

S.S. 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore

PROGETTO ESECUTIVO

COD.
VE 9172

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Paolo Mazzalai
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 626

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

Systra SWS Engineering Spa

SYSTRA
SWS

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott. ing. PAOLO MAZZALAI
ISCRIZIONE ALBO N° 626

Paolo Mazzalai

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Pietrantoni
Ordine dei Geologi Regione Lazio n. A738

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Alberto Palombarini
Ord. Ingg. Prov. di Padova n°3174

MANDANTE:

Net Engineering

Vams Ingegneria

NETENGINEERING

VAMS Ingegneria

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De Cesbron De La Grennelais

IDROLOGIA ED IDRAULICA Idrologia e Idraulica Territoriale Relazione Idraulica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. ANNO N. PROG.

MSVE14 E 2103

NOME FILE

MSVE-14-E-2103-T00-ID00-IDR-RE-02-B

CODICE ELAB.

T00 ID00 IDR RE02

REVISIONE

SCALA:

B

-

B

Emissione a seguito di istruttoria ANAS

02/2022

M. CELANO

R. SCHETTINO

P. MAZZALAI

A

Emissione

12/2021

M. CELANO

R. SCHETTINO

P. MAZZALAI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	8
1.1	Generalità	8
1.2	Oggetto specifico del documento	9
2	RIFERIMENTI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO	10
2.1	Prescrizione degli enti	10
2.1.1	Prescrizioni al progetto definitivo – conferenza dei servizi	10
2.1.2	Prescrizioni al progetto definitivo – V.I.A.	10
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	11
3.1	Normativa nazionale	11
3.2	Linee guida anas	11
4	PIANIFICAZIONE TERRITORIALE	12
4.1	DGR n.1322 del 10.05.2006	12
4.2	Piano di assetto idrogeologico (PAI)	12
5	STUDIO IDRAULICO	15
5.1	Inquadramento e descrizione	15
5.2	Considerazione idrologiche	17
5.3	Simulazioni idrauliche	18
5.3.1	Digital terrain model (DTM)	18
5.3.2	Modello matematico	20
5.4	Verifiche Rio Malzago B2	23
5.4.1	Modellazione stato di fatto	25
5.4.2	Modellazione stato di progetto	30
5.4.3	Analisi del trasporto solido	39
5.4.3.1	Analisi del trasporto di materiale legnoso	41
5.4.4	Dimensionamento e verifica della sistemazione idraulica	47

5.4.5	Rifacimento sistema di briglie	51
5.5	Verifica Rio Galghena	54
5.5.1	Modellazione stato di fatto	54
5.6	Verifica Rio B6	58
5.6.1	Modellazione stato di fatto	58
5.6.2	Modellazione stato di progetto	63
5.6.3	Dimensionamento e verifica della sistemazione idraulica	69
5.6.4	Verifica deviazione provvisoria	73
5.7	Aree di piattaforma e pertinentziali: invarianza	75
6	CONCLUSIONI	77
1	ALLEGATO 1	79
1.1	Risultati simulazioni delle interferenze idrauliche – Rio Malzago B2 – ante operam	79
1.2	Risultati simulazioni delle interferenze idrauliche – Rio Malzago B2 –post operam	116
2	ALLEGATO 2	192
2.1	Risultati simulazioni delle interferenze idrauliche – Rio Galghena – stato di fatto	192
3	ALLEGATO 3	204
3.1	Risultati simulazioni delle interferenze idrauliche – Rio B6 – ante operam	204
3.2	Risultati simulazioni delle interferenze idrauliche – Rio B6 – post operam	217

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1: Ubicazione del tracciato di progetto su ortofoto	8
Figura 4-1: Sovrapposizione del tracciato con mappatura PAI	14
Figura 5-1: Planimetria di inquadramento del tracciato	15
Figura 5-2: Planimetria di progetto relativa alle interferenze idrauliche	16
Figura 5-3: DTM Area svincolo Est Rio Malzago.....	18
Figura 5-4: DTM Area Svincolo Ovest B6.....	19
Figura 5-5: Documento fotografico del solco con l'orizzonte di sorgenti dell'impluvio (Sopralluogo del 26.10.2021).....	24
Figura 5-6: Camera di imbocco della tombinatura (Sopralluogo del 26.10.2021).....	24
Figura 5-7: Sbocco della tombinatura (Sopralluogo del 26.10.2021).....	25
Figura 5-8: Interferenza idrografica B2 Rio Malzago - Stralcio planimetrico condizione ante-operam	25
Figura 5-9: Profilo di corrente del B2 nella condizione ante-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni.....	26
Figura 5-10: Risultati del B2 nella condizione ante - operam per un tempo di ritorno pari a 200 anni	26
Figura 5-11: Profilo di corrente del B2 nelle condizioni ante-operam per un tempo di ritorno pari a 100 anni.....	27
Figura 5-12: Risultati del B2 per la condizione ante - operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni	27
Figura 5-13: Profilo di corrente del B2 per la condizione ante - operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni.....	28
Figura 5-14: Risultati del B2 nella condizione ante - operam per un tempo di ritorno pari a 50 anni	28
Figura 5-15: Sezione DN100 del B2 - Rio Malzago per un periodo di ritorno pari a 200 anni	29
Figura 5-16: Sezione imbocco del B2 - Rio Malzago per un periodo di ritorno pari a 200 anni	30
Figura 5-17: Interferenza B2 Rio Malzago -Stralcio planimetrico condizione post – operam.....	31
Figura 5-18: Profilo B2 - Rio Malzago nella condizione post operam	31
Figura 5-19: Schematizzazioni della modellazione idraulica nello stato di progetto del Rio.....	32
Figura 5-20: Profilo di corrente del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni.....	33

Figura 5-21: Risultati del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni	34
Figura 5-22: Sezione tombino scatolare 2,5x2 m (Sezione 11.5)	34
Figura 5-23: Sezione tombino scatolare 2,5x2 m (Sezione 10.5)	34
Figura 5-24: Sezione tombino scatolare 2,5x2 m (Sezione 7)	35
Figura 5-24: Profilo di corrente del B2 nella condizione post - operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni	35
Figura 5-25: Risultati del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni	36
Figura 5-26: Profilo di corrente del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni	37
Figura 5-27: Risultati del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni	38
Figura 5-29: Carta vegetazione reale dell'area del tratto del Rio Malzago di interesse	41
Figura 5-30: Sezione di monte del tombino (sez. 11.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni	43
Figura 5-31: Sezione a valle del tombino (sez. 11.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni	44
Figura 5-32: Sezione a monte del tombino (sez. 10.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni	44
Figura 5-33: Sezione a valle del tombino (sez. 10.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni	45
Figura 5-34: Sezione a monte del tombino (sez. 7) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni	45
Figura 5-35: Sezione a valle del tombino (sez. 7) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni	46
Figura 5-36: Distribuzione delle tensioni tangenziali in una sezione trapezia	47
Figura 5-37: Fattori correttivi per la determinazione della tensione tangenziale massima	48
Figura 5-38: Stralcio planimetrico - Sistema di briglie a monte dell'imbocco del tombino del Rio Malzago	51
Figura 5-39: Documentazione fotografica del sistema di briglie a monte dell'imbocco del tombino del Rio Malzago	52
Figura 5-40: Briglia selettiva	52
Figura 5-41: Geometria gàveta	52

Figura 5-42: Interferenza Rio Galghena - Stralcio planimetrico con sezioni modello idraulico	54
Figura 5-43: Profilo Viadotto Galghena	55
Figura 5-44: Schematizzazione della modellazione idraulica nello stato di fatto del Rio	55
Figura 5-45: Profilo di corrente	56
Figura 5-46: Risultati modellazione per un periodo di ritorno pari a 200 anni.....	56
Figura 5-47: Sezione dell'attraversamento	57
Figura 5-48: Stralcio planimetrico condizione ante operam del Rio B6	58
Figura 5-49: Schematizzazione della modellazione idraulica nello stato di fatto del Rio	59
Figura 5-50: Profilo di corrente del B6 nella condizione ante operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni.....	60
Figura 5-51: Profilo di corrente del B6 nella condizione ante-operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni.....	61
Figura 5-52: Profilo di corrente del B6 nella condizione ante-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni.....	61
Figura 5-53: Risultati nella condizione ante anni operam del rio B6 per i periodi di ritorno 50,100 e 200	62
Figura 5-54: Stralcio planimetrico nella condizione post-operam del Rio B6.....	63
Figura 5-55: Stralcio del profilo idraulico nella configurazione finale.....	64
Figura 5-56: Sezione canale di progetto	64
Figura 5-57: Schematizzazione della modellazione idraulica nello stato di progetto del Rio	65
Figura 5-58: Profilo di corrente nella condizione post-operam del B6 per un periodo di ritorno pari a 200 anni.....	66
Figura 5-59: Risultati del B6 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni	66
Figura 5-60: Profilo di corrente nella condizione post-operam del B6 per un periodo di ritorno pari a 100 anni.....	67
Figura 5-61: Risultati del B6 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni	67
Figura 5-62: Profilo di corrente nella condizione post-operam del B6 per un periodo di ritorno pari a 50 anni.....	68
Figura 5-63: Risultati del B6 nella condizione post – operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni	68
Figura 5-64: Distribuzione delle tensioni tangenziali in una sezione trapezia.....	69

Figura 5-65: Fattori correttivi per la determinazione della tensione tangenziale massima	70
Figura 5-66: Planimetria del canale provvisorio per le fasi di cantiere del Rio B6	73
Figura 5-67: Schema permeabilità imbocco Est	75
Figura 5-68: Schema permeabilità imbocco Ovest	75

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Caratteristiche tipologia interferenza idraulica	16
Tabella 2: Valori di portata	17
Tabella 3: Valori di portata per le interferenze relative al B2 - Rio Malzago e B6.....	17
Tabella 4: Verifica franchi di sicurezza per TR 200 anni.....	38
Tabella 5: Confronto metodologie per calcolo portata solida su tempi di ritorno di 100 anni.....	40
Tabella 6: Portate liquide e portate solide – Rio Malzago B2	40
Tabella 7: Classi di intensità di trasporto del materiale legnoso (IDRAIM, ISPRA)	42
Tabella 8: Verifiche della sezione di tombino all'imbocco con ostruzione.....	42
Tabella 9: Verifiche della sezione di tombino sottostante la rotatoria di progetto con ostruzione ...	43
Tabella 10: Tabella dei dati di input per la verifica	49
Tabella 11: Verifica protezione al fondo e alle sponde	49
Tabella 12: Verifica velocità limite del materiale di rivestimento	50
Tabella 13: Valori dimensionamento briglia	53
Tabella 14: Portate liquide e portate solide - Rio B6.....	59
Tabella 15: Risultati nella condizione ante operam del rio B6 per i periodi di ritorno di 50,100 e 200 anni	62
Tabella 16: Tabella dei dati di input per la verifica	71
Tabella 17: Verifica protezioni al fondo e alle sponde	71
Tabella 18: Verifica velocità limite del materiale di rivestimento.....	72

1 INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

Il presente documento intende illustrare le valutazioni di carattere idraulico nell'ambito dell'infrastruttura "**S.S. 51 "di Alemagna" Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore**", codice ANAS VE14, con riferimento alla fase di Progettazione Esecutiva.

Il progetto rientra nell'ambito del Piano Straordinario per l'Accessibilità a Cortina 2021 dove ANAS, nel ruolo di Ente attuatore degli interventi previsti per il potenziamento della viabilità, ha predisposto una serie di interventi sulla S.S. 51 di Alemagna, al fine di eliminare le varie criticità legate alla sicurezza e alla funzionalità della rete stradale.



Figura 1-1: Ubicazione del tracciato di progetto su ortofoto

Il progetto prevede, come opera principale, la progettazione di una nuova galleria che tra i tratti Ovest, lato Cortina, ed Est, lato Belluno, crei un by-pass viabile, che oggi interessa la cittadina di Tai di Cadore.

Gli interventi previsti, oltre alla galleria, riguardano la formazione di due nuove rotonde poste agli imbocchi della galleria: la prima, lato Cortina, di concezione ex-nova; la seconda, lato Belluno, che riorganizza in maniera funzionale sia l'assetto infrastrutturale esistente, che non risulta essere congruo al progetto, che il raccordo nord verso Piave di Cadore.

Opere connesse alla galleria, necessarie alla corretta fruibilità dell'intervento, sono:

- Intersezione svincolo di innesto lato Ovest, direzione Cortina-Nebbiù;
- Rimodulazione della pista ciclabile esistente;
- Intersezione svincolo di innesto lato Est, direzione Belluno-Auronzo;
- Intersezione svincolo nord, direzione Piave di Cadore;
- Sistemazione idrologica dei canali Rio B6, Rio Galghena, Rio Malzago;
- Impianti tecnologici, Opere di sostegno minori ed opere stradali.

Per maggiori approfondimenti, si rimanda ai vari elaborati presentati a corredo del progetto.

1.2 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha la finalità di riassumere i risultati delle indagini sviluppate, le metodologie applicate e i risultati dello studio idraulico condotto nell'ambito della realizzazione dei lavori della SS 51 "di Alemagna" – Provincia di Belluno – Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore, nell'ambito del "Piano Straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021".

Nei paragrafi successivi, pertanto, sarà illustrato lo studio idraulico condotto in cui viene verificata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura stradale di progetto con l'assetto idraulico e con le condizioni di rischio idraulico del territorio successiva alla realizzazione dell'intervento.

2 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO

2.1 PRESCRIZIONE DEGLI ENTI

2.1.1 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, si sono espressi con **pareri favorevoli con prescrizioni pendenti sulla corrente fase di Progetto Esecutivo**, i seguenti enti competenti:

- *Provincia di Belluno - Settore Acque, Ambiente e Cultura*: Compatibilità ambientale dell'opera.
- *Provincia di Belluno - Settore Urbanistica e Mobilità*: Trasporto Pubblico Locale.
- *Regione Veneto - Unità Organizzativa Forestale*: Aspetti autorizzativi; Aspetti idraulici ed idrogeologici.
- *MIBACT Ministero per i beni culturali e le attività culturali e per il turismo*: Prescrizioni di carattere ambientale.
- *BIM Belluno Infrastrutture (Gestione Servizi Pubblici S.p.A.)*: prescrizioni su Interferenze.
- *Regole di Tai e Vissà*: Aspetti Progettuali vari.
- *Comune di Pieve di Cadore*: Prescrizioni di carattere amministrativo e progettuale.

Hanno espresso parere favorevole senza prescrizione altri enti, che non hanno rilevato interferenze di quanto in propria gestione con la nuova infrastruttura.

2.1.2 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ha prodotto i seguenti pareri con prescrizioni, espressi dalla Commissione Tecnica di V.I.A. con parere n. 3257 del 31 gennaio 2020:

- Aspetti Progettuali - da recepire in fase di Progettazione Esecutiva: aspetti infrastrutturali e idraulici;
- Aspetti Gestionali - da recepire nella fase precedente la cantierizzazione: aspetti ambientali (vibrazioni, monitoraggi, mitigazioni);
- Mitigazioni - da recepire in fase di cantiere;
- Monitoraggio - da recepire in fase di Progettazione Esecutiva: aspetti organizzativi e gestionali.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1 *NORMATIVA NAZIONALE*

- Legge 11 febbraio 1994, n.109, e ss.mm.ii. - Nuova Legge Quadro in materia di Lavori Pubblici;
- D.P.R. n.34 del 25 gennaio 2000 - Regolamento recante Istituzione del Sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'art. 8 della legge 11 febbraio 1994, n.109, e ss.mm.ii.;
- D.M. n.145 del 19 aprile 2000 - Regolamento recante il Capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'art. 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n.109, e ss.mm.ii.;
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche Costruzioni (NTC);
- Nuovo Codice della Strada - D.L. 30 aprile 1992 e ss.mm.ii.;
- Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada – D.P.R. 16 dicembre 1992 e ss.mm.ii.;
- Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade - D.M. 5 novembre 2001 e ss.mm.ii. (D.M. 22/04/2004);
- Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali - D.M. 19 aprile 2006;
- Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane - Norme Tecniche CNR 15 aprile 1983 n.90;
- Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali (bozza 2001), a cura della Commissione di studio per le Norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade del CNR.

3.2 *LINEE GUIDA ANAS*

- Linee Guida per la progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente (ANAS 2009);
- Caratteristiche Geometriche Funzionali delle Gallerie.

4 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

4.1 DGR N. 1322 DEL 10.05.2006

La normativa a cui si riferisce la Valutazione di compatibilità idraulica, anche per le Varianti urbanistiche, trae origine dalla prima DGR n.3637/2002.

Successivamente con l'entrata in vigore della Legge Regionale n.11 del 23.04.2004 che ha modificato sensibilmente l'approccio per la pianificazione urbanistica, è stato necessario che anche la valutazione di compatibilità idraulica venisse adeguata alle nuove procedure. Per questo la Regione Veneto ha definito le "Modalità operative e indicazioni tecniche" relative alla "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici" nella DGR n.1322 del 10.05.2006.

Nella DGR/2006 viene introdotto il concetto di "invarianza idraulica", con la quale si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico; definisce i principali contenuti necessari nello studio idraulico e definisce le "indicazioni operative" da seguire per la redazione dello studio in termini di:

- Tempo di ritorno = 50 anni;
- Coefficienti di deflusso prestabiliti;
- Metodi per il calcolo delle portate di piena (modelli matematici).
- Classi di intervento

Infine, la Regione Veneto ha definito le competenze professionali per la redazione della Valutazione con la DGR n.2948 del 06.10.2009 nelle Modalità operative e le indicazioni tecniche.

4.2 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

L'area interessata dalle opere in progetto è soggetta alle Norme di Attuazione (Nda) contenute nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta – Bacchiglione (D.Lgs. 152/2006), Allegato alla delibera n. 3 del Comitato Istituzionale del 9 novembre 2012, il quale individua nelle cartografie allegata e nelle Norme Tecniche di Attuazione ambiti e modalità per la stesura delle verifiche di compatibilità idraulica.

La legge 183/1989 sulla difesa del suolo stabilisce che il bacino idrografico debba essere l'ambito fisico di pianificazione, ed è definito come "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente" (art. 1).

Lo strumento di governo del bacino idrografico è il Piano di Bacino, che si configura quale elemento di carattere conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo, ed alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio.

Ai sensi dell'art. 17 comma 4 della legge 183/89, i Piani di Stralcio di Bacino sono coordinati con i programmi nazionali, regionali e sub-regionali di sviluppo economico e di uso del suolo. Di conseguenza, le Autorità competenti provvedono, entro dodici mesi dall'approvazione del Piano di Bacino, ad adeguare i piani territoriali ed i programmi regionali previsti dalla legge 27 dicembre 1977, n. 984, i piani di risanamento delle acque previsti dalla legge 10 maggio 1976, n. 319, i piani di smaltimento di rifiuti di cui al DPR 10 settembre 1982, n. 915, i piani di cui all'art. 5 della legge 29 giugno 1939, n. 1497 e all'articolo 1-bis del D. L. 27 giugno 1985, n. 312, convertito con modificazioni, dalla legge 8 agosto 1985, n. 431, i piani di disinquinamento di cui all'art. 7 della legge 8 luglio 1986, n. 349, ed i piani generali di bonifica.

Il rischio idraulico, da intendersi come rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali o artificiali, risulta essere anche secondo l'approccio dettato dalla normativa nazionale in materia (L.267/98) il prodotto di due fattori: la pericolosità e il danno atteso.

La pericolosità è un fattore legato sia alle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del suo bacino idrografico, sia alle caratteristiche idrologiche, ovvero intensità, durata, frequenza e tipologia delle precipitazioni, nel bacino imbrifero dal quale si alimenta ogni corso d'acqua. Con il termine di pericolosità idraulica si definisce la probabilità che un fenomeno naturale potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato tempo ed in una data area e si differenzia in:

- P4 (pericolosità molto elevata);
- P3 (pericolosità elevata);
- P2 (pericolosità media)
- P1 (pericolosità moderata)

Nel caso specifico, come illustrato nella tavola dedicata, l'intervento non rientra in ambiti vincolati dal PAI.

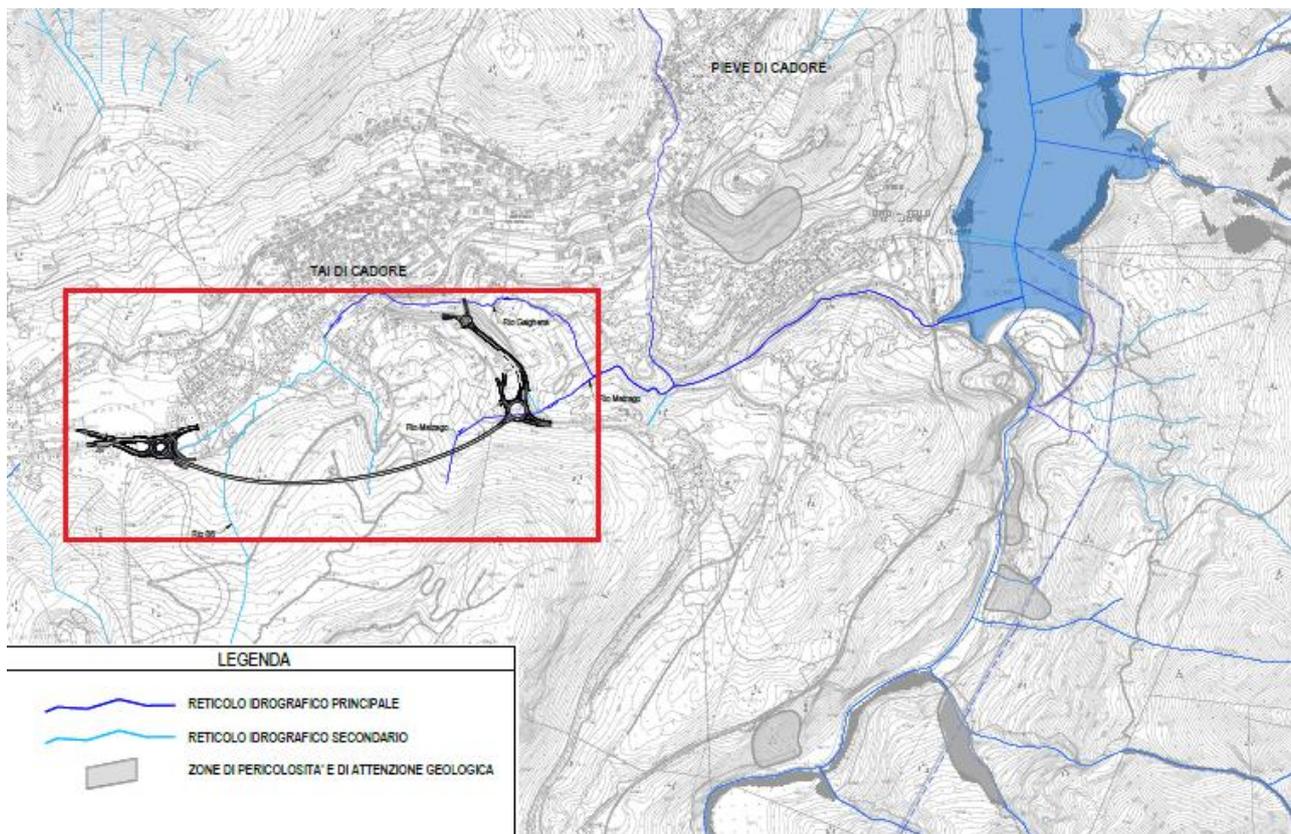


Figura 4-1: Sovrapposizione del tracciato con mappatura PAI

5 STUDIO IDRAULICO

5.1 INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di una galleria e relativi svincoli per il superamento dell'abitato di Tai di Cadore, alleggerendo di conseguenza il flusso veicolare nel centro abitato ed aumentando la sicurezza viabilistica della rete stradale interessata.

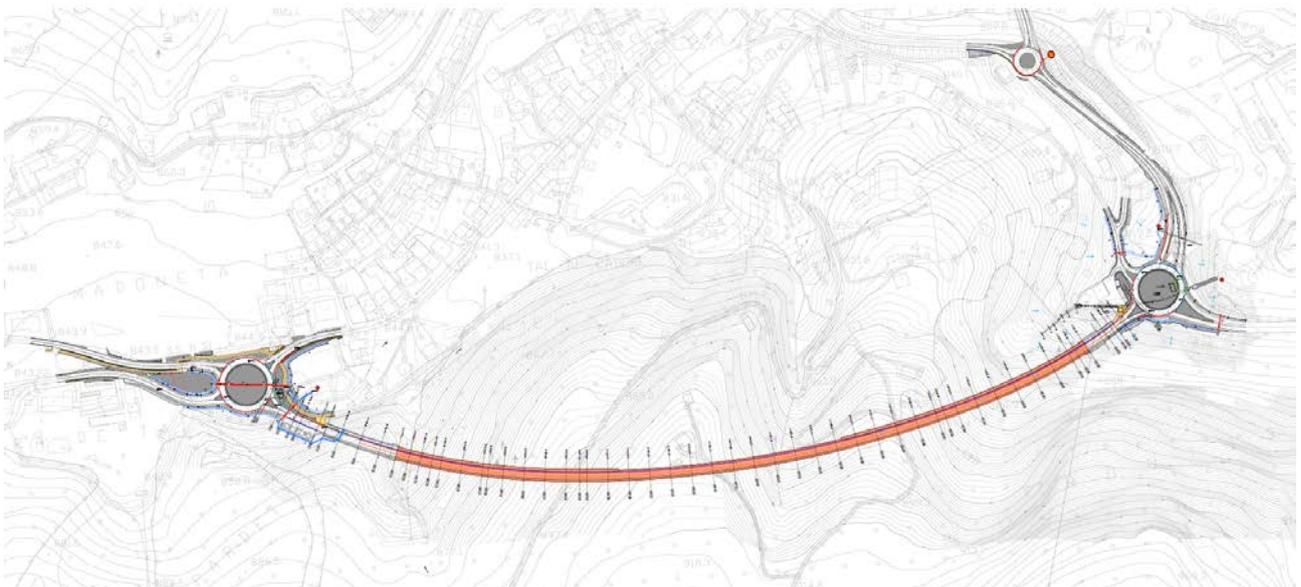


Figura 5-1: Planimetria di inquadramento del tracciato

Il tracciato di progetto interferisce con diversi corsi d'acqua come illustrato nella Figura 5-2.

I bacini direttamente interessati dall'opera sono il rio B2 (presso rotonda Est) e B6 (presso rotonda Ovest) per i quali sono previsti interventi come di seguito riportato nella Tabella 1.

Codifica INTERVENTO e BACINO	Tipologia INTERFERENZA	Tipologia di INTERVENTO
IDR. 01 – B2 Rio Malzago	Attraversamento della SS.51 tramite Tombino circolare esistente DN1000	Rifacimento dell'attraversamento della rotonda di progetto della SS.51 tramite scatolare con sezione 2,5x2 nei tratti tombati e scatolare a U nei tratti a cielo aperto
IDR. 02 – B4 Rio Galghena	Passaggio in Viadotto della SS.51bis	Nessuna interferenza e nessun intervento di progetto
IDR. 03 - B5 Rio	Passaggio in galleria della nuova strada di progetto	Nessuna interferenza e nessun intervento di progetto
IDR. 04 – B6 Rio	Passaggio in galleria della nuova strada di progetto	Rimodellazione e sistemazione idraulica con briglia in CLS

Tabella 1: Caratteristiche tipologia interferenza idraulica

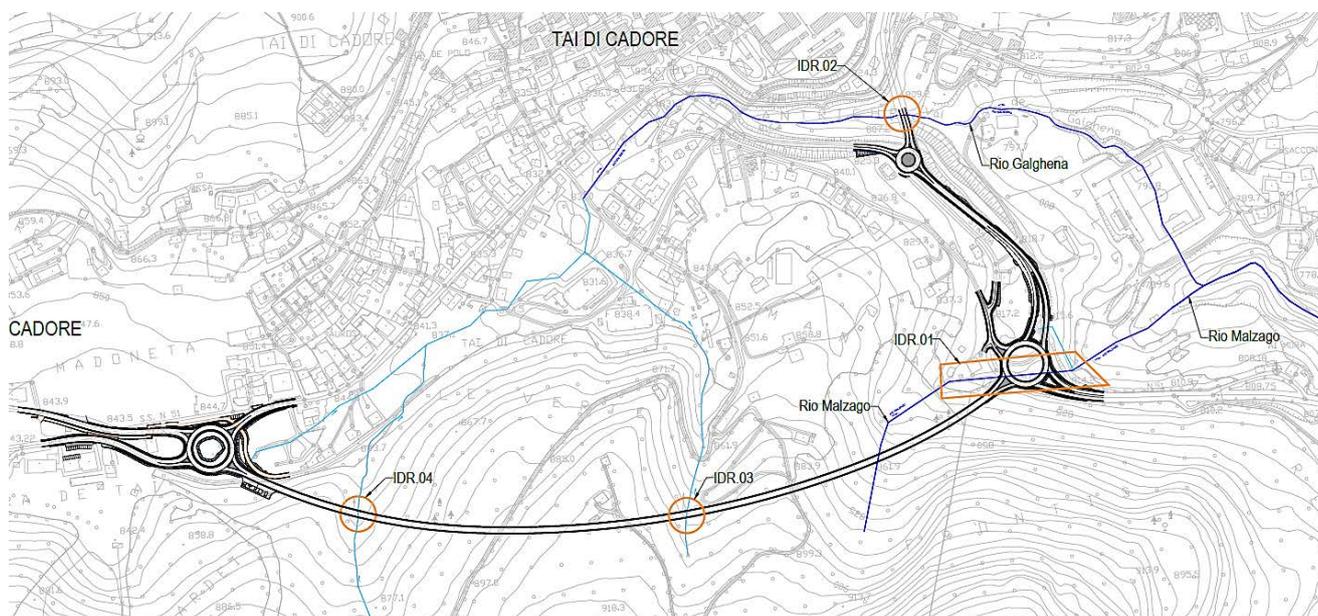


Figura 5-2: Planimetria di progetto relativa alle interferenze idrauliche

5.2 CONSIDERAZIONE IDROLOGICHE

Per quanto riguarda le portate di calcolo, si fa riferimento alla relazione idrologica (elaborato T00ID01IDRRE01A); in particolare le portate di progetto sono state valutate attraverso il metodo Razionale. Seconda la formula razionale la portata di piena è espressa come prodotto tra l'intensità di precipitazione (i), di assegnata durata e tempo di ritorno (Tr), il coefficiente di assorbimento (Φ), la superficie del bacino (A) e il coefficiente di laminazione $\varepsilon(t)$:

$$Q = i [(\theta_c, Tr, r(\theta_c, A))] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\theta_c)$$

dove con θ_c si è indicato il valore di durata critica assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale (t_f) e del tempo di corrivazione (t_c); mentre $r(\theta_c, A)$ rappresenta il fattore di ragguglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata (θ_c) e della superficie del bacino A .

Nella tabella a seguire sono descritti i valori di portata di progetto duecentennale:

Codifica BACINO	TR200 (m ³ /s)	q (m ³ /s/km ²)	Note
B1	1,0	24	
B2 (Rio Malzago)	1,8	12	Portata stimata su dati ARPAV
B3	1,0	25	
B4 (Rio Galghena)	45,5	18	
B5	4,0	22	
B6	5.01	10	Portata stimata su dati ARPAV
B7	4,2	25	
B8	6,1	22	

Tabella 2: Valori di portata

Per le interferenze idrografiche con i bacini B2 – Rio Malzago e B6 sono state considerate le portate con tempo di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni.

	Q TR50 (m ³ /s)	Q TR100 (m ³ /s)	Q TR200 (m ³ /s)
B2	1.2	1.5	1.8
B6	3.07	4.02	5.01

Tabella 3: Valori di portata per le interferenze relative al B2 - Rio Malzago e B6

5.3 SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni numeriche dei corsi d'acqua sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce un'adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione del profilo idrico nella situazione attuale e di progetto è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 6.1 River Analysis System, sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

5.3.1 DIGITAL TERRAIN MODEL (DTM)

La geometria utilizzata nelle modellazioni idrauliche è stata definita a partire dalle sezioni estratte dal DTM a maglia 1 m. Tutti i dati topografici utilizzati nell'ambito dello studio sono stati georiferiti ai dati disponibili tramite i voli LIDAR ed in particolare al DTM (Digital Terrain Model) costruito sulla base di detti dati LIDAR.

Il LIDAR permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser. Come per il radar, che al posto della luce utilizza onde radio, la distanza dell'oggetto è determinata misurando il tempo trascorso tra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retro diffuso.

Si è inoltre fatto ricorso al programma Google Earth Pro al fine di effettuare un raffronto plano-altimetrico di verifica.

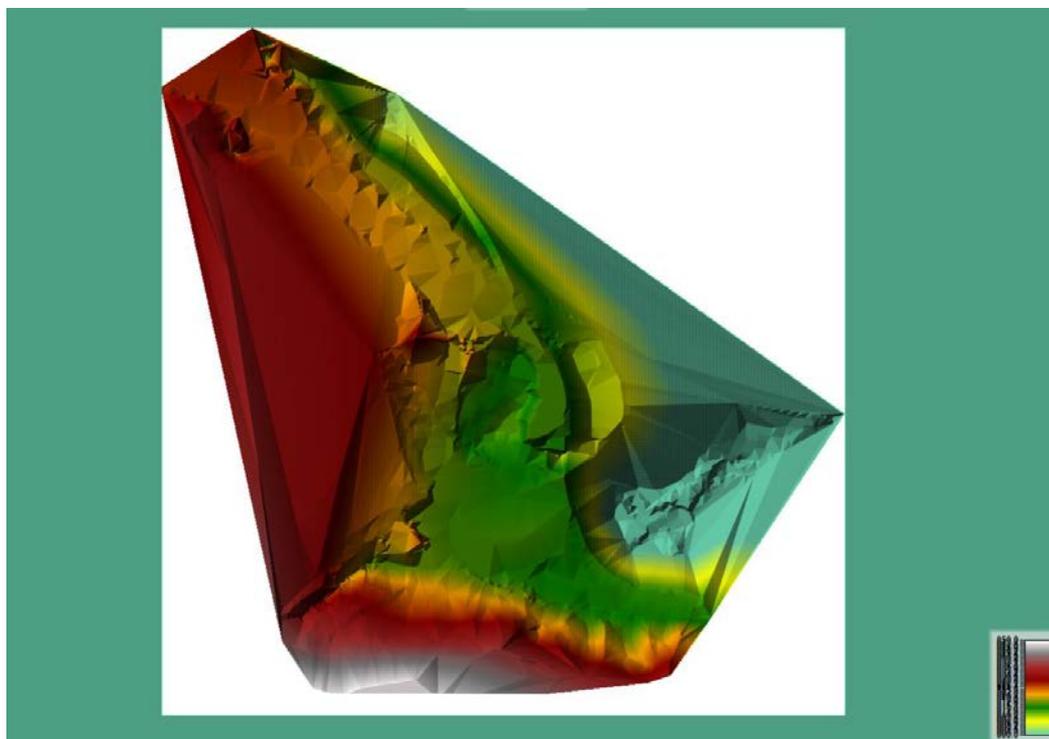


Figura 5-3: DTM Area svincolo Est Rio Malzago

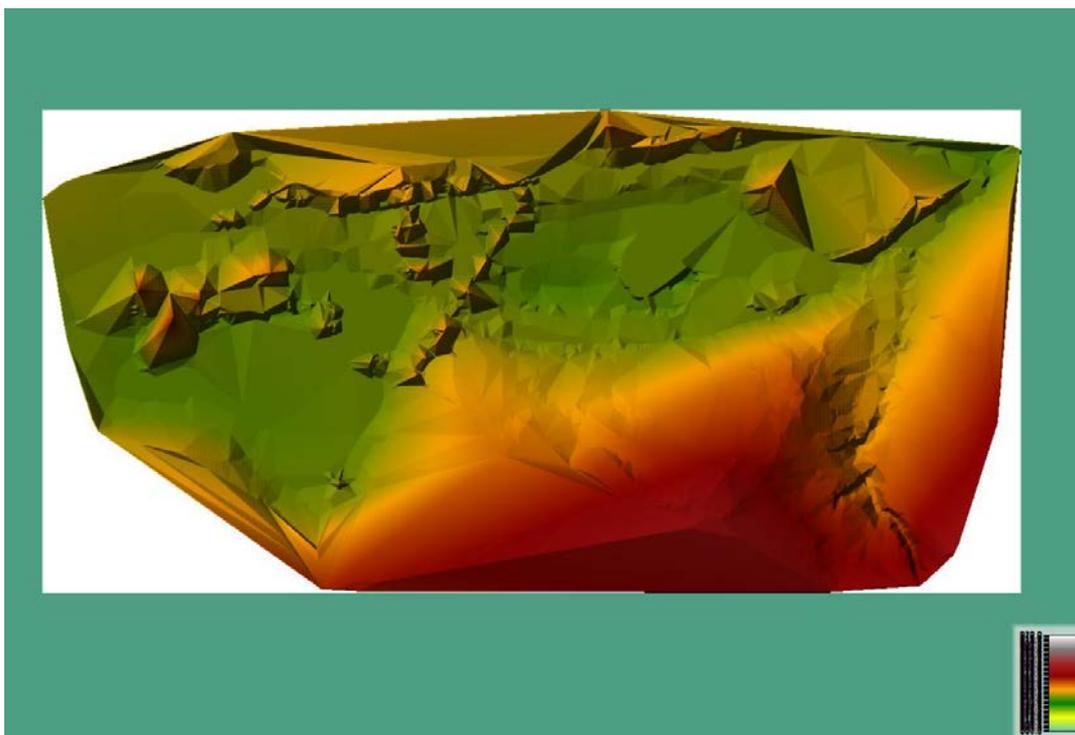


Figura 5-4: DTM Area Svincolo Ovest B6

5.3.2 MODELLO MATEMATICO

La procedura di calcolo di HEC-RAS monodimensionale si basa sulla soluzione dell'equazione dell'energia andando a considerare esclusivamente la componente della velocità diretta secondo la direzione prevalente del moto (longitudinale).

I profili di corrente sono ricostruiti risolvendo l'equazione dell'energia per due sezioni consecutive mediante un processo iterativo. L'equazione compare nella forma

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

Dove con Y si indica il tirante idrico, Z è la quota geodetica, V è la velocità media, α è il coefficiente di ragguglio dell'altezza cinetica, g è l'accelerazione di gravità ed h_e è la perdita di carico totale nel tratto considerato.

Il valore di h_e è definito dalla somma delle perdite distribuite, dovute all'attrito, e delle perdite localizzate, legate alla contrazione ed espansione della vena liquida, ovvero:

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

Con:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot Q_{lob} + L_{rob} \cdot Q_{rob} + L_{ch} \cdot Q_{ch}}{Q_{lob} + Q_{rob} + Q_{ch}}$$

In cui i pedici lob, rob e ch indicano rispettivamente la golena sinistra ("left overbank"), la golena destra ("right overbank") e l'alveo ("channel"), S_f è la cadente della linea dei carichi totali e C è il coefficiente di espansione/contrazione della vena fluida (compreso tra 0 e 1).

Per poter calcolare la conduttività idraulica totale ("conveyance") ed il coefficiente di ragguglio dell'altezza cinetica di una determinata sezione, è necessario suddividere il flusso in zone in cui la velocità è uniformemente distribuita. Per tale motivo, HEC-RAS, in funzione del valore del coefficiente di Manning attribuito, tratta separatamente il flusso delle golene e quello del canale principale. La conduttività nelle varie zone è calcolata utilizzando l'equazione di Chezy:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

$$Q = K \cdot S_f^{1/2}$$

Dove K è la conduttività in m^3/s , n è il coefficiente di scabrezza di Manning in $m^{1/3}/s$, A è l'area bagnata del tratto considerato in m^2 e R è il raggio idraulico espresso in m.

Il valore complessivo della conduttività della sezione è dato dalla somma dei singoli contributi, ovvero:

$$K = K_{lob} + K_{rob} + K_{ch}$$

Per quanto riguarda il coefficiente di ragguglio dell'altezza cinetica, questo viene calcolato in funzione della conduttività dei singoli tratti, utilizzando la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \cdot \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3}$$

Dove i pedici lob, rob e ch rappresentano rispettivamente la golena sinistra, destra ed il canale centrale, mentre t indica il valore totale nella sezione.

La cadente media della linea dei carichi totali, rappresentativa di un certo tronco fluviale individuato da due sezioni consecutive, viene calcolata come:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_1} \right)^2$$

Per quanto riguarda il coefficiente C, che compare nel calcolo delle perdite concentrate, il programma considera una contrazione ogni qualvolta l'altezza cinetica della sezione di valle sia maggiore di quella di monte, al contrario considera una espansione.

Definiti i parametri in gioco, il calcolo della superficie libera viene effettuato in maniera iterativa a partire dai dati assegnati di portata e dalle caratteristiche geometriche delle singole sezioni. La procedura di calcolo si svolge assegnando un valore di primo tentativo della superficie libera in corrispondenza della sezione di monte, se la corrente è lenta, o della sezione di valle, se la corrente è veloce. A questo punto, si calcolano tutte le grandezze di interesse precedentemente descritte e si ricava la superficie libera dall'equazione dell'energia utilizzando tali parametri. Questa quota della superficie libera dev'essere confrontata con il valore di partenza e, qualora non si sia raggiunta la convergenza (di default fissata ad una differenza pari a 0.003 m) si ripete il processo iterativamente.

Nelle successive sezioni, il programma fissa la superficie libera di partenza con metodi che variano tra la prima e le successive iterazioni: per il primo tentativo si adotta un valore ottenuto dalla proiezione dell'altezza calcolata alla sezione precedente; alla seconda iterazione il valore di primo tentativo è incrementato del 70 % dell'errore relativo al primo step; dalla terza iterazione in poi si utilizza il metodo "secante", che proietta il valore della differenza tra la quota calcolata e la quota assunta ai due tentativi precedenti, secondo la relazione:

$$WS_i = WS_{i-2} - Err_{i-2} \cdot \frac{Err_{ass}}{Err_{diff}}$$

Dove WS_i è la nuova quota della superficie libera, WS_{i-1} è il valore della quota assunta all'iterazione i-1, WS_{i-2} è il valore della quota assunta all'iterazione i-2, $Err_{i-2} = WS_{calcolato,i-2} - WS_{i-2}$, $Err_{ass} = WS_{i-2} - WS_{i-1}$ e $Err_{diff} = WS_{i-1} - WS_{calcolato,i-1} + Err_{i-2}$.

Nei casi in cui vi sia passaggio per l'altezza critica; quindi, in presenza di fenomeni che producono transizione da corrente lenta a veloce o viceversa, HEC-RAS utilizza l'equazione di bilancio della quantità di moto, in quanto l'equazione dell'energia non risulta applicabile essendo basata sull'ipotesi di flusso gradualmente variato. L'equazione di bilancio della quantità di moto tra due sezioni consecutive 1 e 2 assume la seguente forma:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

Dove P è il contributo della pressione idrostatica, W è il contributo della forza d'inerzia nella direzione del moto, F_f rappresenta la forza d'attrito, Q è la portata, ρ è la densità dell'acqua e ΔV_x è la variazione del campo di velocità tra le sezioni 1 e 2.

5.4 VERIFICHE RIO MALZAGO B2

Il corso d'acqua del Rio Malzago compare un centinaio di metri a monte della rotonda, da uno orizzonte probabilmente posto al contatto tra una sottile coltre di depositi colluviali al tetto, e depositi glaciali (morenico laterale e di allocazione) compatti e poco permeabili al letto. A monte della zona di sorgente l'impluvio è ridotto a un solco che scompare in poche decine di metri diramandosi. Il sottobosco è erboso, privo di erosioni, o frana. A valle della sorgente il corso d'acqua defluisce entro un solco di profondità crescente.

Il tratto di alveo è stabilizzato da alcune briglie in CLS e legname, evidentemente costruite per riequilibrare la linea di talweg resa più pendente dagli scavi per la realizzazione di un edificio. Le prime briglie sono state realizzate alla fine degli anni '80 e completate negli anni 2000, con la realizzazione dell'ultima briglia a monte dell'imbocco.

Non si rilevano dissesti degni di nota lungo le scarpate. Il letto del corso d'acqua è stabile, privo di vegetazione e non manifesta trasporto solido verso la tombinatura. La vasca di calma posta all'imbocco della tubazione è libera da detrito. Allo sbocco della tombinatura, il deflusso ha inciso nel riporto un solco profondo 1.5 m, caratterizzato da modesta erosione, e con piante ribaltate dalla tempesta Vaia 2018.



Figura 5-5: Documento fotografico del solco con l'orizzonte di sorgenti dell'impluvio (Sopralluogo del 26.10.2021)



Figura 5-6: Camera di imbocco della tombinatura (Sopralluogo del 26.10.2021)



Figura 5-7: Sbocco della tombinatura (Sopralluogo del 26.10.2021)

5.4.1 MODELLAZIONE STATO DI FATTO

Attualmente la SS.51 attraversa il Rio Malzago con un tombino circolare DN1000, realizzato nel 1992. Dal sopralluogo effettuato, grazie alla disponibilità del proprietario del "Bar Bianco", struttura ubicata nei pressi dell'imbocco del tombino, è stato possibile ottenere informazioni più dettagliate in merito allo stato di fatto del tombino. Nello specifico, la rete a protezione della camera d'imbocco (Figura 5-6), è stata inserita dal proprietario del bar al fine di proteggere la camera da materiale solido, conseguenza dei due eventi di piena che si sono registrati nel 2004 e 2008, conseguenza della mancata manutenzione del tombino.

Il tratto è stato modellato attraverso due tronchi di pendenza relativamente pari al 3% ed al 10% per una lunghezza complessiva di 160 m.

Al fine di effettuare la modellazione idraulica nelle condizioni ante – operam sono state estratte 13 sezioni trasversali che comprendono il tratto a monte della rotatoria stradale sulla SS.51 di Alemagna fino al recettore finale a valle della stessa. Non essendo disponibili informazioni di dettaglio in merito al regime dei livelli idrometrici in nessuna sezione del Rio Malzago si è imposto come condizione al contorno per il calcolo dei profili di corrente, nella sezione di valle e di monte, le altezze normali relative alle pendenze dei tratti considerati.

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono:

- 0.06 s/m^{1/3} per l'alveo naturale e per le aree golenali
- 0.017 s/m^{1/3} per la modellazione del DN1000

Le portate di riferimento per le verifiche portano in conto il contributo dell'apporto solido, riportate nella Tabella 6.

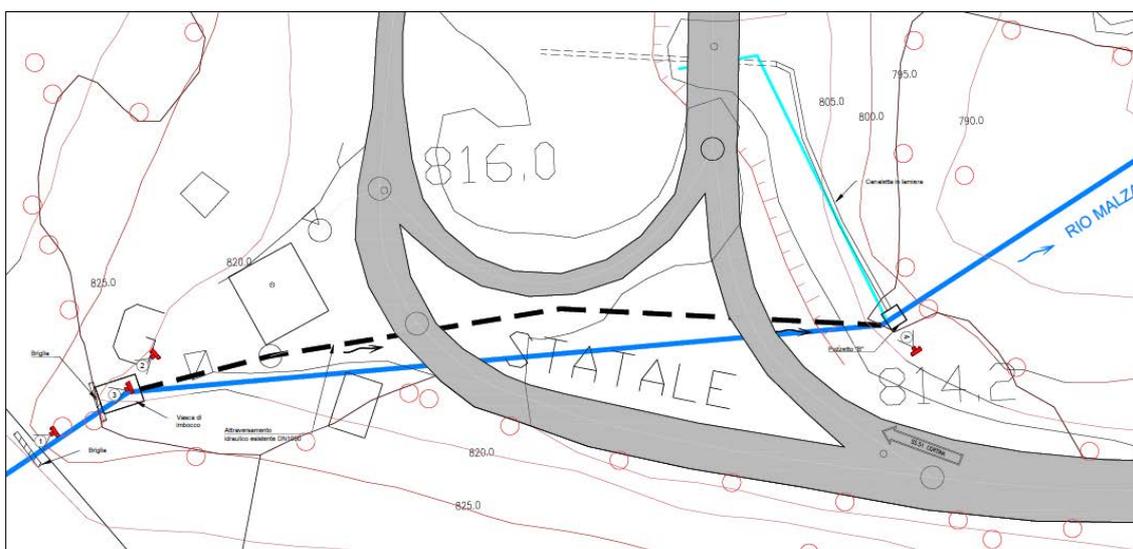


Figura 5-8: Interferenza idrografica B2 Rio Malzago - Stralcio planimetrico condizione ante-operam

A seguire si riportano i risultati della modellazione sia in forma grafica per il profilo di corrente e sia in forma numerica per un Tr = 50,100 e 200 anni.

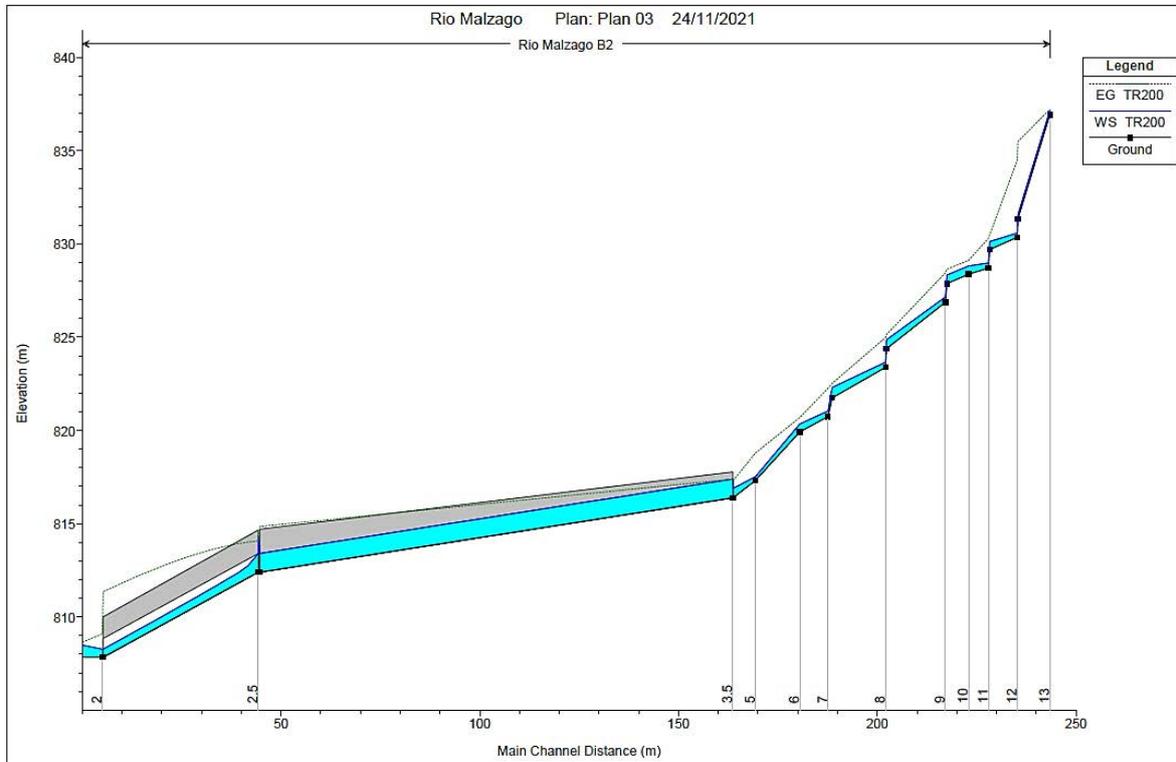


Figura 5-9: Profilo di corrente del B2 nella condizione ante-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni

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
B2	13	TR200	2.50	836.93	837.16	837.16	837.22	0.050960	1.10	2.27	18.77	1.01
B2	12.1	TR200	2.50	831.36	831.58	831.92	835.49	4.825997	8.77	0.29	2.36	8.04
B2	12	TR200	2.50	830.36	830.58	830.92	834.48	4.795654	8.75	0.29	2.36	8.02
B2	11.1	TR200	2.50	829.70	830.13	830.24	830.49	0.146172	2.65	0.94	3.37	1.60
B2	11	TR200	2.50	828.70	828.98	829.24	830.29	0.884268	5.06	0.49	2.59	3.70
B2	10	TR200	2.50	828.38	828.82	828.90	829.12	0.071722	2.42	1.03	3.16	1.36
B2	9.1	TR200	2.50	827.87	828.34	828.42	828.65	0.108738	2.47	1.01	3.14	1.39
B2	9	TR200	2.50	826.87	827.15	827.42	828.45	0.805375	5.05	0.49	2.39	3.55
B2	8.1	TR200	2.50	824.38	824.86	824.93	825.14	0.090466	2.33	1.07	3.15	1.27
B2	8	TR200	2.50	823.38	823.65	823.93	824.98	0.854304	5.11	0.49	2.44	3.64
B2	7.1	TR200	2.50	821.74	822.30	822.31	822.53	0.064416	2.13	1.18	2.89	1.06
B2	7	TR200	2.50	820.74	821.04	821.32	822.26	0.713431	4.90	0.51	2.27	3.30
B2	6	TR200	2.50	819.91	820.35	820.44	820.69	0.083084	2.60	0.96	2.92	1.44
B2	5	TR200	2.50	817.32	817.52	817.87	818.79	0.445757	1.77	0.51	1.29	1.77
B2	4	TR200	2.50	816.39	816.90	817.01	817.31	0.130006	2.84	0.88	2.18	1.43
B2	3.5	Culvert										
B2	3	TR200	2.50	812.40	814.33	812.79	814.33	0.000051	0.17	14.78	9.86	0.04
B2	2.5	Culvert										
B2	2	TR200	2.50	807.84	808.27	808.48	809.08	0.472415	3.99	0.63	2.92	2.75
B2	1	TR200	2.50	807.84	808.48	808.48	808.64	0.055983	1.79	1.39	4.35	1.01

Figura 5-10: Risultati del B2 nella condizione ante-operam per un tempo di ritorno pari a 200 anni

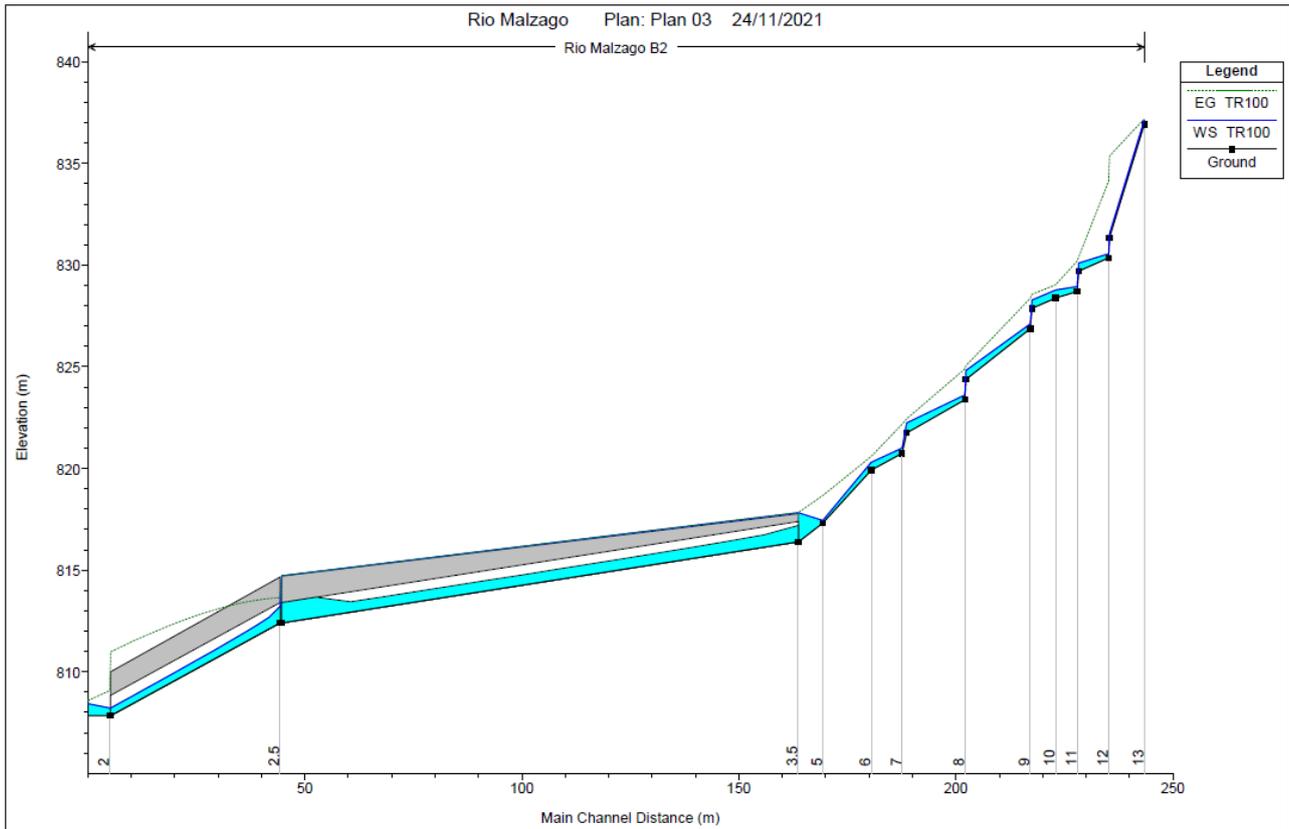


Figura 5-11: Profilo di corrente del B2 nelle condizioni ante-operam per un tempo di ritorno pari a 100 anni

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
B2	13	TR100	2.00	836.93	837.14	837.14	837.19	0.054572	1.04	1.92	18.31	1.02
B2	12.1	TR100	2.00	831.36	831.55	831.86	835.37	5.874577	8.65	0.23	2.27	8.65
B2	12	TR100	2.00	830.36	830.56	830.86	834.13	5.301042	8.37	0.24	2.28	8.25
B2	11.1	TR100	2.00	829.70	830.10	830.19	830.39	0.133751	2.41	0.83	3.19	1.51
B2	11	TR100	2.00	828.70	828.95	829.19	830.19	0.995008	4.95	0.40	2.41	3.85
B2	10	TR100	2.00	828.38	828.78	828.84	829.03	0.069035	2.24	0.89	3.00	1.31
B2	9.1	TR100	2.00	827.87	828.28	828.36	828.56	0.110632	2.34	0.86	2.93	1.38
B2	9	TR100	2.00	826.87	827.11	827.36	828.36	0.922812	4.95	0.40	2.24	3.72
B2	8.1	TR100	2.00	824.38	824.82	824.87	825.05	0.086582	2.15	0.93	2.99	1.23
B2	8	TR100	2.00	823.38	823.62	823.87	824.89	0.994248	5.01	0.40	2.31	3.84
B2	7.1	TR100	2.00	821.74	822.24	822.25	822.44	0.062129	1.97	1.02	2.75	1.03
B2	7	TR100	2.00	820.74	821.00	821.25	822.17	0.836004	4.81	0.42	2.17	3.50
B2	6	TR100	2.00	819.91	820.30	820.38	820.59	0.079440	2.39	0.84	2.80	1.40
B2	5	TR100	2.00	817.32	817.44	817.77	818.67	0.518390	1.39	0.41	1.20	1.76
B2	4	TR100	2.00	816.39	817.81	816.93	817.83	0.002293	0.61	3.26	3.13	0.19
B2	3.5		Culvert									
B2	3	TR100	2.00	812.40	813.87	812.76	813.87	0.000092	0.19	10.35	9.11	0.06
B2	2.5		Culvert									
B2	2	TR100	2.00	807.84	808.22	808.43	809.08	0.589039	4.10	0.49	2.57	3.01
B2	1	TR100	2.00	807.84	808.43	808.43	808.58	0.056871	1.71	1.17	3.99	1.01

Figura 5-12: Risultati del B2 per la condizione ante - operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni

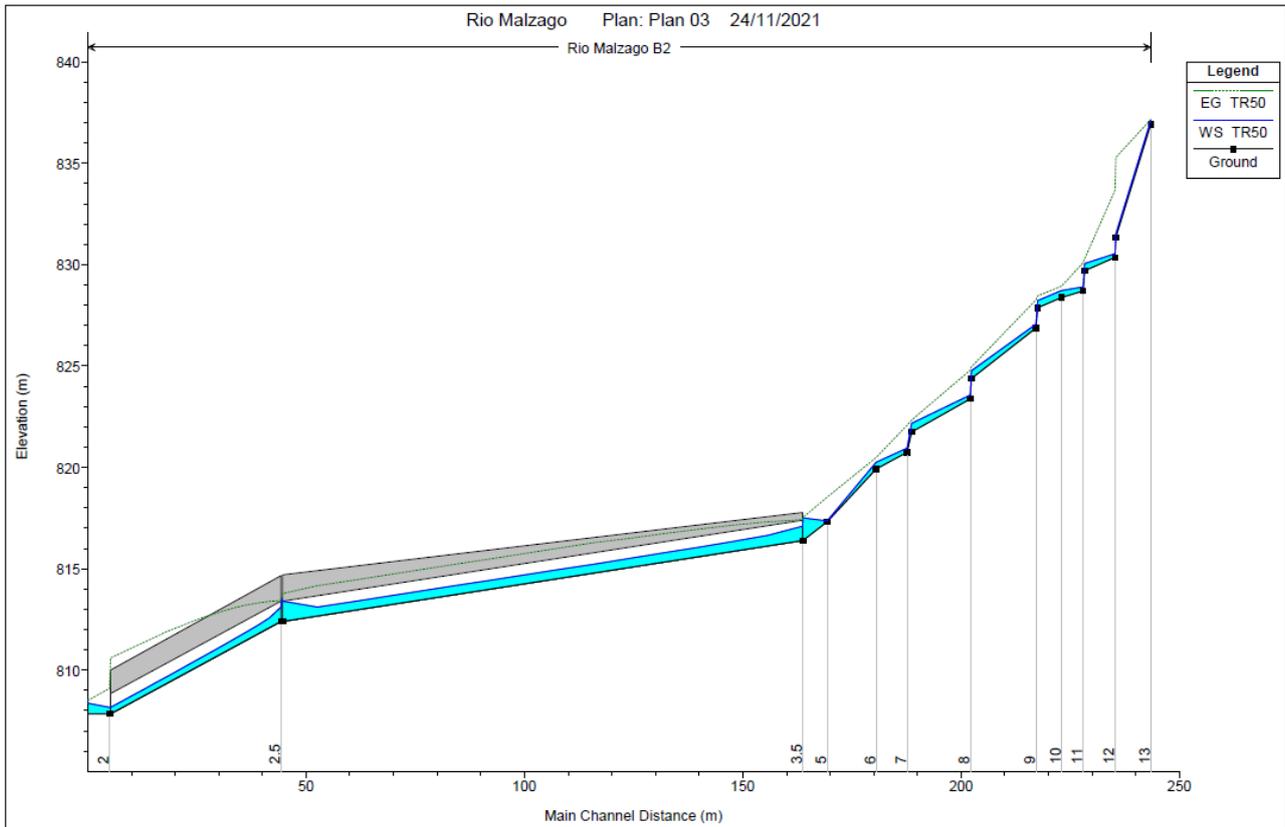


Figura 5-13: Profilo di corrente del B2 per la condizione ante - operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni

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
B2	13	TR50	1.50	836.93	837.12	837.12	837.17	0.054865	0.97	1.55	16.43	1.01
B2	12.1	TR50	1.50	831.36	831.53	831.80	835.30	7.916383	8.60	0.17	2.17	9.67
B2	12	TR50	1.50	830.36	830.54	830.80	833.67	5.944019	7.84	0.19	2.20	8.49
B2	11.1	TR50	1.50	829.70	830.06	830.12	830.29	0.118483	2.13	0.70	2.98	1.40
B2	11	TR50	1.50	828.70	828.91	829.12	830.10	1.189533	4.83	0.31	2.20	4.10
B2	10	TR50	1.50	828.38	828.72	828.77	828.93	0.066433	2.03	0.74	2.81	1.27
B2	9.1	TR50	1.50	827.87	828.22	828.29	828.47	0.114981	2.18	0.69	2.69	1.38
B2	9	TR50	1.50	826.87	827.07	827.29	828.26	1.117910	4.84	0.31	2.06	3.99
B2	8.1	TR50	1.50	824.38	824.76	824.80	824.95	0.081951	1.94	0.77	2.81	1.18
B2	8	TR50	1.50	823.38	823.57	823.80	824.80	1.237574	4.90	0.31	2.16	4.16
B2	7.1	TR50	1.50	821.74	822.17	822.17	822.34	0.060684	1.79	0.84	2.59	1.00
B2	7	TR50	1.50	820.74	820.95	821.17	822.07	1.040356	4.69	0.32	2.06	3.80
B2	6	TR50	1.50	819.91	820.25	820.31	820.48	0.074877	2.14	0.70	2.65	1.33
B2	5	TR50	1.50	817.32	817.36	817.66	818.53	0.642655	0.73	0.31	1.09	1.63
B2	4	TR50	1.50	816.39	817.50	816.85	817.52	0.002967	0.63	2.36	2.72	0.22
B2	3.5											
B2	3											
B2	2.5	TR50	1.50	812.40	813.59	812.71	813.60	0.000115	0.19	7.93	8.67	0.06
B2	2											
B2	2	TR50	1.50	807.84	808.16	808.36	809.10	0.804542	4.29	0.35	2.18	3.42
B2	1	TR50	1.50	807.84	808.36	808.36	808.50	0.060199	1.62	0.92	3.54	1.01

Figura 5-14: Risultati del B2 nella condizione ante - operam per un tempo di ritorno pari a 50 anni

Dai tabulati si evince che il tombino DN1000 al di sotto della sede stradale risulta in pressione per tutte e tre gli scenari di riferimento considerati. Nel caso della portata di riferimento duecentennale, ma già evidente in

rispetto alla portata di riferimento centennale, la piattaforma stradale risulta sormontata come si evince nella Figura 5-15 e Figura 5-16.

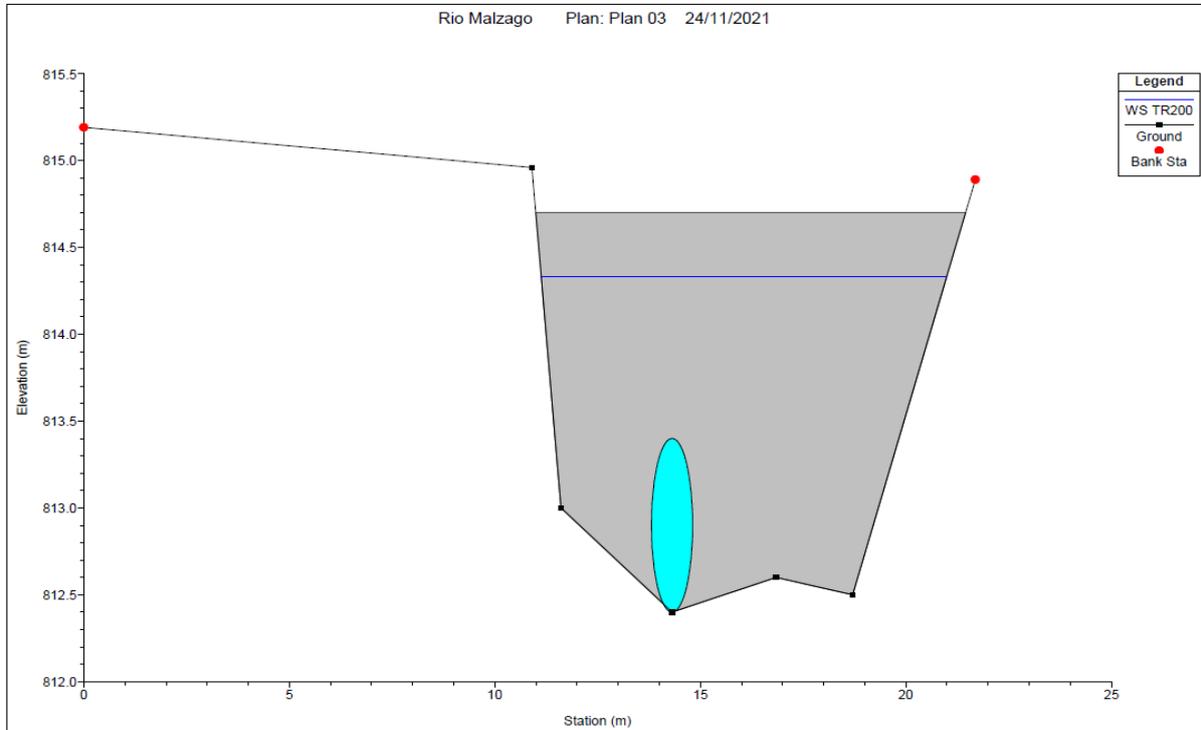


Figura 5-15: Sezione DN100 del B2 - Rio Malzago per un periodo di ritorno pari a 200 anni

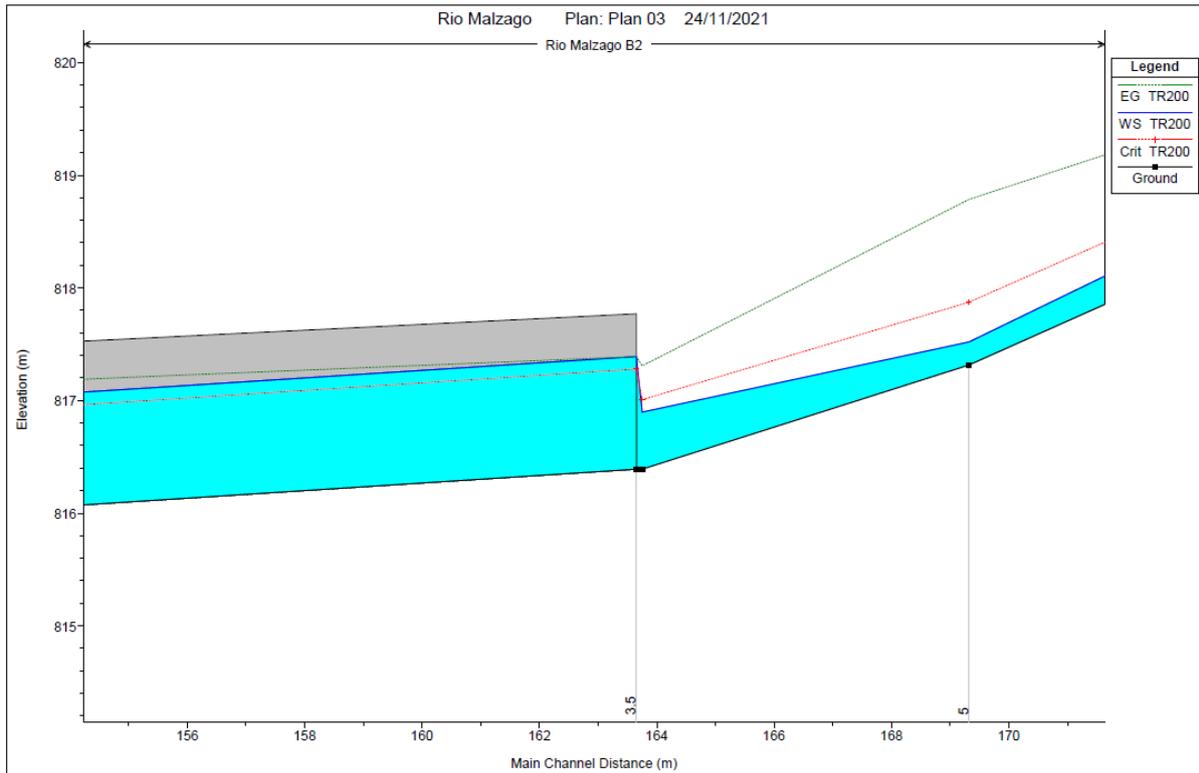


Figura 5-16: Sezione imbocco del B2 - Rio Malzago per un periodo di ritorno pari a 200 anni

5.4.2 MODELLAZIONE STATO DI PROGETTO

La configurazione di progetto prevede la realizzazione di un numero pari a tre tombini chiusi di dimensioni 2,5 x 2 m alternati a sezioni a cielo aperto come indicato nella Figura 5-18.

A monte della camera di imbocco in ingresso al tombino è presente un sistema di briglie atte a raggiungere quella pendenza di equilibrio determinata dalle portate liquide, quelle solide e dal diametro del materiale.

Inoltre, è prevista una protezione allo sbocco mediante massi sciolti.

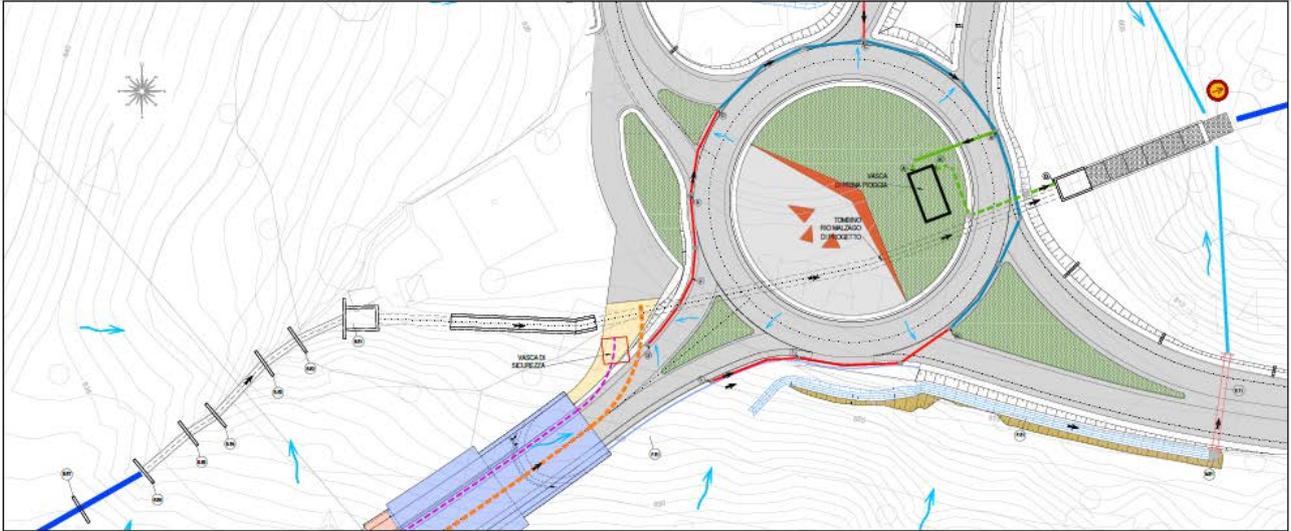


Figura 5-17: Interferenza B2 Rio Malzago -Stralcio planimetrico condizione post – operam

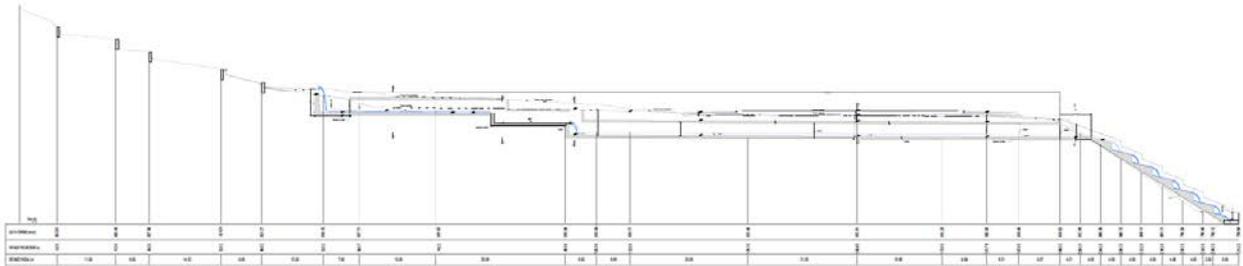


Figura 5-18: Profilo B2 - Rio Malzago nella condizione post operam

Per la modellazione nella condizione di progetto sono state estratte 20 sezioni trasversali e non essendo disponibili in questa fase della progettazione informazioni di dettaglio in merito al regime dei livelli idrometrici in nessuna sezione del Rio Malzago si è imposto come condizione al contorno per il calcolo dei profili, nella sezione di valle l'altezza normale (*Normal Depth*) relativa alla pendenze del tratto considerato e nella sezione di monte la condizione di stato critico, conseguenza dell'elevato numero di briglie presenti.

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono:

- 0.06 s/m^{1/3} per l'alveo naturale e per le aree golenali;
- 0.017 s/m^{1/3} in corrispondenza delle sezioni in cui sono previste le briglie in cls;

Le portate di riferimento per le verifiche portano in conto il contributo dell'apporto solido, riportate nella Tabella 6.

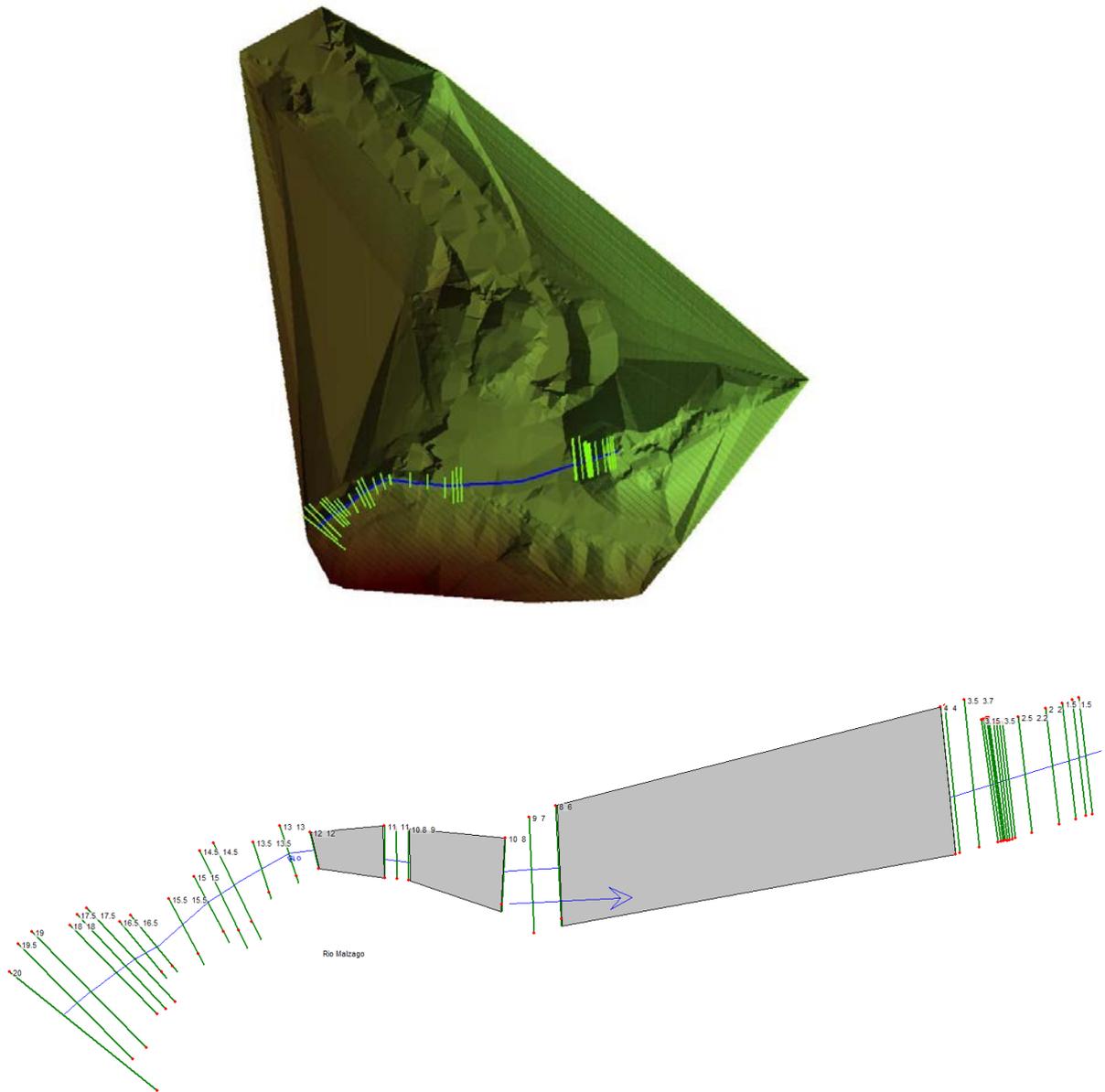


Figura 5-19: Schematizzazioni della modellazione idraulica nello stato di progetto del Rio

A seguire si riporta uno stralcio dei risultati della modellazione sia in forma grafica per il profilo di corrente e sia in forma numerica per un $Tr = 50, 100$ e 200 anni.

Per maggiori dettagli si rimanda all'ALLEGATO 1.

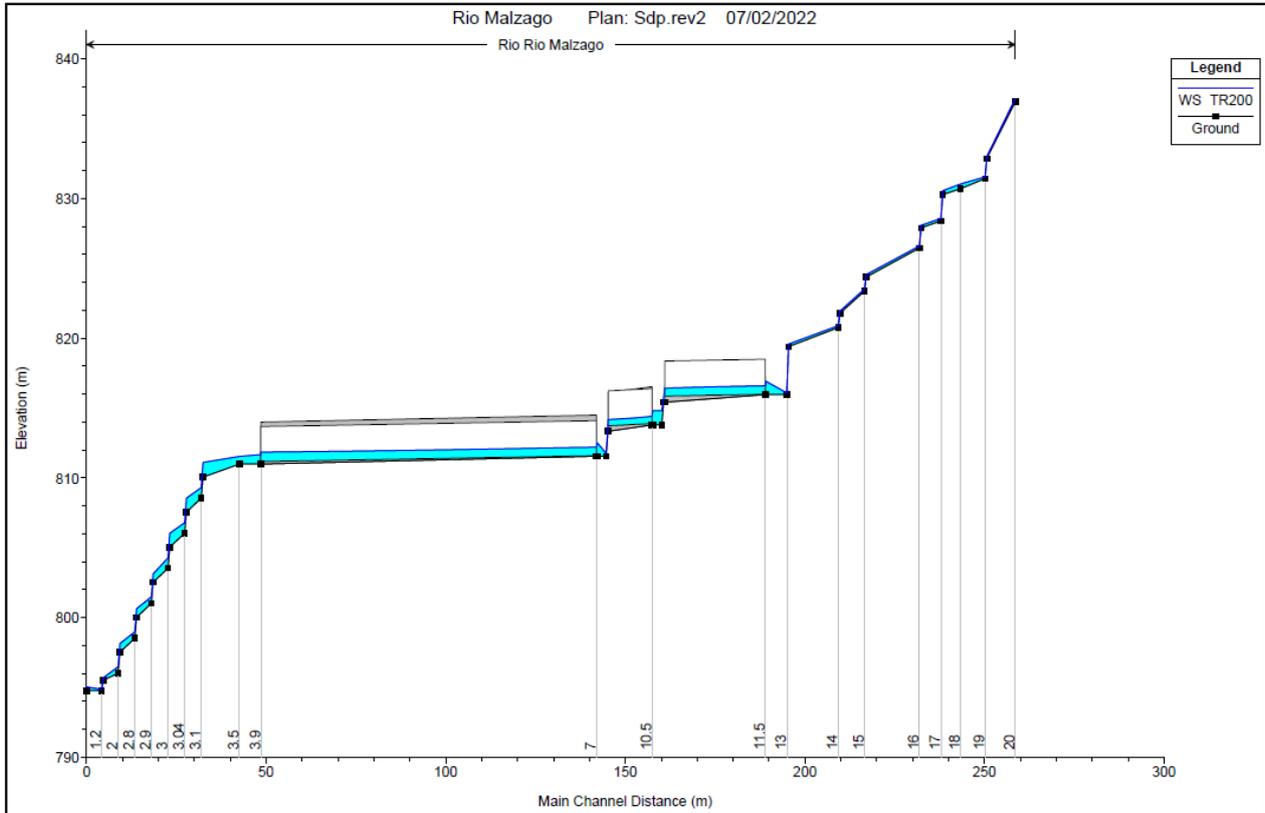


Figura 5-20: Profilo di corrente del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	20	TR200	2.50	836.93	837.16	837.16	837.22	0.073847	1.10	2.26	18.77	1.01
Rio Malzago	19.5	TR200	2.50	832.88	833.03	833.33	835.93	0.273786	7.54	0.33	2.69	6.85
Rio Malzago	19	TR200	2.50	831.43	831.56	831.88	835.63	0.454244	8.94	0.28	2.57	8.65
Rio Malzago	18	TR200	2.50	830.70	831.04	831.24	831.76	0.381089	3.75	0.67	2.92	2.50
Rio Malzago	17.5	TR200	2.50	830.29	830.57	830.79	831.37	0.032795	3.96	0.63	2.55	2.54
Rio Malzago	17	TR200	2.50	828.41	828.57	828.90	831.16	0.196099	7.12	0.35	2.32	5.85
Rio Malzago	16.5	TR200	2.50	827.91	828.09	828.41	830.10	0.133214	6.28	0.40	2.36	4.89
Rio Malzago	16	TR200	2.50	826.46	826.61	826.96	829.88	0.284124	8.02	0.31	2.29	6.94
Rio Malzago	15.5	TR200	2.50	824.38	824.56	824.88	826.65	0.141362	6.40	0.39	2.36	5.02
Rio Malzago	15	TR200	2.50	823.37	823.52	823.87	826.47	0.241027	7.61	0.33	2.31	6.43
Rio Malzago	14.5	TR200	2.50	821.79	821.94	822.28	824.84	0.234429	7.54	0.33	2.31	6.35
Rio Malzago	14	TR200	2.50	820.76	820.90	821.25	824.62	0.346523	8.54	0.29	2.27	7.61
Rio Malzago	13.5	TR200	2.50	819.40	819.59	819.90	821.45	0.118724	6.05	0.41	2.38	4.63
Rio Malzago	13	TR200	2.50	815.97	816.09	816.47	821.04	0.541648	9.85	0.25	2.24	9.34
Rio Malzago	12	TR200	2.50	815.97	816.92	816.33	816.93	0.000925	0.50	5.01	7.39	0.19
Rio Malzago	11.5		Culvert									
Rio Malzago	11	TR200	2.50	815.42	815.77	815.77	815.90	0.056747	1.62	1.54	5.82	1.00
Rio Malzago	10.9	TR200	2.50	813.80	814.82	814.20	814.85	0.000348	0.79	3.15	3.10	0.25
Rio Malzago	10.8	TR200	2.50	813.80	814.82	814.20	814.85	0.000349	0.79	3.15	3.10	0.25
Rio Malzago	10.5		Culvert									
Rio Malzago	10	TR200	2.50	813.34	813.71	813.71	813.86	0.055153	1.74	1.44	4.67	1.00
Rio Malzago	9	TR200	2.50	811.56	811.77	812.10	813.66	0.113443	6.09	0.41	2.00	4.29
Rio Malzago	8	TR200	2.50	811.56	812.52	811.93	812.53	0.001716	0.52	4.82	6.95	0.20
Rio Malzago	7		Culvert									
Rio Malzago	4	TR200	2.50	811.00	811.85		811.87	0.002100	0.57	4.37	5.27	0.20
Rio Malzago	3.9	TR200	2.50	811.00	811.68		811.85	0.003307	1.85	1.35	2.00	0.72
Rio Malzago	3.5	TR200	2.50	811.00	811.54	811.54	811.81	0.006266	2.32	1.08	2.00	1.01
Rio Malzago	3.15	TR200	2.50	810.06	811.12	811.25	811.61	0.168685	3.12	0.80	1.52	1.37
Rio Malzago	3.1	TR200	2.50	808.56	809.31	809.75	811.29	1.072595	6.24	0.40	1.07	3.26
Rio Malzago	3.05	TR200	2.50	807.55	808.55	808.74	809.16	0.219643	3.44	0.73	1.45	1.55
Rio Malzago	3.04	TR200	2.50	806.05	806.79	807.24	808.81	1.095743	6.29	0.40	1.07	3.29
Rio Malzago	3.01	TR200	2.50	805.04	806.04	806.23	806.65	0.221029	3.45	0.72	1.44	1.55
Rio Malzago	3	TR200	2.50	803.54	804.28	804.73	806.30	1.096362	6.29	0.40	1.07	3.29
Rio Malzago	2.95	TR200	2.50	802.53	803.13	803.34	803.82	0.289194	3.69	0.68	2.27	2.16
Rio Malzago	2.9	TR200	2.50	801.03	801.49	801.84	803.44	1.147506	6.18	0.40	1.76	4.11

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	2.85	TR200	2.50	800.02	800.64	800.83	801.22	0.228761	3.38	0.74	2.38	1.93
Rio Malzago	2.8	TR200	2.50	798.52	798.98	799.33	800.88	1.104979	6.09	0.41	1.77	4.04
Rio Malzago	2.5	TR200	2.50	797.52	798.15	798.33	798.72	0.224898	3.35	0.75	2.38	1.92
Rio Malzago	2	TR200	2.50	796.02	796.48	796.83	798.37	1.102148	6.09	0.41	1.77	4.03
Rio Malzago	1.5	TR200	2.50	795.51	795.69	795.79	796.02	0.248053	2.54	0.98	5.44	1.91
Rio Malzago	1.2	TR200	2.50	794.76	794.87	795.04	795.73	1.184901	4.11	0.61	5.44	3.92
Rio Malzago	1	TR200	2.50	794.76	795.04	795.04	795.18	0.061980	1.66	1.51	5.44	1.00

Figura 5-21: Risultati del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni

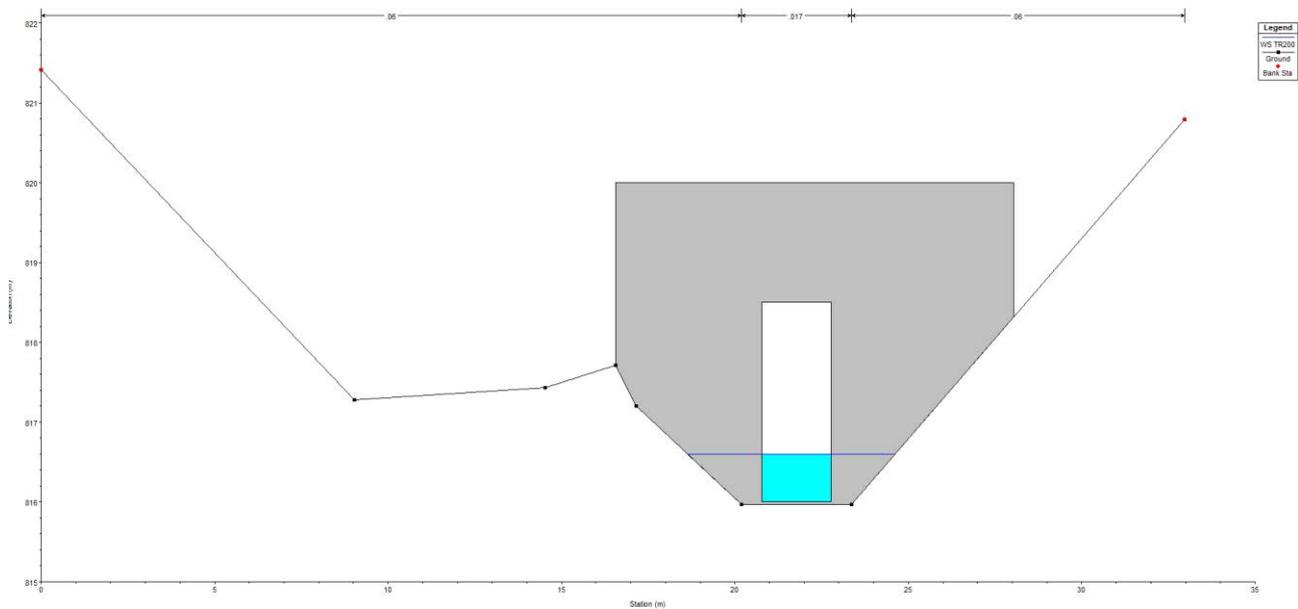


Figura 5-22: Sezione tombino scatolare 2,5x2 m (Sezione 11.5)

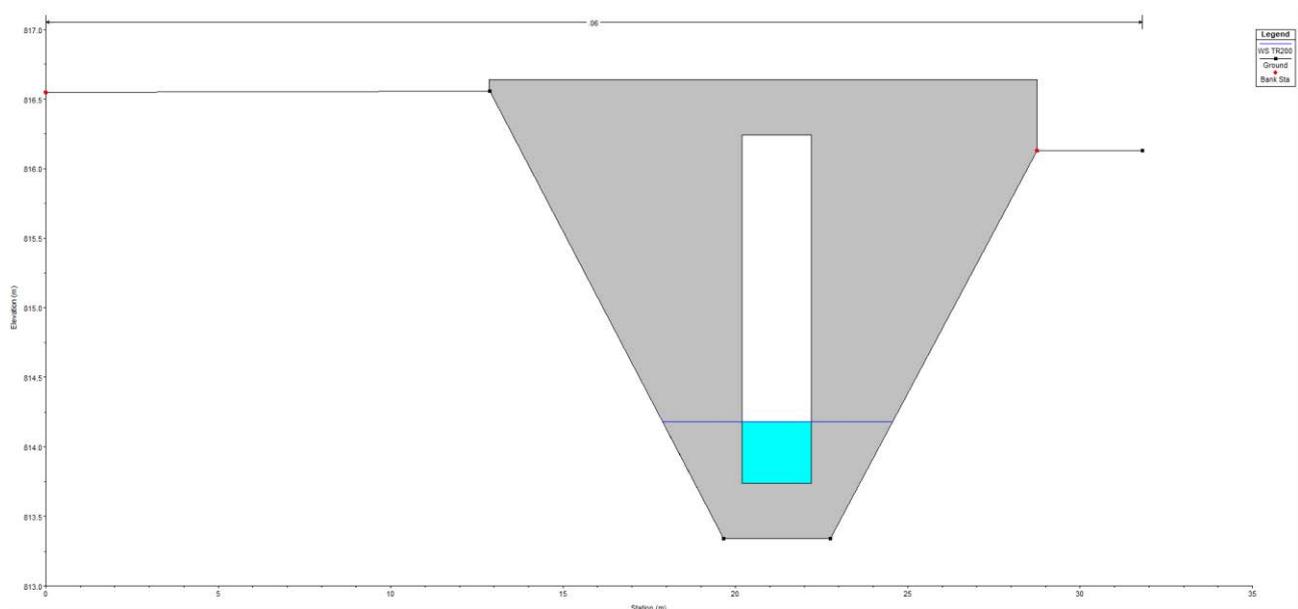


Figura 5-23: Sezione tombino scatolare 2,5x2 m (Sezione 10.5)

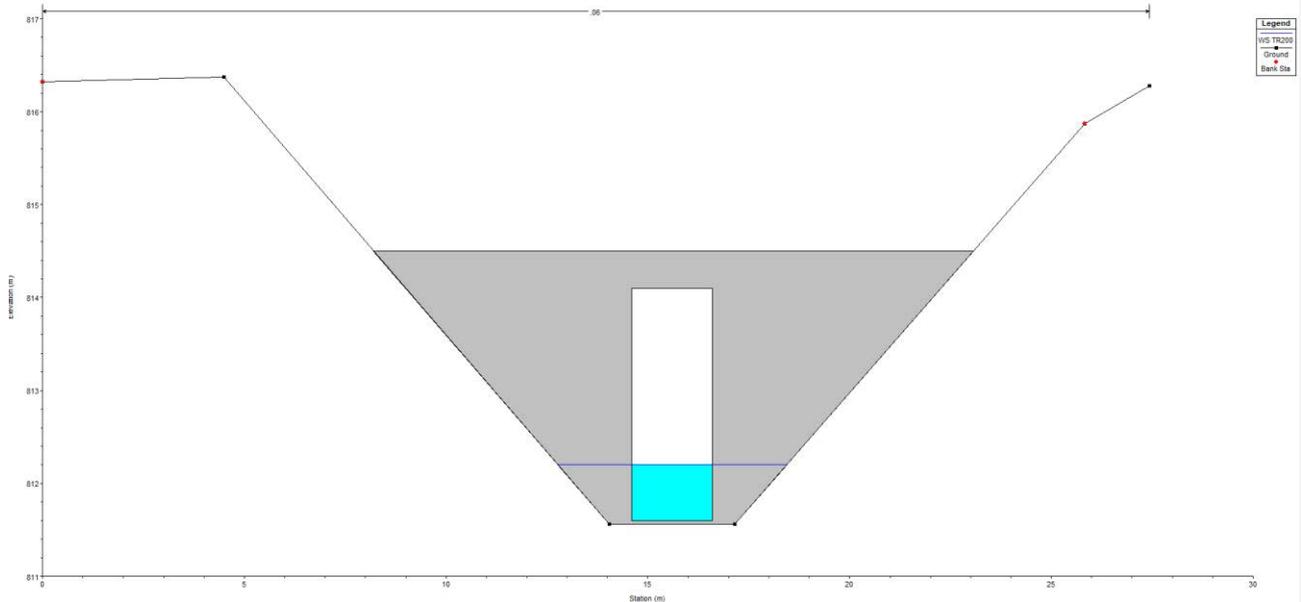


Figura 5-24: Sezione tombino scatolare 2,5x2 m (Sezione 7)

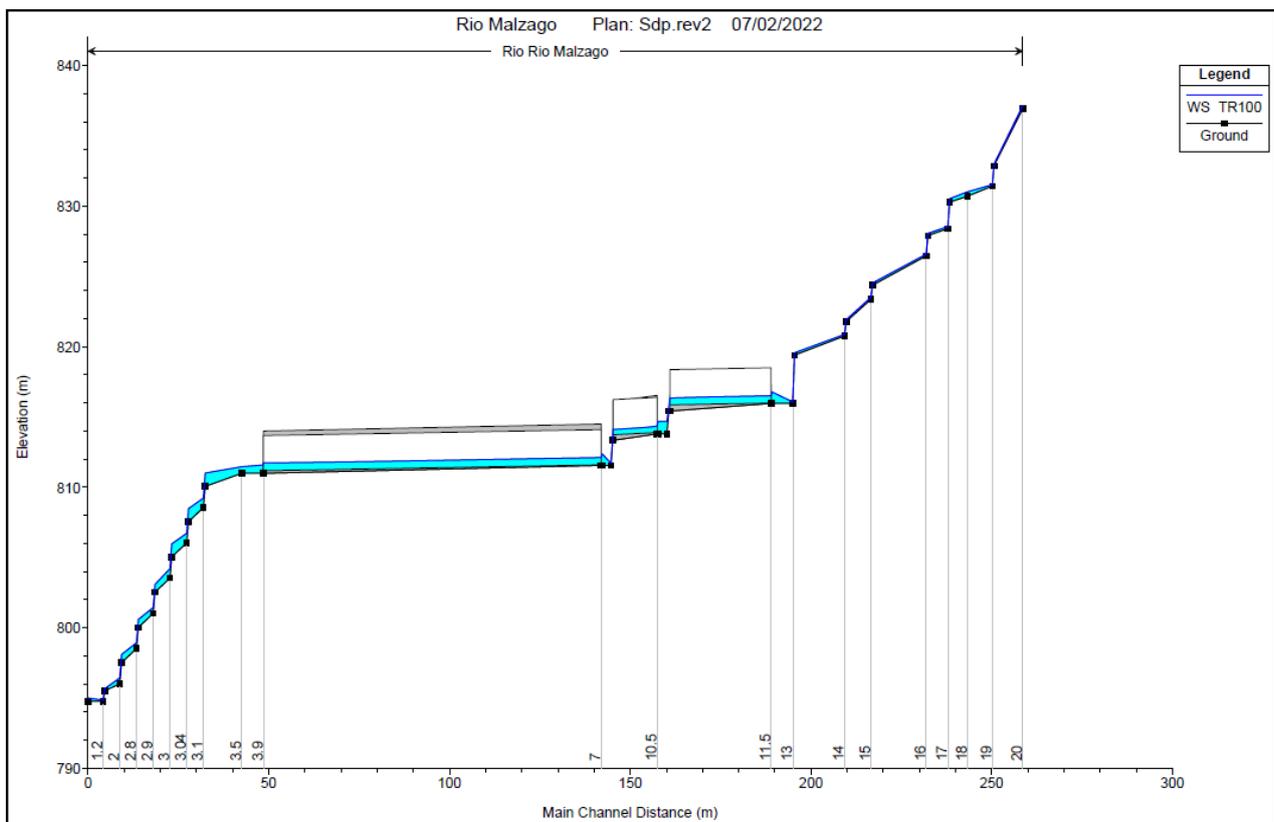


Figura 5-25: Profilo di corrente del B2 nella condizione post - operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni

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
Rio Malzago	20	TR100	2.00	836.93	837.14	837.14	837.19	0.078584	1.04	1.92	18.31	1.02
Rio Malzago	19.5	TR100	2.00	832.88	833.00	833.28	835.80	0.323044	7.41	0.27	2.55	7.27
Rio Malzago	19	TR100	2.00	831.43	831.54	831.83	835.48	0.540418	8.80	0.23	2.44	9.21
Rio Malzago	18	TR100	2.00	830.70	831.02	831.19	831.59	0.331485	3.35	0.60	2.79	2.31
Rio Malzago	17.5	TR100	2.00	830.29	830.53	830.72	831.21	0.032145	3.65	0.55	2.49	2.48
Rio Malzago	17	TR100	2.00	828.41	828.54	828.84	831.00	0.233039	6.94	0.29	2.27	6.23
Rio Malzago	16.5	TR100	2.00	827.91	828.07	828.34	829.82	0.137899	5.87	0.34	2.32	4.89
Rio Malzago	16	TR100	2.00	826.46	826.58	826.89	829.60	0.320739	7.69	0.26	2.25	7.21
Rio Malzago	15.5	TR100	2.00	824.38	824.54	824.81	826.27	0.135158	5.83	0.34	2.32	4.84
Rio Malzago	15	TR100	2.00	823.37	823.50	823.80	826.10	0.253378	7.13	0.28	2.26	6.47
Rio Malzago	14.5	TR100	2.00	821.79	821.92	822.22	824.40	0.235559	6.97	0.29	2.27	6.26
Rio Malzago	14	TR100	2.00	820.76	820.88	821.19	824.17	0.369064	8.04	0.25	2.24	7.69
Rio Malzago	13.5	TR100	2.00	819.40	819.57	819.83	821.09	0.110619	5.47	0.37	2.34	4.41
Rio Malzago	13	TR100	2.00	815.97	816.07	816.40	820.39	0.565440	9.20	0.22	2.21	9.36
Rio Malzago	12	TR100	2.00	815.97	816.79	816.29	816.80	0.000969	0.49	4.10	6.83	0.20
Rio Malzago	11.5	Culvert										
Rio Malzago	11	TR100	2.00	815.42	815.72	815.72	815.84	0.059478	1.54	1.30	5.48	1.01
Rio Malzago	10.9	TR100	2.00	813.80	814.69	814.15	814.72	0.000324	0.72	2.76	3.10	0.24
Rio Malzago	10.8	TR100	2.00	813.80	814.69	814.15	814.72	0.000325	0.72	2.76	3.10	0.25
Rio Malzago	10.5	Culvert										
Rio Malzago	10	TR100	2.00	813.34	813.66	813.66	813.80	0.057227	1.64	1.22	4.47	1.00
Rio Malzago	9	TR100	2.00	811.56	811.73	812.03	813.58	0.141816	6.03	0.33	2.00	4.73
Rio Malzago	8	TR100	2.00	811.56	812.39	811.88	812.40	0.001890	0.50	3.97	6.44	0.21
Rio Malzago	7	Culvert										
Rio Malzago	4	TR100	2.00	811.00	811.73		811.75	0.002109	0.53	3.76	5.24	0.20
Rio Malzago	3.9	TR100	2.00	811.00	811.59		811.74	0.003142	1.70	1.18	2.00	0.71
Rio Malzago	3.5	TR100	2.00	811.00	811.47	811.47	811.70	0.006103	2.14	0.93	2.00	1.00
Rio Malzago	3.15	TR100	2.00	810.06	811.01	811.15	811.49	0.190658	3.09	0.65	1.37	1.43
Rio Malzago	3.1	TR100	2.00	808.56	809.23	809.66	811.16	1.194242	6.14	0.33	0.97	3.38
Rio Malzago	3.05	TR100	2.00	807.55	808.48	808.65	809.01	0.211538	3.21	0.62	1.34	1.50
Rio Malzago	3.04	TR100	2.00	806.05	806.72	807.15	808.65	1.201352	6.15	0.32	0.97	3.39
Rio Malzago	3.01	TR100	2.00	805.04	805.97	806.14	806.50	0.211802	3.21	0.62	1.34	1.50
Rio Malzago	3	TR100	2.00	803.54	804.21	804.64	806.14	1.201391	6.15	0.32	0.97	3.39
Rio Malzago	2.95	TR100	2.00	802.53	803.09	803.27	803.68	0.272522	3.41	0.59	2.11	2.07
Rio Malzago	2.9	TR100	2.00	801.03	801.45	801.77	803.30	1.244449	6.03	0.33	1.59	4.21

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
Rio Malzago	2.85	TR100	2.00	800.02	800.60	800.76	801.10	0.218669	3.14	0.64	2.20	1.86
Rio Malzago	2.8	TR100	2.00	798.52	798.94	799.26	800.75	1.211835	5.97	0.34	1.60	4.16
Rio Malzago	2.5	TR100	2.00	797.52	798.10	798.26	798.60	0.215562	3.12	0.64	2.21	1.85
Rio Malzago	2	TR100	2.00	796.02	796.44	796.76	798.25	1.209544	5.96	0.34	1.60	4.16
Rio Malzago	1.5	TR100	2.00	795.51	795.67	795.75	795.94	0.231592	2.29	0.88	5.44	1.82
Rio Malzago	1.2	TR100	2.00	794.76	794.85	795.00	795.65	1.395197	3.95	0.51	5.43	4.14
Rio Malzago	1	TR100	2.00	794.76	795.00	795.00	795.12	0.064460	1.54	1.30	5.44	1.01

Figura 5-26: Risultati del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni

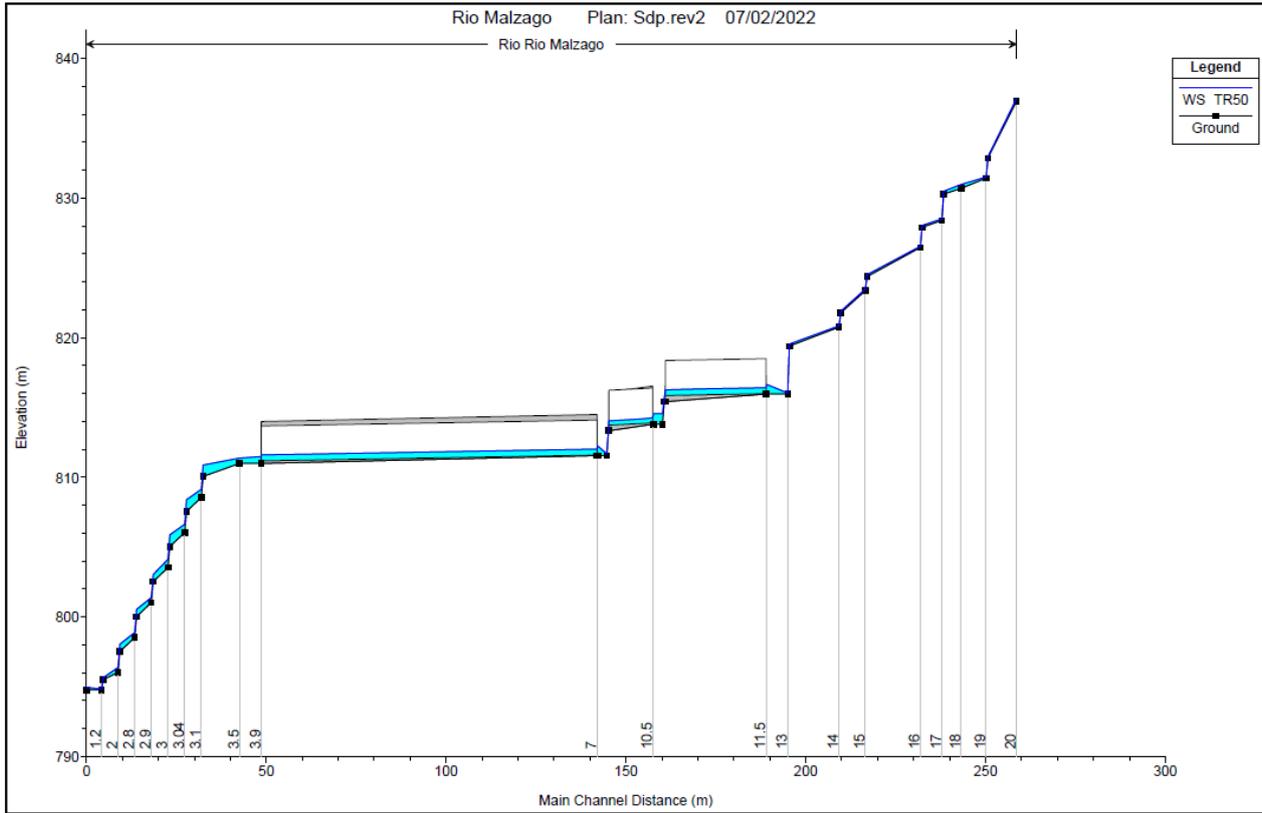


Figura 5-27: Profilo di corrente del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni

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
Rio Malzago	20	TR50	1.50	836.93	837.12	837.12	837.17	0.079508	0.97	1.54	16.41	1.01
Rio Malzago	19.5	TR50	1.50	832.88	832.98	833.22	835.69	0.412100	7.30	0.21	2.39	7.94
Rio Malzago	19	TR50	1.50	831.43	831.51	831.77	835.32	0.689871	8.64	0.17	2.31	10.06
Rio Malzago	18	TR50	1.50	830.70	830.99	831.12	831.42	0.280489	2.90	0.52	2.64	2.10
Rio Malzago	17.5	TR50	1.50	830.29	830.50	830.65	831.05	0.032184	3.31	0.45	2.41	2.44
Rio Malzago	17	TR50	1.50	828.41	828.52	828.77	830.84	0.297018	6.75	0.22	2.21	6.80
Rio Malzago	16.5	TR50	1.50	827.91	828.04	828.27	829.49	0.140886	5.33	0.28	2.26	4.83
Rio Malzago	16	TR50	1.50	826.46	826.56	826.82	829.26	0.376814	7.28	0.21	2.20	7.59
Rio Malzago	15.5	TR50	1.50	824.38	824.52	824.74	825.86	0.125692	5.14	0.29	2.27	4.58
Rio Malzago	15	TR50	1.50	823.37	823.48	823.73	825.69	0.273868	6.58	0.23	2.22	6.55
Rio Malzago	14.5	TR50	1.50	821.79	821.90	822.15	823.91	0.234625	6.27	0.24	2.23	6.10
Rio Malzago	14	TR50	1.50	820.76	820.86	821.12	823.67	0.402594	7.43	0.20	2.19	7.82
Rio Malzago	13.5	TR50	1.50	819.40	819.55	819.76	820.71	0.100388	4.78	0.31	2.29	4.13
Rio Malzago	13	TR50	1.50	815.97	816.05	816.33	820.68	0.891244	9.53	0.16	2.15	11.25
Rio Malzago	12	TR50	1.50	815.97	816.65	816.24	816.66	0.001006	0.47	3.19	6.20	0.21
Rio Malzago	11.5	Culvert										
Rio Malzago	11	TR50	1.50	815.42	815.68	815.68	815.78	0.061904	1.43	1.05	5.11	1.01
Rio Malzago	10.9	TR50	1.50	813.80	814.55	814.09	814.58	0.000294	0.64	2.34	3.10	0.24
Rio Malzago	10.8	TR50	1.50	813.80	814.55	814.09	814.57	0.000295	0.64	2.34	3.10	0.24
Rio Malzago	10.5	Culvert										
Rio Malzago	10	TR50	1.50	813.34	813.61	813.61	813.73	0.059512	1.51	0.99	4.25	1.00
Rio Malzago	9	TR50	1.50	811.56	811.69	811.95	813.51	0.192475	5.98	0.25	2.00	5.39
Rio Malzago	8	TR50	1.50	811.56	812.25	811.83	812.26	0.002104	0.48	3.11	5.88	0.21
Rio Malzago	7	Culvert										
Rio Malzago	4	TR50	1.50	811.00	811.61		811.62	0.002132	0.48	3.10	5.20	0.20
Rio Malzago	3.9	TR50	1.50	811.00	811.49		811.61	0.002970	1.53	0.98	2.00	0.70
Rio Malzago	3.5	TR50	1.50	811.00	811.38	811.38	811.58	0.006075	1.95	0.77	2.00	1.01
Rio Malzago	3.15	TR50	1.50	810.06	810.88	811.03	811.37	0.230026	3.08	0.49	1.18	1.53
Rio Malzago	3.1	TR50	1.50	808.56	809.15	809.53	811.00	1.374872	6.02	0.25	0.85	3.55
Rio Malzago	3.05	TR50	1.50	807.55	808.39	808.52	808.83	0.201963	2.93	0.51	1.21	1.44
Rio Malzago	3.04	TR50	1.50	806.05	806.64	807.02	808.48	1.366601	6.01	0.25	0.85	3.54
Rio Malzago	3.01	TR50	1.50	805.04	805.88	806.01	806.32	0.201672	2.93	0.51	1.21	1.44
Rio Malzago	3	TR50	1.50	803.54	804.13	804.51	805.97	1.365725	6.01	0.25	0.85	3.54
Rio Malzago	2.95	TR50	1.50	802.53	803.04	803.19	803.52	0.252890	3.08	0.49	1.93	1.96
Rio Malzago	2.9	TR50	1.50	801.03	801.40	801.69	803.15	1.397597	5.86	0.26	1.40	4.37

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
Rio Malzago	2.85	TR50	1.50	800.02	800.54	800.68	800.96	0.207234	2.86	0.52	2.00	1.79
Rio Malzago	2.8	TR50	1.50	798.52	798.89	799.18	800.62	1.376607	5.82	0.26	1.40	4.34
Rio Malzago	2.5	TR50	1.50	797.52	798.05	798.18	798.46	0.204900	2.85	0.53	2.00	1.78
Rio Malzago	2	TR50	1.50	796.02	796.39	796.68	798.12	1.375122	5.82	0.26	1.40	4.34
Rio Malzago	1.5	TR50	1.50	795.51	795.65	795.71	795.85	0.212081	1.99	0.75	5.44	1.71
Rio Malzago	1.2	TR50	1.50	794.76	794.83	794.96	795.56	1.754492	3.79	0.40	5.43	4.48
Rio Malzago	1	TR50	1.50	794.76	794.96	794.96	795.06	0.067797	1.40	1.07	5.44	1.01

Figura 5-28: Risultati del B2 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni

Dai tabulati si evince come la nuova configurazione di progetto del Rio Malzago soddisfi la verifica in termini di franco idraulico di sicurezza, valore superiore a 1,5 m e un grado di riempimento inferiore al 70%, per un valore di portata con riferimento a un periodo di ritorno pari a 200 anni, considerando un apporto di materiale solido trasportato misto alla portata liquida.

SCATOLARE 2.5 x 2 sezione 11.5	Quota fondo [m.l.m.]	Quota idrica [m.l.m.]	Franco [m]	GR [%]
Sezione di monte	816	816.60	1.90	24
Sezione di valle	815.87	816.41	1.96	21
SCATOLARE 2.5 x 2 sezione 10.5	Quota fondo [m.l.m.]	Quota idrica [m.l.m.]	Franco [m]	GR [%]
Sezione di monte	813.90	814.44	1.96	21
Sezione di valle	813.74	814.18	2.06	17
SCATOLARE 2.5 x 2 sezione 7	Quota fondo [m.l.m.]	Quota idrica [m.l.m.]	Franco [m]	GR [%]
Sezione di monte	811.60	812.21	1.89	24
Sezione di valle	811.18	811.85	1.83	26

Tabella 4: Verifica franchi di sicurezza per TR 200 anni

Le velocità raggiunte nelle sezioni aperte sono dell'ordine dei 5 m/s, con un valore del tirante idrico pari a 0.50 – 0.60 m, sempre per un valore di portata pari a un tempo di ritorno di 200 anni. Le velocità raggiunte nella sezione di imbocco, ove si trova la camera di imbocco, sono dell'ordine dei 6 – 7 m/s, velocità dovute alla presenza a monte di una briglia in cls con un salto dell'ordine di 3 m; mentre, nelle sezioni di sbocco le velocità sono dell'ordine dei 5 - 6 m/s ove è prevista la riprofilatura del fondo alveo mediante protezione in massi sciolti di diametro 50 cm per una lunghezza di circa 41 m.

5.4.3 ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO

I fenomeni di trasporto solido possono mobilitare ingenti quantità di materiale. Le verifiche delle opere di attraversamento di progetto sono state condotte al fine di garantire il deflusso con un aumento della portata proporzionale all'apporto solido mobilitante dal bacino, intesa come piena di detrito.

Per piene di detrito, sono stati utilizzati i metodi descritti in letteratura e confrontati con le linee guida dell'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali, indicate nel metodo speditivo per bacini la cui area contribuyente chiusa all'apice della conoide è $< 5\text{km}^2$.

La capacità di trasporto solido della corrente viene definita come la massima quantità di sedimento che può essere convogliata verso valle.

Per la valutazione delle quantità di materiale mobilitato nel corso di un evento di piena si è fatto riferimento alla metodologia Rickenmann (1900).

Rickenmann ha proposto un metodo per la valutazione delle colate detritiche in base alla pendenza media del conoide ed alla lunghezza del collettore fra il possibile punto d'innescò ed il punto inferiore della zona di deposito. I massimi volumi si hanno, a parità di lunghezza percorribile dalla colata, per conoidi con una pendenza media del 15%; conoidi molto acclivi (pendenza superiore al 15%) risultano associati a bacini piccoli a forte pendenza, con estesi affioramenti rocciosi, che presentano generalmente modesta possibilità di sedimento.

Secondo Rickenmann (1900), la portata solida convogliata come trasporto al fondo (Q_s) è pari a:

$$Q_s = 5.8 \cdot (Q - Q_c) \cdot s^2$$

dove:

- Q è la portata liquida di progetto m^3/s ;
- s è la pendenza media dell'asta m/m

Successivamente è stata messa appunto una revisione della formula di Rickenmann (2001), pari a:

$$Q_s = 1.5 \cdot (Q - Q_c) \cdot s^{1.5}$$

dove:

- Q è la portata liquida di progetto m^3/s ;
- s è la pendenza media dell'asta m/m

Il metodo di Rickenmann è stato confrontato con le linee guida dell'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali. Secondo cui la portata solida convogliata come trasporto al fondo (Q_s) è pari a:

$$Q_s = 0.2 \cdot Q_{100}$$

dove:

- Q_{100} è la portata liquida di progetto m^3/s .

Di seguito si riportano le tabelle di sintesi. Per le portate liquide si rimanda alla Tabella 3.

Portate trasporto solido T_R100	Rickenmann (1900)	Ricknmann (2001)	Autorità di Distretto Alpi Orientali
	Q_s (m^3/s)	Q_s (m^3/s)	Q_s (m^3/s)
	0.48	0.23	0.30

Tabella 5: Confronto metodologie per calcolo portata solida su tempi di ritorno di 100 anni

Tempi di ritorno [Anni]	Portata liquida [m^3/s]	Portata liquida + solida [m^3/s]
50	1.2	1.5
100	1.5	2.0
200	1.8	2.5

Tabella 6: Portate liquide e portate solide – Rio Malzago B2

5.4.3.1 ANALISI DEL TRASPORTO DI MATERIALE LEGNOSO

Come illustrato nel manuale IDRAIM redatto da ISPRA, *gli attraversamenti dei corsi d'acqua (tramite infrastrutture stradali e ferroviarie quali ponti e tombinature) rappresentano molto spesso i punti di maggior criticità idraulica durante eventi di piena e di colata detritica.*

La previsione in termini "quantitativi" sia dei volumi che delle portate di materiale legnoso fluitato in un certo tratto risulta affetta da incertezze di gran lunga maggiori rispetto ai flussi di sedimenti. A tal fine, si può adottare un approccio prettamente qualitativo.

Il tratto in esame del Rio Malzago nasce e si sviluppa all'interno di un bosco di *pecceta secondaria montana*, formazione ad abete rosso con ottima resistenza alle basse temperature invernali., come illustrato nella seguente immagine.

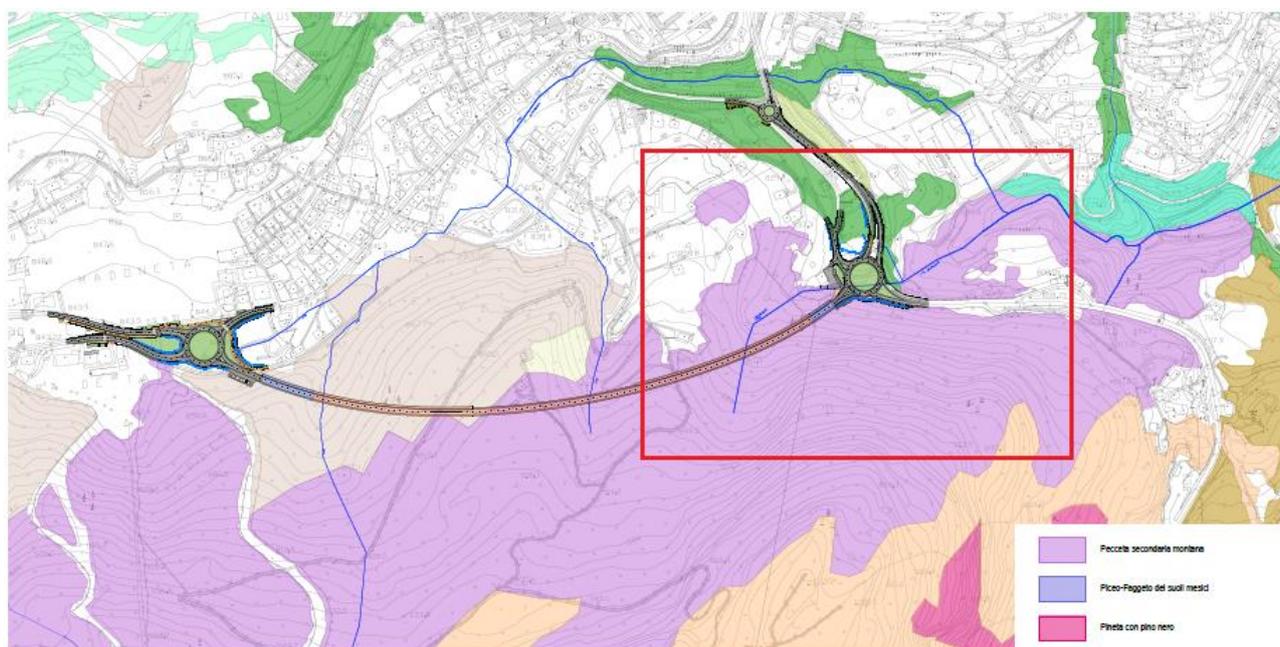


Figura 5-29: Carta vegetazione reale dell'area del tratto del Rio Malzago di interesse

Viste le caratteristiche morfologiche (IDRAIM, 2018) ci troviamo in un tratto la cui classe di intensità di trasporto del materiale legnoso corrisponde ad un livello **intenso**.

Livello	Descrizione	Caratteristiche del tratto
Intenso	Moto congestionato o semicongestionato dei tronchi a velocità relativamente elevate (regime della corrente da critico a supercritico)	- Grande disponibilità di legno nel tratto o dai tratti immediatamente a monte per processi di frana e/o colata; - Pendenza elevata del tratto (>1-3%)
Moderato	- Moto congestionato dei tronchi ma a velocità relativamente moderate (regime subcritico della corrente); - Moto semi-congestionato; - Moto non congestionato ma di lunga durata/di rilevante volume complessivo	- Rilevante disponibilità di legno nel tratto o dai tratti immediatamente a monte derivanti da processi di erosione spondali (piana, terrazzi e/o isole) oppure da locali instabilità di versante
Trascurabile	- Moto non congestionato (i singoli elementi legnosi si muovono senza interferire tra loro) e di breve durata (basso volume complessivo)	- Limitata disponibilità di legno nel tratto o dai tratti immediatamente a monte, per mancanza di copertura arborea significativa o per alta stabilità delle sponde e dei versanti - Presenza di opere di trattenuta del legname subito a monte del tratto

Tabella 7: Classi di intensità di trasporto del materiale legnoso (IDRAIM, ISPRA)

Considerando l'area del bacino B2 che risulta pari a $A = 0.15 \text{ km}^2$, si è considerata per la quantificazione di legno trasportato ad ostruire il tombino di attraversamento, un'ostruzione pari a 2/3 dell'altezza netta del tombino corrispondente a circa 13 elementi, di dimensioni uguali per elementi LW (large wood), sovrapposti parallelamente pari al 65% del legname di grosse dimensioni presente lungo l'asta del Rio Malzago.

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati ottenuti per ogni periodo di ritorno, e in forma grafica le sezioni dei tombini in riferimento a un periodo di ritorno pari a 200 anni.

	Scotolare ostruito $h_{libera} = 0.8 \text{ m}$	Quota fondo [m.s.l.m.]	Quota idrica [m.s.l.m.]	Franco [m]
TR 50	Sezione di monte	817	817.42	0.38
	Sezione di valle	816.87	817.26	0.41
TR 100	Sezione di monte	817	817.51	0.29
	Sezione di valle	816.87	817.34	0.33
TR 200	Sezione di monte	817	817.61	0.19
	Sezione di valle	816.87	817.56	0.11

Tabella 8: Verifiche della sezione di tombino (sezione 11.5)

	Scatolare ostruito $h_{libera} = 0.8 \text{ m}$	Quota fondo [m.s.l.m.]	Quota idrica [m.s.l.m.]	Franco [m]
TR 50	Sezione di monte	814.90	815.29	0.41
	Sezione di valle	814.74	815.05	0.49
TR 100	Sezione di monte	814.90	815.37	0.33
	Sezione di valle	814.74	815.11	0.43
TR 200	Sezione di monte	814.90	815.44	0.26
	Sezione di valle	814.74	815.18	0.36

Tabella 9: Verifiche della sezione di tombino (sezione 10.5)

	Scatolare ostruito $h_{libera} = 0.8 \text{ m}$	Quota fondo [m.s.l.m.]	Quota idrica [m.s.l.m.]	Franco [m]
TR 50	Sezione di monte	813.30	813.73	0.37
	Sezione di valle	812.88	813.27	0.41
TR 100	Sezione di monte	813.30	813.82	0.28
	Sezione di valle	812.88	813.35	0.33
TR 200	Sezione di monte	813.30	813.91	0.19
	Sezione di valle	812.88	813.42	0.26

Tabella 10: Verifiche della sezione di tombino (sezione 7)

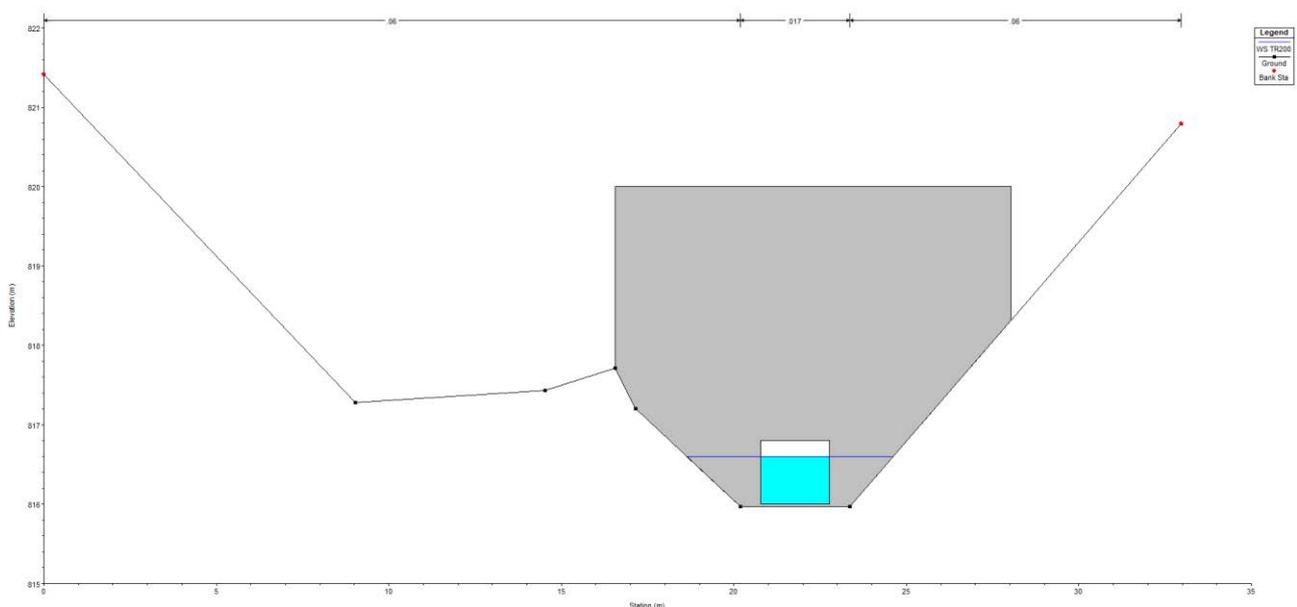


Figura 5-30: Sezione di monte del tombino (sez. 11.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

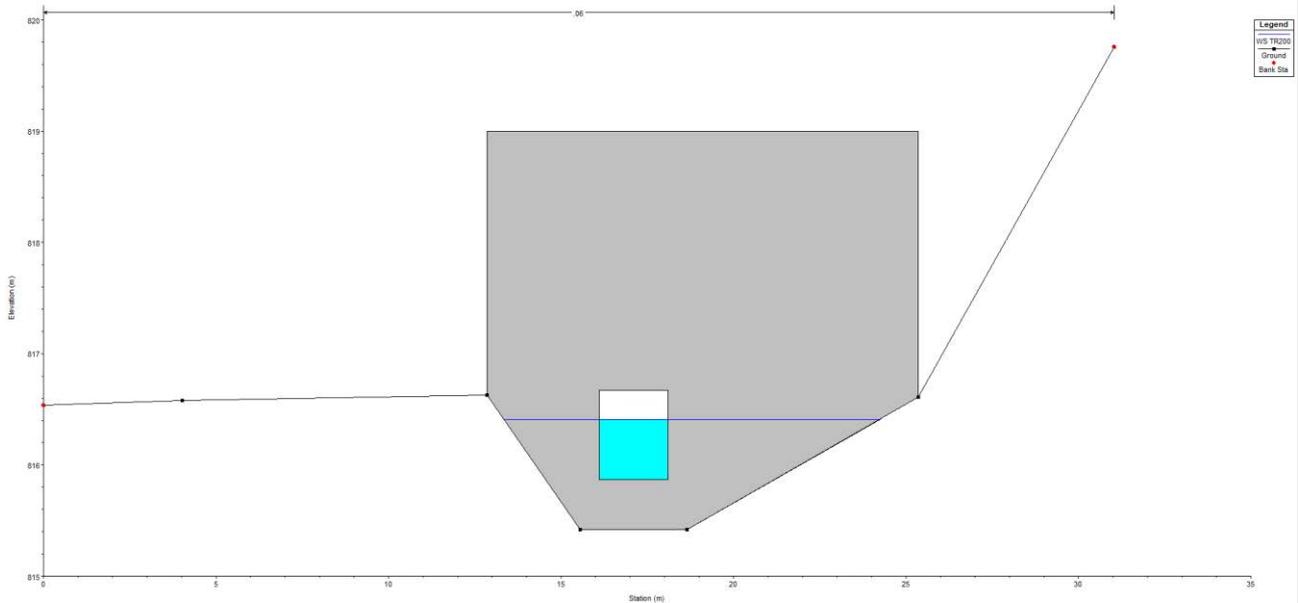


Figura 5-31: Sezione a valle del tombino (sez. 11.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

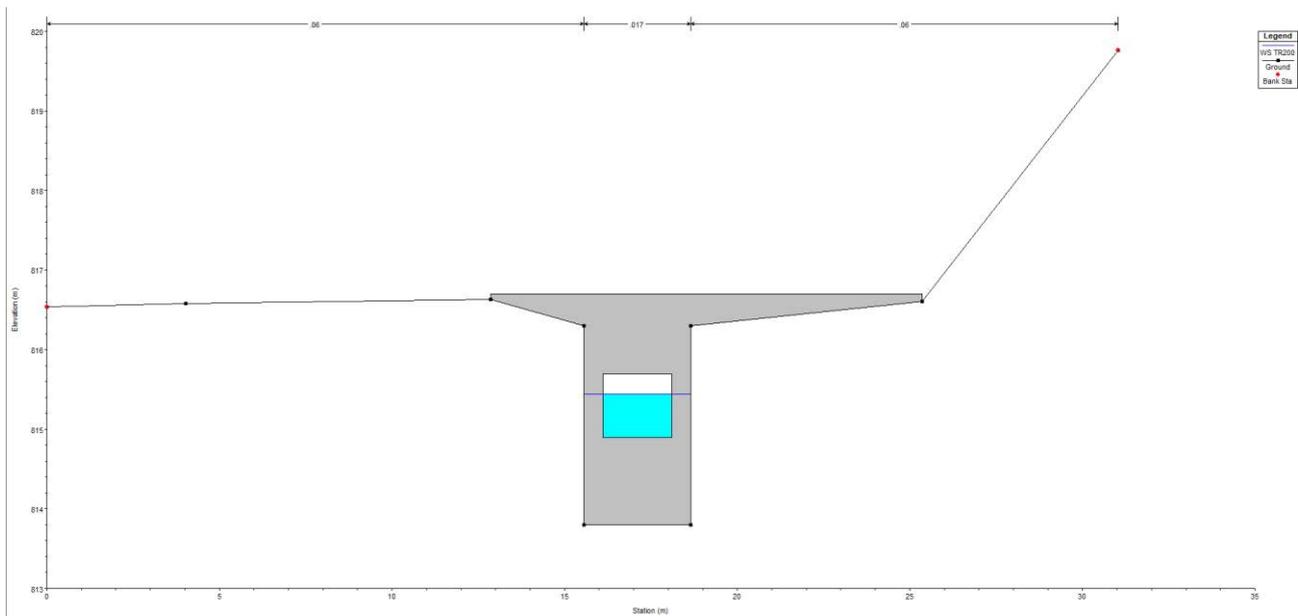


Figura 5-32: Sezione a monte del tombino (sez. 10.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

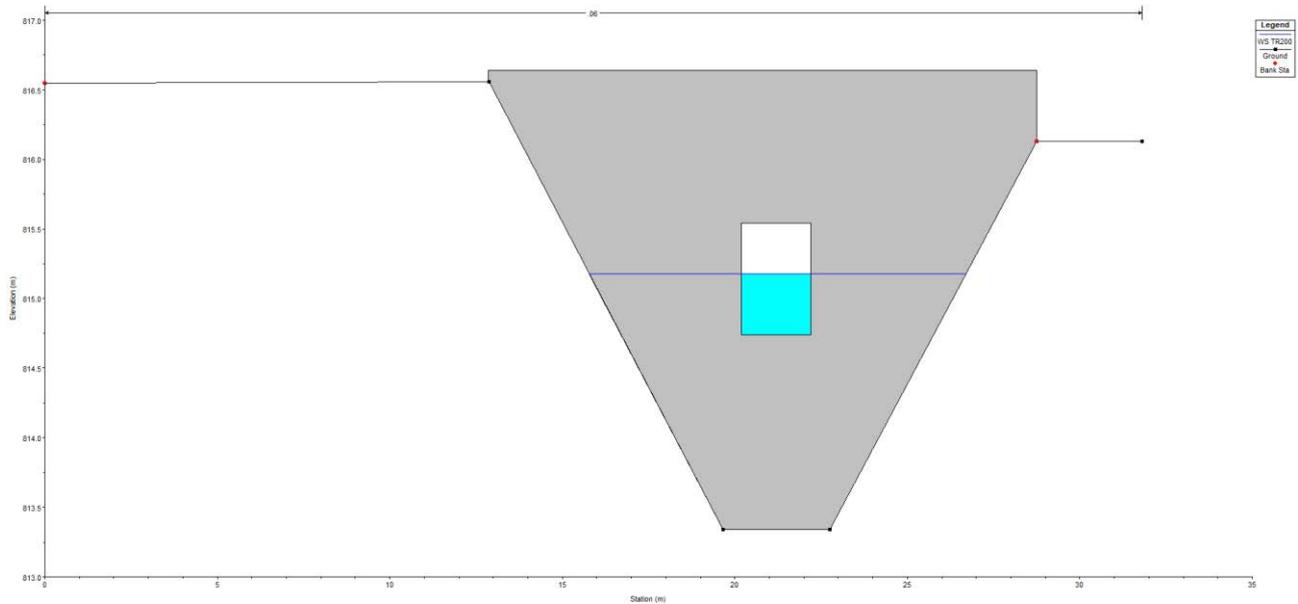


Figura 5-33: Sezione a valle del tombino (sez. 10.5) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

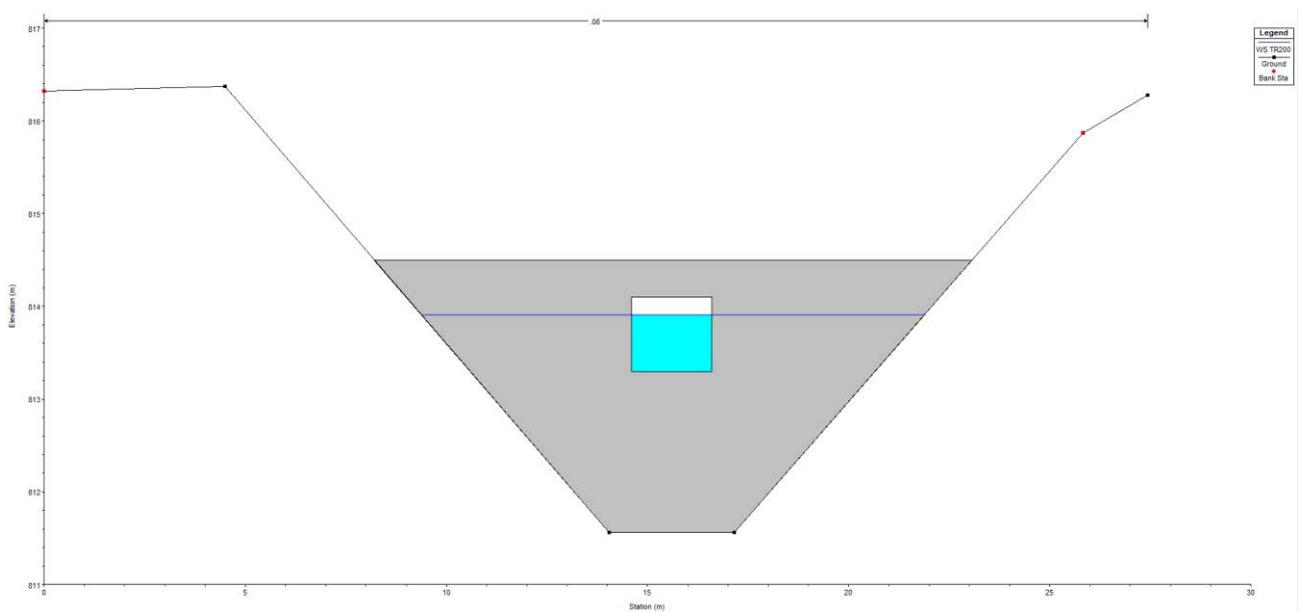


Figura 5-34: Sezione a monte del tombino (sez. 7) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

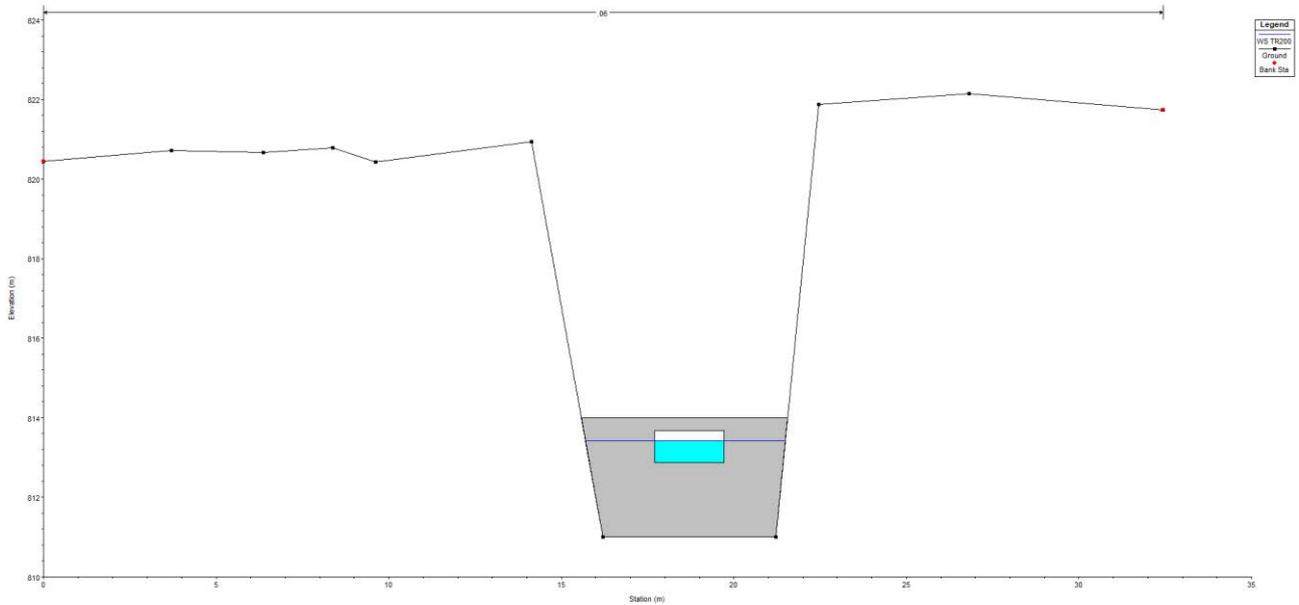


Figura 5-35: Sezione a valle del tombino (sez. 7) con ostruzione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

È necessario sottolineare che un opportuno piano di manutenzione delle opere prevede la pulizia dei materiali flottanti come dei sedimenti, al fine di riportare alla massima efficienza idraulica delle opere.

5.4.4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA

È stato previsto di proteggere lo sbocco del tombino di progetto attraverso un rivestimento di massi sciolti.

Il diametro dei massi è stato scelto verificando che il rapporto tra la tensione tangenziale critica dei medesimi e la tensione tangenziale massima derivante dalle modellazioni monodimensionali fosse sempre superiore a 1.

È da precisare che la distribuzione delle tensioni tangenziali è strettamente legata alla forma della sezione. Infatti, è prossima a quella media solo quando la sezione è larga rispetto al tirante idrico e approssimativamente rettangolare. Un esempio della distribuzione delle tensioni tangenziali per una sezione trapezia, di dimensioni modeste, è raffigurato nella figura seguente, dove τ_0 rappresenta la tensione tangenziale media nella sezione.

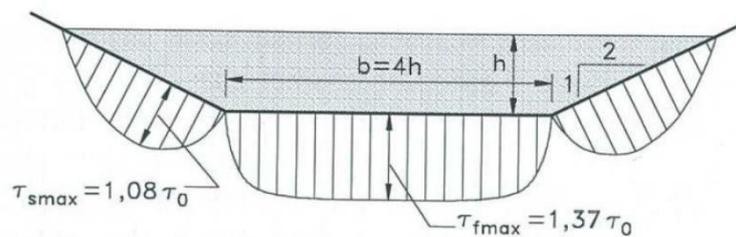


Figura 5-36: Distribuzione delle tensioni tangenziali in una sezione trapezia

Il valore della tensione tangenziale massima sul fondo e sulle sponde, in una sezione, può essere ottenuto applicando al valore medio i fattori correttivi ricavati dagli abachi sperimentali di Figura 5-37, in funzione del rapporto tra base della sezione e altezza del tirante idrico (b/h) e dell'inclinazione della sponda. Nel caso specifico, essendo l'alveo a sezione trapezoidale con un rapporto b/h minore di 8, sono state calcolate le tensioni massime al fondo e sulle sponde applicando i parametri correttivi, precedentemente indicati, al massimo tra i valori medi ottenuti dalle simulazioni monodimensionali nelle sezioni oggetto di sistemazione.

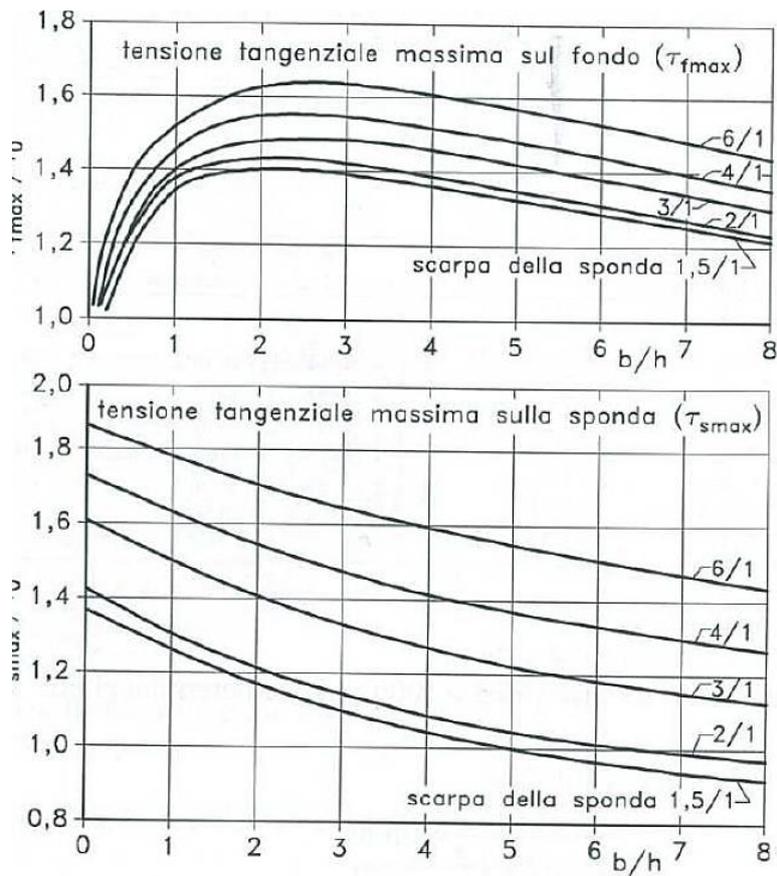


Figura 5-37: Fattori correttivi per la determinazione della tensione tangenziale massima

La verifica di stabilità degli interventi in progetto può essere condotta impiegando le formule della teoria di Shields per il moto incipiente delle particelle solide del materiale d'alveo, sottoposte all'azione della corrente idrica. La relazione di dipendenza dello sforzo tangenziale critico θ_{cr} dalle caratteristiche idrauliche della corrente è la seguente:

$$\frac{\tau_{cr}}{\gamma_s - \gamma_w \cdot d} = \theta_{cr}$$

dove:

- θ_{cr} è funzione del numero di Reynolds e vale circa 0,06;
- γ_s peso specifico del sedimento assunto 26000 N/m^3 ;
- γ_w peso specifico dell'acqua assunto 10000 N/m^3 ;
- d è il diametro medio delle particelle costituenti il materiale di rivestimento in mm .

Nei casi in cui vi è presenza di bassa sommersa dei massi, ossia il rapporto tra tirante e diametro era inferiore a 6, è stato invece applicato al criterio di shields il fattore correttivo di Armanini e Scott.

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0.06 \cdot \left[1 + 0.67 \cdot \left(\frac{d}{h} \right)^{0.5} \right]$$

con:

- h tirante idrico.

Poiché le relazioni indicate valgono nel caso di fondo piano, la tensione tangenziale critica sulle sponde è stata calcolata applicando il criterio di Lane, ossia applicando un fattore correttivo pari a:

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \cdot \left[\cos \alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{tg^2 \alpha}{tg^2 \varphi}} \right]$$

dove:

- $\tau_{cr}(\alpha)$ è la tensione tangenziale critica sulla sponda;
- $\tau_{cr}(0)$ è la tensione tangenziale critica sul fondo,
- α l'angolo di inclinazione della sponda rispetto all'orizzontale;
- φ l'angolo d'attrito dei massi assunto pari a 80° ;

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati utilizzati per la verifica della sistemazione in progetto e i risultati ottenuti.

h [m]	τ_{max} [N/m ²]	τ_{max} fondo [N/m ²]	τ_{max} sponde [N/m ²]
1	373.4	485.4	410.7

Tabella 11: Tabella dei dati di input per la verifica

d [m]	f [m]	α sponde [N/m ²]	τ_{cr} fondo [N/m ²]	τ_{cr} sponde [N/m ²]	$\frac{\tau_{cr} \text{ fondo}}{\tau_{max} \text{ fondo}}$	$\frac{\tau_{cr} \text{ sponde}}{\tau_{max} \text{ sponde}}$
0.50	0.08	45	707.4	466	1.46	1.13

Tabella 12: Verifica protezione al fondo e alle sponde

Dai risultati emerge che le opere di protezione sono verificate in quanto il coefficiente di sicurezza è superiore a 1.

Oltre alla verifica in termini di trascinarsi del fondo e delle sponde, è stata effettuata la verifica in termini di velocità, confrontando la velocità media lungo la sistemazione con la velocità critica e la velocità limite ammissibile per il materiale utilizzato nel rivestimento del fondo e delle sponde.

Per la velocità critica si intende quella massima sopportabile dal rivestimento senza avere movimenti del pietrame e per la velocità limite si intende quella, ancora accettabile, che determina deformazioni contenute per insaccamento del pietrame.

Facendo riferimento ai valori di velocità critica e di velocità limite dedotti sperimentalmente e pubblicati da alcune ditte produttrici, si riporta di seguito i risultati ottenuti:

Velocità media corrente (m/s)	Velocità critica rivestimento massi sciolti (m/s)	Velocità limite rivestimento massi sciolti (m/s)
6.29	6.40	8.00

Tabella 13: Verifica velocità limite del materiale di rivestimento

Dai risultati emerge che le opere di protezione sono verificate in quanto la velocità media lungo la sistemazione risulta minore della velocità limite.

5.4.5 RIFACIMENTO SISTEMA DI BRIGLIE

A monte della camera di ingresso al tombino, nello stato di fatto, è presente un sistema di briglie con dimensioni $L_{gaveta} = 2.00$ m ed $H_{gaveta} = 1.50$ m con pendenza agli scivoli a 45° , atte a raggiungere quella pendenza di equilibrio determinata dalle portate liquide, quelle solide e dal diametro del materiale trasportato.

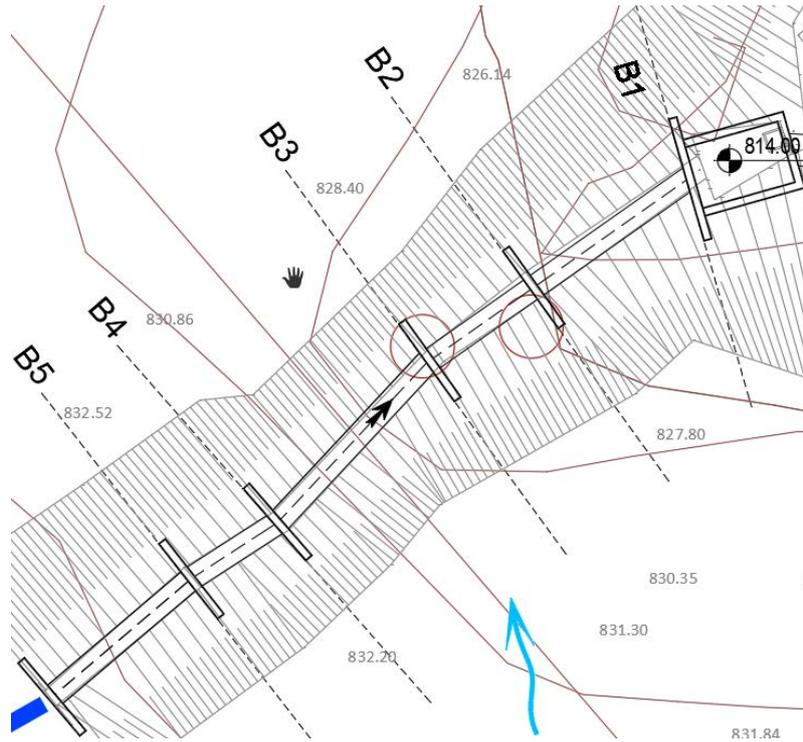


Figura 5-38: Stralcio planimetrico - Sistema di briglie a monte dell'imbocco del tombino del Rio Malzago



Figura 5-39: Documentazione fotografica del sistema di briglie a monte dell'imbocco del tombino del Rio Malzago

Nel progetto è previsto il rifacimento, tal quale, del sistema di briglie, mantenendo le dimensioni previste nello stato di fatto; solamente della briglia più a valle (B1, vedere Figura 5-38) è previsto oltre che il rifacimento, un abbassamento del fondo di scavo per permettere l'inserimento del nuovo tombino.

Si tratta di una briglia con pettine sulla gàveta, in tubi di acciaio $\Phi 100$, per un numero di 5, con interasse di 0.3 m di luce netta pari a 0.2 m, per la trattenuta di materiale solido trasportato.

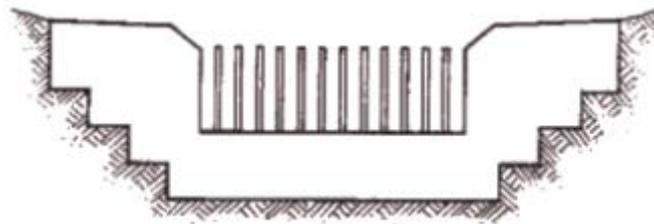


Figura 5-40: Briglia selettiva

Per dimensionare la gàveta di una briglia occorre studiare il deflusso della corrente nel transitorio, prima che il tronco di monte sia riempito dal materiale trasportato e trattenuto.

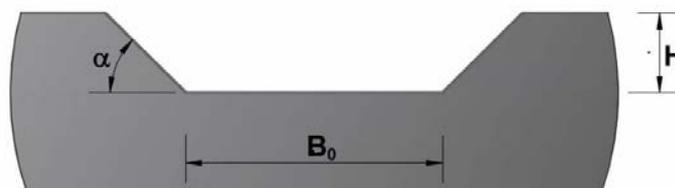


Figura 5-41: Geometria gàveta

In tali condizioni il comportamento idraulico della gàveta è quello di uno stramazzo a soglia larga e nell'ipotesi di forma trapezoidale la relazione che consente di stabilire l'altezza di stato critico è la seguente:

$$Q = 9.81^{0.5} \cdot \frac{(B_0 \cdot k + \tan \alpha \cdot k^2)^{1.5}}{(B_0 + 2 \cdot \tan \alpha \cdot k)^{0.5}}$$

dove:

- B_0 [m] è la larghezza al fondo della gàveta;
- k [m] rappresenta l'altezza di stato critico,
- α [°] = è la pendenza degli scivoli,
- Q [m³/s] rappresenta la portata di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni.

L'altezza della gàveta H [m] si assume pari al carico totale e_k , corrispondente alla situazione idraulica di stato critico, a cui va aggiunto il franco di sicurezza f (25-30 cm circa).

$$H = e_k + f = k + \frac{Q^2}{19.62 \cdot (B_0 \cdot k + \tan \alpha \cdot k^2)^2} + f$$

Di seguito si riportano i dati utilizzati:

Portata di progetto	Q (m³/s)	2.50
Base minore gàveta	B₀ (m)	2.00
Pendenza scivoli	α	45°
Carico idraulico	e_k	0.41
Altezza della gàveta	H (m)	1.50
Altezza di stato critico	k (m)	0.50

Tabella 14: Valori dimensionamento briglia

Il carico idraulico di monte risulta pari a 0.41 m, compatibile con l'altezza della gàveta ricostruita e pari all'altezza della gàveta $H = 1.50$ m.

5.5 VERIFICA RIO GALGHENA

L'interferenza idrografica del tracciato di progetto con il Rio Galghena non prevede nessuna tipologia di intervento di progetto come indicato nella Tabella 1.

La modellazione numerica è stata condotta sulla base dello scenario dello stato di fatto.

5.5.1 MODELLAZIONE STATO DI FATTO

La SS.51bis attraversa il Rio Galghena attraverso il "Viadotto Galghena" che si estende per 5 campate da 30 metri ciascuna.

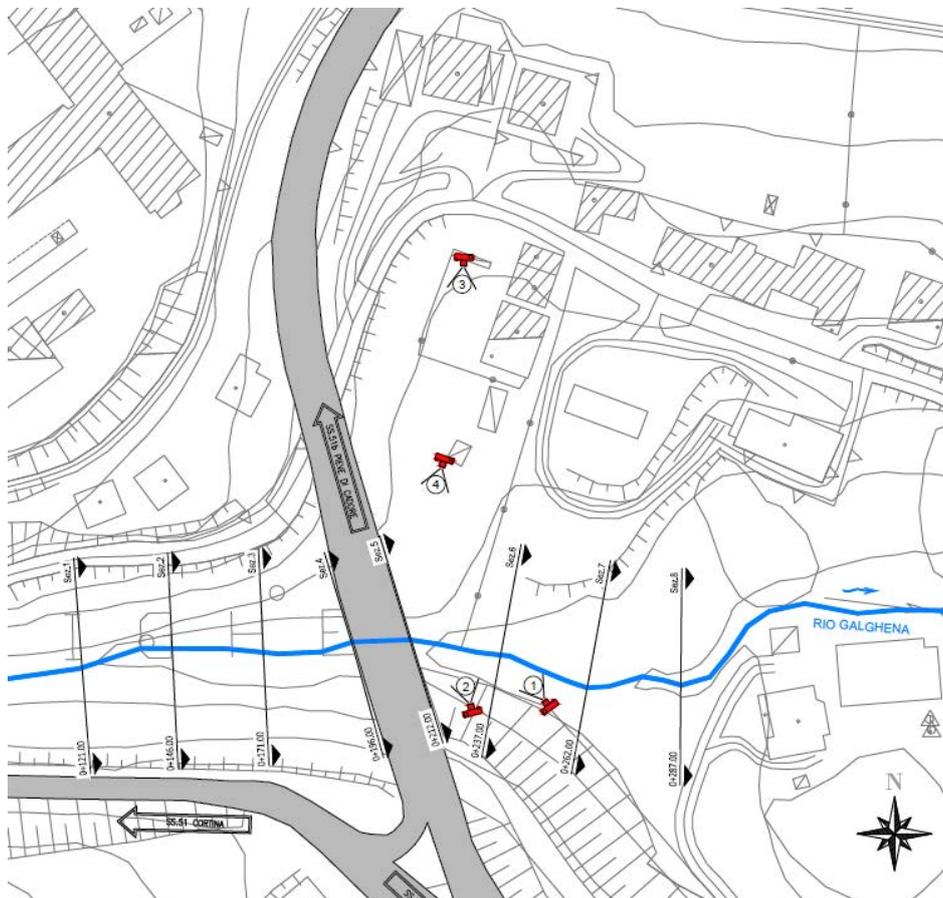


Figura 5-42: Interferenza Rio Galghena - Stralcio planimetrico con sezioni modello idraulico

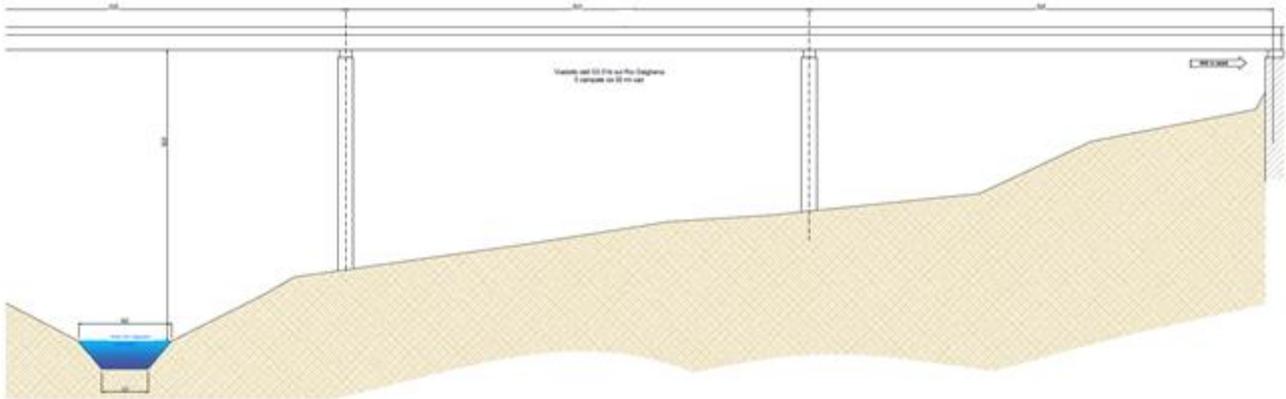


Figura 5-43: Profilo Viadotto Galghena

La portata di calcolo, corrispondente ad evento con tempo di ritorno duecentennale e calcolata nello studio idrologico, Tabella 2, è pari a 45.5 m³/s.

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono:

- 0.06 s/m^{1/3} per l'alveo naturale e per le aree golenali

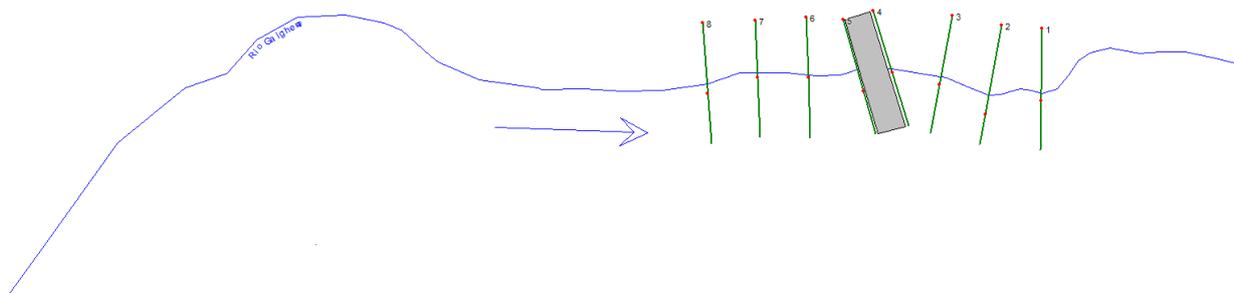


Figura 5-44: Schematizzazione della modellazione idraulica nello stato di fatto del Rio

La verifica idraulica del viadotto nei confronti dei livelli di massima piena sarà soddisfatta quando il franco rispetto all'intradosso dell'opera risulterà non inferiore a 1.5 m sopra al livello idrico nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento e non inferiore a 0.50 m sopra la quota del carico idraulico totale per la portata di progetto.

A seguire si riporta uno stralcio dei risultati della modellazione, in cui si evince la compatibilità idraulica dell'attraversamento con la portata di progetto. Per maggiori dettagli si rimanda all' ALLEGATO 2.

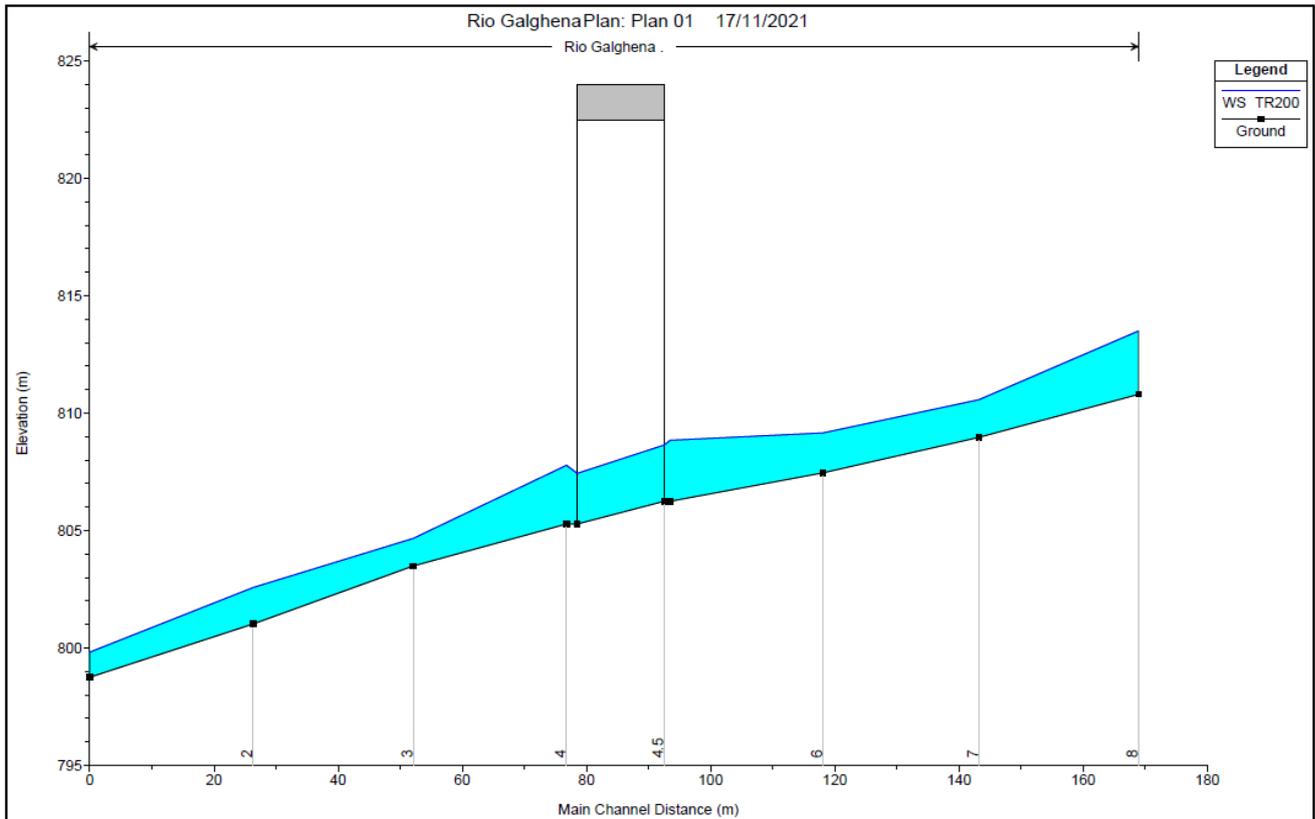


Figura 5-45: Profilo di corrente

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
.	8	TR200	45.50	810.80	813.51	813.51	814.19	0.027434	3.66	12.43	9.19	1.00
.	7	TR200	45.50	808.97	810.57	811.22	812.69	0.142356	7.09	7.31	8.03	2.24
.	6	TR200	45.50	807.46	809.16	809.46	810.11	0.060608	4.31	10.55	12.41	1.49
.	5	TR200	45.50	806.25	808.85	808.64	809.28	0.016762	2.91	15.63	12.03	0.82
.	4.5	Bridge										
.	4	TR200	45.50	805.28	807.78	807.78	808.41	0.026667	3.52	12.93	10.33	1.00
.	3	TR200	45.50	803.49	804.60	805.15	806.78	0.240346	6.54	6.96	12.58	2.81
.	2	TR200	45.50	801.02	802.44	802.72	803.33	0.070530	4.18	10.90	15.37	1.58
.	1	TR200	45.50	798.75	799.80	800.12	800.82	0.134638	4.77	10.33	19.63	2.10

Figura 5-46: Risultati modellazione per un periodo di ritorno pari a 200 anni

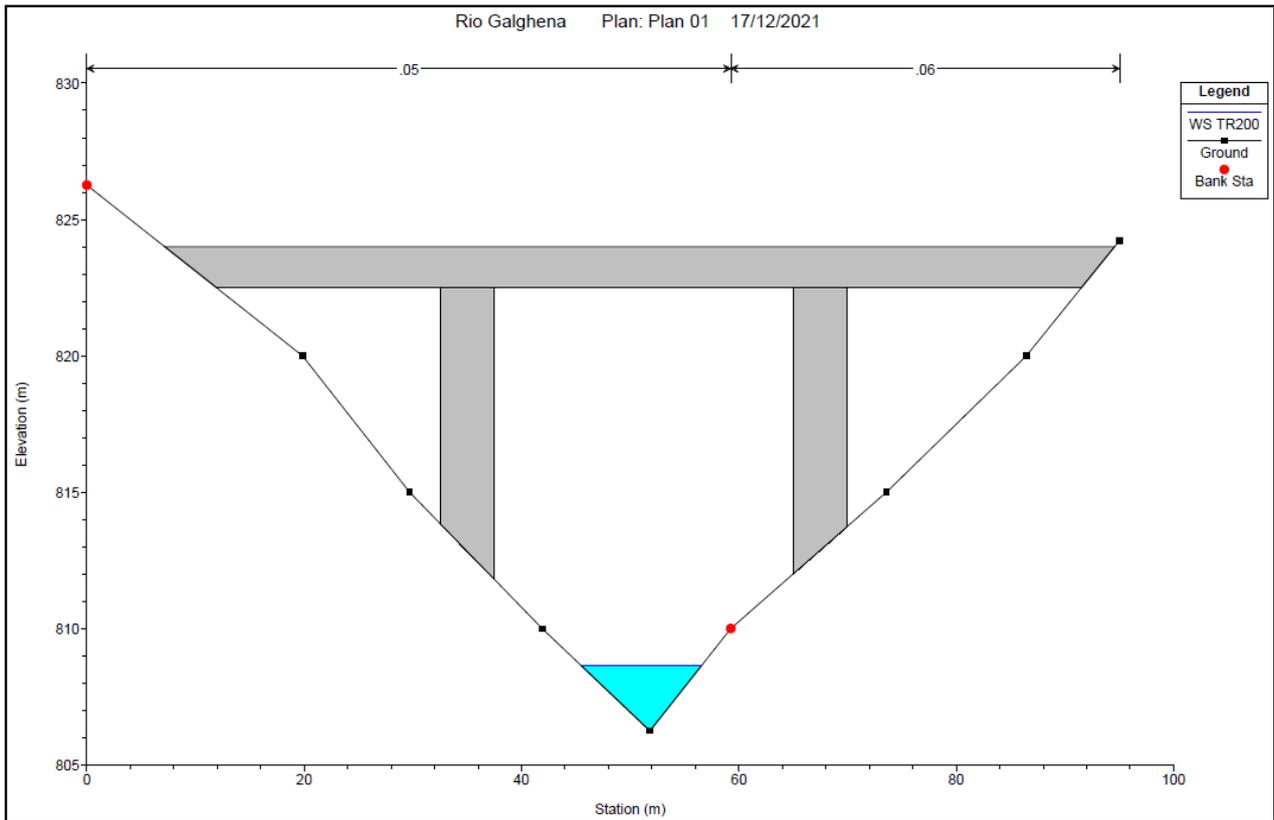


Figura 5-47: Sezione dell'attraversamento

Dalle verifiche si evidenzia come il deflusso delle acque è contenuto all'interno dell'attraversamento con un livello idrico, che si instaura al di sotto dell'intradosso del viadotto, nettamente inferiore ai valori per i quali corrisponde un franco di sicurezza idraulica rispondente alla normativa vigente.

5.6 VERIFICA RIO B6

L'interferenza con il Rio B6 avviene in galleria artificiale, quindi è sicuramente garantita la sicurezza dell'opera.

Per esigenze costruttive sarà interessato comunque il rio durante il cantiere: in tale fase, oltre alle necessarie opere provvisorie di allontanamento delle acque degli scavi (canale by-pass), sarà realizzata una briglia di salto e un canale rivestito, conseguenza della riprofilatura del rio dovuto alla realizzazione della galleria.

Il corso d'acqua B6 nell'area della galleria in progetto manifesta portate esigue; le sponde, alte 0.5 m circa, sono quasi completamente inerbate, prive di fenomeni erosivi o frane. Più a monte, il deflusso è caratterizzato da un letto ampio di 1 – 1.5 m delimitato da sponde erbose stabili. La granulometria è prevalentemente ghiaiosa ciottolosa in matrice limo sabbiosa.

5.6.1 MODELLAZIONE STATO DI FATTO

Per la modellazione idraulica delle condizioni ante-operam nel Rio B6 sono state estratte 4 sezioni trasversali in corrispondenza della galleria in progetto.

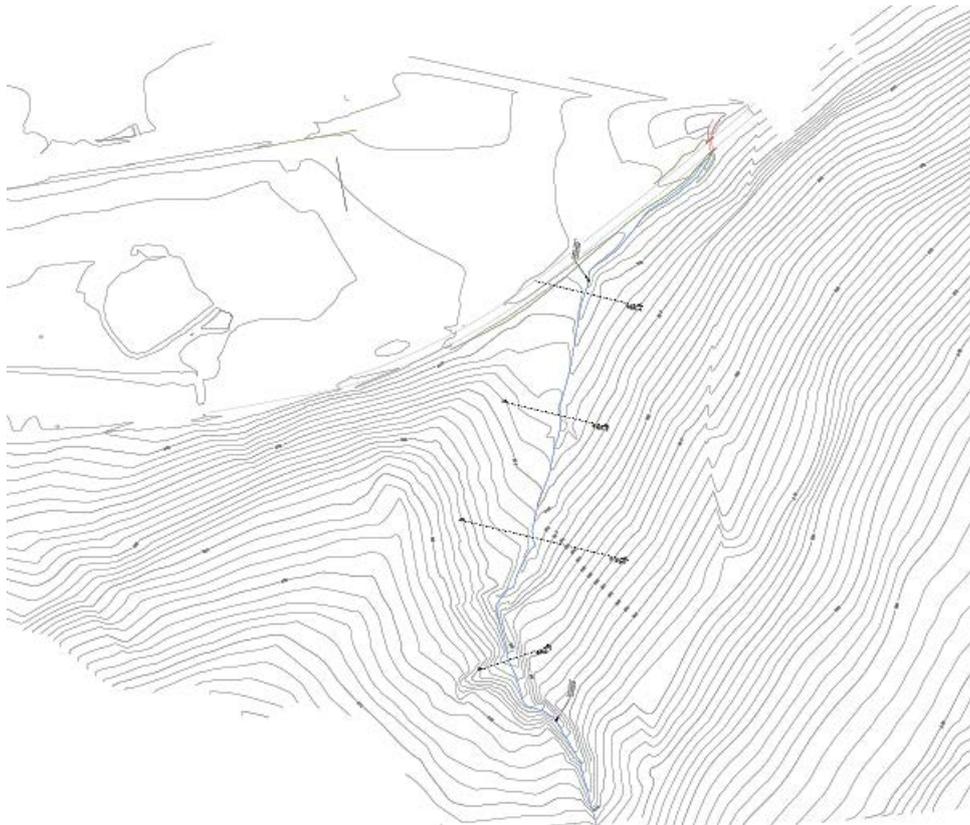


Figura 5-48: Stralcio planimetrico condizione ante operam del Rio B6

Come per il Rio Malzago non essendo disponibili in questa fase della progettazione informazioni di dettaglio in merito al regime dei livelli idrometrici in nessuna sezione del Rio B6 si è imposto come condizione al contorno per il calcolo dei profili, nella sezione di valle e di monte, le altezze normali relative alle pendenze dei tratti considerati.

Le portate utilizzate sono state incrementate seguendo il metodo di Rickenmann (1990) con l'incremento dovuto all'apporto di materiale solido.

Seguendo la procedura illustrata nel paragrafo 5.4.3, avremo:

Tempi di ritorno [Anni]	Portata liquida [m ³ /s]	Portata liquida +solida [m ³ /s]
50	3.07	4.4
100	4.02	5.8
200	5.01	7.30

Tabella 15: Portate liquide e portate solide - Rio B6

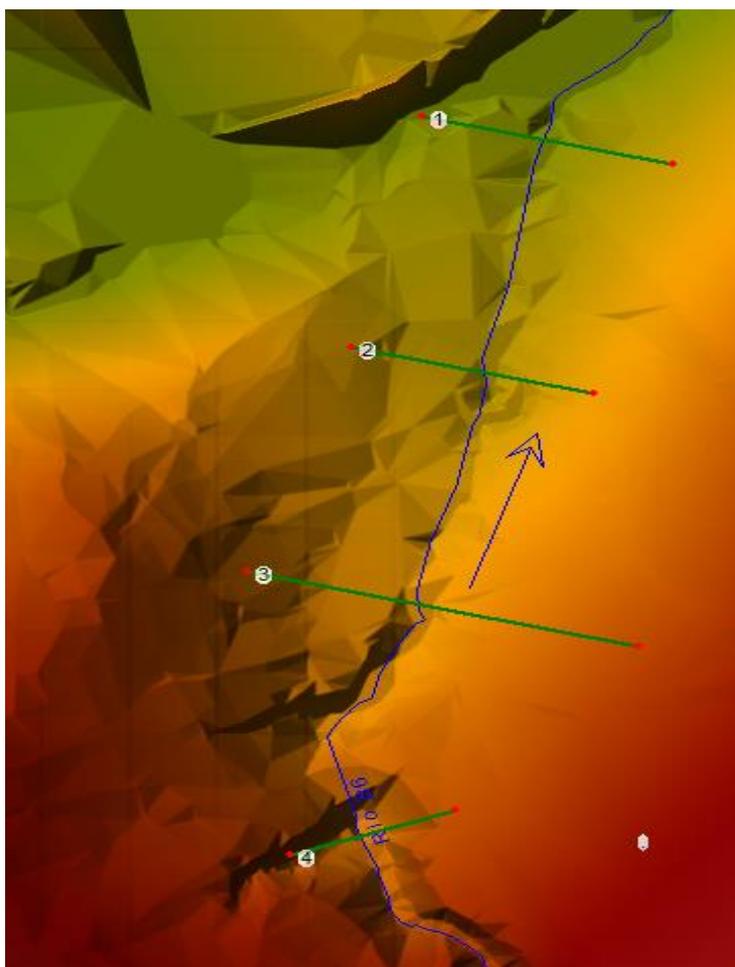


Figura 5-49: Schematizzazione della modellazione idraulica nello stato di fatto del Rio

A seguire si riporta uno stralcio dei risultati della modellazione sia in forma grafica per il profilo di corrente per un tempo di ritorno pari a 50,100 e 200 anni.

Per maggiori dettagli si rimanda all'ALLEGATO 3ALLEGATO 1.

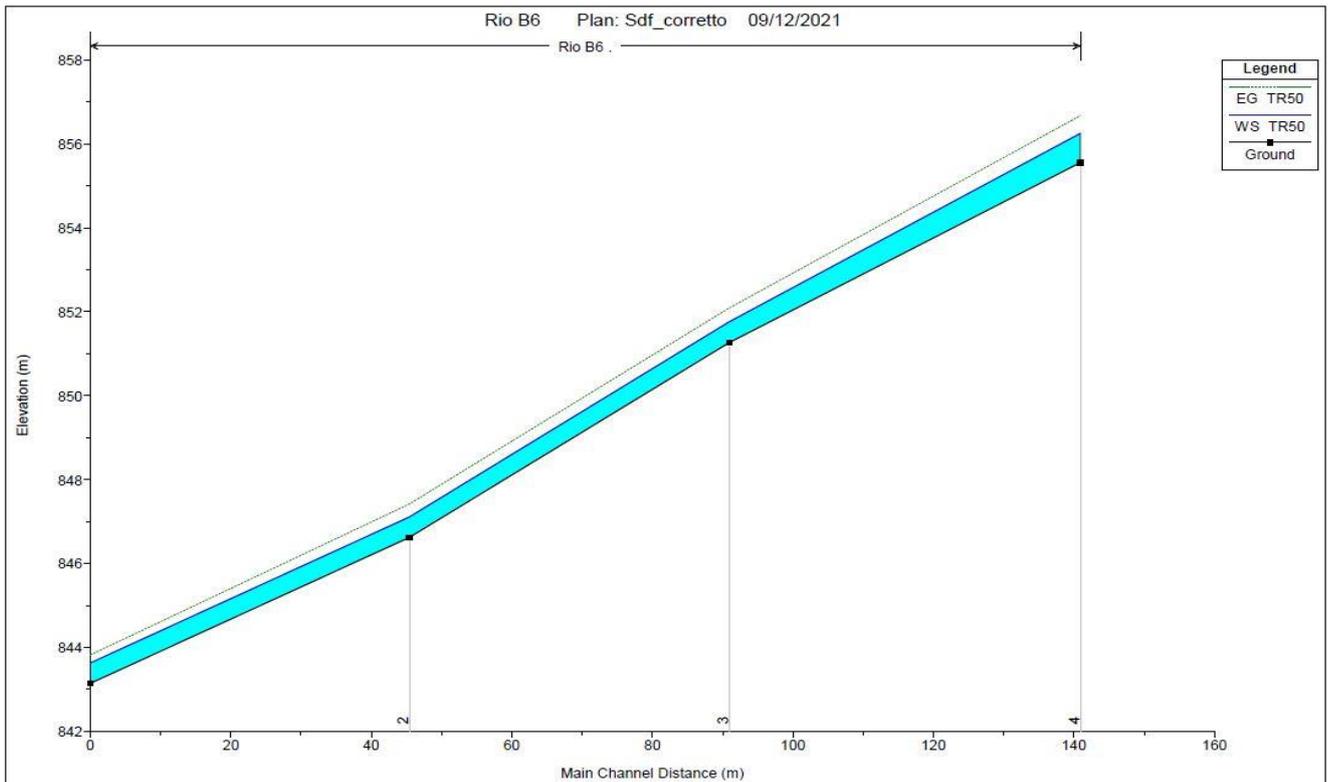


Figura 5-50: Profilo di corrente del B6 nella condizione ante operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni

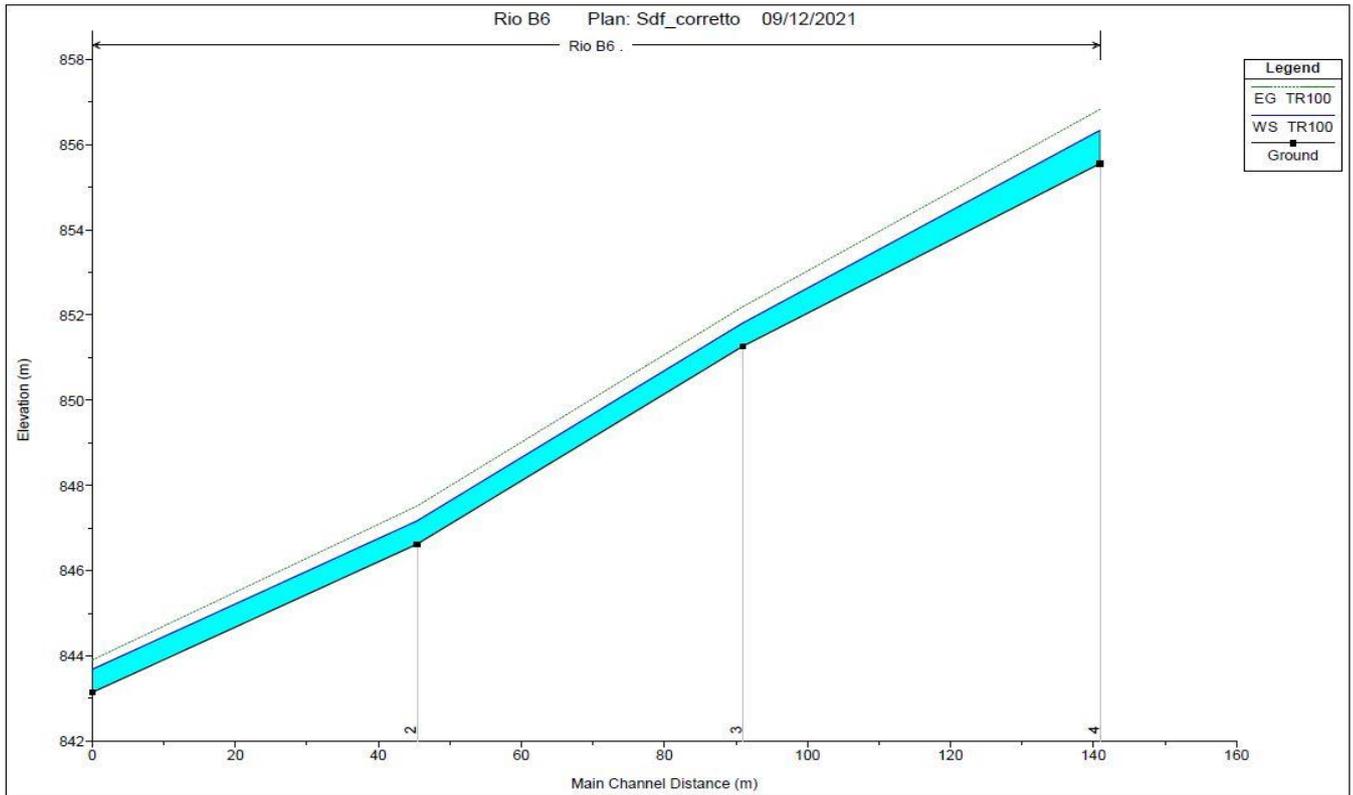


Figura 5-51: Profilo di corrente del B6 nella condizione ante-operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni

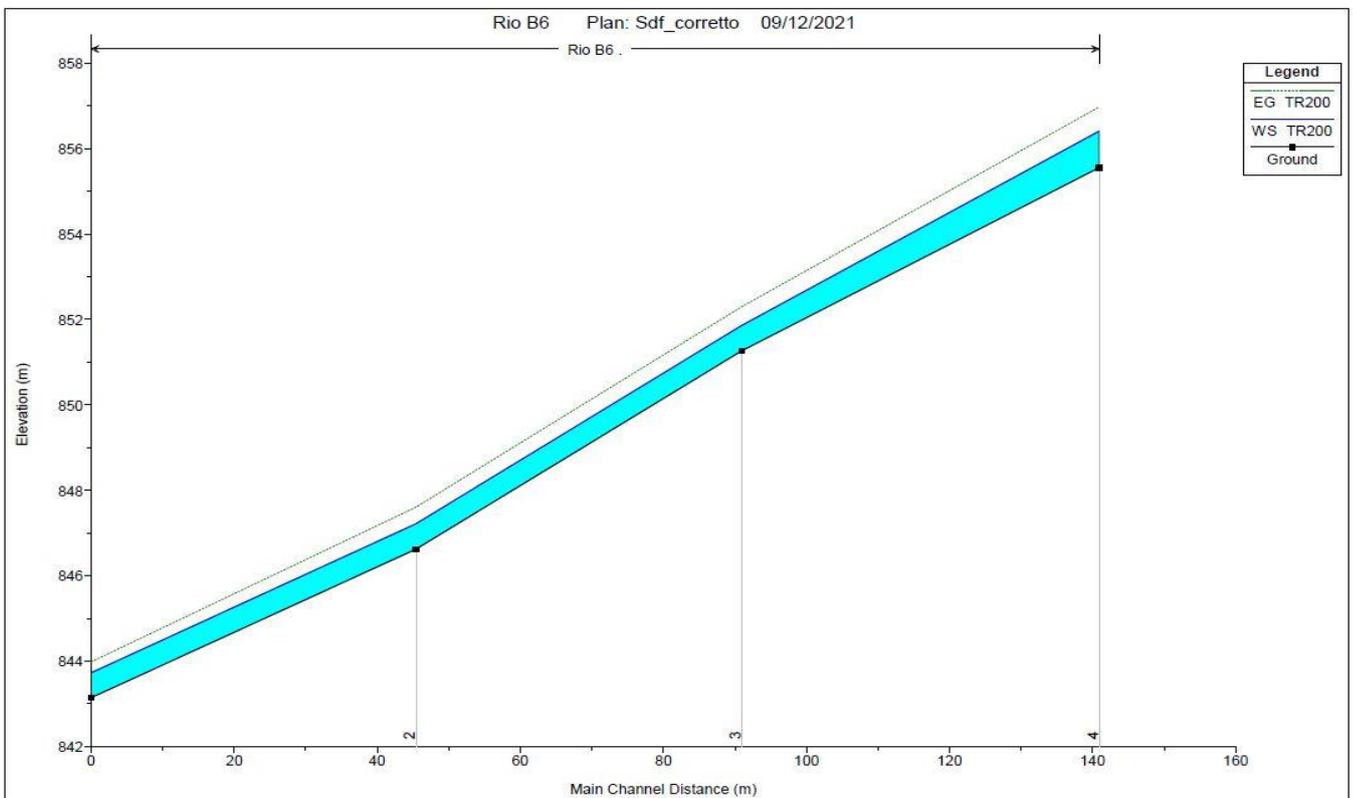


Figura 5-52: Profilo di corrente del B6 nella condizione ante-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni

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
.	4	TR50	4.40	855.55	856.25	856.38	856.67	0.080072	2.88	1.53	3.91	1.47
.	4	TR100	5.80	855.55	856.33	856.48	856.83	0.080050	3.12	1.86	4.22	1.50
.	4	TR200	7.30	855.55	856.41	856.58	856.97	0.080083	3.32	2.20	4.51	1.52
.	3	TR50	4.40	851.26	851.76	851.86	852.08	0.104814	2.54	1.73	6.99	1.63
.	3	TR100	5.80	851.26	851.81	851.93	852.19	0.106926	2.74	2.12	7.72	1.67
.	3	TR200	7.30	851.26	851.86	851.99	852.29	0.108905	2.92	2.50	8.39	1.71
.	2	TR50	4.40	846.62	847.11	847.21	847.42	0.100171	2.46	1.79	7.32	1.59
.	2	TR100	5.80	846.62	847.16	847.27	847.51	0.098543	2.62	2.22	8.15	1.60
.	2	TR200	7.30	846.62	847.22	847.34	847.60	0.097098	2.75	2.65	8.91	1.61
.	1	TR50	4.40	843.14	843.63	843.67	843.82	0.063126	1.95	2.26	9.26	1.26
.	1	TR100	5.80	843.14	843.68	843.73	843.90	0.064262	2.10	2.76	10.24	1.29
.	1	TR200	7.30	843.14	843.73	843.79	843.98	0.065339	2.24	3.26	11.13	1.32

Figura 5-53: Risultati nella condizione ante anni operam del rio B6 per i periodi di ritorno 50,100 e 200

5.6.2 MODELLAZIONE STATO DI PROGETTO

La configurazione di progetto prevede la realizzazione di una briglia di salto e la riprofilatura del corso d'acqua a monte attraverso la realizzazione di un canale a sezione trapezia largo alla base 0.75 m e sponde 1:1 rivestito in massi sciolti e in massi annegati nel cls.

Inoltre, è prevista la deviazione planimetrica dell'alveo durante le fasi di cantierizzazione attraverso un canale di by-pass realizzato in terra a sezione trapezia largo alla base 1.50 m.

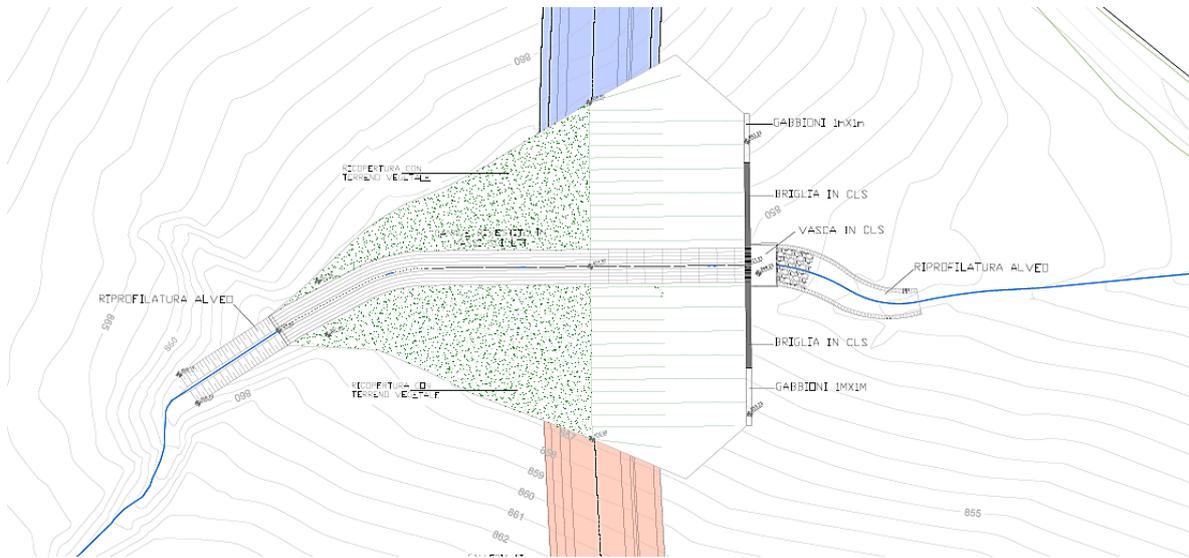


Figura 5-54: Stralcio planimetrico nella condizione post-operam del Rio B6

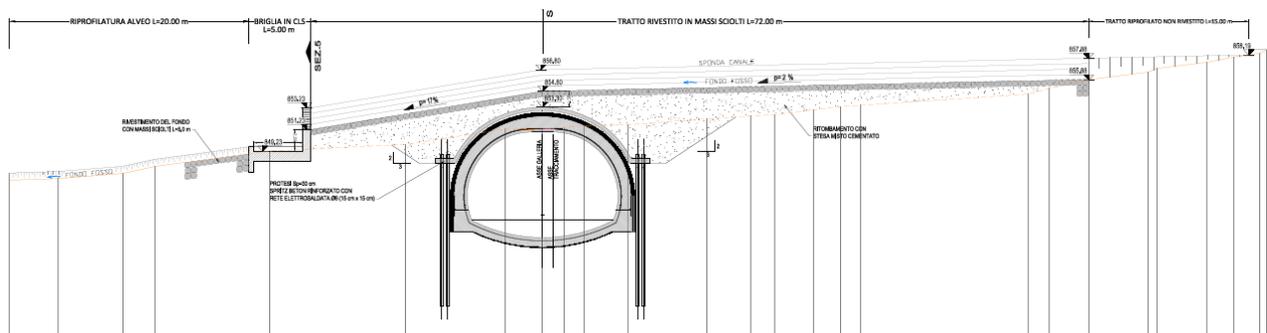


Figura 5-55: Stralcio del profilo idraulico nella configurazione finale

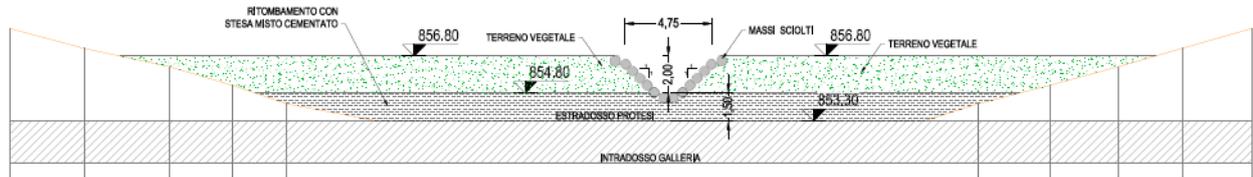


Figura 5-56: Sezione canale di progetto

Per la modellazione nella condizione di progetto sono state estratte 10 sezioni trasversali e non essendo disponibili in questa fase della progettazione informazioni di dettaglio in merito al regime dei livelli idrometrici in nessuna sezione del Rio B6 si è imposto come condizione al contorno per il calcolo dei profili, nella sezione di valle e di monte, le altezze normali relative alle pendenze dei tratti considerati.

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono:

- 0.06 s/m^{1/3} per l'alveo naturale e per le aree golenali;
- 0.015 s/m^{1/3} in corrispondenza delle sezioni in cui è prevista la briglia in cls;
- 0.033 s/m^{1/3} per la sezione del canale rivestita in massi.

Le portate di riferimento per le verifiche portano in conto il contributo dell'apporto solido, riportate nella Tabella 15.

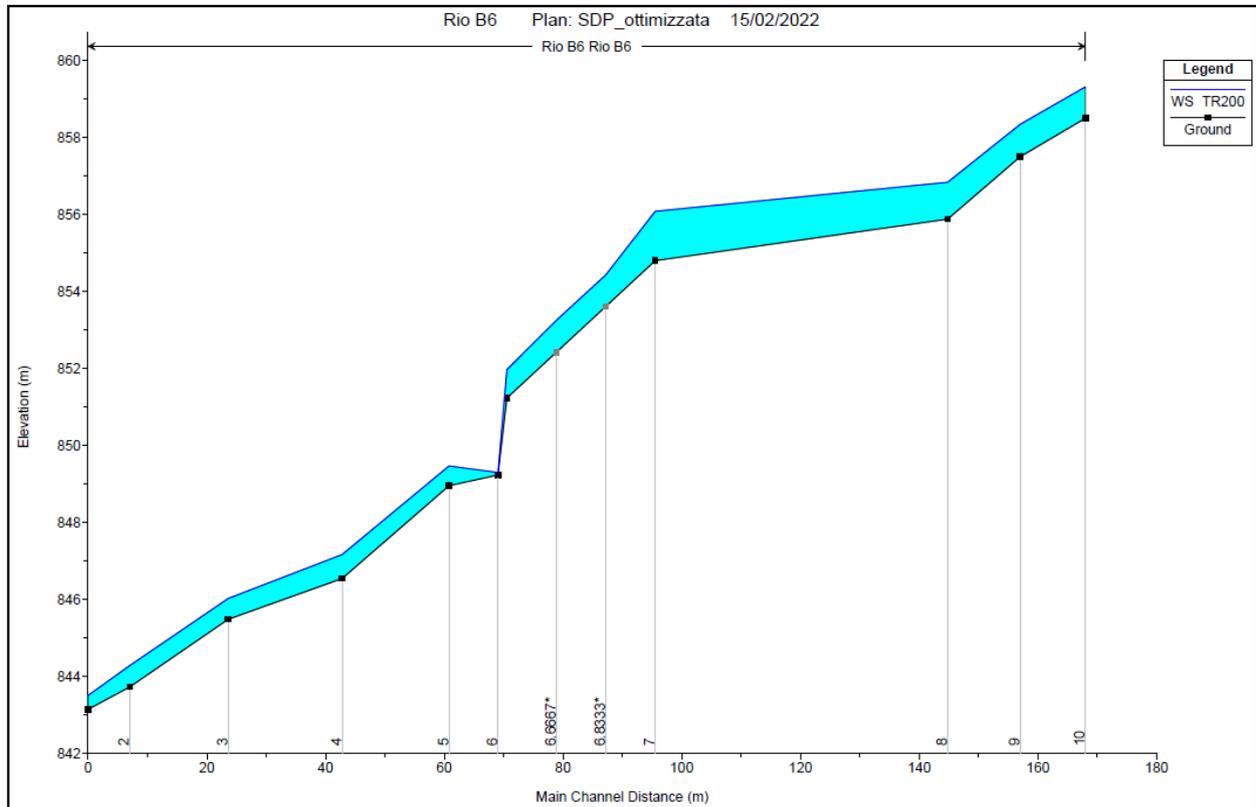


Figura 5-58: Profilo di corrente nella condizione post-operam del B6 per un periodo di ritorno pari a 200 anni

HEC-RAS Plan: SDP_ott River: Rio B6 Reach: Rio B6 Profile: TR200

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
Rio B6	10	TR200	7.30	858.50	859.32	859.58	860.13	0.170258	3.98	1.83	3.73	1.82
Rio B6	9	TR200	7.30	857.50	858.34	858.45	858.75	0.082013	2.83	2.58	5.37	1.30
Rio B6	8	TR200	7.30	855.88	856.84	857.16	857.85	0.058702	4.46	1.64	2.67	1.82
Rio B6	7	TR200	7.30	854.80	856.08	856.08	856.48	0.017051	2.80	2.61	3.31	1.01
Rio B6	6.8333*	TR200	7.30	853.61	854.43	854.89	856.05	0.131997	5.64	1.29	2.40	2.45
Rio B6	6.6667*	TR200	7.30	852.42	853.25	853.70	854.84	0.159687	5.58	1.31	2.41	2.42
Rio B6	6.5	TR200	7.30	851.23	851.97	852.51	854.22	0.035342	6.65	1.10	2.22	3.03
Rio B6	6	TR200	7.30	849.23	849.29	849.55	853.30	0.688410	8.86	0.82	12.70	11.12
Rio B6	5	TR200	7.30	848.95	849.46	849.58	849.83	0.157842	2.67	2.74	10.63	1.68
Rio B6	4	TR200	7.30	846.54	847.16	847.26	847.48	0.108373	2.50	2.91	9.36	1.43
Rio B6	3	TR200	7.30	845.48	846.02	846.02	846.17	0.055776	1.68	4.35	16.06	1.01
Rio B6	2	TR200	7.30	843.72	844.28	844.39	844.64	0.172488	2.65	2.75	11.52	1.73
Rio B6	1	TR200	7.30	843.14	843.50	843.56	843.72	0.093826	2.12	3.57	14.97	1.31

Figura 5-59: Risultati del B6 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 200 anni

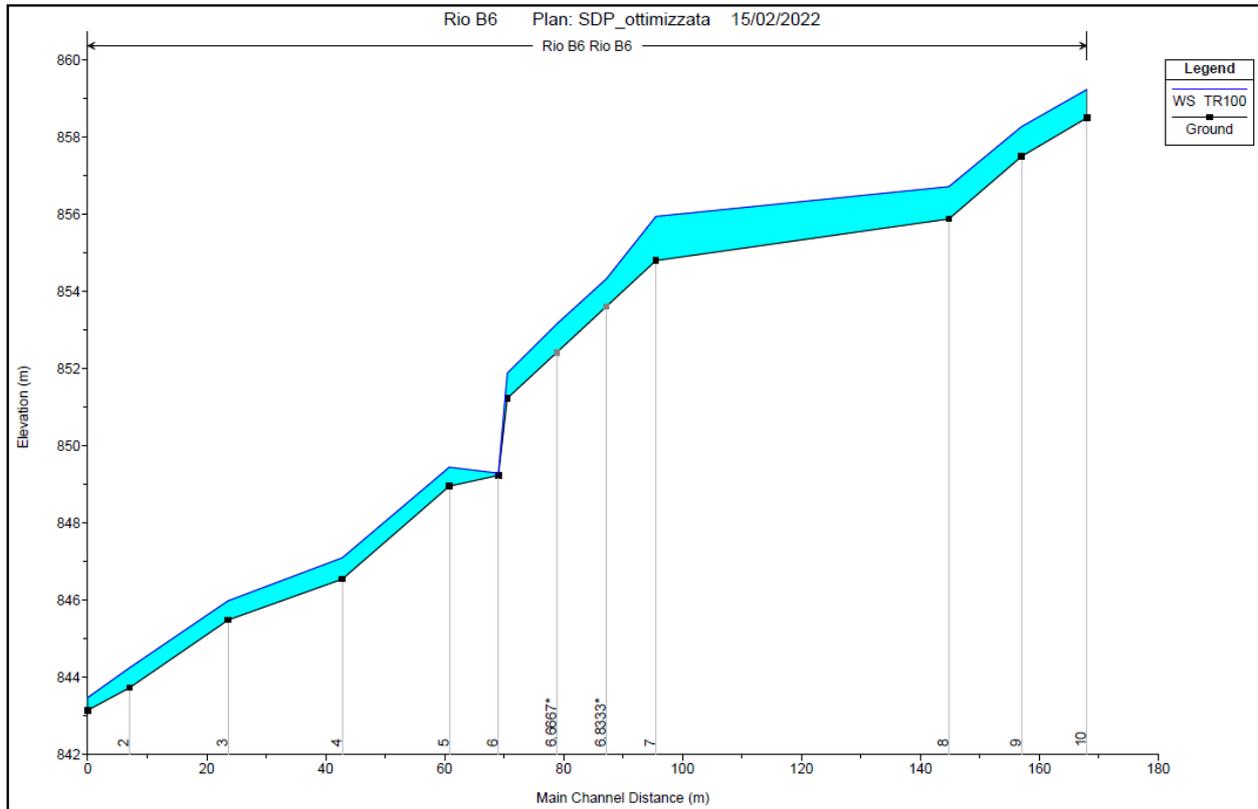


Figura 5-60: Profilo di corrente nella condizione post-operam del B6 per un periodo di ritorno pari a 100 anni

HEC-RAS Plan: SDP_ott River: Rio B6 Reach: Rio B6 Profile: TR100

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
Rio B6	10	TR100	5.80	858.50	859.24	859.47	859.96	0.170272	3.76	1.54	3.44	1.79
Rio B6	9	TR100	5.80	857.50	858.27	858.35	858.62	0.078410	2.62	2.21	4.98	1.26
Rio B6	8	TR100	5.80	855.88	856.72	857.03	857.69	0.064909	4.37	1.33	2.42	1.89
Rio B6	7	TR100	5.80	854.80	855.95	855.95	856.31	0.017434	2.67	2.17	3.04	1.01
Rio B6	6.8333*	TR100	5.80	853.61	854.33	854.76	855.87	0.139557	5.51	1.05	2.19	2.53
Rio B6	6.6667*	TR100	5.80	852.42	853.16	853.57	854.58	0.163581	5.28	1.10	2.23	2.40
Rio B6	6.5	TR100	5.80	851.23	851.88	852.38	853.95	0.036849	6.37	0.91	2.05	3.06
Rio B6	6	TR100	5.80	849.23	849.29	849.51	852.70	0.714114	8.18	0.71	12.70	11.06
Rio B6	5	TR100	5.80	848.95	849.44	849.52	849.71	0.124410	2.30	2.52	10.20	1.48
Rio B6	4	TR100	5.80	846.54	847.09	847.19	847.42	0.130122	2.53	2.29	8.29	1.54
Rio B6	3	TR100	5.80	845.48	845.98	845.98	846.10	0.057620	1.58	3.68	14.78	1.01
Rio B6	2	TR100	5.80	843.72	844.24	844.34	844.56	0.169679	2.50	2.32	10.47	1.70
Rio B6	1	TR100	5.80	843.14	843.47	843.51	843.66	0.093191	1.94	3.07	14.41	1.27

Figura 5-61: Risultati del B6 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 100 anni

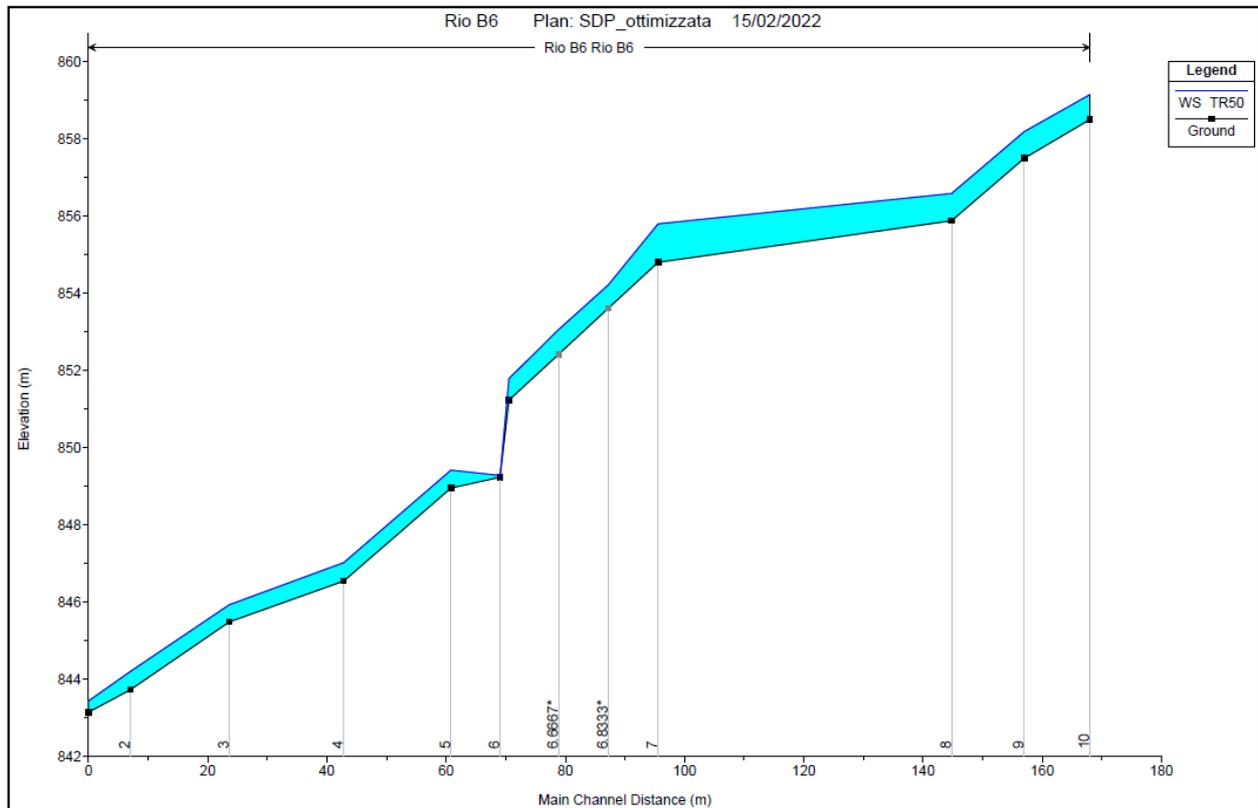


Figura 5-62: Profilo di corrente nella condizione post-operam del B6 per un periodo di ritorno pari a 50 anni

HEC-RAS Plan: SDP_ott River: Rio B6 Reach: Rio B6 Profile: TR50

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
Rio B6	10	TR50	4.40	858.50	859.15	859.35	859.78	0.170337	3.50	1.26	3.12	1.76
Rio B6	9	TR50	4.40	857.50	858.19	858.25	858.49	0.074833	2.40	1.83	4.54	1.21
Rio B6	8	TR50	4.40	855.88	856.59	856.88	857.52	0.073561	4.27	1.03	2.16	1.98
Rio B6	7	TR50	4.40	854.80	855.80	855.80	856.12	0.017930	2.52	1.75	2.75	1.01
Rio B6	6.8333*	TR50	4.40	853.61	854.22	854.61	855.68	0.149223	5.36	0.82	1.96	2.65
Rio B6	6.6667*	TR50	4.40	852.42	853.06	853.42	854.30	0.167069	4.93	0.89	2.03	2.37
Rio B6	6.5	TR50	4.40	851.23	851.79	852.23	853.65	0.038663	6.04	0.73	1.86	3.09
Rio B6	6	TR50	4.40	849.23	849.28	849.46	852.22	0.807707	7.60	0.58	12.70	11.38
Rio B6	5	TR50	4.40	848.95	849.41	849.46	849.61	0.098657	1.97	2.23	9.60	1.31
Rio B6	4	TR50	4.40	846.54	847.02	847.12	847.35	0.162554	2.57	1.71	7.17	1.68
Rio B6	3	TR50	4.40	845.48	845.92	845.92	846.04	0.060520	1.50	2.93	13.20	1.02
Rio B6	2	TR50	4.40	843.72	844.20	844.28	844.47	0.163555	2.32	1.90	9.34	1.64
Rio B6	1	TR50	4.40	843.14	843.43	843.47	843.59	0.093135	1.75	2.57	13.81	1.24

Figura 5-63: Risultati del B6 nella condizione post-operam per un periodo di ritorno pari a 50 anni

È necessario sottolineare che la sezione 6.5 e la sezione 6 si riferiscono rispettivamente alla sezione di monte della briglia di progetto e alla sezione a valle coincidente con la platea in cls prevista al fine di contenere possibili fenomeni erosivi dovuti alle elevate velocità riscontrate, dell'ordine di 10 m/s, conseguenza del salto di 2 metri e una pendenza dello scivolo sopra la calotta dell'ordine del 20% (Figura 5-55); da ciò deriva la scelta progettuale di rivestire il canale di progetto attraverso massi annegati nel cls.

5.6.3 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA

È stato previsto di proteggere il canale di progetto a monte della briglia attraverso un rivestimento di massi sciolti.

Il diametro dei massi è stato scelto verificando che il rapporto tra la tensione tangenziale critica dei medesimi e la tensione tangenziale massima derivante dalle modellazioni monodimensionali fosse sempre superiore a 1.

È da precisare che la distribuzione delle tensioni tangenziali è strettamente legata alla forma della sezione. Infatti, è prossima a quella media solo quando la sezione è larga rispetto al tirante idrico e approssimativamente rettangolare. Un esempio della distribuzione delle tensioni tangenziali per una sezione trapezia, di dimensioni modeste, è raffigurato nella figura seguente, dove τ_0 rappresenta la tensione tangenziale media nella sezione.

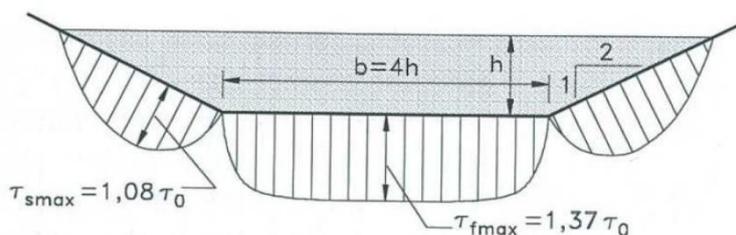


Figura 5-64: Distribuzione delle tensioni tangenziali in una sezione trapezia

Il valore della tensione tangenziale massima sul fondo e sulle sponde, in una sezione, può essere ottenuto applicando al valore medio i fattori correttivi ricavati dagli abachi sperimentali di Figura 5-37, in funzione del rapporto tra base della sezione e altezza del tirante idrico (b/h) e dell'inclinazione della sponda. Nel caso specifico, essendo l'alveo a sezione trapezoidale con un rapporto b/h minore di 8, sono state calcolate le tensioni massime al fondo e sulle sponde applicando i parametri correttivi, precedentemente indicati, al massimo tra i valori medi ottenuti dalle simulazioni monodimensionali nelle sezioni oggetto di sistemazione.

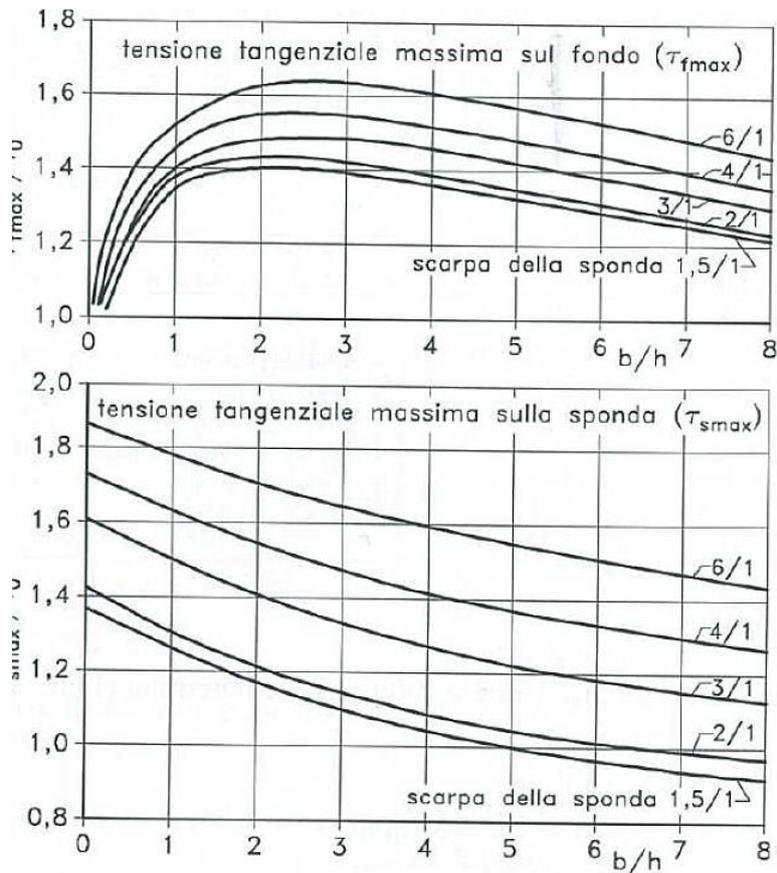


Figura 5-65: Fattori correttivi per la determinazione della tensione tangenziale massima

La verifica di stabilità degli interventi in progetto può essere condotta impiegando le formule della teoria di Shields per il moto incipiente delle particelle solide del materiale d'alveo, sottoposte all'azione della corrente idrica. La relazione di dipendenza dello sforzo tangenziale critico θ_{cr} dalle caratteristiche idrauliche della corrente è la seguente:

$$\frac{\tau_{cr}}{\gamma_s - \gamma_w \cdot d} = \theta_{cr}$$

dove:

- θ_{cr} è funzione del numero di Reynolds e vale circa 0,06;
- γ_s peso specifico del sedimento assunto 26000 N/m^3 (roccia silicea);
- γ_w peso specifico dell'acqua assunto 10000 N/m^3 ;
- d è il diametro medio delle particelle costituenti il materiale di rivestimento in mm .

Nei casi in cui vi è presenza di bassa sommergenza dei massi, ossia il rapporto tra tirante e diametro era inferiore a 6, è stato invece applicato al criterio di Shields il fattore correttivo di Armanini e Scott.

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0.06 \cdot \left[1 + 0.67 \cdot \left(\frac{d}{h} \right)^{0.5} \right]$$

con:

- h tirante idrico.

Poiché le relazioni indicate valgono nel caso di fondo piano, la tensione tangenziale critica sulle sponde è stata calcolata applicando il criterio di Lane, ossia applicando un fattore correttivo pari a:

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \cdot \left[\cos \alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{tg^2 \alpha}{tg^2 \varphi}} \right]$$

dove:

- $\tau_{cr}(\alpha)$ è la tensione tangenziale critica sulla sponda;
- $\tau_{cr}(0)$ è la tensione tangenziale critica sul fondo,
- α l'angolo di inclinazione della sponda rispetto all'orizzontale;
- φ l'angolo d'attrito dei massi assunto pari a 70°;

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati utilizzati per la verifica della sistemazione in progetto e i risultati ottenuti.

h [m]	τ_{max} [N/m ²]	τ_{max} fondo [N/m ²]	τ_{max} sponde [N/m ²]
1	112	145.6	134.4

Tabella 16: Tabella dei dati di input per la verifica

d [m]	f [m]	α sponde [N/m ²]	τ_{cr} fondo [N/m ²]	τ_{cr} sponde [N/m ²]	$\frac{\tau_{cr} \text{ fondo}}{\tau_{max} \text{ fondo}}$	$\frac{\tau_{cr} \text{ sponde}}{\tau_{max} \text{ sponde}}$
0.5	0.09	45	715.80	471.54	4.9	3.50

Tabella 17: Verifica protezioni al fondo e alle sponde

Dai risultati emerge che le opere di protezione sono verificate in quanto il coefficiente di sicurezza è superiore a 1.

Oltre alla verifica in termini di trascinamento del fondo e delle sponde, è stata effettuata la verifica in termini di velocità, confrontando la velocità media lungo la sistemazione con la velocità critica e la velocità limiti ammissibile per il materiale utilizzato nel rivestimento del fondo e delle sponde.

Per la velocità critica si intende quella massima sopportabile dal rivestimento senza avere movimenti del pietrame e per la velocità limite si intende quella, ancora accettabile, che determina deformazioni contenute per insaccamento del pietrame.

Facendo riferimento ai valori di velocità critica e di velocità limite dedotti sperimentalmente e pubblicati da alcune ditte produttrici, si riporta di seguito i risultati ottenuti:

Velocità media corrente (m/s)	Velocità critica rivestimento massi sciolti (m/s)	Velocità limite rivestimento massi sciolti (m/s)
6.65	6.40	8.00

Tabella 18: Verifica velocità limite del materiale di rivestimento

Come si può osservare la velocità media della corrente è inferiore della velocità limite del rivestimento a massi sciolti, la verifica in termini di velocità risulta verificata.

5.6.4 VERIFICA DEVIAZIONE PROVVISORIA

Durante le fasi di lavorazione della galleria di progetto, sarà necessario deviare in fase provvisoria il corso del Rio B6 attraverso l'introduzione di un canale by-pass in terra. Le verifiche sono svolte prendendo a riferimento le portate defluenti per un tempo di ritorno pari a 50 anni, periodo ben al di sopra della durata del cantiere.

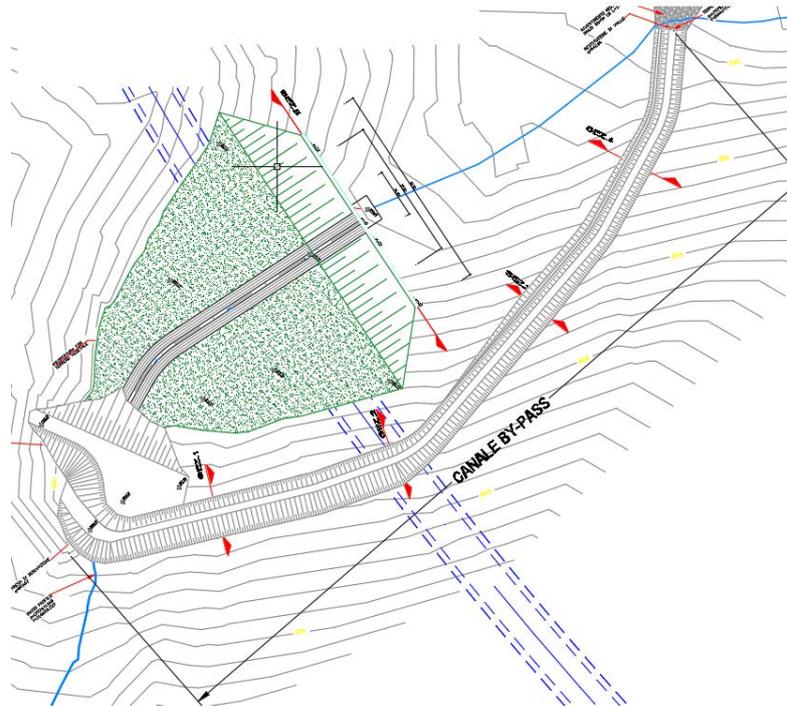


Figura 5-66: Planimetria del canale provvisorio per le fasi di cantiere del Rio B6

La verifica per il dimensionamento della nuova canalizzazione viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di canale, sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Chezy, riportata nell'equazione seguente:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- χ rappresenta il coefficiente di attrito Gauckler – Strickler dato dal prodotto $\chi = k_s \cdot R^{1/6}$, dove k_s rappresenta il coefficiente di scabrezza. Nella verifica di seguito riportata si farà riferimento alla scabrezza di Manning, data dal rapporto $1/k_s$.

Si riporta di seguito la verifica condotta in riferimento a due sezioni lungo il canale by-pass. Considerando la portata defluente nel bacino del B6 per un periodo di ritorno pari a 50 anni ($Q = 3.07 \text{ m}^3/\text{s}$), la pendenza di fondo alveo pari a 8% e la scabrezza di Manning di 0.020 per canali in terra non rivestiti, rettilinei, non vegetati e buona manutenzione.

ALTEZZA DI MOTO UNIFORME:	<input type="text" value="0.31"/>	m
PENDENZA:	<input type="text" value="0.080000"/>	m/m
PORTATA:	<input type="text" value="3.07"/>	mc/s
VELOCITA':	<input type="text" value="5.42"/>	m/s
ALTEZZA CINETICA:	<input type="text" value="1.50"/>	m
ENERGIA SPECIFICA:	<input type="text" value="1.81"/>	m
ALTEZZA CRITICA:	<input type="text" value="0.65"/>	m
PENDENZA CRITICA:	<input type="text" value="0.006256"/>	m/m
AREA BAGNATA:	<input type="text" value="0.57"/>	mq
CONTORNO BAGNATO:	<input type="text" value="2.38"/>	m
RAGGIO IDRAULICO:	<input type="text" value="0.237"/>	m
LARGHEZZA IN SUPERFICIE:	<input type="text" value="2.12"/>	m
NUMERO DI FROUDE:	<input type="text" value="3.36"/>	
TIPO ALVEO:	<input type="text" value="forte pendenza"/>	

Considerando una pendenza di fondo alveo pari a 1.8% e la scabrezza di Manning di 0.020 per canali in terra non rivestiti, rettilinei, non vegetati e buona manutenzione.

ALTEZZA DI MOTO UNIFORME:	<input type="text" value="0.25"/>	m
PENDENZA:	<input type="text" value="0.180000"/>	m/m
PORTATA:	<input type="text" value="3.07"/>	mc/s
VELOCITA':	<input type="text" value="7.15"/>	m/s
ALTEZZA CINETICA:	<input type="text" value="2.61"/>	m
ENERGIA SPECIFICA:	<input type="text" value="2.85"/>	m
ALTEZZA CRITICA:	<input type="text" value="0.65"/>	m
PENDENZA CRITICA:	<input type="text" value="0.006256"/>	m/m
AREA BAGNATA:	<input type="text" value="0.43"/>	mq
CONTORNO BAGNATO:	<input type="text" value="2.20"/>	m
RAGGIO IDRAULICO:	<input type="text" value="0.196"/>	m
LARGHEZZA IN SUPERFICIE:	<input type="text" value="1.99"/>	m
NUMERO DI FROUDE:	<input type="text" value="4.92"/>	
TIPO ALVEO:	<input type="text" value="forte pendenza"/>	

5.7 AREE DI PIATTAFORMA E PERTINENZIALI: INVARIANZA

In merito all'invarianza idraulica, escluso il tratto in galleria, nella immagine a seguire si deducono per confronto le aree impermeabili (in verde) nella condizione attuale (stato di fatto) rispetto alla configurazione di progetto.

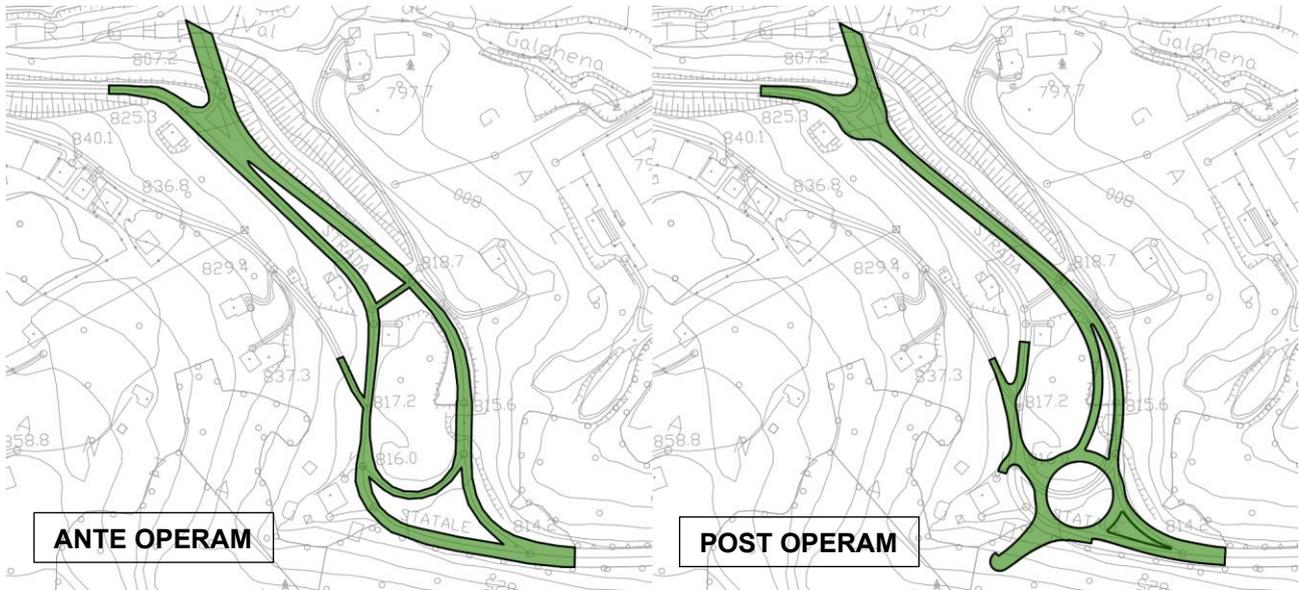


Figura 5-67: Schema permeabilità imbocco Est

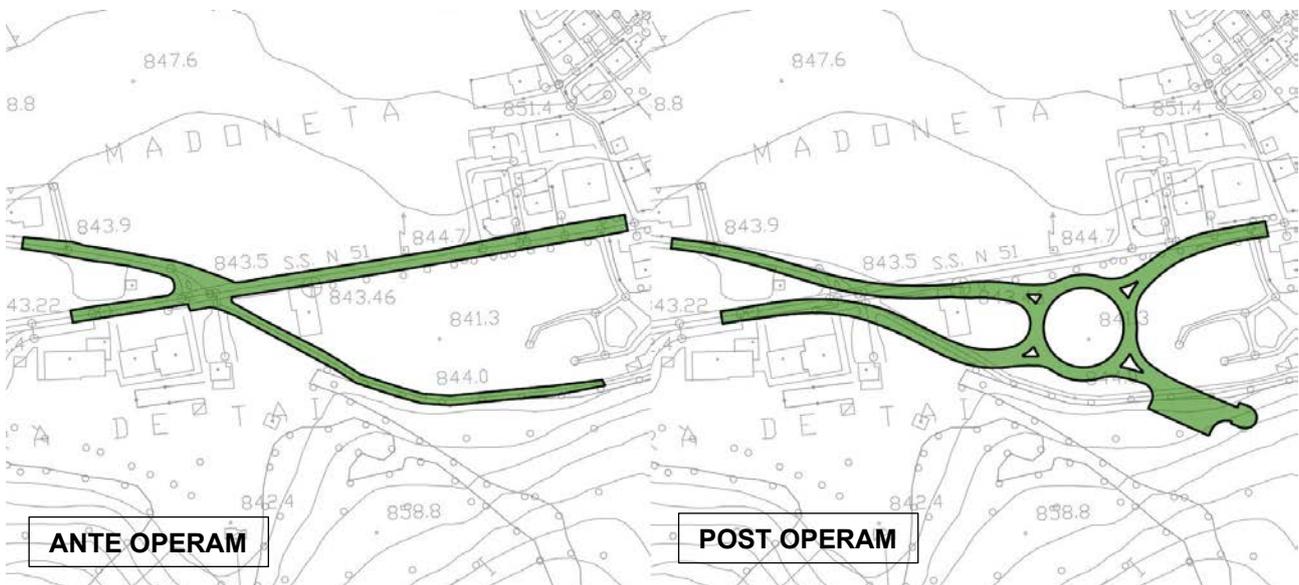


Figura 5-68: Schema permeabilità imbocco Ovest

Le aree interessate dall'analisi di invarianza idraulica possono essere sinteticamente raggruppate in due aree: la zona presso l'imbocco Est e quella presso l'imbocco Ovest.

Attualmente non esiste lungo la viabilità di raccordo una rete di drenaggio: i deflussi drenano naturalmente lungo il versante verso i recapiti superficiali.

Dal confronto tra le superfici si evince che:

- presso l'imbocco Ovest l'incremento di superficie impermeabile è pari 4700 m²;
- presso l'imbocco Est l'incremento di superficie permeabile è pari 500 m².

In virtù di tali aree, secondo il DGR, l'intervento è classificato come "*modesta impermeabilizzazione potenziale*", pertanto si dovranno dimensionare gli interventi compensativi al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato dedicato: T00ID02IDRRE01A.

6 CONCLUSIONI

Compatibilità idraulica rispetto al PAI

L'intervento non rientra in ambiti vincolati dal PAI.

I corsi d'acqua interessati dagli interventi sono:

Rio Malzago

Attualmente la statale SS51 attraversa il rio Malzago con un tombino circolare DN1000 avente lunghezza circa 160m e pendenza al fondo con variazione dal 3% a circa il 10% nel tratto a valle.

La modellazione numerica di moto permanente per i diversi scenari di riferimento ha dimostrato come in tal senso l'opera risulta idraulicamente inadeguata; si evince come al di sotto della sede stradale risulta in pressione per tutte e tre gli scenari di riferimento considerati.

Ragionando in termini di mitigazione del rischio idraulico, è stata proposta la soluzione mediante un nuovo attraversamento costituito da un numero pari a tre tombini chiusi di dimensioni 2,5 x 2 m alternati a sezioni a cielo aperto, corredato da opportune opere di imbocco e sbocco.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalla modellazione nella condizione ante operam, si è giunti alla conclusione di apportare una riprofilatura e protezione allo sbocco del tombino mediante massi sciolti di diametro pari a 50 cm per una lunghezza di circa 41 m, protezione opportunamente accertata in termini di verifica a trascinamento del fondo e delle sponde e verifica in termini di velocità.

A fini di una più completa trattazione, è stata considerata la potenziale ostruzione del tombino da parte del materiale legnoso fluttuante in caso di evento particolarmente intenso. Procedendo con la modellazione a sezione ostruita, si è dimostrato come anche con una luce libera fortemente ridotta (da 2,5m a 0,80m) i deflussi non mettono in crisi il tombino; vengono a mancare i valori di sicurezza in termini di franco idraulico richiesto da normativa, ma un opportuno piano di manutenzione è atto a scongiurare fenomeni ostruttivi.

Il sistema di briglie a monte dell'attraversamento di progetto risulta compatibile con i carichi idraulici in gaveta relativi ai tempi di ritorno pari a 200 anni. Di tale sistema di briglie è previsto il rifacimento tal quale mantenendo le dimensioni previste nello stato di fatto; solamente della briglia più a valle è previsto oltre che il rifacimento, un abbassamento del fondo di scavo per permettere l'inserimento del nuovo tombino.

L'intervento così proposto offre un miglioramento delle condizioni di rischio attualmente riscontrabili con la soluzione dell'attraversamento presente.

Rio B6

L'interferenza con il rio B6 avviene in galleria, quindi è sicuramente garantita la sicurezza dell'opera.

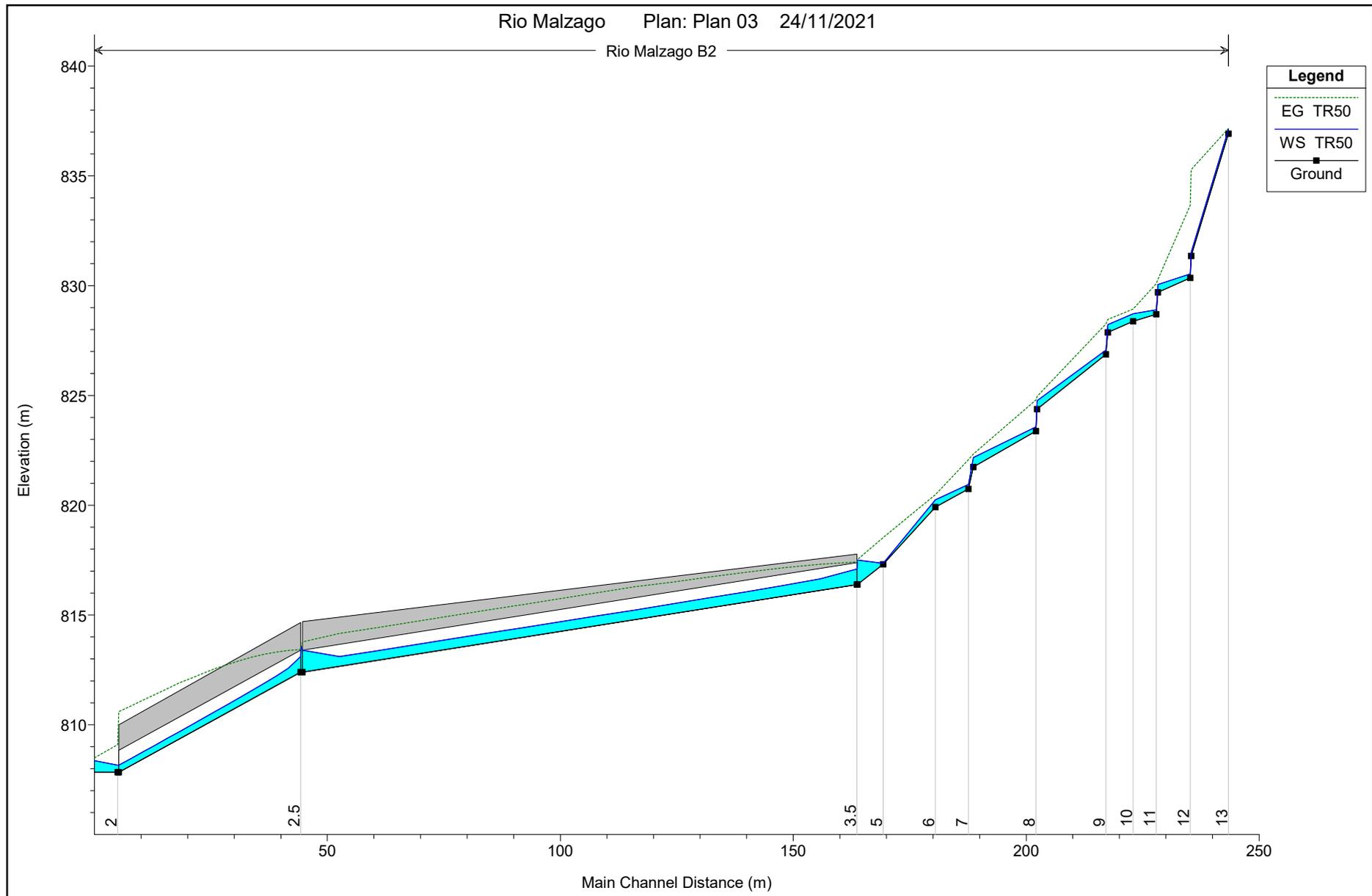
Per esigenze costruttive sarà interessato comunque il rio durante il cantiere: in tale fase, oltre alle necessarie opere provvisorie di allontanamento delle acque degli scavi (canale by-pass), sarà realizzata una briglia di salto e un canale rivestito, conseguenza della riprofilatura del rio dovuto alla realizzazione della galleria.

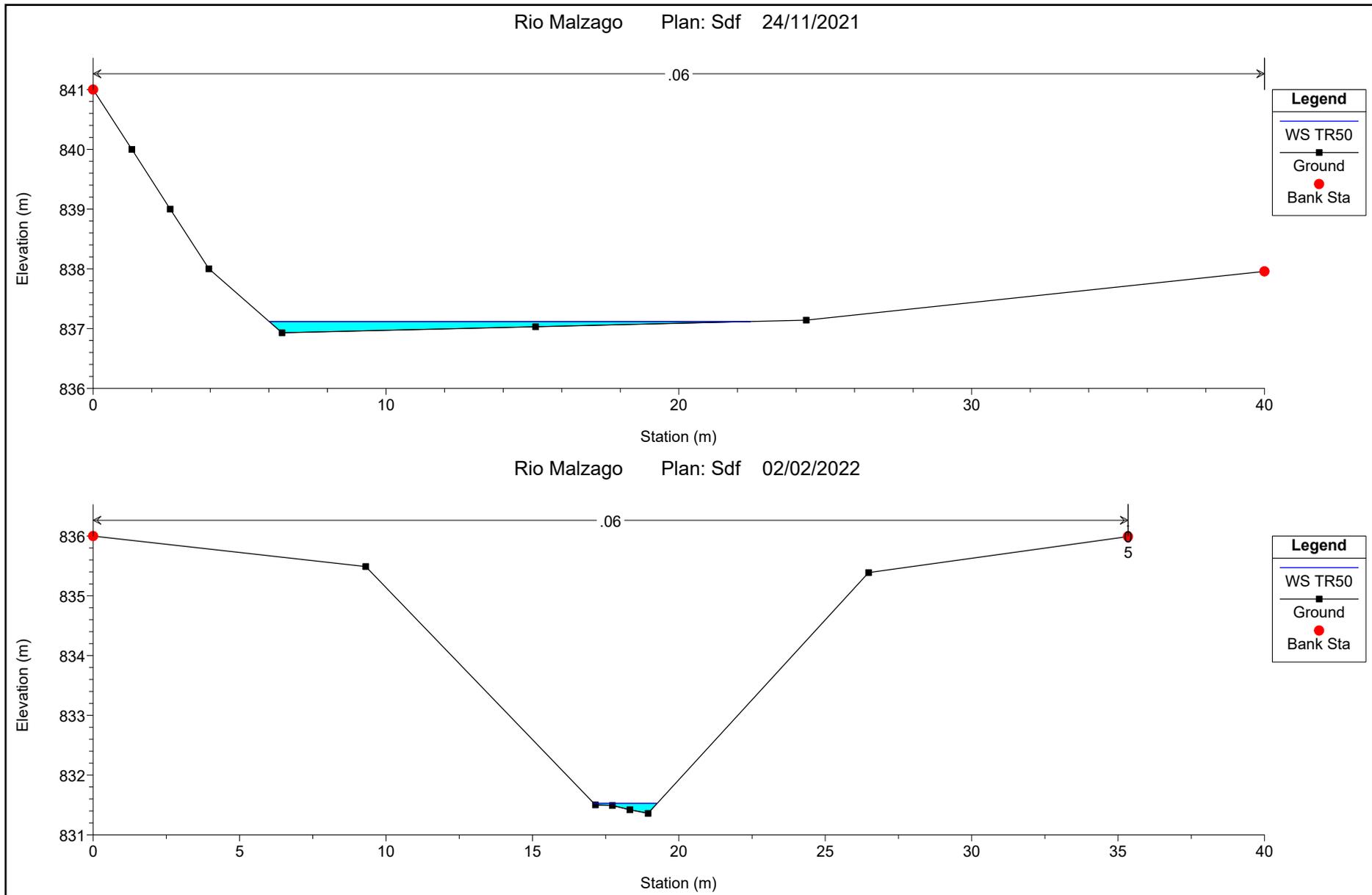
L'intervento di progetto non induce aggravio alle preesistenti condizioni di pericolosità idraulica. È necessario sottolineare che la scelta progettuale è una conseguenza della realizzazione della galleria artificiale che ha portato alla necessità di riprofilare l'alveo sopra la calotta mediante la realizzazione di un canale rivestito in massi sciolti e massi annegati nel cls per il tratto a monte del salto. A valle della briglia di progetto è prevista la realizzazione di una platea in cls al fine di contenere possibili fenomeni erosivi dovuti alle elevate velocità riscontrate conseguenza del salto di 2 m e una pendenza dello scivolo a monte della briglia dell'ordine del 20%; da ciò deriva la scelta progettuale di rivestire il canale di progetto mediante massi annegati nel cls, opportunamente verificati nella sezione subito a monte.

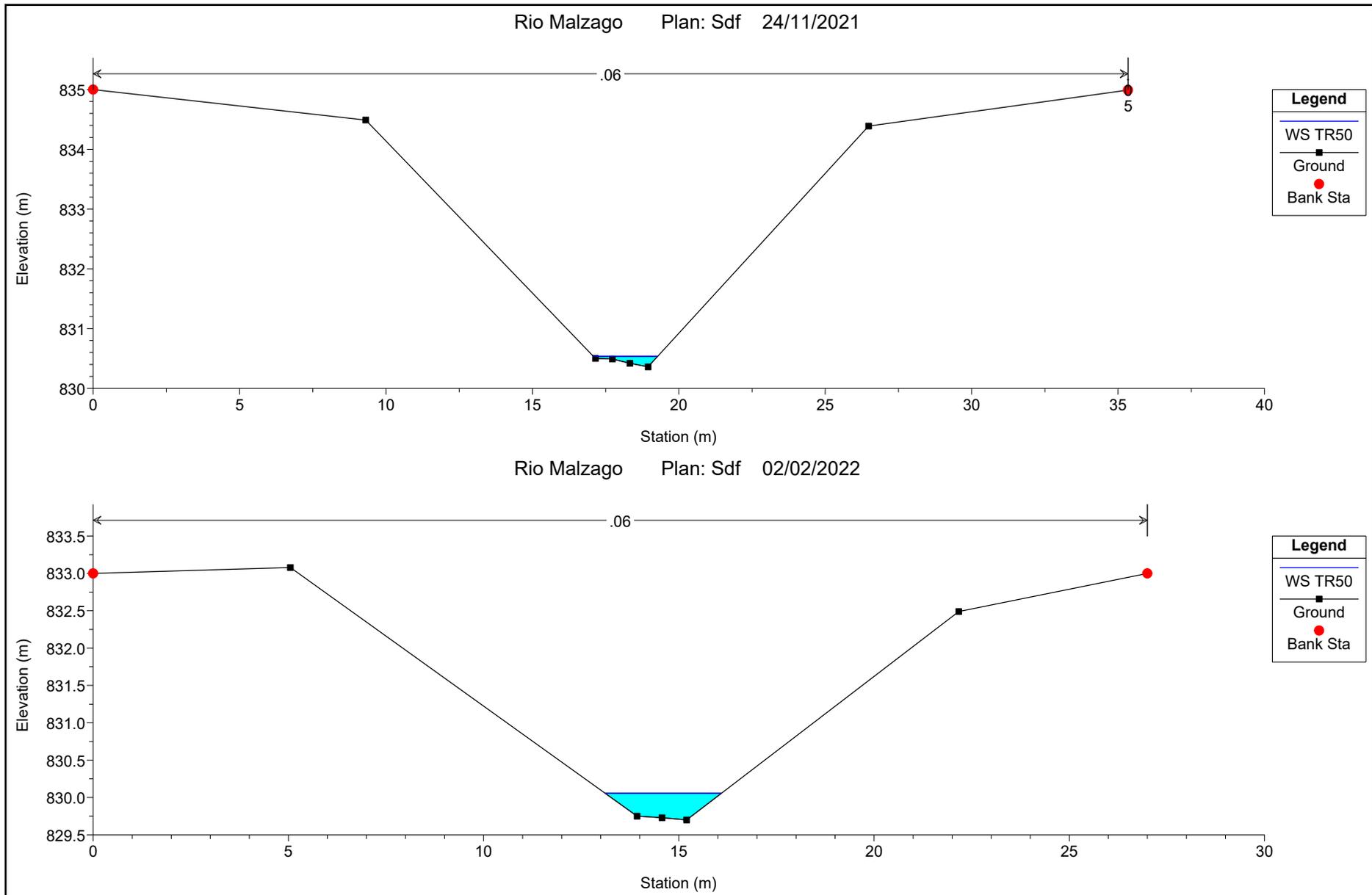
La simulazione con la configurazione di progetto mostra la capacità di smaltimento delle portate sulla gaveta per le portate e tempi di ritorno di progetto.

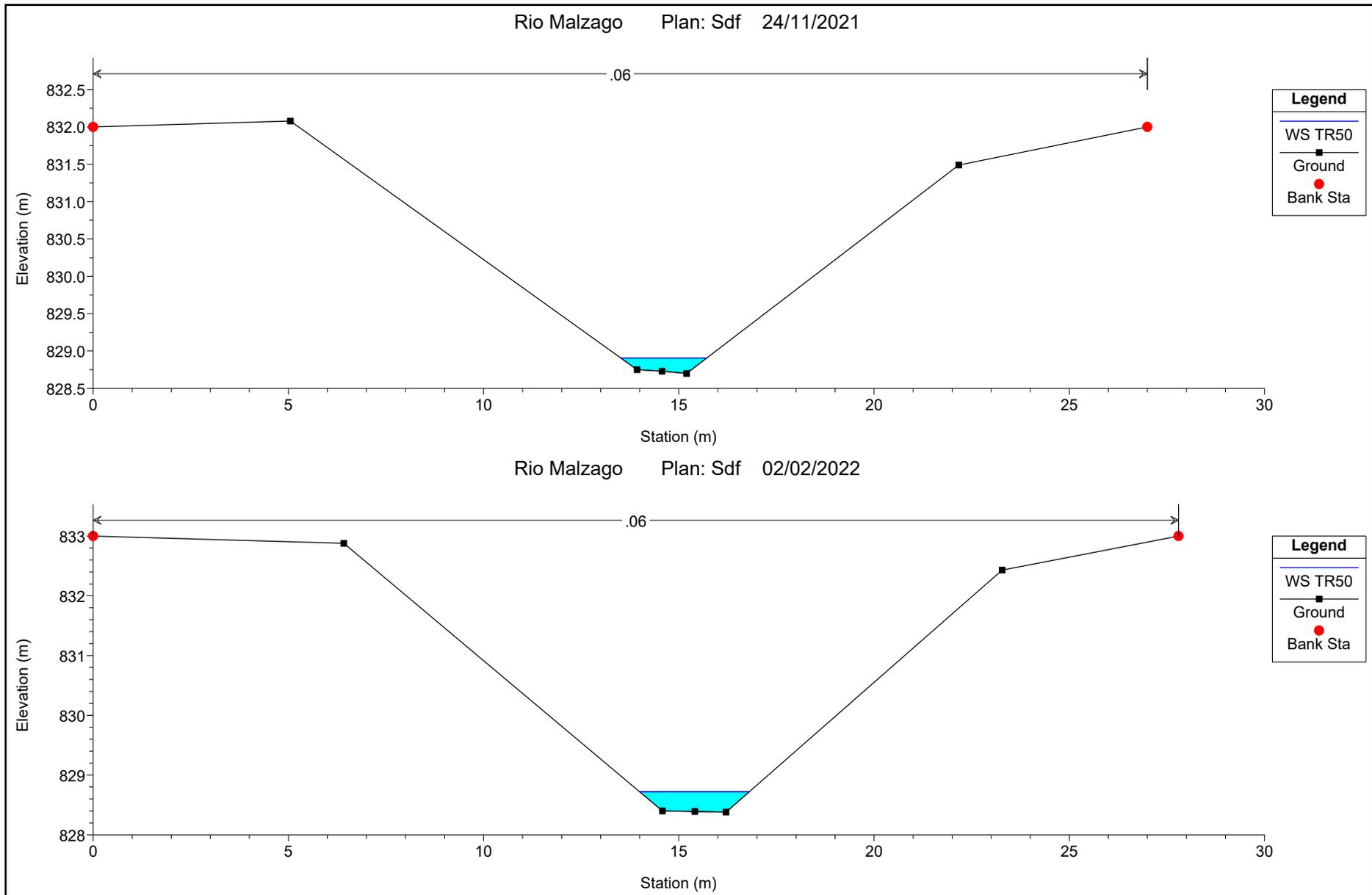
1 ALLEGATO 1

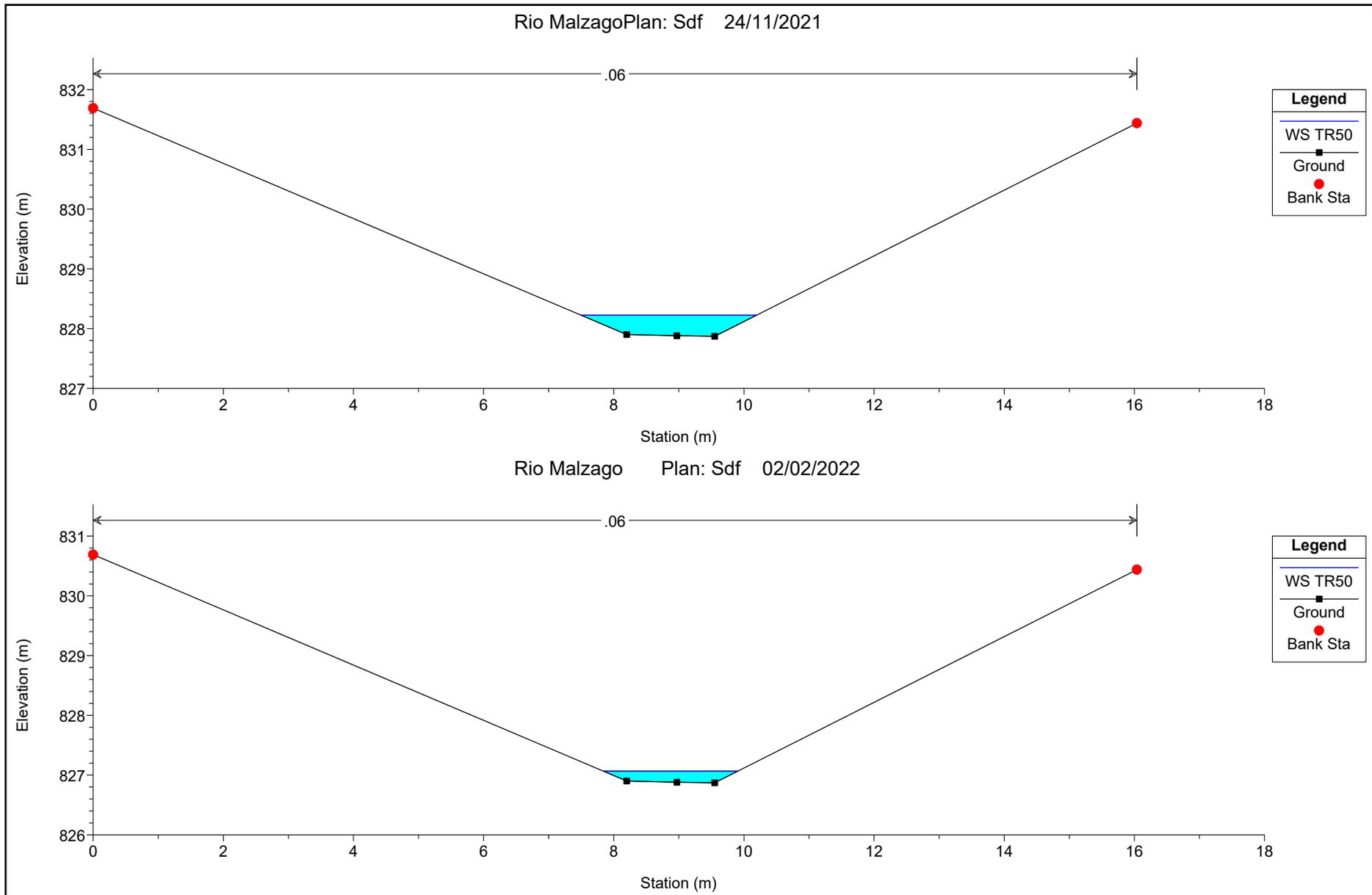
1.1 *RISULTATI SIMULAZIONI DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE – RIO MALZAGO B2 – ANTE OPERAM*

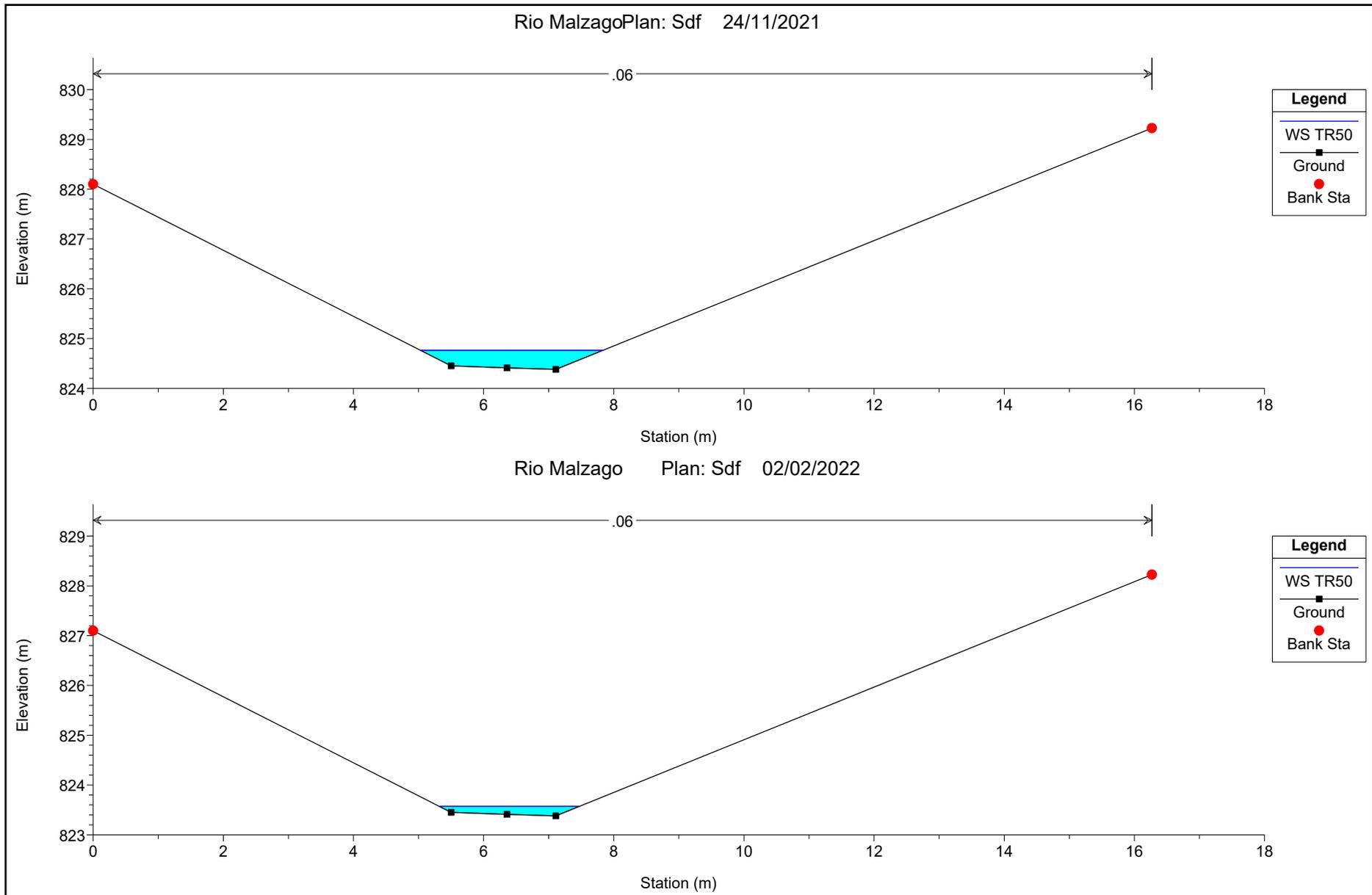


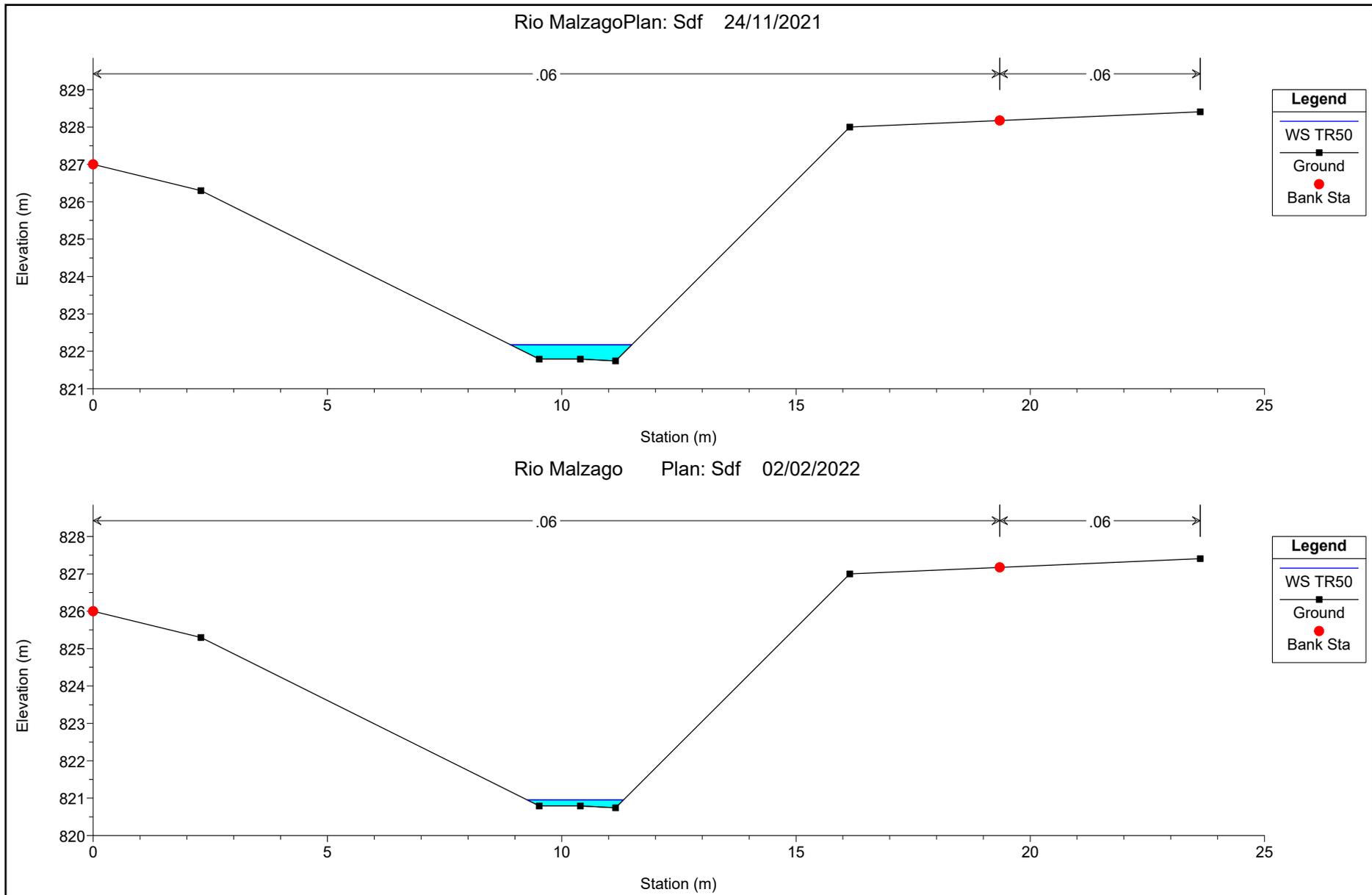


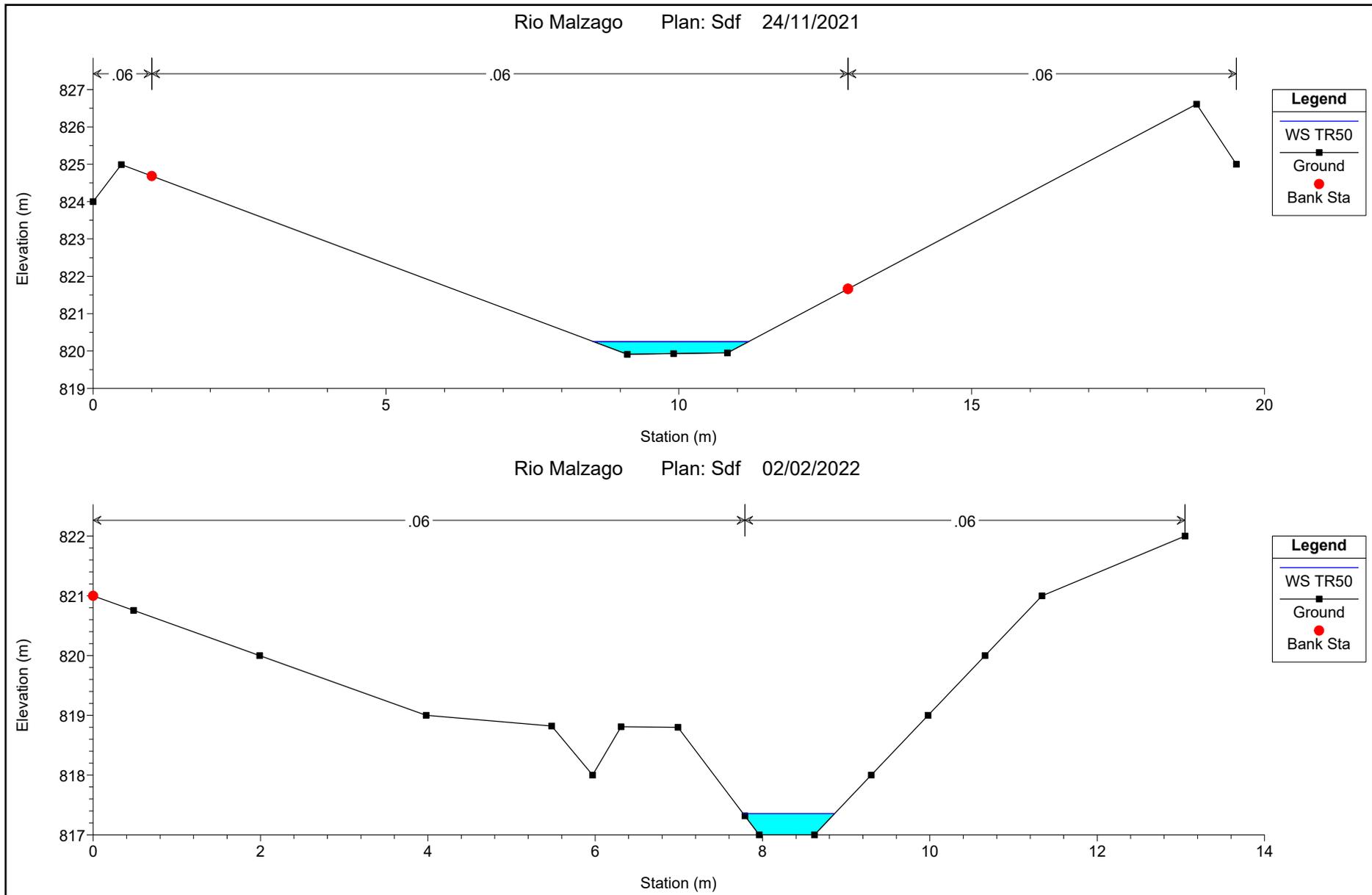


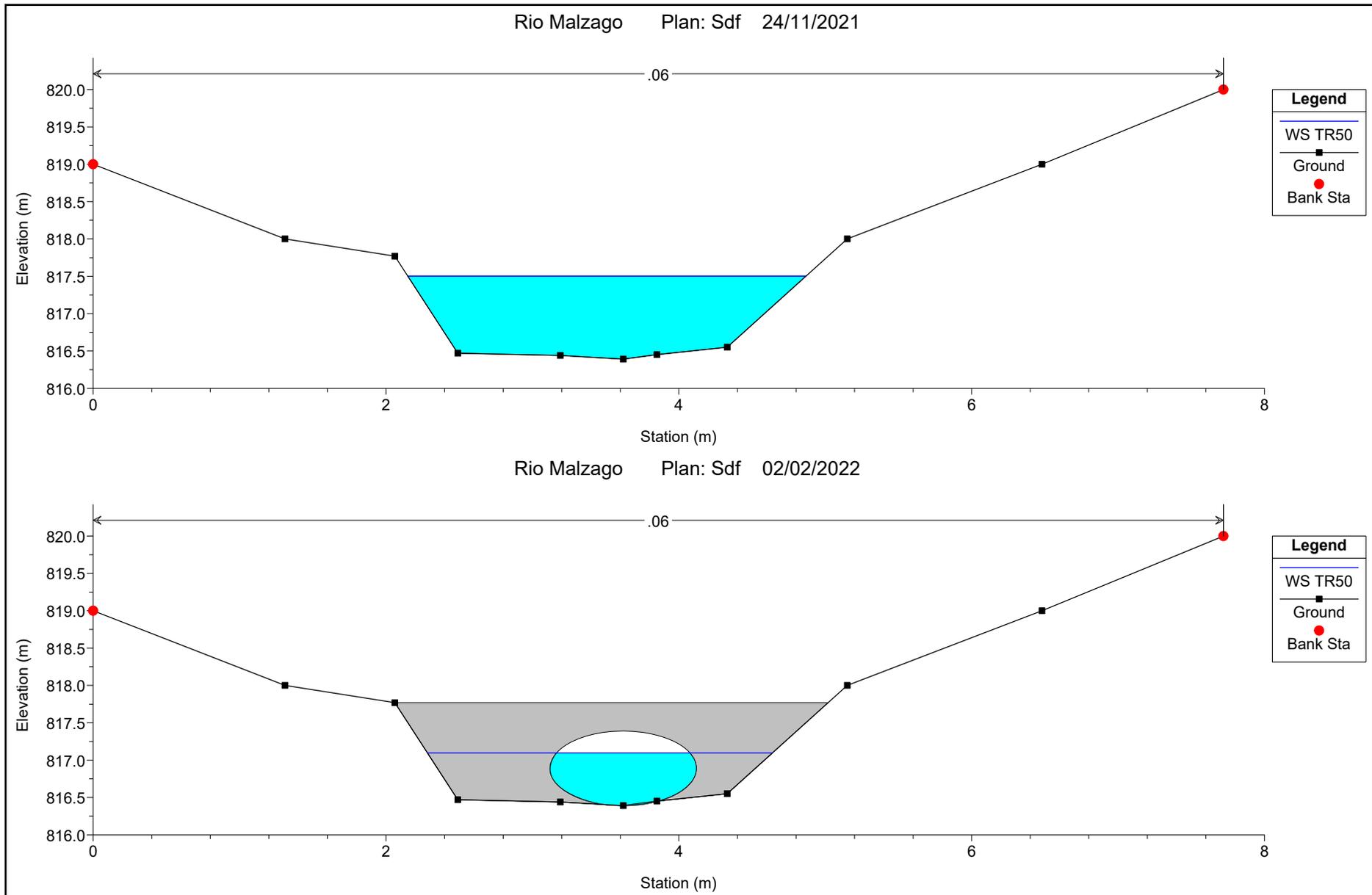


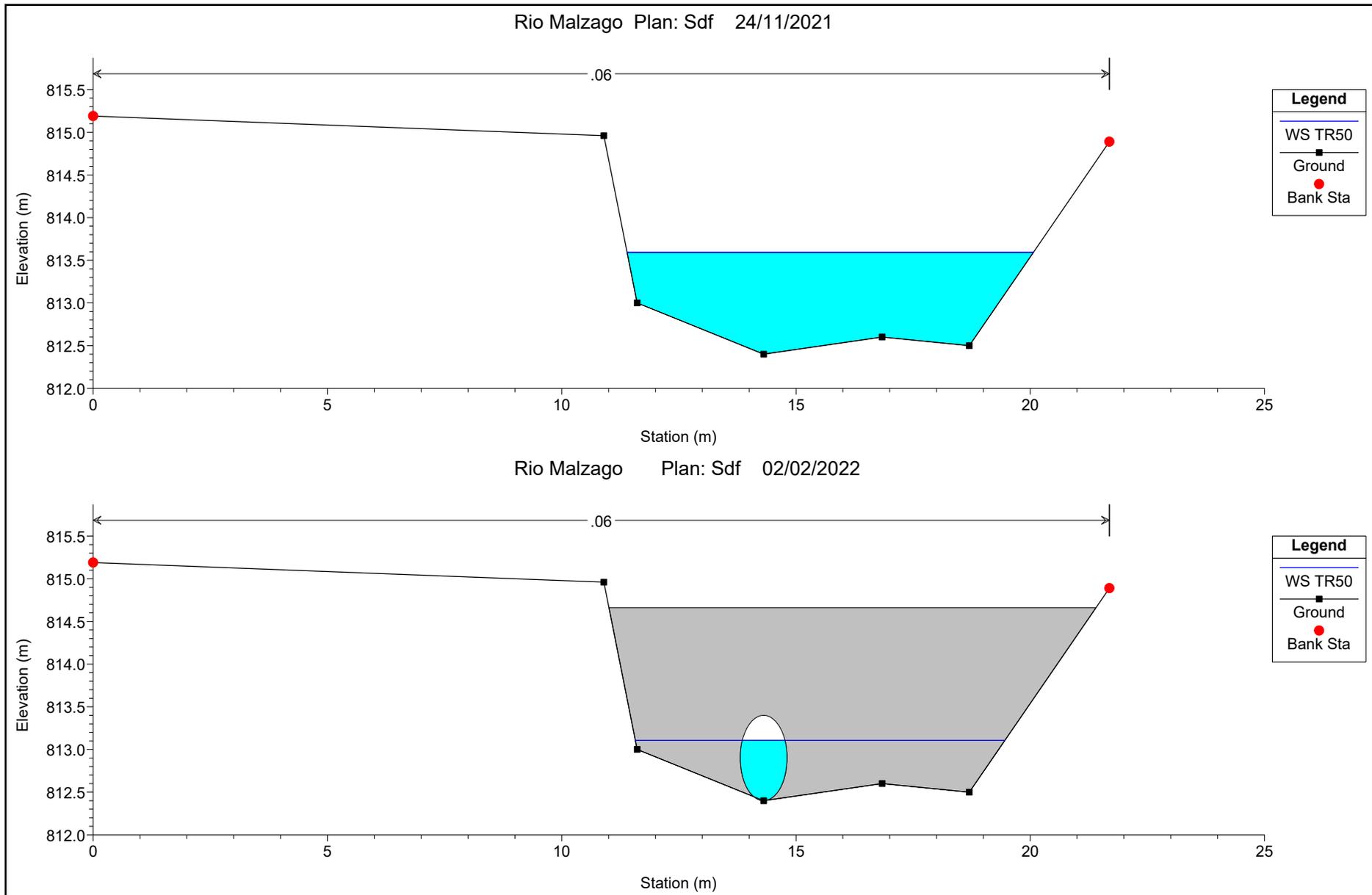


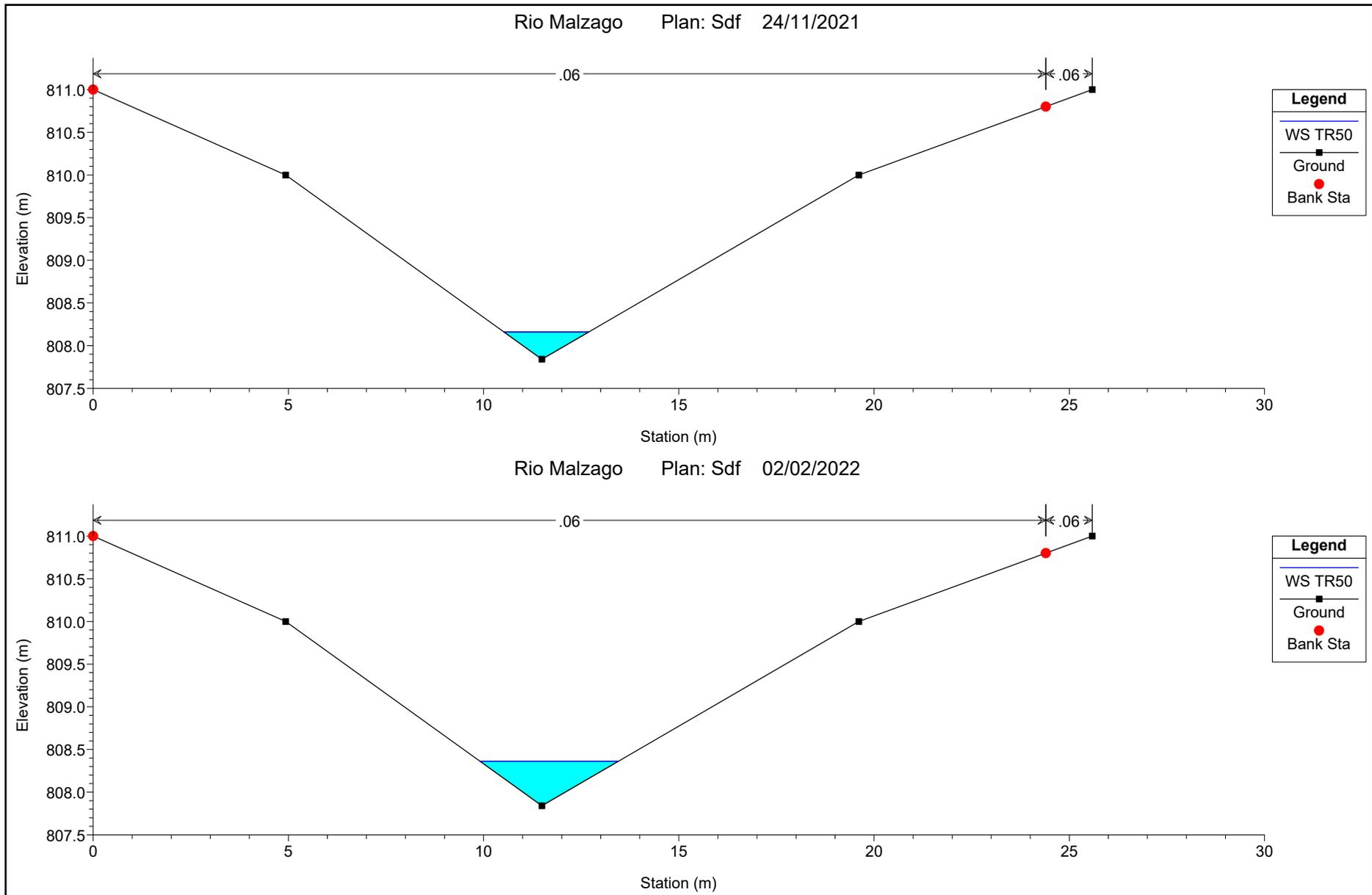






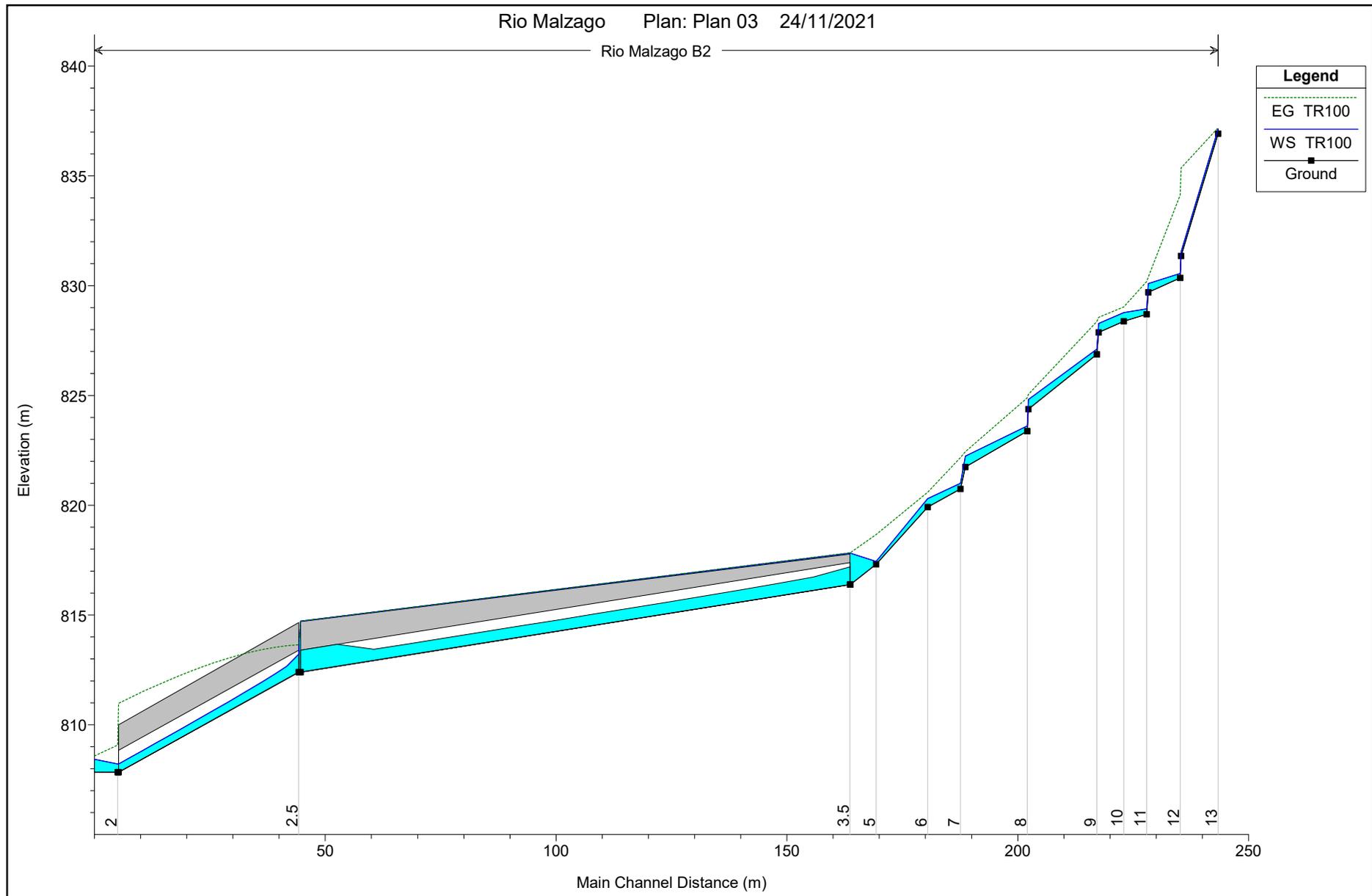


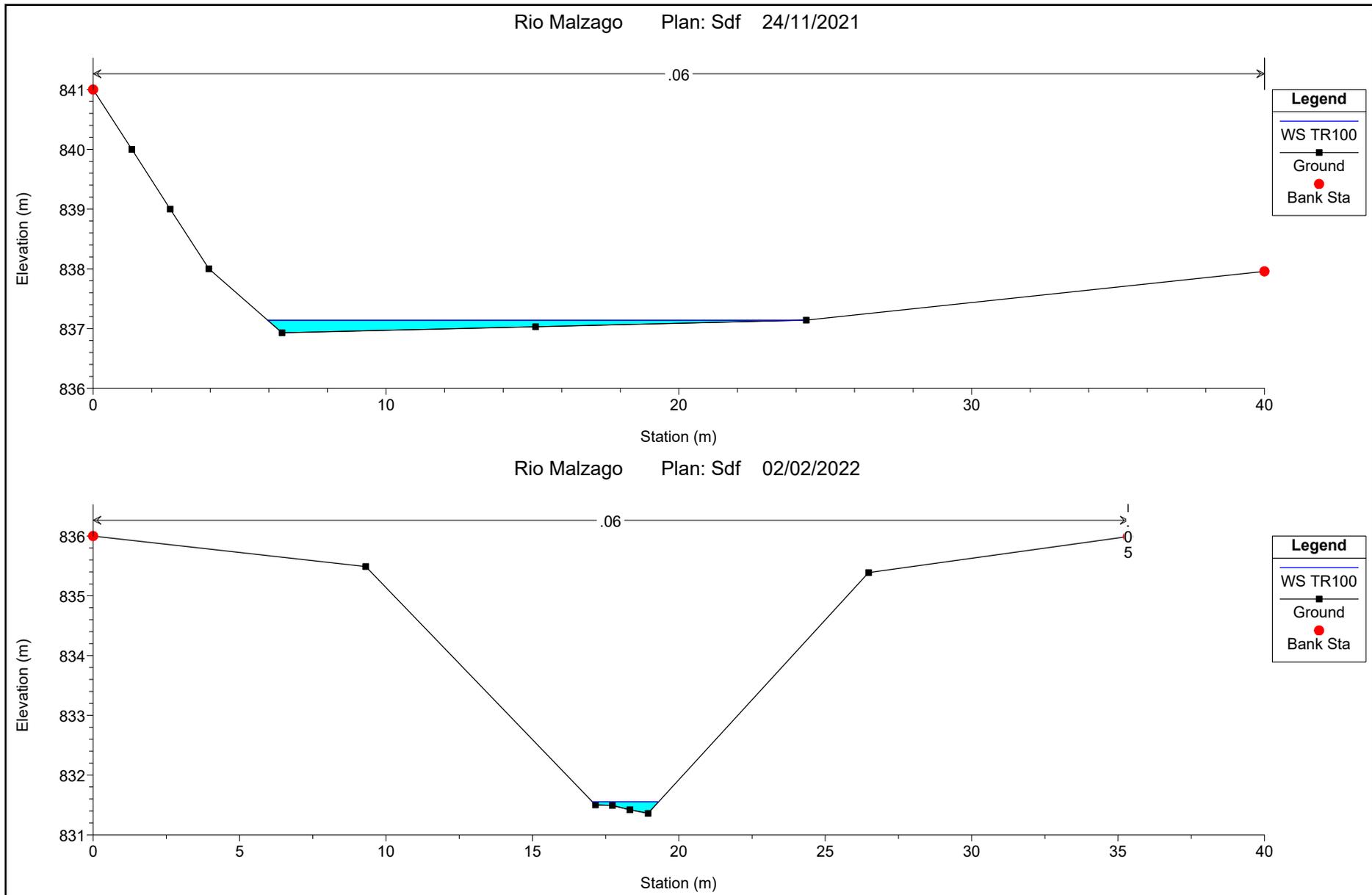


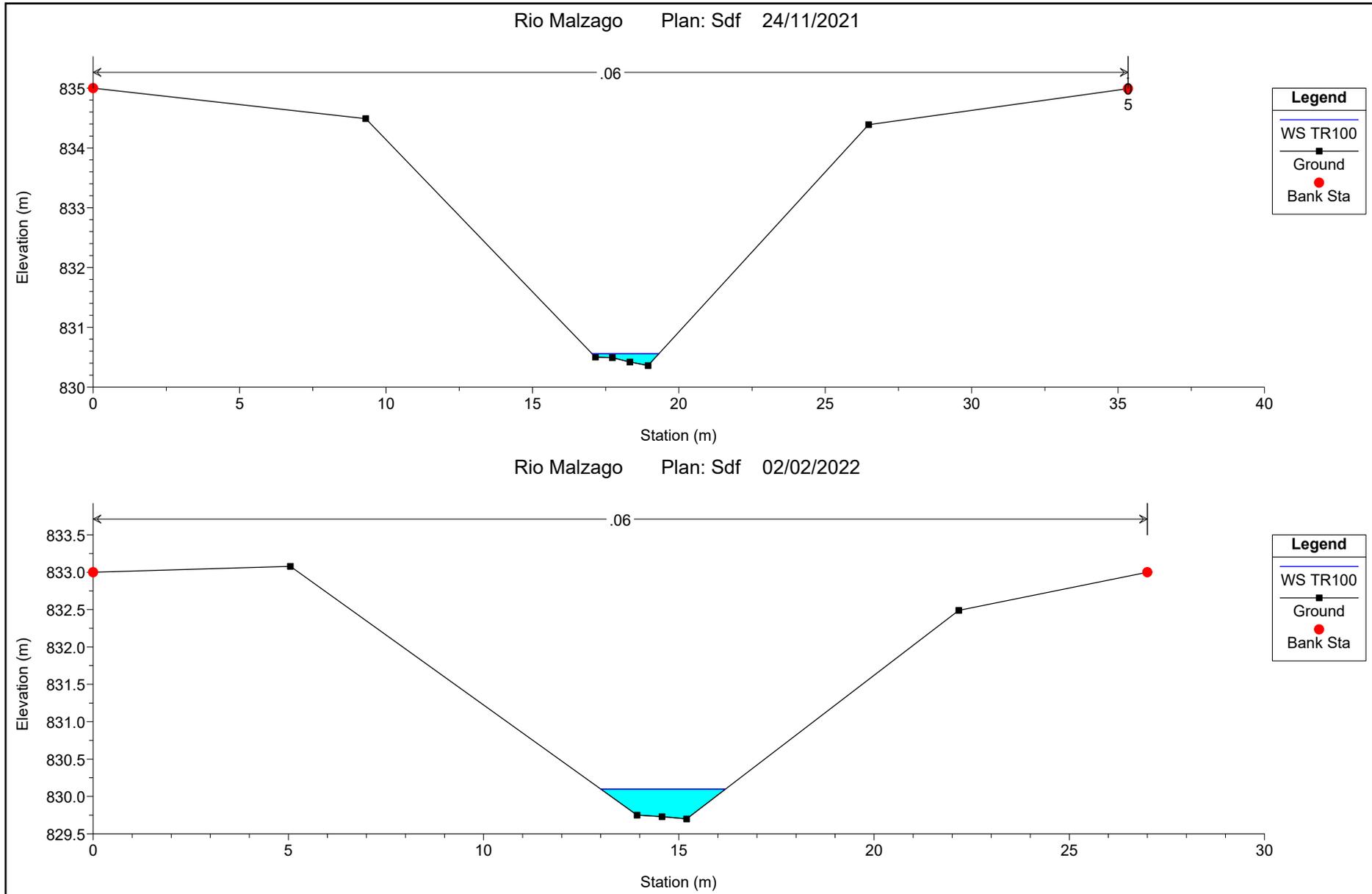


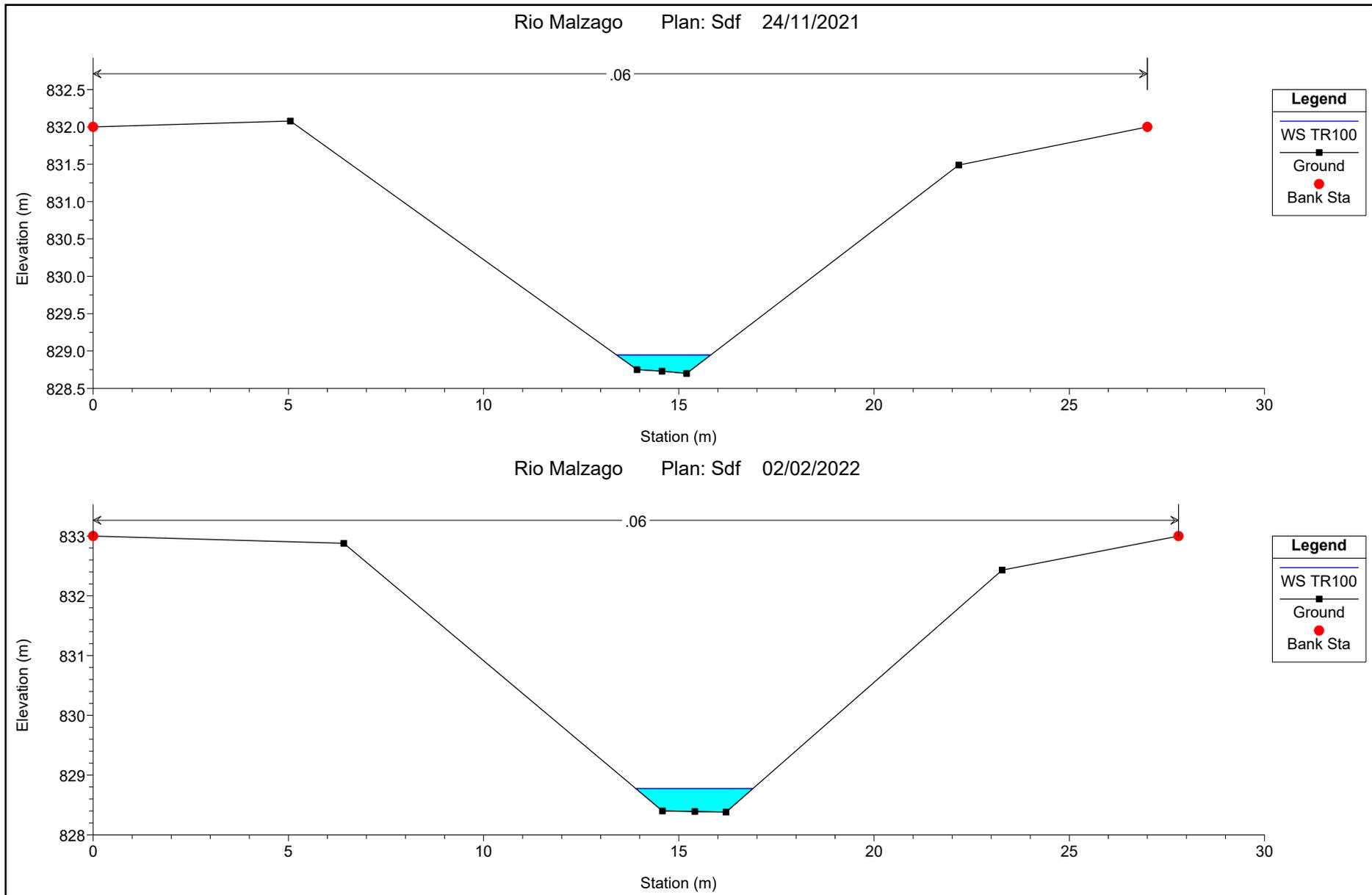
HEC-RAS Plan: Sdf River: Rio Malzago Reach: B2 Profile: TR50

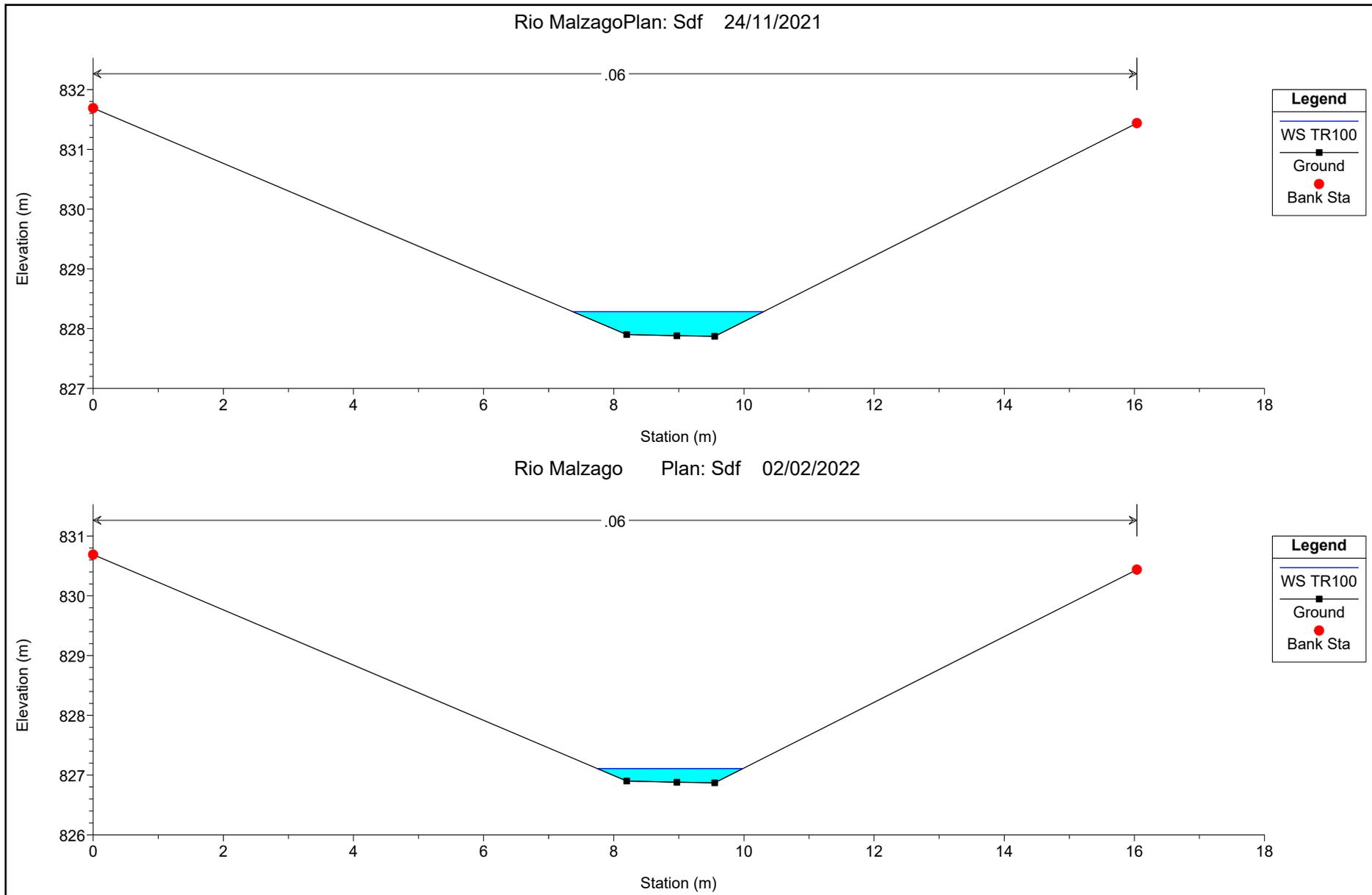
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
B2	13	TR50	1.50	836.93	837.12	837.12	837.17	0.054865	0.97	1.55	16.43	1.01
B2	12.1	TR50	1.50	831.36	831.53	831.80	835.30	7.916383	8.60	0.17	2.17	9.67
B2	12	TR50	1.50	830.36	830.54	830.80	833.67	5.944019	7.84	0.19	2.20	8.49
B2	11.1	TR50	1.50	829.70	830.06	830.12	830.29	0.118483	2.13	0.70	2.98	1.40
B2	11	TR50	1.50	828.70	828.91	829.12	830.10	1.189533	4.83	0.31	2.20	4.10
B2	10	TR50	1.50	828.38	828.72	828.77	828.93	0.066433	2.03	0.74	2.81	1.27
B2	9.1	TR50	1.50	827.87	828.22	828.29	828.47	0.114981	2.18	0.69	2.69	1.38
B2	9	TR50	1.50	826.87	827.07	827.29	828.26	1.117910	4.84	0.31	2.06	3.99
B2	8.1	TR50	1.50	824.38	824.76	824.80	824.95	0.081951	1.94	0.77	2.81	1.18
B2	8	TR50	1.50	823.38	823.57	823.80	824.80	1.237574	4.90	0.31	2.16	4.16
B2	7.1	TR50	1.50	821.74	822.17	822.17	822.34	0.060684	1.79	0.84	2.59	1.00
B2	7	TR50	1.50	820.74	820.95	821.17	822.07	1.040356	4.69	0.32	2.06	3.80
B2	6	TR50	1.50	819.91	820.25	820.31	820.48	0.074877	2.14	0.70	2.65	1.33
B2	5	TR50	1.50	817.32	817.36	817.66	818.53	0.642655	0.73	0.31	1.09	1.63
B2	4	TR50	1.50	816.39	817.50	816.85	817.52	0.002967	0.63	2.36	2.72	0.22
B2	3.5		Culvert									
B2	3	TR50	1.50	812.40	813.59	812.71	813.60	0.000115	0.19	7.93	8.67	0.06
B2	2.5		Culvert									
B2	2	TR50	1.50	807.84	808.16	808.36	809.10	0.804542	4.29	0.35	2.18	3.42
B2	1	TR50	1.50	807.84	808.36	808.36	808.50	0.060199	1.62	0.92	3.54	1.01

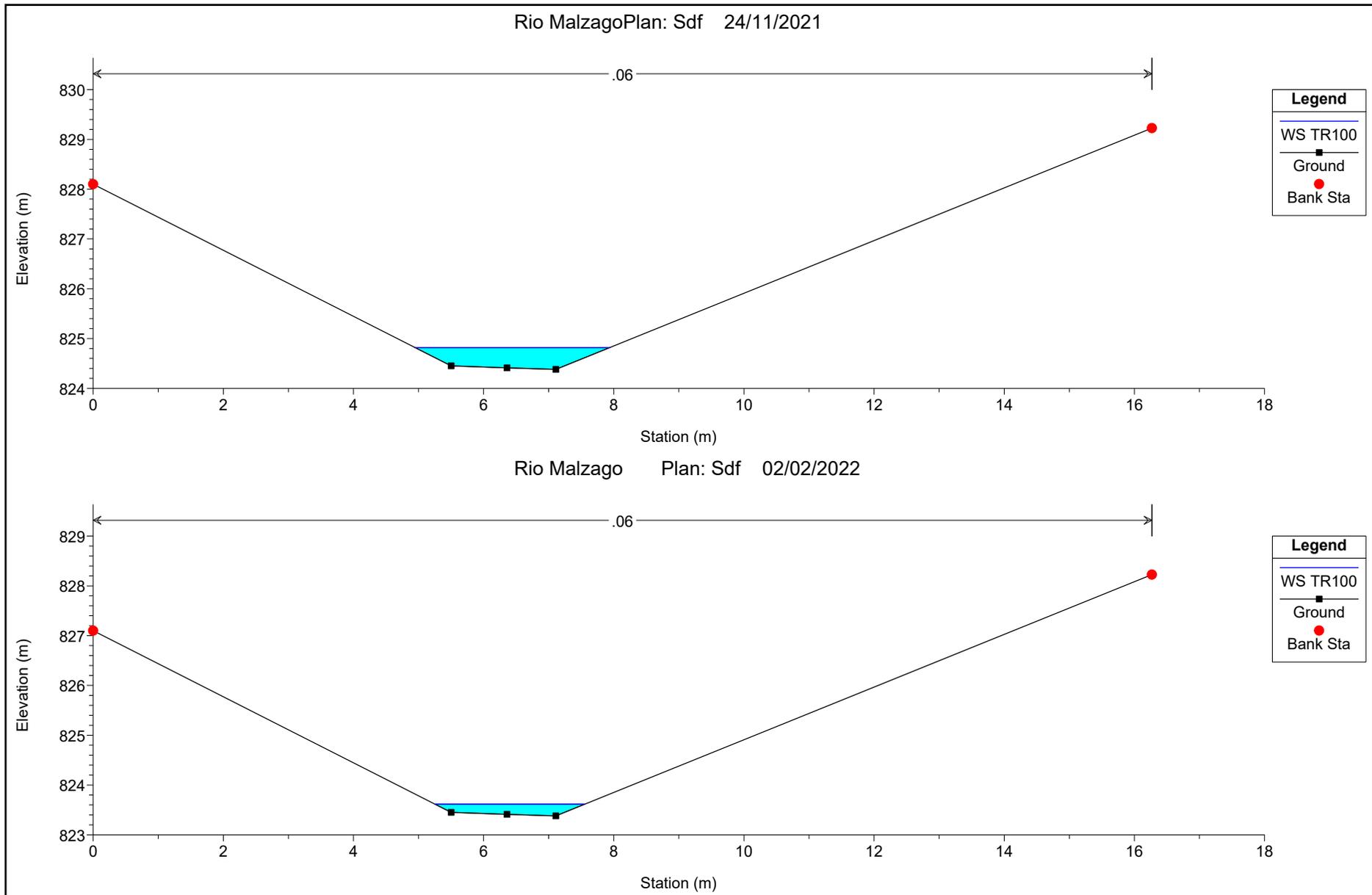


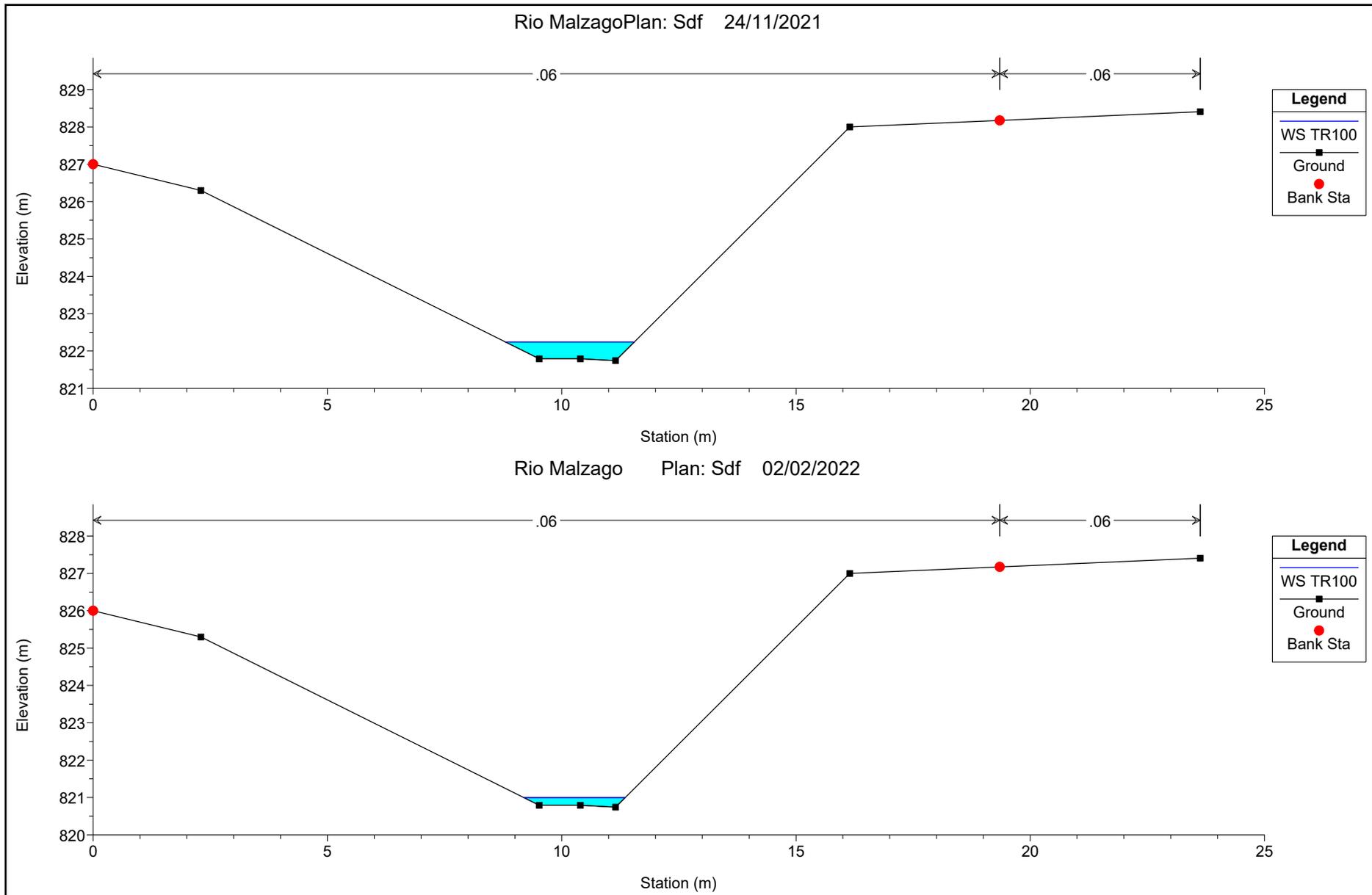


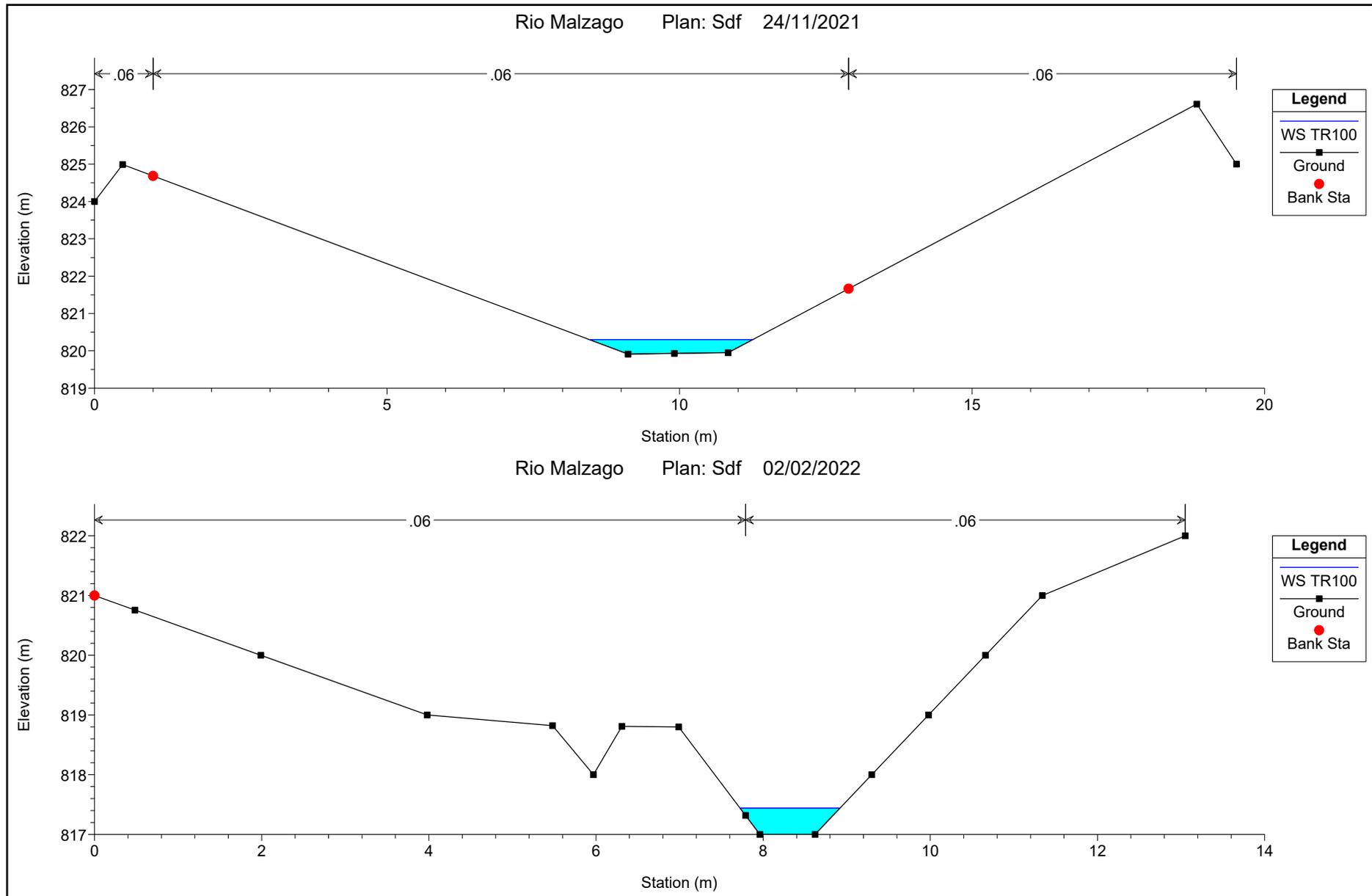


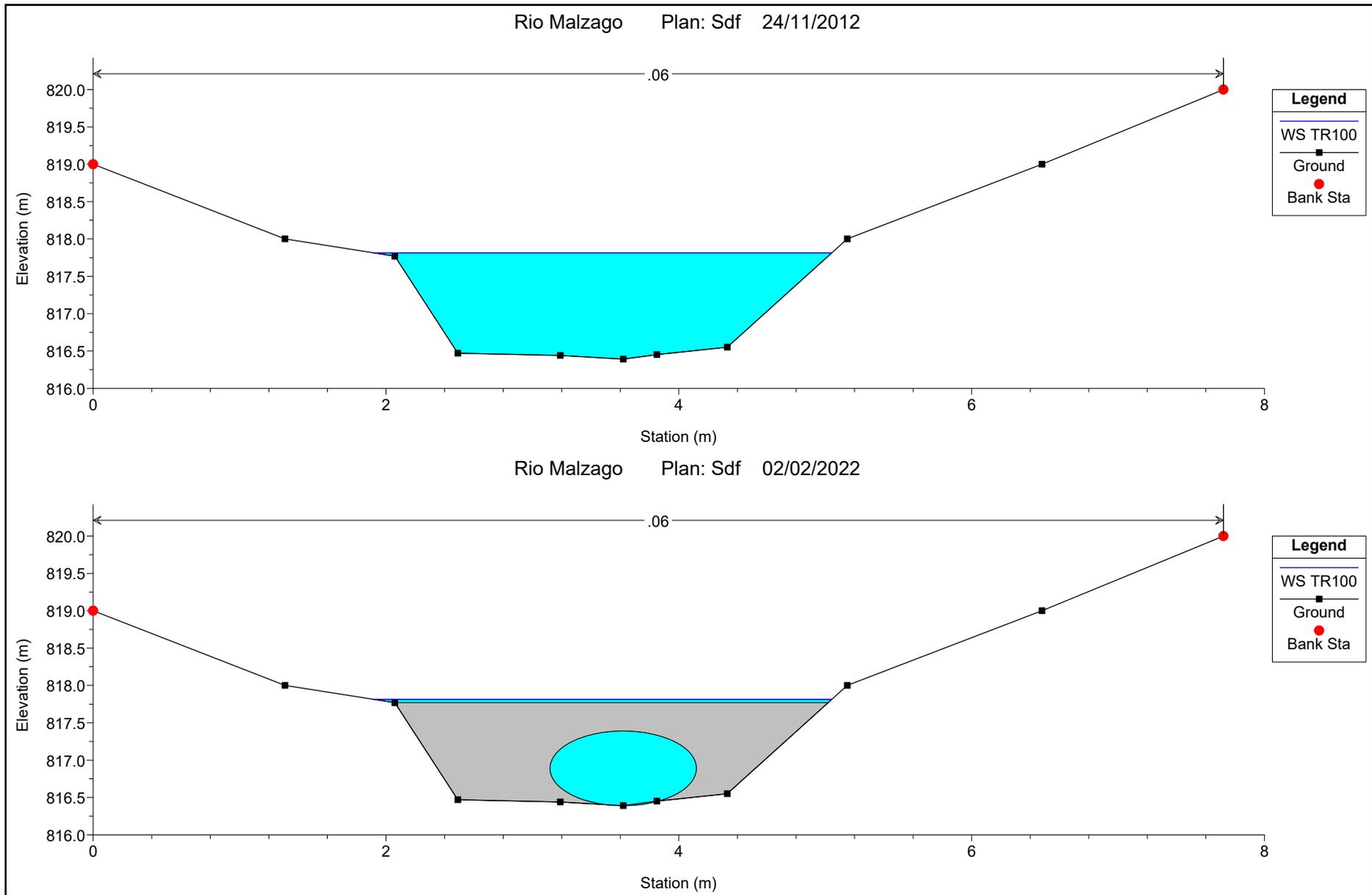


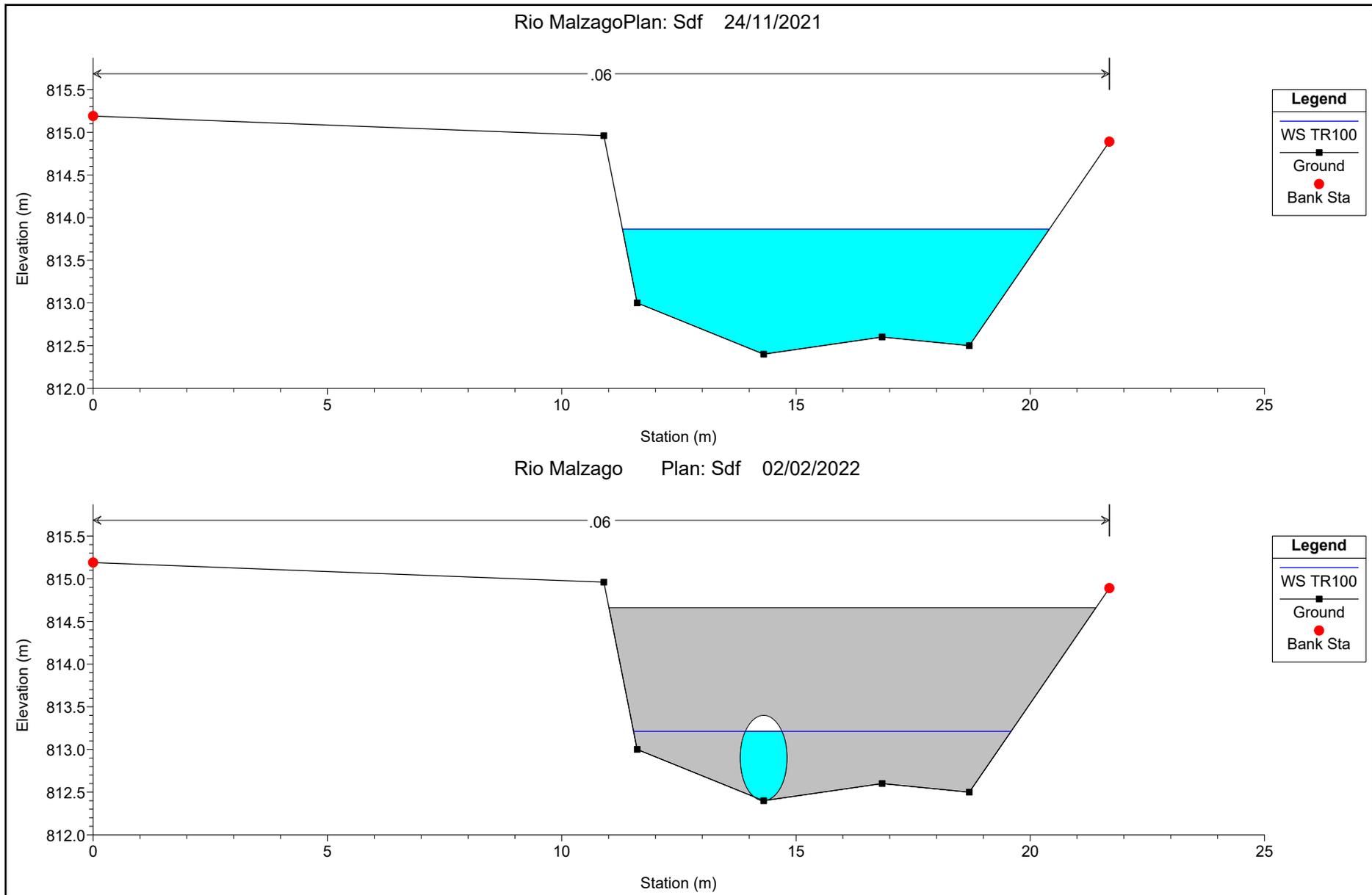


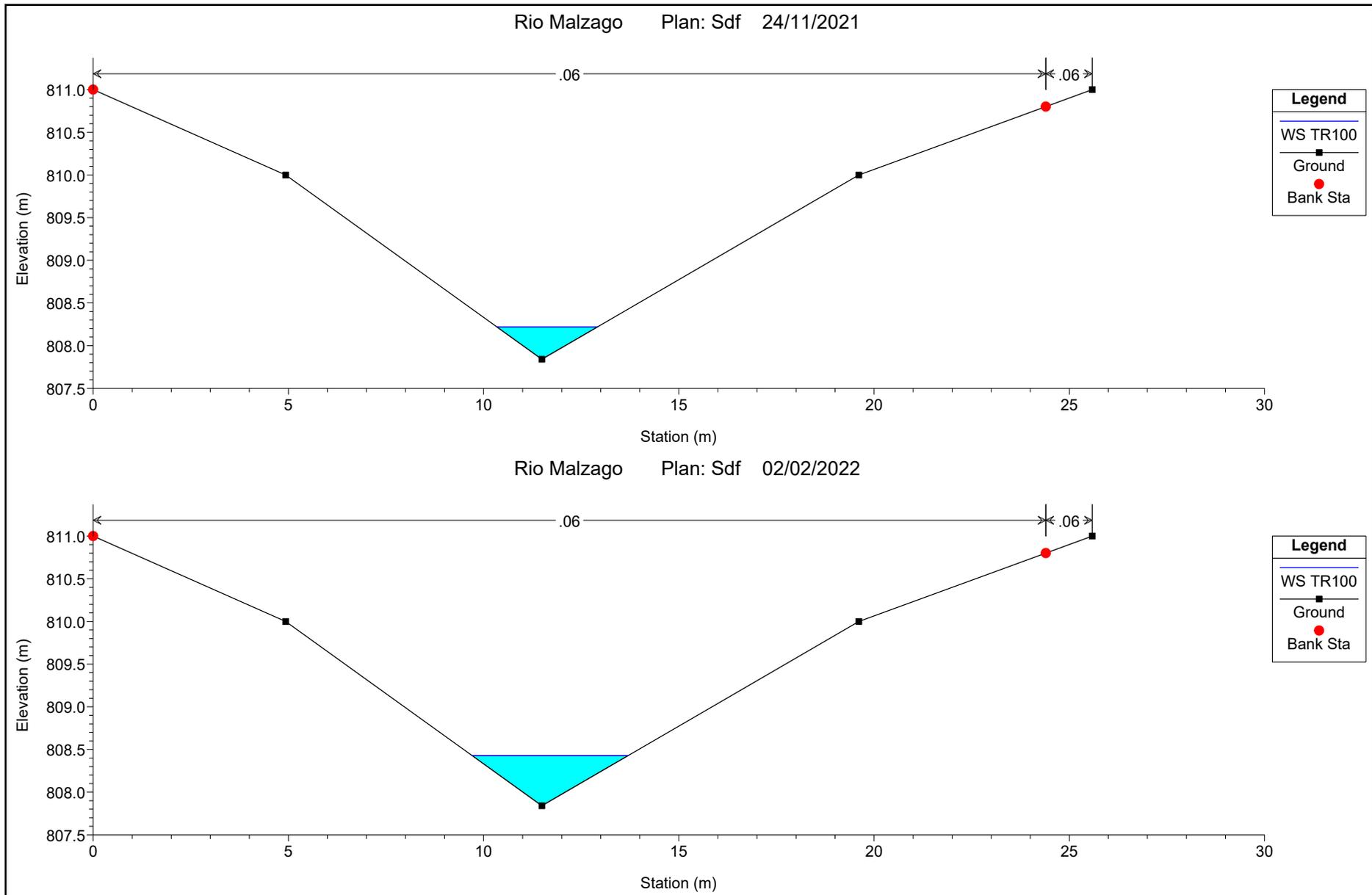






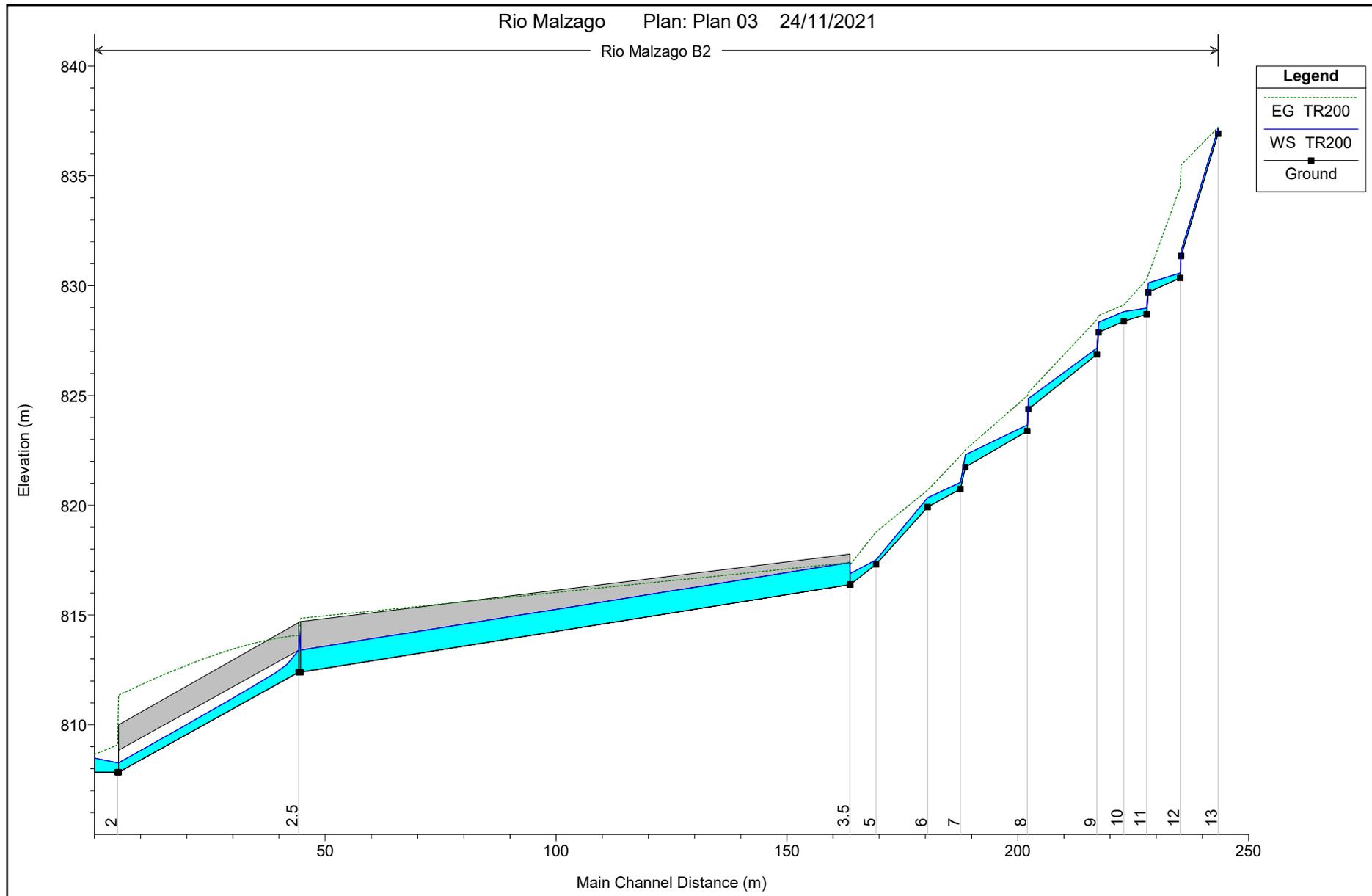


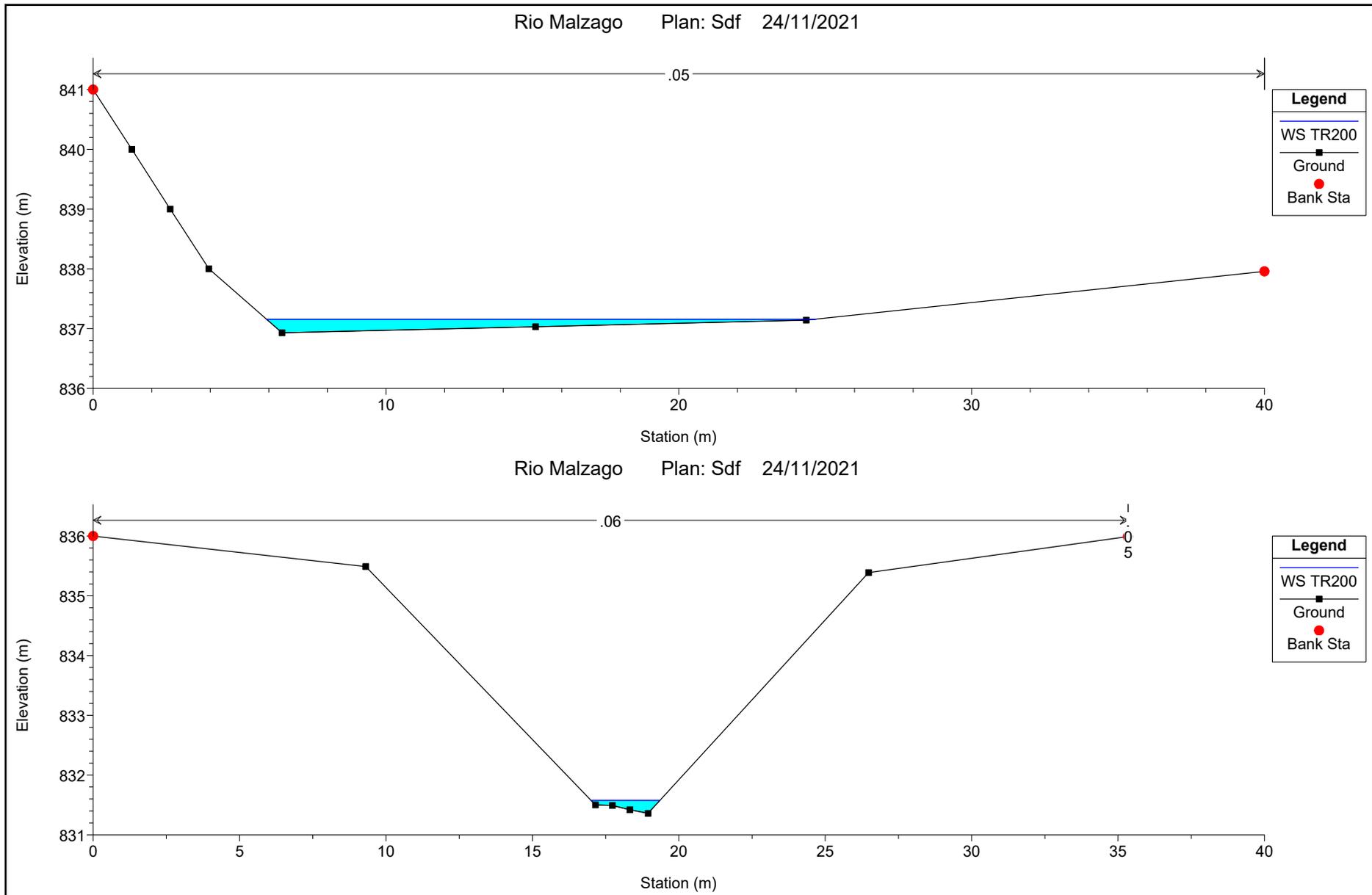


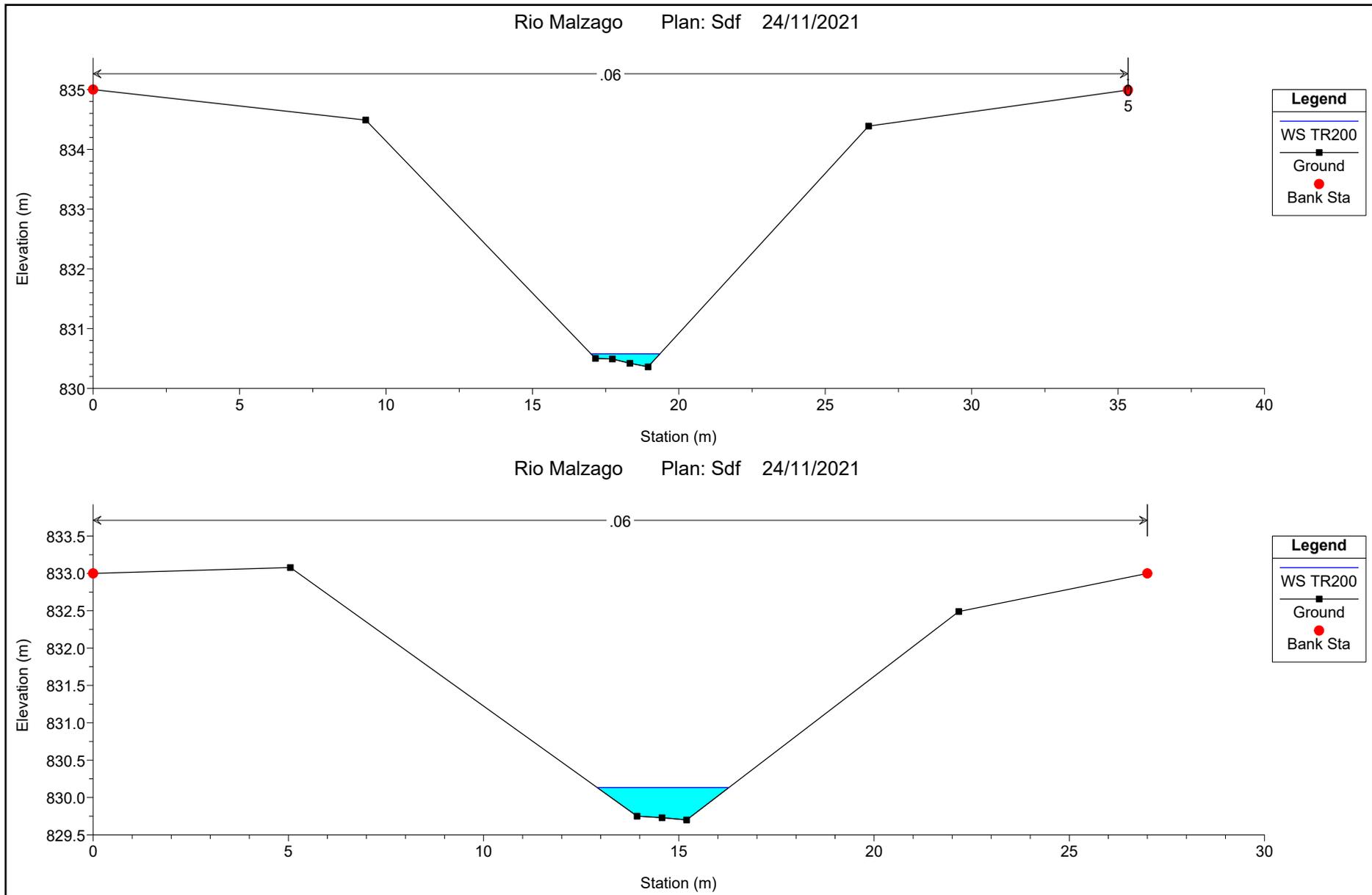


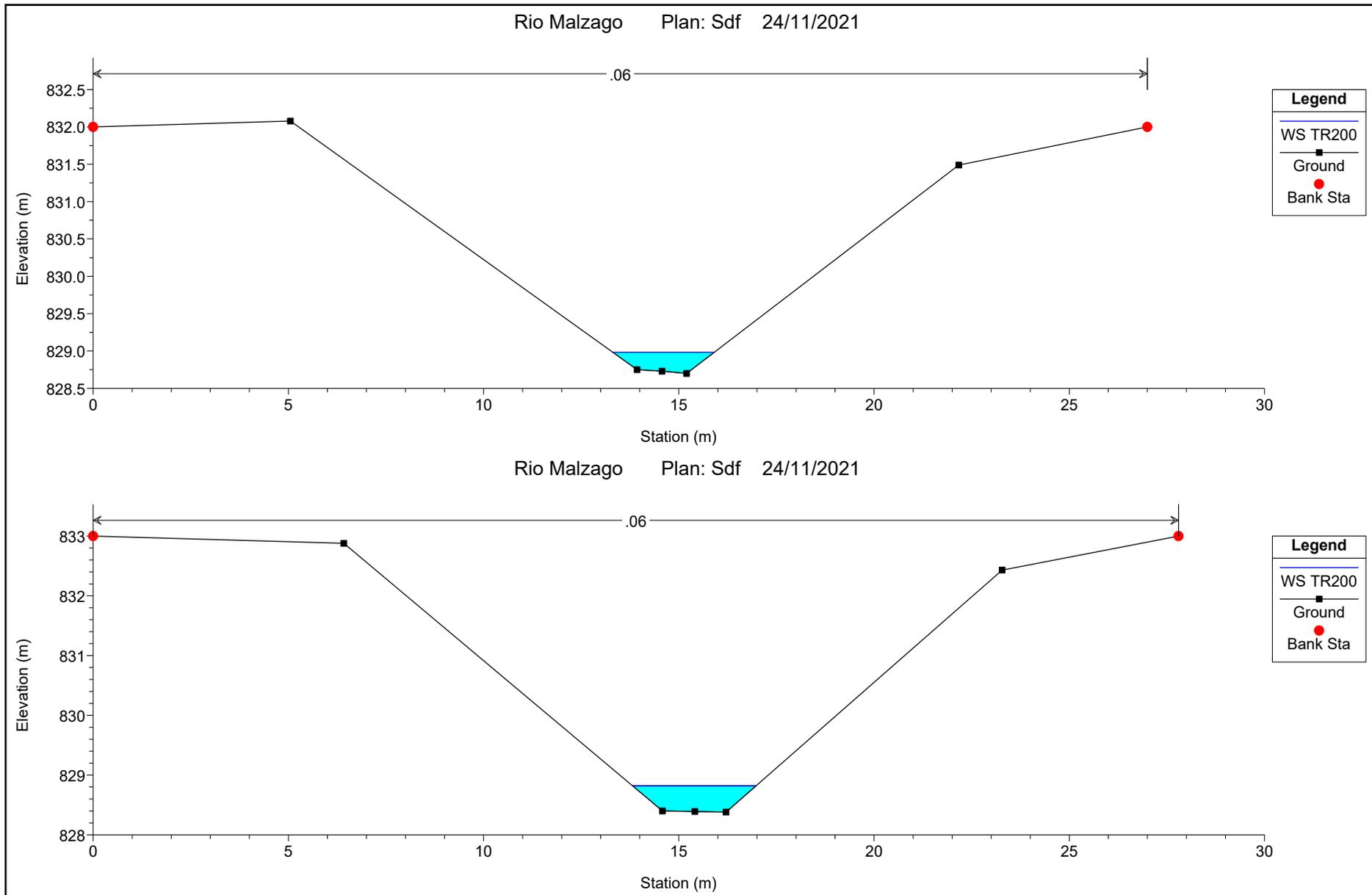
HEC-RAS Plan: Sdf River: Rio Malzago Reach: B2 Profile: TR100

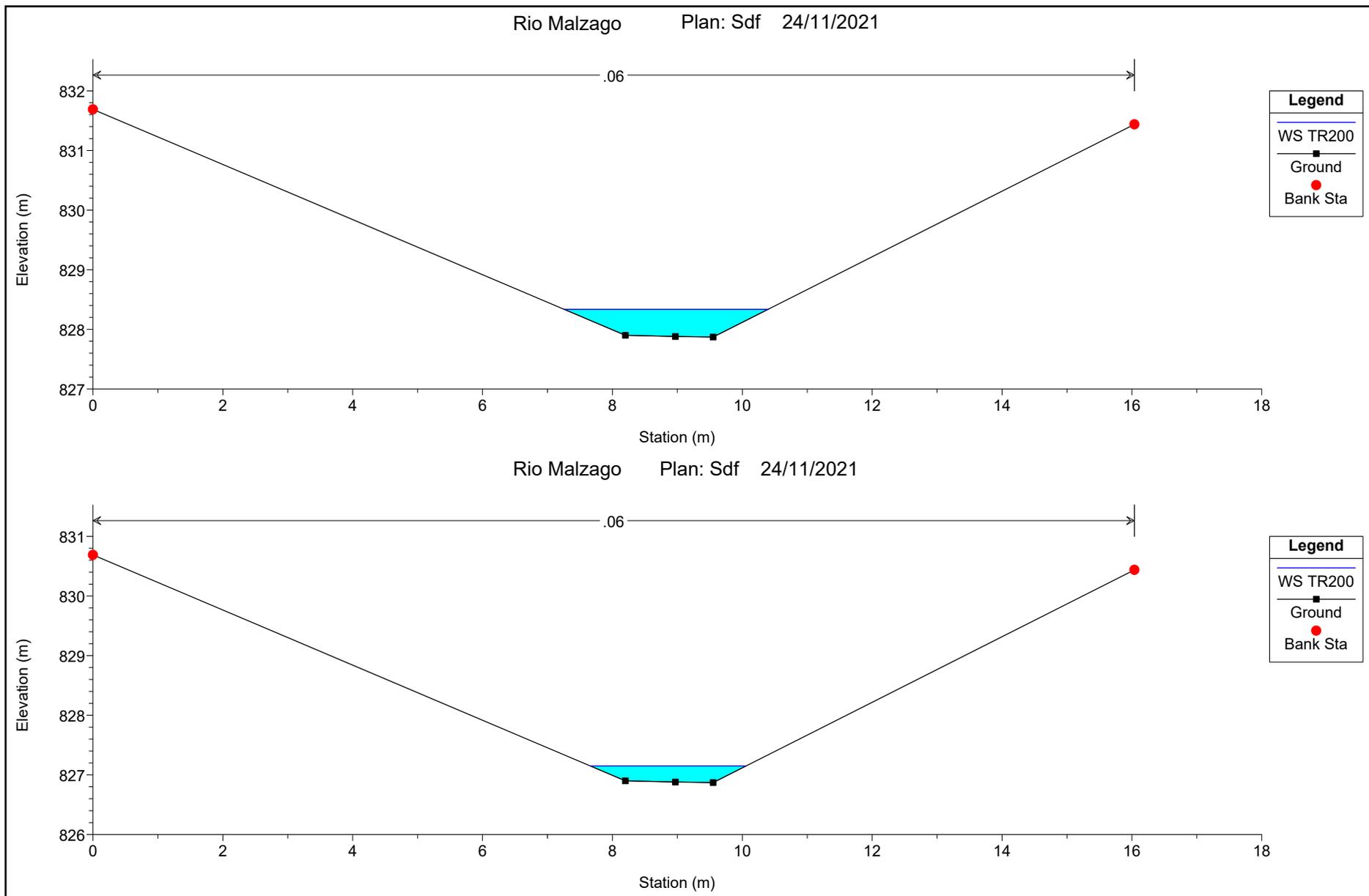
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
B2	13	TR100	2.00	836.93	837.14	837.14	837.19	0.054572	1.04	1.92	18.31	1.02
B2	12.1	TR100	2.00	831.36	831.55	831.86	835.37	5.874577	8.65	0.23	2.27	8.65
B2	12	TR100	2.00	830.36	830.56	830.86	834.13	5.301042	8.37	0.24	2.28	8.25
B2	11.1	TR100	2.00	829.70	830.10	830.19	830.39	0.133751	2.41	0.83	3.19	1.51
B2	11	TR100	2.00	828.70	828.95	829.19	830.19	0.995008	4.95	0.40	2.41	3.85
B2	10	TR100	2.00	828.38	828.78	828.84	829.03	0.069035	2.24	0.89	3.00	1.31
B2	9.1	TR100	2.00	827.87	828.28	828.36	828.56	0.110632	2.34	0.86	2.93	1.38
B2	9	TR100	2.00	826.87	827.11	827.36	828.36	0.922812	4.95	0.40	2.24	3.72
B2	8.1	TR100	2.00	824.38	824.82	824.87	825.05	0.086582	2.15	0.93	2.99	1.23
B2	8	TR100	2.00	823.38	823.62	823.87	824.89	0.994248	5.01	0.40	2.31	3.84
B2	7.1	TR100	2.00	821.74	822.24	822.25	822.44	0.062129	1.97	1.02	2.75	1.03
B2	7	TR100	2.00	820.74	821.00	821.25	822.17	0.836004	4.81	0.42	2.17	3.50
B2	6	TR100	2.00	819.91	820.30	820.38	820.59	0.079440	2.39	0.84	2.80	1.40
B2	5	TR100	2.00	817.32	817.44	817.77	818.67	0.518390	1.39	0.41	1.20	1.76
B2	4	TR100	2.00	816.39	817.81	816.93	817.83	0.002293	0.61	3.26	3.13	0.19
B2	3.5		Culvert									
B2	3	TR100	2.00	812.40	813.87	812.76	813.87	0.000092	0.19	10.35	9.11	0.06
B2	2.5		Culvert									
B2	2	TR100	2.00	807.84	808.22	808.43	809.08	0.589039	4.10	0.49	2.57	3.01
B2	1	TR100	2.00	807.84	808.43	808.43	808.58	0.056871	1.71	1.17	3.99	1.01

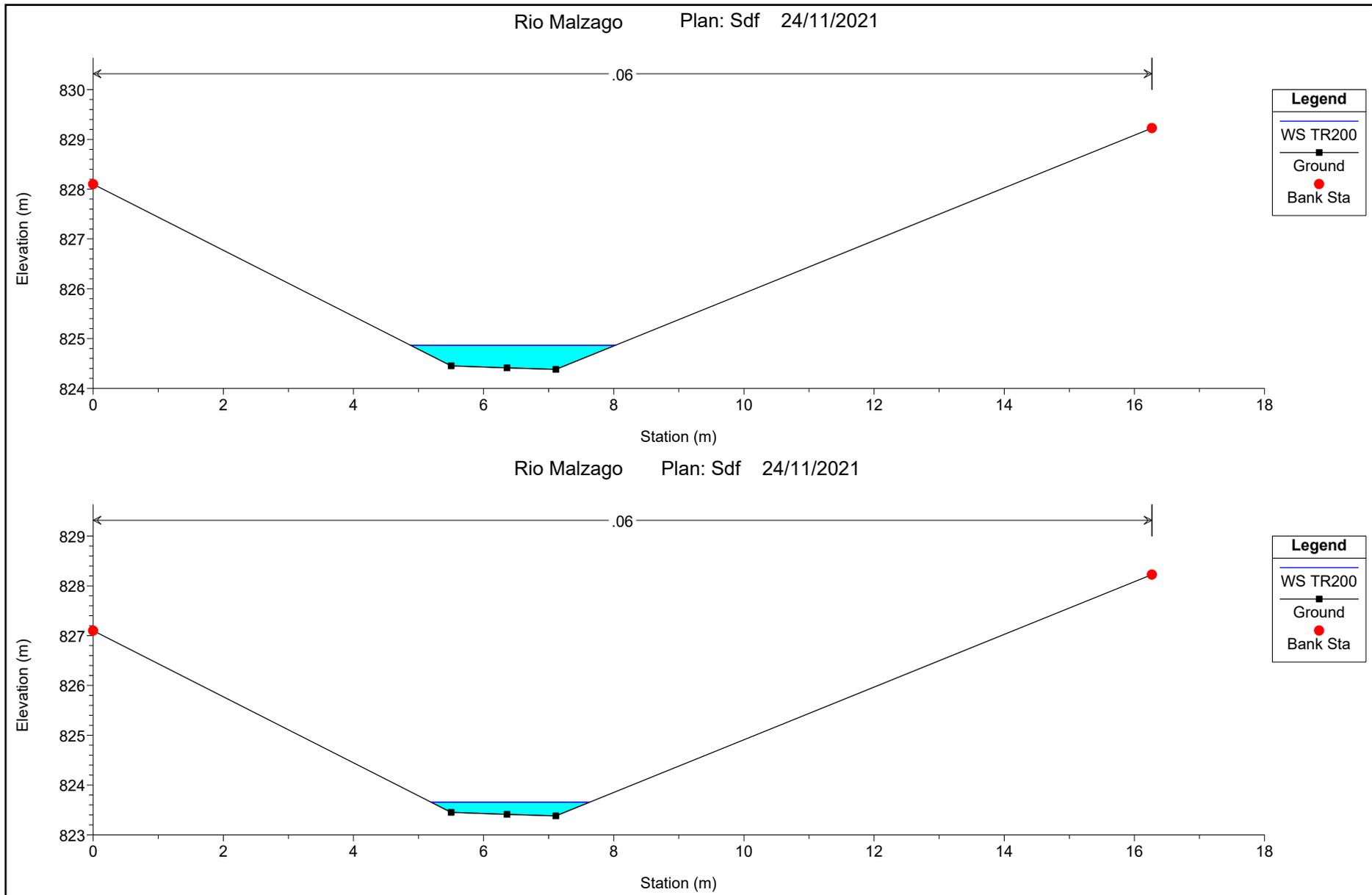


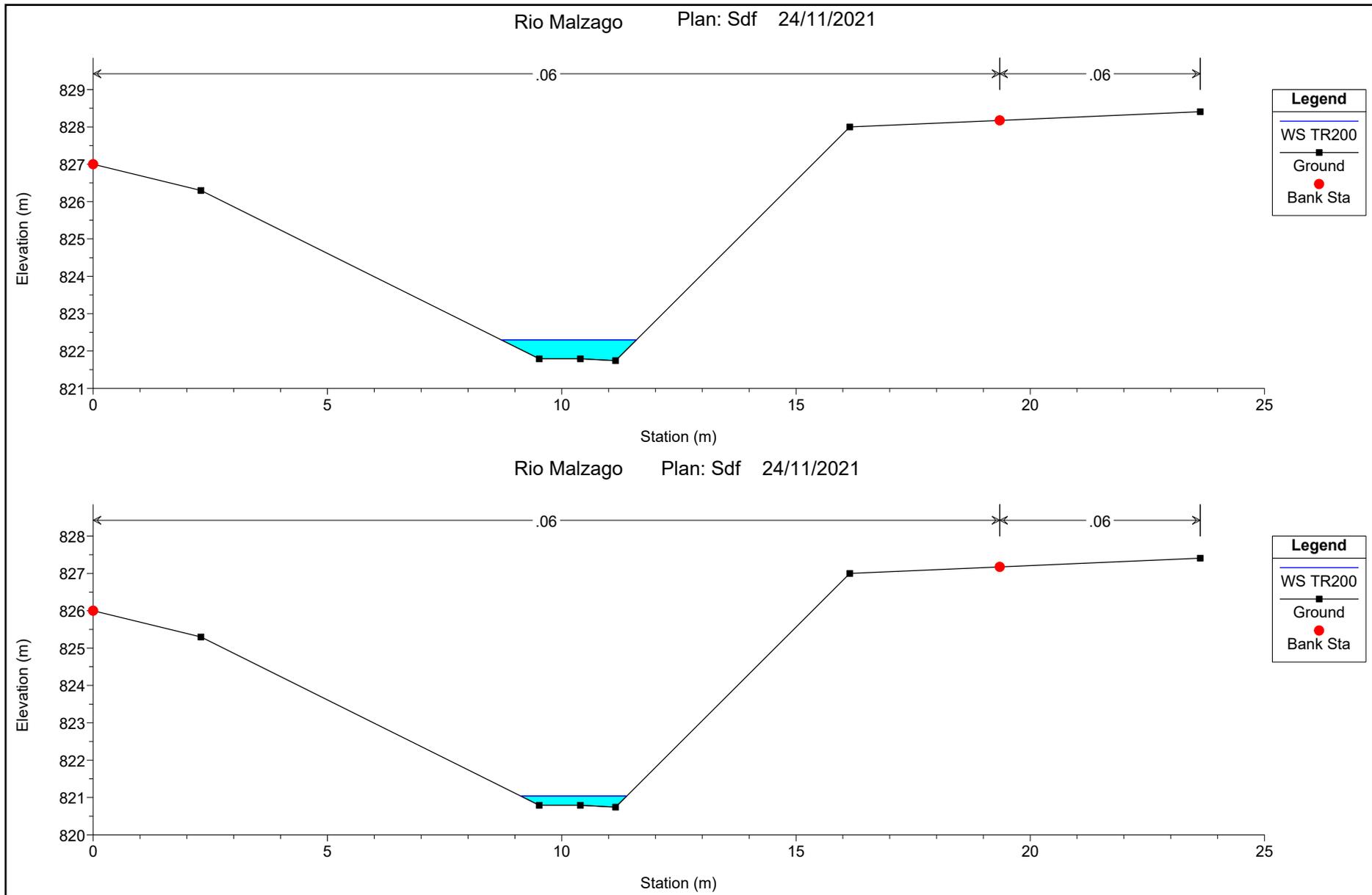


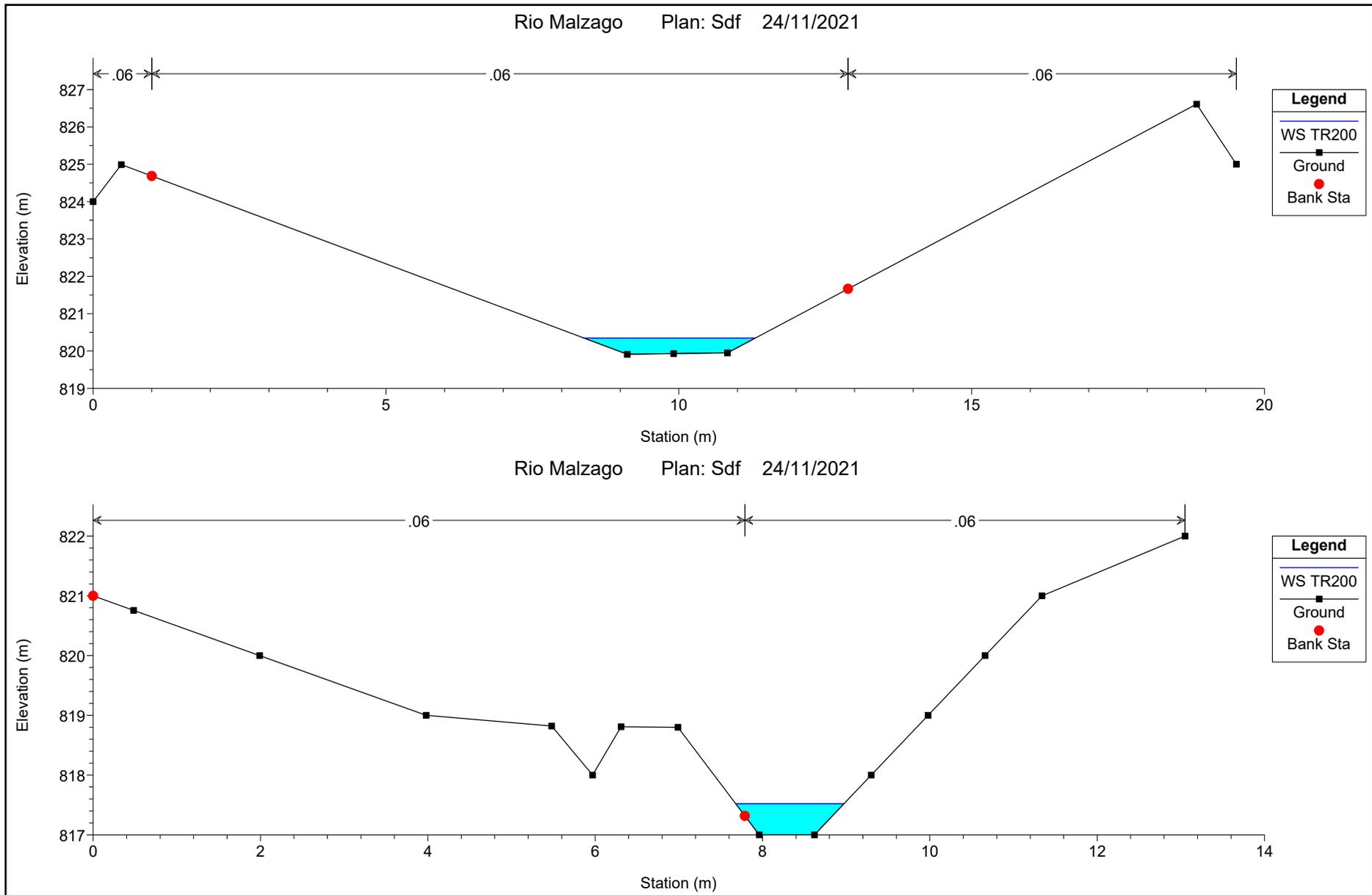


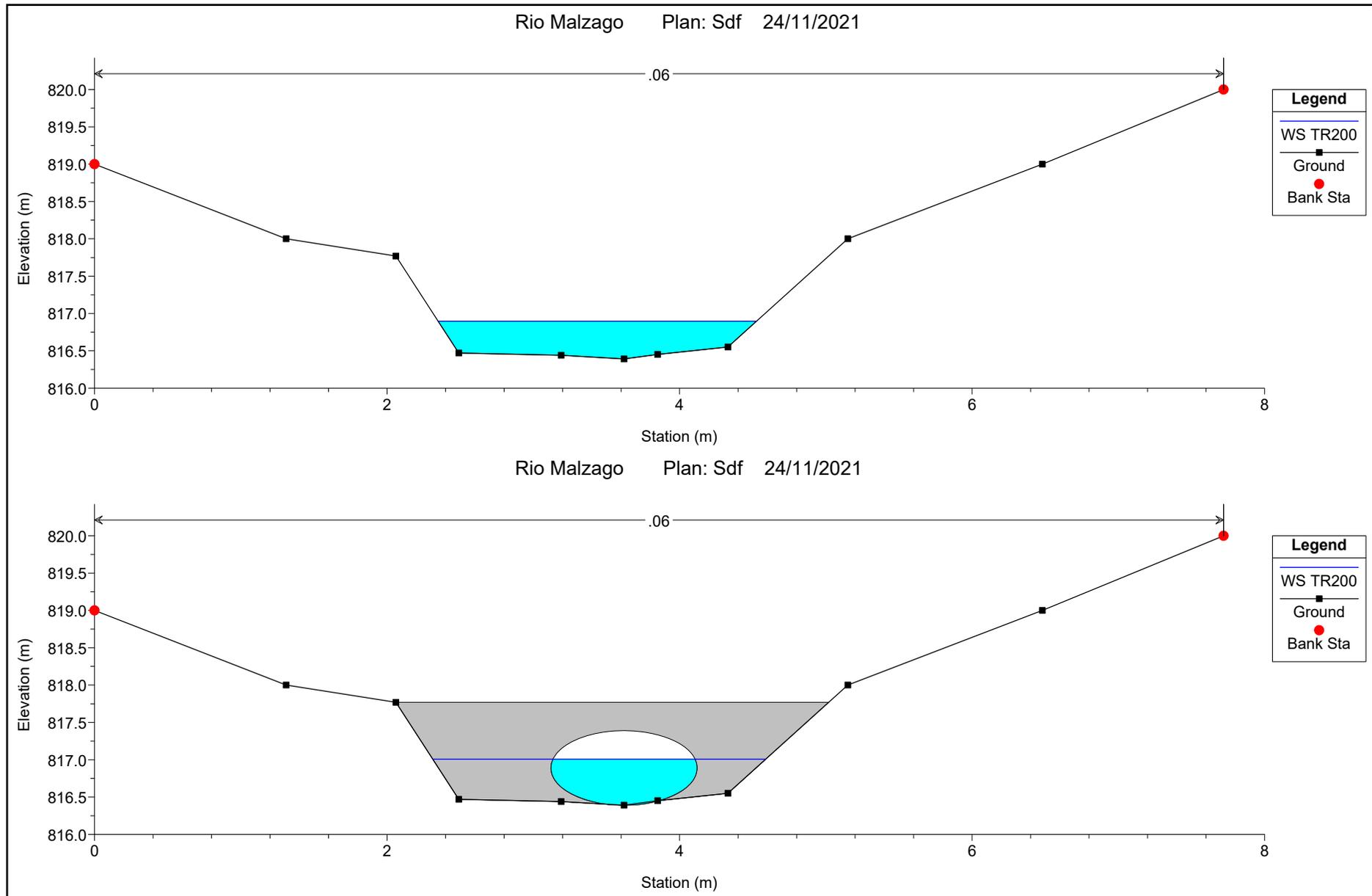


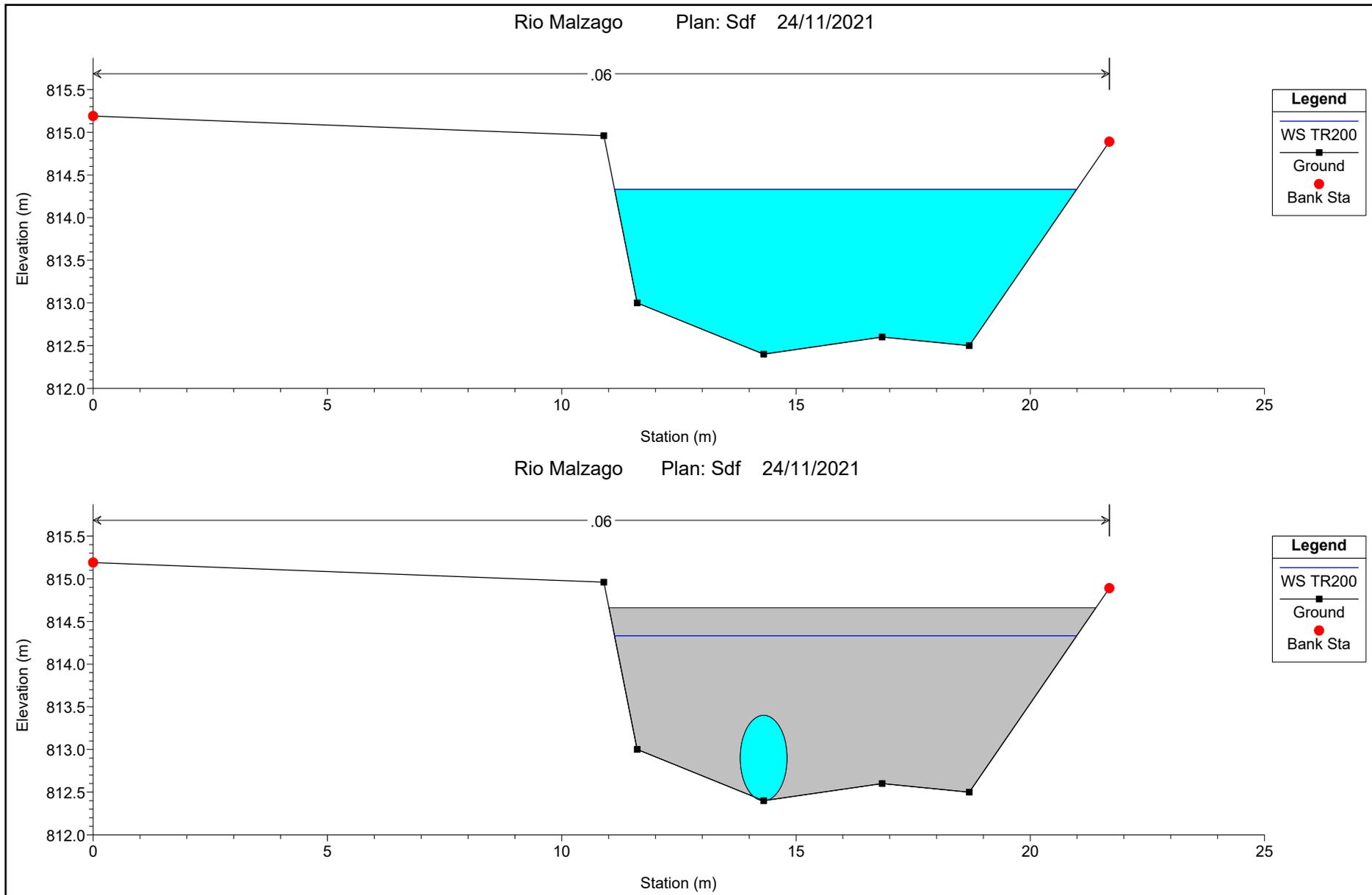


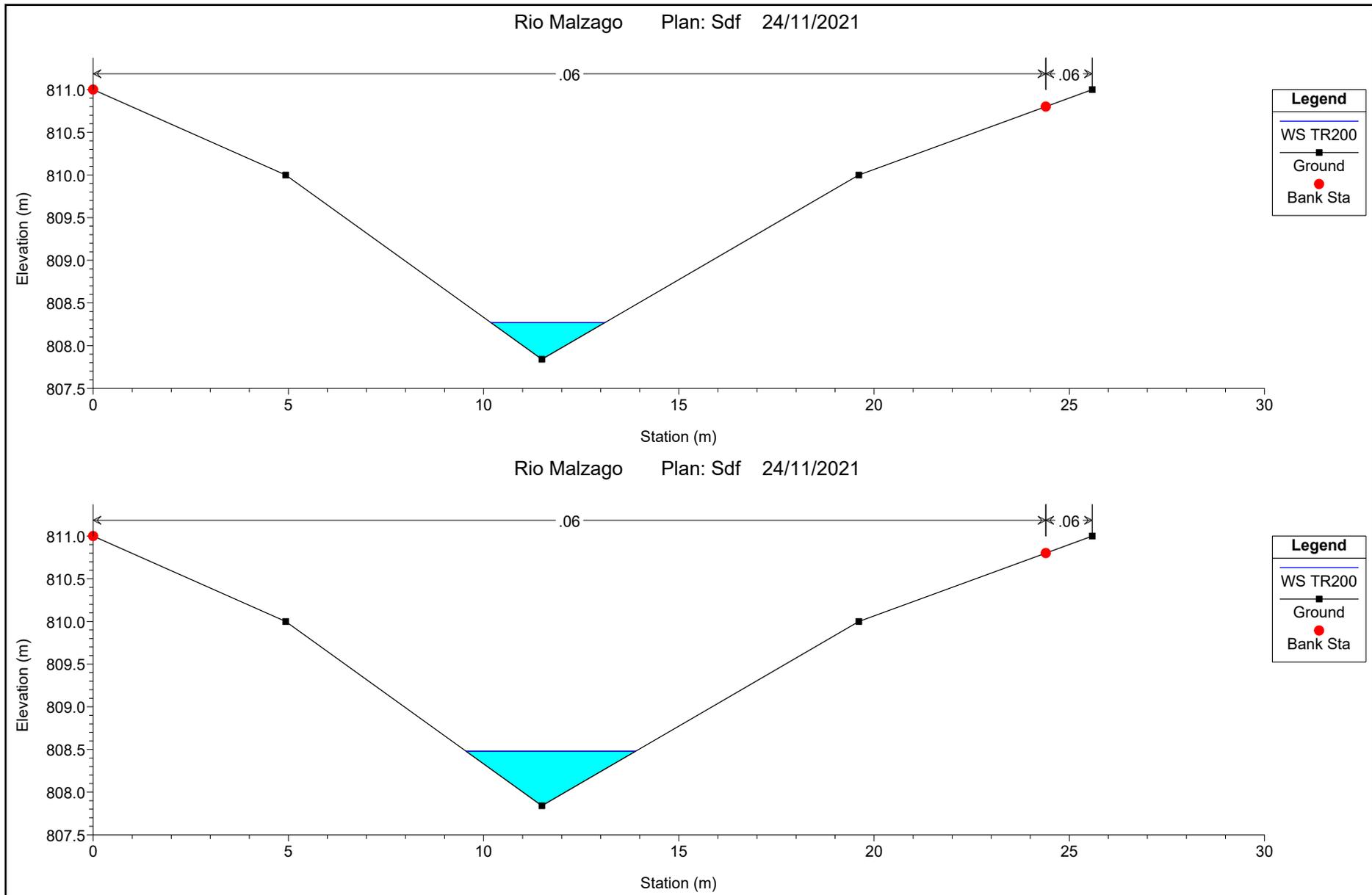








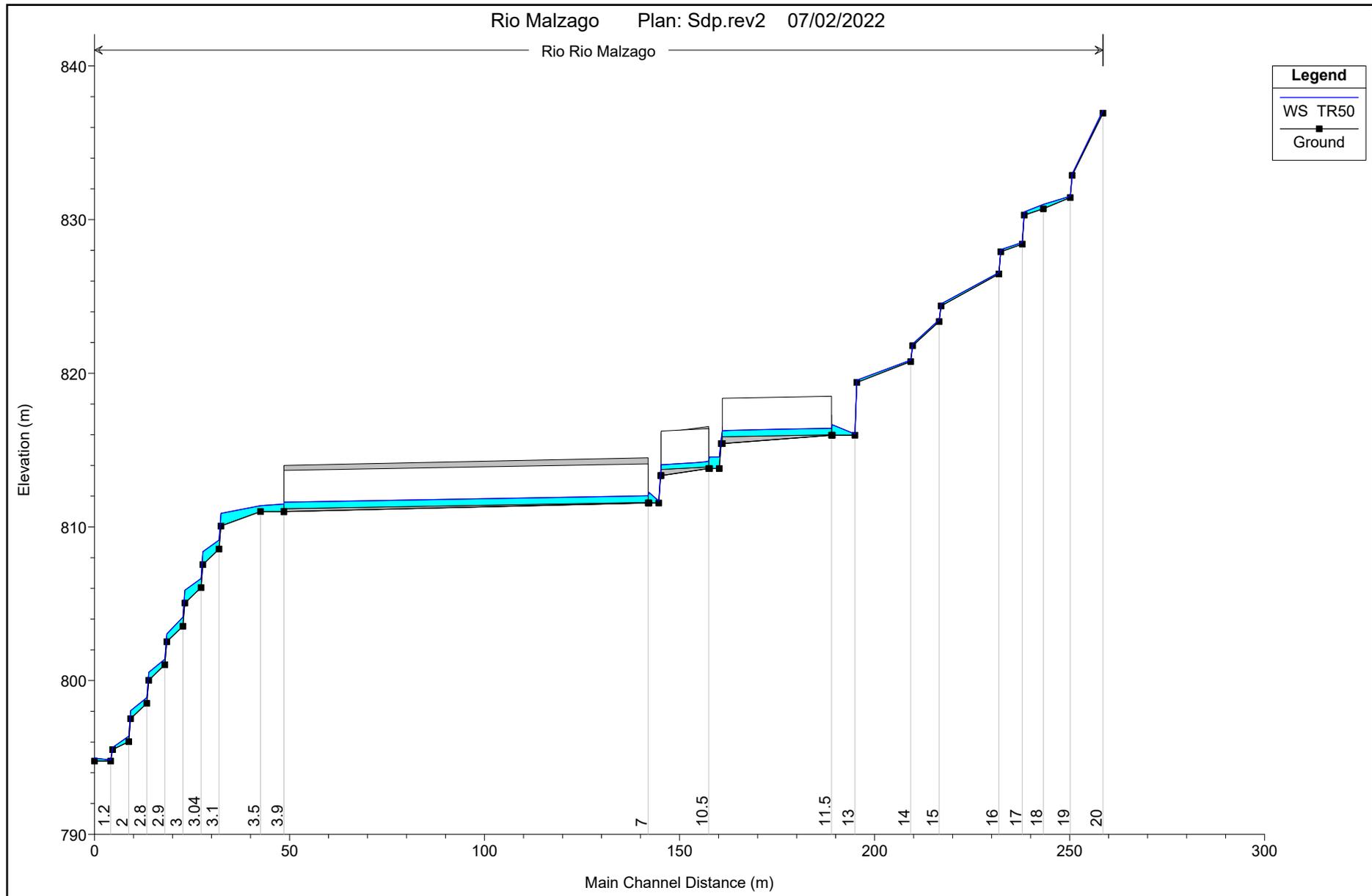


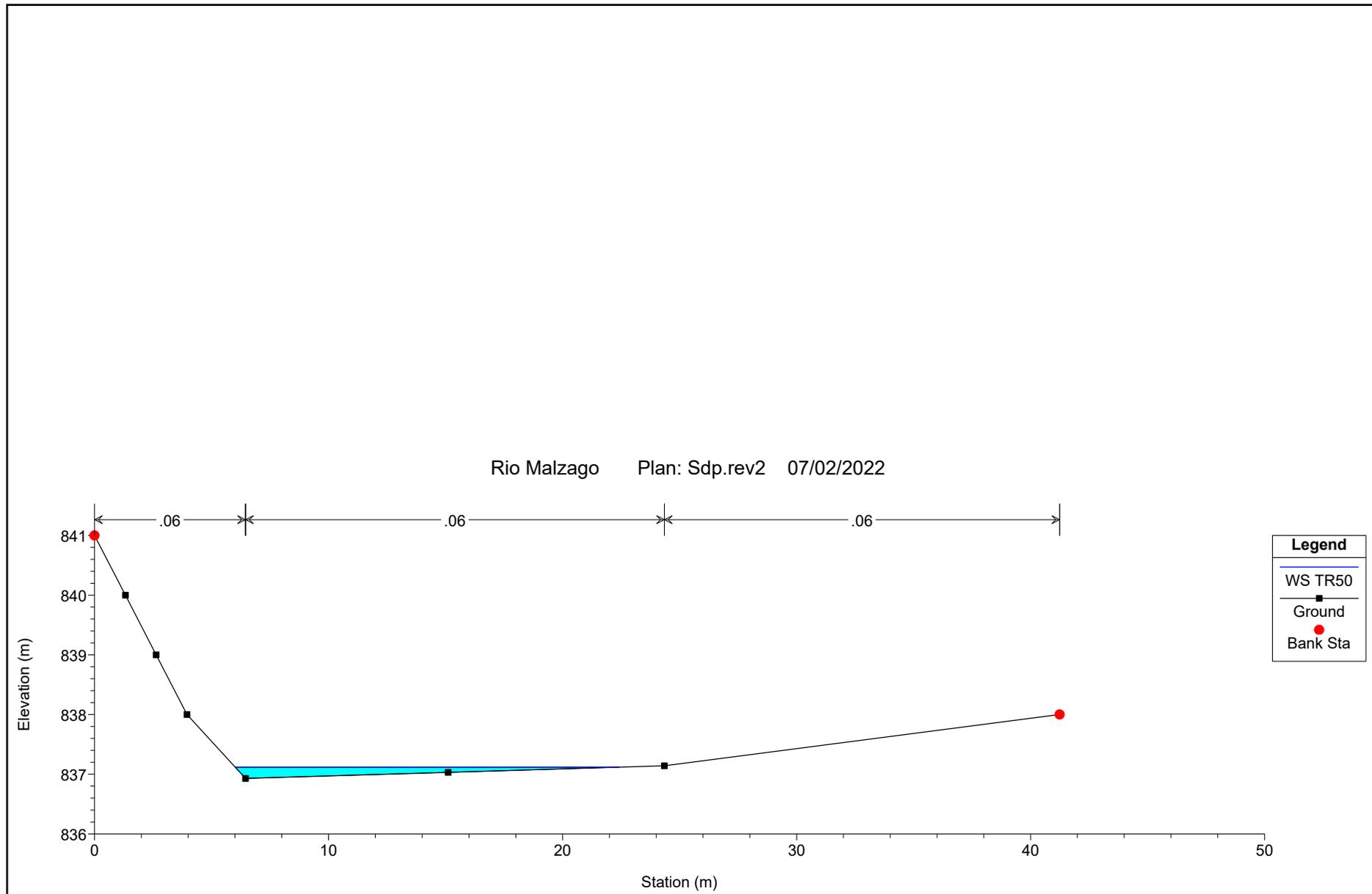


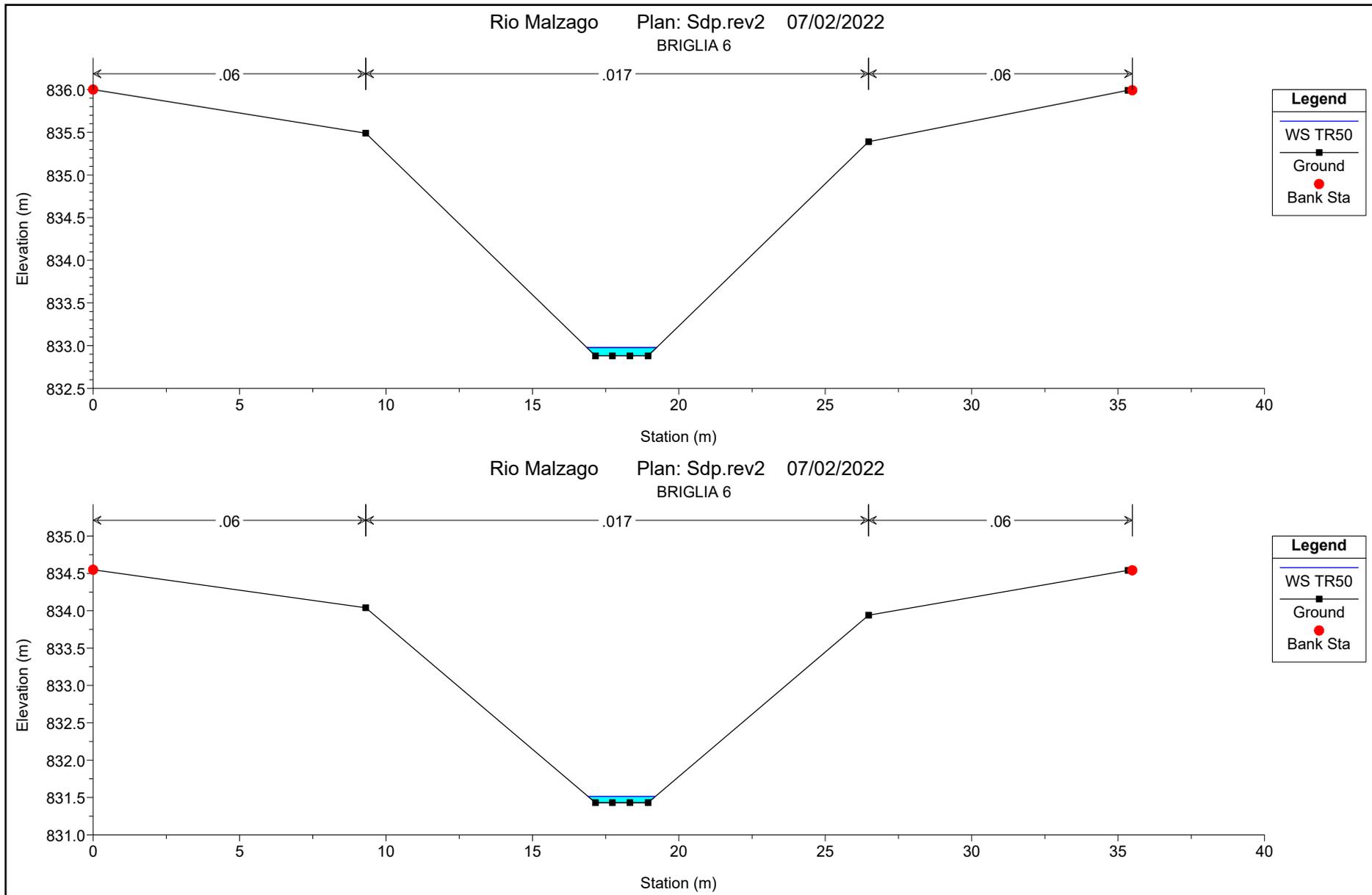
HEC-RAS Plan: Sdf River: Rio Malzago Reach: B2 Profile: TR200

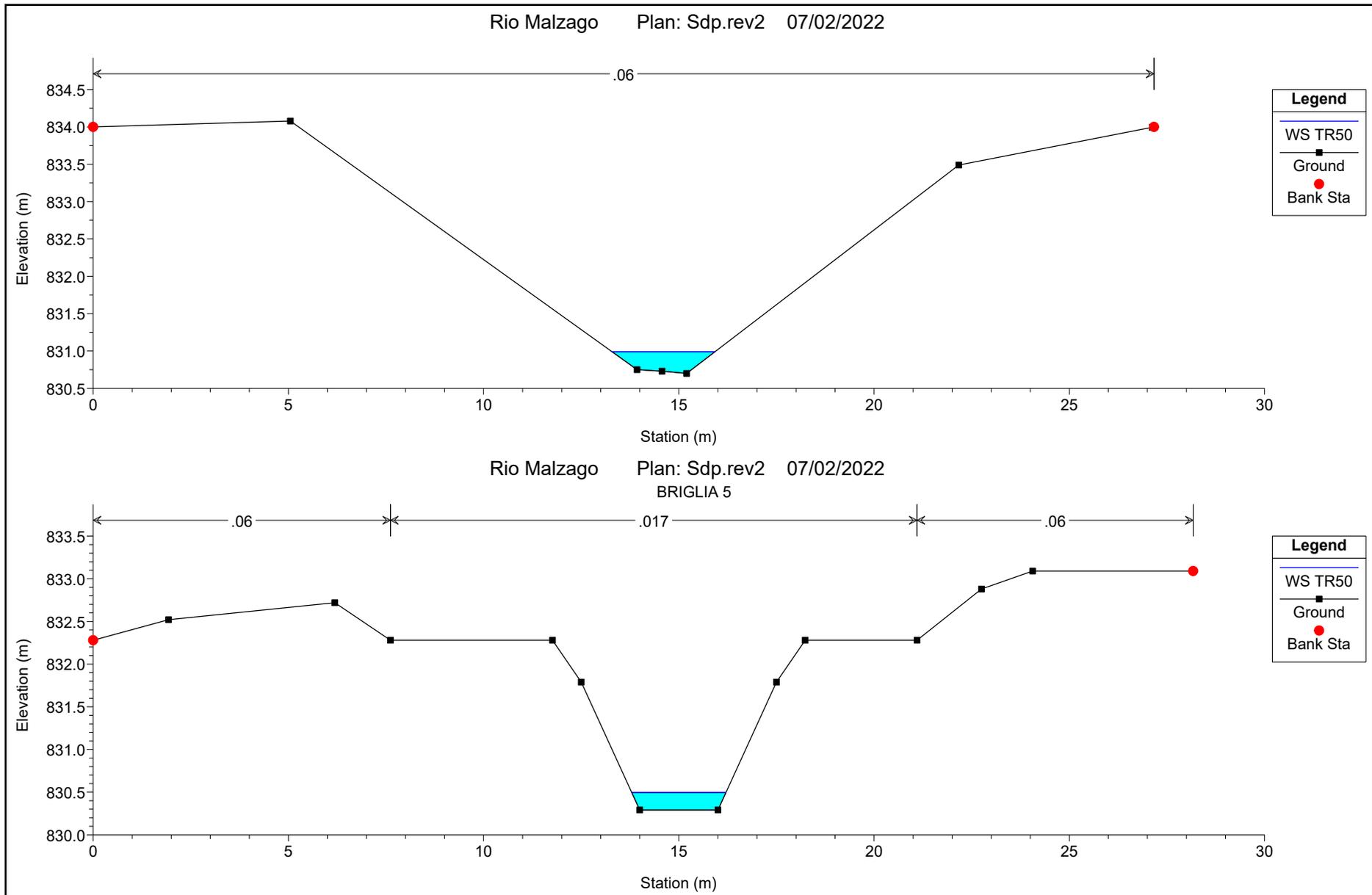
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
B2	13	TR200	2.50	836.93	837.16	837.16	837.22	0.050960	1.10	2.27	18.77	1.01
B2	12.1	TR200	2.50	831.36	831.58	831.92	835.49	4.825997	8.77	0.29	2.36	8.04
B2	12	TR200	2.50	830.36	830.58	830.92	834.48	4.795654	8.75	0.29	2.36	8.02
B2	11.1	TR200	2.50	829.70	830.13	830.24	830.49	0.146172	2.65	0.94	3.37	1.60
B2	11	TR200	2.50	828.70	828.98	829.24	830.29	0.884268	5.06	0.49	2.59	3.70
B2	10	TR200	2.50	828.38	828.82	828.90	829.12	0.071722	2.42	1.03	3.16	1.36
B2	9.1	TR200	2.50	827.87	828.34	828.42	828.65	0.108738	2.47	1.01	3.14	1.39
B2	9	TR200	2.50	826.87	827.15	827.42	828.45	0.805375	5.05	0.49	2.39	3.55
B2	8.1	TR200	2.50	824.38	824.86	824.93	825.14	0.090466	2.33	1.07	3.15	1.27
B2	8	TR200	2.50	823.38	823.65	823.93	824.98	0.854304	5.11	0.49	2.44	3.64
B2	7.1	TR200	2.50	821.74	822.30	822.31	822.53	0.064416	2.13	1.18	2.89	1.06
B2	7	TR200	2.50	820.74	821.04	821.32	822.26	0.713431	4.90	0.51	2.27	3.30
B2	6	TR200	2.50	819.91	820.35	820.44	820.69	0.083084	2.60	0.96	2.92	1.44
B2	5	TR200	2.50	817.32	817.52	817.87	818.79	0.445757	1.77	0.51	1.29	1.77
B2	4	TR200	2.50	816.39	816.90	817.01	817.31	0.130006	2.84	0.88	2.18	1.43
B2	3.5		Culvert									
B2	3	TR200	2.50	812.40	814.33	812.79	814.33	0.000051	0.17	14.78	9.86	0.04
B2	2.5		Culvert									
B2	2	TR200	2.50	807.84	808.27	808.48	809.08	0.472415	3.99	0.63	2.92	2.75
B2	1	TR200	2.50	807.84	808.48	808.48	808.64	0.055983	1.79	1.39	4.35	1.01

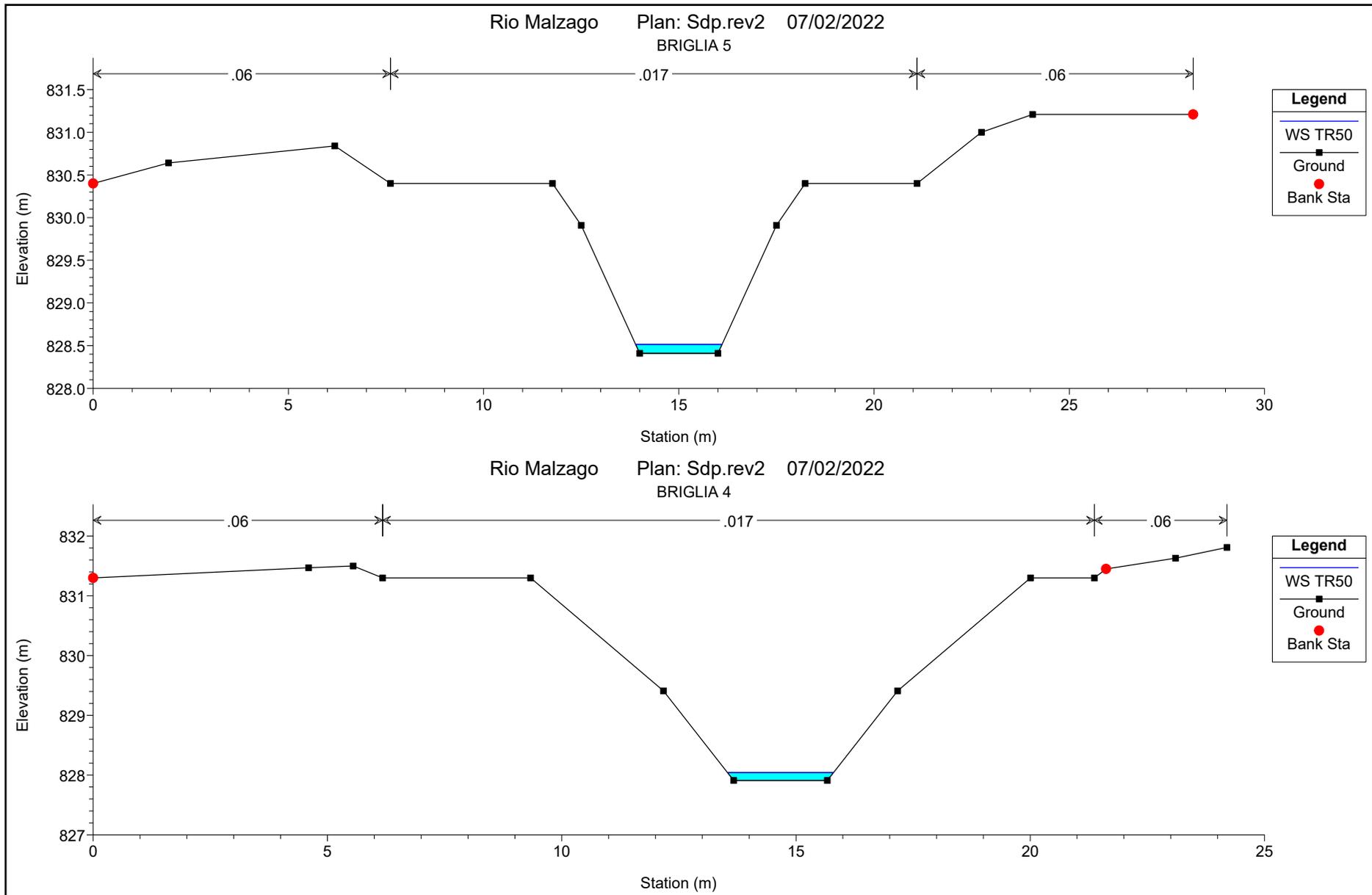
*1.2 RISULTATI SIMULAZIONI DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE - RIO MALZAGO B2 -
POST OPERAM*

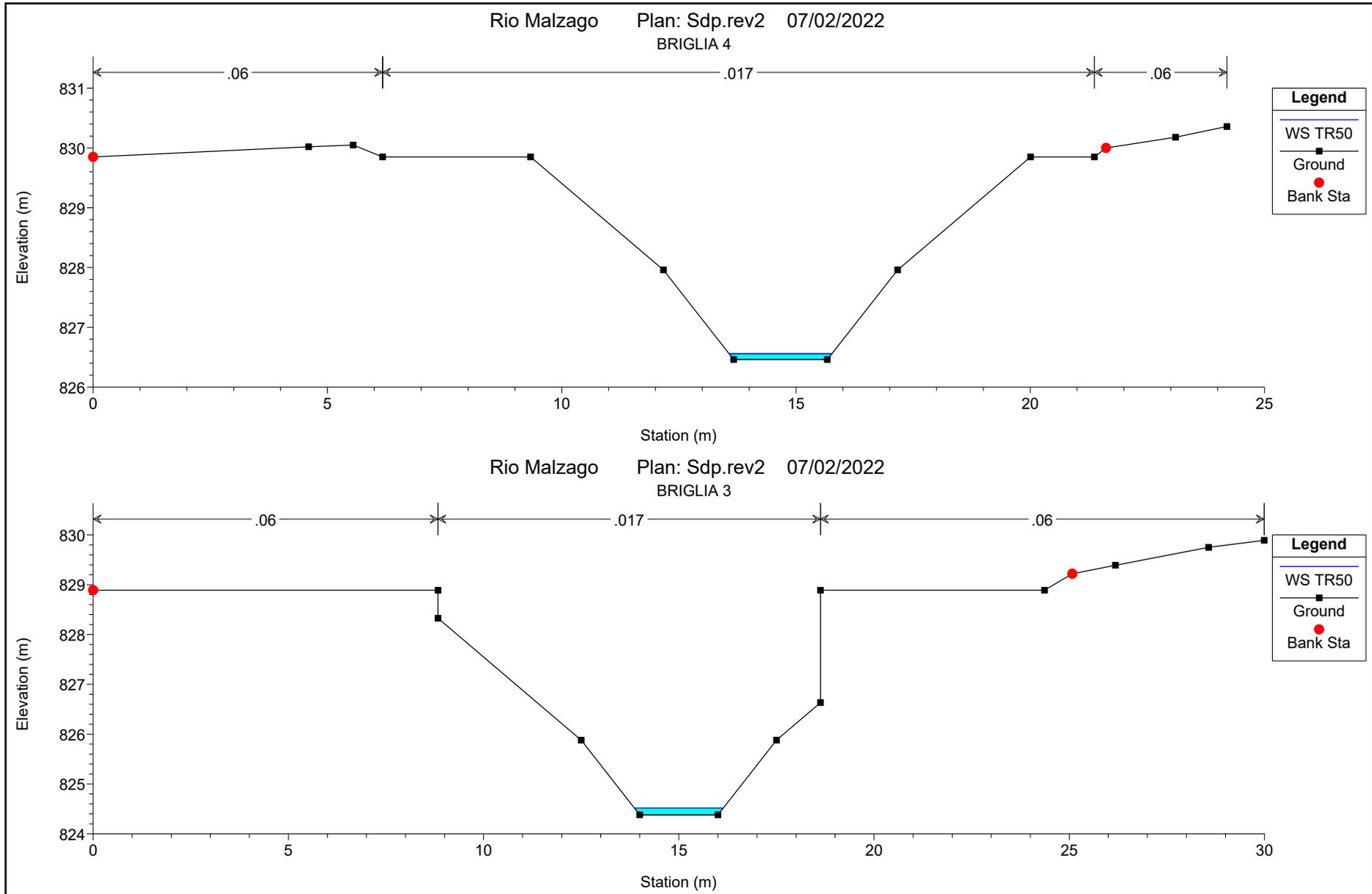


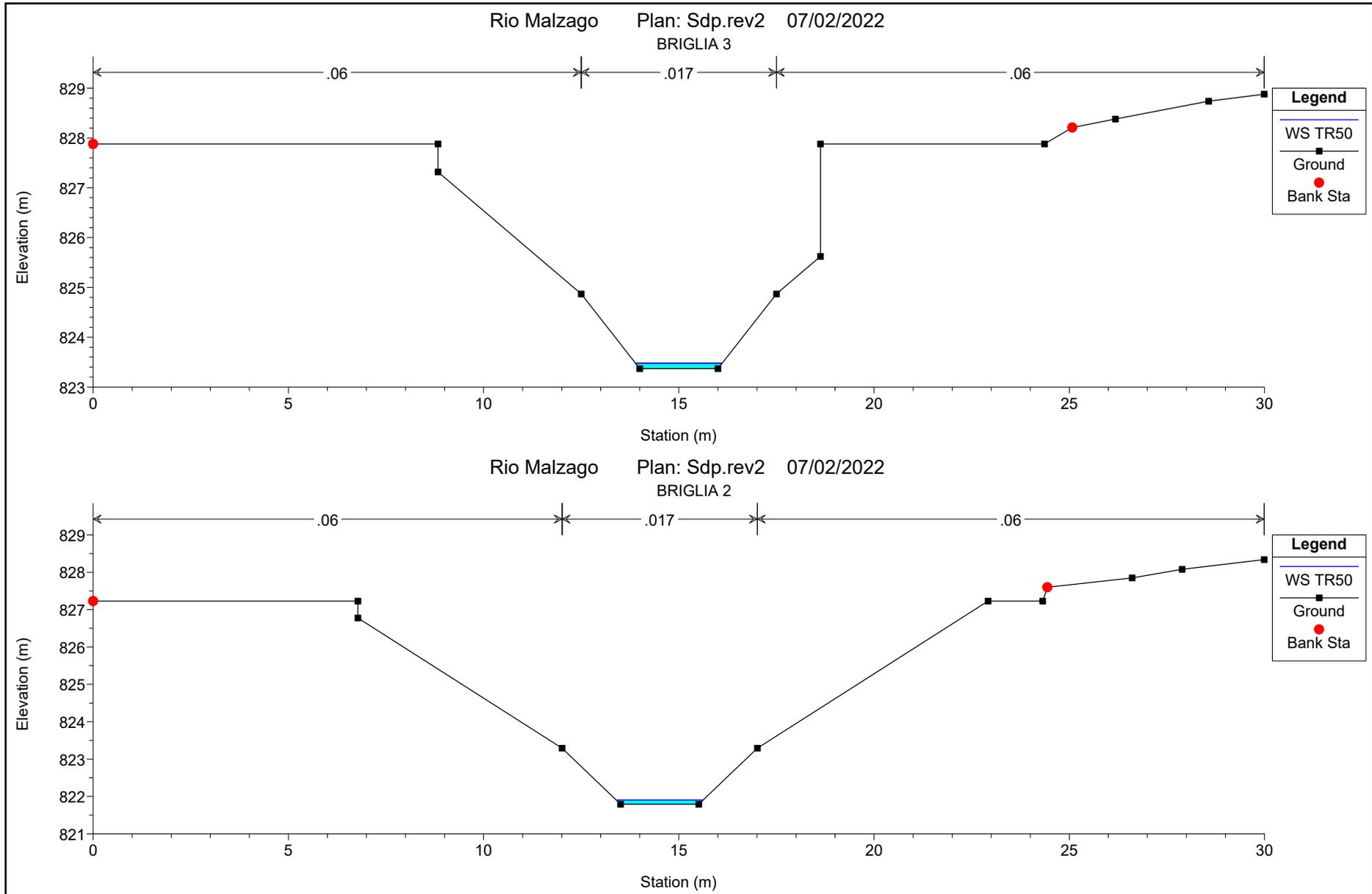


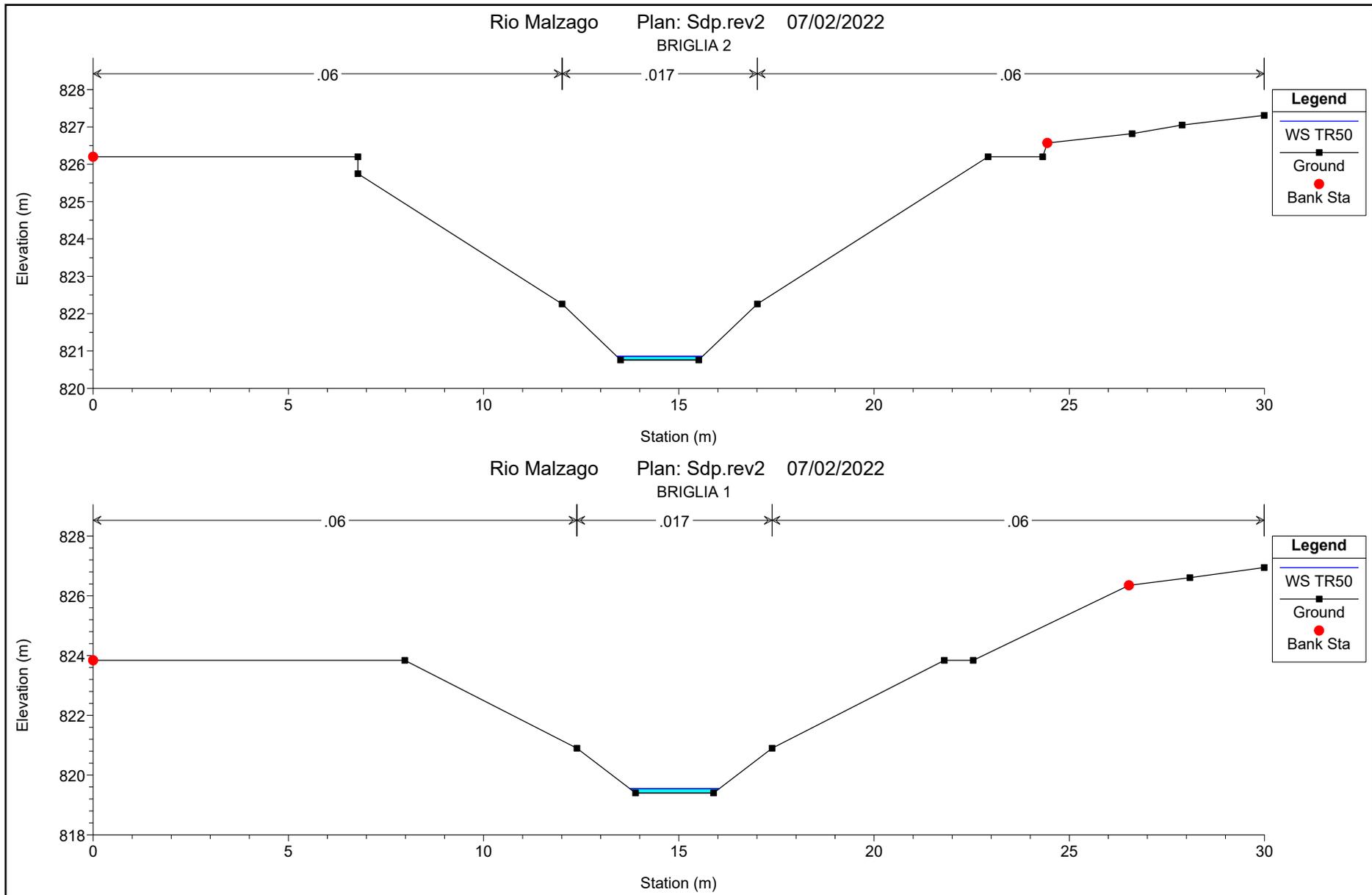


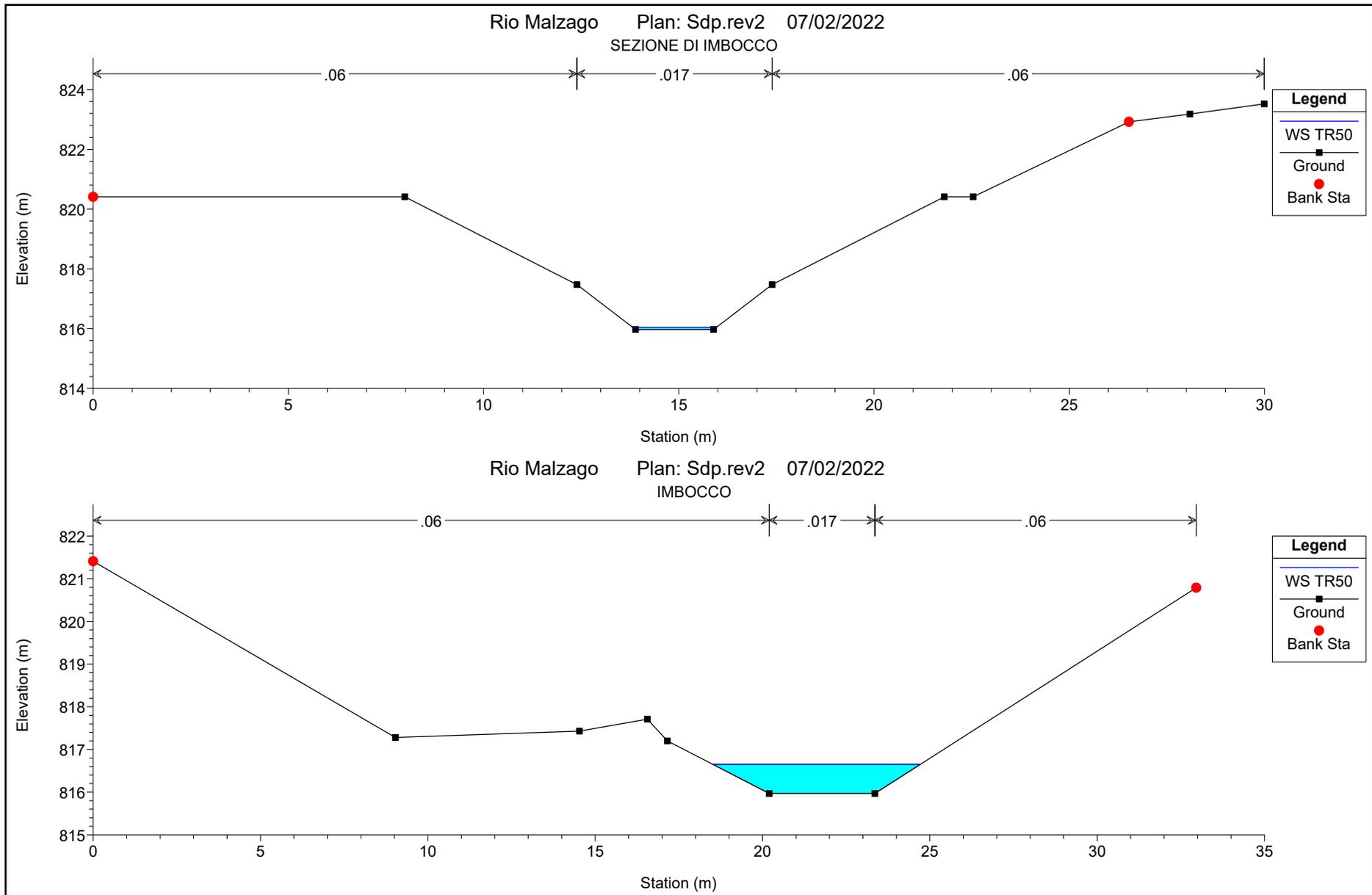


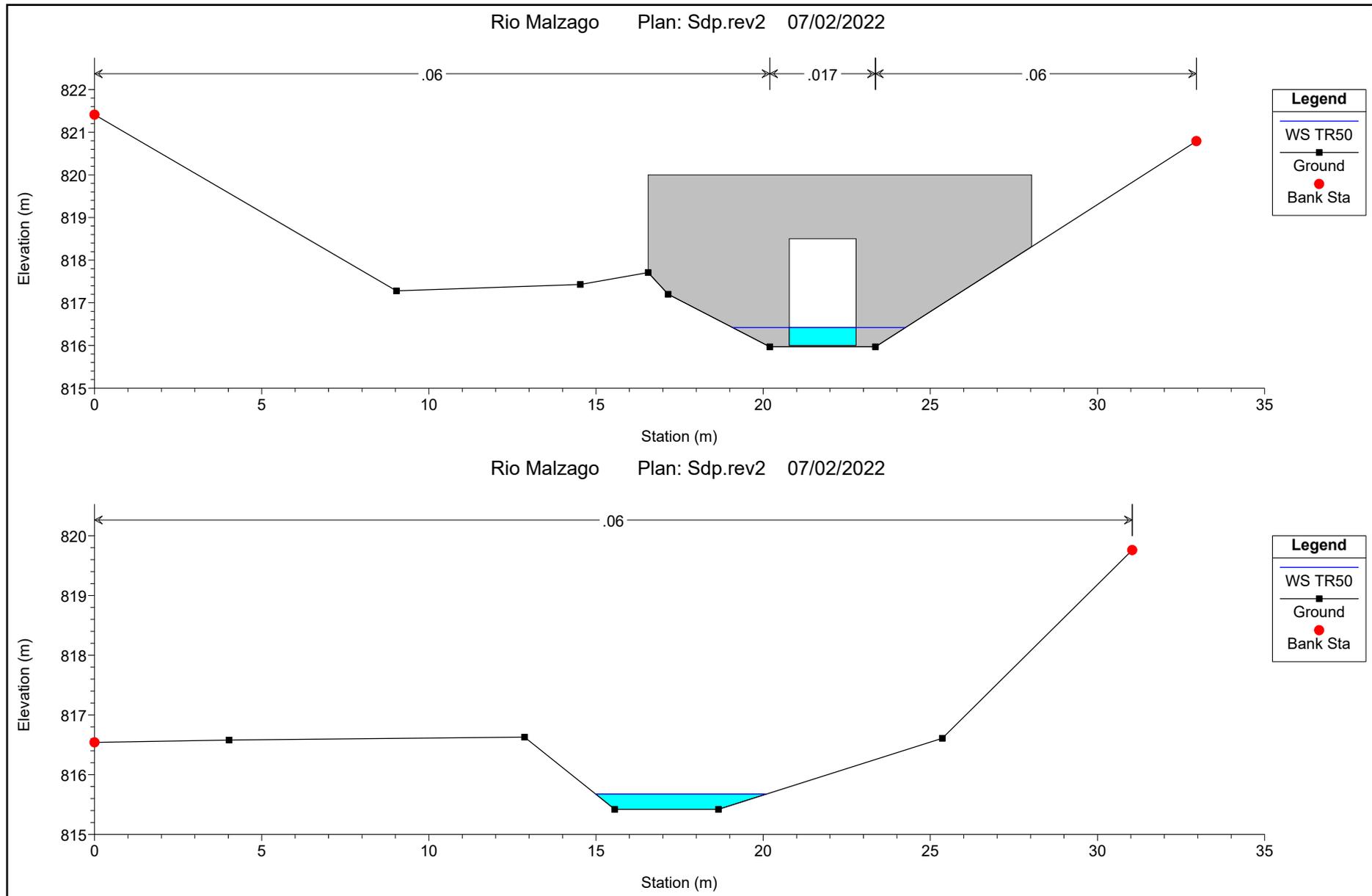


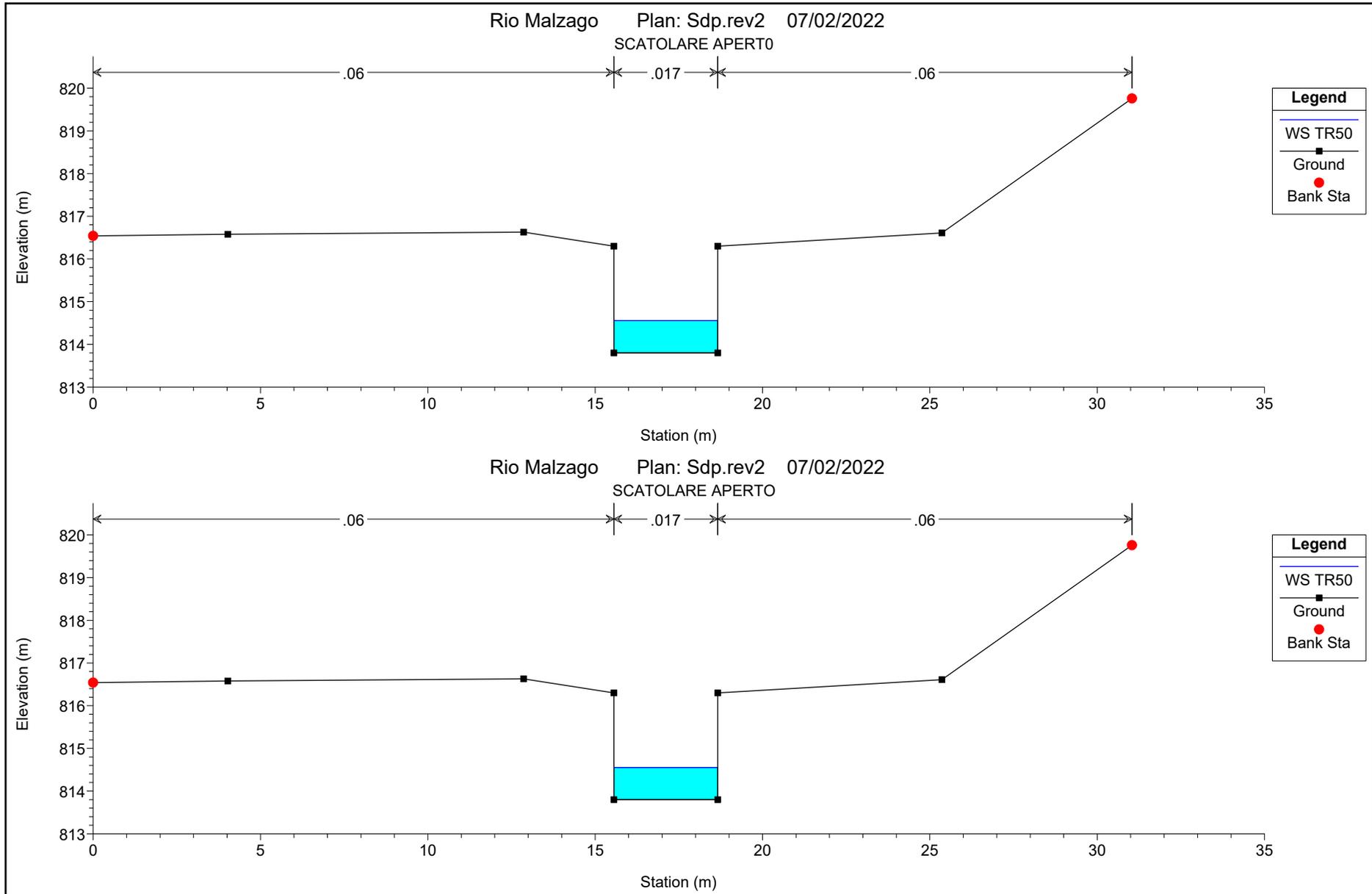


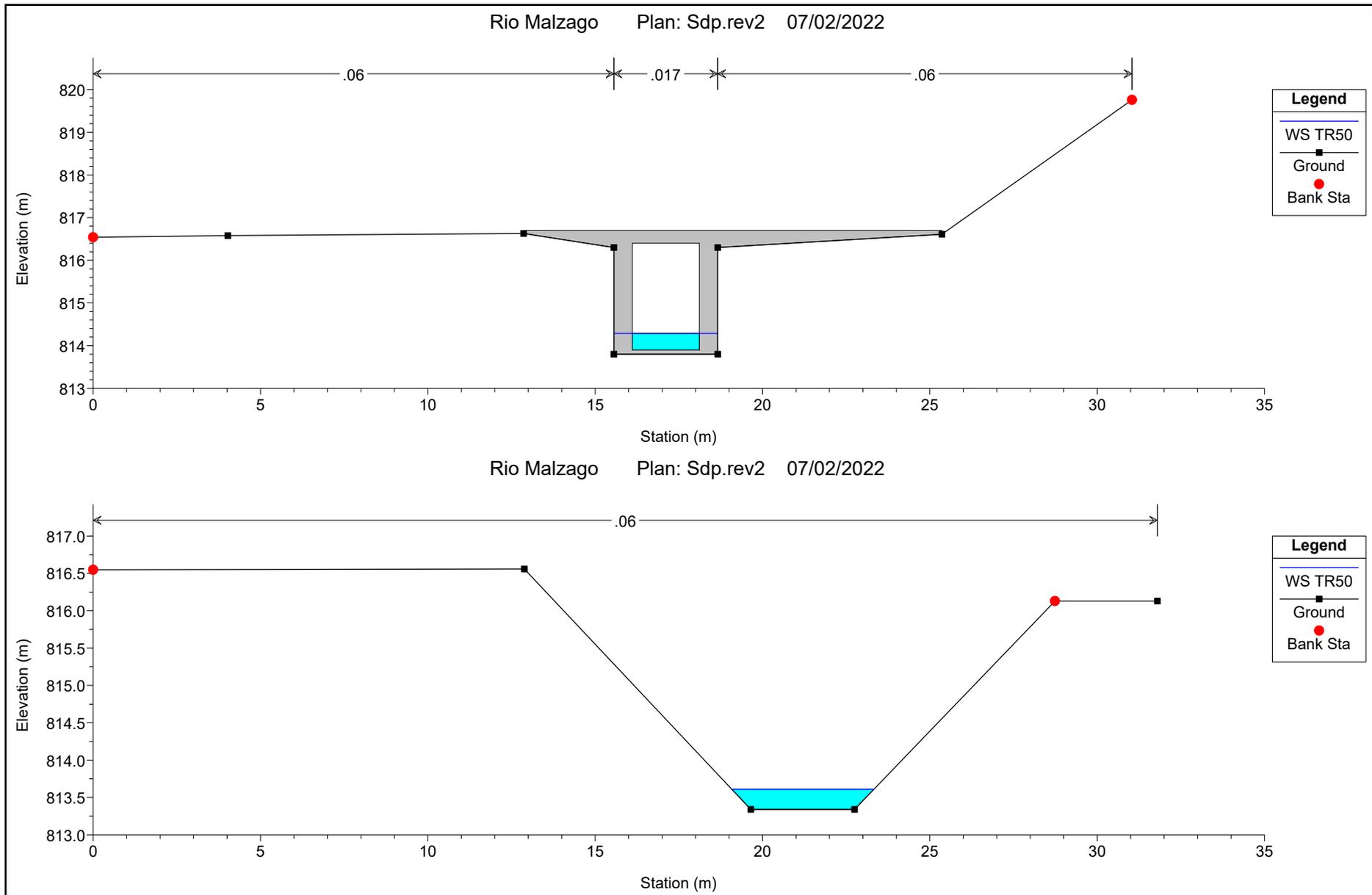


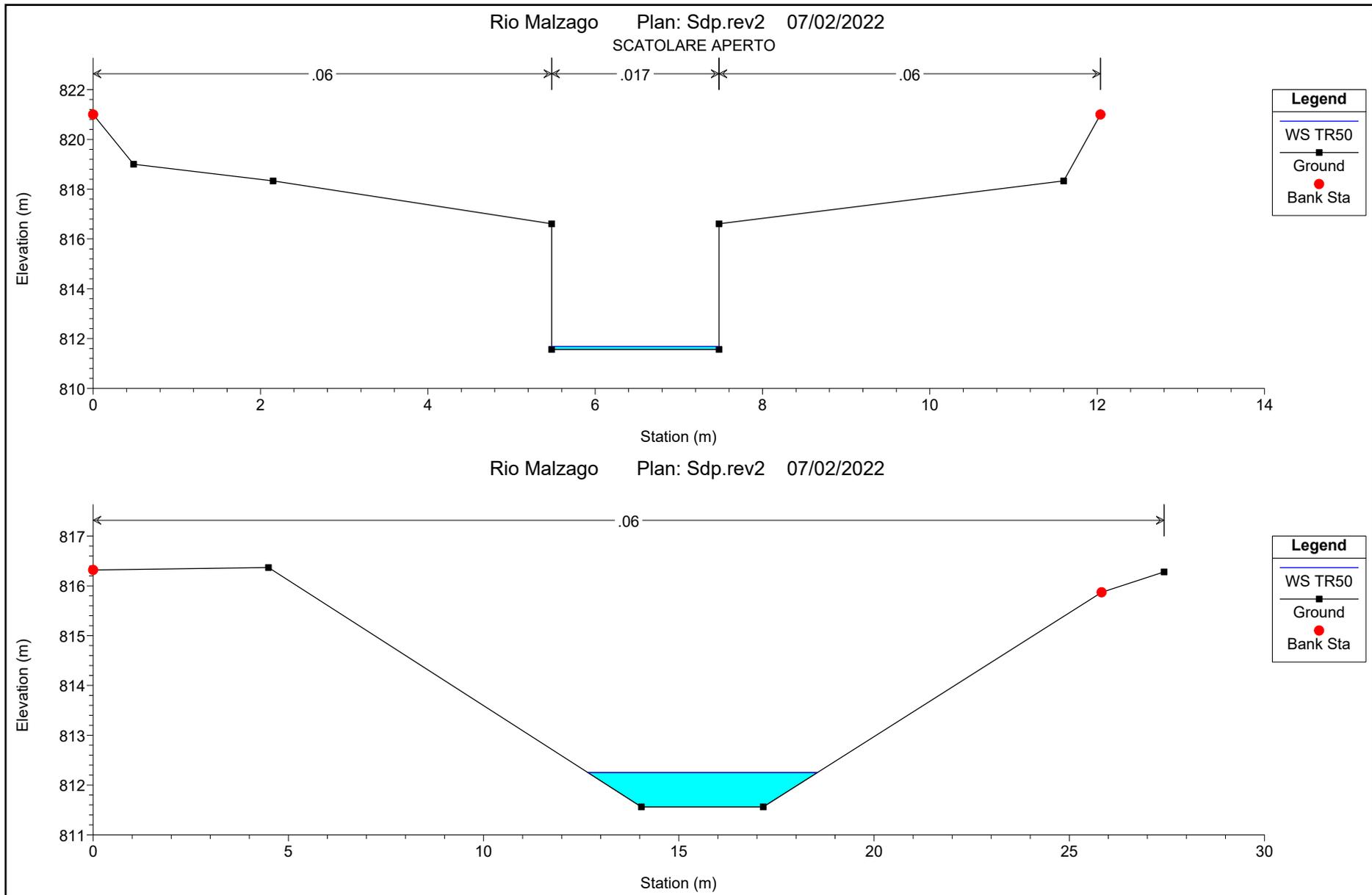


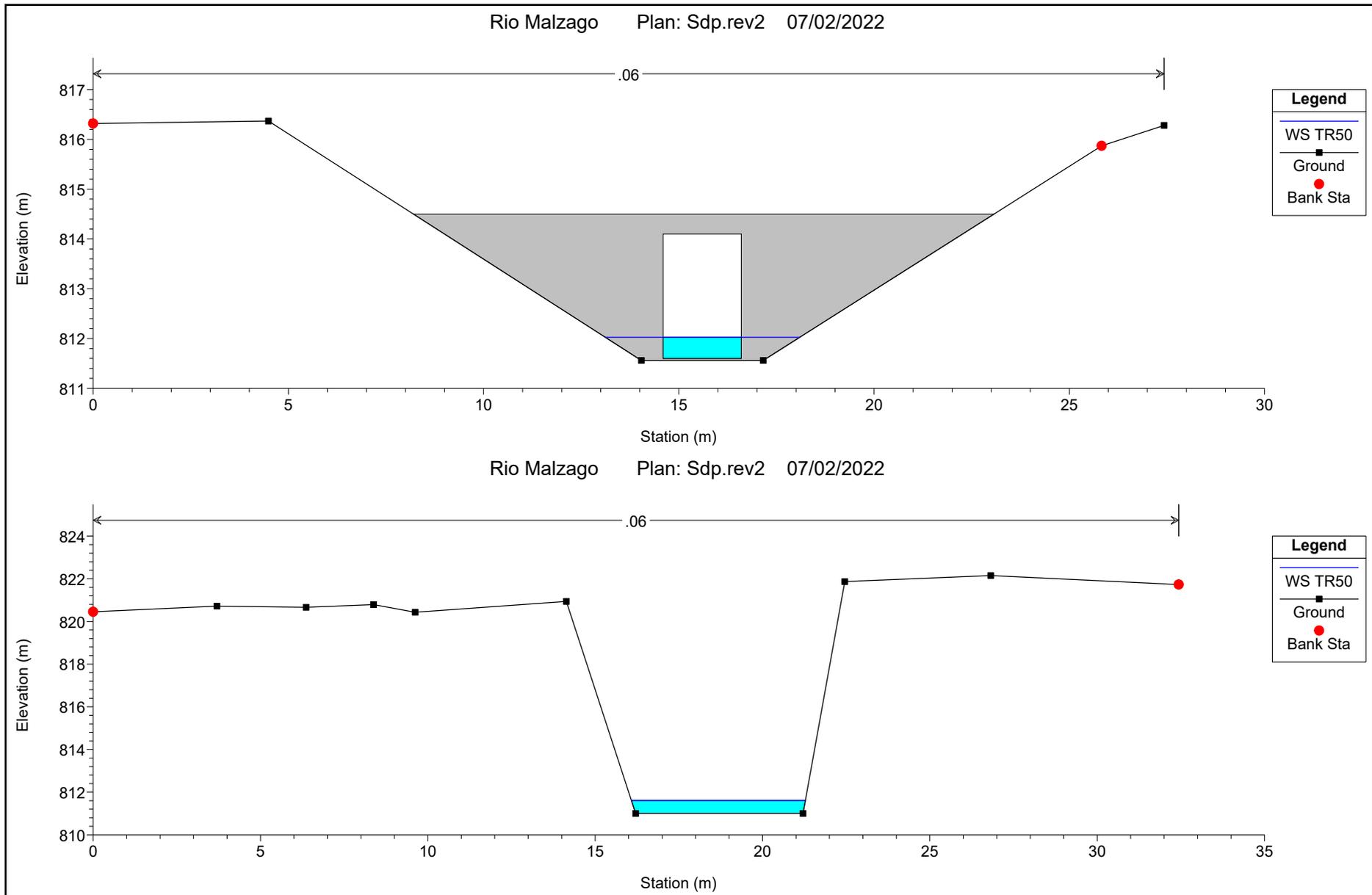


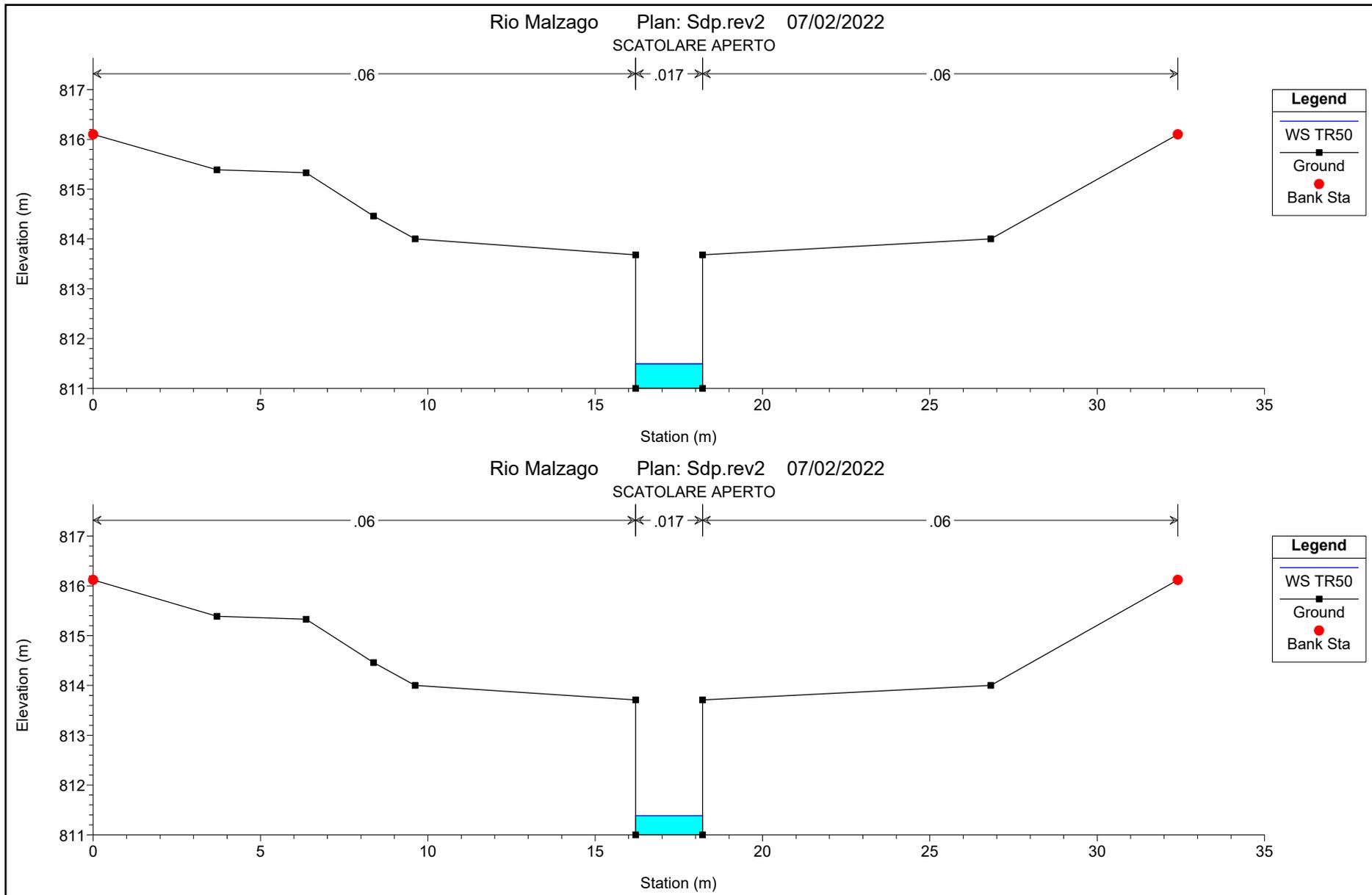


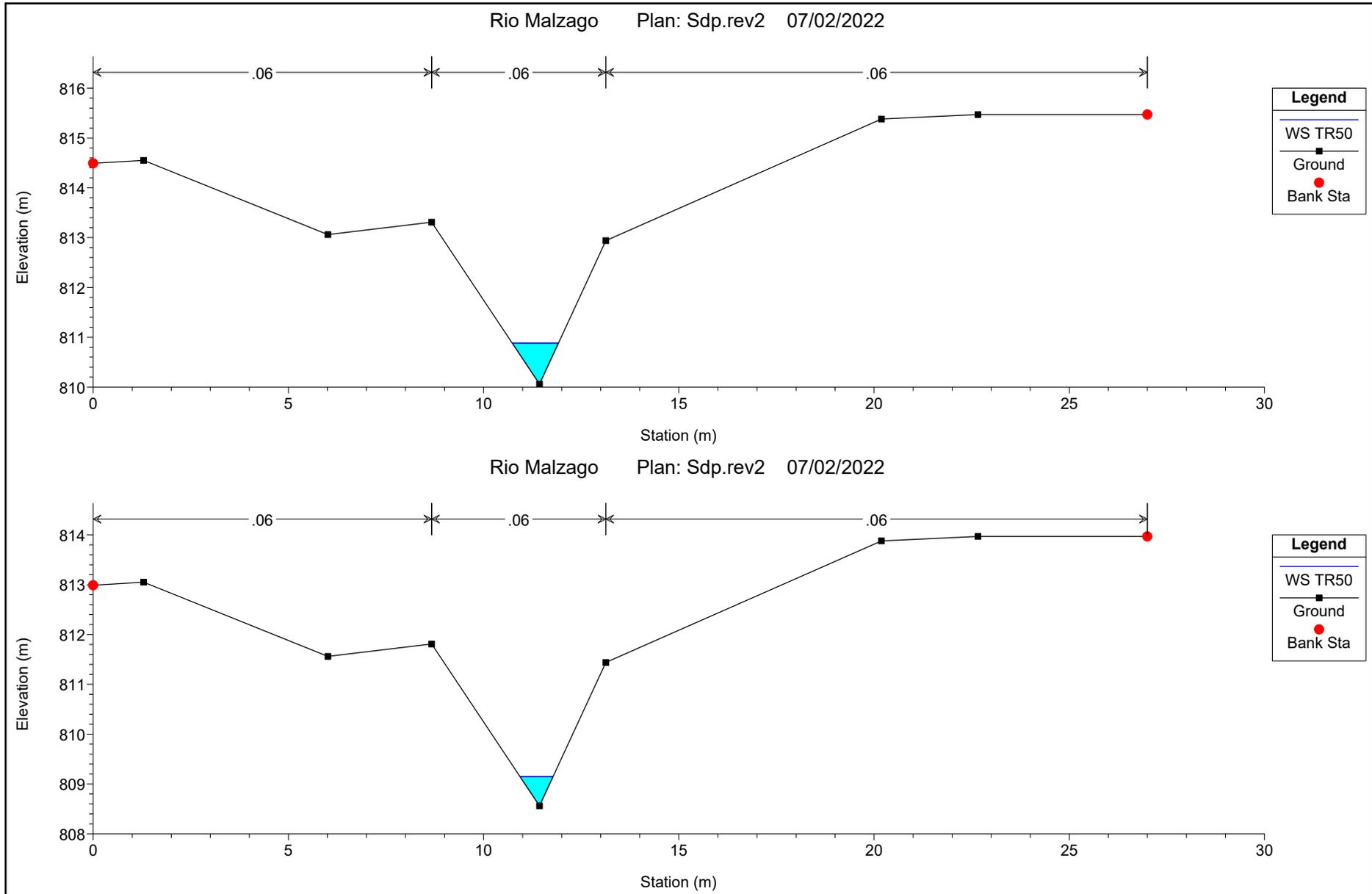


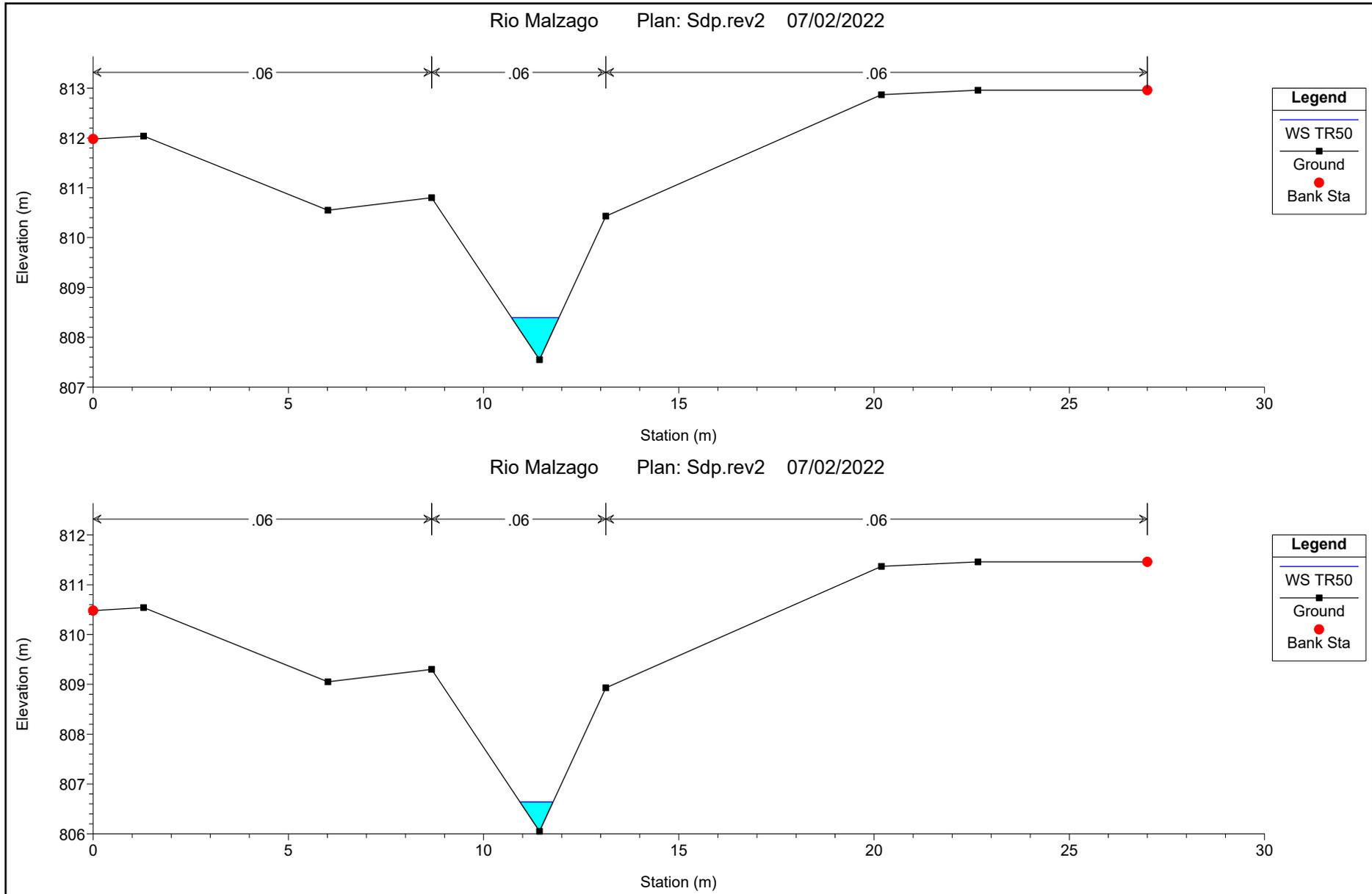


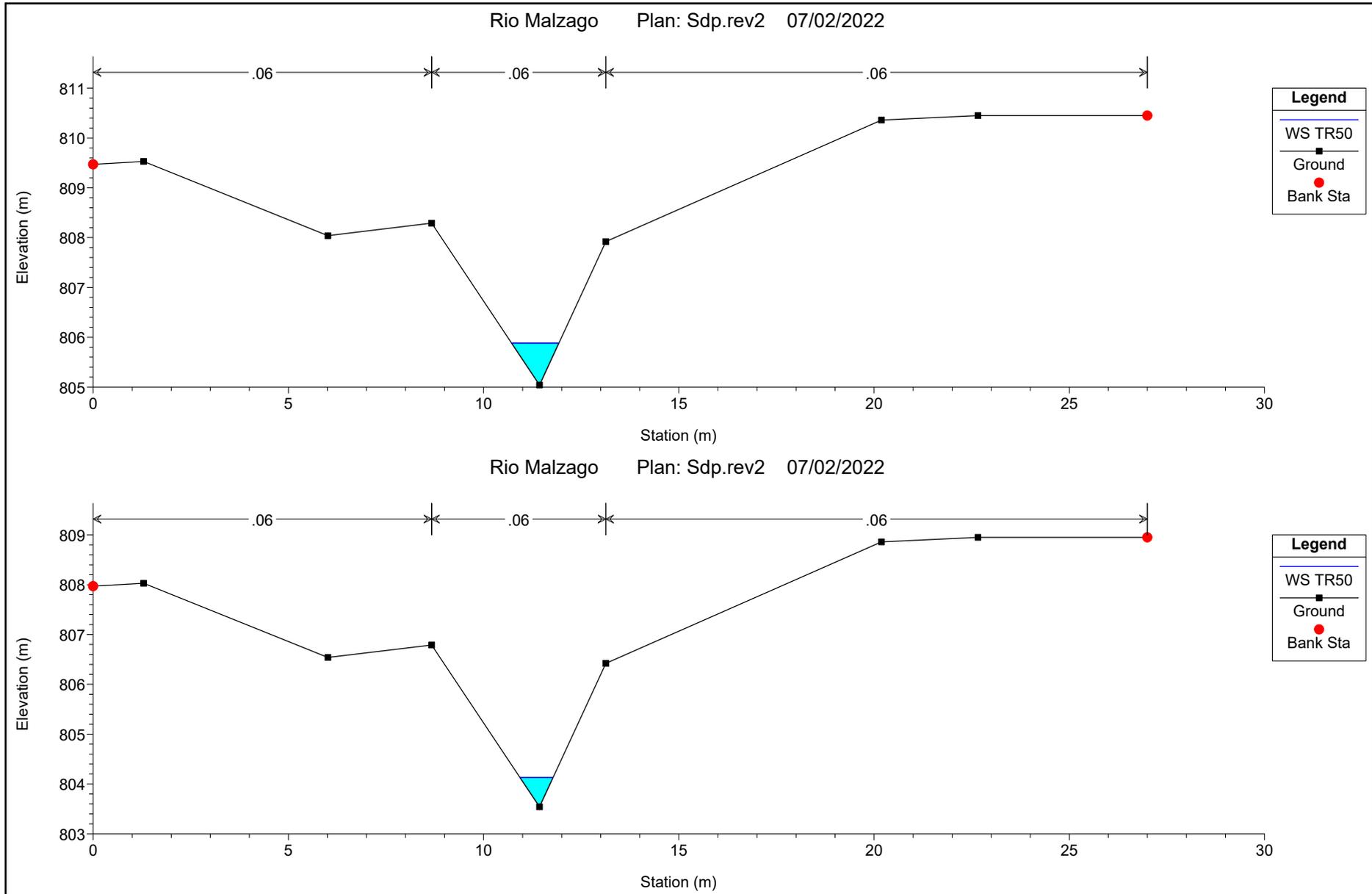


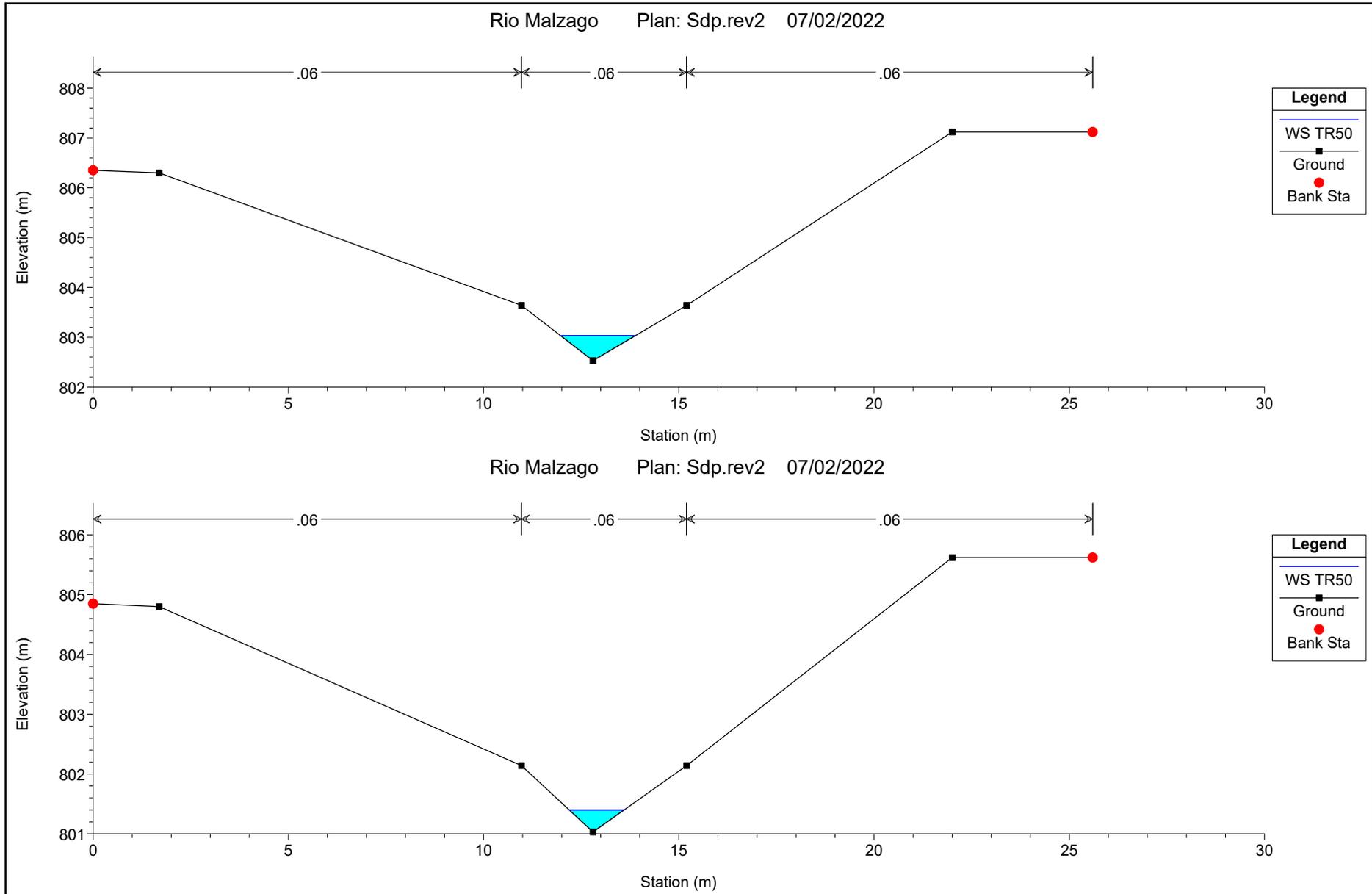


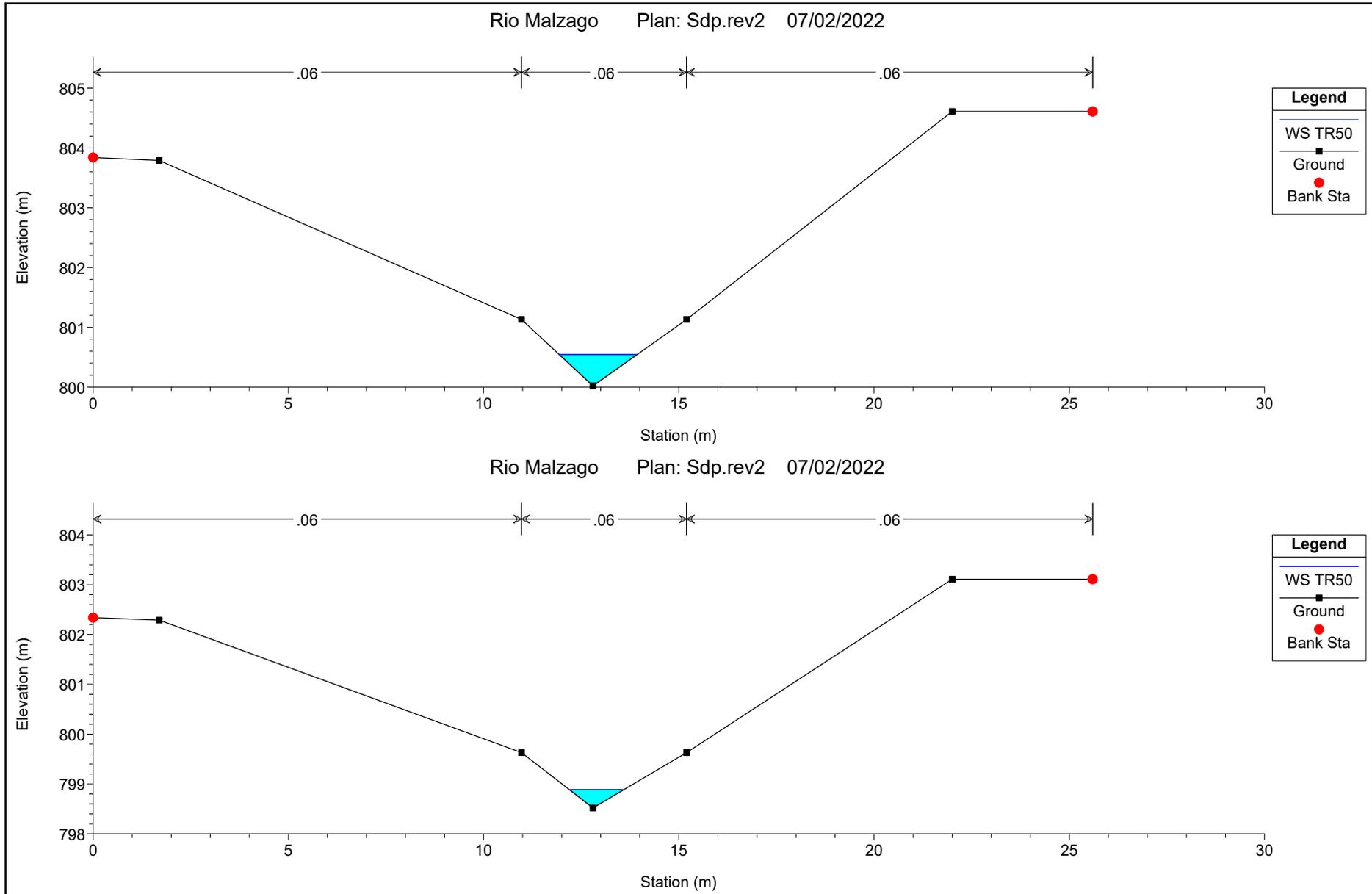


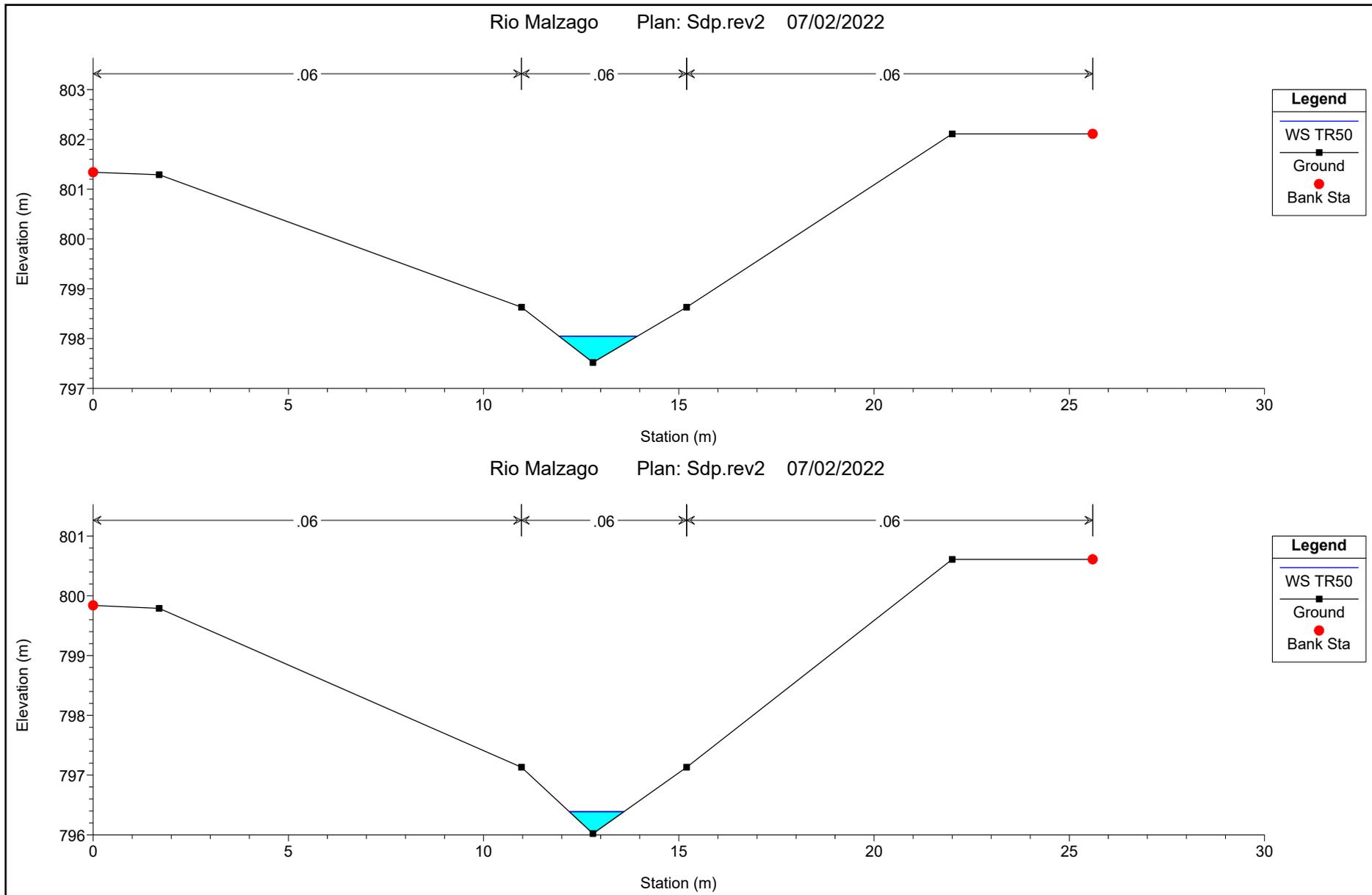


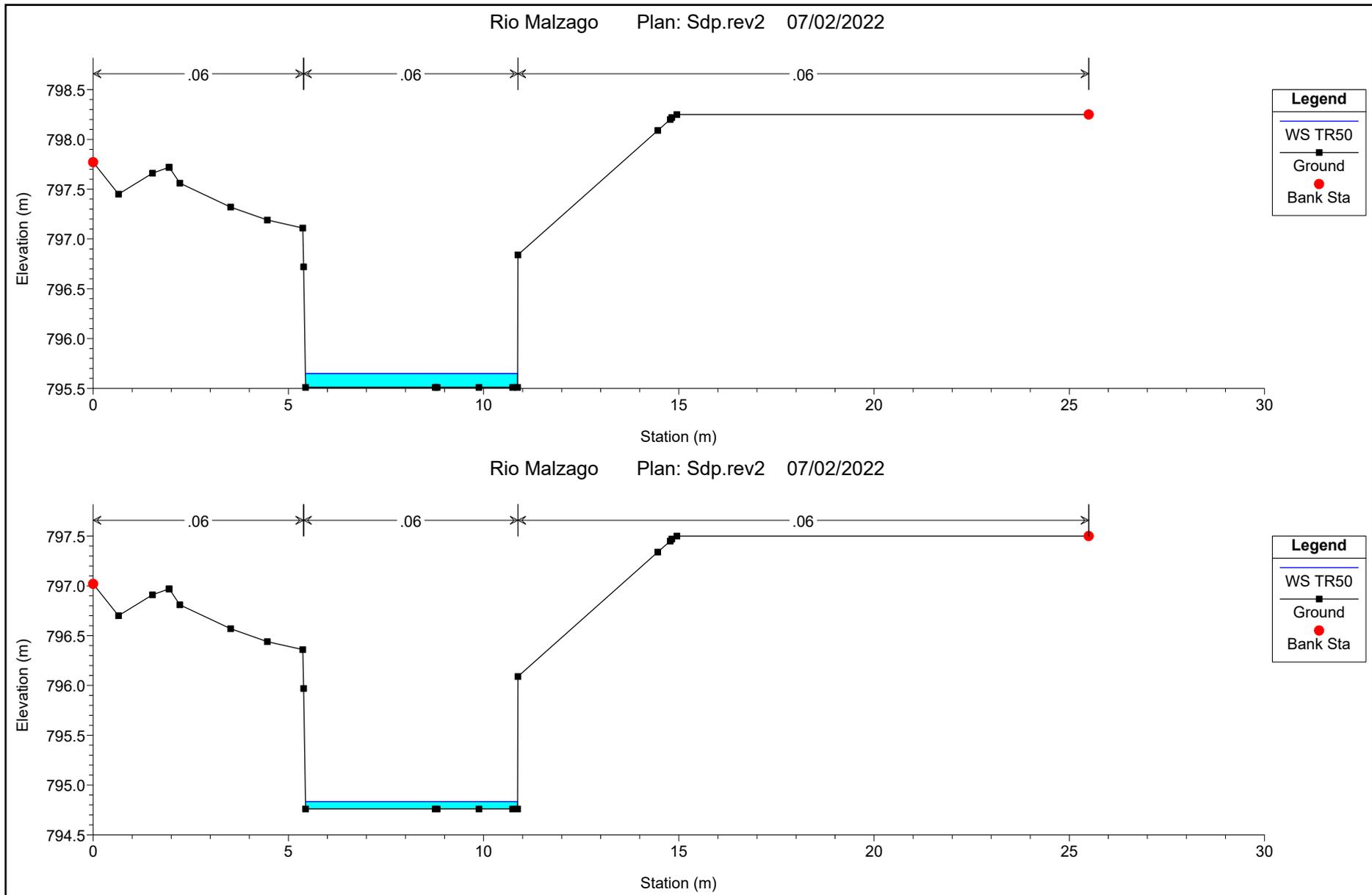


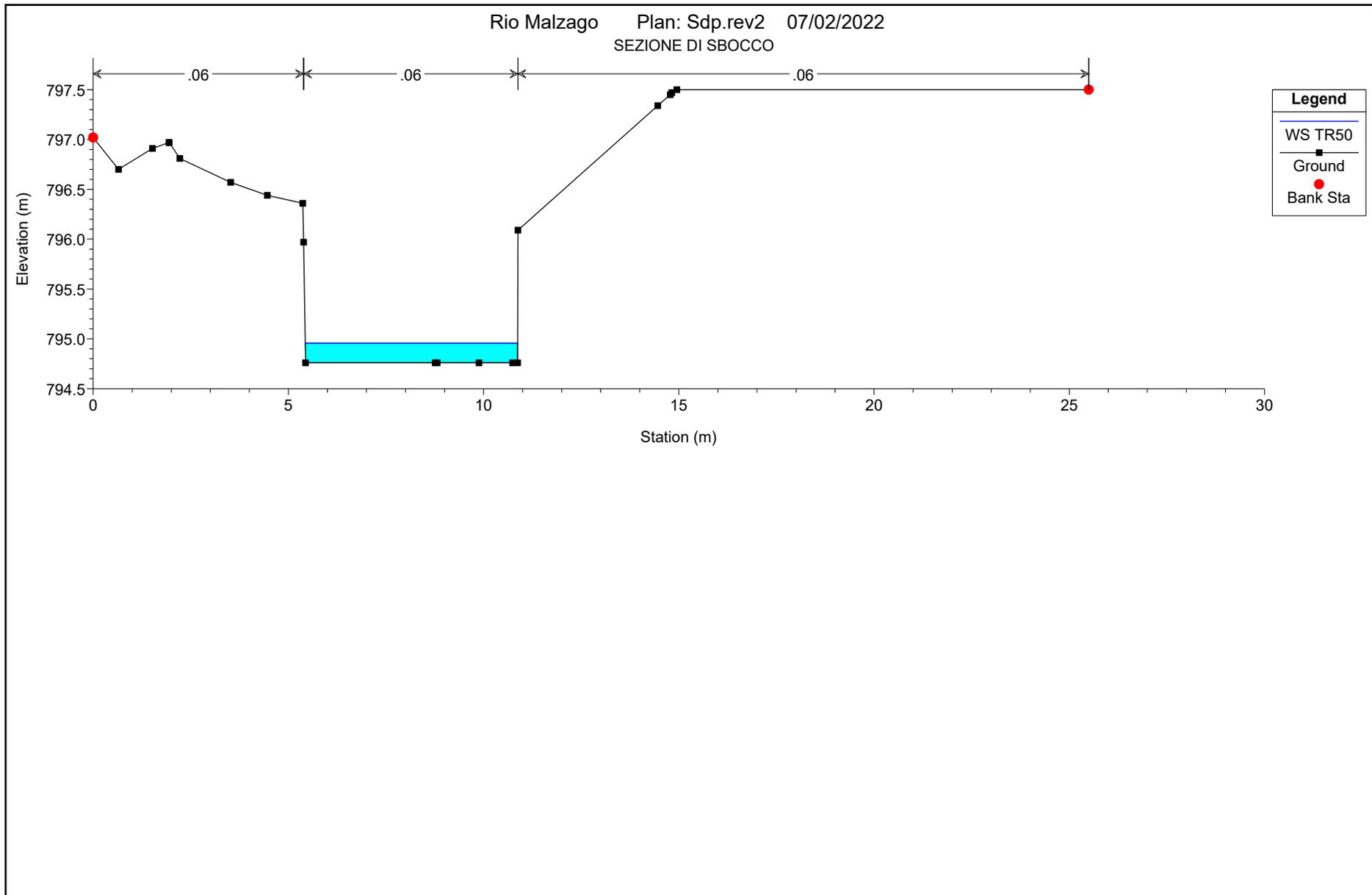










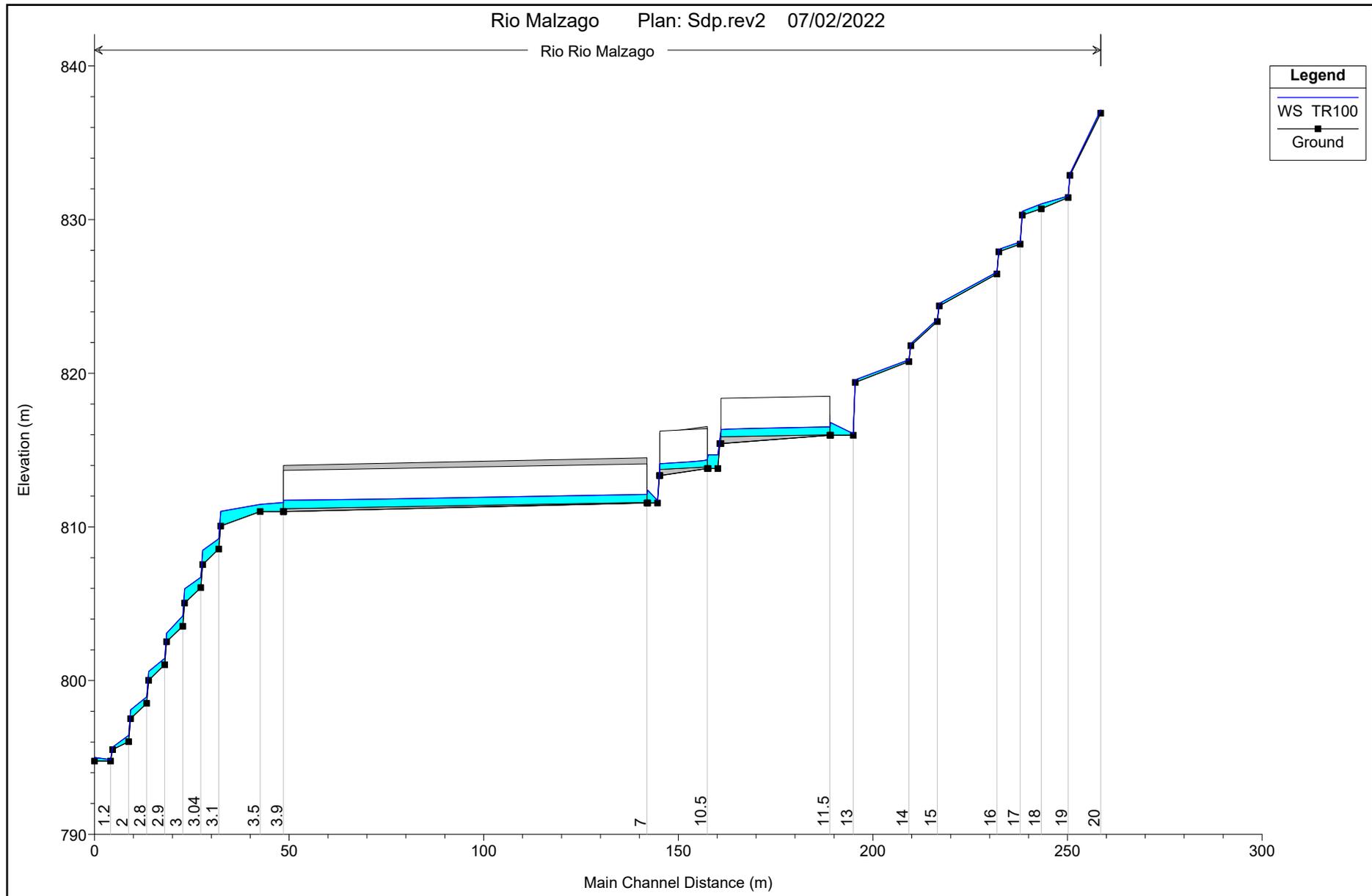


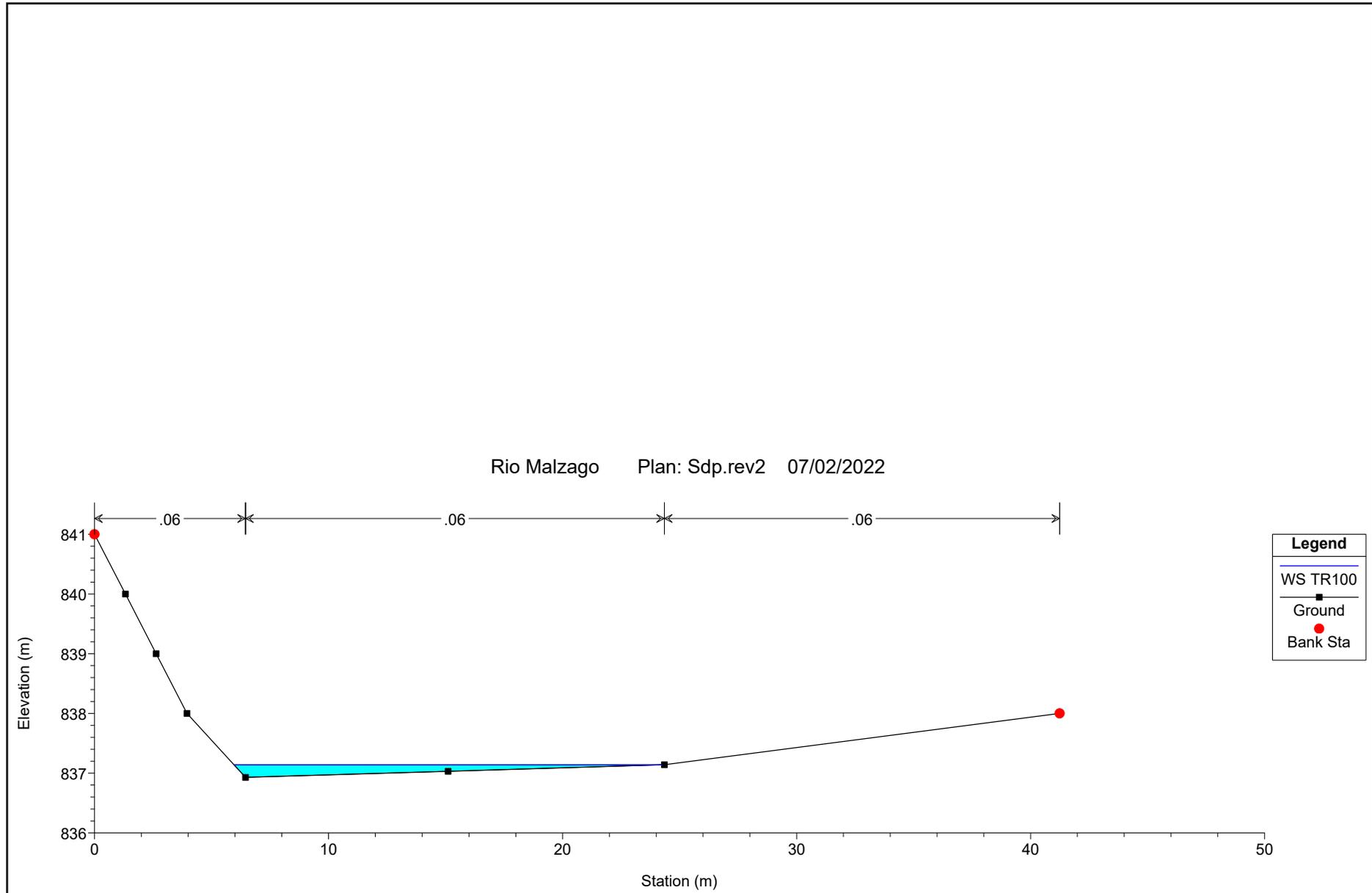
HEC-RAS Plan: Sdp.rev2 River: Rio Reach: Rio Malzago Profile: TR50

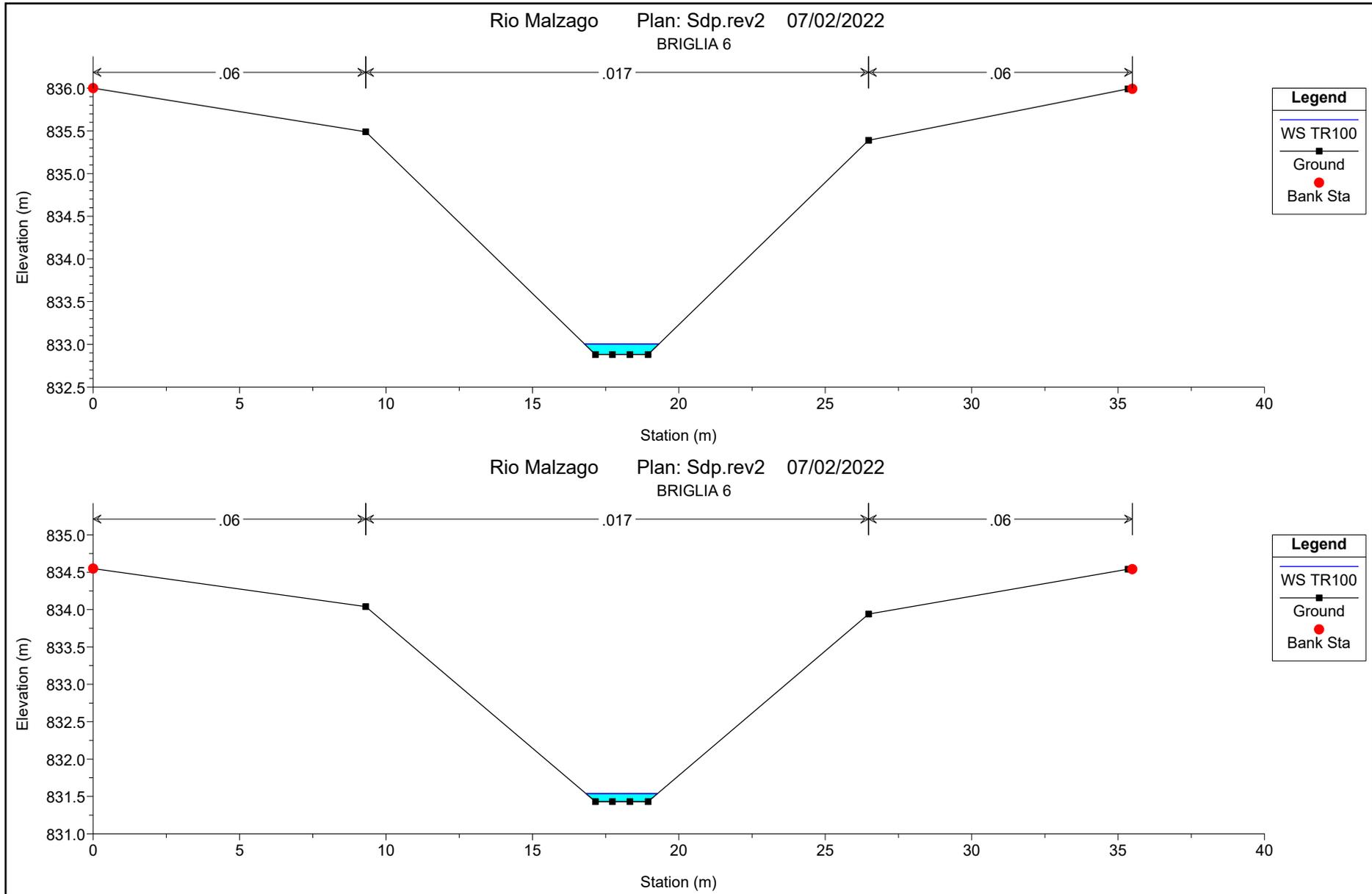
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	20	TR50	1.50	836.93	837.12	837.12	837.17	0.079508	0.97	1.54	16.41	1.01
Rio Malzago	19.5	TR50	1.50	832.88	832.98	833.22	835.69	0.412100	7.30	0.21	2.39	7.94
Rio Malzago	19	TR50	1.50	831.43	831.51	831.77	835.32	0.689871	8.64	0.17	2.31	10.06
Rio Malzago	18	TR50	1.50	830.70	830.99	831.12	831.42	0.280489	2.90	0.52	2.64	2.10
Rio Malzago	17.5	TR50	1.50	830.29	830.50	830.65	831.05	0.032184	3.31	0.45	2.41	2.44
Rio Malzago	17	TR50	1.50	828.41	828.52	828.77	830.84	0.297018	6.75	0.22	2.21	6.80
Rio Malzago	16.5	TR50	1.50	827.91	828.04	828.27	829.49	0.140886	5.33	0.28	2.26	4.83
Rio Malzago	16	TR50	1.50	826.46	826.56	826.82	829.26	0.376814	7.28	0.21	2.20	7.59
Rio Malzago	15.5	TR50	1.50	824.38	824.52	824.74	825.86	0.125692	5.14	0.29	2.27	4.58
Rio Malzago	15	TR50	1.50	823.37	823.48	823.73	825.69	0.273868	6.58	0.23	2.22	6.55
Rio Malzago	14.5	TR50	1.50	821.79	821.90	822.15	823.91	0.234625	6.27	0.24	2.23	6.10
Rio Malzago	14	TR50	1.50	820.76	820.86	821.12	823.67	0.402594	7.43	0.20	2.19	7.82
Rio Malzago	13.5	TR50	1.50	819.40	819.55	819.76	820.71	0.100388	4.78	0.31	2.29	4.13
Rio Malzago	13	TR50	1.50	815.97	816.05	816.33	820.68	0.891244	9.53	0.16	2.15	11.25
Rio Malzago	12	TR50	1.50	815.97	816.65	816.24	816.66	0.001006	0.47	3.19	6.20	0.21
Rio Malzago	11.5		Culvert									
Rio Malzago	11	TR50	1.50	815.42	815.68	815.68	815.78	0.061904	1.43	1.05	5.11	1.01
Rio Malzago	10.9	TR50	1.50	813.80	814.55	814.09	814.58	0.000294	0.64	2.34	3.10	0.24
Rio Malzago	10.8	TR50	1.50	813.80	814.55	814.09	814.57	0.000295	0.64	2.34	3.10	0.24
Rio Malzago	10.5		Culvert									
Rio Malzago	10	TR50	1.50	813.34	813.61	813.61	813.73	0.059512	1.51	0.99	4.25	1.00
Rio Malzago	9	TR50	1.50	811.56	811.69	811.95	813.51	0.192475	5.98	0.25	2.00	5.39
Rio Malzago	8	TR50	1.50	811.56	812.25	811.83	812.26	0.002104	0.48	3.11	5.88	0.21
Rio Malzago	7		Culvert									
Rio Malzago	4	TR50	1.50	811.00	811.61		811.62	0.002132	0.48	3.10	5.20	0.20
Rio Malzago	3.9	TR50	1.50	811.00	811.49		811.61	0.002970	1.53	0.98	2.00	0.70
Rio Malzago	3.5	TR50	1.50	811.00	811.38	811.38	811.58	0.006075	1.95	0.77	2.00	1.01
Rio Malzago	3.15	TR50	1.50	810.06	810.88	811.03	811.37	0.230026	3.08	0.49	1.18	1.53
Rio Malzago	3.1	TR50	1.50	808.56	809.15	809.53	811.00	1.374872	6.02	0.25	0.85	3.55
Rio Malzago	3.05	TR50	1.50	807.55	808.39	808.52	808.83	0.201963	2.93	0.51	1.21	1.44
Rio Malzago	3.04	TR50	1.50	806.05	806.64	807.02	808.48	1.366601	6.01	0.25	0.85	3.54
Rio Malzago	3.01	TR50	1.50	805.04	805.88	806.01	806.32	0.201672	2.93	0.51	1.21	1.44
Rio Malzago	3	TR50	1.50	803.54	804.13	804.51	805.97	1.365725	6.01	0.25	0.85	3.54
Rio Malzago	2.95	TR50	1.50	802.53	803.04	803.19	803.52	0.252890	3.08	0.49	1.93	1.96
Rio Malzago	2.9	TR50	1.50	801.03	801.40	801.69	803.15	1.397597	5.86	0.26	1.40	4.37

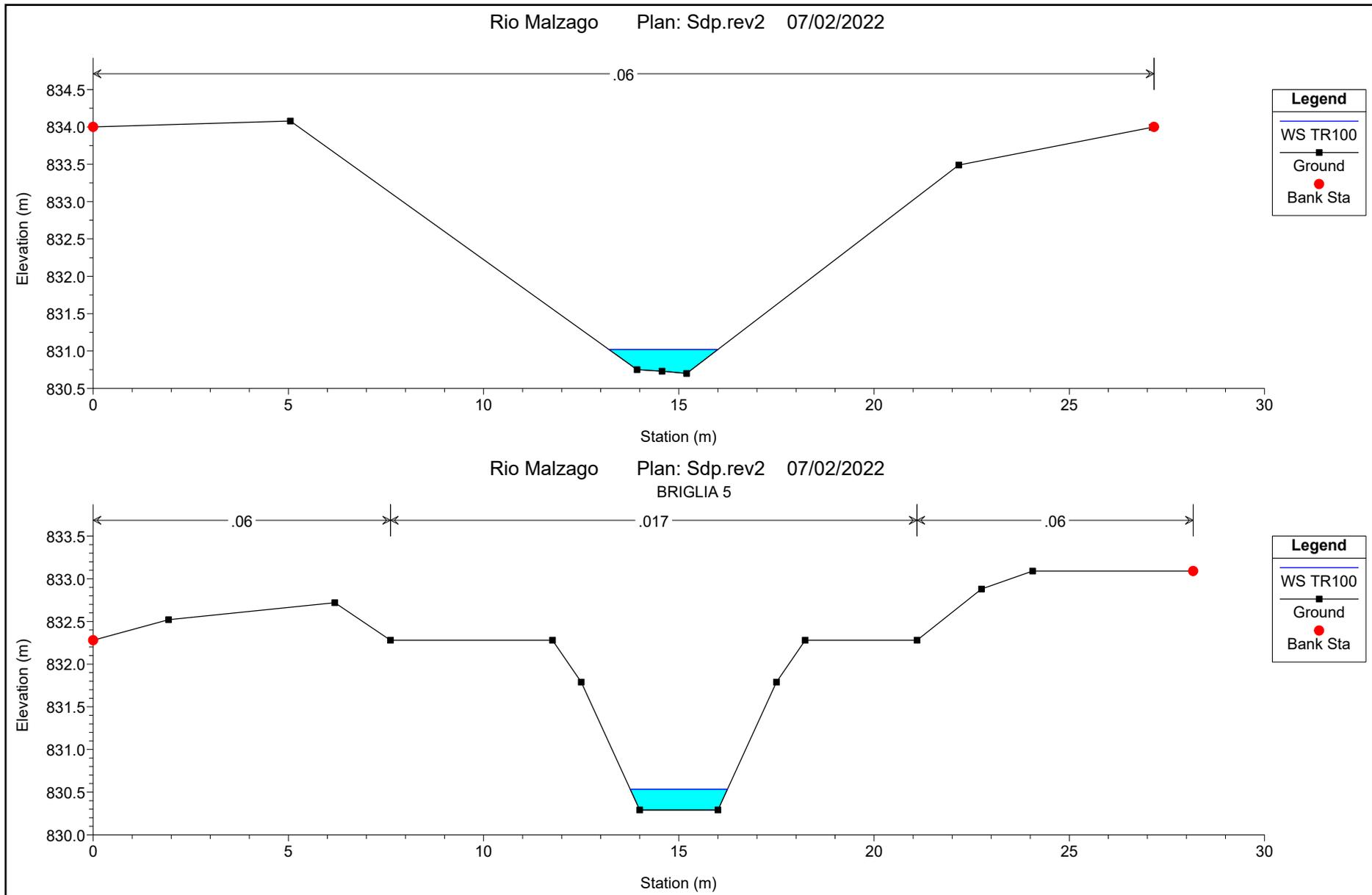
HEC-RAS Plan: Sdp.rev2 River: Rio Reach: Rio Malzago Profile: TR50 (Continued)

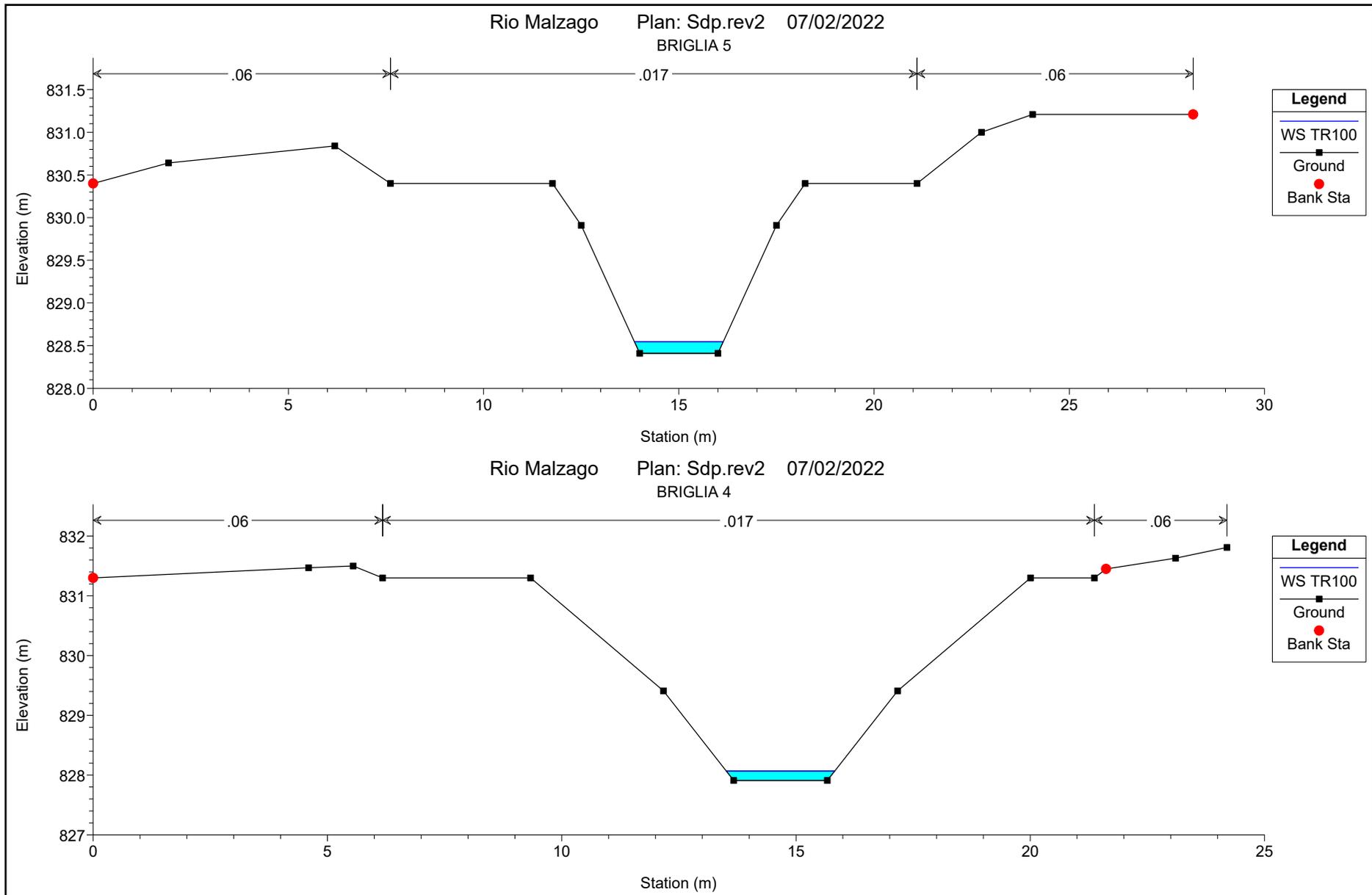
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	2.85	TR50	1.50	800.02	800.54	800.68	800.96	0.207234	2.86	0.52	2.00	1.79
Rio Malzago	2.8	TR50	1.50	798.52	798.89	799.18	800.62	1.376607	5.82	0.26	1.40	4.34
Rio Malzago	2.5	TR50	1.50	797.52	798.05	798.18	798.46	0.204900	2.85	0.53	2.00	1.78
Rio Malzago	2	TR50	1.50	796.02	796.39	796.68	798.12	1.375122	5.82	0.26	1.40	4.34
Rio Malzago	1.5	TR50	1.50	795.51	795.65	795.71	795.85	0.212081	1.99	0.75	5.44	1.71
Rio Malzago	1.2	TR50	1.50	794.76	794.83	794.96	795.56	1.754492	3.79	0.40	5.43	4.48
Rio Malzago	1	TR50	1.50	794.76	794.96	794.96	795.06	0.067797	1.40	1.07	5.44	1.01

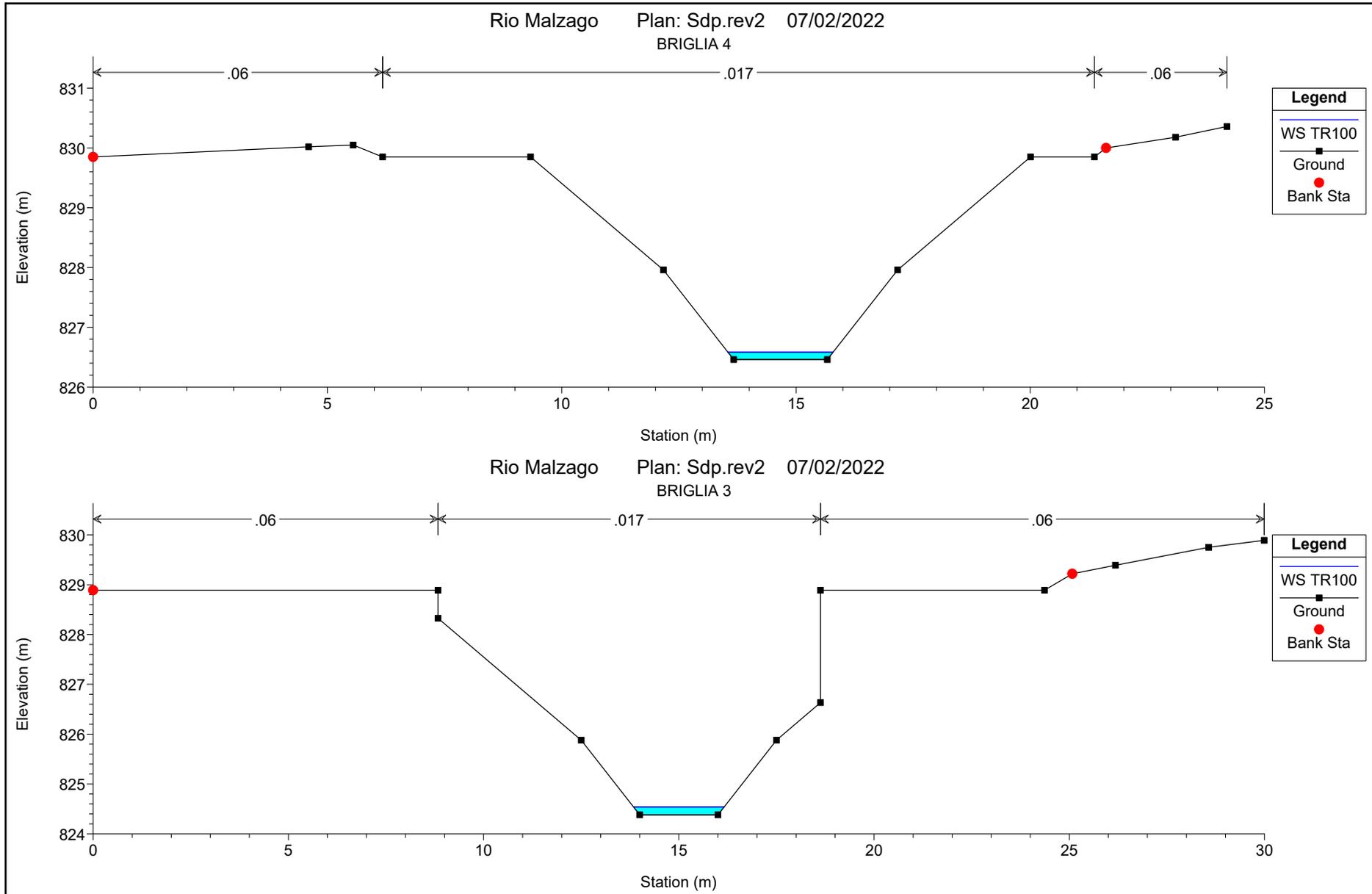


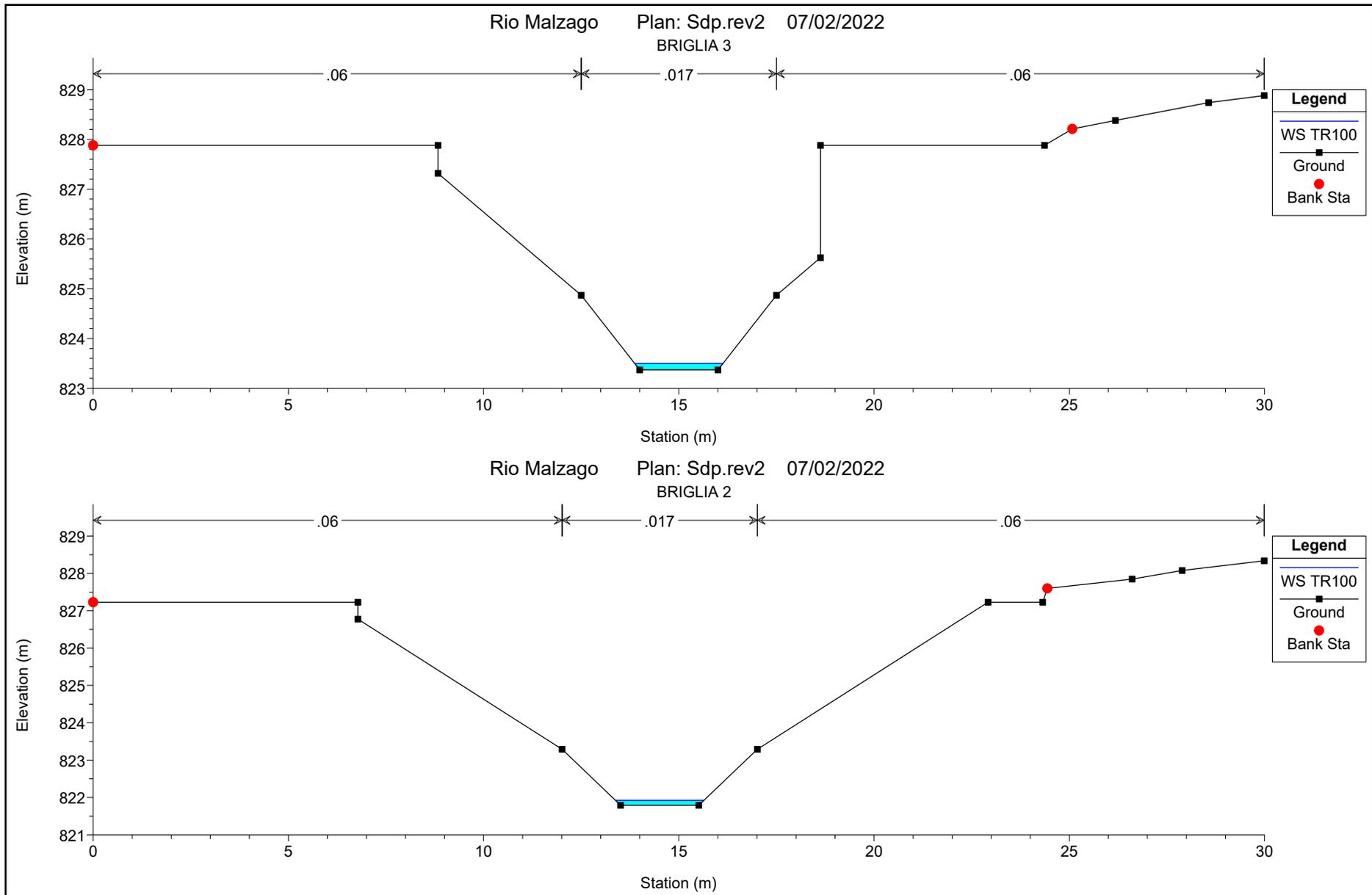


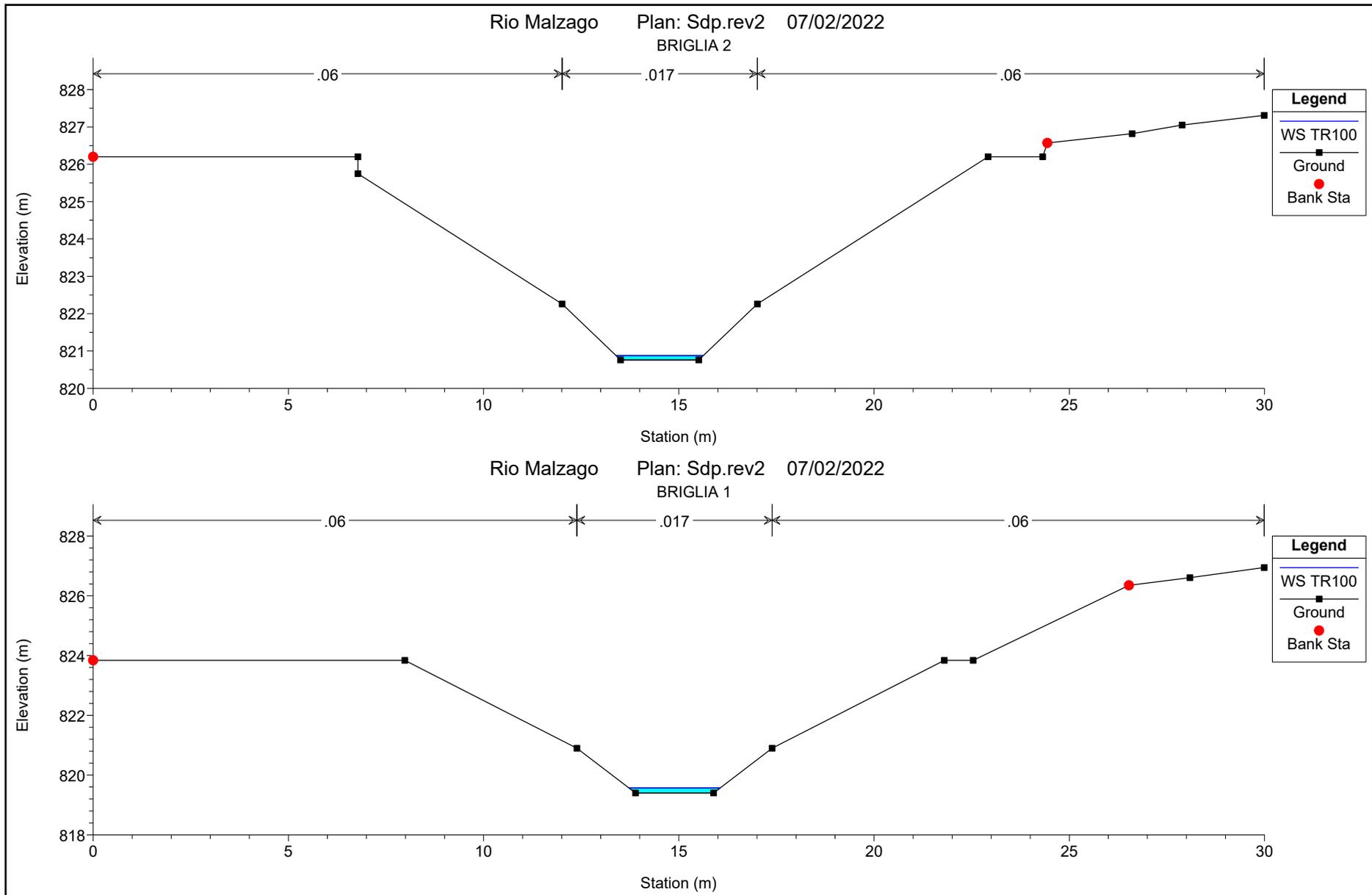


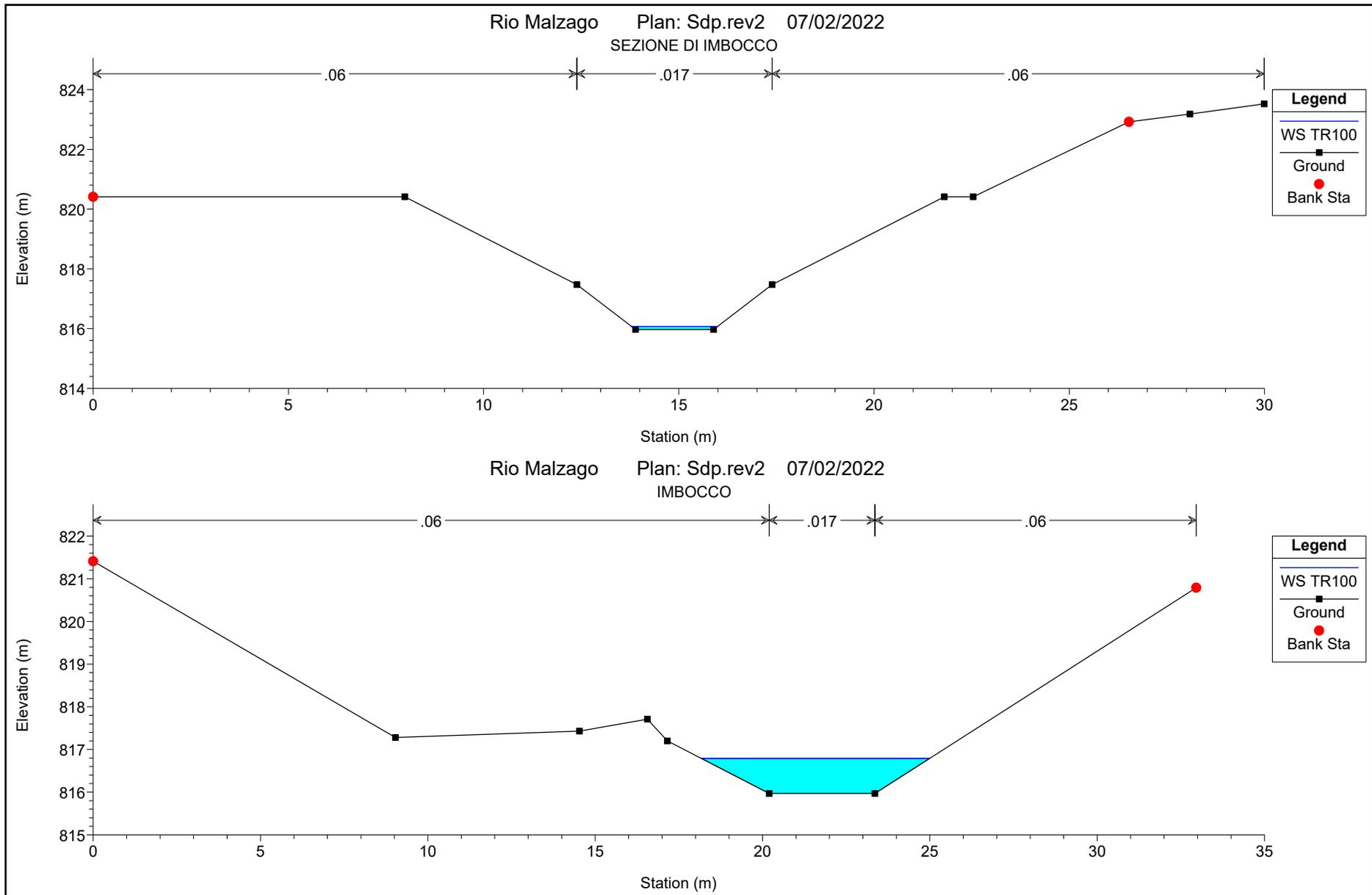


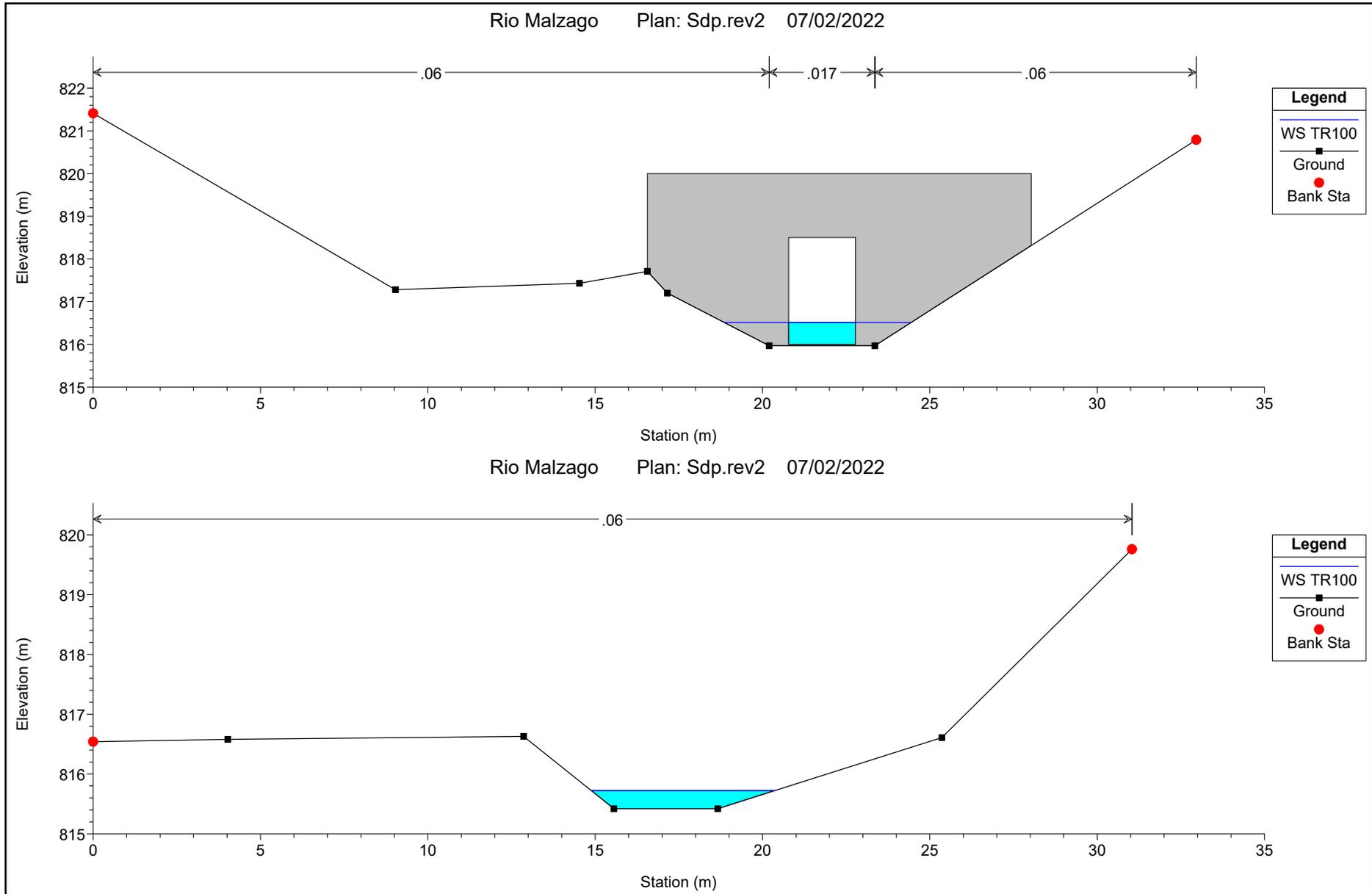


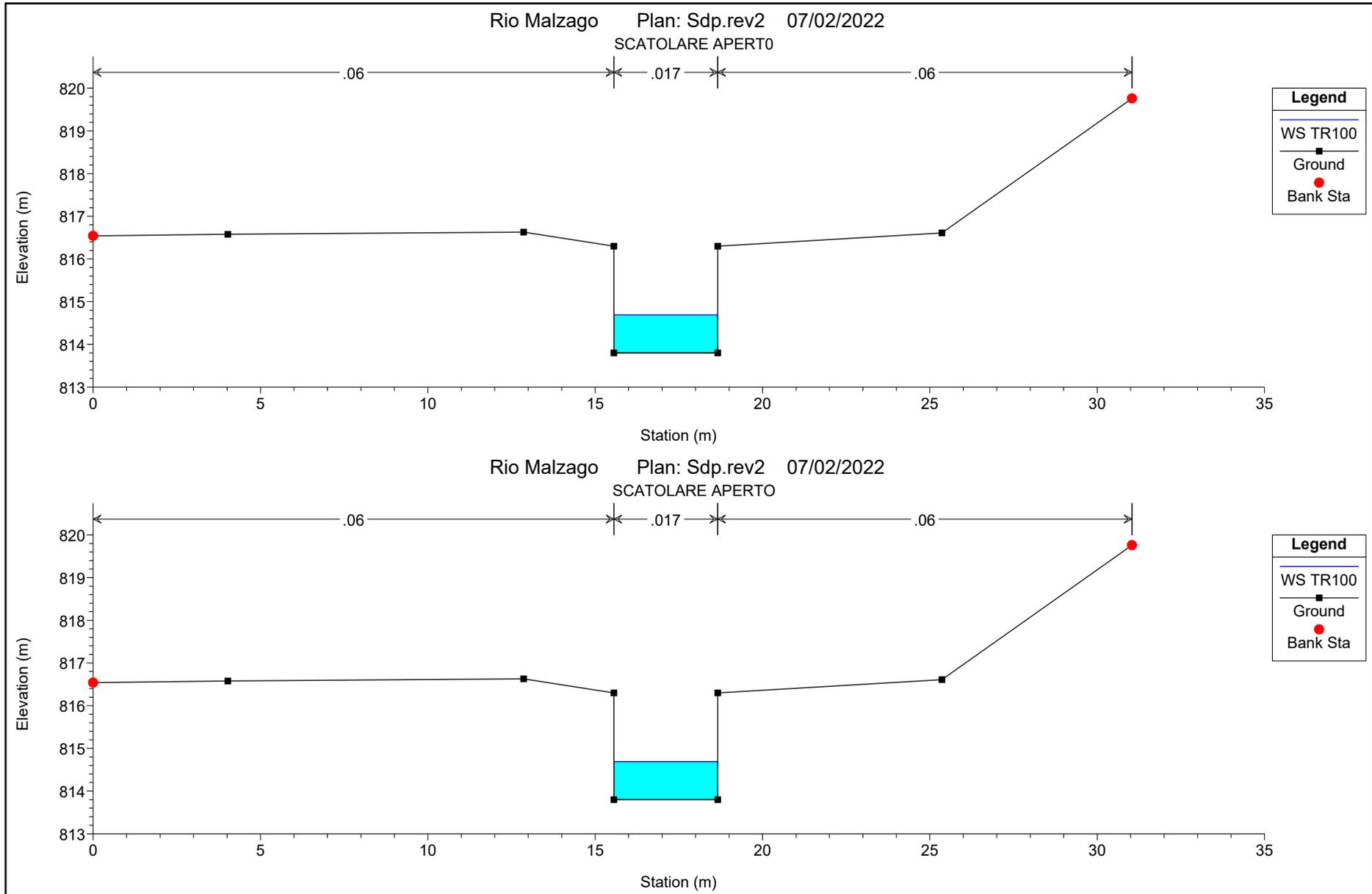


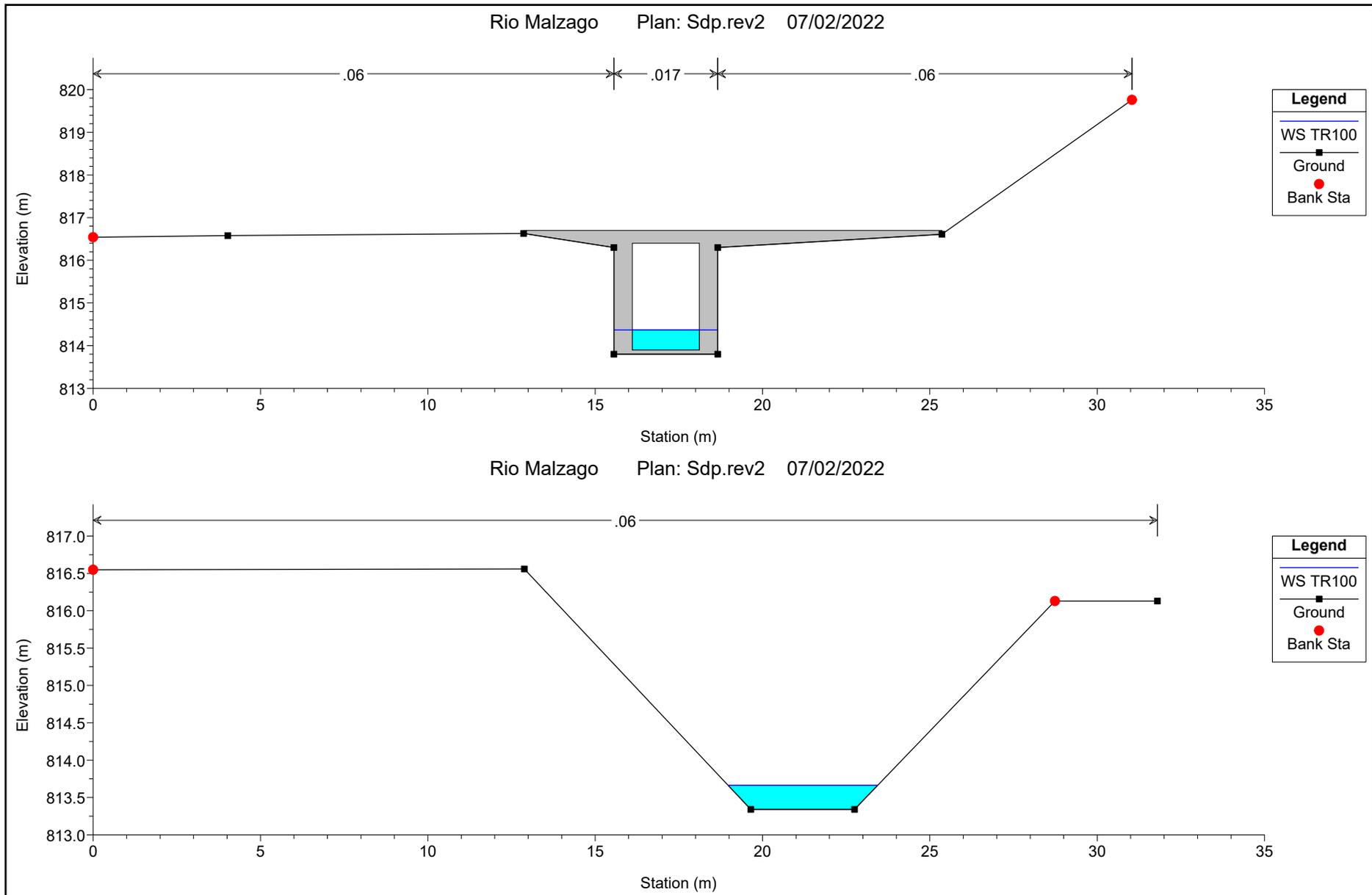


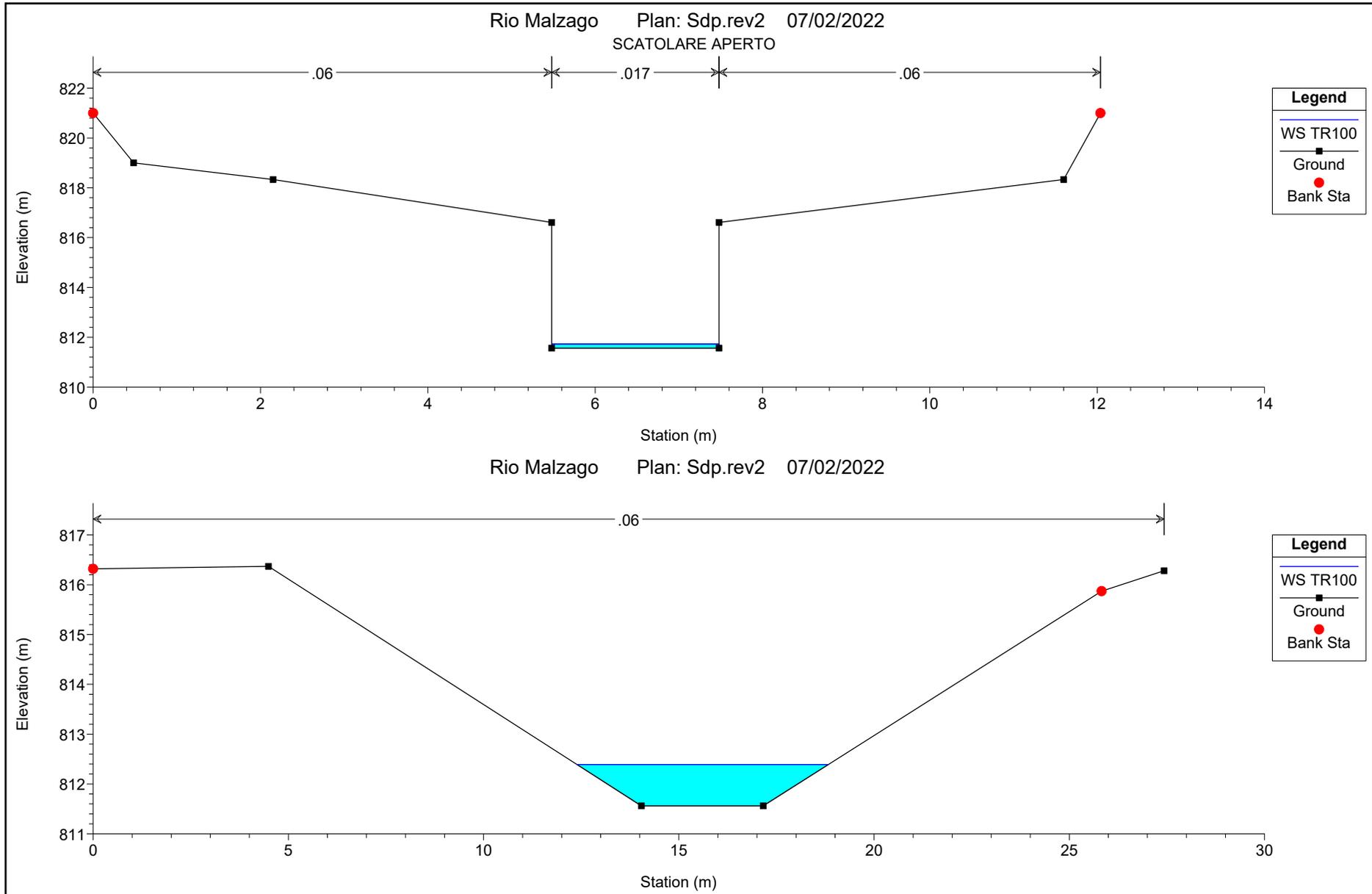


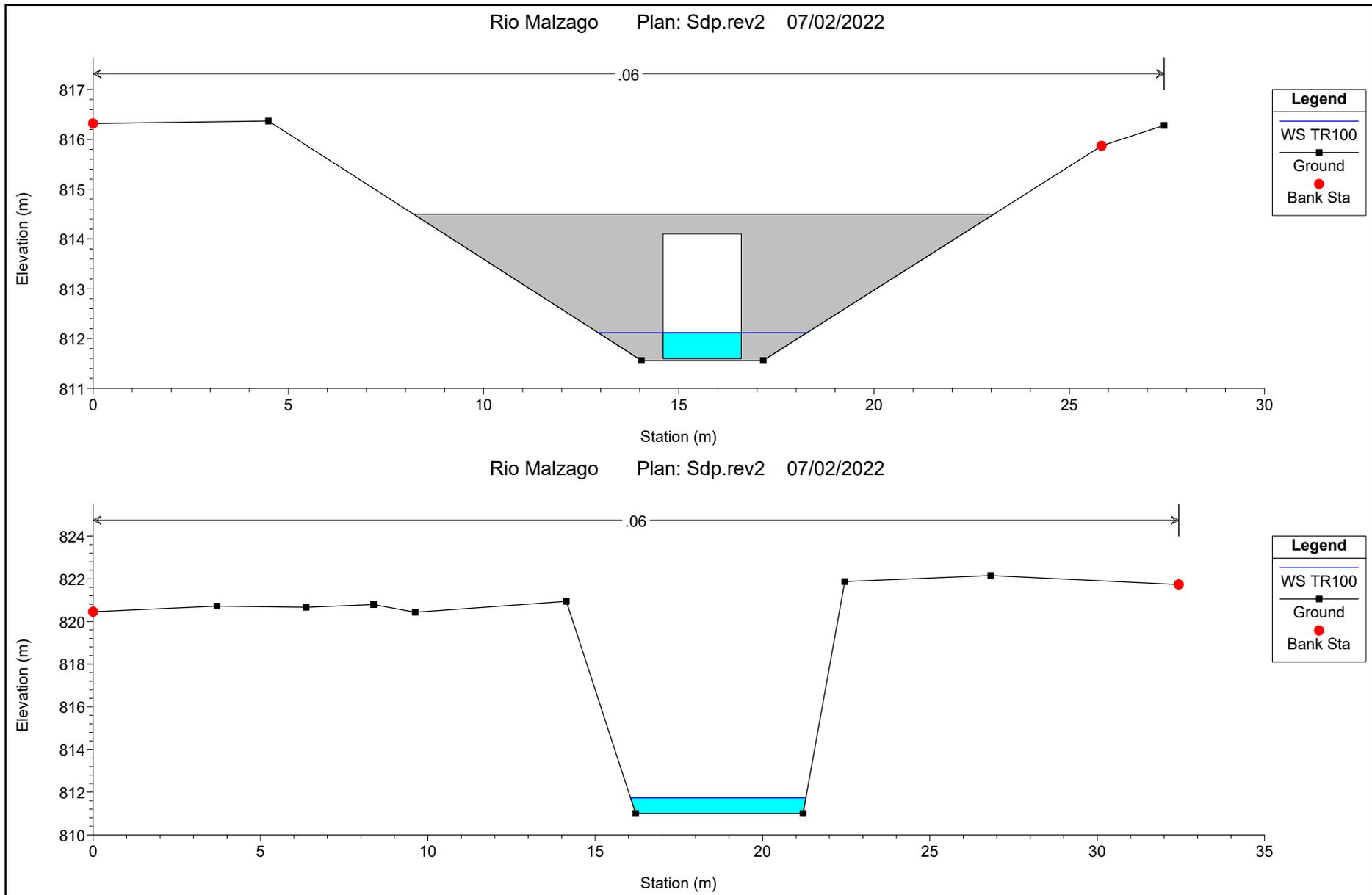


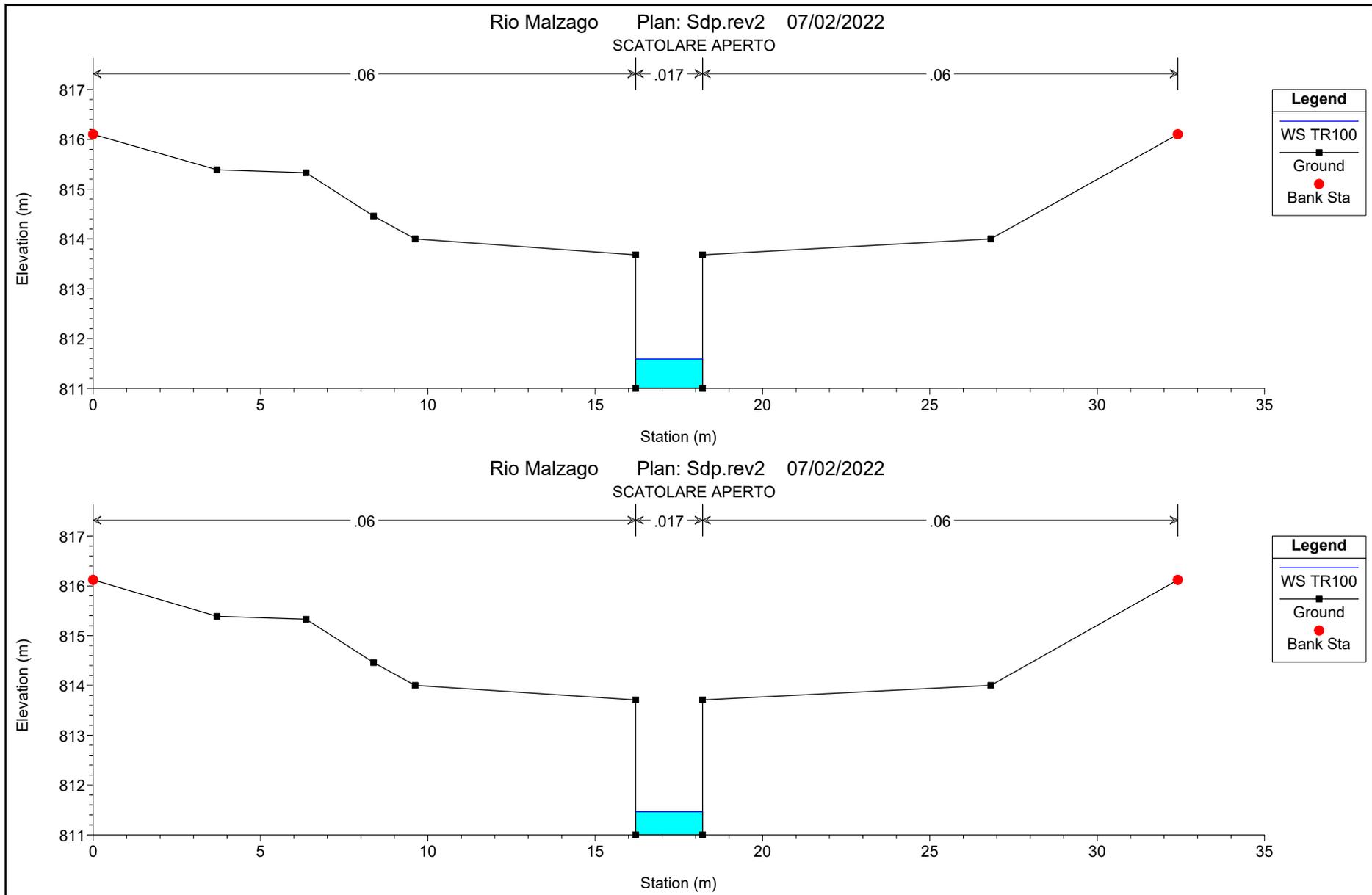


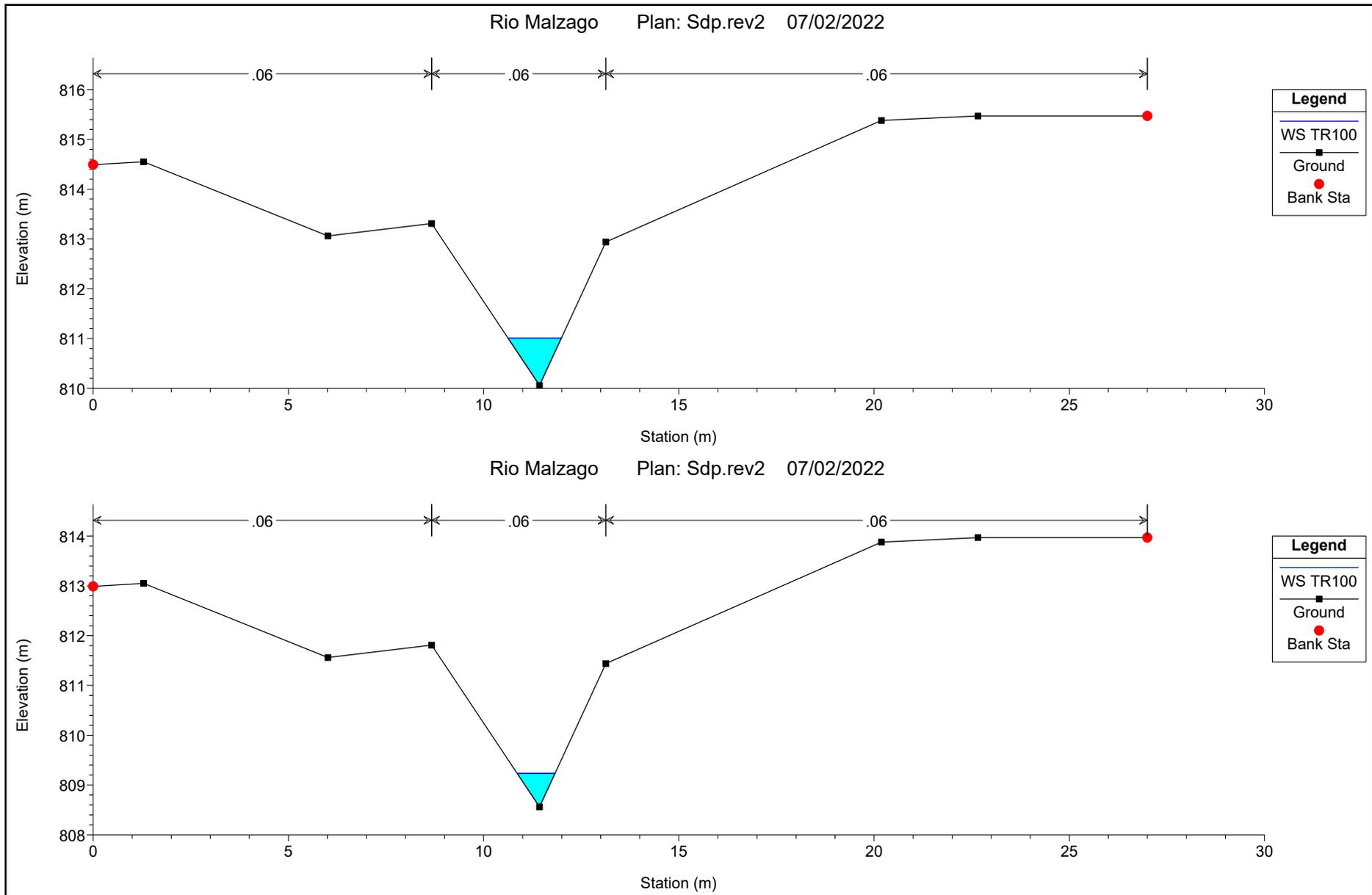


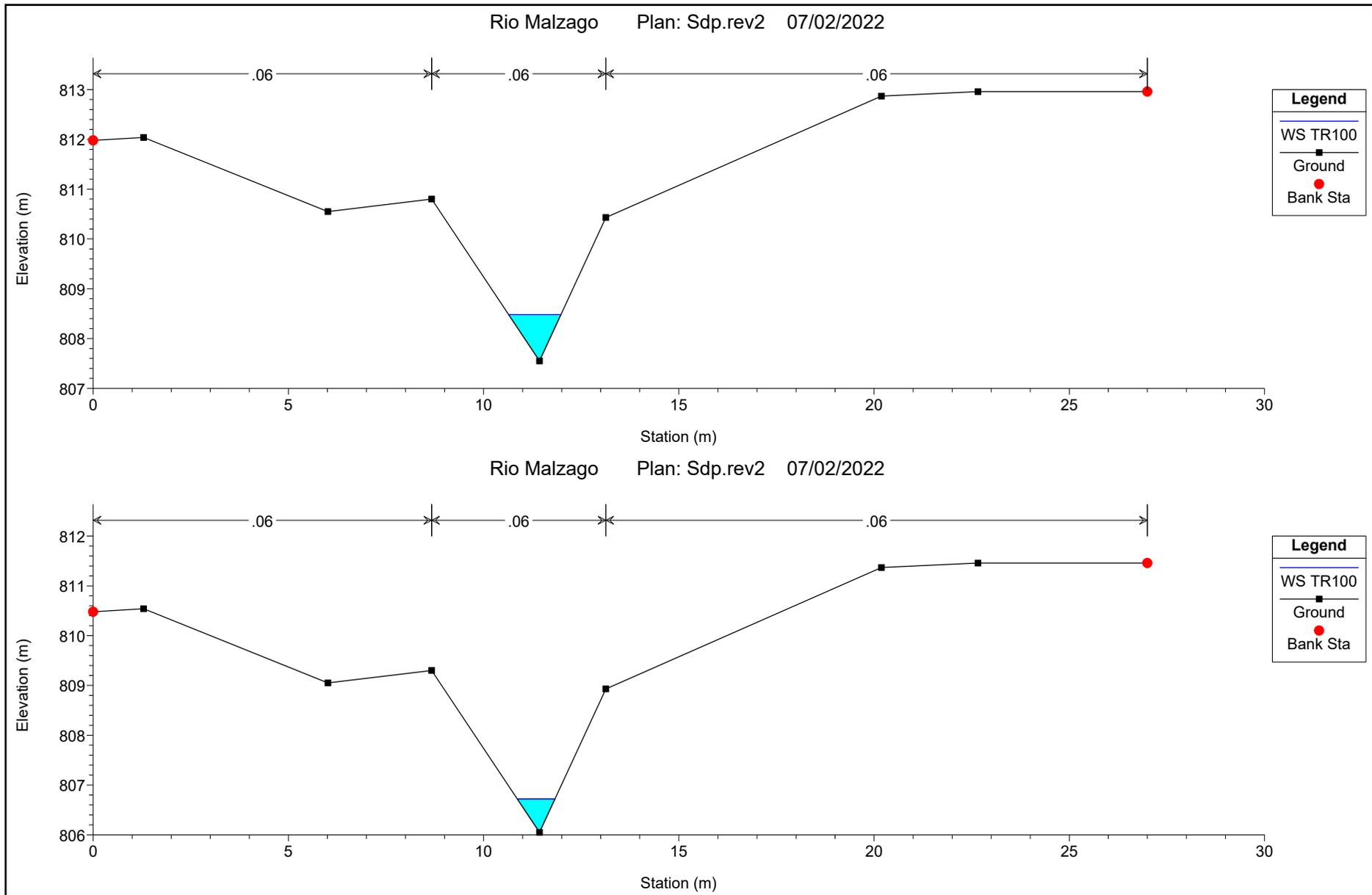


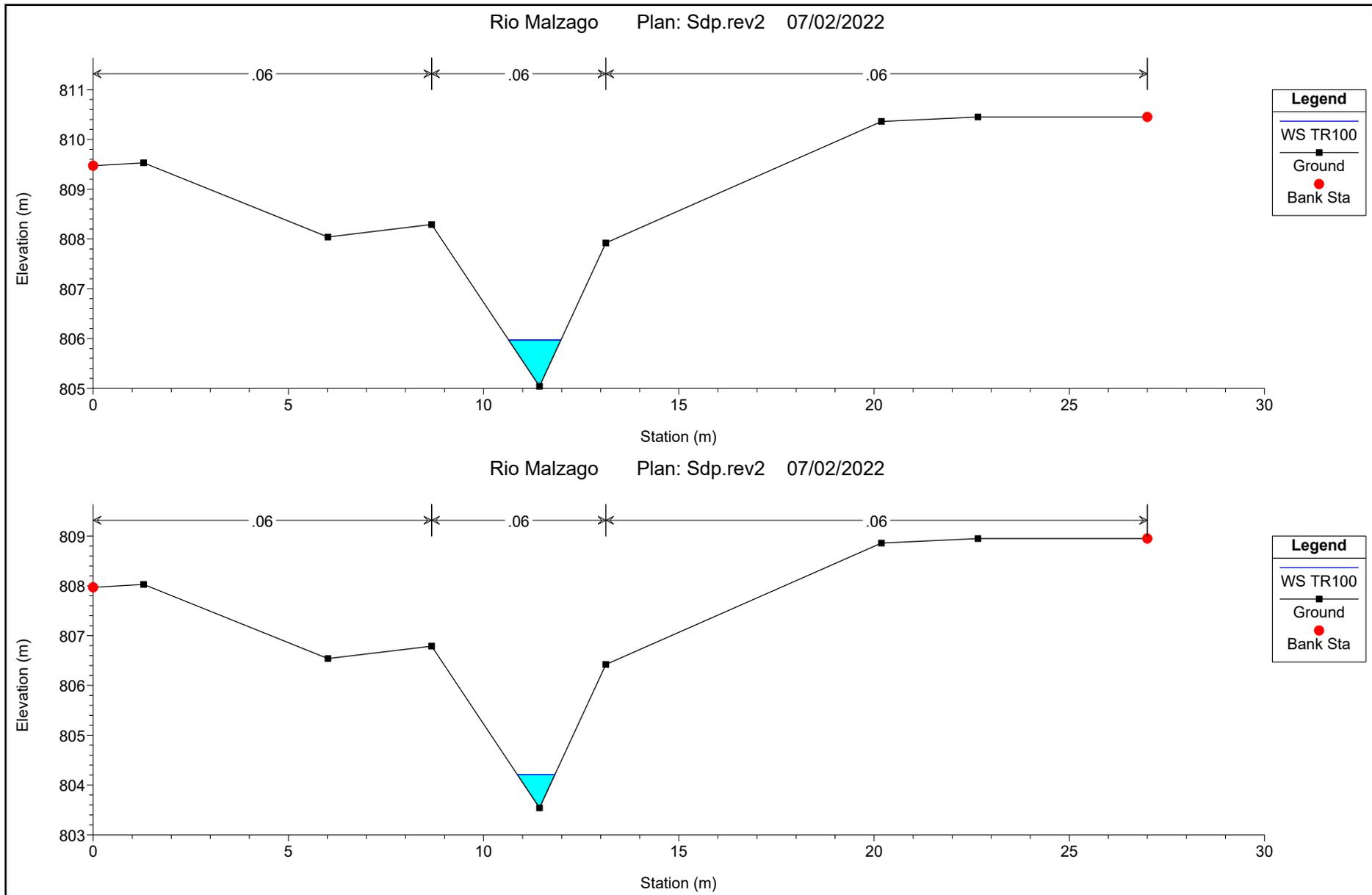


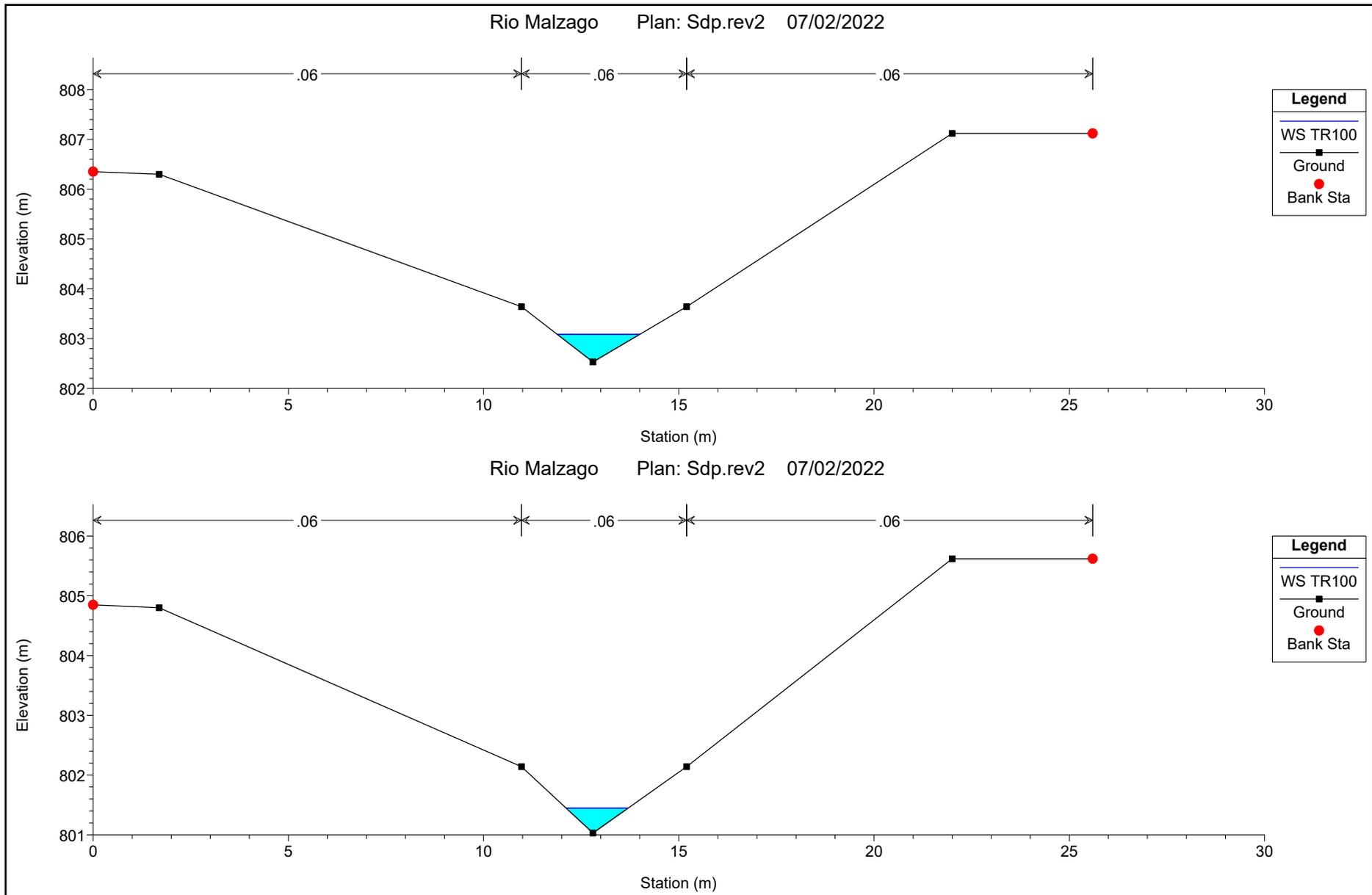


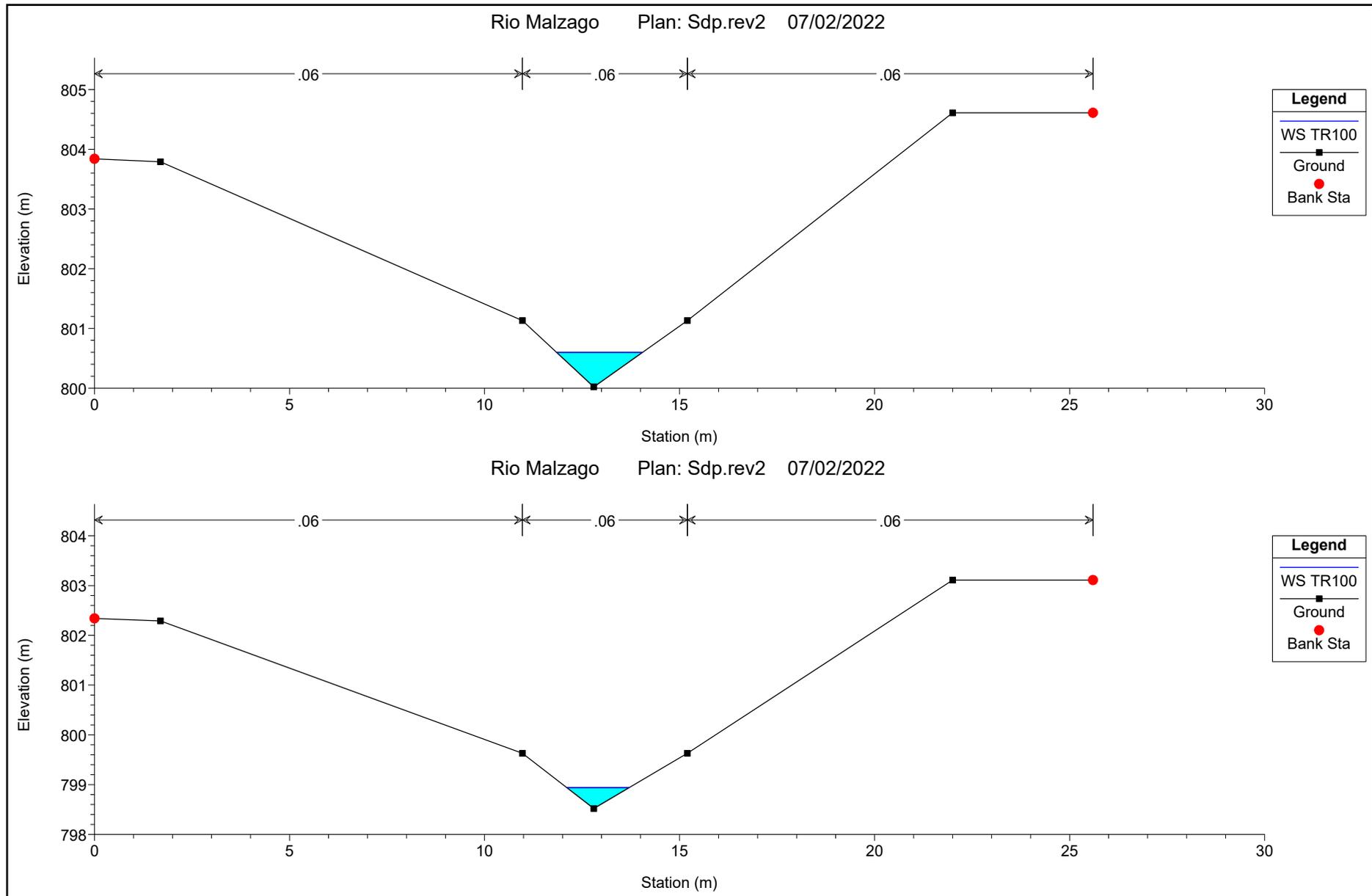


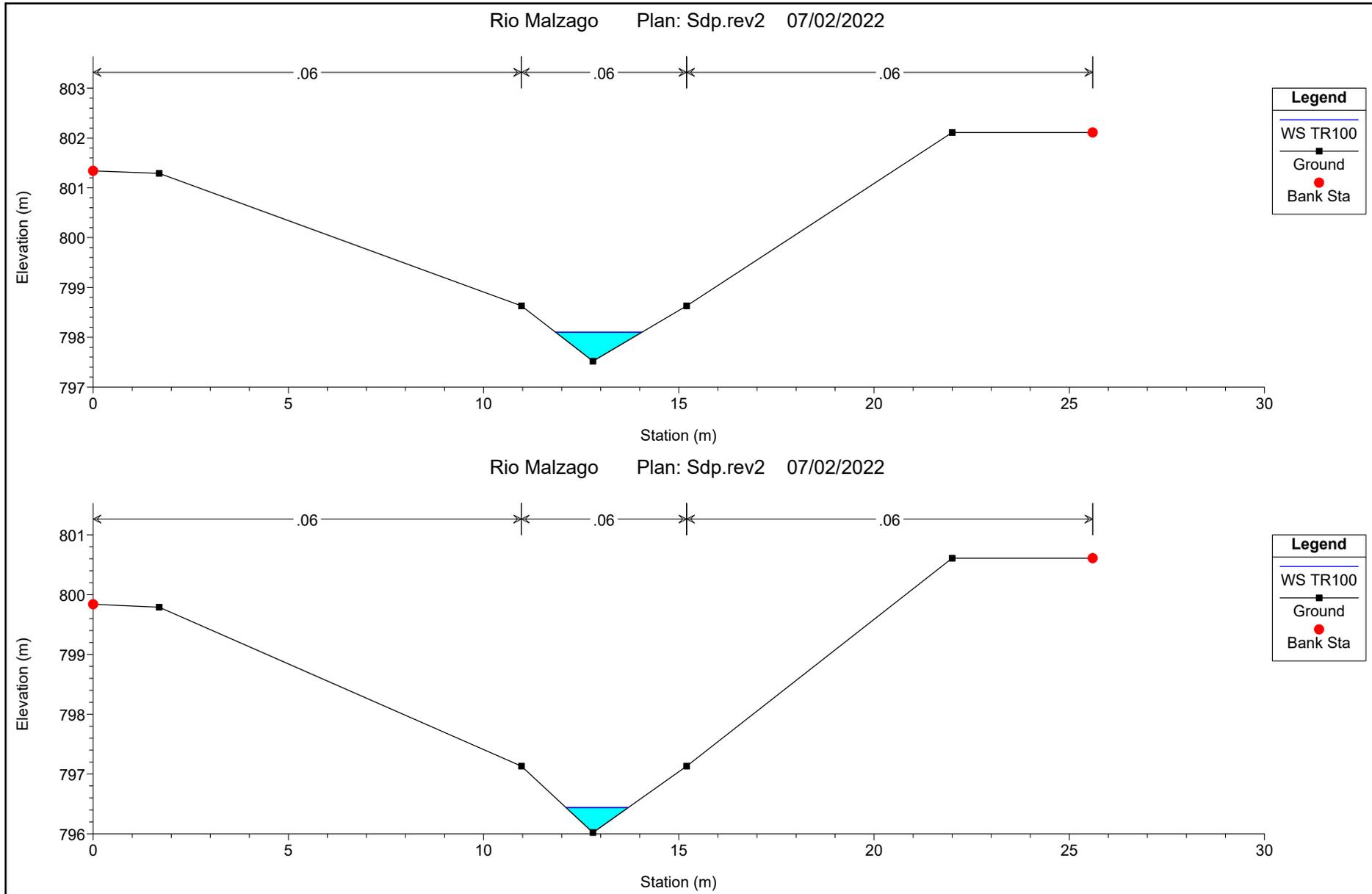


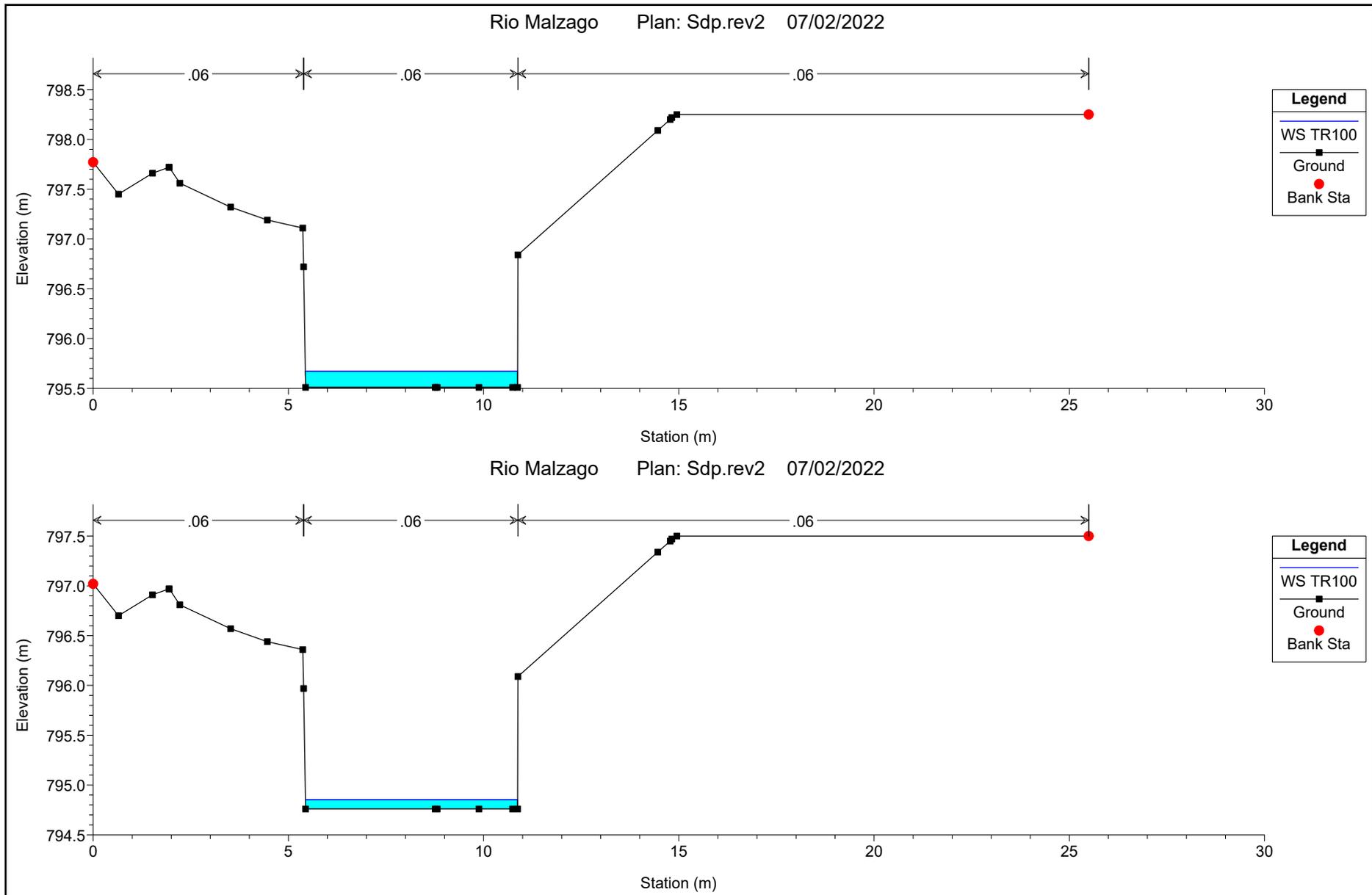


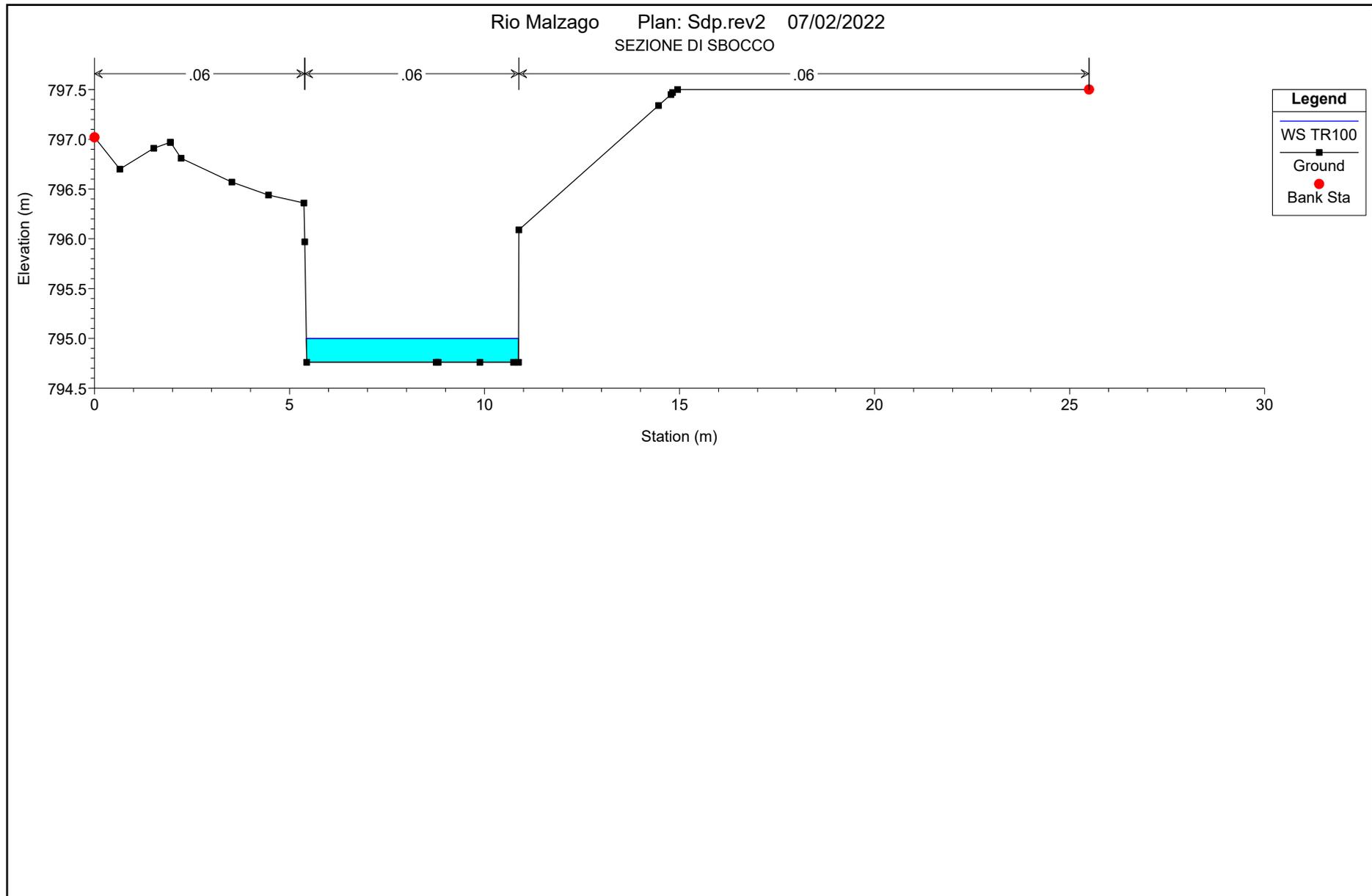










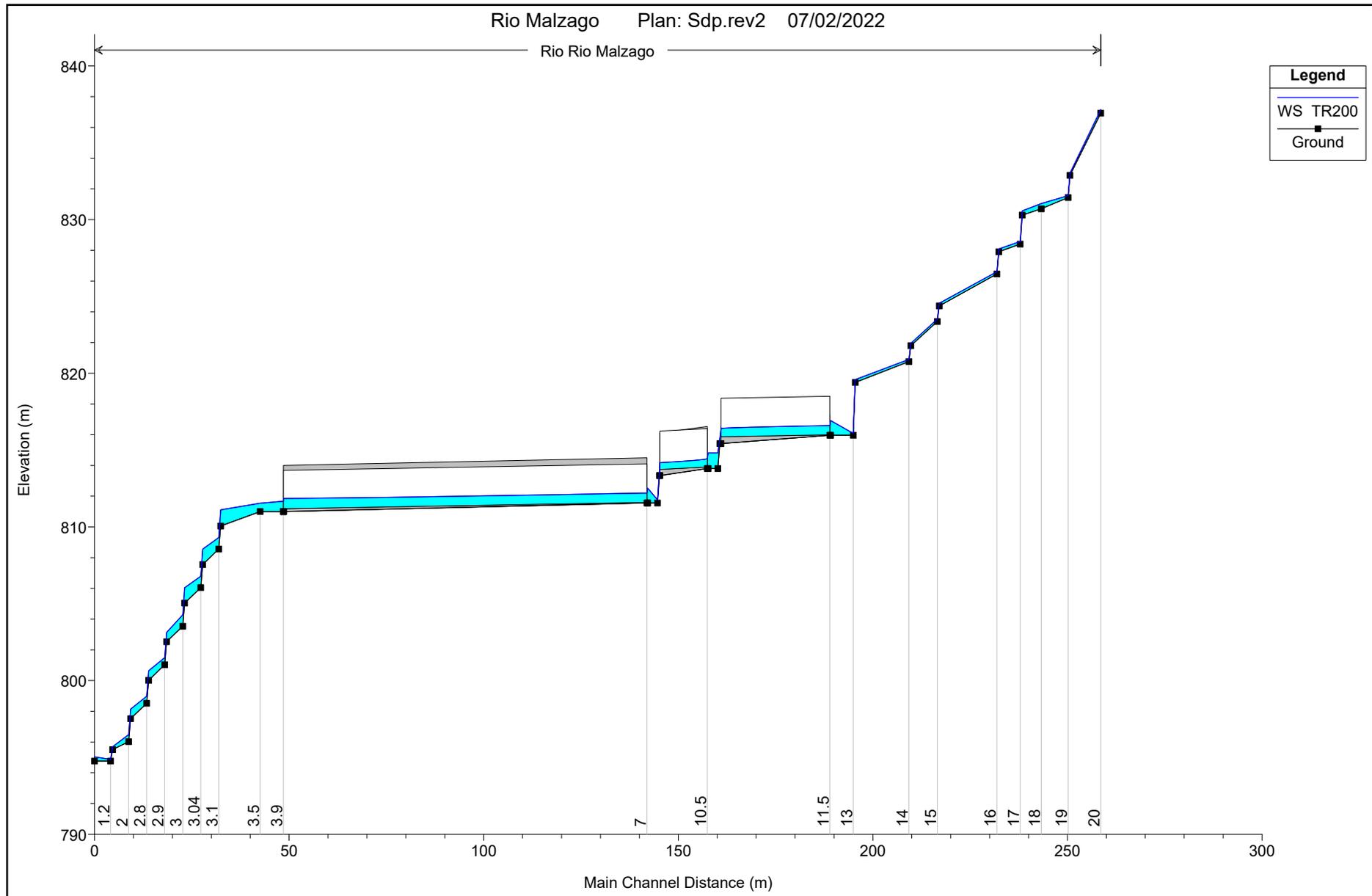


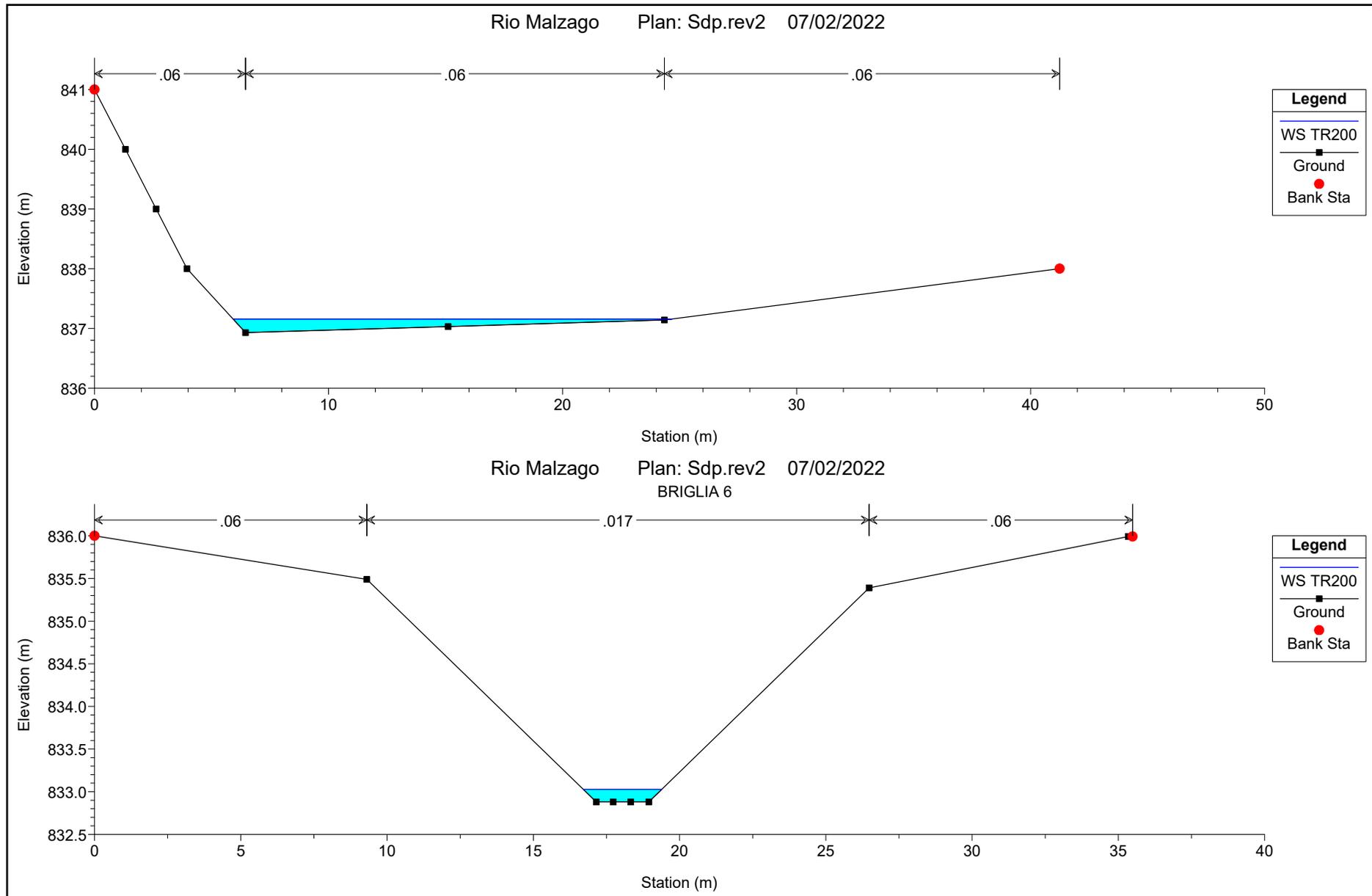
HEC-RAS Plan: Sdp.rev2 River: Rio Reach: Rio Malzago Profile: TR100

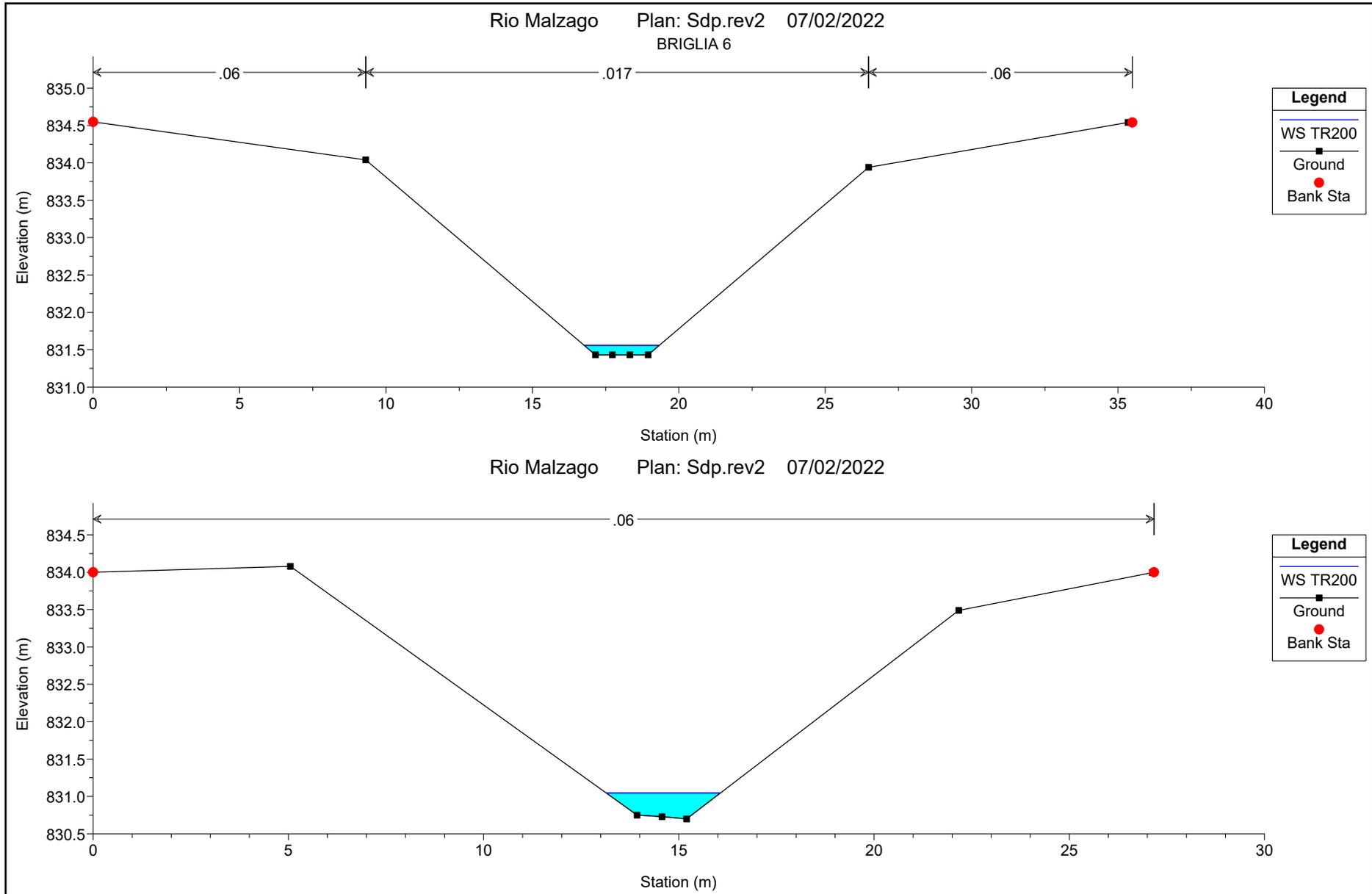
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	20	TR100	2.00	836.93	837.14	837.14	837.19	0.078584	1.04	1.92	18.31	1.02
Rio Malzago	19.5	TR100	2.00	832.88	833.00	833.28	835.80	0.323044	7.41	0.27	2.55	7.27
Rio Malzago	19	TR100	2.00	831.43	831.54	831.83	835.48	0.540418	8.80	0.23	2.44	9.21
Rio Malzago	18	TR100	2.00	830.70	831.02	831.19	831.59	0.331485	3.35	0.60	2.79	2.31
Rio Malzago	17.5	TR100	2.00	830.29	830.53	830.72	831.21	0.032145	3.65	0.55	2.49	2.48
Rio Malzago	17	TR100	2.00	828.41	828.54	828.84	831.00	0.233039	6.94	0.29	2.27	6.23
Rio Malzago	16.5	TR100	2.00	827.91	828.07	828.34	829.82	0.137899	5.87	0.34	2.32	4.89
Rio Malzago	16	TR100	2.00	826.46	826.58	826.89	829.60	0.320739	7.69	0.26	2.25	7.21
Rio Malzago	15.5	TR100	2.00	824.38	824.54	824.81	826.27	0.135158	5.83	0.34	2.32	4.84
Rio Malzago	15	TR100	2.00	823.37	823.50	823.80	826.10	0.253378	7.13	0.28	2.26	6.47
Rio Malzago	14.5	TR100	2.00	821.79	821.92	822.22	824.40	0.235559	6.97	0.29	2.27	6.26
Rio Malzago	14	TR100	2.00	820.76	820.88	821.19	824.17	0.369064	8.04	0.25	2.24	7.69
Rio Malzago	13.5	TR100	2.00	819.40	819.57	819.83	821.09	0.110619	5.47	0.37	2.34	4.41
Rio Malzago	13	TR100	2.00	815.97	816.07	816.40	820.39	0.565440	9.20	0.22	2.21	9.36
Rio Malzago	12	TR100	2.00	815.97	816.79	816.29	816.80	0.000969	0.49	4.10	6.83	0.20
Rio Malzago	11.5		Culvert									
Rio Malzago	11	TR100	2.00	815.42	815.72	815.72	815.84	0.059478	1.54	1.30	5.48	1.01
Rio Malzago	10.9	TR100	2.00	813.80	814.69	814.15	814.72	0.000324	0.72	2.76	3.10	0.24
Rio Malzago	10.8	TR100	2.00	813.80	814.69	814.15	814.72	0.000325	0.72	2.76	3.10	0.25
Rio Malzago	10.5		Culvert									
Rio Malzago	10	TR100	2.00	813.34	813.66	813.66	813.80	0.057227	1.64	1.22	4.47	1.00
Rio Malzago	9	TR100	2.00	811.56	811.73	812.03	813.58	0.141816	6.03	0.33	2.00	4.73
Rio Malzago	8	TR100	2.00	811.56	812.39	811.88	812.40	0.001890	0.50	3.97	6.44	0.21
Rio Malzago	7		Culvert									
Rio Malzago	4	TR100	2.00	811.00	811.73		811.75	0.002109	0.53	3.76	5.24	0.20
Rio Malzago	3.9	TR100	2.00	811.00	811.59		811.74	0.003142	1.70	1.18	2.00	0.71
Rio Malzago	3.5	TR100	2.00	811.00	811.47	811.47	811.70	0.006103	2.14	0.93	2.00	1.00
Rio Malzago	3.15	TR100	2.00	810.06	811.01	811.15	811.49	0.190658	3.09	0.65	1.37	1.43
Rio Malzago	3.1	TR100	2.00	808.56	809.23	809.66	811.16	1.194242	6.14	0.33	0.97	3.38
Rio Malzago	3.05	TR100	2.00	807.55	808.48	808.65	809.01	0.211538	3.21	0.62	1.34	1.50
Rio Malzago	3.04	TR100	2.00	806.05	806.72	807.15	808.65	1.201352	6.15	0.32	0.97	3.39
Rio Malzago	3.01	TR100	2.00	805.04	805.97	806.14	806.50	0.211802	3.21	0.62	1.34	1.50
Rio Malzago	3	TR100	2.00	803.54	804.21	804.64	806.14	1.201391	6.15	0.32	0.97	3.39
Rio Malzago	2.95	TR100	2.00	802.53	803.09	803.27	803.68	0.272522	3.41	0.59	2.11	2.07
Rio Malzago	2.9	TR100	2.00	801.03	801.45	801.77	803.30	1.244449	6.03	0.33	1.59	4.21

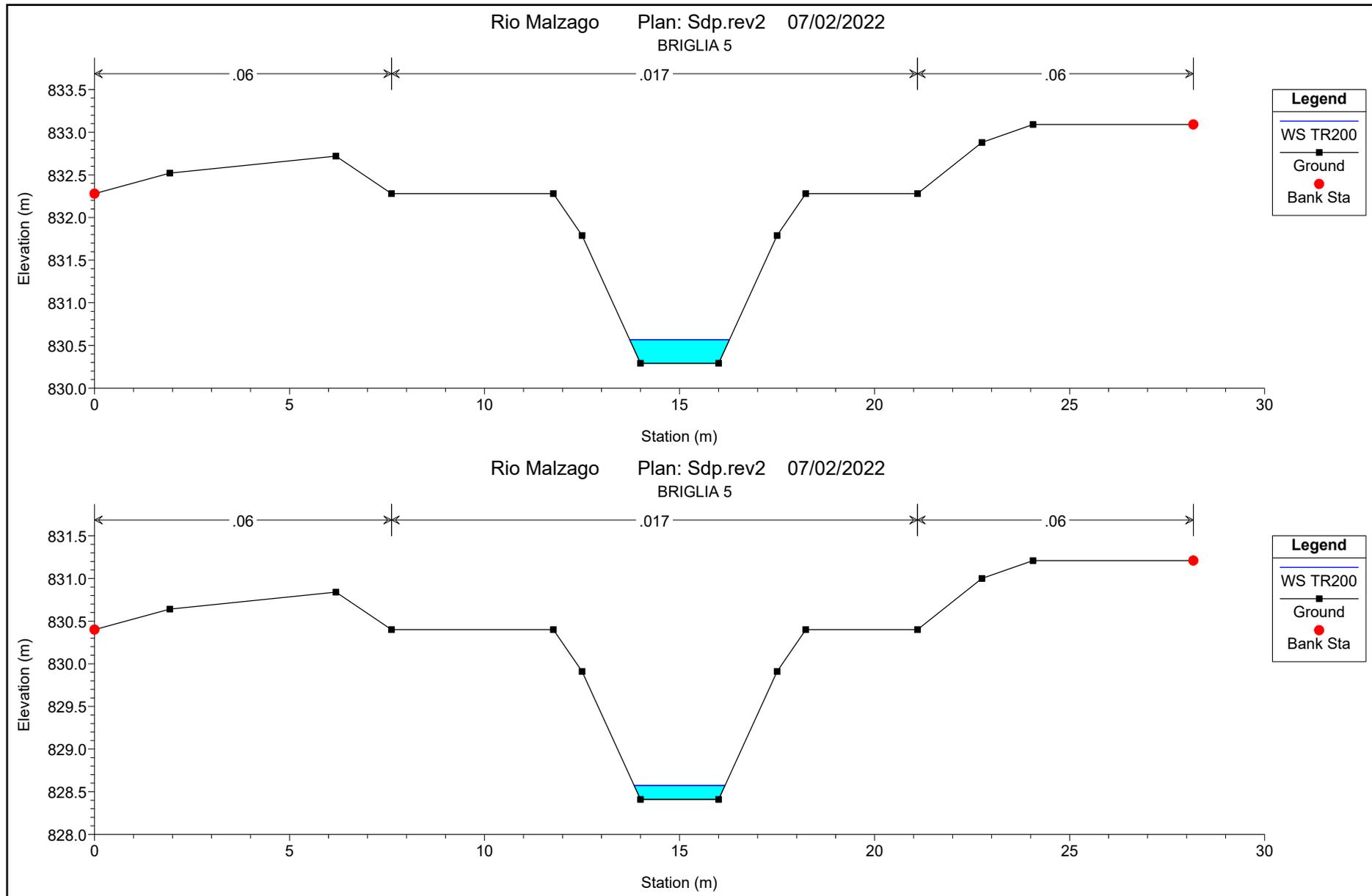
HEC-RAS Plan: Sdp.rev2 River: Rio Reach: Rio Malzago Profile: TR100 (Continued)

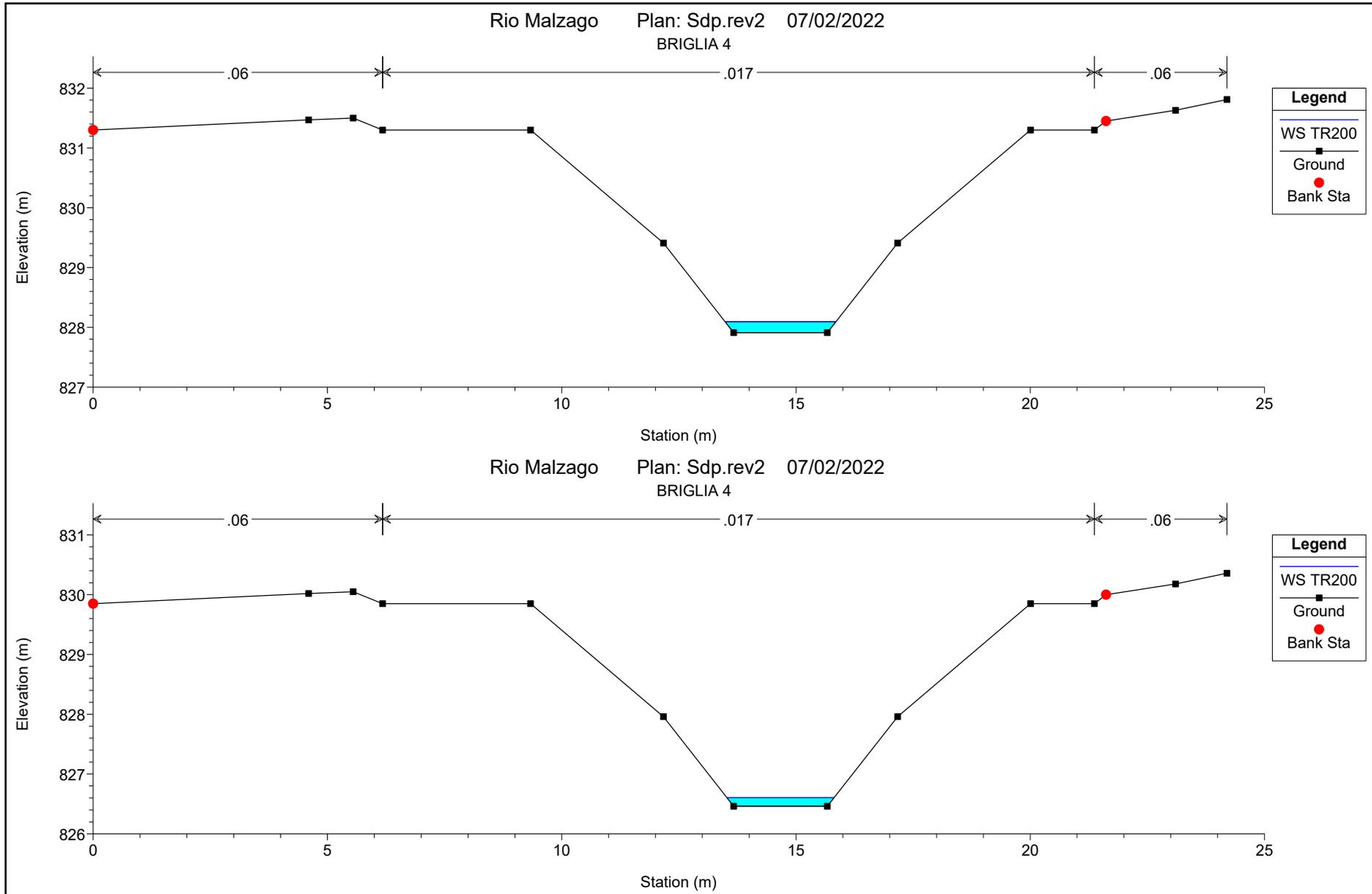
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	2.85	TR100	2.00	800.02	800.60	800.76	801.10	0.218669	3.14	0.64	2.20	1.86
Rio Malzago	2.8	TR100	2.00	798.52	798.94	799.26	800.75	1.211835	5.97	0.34	1.60	4.16
Rio Malzago	2.5	TR100	2.00	797.52	798.10	798.26	798.60	0.215562	3.12	0.64	2.21	1.85
Rio Malzago	2	TR100	2.00	796.02	796.44	796.76	798.25	1.209544	5.96	0.34	1.60	4.16
Rio Malzago	1.5	TR100	2.00	795.51	795.67	795.75	795.94	0.231592	2.29	0.88	5.44	1.82
Rio Malzago	1.2	TR100	2.00	794.76	794.85	795.00	795.65	1.395197	3.95	0.51	5.43	4.14
Rio Malzago	1	TR100	2.00	794.76	795.00	795.00	795.12	0.064460	1.54	1.30	5.44	1.01

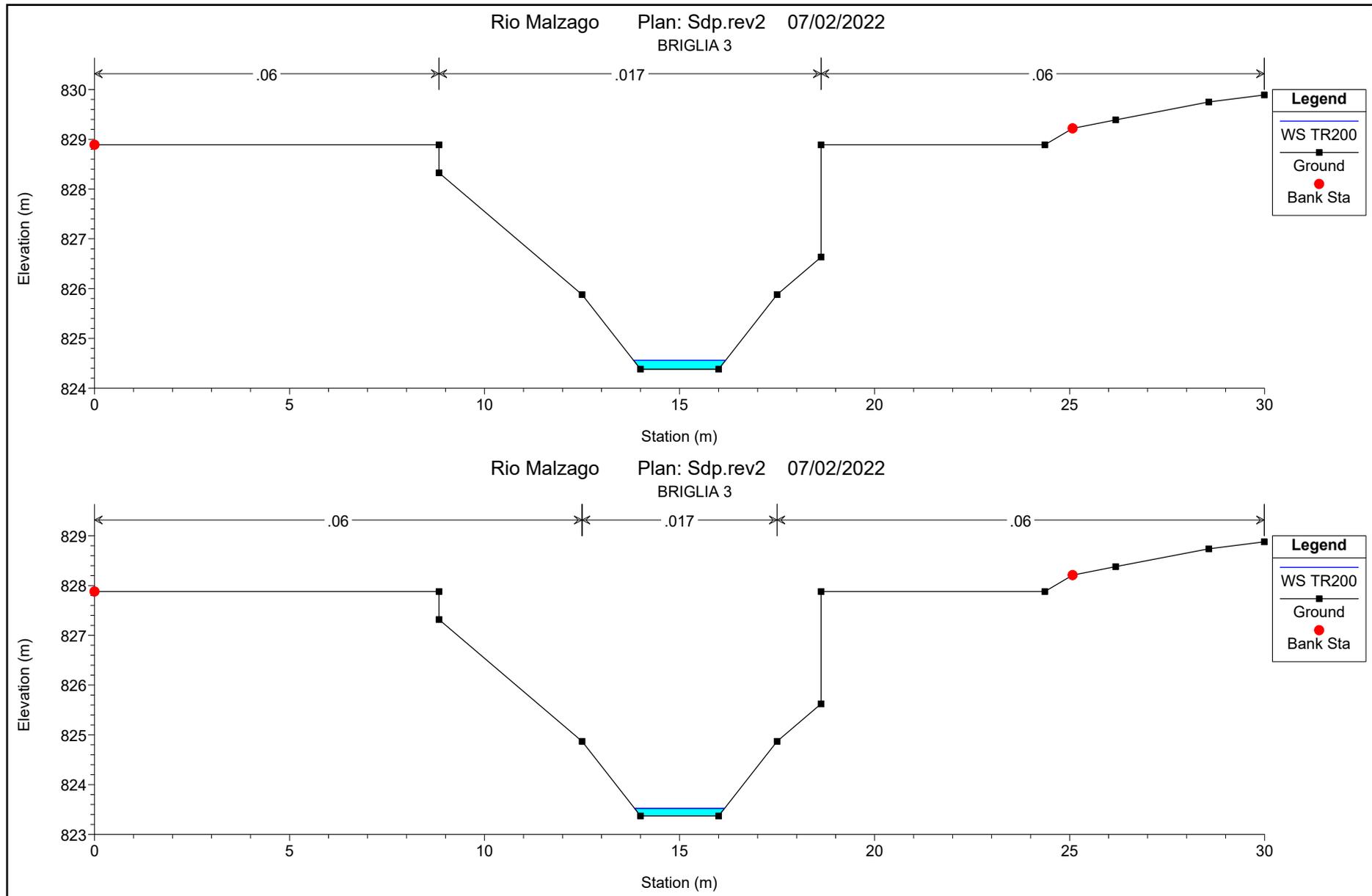


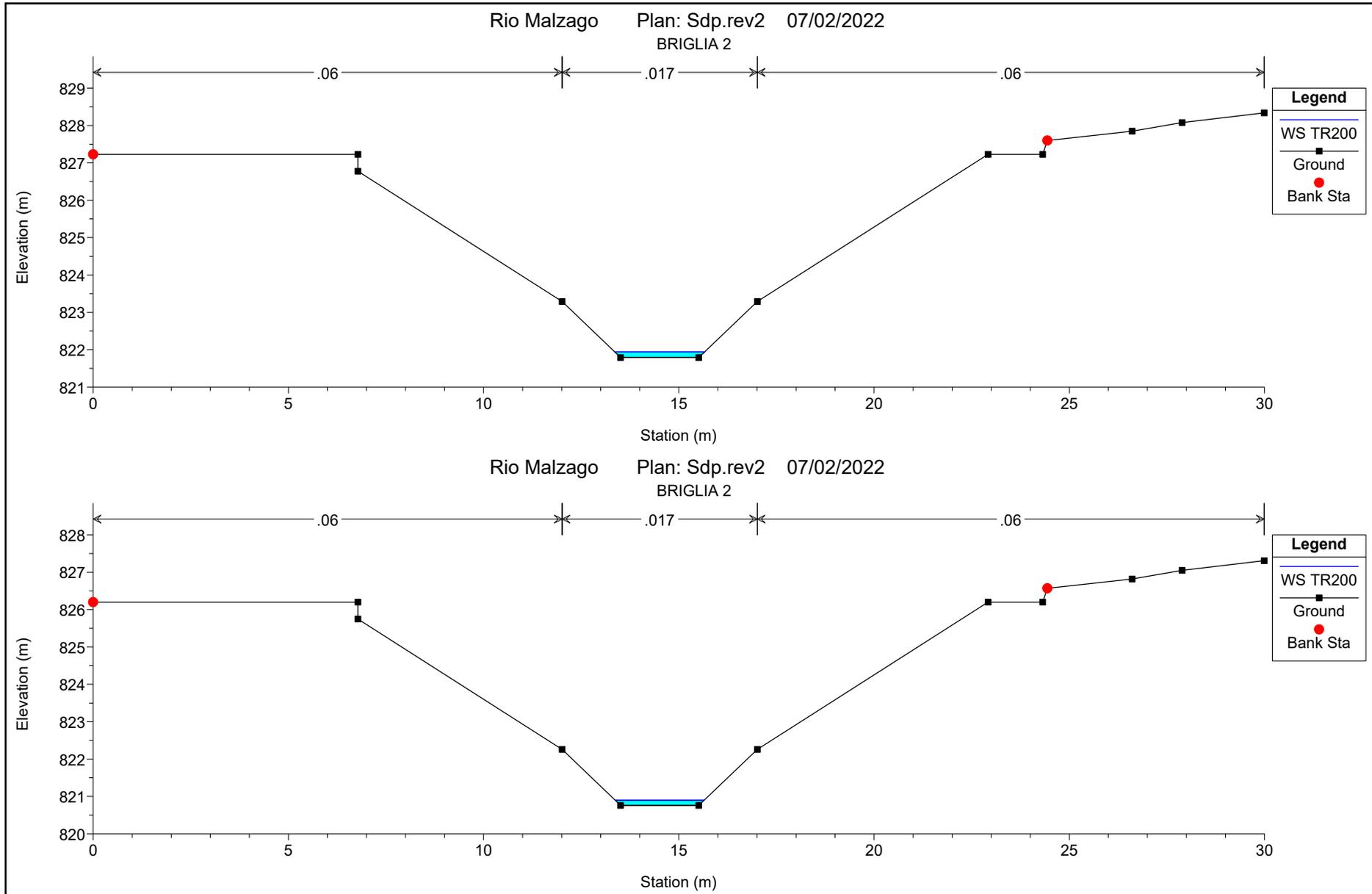


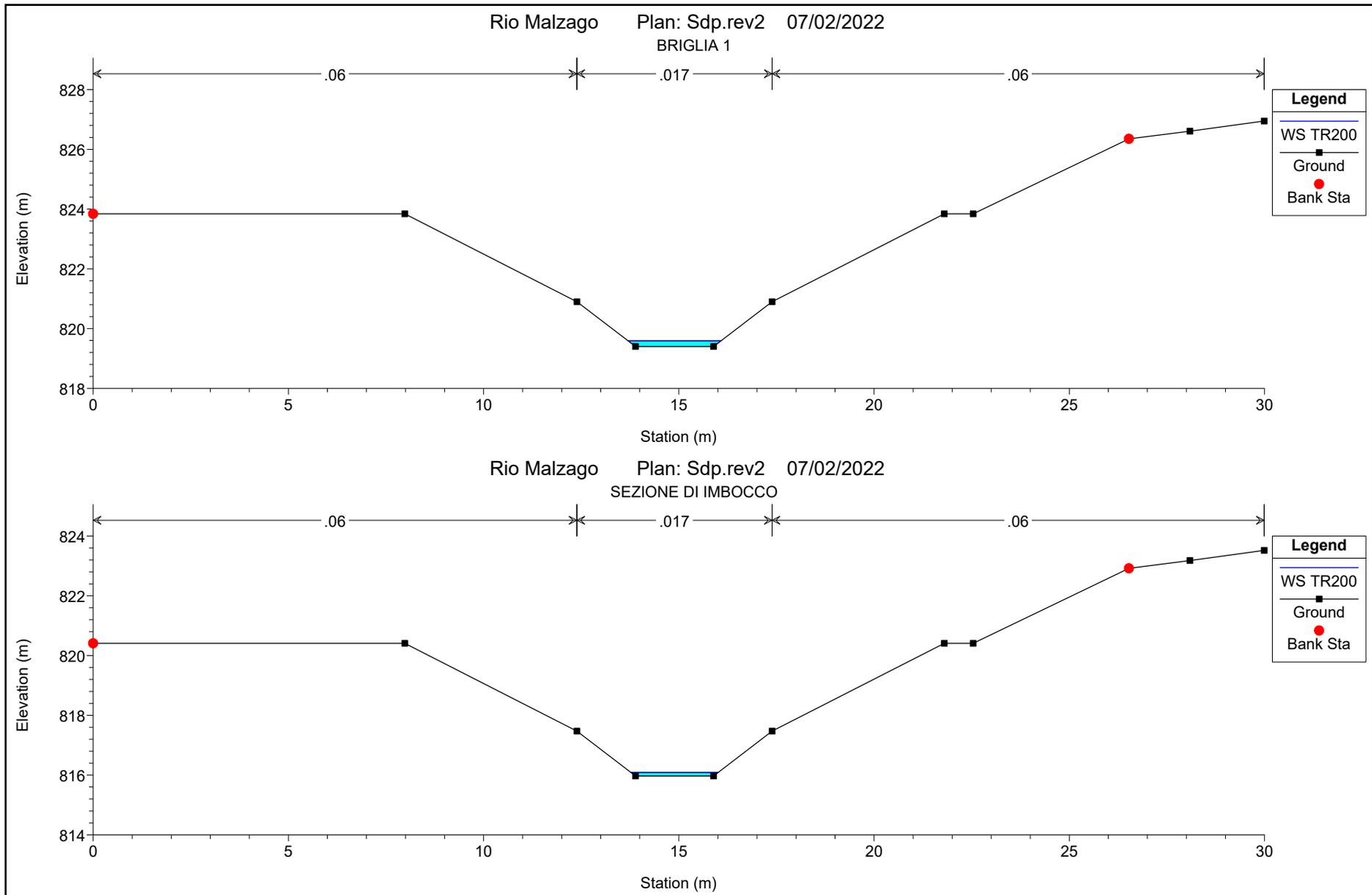


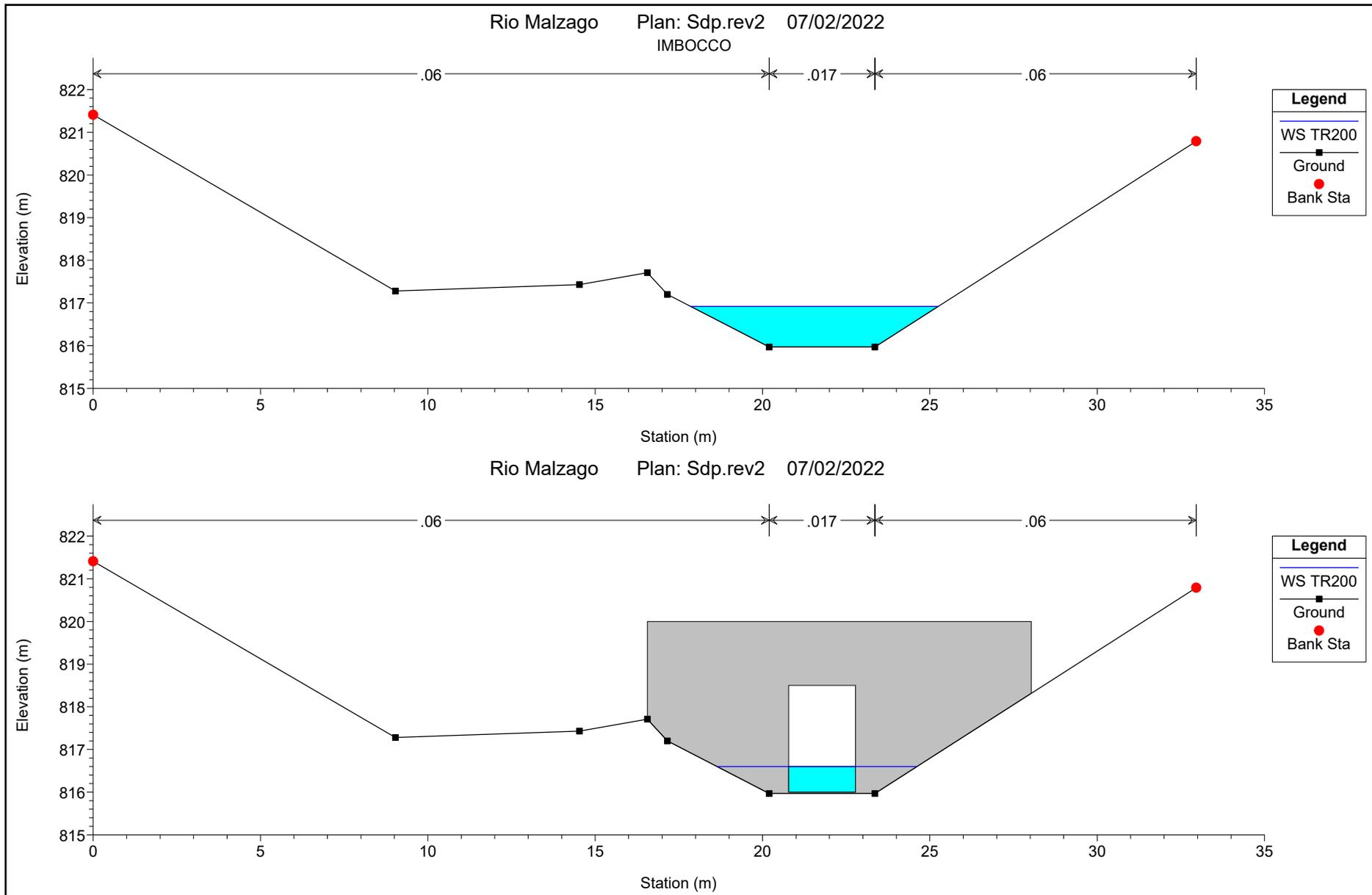


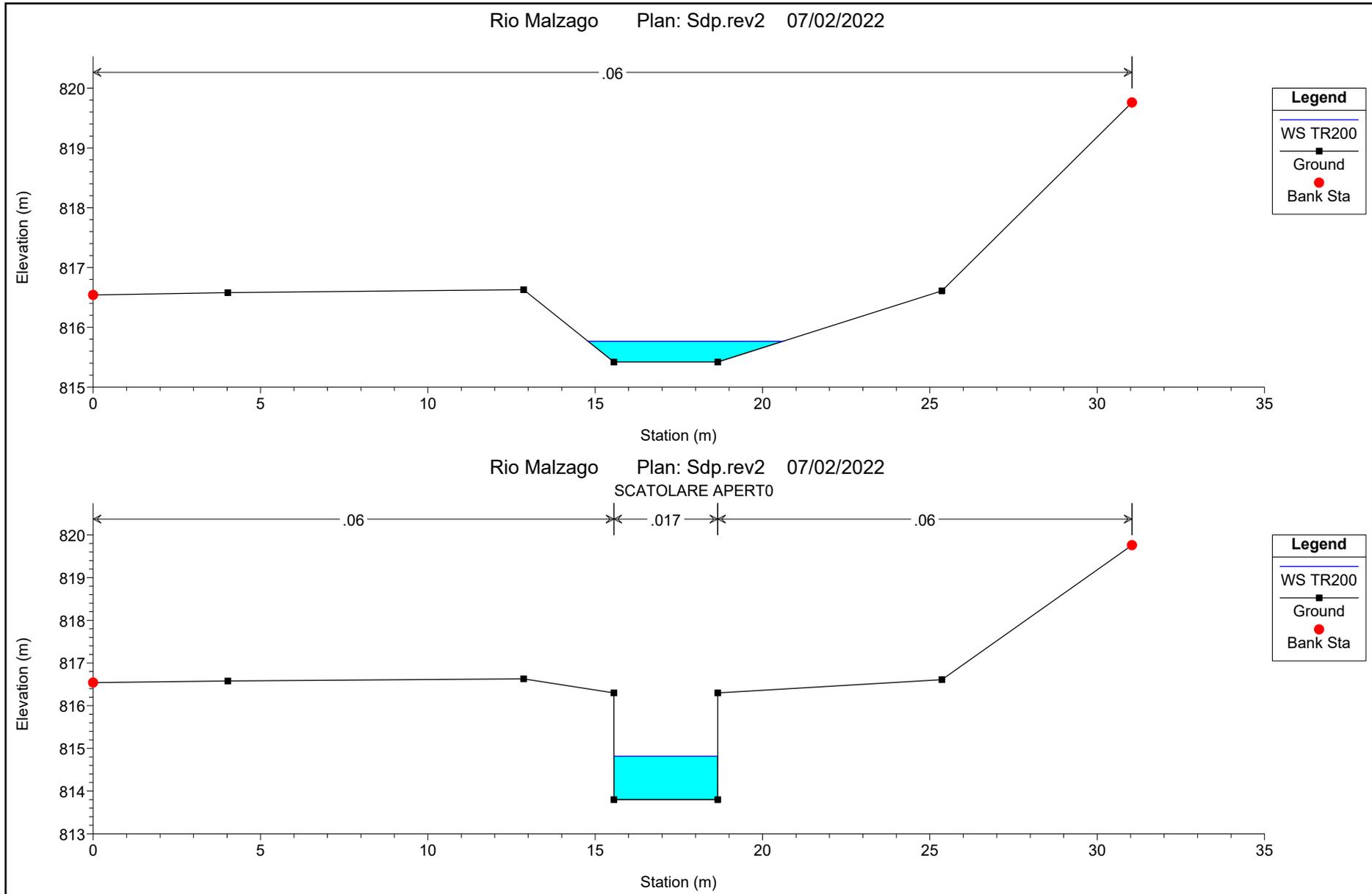


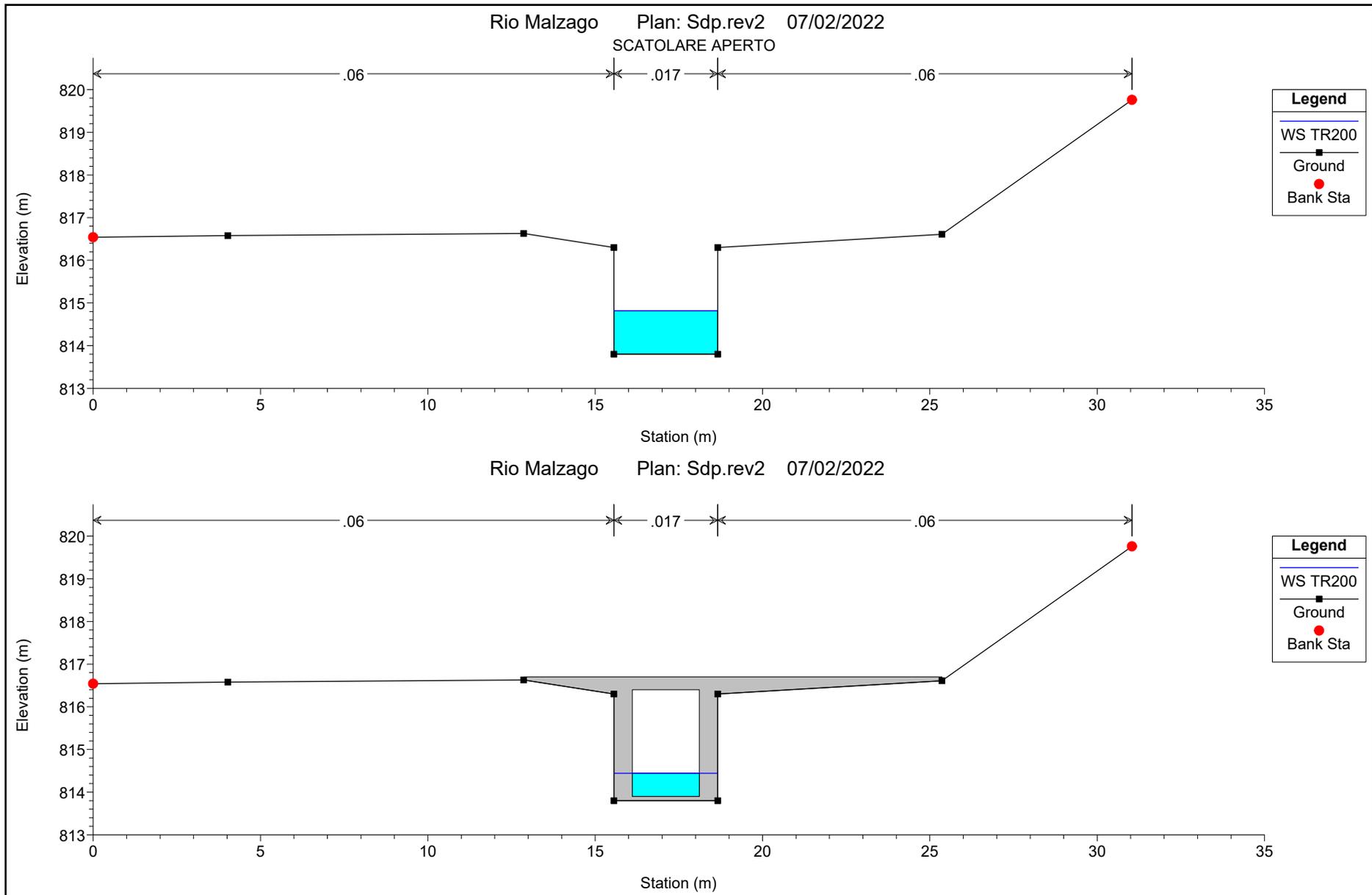


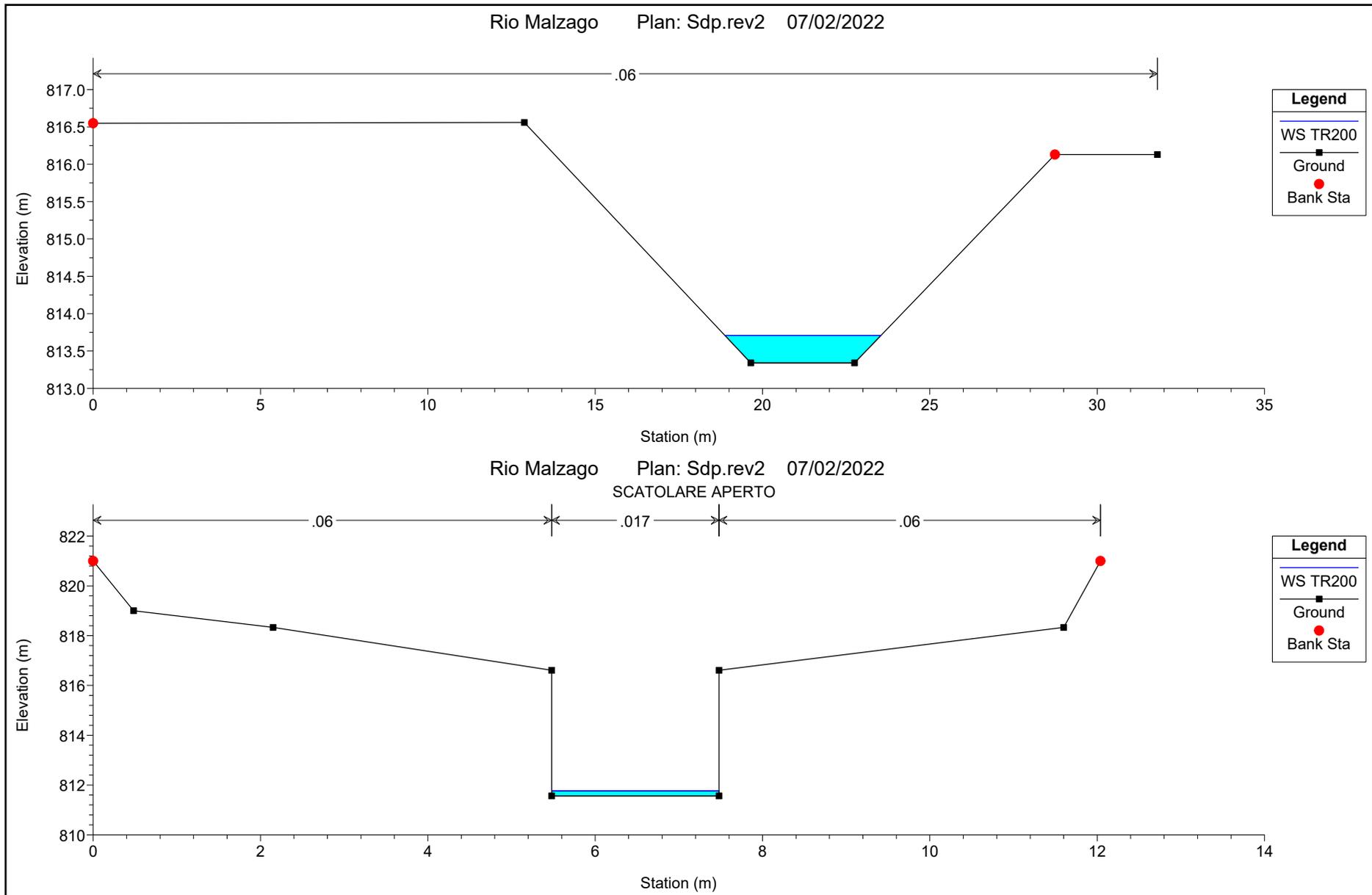


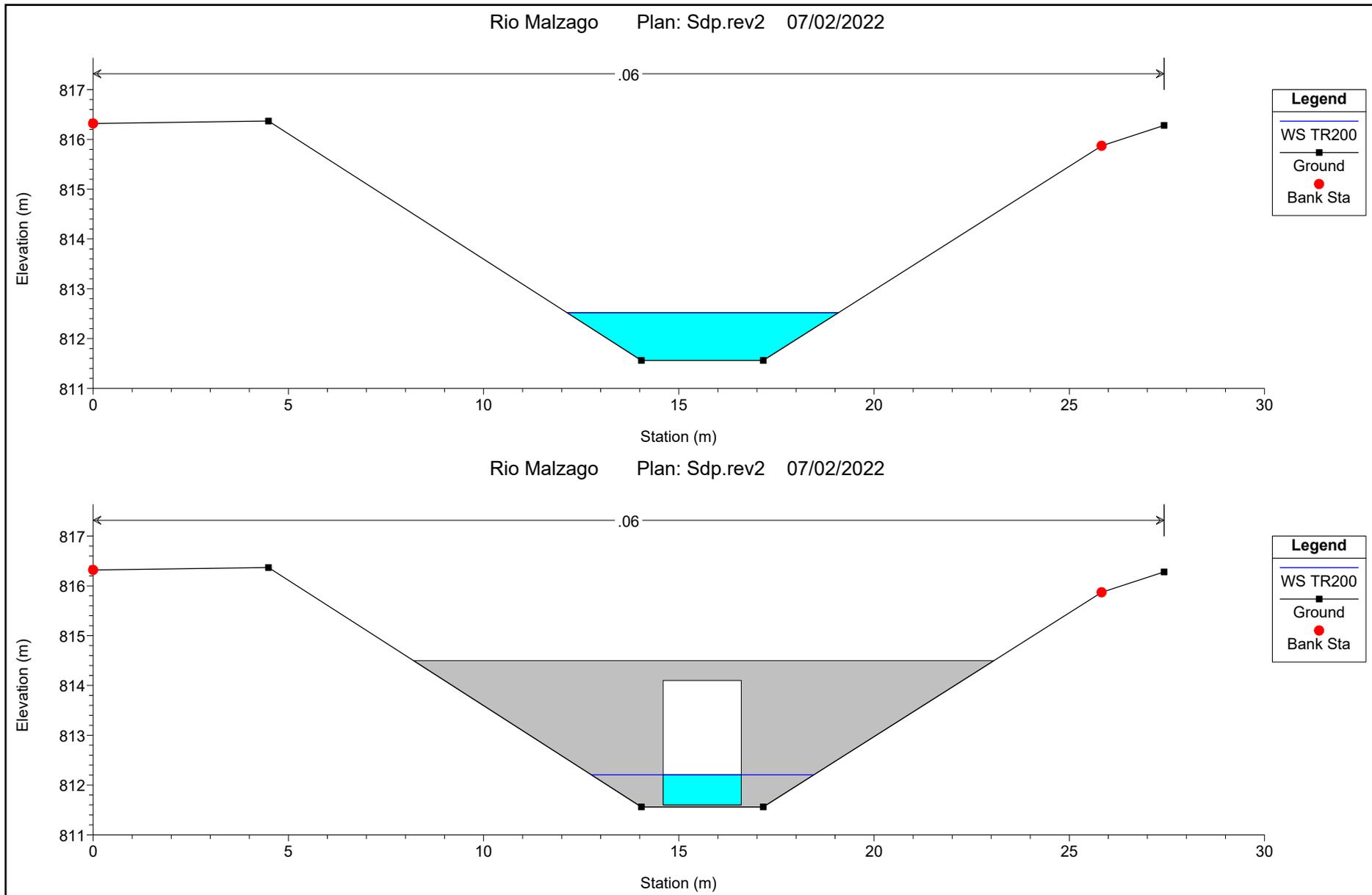


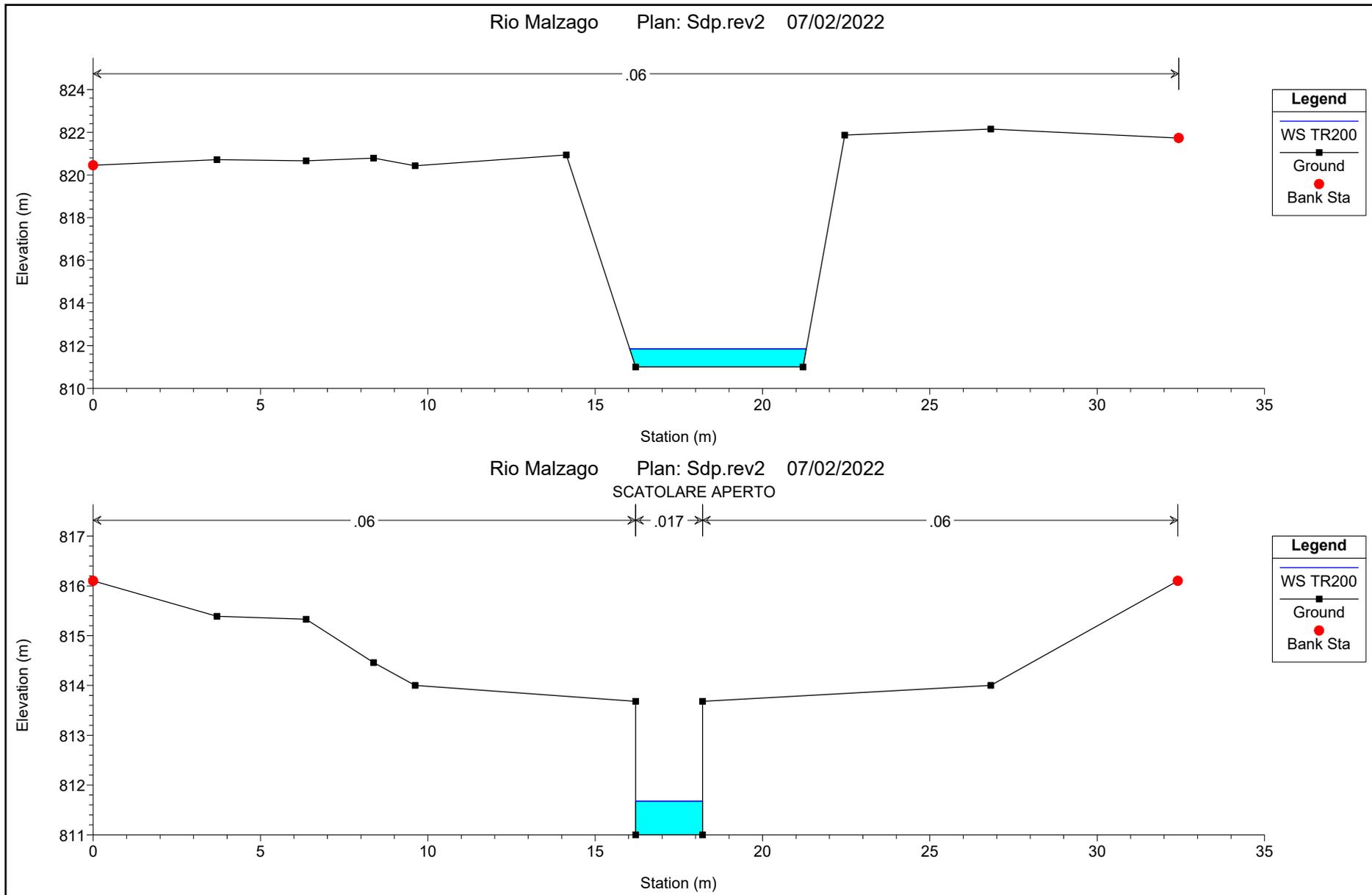


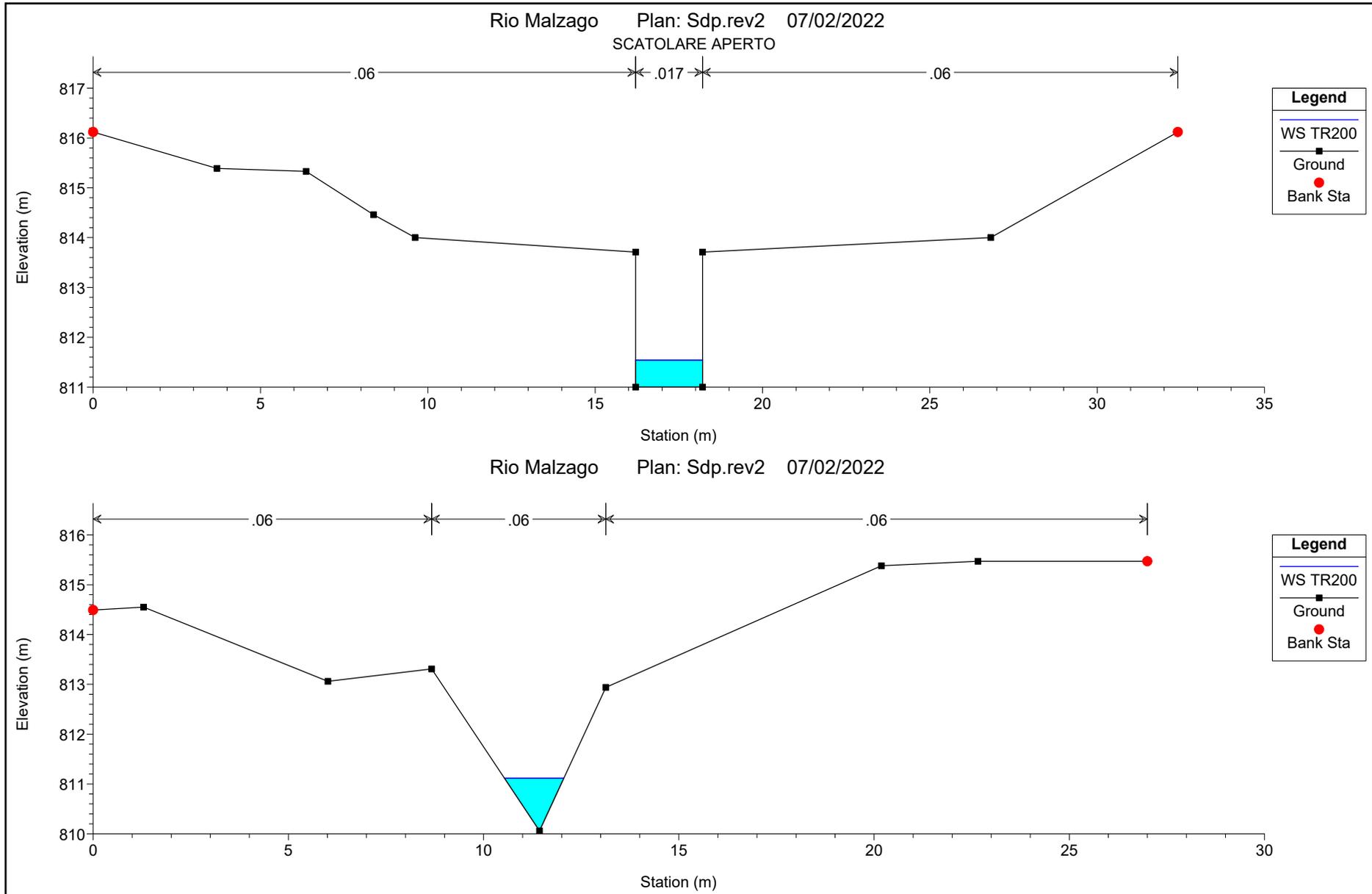


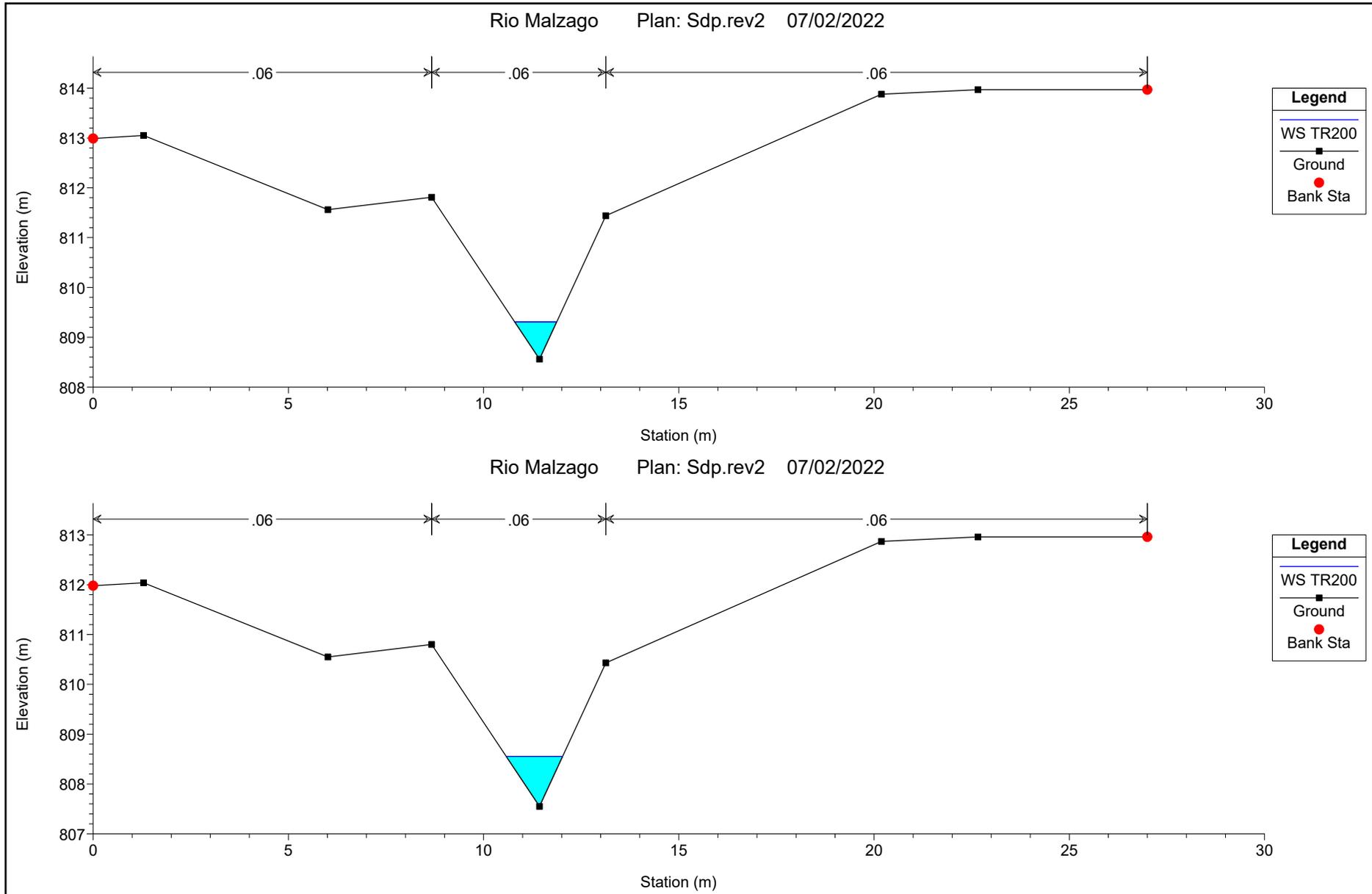


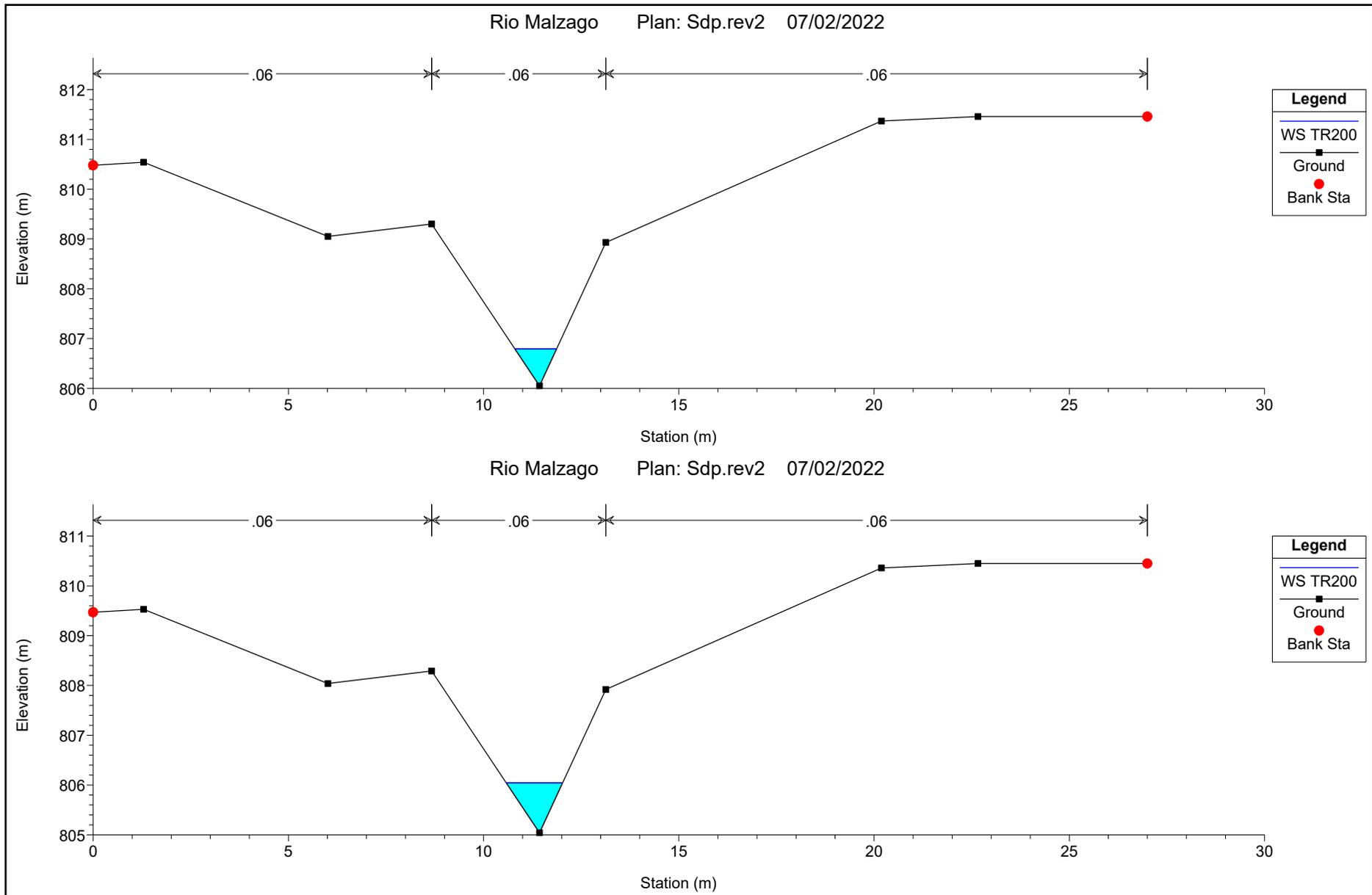


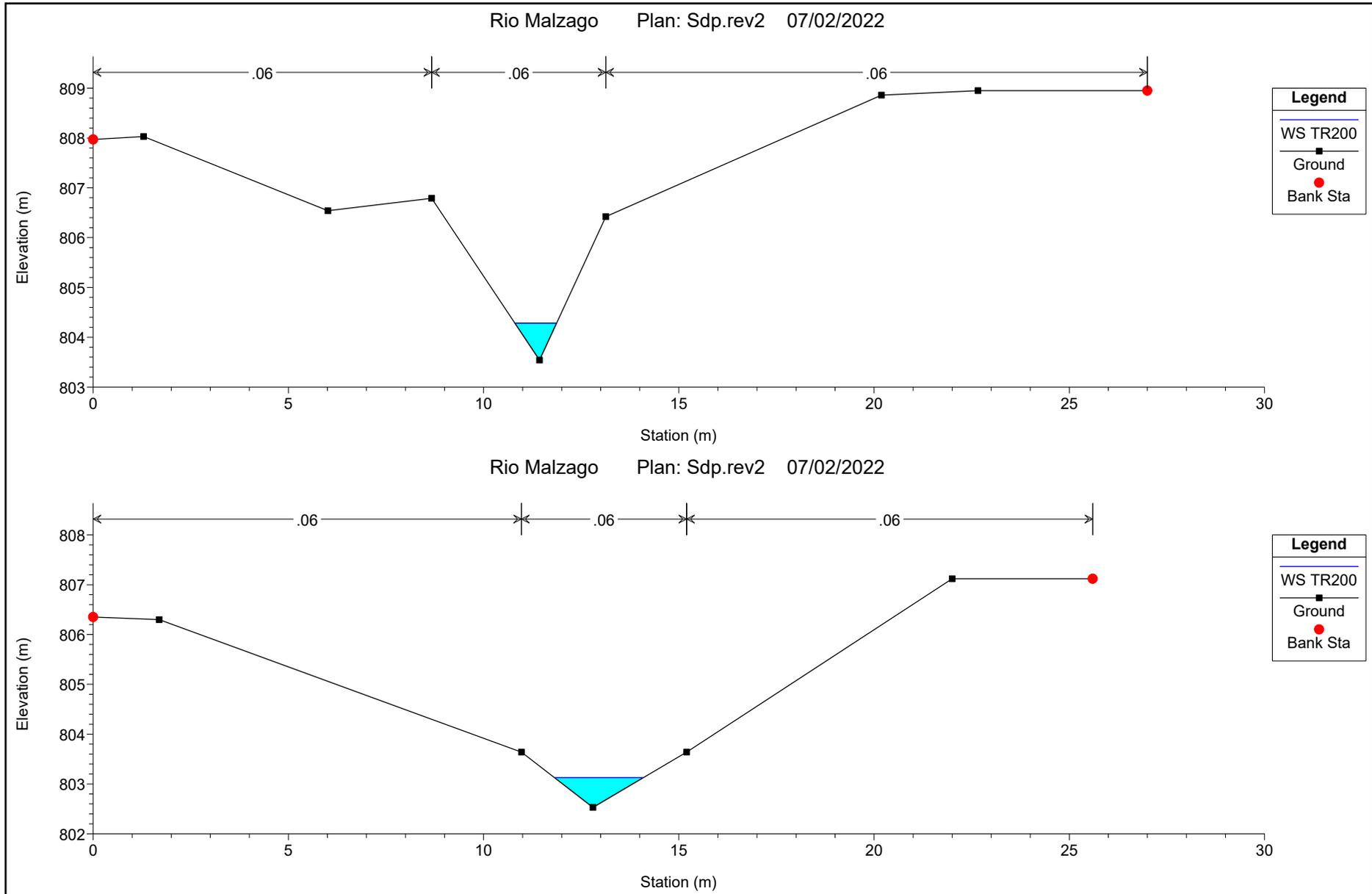


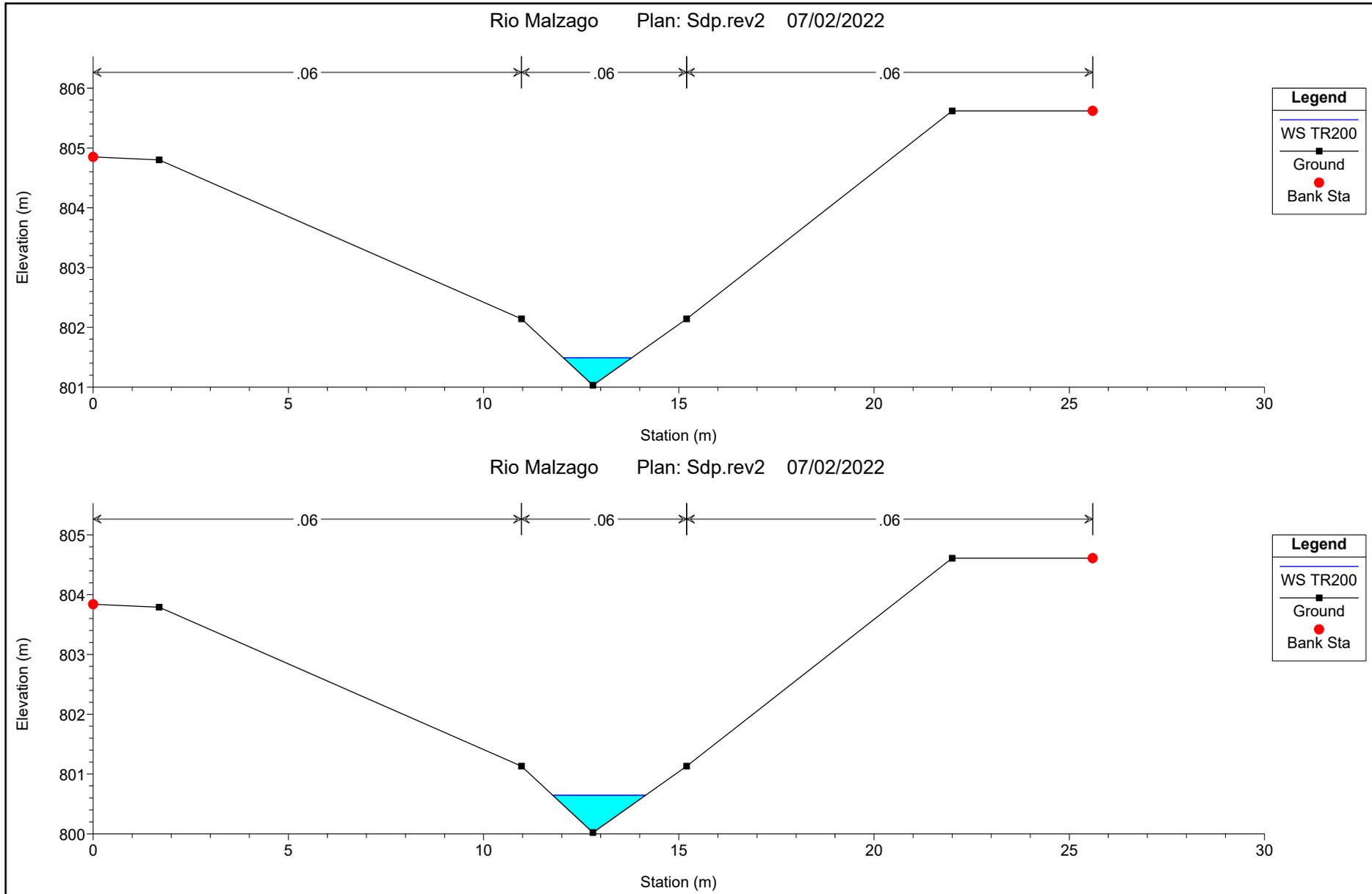


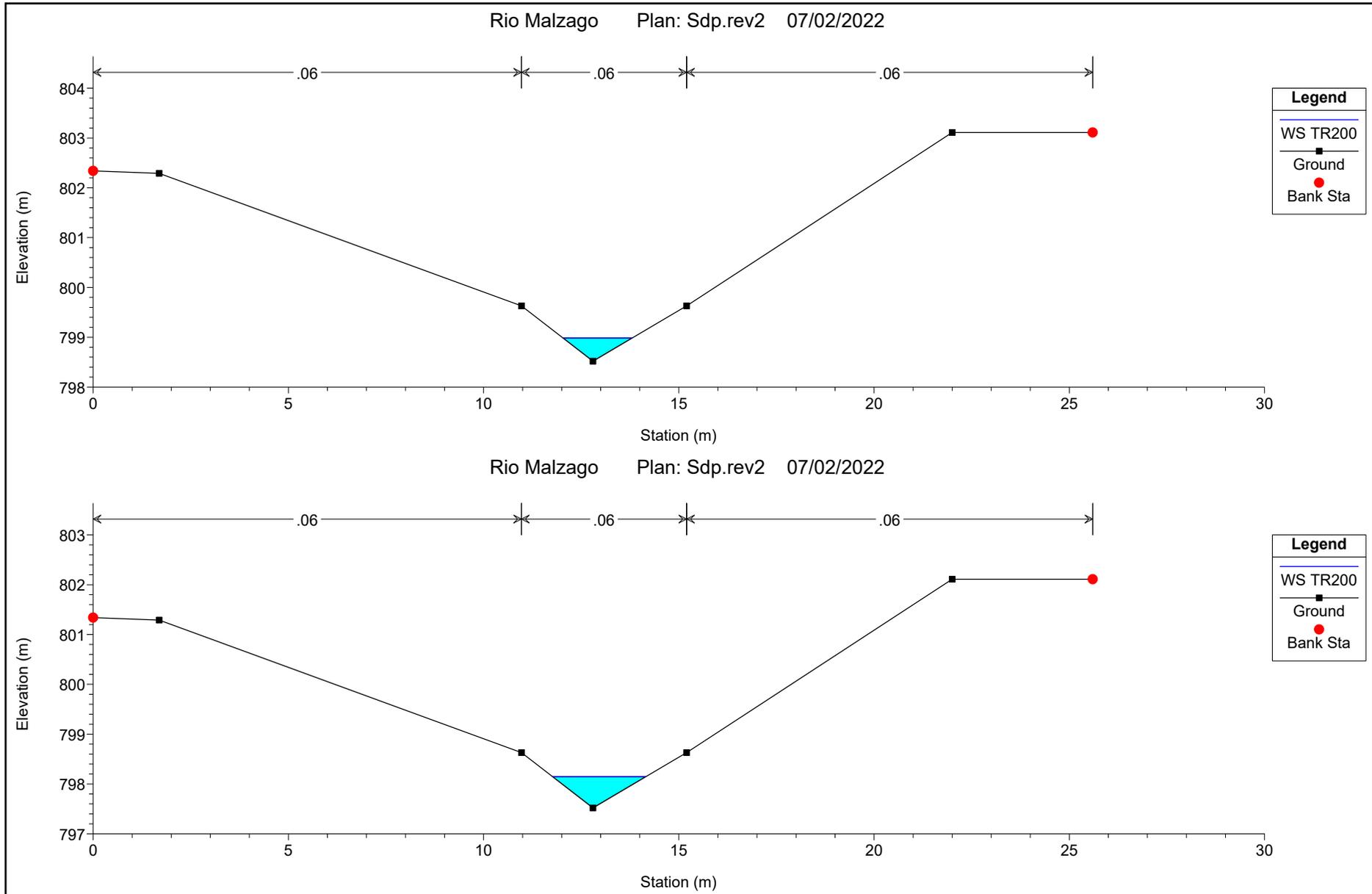


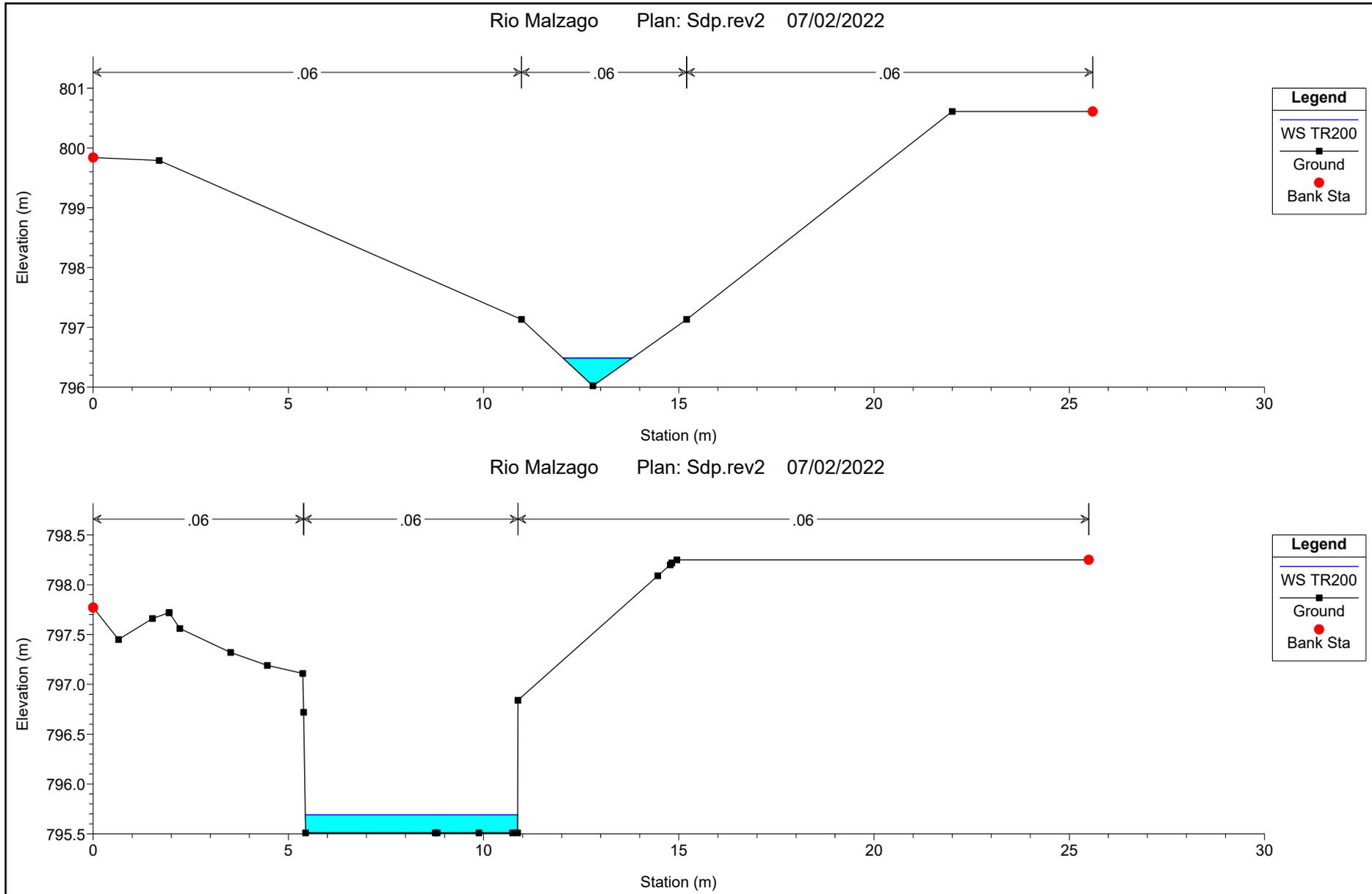


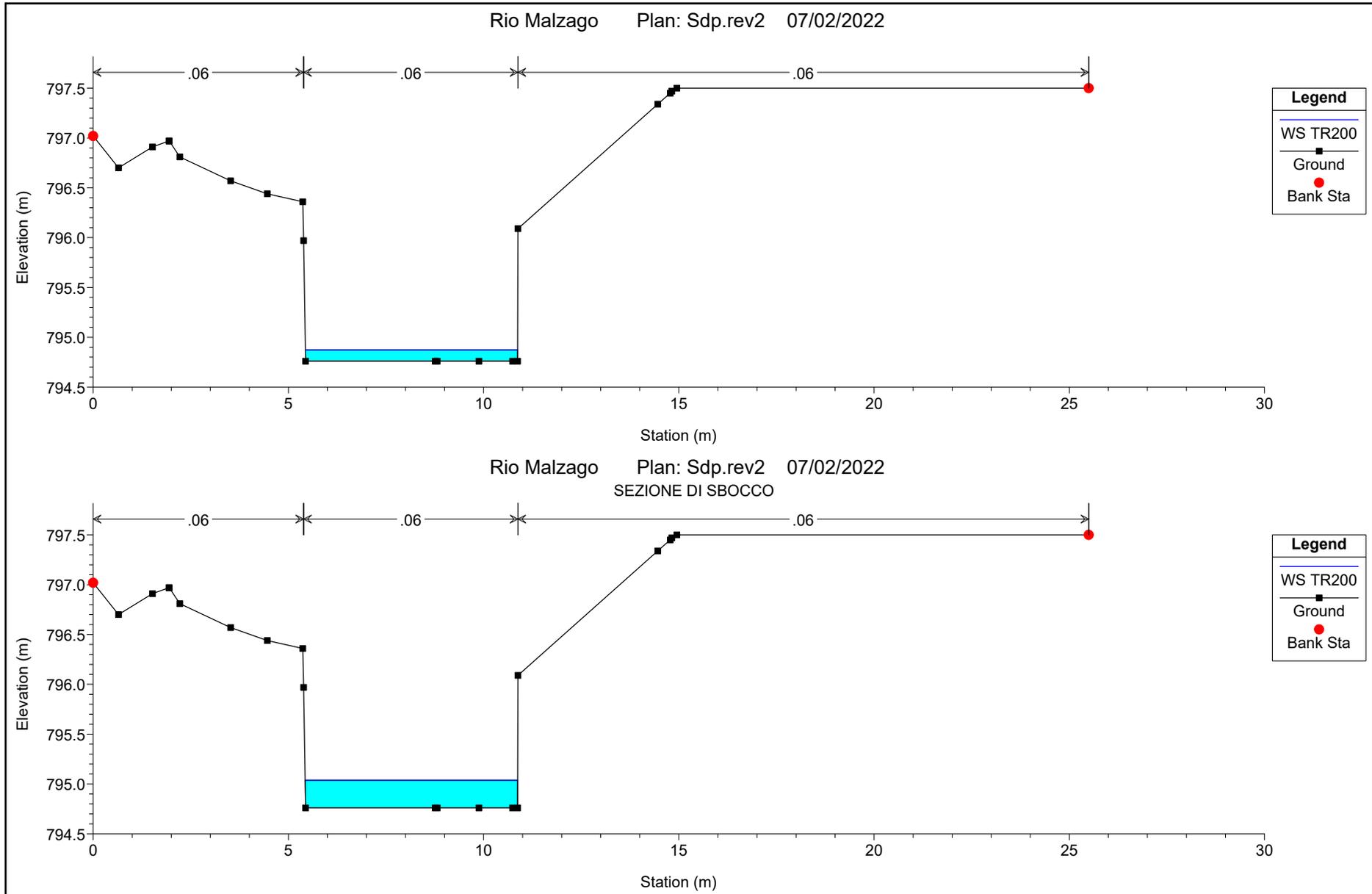












HEC-RAS Plan: Sdp.rev2 River: Rio Reach: Rio Malzago Profile: TR200

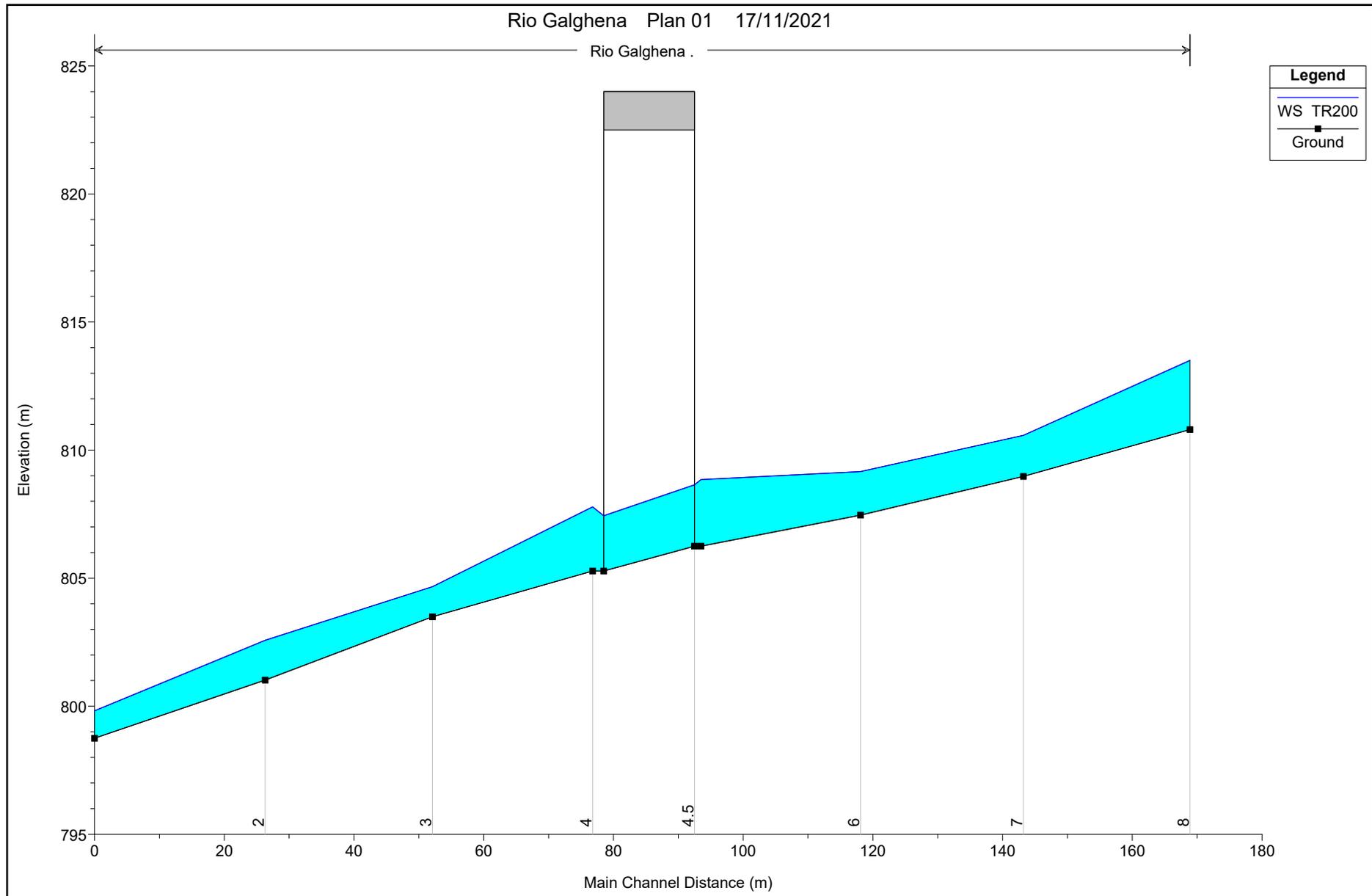
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	20	TR200	2.50	836.93	837.16	837.16	837.22	0.073847	1.10	2.26	18.77	1.01
Rio Malzago	19.5	TR200	2.50	832.88	833.03	833.33	835.93	0.273786	7.54	0.33	2.69	6.85
Rio Malzago	19	TR200	2.50	831.43	831.56	831.88	835.63	0.454244	8.94	0.28	2.57	8.65
Rio Malzago	18	TR200	2.50	830.70	831.04	831.24	831.76	0.381089	3.75	0.67	2.92	2.50
Rio Malzago	17.5	TR200	2.50	830.29	830.57	830.79	831.37	0.032795	3.96	0.63	2.55	2.54
Rio Malzago	17	TR200	2.50	828.41	828.57	828.90	831.16	0.196099	7.12	0.35	2.32	5.85
Rio Malzago	16.5	TR200	2.50	827.91	828.09	828.41	830.10	0.133214	6.28	0.40	2.36	4.89
Rio Malzago	16	TR200	2.50	826.46	826.61	826.96	829.88	0.284124	8.02	0.31	2.29	6.94
Rio Malzago	15.5	TR200	2.50	824.38	824.56	824.88	826.65	0.141362	6.40	0.39	2.36	5.02
Rio Malzago	15	TR200	2.50	823.37	823.52	823.87	826.47	0.241027	7.61	0.33	2.31	6.43
Rio Malzago	14.5	TR200	2.50	821.79	821.94	822.28	824.84	0.234429	7.54	0.33	2.31	6.35
Rio Malzago	14	TR200	2.50	820.76	820.90	821.25	824.62	0.346523	8.54	0.29	2.27	7.61
Rio Malzago	13.5	TR200	2.50	819.40	819.59	819.90	821.45	0.118724	6.05	0.41	2.38	4.63
Rio Malzago	13	TR200	2.50	815.97	816.09	816.47	821.04	0.541648	9.85	0.25	2.24	9.34
Rio Malzago	12	TR200	2.50	815.97	816.92	816.33	816.93	0.000925	0.50	5.01	7.39	0.19
Rio Malzago	11.5		Culvert									
Rio Malzago	11	TR200	2.50	815.42	815.77	815.77	815.90	0.056747	1.62	1.54	5.82	1.00
Rio Malzago	10.9	TR200	2.50	813.80	814.82	814.20	814.85	0.000348	0.79	3.15	3.10	0.25
Rio Malzago	10.8	TR200	2.50	813.80	814.82	814.20	814.85	0.000349	0.79	3.15	3.10	0.25
Rio Malzago	10.5		Culvert									
Rio Malzago	10	TR200	2.50	813.34	813.71	813.71	813.86	0.055153	1.74	1.44	4.67	1.00
Rio Malzago	9	TR200	2.50	811.56	811.77	812.10	813.66	0.113443	6.09	0.41	2.00	4.29
Rio Malzago	8	TR200	2.50	811.56	812.52	811.93	812.53	0.001716	0.52	4.82	6.95	0.20
Rio Malzago	7		Culvert									
Rio Malzago	4	TR200	2.50	811.00	811.85		811.87	0.002100	0.57	4.37	5.27	0.20
Rio Malzago	3.9	TR200	2.50	811.00	811.68		811.85	0.003307	1.85	1.35	2.00	0.72
Rio Malzago	3.5	TR200	2.50	811.00	811.54	811.54	811.81	0.006266	2.32	1.08	2.00	1.01
Rio Malzago	3.15	TR200	2.50	810.06	811.12	811.25	811.61	0.168685	3.12	0.80	1.52	1.37
Rio Malzago	3.1	TR200	2.50	808.56	809.31	809.75	811.29	1.072595	6.24	0.40	1.07	3.26
Rio Malzago	3.05	TR200	2.50	807.55	808.55	808.74	809.16	0.219643	3.44	0.73	1.45	1.55
Rio Malzago	3.04	TR200	2.50	806.05	806.79	807.24	808.81	1.095743	6.29	0.40	1.07	3.29
Rio Malzago	3.01	TR200	2.50	805.04	806.04	806.23	806.65	0.221029	3.45	0.72	1.44	1.55
Rio Malzago	3	TR200	2.50	803.54	804.28	804.73	806.30	1.096362	6.29	0.40	1.07	3.29
Rio Malzago	2.95	TR200	2.50	802.53	803.13	803.34	803.82	0.289194	3.69	0.68	2.27	2.16
Rio Malzago	2.9	TR200	2.50	801.03	801.49	801.84	803.44	1.147506	6.18	0.40	1.76	4.11

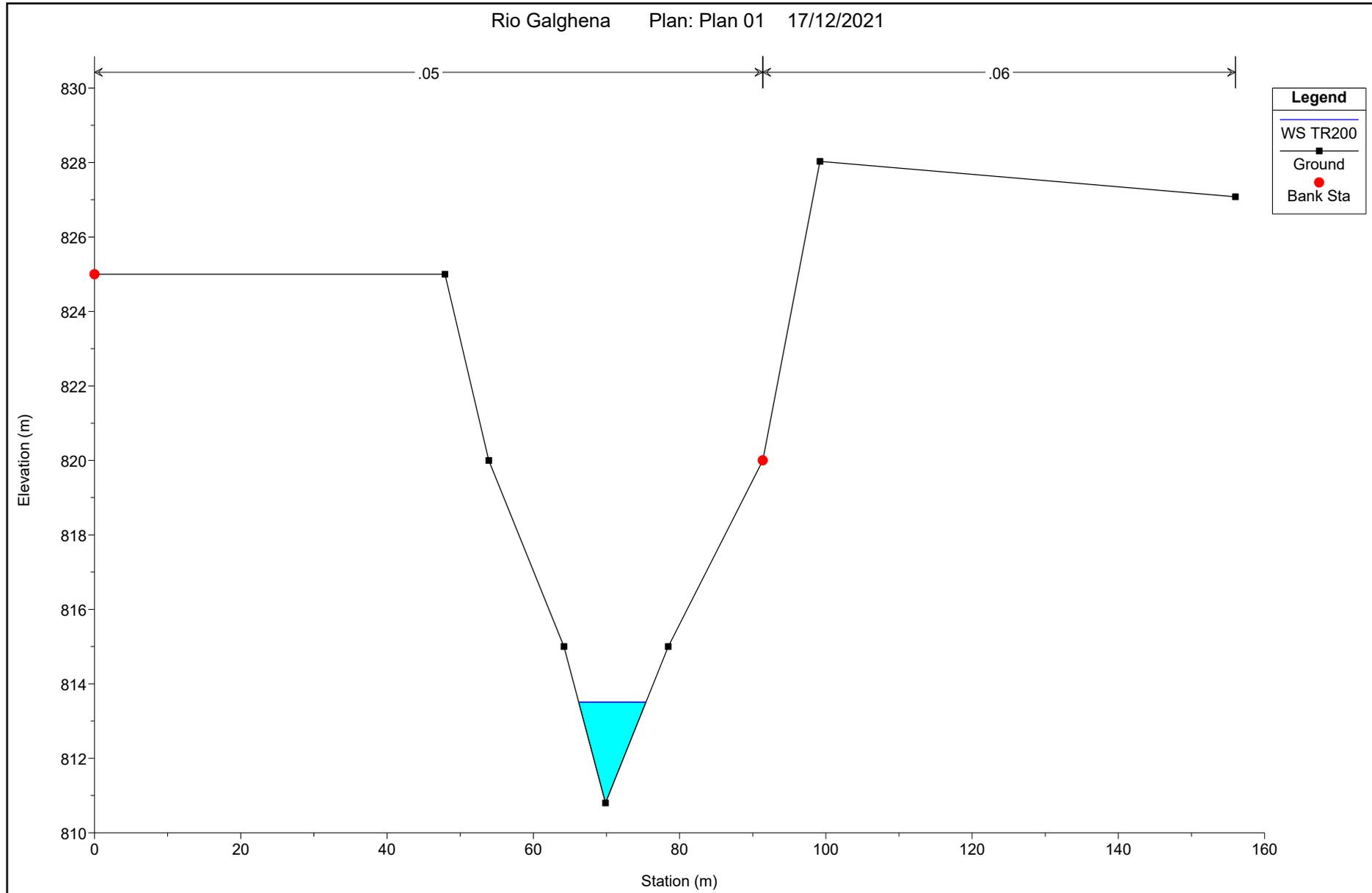
HEC-RAS Plan: Sdp.rev2 River: Rio Reach: Rio Malzago Profile: TR200 (Continued)

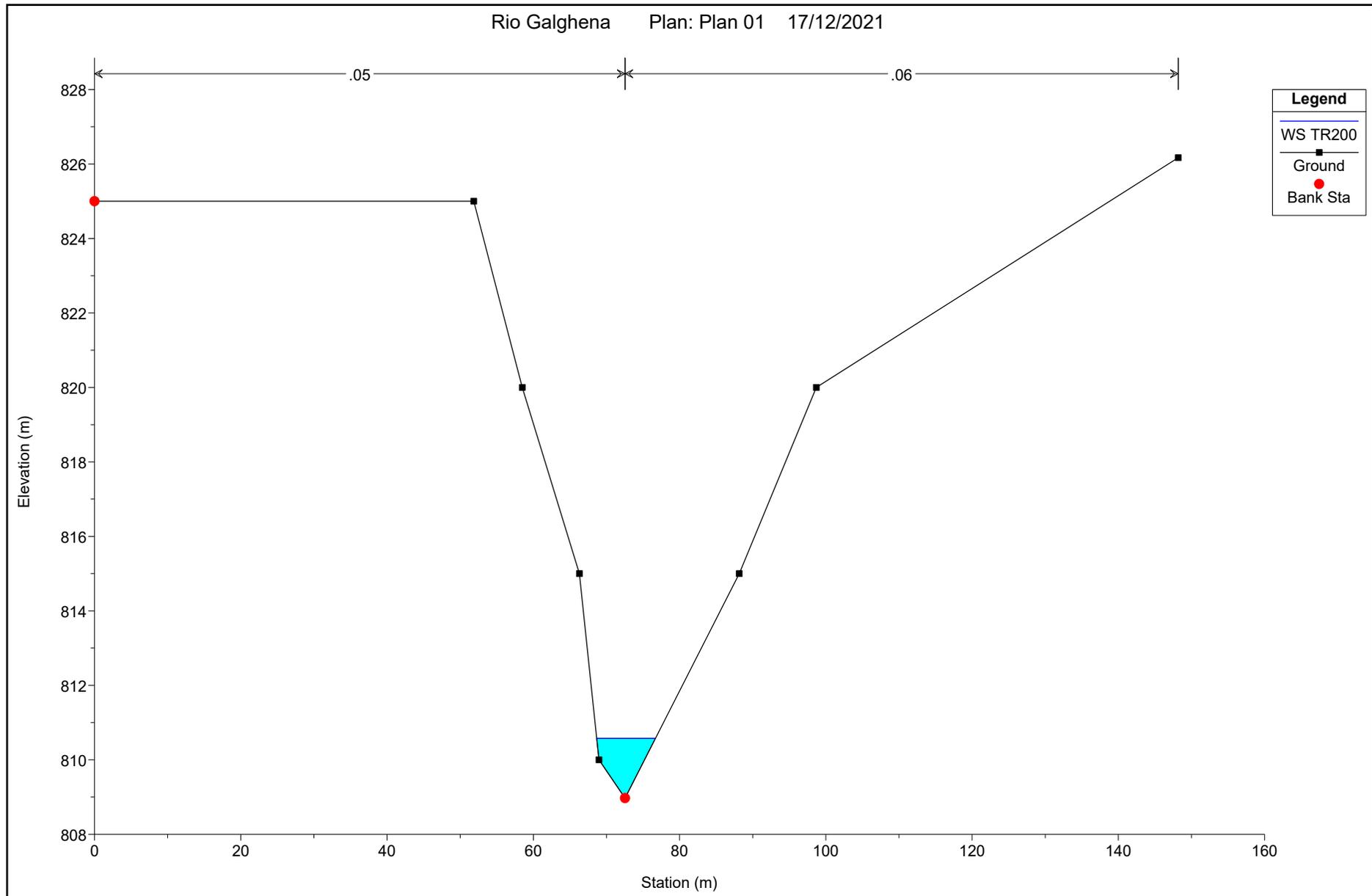
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Malzago	2.85	TR200	2.50	800.02	800.64	800.83	801.22	0.228761	3.38	0.74	2.38	1.93
Rio Malzago	2.8	TR200	2.50	798.52	798.98	799.33	800.88	1.104979	6.09	0.41	1.77	4.04
Rio Malzago	2.5	TR200	2.50	797.52	798.15	798.33	798.72	0.224898	3.35	0.75	2.38	1.92
Rio Malzago	2	TR200	2.50	796.02	796.48	796.83	798.37	1.102148	6.09	0.41	1.77	4.03
Rio Malzago	1.5	TR200	2.50	795.51	795.69	795.79	796.02	0.248053	2.54	0.98	5.44	1.91
Rio Malzago	1.2	TR200	2.50	794.76	794.87	795.04	795.73	1.184901	4.11	0.61	5.44	3.92
Rio Malzago	1	TR200	2.50	794.76	795.04	795.04	795.18	0.061980	1.66	1.51	5.44	1.00

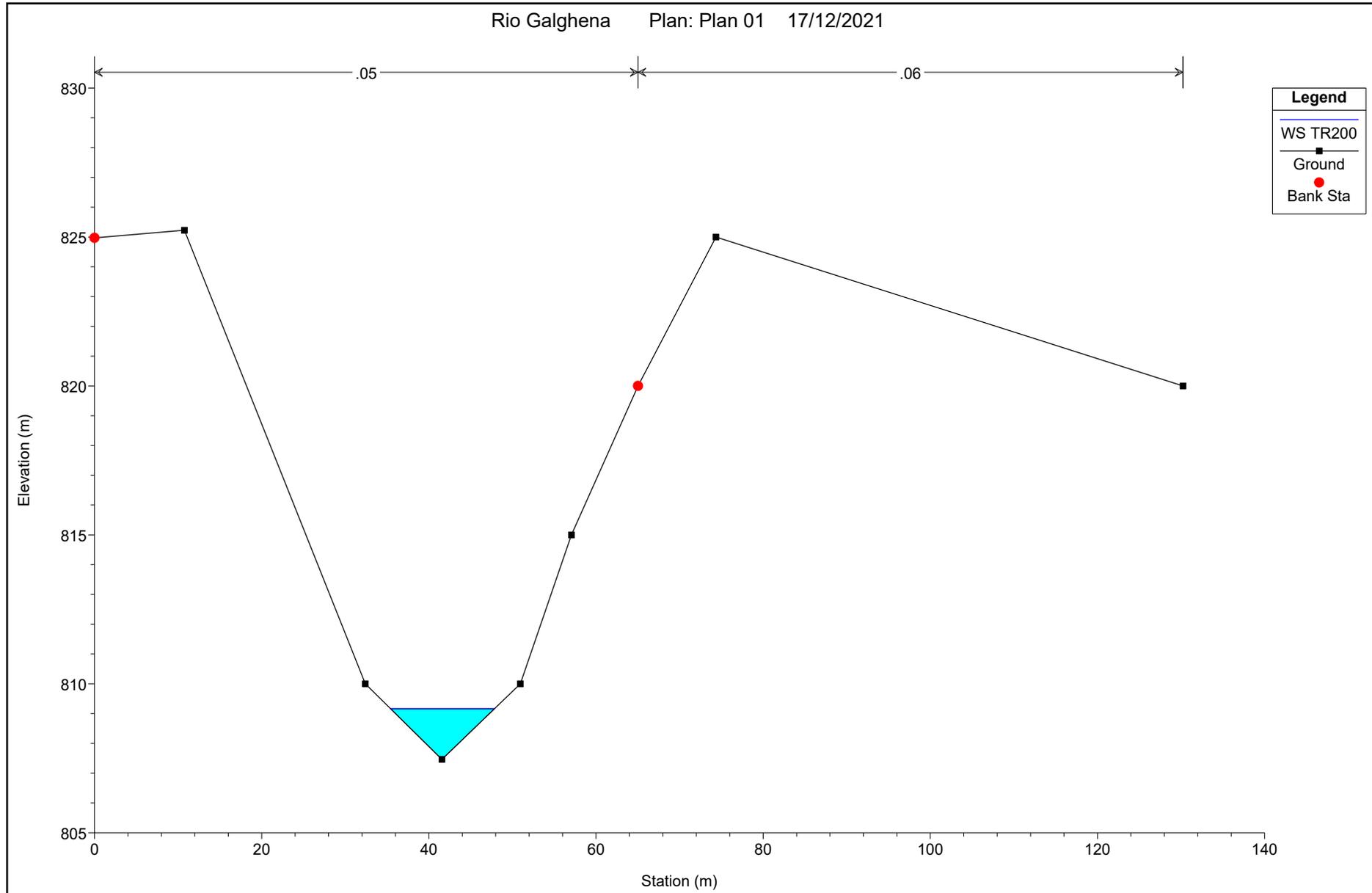
2 ALLEGATO 2

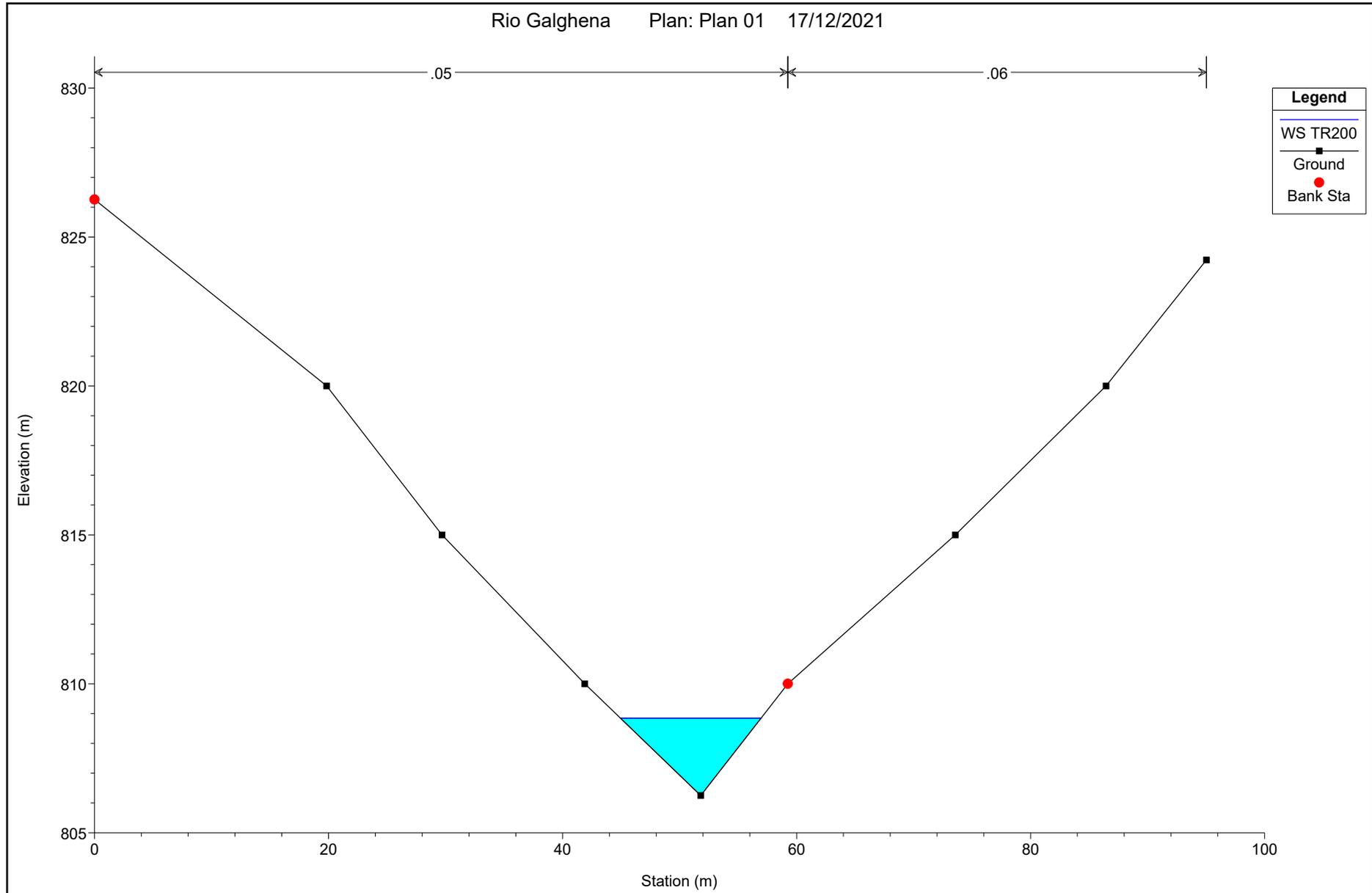
2.1 *RISULTATI SIMULAZIONI DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE – RIO GALGHENA – STATO DI FATTO*

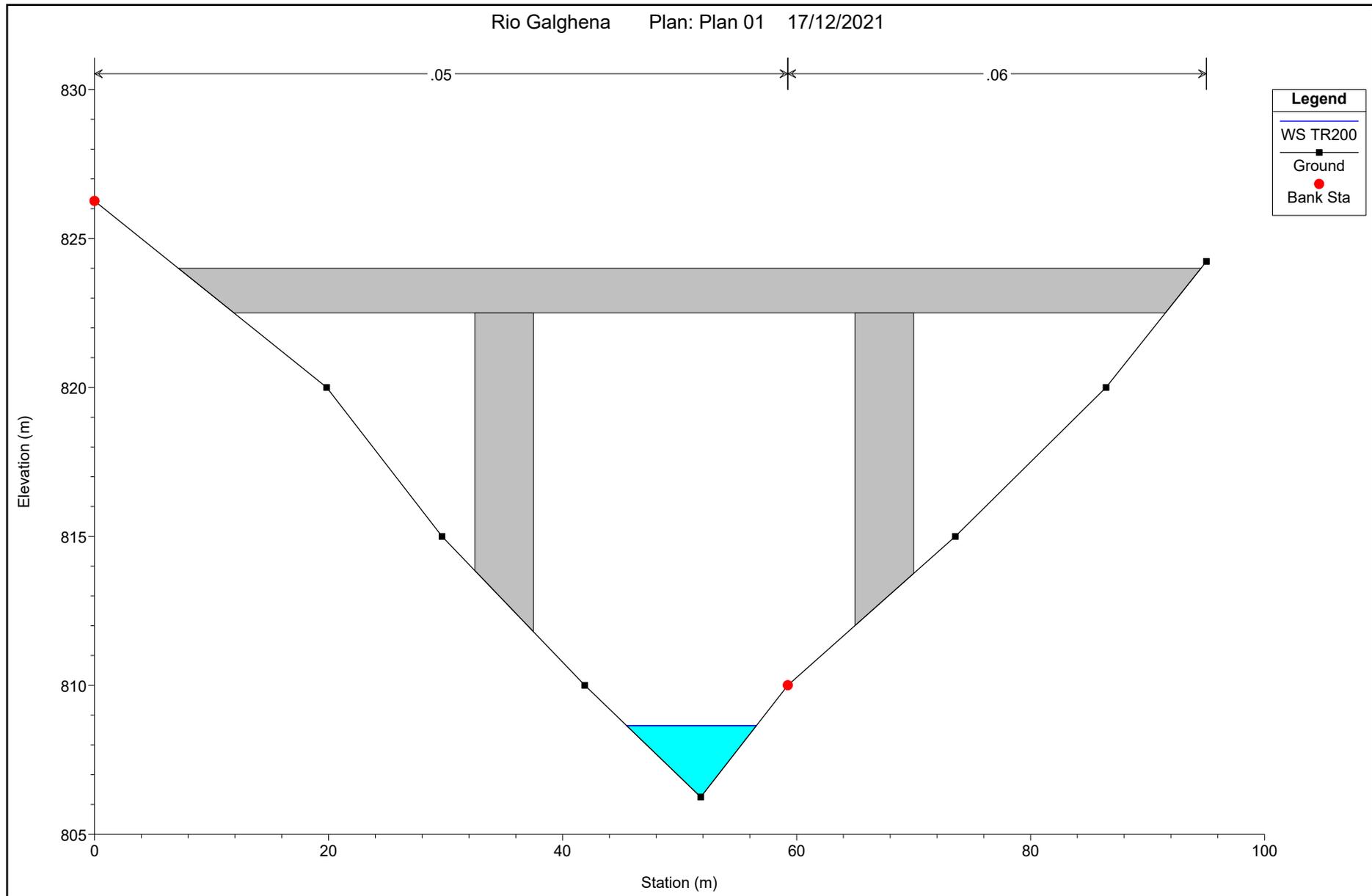


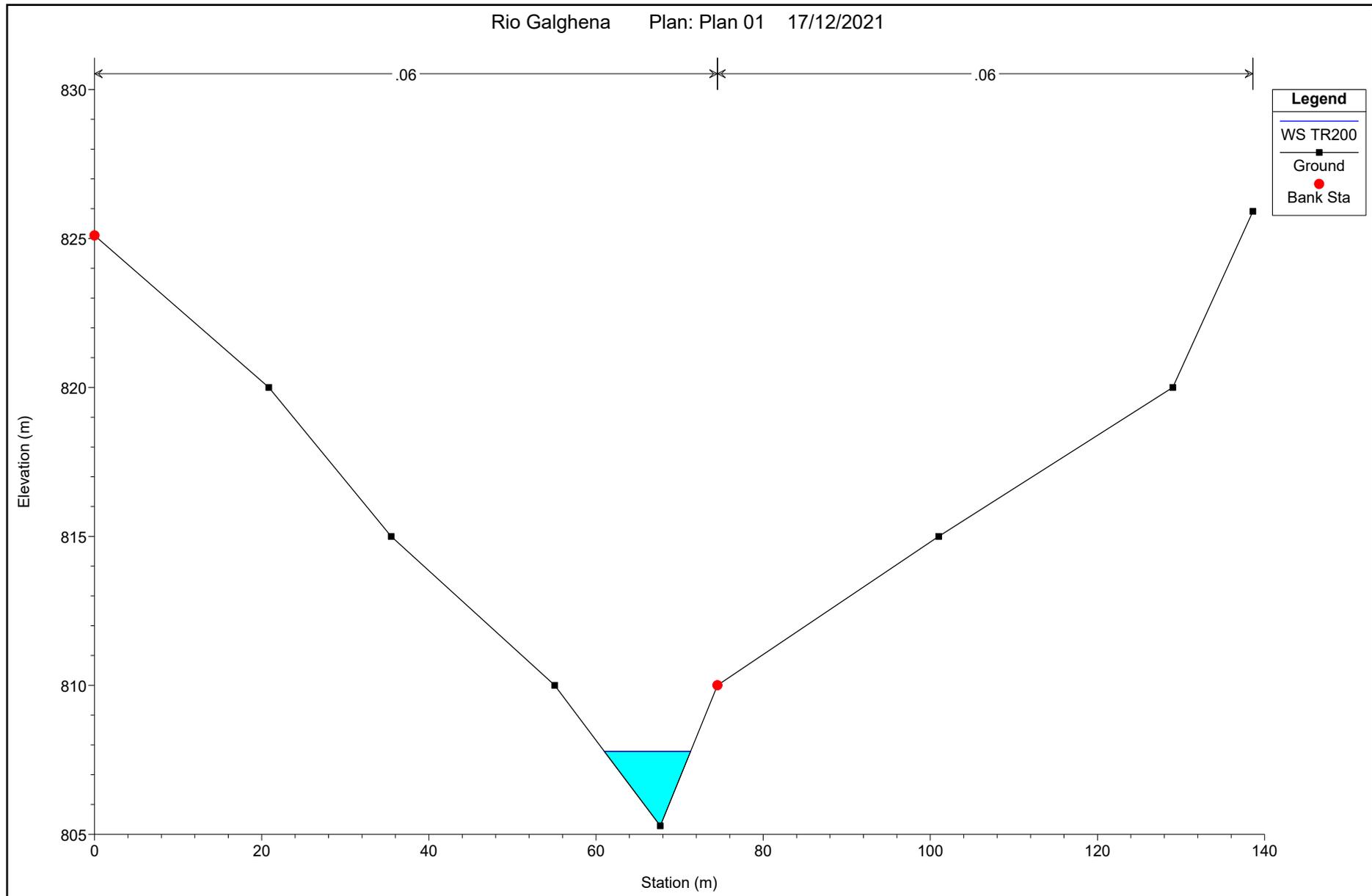


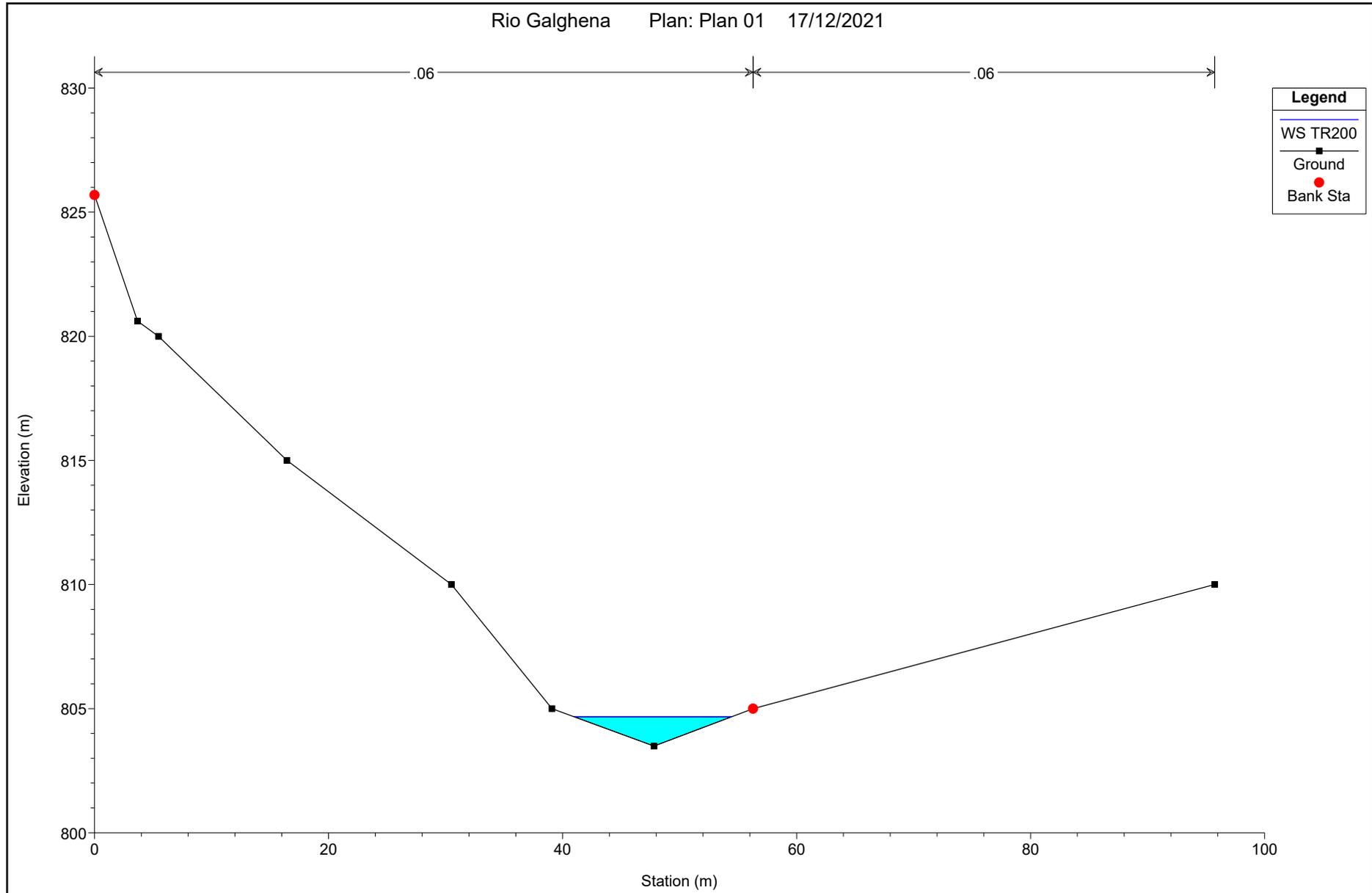


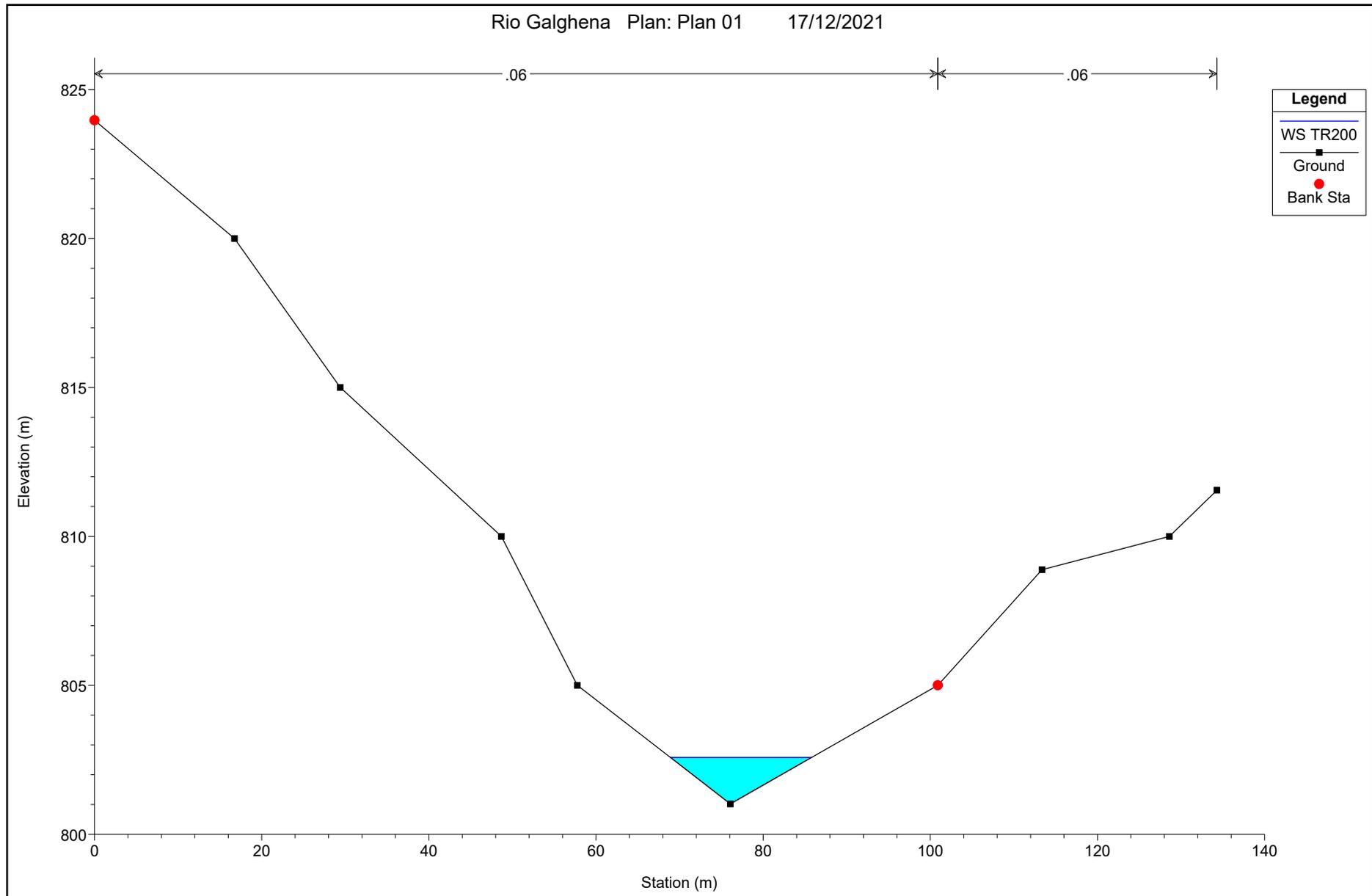


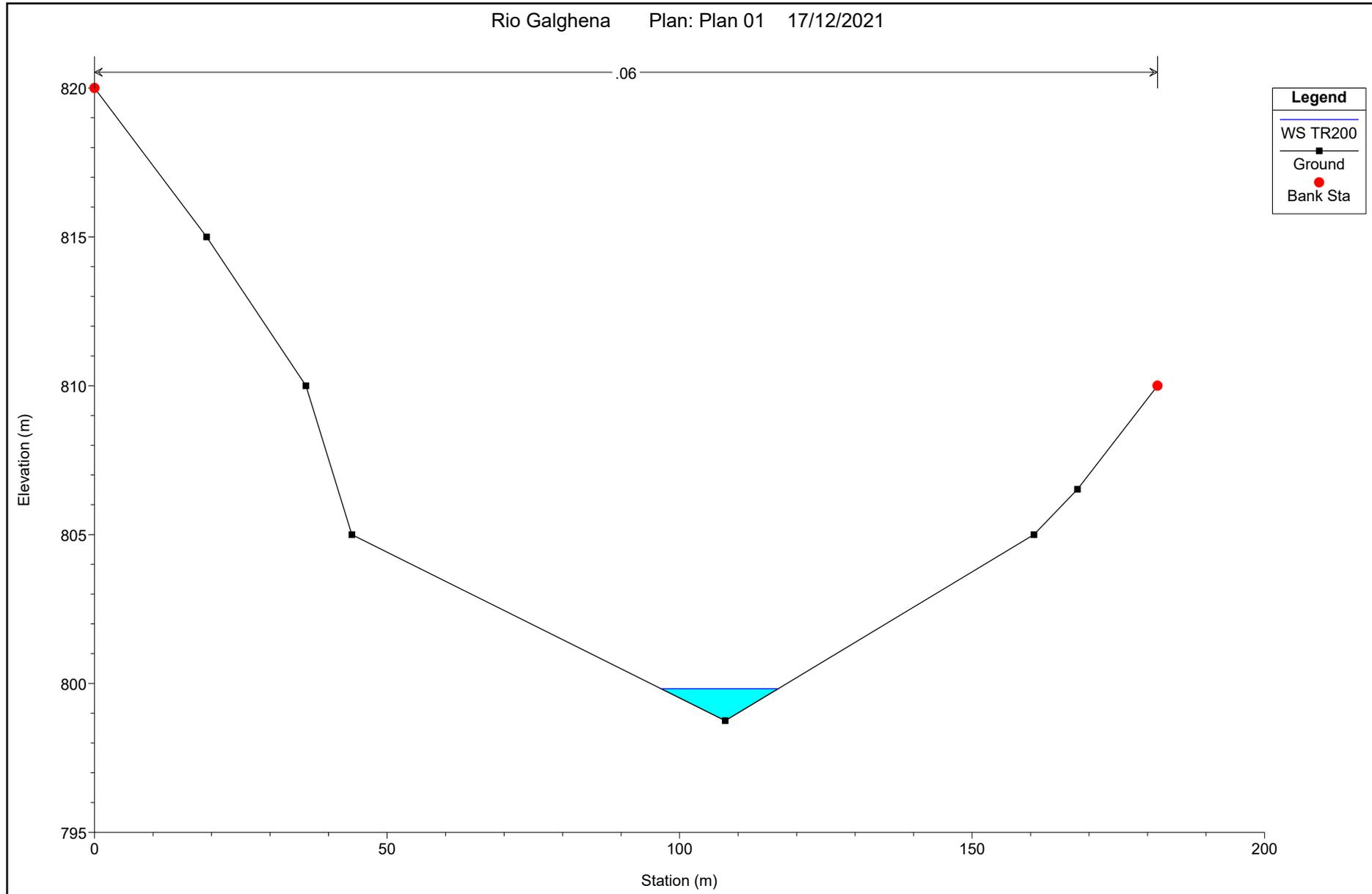










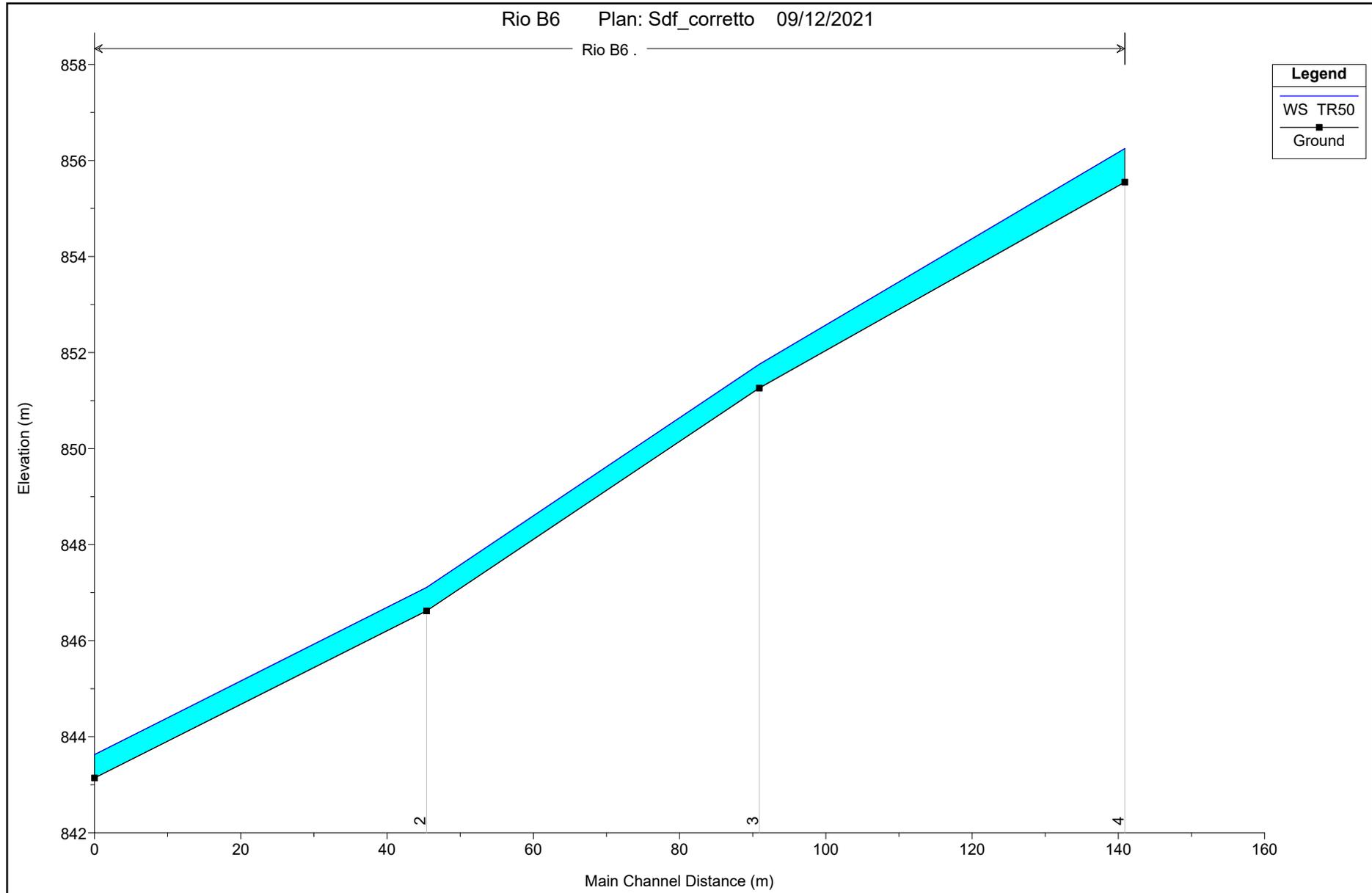


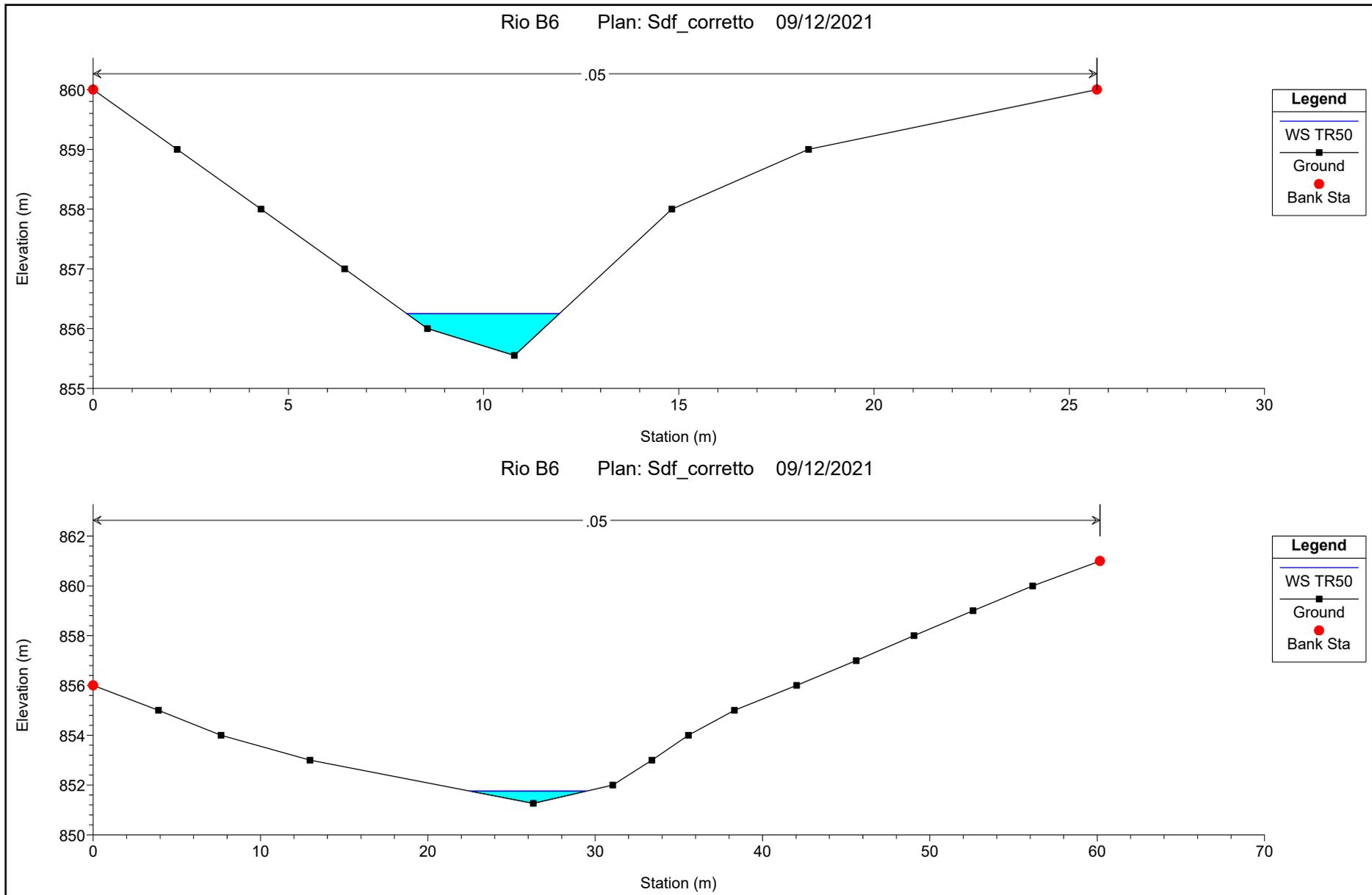
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Rio Galghena Reach: . Profile: TR200

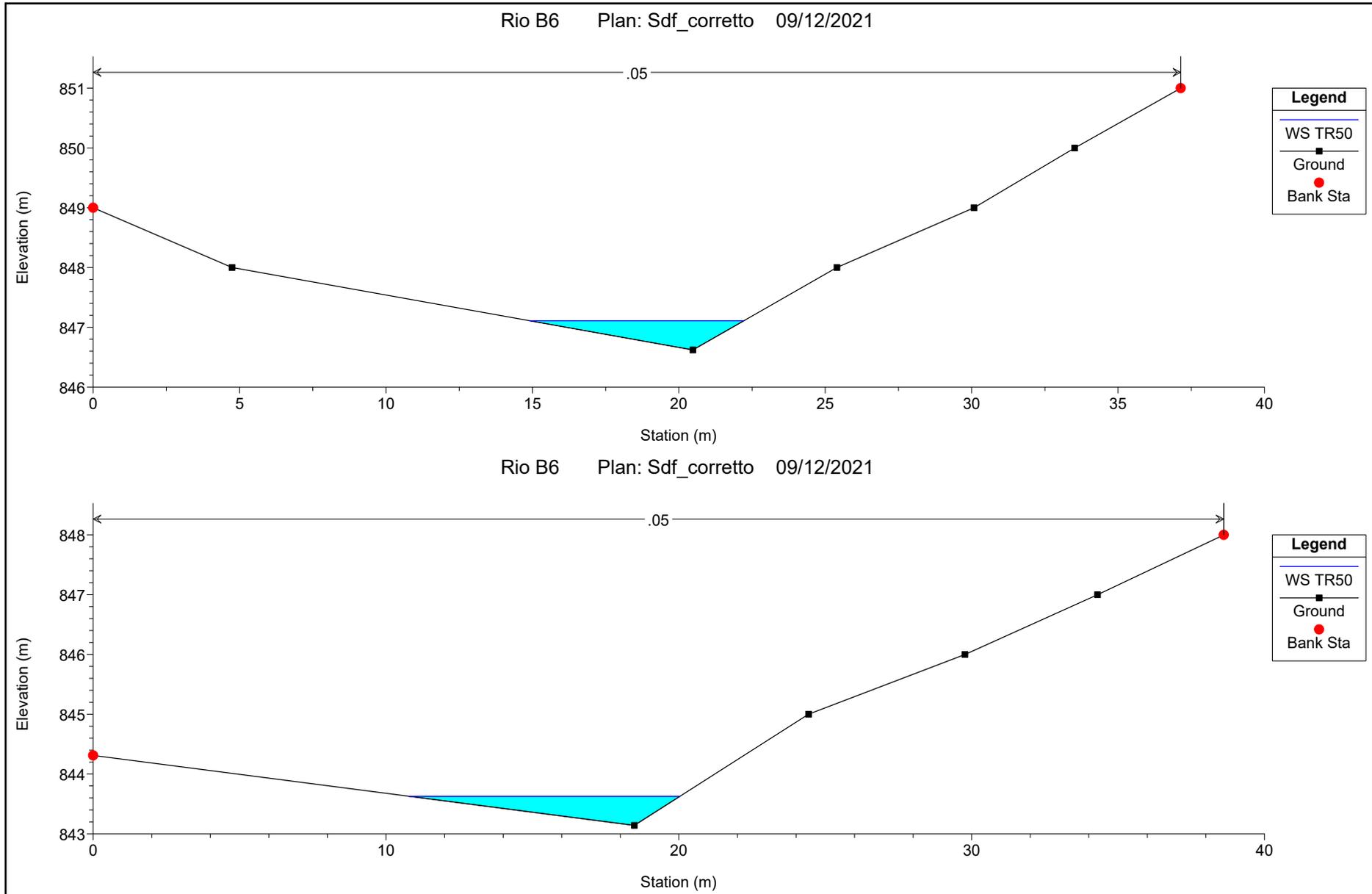
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
.	8	TR200	45.50	810.80	813.51	813.51	814.19	0.027434	3.66	12.43	9.19	1.00
.	7	TR200	45.50	808.97	810.57	811.22	812.69	0.142356	7.09	7.31	8.03	2.24
.	6	TR200	45.50	807.46	809.16	809.46	810.11	0.060608	4.31	10.55	12.41	1.49
.	5	TR200	45.50	806.25	808.85	808.64	809.28	0.016762	2.91	15.63	12.03	0.82
.	4.5		Bridge									
.	4	TR200	45.50	805.28	807.78	807.78	808.41	0.038394	3.52	12.93	10.33	1.00
.	3	TR200	45.50	803.49	804.67	805.15	806.36	0.246700	5.76	7.90	13.41	2.40
.	2	TR200	45.50	801.02	802.57	802.72	803.19	0.062246	3.47	13.09	16.85	1.26
.	1	TR200	45.50	798.75	799.82	800.12	800.74	0.149738	4.24	10.73	20.01	1.85

3 ALLEGATO 3

3.1 *RISULTATI SIMULAZIONI DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE – RIO B6 – ANTE OPERAM*

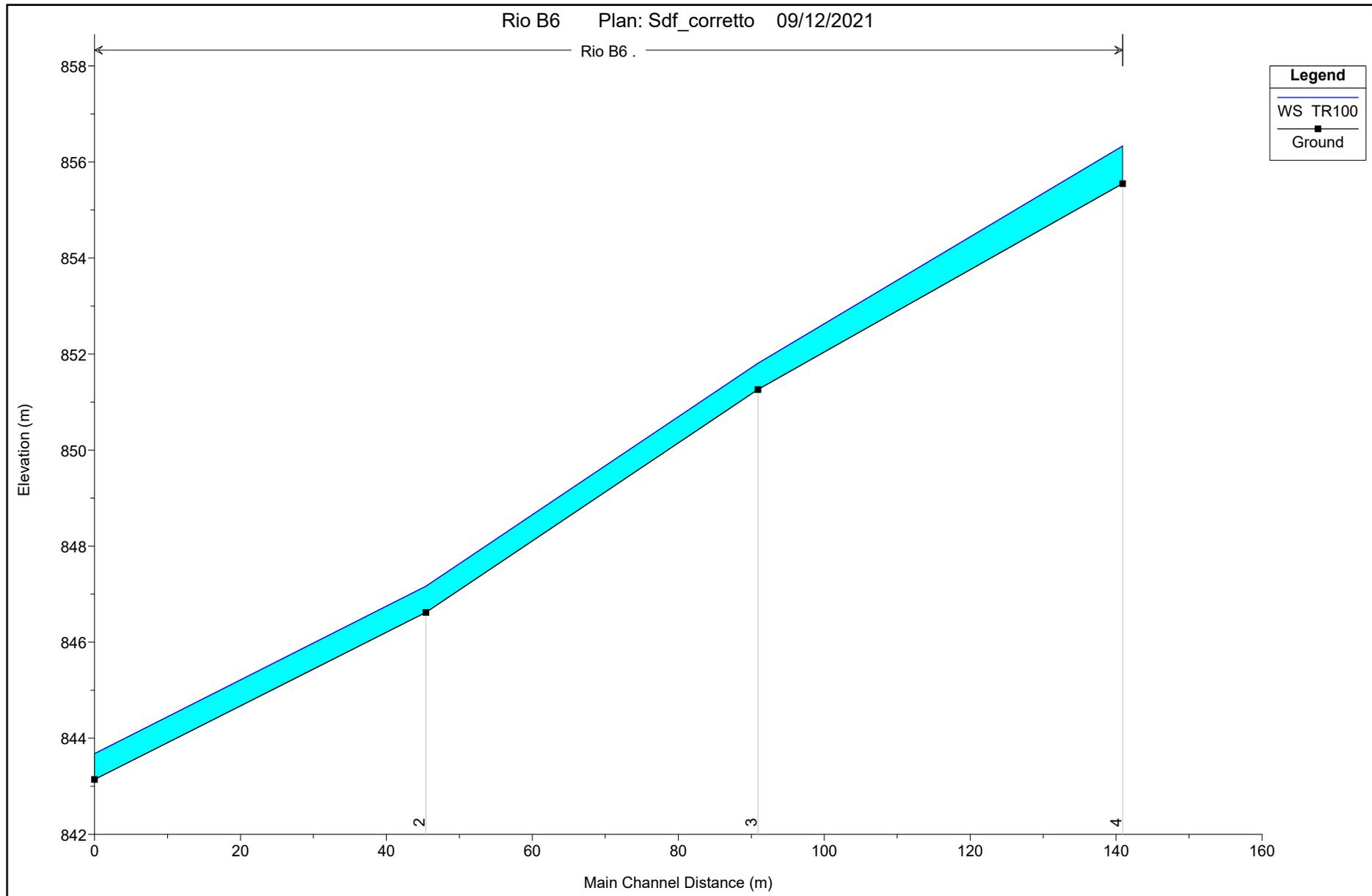


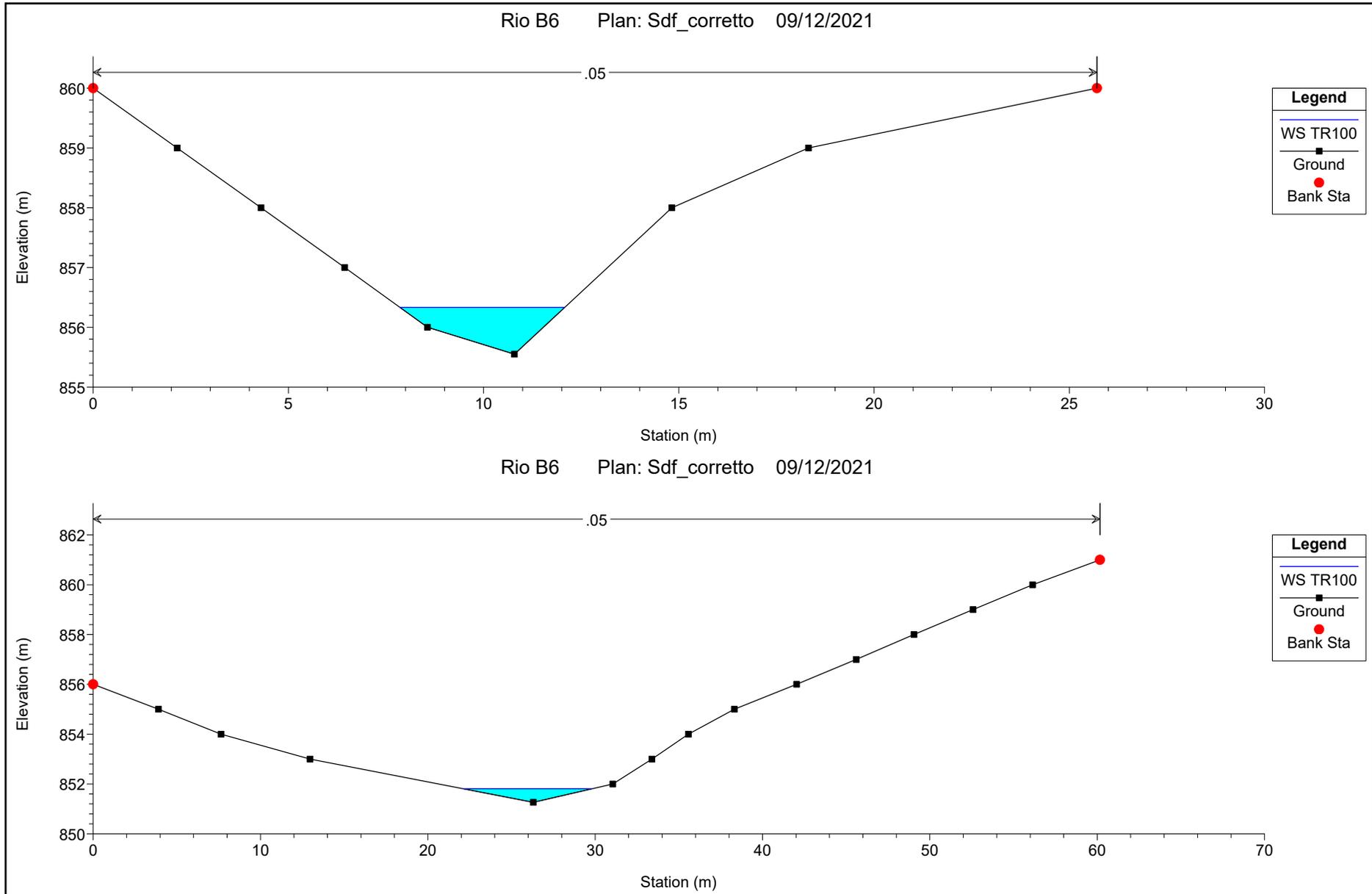


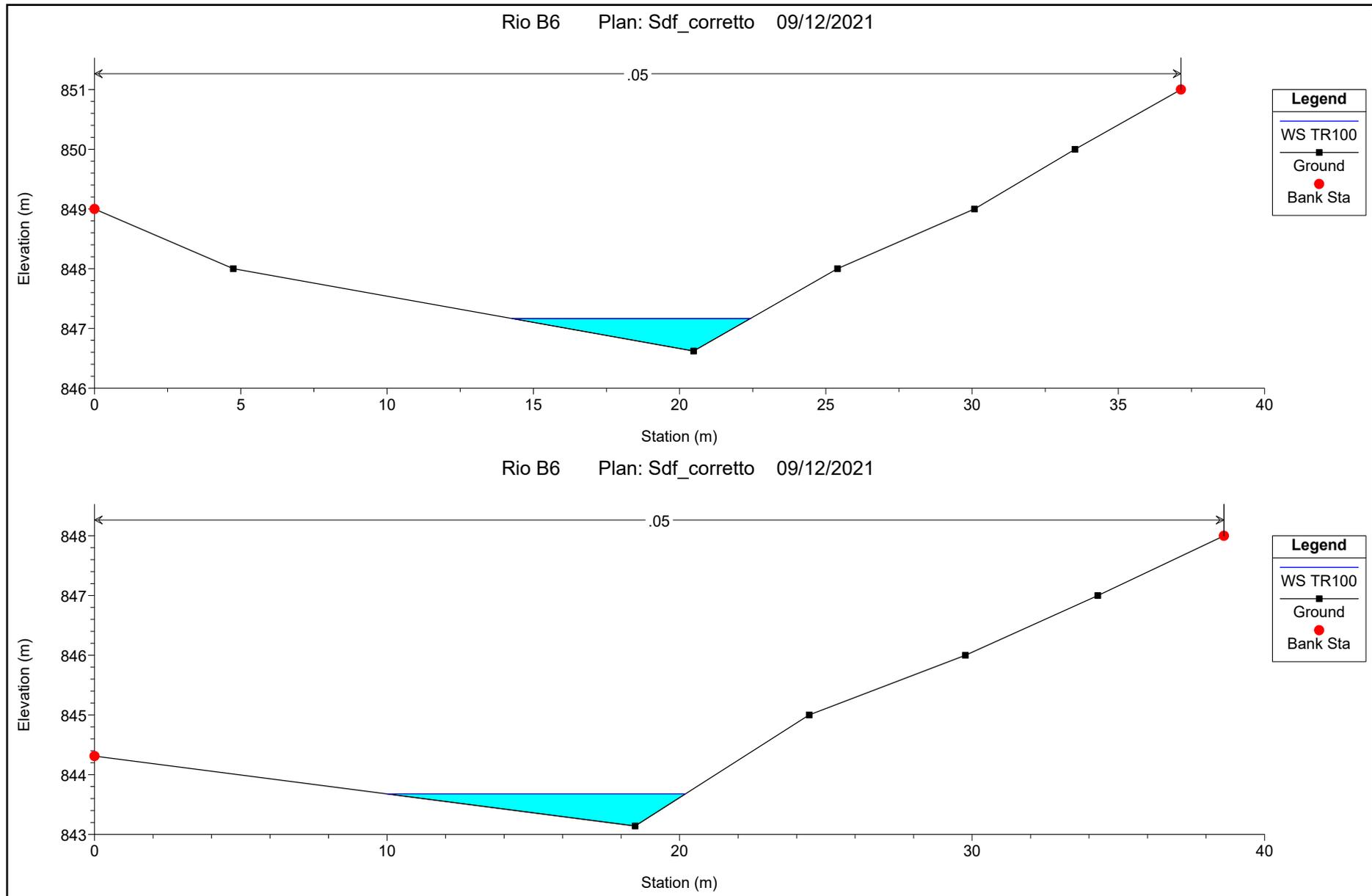


HEC-RAS Plan: Sdf_corr River: Rio B6 Reach: . Profile: TR50

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
.	4	TR50	4.40	855.55	856.25	856.38	856.67	0.080072	2.88	1.53	3.91	1.47
.	3	TR50	4.40	851.26	851.76	851.86	852.08	0.104814	2.54	1.73	6.99	1.63
.	2	TR50	4.40	846.62	847.11	847.21	847.42	0.100171	2.46	1.79	7.32	1.59
.	1	TR50	4.40	843.14	843.63	843.67	843.82	0.063126	1.95	2.26	9.26	1.26

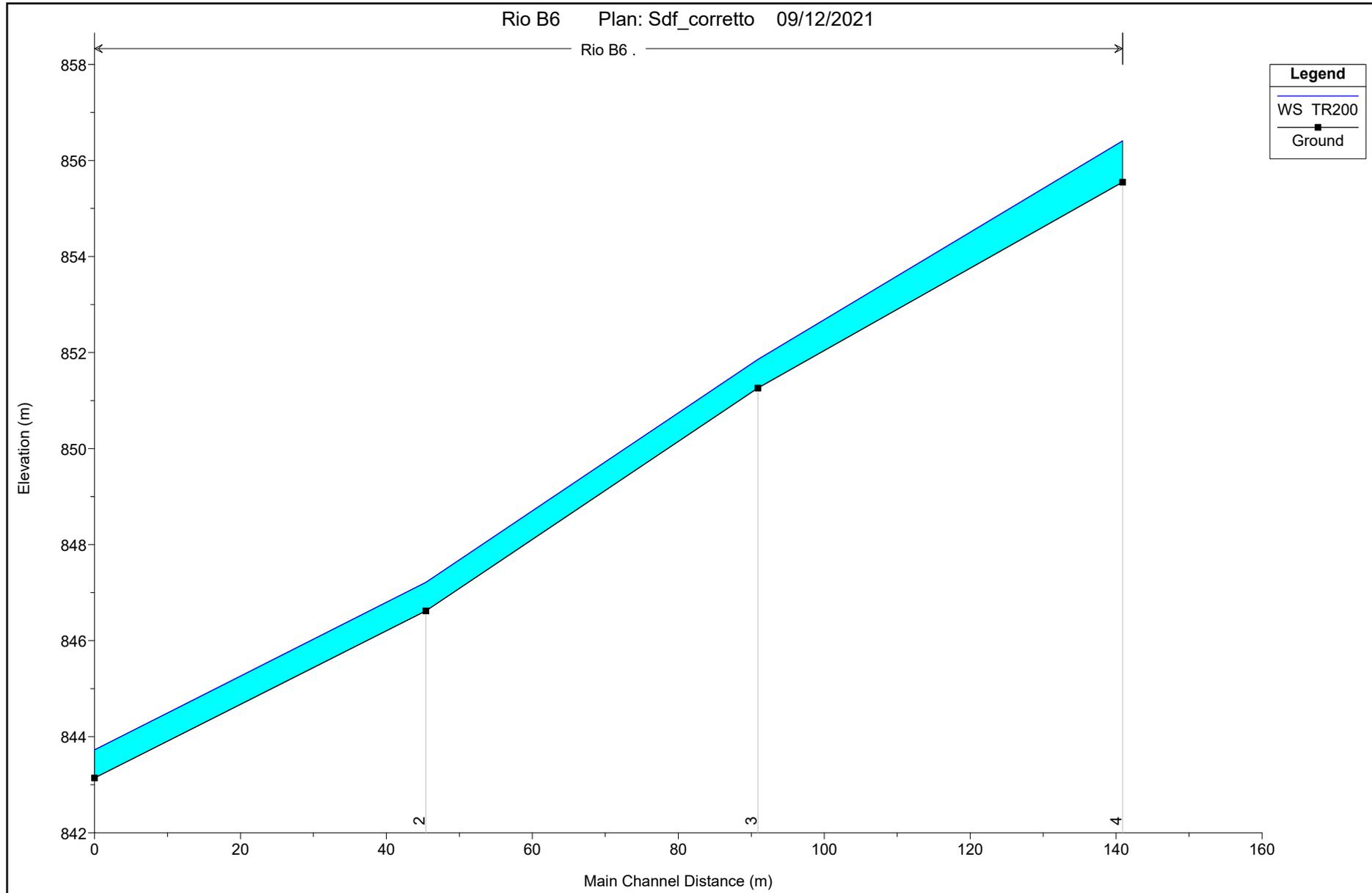


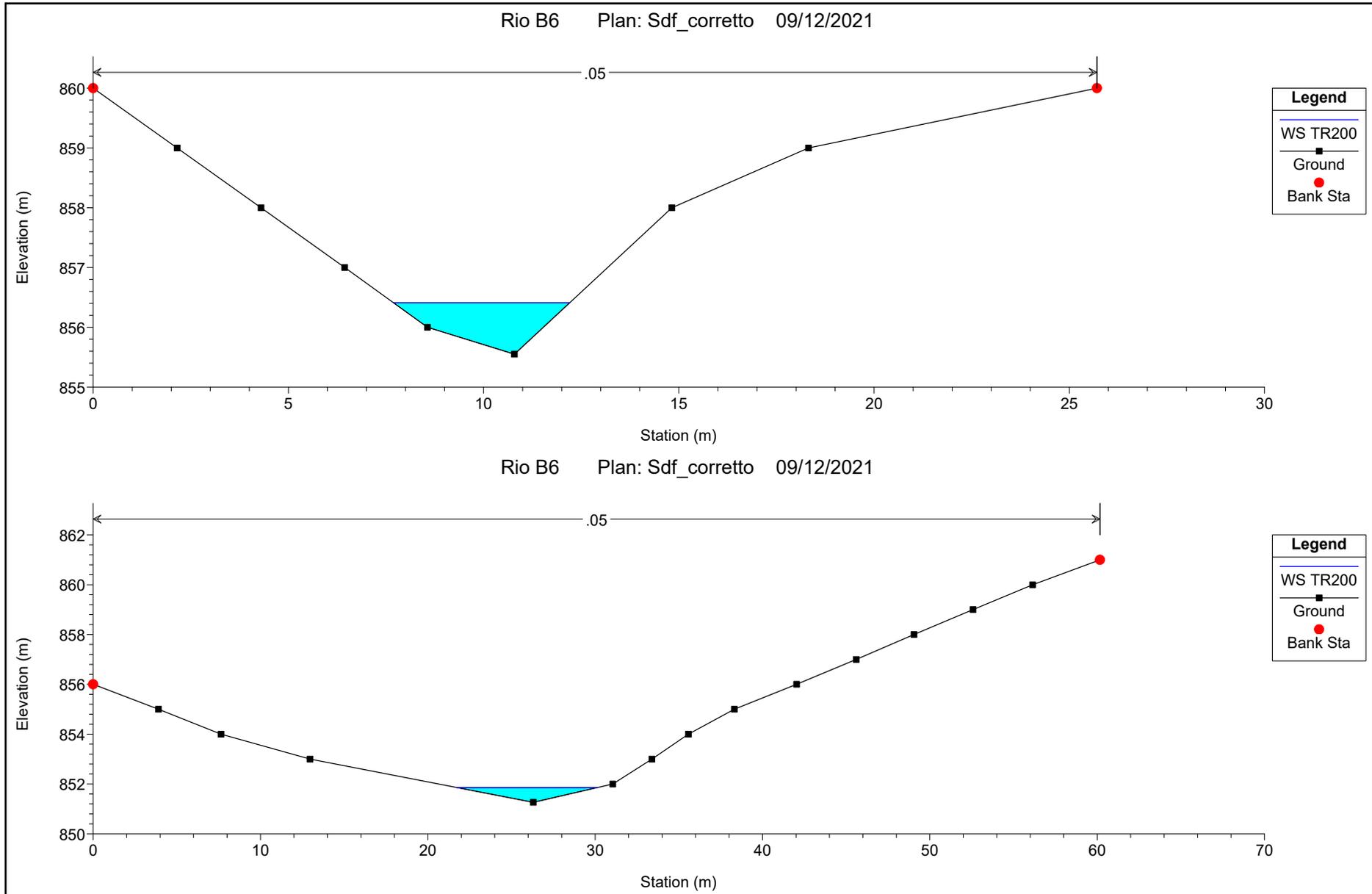


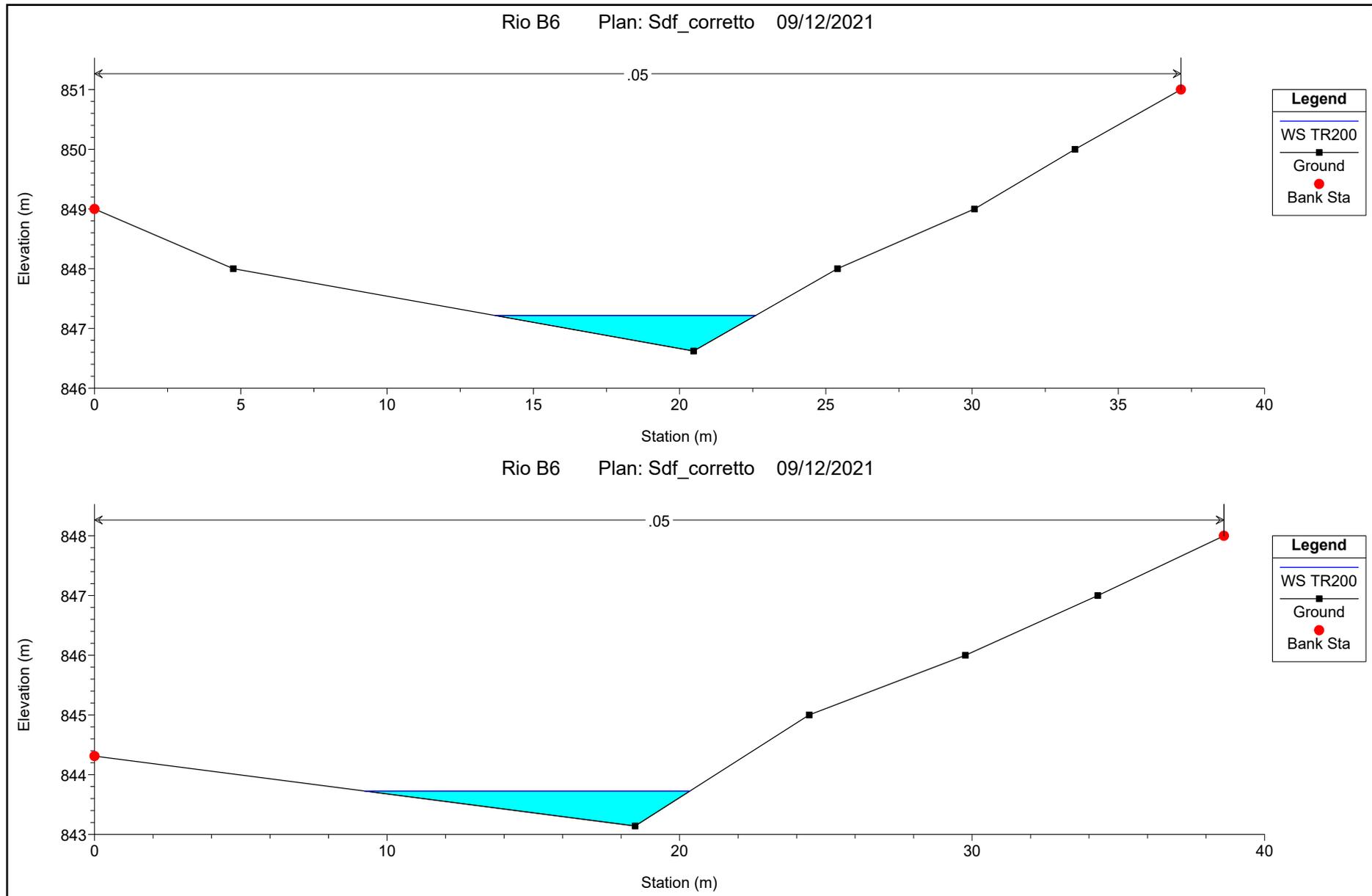


HEC-RAS Plan: Sdf_corr River: Rio B6 Reach: . Profile: TR100

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
.	4	TR100	5.80	855.55	856.33	856.48	856.83	0.080050	3.12	1.86	4.22	1.50
.	3	TR100	5.80	851.26	851.81	851.93	852.19	0.106926	2.74	2.12	7.72	1.67
.	2	TR100	5.80	846.62	847.16	847.27	847.51	0.098543	2.62	2.22	8.15	1.60
.	1	TR100	5.80	843.14	843.68	843.73	843.90	0.064262	2.10	2.76	10.24	1.29



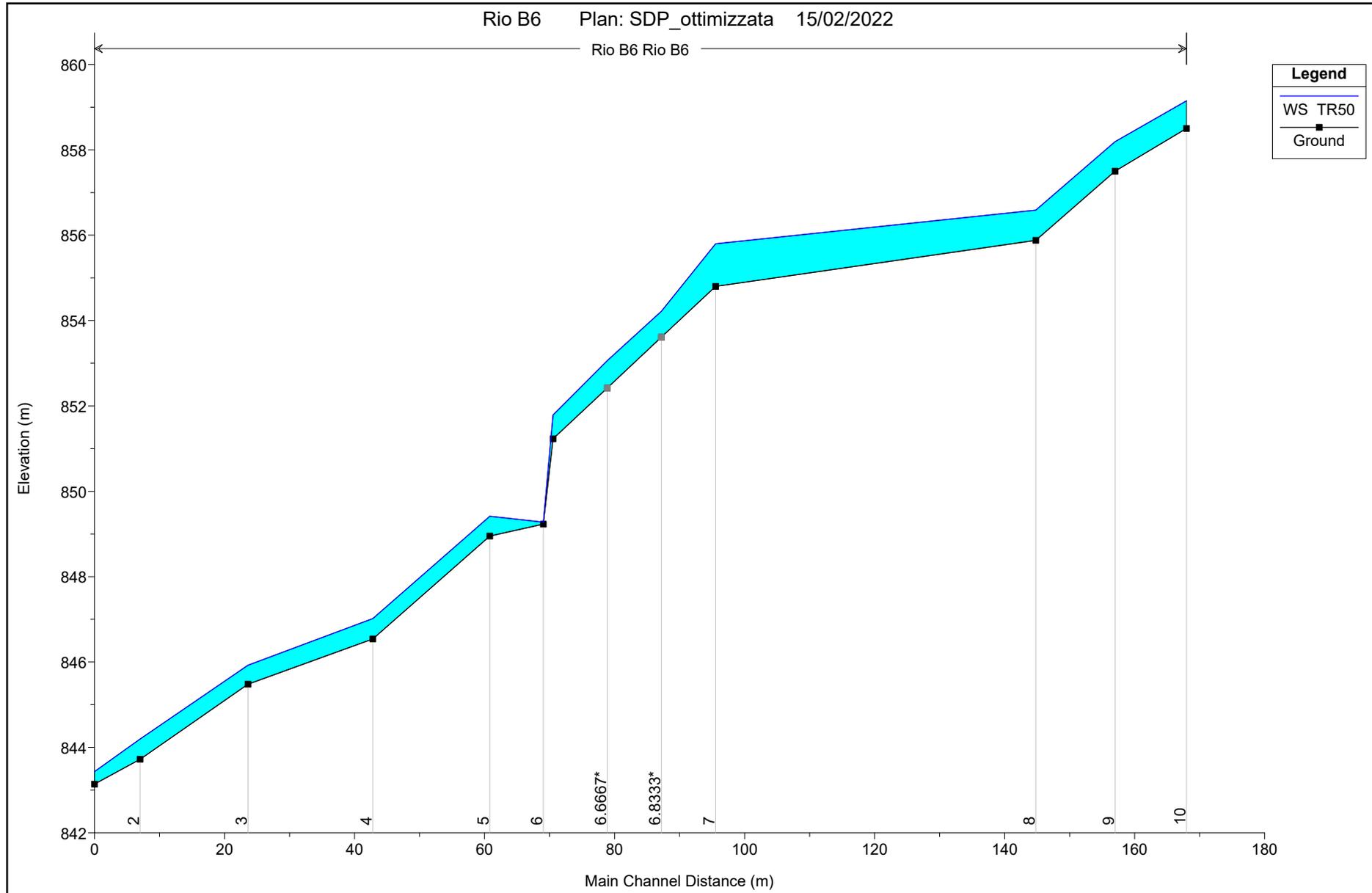


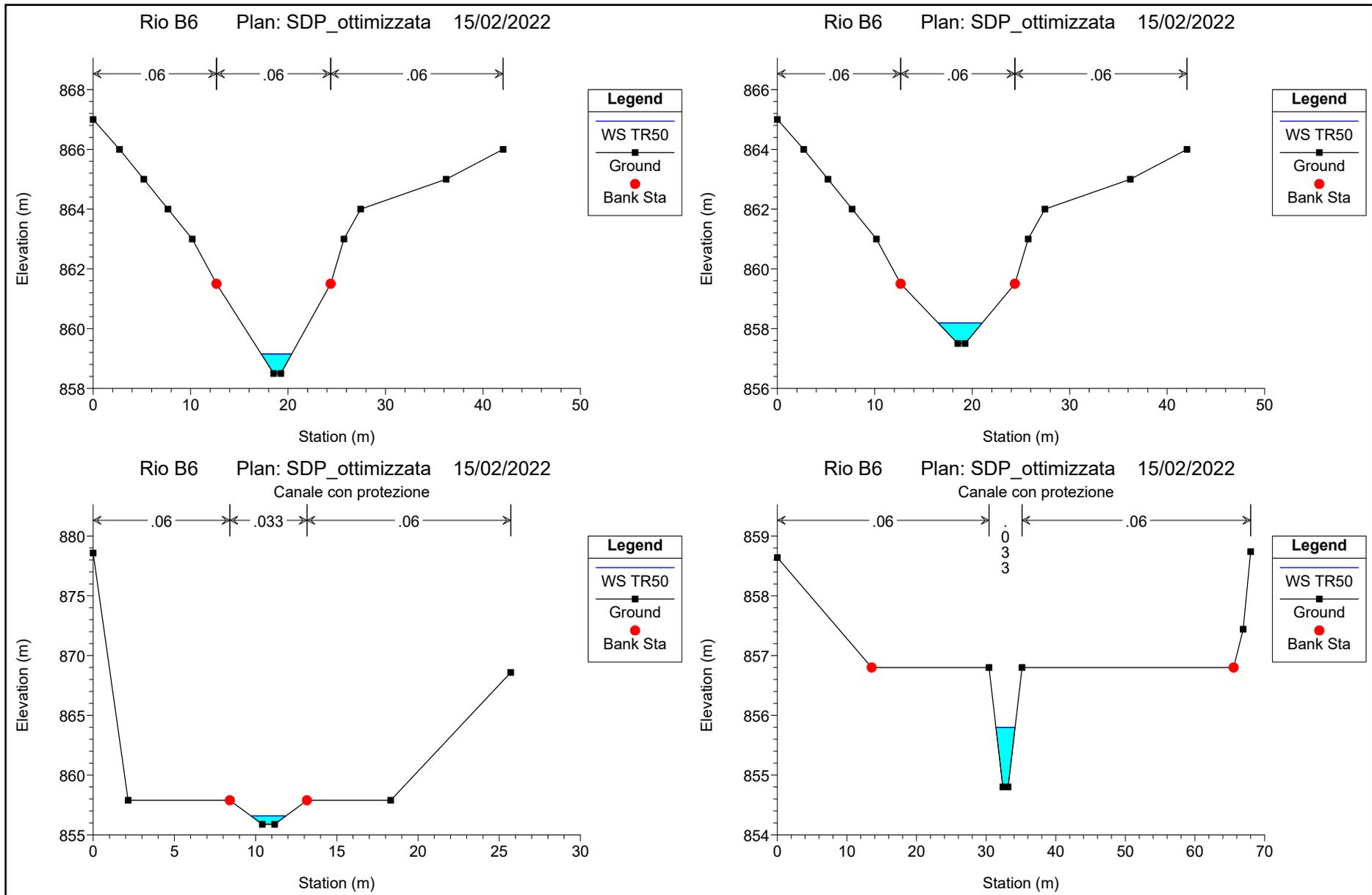


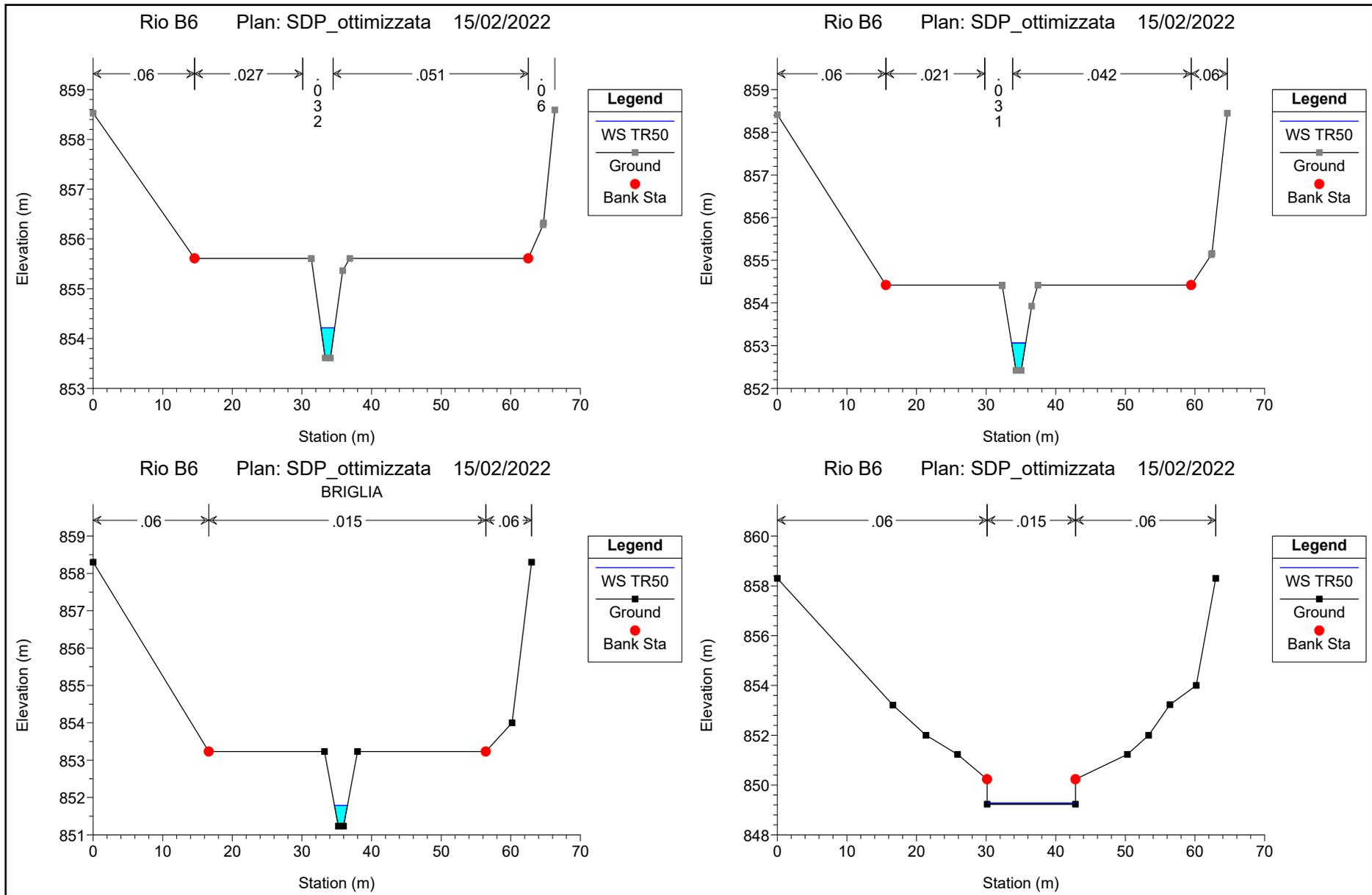
HEC-RAS Plan: Sdf_corr River: Rio B6 Reach: . Profile: TR200

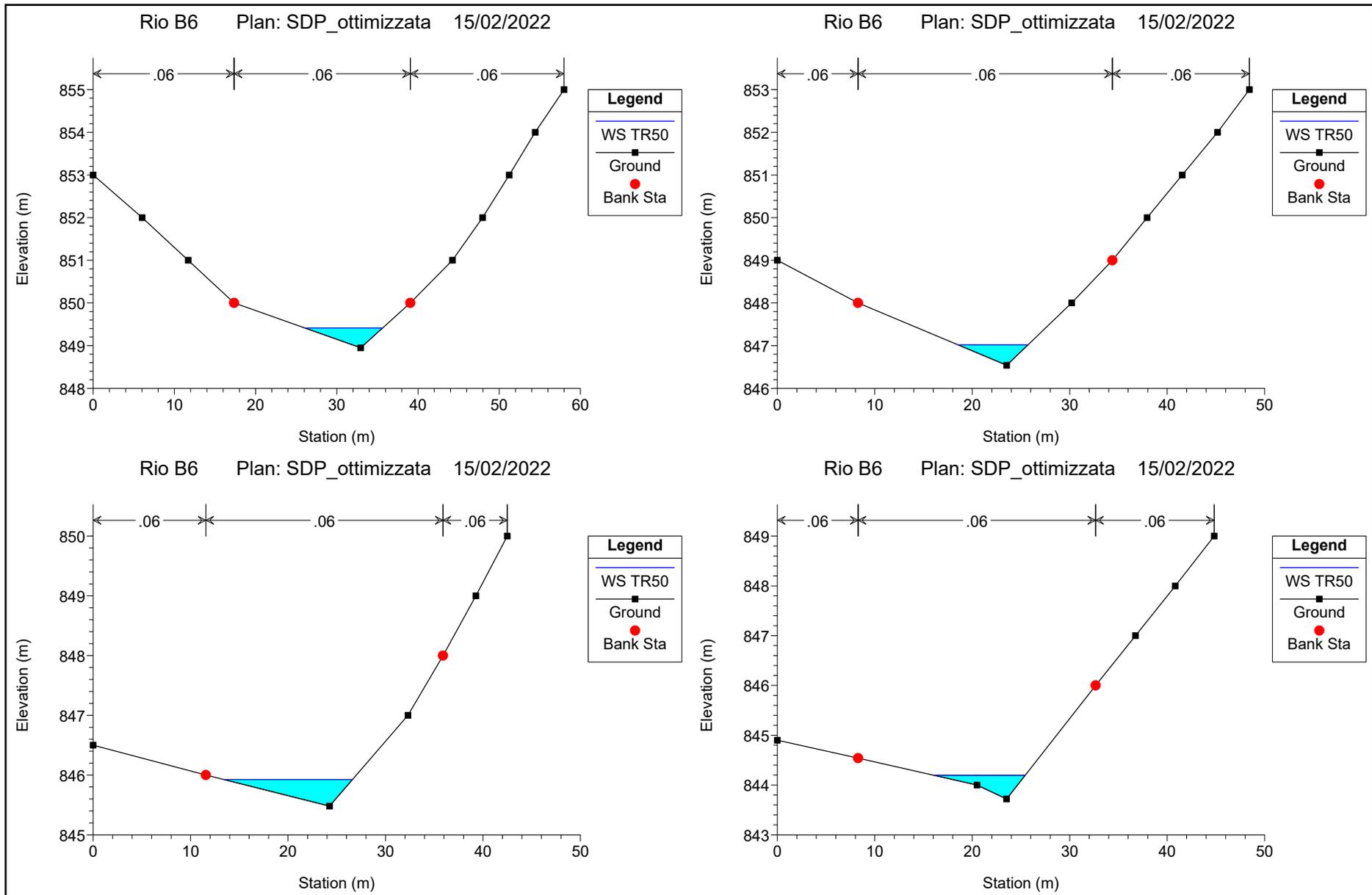
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
.	4	TR200	7.30	855.55	856.41	856.58	856.97	0.080083	3.32	2.20	4.51	1.52
.	3	TR200	7.30	851.26	851.86	851.99	852.29	0.108905	2.92	2.50	8.39	1.71
.	2	TR200	7.30	846.62	847.22	847.34	847.60	0.097098	2.75	2.65	8.91	1.61
.	1	TR200	7.30	843.14	843.73	843.79	843.98	0.065339	2.24	3.26	11.13	1.32

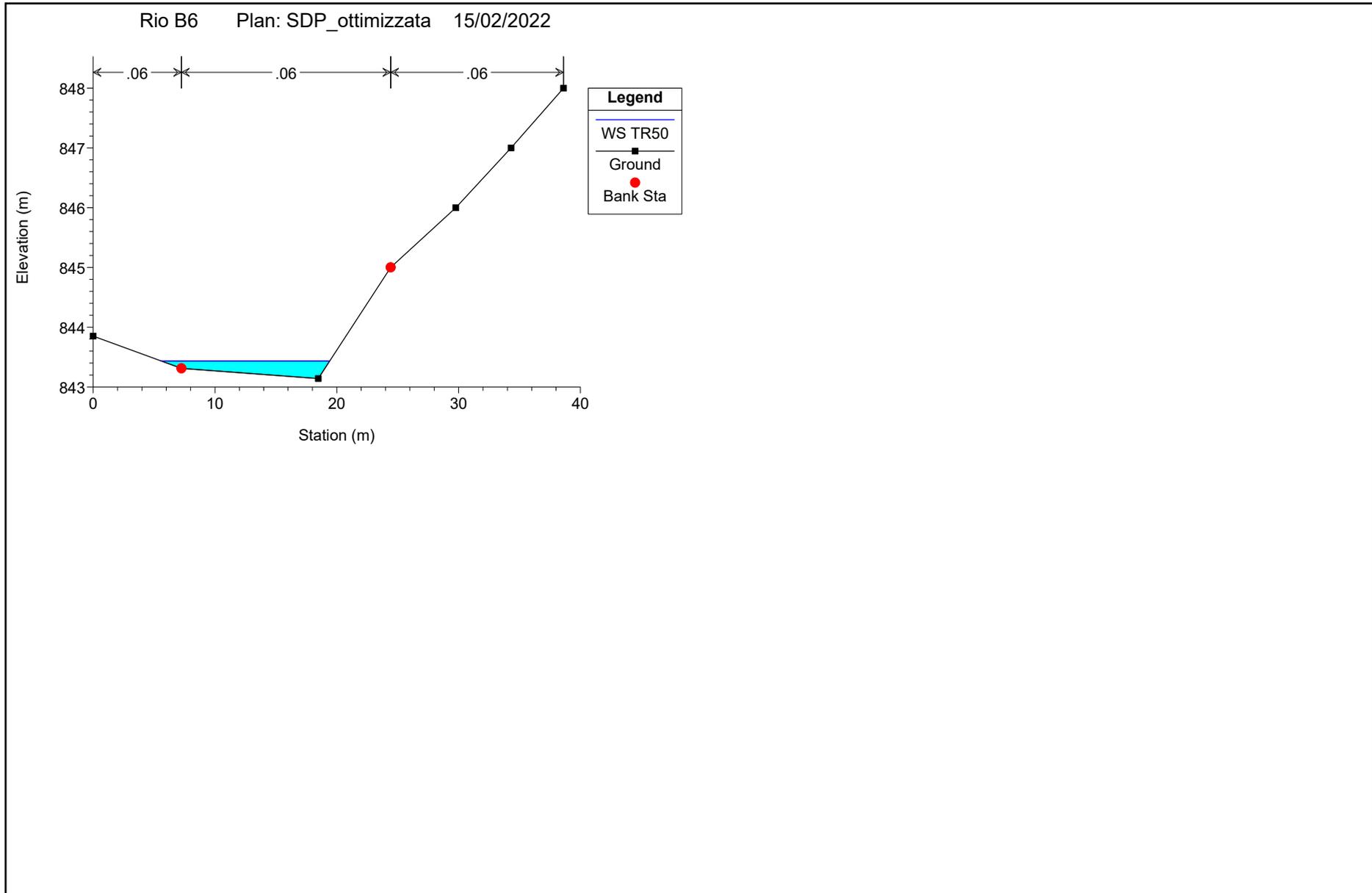
*3.2 RISULTATI SIMULAZIONI DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE - RIO B6 -
POST OPERAM*





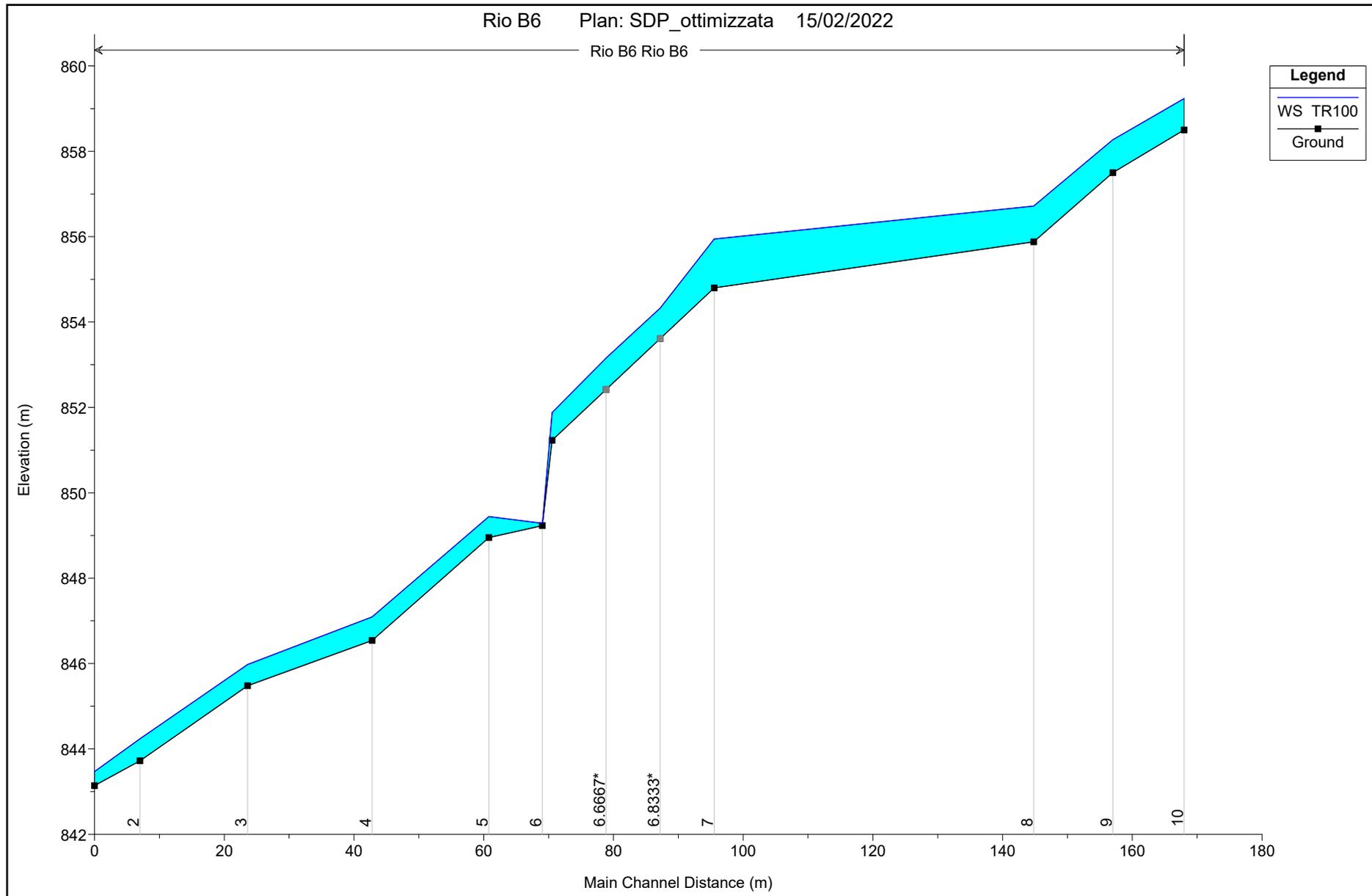


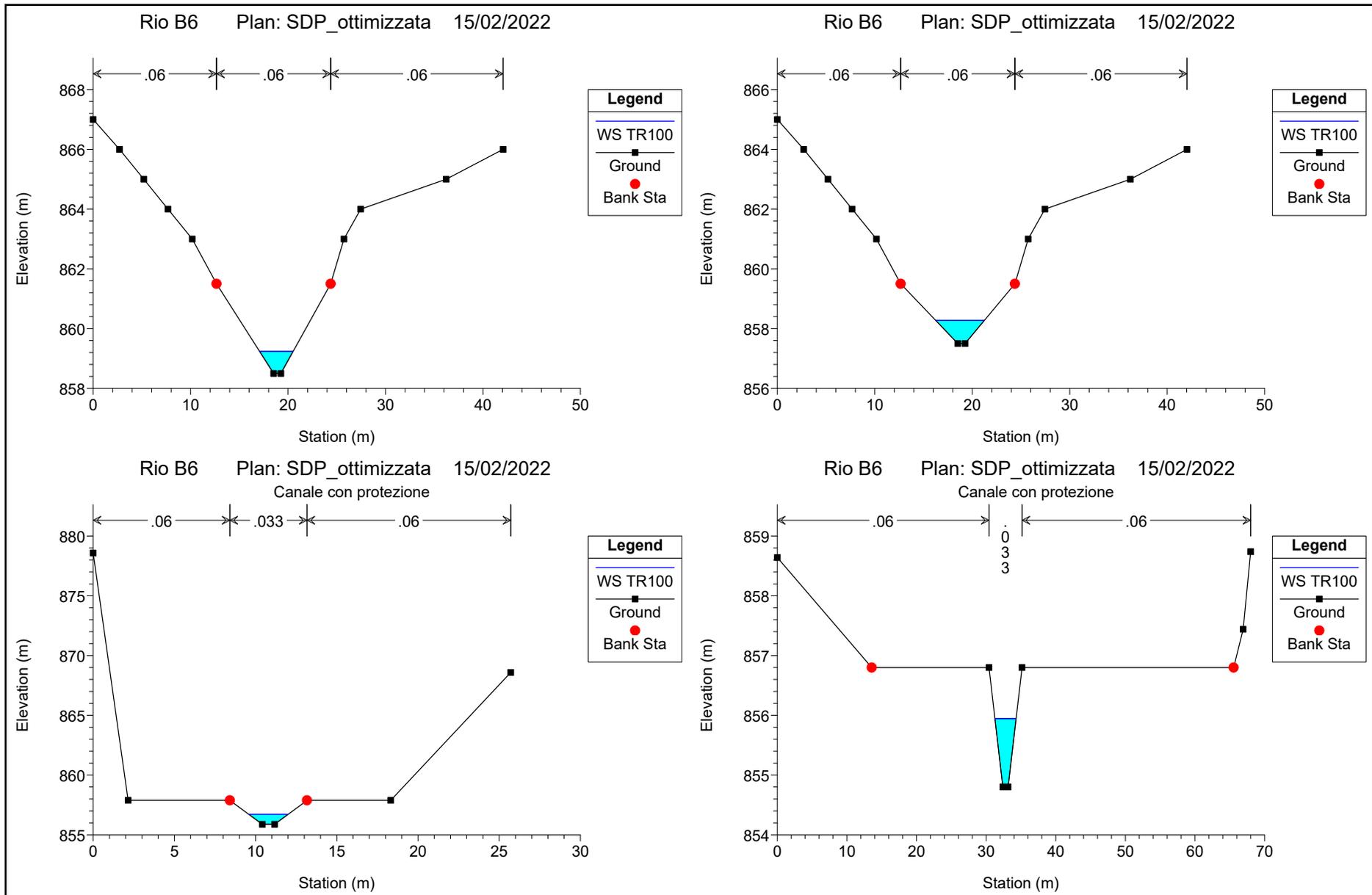


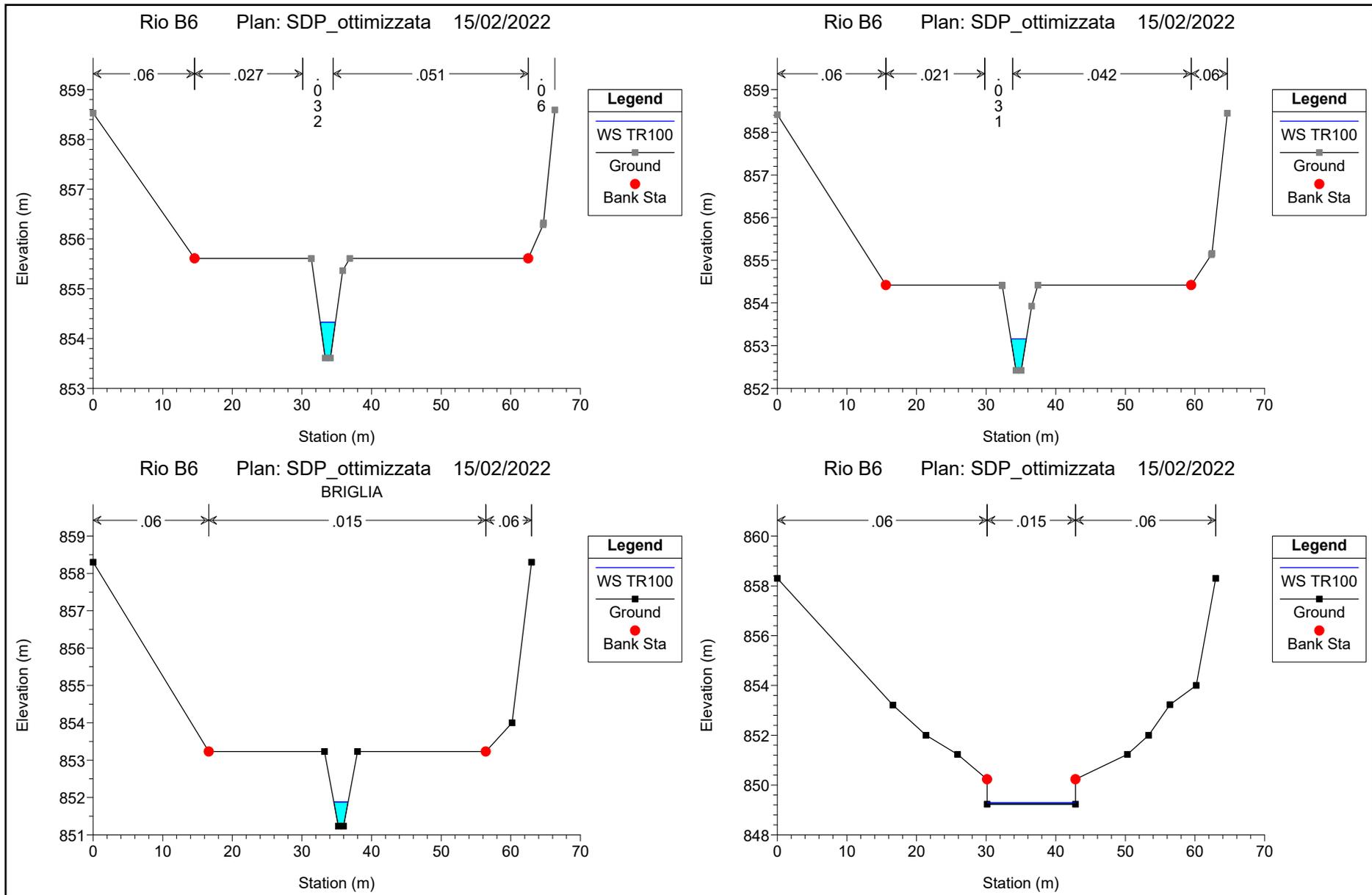


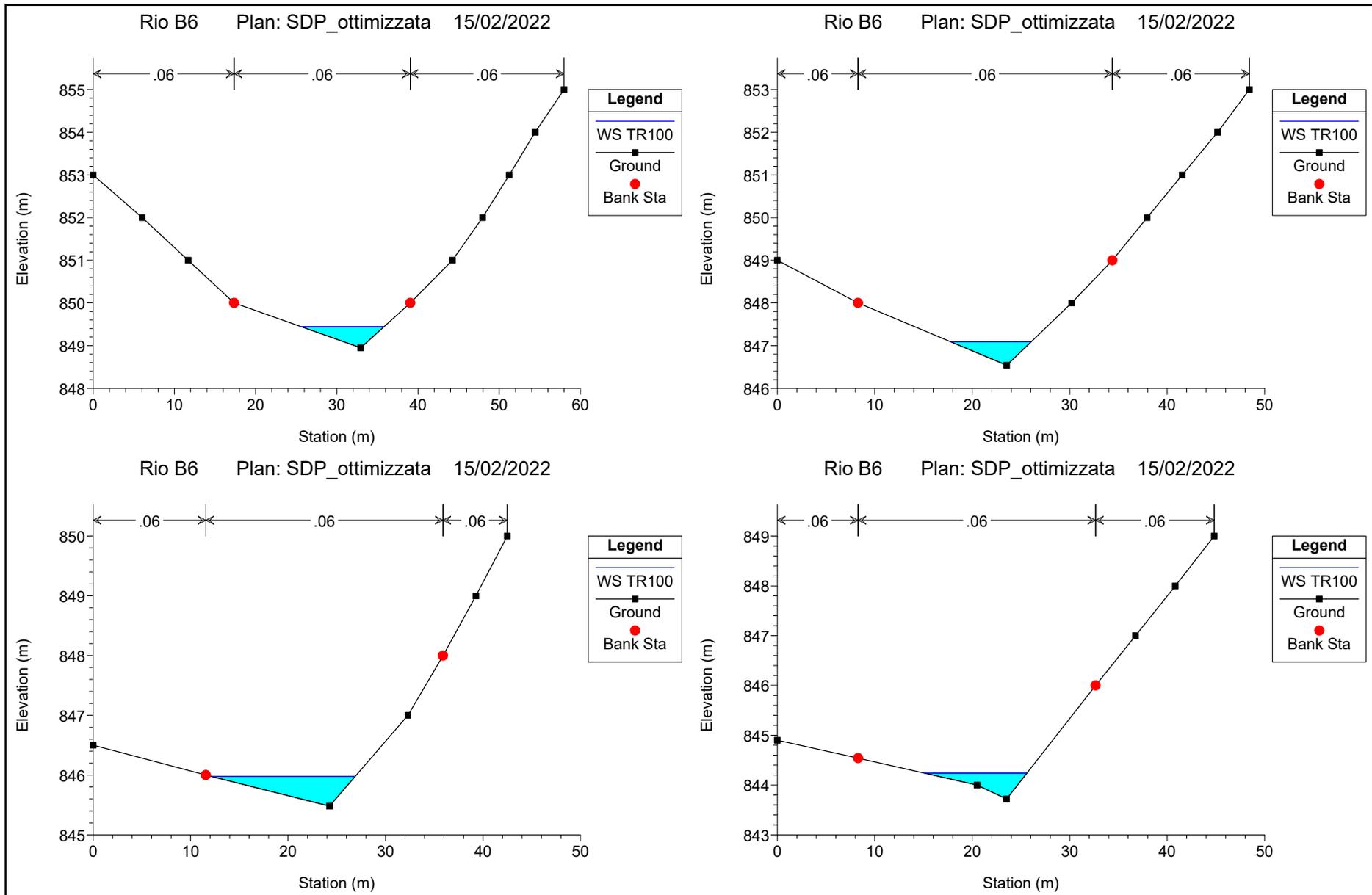
HEC-RAS Plan: SDP_ott River: Rio B6 Reach: Rio B6 Profile: TR50

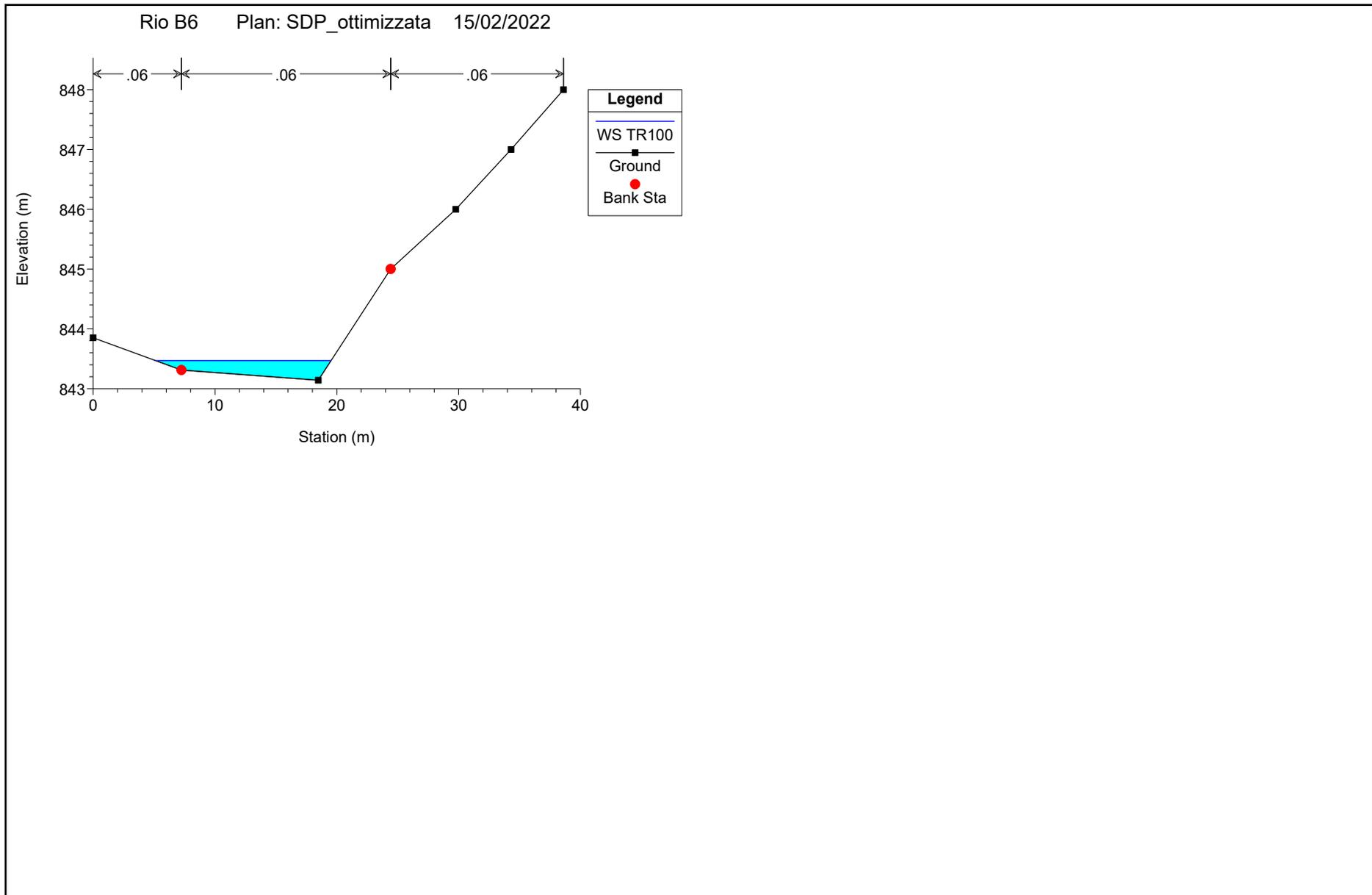
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio B6	10	TR50	4.40	858.50	859.15	859.35	859.78	0.170337	3.50	1.26	3.12	1.76
Rio B6	9	TR50	4.40	857.50	858.19	858.25	858.49	0.074833	2.40	1.83	4.54	1.21
Rio B6	8	TR50	4.40	855.88	856.59	856.88	857.52	0.073561	4.27	1.03	2.16	1.98
Rio B6	7	TR50	4.40	854.80	855.80	855.80	856.12	0.017930	2.52	1.75	2.75	1.01
Rio B6	6.8333*	TR50	4.40	853.61	854.22	854.61	855.68	0.149223	5.36	0.82	1.96	2.65
Rio B6	6.6667*	TR50	4.40	852.42	853.06	853.42	854.30	0.167069	4.93	0.89	2.03	2.37
Rio B6	6.5	TR50	4.40	851.23	851.79	852.23	853.65	0.038663	6.04	0.73	1.86	3.09
Rio B6	6	TR50	4.40	849.23	849.28	849.46	852.22	0.807707	7.60	0.58	12.70	11.38
Rio B6	5	TR50	4.40	848.95	849.41	849.46	849.61	0.098657	1.97	2.23	9.60	1.31
Rio B6	4	TR50	4.40	846.54	847.02	847.12	847.35	0.162554	2.57	1.71	7.17	1.68
Rio B6	3	TR50	4.40	845.48	845.92	845.92	846.04	0.060520	1.50	2.93	13.20	1.02
Rio B6	2	TR50	4.40	843.72	844.20	844.28	844.47	0.163555	2.32	1.90	9.34	1.64
Rio B6	1	TR50	4.40	843.14	843.43	843.47	843.59	0.093135	1.75	2.57	13.81	1.24





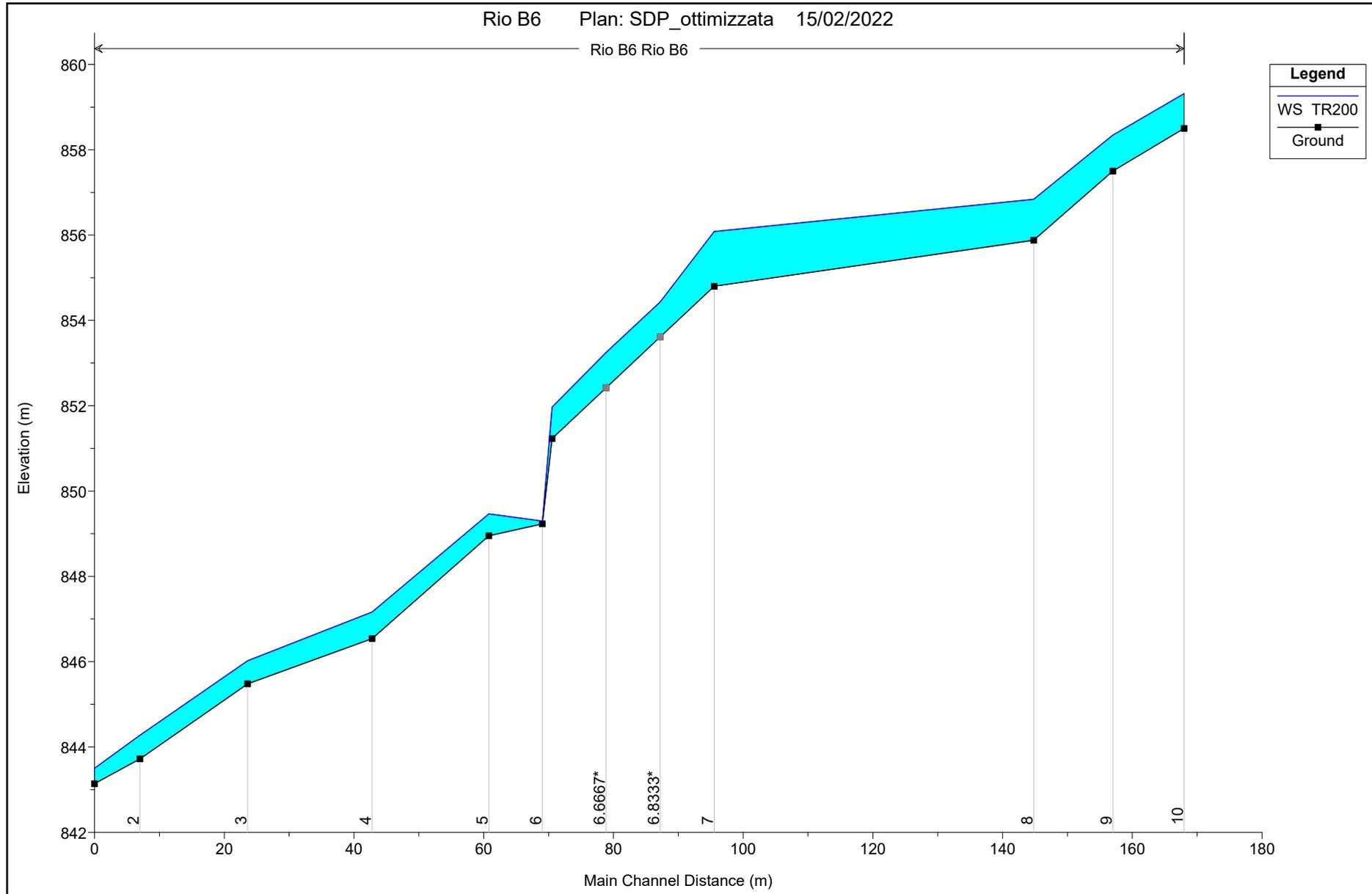


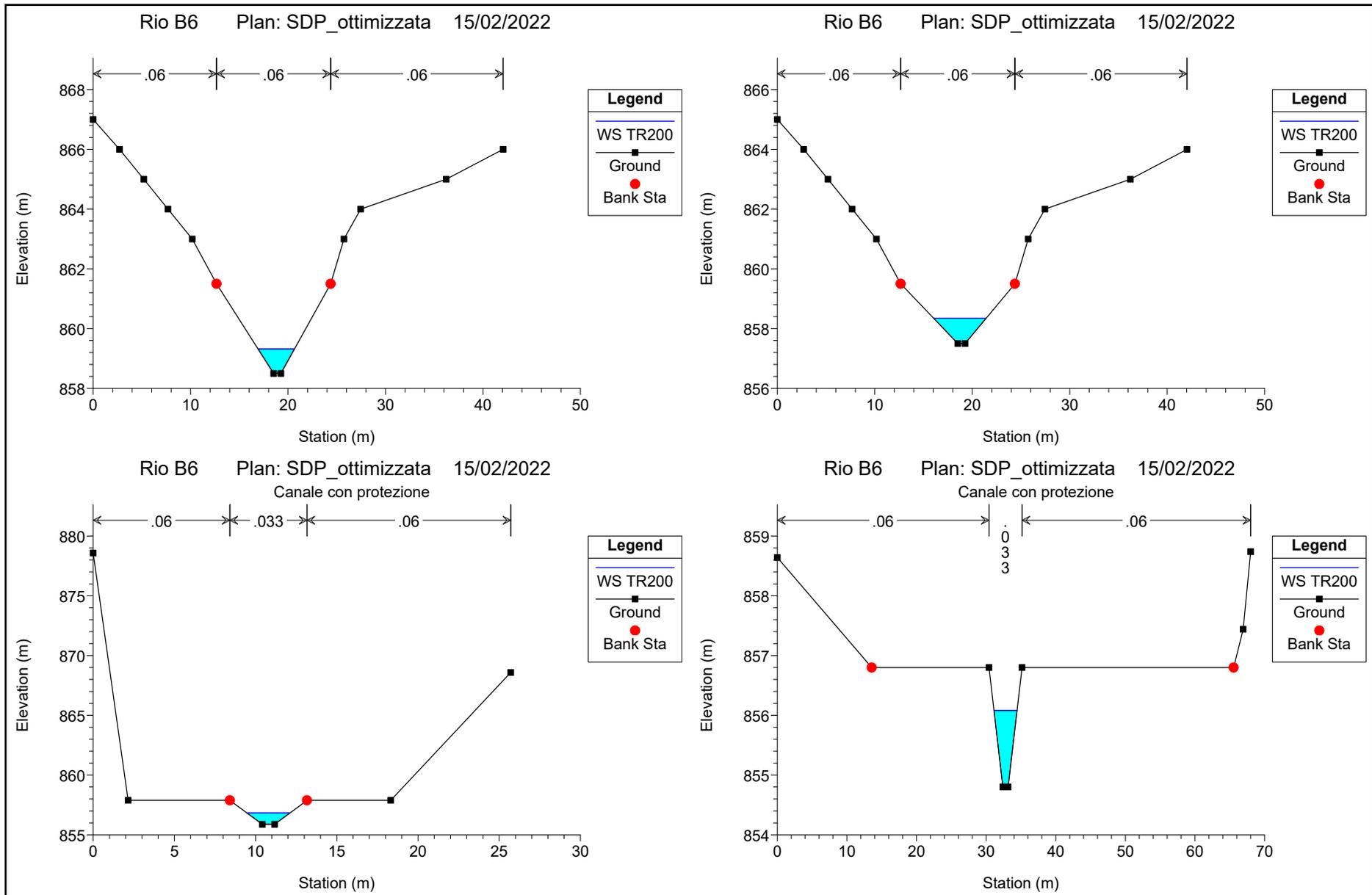


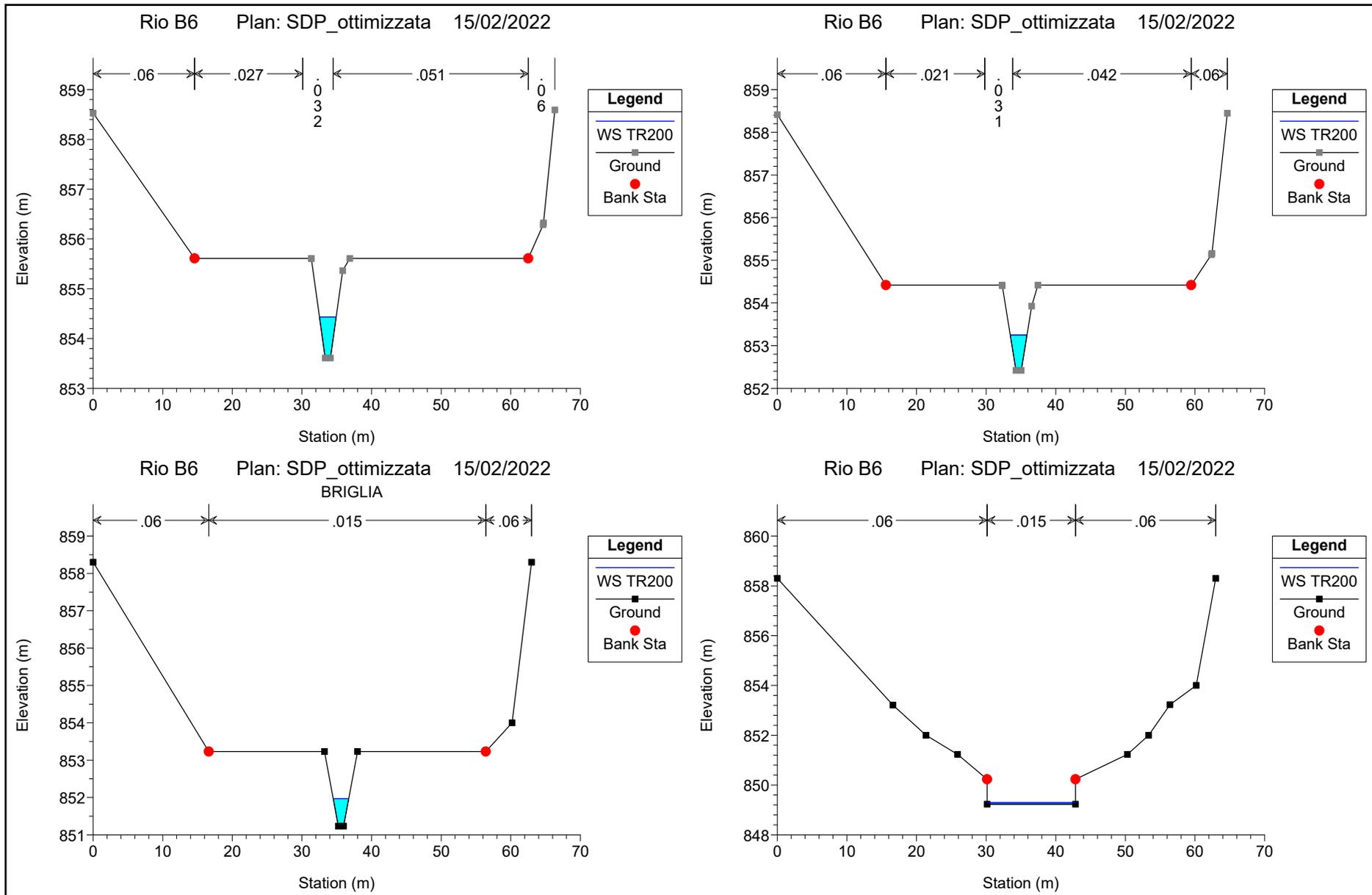


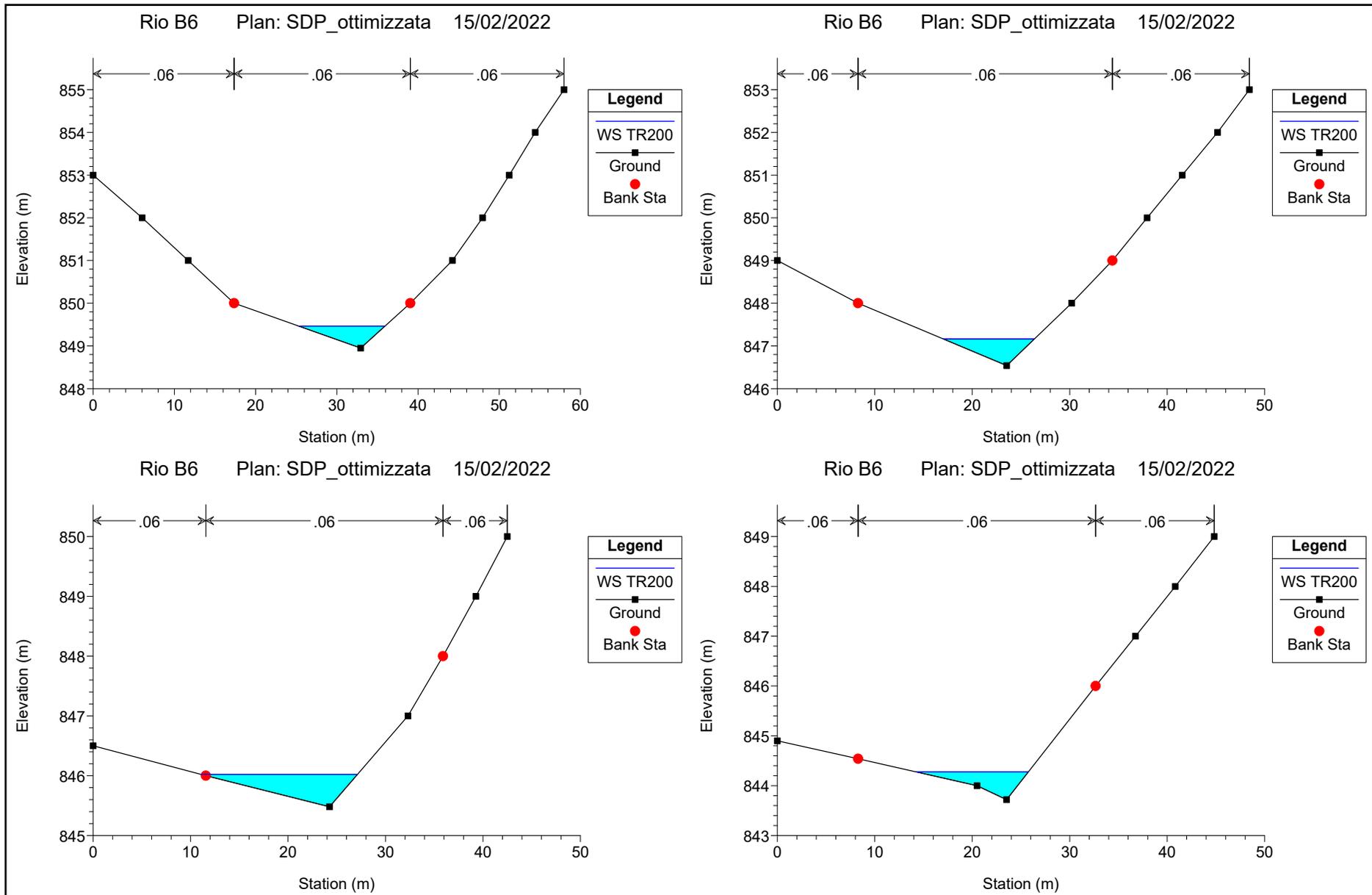
HEC-RAS Plan: SDP_ott River: Rio B6 Reach: Rio B6 Profile: TR100

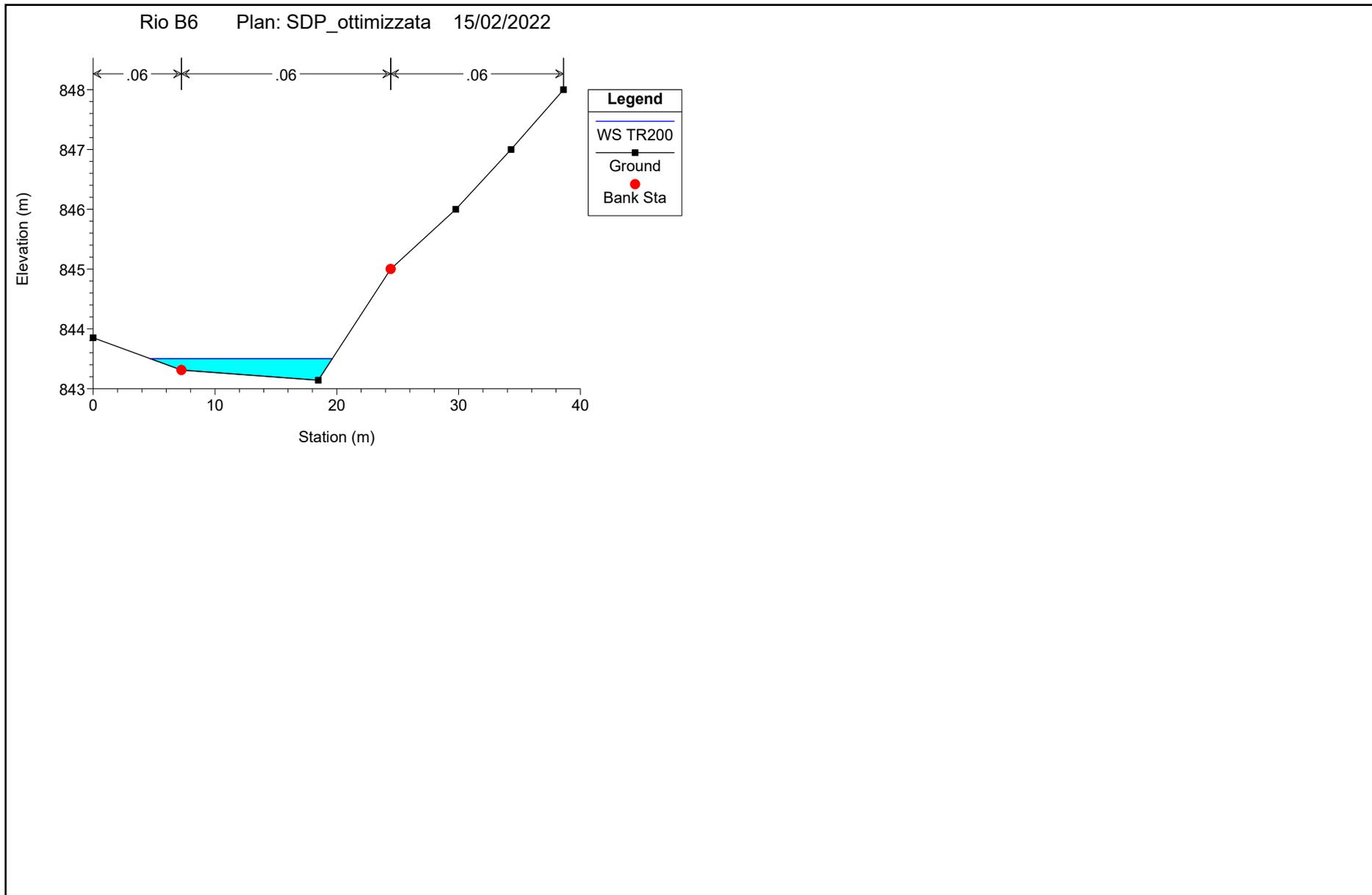
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio B6	10	TR100	5.80	858.50	859.24	859.47	859.96	0.170272	3.76	1.54	3.44	1.79
Rio B6	9	TR100	5.80	857.50	858.27	858.35	858.62	0.078410	2.62	2.21	4.98	1.26
Rio B6	8	TR100	5.80	855.88	856.72	857.03	857.69	0.064909	4.37	1.33	2.42	1.89
Rio B6	7	TR100	5.80	854.80	855.95	855.95	856.31	0.017434	2.67	2.17	3.04	1.01
Rio B6	6.8333*	TR100	5.80	853.61	854.33	854.76	855.87	0.139557	5.51	1.05	2.19	2.53
Rio B6	6.6667*	TR100	5.80	852.42	853.16	853.57	854.58	0.163581	5.28	1.10	2.23	2.40
Rio B6	6.5	TR100	5.80	851.23	851.88	852.38	853.95	0.036849	6.37	0.91	2.05	3.06
Rio B6	6	TR100	5.80	849.23	849.29	849.51	852.70	0.714114	8.18	0.71	12.70	11.06
Rio B6	5	TR100	5.80	848.95	849.44	849.52	849.71	0.124410	2.30	2.52	10.20	1.48
Rio B6	4	TR100	5.80	846.54	847.09	847.19	847.42	0.130122	2.53	2.29	8.29	1.54
Rio B6	3	TR100	5.80	845.48	845.98	845.98	846.10	0.057620	1.58	3.68	14.78	1.01
Rio B6	2	TR100	5.80	843.72	844.24	844.34	844.56	0.169679	2.50	2.32	10.47	1.70
Rio B6	1	TR100	5.80	843.14	843.47	843.51	843.66	0.093191	1.94	3.07	14.41	1.27











HEC-RAS Plan: SDP_ott River: Rio B6 Reach: Rio B6 Profile: TR200

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio B6	10	TR200	7.30	858.50	859.32	859.58	860.13	0.170258	3.98	1.83	3.73	1.82
Rio B6	9	TR200	7.30	857.50	858.34	858.45	858.75	0.082013	2.83	2.58	5.37	1.30
Rio B6	8	TR200	7.30	855.88	856.84	857.16	857.85	0.058702	4.46	1.64	2.67	1.82
Rio B6	7	TR200	7.30	854.80	856.08	856.08	856.48	0.017051	2.80	2.61	3.31	1.01
Rio B6	6.8333*	TR200	7.30	853.61	854.43	854.89	856.05	0.131997	5.64	1.29	2.40	2.45
Rio B6	6.6667*	TR200	7.30	852.42	853.25	853.70	854.84	0.159687	5.58	1.31	2.41	2.42
Rio B6	6.5	TR200	7.30	851.23	851.97	852.51	854.22	0.035342	6.65	1.10	2.22	3.03
Rio B6	6	TR200	7.30	849.23	849.29	849.55	853.30	0.688410	8.86	0.82	12.70	11.12
Rio B6	5	TR200	7.30	848.95	849.46	849.58	849.83	0.157842	2.67	2.74	10.63	1.68
Rio B6	4	TR200	7.30	846.54	847.16	847.26	847.48	0.108373	2.50	2.91	9.36	1.43
Rio B6	3	TR200	7.30	845.48	846.02	846.02	846.17	0.055776	1.68	4.35	16.06	1.01
Rio B6	2	TR200	7.30	843.72	844.28	844.39	844.64	0.172488	2.65	2.75	11.52	1.73
Rio B6	1	TR200	7.30	843.14	843.50	843.56	843.72	0.093826	2.12	3.57	14.97	1.31