1.31
River 1	Reach 1	718	Tr 100_progetto	4.38	72.77	73.33	73.45	73.83	0.031197	3.13	1.40	2.50	1.33

HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	718	Tr 200_progetto	5.29	72.77	73.40	73.54	73.97	0.032311	3.36	1.58	2.50	1.35
River 1	Reach 1	718	Tr 500_progetto	6.56	72.77	73.49	73.66	74.16	0.033483	3.63	1.81	2.50	1.36
River 1	Reach 1	717.7	Tr 50_progetto	3.52	71.77	72.03	72.36	73.56	0.212215	5.48	0.64	2.50	3.45
River 1	Reach 1	717.7	Tr 100_progetto	4.38	71.77	72.08	72.45	73.70	0.183245	5.64	0.78	2.50	3.23
River 1	Reach 1	717.7	Tr 200_progetto	5.29	71.77	72.14	72.54	73.85	0.163163	5.80	0.91	2.50	3.06
River 1	Reach 1	717.7	Tr 500_progetto	6.56	71.77	72.21	72.66	74.03	0.144421	5.98	1.10	2.50	2.89
River 1	Reach 1	713	Tr 50_progetto	3.52	71.77	72.16	72.36	72.82	0.057730	3.58	0.98	2.50	1.82
River 1	Reach 1	713	Tr 100_progetto	4.38	71.77	72.22	72.45	72.99	0.058752	3.87	1.13	2.50	1.84
River 1	Reach 1	713	Tr 200_progetto	5.29	71.77	72.28	72.54	73.15	0.059337	4.13	1.28	2.50	1.84
River 1	Reach 1	713	Tr 500_progetto	6.56	71.77	72.36	72.66	73.36	0.059557	4.43	1.48	2.50	1.84
River 1	Reach 1	712.7	Tr 50_progetto	3.52	70.77	71.02	71.36	72.69	0.245058	5.74	0.61	2.50	3.70
River 1	Reach 1	712.7	Tr 100_progetto	4.38	70.77	71.06	71.45	72.87	0.214766	5.94	0.74	2.50	3.49
River 1	Reach 1	712.7	Tr 200_progetto	5.29	70.77	71.12	71.54	73.03	0.193204	6.13	0.86	2.50	3.33
River 1	Reach 1	712.7	Tr 500_progetto	6.56	70.77	71.18	71.66	73.24	0.172521	6.35	1.03	2.50	3.15
River 1	Reach 1	708	Tr 50_progetto	3.52	70.77	71.15	71.36	71.86	0.065583	3.74	0.94	2.50	1.94
River 1	Reach 1	708	Tr 100_progetto	4.38	70.77	71.20	71.45	72.04	0.067964	4.07	1.08	2.50	1.98
River 1	Reach 1	708	Tr 200_progetto	5.29	70.77	71.25	71.54	72.23	0.069618	4.36	1.21	2.50	2.00
River 1	Reach 1	708	Tr 500_progetto	6.56	70.77	71.33	71.66	72.46	0.070864	4.70	1.40	2.50	2.01
River 1	Reach 1	707.7	Tr 50_progetto	3.52	69.77	70.01	70.36	71.73	0.255045	5.81	0.61	2.50	3.77
River 1	Reach 1	707.7	Tr 100_progetto	4.38	69.77	70.06	70.45	71.92	0.226072	6.04	0.72	2.50	3.58
River 1	Reach 1	707.7	Tr 200_progetto	5.29	69.77	70.11	70.54	72.10	0.205473	6.25	0.85	2.50	3.43
River 1	Reach 1	707.7	Tr 500_progetto	6.56	69.77	70.17	70.66	72.33	0.185705	6.51	1.01	2.50	3.27
River 1	Reach 1	699	Tr 50_progetto	3.52	69.63	70.05	70.22	70.62	0.046013	3.32	1.06	2.50	1.63
River 1	Reach 1	699	Tr 100_progetto	4.38	69.63	70.11	70.31	70.79	0.049167	3.65	1.20	2.50	1.68
River 1	Reach 1	699	Tr 200_progetto	5.29	69.63	70.17	70.40	70.96	0.052062	3.95	1.34	2.50	1.73
River 1	Reach 1	699	Tr 500_progetto	6.56	69.63	70.24	70.52	71.19	0.054984	4.31	1.52	2.50	1.76
River 1	Reach 1	697	Tr 50_progetto	3.52	69.60	70.37	70.19	70.54	0.008160	1.83	1.92	2.50	0.67
River 1	Reach 1	697	Tr 100_progetto	4.38	69.60	70.48	70.28	70.68	0.008597	1.99	2.20	2.50	0.68
River 1	Reach 1	697	Tr 200_progetto	5.29	69.60	70.59	70.37	70.82	0.009024	2.13	2.48	2.50	0.68
River 1	Reach 1	697	Tr 500_progetto	6.56	69.60	70.27	70.49	71.05	0.041526	3.91	1.68	2.50	1.52
River 1	Reach 1	693		Bridge									
River 1	Reach 1	690	Tr 50_progetto	3.52	69.57	70.16	70.16	70.45	0.017501	2.39	1.47	2.50	1.00
River 1	Reach 1	690	Tr 100_progetto	4.38	69.57	70.25	70.25	70.59	0.017873	2.58	1.70	2.50	1.00

## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	690	Tr 200_progetto	5.29	69.57	70.34	70.34	70.73	0.018171	2.74	1.93	2.50	1.00
River 1	Reach 1	690	Tr 500_progetto	6.56	69.57	70.46	70.46	70.90	0.018667	2.95	2.23	2.50	1.00
River 1	Reach 1	688	Tr 50_progetto	3.52	69.41	69.84	70.00	70.38	0.042668	3.24	1.09	2.50	1.57
River 1	Reach 1	688	Tr 100_progetto	4.38	69.41	69.92	70.09	70.52	0.040039	3.40	1.29	2.50	1.52
River 1	Reach 1	688	Tr 200_progetto	5.29	69.41	70.00	70.18	70.65	0.038612	3.57	1.48	2.50	1.48
River 1	Reach 1	688	Tr 500_progetto	6.56	69.41	70.11	70.30	70.83	0.036918	3.75	1.75	2.50	1.43
River 1	Reach 1	640	Tr 50_progetto	3.52	65.31	65.60	65.90	66.83	0.150896	4.91	0.72	2.50	2.93
River 1	Reach 1	640	Tr 100_progetto	4.38	65.31	65.64	65.99	67.08	0.152199	5.31	0.82	2.50	2.95
River 1	Reach 1	640	Tr 200_progetto	5.29	65.31	65.69	66.08	67.30	0.149390	5.63	0.94	2.50	2.93
River 1	Reach 1	640	Tr 500_progetto	6.56	65.31	65.75	66.20	67.58	0.145835	6.00	1.09	2.50	2.90
River 1	Reach 1	593	Tr 50_progetto	3.52	61.38	61.77	61.97	62.43	0.058183	3.59	0.98	2.50	1.83
River 1	Reach 1	593	Tr 100_progetto	4.38	61.38	61.83	62.06	62.60	0.059068	3.88	1.13	2.50	1.84
River 1	Reach 1	593	Tr 200_progetto	5.29	61.38	61.89	62.15	62.77	0.060532	4.16	1.27	2.50	1.86
River 1	Reach 1	593	Tr 500_progetto	6.56	61.38	61.96	62.27	63.00	0.062348	4.50	1.46	2.50	1.88
River 1	Reach 1	592.99	Tr 50_progetto	3.52	60.84	61.12	61.43	62.37	0.154120	4.94	0.71	2.50	2.96
River 1	Reach 1	592.99	Tr 100_progetto	4.38	60.84	61.18	61.52	62.54	0.139841	5.17	0.85	2.50	2.83
River 1	Reach 1	592.99	Tr 200_progetto	5.29	60.84	61.23	61.61	62.71	0.130271	5.38	0.98	2.50	2.74
River 1	Reach 1	592.99	Tr 500_progetto	6.56	60.84	61.30	61.73	62.94	0.122267	5.66	1.16	2.50	2.65
River 1	Reach 1	580	Tr 50_progetto	3.52	60.70	61.42	61.29	61.61	0.009832	1.96	1.80	2.50	0.74
River 1	Reach 1	580	Tr 100_progetto	4.38	60.70	61.55	61.38	61.77	0.009545	2.07	2.12	2.50	0.72
River 1	Reach 1	580	Tr 200_progetto	5.29	60.70	61.70	61.47	61.93	0.008937	2.13	2.49	2.50	0.68
River 1	Reach 1	580	Tr 500_progetto	6.56	60.70	61.91	61.59	62.15	0.008145	2.17	3.02	2.50	0.63
River 1	Reach 1	568	Tr 50_progetto	3.52	60.58	61.29	61.17	61.49	0.010076	1.98	1.78	2.50	0.75
River 1	Reach 1	568	Tr 100_progetto	4.38	60.58	61.43	61.26	61.65	0.009350	2.05	2.14	2.50	0.71
River 1	Reach 1	568	Tr 200_progetto	5.29	60.58	61.59	61.35	61.82	0.008487	2.09	2.54	2.50	0.66
River 1	Reach 1	568	Tr 500_progetto	6.56	60.58	61.82	61.47	62.05	0.007595	2.12	3.10	2.50	0.61
River 1	Reach 1	538	Tr 50_progetto	3.52	60.28	61.05	60.87	61.22	0.008134	1.83	1.92	2.50	0.67
River 1	Reach 1	538	Tr 100_progetto	4.38	60.28	61.23	60.96	61.40	0.007039	1.85	2.37	2.50	0.61
River 1	Reach 1	538	Tr 200_progetto	5.29	60.28	61.41	61.05	61.59	0.006282	1.87	2.83	2.50	0.56
River 1	Reach 1	538	Tr 500_progetto	6.56	60.28	61.66	61.17	61.84	0.005732	1.90	3.44	2.50	0.52
River 1	Reach 1	510.2	Tr 50_progetto	3.52	59.98	60.92	60.57	61.03	0.004674	1.50	2.34	2.50	0.50
River 1	Reach 1	510.2	Tr 100_progetto	4.38	59.98	61.11	60.66	61.23	0.004352	1.55	2.82	2.50	0.47
River 1	Reach 1	510.2	Tr 200_progetto	5.29	59.98	61.30	60.75	61.43	0.004144	1.60	3.31	2.50	0.44
River 1	Reach 1	510.2	Tr 500_progetto	6.56	59.98	61.55	60.87	61.69	0.004057	1.67	3.93	2.50	0.42

## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	510	Tr 50_progetto	3.52	59.98	60.92	60.57	61.03	0.004683	1.50	2.34	2.50	0.50
River 1	Reach 1	510	Tr 100_progetto	4.38	59.98	61.11	60.66	61.23	0.004358	1.55	2.82	2.50	0.47
River 1	Reach 1	510	Tr 200_progetto	5.29	59.98	61.30	60.75	61.43	0.004148	1.60	3.31	2.50	0.44
River 1	Reach 1	510	Tr 500_progetto	6.56	59.98	61.55	60.87	61.69	0.004060	1.67	3.93	2.50	0.42
River 1	Reach 1	494	Tr 50_progetto	4.35	59.81	60.77	60.49	60.94	0.006711	1.82	2.40	2.50	0.59
River 1	Reach 1	494	Tr 100_progetto	5.57	59.81	60.93	60.61	61.13	0.007135	1.98	2.81	2.50	0.60
River 1	Reach 1	494	Tr 200_progetto	6.90	59.81	61.10	60.73	61.33	0.007567	2.14	3.22	2.50	0.60
River 1	Reach 1	494	Tr 500_progetto	8.74	59.81	61.31	60.89	61.59	0.008126	2.33	3.75	2.50	0.61
River 1	Reach 1	485	Tr 50_progetto	4.35	59.72	60.72	60.40	60.87	0.005964	1.74	2.50	2.50	0.56
River 1	Reach 1	485	Tr 100_progetto	5.57	59.72	60.88	60.52	61.07	0.006546	1.92	2.90	2.50	0.57
River 1	Reach 1	485	Tr 200_progetto	6.90	59.72	61.04	60.64	61.26	0.007109	2.09	3.30	2.50	0.58
River 1	Reach 1	485	Tr 500_progetto	8.74	59.72	61.24	60.80	61.51	0.007807	2.29	3.81	2.50	0.59
River 1	Reach 1	483	Tr 50_progetto	4.35	59.72	60.71	60.40	60.86	0.006215	1.77	2.46	2.50	0.57
River 1	Reach 1	483	Tr 100_progetto	5.57	59.72	60.86	60.52	61.06	0.006807	1.95	2.86	2.50	0.58
River 1	Reach 1	483	Tr 200_progetto	6.90	59.72	61.02	60.64	61.25	0.007378	2.12	3.25	2.50	0.59
River 1	Reach 1	483	Tr 500_progetto	8.74	59.72	61.22	60.80	61.50	0.008086	2.32	3.76	2.50	0.61
River 1	Reach 1	478		Bridge									
River 1	Reach 1	472	Tr 50_progetto	4.35	59.72	60.53	60.39	60.77	0.010547	2.14	2.04	2.50	0.76
River 1	Reach 1	472	Tr 100_progetto	5.57	59.72	60.67	60.52	60.95	0.011235	2.34	2.38	2.50	0.77
River 1	Reach 1	472	Tr 200_progetto	6.90	59.72	60.81	60.64	61.14	0.011883	2.53	2.72	2.50	0.78
River 1	Reach 1	472	Tr 500_progetto	8.74	59.72	60.99	60.80	61.38	0.012693	2.76	3.17	2.50	0.78
River 1	Reach 1	470	Tr 50_progetto	4.35	59.72	60.40	60.40	60.73	0.017943	2.58	1.69	2.50	1.00
River 1	Reach 1	470	Tr 100_progetto	5.57	59.72	60.52	60.52	60.92	0.018309	2.79	1.99	2.50	1.00
River 1	Reach 1	470	Tr 200_progetto	6.90	59.72	60.64	60.64	61.10	0.019100	3.01	2.29	2.50	1.00
River 1	Reach 1	470	Tr 500_progetto	8.74	59.72	60.80	60.80	61.33	0.019682	3.25	2.69	2.50	1.00
River 1	Reach 1	438	Tr 50_progetto	4.35	58.16	58.55	58.83	59.56	0.088927	4.44	0.98	2.50	2.26
River 1	Reach 1	438	Tr 100_progetto	5.57	58.16	58.64	58.96	59.75	0.081149	4.67	1.19	2.50	2.16
River 1	Reach 1	438	Tr 200_progetto	6.90	58.16	58.73	59.08	59.93	0.074245	4.85	1.42	2.50	2.06
River 1	Reach 1	438	Tr 500_progetto	8.74	58.16	58.85	59.24	60.17	0.069014	5.09	1.72	2.50	1.96
River 1	Reach 1	414	Tr 50_progetto	4.35	56.94	57.45	57.62	58.05	0.041005	3.42	1.27	2.50	1.53
River 1	Reach 1	414	Tr 100_progetto	5.57	56.94	57.53	57.74	58.25	0.043079	3.77	1.48	2.50	1.56
River 1	Reach 1	414	Tr 200_progetto	6.90	56.94	57.62	57.86	58.47	0.044933	4.08	1.69	2.50	1.58
River 1	Reach 1	414	Tr 500_progetto	8.74	56.94	57.73	58.02	58.73	0.046559	4.43	1.97	2.50	1.59



HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	390.2	Tr 50_progetto	4.35	56.04	56.57	56.72	57.12	0.036394	3.29	1.32	2.50	1.44
River 1	Reach 1	390.2	Tr 100_progetto	5.57	56.04	56.67	56.84	57.31	0.035563	3.52	1.58	2.50	1.42
River 1	Reach 1	390.2	Tr 200_progetto	6.90	56.04	56.78	56.96	57.49	0.035216	3.75	1.84	2.50	1.39
River 1	Reach 1	390.2	Tr 500_progetto	8.74	56.04	56.91	57.12	57.73	0.034825	4.00	2.19	2.50	1.36
River 1	Reach 1	390	Tr 50_progetto	4.35	55.29	55.62	55.97	57.03	0.148217	5.25	0.83	2.50	2.91
River 1	Reach 1	390	Tr 100_progetto	5.57	55.29	55.70	56.09	57.21	0.127947	5.44	1.02	2.50	2.72
River 1	Reach 1	390	Tr 200_progetto	6.90	55.29	55.78	56.21	57.40	0.114856	5.63	1.23	2.50	2.57
River 1	Reach 1	390	Tr 500_progetto	8.74	55.29	55.89	56.37	57.63	0.102775	5.85	1.50	2.50	2.41
River 1	Reach 1	380.2	Tr 50_progetto	4.35	55.29	55.95	55.97	56.30	0.018983	2.63	1.66	2.50	1.03
River 1	Reach 1	380.2	Tr 100_progetto	5.57	55.29	56.08	56.08	56.49	0.019144	2.84	1.96	2.50	1.02
River 1	Reach 1	380.2	Tr 200_progetto	6.90	55.29	56.20	56.21	56.67	0.019201	3.02	2.29	2.50	1.01
River 1	Reach 1	380.2	Tr 500_progetto	8.74	55.29	56.35	56.37	56.90	0.020424	3.29	2.66	2.50	1.02
River 1	Reach 1	380	Tr 50_progetto	4.35	54.28	54.64	55.00	56.18	0.171576	5.51	0.79	2.50	3.13
River 1	Reach 1	380	Tr 100_progetto	5.57	54.28	54.71	55.12	56.36	0.145701	5.68	0.98	2.50	2.90
River 1	Reach 1	380	Tr 200_progetto	6.90	54.28	54.79	55.24	56.54	0.128567	5.85	1.18	2.50	2.72
River 1	Reach 1	380	Tr 500_progetto	8.74	54.28	54.90	55.40	56.77	0.114022	6.06	1.44	2.50	2.55
River 1	Reach 1	369	Tr 50_progetto	4.35	53.77	54.24	54.45	54.94	0.052171	3.71	1.17	2.50	1.73
River 1	Reach 1	369	Tr 100_progetto	5.57	53.77	54.32	54.57	55.16	0.054284	4.08	1.37	2.50	1.76
River 1	Reach 1	369	Tr 200_progetto	6.90	53.77	54.40	54.69	55.39	0.055882	4.40	1.57	2.50	1.78
River 1	Reach 1	369	Tr 500_progetto	8.74	53.77	54.50	54.85	55.66	0.057160	4.76	1.83	2.50	1.78
River 1	Reach 1	366	Tr 50_progetto	4.35	53.76	54.57	54.44	54.81	0.010565	2.14	2.03	2.50	0.76
River 1	Reach 1	366	Tr 100_progetto	5.57	53.76	54.70	54.56	54.98	0.011745	2.38	2.34	2.50	0.79
River 1	Reach 1	366	Tr 200_progetto	6.90	53.76	54.82	54.68	55.16	0.012967	2.62	2.64	2.50	0.81
River 1	Reach 1	366	Tr 500_progetto	8.74	53.76	54.67	54.84	55.42	0.030942	3.83	2.28	2.50	1.28
River 1	Reach 1	359		Bridge									
River 1	Reach 1	352	Tr 50_progetto	4.35	53.75	54.36	54.35	54.65	0.015525	2.38	1.83	3.00	0.97
River 1	Reach 1	352	Tr 100_progetto	5.57	53.75	54.46	54.46	54.81	0.016509	2.63	2.12	3.00	1.00
River 1	Reach 1	352	Tr 200_progetto	6.90	53.75	54.56	54.56	54.97	0.016825	2.82	2.44	3.00	1.00
River 1	Reach 1	352	Tr 500_progetto	8.74	53.75	54.70	54.70	55.18	0.017260	3.06	2.86	3.00	1.00
River 1	Reach 1	351	Tr 50_progetto	4.35	53.73	54.37	54.33	54.63	0.013608	2.27	1.91	3.00	0.91
River 1	Reach 1	351	Tr 100_progetto	5.57	53.73	54.39	54.43	54.79	0.020427	2.83	1.97	3.00	1.11
River 1	Reach 1	351	Tr 200_progetto	6.90	53.73	54.50	54.54	54.96	0.020041	3.00	2.30	3.00	1.09
River 1	Reach 1	351	Tr 500_progetto	8.74	53.73	54.63	54.68	55.16	0.020191	3.23	2.71	3.00	1.09



## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	345	Tr 50_progetto	4.35	53.72	54.31	54.31	54.53	0.012612	2.12	2.05	4.52	1.00
River 1	Reach 1	345	Tr 100_progetto	5.57	53.72	54.39	54.40	54.65	0.012573	2.27	2.45	4.81	1.02
River 1	Reach 1	345	Tr 200_progetto	6.90	53.72	54.36	54.49	54.81	0.022532	2.97	2.32	4.71	1.35
River 1	Reach 1	345	Tr 500_progetto	8.74	53.72	54.42	54.59	55.00	0.026927	3.39	2.58	4.90	1.49
River 1	Reach 1	325	Tr 50_progetto	4.35	53.16	53.58	53.74	54.09	0.039813	3.16	1.38	3.99	1.72
River 1	Reach 1	325	Tr 100_progetto	5.57	53.16	53.66	53.84	54.22	0.037271	3.33	1.67	4.24	1.69
River 1	Reach 1	325	Tr 200_progetto	6.90	53.16	53.76	53.92	54.30	0.028986	3.25	2.13	4.60	1.52
River 1	Reach 1	325	Tr 500_progetto	8.74	53.16	53.85	54.03	54.45	0.028204	3.44	2.54	4.90	1.53
River 1	Reach 1	306	Tr 50_progetto	4.35	52.58	53.05	53.17	53.45	0.027504	2.78	1.57	4.14	1.44
River 1	Reach 1	306	Tr 100_progetto	5.57	52.58	53.11	53.26	53.59	0.028734	3.04	1.83	4.36	1.50
River 1	Reach 1	306	Tr 200_progetto	6.90	52.58	53.17	53.34	53.73	0.030956	3.32	2.08	4.55	1.57
River 1	Reach 1	306	Tr 500_progetto	8.74	52.58	53.25	53.45	53.89	0.030822	3.55	2.46	4.84	1.59
River 1	Reach 1	280	Tr 50_progetto	4.35	51.77	52.22	52.36	52.66	0.032671	2.95	1.47	4.06	1.56
River 1	Reach 1	280	Tr 100_progetto	5.57	51.77	52.29	52.45	52.80	0.031967	3.16	1.76	4.30	1.57
River 1	Reach 1	280	Tr 200_progetto	6.90	51.77	52.36	52.53	52.93	0.031391	3.34	2.06	4.54	1.58
River 1	Reach 1	280	Tr 500_progetto	8.74	51.77	52.44	52.64	53.09	0.031277	3.58	2.44	4.82	1.60
River 1	Reach 1	266.00	Tr 50_progetto	4.35	51.34	52.28	51.93	52.34	0.002145	1.12	3.88	5.78	0.44
River 1	Reach 1	266.00	Tr 100_progetto	5.57	51.34	52.46	52.02	52.52	0.001788	1.12	4.97	6.40	0.41
River 1	Reach 1	266.00	Tr 200_progetto	6.90	51.34	52.65	52.10	52.71	0.001433	1.10	6.30	7.09	0.37
River 1	Reach 1	266.00	Tr 500_progetto	8.74	51.34	52.91	52.21	52.96	0.001125	1.07	8.20	7.97	0.34
River 1	Reach 1	262	Tr 50_progetto	4.35	51.23	52.13	51.90	52.32	0.003829	1.92	2.26	5.65	0.65
River 1	Reach 1	262	Tr 100_progetto	5.57	51.23	52.25	52.03	52.49	0.004103	2.17	2.57	6.08	0.68
River 1	Reach 1	262	Tr 200_progetto	6.90	51.23	52.41	52.14	52.69	0.003953	2.34	2.95	6.62	0.69
River 1	Reach 1	262	Tr 500_progetto	8.74	51.23	52.60	52.30	52.93	0.003809	2.54	3.44	7.30	0.69
River 1	Reach 1	255		Bridge									
River 1	Reach 1	249	Tr 50_progetto	4.35	51.15	52.00	51.83	52.22	0.004626	2.04	2.13	5.49	0.71
River 1	Reach 1	249	Tr 100_progetto	5.57	51.15	52.01	51.95	52.35	0.007500	2.60	2.14	5.50	0.90
River 1	Reach 1	249	Tr 200_progetto	6.90	51.15	52.07	52.07	52.53	0.009052	3.00	2.30	5.73	1.00
River 1	Reach 1	249	Tr 500_progetto	8.74	51.15	52.22	52.22	52.76	0.008703	3.26	2.68	6.26	1.00
River 1	Reach 1	248	Tr 50_progetto	4.35	51.15	52.10	51.73	52.16	0.002009	1.09	3.98	5.84	0.42
River 1	Reach 1	248	Tr 100_progetto	5.57	51.15	52.19	51.83	52.26	0.002392	1.25	4.47	6.12	0.47
River 1	Reach 1	248	Tr 200_progetto	6.90	51.15	52.27	51.91	52.36	0.002747	1.39	4.96	6.40	0.50
River 1	Reach 1	248	Tr 500_progetto	8.74	51.15	51.72	52.02	52.69	0.054961	4.36	2.00	4.50	2.09



HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	233	Tr 50_progetto	4.35	51.12	52.07	51.71	52.14	0.002001	1.09	3.98	5.84	0.42
River 1	Reach 1	233	Tr 100_progetto	5.57	51.12	52.15	51.79	52.23	0.002452	1.26	4.43	6.10	0.47
River 1	Reach 1	233	Tr 200_progetto	6.90	51.12	52.22	51.88	52.32	0.002894	1.42	4.87	6.35	0.52
River 1	Reach 1	233	Tr 500_progetto	8.74	51.12	52.32	51.99	52.45	0.003249	1.57	5.55	6.72	0.55
River 1	Reach 1	219	Tr 50_progetto	4.35	51.08	52.05	51.67	52.11	0.001893	1.07	4.06	5.89	0.41
River 1	Reach 1	219	Tr 100_progetto	5.57	51.08	52.11	51.76	52.19	0.002397	1.25	4.46	6.12	0.47
River 1	Reach 1	219	Tr 200_progetto	6.90	51.08	52.18	51.84	52.28	0.002923	1.42	4.85	6.34	0.52
River 1	Reach 1	219	Tr 500_progetto	8.74	51.08	52.27	51.95	52.40	0.003376	1.60	5.47	6.68	0.56
River 1	Reach 1	205	Tr 50_progetto	4.35	51.06	52.02	51.65	52.08	0.001939	1.08	4.03	5.90	0.42
River 1	Reach 1	205	Tr 100_progetto	5.57	51.06	52.08	51.73	52.16	0.002550	1.27	4.37	6.10	0.48
River 1	Reach 1	205	Tr 200_progetto	6.90	51.06	52.12	51.82	52.24	0.003260	1.48	4.67	6.28	0.55
River 1	Reach 1	205	Tr 500_progetto	8.74	51.06	52.21	51.93	52.35	0.003924	1.68	5.19	6.56	0.60
River 1	Reach 1	191	Tr 50_progetto	4.35	51.03	51.99	51.61	52.05	0.001897	1.07	4.07	5.95	0.41
River 1	Reach 1	191	Tr 100_progetto	5.57	51.03	52.04	51.70	52.12	0.002603	1.28	4.34	6.11	0.49
River 1	Reach 1	191	Tr 200_progetto	6.90	51.03	52.07	51.79	52.19	0.003552	1.52	4.53	6.22	0.57
River 1	Reach 1	191	Tr 500_progetto	8.74	51.03	52.12	51.90	52.29	0.004660	1.79	4.88	6.42	0.66
River 1	Reach 1	180	Tr 50_progetto	4.35	51.00	51.98	51.58	52.03	0.001813	1.05	4.14	5.97	0.40
River 1	Reach 1	180	Tr 100_progetto	5.57	51.00	52.01	51.67	52.10	0.002577	1.28	4.36	6.10	0.48
River 1	Reach 1	180	Tr 200_progetto	6.90	51.00	52.03	51.76	52.15	0.003715	1.55	4.46	6.16	0.58
River 1	Reach 1	180	Tr 500_progetto	8.74	51.00	52.05	51.87	52.23	0.005554	1.91	4.57	6.23	0.71
River 1	Reach 1	162	Tr 50_progetto	8.03	50.73	51.88	51.88	51.98	0.003127	1.72	8.45	42.05	0.61
River 1	Reach 1	162	Tr 100_progetto	10.50	50.73	51.93	51.93	52.04	0.003415	1.87	10.65	48.19	0.64
River 1	Reach 1	162	Tr 200_progetto	13.13	50.73	51.98	51.98	52.08	0.003316	1.91	13.25	53.03	0.64
River 1	Reach 1	162	Tr 500_progetto	16.85	50.73	52.02	52.02	52.14	0.003665	2.07	15.62	55.54	0.68
River 1	Reach 1	135	Tr 50_progetto	8.03	50.11	51.03	51.40	51.75	0.020305	3.74	2.15	3.28	1.48
River 1	Reach 1	135	Tr 100_progetto	10.50	50.11	51.30	51.51	51.84	0.012690	3.29	3.58	11.64	1.20
River 1	Reach 1	135	Tr 200_progetto	13.13	50.11	51.41	51.54	51.89	0.011626	3.25	5.13	15.94	1.17
River 1	Reach 1	135	Tr 500_progetto	16.85	50.11	51.53	51.54	51.95	0.010426	3.19	7.29	21.11	1.13
River 1	Reach 1	97	Tr 50_progetto	8.03	49.26	50.04	50.22	50.73	0.036882	3.72	2.35	11.77	1.97
River 1	Reach 1	97	Tr 100_progetto	10.50	49.26	50.08	50.22	50.98	0.044911	4.32	2.82	15.45	2.20
River 1	Reach 1	97	Tr 200_progetto	13.13	49.26	50.12	50.22	51.08	0.044662	4.56	3.63	19.22	2.22
River 1	Reach 1	97	Tr 500_progetto	16.85	49.26	50.17	50.22	51.18	0.045217	4.83	4.62	21.10	2.27
River 1	Reach 1	55	Tr 50_progetto	8.03	48.32	49.17	49.32	49.68	0.016637	3.16	2.54	4.94	1.41



## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	55	Tr 100_progetto	10.50	48.32	49.30	49.46	49.85	0.015505	3.30	3.19	5.51	1.38
River 1	Reach 1	55	Tr 200_progetto	13.13	48.32	49.42	49.65	50.00	0.014142	3.37	3.90	6.08	1.34
River 1	Reach 1	55	Tr 500_progetto	16.85	48.32	49.57	49.76	50.17	0.012331	3.44	5.12	11.82	1.28
River 1	Reach 1	8	Tr 50_progetto	8.03	47.21	48.12	48.40	48.78	0.021679	3.59	2.24	4.06	1.54
River 1	Reach 1	8	Tr 100_progetto	10.50	47.21	48.24	48.44	48.98	0.021776	3.79	2.77	4.70	1.58
River 1	Reach 1	8	Tr 200_progetto	13.13	47.21	48.33	48.44	49.16	0.021627	4.05	3.42	9.10	1.60
River 1	Reach 1	8	Tr 500_progetto	16.85	47.21	48.42	48.44	49.37	0.022533	4.41	4.36	12.02	1.66
River 1	Reach 1	0.9	Tr 50_progetto	8.10	43.45	44.20	44.45	44.99	0.034838	3.92	2.06	3.50	1.63
River 1	Reach 1	0.9	Tr 100_progetto	10.76	43.45	44.34	44.62	45.23	0.033413	4.19	2.57	3.78	1.62
River 1	Reach 1	0.9	Tr 200_progetto	13.59	43.45	44.47	44.73	45.47	0.032650	4.42	3.07	4.04	1.62
River 1	Reach 1	0.9	Tr 500_progetto	17.57	43.45	44.64	44.73	45.73	0.030259	4.61	3.81	4.39	1.58
River 1	Reach 1	0.8	Tr 50_progetto	8.10	40.80	41.65	41.80	42.22	0.022213	3.34	2.43	3.70	1.32
River 1	Reach 1	0.8	Tr 100_progetto	10.76	40.80	41.78	41.97	42.47	0.023022	3.66	2.94	3.97	1.36
River 1	Reach 1	0.8	Tr 200_progetto	13.59	40.80	41.91	42.05	42.70	0.023479	3.93	3.47	6.80	1.38
River 1	Reach 1	0.8	Tr 500_progetto	17.57	40.80	42.08	42.08	42.15	0.003504	1.72	21.42	111.31	0.55
River 1	Reach 1	0.7	Tr 50_progetto	8.10	38.10	38.91	39.13	39.55	0.026340	3.55	2.28	3.62	1.43
River 1	Reach 1	0.7	Tr 100_progetto	10.76	38.10	39.03	39.13	39.78	0.025878	3.88	3.00	8.14	1.45
River 1	Reach 1	0.7	Tr 200_progetto	13.59	38.10	39.11	39.13	39.95	0.026456	4.20	3.69	9.16	1.49
River 1	Reach 1	0.7	Tr 500_progetto	17.57	38.10	39.04	39.13	40.95	0.065358	6.22	3.08	8.26	2.31
River 1	Reach 1	0.6	Tr 50_progetto	8.10	35.45	36.36	36.52	36.84	0.017484	3.06	2.65	3.82	1.17
River 1	Reach 1	0.6	Tr 100_progetto	10.76	35.45	36.49	36.52	37.06	0.017710	3.35	3.56	23.27	1.20
River 1	Reach 1	0.6	Tr 200_progetto	13.59	35.45	36.52	36.52	36.53	0.000331	0.47	43.39	139.50	0.17
River 1	Reach 1	0.6	Tr 500_progetto	17.57	35.45	36.52	36.52	36.53	0.000553	0.61	43.39	139.50	0.21
River 1	Reach 1	0.5	Tr 50_progetto	8.10	33.76	34.61	34.79	35.17	0.021921	3.32	2.44	3.71	1.31
River 1	Reach 1	0.5	Tr 100_progetto	10.76	33.76	34.76	35.04	35.41	0.021365	3.56	3.05	5.40	1.31
River 1	Reach 1	0.5	Tr 200_progetto	13.59	33.76	34.60	35.07	36.26	0.066079	5.71	2.38	3.68	2.27
River 1	Reach 1	0.5	Tr 500_progetto	17.57	33.76	34.83	35.07	36.24	0.044105	5.28	3.45	6.66	1.89
River 1	Reach 1	0.4	Tr 50_progetto	8.10	31.66	32.61	32.66	33.04	0.015260	2.91	2.78	3.89	1.10
River 1	Reach 1	0.4	Tr 100_progetto	10.76	31.66	32.88	32.90	33.21	0.015697	2.57	4.19	7.76	1.12
River 1	Reach 1	0.4	Tr 200_progetto	13.59	31.66	32.90	32.90	32.96	0.005196	1.41	15.31	81.57	0.64
River 1	Reach 1	0.4	Tr 500_progetto	17.57	31.66	32.92	32.92	32.99	0.006802	1.58	16.92	83.74	0.73
River 1	Reach 1	0.3	Tr 50_progetto	8.10	30.38	31.25	31.38	31.79	0.020583	3.25	2.49	3.74	1.27
River 1	Reach 1	0.3	Tr 100_progetto	10.76	30.38	31.44	31.70	32.01	0.017986	3.34	3.22	4.11	1.21
River 1	Reach 1	0.3	Tr 200_progetto	13.59	30.38	31.53	31.82	32.25	0.020921	3.77	3.66	7.76	1.31



HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	0.3	Tr 500_progetto	17.57	30.38	31.75	31.82	32.30	0.013764	3.46	6.24	16.25	1.09
River 1	Reach 1	0.2	Tr 50_progetto	8.10	29.70	30.67	30.76	30.96	0.010453	2.52	4.04	15.38	0.92
River 1	Reach 1	0.2	Tr 100_progetto	10.76	29.70	30.71	30.85	31.12	0.014395	3.03	4.66	17.36	1.09
River 1	Reach 1	0.2	Tr 200_progetto	13.59	29.70	30.76	30.89	31.22	0.015863	3.31	5.56	18.28	1.15
River 1	Reach 1	0.2	Tr 500_progetto	17.57	29.70	30.80	30.96	31.41	0.021043	3.92	6.26	20.40	1.34



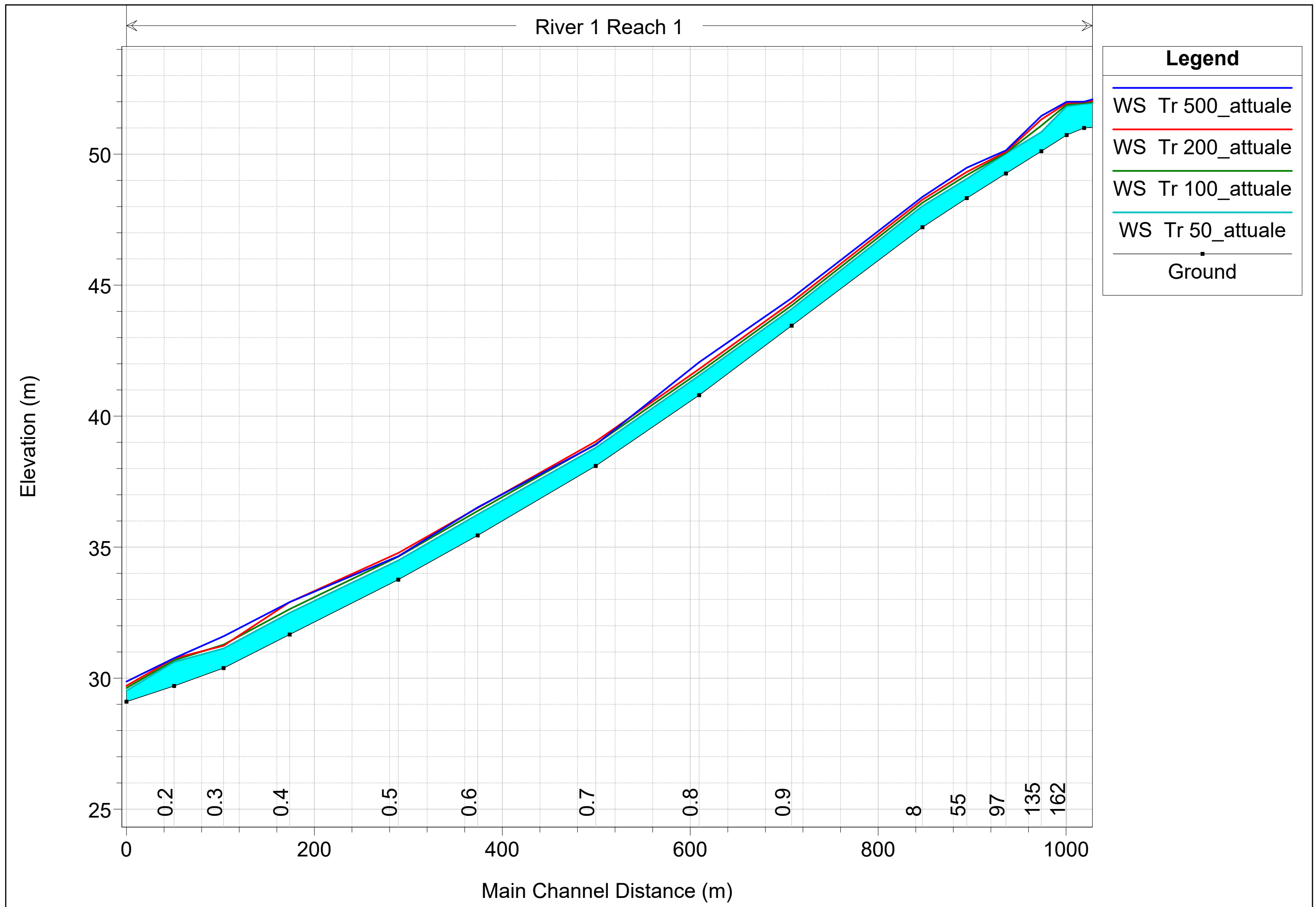
### **Allegato 3**

## **Profili di corrente, sezioni di modellazione e tabulati di calcolo relativi al canale in esistente**



*Profili di corrente*

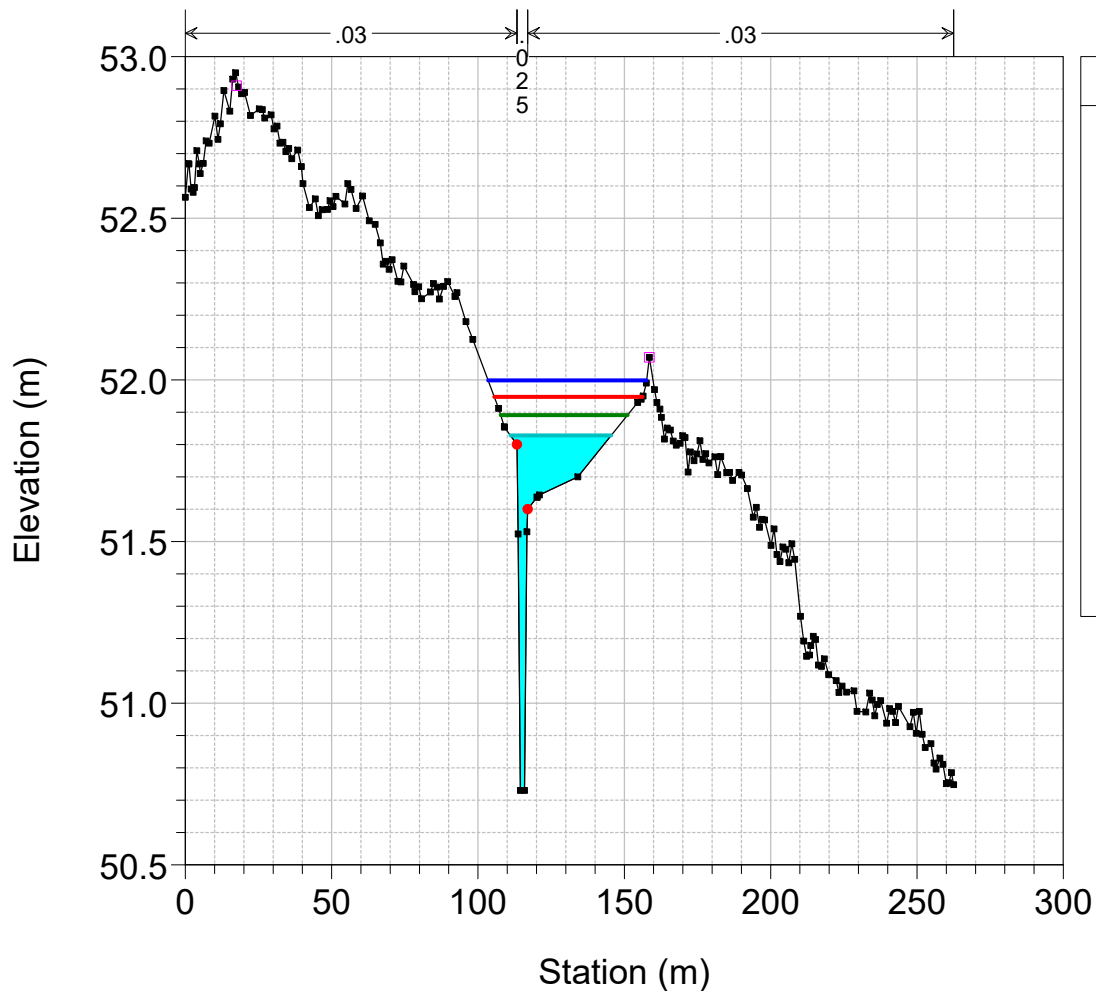




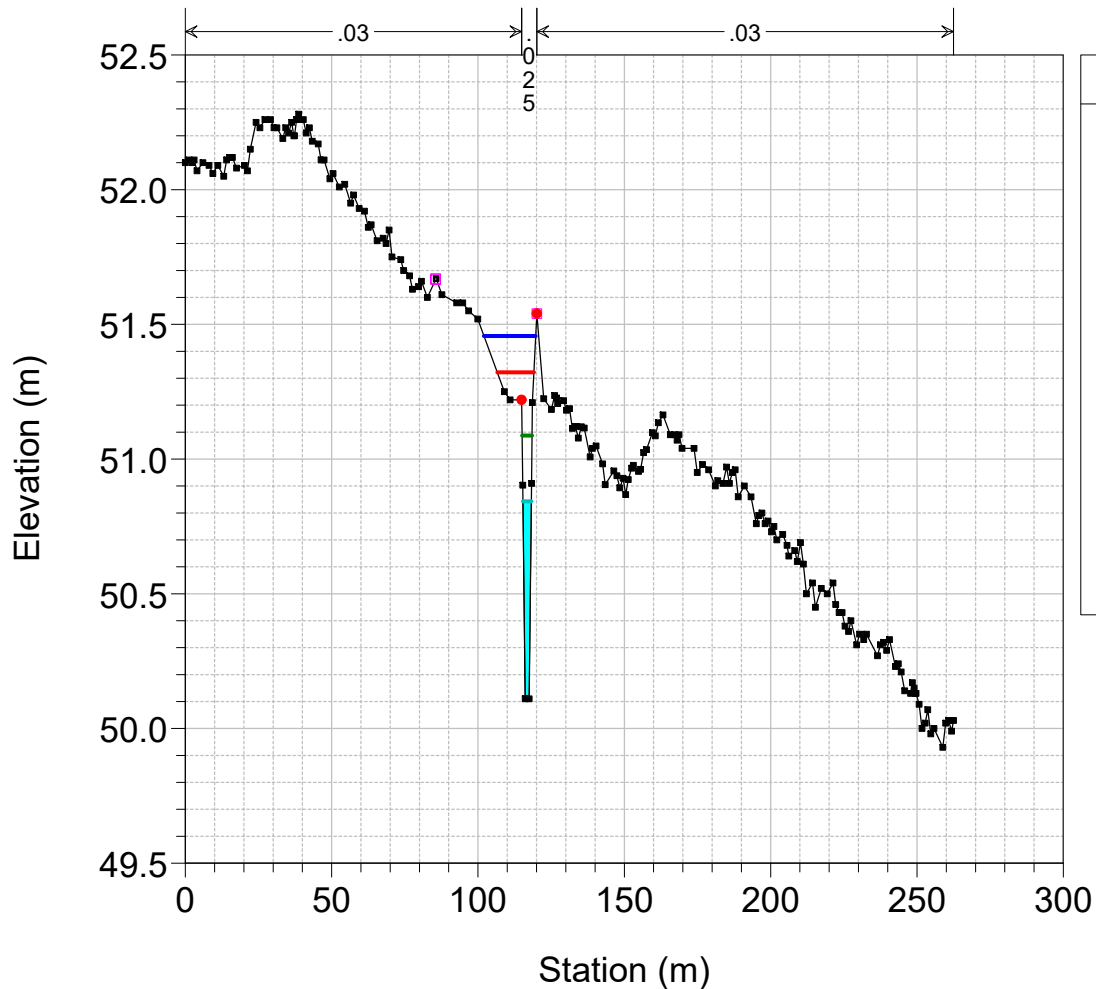
*Sezioni di calcolo con livelli idrici*



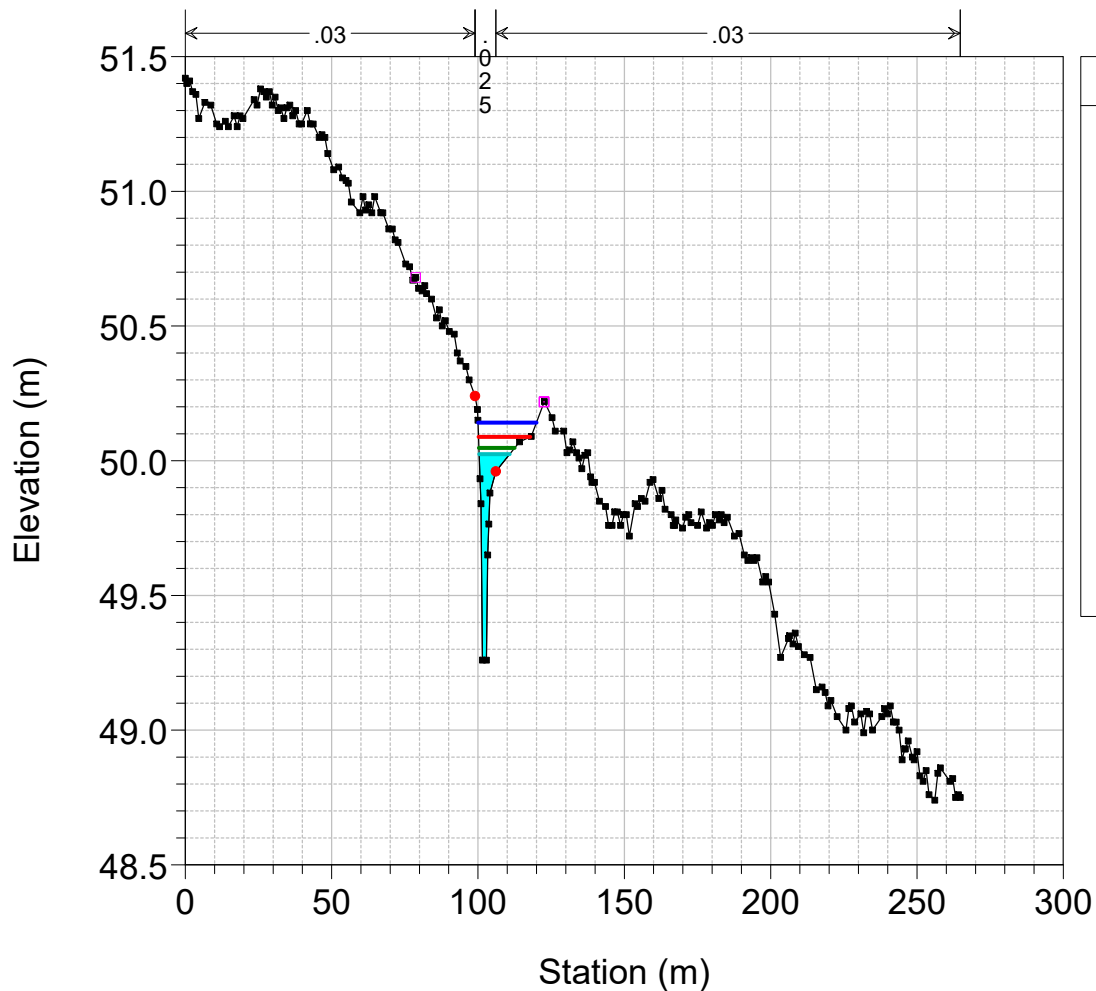
RS = 162



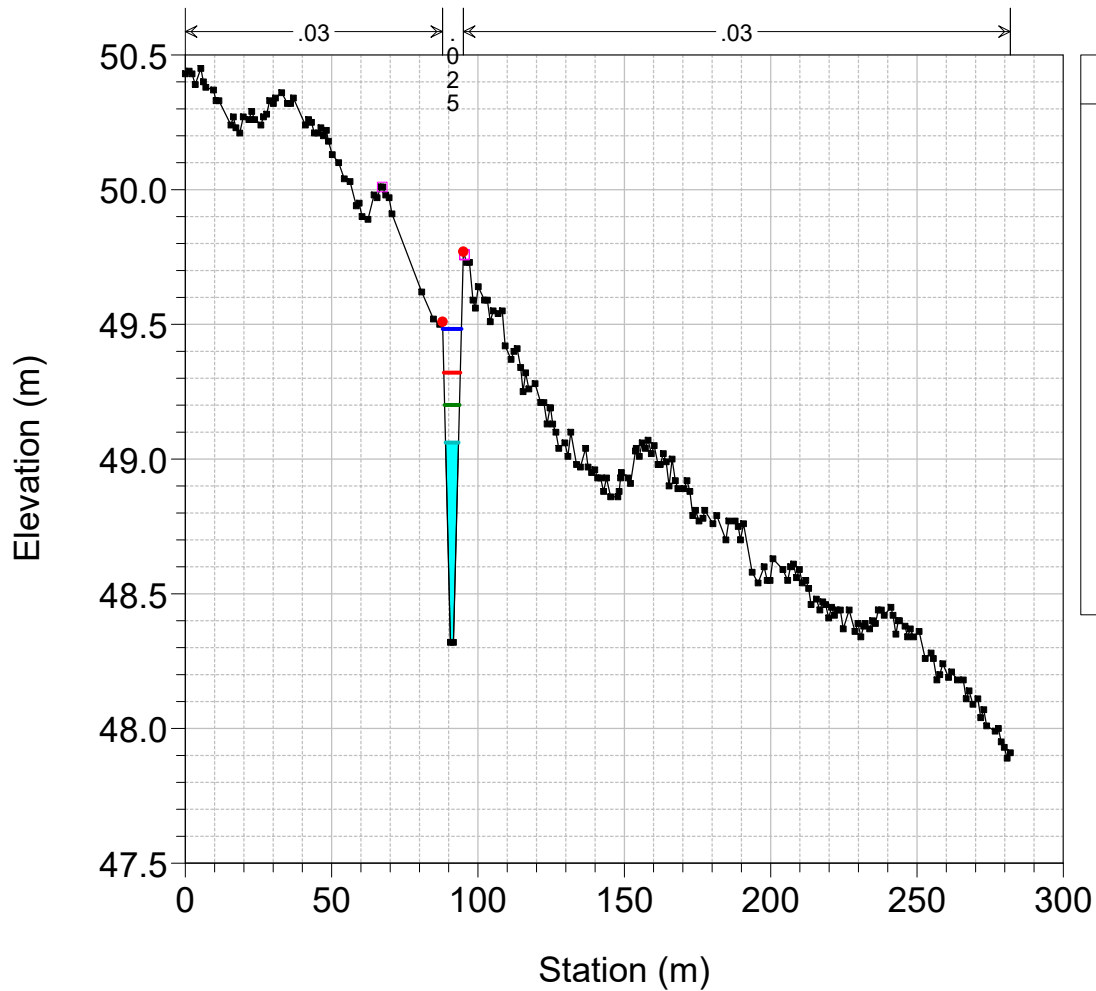
RS = 135



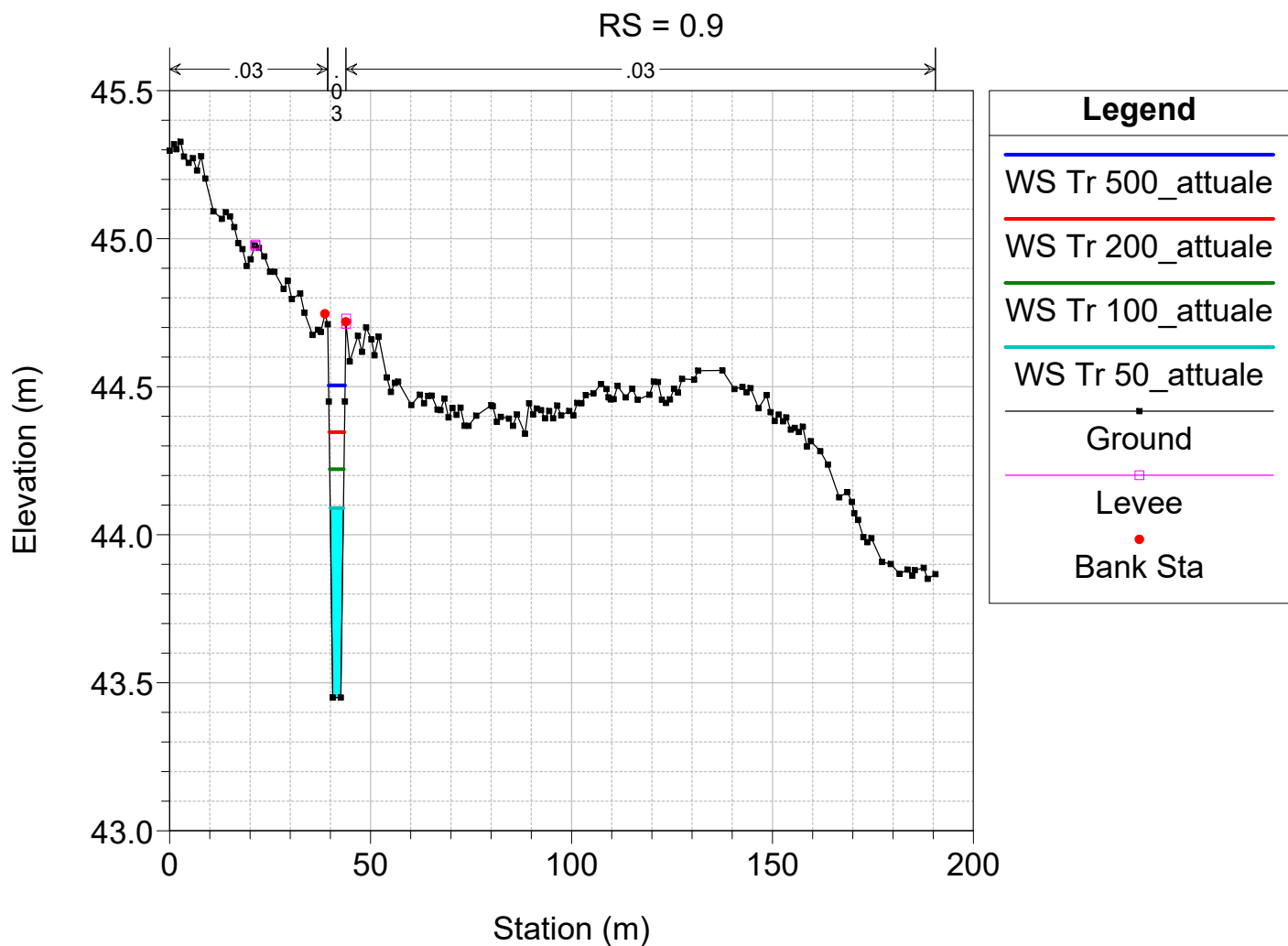
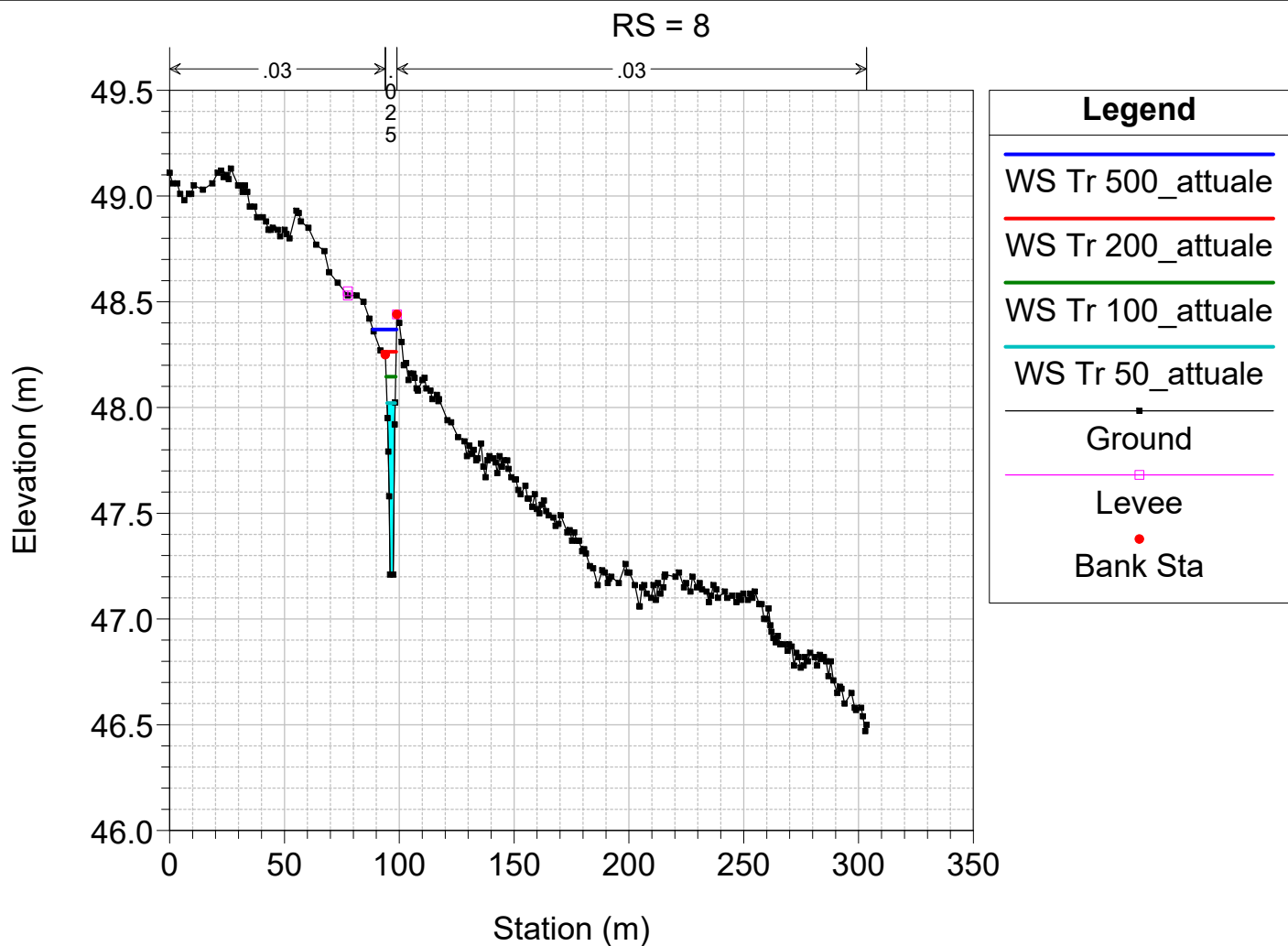
RS = 97



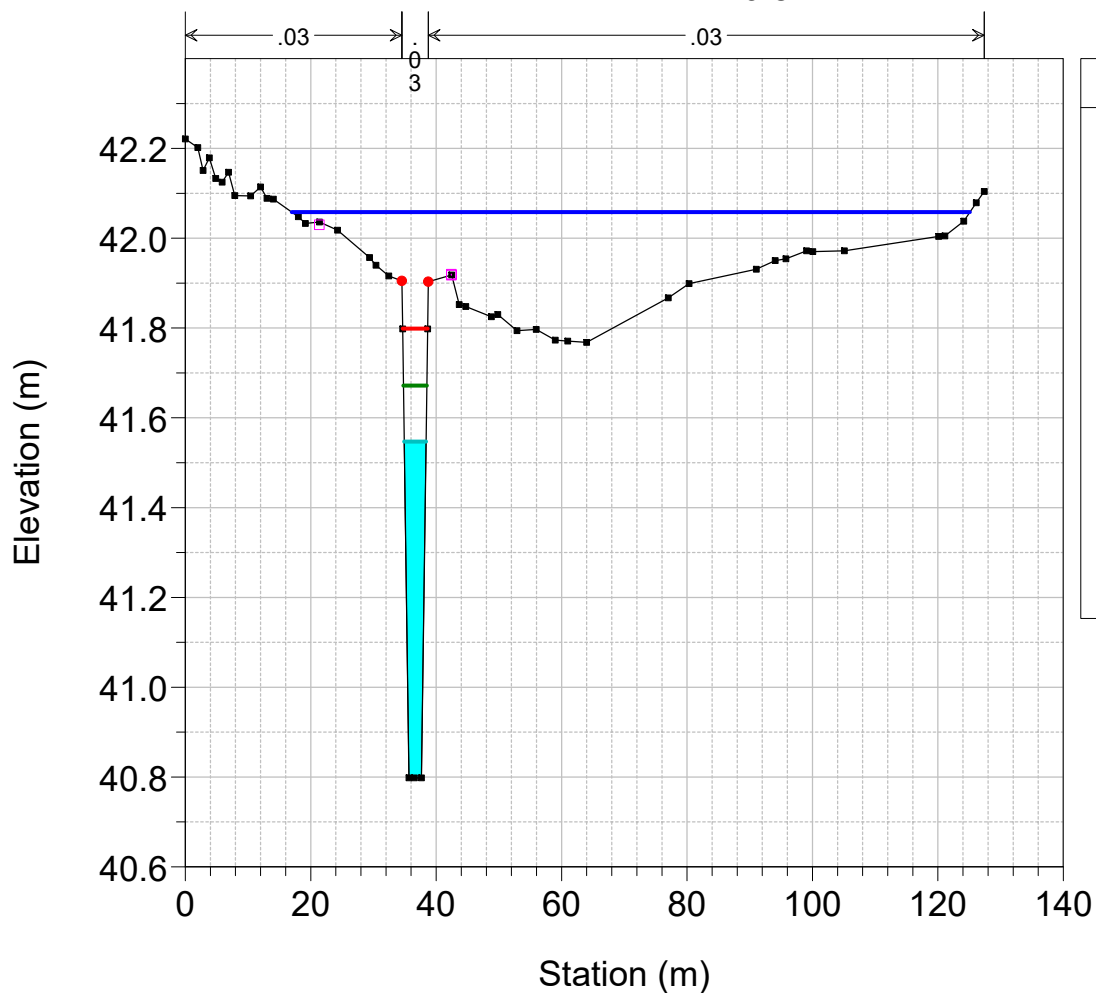
RS = 55



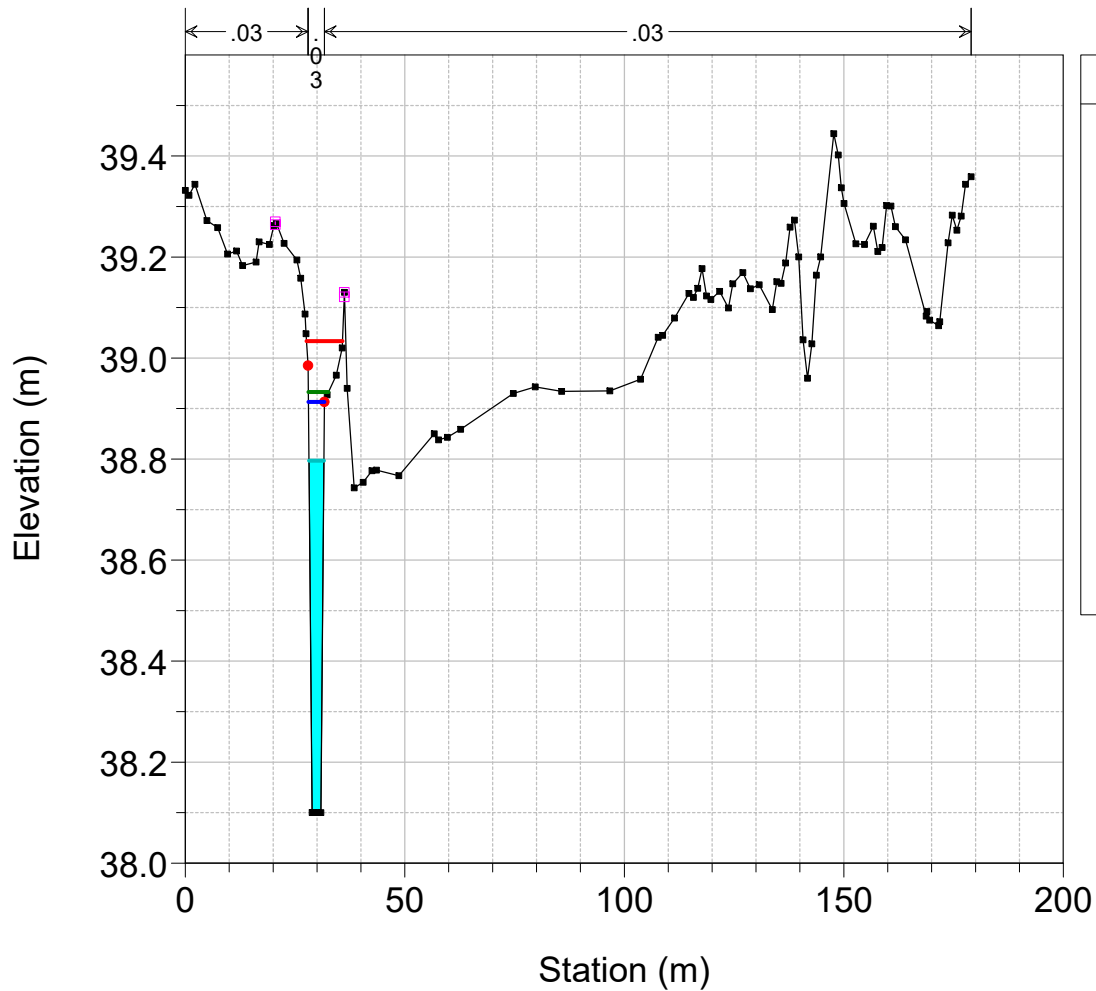




RS = 0.8

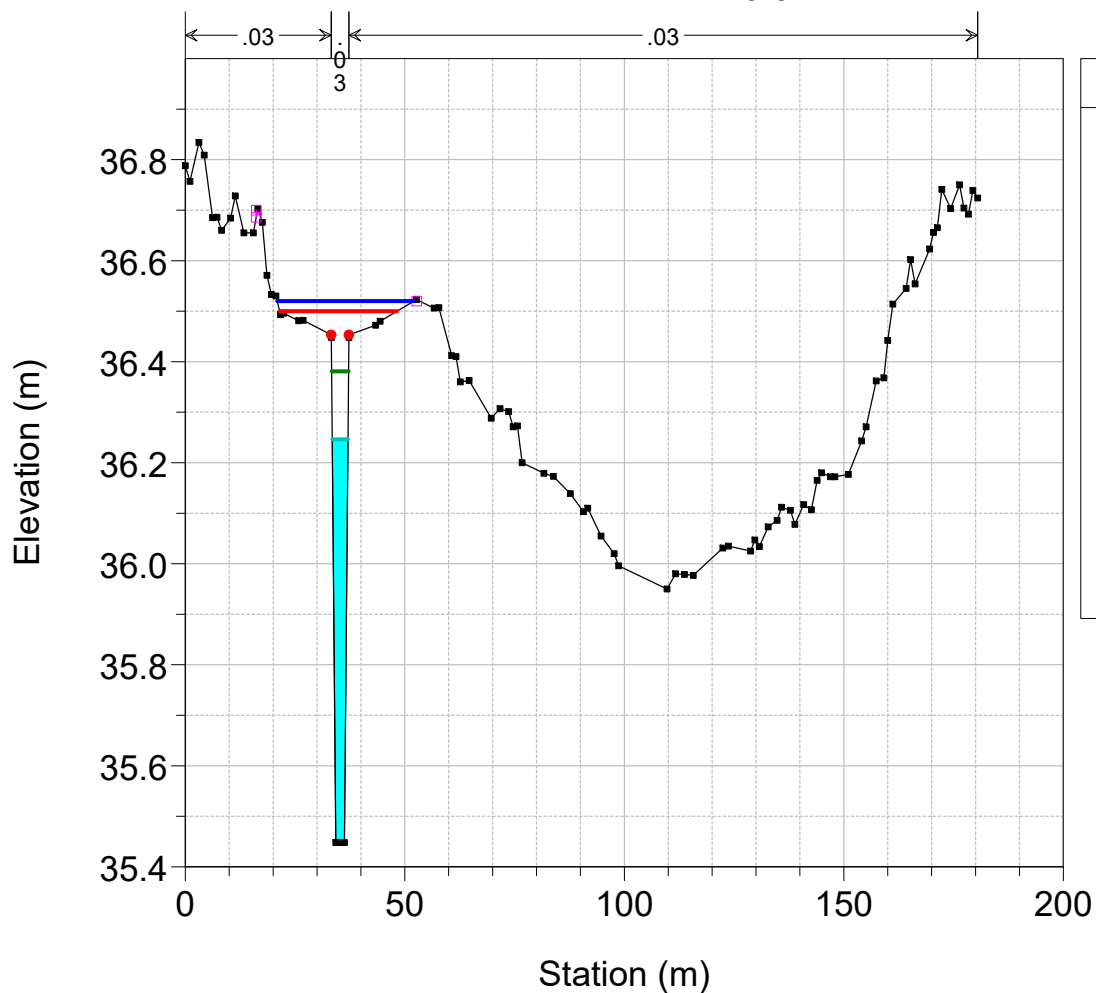


RS = 0.7

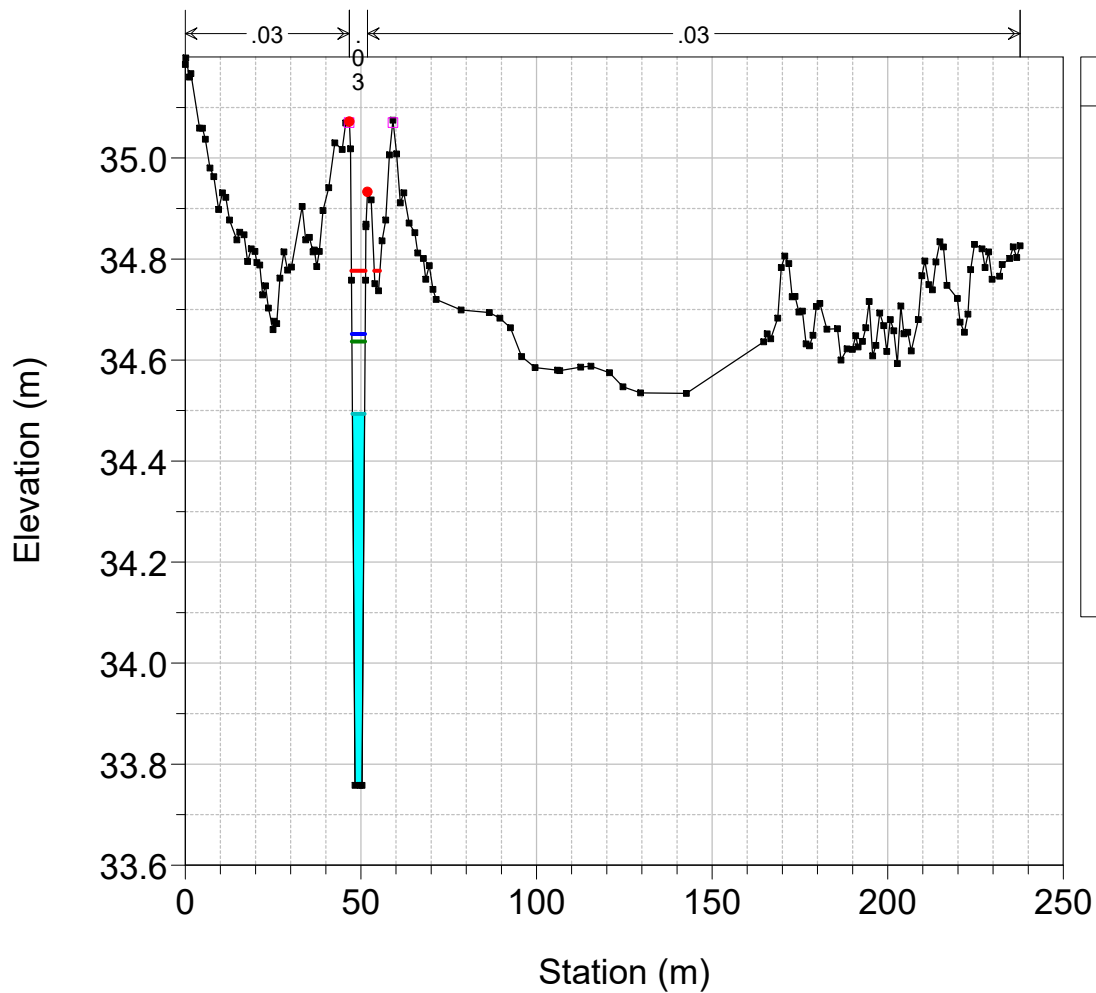




RS = 0.6

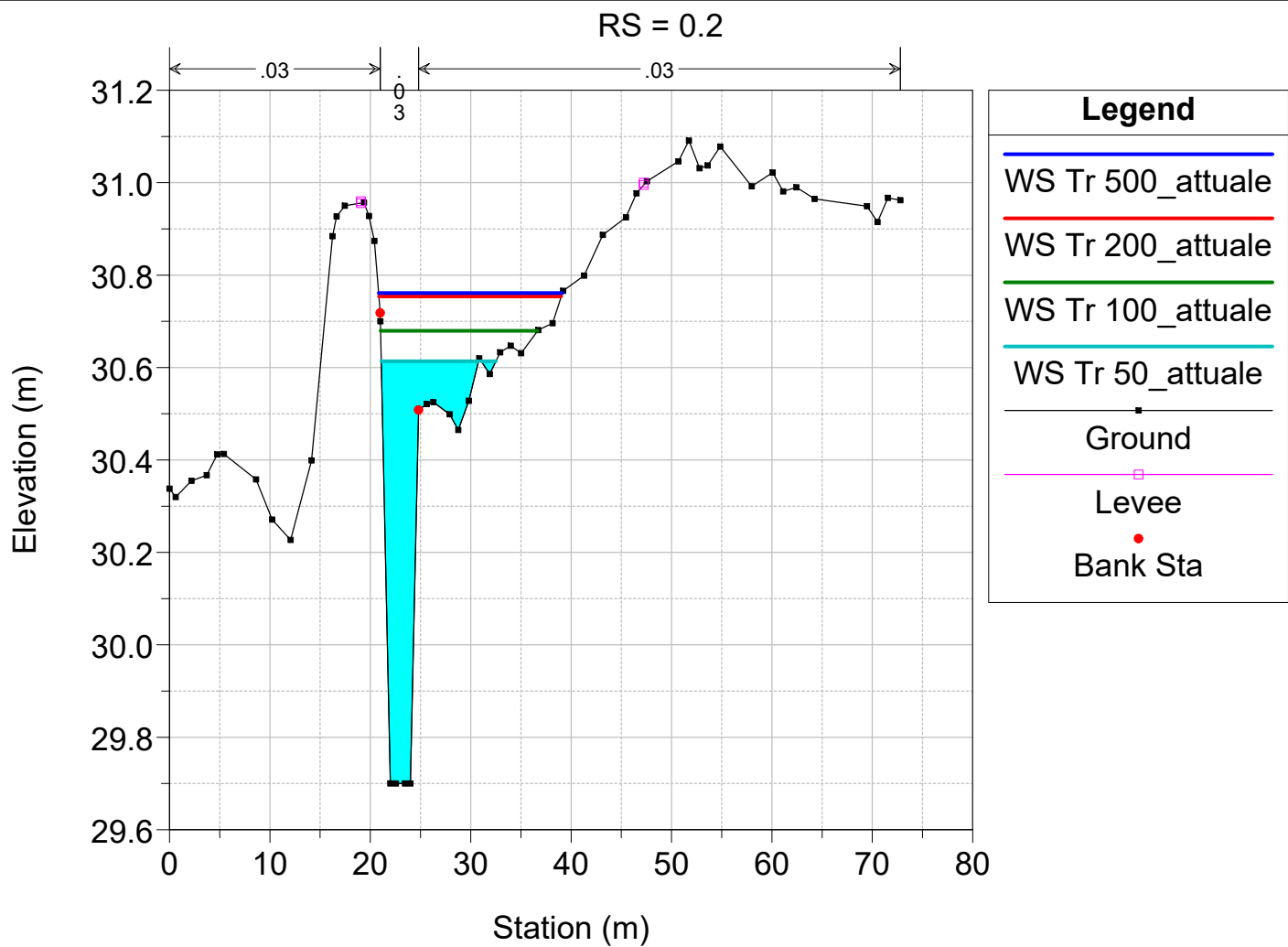


RS = 0.5









*Tabelle con risultati modello idraulico*



## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	162	Tr 50_attuale	6.30	50.73	51.83	51.83	51.93	0.003135	1.64	6.43	34.43	0.60
River 1	Reach 1	162	Tr 100_attuale	8.50	50.73	51.89	51.89	51.99	0.003181	1.75	8.89	43.33	0.62
River 1	Reach 1	162	Tr 200_attuale	11.00	50.73	51.95	51.95	52.05	0.003191	1.83	11.54	50.65	0.62
River 1	Reach 1	162	Tr 500_attuale	14.50	50.73	52.00	52.00	52.10	0.003420	1.97	14.22	54.15	0.65
River 1	Reach 1	135	Tr 50_attuale	6.30	50.11	50.84	51.11	51.67	0.029285	4.02	1.57	2.87	1.74
River 1	Reach 1	135	Tr 100_attuale	8.50	50.11	51.09	51.43	51.77	0.018208	3.65	2.33	3.40	1.41
River 1	Reach 1	135	Tr 200_attuale	11.00	50.11	51.32	51.54	51.85	0.012564	3.29	3.86	12.53	1.20
River 1	Reach 1	135	Tr 500_attuale	14.50	50.11	51.46	51.54	51.92	0.011200	3.23	5.90	17.69	1.16
River 1	Reach 1	97	Tr 50_attuale	6.30	49.26	50.02	50.22	50.51	0.026955	3.10	2.16	10.41	1.67
River 1	Reach 1	97	Tr 100_attuale	8.50	49.26	50.05	50.22	50.79	0.039176	3.87	2.42	12.19	2.03
River 1	Reach 1	97	Tr 200_attuale	11.00	49.26	50.09	50.22	51.01	0.044535	4.36	3.01	17.70	2.20
River 1	Reach 1	97	Tr 500_attuale	14.50	49.26	50.14	50.22	51.12	0.044631	4.66	4.01	19.95	2.23
River 1	Reach 1	55	Tr 50_attuale	6.30	48.32	49.06	49.22	49.56	0.019240	3.14	2.01	4.42	1.49
River 1	Reach 1	55	Tr 100_attuale	8.50	48.32	49.20	49.35	49.72	0.016326	3.18	2.67	5.06	1.40
River 1	Reach 1	55	Tr 200_attuale	11.00	48.32	49.32	49.48	49.88	0.015349	3.32	3.31	5.62	1.38
River 1	Reach 1	55	Tr 500_attuale	14.50	48.32	49.48	49.72	50.07	0.013395	3.39	4.28	6.37	1.32
River 1	Reach 1	8	Tr 50_attuale	6.30	47.21	48.02	48.22	48.61	0.020924	3.39	1.86	3.53	1.49
River 1	Reach 1	8	Tr 100_attuale	8.50	47.21	48.15	48.44	48.82	0.021731	3.63	2.34	4.19	1.55
River 1	Reach 1	8	Tr 200_attuale	11.00	47.21	48.26	48.44	49.01	0.021688	3.84	2.88	6.16	1.58
River 1	Reach 1	8	Tr 500_attuale	14.50	47.21	48.37	48.44	49.24	0.021913	4.19	3.77	10.34	1.62
River 1	Reach 1	0.9	Tr 50_attuale	6.30	43.45	44.09	44.31	44.80	0.036951	3.73	1.69	3.28	1.66
River 1	Reach 1	0.9	Tr 100_attuale	8.50	43.45	44.22	44.48	45.03	0.034774	3.97	2.14	3.54	1.63
River 1	Reach 1	0.9	Tr 200_attuale	11.00	43.45	44.35	44.64	45.26	0.033966	4.24	2.60	3.79	1.63
River 1	Reach 1	0.9	Tr 500_attuale	14.50	43.45	44.50	44.73	45.54	0.032644	4.50	3.22	4.11	1.62
River 1	Reach 1	0.8	Tr 50_attuale	6.30	40.80	41.55	41.66	42.02	0.021243	3.06	2.06	3.50	1.27
River 1	Reach 1	0.8	Tr 100_attuale	8.50	40.80	41.67	41.82	42.26	0.022268	3.39	2.51	3.75	1.32
River 1	Reach 1	0.8	Tr 200_attuale	11.00	40.80	41.80	41.97	42.48	0.022765	3.66	3.00	4.00	1.35
River 1	Reach 1	0.8	Tr 500_attuale	14.50	40.80	42.06	42.06	42.13	0.003129	1.60	19.10	108.12	0.52
River 1	Reach 1	0.7	Tr 50_attuale	6.30	38.10	38.80	39.05	39.37	0.027410	3.35	1.88	3.39	1.44
River 1	Reach 1	0.7	Tr 100_attuale	8.50	38.10	38.93	39.13	39.59	0.026232	3.60	2.37	4.58	1.43
River 1	Reach 1	0.7	Tr 200_attuale	11.00	38.10	39.03	39.13	39.80	0.026150	3.92	3.05	8.22	1.46
River 1	Reach 1	0.7	Tr 500_attuale	14.50	38.10	38.91	39.13	40.96	0.083837	6.34	2.29	3.64	2.55
River 1	Reach 1	0.6	Tr 50_attuale	6.30	35.45	36.25	36.31	36.65	0.016917	2.82	2.23	3.60	1.14
River 1	Reach 1	0.6	Tr 100_attuale	8.50	35.45	36.38	36.52	36.87	0.017556	3.11	2.74	3.87	1.18

## HEC-RAS Plan: Plan 13 Locations: User Defined (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	0.6	Tr 200_attuale	11.00	35.45	36.50	36.52	37.07	0.017619	3.36	3.77	26.72	1.20
River 1	Reach 1	0.6	Tr 500_attuale	14.50	35.45	36.52	36.52	36.53	0.000376	0.50	43.39	139.50	0.18
River 1	Reach 1	0.5	Tr 50_attuale	6.30	33.76	34.49	34.62	34.99	0.022679	3.13	2.01	3.47	1.31
River 1	Reach 1	0.5	Tr 100_attuale	8.50	33.76	34.64	34.83	35.21	0.021833	3.36	2.53	3.76	1.31
River 1	Reach 1	0.5	Tr 200_attuale	11.00	33.76	34.78	35.07	35.43	0.021247	3.57	3.12	5.65	1.31
River 1	Reach 1	0.5	Tr 500_attuale	14.50	33.76	34.65	35.07	36.26	0.059799	5.61	2.58	3.79	2.17
River 1	Reach 1	0.4	Tr 50_attuale	6.30	31.66	32.49	32.53	32.86	0.014788	2.69	2.34	3.66	1.07
River 1	Reach 1	0.4	Tr 100_attuale	8.50	31.66	32.63	32.74	33.08	0.015316	2.96	2.88	3.94	1.10
River 1	Reach 1	0.4	Tr 200_attuale	11.00	31.66	32.90	32.90	32.94	0.003403	1.14	15.31	81.57	0.52
River 1	Reach 1	0.4	Tr 500_attuale	14.50	31.66	32.90	32.90	32.97	0.005706	1.47	15.56	81.86	0.67
River 1	Reach 1	0.3	Tr 50_attuale	6.30	30.38	31.13	31.25	31.61	0.021335	3.06	2.06	3.50	1.28
River 1	Reach 1	0.3	Tr 100_attuale	8.50	30.38	31.28	31.41	31.83	0.020488	3.29	2.59	3.79	1.27
River 1	Reach 1	0.3	Tr 200_attuale	11.00	30.38	31.24	31.70	32.28	0.040433	4.51	2.44	3.71	1.78
River 1	Reach 1	0.3	Tr 500_attuale	14.50	30.38	31.60	31.82	32.26	0.018052	3.65	4.28	10.15	1.23
River 1	Reach 1	0.2	Tr 50_attuale	6.30	29.70	30.61	30.68	30.85	0.008829	2.23	3.26	11.15	0.84
River 1	Reach 1	0.2	Tr 100_attuale	8.50	29.70	30.68	30.77	30.99	0.010929	2.59	4.16	15.66	0.95
River 1	Reach 1	0.2	Tr 200_attuale	11.00	29.70	30.75	30.86	31.06	0.010861	2.73	5.45	18.17	0.95
River 1	Reach 1	0.2	Tr 500_attuale	14.50	29.70	30.76	30.96	31.27	0.017881	3.52	5.59	18.31	1.23