



# REGIONE SICILIA

## CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO

### LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI

PROGETTO: Località Impianto  
 COMUNE DI GIBELLINA (TP) CONTRADA MAGIONE  
 COMUNE DI MONREALE (PA) CONTRADE SPIZZECA, PARRINO E TORRETTA  
 COMUNI DI GIBELLINA (TP)-POGGIOREALE (TP) CONTRADA ABITA DI SOPRA  
 Località Conessione  
 COMUNE DI GIBELLINA (TP) CONTRADA CASUZZE  
 Località Area di produzione Idrogeno  
 COMUNI DI GIBELLINA (TP)-POGGIOREALE (TP) CONTRADA ABITA DI SOPRA

Oggetto: **PROGETTO DEFINITIVO**  
 Realizzazione impianto agro-fotovoltaico denominato "S&P 9" con  
 potenza di picco 110.271 kWp e potenza nominale 100.000,00 kW  
 con annessa produzione di Idrogeno

CODICE ELABORATO:			
PROPONENTE	TIPOLOGIA DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REV
SP9	REL	029	00

EPD = ELABORATO DEL PROGETTO DIGITALE; REL = RELAZIONE;  
 ADD = ALTRA DOCUMENTAZIONE; IST = ISTANZA

DATA:  
 22/01/2022

ELABORATO:  
 SP9REL029\_00-S&P\_9-IMPIANTO-IT-RI-  
 RELAZIONE\_IDRAULICA


Rev.	Data Rev.	Data Rev.

TAV:  
**REL029**


PAGINE:  
**165**

PROGETTISTI:

Ing. Sapienza Angelo



Ing. Rizzuto Vincenzo



**SPAZIO RISERVATO PER LE APPROVAZIONI**

SOCIETA':  
**S&P 9 S.R.L.**  
 SICILIA E PROGRESSO  
 sede legale: Corso dei Mille 312, 90047 Partinico (PA)  
 C.F.: 06974380823 tel.: 0919865917 - fax: 0918902855  
 email: sviluppousep9@gmail.com  
 pec: sviluppousep9@pec.it



## INDICE

### Sommario

INDICE.....	2
1. PREMESSA .....	3
2. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO .....	4
2.1 Descrizione del progetto.....	4
2.2 Inquadramento Territoriale .....	5
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	25
4. METODO TCEV SICILIA – PIOGGE BREVI - SUPERFICI DI INFLUENZA.....	27
5. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI .....	32
6. VERIFICHE IDRAULICHE .....	36
6.1 Modello di calcolo utilizzato .....	36
6.2 Modello Digitale del Terreno .....	38
6.3 Impostazioni di calcolo .....	38
6.4 Risultati della modellazione idraulica.....	39
7. CONCLUSIONI - COMPATIBILITA' IDRAULICA .....	49
8. ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	49
8.1 Calcolo erosione .....	50
9. INVARIANZA IDRAULICA.....	51
9.1 Studio Invarianza Idraulica- Stazione di trasformazione .....	52
9.2 Stima dei volumi di compenso ai fini dell'invarianza idraulica .....	52
9.3 Studio Invarianza Idraulica- Area di produzione idrogeno verde.....	56
9.4 Studio Invarianza Idraulica – Impianto Agro-Fotovoltaico .....	57
1. SISTEMA DI DRENAGGIO – IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	58
ALLEGATO 1 – SEZIONI HEC RAS .....	61

## 1. PREMESSA

Il presente studio è redatto al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento mono assiale per la produzione di energia elettrica, da realizzare in Contrada Magione e Casuzze, nel Comune di Gibellina (TP) ed in Contrada Spizzeca, Parrino e Torretta, nel Comune di Monreale (PA), e in contrada Abita Di Sopra, nei comuni di Poggioreale (TP) e Gibellina (TP),

La presente relazione riporta i risultati dell'analisi idrologica ed idraulica del bacino di pertinenza all'interno del quale ricade l'area di interesse.

Lo studio condotto si è basato partendo dal modello digitale del terreno (DTM) 2m x 2m della porzione di territorio relativa ai fogli CTR 606150, 606160, 607130, 607140.

Si è effettuata un'elaborazione mediante simulazione di calcolo con software HEC-RAS versione 5.0.7 sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dello US Army Corps of Engineers, avendo impostato nei dati di input le portate di picco di piena e le opportune condizioni al contorno.

Le simulazioni per le verifiche idrauliche sono state condotte su base DTM attraverso un modello idraulico stazionario mono-dimensionale, per un tempo di ritorno pari a 100, 200 e 300 anni per i tratti del reticolo in prossimità della stazione di trasformazione e un tempo di ritorno pari a 100 per i tratti del reticolo in prossimità del campo agro-fotovoltaico, in ottemperanza alle procedure dettate dal PAI e nel rispetto della disciplina contenuta nel Regio Decreto 523/1904 e nel DSG 189/2020.

Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico. Più in particolare, verranno mostrate le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno e successivamente di rappresentare gli effetti dell'intervento sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata, mediante la modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale di quei tratti del reticolo esistente che potrebbero interferire con il futuro assetto di progetto.

## 2. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

### 2.1 Descrizione del progetto

La S&P 9 s.r.l., redattrice del progetto, è una società attiva nella produzione di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, in particolar modo, dal solare fotovoltaico.

È iscritta presso la Camera di Commercio di Palermo con n. Rea PA-428827, Partita IVA 06974830823, ha sede legale presso Partinico (PA) in corso dei Mille n. 312.

S&P 9 s.r.l. si propone di realizzare impianti agro-fotovoltaici, per sé stessa e per committenti terzi, con consegna alla rete dell'energia prodotta, curando in proprio tutte le attività necessarie: dalla ricerca e individuazione dei siti, all'ottenimento delle autorizzazioni previste, alla progettazione e successiva realizzazione degli impianti, fino alla fase delle prove finali di collaudo e definitiva accettazione.

Nella filosofia progettuale di S&P 9 s.r.l. si intende valorizzare l'energia prodotta con tecnologia fotovoltaica, contestualizzando al meglio gli impianti nel rispetto delle caratteristiche territoriali e ambientali peculiari dei siti in cui essi vengono realizzati.

S&P 9 s.r.l. intende realizzare in Contrada Magione e Casuzze, nel Comune di Gibellina (TP) ed in Contrada Spizzeca, Parrino e Torretta, nel Comune di Monreale (PA), e in contrada Abita Di Sopra, nei comuni di Poggioreale (TP) e Gibellina (TP), un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica.

L'impianto che la S&P 9 srl presenta in autorizzazione è composto da:

- Campi agro-fotovoltaici, siti in Contrada Magione nel Comune di Gibellina (TP) ed in Contrada Spizzeca, Parrino e Torretta, nel Comune di Monreale (PA) e in Contrada Abita di Sopra, nei Comuni di Gibellina (TP) e Poggioreale (TP);
- Stazione di trasformazione e consegna Rete-Utente, nel Comune di Gibellina (TP) in Contrada Casuzze;
- Area di produzione di idrogeno verde, in Contrada Abita di Sopra, nei Comuni di Gibellina (TP) e Poggioreale (TP);
- Cavidotti di collegamento MT (30kV), nei Comuni di Monreale (PA), Gibellina (TP) e Poggioreale (TP).

L'impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 276,63 ha (2.766.300 m<sup>2</sup>), avrà una potenza di 110.271 kWp (100.000,00 kW) e l'energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica

di alta tensione, tramite la costruenda stazione di trasformazione a 220 kV, idonea ad accettare la potenza.

## 2.2 Inquadramento Territoriale

L'area di interesse ricade nella Zona Territoriale Omogenea "ZONA E", ossia Zona Agricola e non vi è alcun tipo di vincolo in corrispondenza delle strutture, locali e attrezzature che compongono l'impianto.

L'area ricade all'interno del bacino idrografico BAC-045 Fiume San Bartolomeo e del bacino idrografico BAC-057 Fiume del Belice, secondo il Piano del bacino dell'Assetto Idrogeologico (PAI). Il reticolo idrografico del sito di interesse è costituito da fossi naturali che adducono le acque captate al reticolo principale.

L'impianto del progetto S&P 9 è previsto nei Comuni di Monreale (PA), Gibellina e Poggioreale (TP), in particolare:

- La realizzazione del sito ricadente nel territorio di Gibellina (TP) Contrada Magione, è individuata al N.C.T del comune di Gibellina nel foglio di mappa n. 2, occupando le particelle n. 2, 5, 6, 8, 17, 18, 70, 73, 83, 84, 95;
- La realizzazione del sito ricadente nel territorio di Monreale (PA) Contrada Spizzeca, è individuata al N.C.T del comune di Monreale nel foglio di mappa n. 180, occupando le particelle n. 5, 7, 10, 71, 72, 73, 74, 79, 348, e nel foglio di mappa n. 182, occupando le particelle n. 4, 47, 52, 61, 104, 134, 135, 138, 180, 198, 199, 207, 218, 280, 299, 300, 319, 322, 336, 337, 338, 355;
- La realizzazione del sito ricadente nel territorio di Monreale (PA) Contrada Parrino, è individuata al N.C.T del comune di Monreale nel foglio di mappa n. 185, occupando le particelle n. 123, 124, 125, 196, 198, 209, 211, 227 e nel foglio di mappa n. 187, occupando le particelle n. 15, 17, 23, 28, 62, 90, 92, 93, 124, 156, 157, 171, 210, 211, 214, 216, 218, 252;
- La realizzazione del sito ricadente nel territorio di Monreale (PA) Contrada Torretta, è individuata al N.C.T del comune di Monreale nel foglio di mappa n. 190, occupando le particelle n. 12, 30, 32, 38, 48, 62, 63, 64, 65, 69, 72, 73, 91, 93, 94, 95, 96, 110, 130, 162, 242, 268, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 319, 320, 344, 379, 381, 417, 419, 420, 421, 438, 450 e nel foglio di mappa n. 196, occupando le particelle n. 268, 319, 320;

- La realizzazione della stazione di trasformazione (SE di Rete – Impianto di Rete) e consegna (SE di Utente – Impianto di Utente) è prevista nel comune di Gibellina (TP), individuata al N.C.T. di Gibellina nel foglio di mappa n. 5, alle particelle n. 6, 191, 194, 195, 196, 197, 198, 282, 285, 293, e nel foglio di mappa n. 7 alle particelle n. 28, 49, 50, 114, 115, 216, 219, 130, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 220;
- La realizzazione dell'area di impianto e produzione di idrogeno verde è prevista nel comune di Gibellina e Poggioreale (TP), individuato al N.C.T. di Gibellina nel foglio di mappa n. 13, alle particelle n. 179, 180, nel foglio di mappa n. 14, alle particelle n. 3, 6, 9, 150, ed al N.C.T. di Poggioreale al foglio di mappa n. 1 alle particelle 20, 39, 41.

Le coordinate geografiche (baricentro approssimativo) del sito di impianto e della stazione sono:

Coordinate Stazione Rete- Utente	Coordinate Abita di Sopra	Coordinate Magione	Coordinate Spizzeca	Coordinate Parrino	Coordinate Torretta
Lat: 37.826040° Long: 12.941852°	Lat: 37.812213° Long: 13.016011°	Lat: 37.825989° Long: 12.913237°	Lat: 37.827455° Long: 13.011777°	Lat: 37.837378° Long: 13.060012°	Lat: 37.834348° Long: 13.090179°

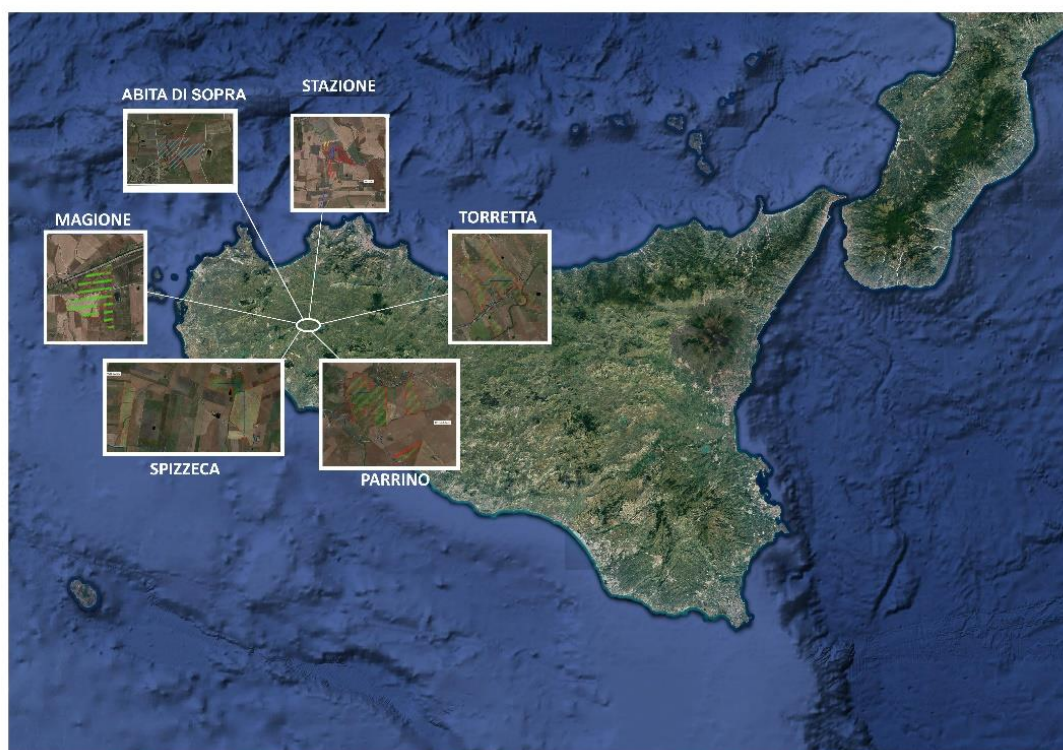
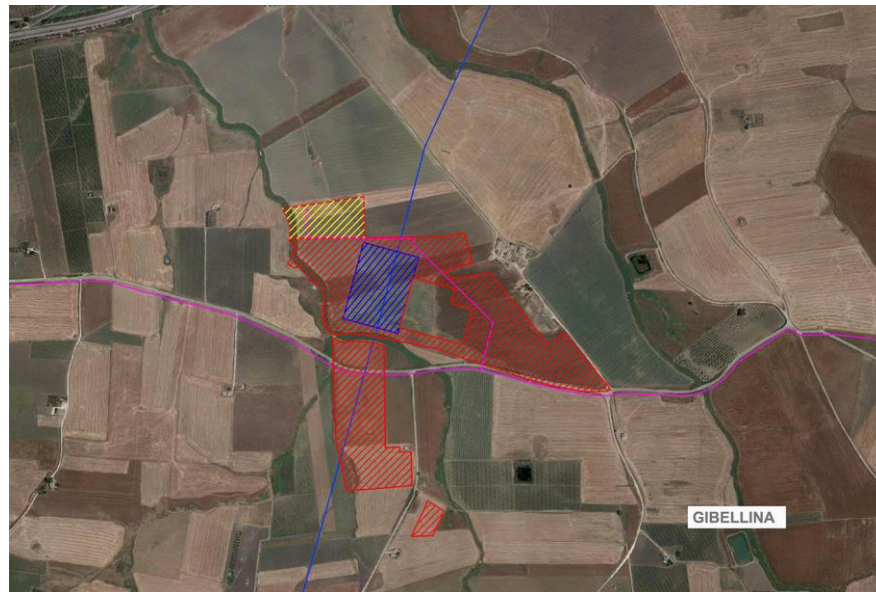


Figura 1 – Ubicazione area impianto e stazione di consegna (Google Earth)




LEGENDA


- |  |   |
|--|---|
|  Sito d'intervento      |  Area interessata alla stazione AT rete-utente |
|  Tracciato cavidotto AT |  Area stazione di rete                         |
|  |  Area stazione utente                          |


Figura 2 A - Ortofoto dell'area della stazione ricadente sul territorio di Gibellina (TP) **Contrada Casuzze** e cavidotto di connessione



LEGENDA

 Sito d'intervento

 Area interessata dall'impianto

 Tracciato cavidotto MT

 Area di produzione di idrogeno verde

Figura 2 B - Ortofoto dell'area di produzione di idrogeno verde ricadente in **Contrada Abita di Sopra**, nei territori di **Gibellina (TP)** e **Poggioreale (TP)** e cavidotto di connessione





Figura 2 C - Ortofoto dell'area di impianto ricadente in **Contrada Magione (Gibellina-TP)** e cavidotto di connessione



Figura 2 D - Ortofoto dell'area di impianto ricadente in **Contrada Spizzeca (Morneale-PA)** e cavidotto di connessione

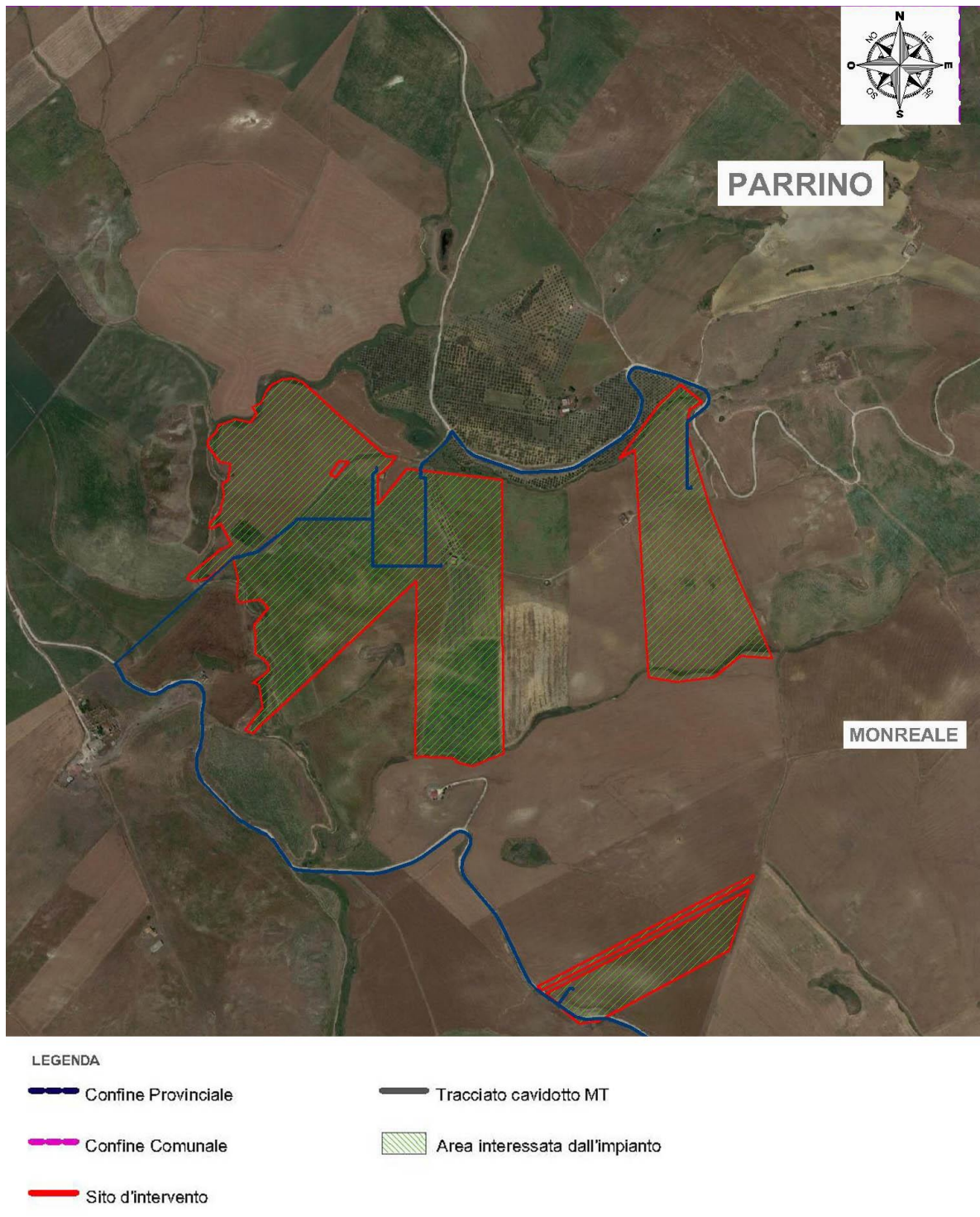


Figura 2 E - Ortofoto dell'area di impianto ricadente in **Contrada Parrino (Monreale-PA)** e cavidotto di connessione



Figura 2 F - Ortofoto dell'area di impianto ricadente in **Contrada Torretta (Monreale-PA)** e cavidotto di connessione

Il sito dell'impianto agro-fotovoltaico è individuato nella Tavoletta "Santa Ninfa", Foglio N°257, Quadrante II, Orientamento N.E., Tavoletta "Gibellina", Quadrante III, Orientamento N.O., nella Tavoletta "Monte Bruca", Quadrante III, Orientamento N.E., nella Tavoletta "Montepietroso", Foglio N°258, Quadrante IV, Orientamento S.O. e nella Tavoletta "Camporeale", Foglio N° 258, Quadrante IV, Orientamento S.E. della Carta d'Italia scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M. (Figura 3) e nelle sezioni 606150 (sito Magione), 606160 (stazione rete-utente), 607130 (sito Spizzeca, Parrino e

Abita di Sopra) e 6071401 (sito Torretta), della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000 (Figure 4-5).

La S&P 9 s.r.l. ha ottenuto dal gestore di rete Terna la soluzione tecnica minima generale (STMG) per connettere 100 MWn sul territorio di Gibellina in data 20/10/2021 (cod. pratica 202100900), la quale prevede che il parco fotovoltaico venga collegato alla Linea AT del distributore tramite la costruenda stazione MT da 220 kV.

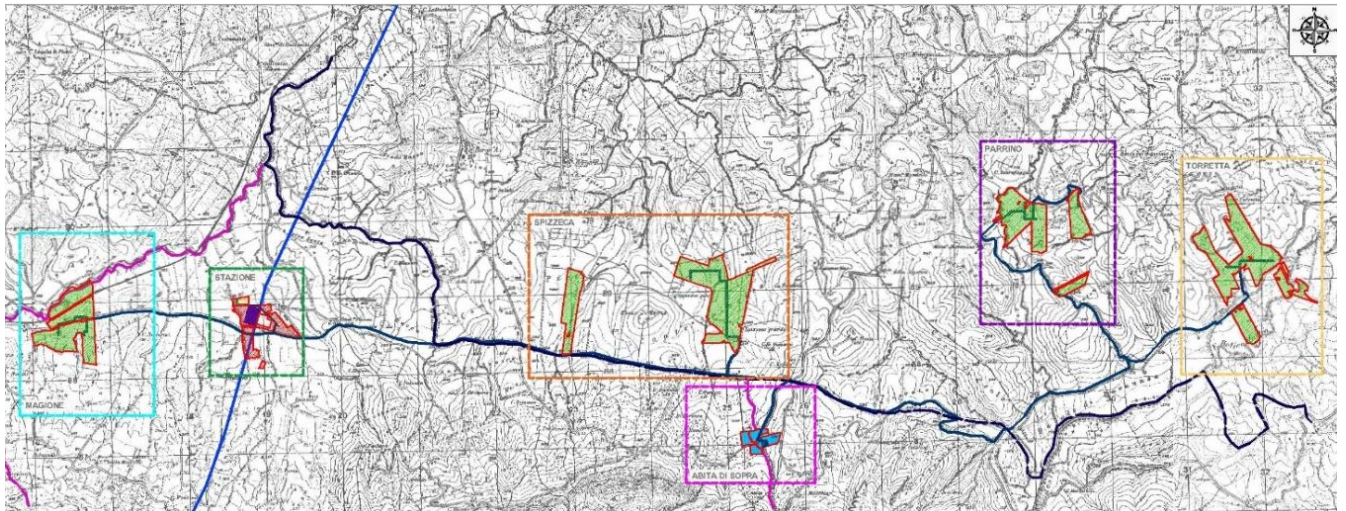


Figura 3 – Inquadramento territoriale di S&P 9 I.G.M. scala 1:25.000 (TAV. IT-COG)

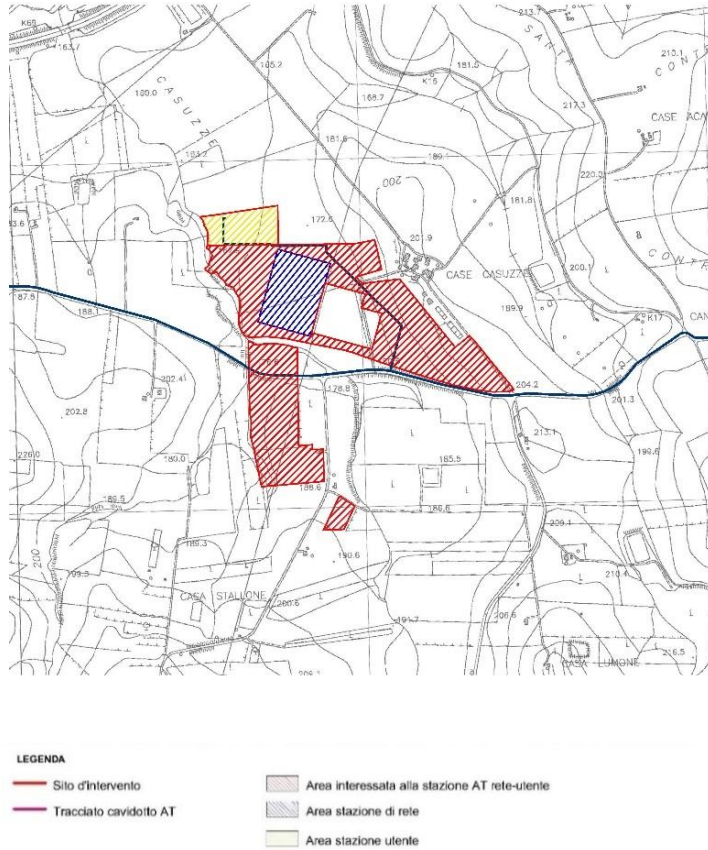


Figura 4 A – Inquadramento territoriale dell'area della stazione ricadente sul territorio di Gibellina (TP - Contrada Casuzze) su C.T.R. scala 1:10.000 (TAV. IT-COG)



Figura 4 B – Layout della stazione ricadente sul territorio di Gibellina (TP - Contrada Casuzze) con cavidotto (TAV. IT-LAY)

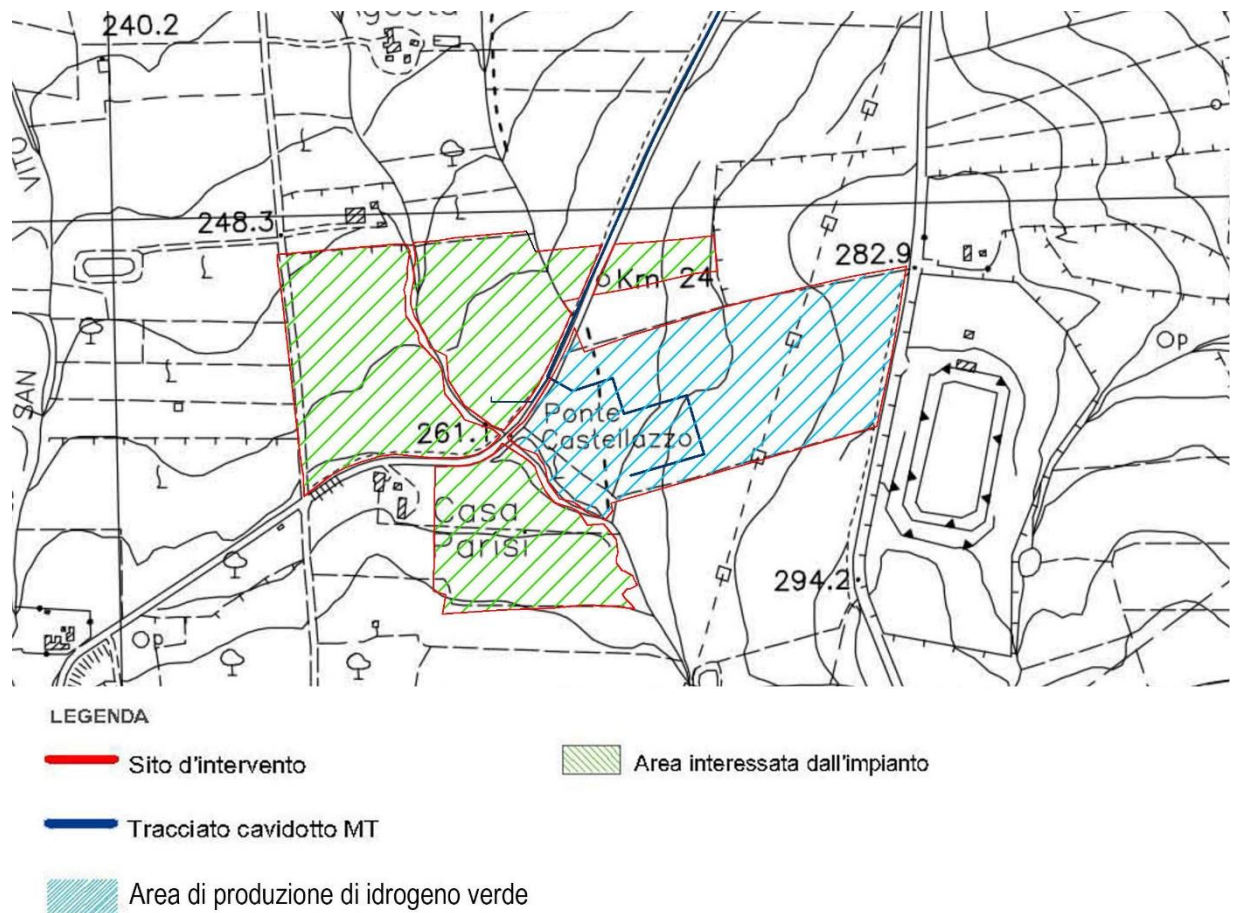


Figura 4 C – Inquadramento territoriale dell'area di produzione di idrogeno verde ricadente in **Contrada Abita di Sopra**, nei territori di Gibellina (TP) e Poggioreale (TP) e cavidotto di connessione

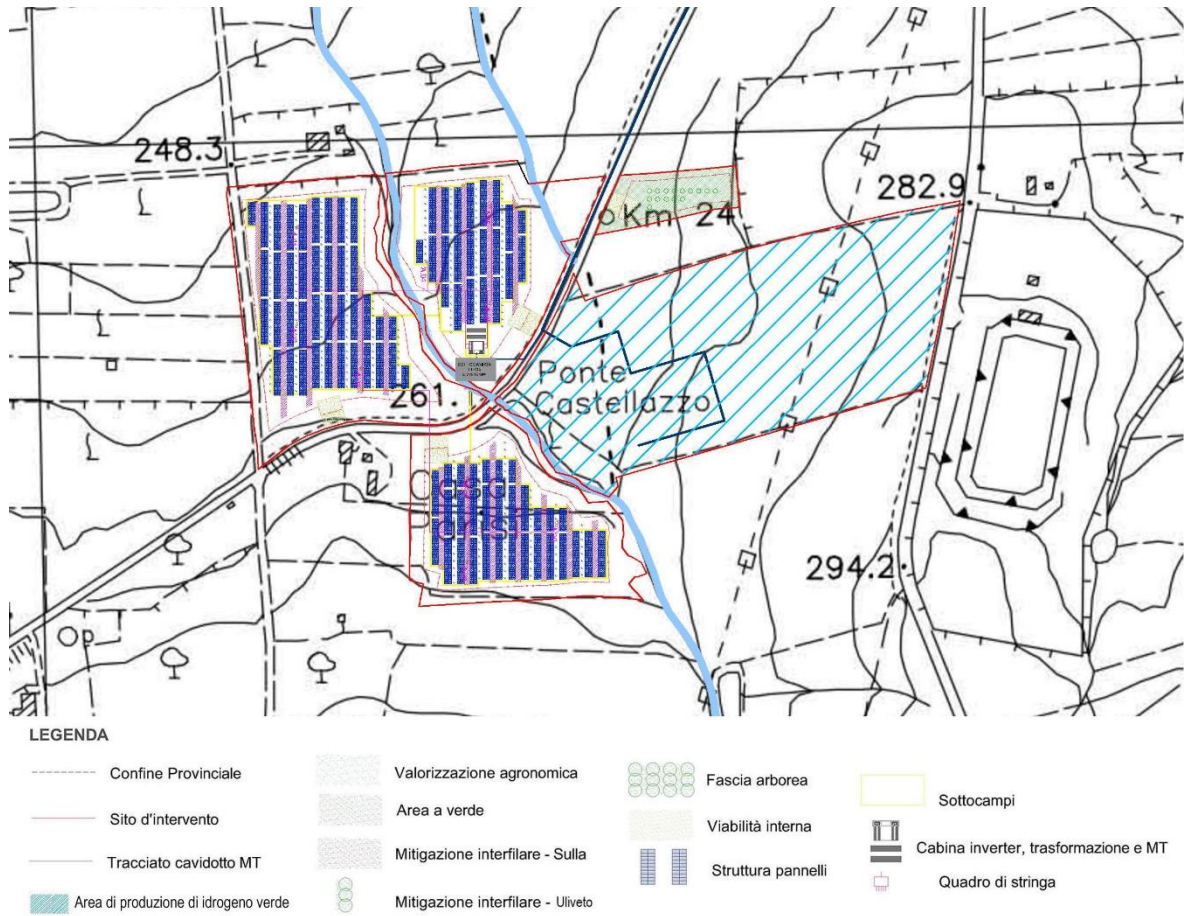


Figura 4 D – Layout dell'area di produzione di idrogeno verde ricadente in **Contrada Abita di Sopra**, nei territori di Gibellina (TP) e Poggioreale (TP) e cavidotto di connessione



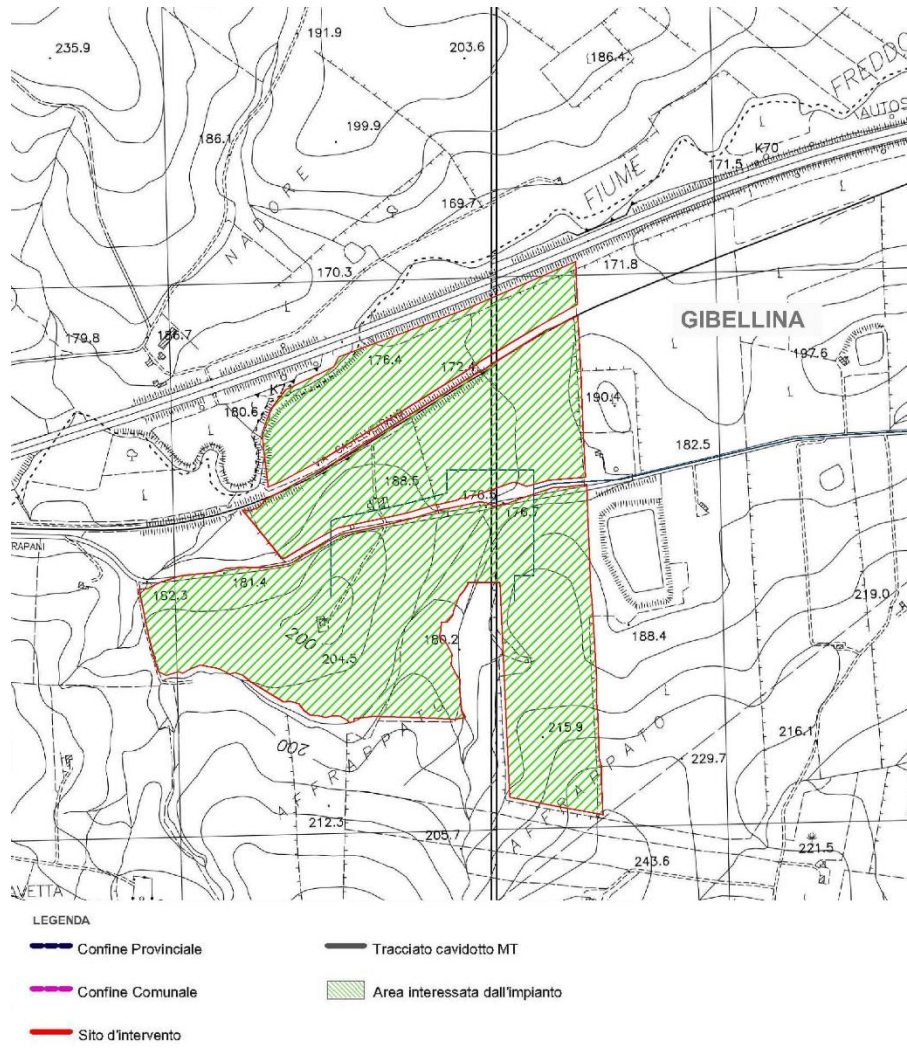


Figura 5 A– Inquadramento territoriale dell'impianto ricadente in **Contrada Magione** su C.T.R. scala 1:10.000

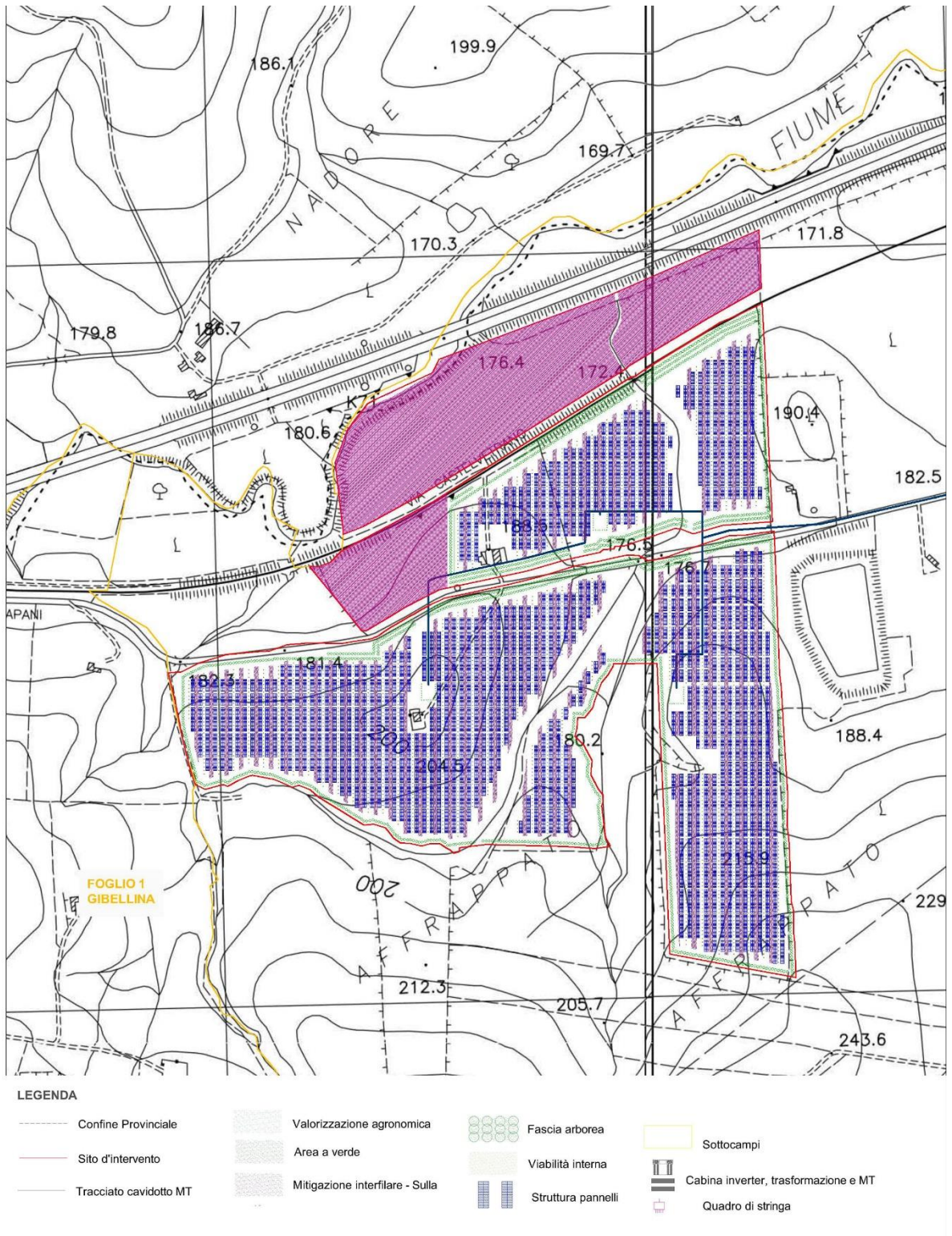


Figura 5 B – Layout dell'impianto ricadente in **Contrada Magione** con cavidotto

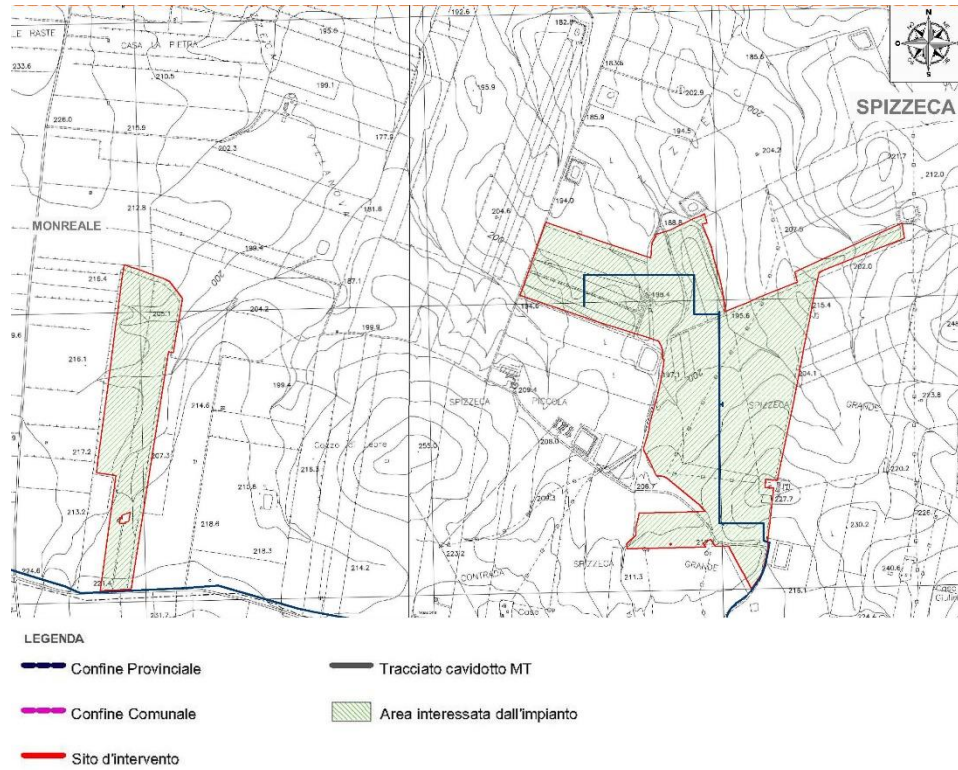


Figura 6 A – Inquadramento territoriale dell’impianto ricadente in **Contrada Spizzeca** su C.T.R. scala 1:10.000

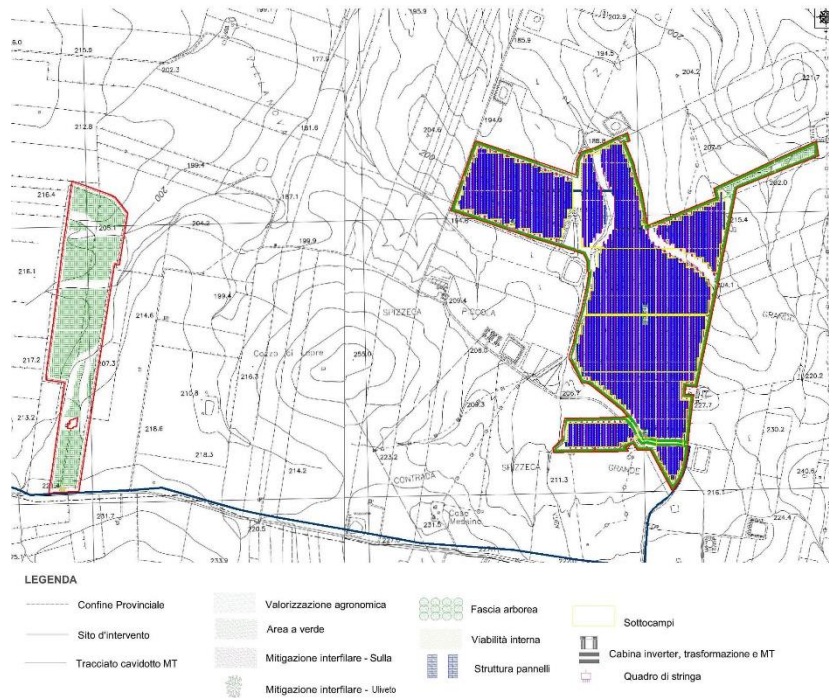


Figura 6 B– Layout dell’impianto ricadente in **Contrada Spizzeca** con cavidotto

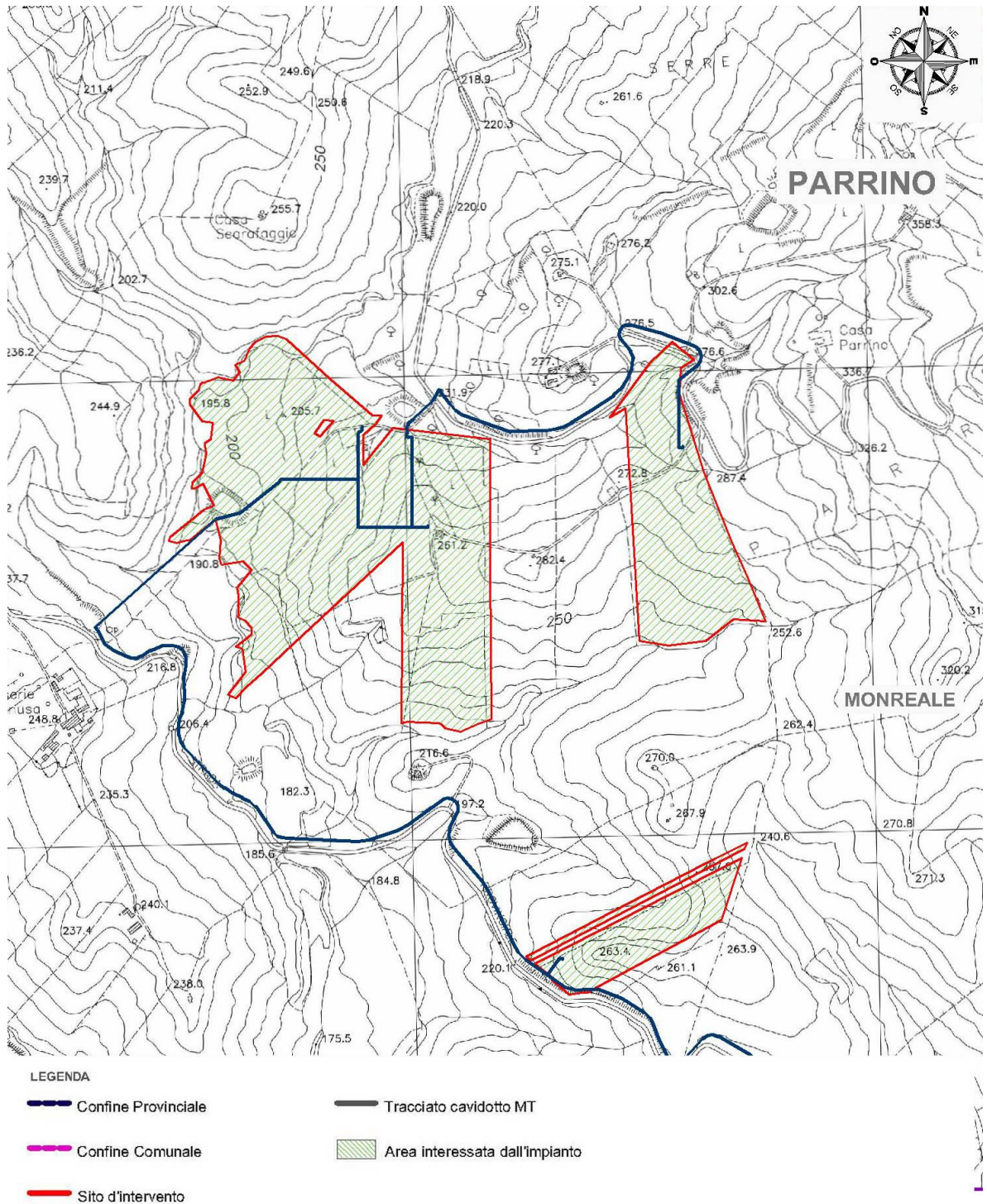


Figura 7 A – Inquadramento territoriale dell'impianto ricadente in **Contrada Parrino** su C.T.R. scala 1:10.000

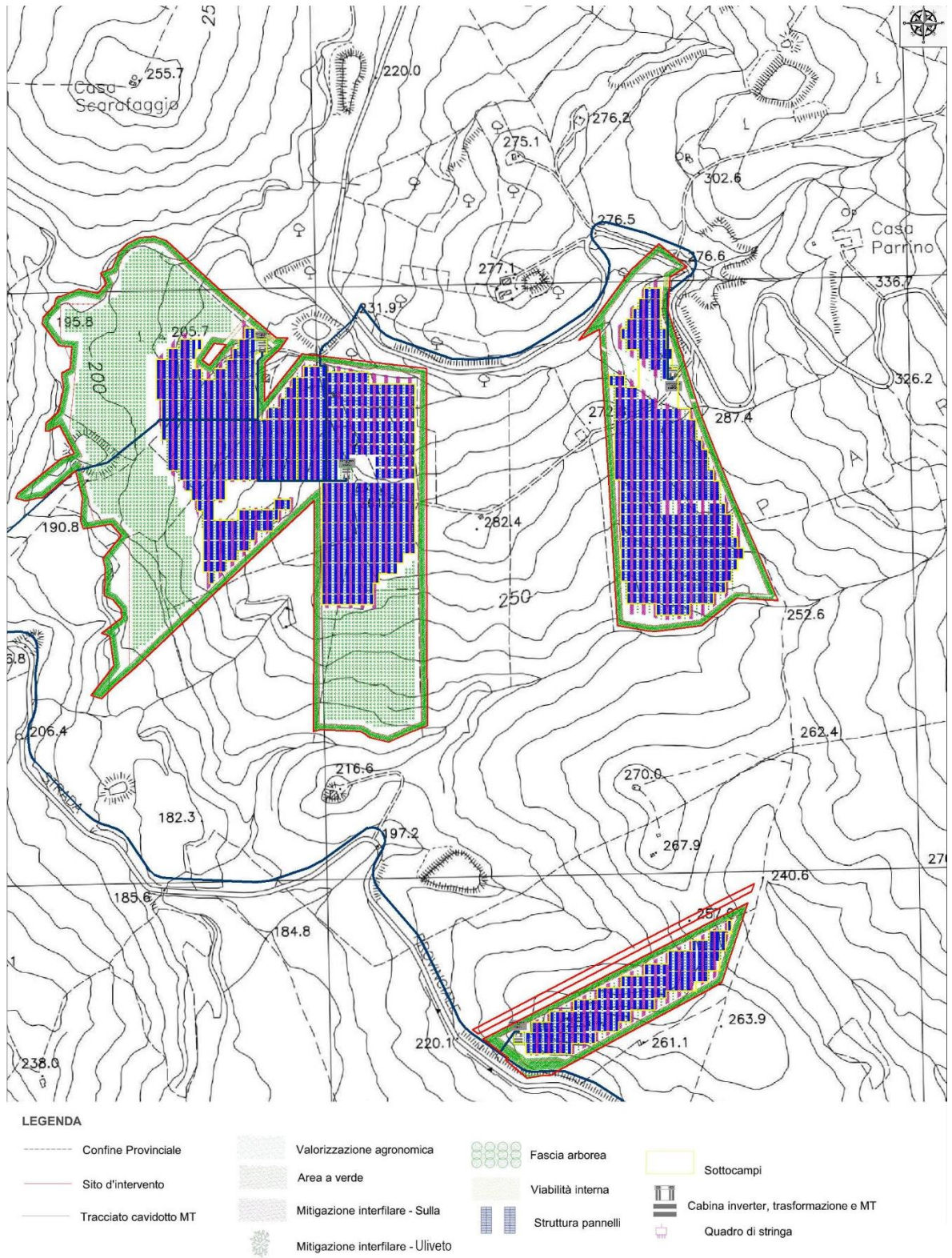


Figura 7 B – Layout dell'impianto ricadente in **Contrada Parrino** con cavidotto

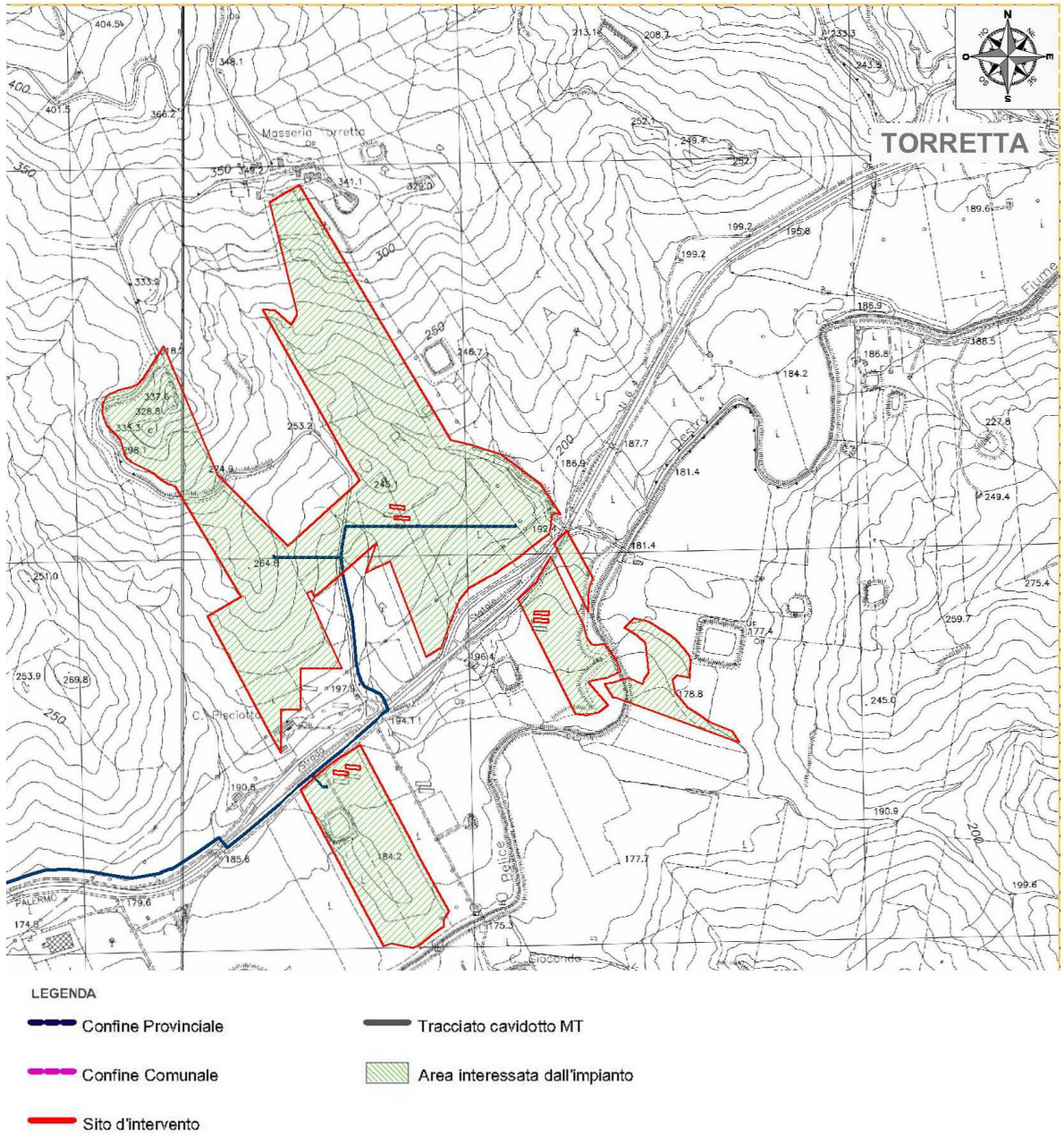


Figura 8 A – Inquadramento territoriale dell'impianto ricadente in **Contrada Torretta** su C.T.R. scala 1:10.000

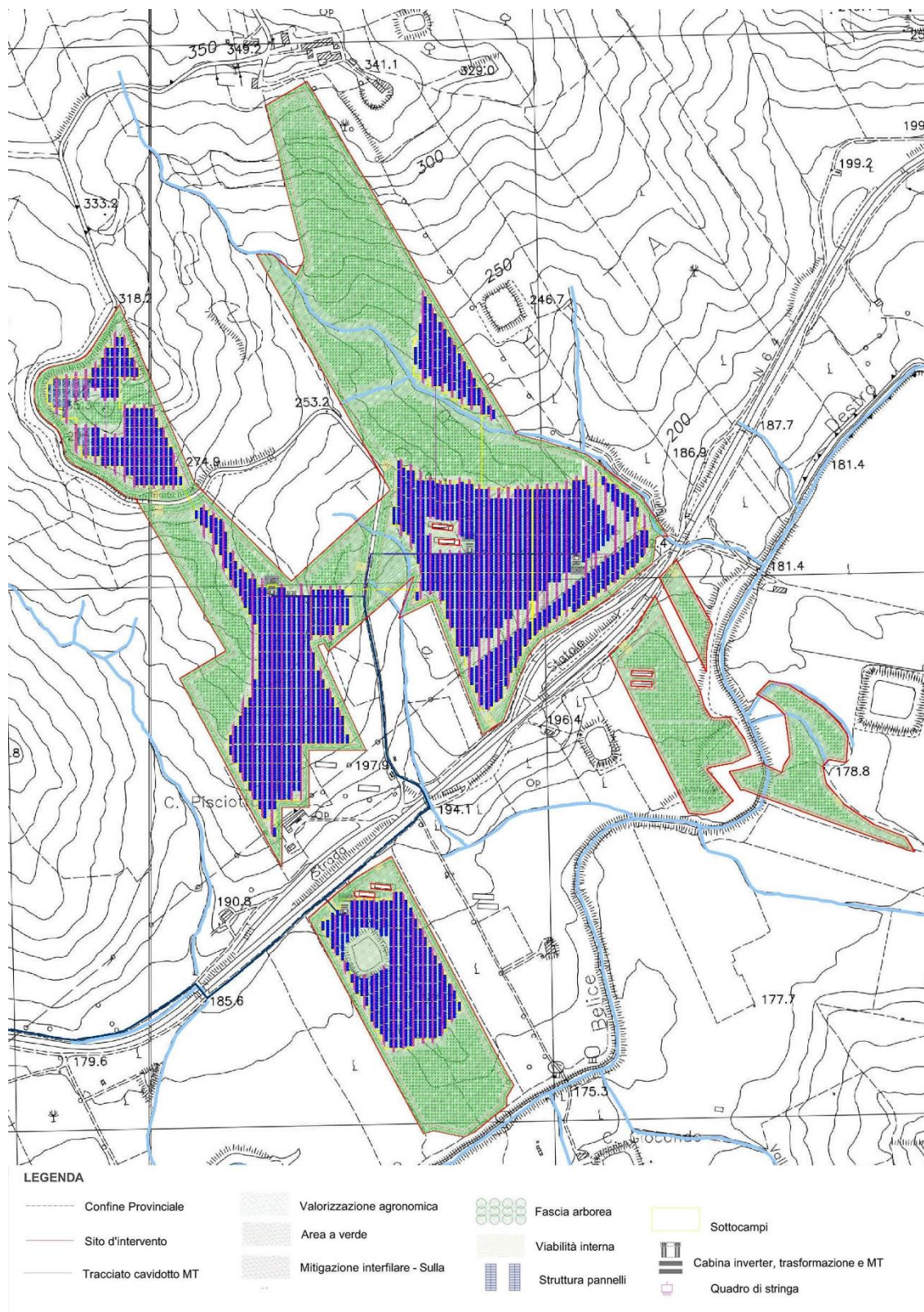


Figura 8 B – Layout dell'impianto ricadente in **Contrada Torretta** con cavidotto

L'accesso all'area in cui sarà realizzato l'impianto S&P 9 è raggiungibile attraverso due bretelle principali: l'autostrada A29 Palermo – Mazara del Vallo con uscita Gallitello e la SS 624 Palermo-

Sciacca; il sito dell'impianto e della relativa stazione di trasformazione è raggiungibile attraverso una serie di strade statali (SS 119 Gibellina) e provinciali (tra cui la SP 9, SP 12, SP 20, SP 37, SP 106 e SP 107) che garantiscono il collegamento oltre che con l'impianto anche con i Comuni limitrofi. Il collegamento ferroviario viene assicurato dalla linea ferroviaria Palermo - Salemi - Gibellina che dista circa 4,4 km dall'impianto agro-fotovoltaico sito in Contrada Magione, circa 5,7 km dall'impianto agro-fotovoltaico sito in Contrada Spizzeca, circa 17 km dall'impianto agro-fotovoltaico sito in Contrada Parrino, circa 19,5 km dall'impianto agro-fotovoltaico sito in Contrada Torretta, circa 3 Km dalla stazione di consegna, sita in Contrada Casuzze, e circa 13 km dall'area di produzione di idrogeno verde, sita in contrada Abita di Sopra.



### 3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Dall'analisi del P.A.I. si rileva che l'area oggetto di intervento ricade all'interno del bacino idrografico indicato come "BAC 045" - Fiume San Bartolomeo e del bacino idrografico indicato come "BAC 057" - Fiume Belice.

Il bacino idrografico del Fiume San Bartolomeo, ubicato nel versante settentrionale della Sicilia, si estende per circa 419 Km<sup>2</sup> e ricade nei territori provinciali di Palermo e Trapani. Il bacino, in particolare, si estende dal territorio di Gibellina e di Poggioreale sino al Mar Tirreno presso la *Tonnara Magazzinazzi*, al confine tra il territorio di Castellammare del Golfo e di Alcamo.

Da un punto di vista idrografico esso confina ad ovest con il bacino del *F. Birgi* e l'area territoriale tra il bacino del *F. S. Bartolomeo* e *Punta Solanto*; ad est con il bacino del *F. Jato* e l'area territoriale tra il bacino del *F. Jato* e il bacino del *F. S. Bartolomeo*; a sud con il bacino del *F. Belice*, il bacino del *F. Modione* ed il Bacino del *F. Arena*. La forma del bacino idrografico del *F. S. Bartolomeo* è sub-circolare, con una limitata appendice orientale. Il bacino raggiunge la sua massima ampiezza nel settore centrale; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce progressivamente, fino a qualche centinaio di metri in corrispondenza della foce. Il *Fiume S. Bartolomeo* rappresenta la parte terminale del *F. Freddo* che nasce presso *Casa Castelluzzi* in territorio di Calatafimi-Segesta e lungo il suo percorso, che si sviluppa per circa 46 Km, riceve le acque di diversi affluenti, ma quasi tutti di scarsa importanza. L'asta principale del Fiume assume il nome di *S. Bartolomeo* a partire dalla confluenza dei *Fiumi Caldo* e *Freddo*, al confine tra i territori comunali di Alcamo, Castellammare del Golfo e Calatafimi (tutti ricadenti in provincia di Trapani), ad una quota di circa 29 m s.l.m. L'altitudine massima del bacino è di circa 825 m s.l.m., l'altitudine minima è 0,00 m s.l.m. (alla foce) e l'altitudine media è pari a circa 246 m s.l.m.

Il Fiume *S. Bartolomeo* scorre prevalentemente in direzione NNE-SSO e con andamento meandriforme nella sua parte terminale, indice della maturità evolutiva raggiunta. Il suo reticolo idrografico appare abbastanza gerarchizzato, ma disorganizzato; il bacino, inoltre, è classificabile come sub-dendritico.

Il bacino del *F. Belice*, esteso per circa 950 km<sup>2</sup>, si sviluppa lungo una direttrice NE-SW dalle aree a sud dei Monti di Palermo fino alla costa meridionale della Sicilia, tra Punta Granitola e Capo S. Marco. Esso confina, nella zona settentrionale, con i bacini del *F. Jato* e del *F. Oreto*; ad occidente lo spartiacque è comune con il bacino del *Fiume Freddo* e a SW con quello del *F. Modione*. Dal lato orientale, da nord a sud confina con i bacini del *F. San Leonardo*, *F. Verdura*, *F. Carboj* e con alcuni bacini minori. I centri abitati compresi parzialmente o interamente all'interno del bacino

del Belice sono quelli di Bisacquino, Campofiorito, Camporeale, Contessa Entellina, Corleone, Montevago, Partanna, Piana degli Albanesi, Poggioreale, Roccamena, Salaparuta, S. Cristina Gela e S. Margherita Belice.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale ottobre-febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra maggio e settembre.

Dai dati termo-pluviometrici presenti nel PAI è possibile evidenziare che l'andamento climatico è assimilabile a quello medio della Sicilia nord-occidentale: pertanto, è classificabile come temperato- mediterraneo, poiché caratterizzato da un periodo piovoso che ricade nel periodo ottobre-aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto, quando si raggiungono le temperature più elevate.

Seppur le aree di impianto non ricadono in aree a pericolosità/rischio idraulico, considerata la presenza di elementi del reticolo in prossimità delle aree di intervento, si procederà ad uno studio di idrologico ed idraulico di dettaglio, mirato alla determinazione dei profili di corrente e alla verifica dei fossi esistenti. Più in particolare saranno effettuate le seguenti verifiche in moto permanente monodimensionale dei fossi naturali prossimi alle aree di impianto agro-fotovoltaico e dell'area della stazione di trasformazione. Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata. La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione pioggia-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non

superamento).

#### 4. METODO TCEV SICILIA – PIOGGE BREVI - SUPERFICI DI INFLUENZA

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata *componente base*, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (*componente straordinaria*) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (*Ferro e Cannarozzo, 1993*) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\Theta^* = 2.24$  e  $\Lambda^* = 0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il *secondo livello di regionalizzazione* riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la

Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee:  $Z_0$ – $Z_5$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$ .

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$  (tabella 4.1), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone  $Z_0$  e  $Z_5$ , possono anche essere "unite" e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro  $\Lambda_1$ .

In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h'_{t,T} = h_t/\mu$  (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti  $a$  e  $b$  sono stati tarati in funzione della particolare sottozona.

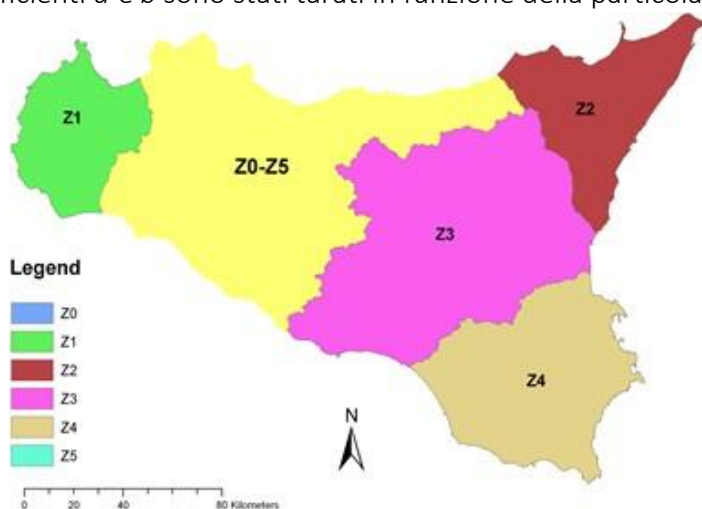


Figura 9: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

$K_T$  è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti  $a$  e  $b$ ) e del tempodi ritorno  $T$  dell'evento meteorico.

Sottozona Parametro	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$
$\Lambda_1$	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 1: Valore del parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

Sottozona Parametro	$Z_0-Z_5$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
<b>a</b>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<b>b</b>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

Il *terzo livello di regionalizzazione* prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e fissato tempo di ritorno  $T$ .

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata  $t$ :

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$  (Cannarozzo et al, 1995). Nelle figg. A seguire è possibile vedere la variazione dei coefficienti  $a$  ed  $n$  per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007)

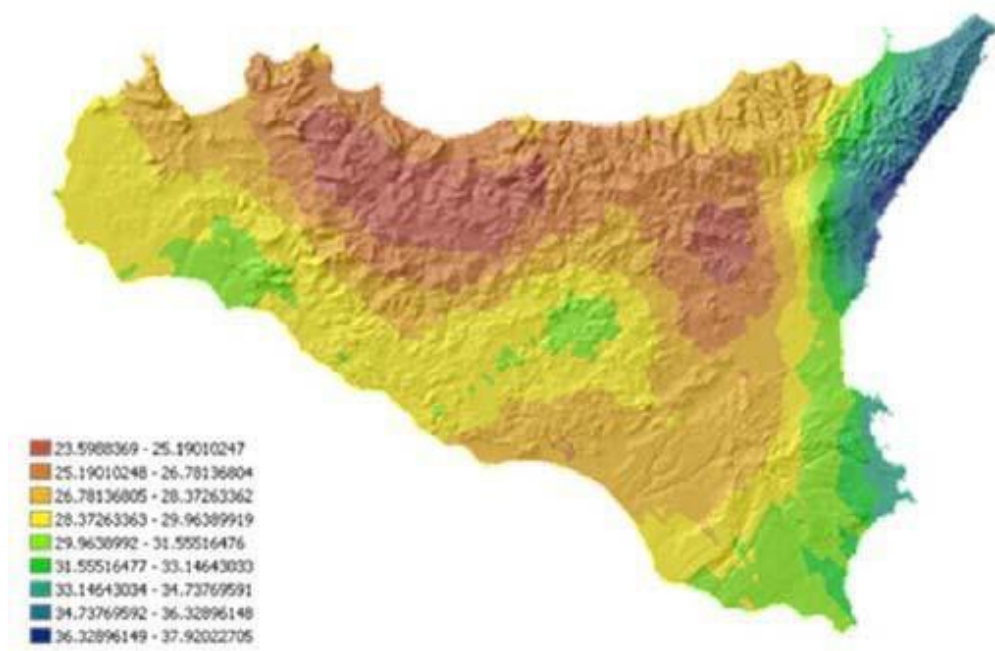


Figura 10a: Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

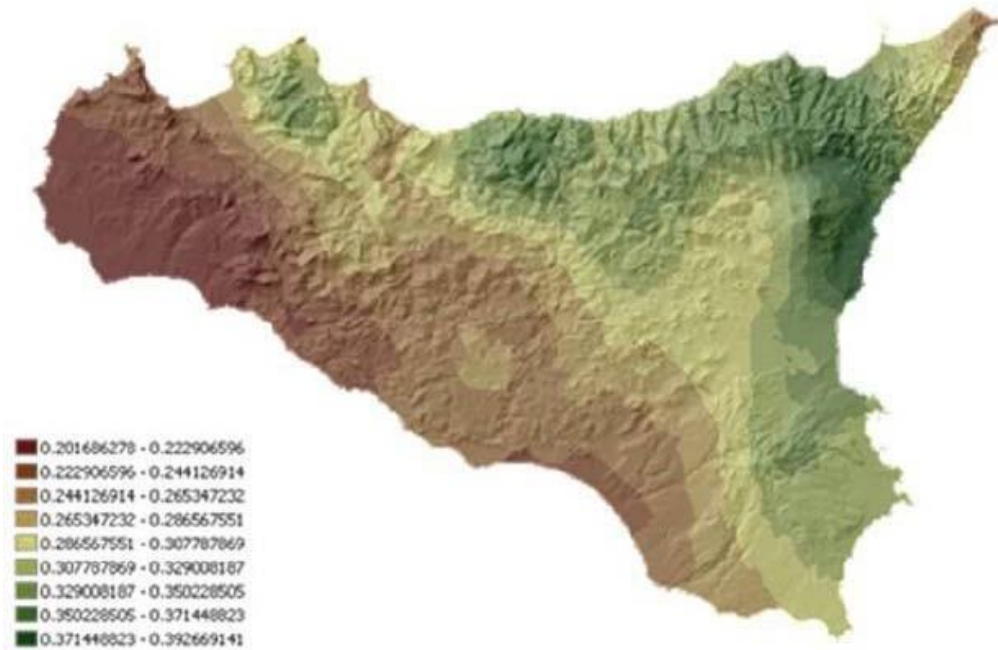


Figura 10b: Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse  $T = 100$  anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{t,T}$  e la legge di probabilità pluviometrica.

### **SUPERFICI DI INFLUENZA E CALCOLI**

- **CALCOLO DELLA C.P.P.**

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea  $Z_1$ : il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti  $a$  e  $b$ :

$$K_t = 0.4685 \ln(T) + 0.5117$$

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto ed individuata la stazione pluviometrica più vicina al sito in esame, è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

La stazione pluviometrica di riferimento è quella di Calatafimi. Per essa, come per le restanti stazioni pluviometriche siciliane, i valori di  $a$  ed  $n$  risultano tabellati. Per tale stazione sono individuati i seguenti valori:  $a = 29,96$  ed  $n = 0,244$ .

È quindi possibile individuare la curva di probabilità pluviometrica per i siti in esame, per i corrispondenti tempi di ritorno.

Tabella Valori di riferimento Stazione					
T	a	b	$K_T$	a	n
100	0,4485	0,5117	2,577119	29,96	0,244
200	0,4485	0,5117	2,887995	29,96	0,244
300	0,4485	0,5117	3,069846	29,96	0,244

Tabella 3a: Fattori di crescita Stazione

Tabella Valori di riferimento Campo Agro-fotovoltaico					
T	a	b	$K_T$	a	n
100	0,4485	0,5117	2,577119	29,96	0,244

Tabella 3b: Fattori di crescita impianto agro-fotovoltaico

- PIOGGE BREVI

È necessario inoltre osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze  $h_t$  aventi durate  $1 \div 2 \text{ ore} \leq t \leq 24$  non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi.

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata  $t$  inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia  $h_{t,T}$  con  $t$  minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia  $h_{60,T}$  di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno  $T$  è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata  $t$  espressa in minuti. Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente  $s$  è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996*).

$$h_{t,T}/h_{60,T} = (t/60)^{0,386}$$

- SUPERFICI DI INFLUENZA

Date le ridotte dimensioni dei bacini ( $S < 10 \text{ km}^2$ ), non verrà effettuato il ragguglio parziale delle precipitazioni ( $ARF=1$ ).

Il tracciamento dei bacini idrografici è stato effettuato facendo riferimento alla carta CTR 10.000. Considerata lo sviluppo planimetrico dell'asta principale, il calcolo delle portate è stato effettuato su 20 sottobacini.

## 5. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la formula razionale. La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\phi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

ove:

- $Q_T$  è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m<sup>3</sup>/s;
- $\phi$  è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- $i_T$  è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempodi corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in km<sup>2</sup>;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

- INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA

Dopo avere ricostruito le relazioni intensità-durata-frequenza (IDF, espresse dalla c.p.p.) è necessario individuare la *l'intensità critica* della precipitazione, cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di pienadi tempo di ritorno T.

La pioggia critica è quella di intensità pari al *tempo di corrivazione o di concentrazione*, definito come segue:

- il tempo di corrivazione di un bacino è quello necessario alla goccia di pioggia che cade nel puntoidraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che, una volta eguagliato dalla durata della precipitazione (precipitazione *critica*, ovvero che mette in crisi la rete idrografica), determina il raggiungimentodel valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino.



Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, e cioè per piccoli bacini aventi estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup>), il tempo di corrivazione è calcolato attraverso la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove  $t_c$  è espresso in minuti, L (lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque) è espressa in metri ed  $i$  è la pendenza media del percorso (m/m).

- IL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi- deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio, all'interno della formula razionale, è stato utilizzato il *metodo del coefficiente di afflusso*  $\Phi$ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

La stima del valore di  $\phi$ , relativamente a ciascuna superficie omogenea (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali*, 1990) come segue in tabella 4a.

Nello specifico, si sono utilizzati i seguenti valori del coefficiente di afflusso  $\phi$ :

$\phi = 0,6$  per l'intera area drenante appartenente allo strato superficiale argilloso nella relazione geologica allegata al progetto.

Ai fini del calcolo della portata di progetto, il coefficiente di afflusso è stato calcolato secondo la formula seguente:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i \cdot A_i}{A_{tot}}$$

dove  $\phi_i$  è il coefficiente di afflusso dell'area elementare  $A_i$  ed  $A_{tot}$  è la superficie complessiva del bacino. In questa maniera, il valore del coefficiente di afflusso per i bacini analizzati è dato dalla media pesata dei coefficienti di ciascuna area elementare in cui il bacino è divisibile.

Copertura del bacino	Pendenza dei versanti	Tipo di suolo		
		Terreni Leggeri	Terreni di medio impasto	Terreni compatti
Boschi	> 10%	0.13	0.18	0.25
	< 10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	> 10%	0.16	0.36	0.56
	< 10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	> 10%	0.40	0.60	0.70
	< 10%	0.52	0.72	0.82

**Tabella 4a : Valori del coefficiente  $\phi$  del metodo razionale per diversi tipi di superficie, in funzione della tipologia di suolo e della copertura del bacino (Benini, 1990 e Ferro, 2006).**

#### - IL CALCOLO DELLE PORTATE

Per ciascun bacino, i valori delle portate  $Q$  per il tempo di ritorno di interesse  $T$ , insieme agli altri parametri posti alla base del calcolo, sono riassunti nelle tabelle sottostanti.

Nello specifico, le grandezze caratteristiche poste a base dei calcoli, insieme alle rispettive U.M. sono:

- ID Bacino delle varie aree dell'impianto;
- Superficie del bacino drenante  $S$  (sia in  $m^2$  che in  $km^2$ );
- Lunghezza dell'asta principale  $L$  (in m);
- Quota massima dell'asta principale,  $H_{max}$  (m);
- Quota minima dell'asta principale,  $H_{min}$  (m);
- Dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta,  $\Delta h$  (m);
- Pendenza media del percorso  $i$  (%);
- Durata dell'evento pluviometrico critico, pari al tempo di corrivazione  $t_c$  (in minuti);
- Coefficiente di afflusso  $\phi$ ;
- Valore dell'intensità critica  $i_T$  (mm/h);
- Portata al colmo della piena,  $Q$ , (in  $m^3/s$ );

Le tabelle che seguono sono pertanto relative al calcolo della portata di progetto (relativa a ciascun bacino) causata da un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno  $T$ .

ID Bacino	Portate di progetto			
	Superficie $S$		Lunghezza asta principale $L$	Portata al colmo di piena $Q$
	ha	$m^2$	m	$m^3/s$
2	46.15	461492	778	10.75
3	45.92	459174	1129	8.35
4	225.72	2257190	1900	29.25

5	92.05	920539	1640	13.10
6	46.34	463374	1020	7.80
7	85.34	853423	1240	14.40
8	301.34	3013442	4000	24.60
9	222.23	2222266	1680	29.35
10	19.85	198464	350	4.85
11	20.41	204088	435	4.75
12	35.48	354838	1040	6.95
13	66.24	662380	1380	11.15
14	17.02	170178	830	2.75
15	56.56	565612	970	8.50
16	61.44	614352	485	16.75
17	116.85	1168495	1940	19.50
18	26.48	264796	733	5.70
19	85.49	854880	1590	15.60
20	579.80	5798013	2945	39.85

Tabella 4b: portate di progetto impianto agro-fotovoltaico TR 100

ID Bacino	Portate di progetto			
	Superficie S		Lunghezza asta principale L	Portata al colmo di piena Q
	ha	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup> /s
1 - STAZIONE - TR 100	850	8500000	4350	133.64
1 - STAZIONE - TR 200	850	8500000	4350	151.09
1 - STAZIONE - TR 300	850	8500000	4350	160.60

Tabella 4c: portate di progetto Stazione TR 100 - 200 - 300

Si riporta a seguire un estratto della tavola SP9EPD023\_00-S&P\_9-IMPIANTO-IT-BS-BACINI\_SCOLANTI – Planimetria con individuazione dei bacini scolanti con l’evidenza dei bacini oggetto di calcolo.

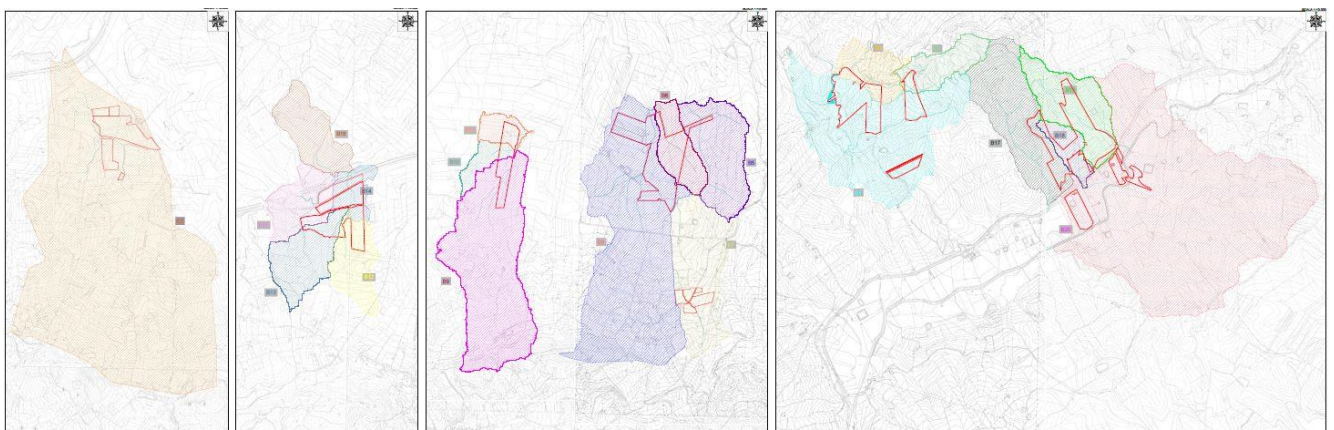


Figura 11: Indicazione Bacini Scolanti

## 6. VERIFICHE IDRAULICHE

Nei paragrafi a seguire verranno mostrate le fasi e le scelte progettuali delle verifiche e delle modellazioni idrauliche in moto permanente monodimensionale, quest'ultime effettuate per alcune aste del reticolo, per la definizione dei profili di corrente, durante il passaggio delle piene di progetto con tempi di ritorno 100, 200 e 300 anni in prossimità della stazione di trasformazione e tempi di ritorno 100 anni in prossimità dell'impianto agro-fotovoltaico.

### 6.1 Modello di calcolo utilizzato

La simulazione della propagazione dell'onda di piena lungo i tratti del bacino considerato, con conseguente ricostruzione delle aree di inondazione in prossimità dell'area di interesse, per dato tempo di ritorno, è stata effettuata in moto permanente monodimensionale con l'ausilio del software HEC-RAS sviluppato dall' "Hydrologic Engineering Center" dello US Army Corps of Engineers, inottemperanza alle procedure di "metodologia completa" dettate dal PAI.

Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti, non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione (ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale principale).

Per l'analisi del moto, HEC RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso), inoltre è necessario definire le condizioni al contorno a monte e a valle dei rami unitamente alle caratteristiche delle confluenze; il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

- altezza nota del pelo libero;
- passaggio per l'altezza critica;
- altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata), condizione utilizzate per le simulazioni qui esposte.
- scala delle portate.

Nello specifico il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (standard step method), in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai tempi di ritorno per i quali sono state calcolate le portate di piena nell'ambito dello studio idrologico.

Tali profili sono necessari per la successiva fase di perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica, al fine di valutare le mutate condizioni di pericolosità idraulica e conseguentemente il potenziale rischio idraulico.

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (qualsiasi variazione di sezione e/o la sua ostruzione). Ogni sezione, di un determinato ramo del corso d'acqua, è identificata univocamente da un numero positivo, crescente nel verso opposto a quello di scorrimento della corrente (quindi da valle verso monte).

In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni che in prima istanza possono essere pensate come la savanella centrale (main channel) e le due aree golenali adiacenti (left overbank e right overbank). Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse, ma con pari energia totale.

Una volta completato l'input geometrico dei dati, che è stato qui condotto mediante RAS MAPPER, occorre fornire i valori di portata da inputare nelle sezioni. Nei casi di moto permanente il valore della portata  $Q$  è costante nel tempo, e sarà possibile fornire un valore di  $Q$  per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che hanno un cambiamento di portata. Nei casi di moto vario è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato.

I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, quali ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto.

Ovviamente le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione. Si attingerà a tutte queste modalità di restituzione dei risultati nel prosieguo.

I tempi di ritorno adottati nelle verifiche sono i seguenti:

- 100, 200 e 300 anni per la verifica dei corsi idraulici in prossimità della stazione di trasformazione;
- 100 anni per la verifica dei fossi minori in prossimità del campo agro-fotovoltaico.

## 6.2 Modello Digitale del Terreno

Nello sviluppo della geometria è fondamentale definire il modello del terreno su cui simulare l'evento di allagamento dovuto al sormonto arginale.

Nel caso in esame si è utilizzato il DTM relativo alla base cartografica CTR n° 606150, 606160, 607130, 607140 che nello specifico ha una risoluzione 2m x 2m, messo a disposizione dal geoportale della Regione Sicilia e opportunamente rielaborato con i software GIS. Da tale file sono state estrapolate le superfici del reticolo idrografico e importate sul software HEC RAS.

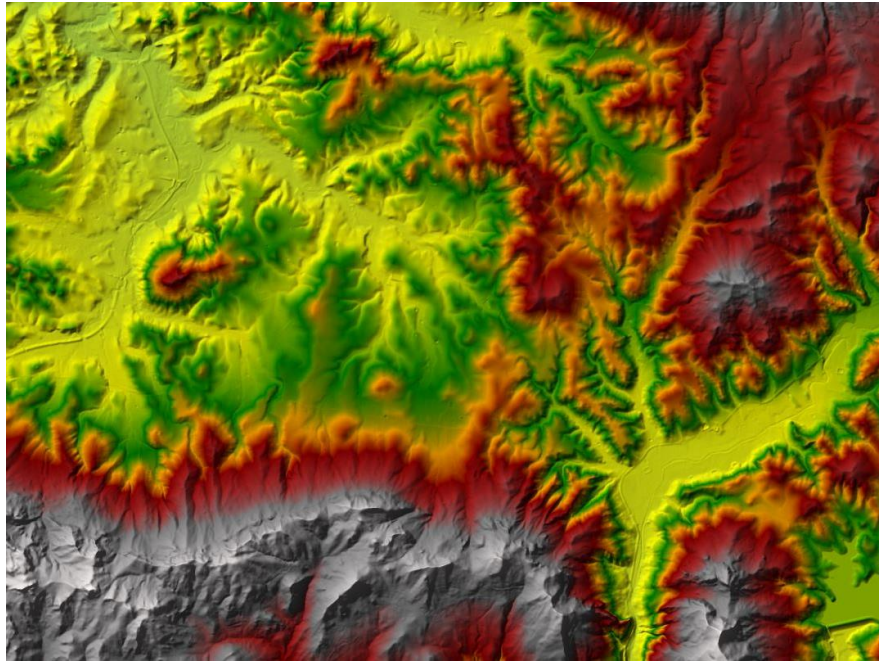


Figura 12 - Modello digitale del terreno (2m x 2m)

## 6.3 Impostazioni di calcolo

I primi dati da inserire nel modello utilizzato sono: l'andamento planimetrico del corso d'acqua e le sezioni trasversali più significative. La scelta di queste ultime è basata sulla necessità di suddividere l'asta in tratti omogenei per caratteristiche idrauliche. Le sezioni inserite nel modello idraulico sono state opportunamente scelte per rappresentare convenientemente l'alveo e le sue variazioni lungo l'ascissa curvilinea.

L'operazione di "input" nella configurazione è consistita nell'inserimento delle sezioni trasversali e dei parametri di scabrezza. Per ciascuna sezione è stato assegnato un valore di scabrezza che tiene conto anche delle previste operazioni di manutenzione ordinaria di pulizia dell'alveo da eseguirsi annualmente, per tale motivo considerando inoltre che nella configurazione di progetto la piena risulta essere sempre contenuta nella parte incisa dell'alveo, si è adottato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.035. La morfologia dell'alveo, luogo deputato alla propagazione stessa, è stata desunta, come già accennato sopra, dal DEM a 2 m x 2 m della Regione Sicilia.

HEC-RAS permette di inserire 4 tipologie di condizioni al contorno:

- Stage Hydrograph;
- Flow Hydrograph;
- Rating Curve;
- Normal Depth.

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. I calcoli idraulici sono stati effettuati per valori di portata corrispondenti rispettivamente ai tempi di ritorno di 100, 200, 300 anni per la stazione di trasformazione e 100 anni per l'impianto fotovoltaico.

### 6.4 Risultati della modellazione idraulica

Di seguito sono riportati i risultati della simulazione per i diversi tempi di ritorno considerati. Le principali grandezze idrauliche relative ad ogni sezione, così come calcolate dal modello, sono invece inserite in forma tabellare.

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
1	9.9	TR 100	90.35	179.50	181.54	181.54	182.41	0.003900	4.12	21.94	12.82	1.01
1	9.9	TR 200	102.15	179.50	181.70	181.70	182.63	0.003853	4.26	23.96	13.07	1.01
1	9.9	TR 300	108.58	179.50	181.78	181.78	182.74	0.003830	4.34	25.04	13.20	1.01
1	9.8	TR 100	90.35	176.83	178.94	178.94	179.81	0.003915	4.14	21.83	12.58	1.00
1	9.8	TR 200	102.15	176.83	179.10	179.10	180.03	0.003855	4.28	23.86	12.80	1.00
1	9.8	TR 300	108.58	176.83	179.19	179.19	180.15	0.003799	4.34	25.01	12.93	1.00
1	9.7	TR 100	90.35	170.89	173.00	173.00	173.87	0.003867	4.12	21.92	12.59	1.00
1	9.7	TR 200	102.15	170.89	173.16	173.16	174.09	0.003846	4.28	23.88	12.81	1.00
1	9.7	TR 300	108.58	170.89	173.24	173.24	174.21	0.003811	4.35	24.98	12.92	1.00
1	9.6	TR 100	90.35	168.33	172.20		172.40	0.000467	1.97	45.76	14.83	0.36
1	9.6	TR 200	102.15	168.33	172.70		172.89	0.000388	1.91	53.43	15.50	0.33
1	9.6	TR 300	108.58	168.33	170.69	170.69	171.66	0.003854	4.37	24.85	12.81	1.00
1	9.5	TR 100	90.35	166.88	172.29	168.98	172.37	0.000126	1.22	74.19	18.52	0.19
1	9.5	TR 200	102.15	166.88	172.79	169.14	172.86	0.000116	1.22	83.58	19.35	0.19
1	9.5	TR 300	108.58	166.88	170.88	169.22	171.12	0.000547	2.18	49.77	16.17	0.40
2	8.9	TR 100	37.16	178.09	179.35	179.35	179.87	0.004352	3.18	11.67	11.43	1.01
2	8.9	TR 200	42.01	178.09	179.44	179.44	180.00	0.004285	3.31	12.71	11.56	1.01
2	8.9	TR 300	44.65	178.09	179.49	179.49	180.07	0.004245	3.37	13.27	11.63	1.01
2	8.8	TR 100	37.16	171.02	173.65	172.28	173.73	0.000299	1.29	28.70	13.40	0.28
2	8.8	TR 200	42.01	171.02	173.00	172.37	173.22	0.001051	2.07	20.30	12.46	0.52
2	8.8	TR 300	44.65	171.02	174.33	172.42	174.40	0.000191	1.17	38.22	14.38	0.23
2	8.7	TR 100	37.16	170.78	172.14	172.04	172.58	0.003301	2.92	12.71	11.27	0.88
2	8.7	TR 200	42.01	170.78	172.87		173.07	0.000905	1.98	21.22	12.07	0.48
2	8.7	TR 300	44.65	170.78	172.18	172.18	172.77	0.004307	3.40	13.14	11.32	1.01
2	8.6	TR 100	37.16	167.78	172.54		172.56	0.000037	0.61	60.58	16.51	0.10
2	8.6	TR 200	42.01	167.78	173.04		173.06	0.000033	0.61	68.99	17.23	0.10
2	8.6	TR 300	44.65	167.78	171.75		171.79	0.000101	0.93	47.95	15.36	0.17
2	8.5	TR 100	37.16	164.72	172.55	165.98	172.56	0.000006	0.31	118.26	20.86	0.04
2	8.5	TR 200	42.01	164.72	173.05	166.08	173.06	0.000006	0.33	128.81	21.50	0.04
2	8.5	TR 300	44.65	164.72	171.78	166.13	171.79	0.000013	0.44	102.50	19.83	0.06
3	3.5	TR 100	133.64	165.78	168.41	168.41	169.45	0.003654	4.51	29.61	14.26	1.00
3	3.5	TR 200	151.09	165.78	168.60	168.60	169.72	0.003650	4.68	32.27	14.60	1.01
3	3.5	TR 300	160.60	165.78	169.80	168.70	170.30	0.001127	3.14	51.16	16.82	0.57
3	3.4	TR 100	133.64	163.88	166.52	166.52	167.58	0.003718	4.57	29.24	13.77	1.00
3	3.4	TR 200	151.09	163.88	166.71	166.71	167.85	0.003680	4.73	31.96	14.08	1.00
3	3.4	TR 300	160.60	163.88	166.82	166.82	167.99	0.003662	4.81	33.42	14.25	1.00

Realizzazione impianto agro-fotovoltaico “S&P 9” Potenza 110.271 kWp – 100.000,00 kW

3	3.3	TR 100	133.64	162.17	165.69	164.82	166.21	0.001337	3.19	41.89	15.17	0.61
3	3.3	TR 200	151.09	162.17	165.75	165.01	166.39	0.001612	3.53	42.76	15.26	0.67
3	3.3	TR 300	160.60	162.17	165.81	165.11	166.50	0.001717	3.68	43.67	15.35	0.70
3	3.2	TR 100	133.64	160.55	163.19	163.19	164.26	0.003719	4.57	29.23	13.77	1.00
3	3.2	TR 200	151.09	160.55	163.39	163.39	164.53	0.003681	4.73	31.96	14.08	1.00
3	3.2	TR 300	160.60	160.55	163.49	163.49	164.67	0.003663	4.81	33.41	14.25	1.00
3	3.1	TR 100	133.64	159.61	162.20	162.20	163.27	0.003730	4.58	29.18	13.79	1.01
3	3.1	TR 200	151.09	159.61	162.40	162.40	163.54	0.003688	4.73	31.92	14.10	1.00
3	3.1	TR 300	160.60	159.61	162.50	162.50	163.68	0.003652	4.80	33.42	14.27	1.00

Tabella 6 – Dati idraulici e geometrici sulle sezioni della Stazione di trasformazione

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
B9-aff2	20	TR100	38.00	209.74	210.81	211.09	211.68	0.022178	4.39	10.56	25.16	1.52
B9-aff2	13	TR100	38.00	206.21	207.22	207.51	208.10	0.024291	4.28	10.31	30.36	1.57
B5	3656	TR100	13.00	223.77	224.54	224.73	225.09	0.023215	3.29	4.05	9.38	1.44
B5	3013	TR100	13.00	210.66	211.50	211.72	212.02	0.022279	3.20	4.06	7.57	1.39
B5	2454	TR100	13.00	202.65	203.45	203.64	204.02	0.026532	3.35	3.88	7.77	1.51
B8-aff2	12076	TR100	25.00	213.72	214.92	214.93	215.32	0.010053	2.79	8.97	11.41	1.00
B8-aff2	11080	TR100	25.00	206.09	206.96	207.52	208.80	0.068503	6.01	4.16	6.90	2.47
B8-aff1	11772	TR100	25.00	210.86	212.30	212.41	212.85	0.018071	3.27	7.67	13.07	1.29
B8-aff1	1828	TR100	25.00	204.63	205.92	206.21	206.72	0.026723	3.95	6.36	10.81	1.57
B8-aff3	1829	TR100	25.00	202.86	204.48	204.56	204.85	0.006257	2.80	10.98	24.61	0.80
B8-aff3	1828.5	TR100	25.00	201.72	202.70	203.28	204.30	0.058745	5.60	4.46	7.40	2.31
B8	11333	TR100	25.00	210.79	212.11	212.48	212.81	0.016209	3.69	6.77	7.65	1.25
B8	10859	TR100	25.00	208.35	209.87	210.09	210.46	0.012631	3.41	7.33	7.70	1.12
B8	1828	TR100	25.00	202.80	204.07	204.69	205.77	0.046087	5.77	4.34	5.09	2.00
B5-aff1	4574.96	TR100	13.00	213.61	214.43	214.49	214.79	0.012402	2.67	5.05	10.36	1.08
B5-aff1	4496	TR100	13.00	204.30	204.82	205.33	207.60	0.218372	7.40	1.78	5.80	4.09
B11	10	TR100	5.00	207.98	208.35	208.55	209.00	0.070476	3.60	1.39	5.27	2.24
B11	1	TR100	5.00	204.38	204.89	205.12	205.56	0.065660	3.62	1.38	4.90	2.18
B11-bis	20	TR100	5.00	208.24	208.77	209.10	209.94	0.085727	4.78	1.05	2.79	2.45
B11-bis	18	TR100	5.00	204.27	204.94	205.28	206.08	0.085476	4.72	1.06	2.79	2.45
B9	41	TR100	30.00	221.01	222.00	222.26	222.77	0.025102	3.91	8.04	17.13	1.55
B9	33	TR100	30.00	217.75	218.92	219.15	219.64	0.019153	3.96	9.19	24.47	1.39
B9	23	TR100	30.00	211.78	212.73	213.16	213.92	0.035164	4.82	6.29	10.03	1.84
B9-aff1	60	TR100	30.00	220.55	221.53	221.81	222.28	0.022162	3.85	7.97	14.47	1.47
B9-aff1	54	TR100	30.00	217.11	218.27	218.61	219.25	0.023427	4.44	7.46	19.44	1.55
B9-aff1	32	TR100	30.00	214.37	215.66	215.92	216.40	0.015848	3.95	8.29	12.23	1.29
B9-aff1	3	TR100	30.00	210.87	212.14	212.54	213.34	0.026516	4.99	6.79	13.14	1.65
B9-bis	27	TR100	30.00	208.97	210.10	210.43	211.18	0.052590	4.60	6.52	14.23	2.12
B9-bis	16	TR100	30.00	206.42	207.62	207.78	208.07	0.016353	3.00	10.41	24.68	1.24
B10	40	TR100	5.00	208.40	208.99	209.17	209.56	0.039231	3.35	1.49	3.81	1.71
B10	18	TR100	5.00	205.13	205.50	205.63	205.93	0.038814	2.90	1.72	5.73	1.69
B10	2	TR100	5.00	199.80	200.33	200.52	200.95	0.046155	3.50	1.43	3.97	1.86
B9-ter	29	TR100	30.00	202.90	203.92	204.22	204.69	0.022257	3.99	8.20	16.92	1.49
B9-ter	11	TR100	30.00	199.91	201.06	201.37	201.92	0.019915	4.18	7.72	14.13	1.43
B12	70	TR100	7.00	191.16	192.03	192.28	192.81	0.035142	4.05	1.97	6.13	1.68
B12	61	TR100	7.00	181.73	182.16	182.49	183.57	0.128784	5.25	1.33	4.45	3.06
B12	52	TR100	7.00	178.00	178.83	178.85	179.13	0.013120	2.44	2.88	5.52	1.06
B12	33	TR100	7.00	175.47	176.18	176.38	176.59	0.021242	2.84	2.46	5.23	1.32
B13	97	TR100	11.00	197.93	198.68	198.87	199.30	0.026963	3.48	3.16	5.98	1.52
B13	84	TR100	11.00	192.83	193.61	193.83	194.30	0.031942	3.67	3.00	5.91	1.65
B13	71	TR100	11.00	189.76	190.63	190.85	191.17	0.021361	3.25	3.39	5.98	1.36
B13	64	TR100	11.00	184.23	184.86	185.20	185.68	0.043971	4.01	2.74	6.03	1.90
B13	55	TR100	11.00	180.88	182.08	182.36	182.77	0.020730	3.72	3.09	5.37	1.35
B13	36	TR100	11.00	177.15	178.13	178.36	178.86	0.027117	3.80	2.90	4.65	1.51
B13	17	TR100	11.00	175.62	176.57	176.57	176.91	0.011345	2.56	4.29	6.53	1.01
B15	37	TR100	8.50	187.44	188.25	188.62	189.32	0.049474	4.60	1.86	3.72	1.95
B15	21	TR100	8.50	178.58	179.20	179.55	180.38	0.079181	4.80	1.77	4.63	2.47
B15	2	TR100	8.50	172.97	173.81	174.01	174.28	0.024766	3.05	2.78	6.00	1.43
B15-bis	10	TR100	8.50	172.09	173.53	173.12	173.64	0.002078	1.50	6.39	10.38	0.46
B15-bis	1	TR100	8.50	171.84	172.56	172.56	172.85	0.011757	2.41	3.53	6.05	1.01
B15-ter	36	TR100	8.50	168.86	170.50	169.80	170.55	0.000781	1.08	8.68	8.78	0.30
B15-ter	31	TR100	8.50	168.82	170.30		170.39	0.001772	1.34	6.56	7.20	0.42
B15-ter	28	TR100	8.50	168.54	169.40	169.40	169.68	0.011634	2.34	3.63	6.59	1.01
B16	32	TR100	17.00	177.42	178.25	178.51	178.96	0.028144	3.72	4.57	9.03	1.57
B16	14	TR100	17.00	172.35	172.98	173.22	173.77	0.034689	3.93	4.33	8.23	1.73
B14	30	TR100	3.00	172.66	172.77	173.03	175.39	1.104516	7.16	0.42	4.51	7.50
B14	25	TR100	3.00	171.38	171.88	171.89	172.05	0.013579	1.81	1.66	5.09	1.01
B14	12	TR100	3.00	168.87	169.35	169.41	169.62	0.020360	2.30	1.30	3.58	1.22
B14	3	TR100	3.00	167.94	168.54	168.50	168.69	0.010430	1.75	1.71	4.43	0.90
B15-fin	20	TR100	8.50	166.47	167.31	167.66	168.42	0.058329	4.70	1.86	5.09	2.16
B15-fin	1	TR100	8.50	165.26	166.71	166.34	166.84	0.002559	1.65	5.74	9.51	0.50
B8-aff4	986	TR100	10.00	192.09	193.00	193.19	193.55	0.023055	3.29	3.04	5.43	1.40
B8-aff4	245	TR100	10.00	190.96	191.78	192.01	192.52	0.033705	3.82	2.62	4.91	1.67
B8-aff5	90	TR100	10.00	193.08	193.89	194.11	194.51	0.028135	3.49	2.87	5.42	1.53
B8-aff5	79	TR100	10.00	191.15	191.86	192.26	193.04	0.069341	4.81	2.08	4.85	2.34
B17	3650	TR100	19.50	271.17	272.14	272.53	273.49	0.038561	5.17	3.82	5.59	1.91
B17	3649	TR100	19.50	263.20	264.23	264.94	267.83	0.124763	8.47	2.42	4.93	3.08
B17	3648	TR100	19.50	257.08	258.02	258.53	259.87	0.064264	6.05	3.34	7.16	2.40
B17-aff1	3647	TR100	19.50	291.78	292.47	293.04	295.58	0.187935	7.81	2.50	6.09	3.90
B17-aff1	3646.9	TR100	19.50	266.69	267.48	268.07	271.08	0.179326	8.40	2.32	4.71	3.82
B17-bis	3647	TR100	19.50	251.55	252.58	253.34	257.73	0.197993	10.35	2.09	4.83	3.86
B17-bis	3646.9	TR100	19.50	243.59	244.78	245.35	246.79	0.064287	6.35	3.19	5.49	2.40
B17-bis	3643	TR100	19.50	236.15	237.00	237.56	239.21	0.086662	6.59	2.98	5.35	2.70





B3	8098	TR100	9.00	237.37	238.06	238.41	239.31	0.081433	4.96	1.82	4.56	2.51
B3	7611	TR100	9.00	228.45	229.03	229.30	229.90	0.049802	4.11	2.19	5.03	1.99
B3	6675	TR100	9.00	208.15	208.59	208.93	209.90	0.105183	5.08	1.77	5.30	2.81
B3_aff1	6487	TR100	9.00	207.98	208.59	208.62	208.88	0.014256	2.38	3.78	7.92	1.10
B3_aff1	6485	TR100	9.00	205.44	206.11	206.19	206.47	0.019824	2.68	3.35	7.58	1.29
B3_aff1	6479	TR100	9.00	203.73	204.27	204.27	204.48	0.012357	1.99	4.53	11.44	1.01
B3-bis	6075	TR100	9.00	200.89	201.45	201.55	201.83	0.023126	2.73	3.30	8.17	1.37
B3-bis	5521	TR100	9.00	198.86	199.30	199.30	199.47	0.012905	1.83	4.92	14.63	1.01
B3-aff2	5155	TR100	9.00	201.15	201.91	201.96	202.21	0.015701	2.45	3.67	7.97	1.16
B3-aff2	515	TR100	9.00	198.37	198.91	198.93	199.12	0.015079	2.02	4.45	12.77	1.09
B4	4886	TR100	30.00	195.99	197.14	197.32	197.84	0.018848	3.70	8.11	10.79	1.36
B4	4391	TR100	30.00	194.13	195.14	195.18	195.53	0.011762	2.76	10.86	16.07	1.07
B4-aff1	3961	TR100	30.00	216.71	217.44	217.83	218.71	0.058488	4.99	6.02	12.23	2.27
B4-aff1	3938	TR100	30.00	202.31	203.19	203.76	205.22	0.075145	6.31	4.75	7.98	2.61
B4-aff1	3915	TR100	30.00	195.11	195.98	196.35	197.22	0.053455	4.94	6.08	11.71	2.19
B4-bis	3300	TR100	30.00	189.89	190.46	190.91	192.35	0.130962	6.10	4.92	13.62	3.24
B4-bis	3013	TR100	30.00	188.97	189.93	189.93	190.23	0.010884	2.41	12.43	21.35	1.01
B4-bis	2131	TR100	30.00	186.02	186.67	186.70	186.95	0.013666	2.34	12.84	27.82	1.09
B4-bis	1409	TR100	30.00	183.08	184.10	184.17	184.41	0.009875	2.69	13.68	31.47	0.99
B4-aff2	10095	TR100	30.00	282.70	283.99	284.61	286.11	0.072544	6.44	4.66	7.19	2.55
B4-aff2	8910	TR100	30.00	250.57	251.46	252.22	257.40	0.247723	10.79	2.78	4.91	4.58
B4-aff2	8842	TR100	30.00	235.32	236.44	237.11	238.72	0.064998	6.70	4.48	5.74	2.42
B4-aff2	8381	TR100	30.00	225.08	226.27	226.96	228.48	0.064824	6.59	4.55	6.08	2.43
B4-aff2	8314	TR100	30.00	216.32	217.57	218.17	219.07	0.038093	5.42	5.54	6.65	1.90
B4-aff2	1394	TR100	30.00	204.53	205.60	206.29	208.12	0.082728	7.03	4.27	6.23	2.71
B4-aff2	1369	TR100	30.00	195.18	196.05	196.39	197.12	0.035638	4.58	6.54	10.26	1.83
B4-aff2	1283	TR100	30.00	187.74	188.53	188.86	189.48	0.045721	4.31	6.96	14.67	2.00
B4-fin	824	TR100	30.00	181.39	182.14	182.43	183.07	0.045353	4.28	7.12	16.81	1.99
B4-fin	387	TR100	30.00	179.93	180.87	180.87	181.09	0.006462	2.29	16.44	35.32	0.82

Tabella 7 – Dati idraulici e geometrici sulle sezioni dell'impianto agro-fotovoltaico

L'output del modello della stazione di trasformazione è di tipo grafico e riporta le aree di inondazione in seguito ad evento di piena con tempo di ritorno fissato pari a T=300 anni (Figura 13 e Figura 14). Mentre per il campo agro-fotovoltaico riporta le aree di inondazione in seguito ad evento di piena con tempo di ritorno fissato pari a T=100 anni (Figure 15a, 15b, 15c).

Nella figura 14 si riporta un dettaglio di zona di inondazione di un affluente interno al campo agro-fotovoltaico e il distanziamento di 10 metri dalla superficie di allagamento.



Figura 13- Individuazione in macroscala delle zone di inondazione *stazione di trasformazione*

Nella figura seguente si individua l'area oggetto di studio all'interno del bacino considerato.



Figura 14 - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di interesse - Stazione

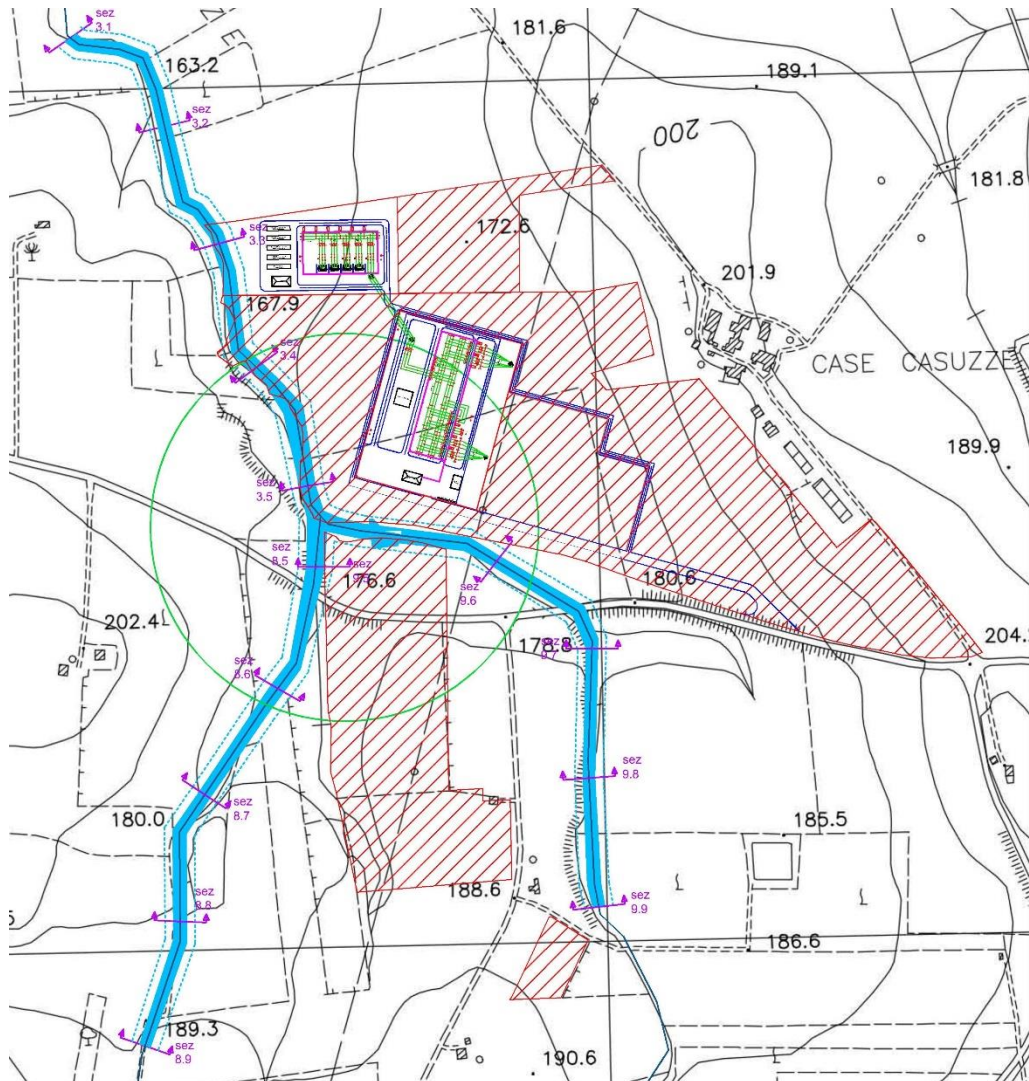


Figura 14 a - Individuazione e dettaglio di inondazione con sovrapposizione dell'area di interesse - Stazione Rete - Utente

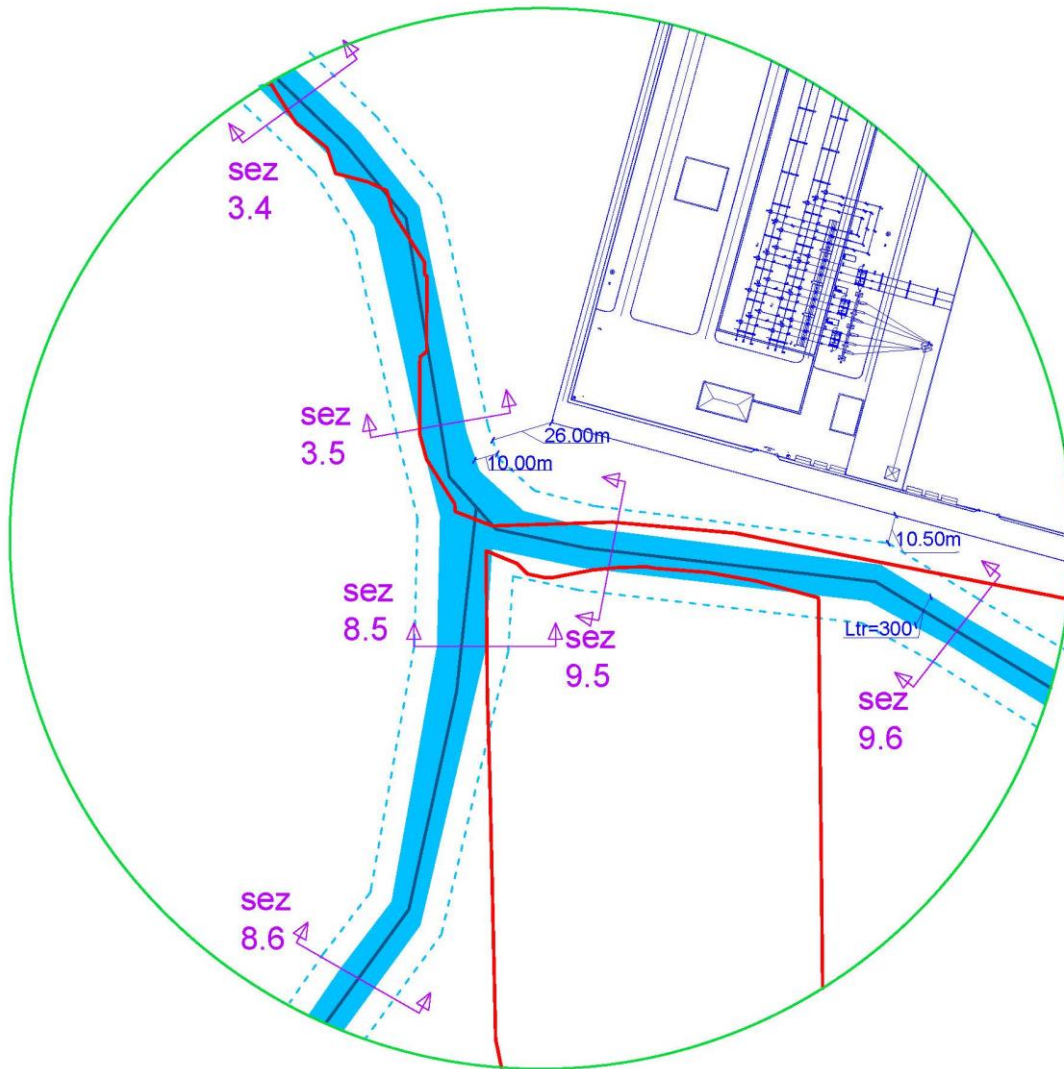


Figura 14 b - Dettaglio zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di interesse - Stazione Rete - Utente

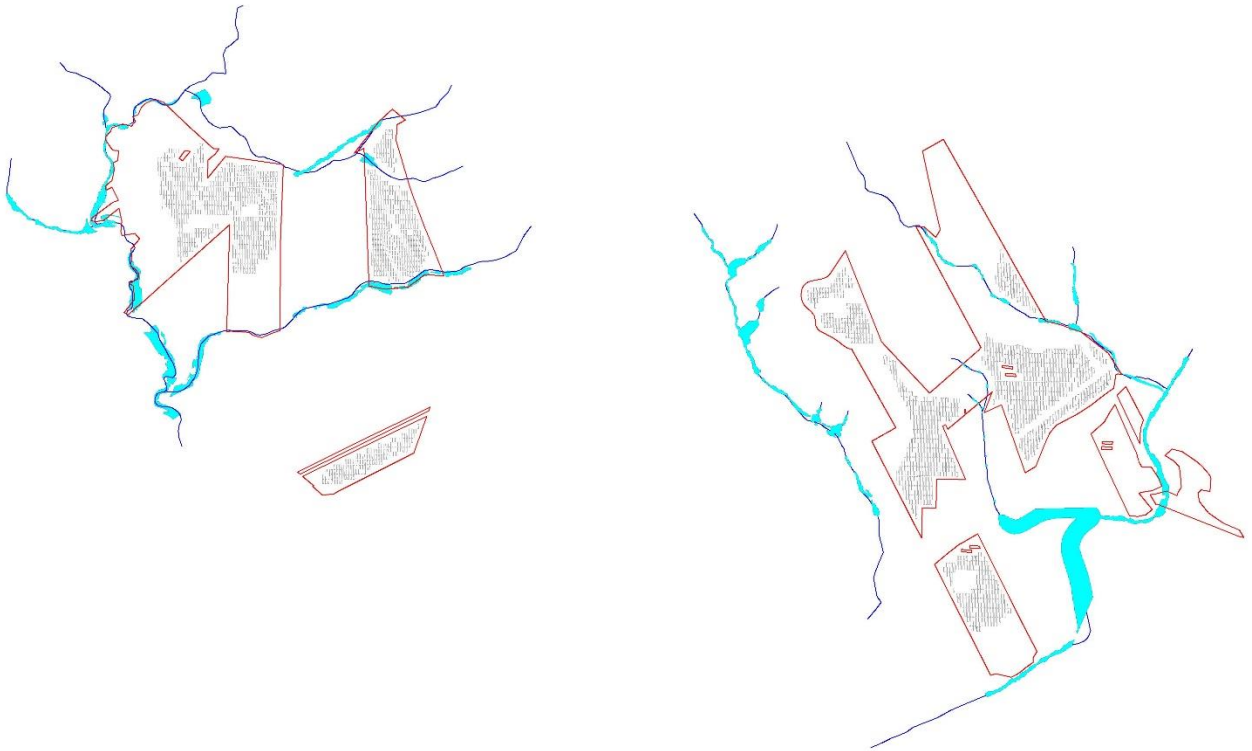


Figura 15 a - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione delle aree di impianto site nelle contrade Parrino e Torretta

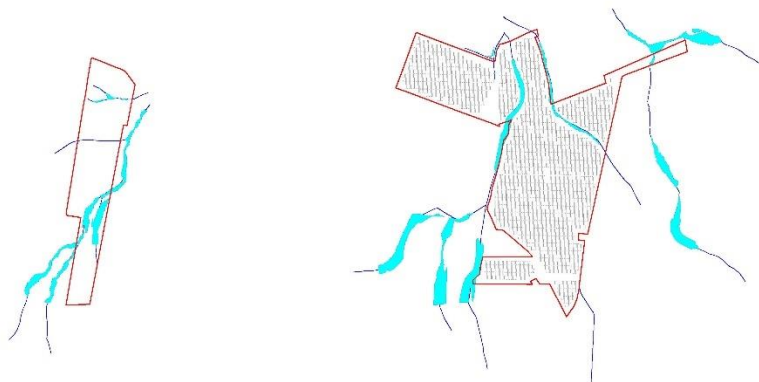


Figura 15 b - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione delle aree di impianto sita in contrada Spizzeca



Figura 15 c - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di impianto sita in contrada Magione

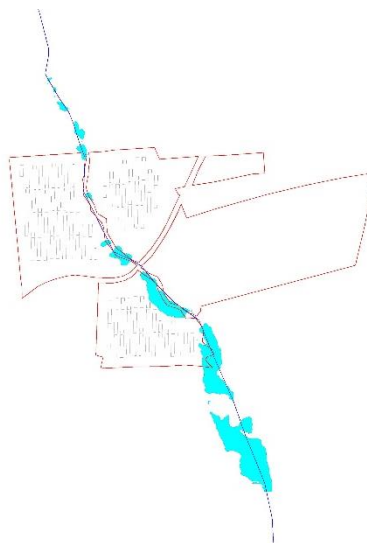


Figura 15 d - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione delle aree di impianto sita in contrada Abita di Sopra

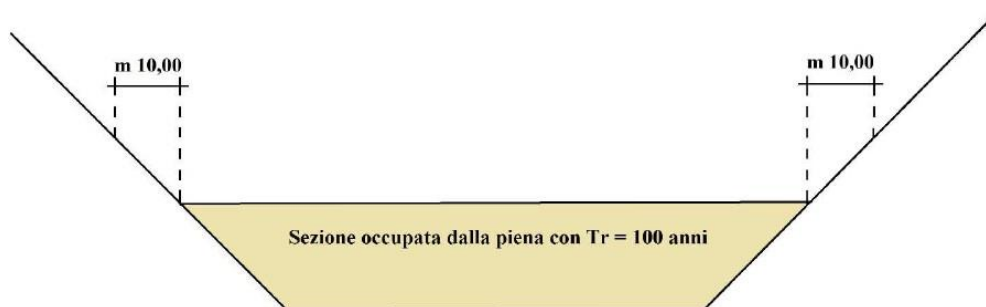


Figura 16 - Particolare sezione idraulica - DSG 189/2020

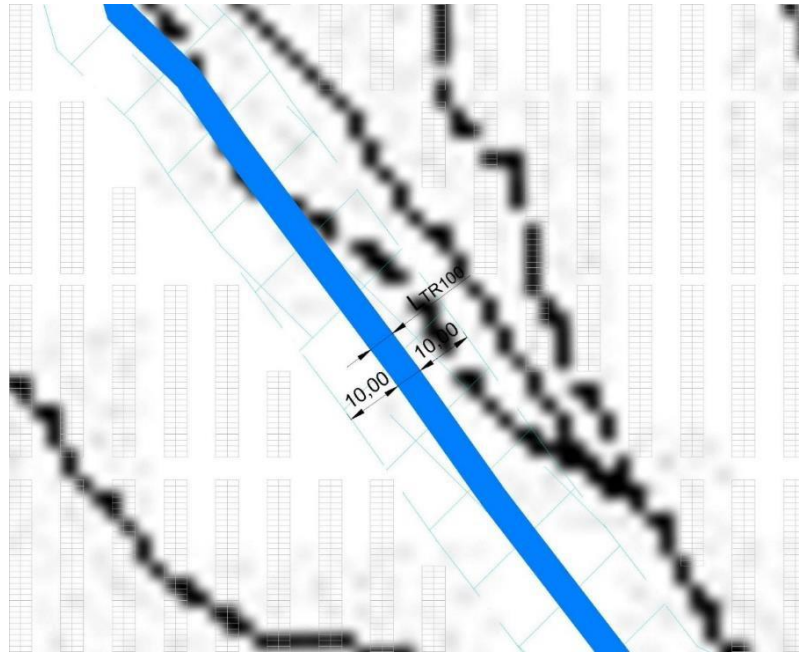


Figura 17 - Particolare zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di interesse – Impianto fotovoltaico

Dai risultati si evince che gli impianti fotovoltaici in progetto saranno realizzati in aree non ricadenti con le zone di inondazione così calcolate e comunque distanziati almeno 10 m della superficie di allagamento, in modo tale da assicurare la distanza di rispetto dai canali fluviali.



## 7. CONCLUSIONI - COMPATIBILITA' IDRAULICA

Alla luce delle verifiche effettuate ed in seguito al calcolo idrologico e alla simulazione idraulica, è possibile concludere che gli affluenti non comportano situazioni di rischio per le opere in progetto. È possibile concludere inoltre che:

- le opere in progetto, secondo le Norme del PAI, rientrano fra quelle consentite, data la valutazione di rischio nullo ad esse associato e dall'analisi degli effetti indotti sulle aree limitrofe;
- l'impatto delle opere da realizzare sull'attuale assetto idraulico nelle zone limitrofe a monte e a valle non determina una variazione delle attuali nulle condizioni del rischio d'inondazione;
- Le aree di inondazione, in seguito ad evento di piena corrispondente ai tempi di ritorno considerati, non rientrano all'interno dell'area oggetto di studio, non si sovrappongono con l'area destinata all'ubicazione della stazione di trasformazione e dell'impianto agro-fotovoltaico.

Si vuole infine portare l'attenzione sulla condizione relativa allo stato di manutenzione dell'alveo. Al fine di garantire l'efficienza idraulica, così come viene modellata in questa sede, nella fase di esercizio, oltre alla manutenzione dell'impianto, si effettueranno interventi periodici sul terreno al fine di evitare lo sviluppo incontrollato di alte erbe e arbusti.

## 8. ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Obiettivo del presente studio è anche quello di individuare la migliore modalità per la realizzazione dei caviodotti, evidenziati nei punti indicati nella Tav. SP9REL005 (in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico).

Al fine di evitare la realizzazione di opere che possano alterare la sicurezza idraulica post-operam, tutti gli attraversamenti verranno realizzati con la tecnica del *no dig*.

Nel dettaglio, in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico prima indicate, l'attraversamento avverrà ad una profondità maggiore di 3,00 m dal punto depresso del terreno in prossimità del reticolo idrografico. Valore ottenuto a seguito del calcolo dell'erosione effettuato prendendo in considerazione il reticolo idrografico con le portate più significative.

A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della NO-DIG (Figura 18).

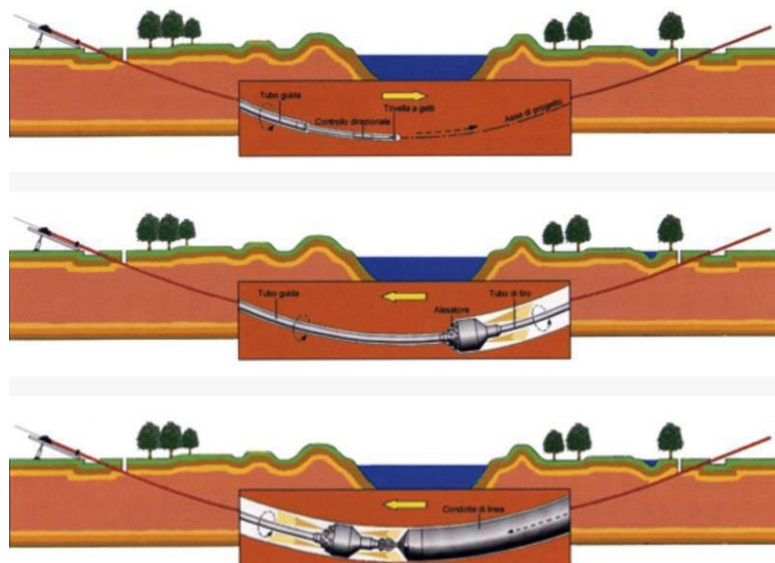


Figura 18 - Operazioni di scavo direzionali con NO-DIG

### 8.1 Calcolo erosione

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento dell'alveo.

Il calcolo dell'erosione è stato eseguito per i seguenti reticoli per i quali si hanno le portate più significative:

CODICE	tipologia alveo	parte opera che interferisce
Interferenza 7	Canale rinvenuto da carta CTR scala 1:10000	cavidotto esterno interrato

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione ( $H_{\text{dilatamento}}$ ) come differenza tra il tirante d'acqua  $h$  antecedente alla erosione e il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto:

$$H_{\text{dilatamento}} = h_e - h$$

dove:

$h_e$ : tirante successivo all'erosione (calcolato con le formule empiriche di Blench)

$h$ : tirante antecedente all'erosione.

Il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto si ricava da formule del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dall'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{per sabbia e limo} \quad \text{con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$$

$$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \quad \text{per sabbia e ghiaia} \quad \text{con } 0.002 < d_{50} \text{ (m)}$$

Per il calcolo di "q" si utilizza il tirante e velocità forniti dal modello idraulico lungo le sezioni stesse. Si valuta a seguire il fenomeno per l'interferenza 1.

Si è assunto, in maniera cautelativa, che detti valori massimi, misurati in corrispondenza delle sezioni di attraversamento prossime all'interferenza, possano definire le suddette portate per unità di larghezza del canale q se li si considera rappresentativi per tutta la sezione stessa, fissando, in questo modo, una sezione rettangolare per gli alvei. Questa posizione è, di fatto, ampiamente cautelativa in quanto in una sezione mistilinea i valori di tirante e velocità variano dai valori massimi adottati fino a quelli molto più modesti che si ritrovano lungo i bordi delle aree allagabili.

Erosione Interferenza 7:

Tirante: h =

0,76m Velocità

=2,18 m/sec

$d_{50}=0,002$  (sabbie e limi)

Portata unitaria q = 1,66

$m^2/sec h_e = 1,49$  m

$H_{\text{dilatamento}} = 1,49 - 0,76 = 0,73$  m

Per quanto appena esposto il cavidotto interrato MT in corrispondenza degli attraversamenti verrà realizzato con tecnica NO-DIG; per tali tratti la profondità di posa di 3,00 m il cavidotto non potrà essere interessato da fenomeni erosivi.

## 9. INVARIANZA IDRAULICA

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate, o comunque interessate da un progetto ove sia prevista una modifica alla permeabilità del suolo, nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione o alle opere di che trattasi.

In base a tale principio si richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla

capacità di un bacino di regolare le piene. In altre parole e in maniera più sintetica questo principio è volto a mantenere le condizioni di naturalità del bacino idrografico. Sia ben inteso che le condizioni di riferimento sono le portate naturali al picco che attraversano una sezione di chiusura di un bacino per assegnato tempo di ritorno.

Lo scopo del presente capitolo è quello di verificare che gli interventi di trasformazione territoriale, per tramite della realizzazione di opportune misure di compensazione opportunamente dimensionate, non alterino la risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento.

### 9.1 Studio Invarianza Idraulica- Stazione di trasformazione

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso delle aree trasformate.

Per queste trasformazioni dell'uso del suolo che provocano una variazione di permeabilità superficiale si prevedono misure compensative volte a mantenere costanti le portate di assegnato tempo di ritorno secondo il principio dell'invarianza idraulica.

Giova, ai fini dei calcoli idrologici di seguito illustrati, distinguere una situazione ex ante (cioè prima della realizzazione delle opere) ed ex post (cioè dopo la realizzazione delle opere). Le due situazioni individuano in ogni punto del bacino in esame un diverso coefficiente di afflusso, prima e dopo la realizzazione delle opere.

Attualmente l'area di intervento non risulta edificata e/o pavimentata e quindi il coefficiente di afflusso è ricavabile dall'uso del suolo e dalle caratteristiche dei terreni.

Le opere di progetto interessano una parte del bacino idrografico su cui insiste l'opera stessa. In corrispondenza dell'opera si induce una modifica del coefficiente di afflusso, incrementato all'unità, in ragione della piena impermeabilità indotta. In vero però la maggior parte del bacino non è interessata da impermeabilizzazioni di sorta e di questo va opportunamente tenuto conto.

Per le considerazioni di cui sopra, il calcolo della portata di progetto per le eventuali opere di compenso e i corrispondenti volumi, è stato effettuato calcolando il coefficiente di deflusso nello stato attuale ( $\phi_a$ ) e nello stato post-intervento ( $\phi_p$ ) con riferimento all'intero bacino drenato.

### 9.2 Stima dei volumi di compenso ai fini dell'invarianza idraulica

Considerato lo stato di fatto dei luoghi e il futuro assetto di progetto, il calcolo del coefficiente di deflusso è stato effettuato in funzione anche dell'aliquota di superficie impermeabile presente nei bacini oggetto di studio ( $A_{imp}$ ) e assumendo come valore quello medio ponderato sull'area:

$$\varphi = \frac{(\varphi_{perm} \times A_{perm}) + (\varphi_{imp} * A_{imp})}{A_{tot}}$$

Dove

- $A_{perm}$  è l'aliquota di area permeabile;
- $A_{imper}$  è l'aliquota di area impermeabile;

Per quanto riguarda la variazione di capacità di infiltrazione dei terreni dovuti alla realizzazione di infrastrutture si stima che la superficie dell'area di intervento è pari a circa 15.000 mq, ove si suppone, a favore di sicurezza di incrementare il coefficiente di afflusso ad uno.

Considerando l'evento piovoso con tempo di ritorno di 50 anni, si determinerebbe un incremento dei deflussi superficiali pari a 0.17m<sup>3</sup>/sec. Tale incremento è legato alla impermeabilizzazione di una piccola parte del bacino sotteso e, matematicamente, all'incremento, in vero di modesta entità, del coefficiente di afflusso a scala di bacino.

Si osservi anche che le opere di che trattasi non insistono esattamente sulla sezione di chiusura del bacino, per cui le portate in aggiunta, nel transito in rete idrografica avrebbero tempo e modo di infiltrarsi. Purtroppo, a favore di sicurezza, si è ritenuto opportuno porre in essere delle misure di mitigazione progettate al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica mediante detenzione dei volumi.

Il calcolo del volume da assegnare alle opere di detenzione, in linea teorica, è ottenibile tramite il calcolo della differenza degli idrogrammi di piena nella situazione ex post e quello ex ante. Le due curve, come è ben noto in letteratura, oltre a mostrare una differenza nell'intensità del picco, presentano uno shift temporale: la curva ex post infatti anticipa il picco, come illustrato in figura 16.

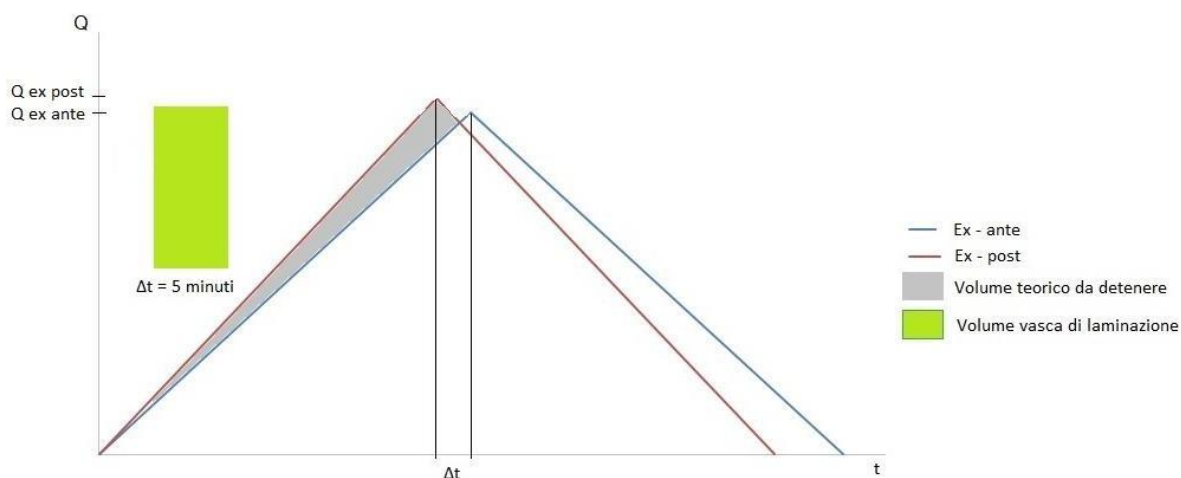


Figura 19 – Idrogramma di piena ex ante ed ex post

Nel caso in esame, l'anticipo è di qualche secondo (rappresenta, a conti fatti, una frazione del tempo dicorrvazione del bacino).

Sempre a favore di sicurezza però, il calcolo del volume da assegnare all'opera di detenzione è stato ottenuto moltiplicando la differenza di portata per un tempo di 5 minuti, abbondantemente superiore alla distanza temporale tra i due picchi di piena. Il calcolo porge un volume di detenzione pari al circa 50m<sup>3</sup>.

Data l'intenzione di conservare lo stato naturale del recapito finale attualmente in esercizio, senza variazioni di quantità delle portate dal sito di intervento, si ritiene ragionevole installare la una vasca di laminazione il cui ruolo principale è quello di detenere temporaneamente l'eccesso delle acque di piena. Le acque temporaneamente stoccate vengono poi restituite a valle, quando è passato il colmo dell'ondada di piena (Figura 20 a, 20 b).

Sarà previsto, dunque, un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area della stazione con un sistema di caditoie puntuali e tubazioni in PVC che, captati i deflussi meteorici li convoglierà alla vasca.

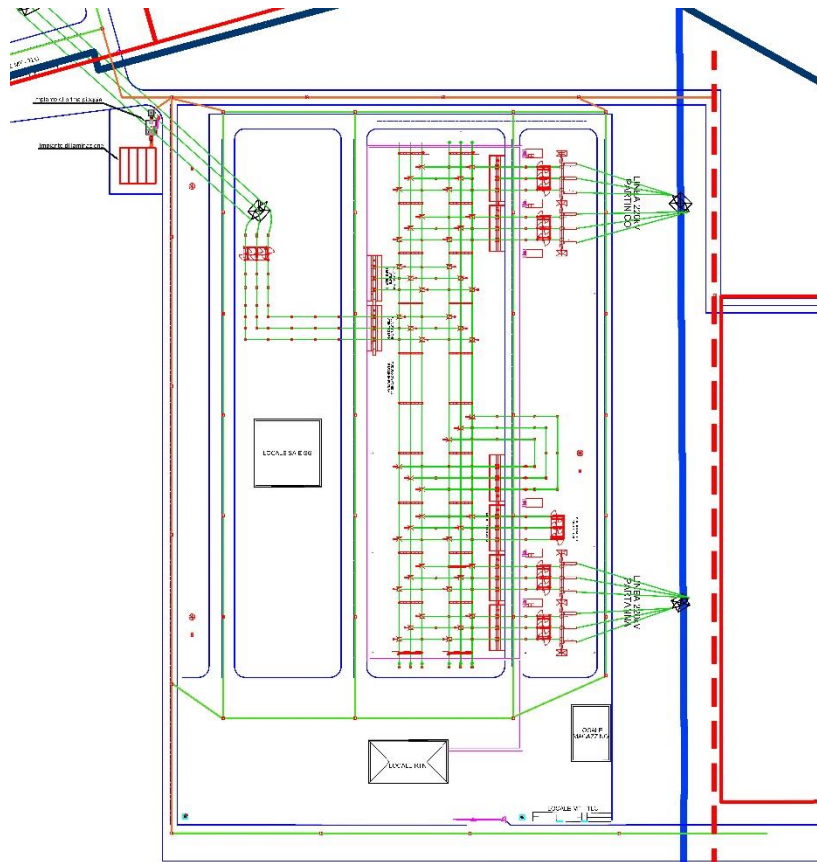


Figura 20 a - Stazione di trasformazione

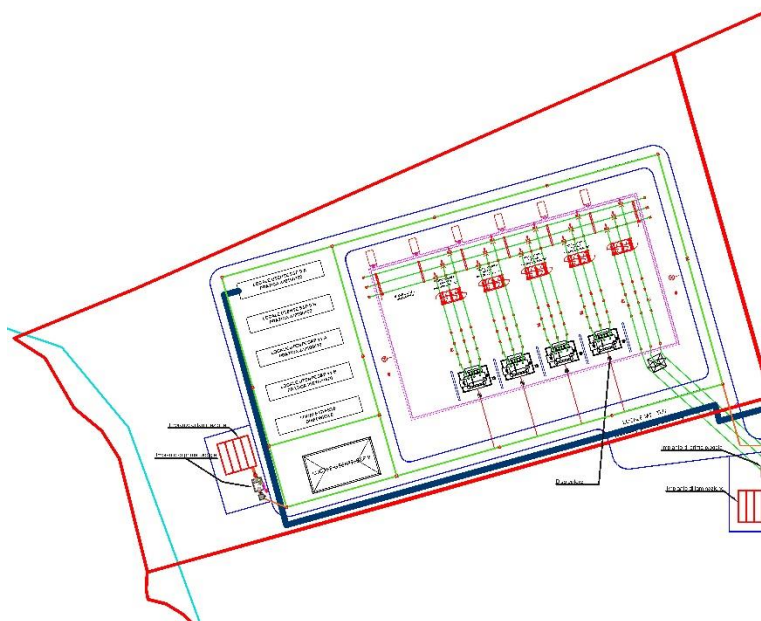


Figura 20 b - Stazione di consegna

### 9.3 Studio Invarianza Idraulica- Area di produzione idrogeno verde

Analogamente a quanto descritto nei precedenti paragrafi per l'area da destinare alla produzione di idrogeno si stima che la superficie dell'area di intervento è pari a circa 20.000 mq, ove si suppone, a favore di sicurezza di incrementare il coefficiente di afflusso ad uno.

Considerando l'evento piovoso con tempo di ritorno di 50 anni, si determinerebbe un incremento dei deflussi superficiali pari a  $0.33\text{m}^3/\text{sec}$ . Tale incremento è legato alla impermeabilizzazione di una piccola parte del bacino sotteso e, matematicamente, all'incremento, in vero di modesta entità, del coefficiente di afflusso a scala di bacino.

Il calcolo del volume da assegnare alle opere di detenzione, per le considerazioni fatte in precedenza e sempre a favore di sicurezza, è stato ottenuto moltiplicando la differenza di portata per un tempo di 5 minuti. Il calcolo porge un volume di detenzione pari a circa  $100\text{ m}^3$ .

Data l'intenzione di conservare lo stato naturale del recapito finale attualmente in esercizio, senza variazioni di quantità delle portate dal sito di intervento, si ritiene ragionevole installare la una vasca di laminazione il cui ruolo principale è quello di detenere temporaneamente l'eccesso delle acque di piena. Le acque temporaneamente stoccate vengono poi restituite a valle, quando è passato il colmo dell'ondada di piena (Figura 21).

Sarà previsto, dunque, un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area della stazione con un sistema di caditoie puntuali e tubazioni in PVC che, captati i deflussi meteorici li convoglierà alla vasca.



Figura 21 – Area di produzione idrogeno verde



#### 9.4 Studio Invarianza Idraulica – Impianto Agro-Fotovoltaico

L'installazione di pannelli fotovoltaici all'interno dell'area in questione è tale da non presentare alterazioni alla permeabilità del suolo. Allo stesso tempo, è bene ribadirlo, le opere non inducono immissione di scarichi di nessun tipo, né di natura civile, né industriale.

All'interno dell'area oggetto di intervento si ritiene rispettato il principio di invarianza idraulica, tale affermazione è giustificata dal fatto che i pannelli scaricano la pioggia sul terreno sottostante che rimane permeabile come nella situazione attuale.

Si aggiunga che i pannelli ruotano nel corso della giornata quindi le superfici scolanti restituiscono le acque meteoriche non sempre sullo stesso punto. Questa considerazione fugge anche l'eventuale preoccupazione, lecita solo nel caso di pannelli fissi, che gli scarichi continui potrebbero indurre innaturali saturazioni localizzate del suolo.

Sarà comunque previsto un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area dell'impianto mediante un sistema di tubazioni drenanti che, captati i deflussi meteorici li convoglierà successivamente nel recettore finale esistente. Il principio dell'invarianza idraulica, può considerarsi rispettato e dunque non sono necessarie ulteriori opere di compensazione a seguito dell'intervento in progetto.

## 1. SISTEMA DI DRENAGGIO – IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Come evidenziato nello studio dell'invarianza idraulica per l'area dell'impianto fotovoltaico, sarà previsto un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area dell'impianto mediante un sistema di tubazioni drenanti che, captati i deflussi meteorici li convoglierà successivamente nel laghetto artificiale esistente. Il drenaggio sottosuperficiale o drenaggio tubolare, è il complesso dei sistemi artificiali che permettono l'eliminazione del ristagno superficiale in situazioni di scarsa permeabilità o per presenza di strati impermeabili.

La realizzazione di un drenaggio tubolare consiste nell'impiego di attrezzi discissori, che effettuano un taglio verticale del terreno, provvisti di sagome terminali in grado di tracciare alla profondità di lavoro un canale modellato realizzato da un aratro talpa (Figura 22). L'uso dell'aratro talpa è più efficace quando si opera su terreno tendente all'argilloso e sufficientemente umido in modo da consentire il modellamento del terreno.



Figura 22 - Aratro talpa

La tessitura del terreno influenza fortemente la posa dei dreni, per il calcolo della distanza massima che permette lo smaltimento giornaliero di un prefissato quantitativo di acqua (q) e quindi l'eliminazione del ristagno in tempi agronomicamente accettabili, si utilizzano equazioni empiriche, tra le quali la più utilizzata e quella di Hooghoudt-Donnan:

$$L = \sqrt{\frac{8KDh}{q} + \frac{4Kh^2}{q}} \quad (\text{Hooghoudt-Donnan})$$

dove:

L=distanza tra i dreni

K = coefficienti di permeabilità del terreno

h = dislivello tra la profondità dei dreni q = portata di smaltimento

D = distanza dei tubi drenanti dallo strato impermeabile.

TIPO DI TERRENO	k (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
Limo e sabbia argillosa	$10^{-9} - 10^{-5}$
Limo	$10^{-8} - 10^{-6}$
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} - 10^{-4}$
Roccia non fessurata	$10^{-12} - 10^{-10}$

Tabella 8 – coefficiente di permeabilità

Dai calcoli eseguiti secondo la formula empirica sopra citata e utilizzando un coefficiente K pari a  $1 \times 10^{-9}$  m/s, la distanza tra i dreni risulta di circa 22 m. A seguito di un'attenta analisi dei dati di letteratura si evince che per i terreni di medio impasto la distanza può variare tra 15-25 m. Quindi al fine di garantire un adeguato drenaggio è stata prevista in via cautelativa una distanza di 18 m. In conclusione, i dreni andranno collocati a una profondità compresa tra 0,80–1,20 m ad una distanza tra i dreni di 18 m ed avranno un diametro di DN125.

Sono stati identificati i punti di recapito finale delle acque raccolte e verificate le velocità massime raggiunte nei punti di sbocco. Considerato che le velocità risultano essere inferiori a 1 m/s, pur non ritenendosi necessario la collocazione di manufatti per la dissipazione dell'energia, in via cautelativa viene prevista la realizzazione di una protezione in geotessuto in corrispondenza di ogni punto di sbocco, come da progetto allegato "Drenaggi impianto" SP9EPD020.

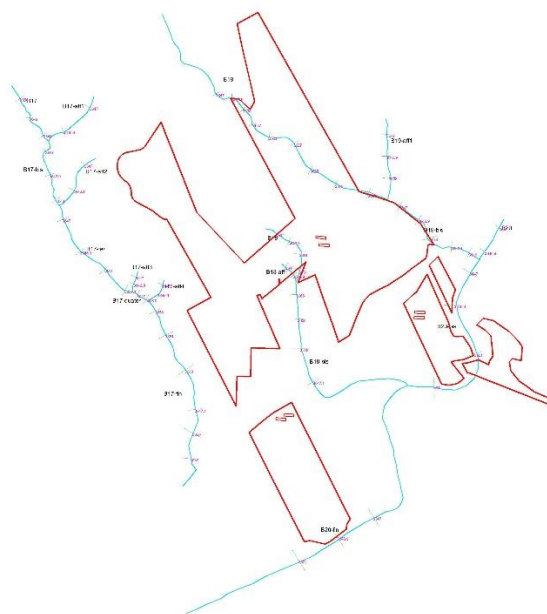
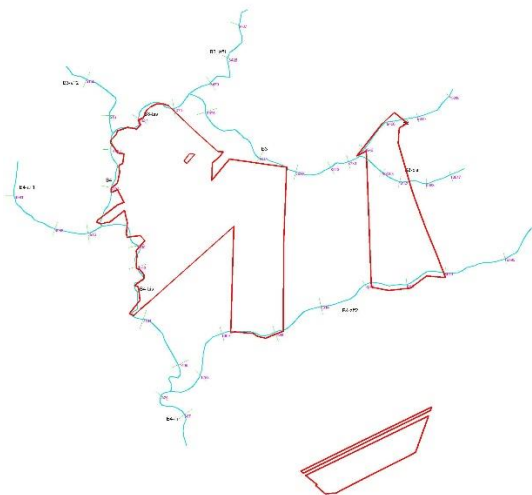
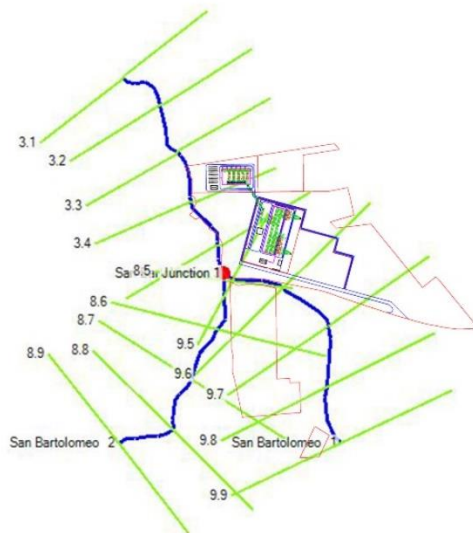
PUNTO DI IMMISSIONE	SEZIONE TUBO DRENANTE DI IMMISSIONE (mm)	SUPERFICIE (ha)	PORTATA DRENATA(l/s)
I1	125	4.1	5
I2	125	4	5
I3	125	1.9	5
I4	125	2.75	5
I5	125	6.1	5
I6	125	2.1	5
I7	125	3.9	5
I8	125	2.35	5
I9	125	3.5	5
I10	125	5	5
I11	125	2.7	5
I12	125	4.2	5
I13	125	2.4	5
I14	125	3.1	5

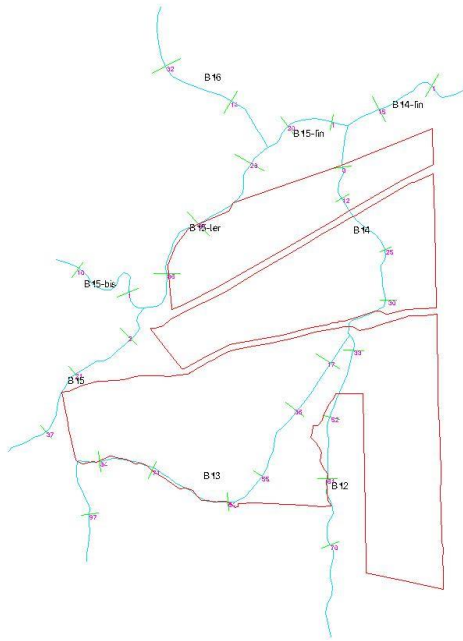
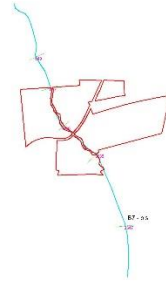
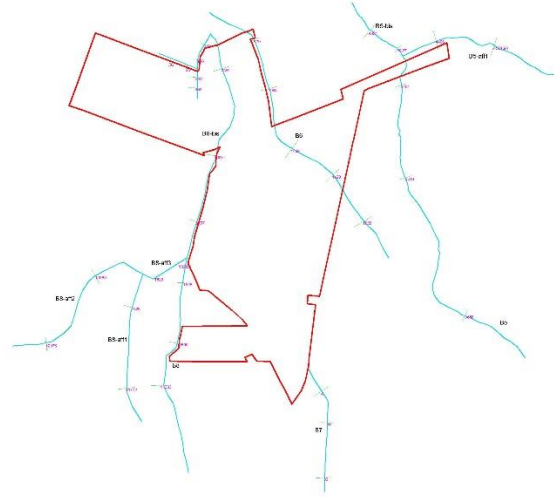
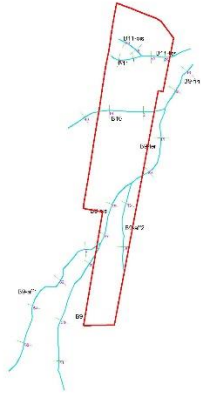
I15	125	4	5
I16	125	5.5	5
I17	125	4.3	5
I18	125	6	5
I19	125	4.3	5
I20	125	2.5	5
I21	125	3.5	5
I22	125	8.6	5
I23	125	6.1	5
I24	125	3	5
I25	125	4.4	5
I26	125	1.5	5
I27	125	3.1	5
I28	125	1.5	5
I29	125	1.8	5
I30	125	8	5
I31	125	4.7	5

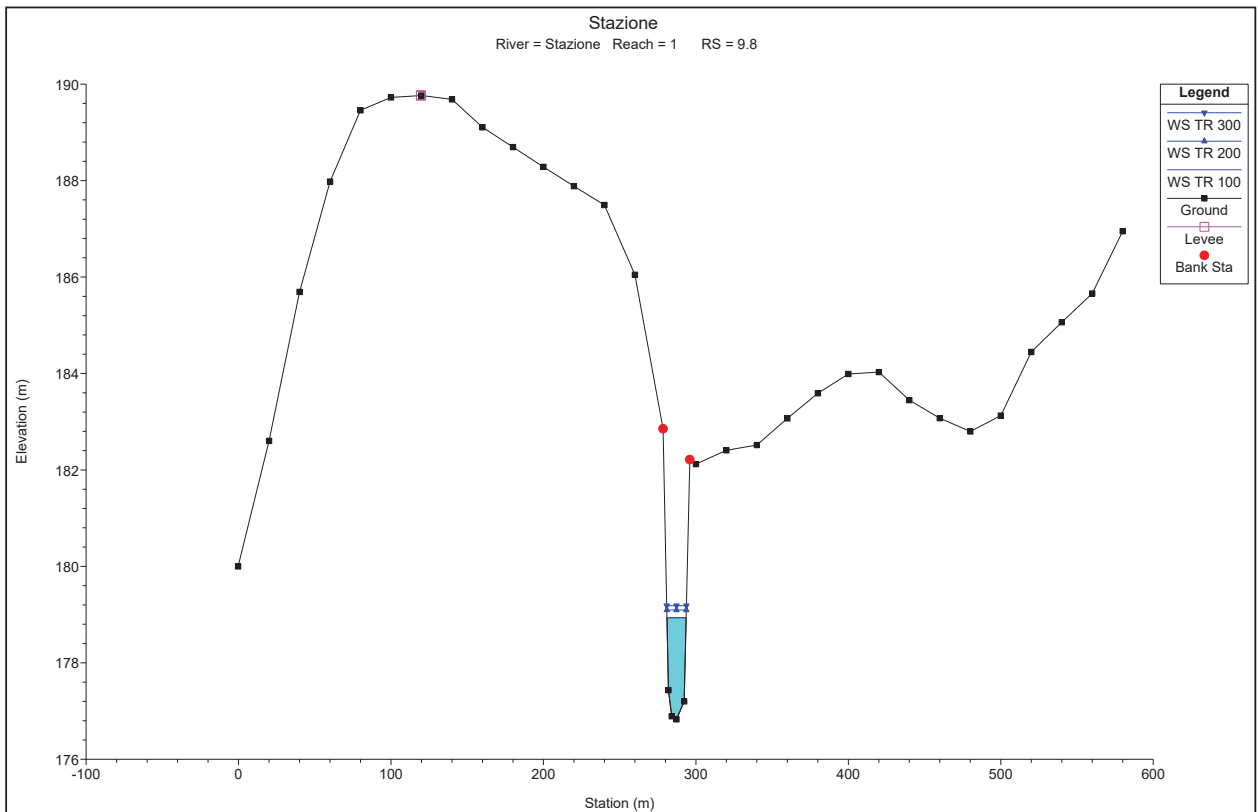
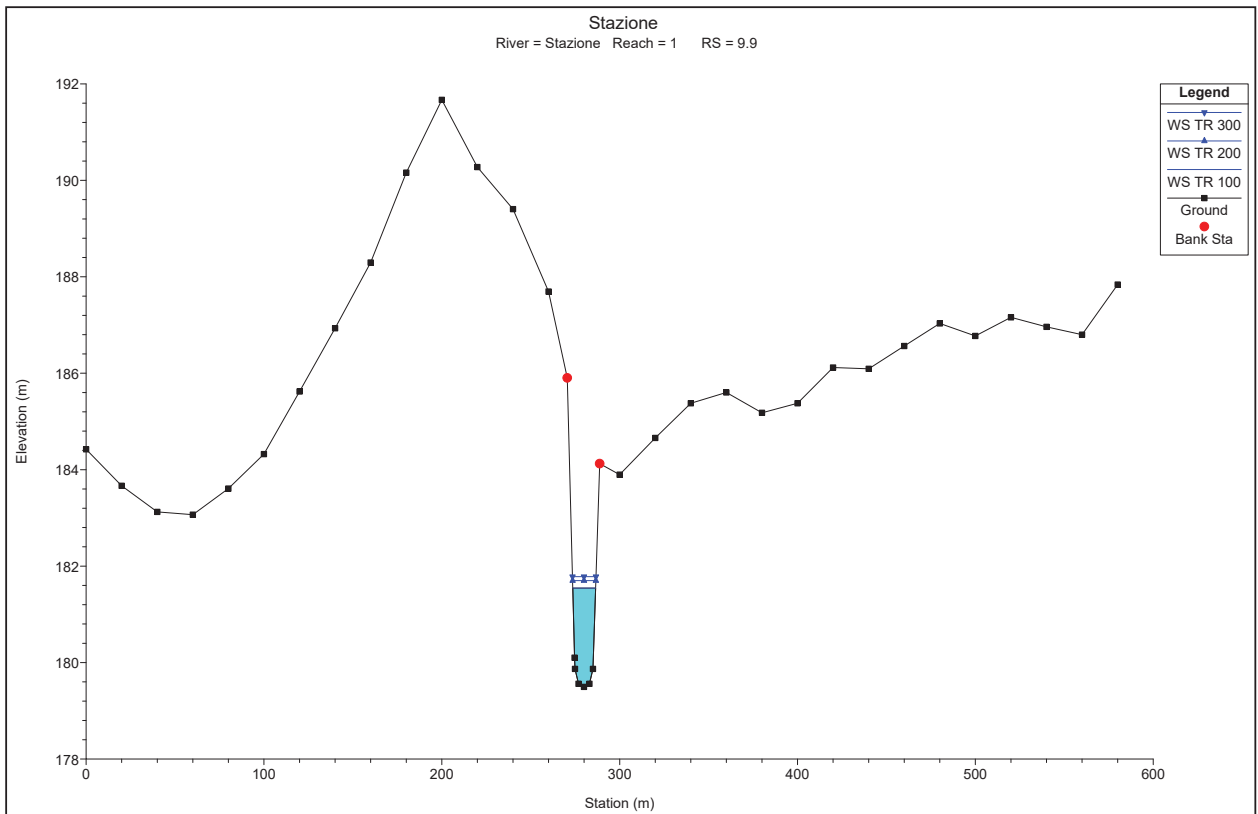
Tabella 9 - Punti di immissione sui canali esistenti identificati

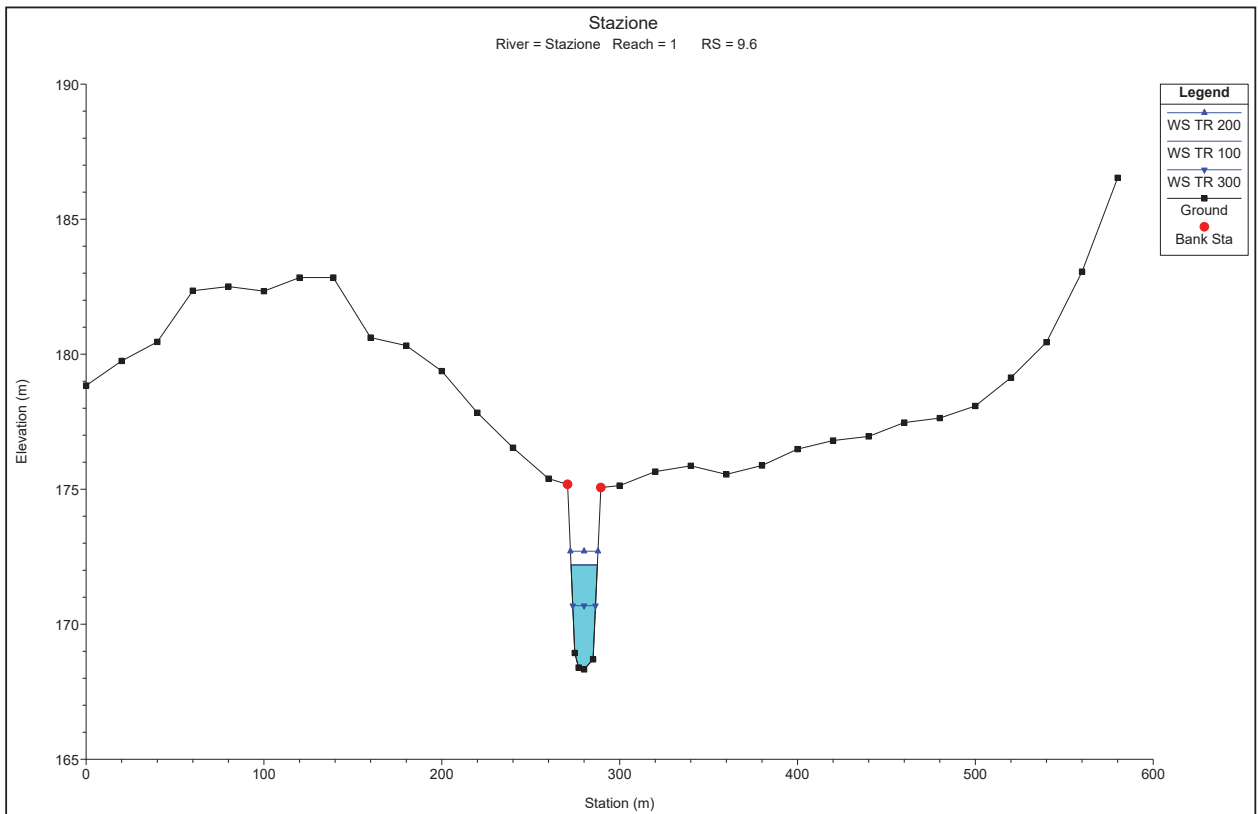
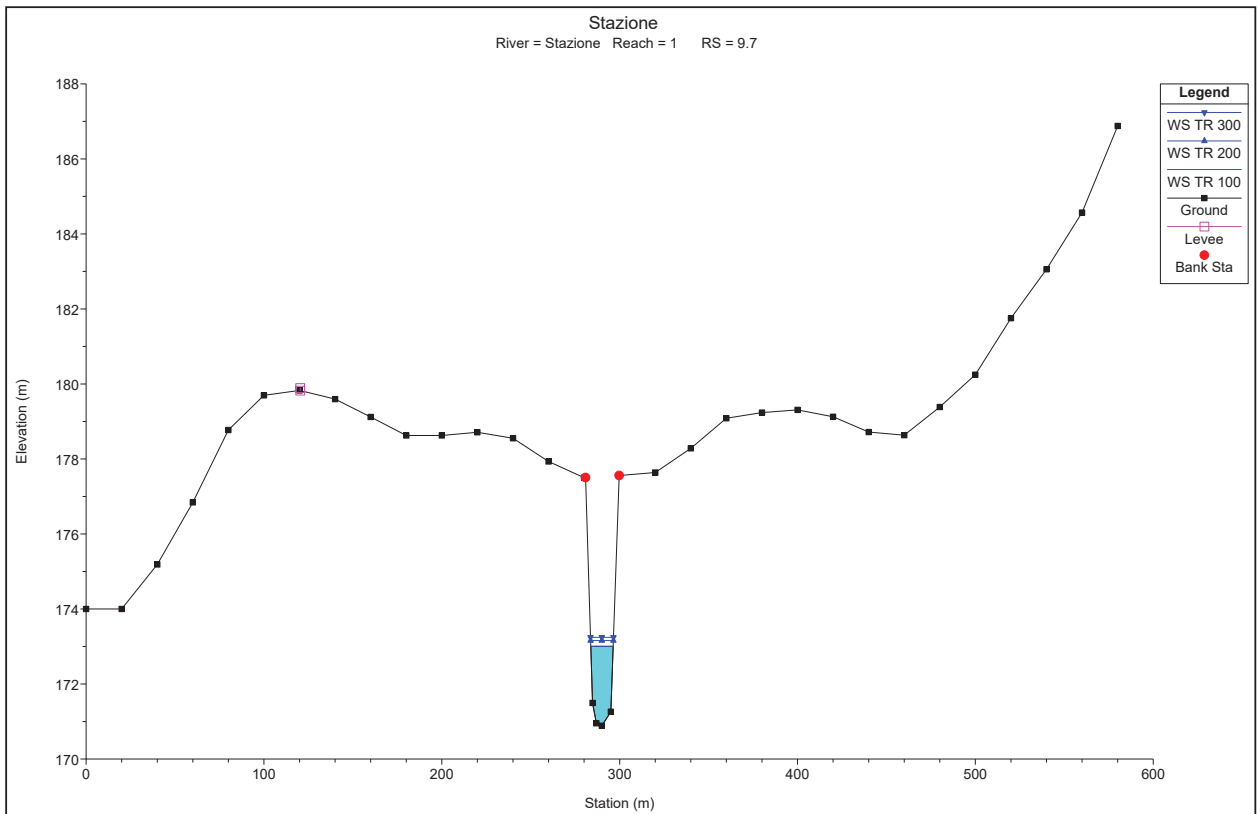
# ALLEGATO 1 – SEZIONI HEC RAS

A seguire si riportano le sezioni idrauliche della simulazione.

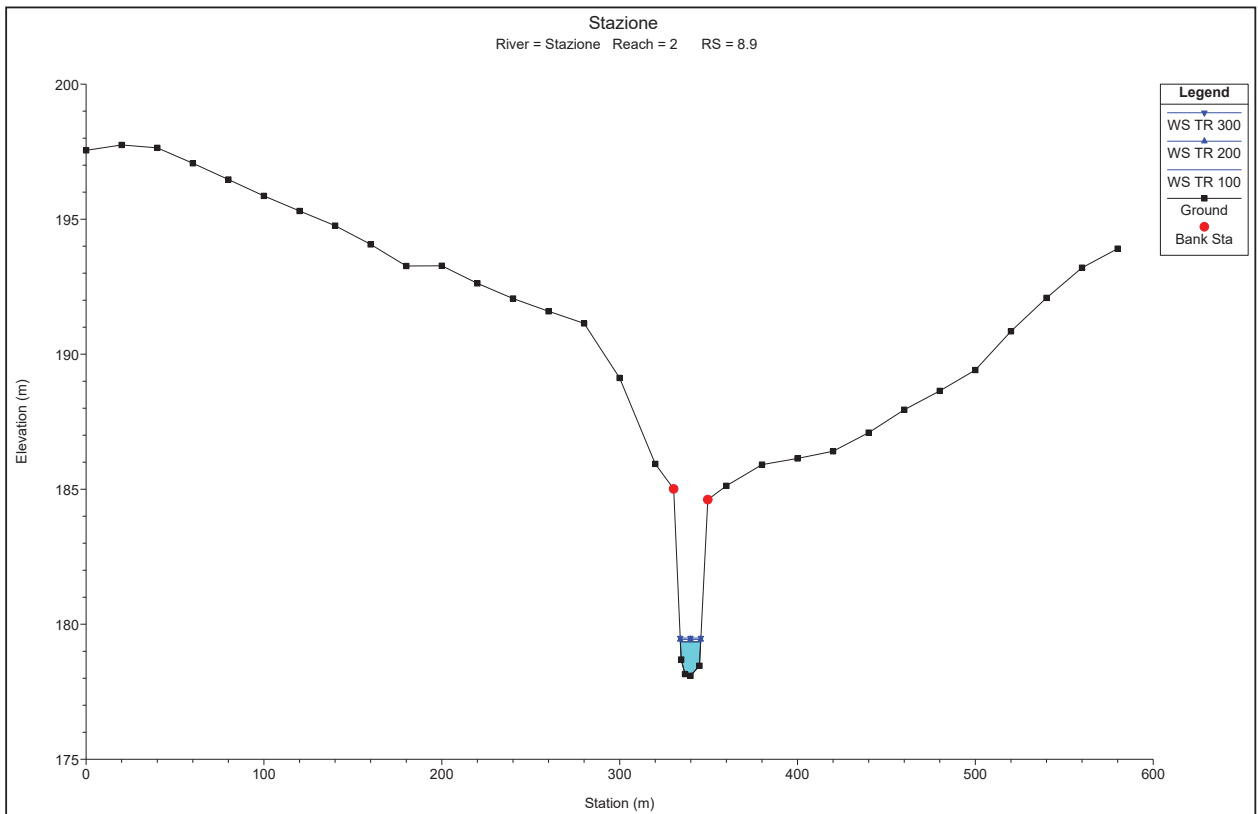
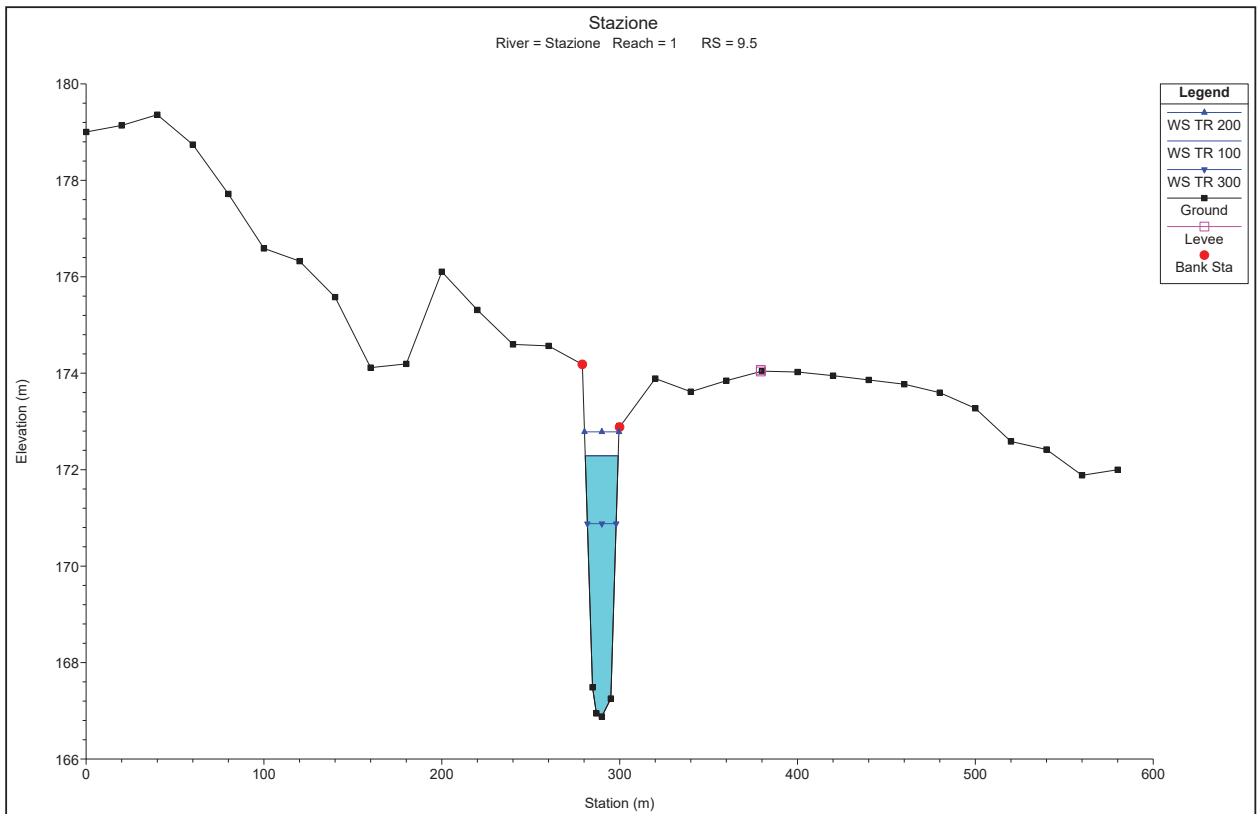


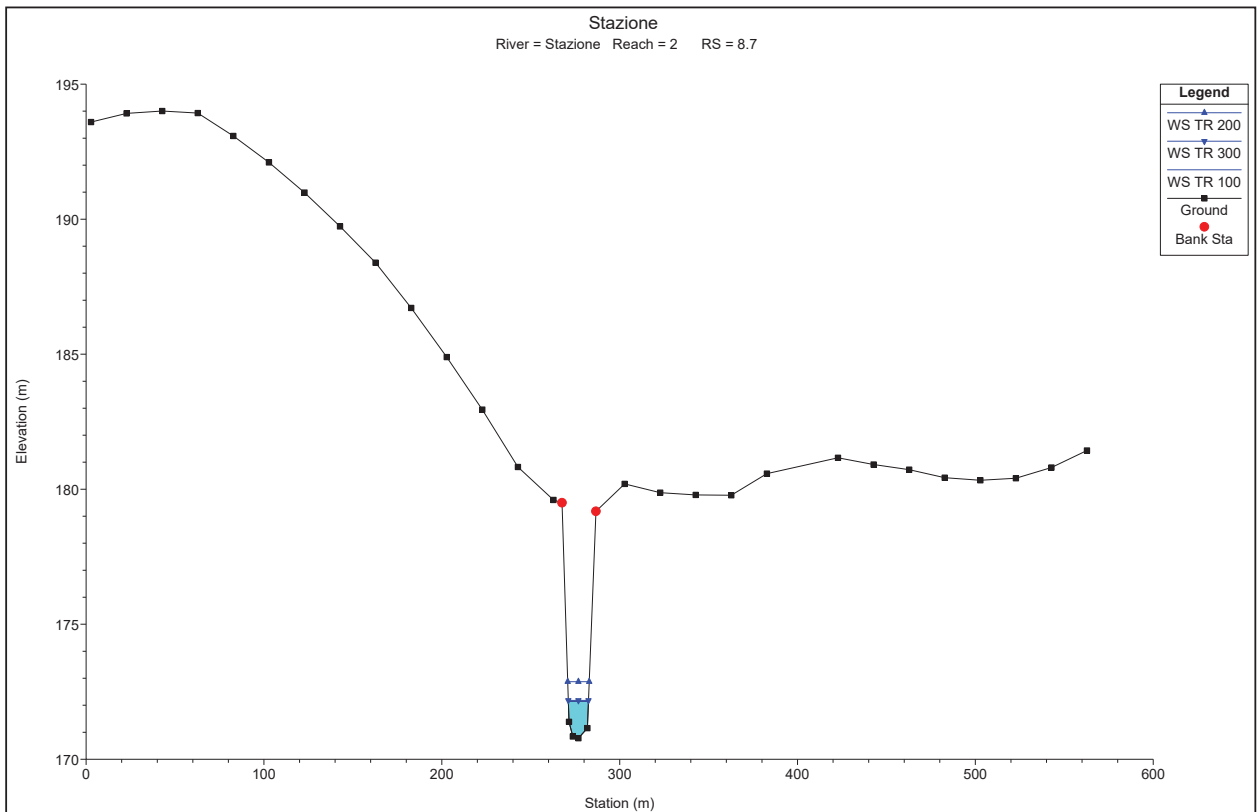
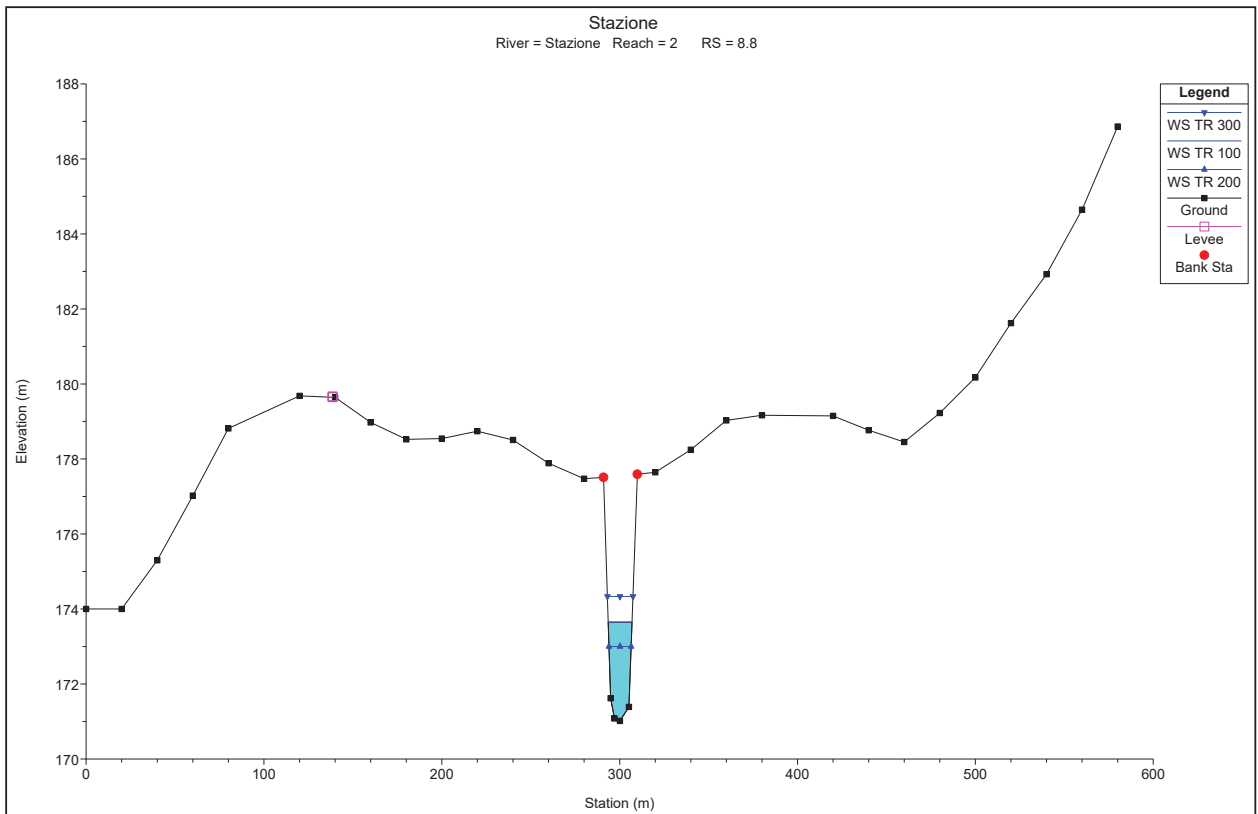


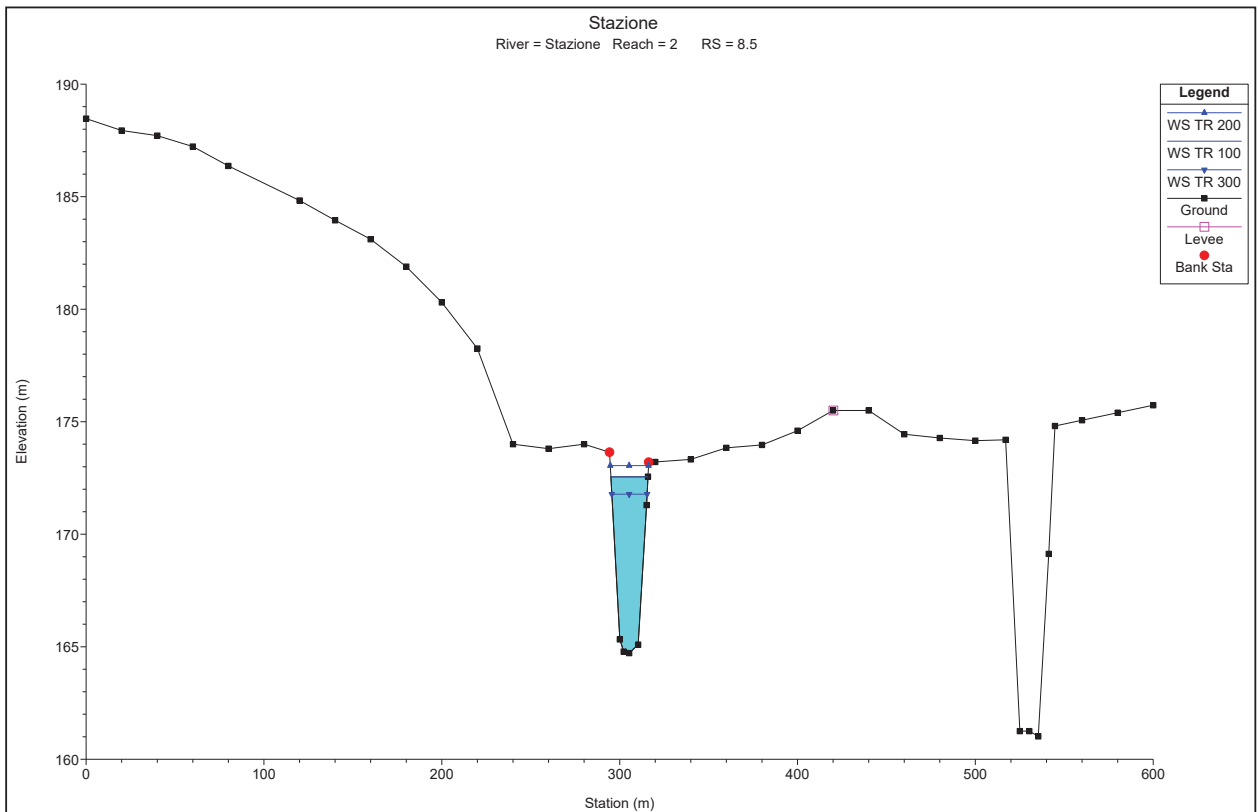
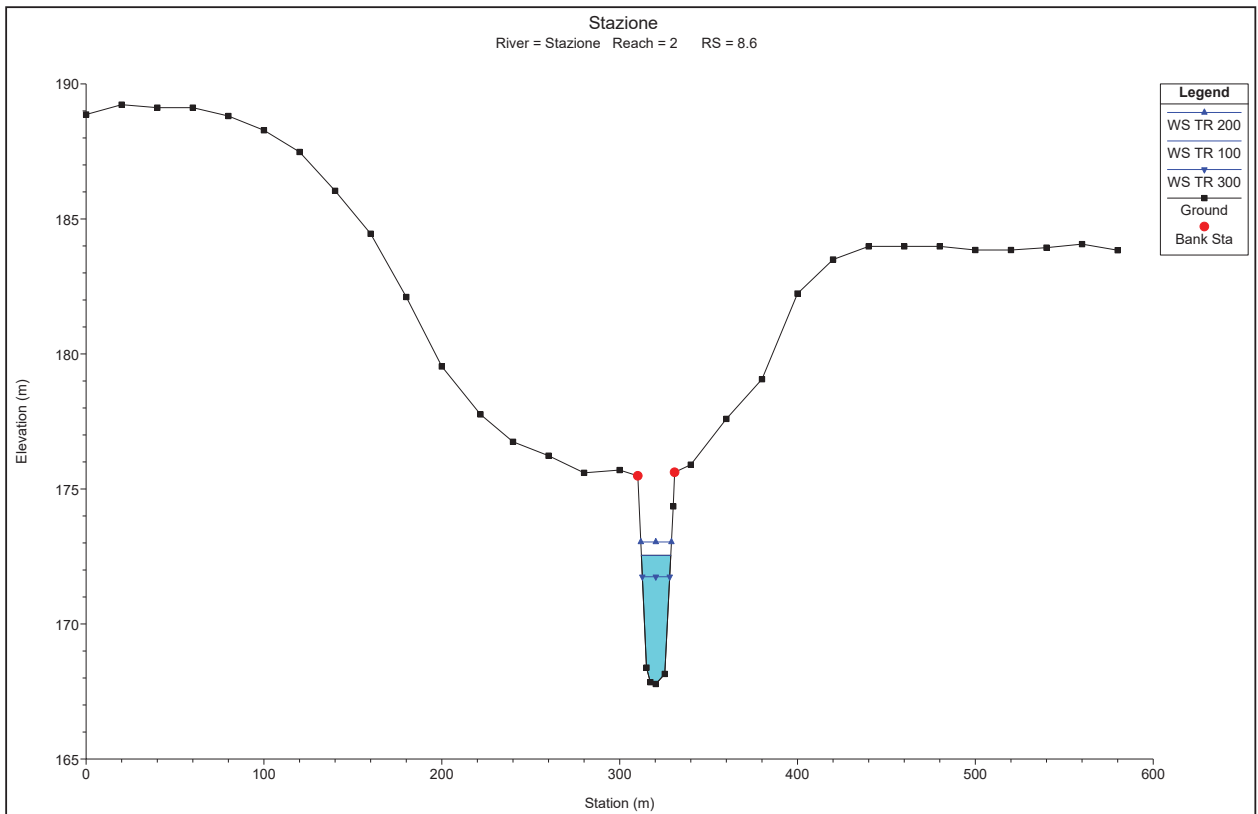


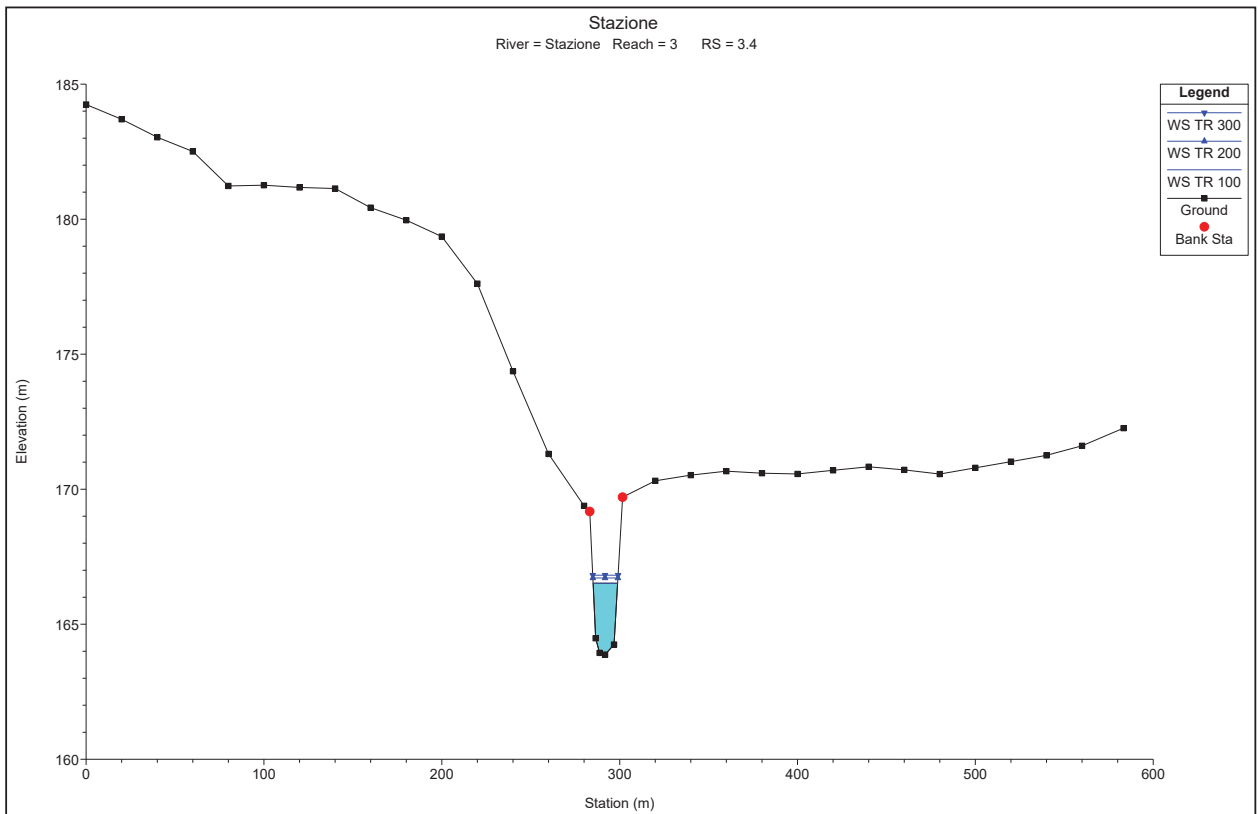
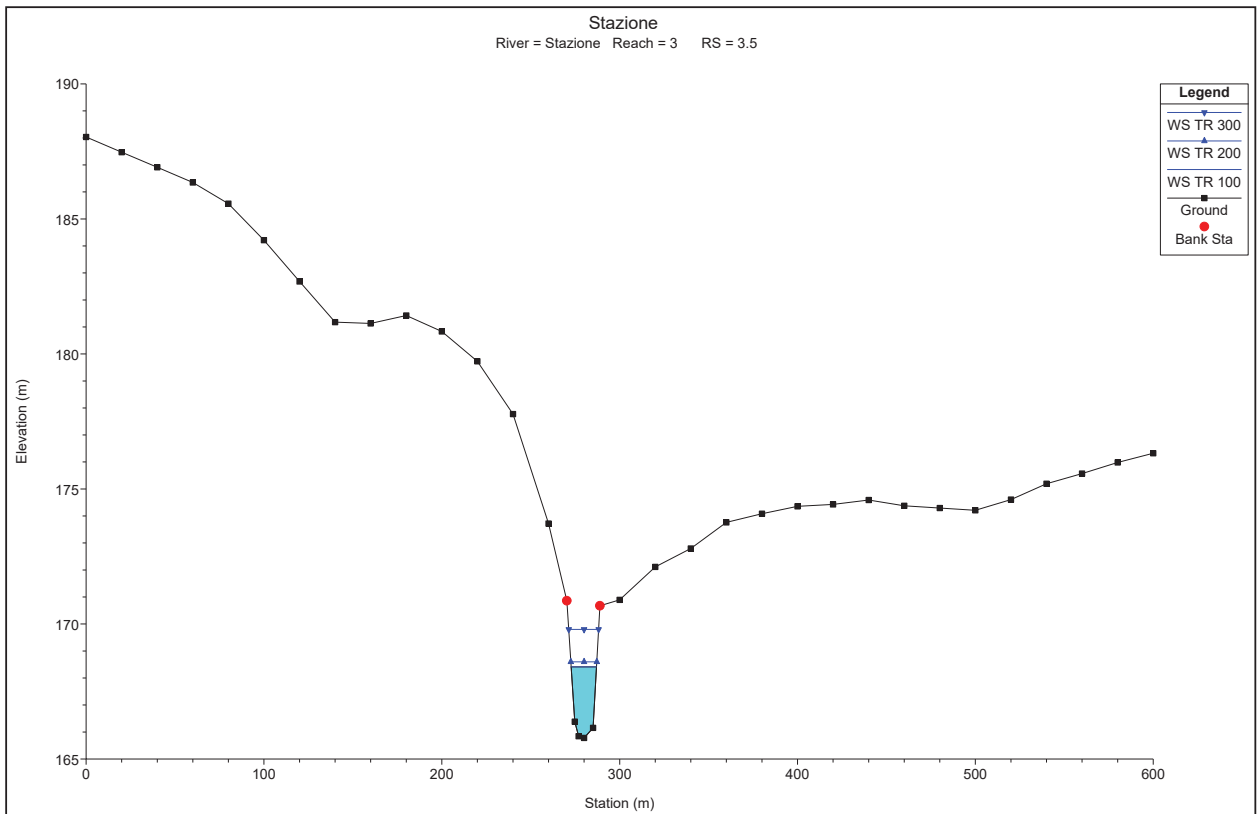


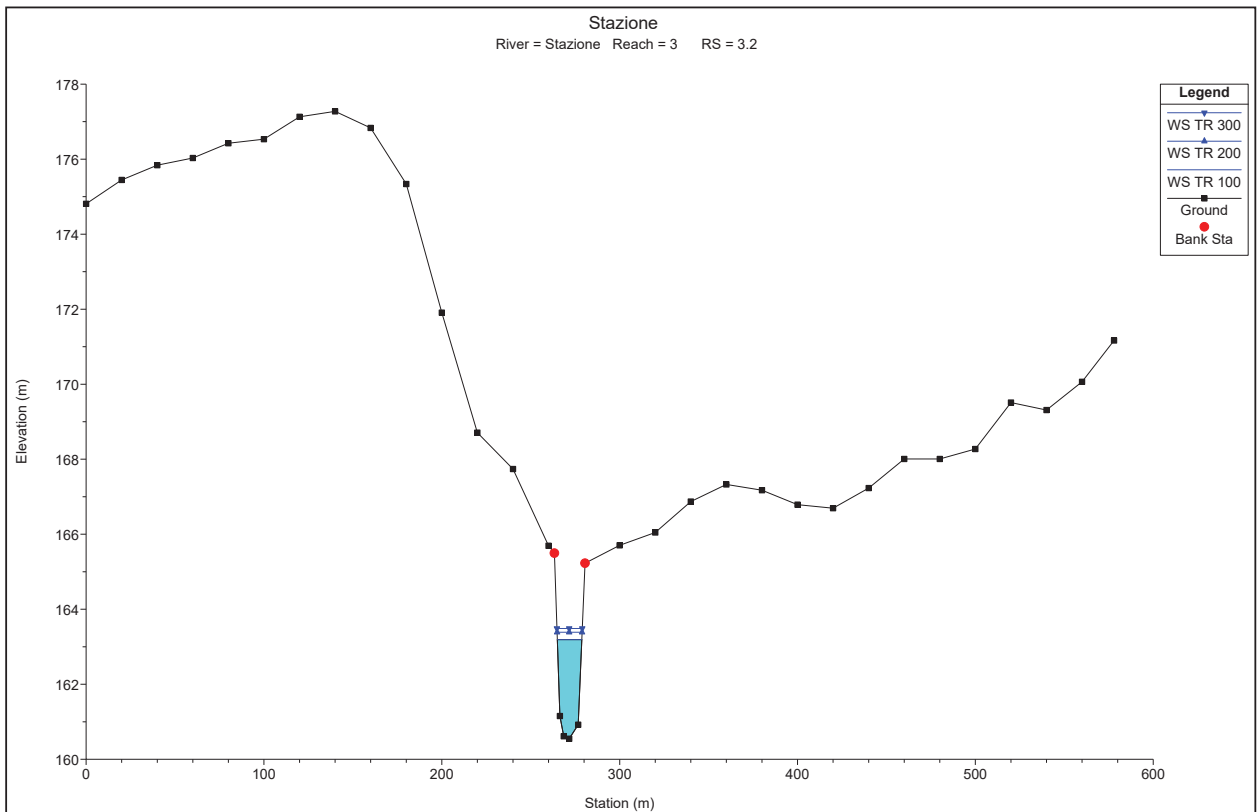
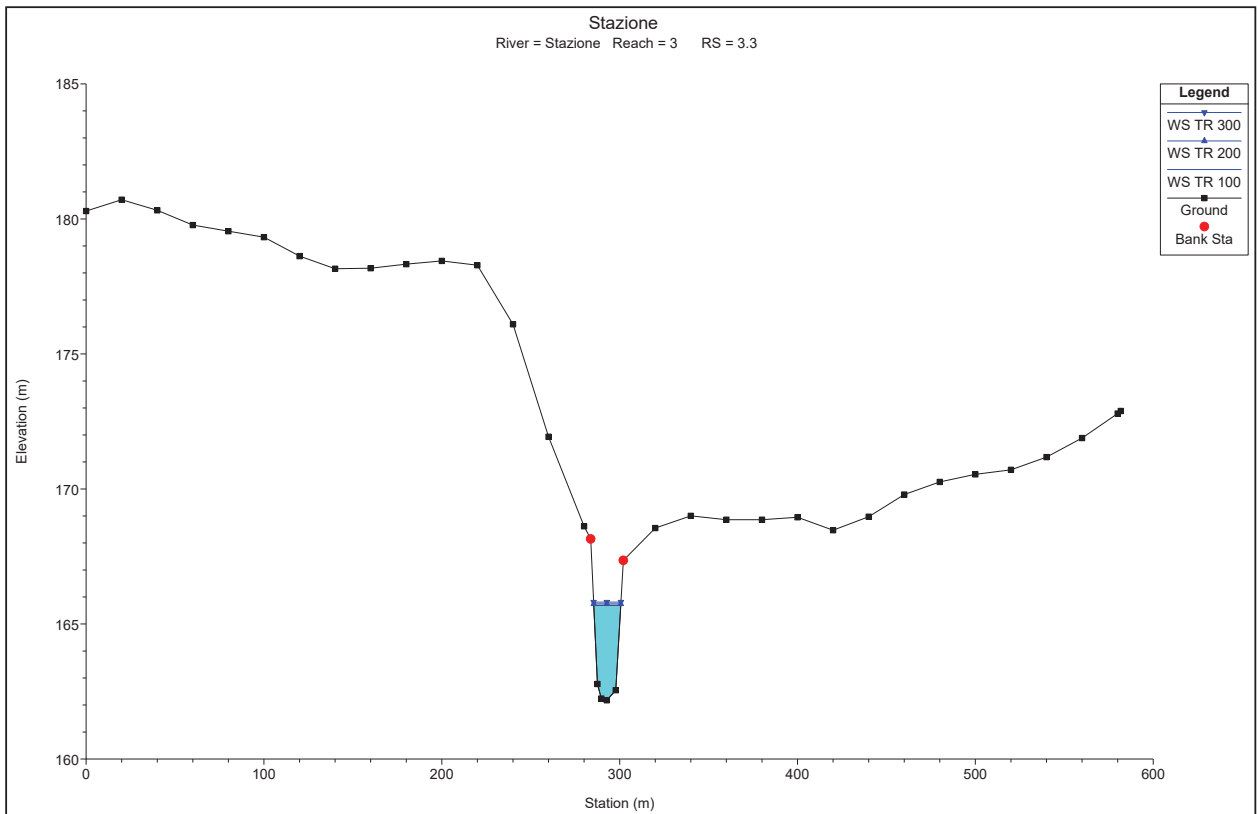


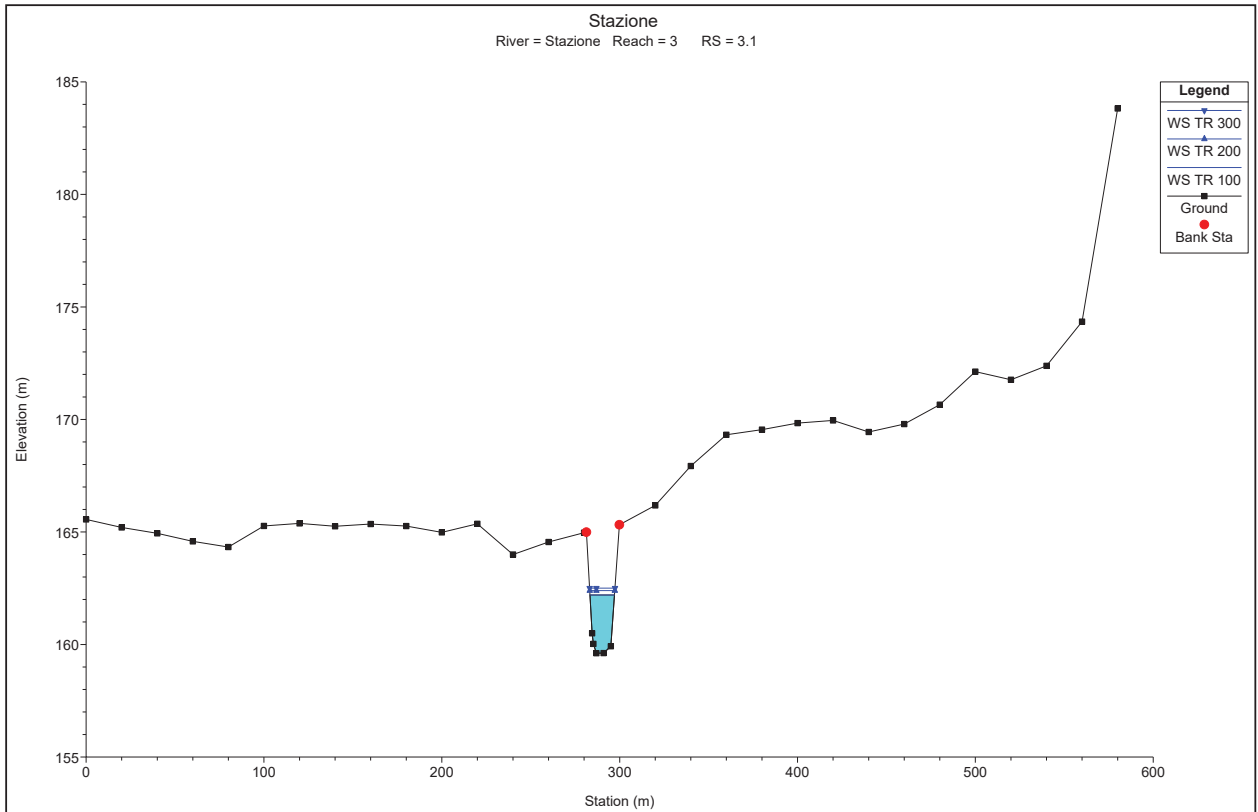


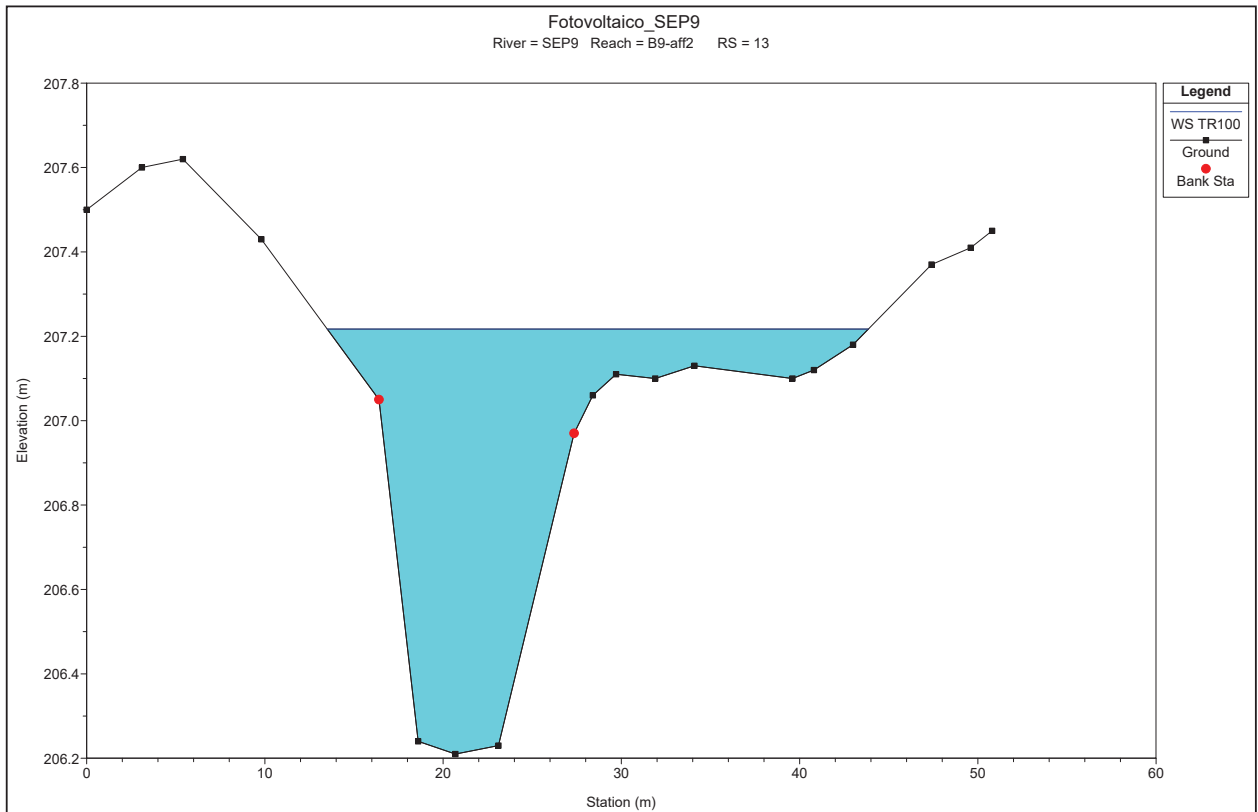
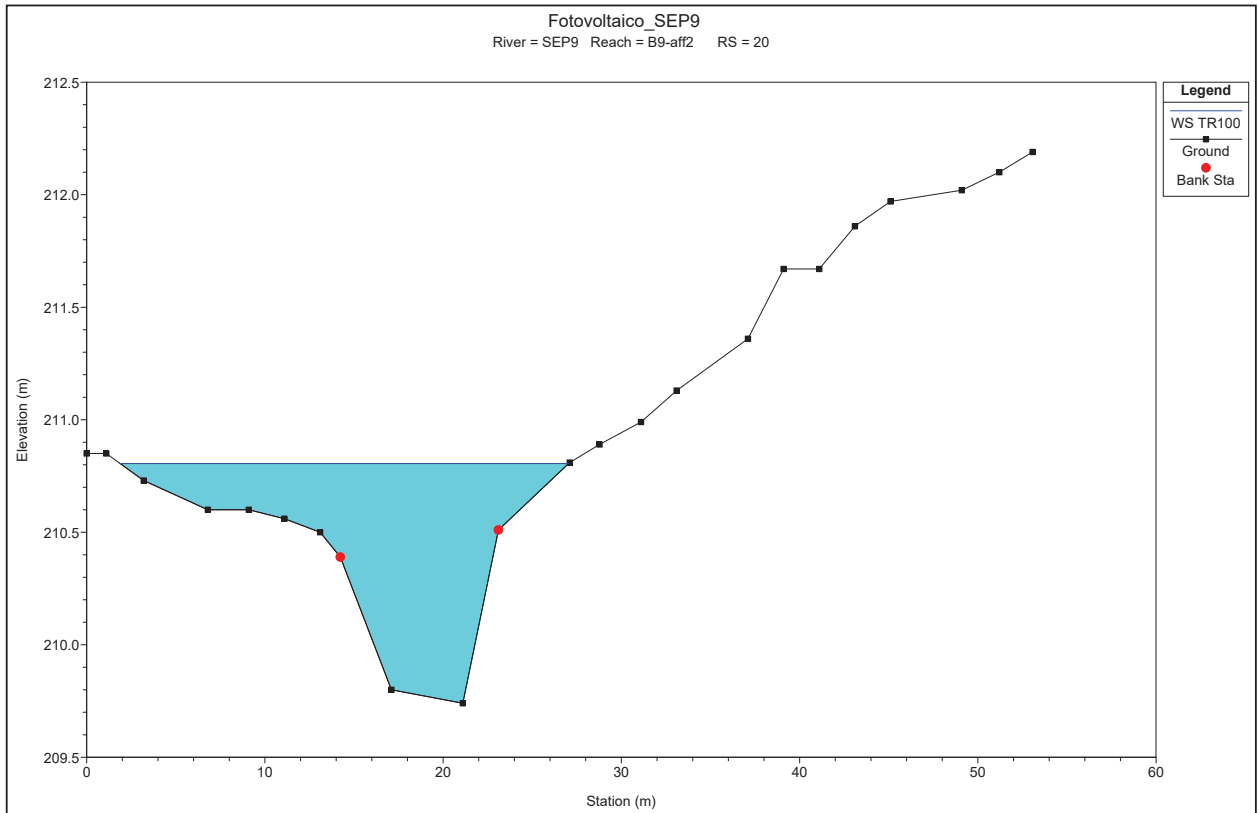


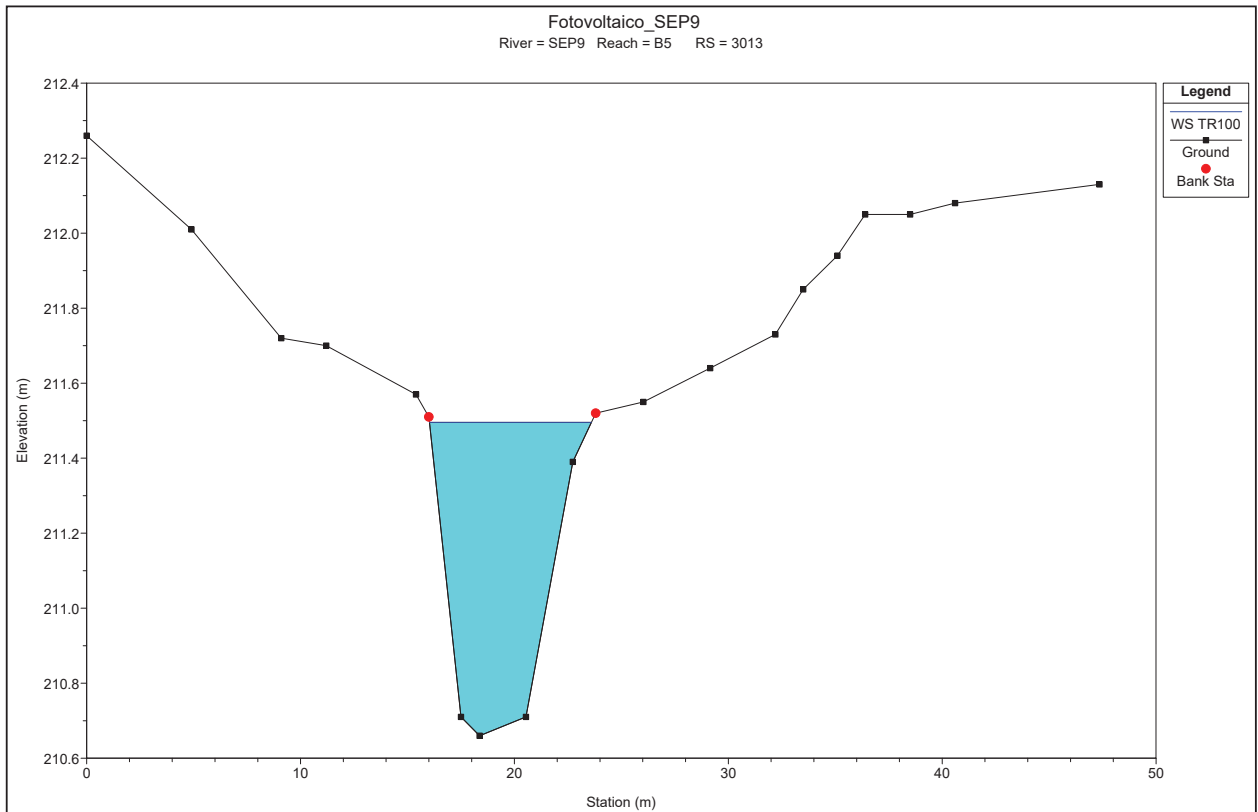
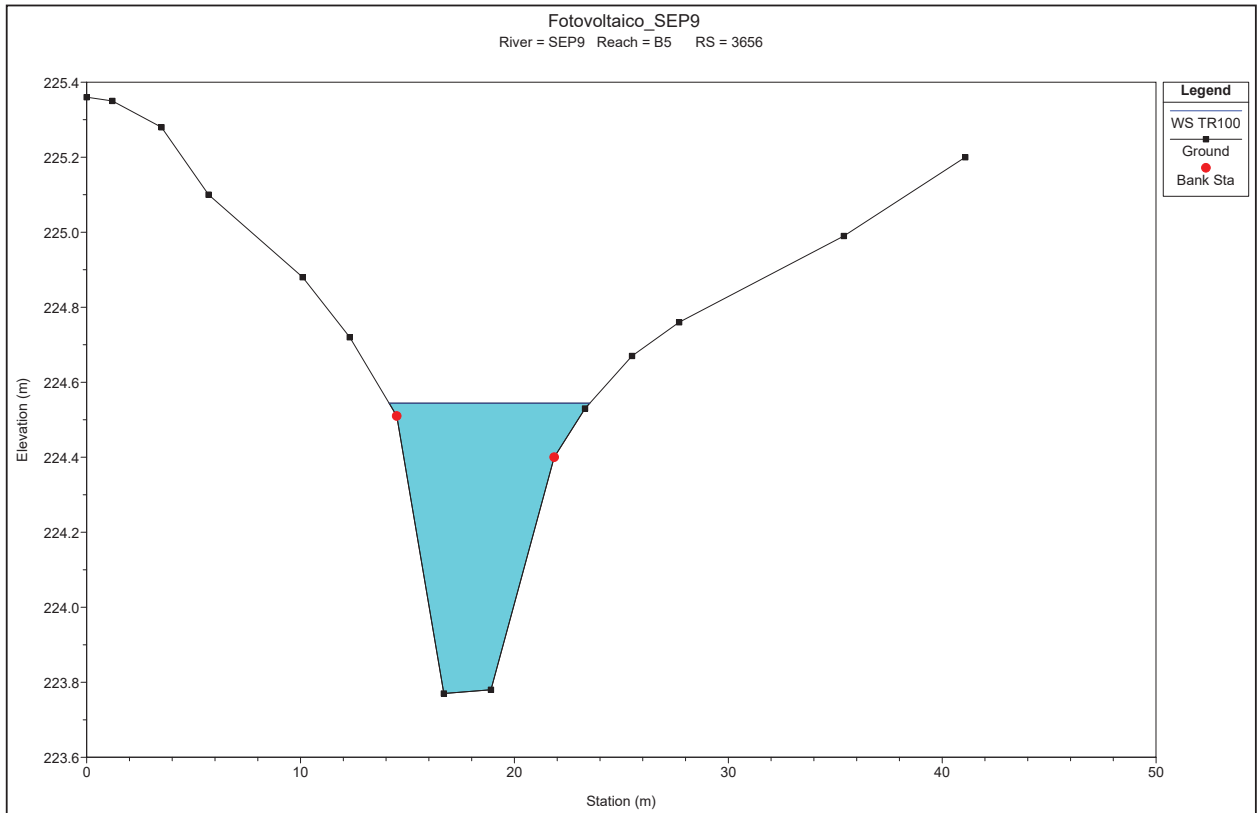




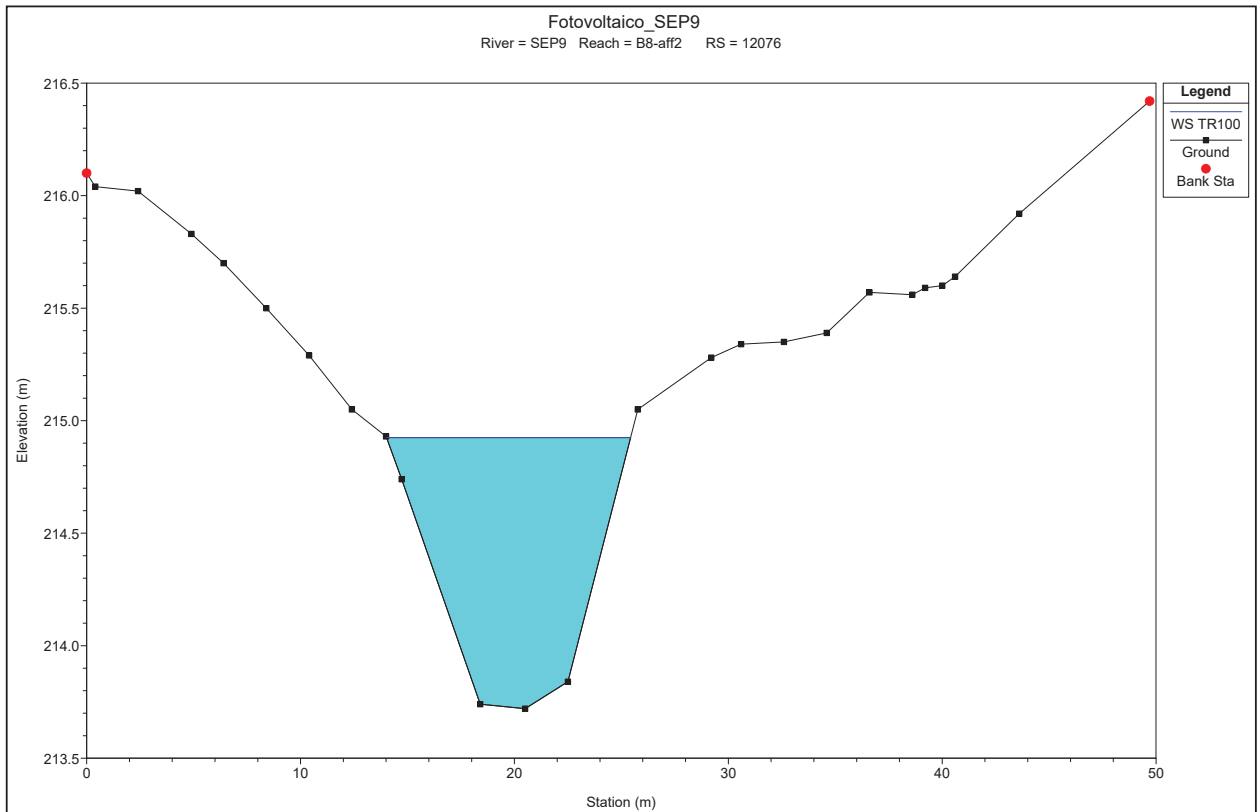
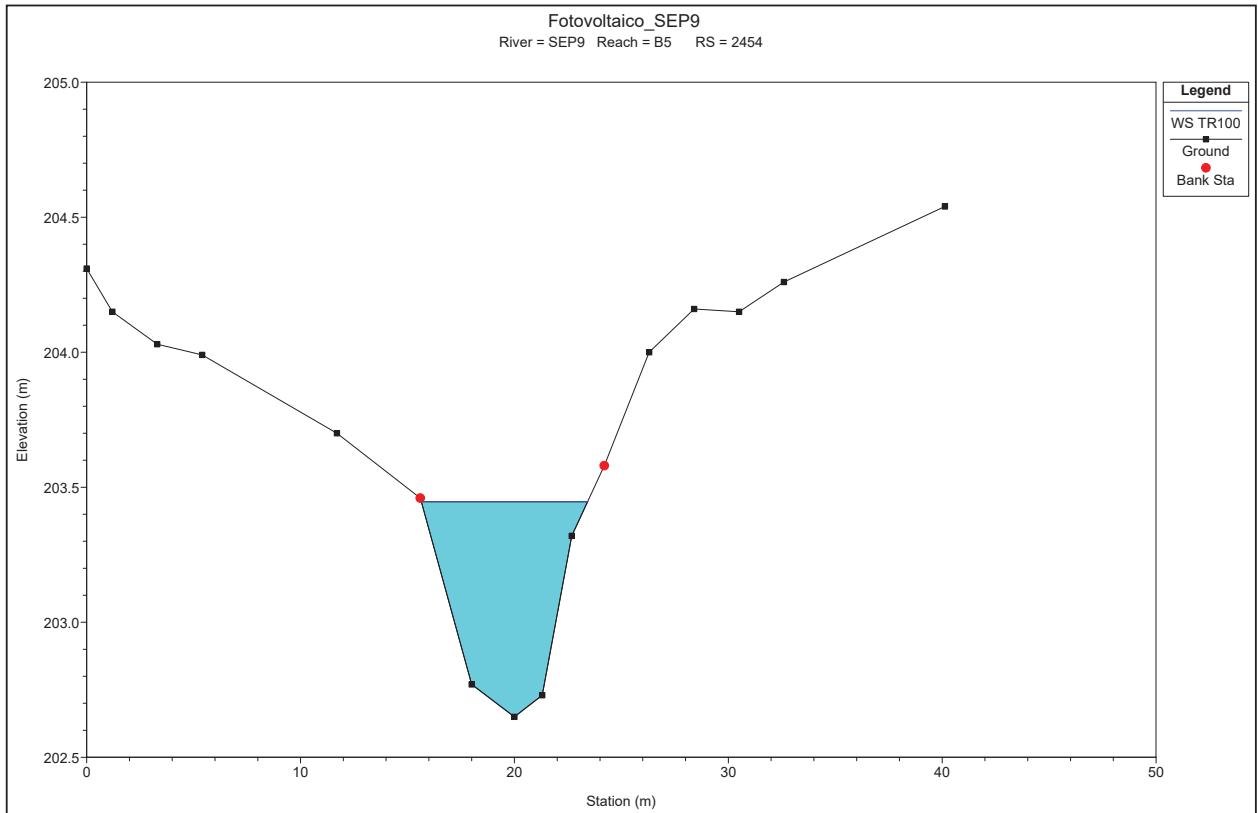


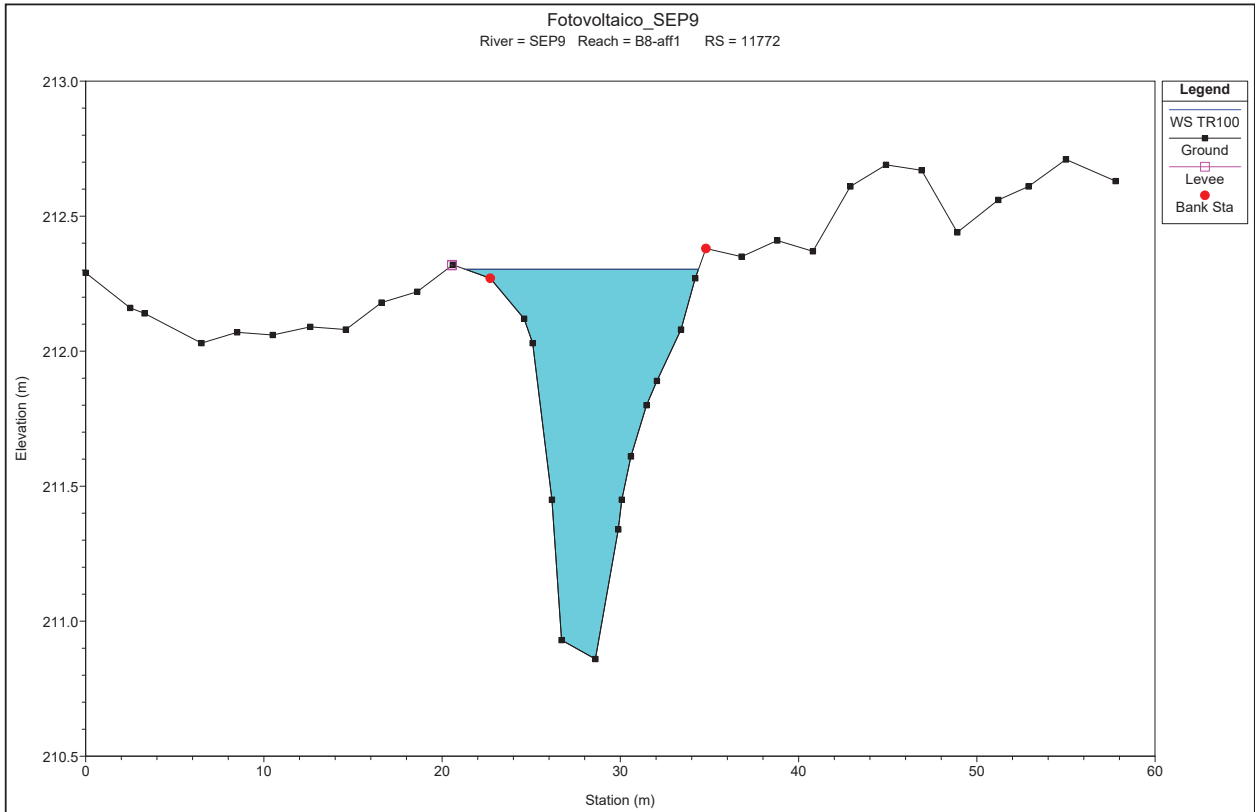
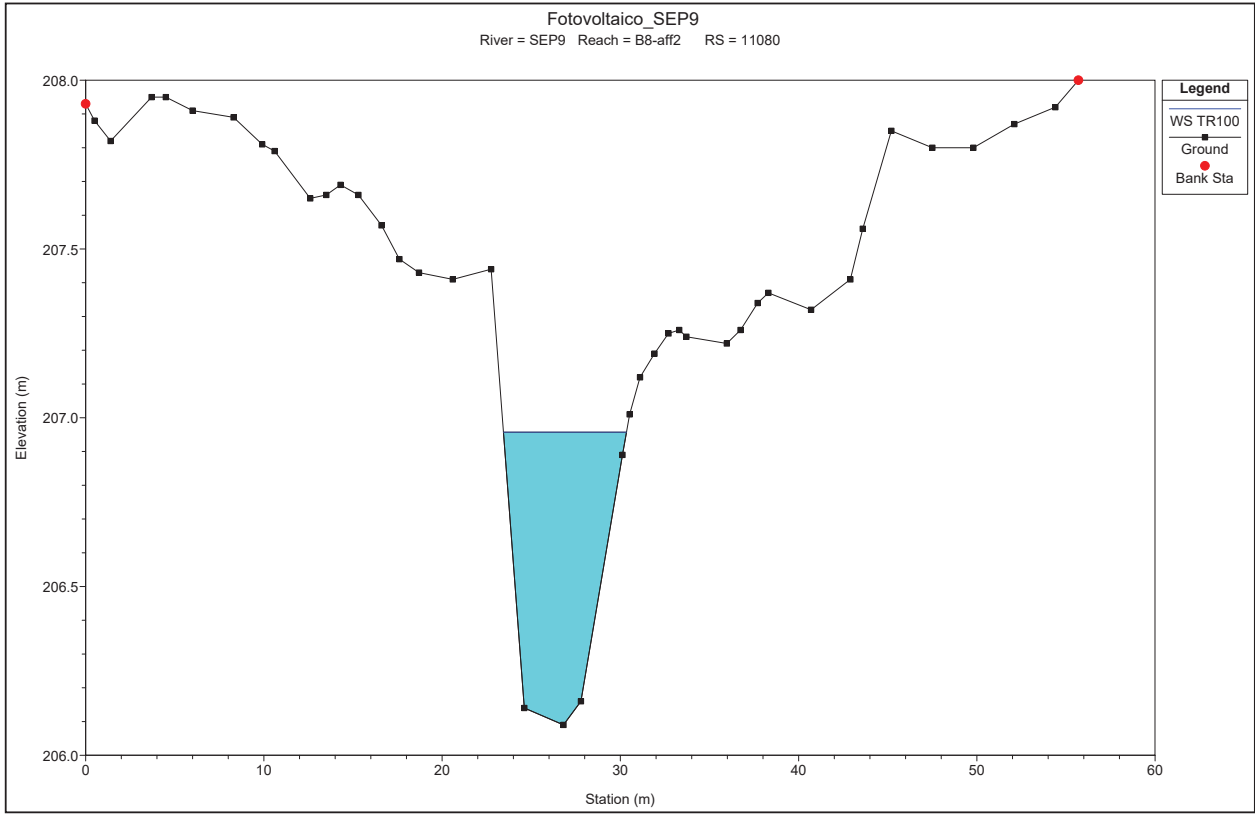


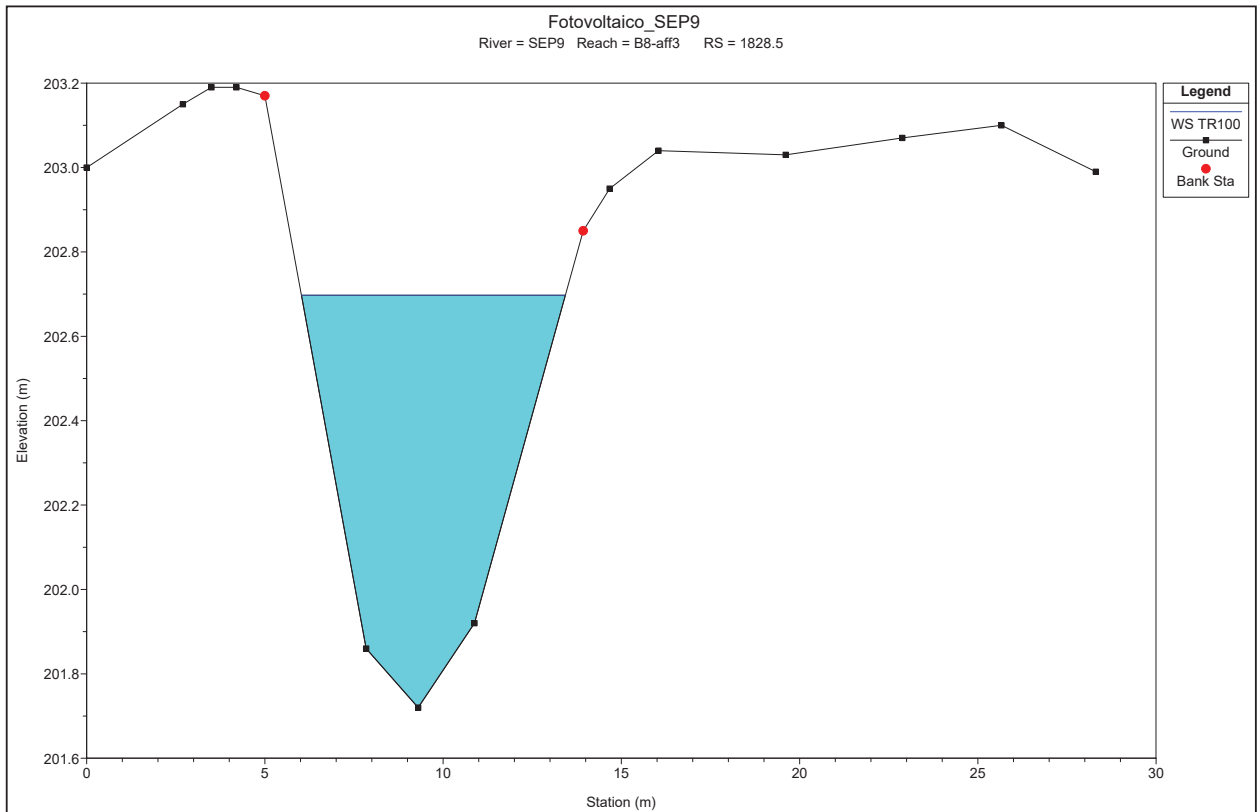
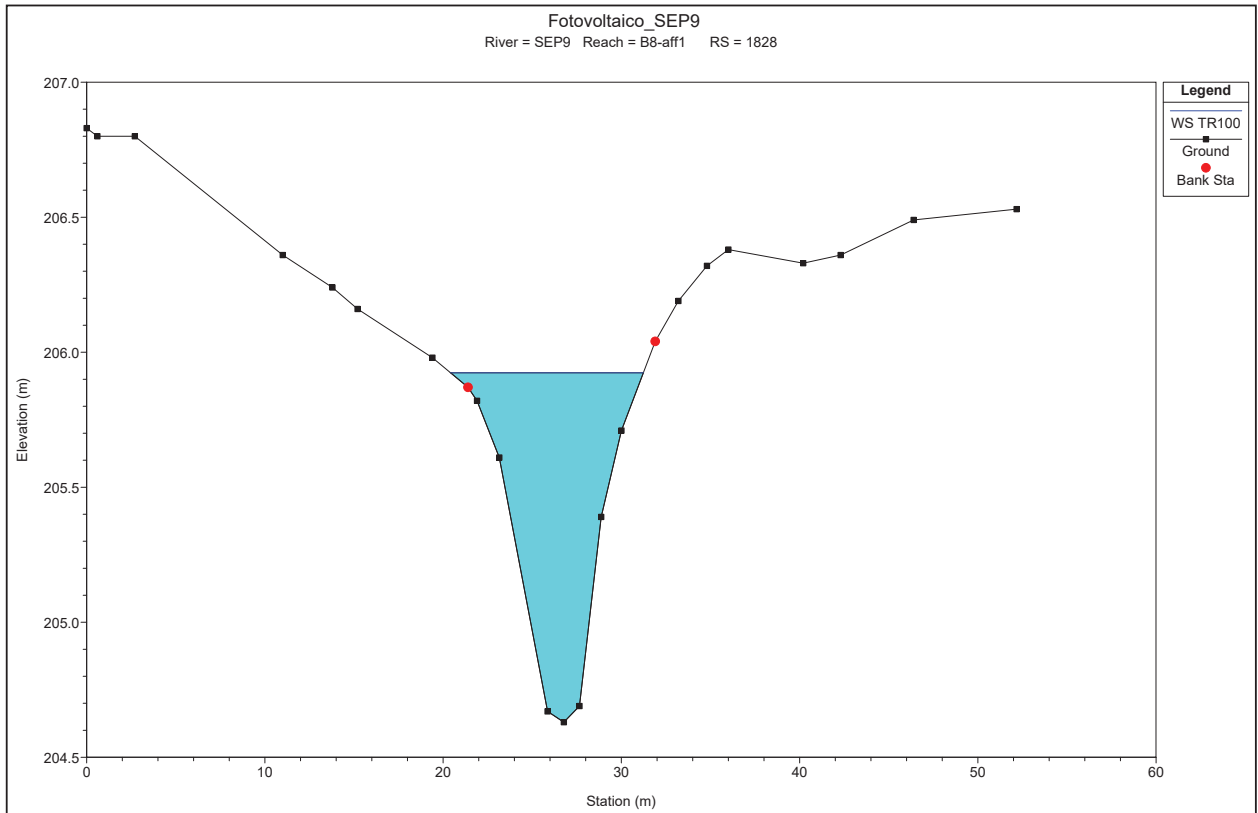


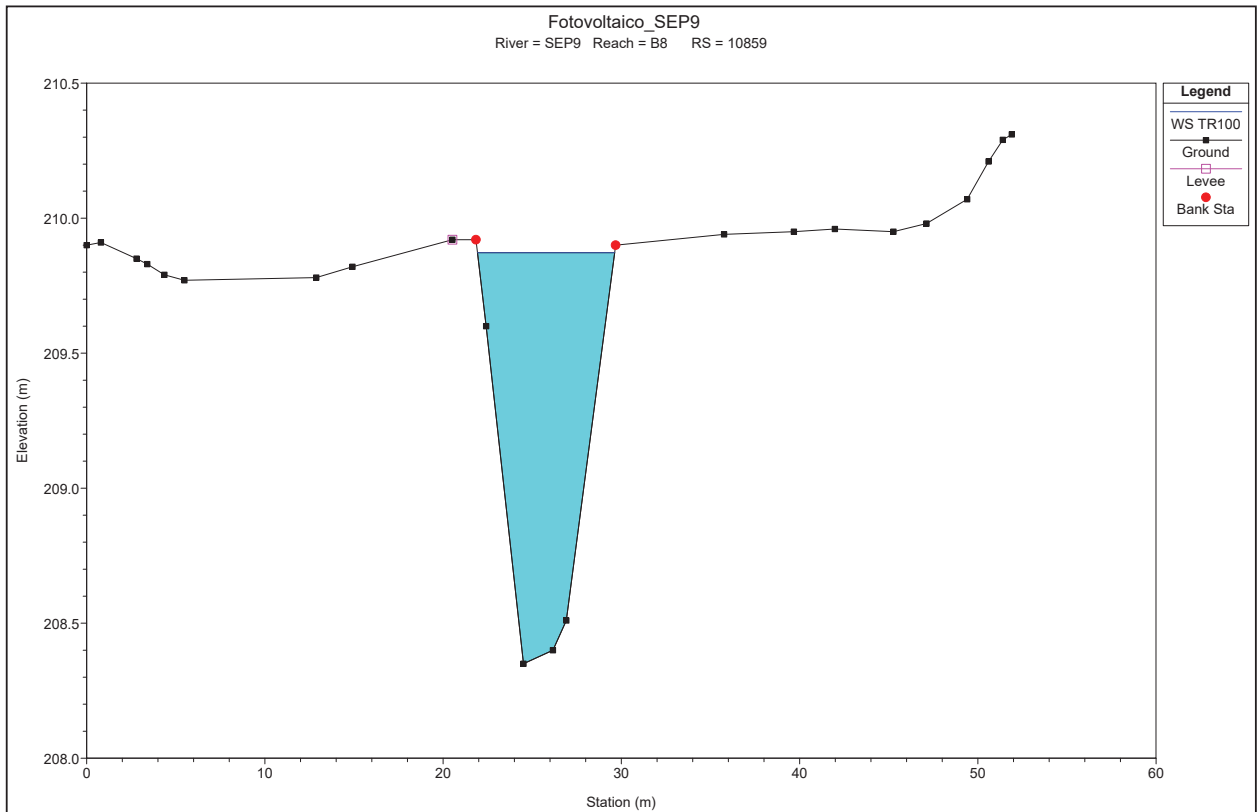
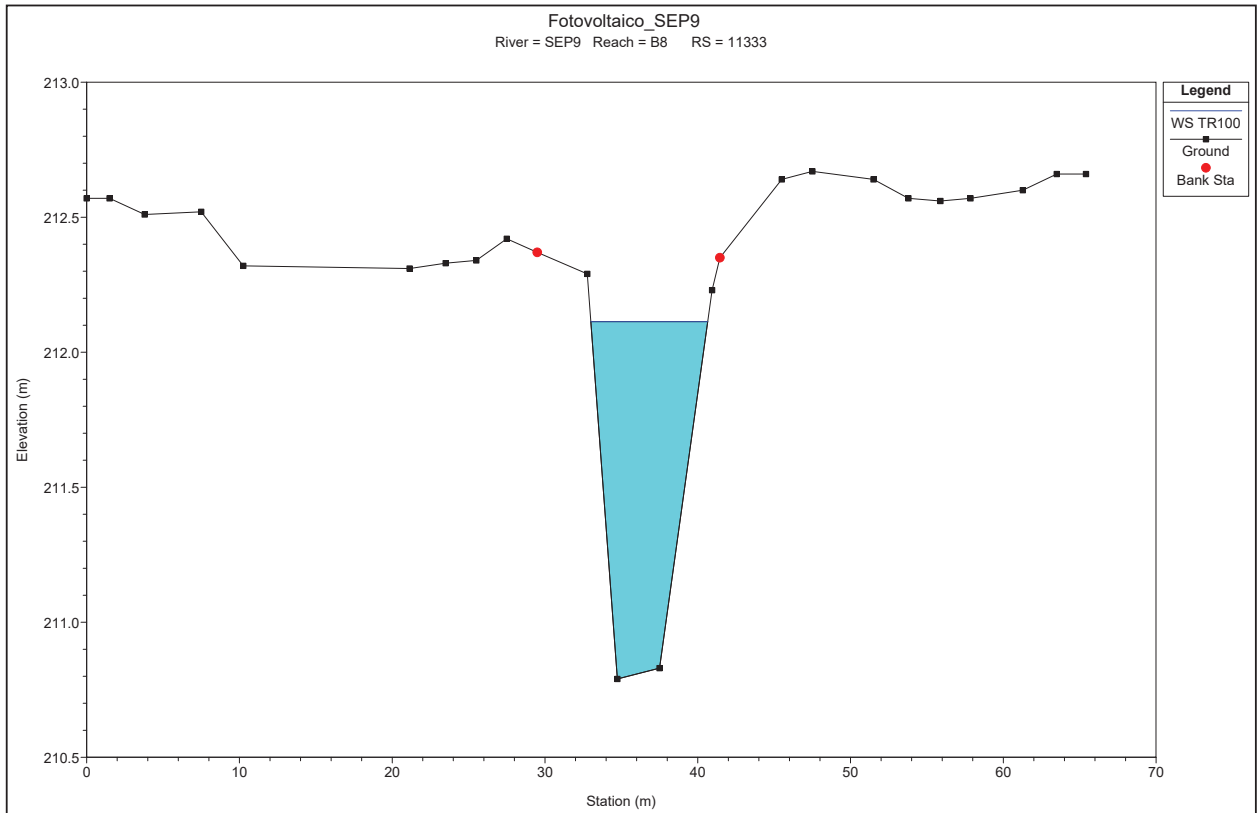


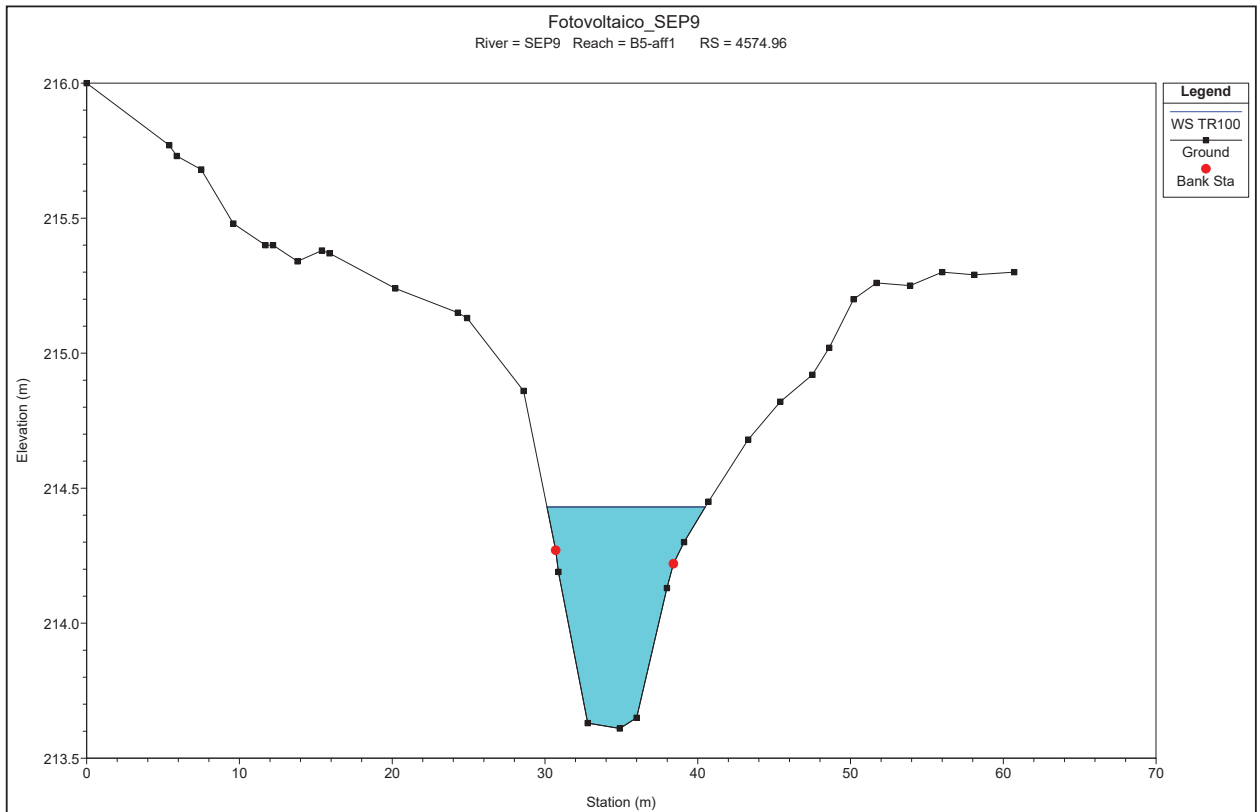
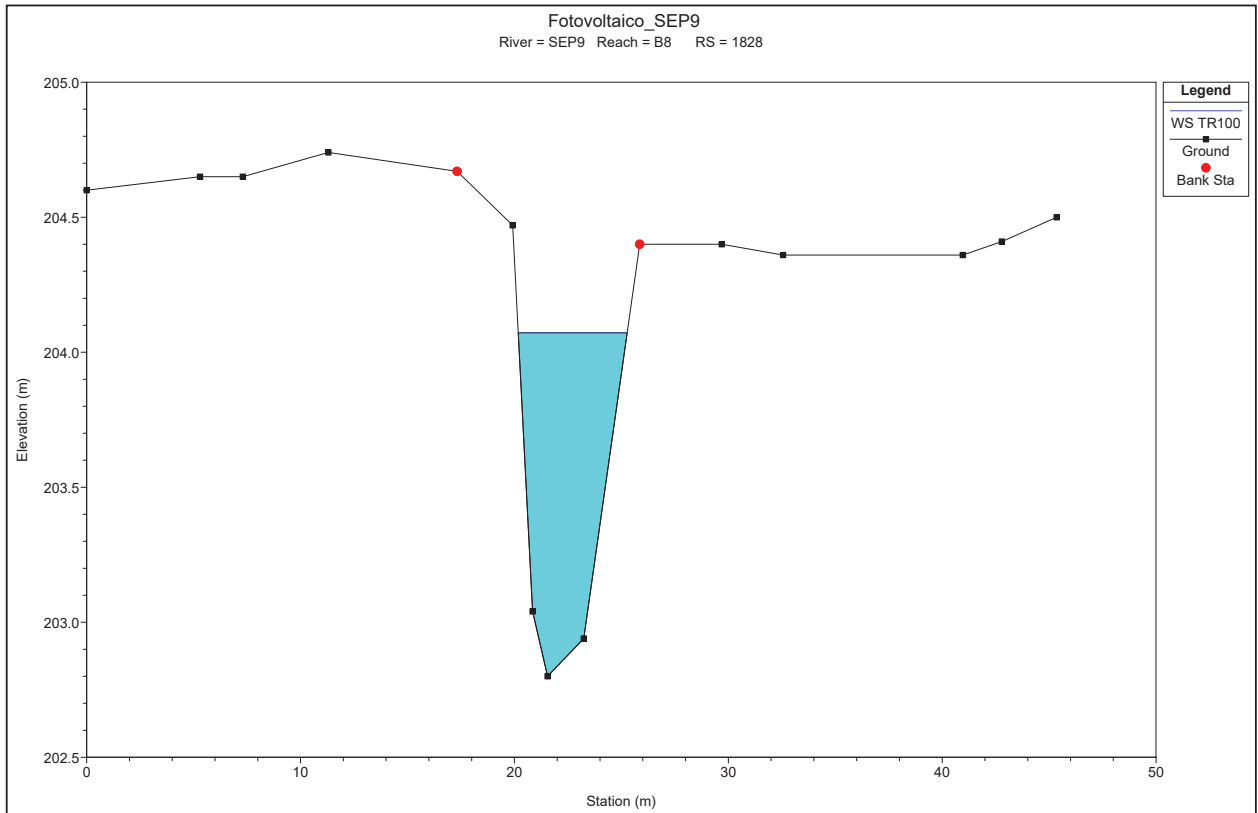


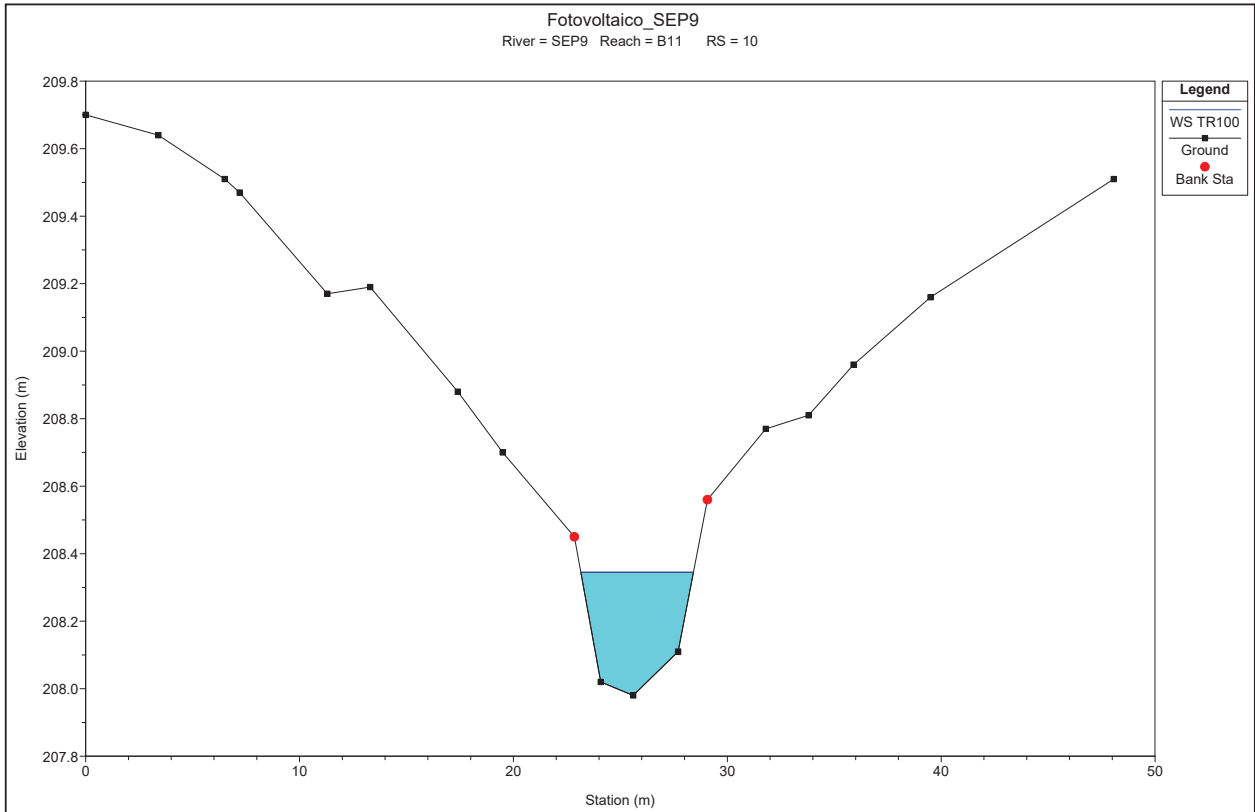
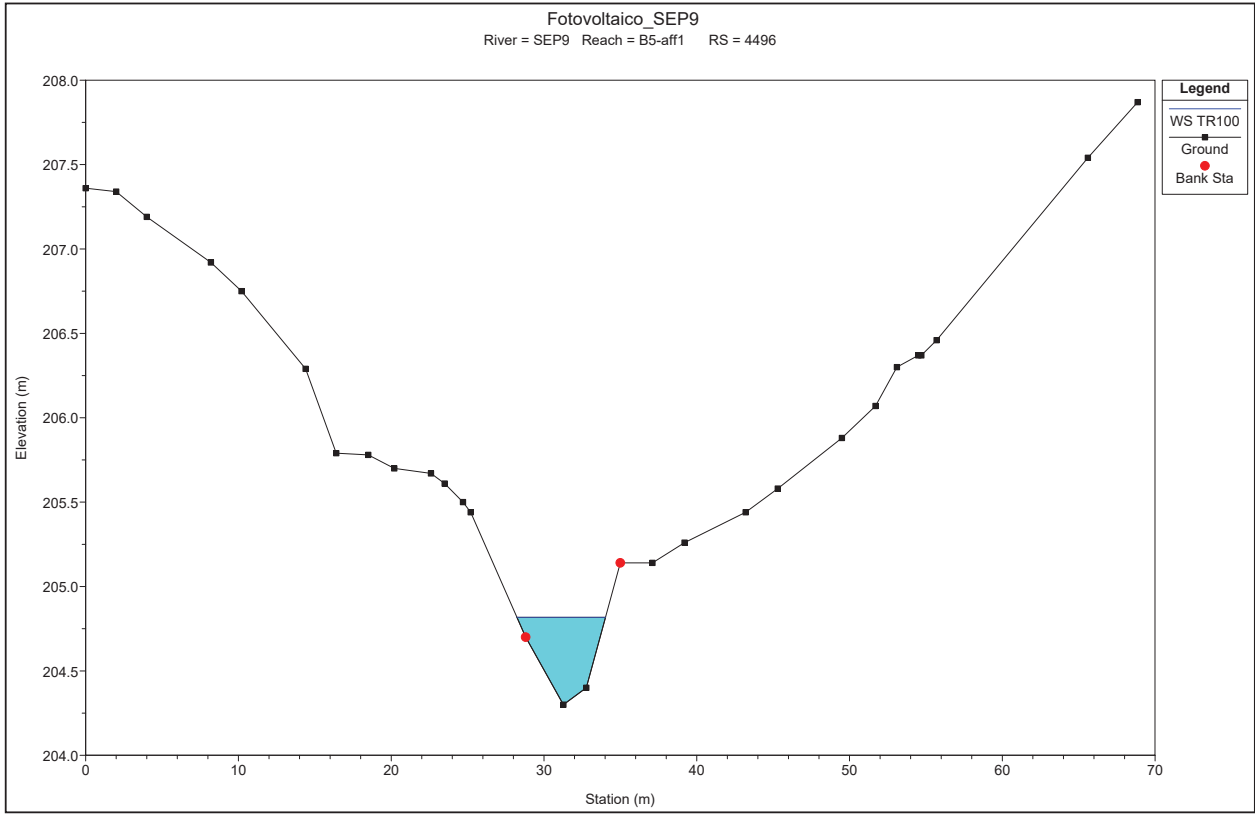


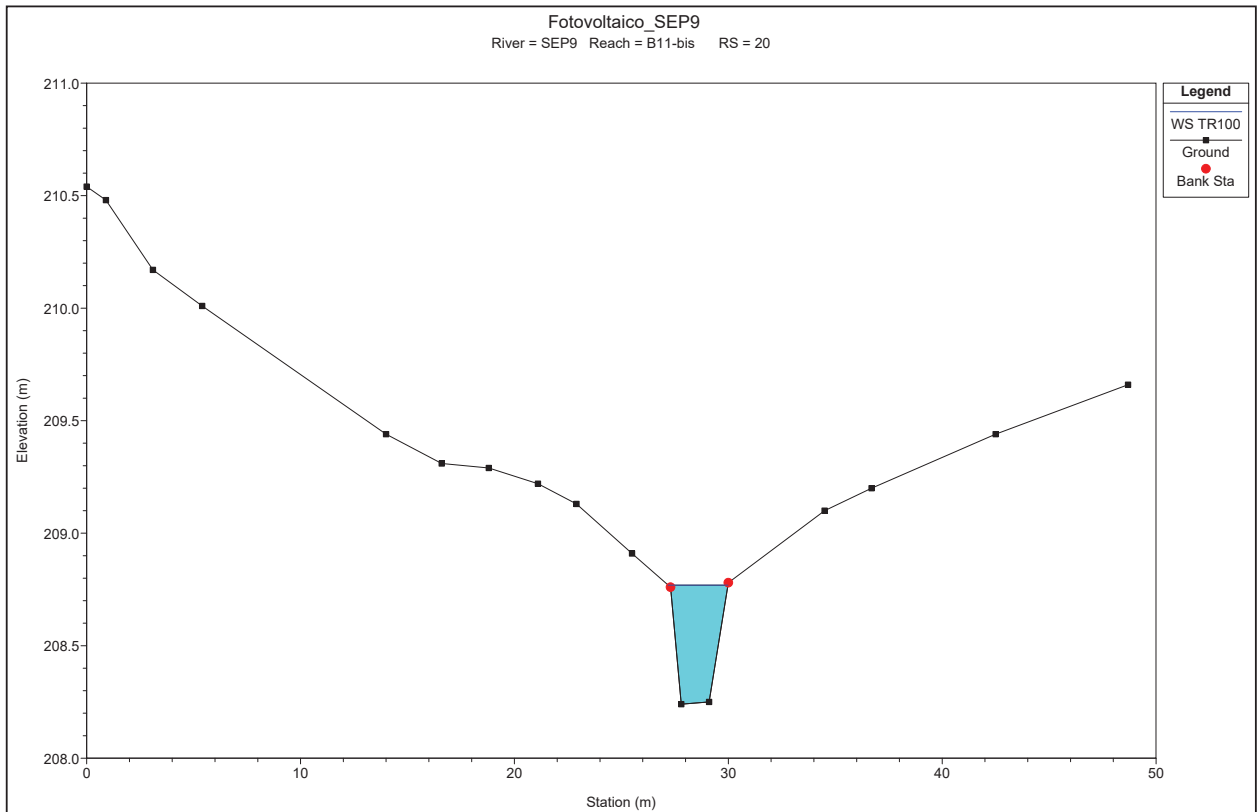
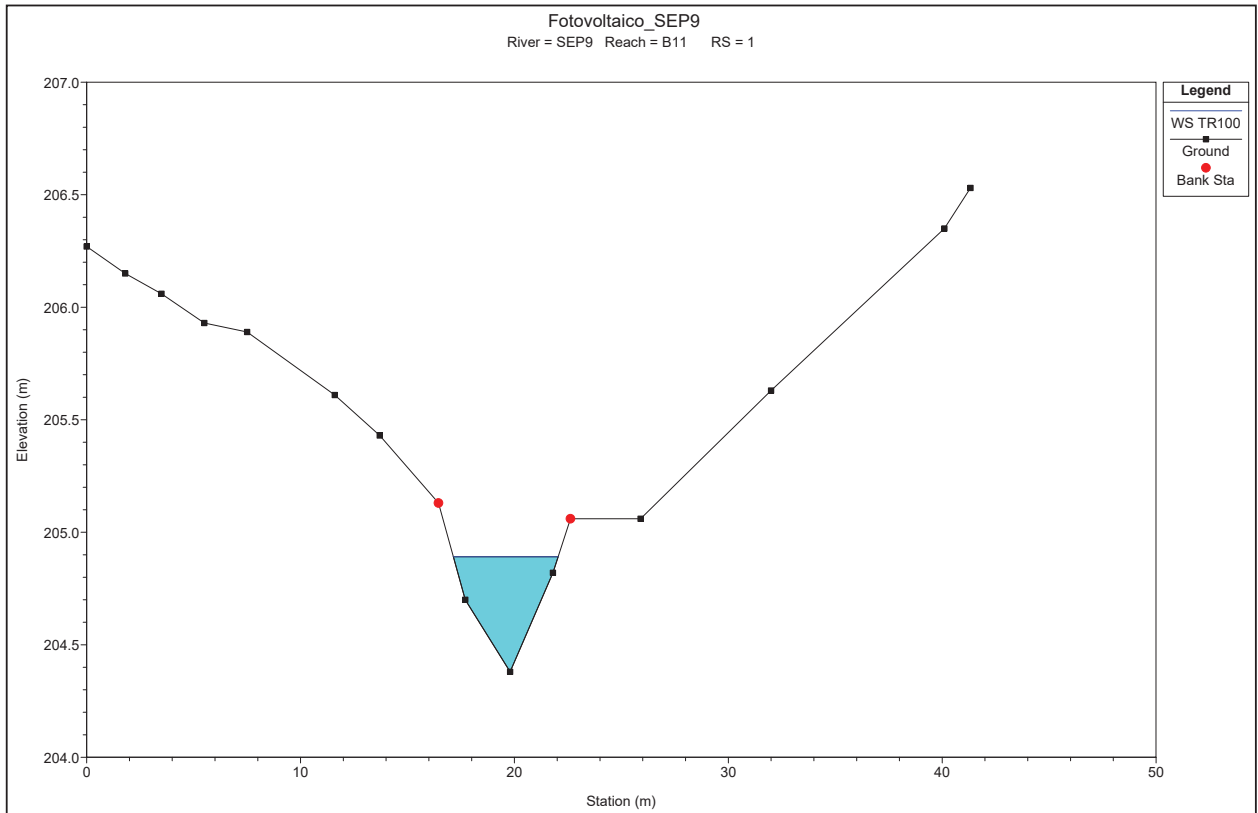


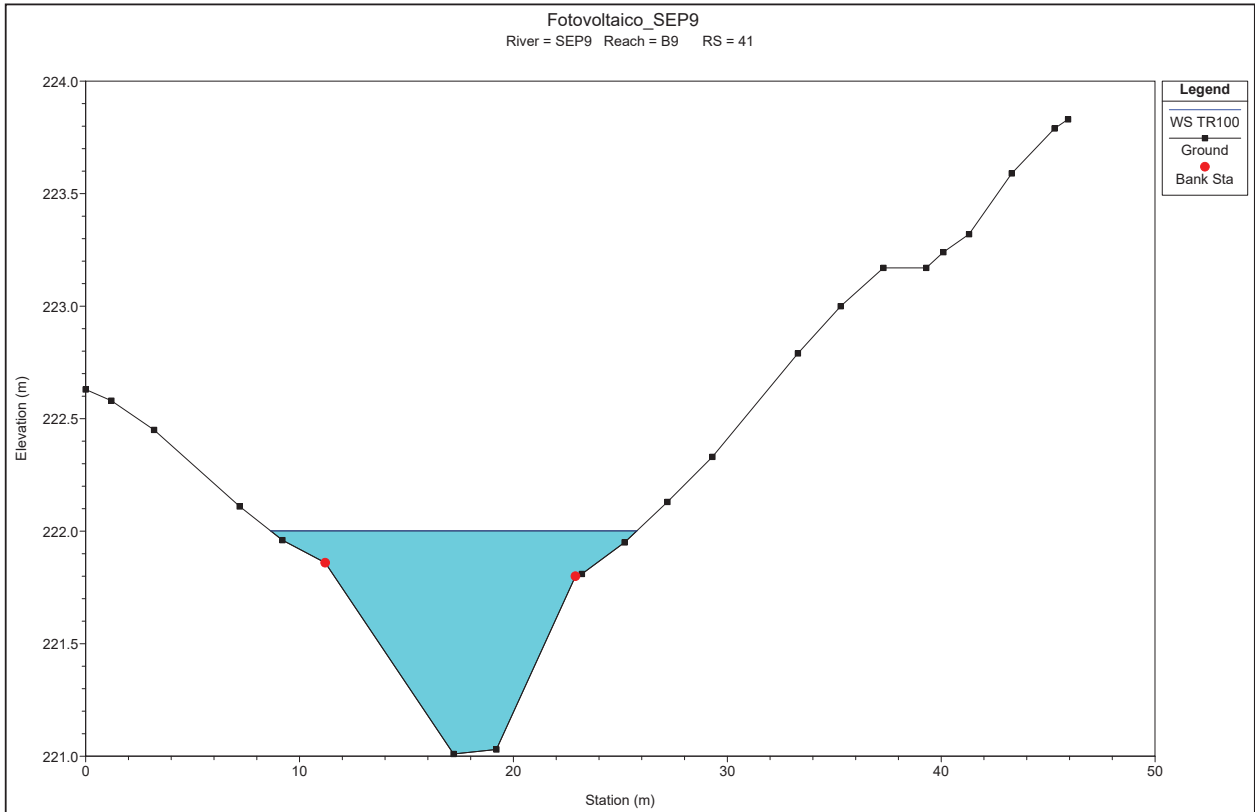
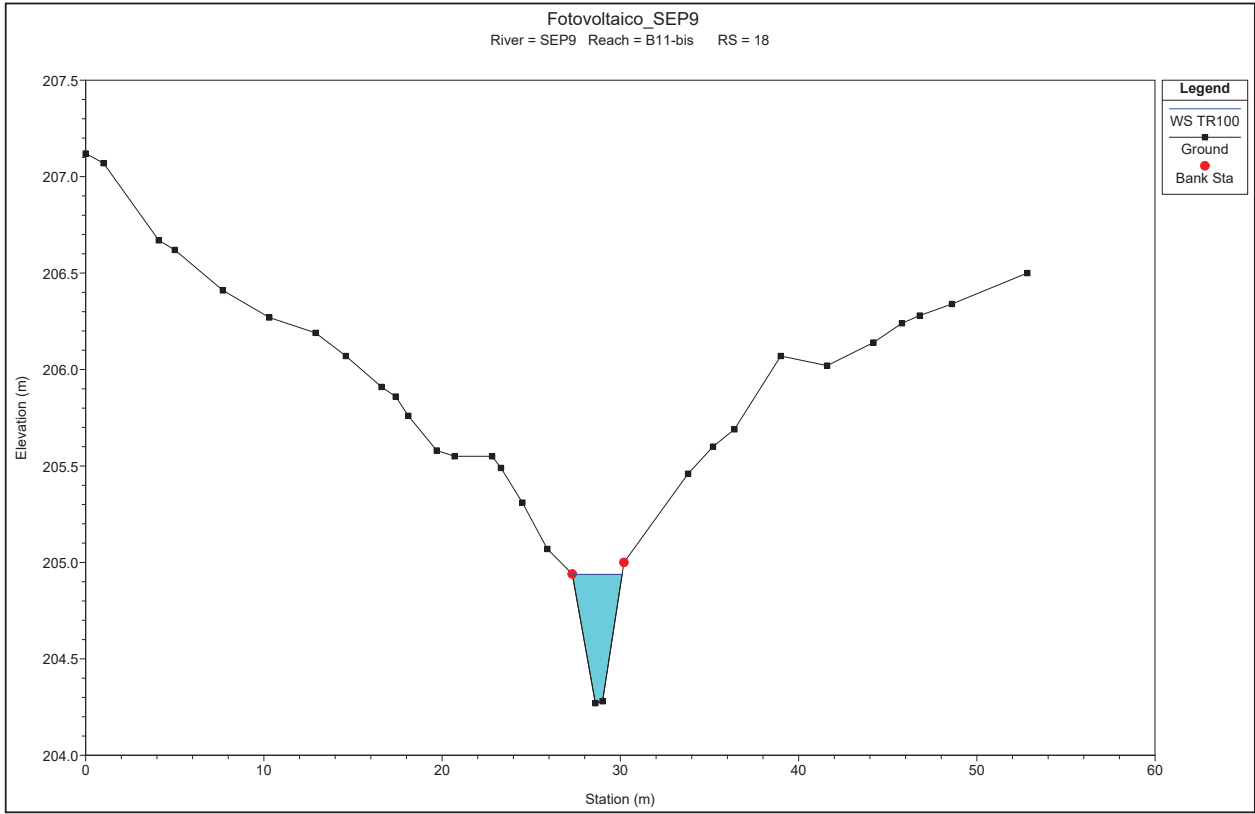




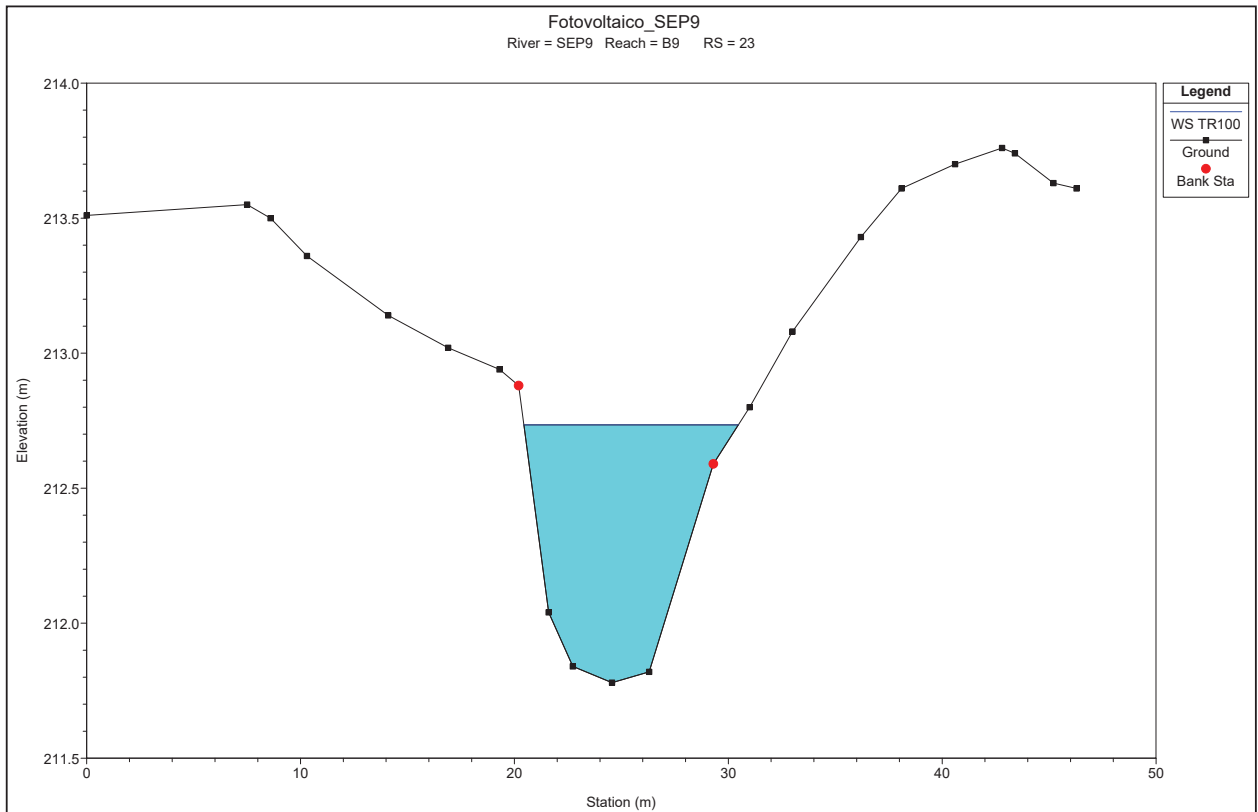
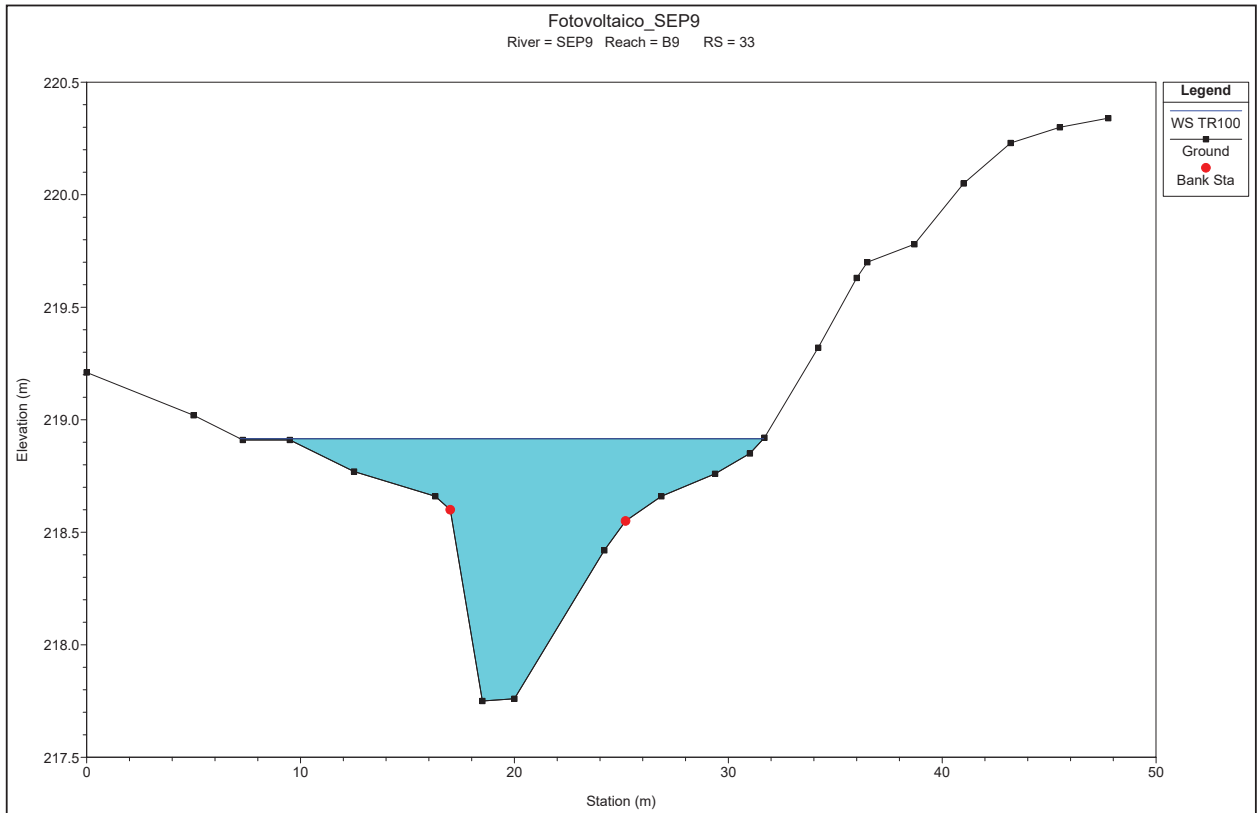


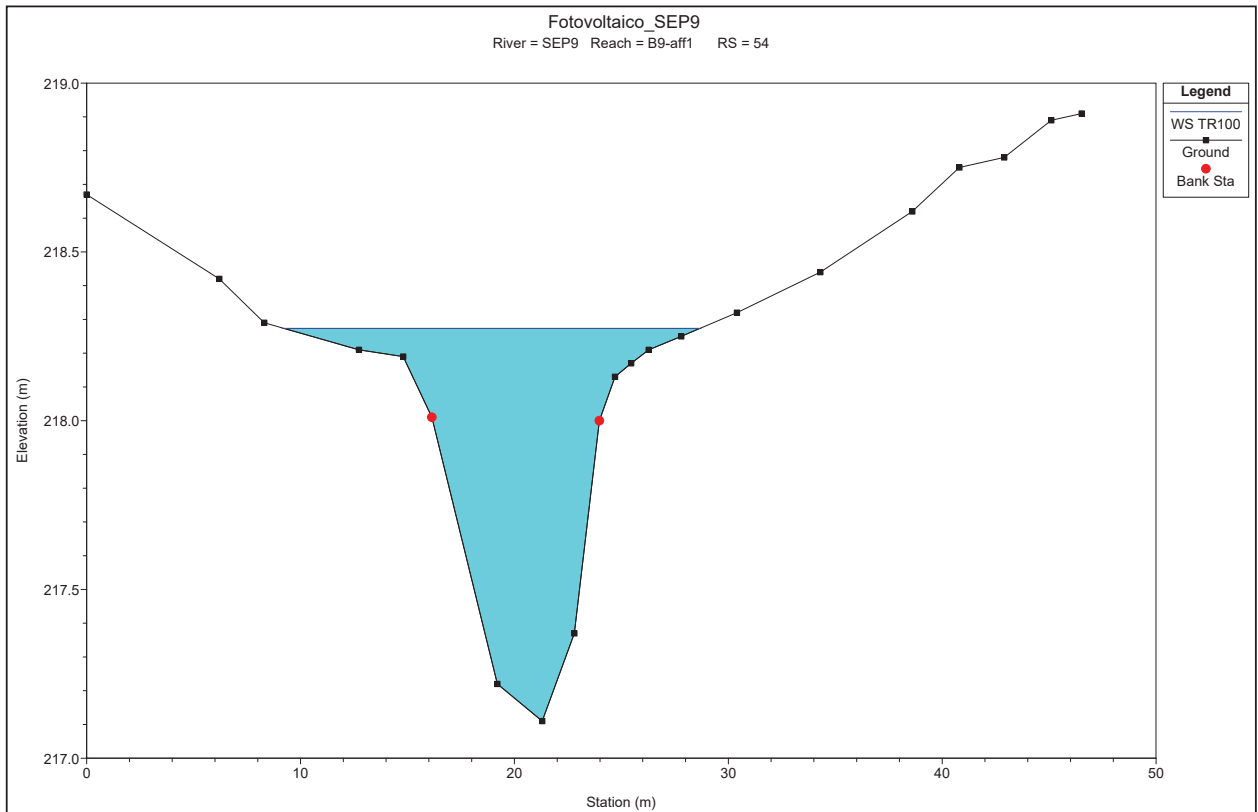
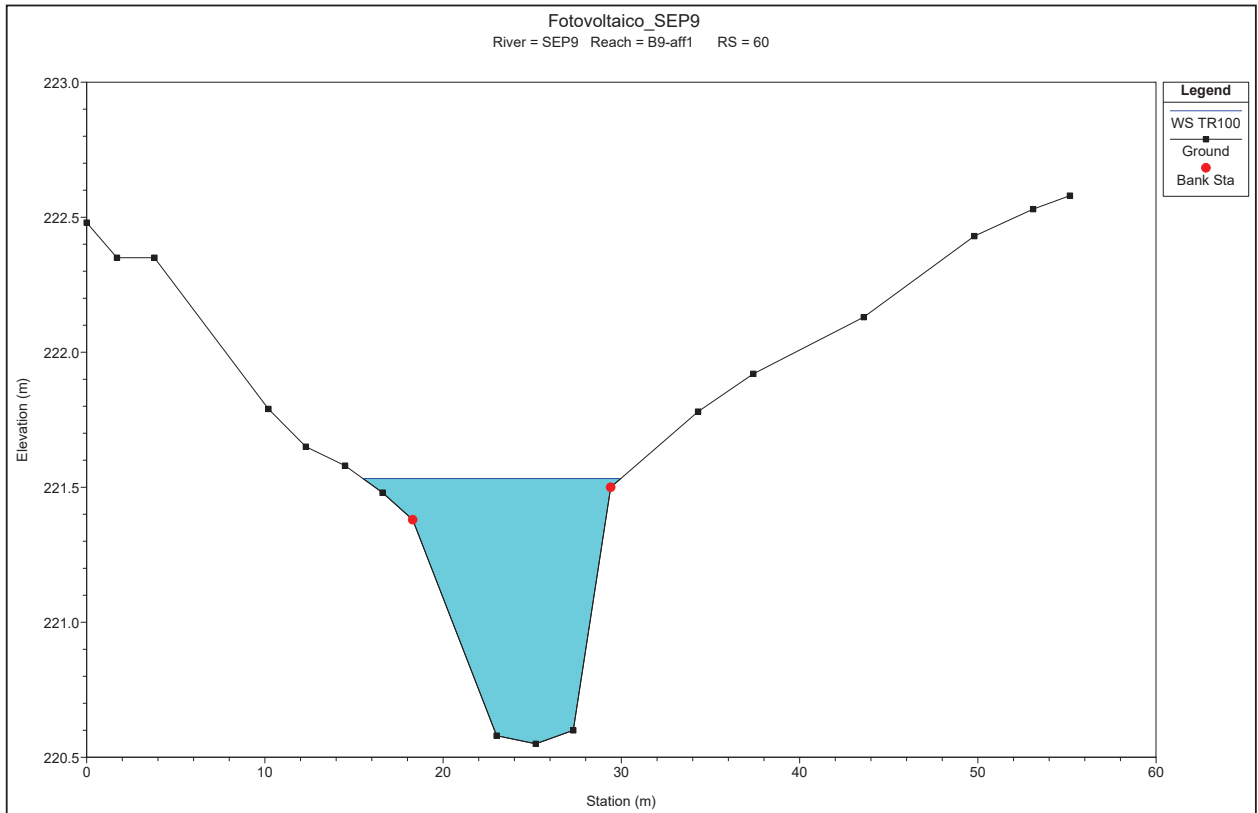


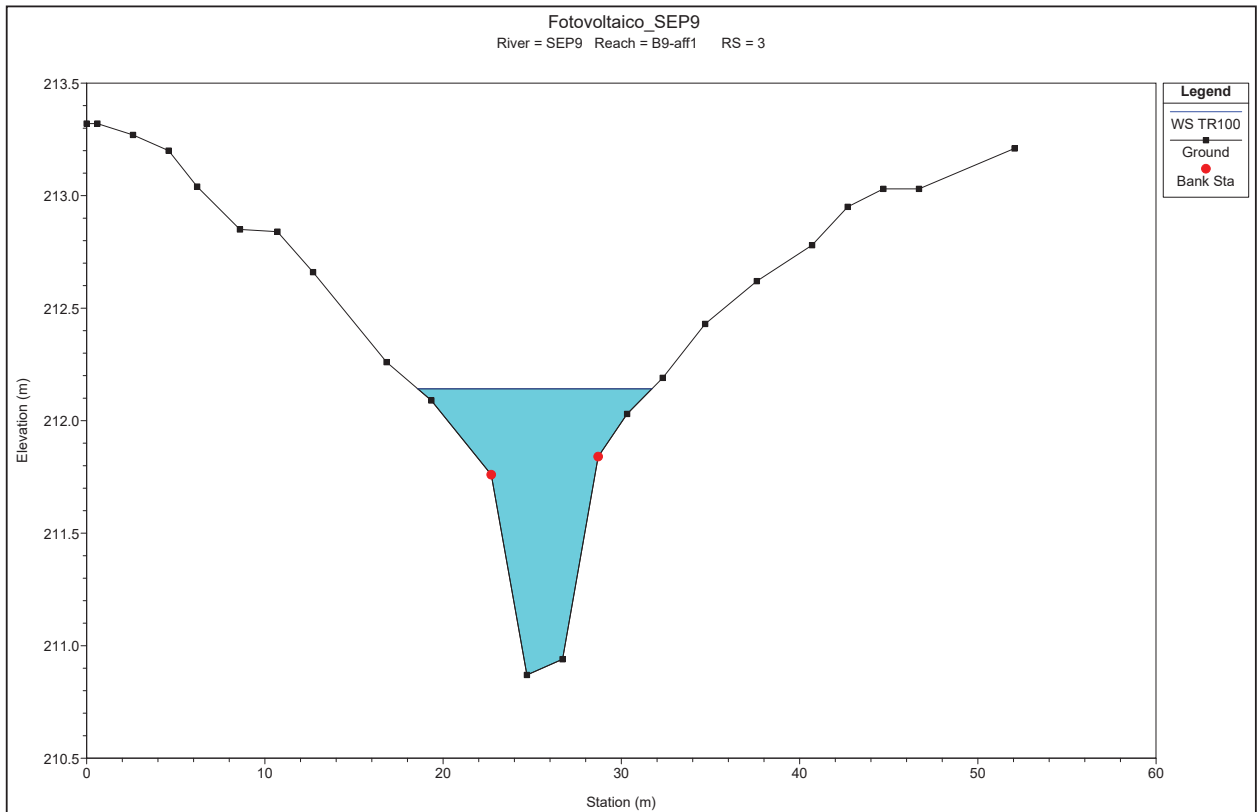
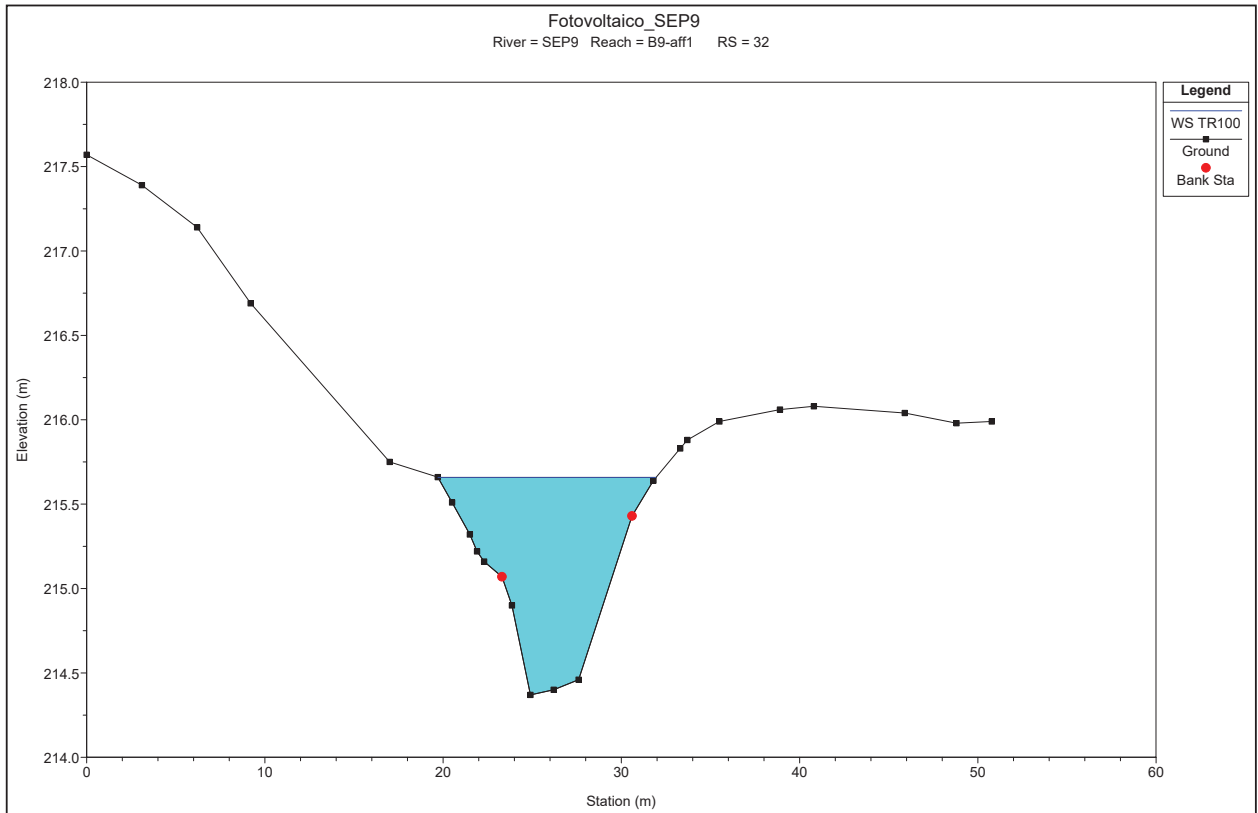


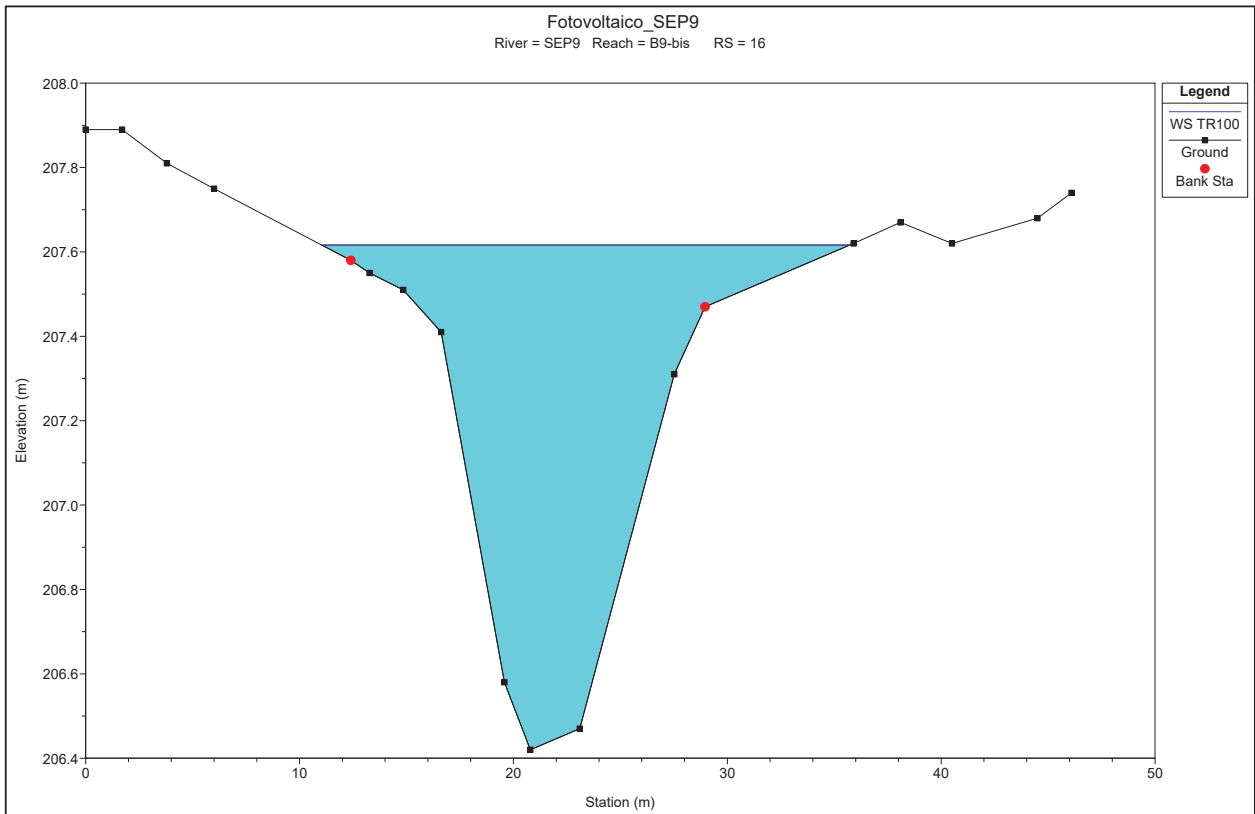
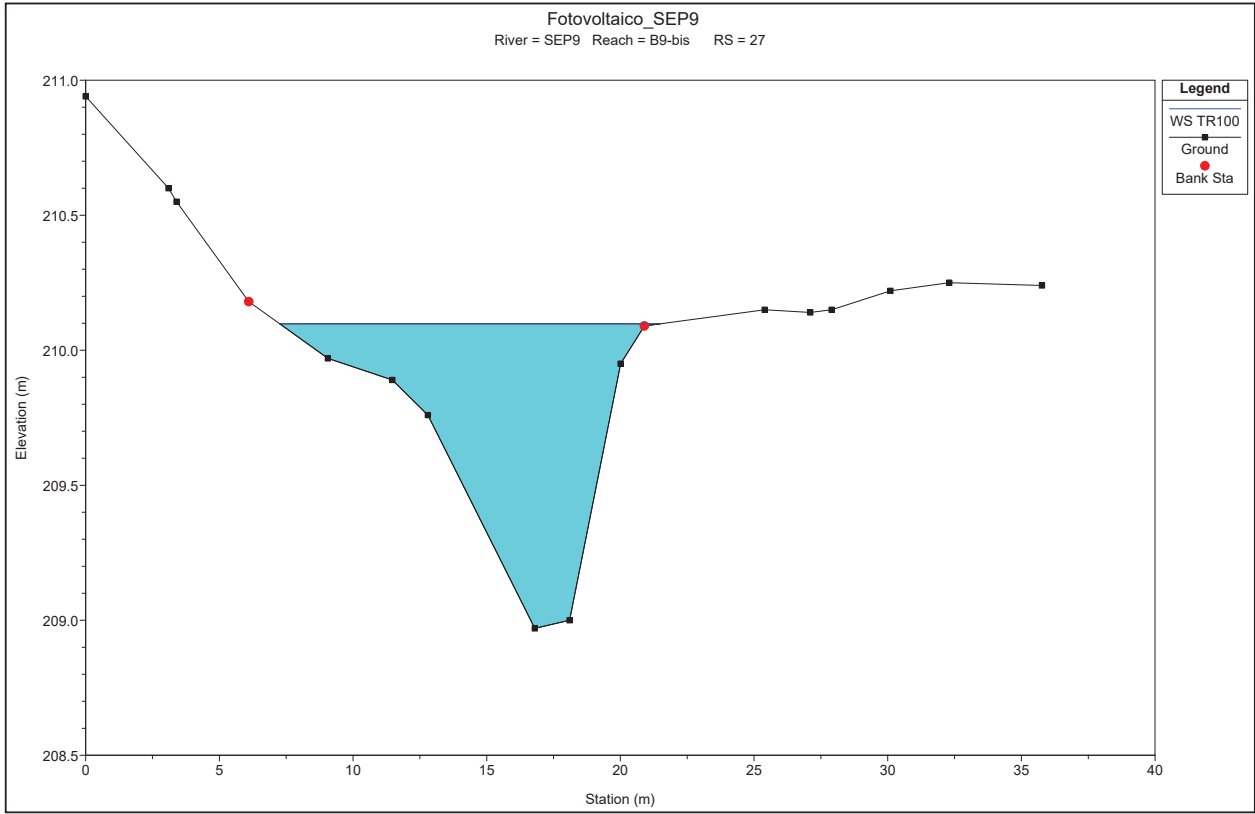


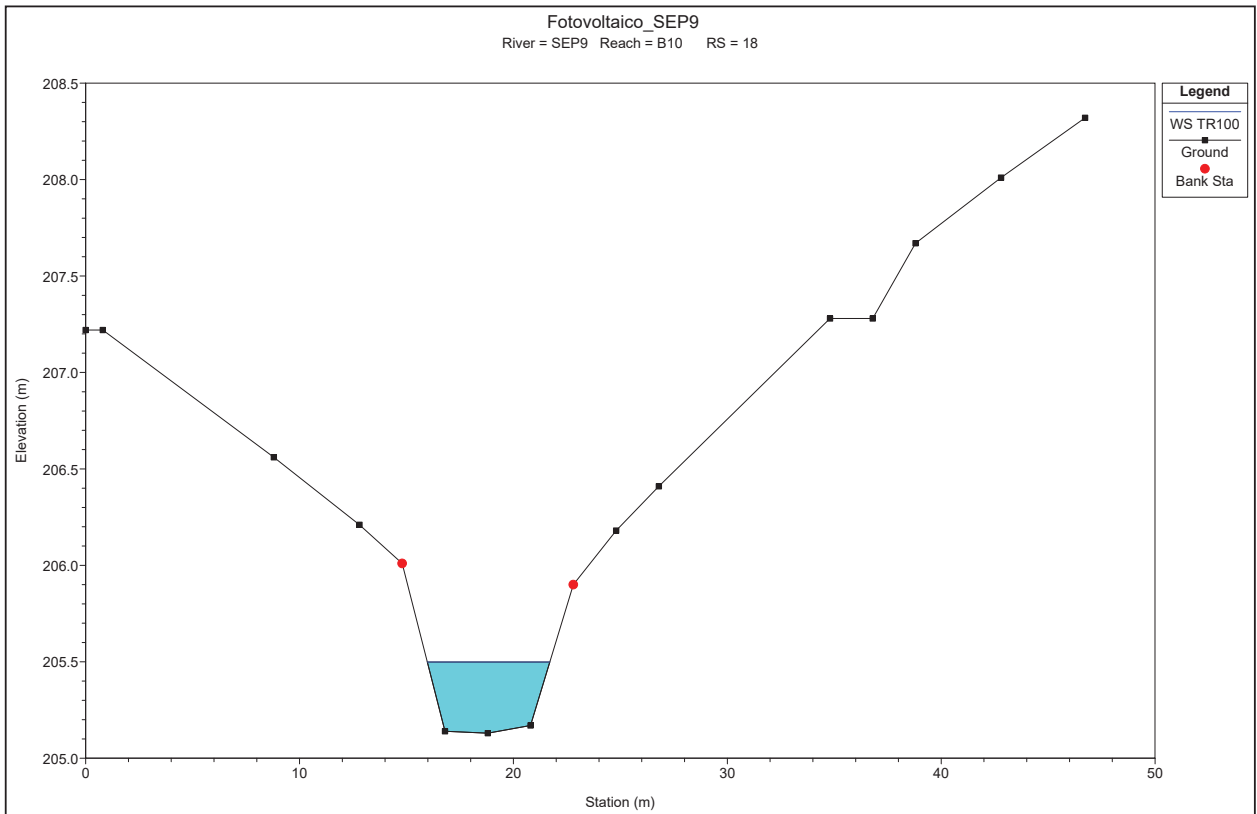
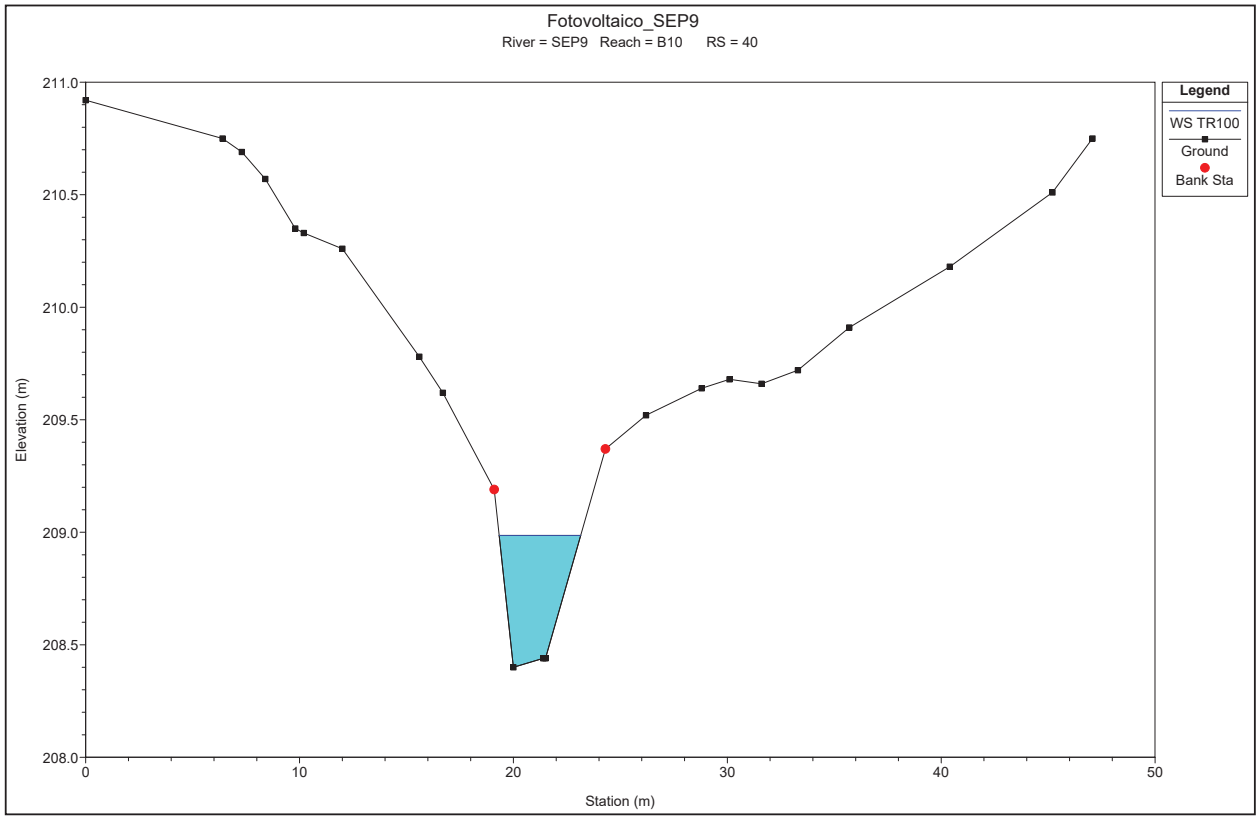


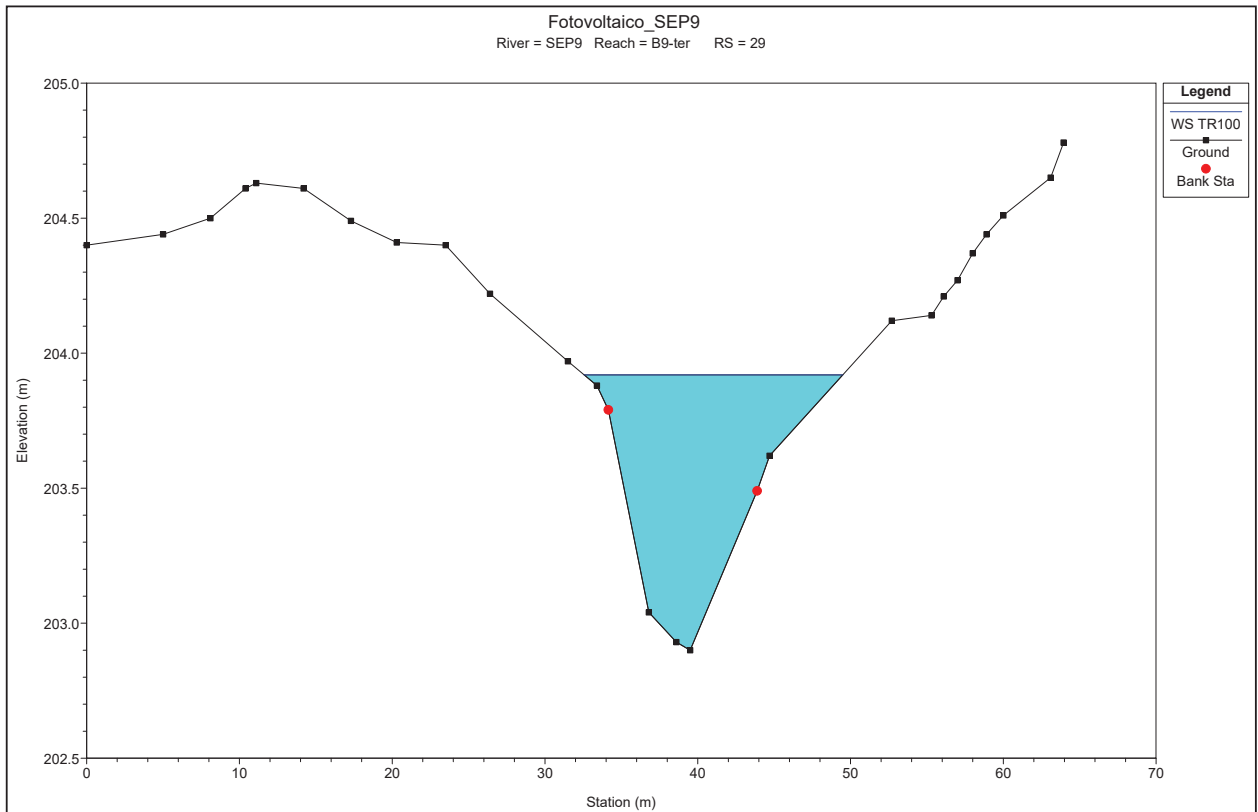
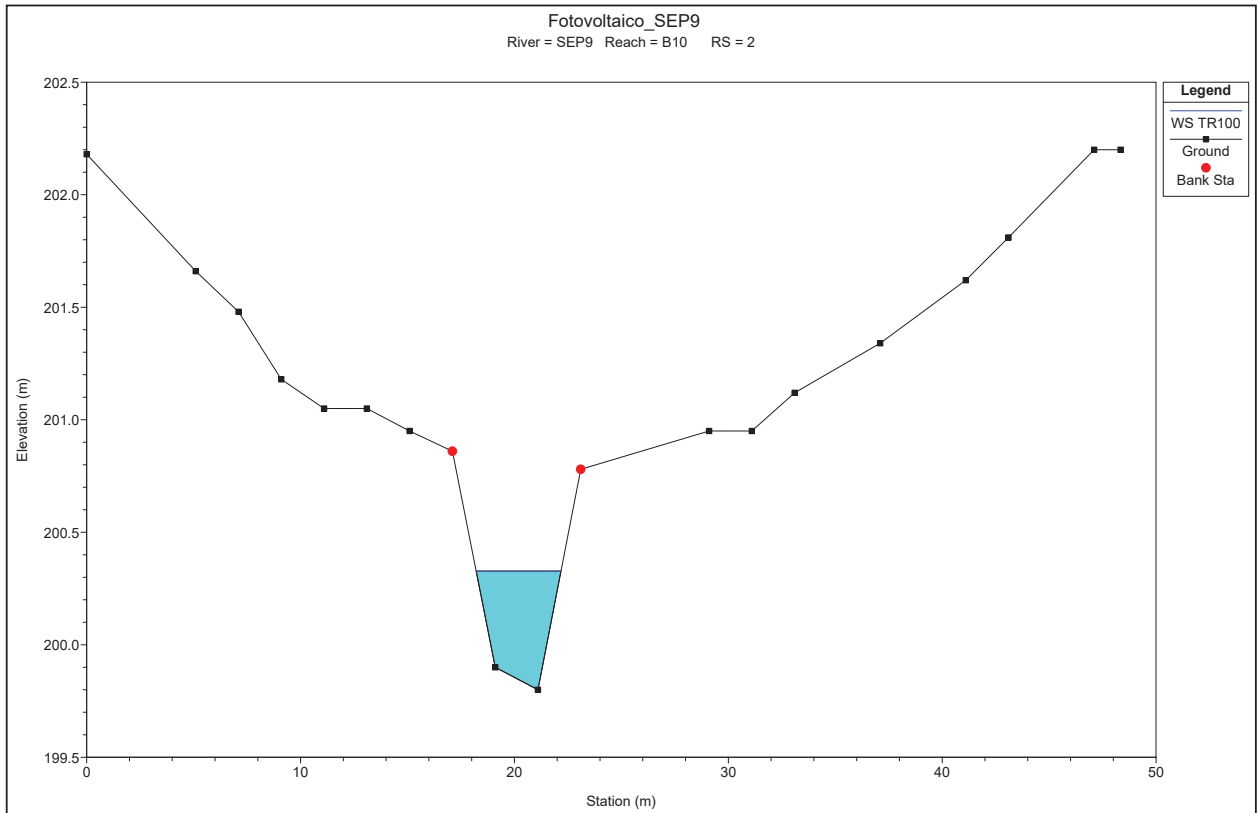


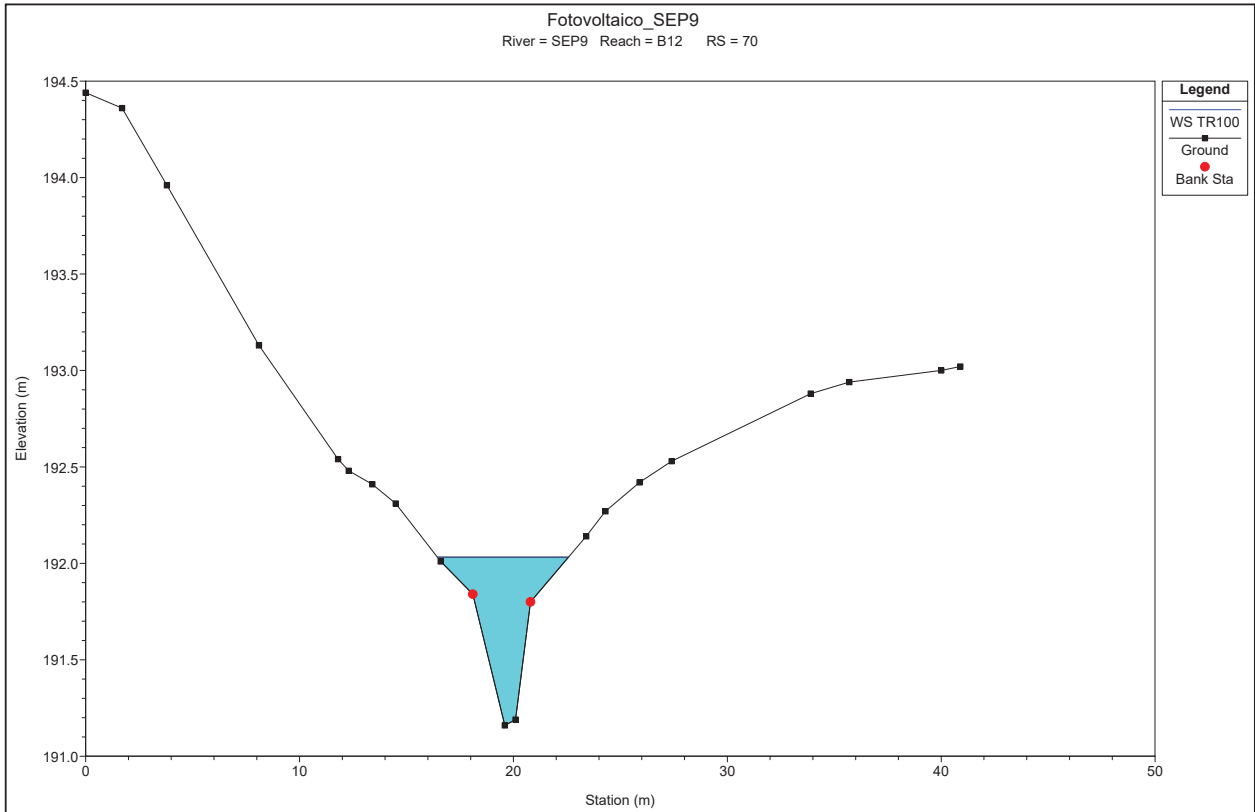
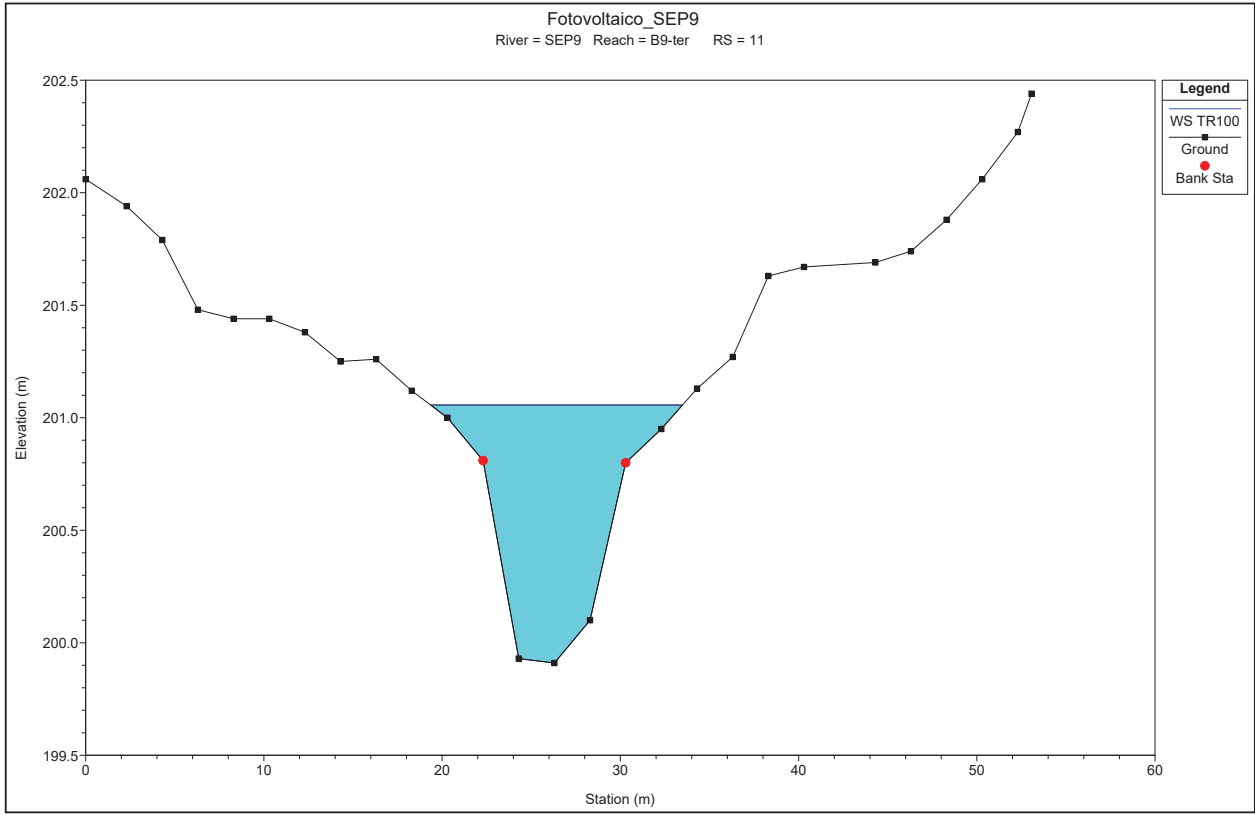


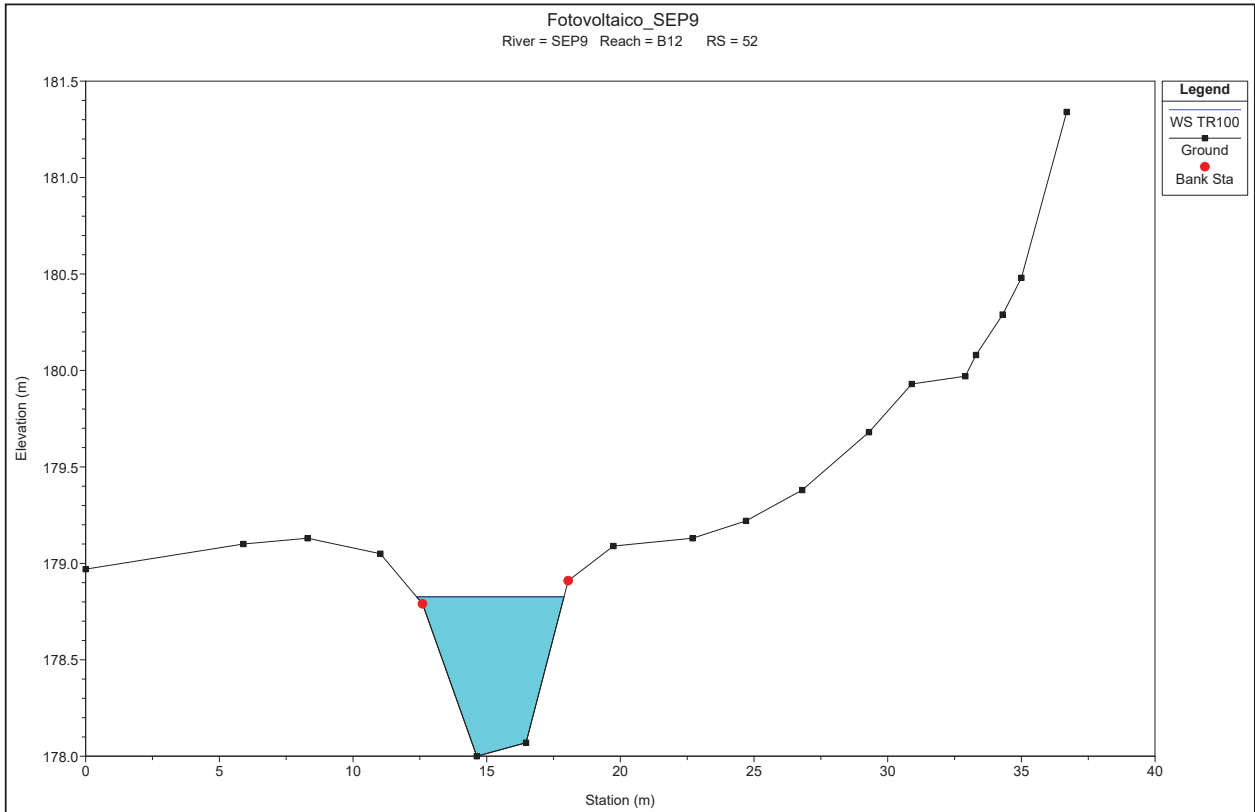
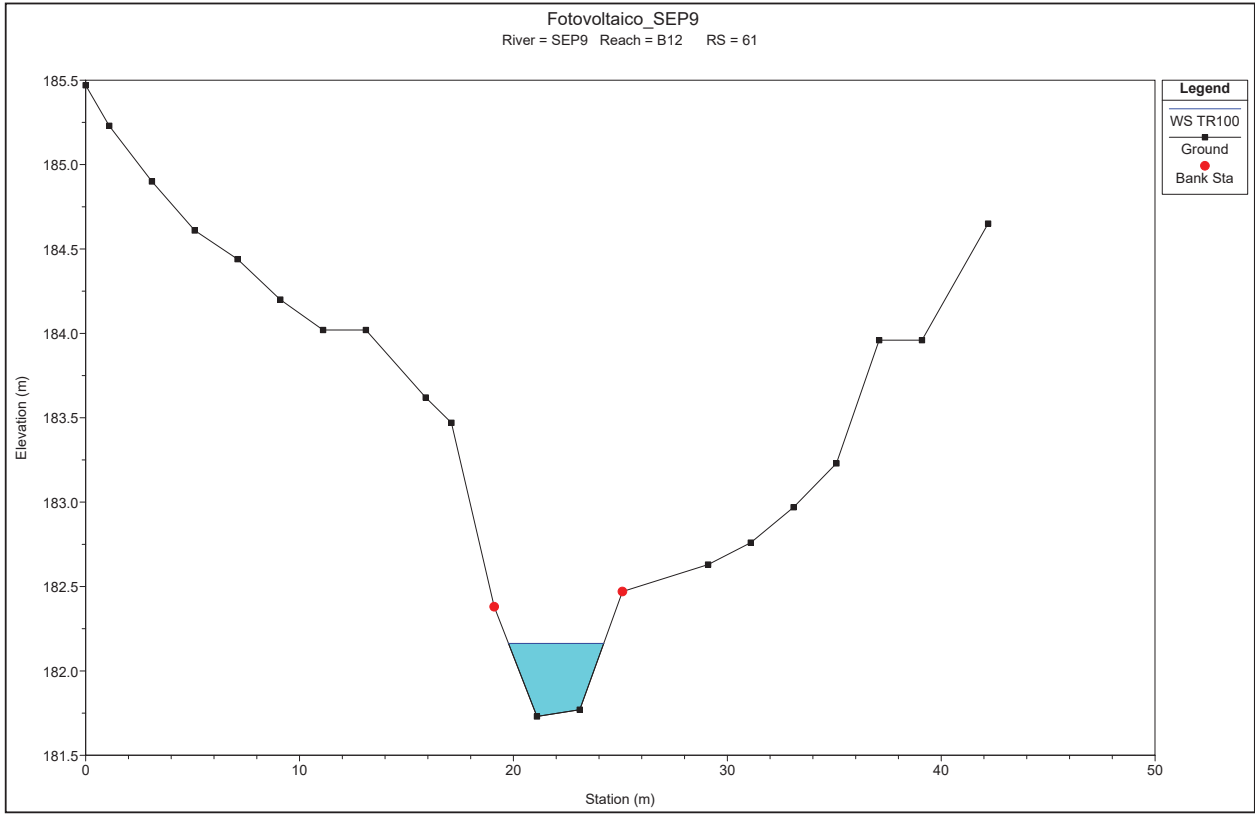




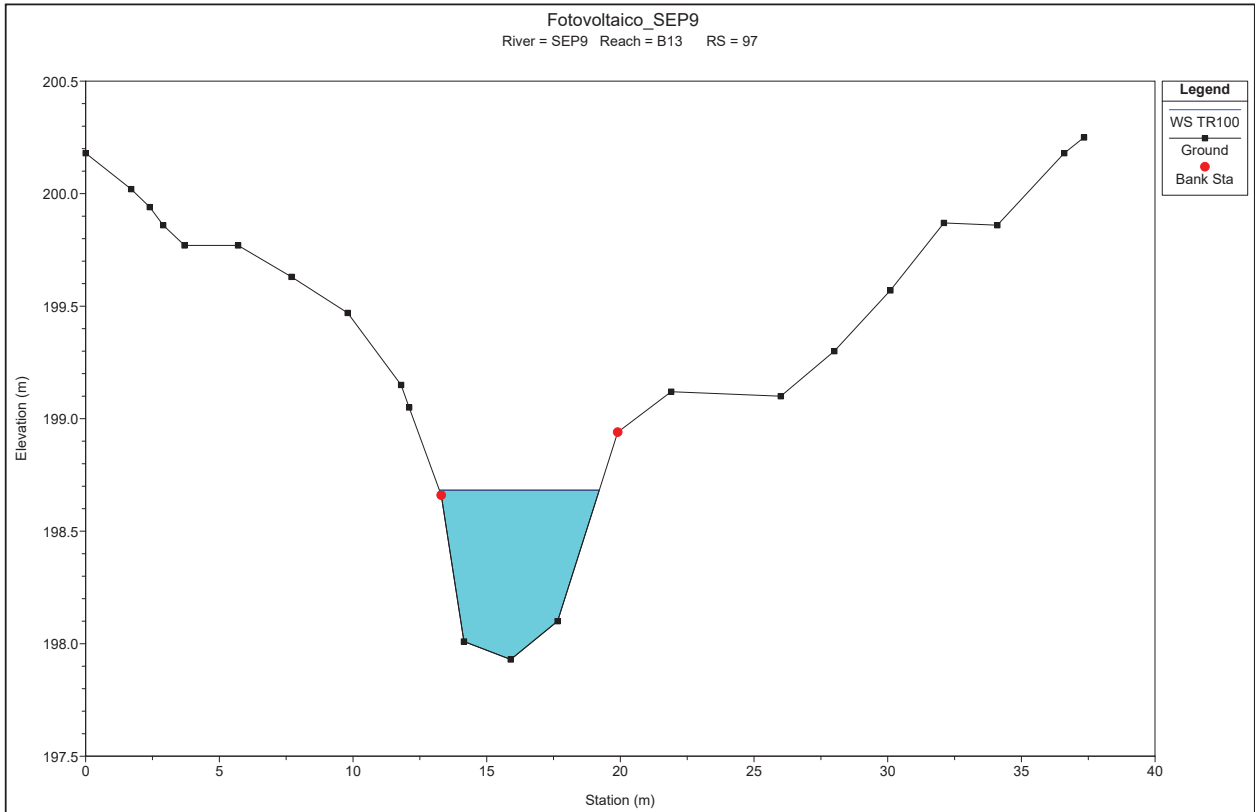
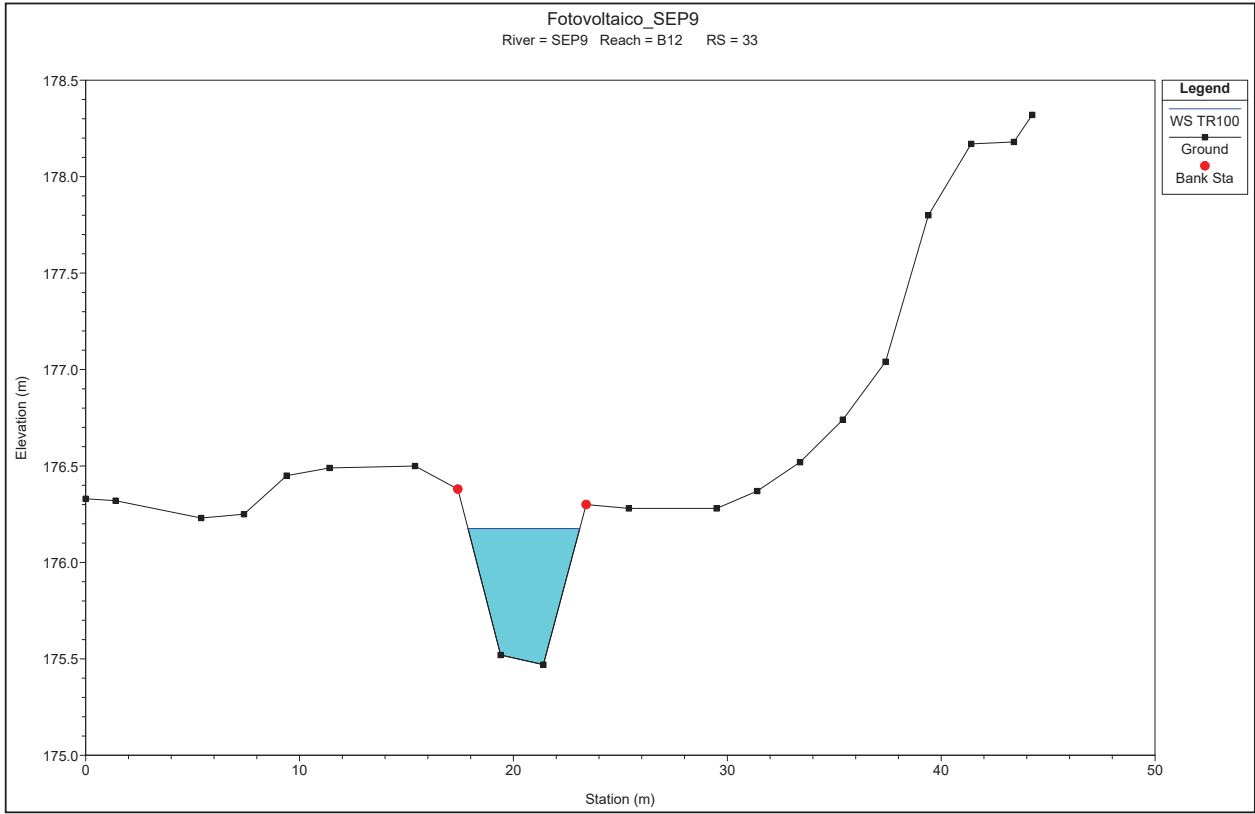


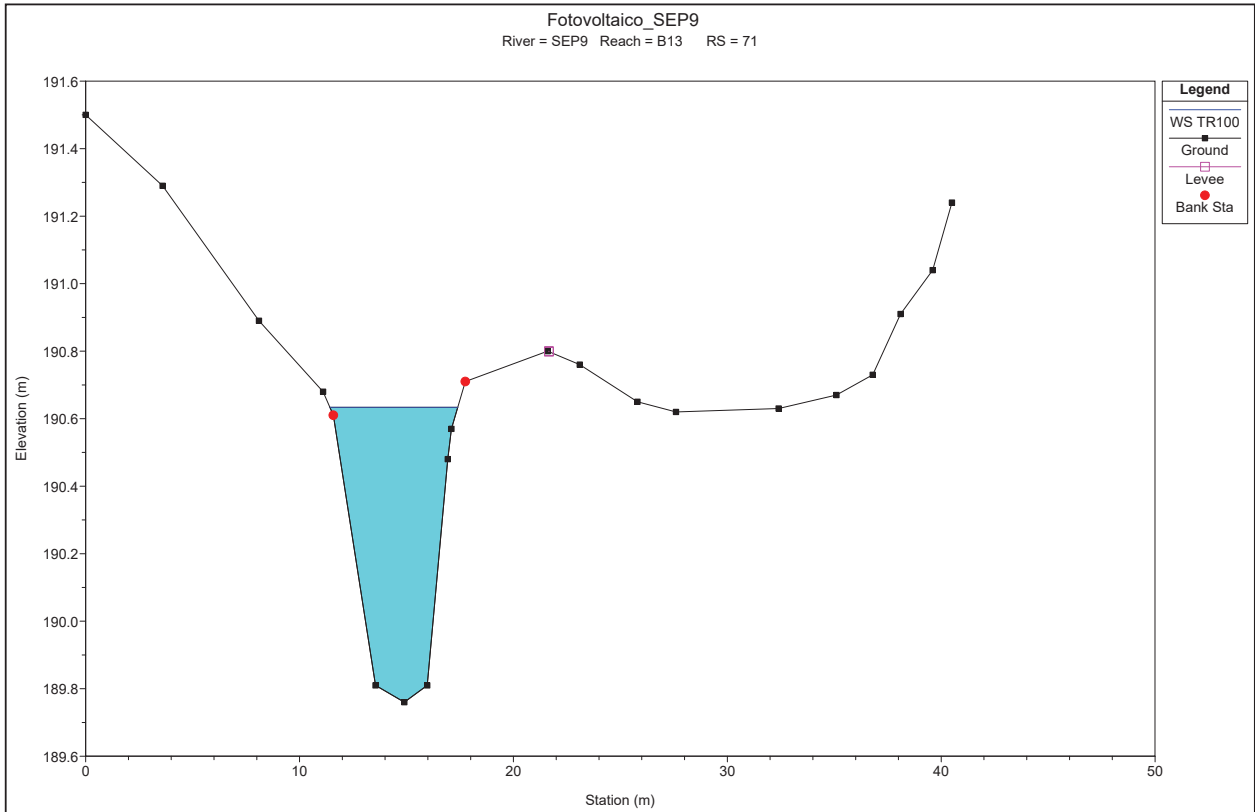
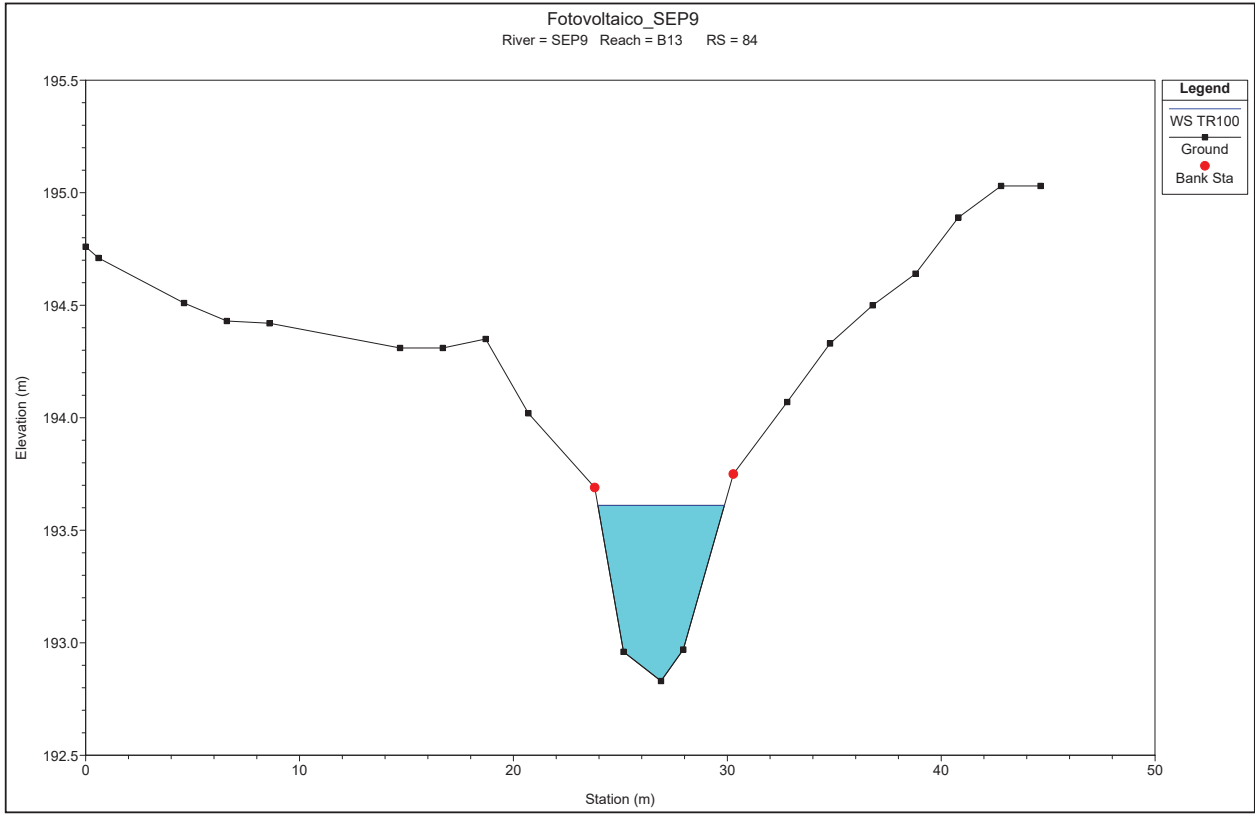


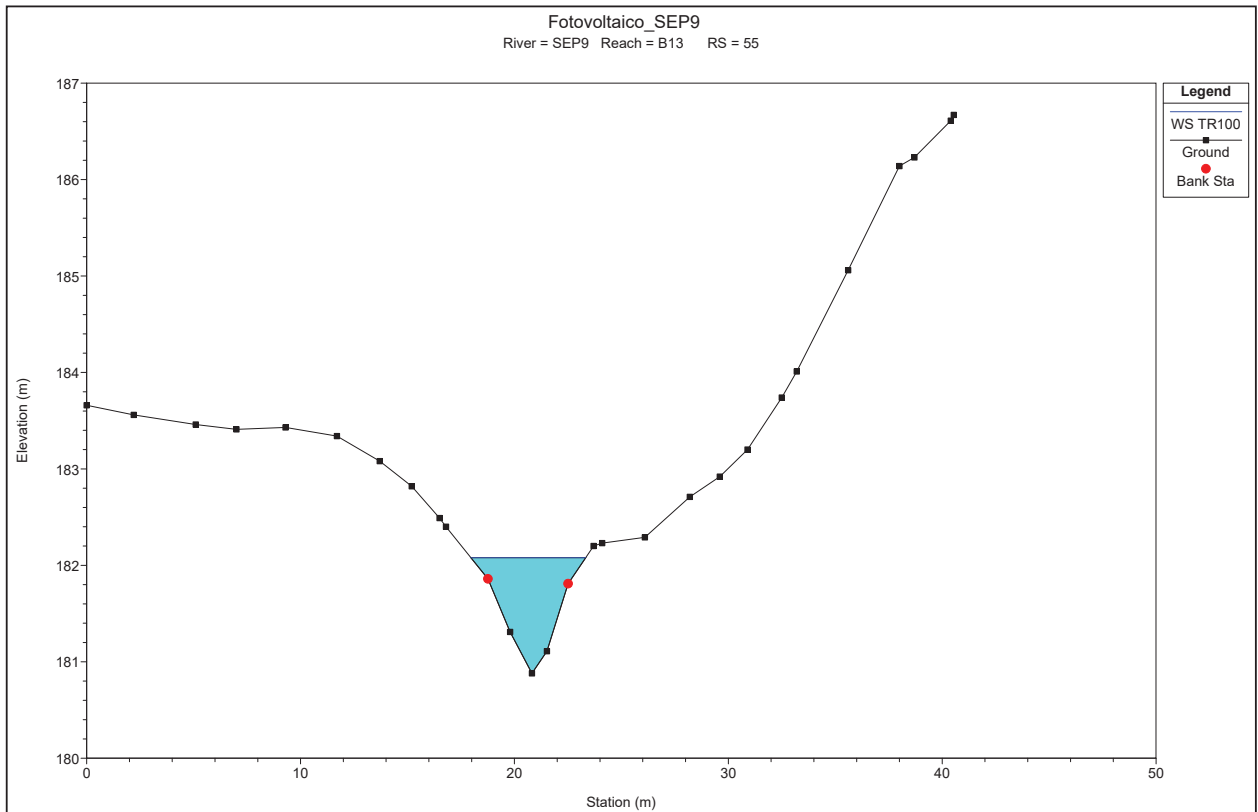
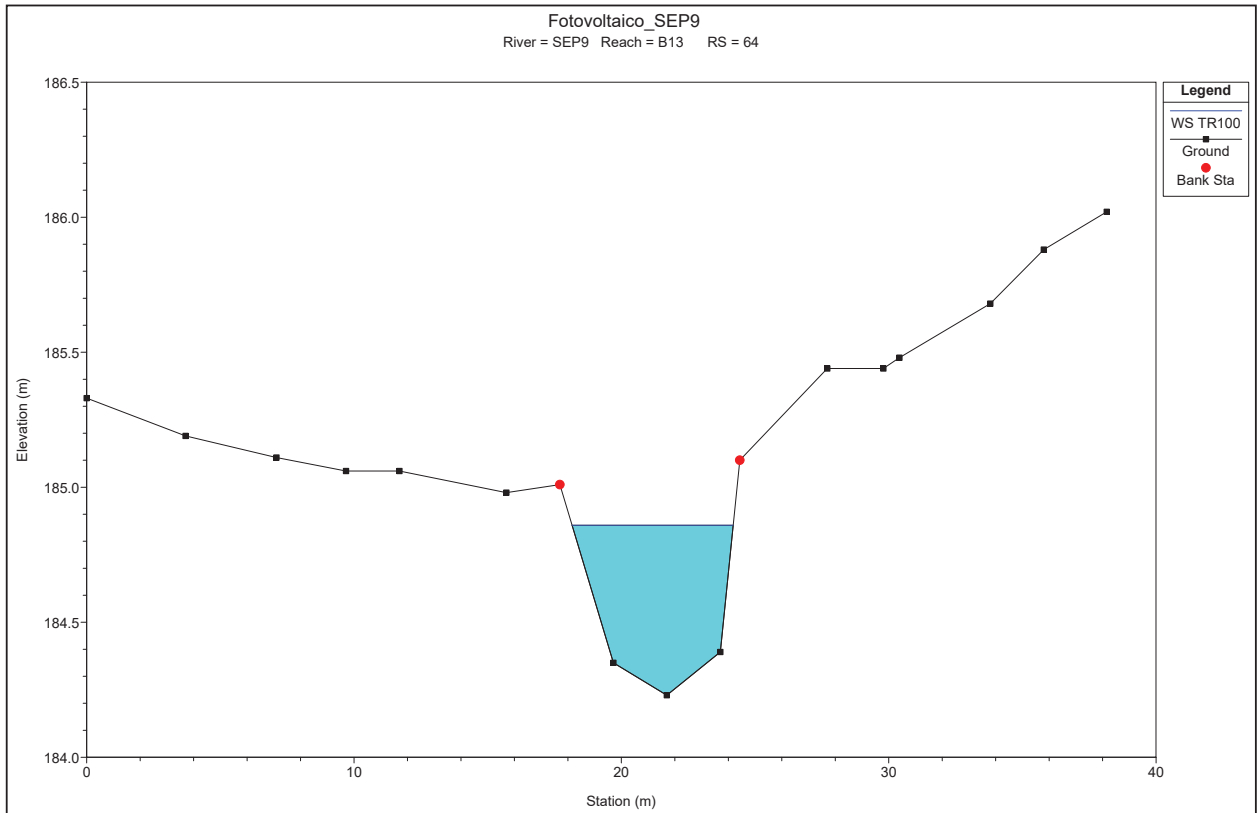


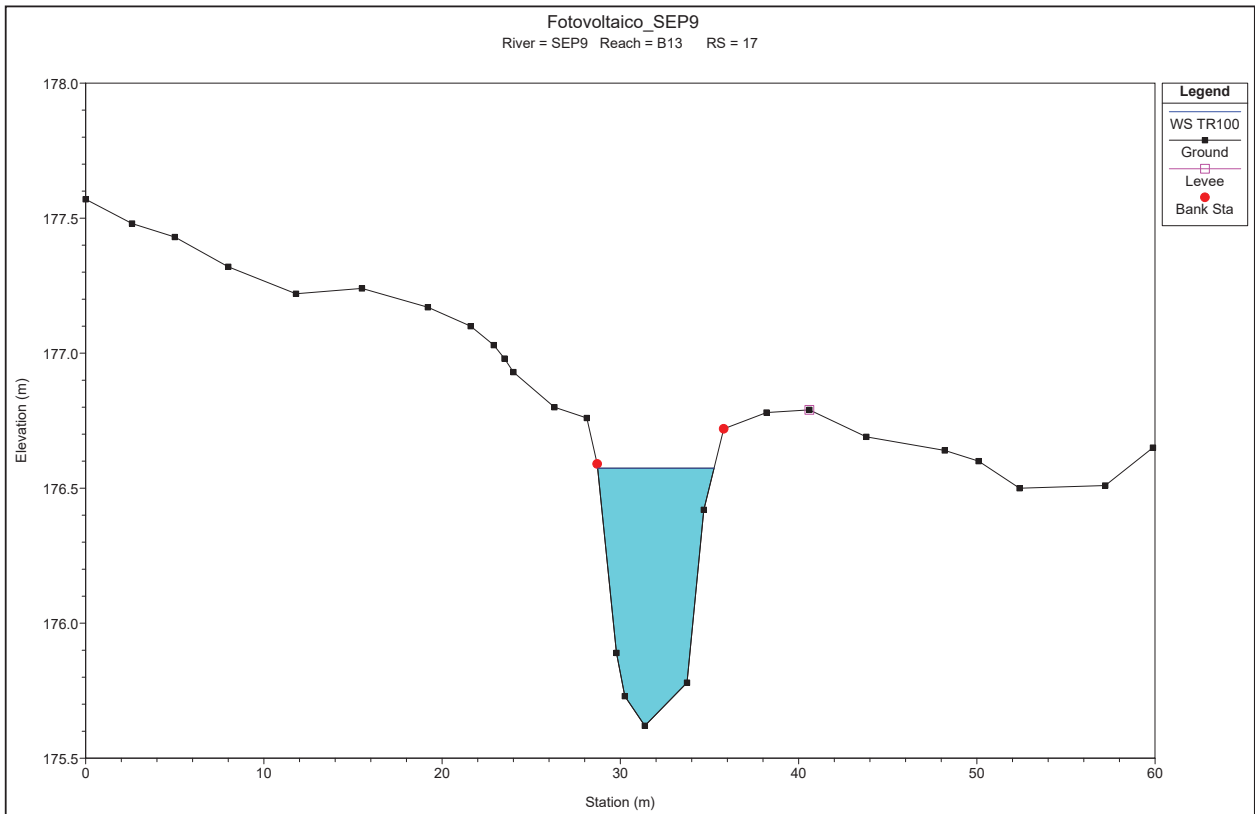
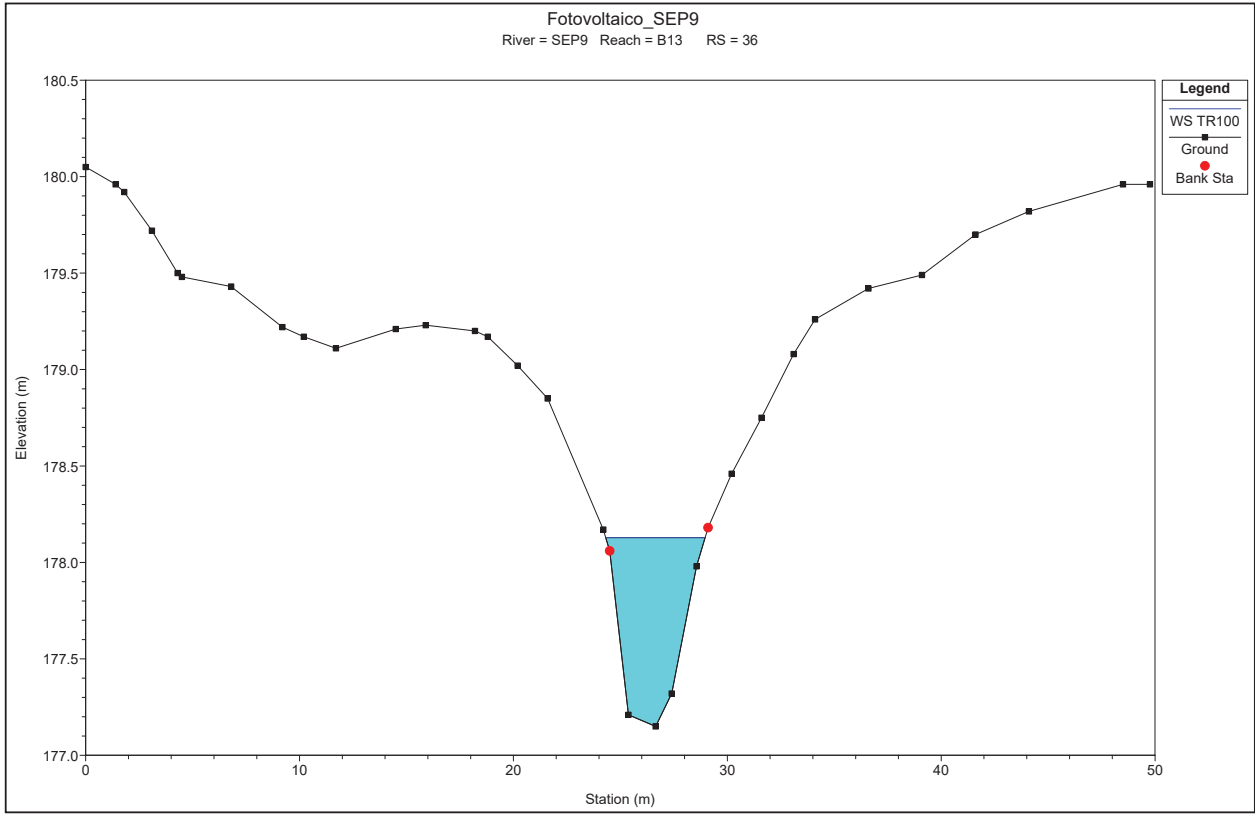


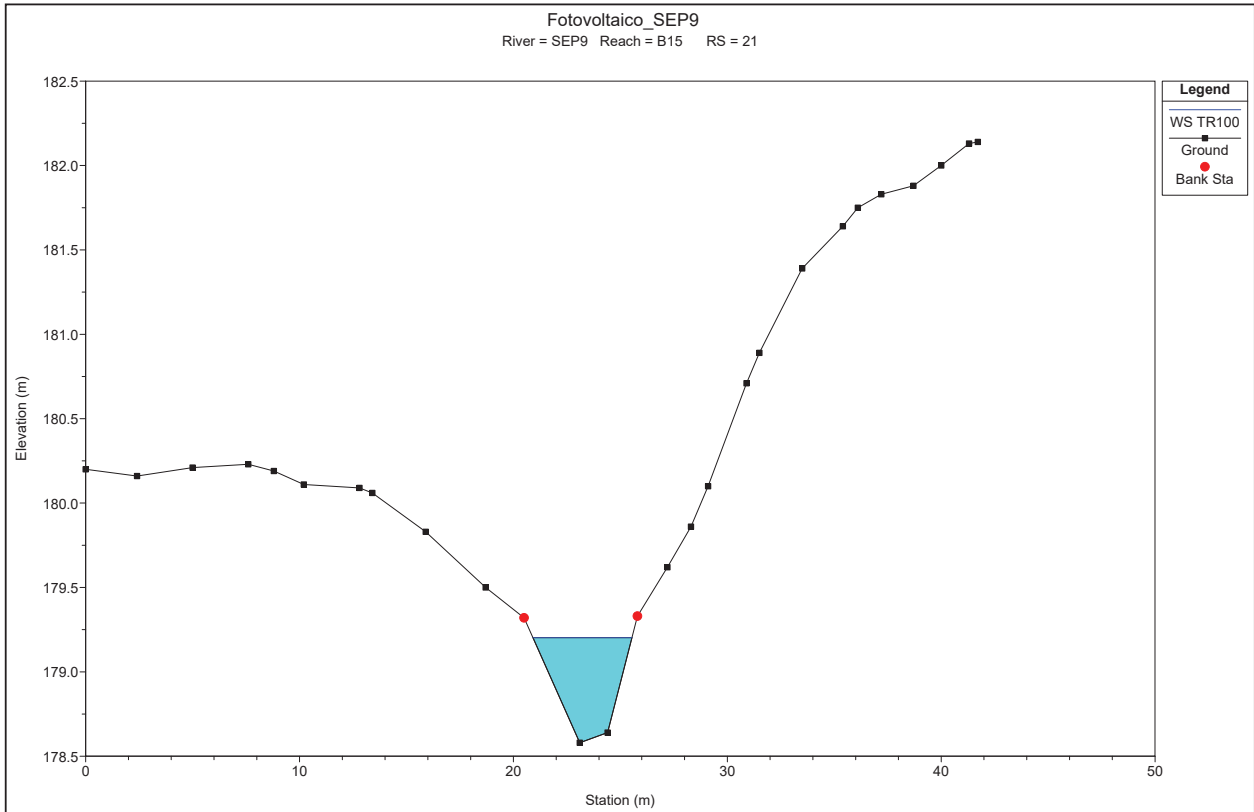
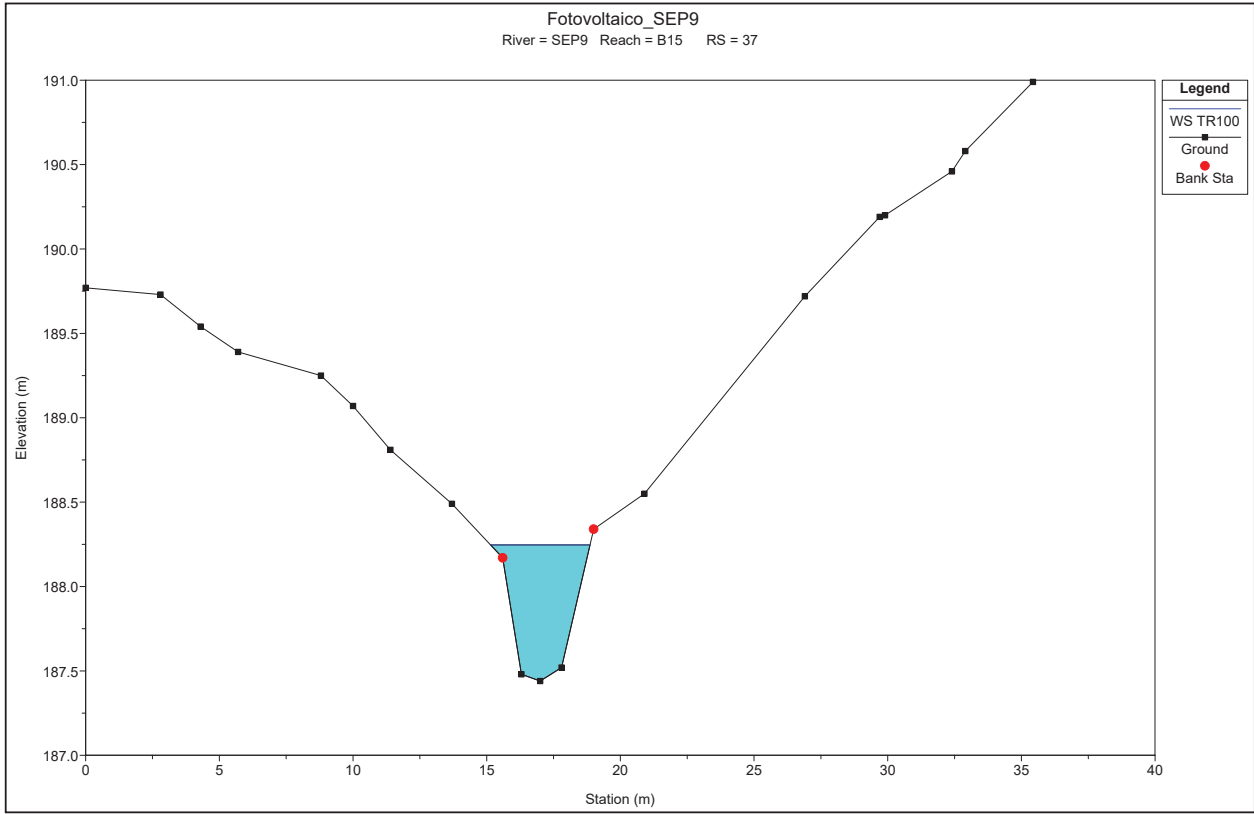


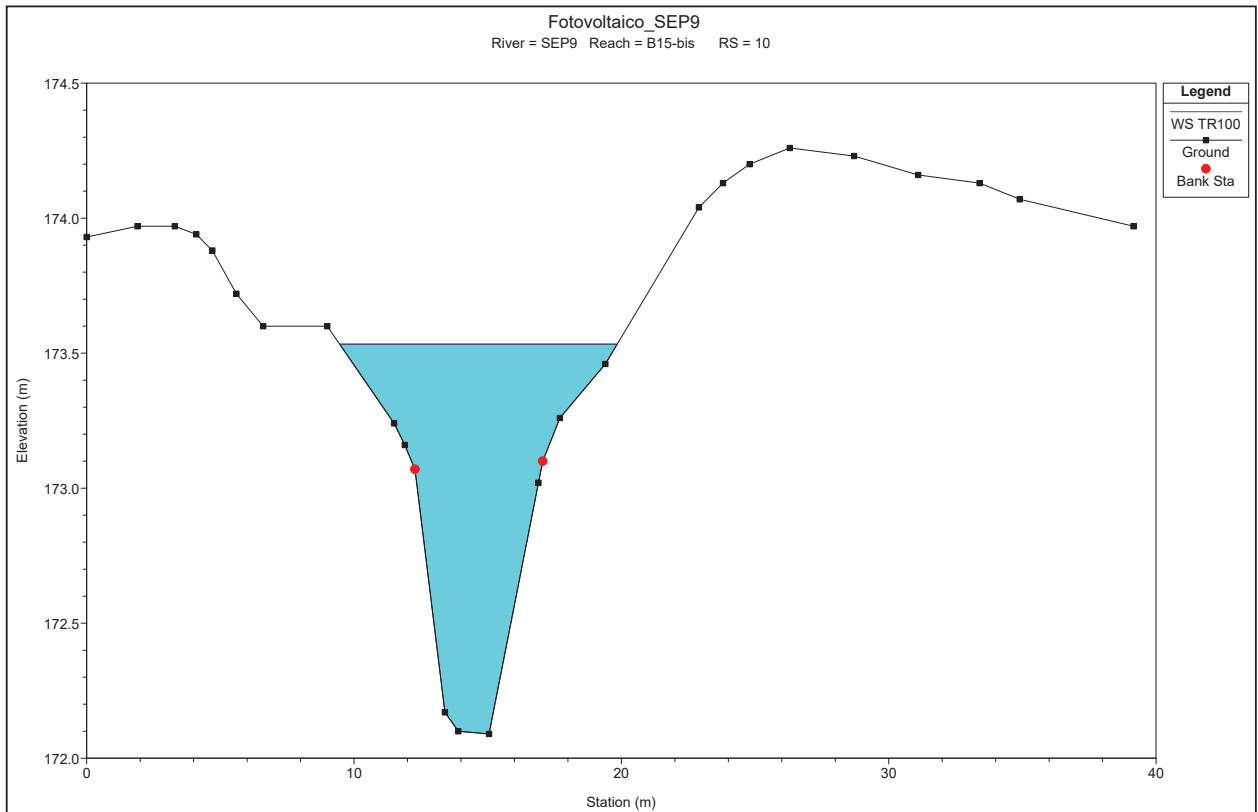
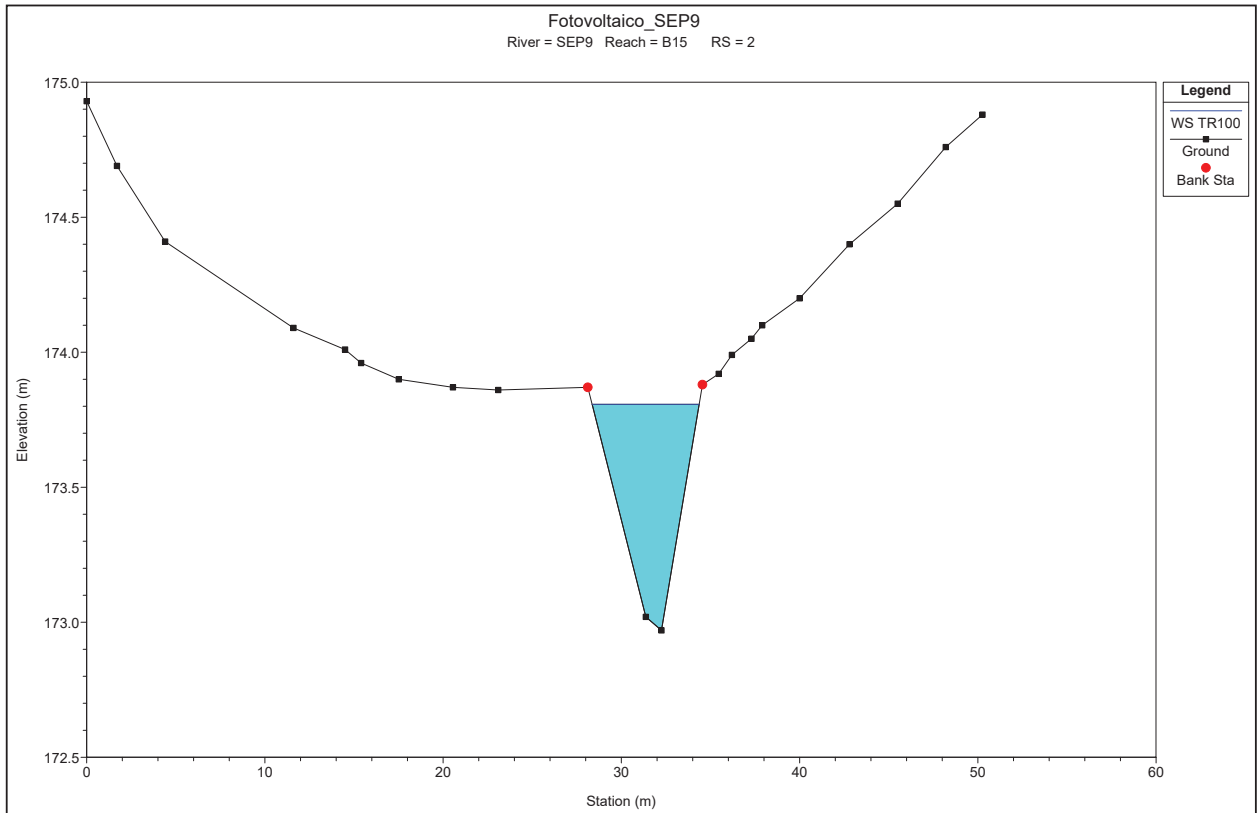


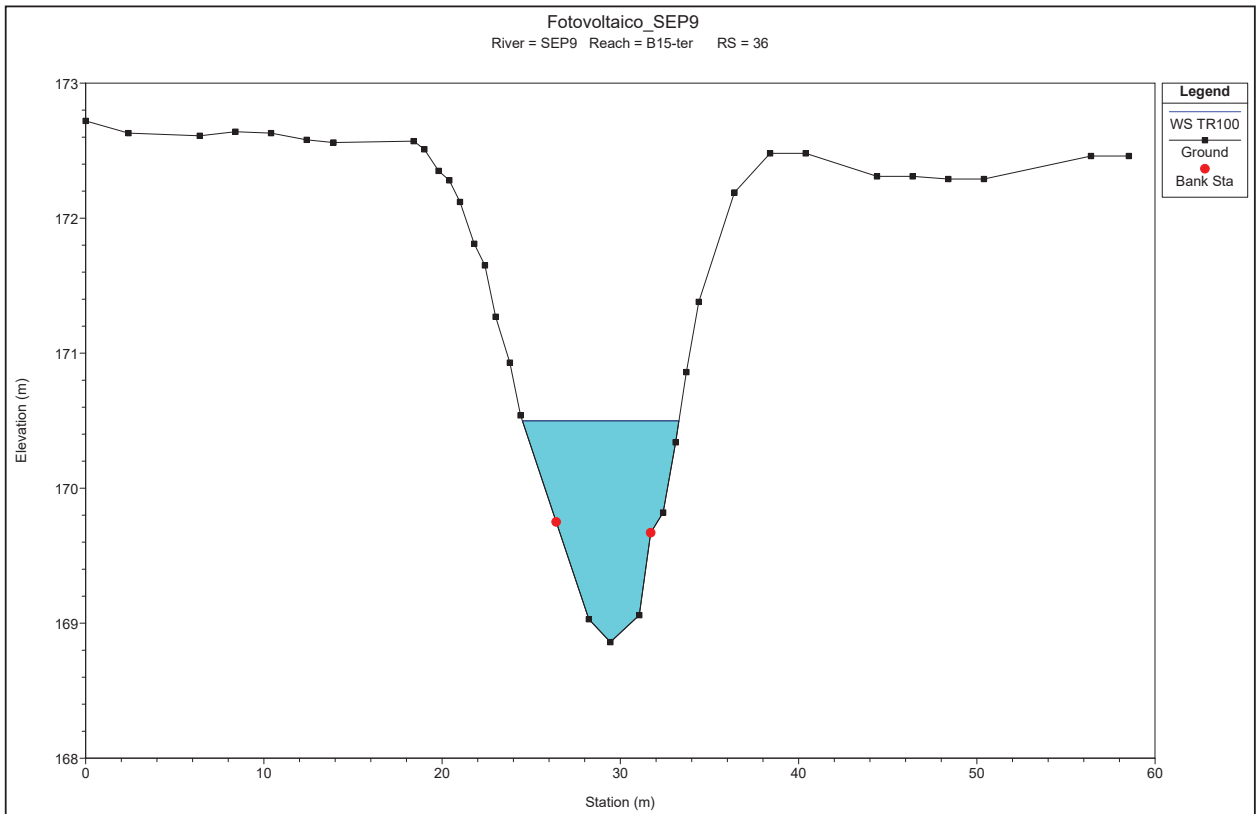
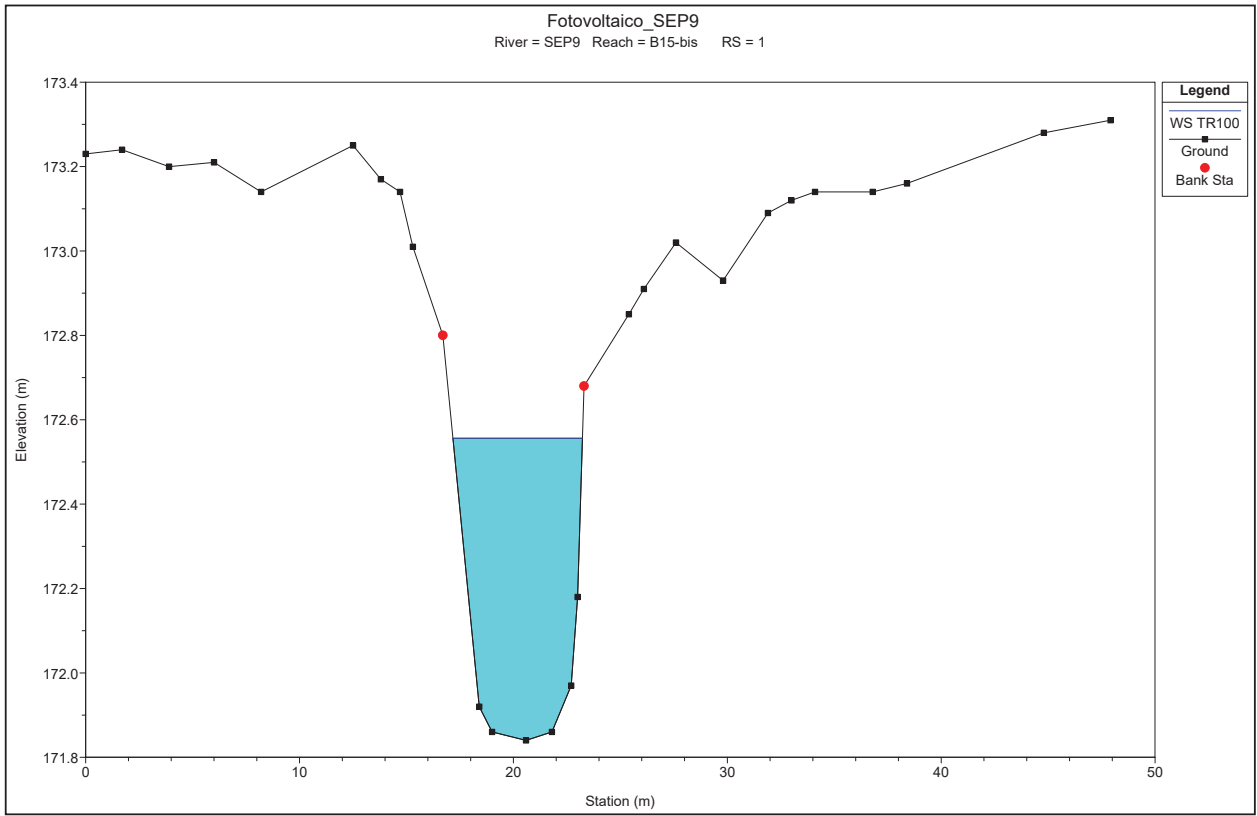


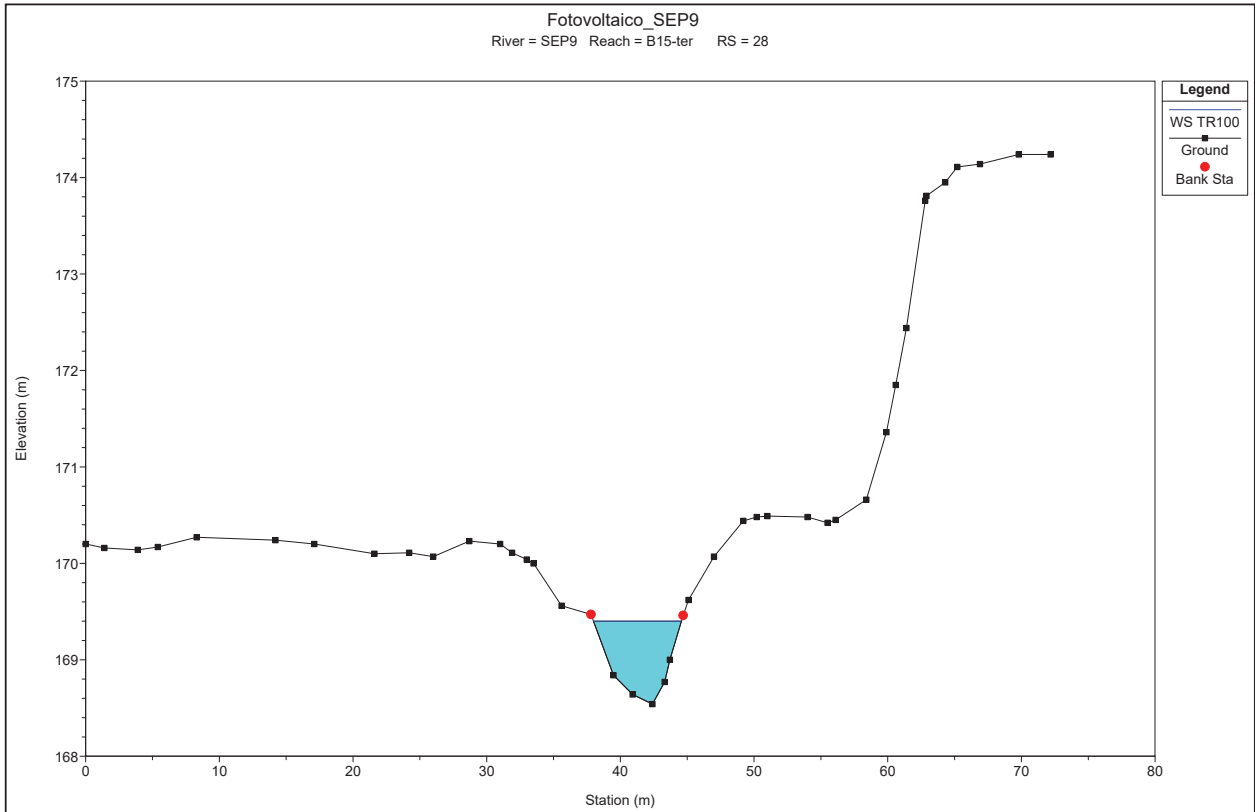
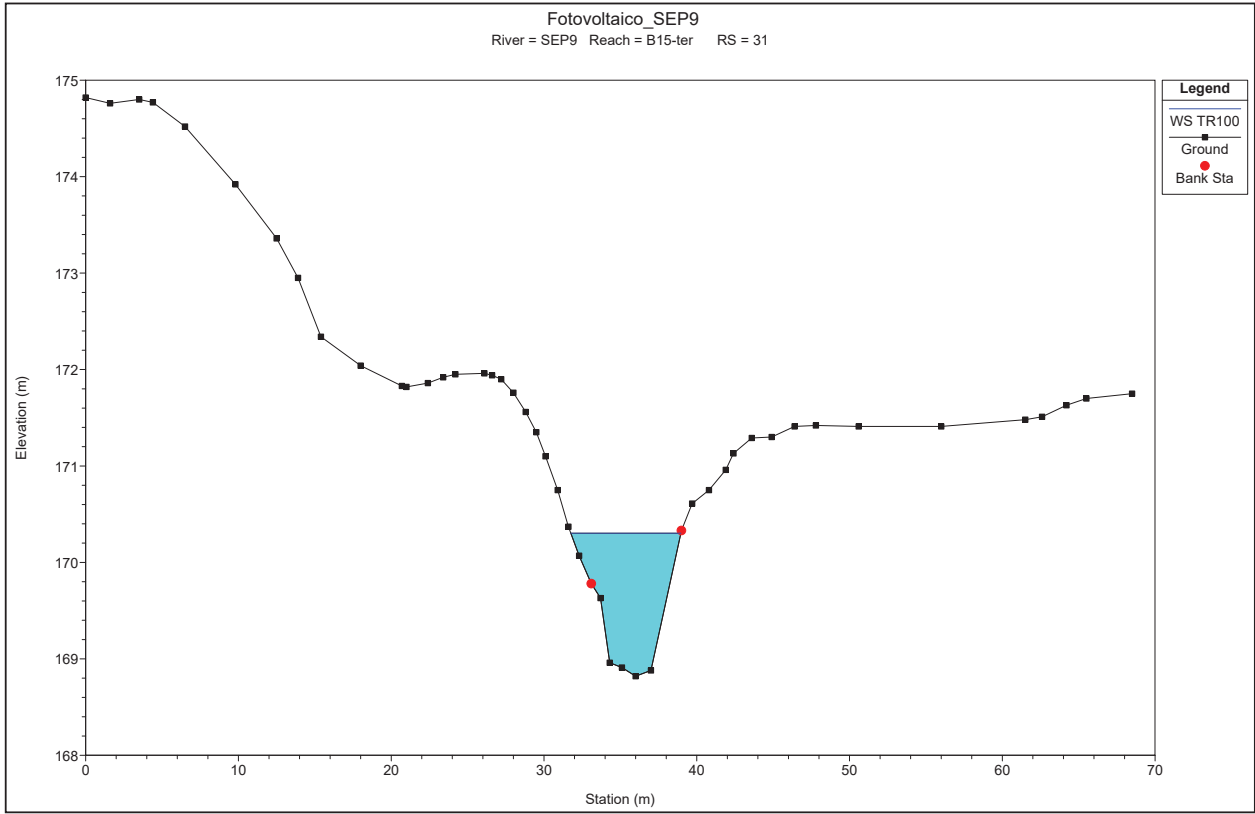




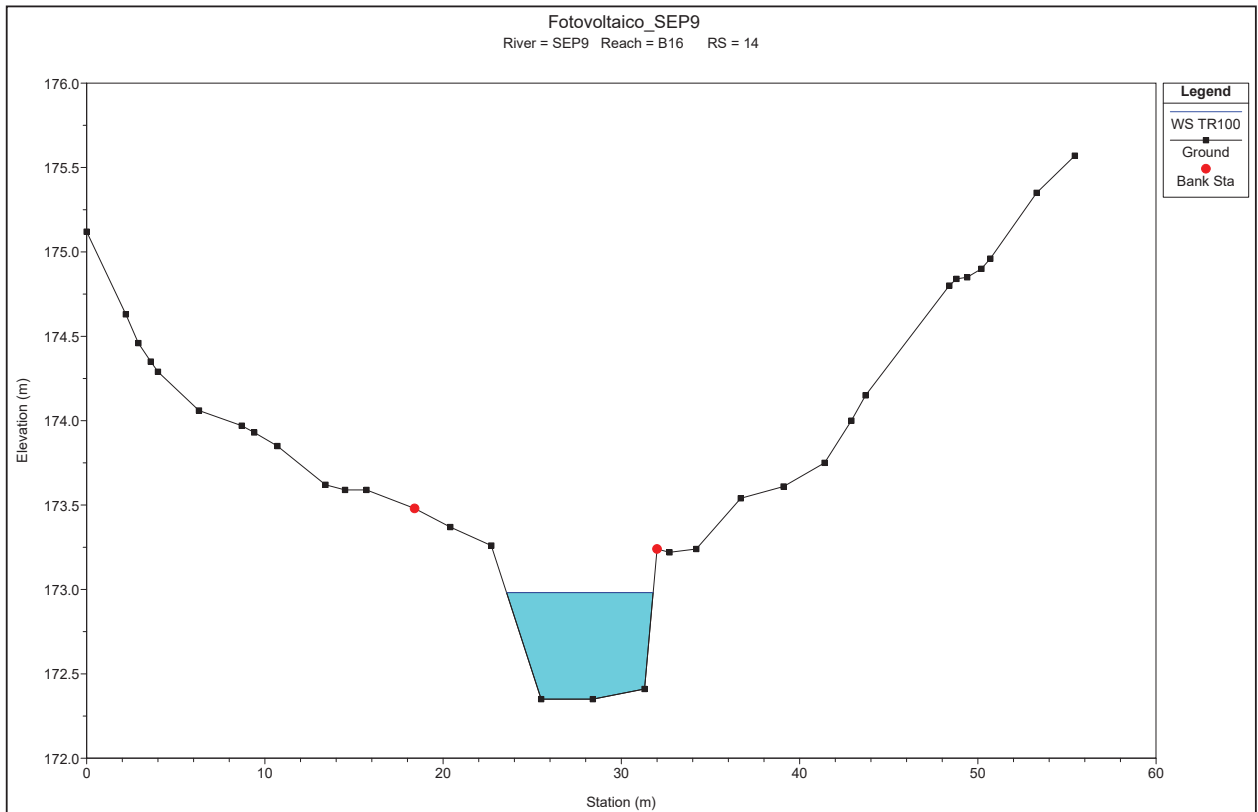
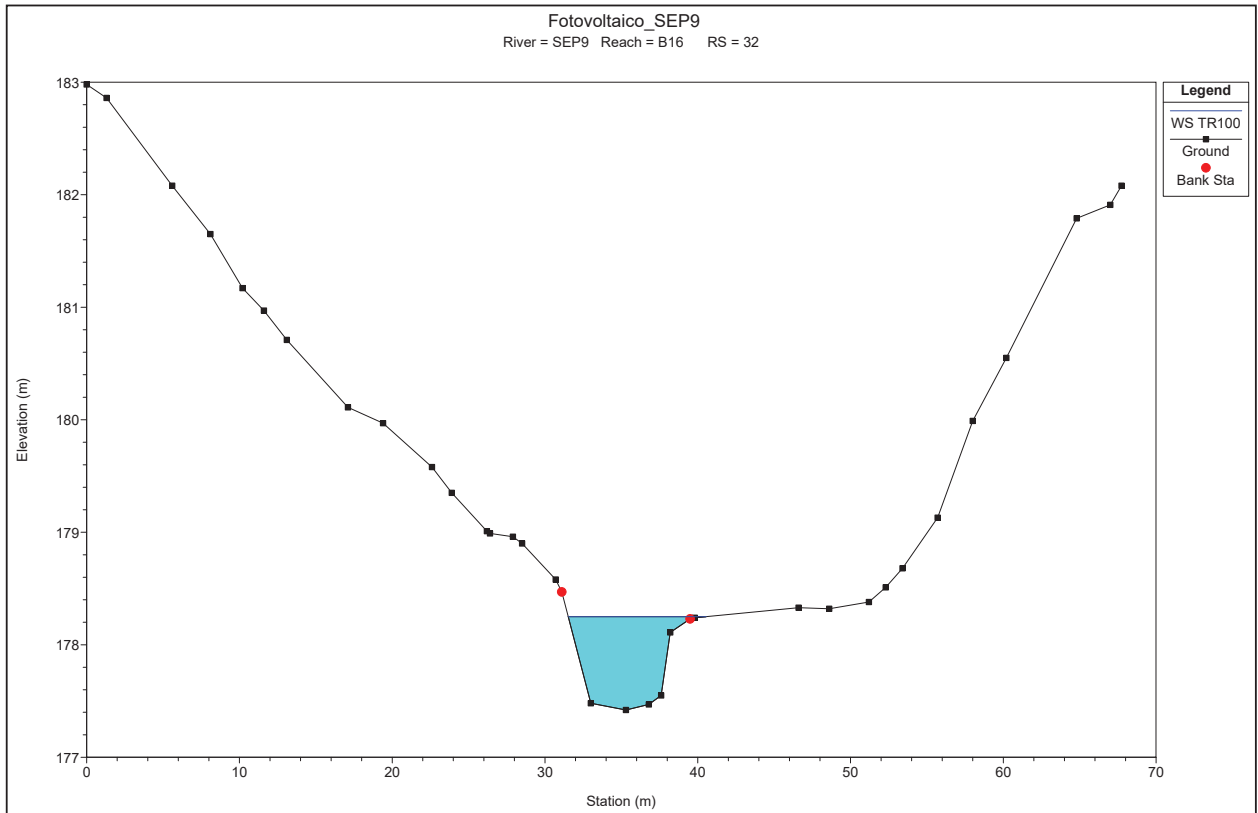


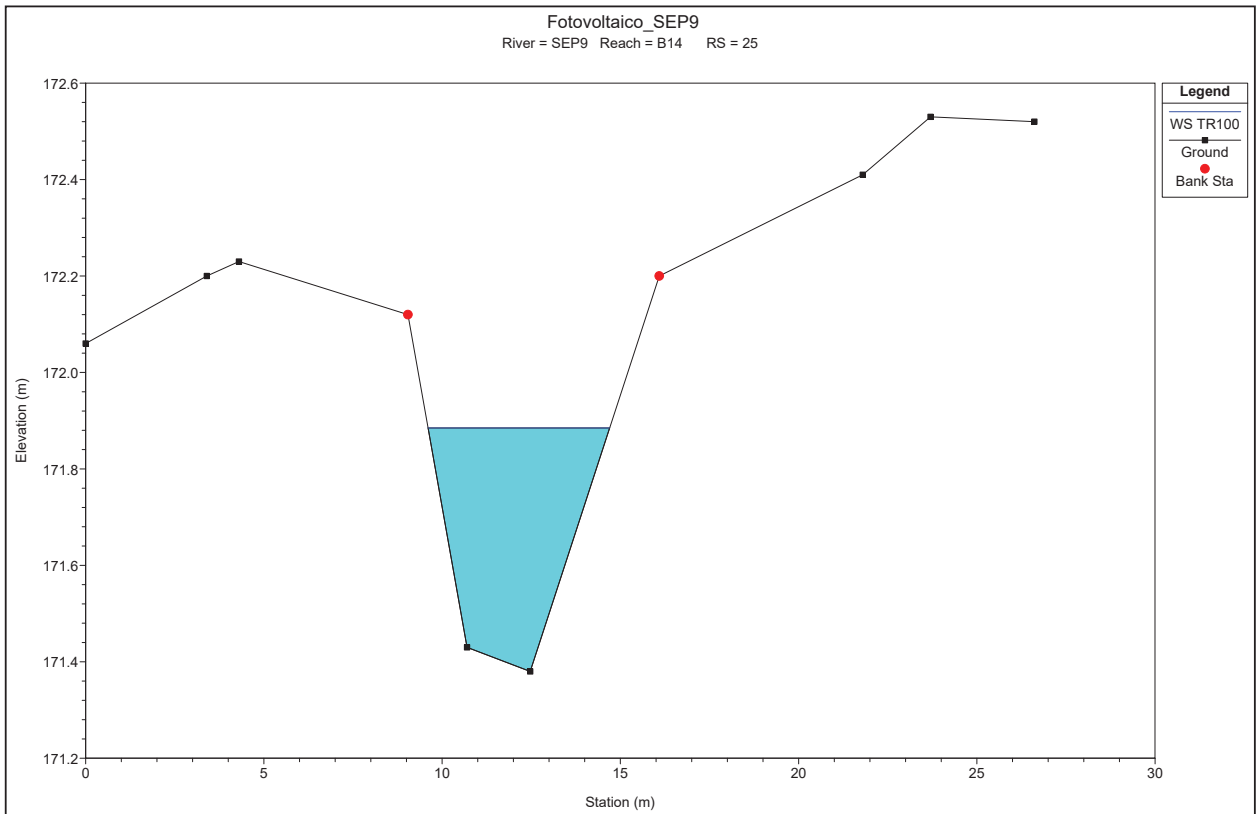
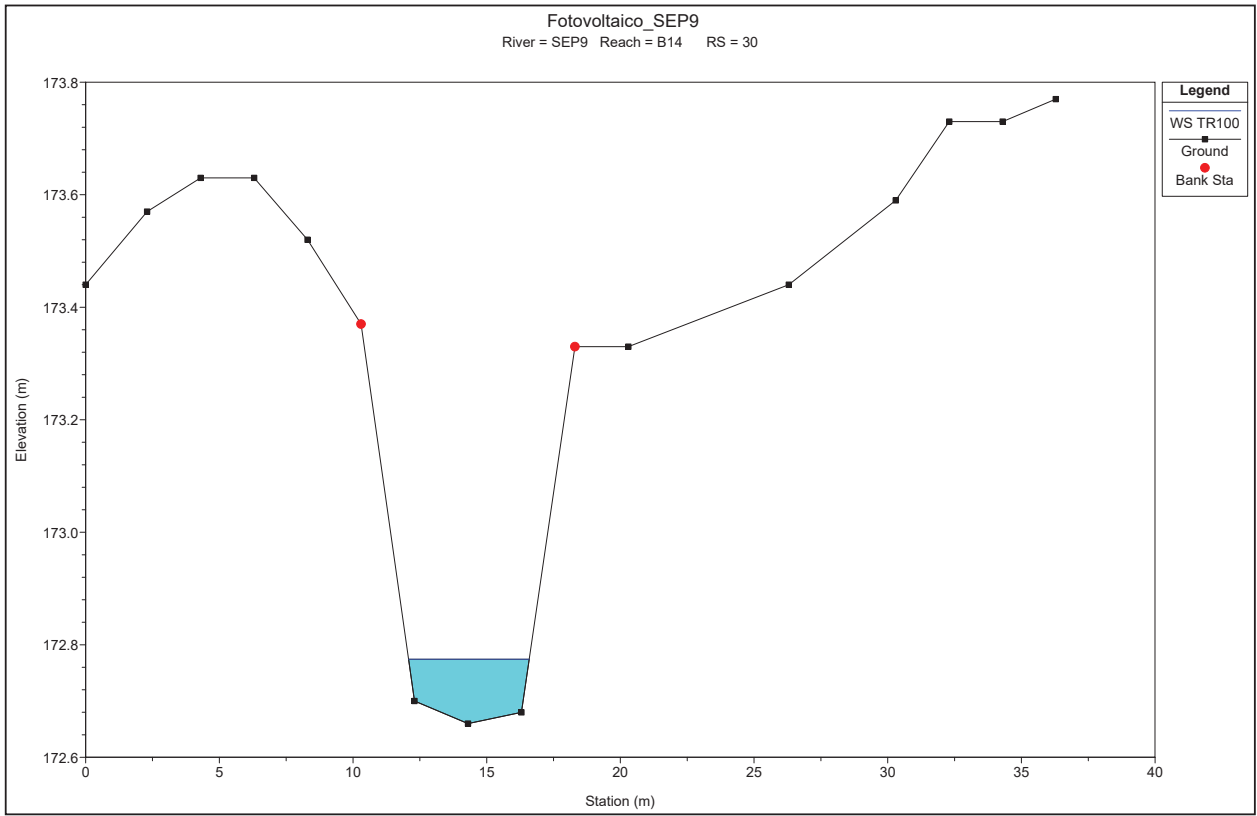


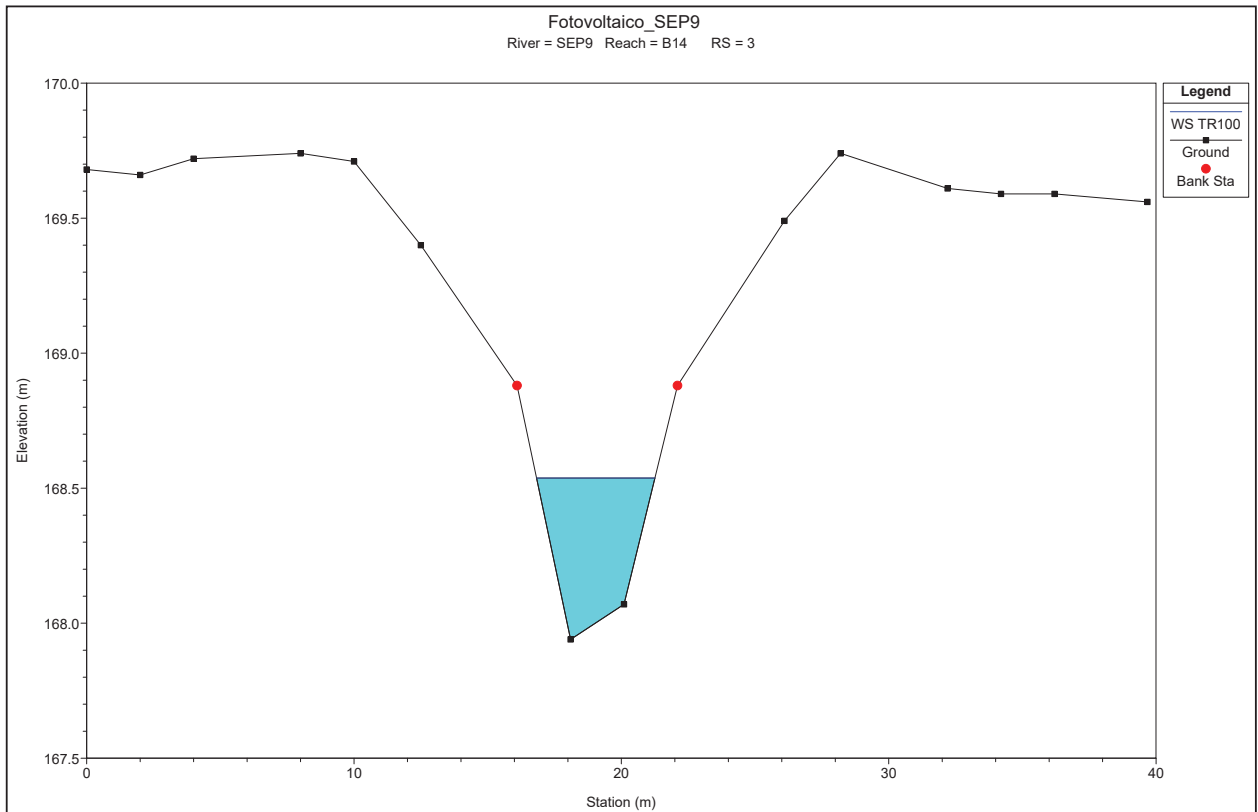
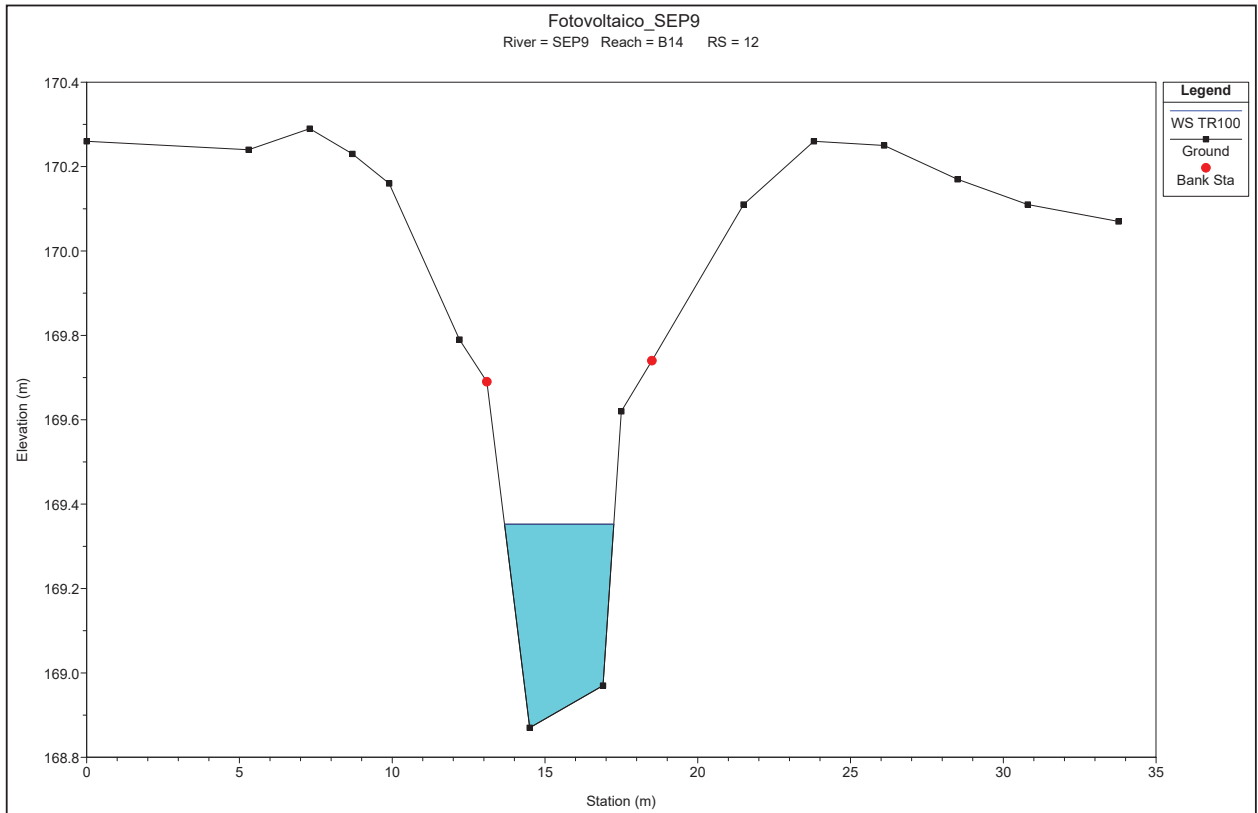


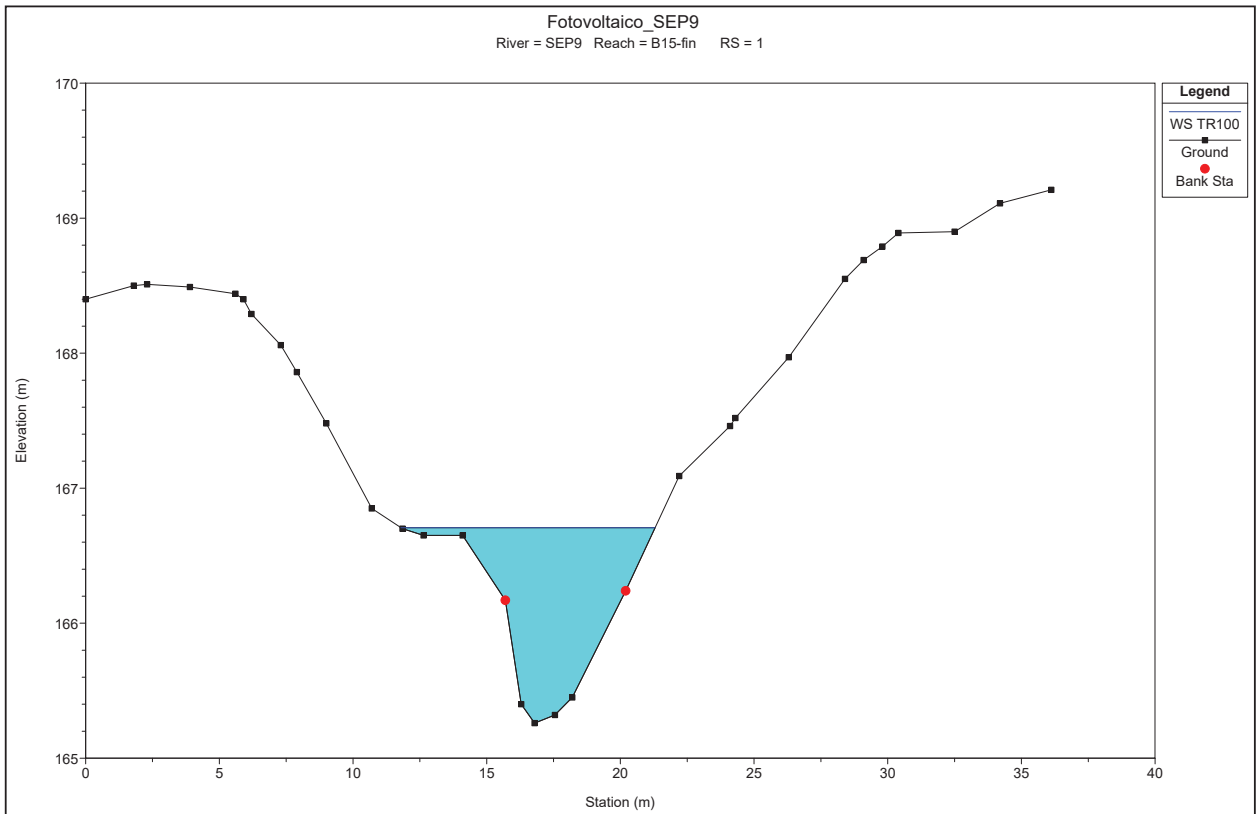
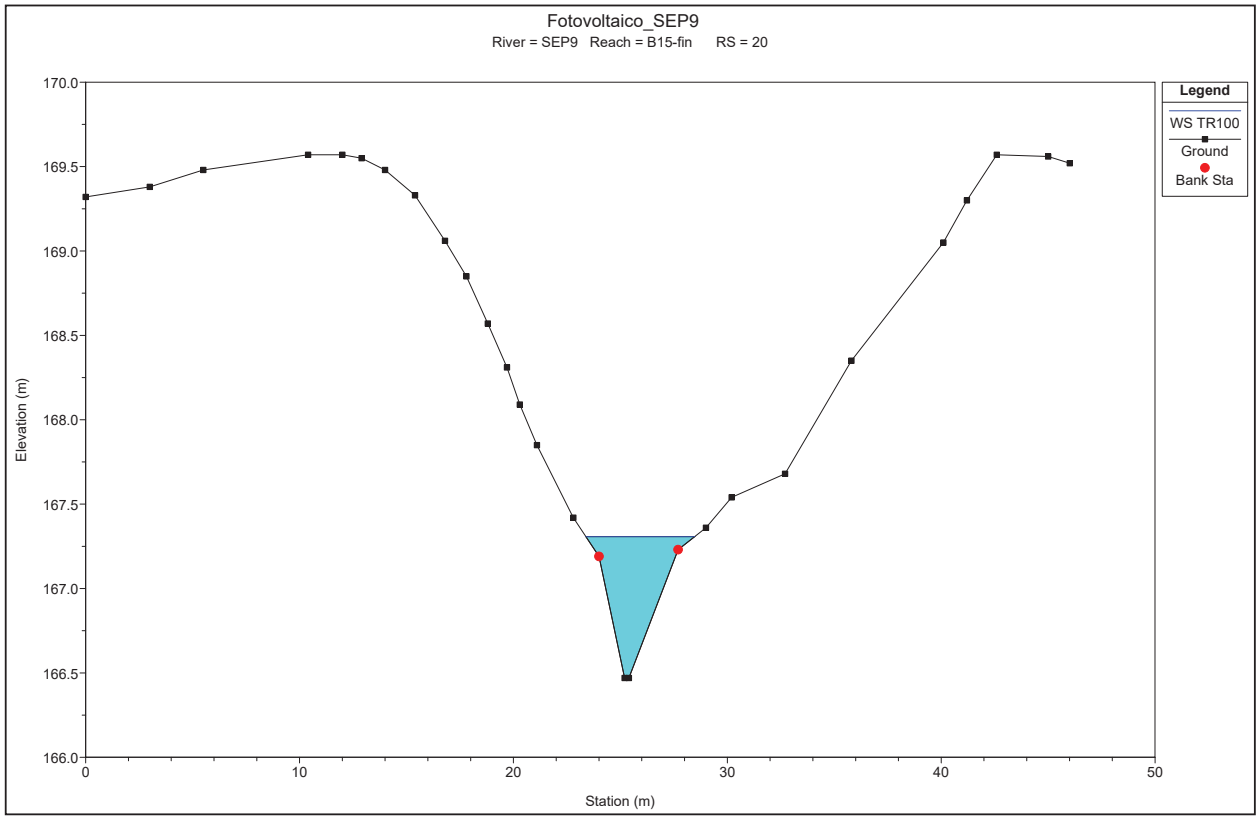


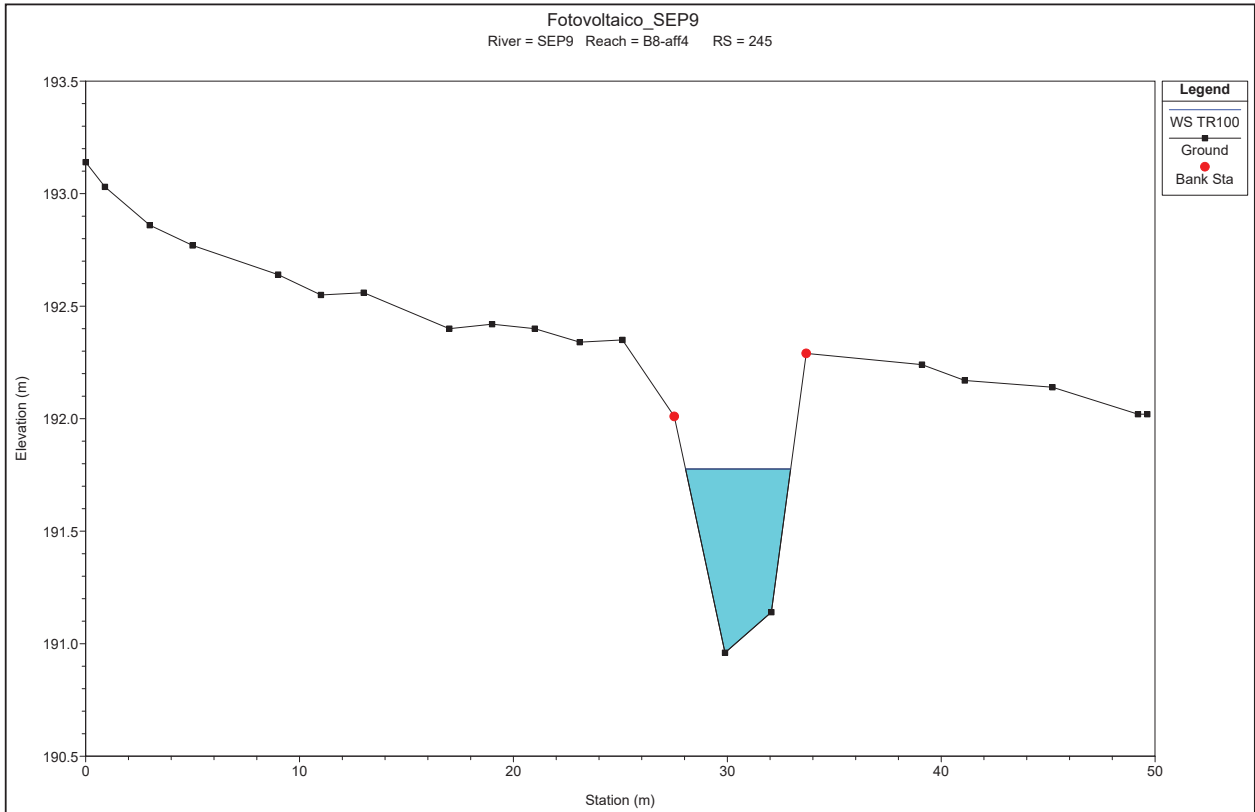
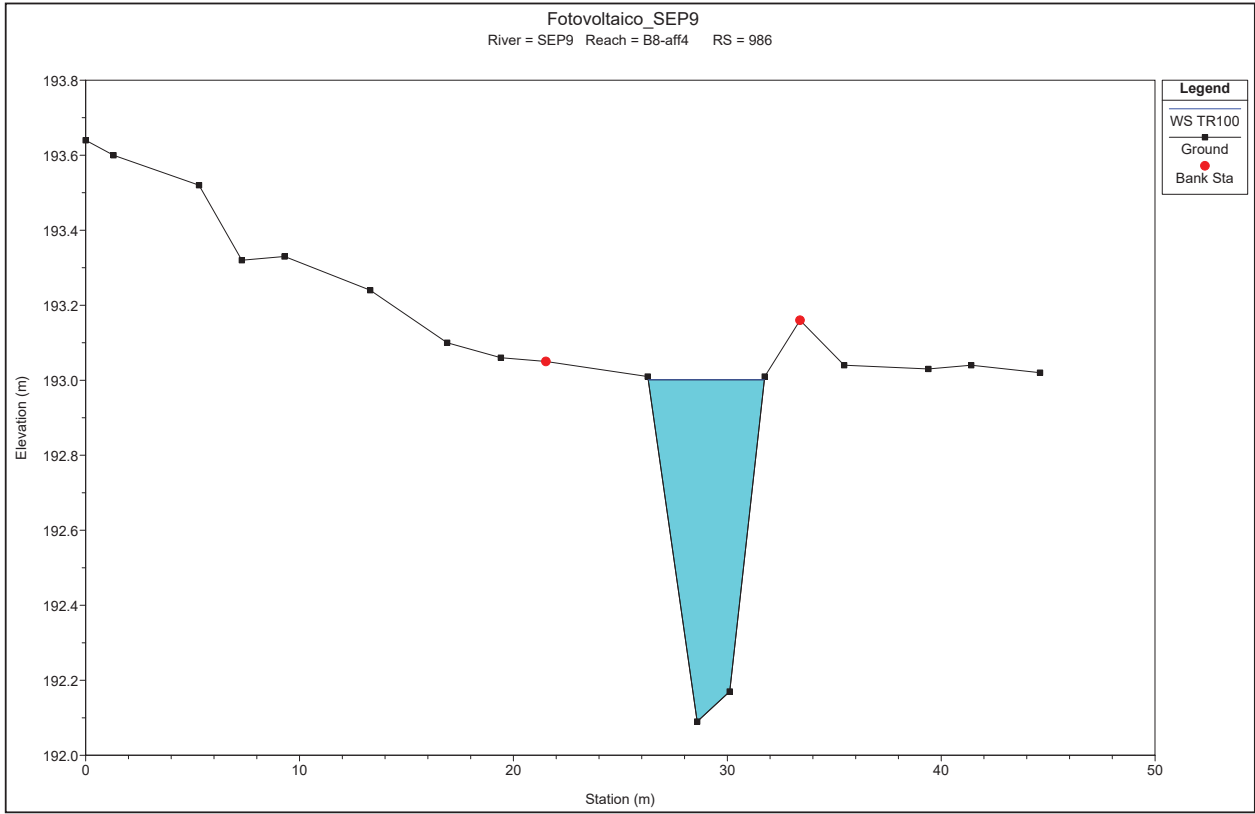


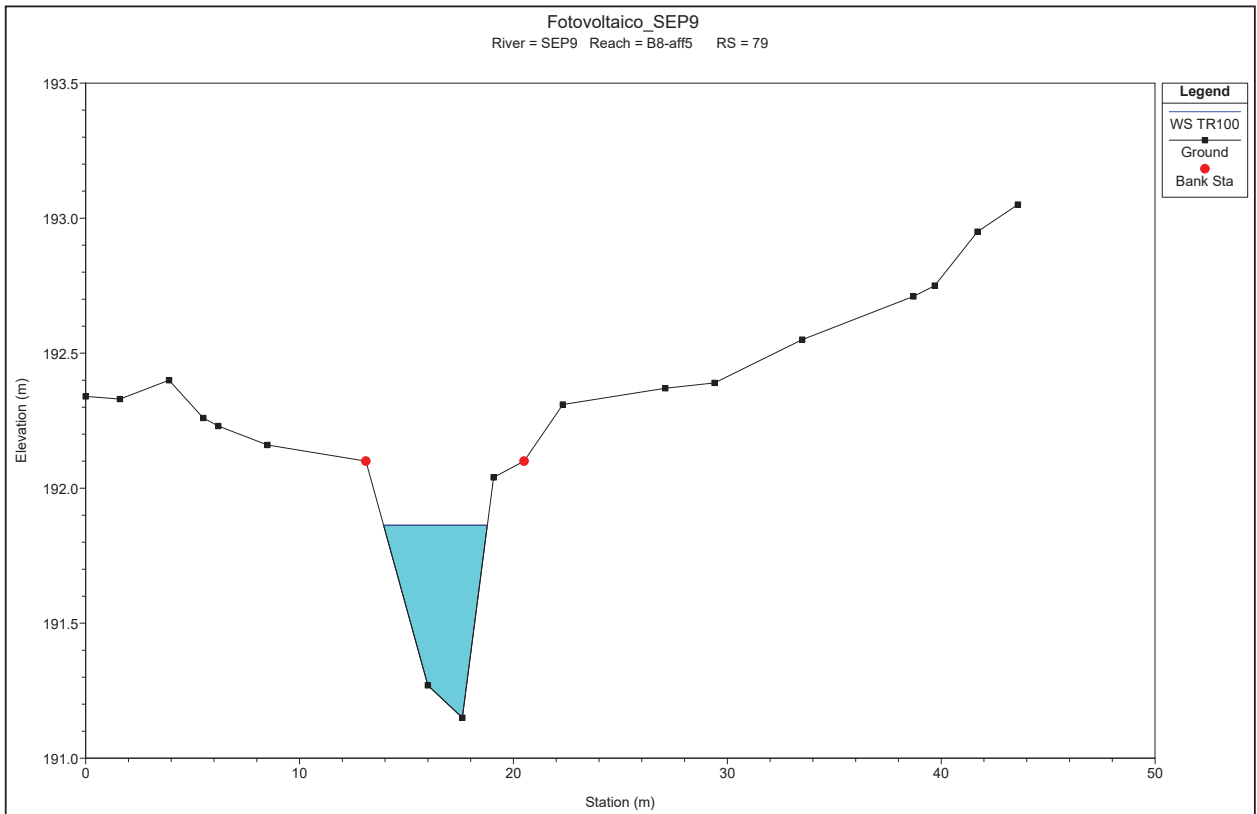
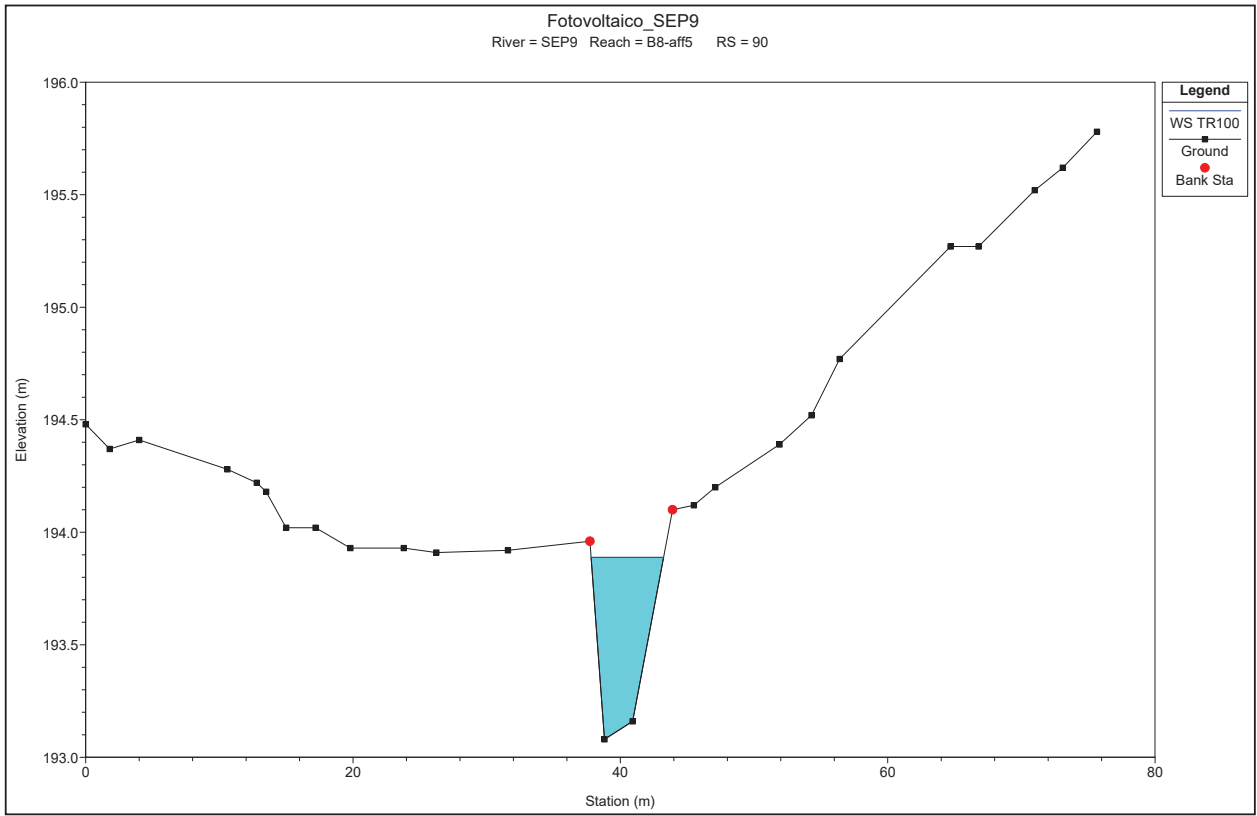


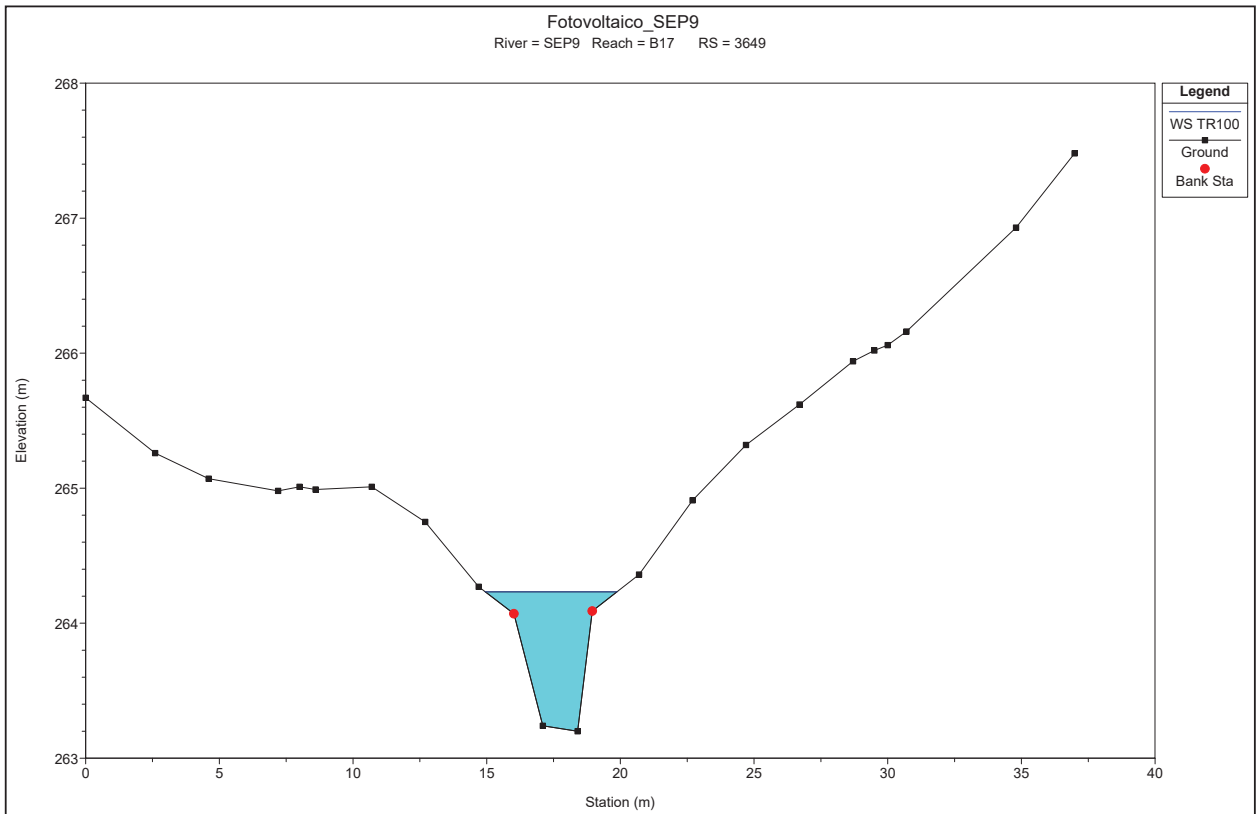
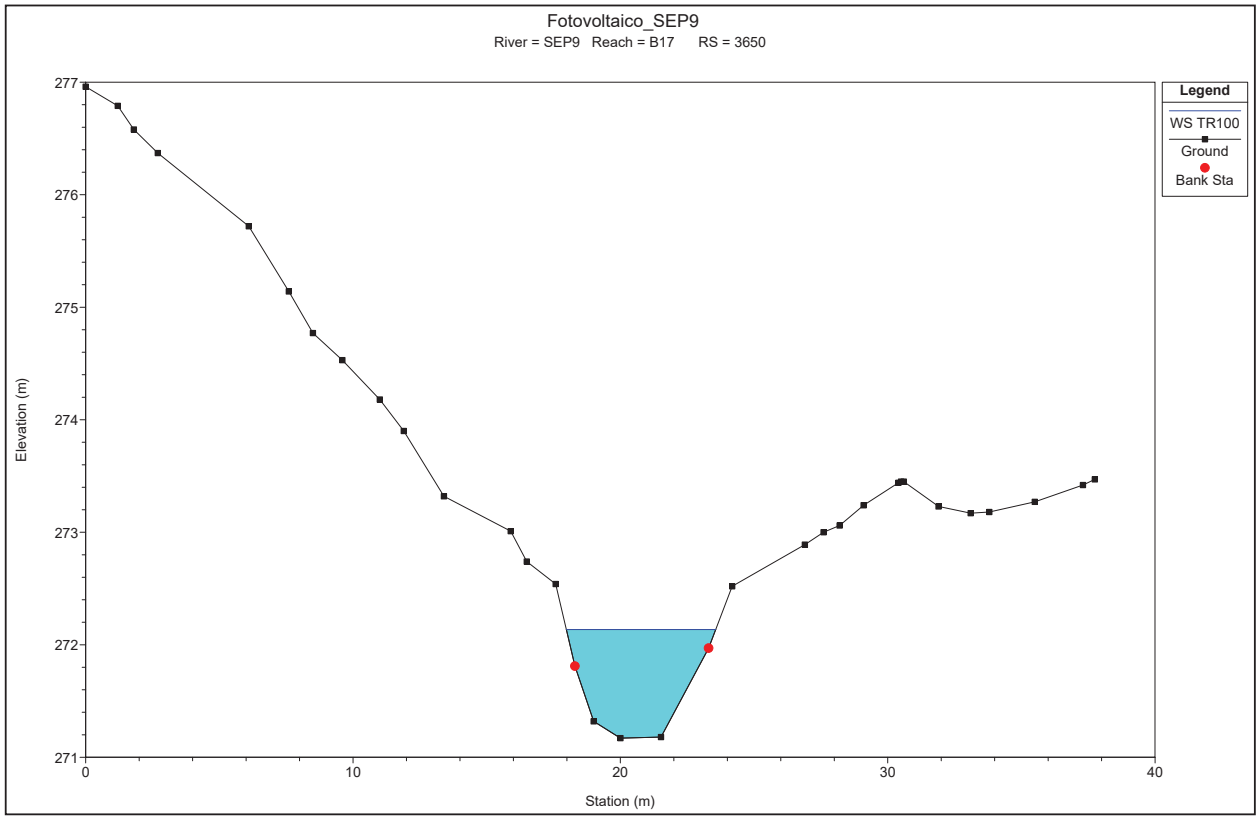


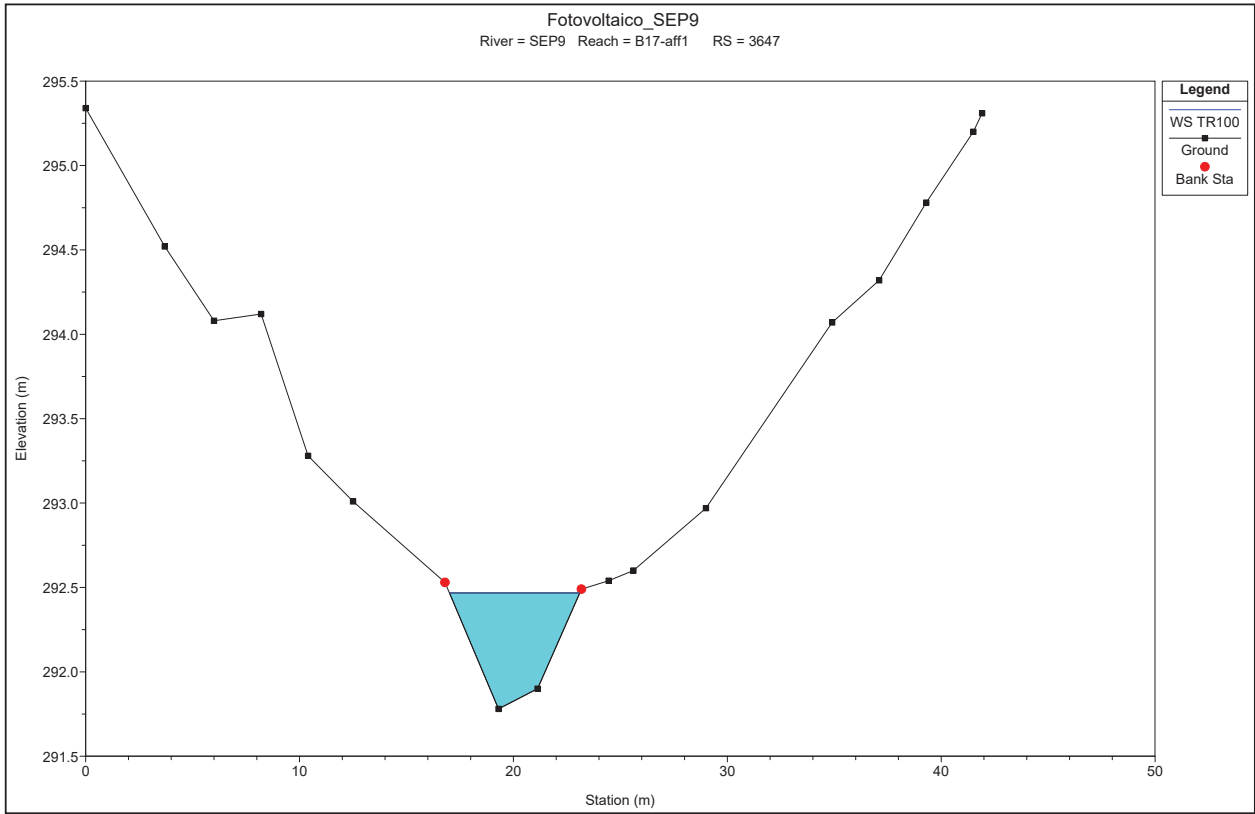
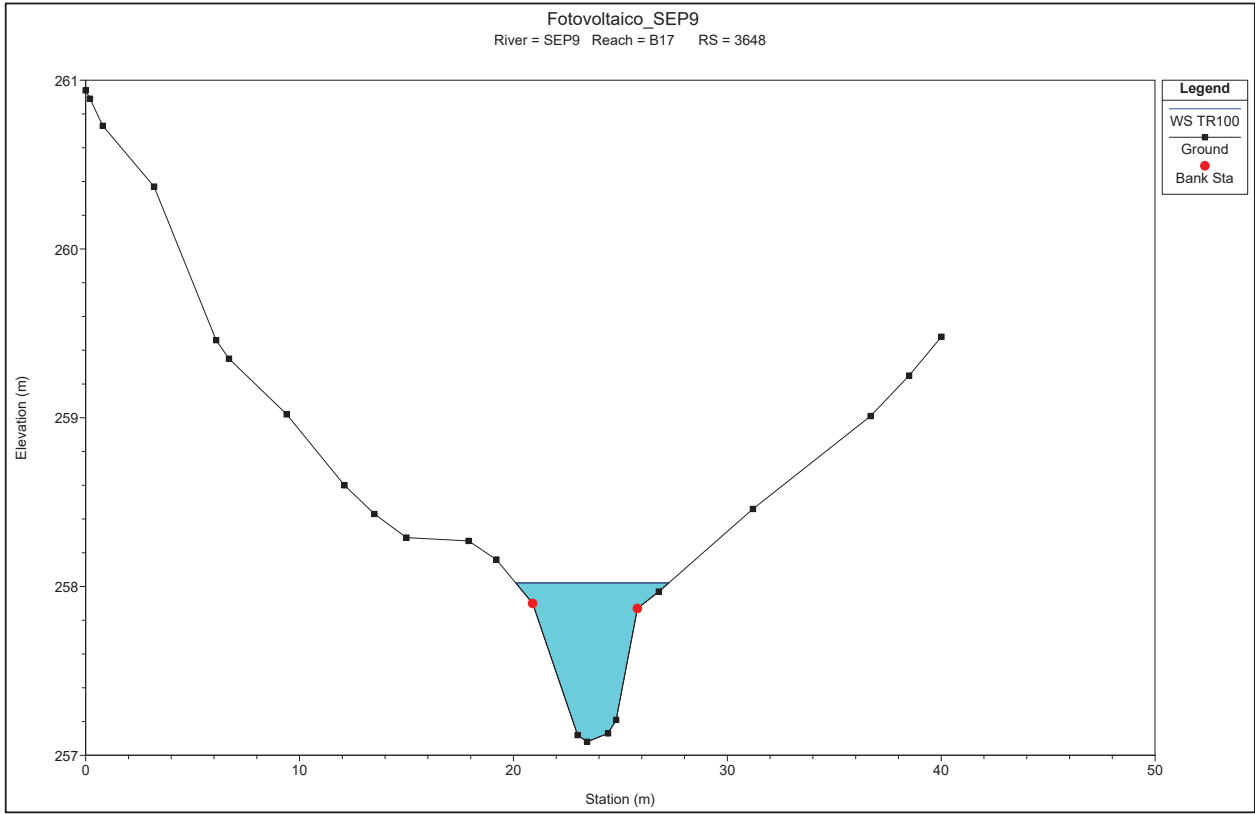




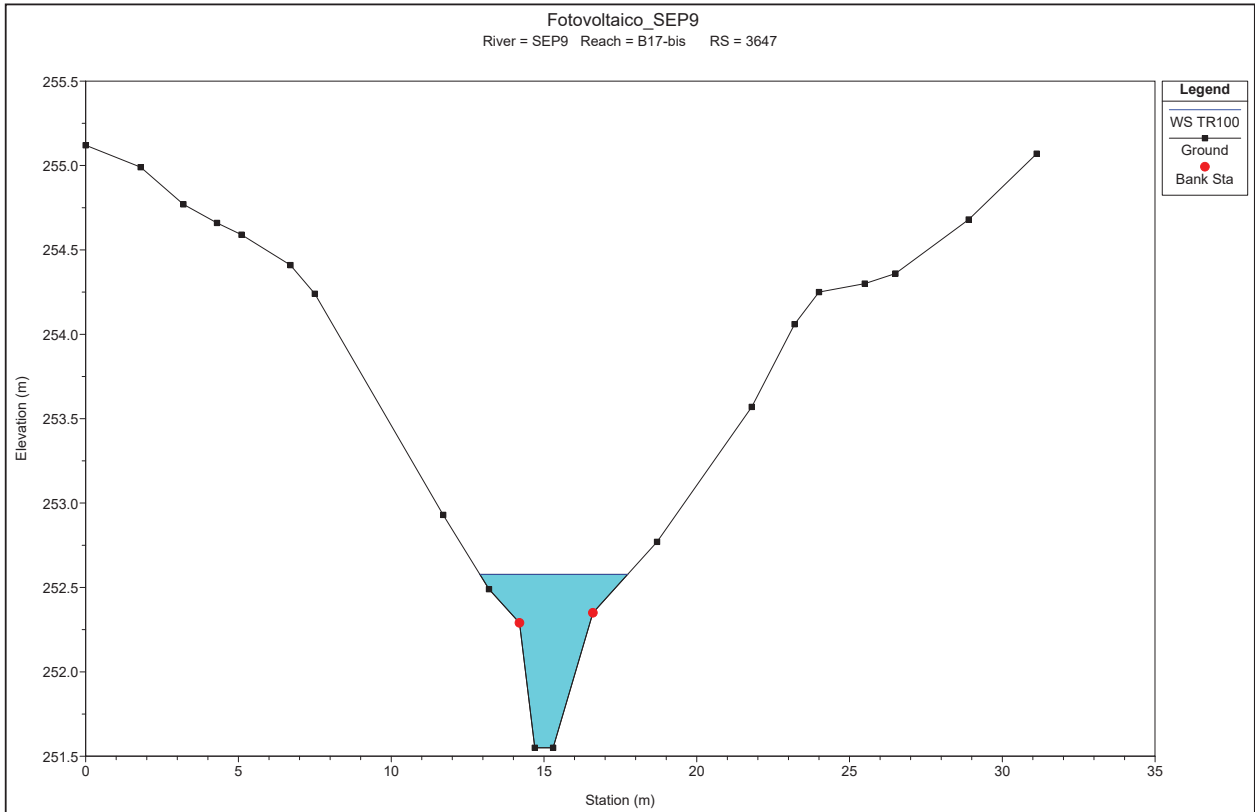
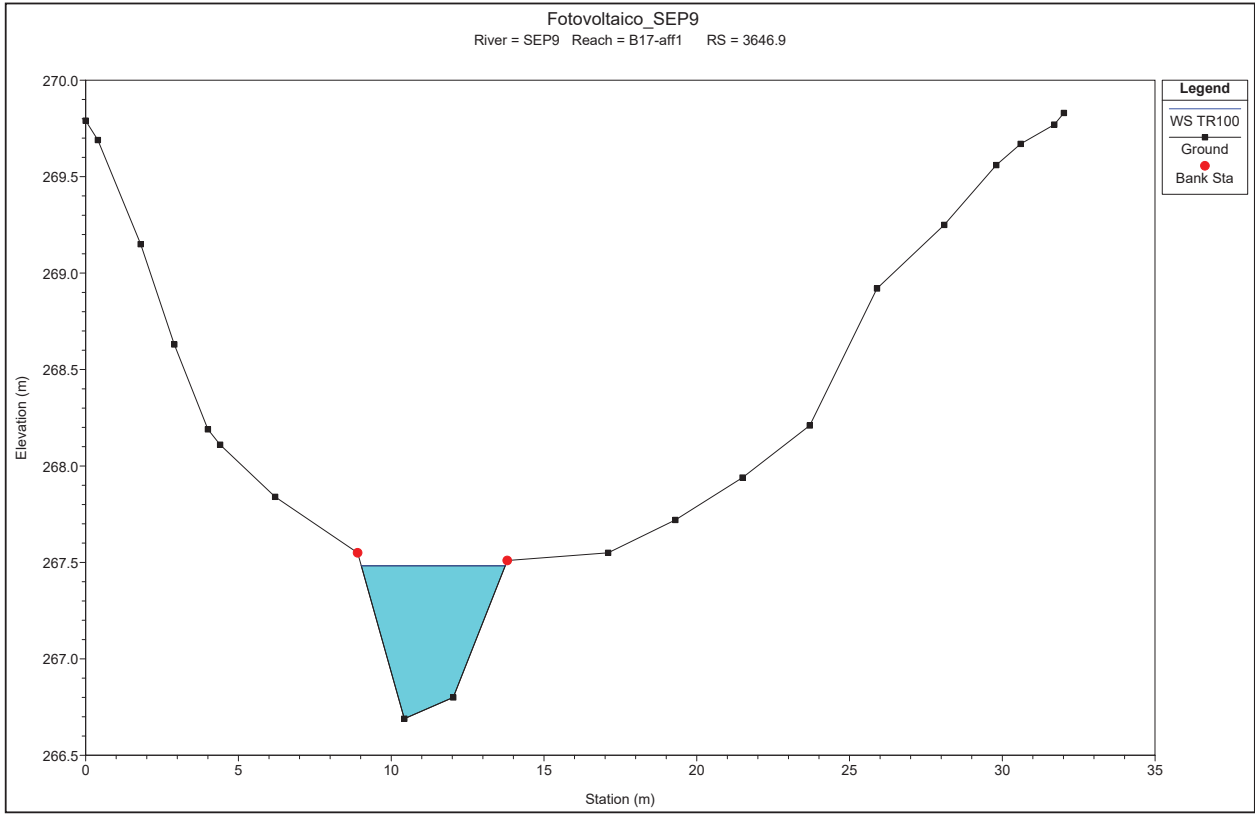


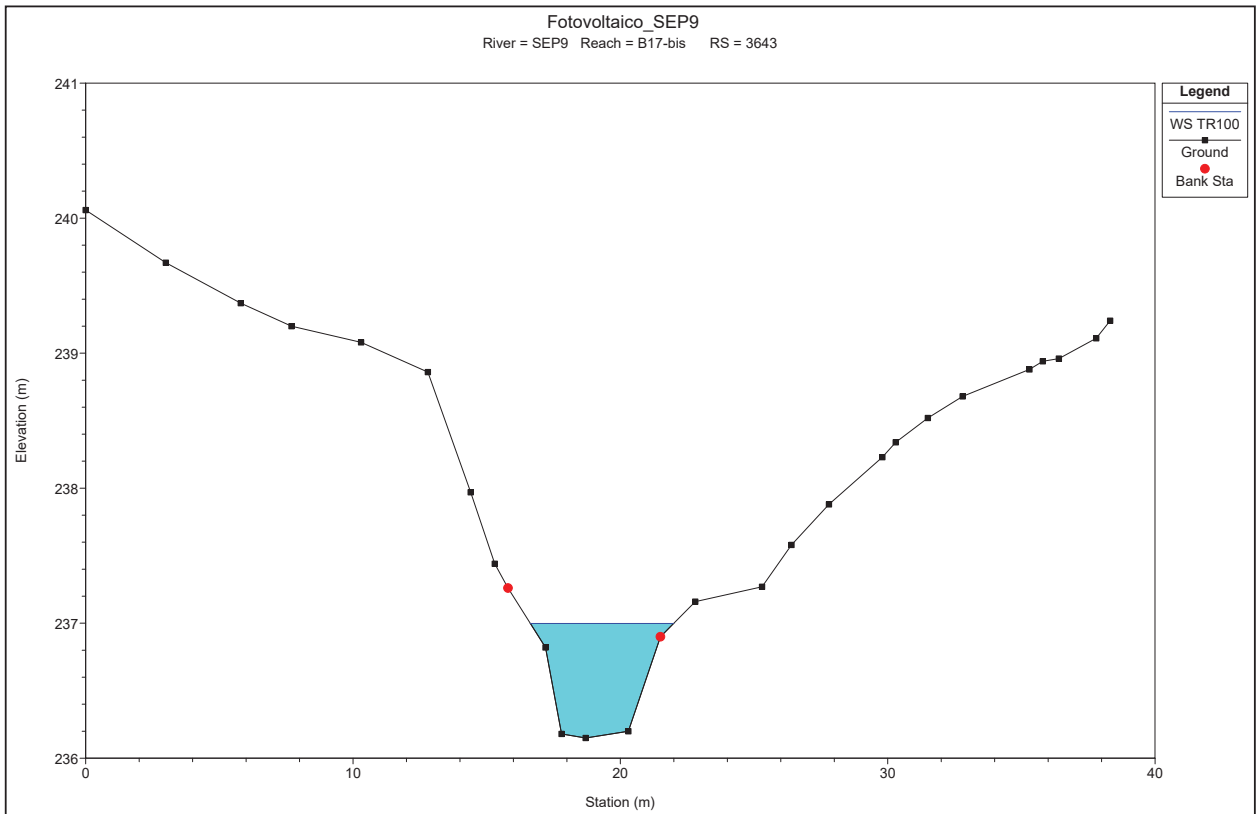
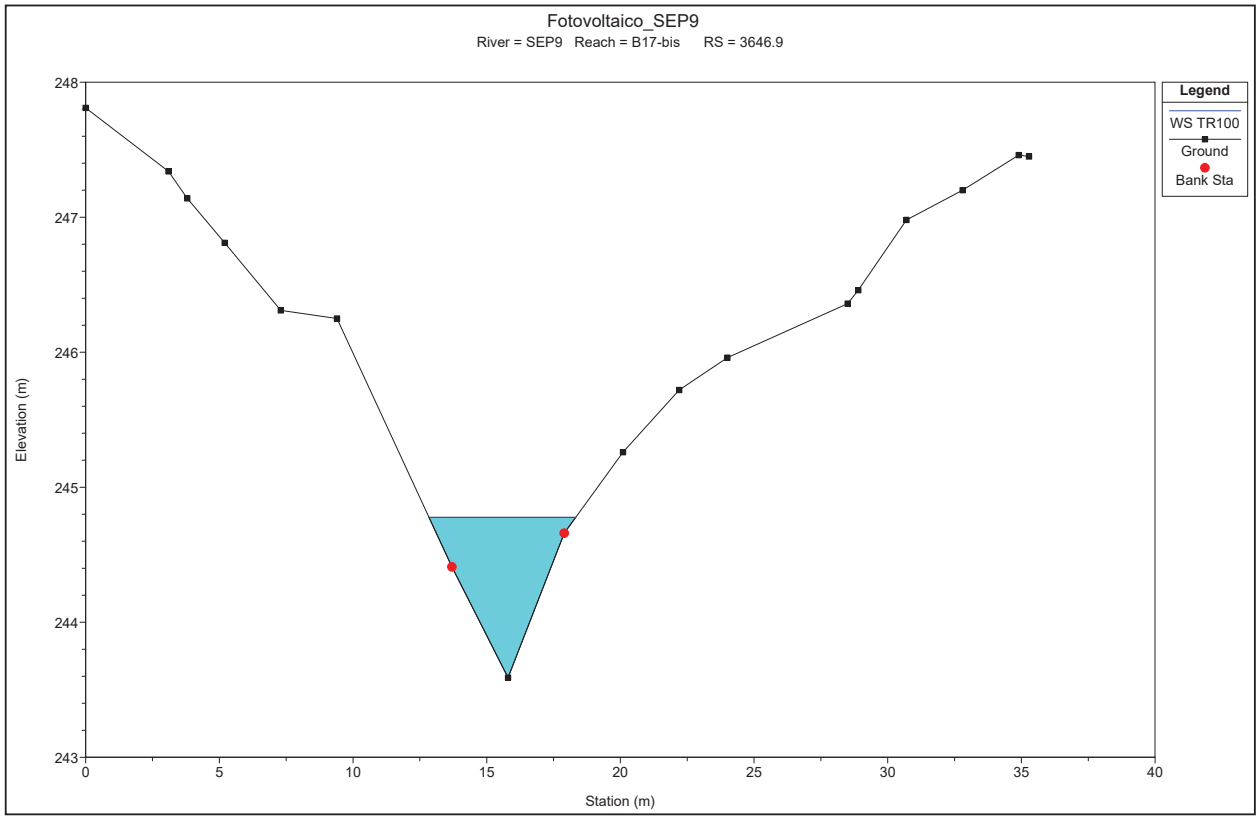


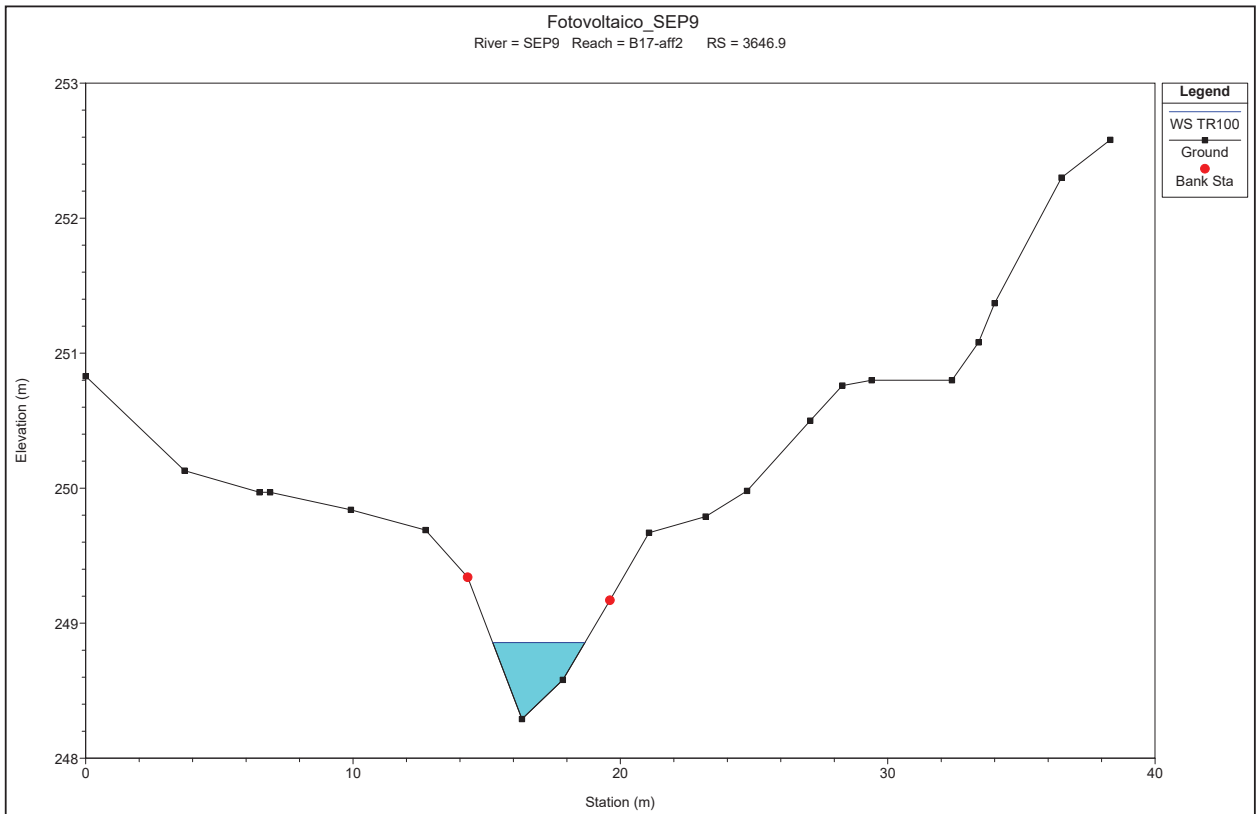
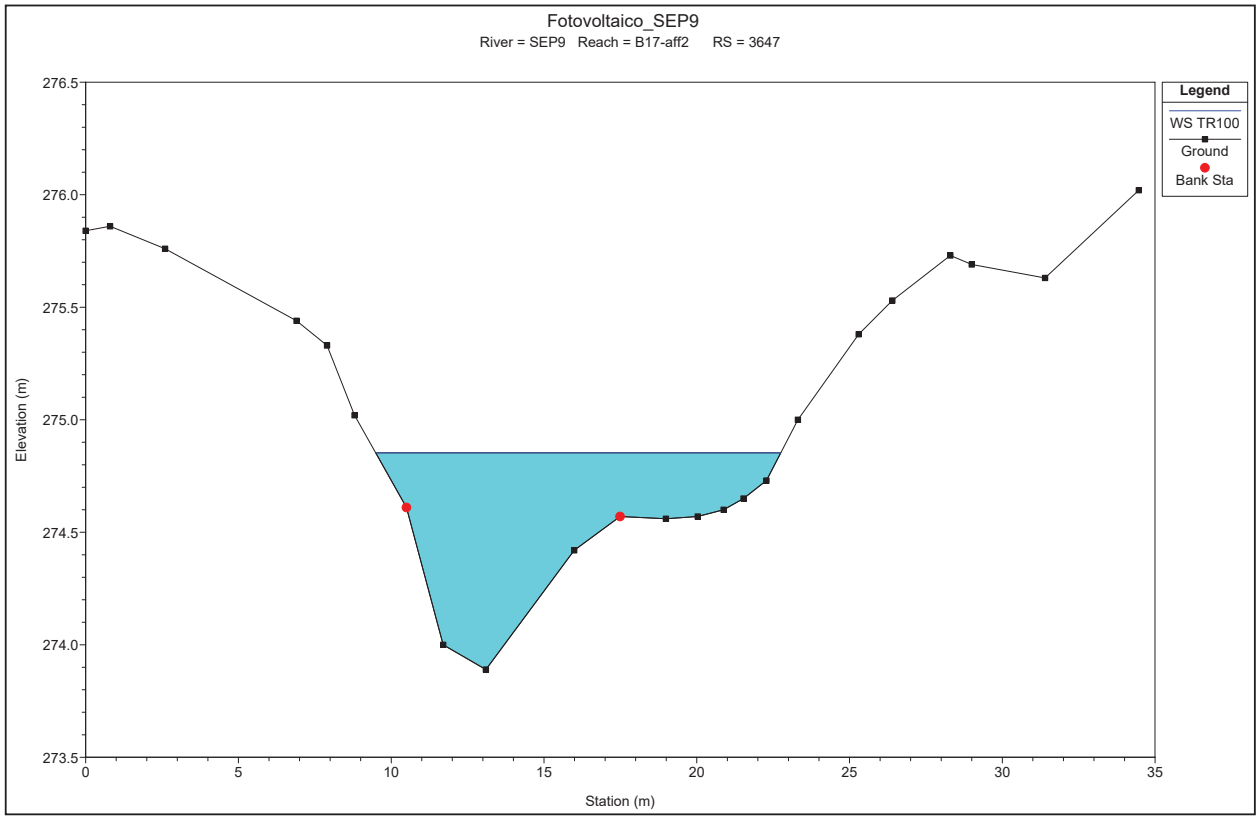


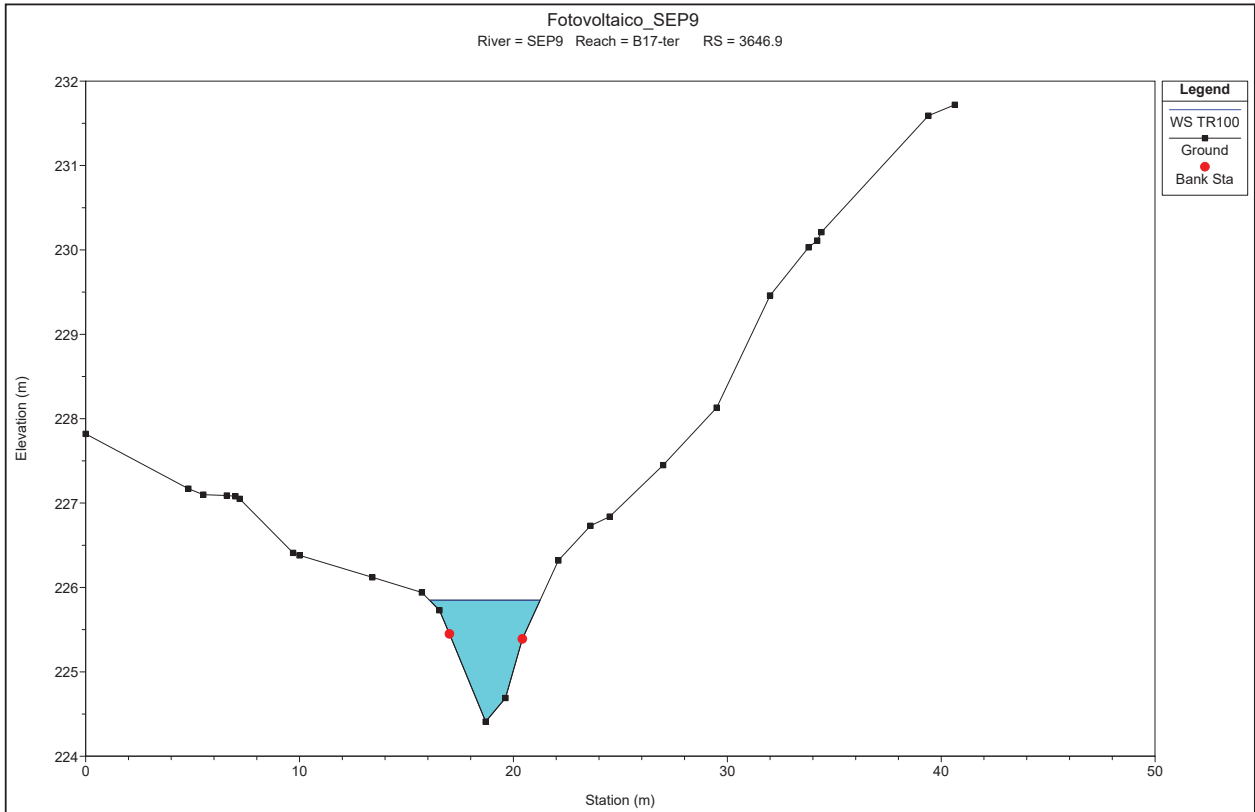
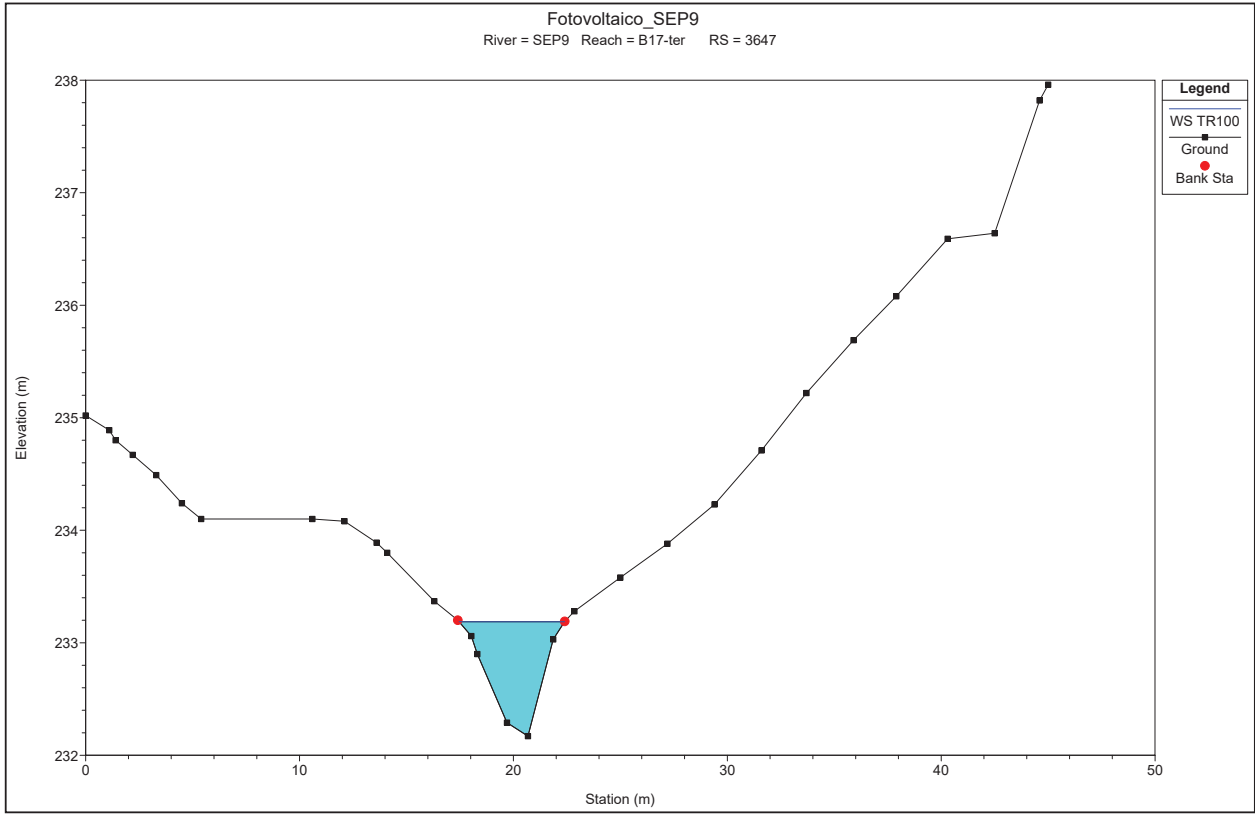


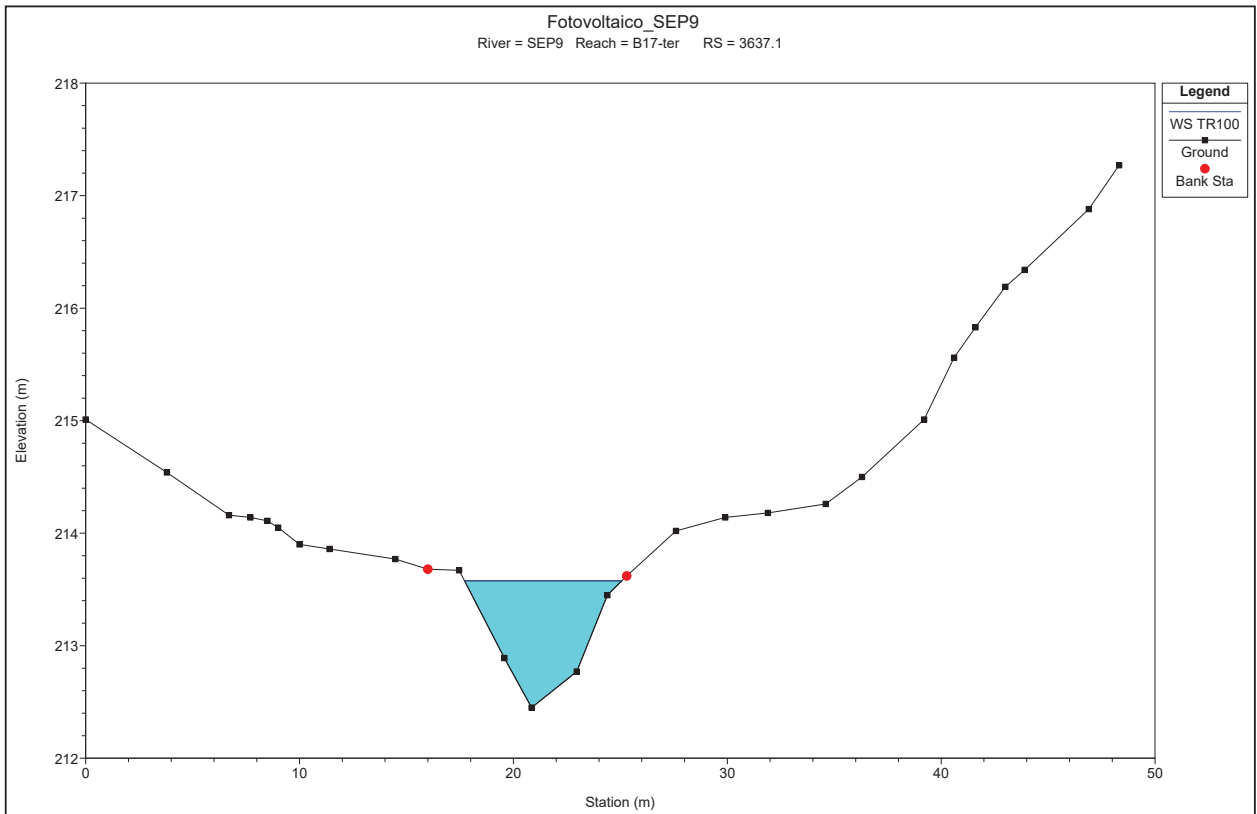
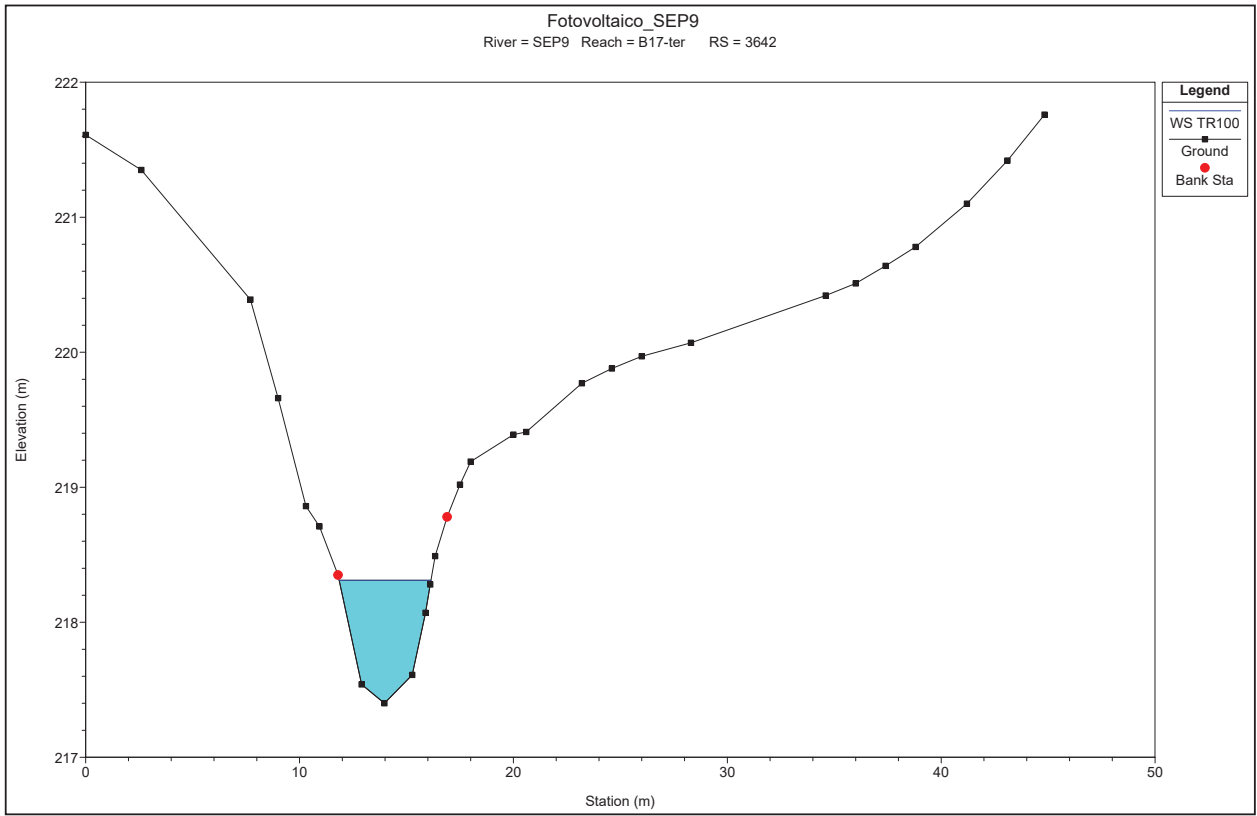


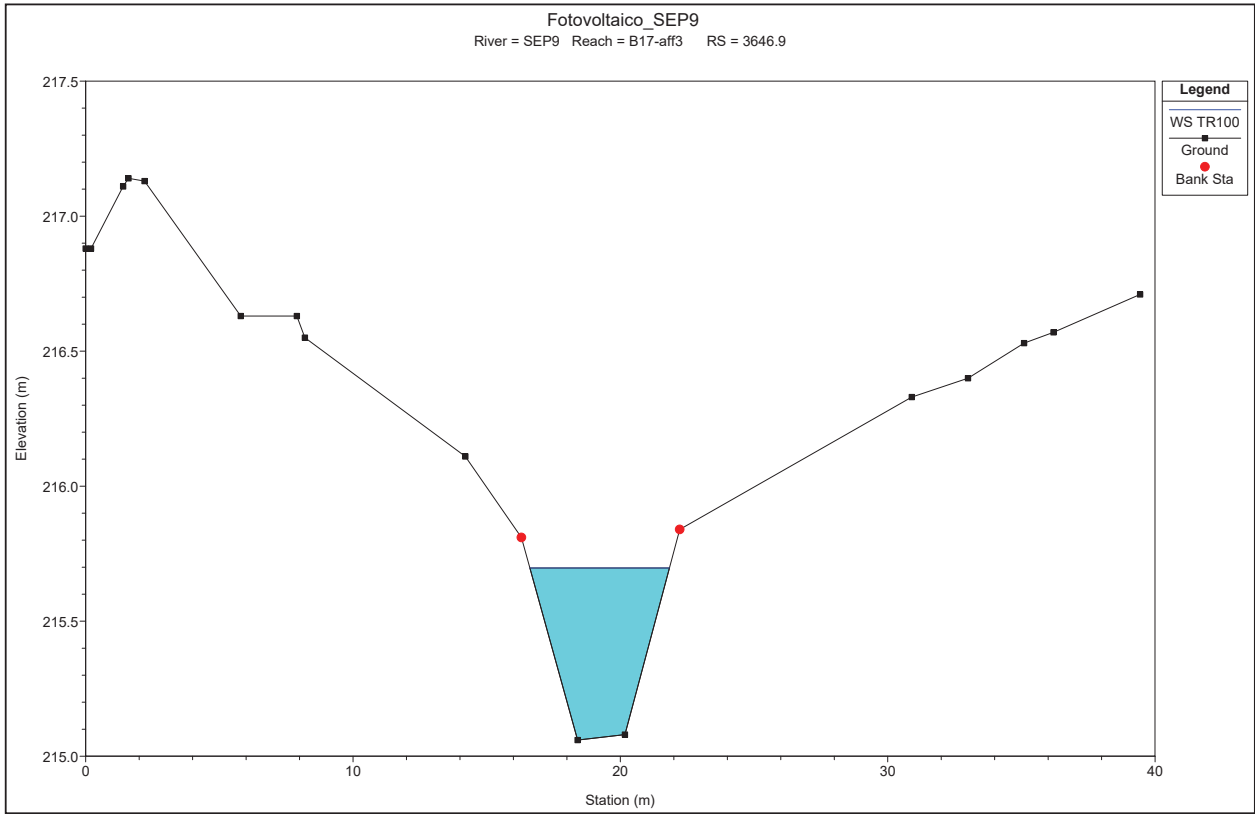
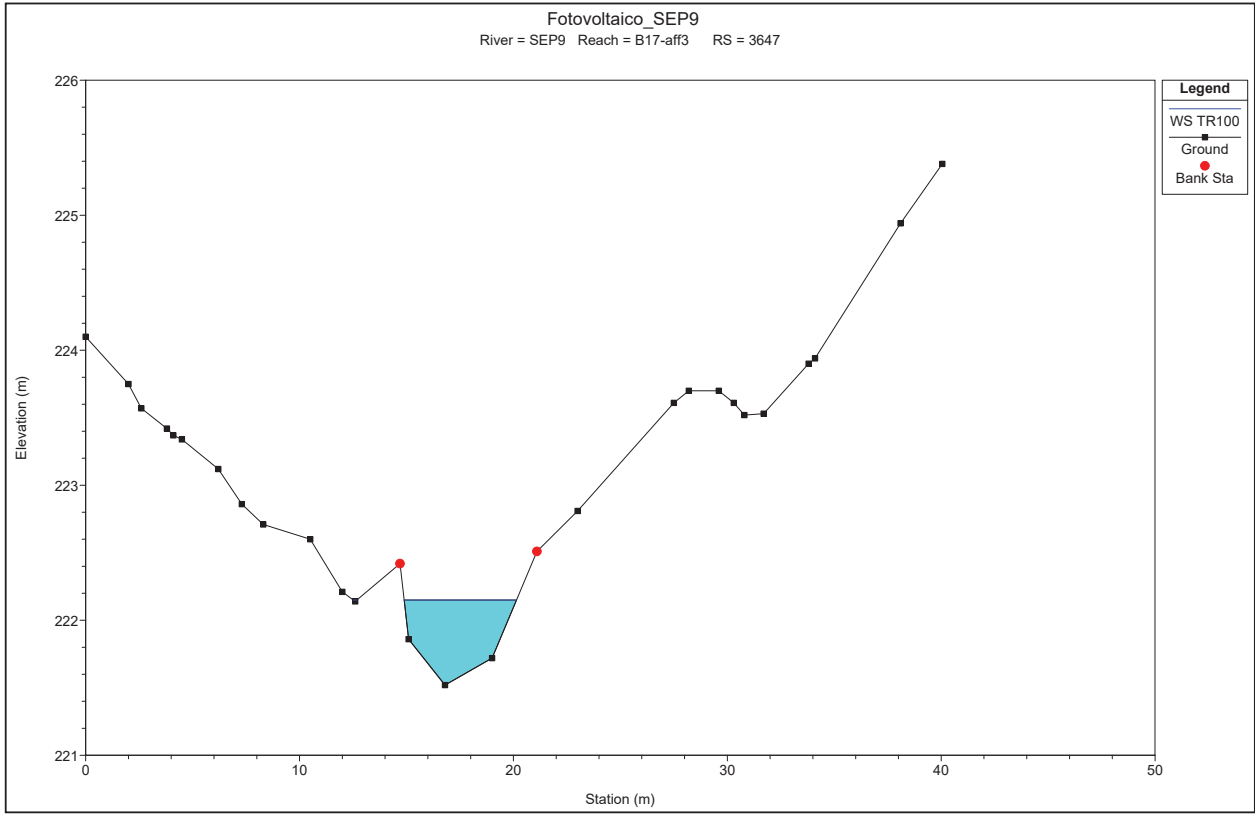


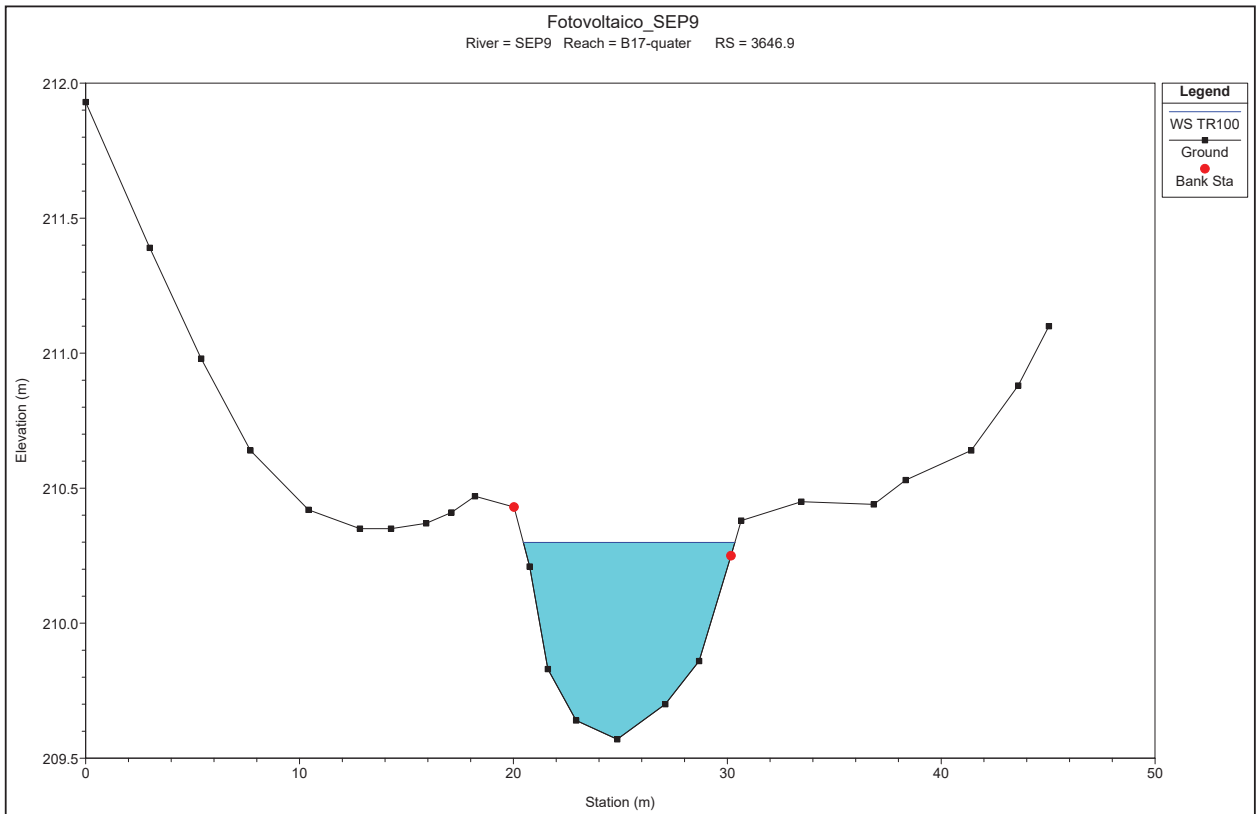
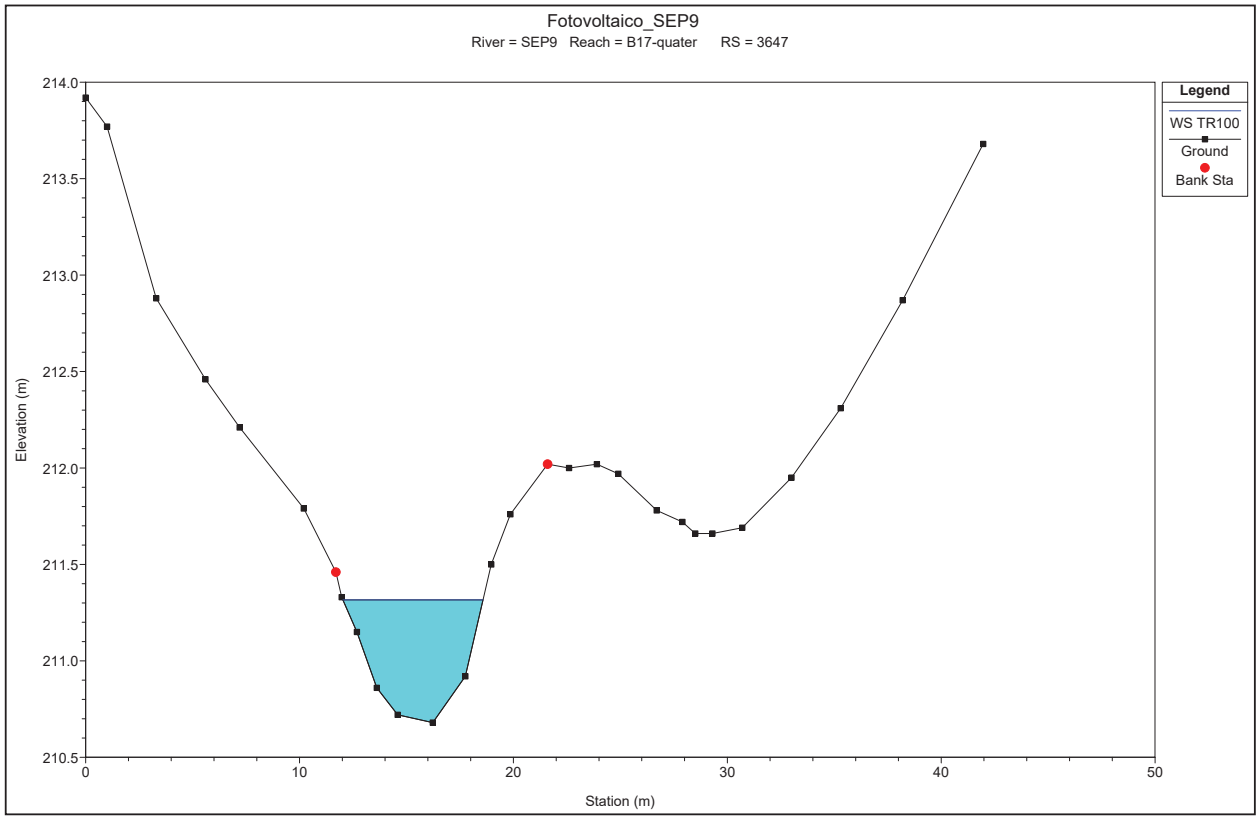


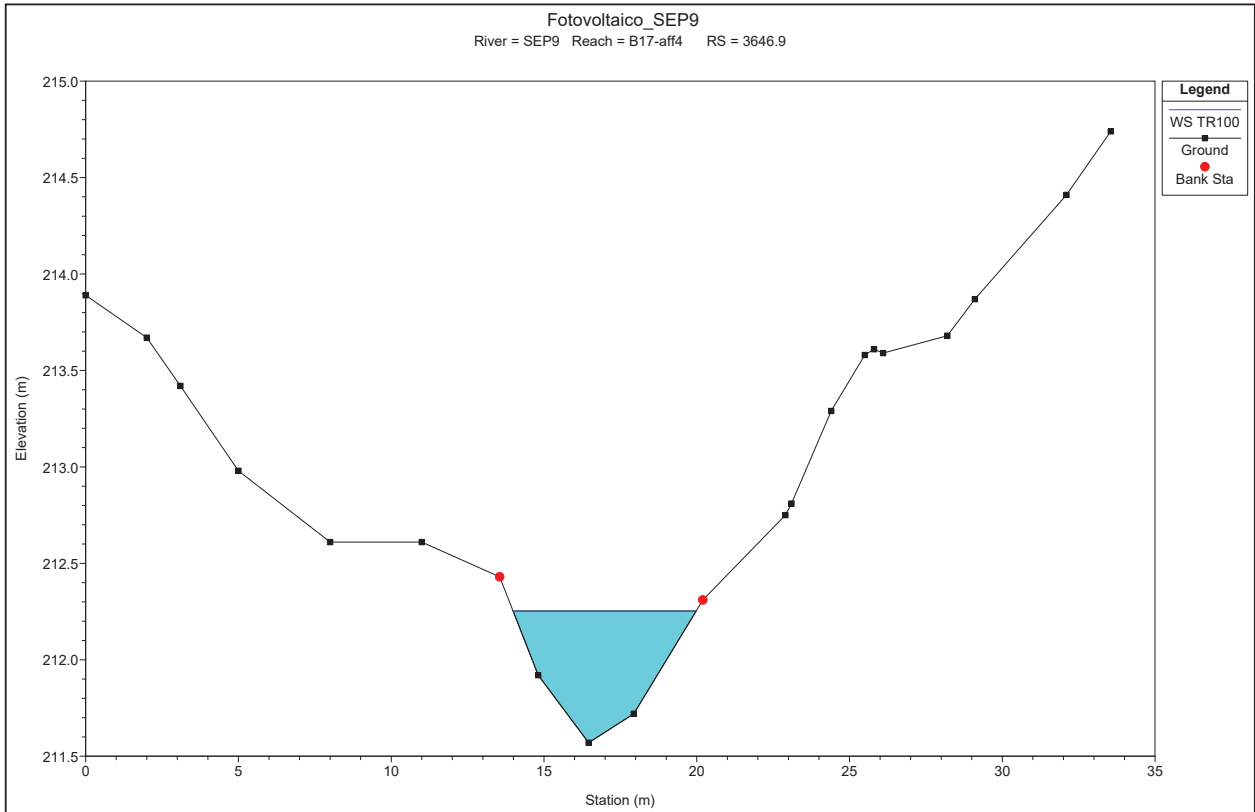
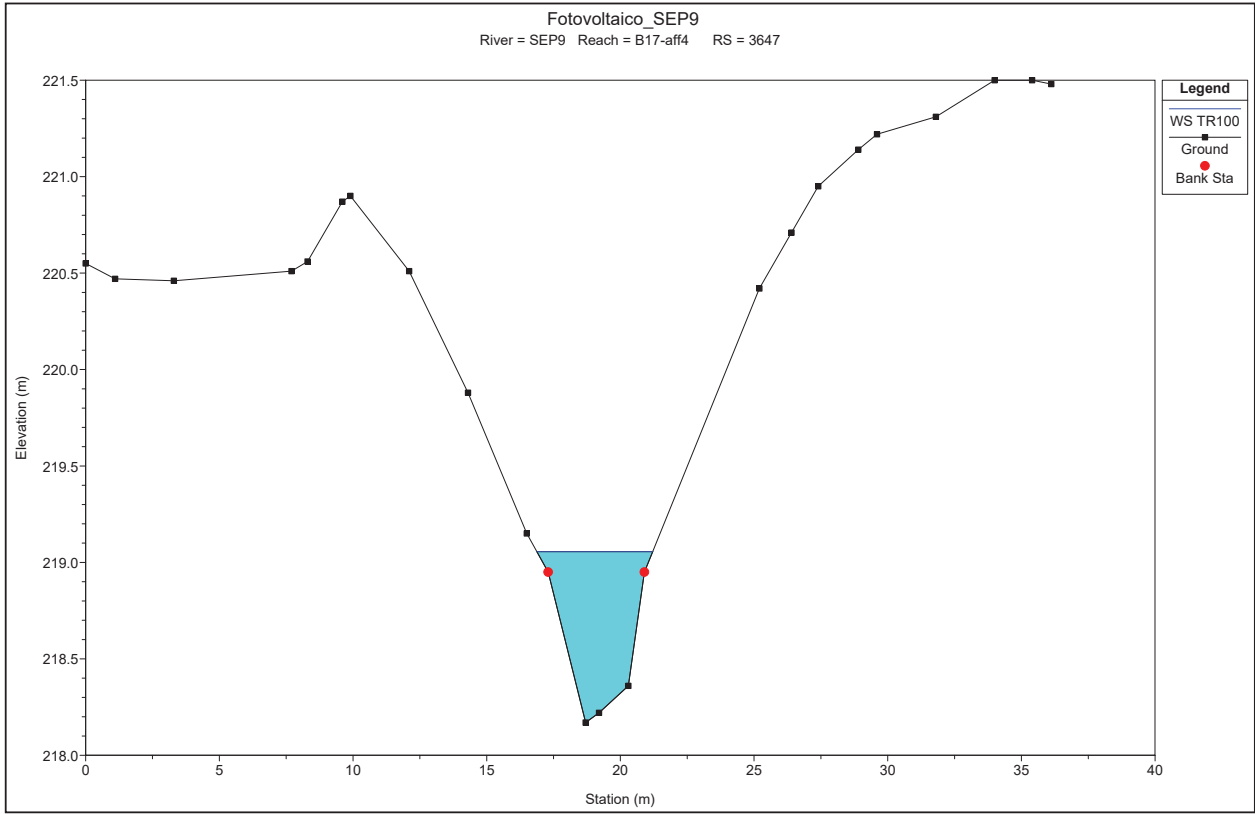




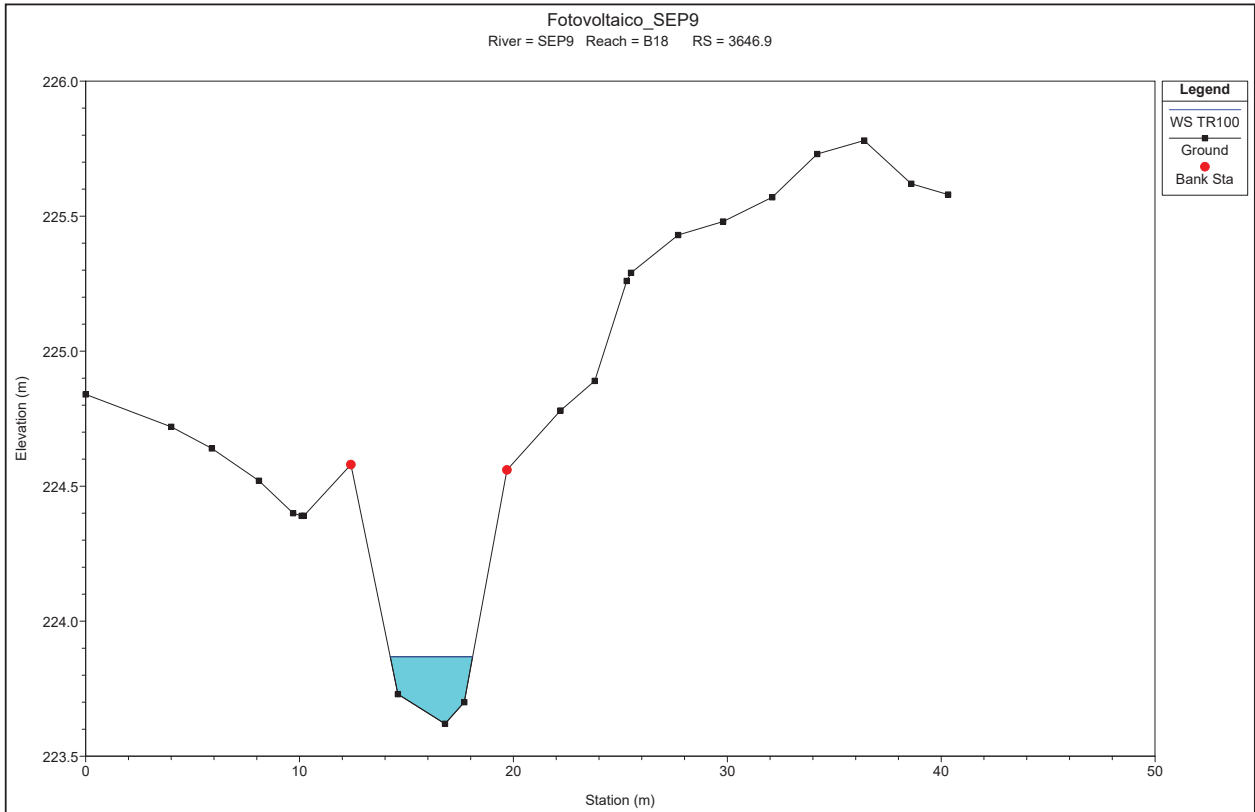
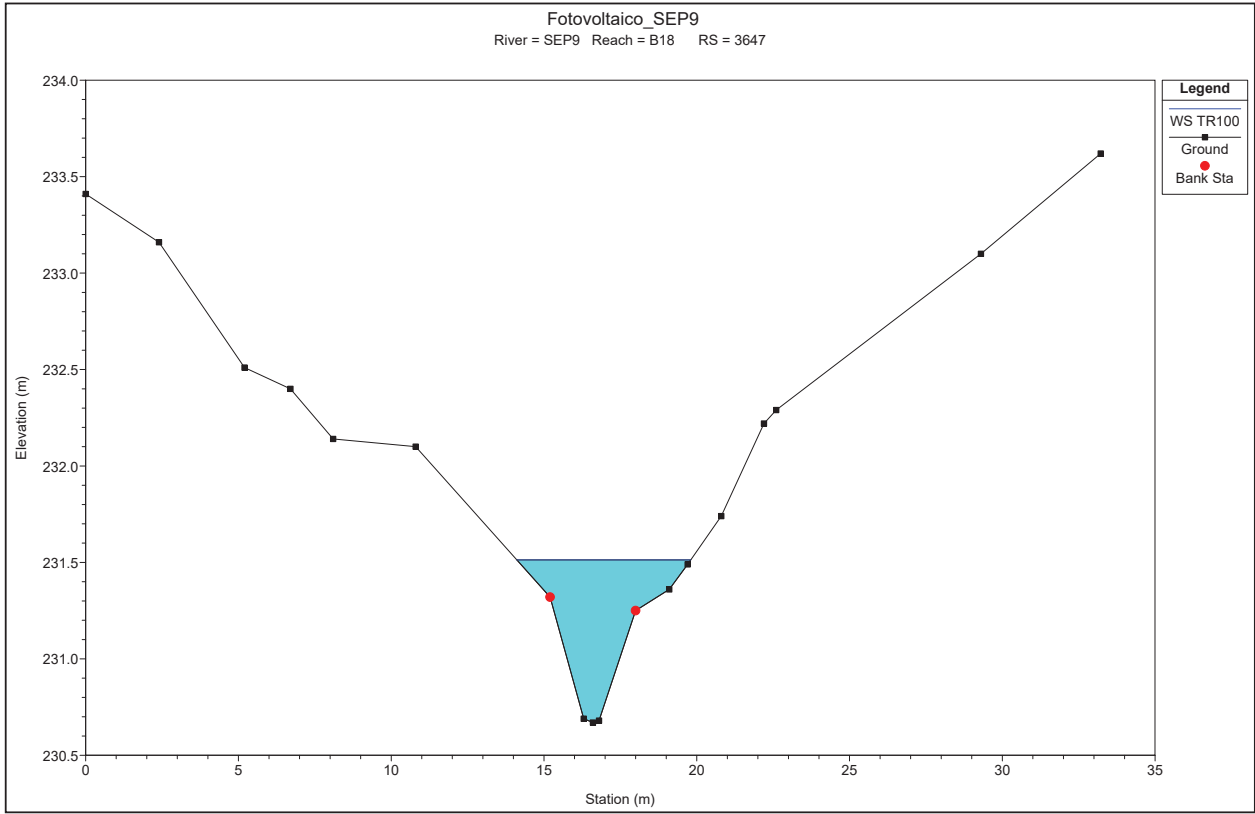


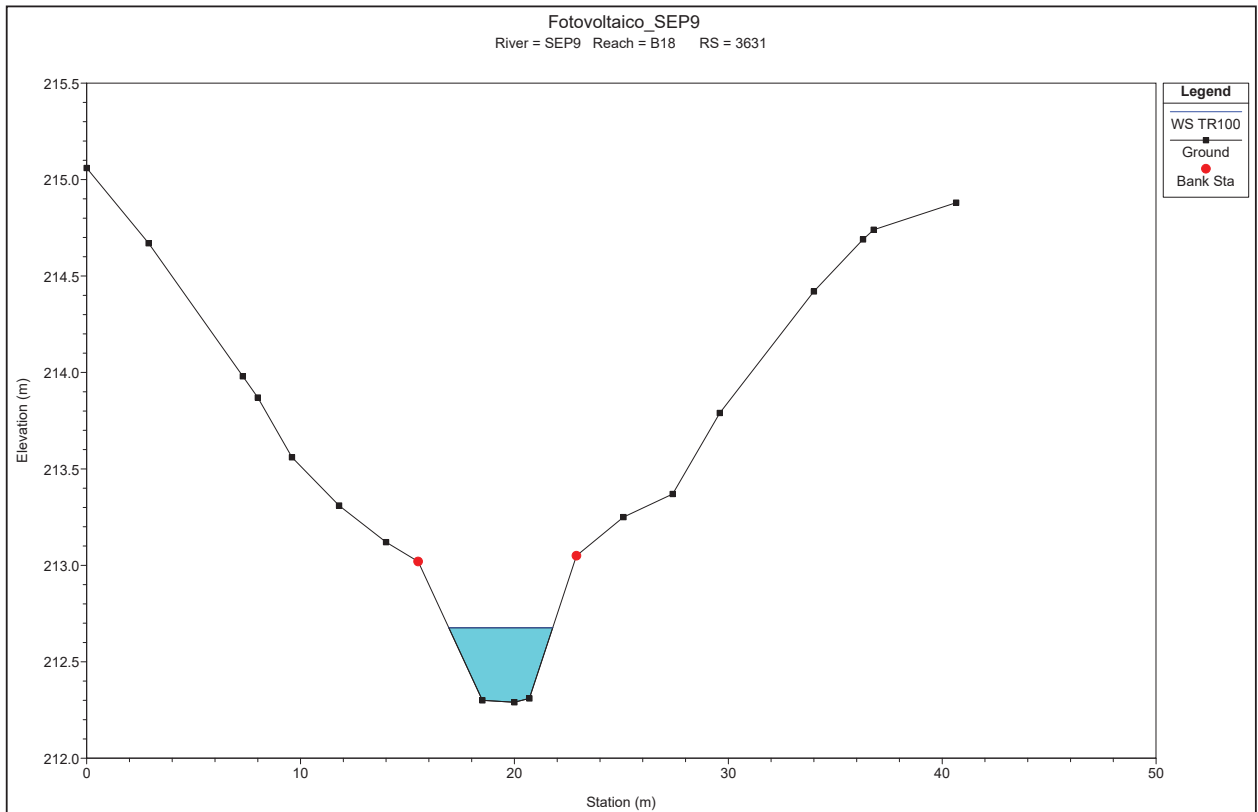
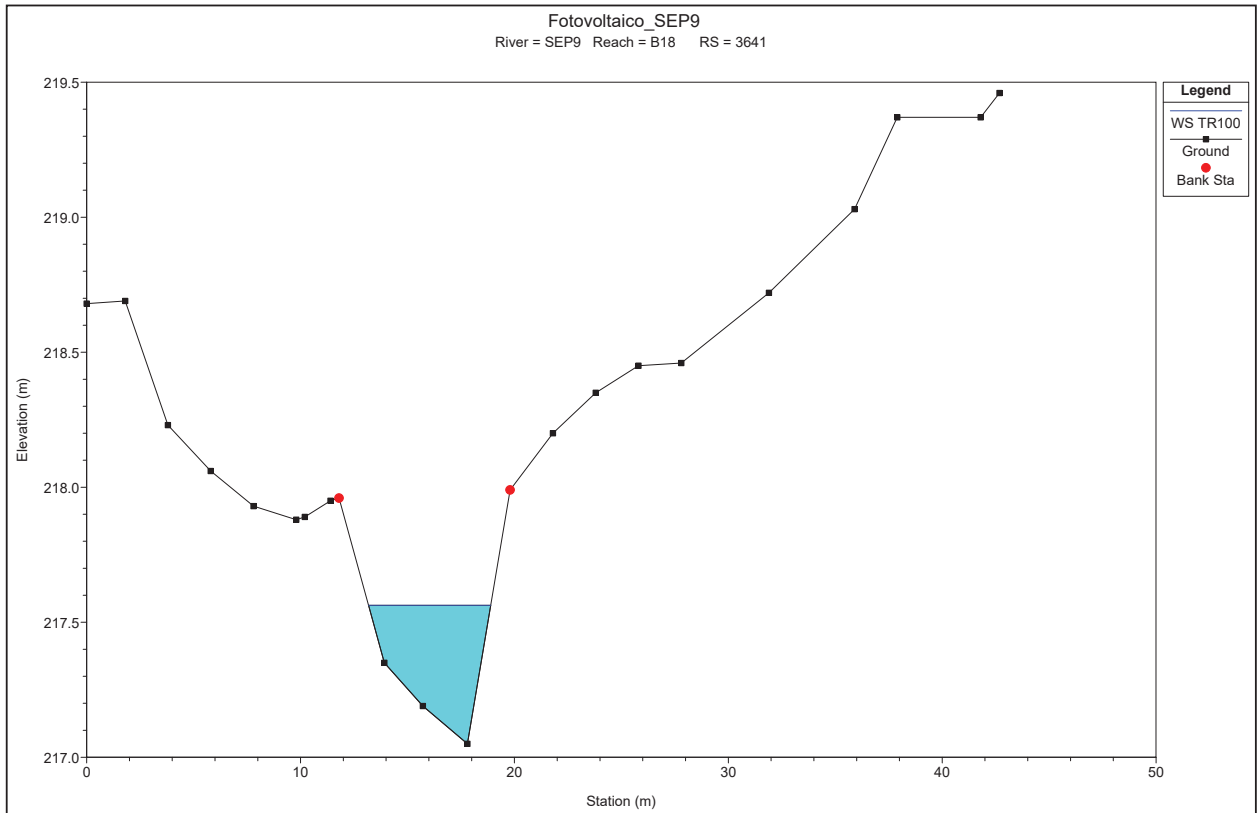


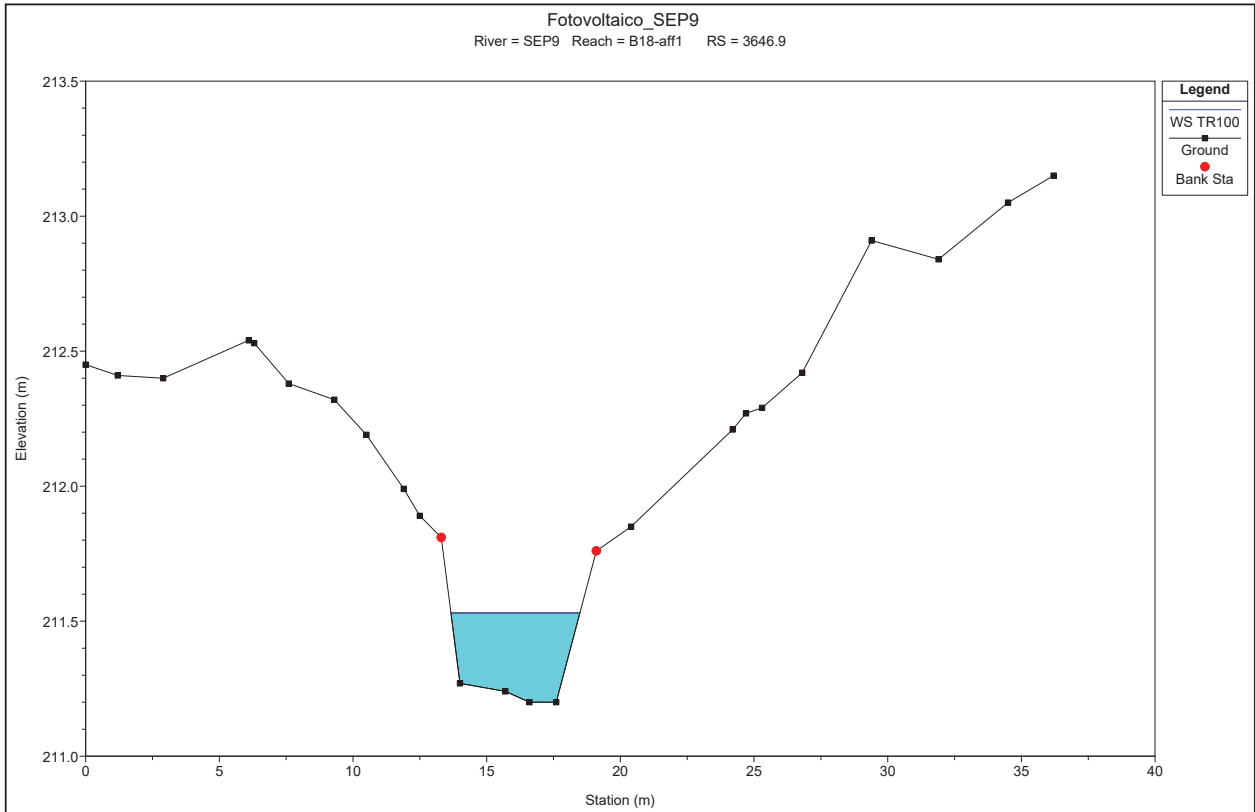
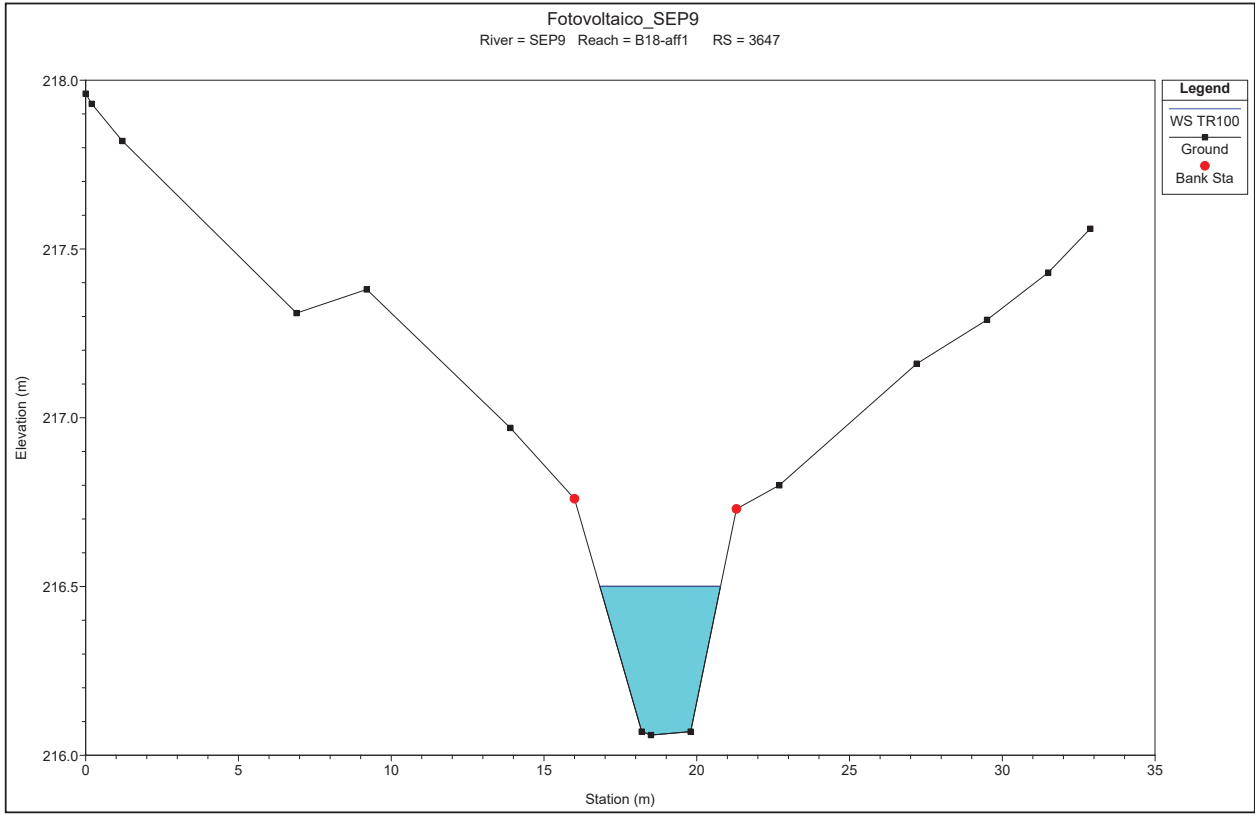


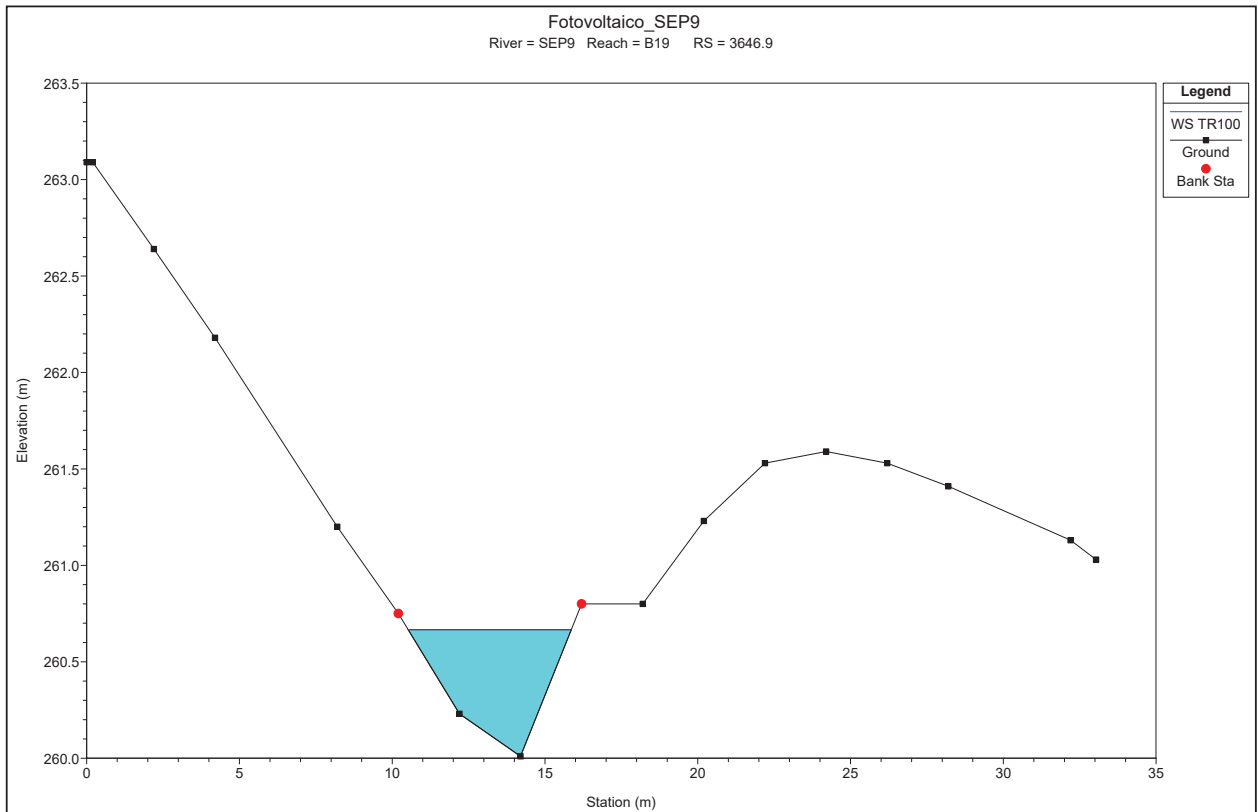
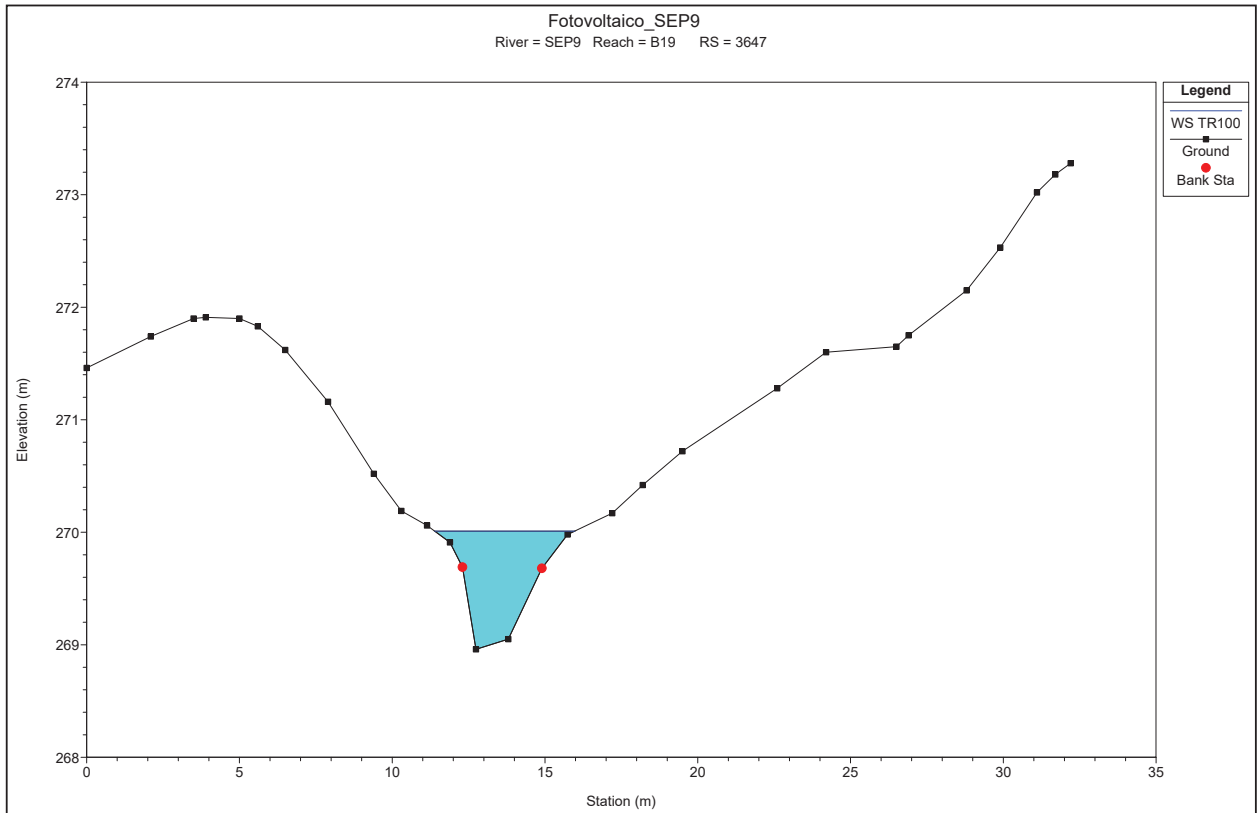


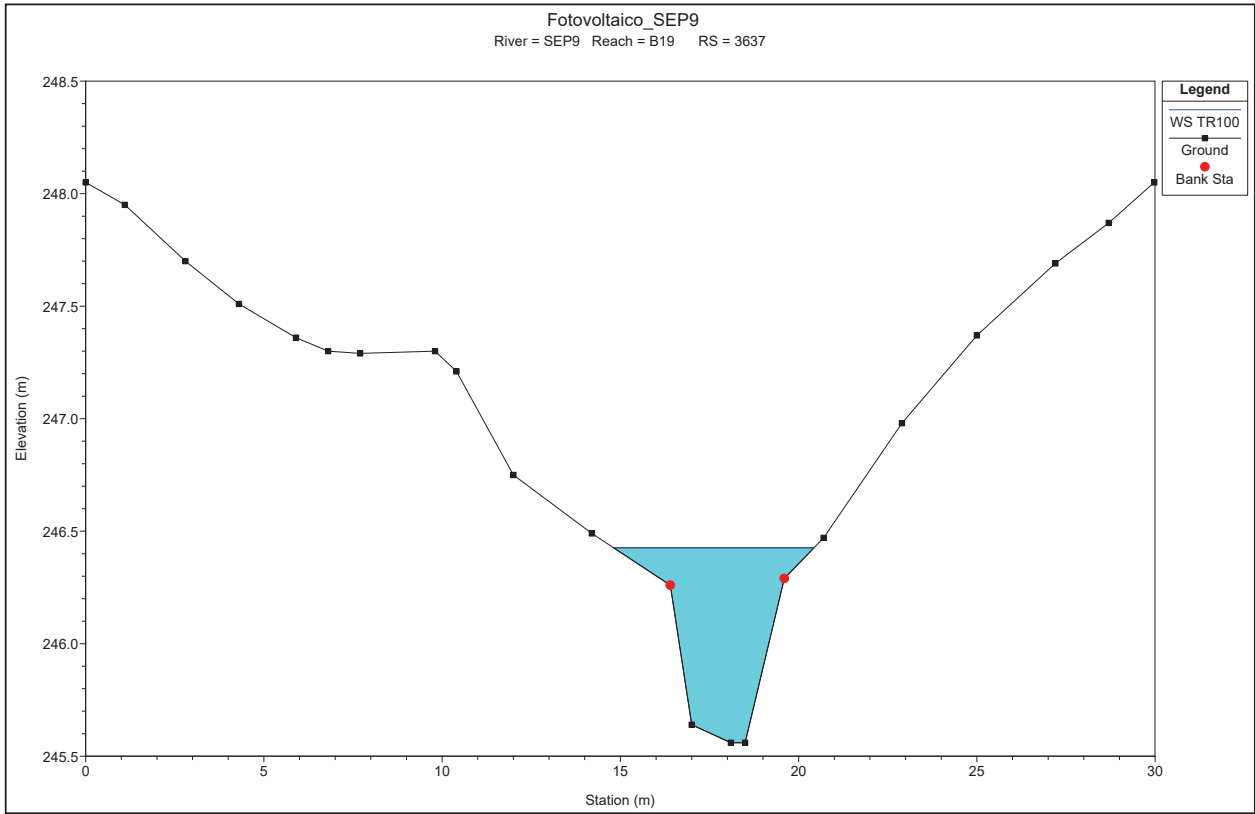
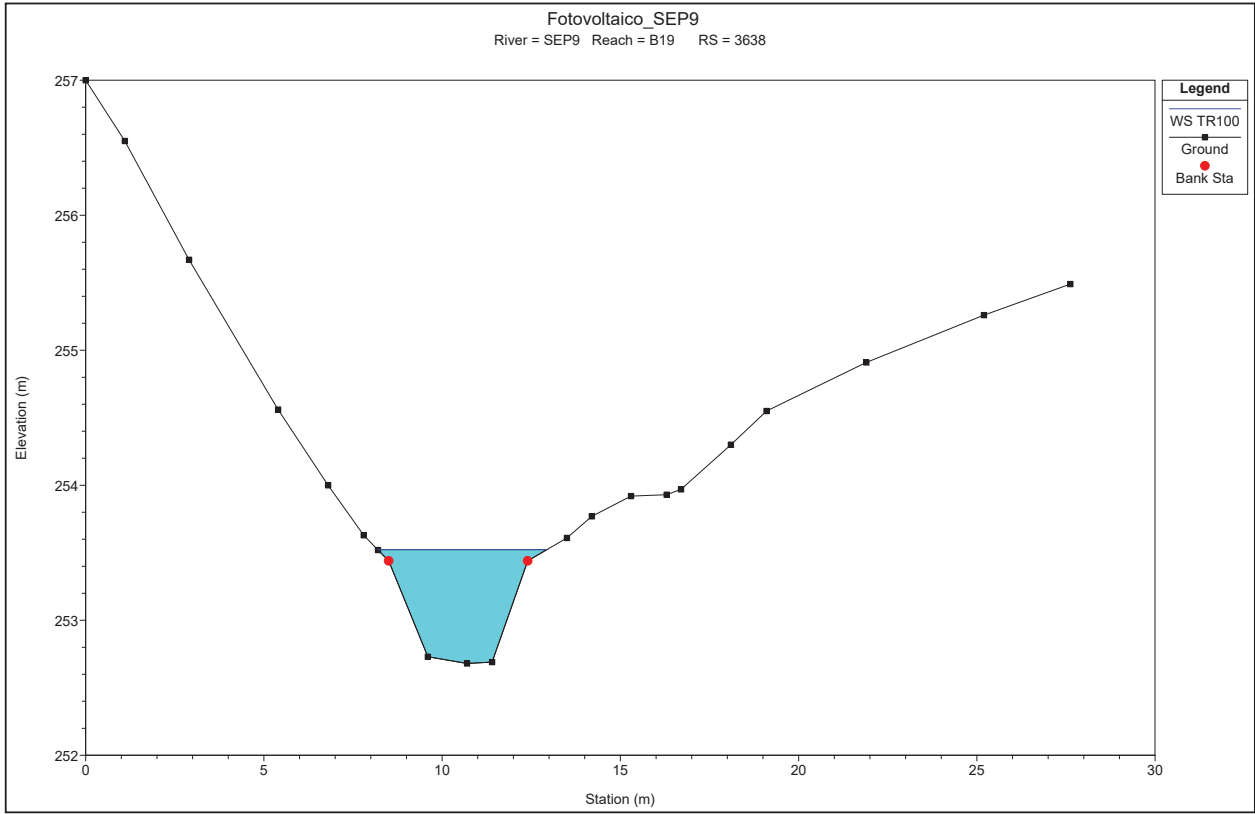


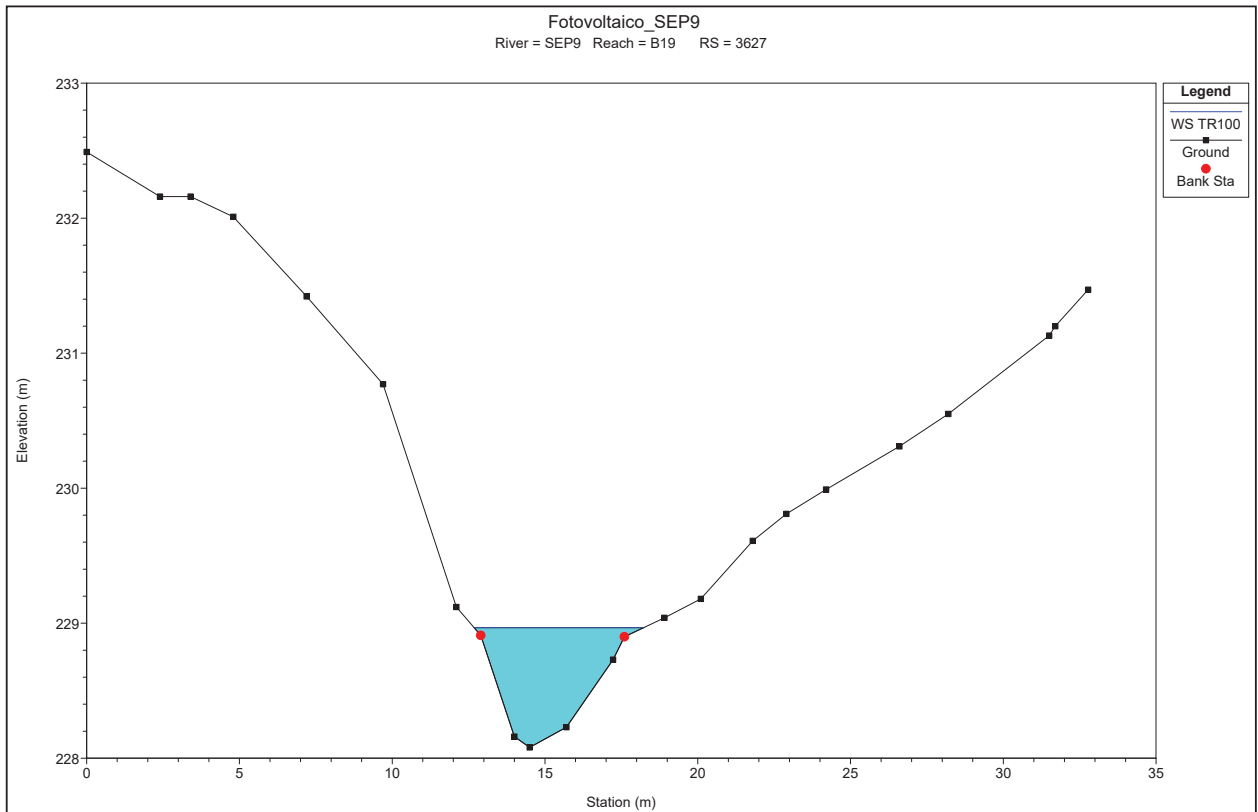
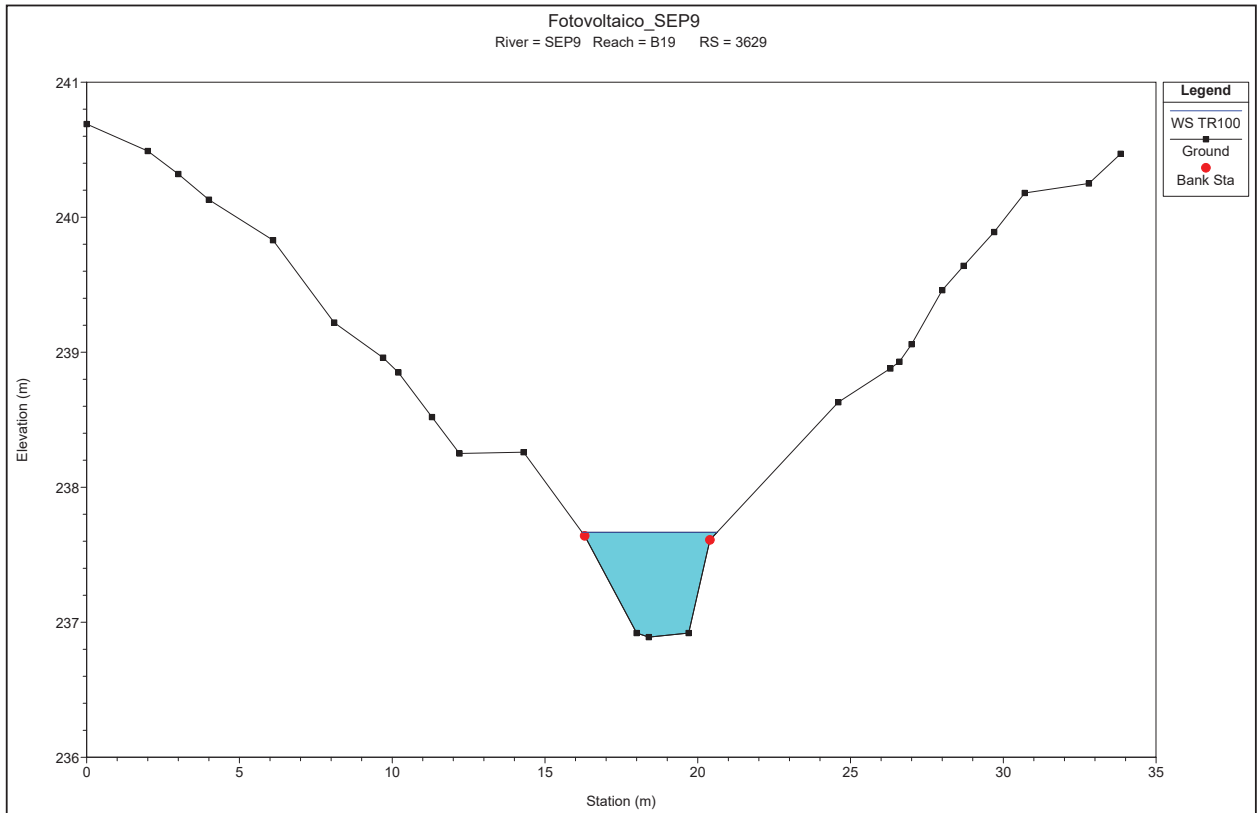


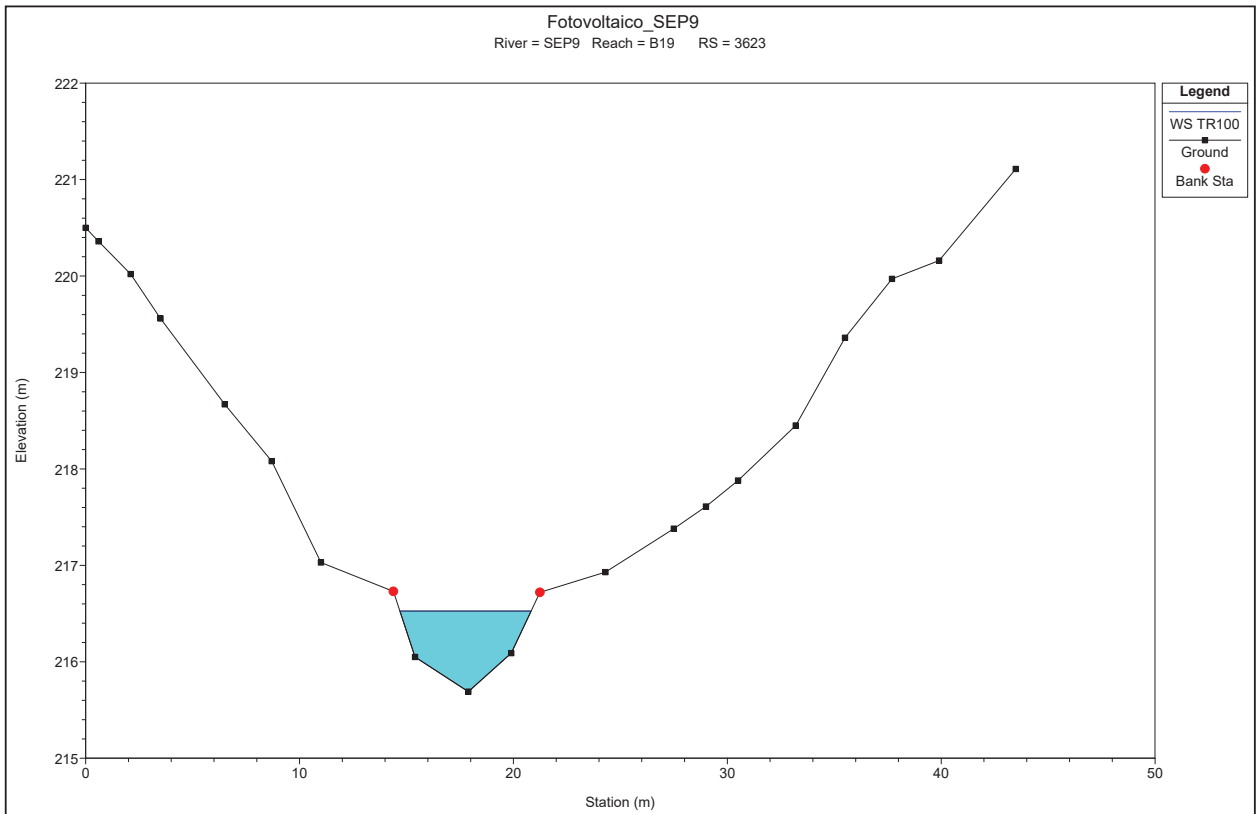
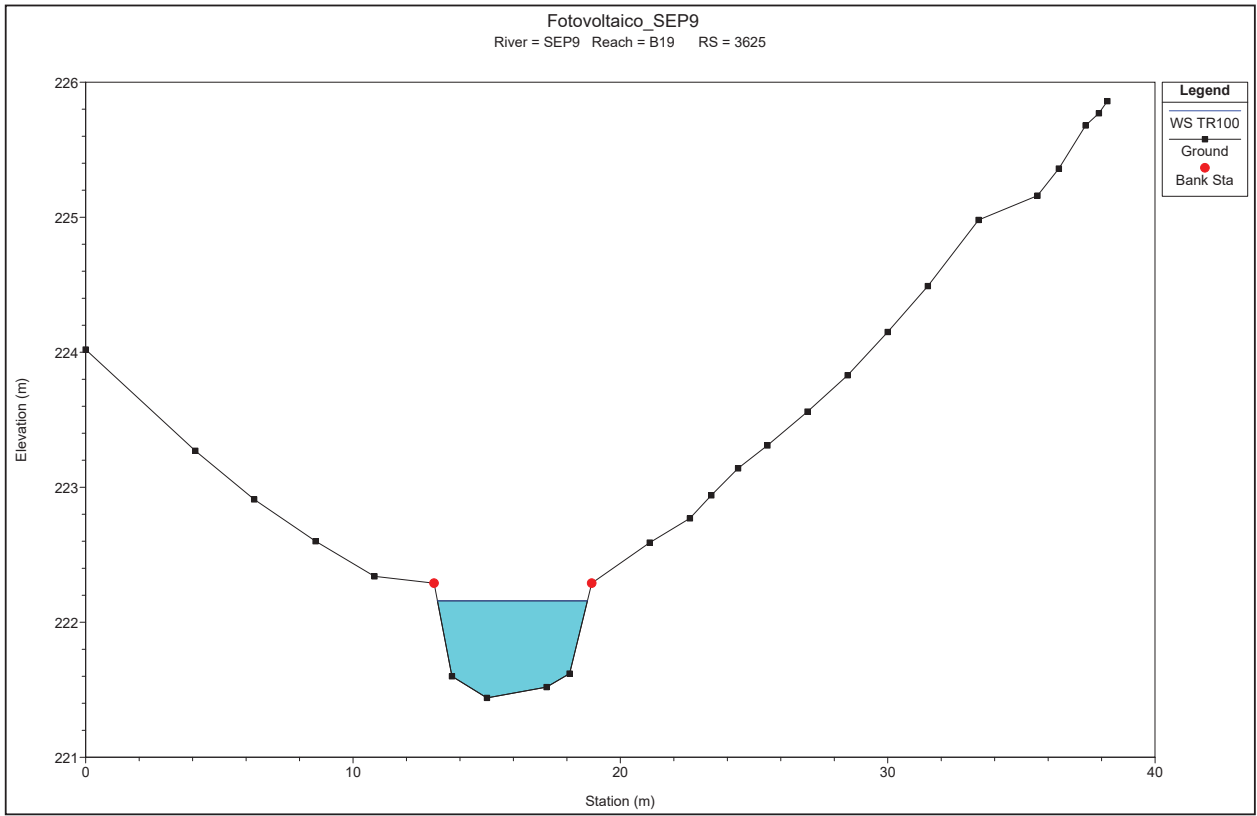


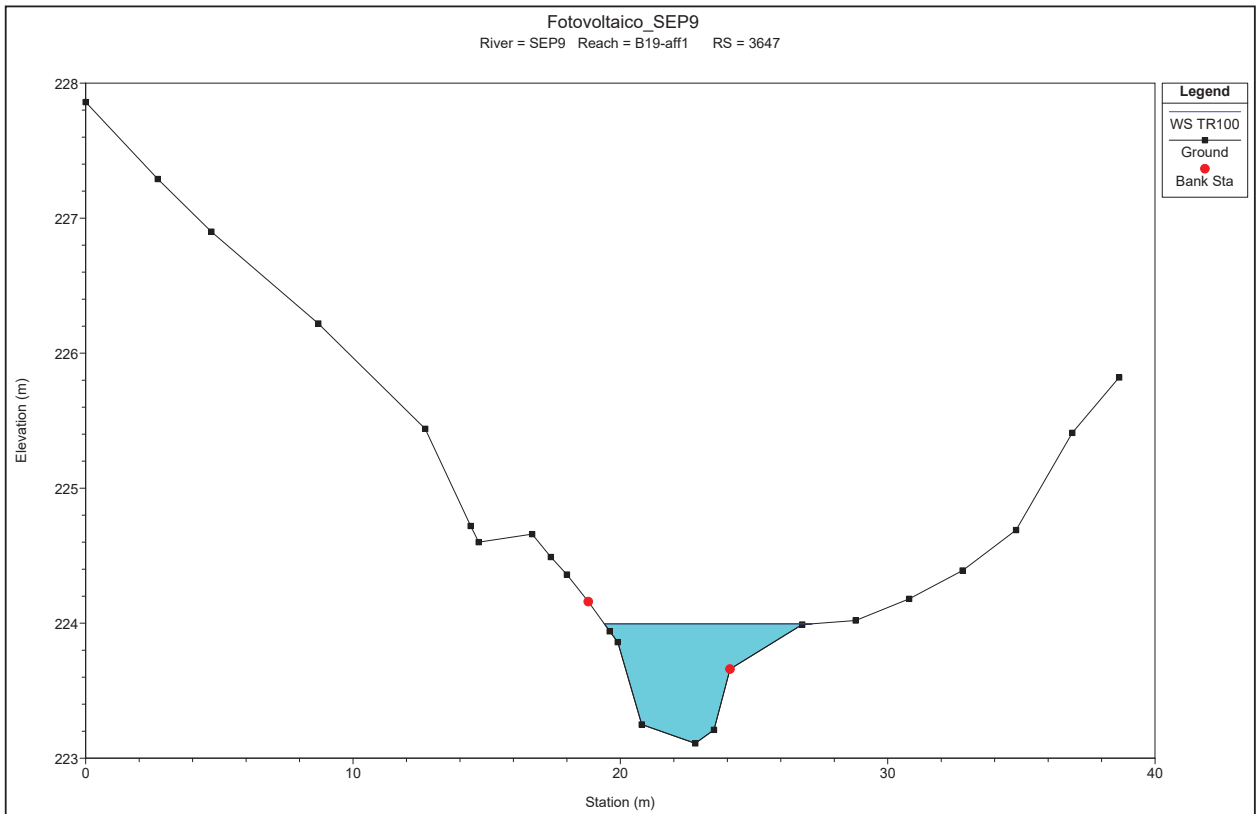
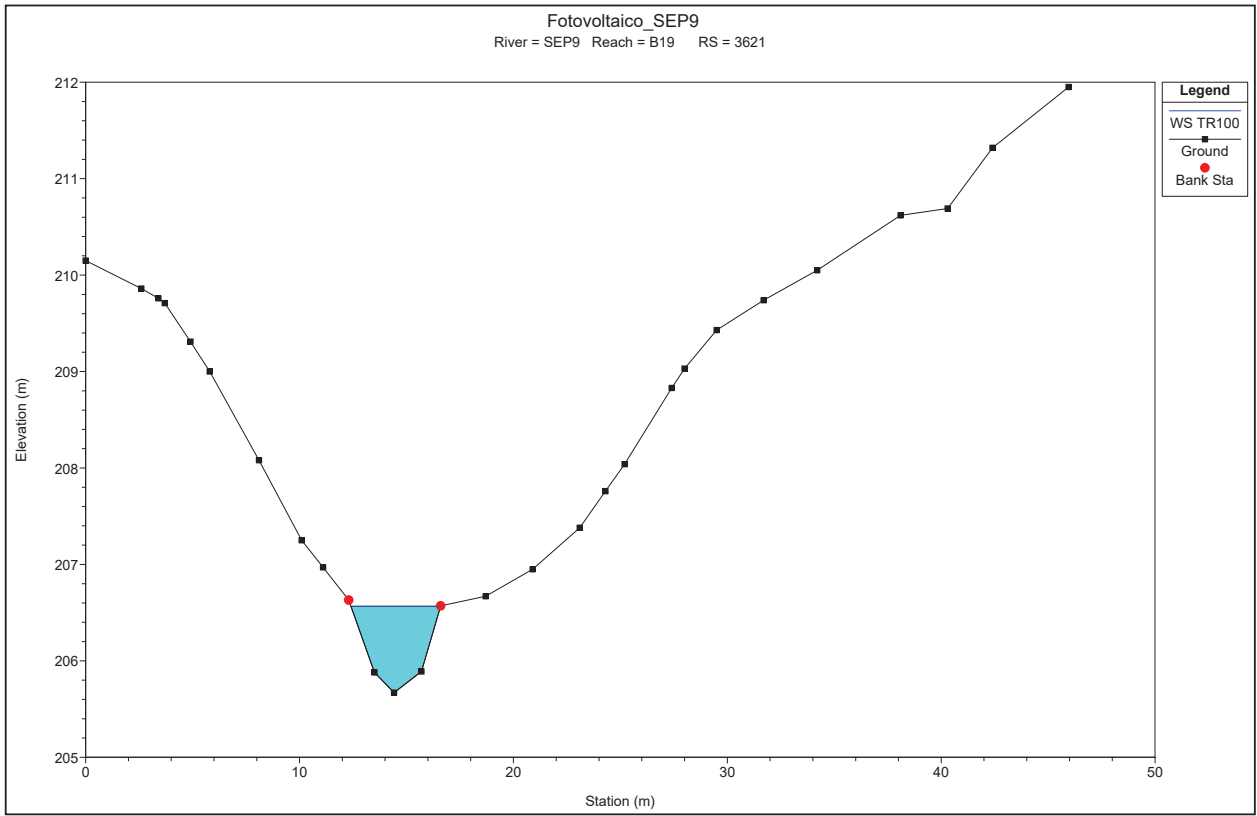




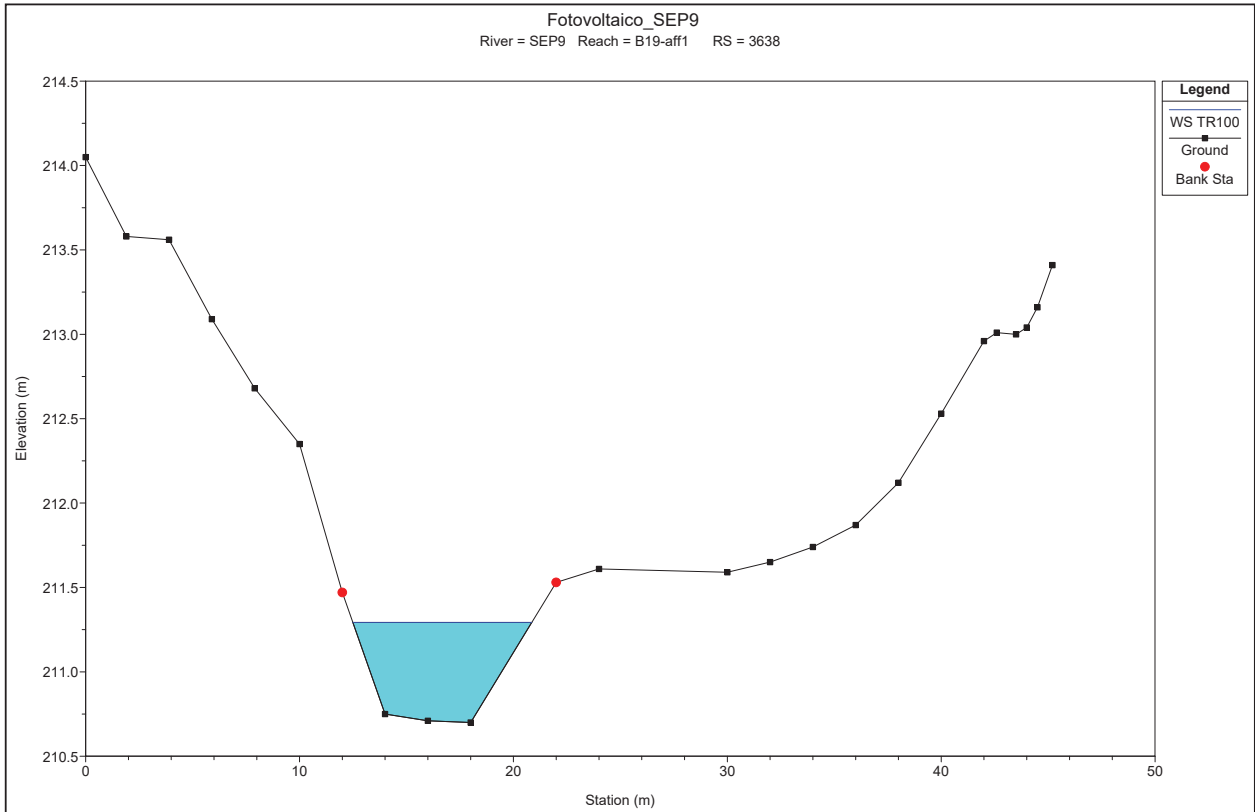
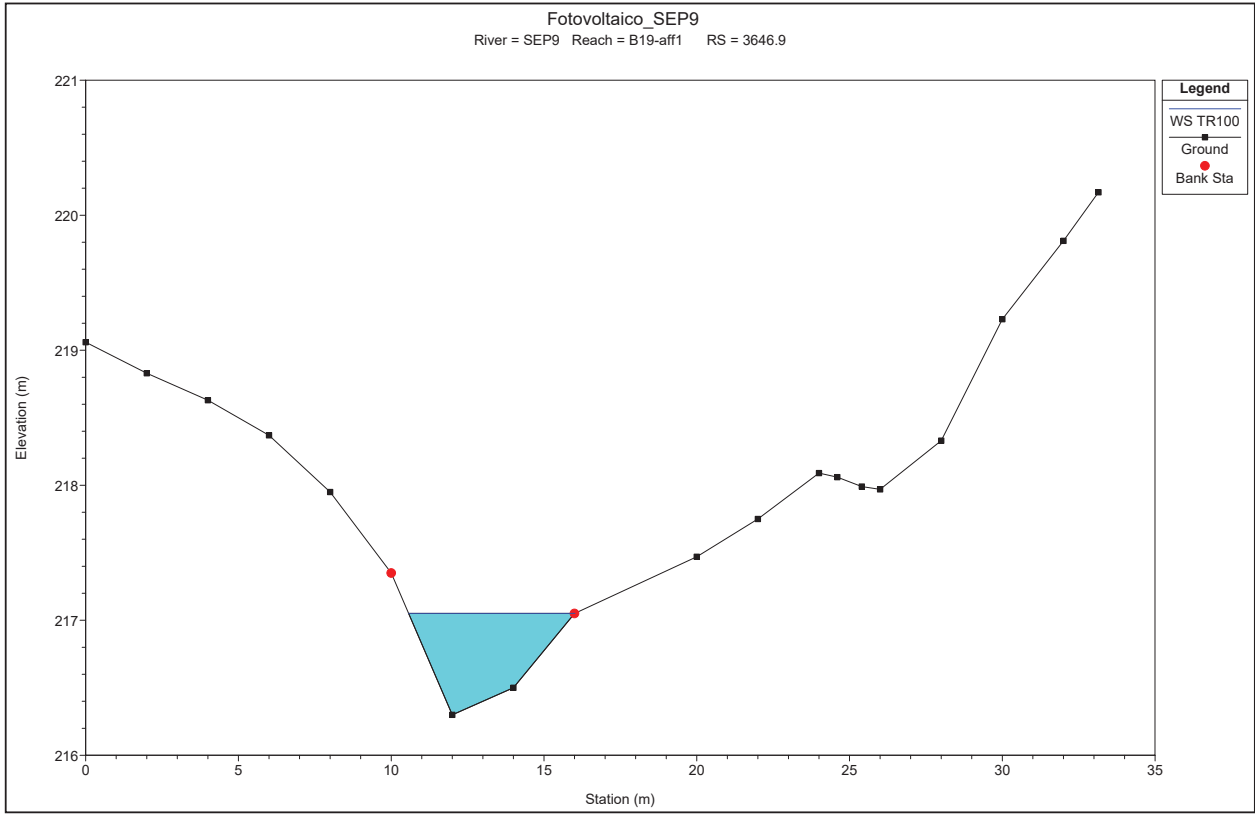


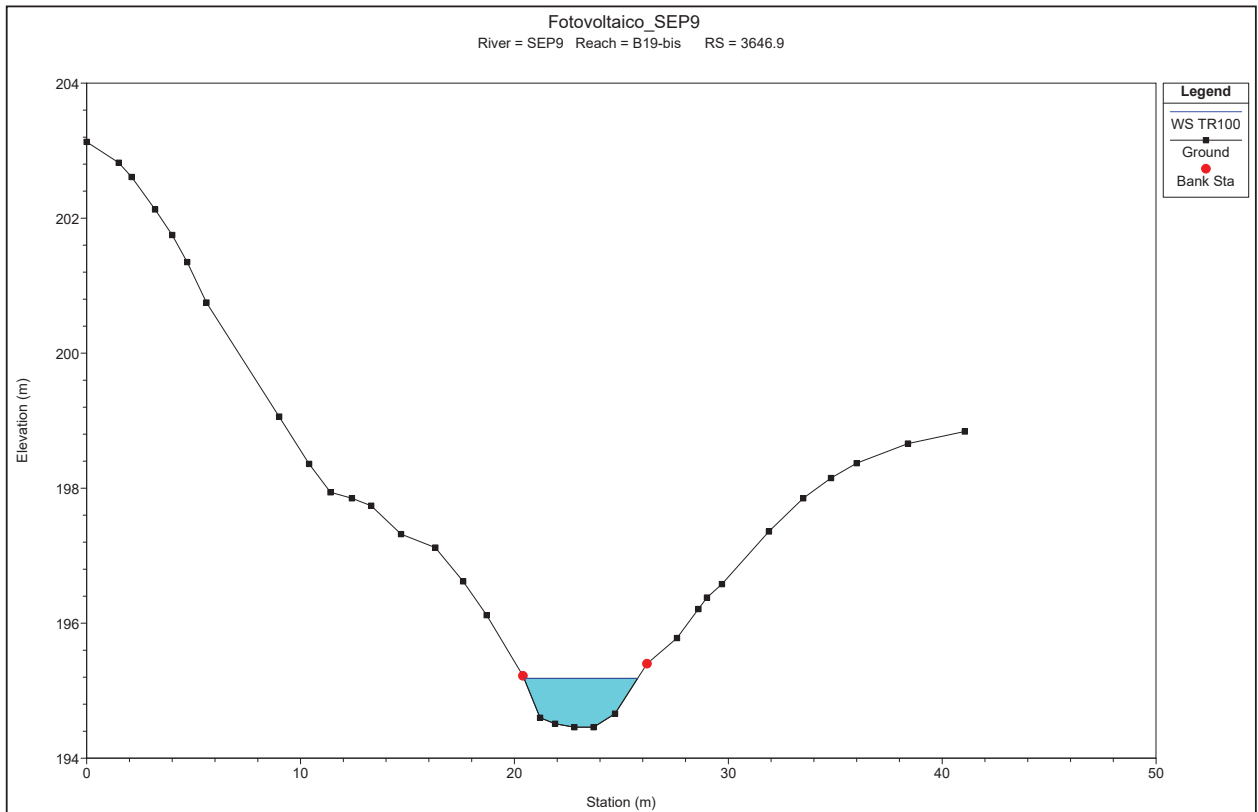
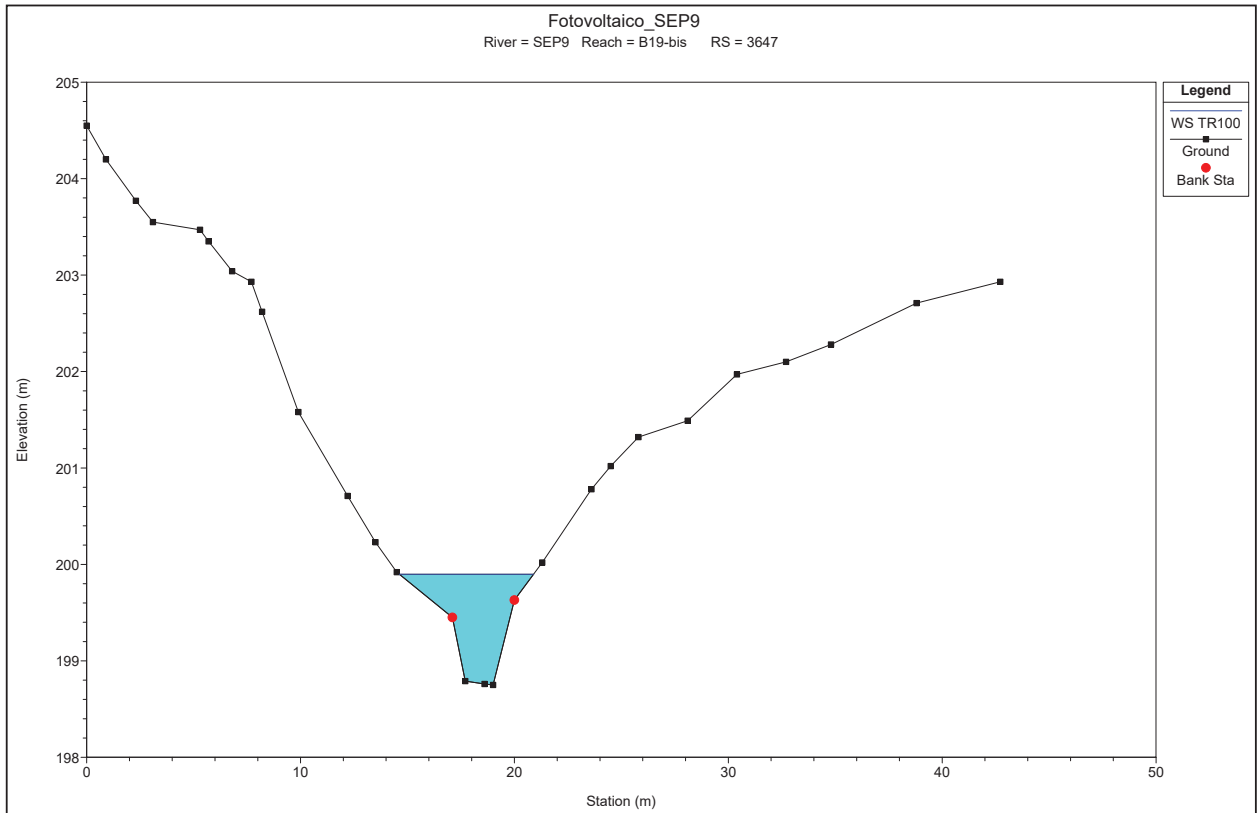


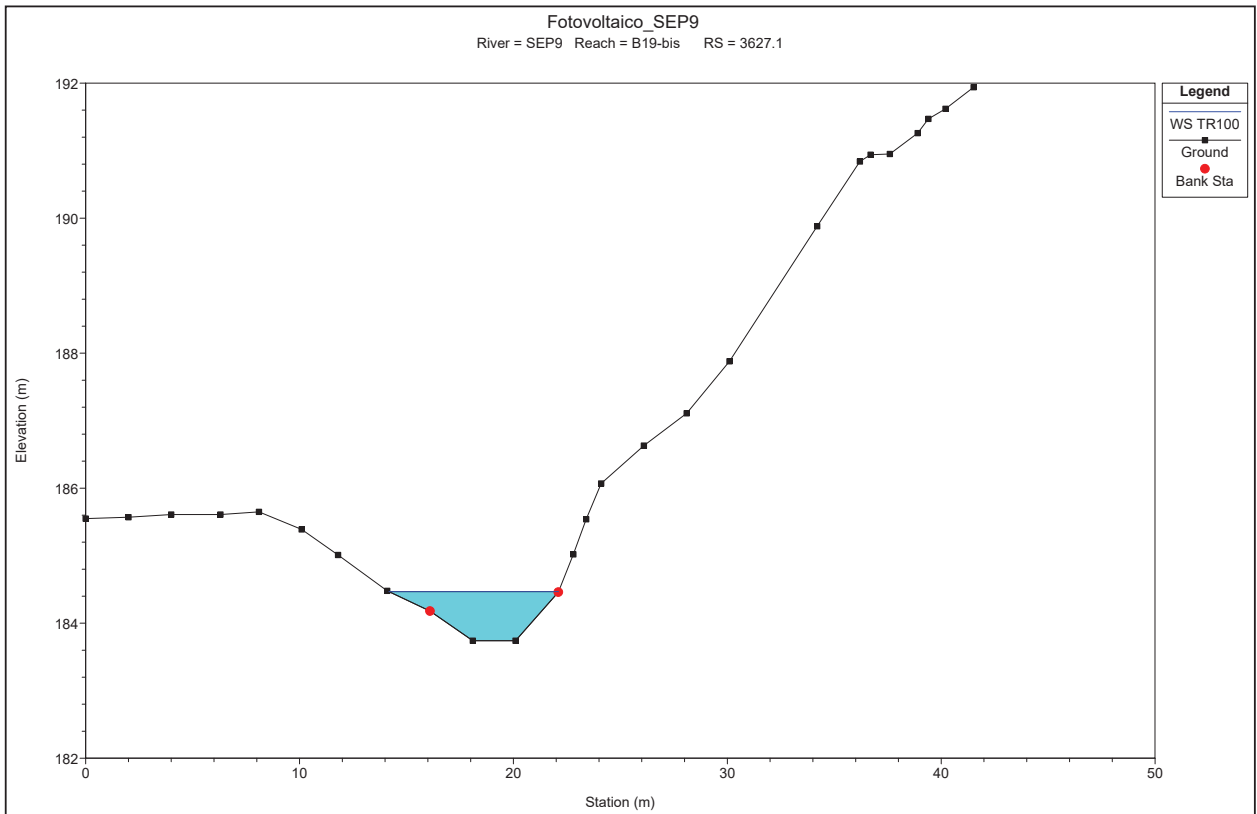
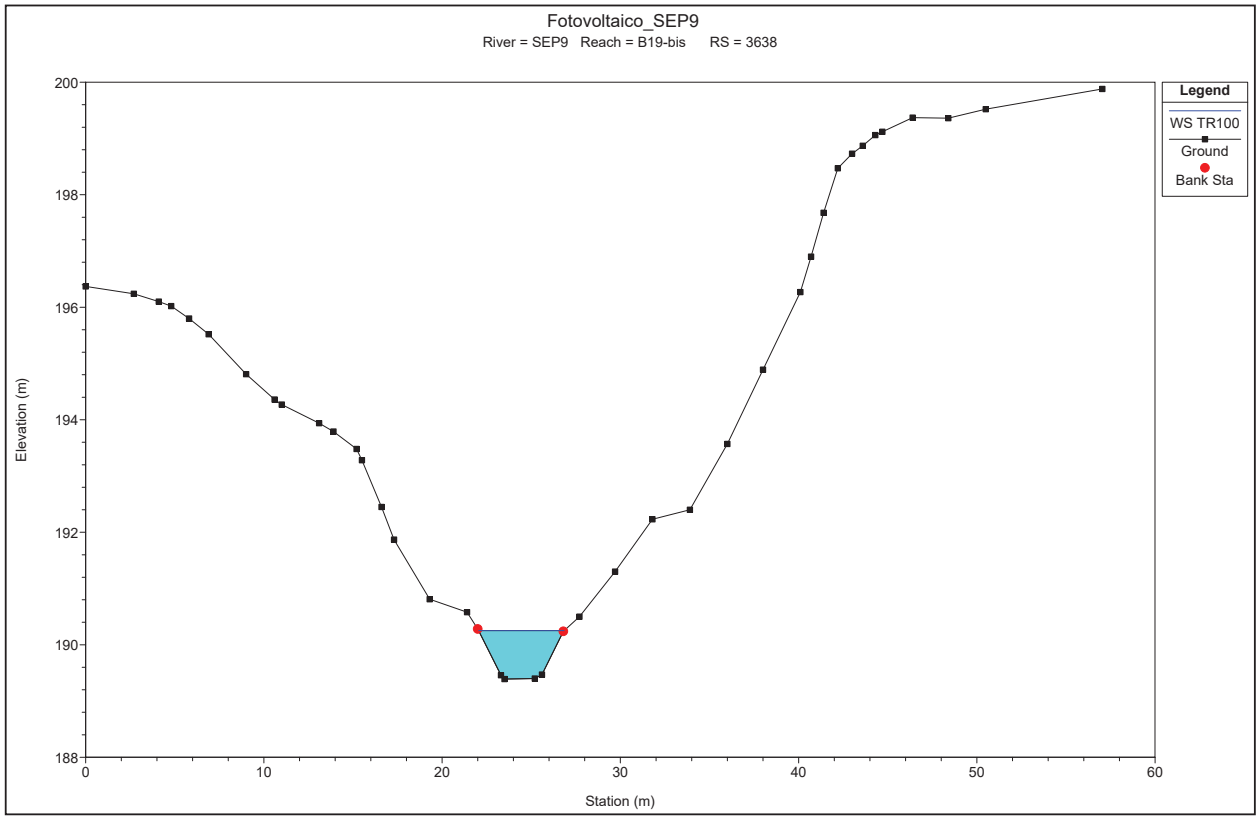


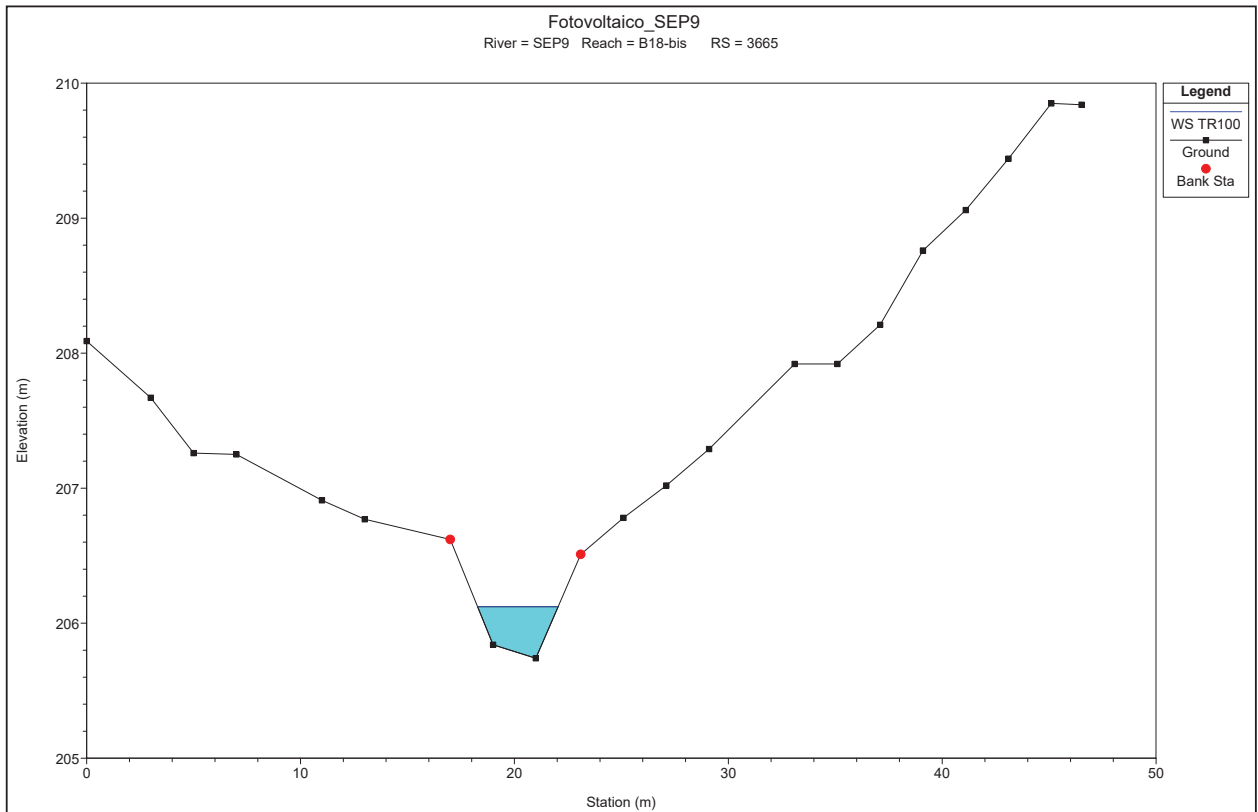
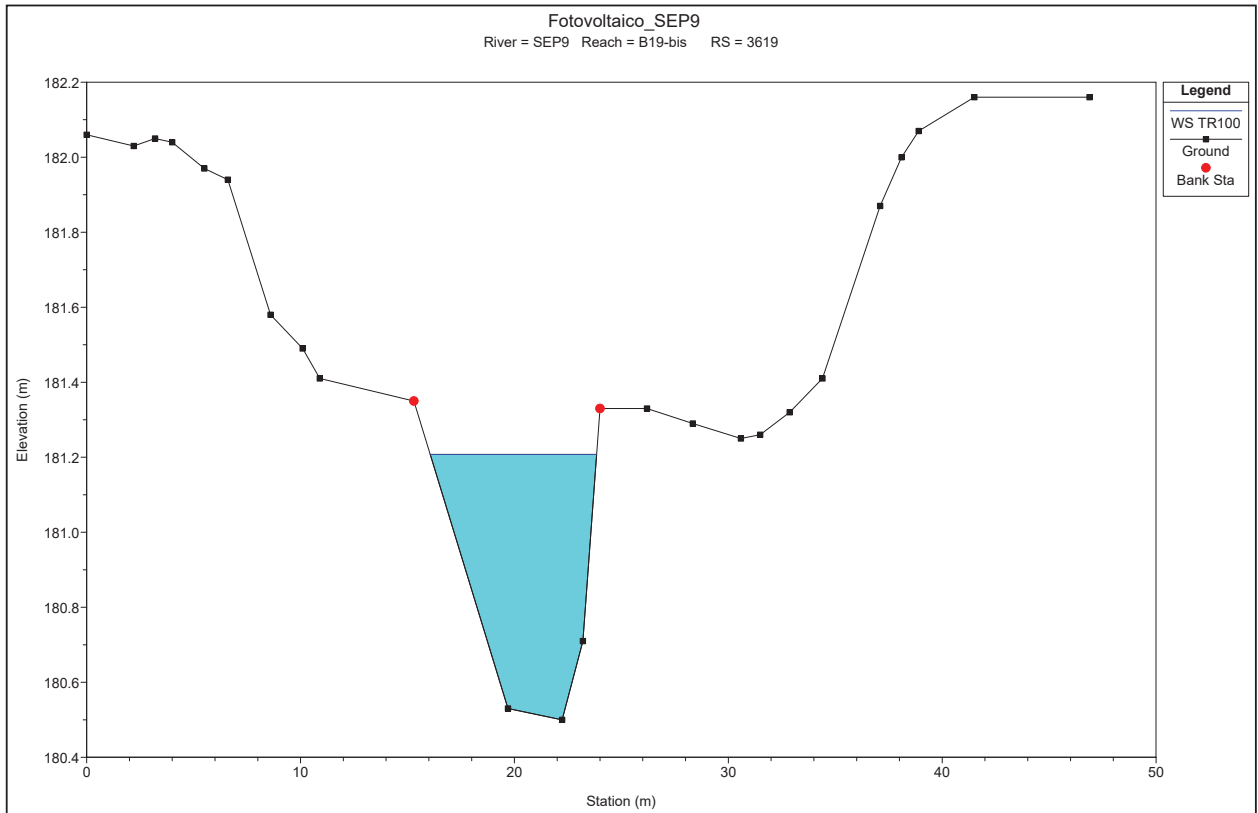


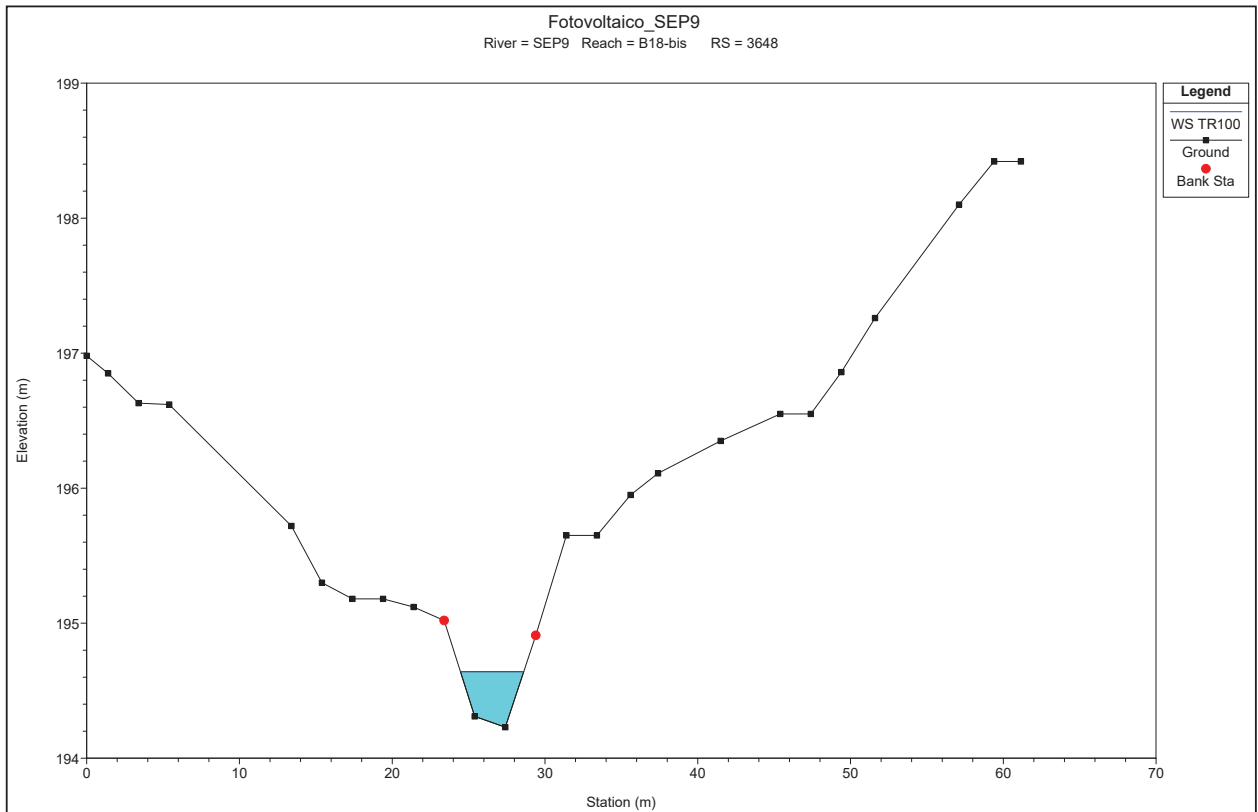
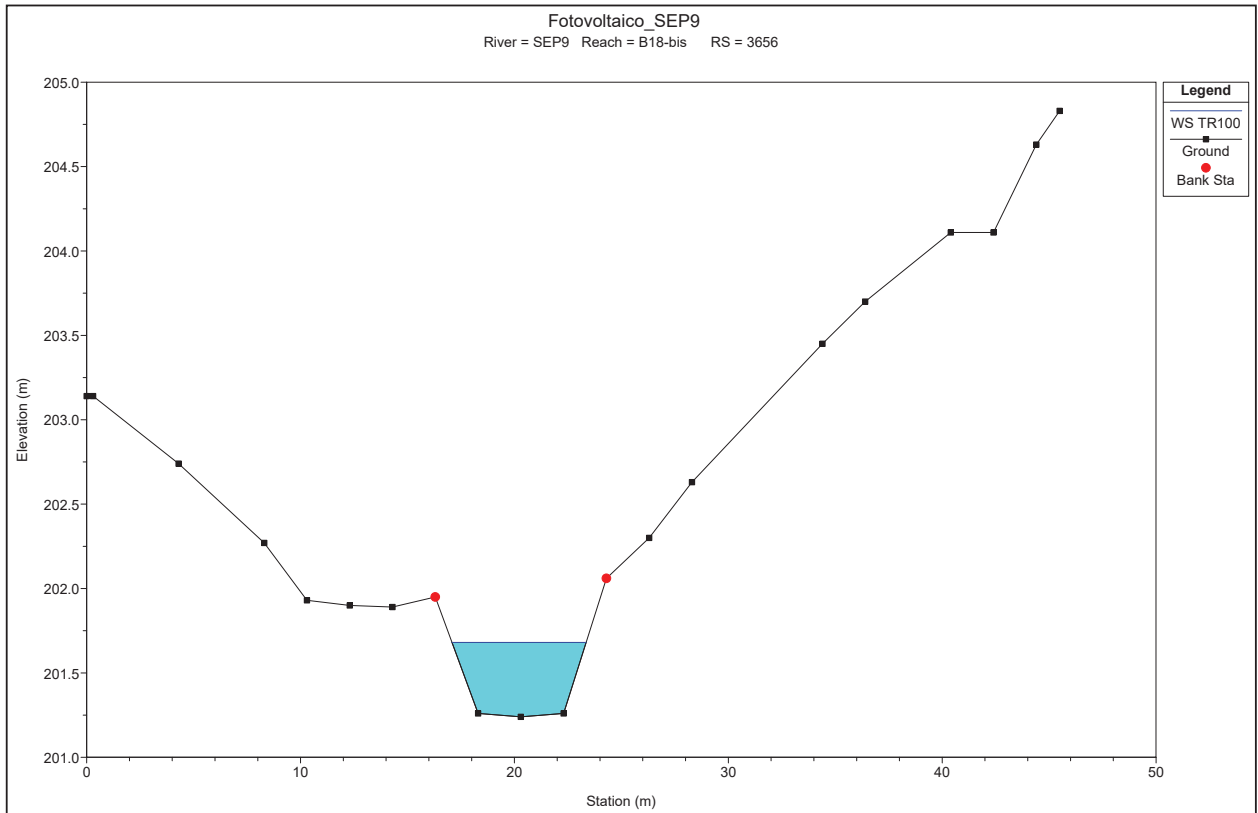


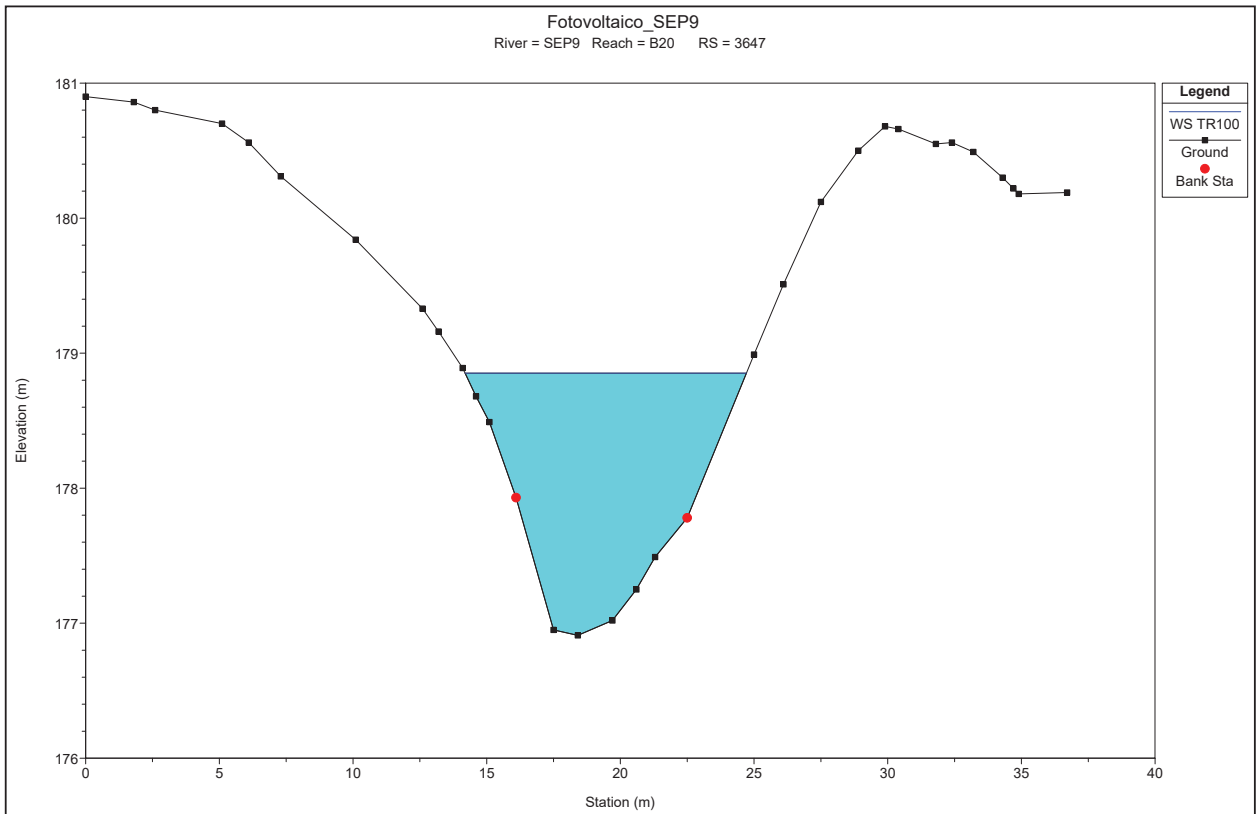
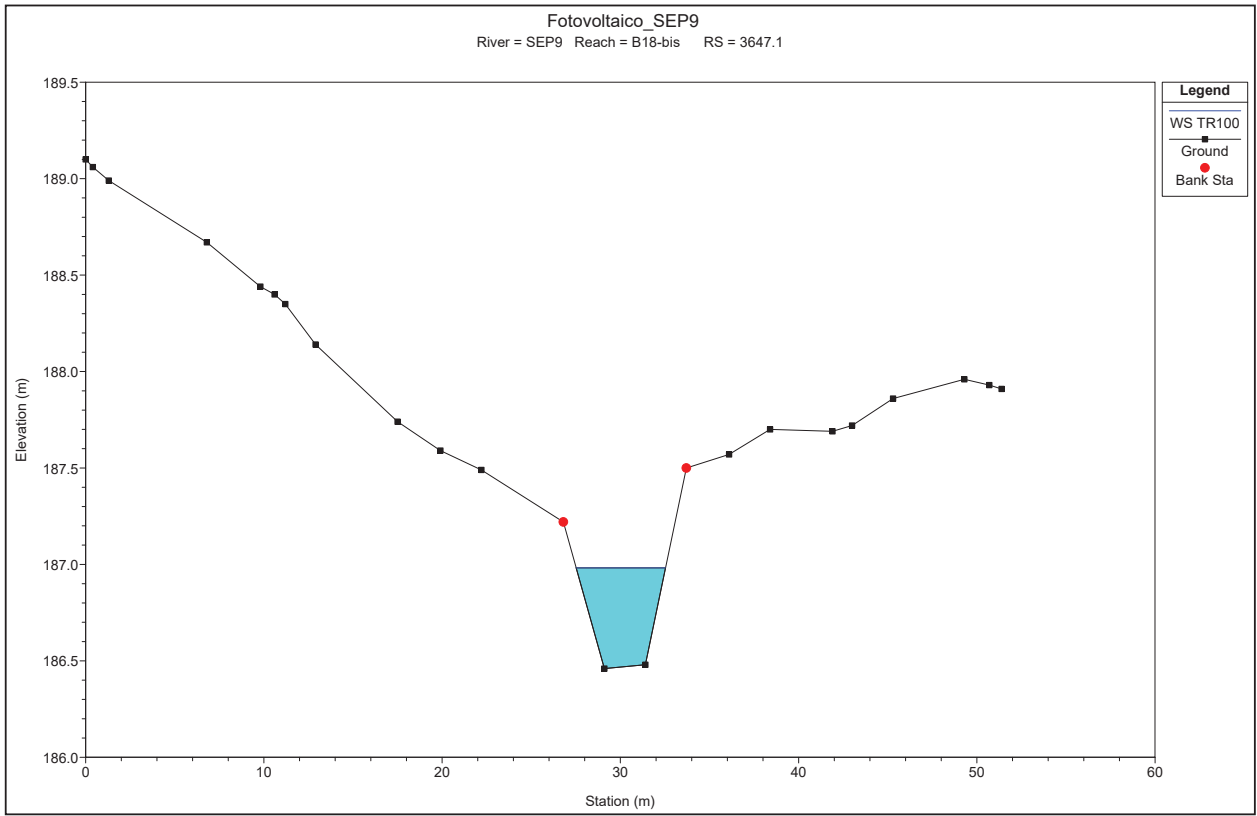


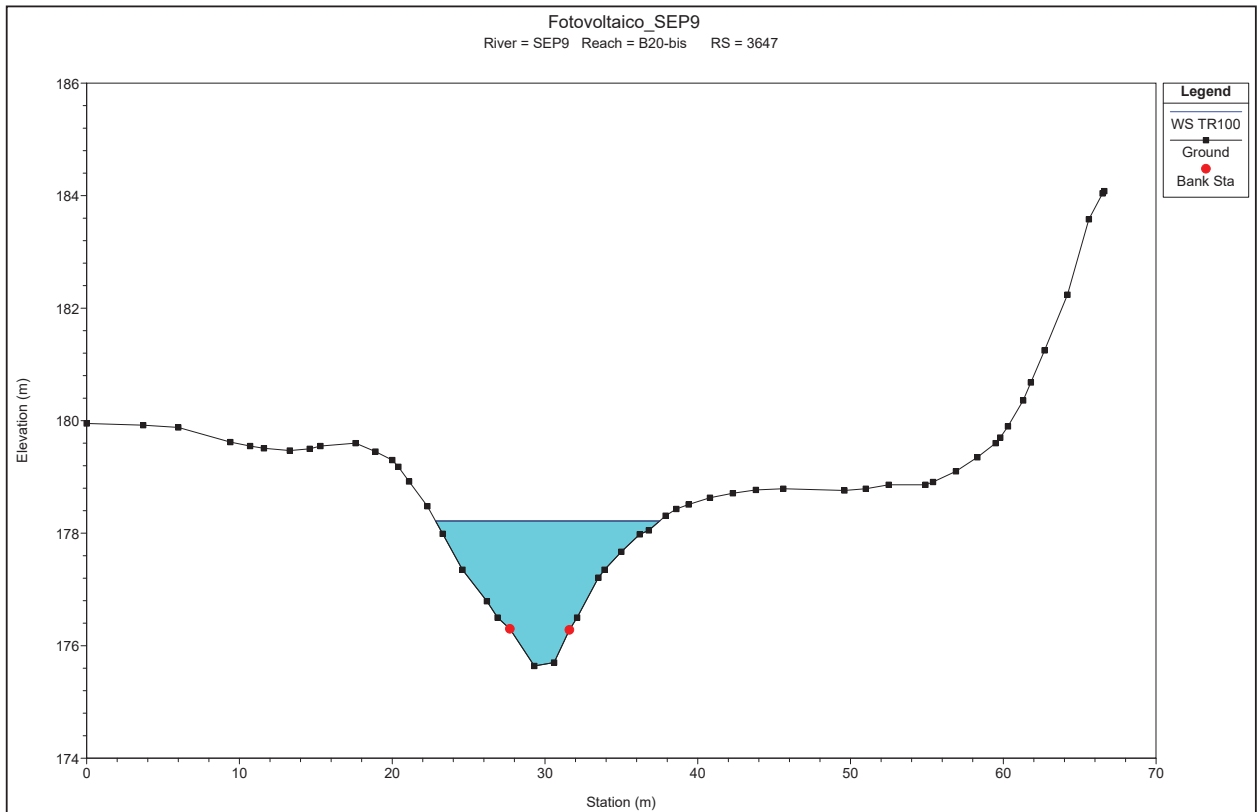
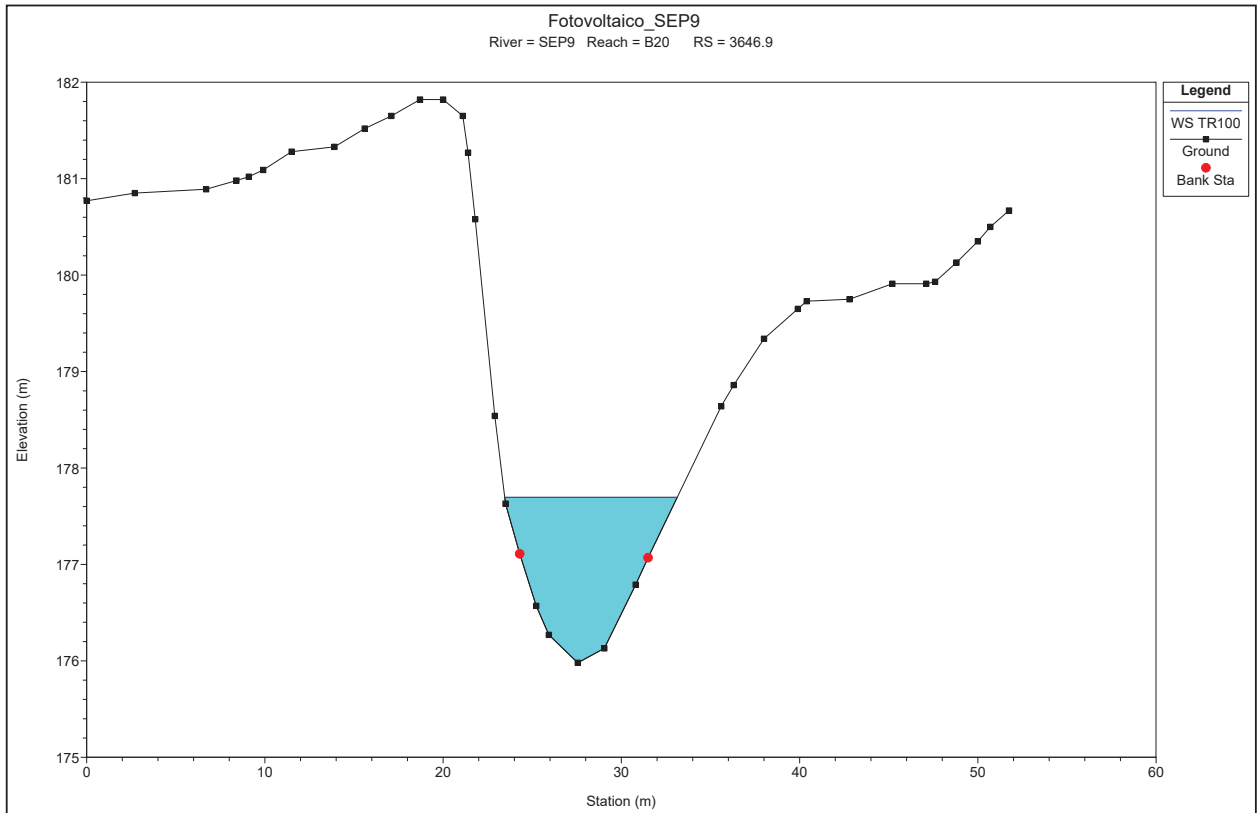


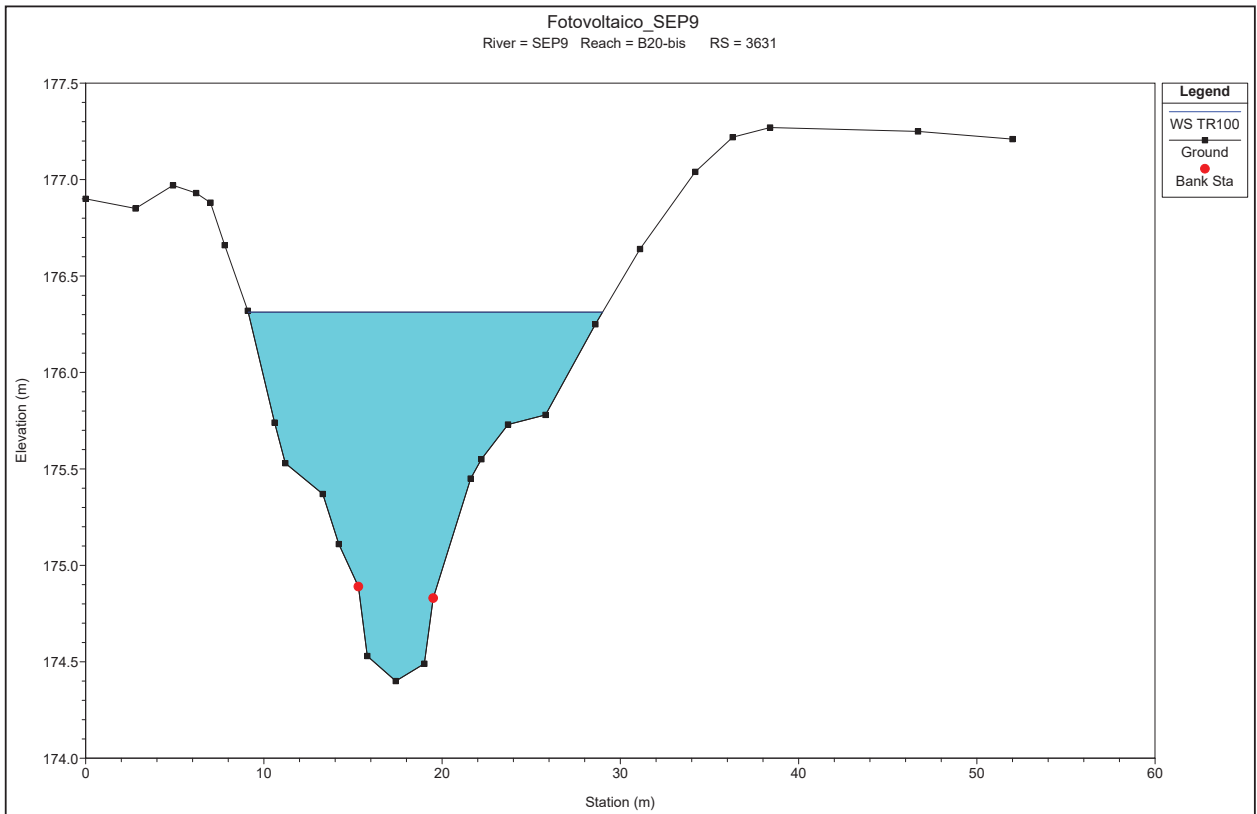
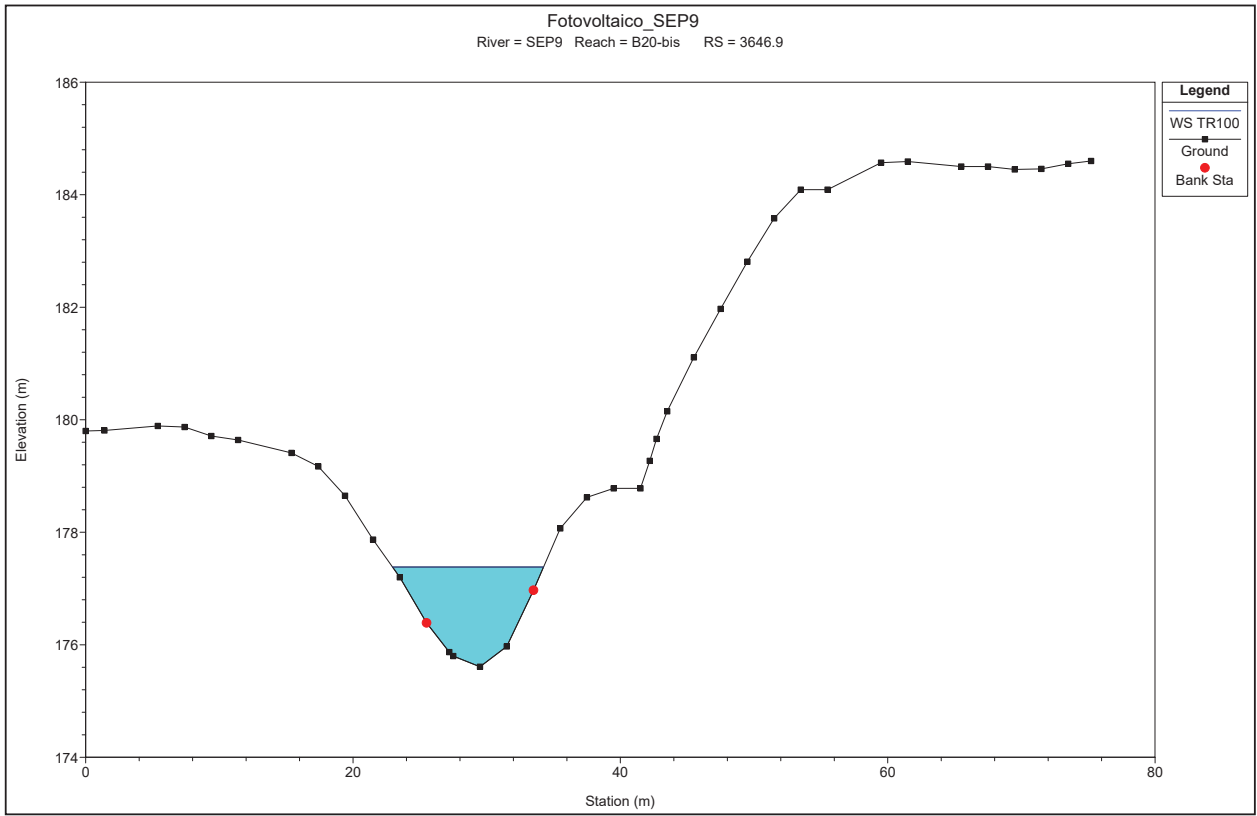




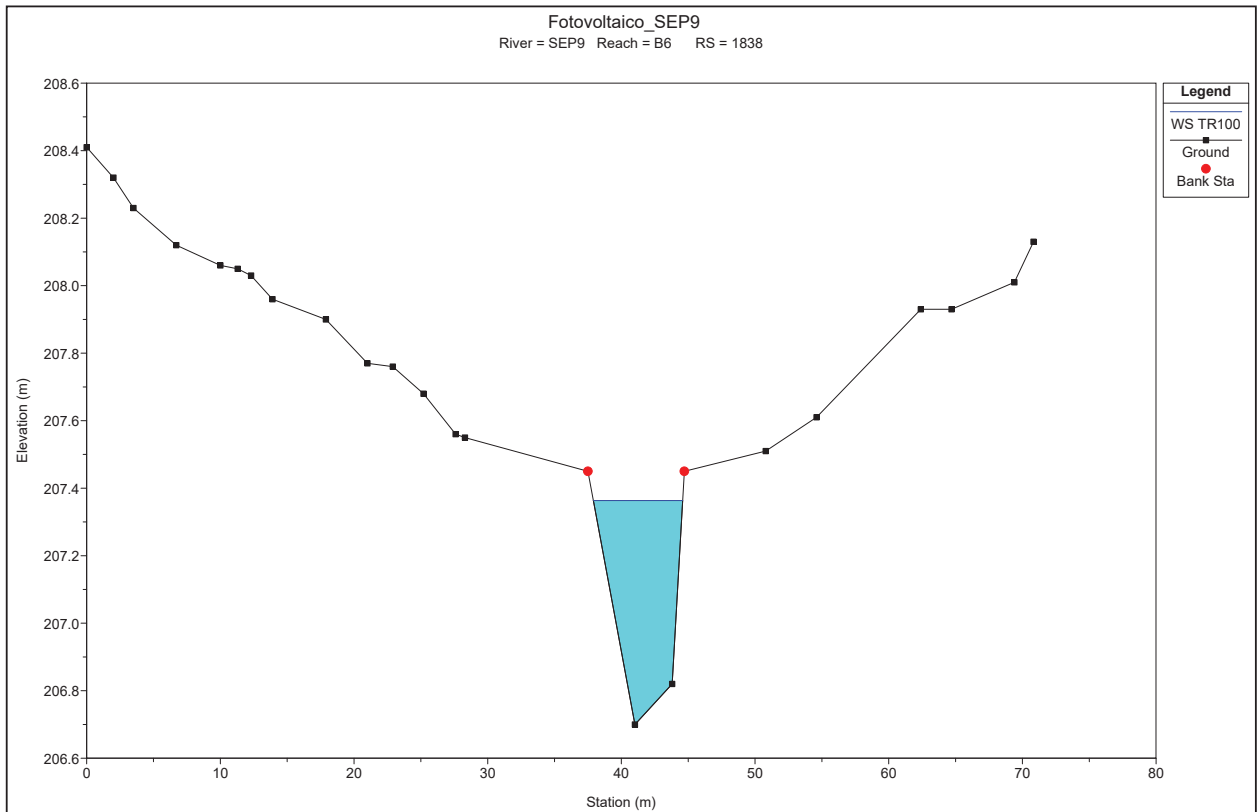
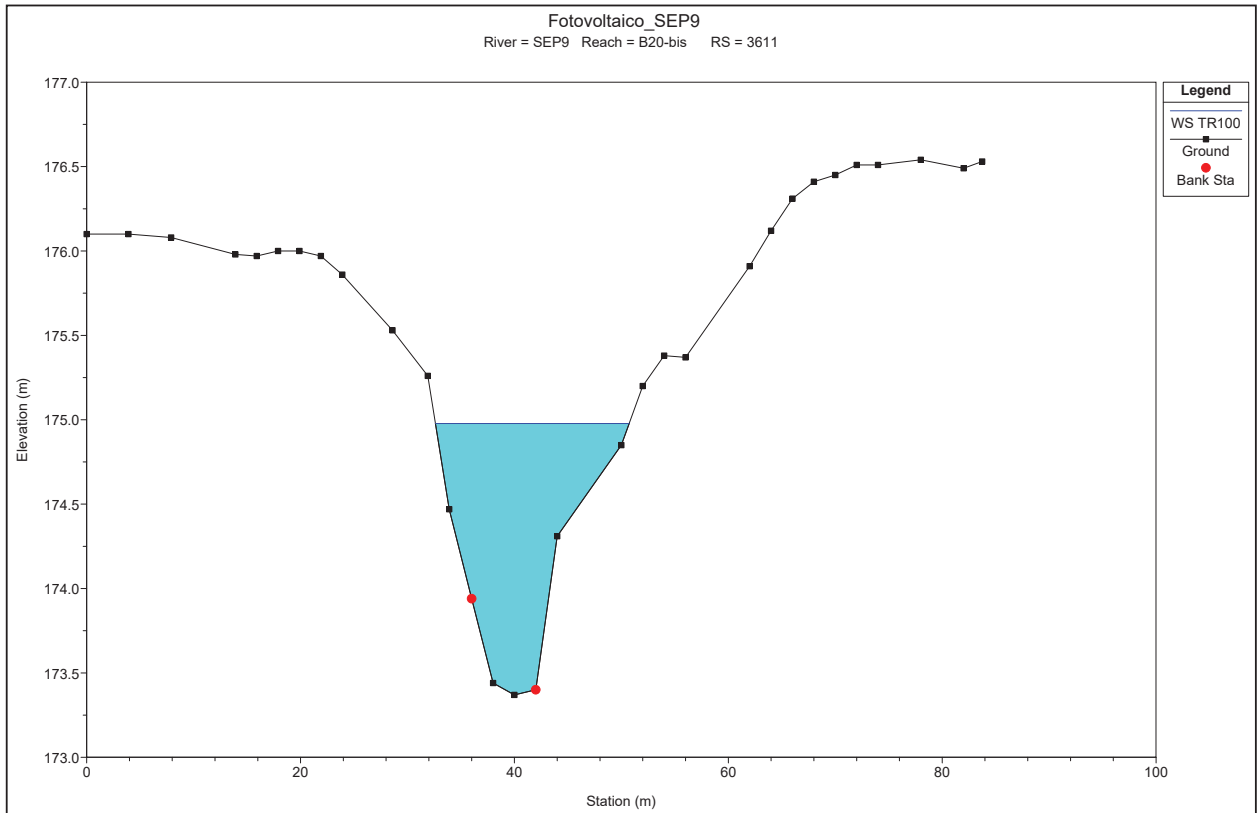


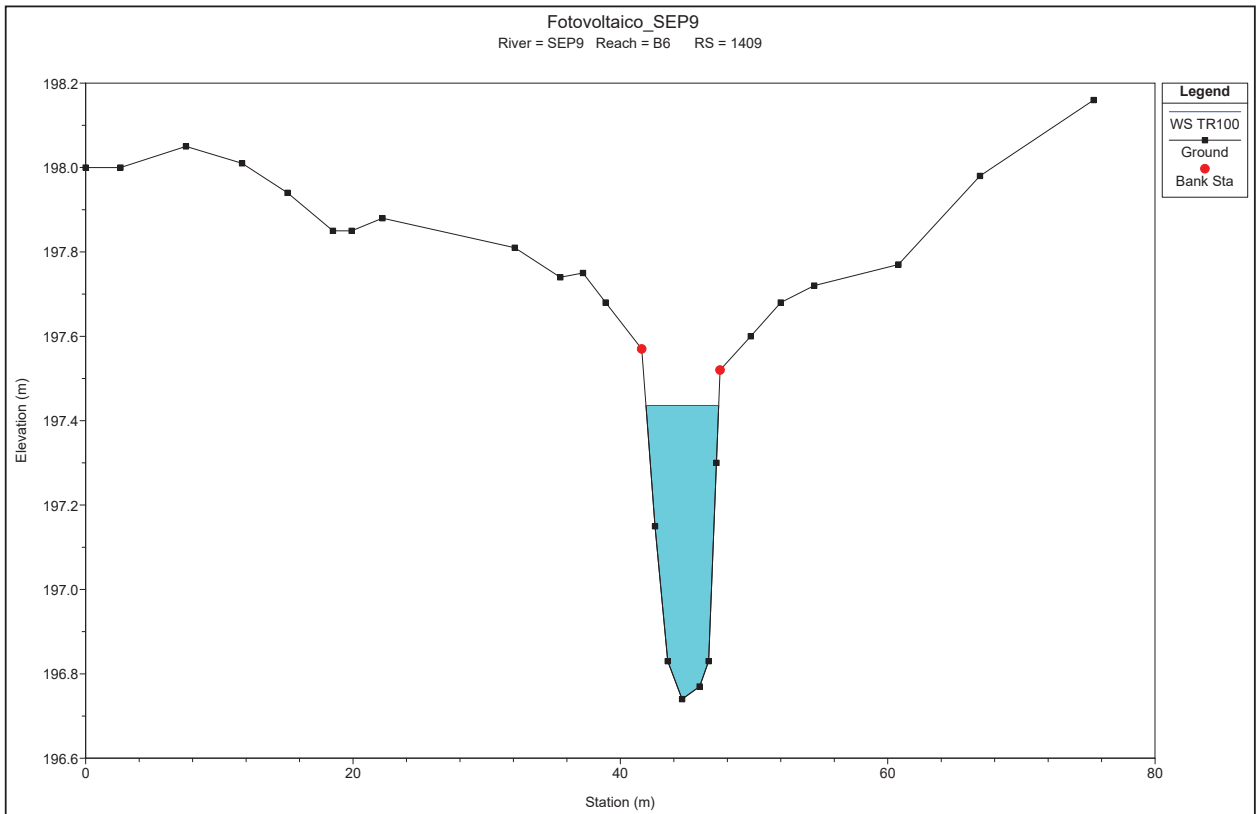
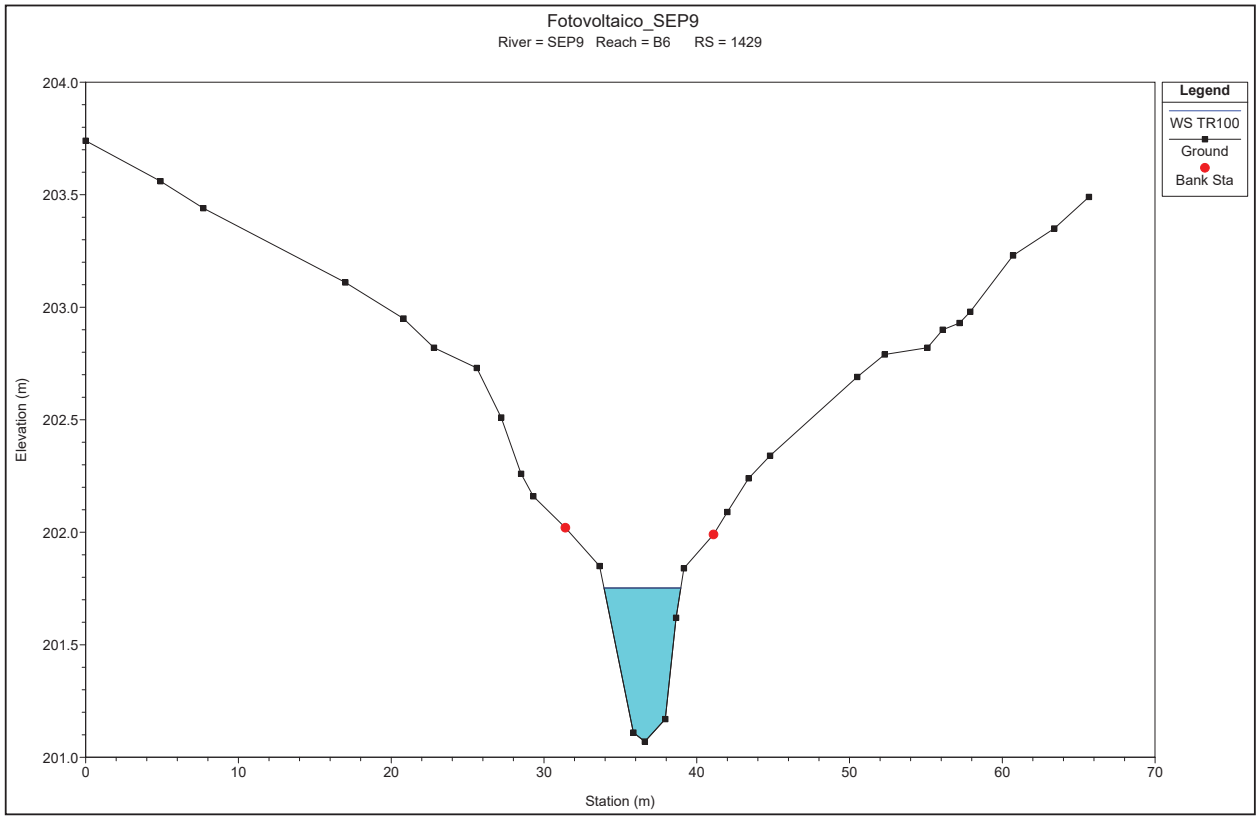


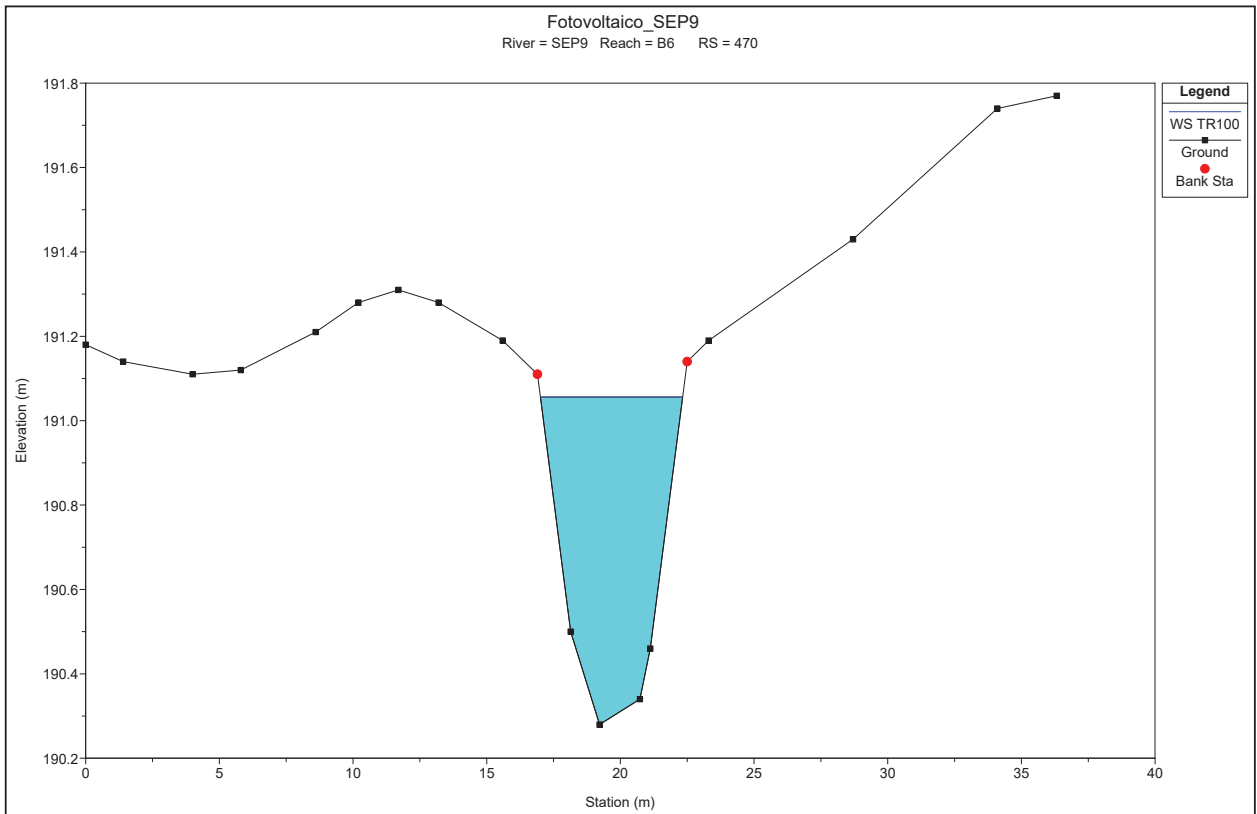
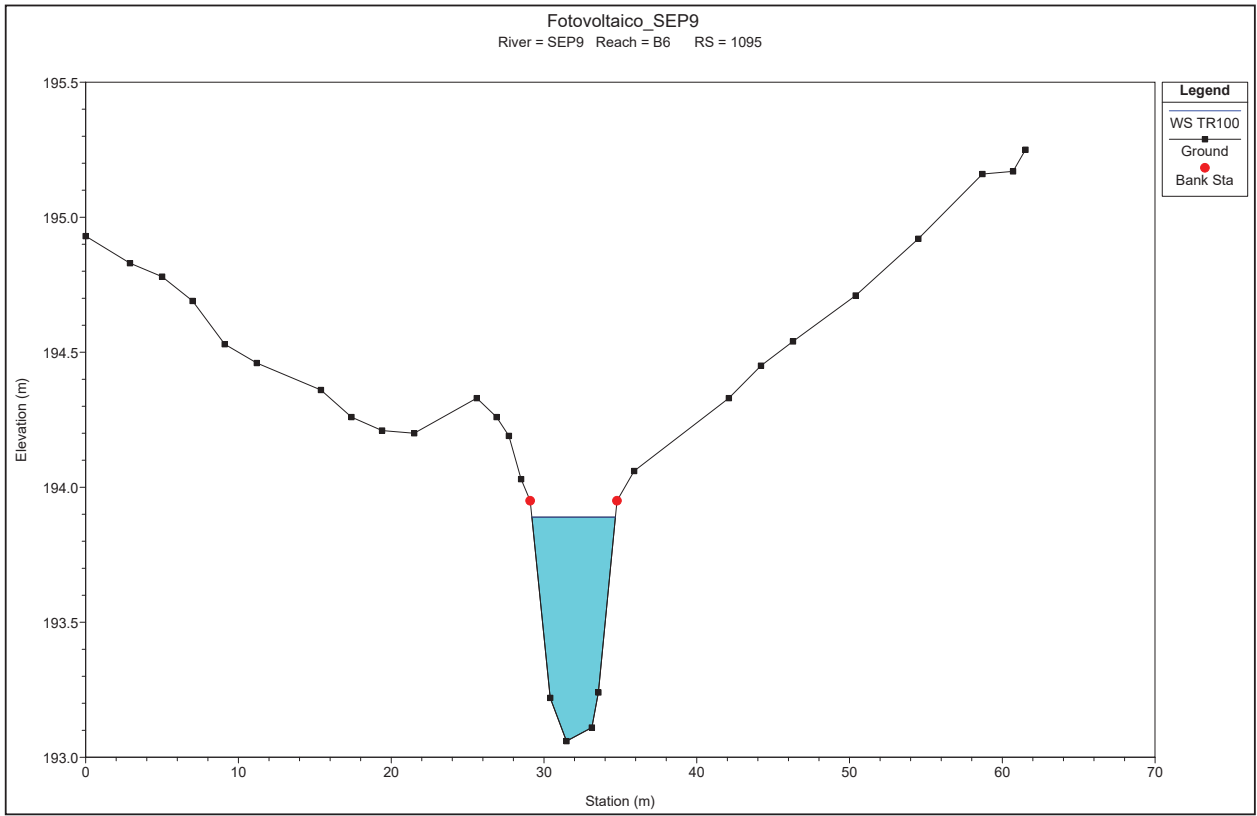


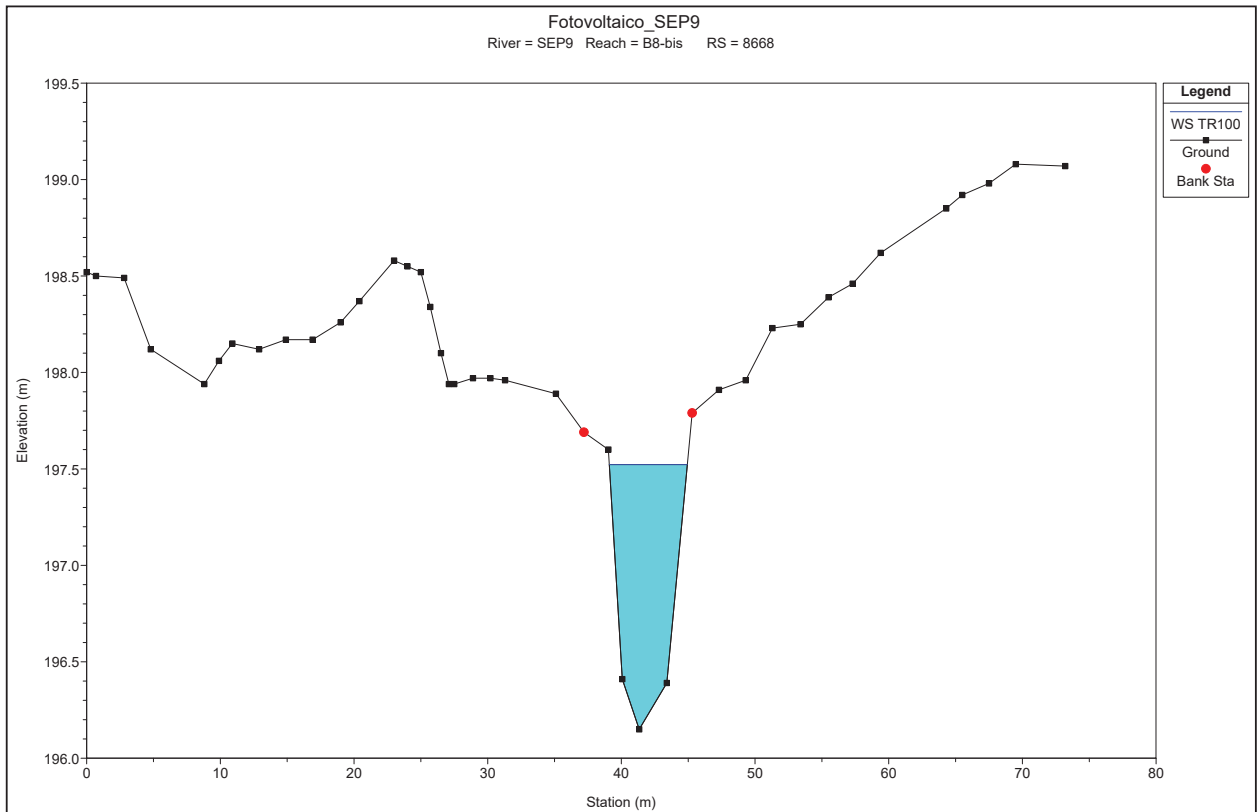
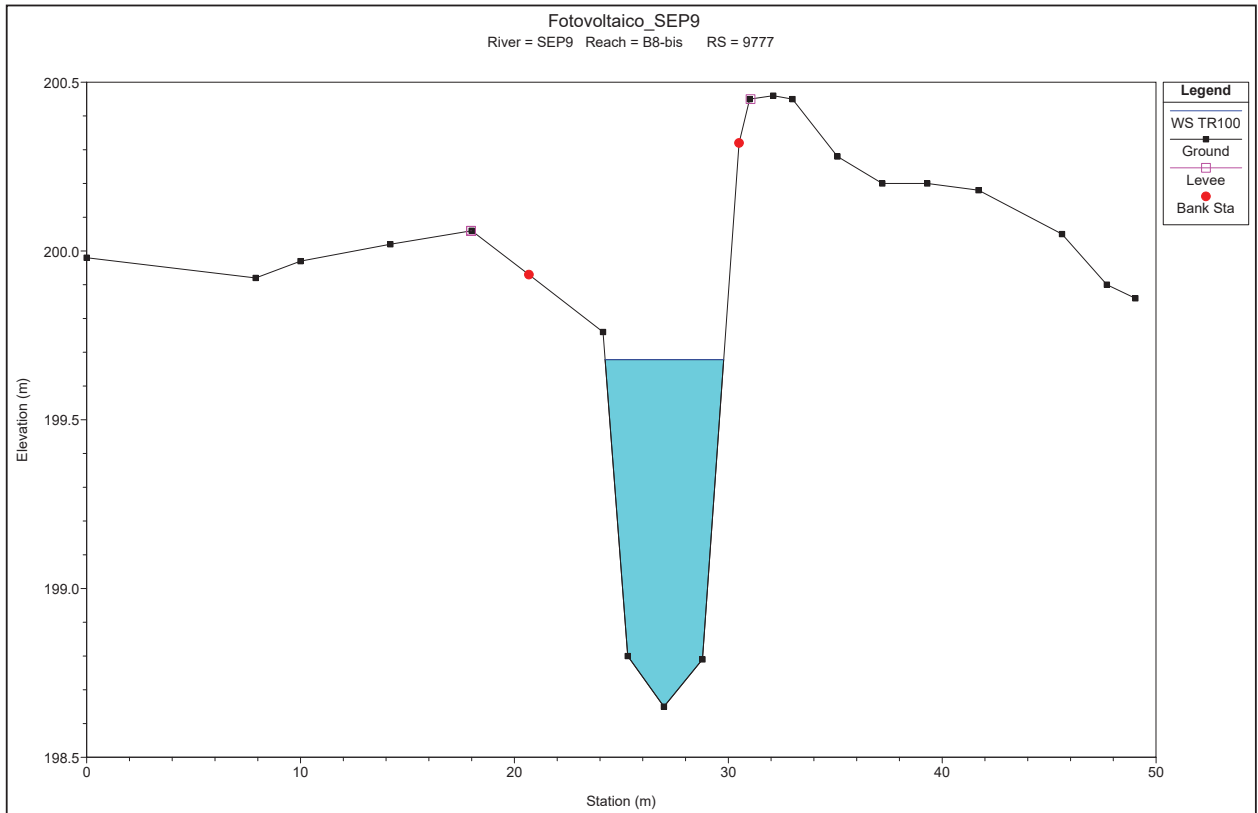


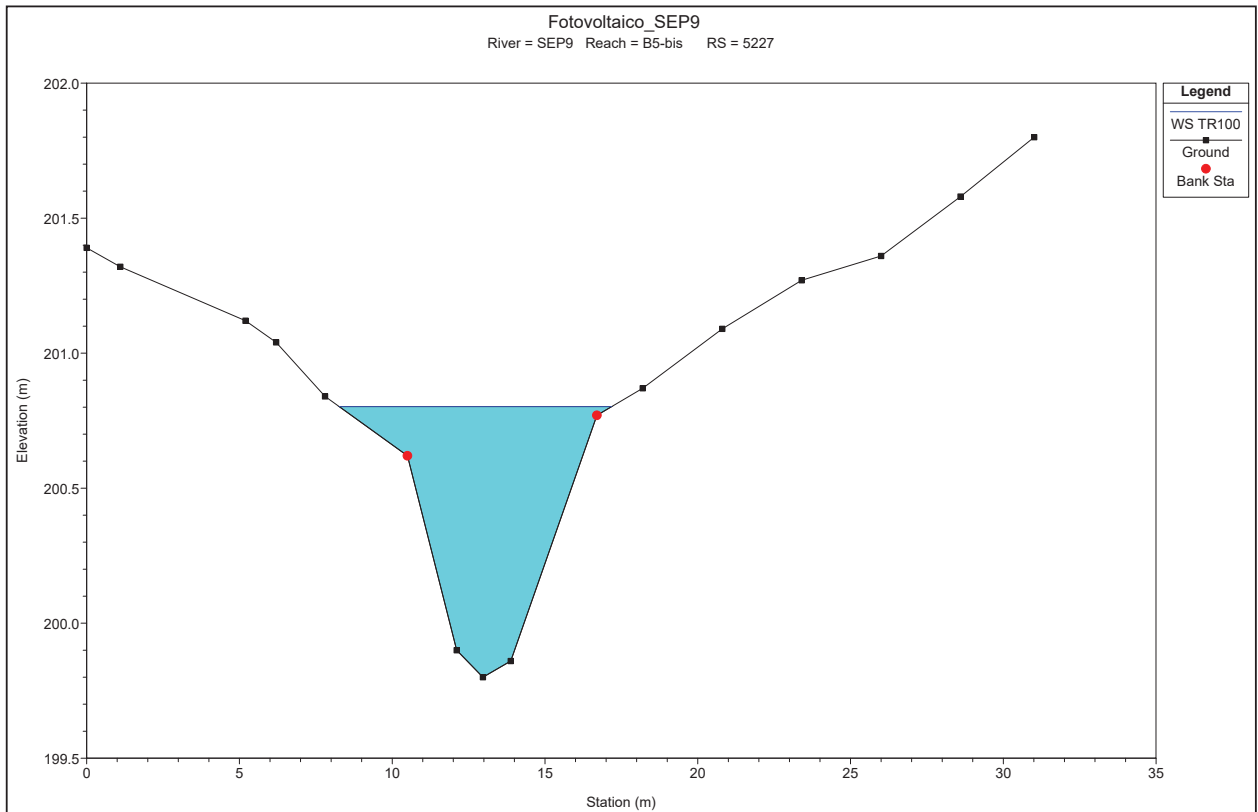
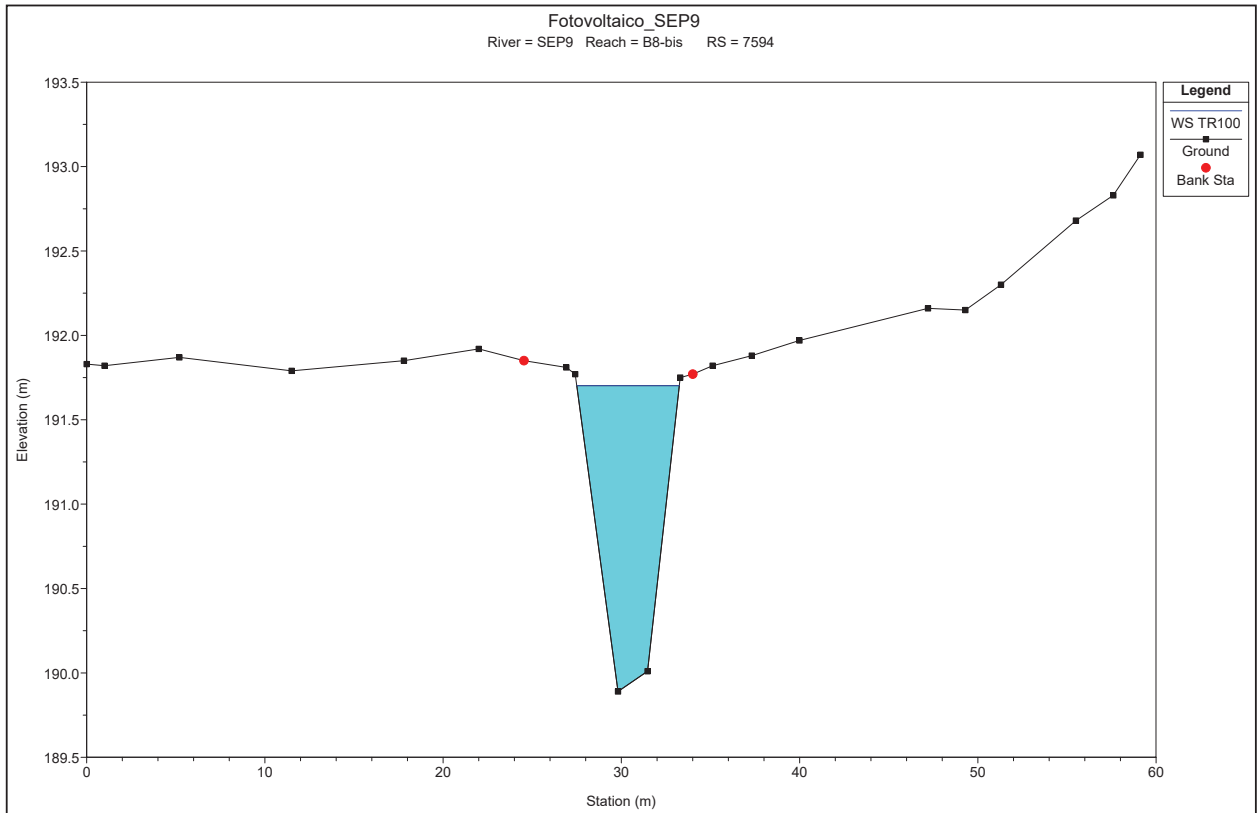


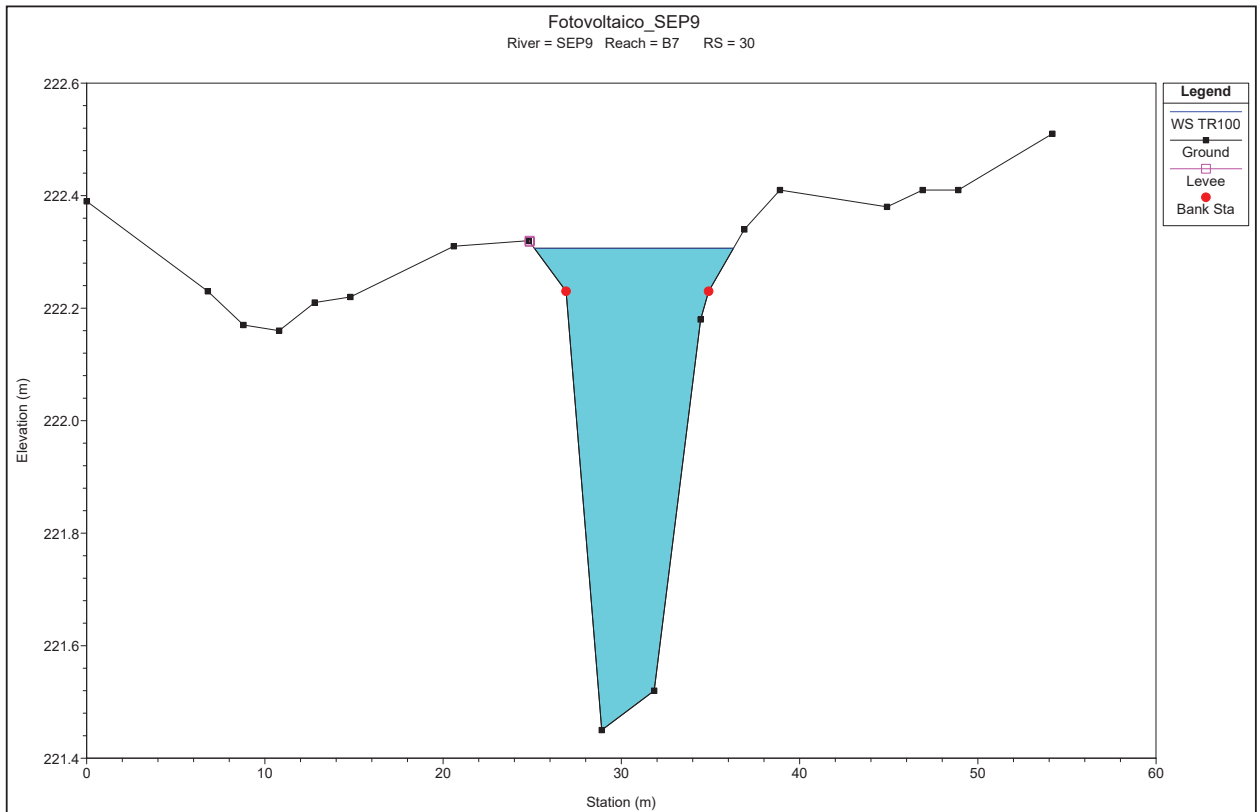
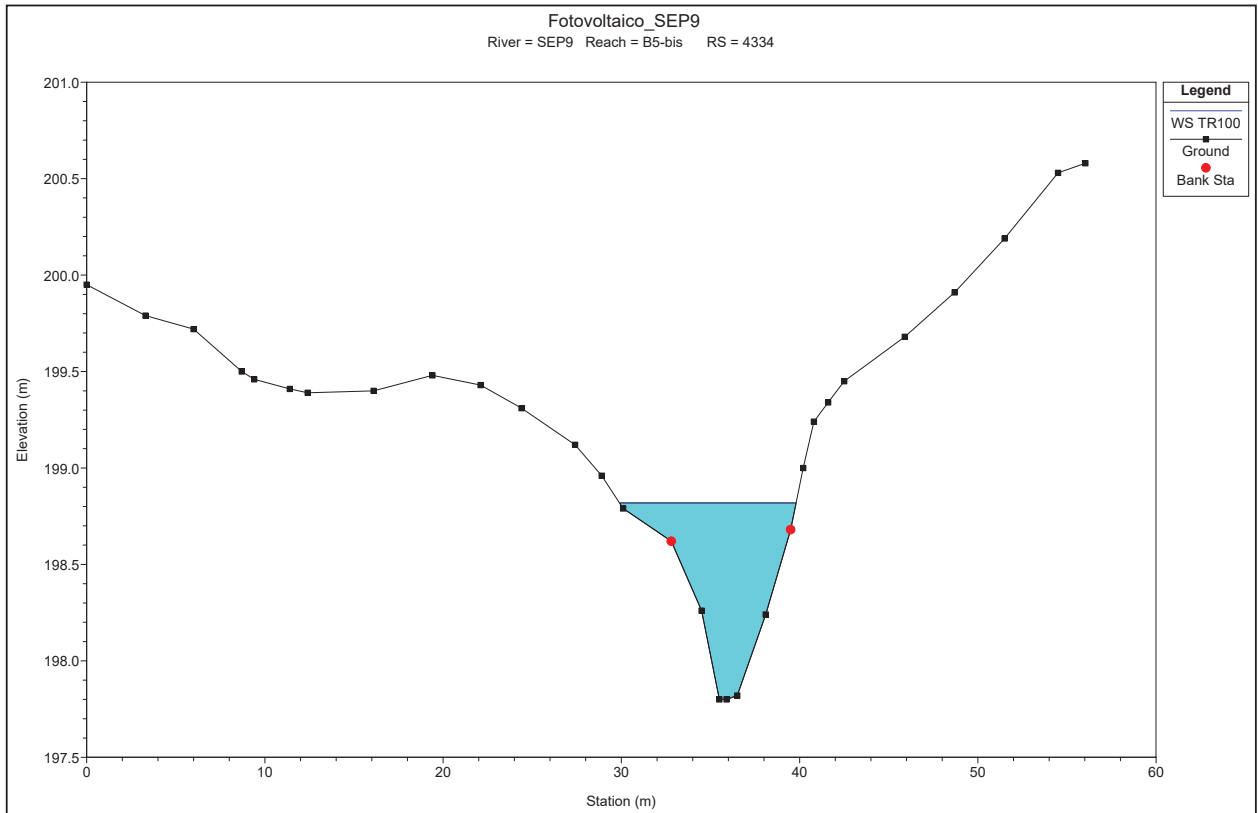


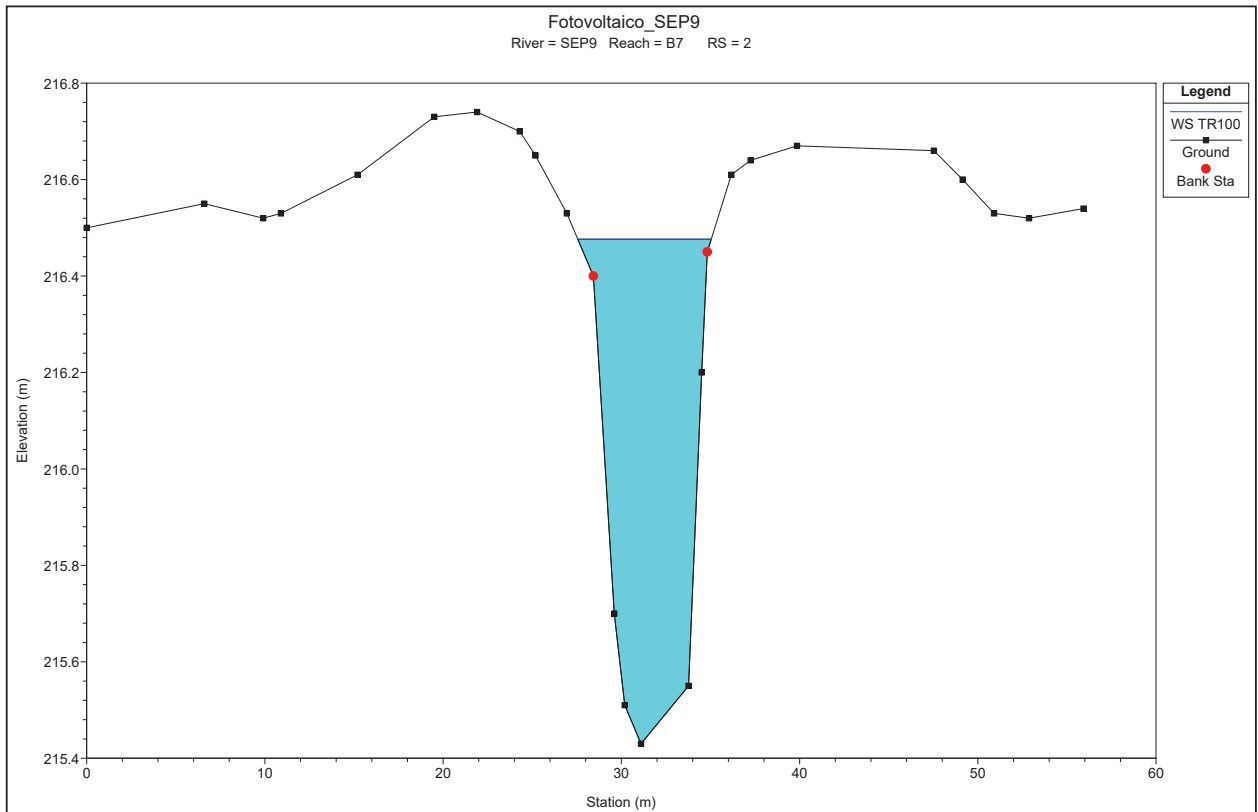
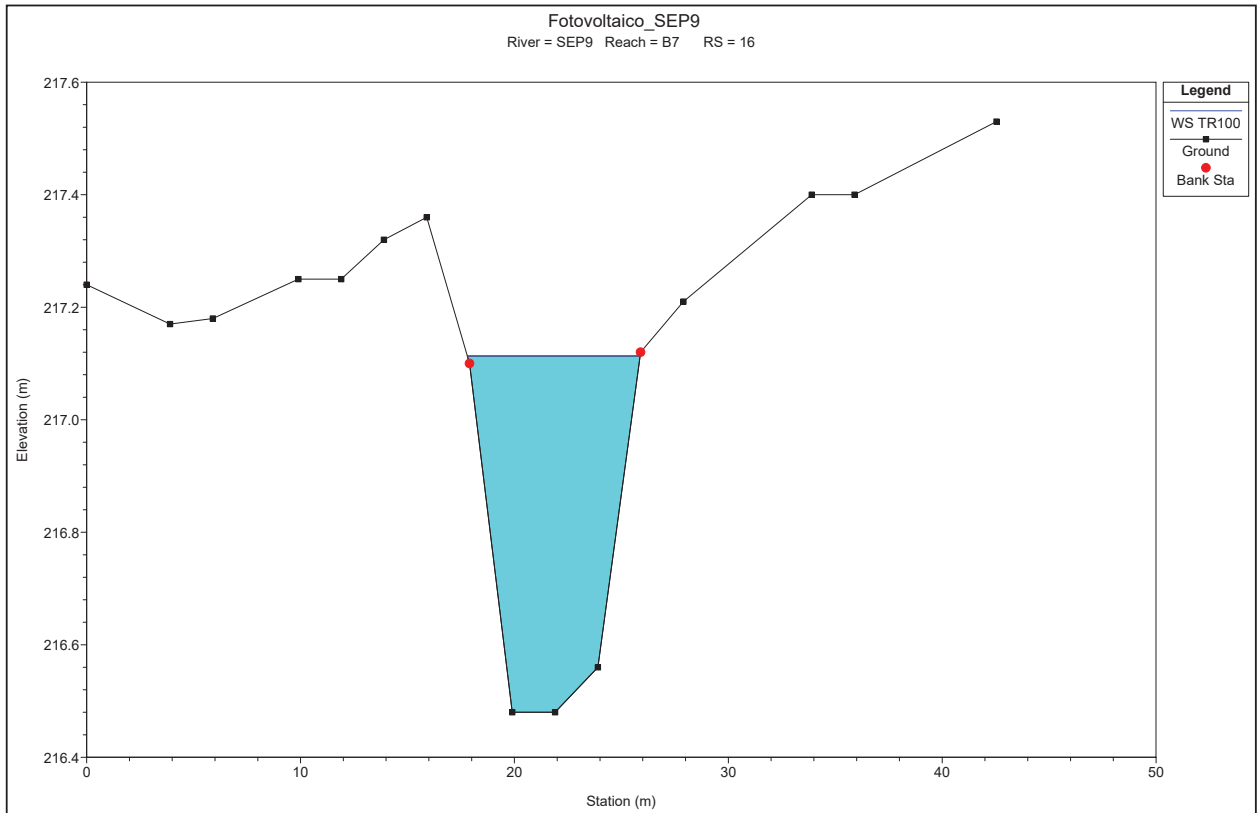


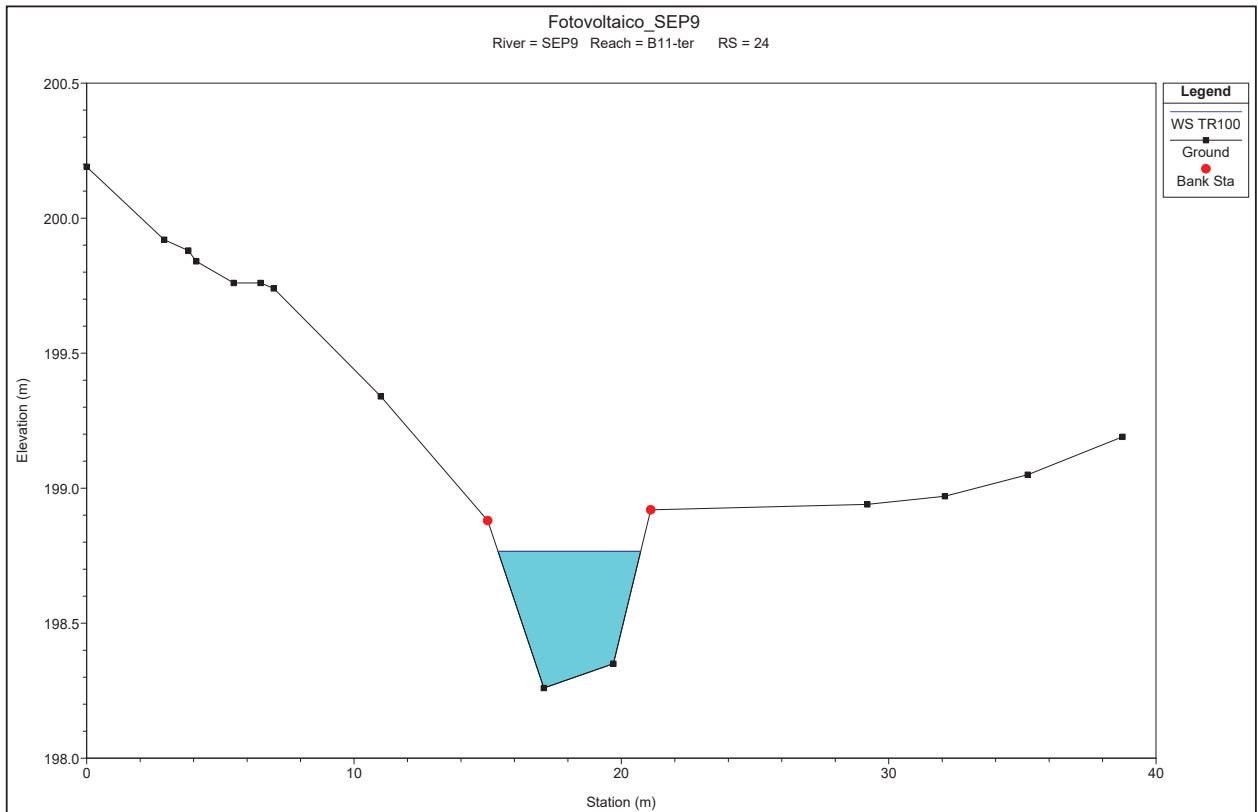
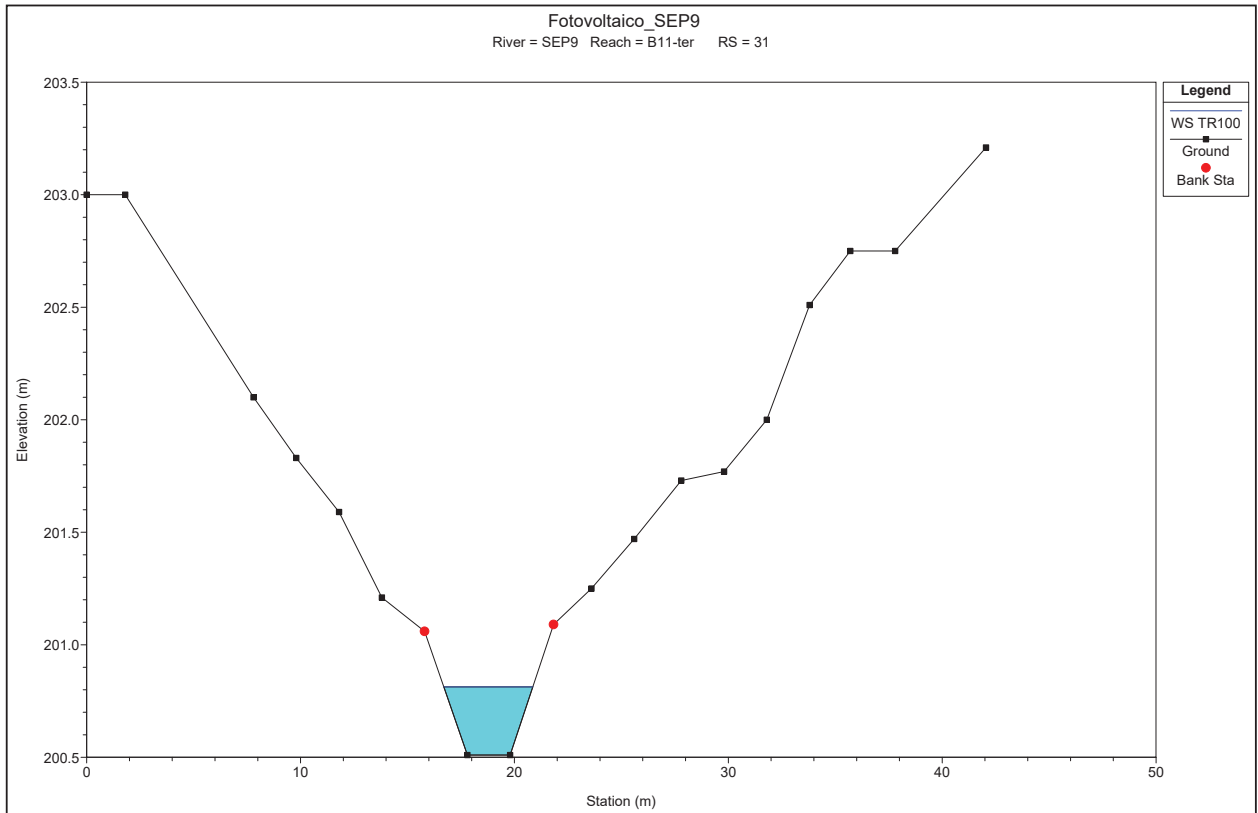




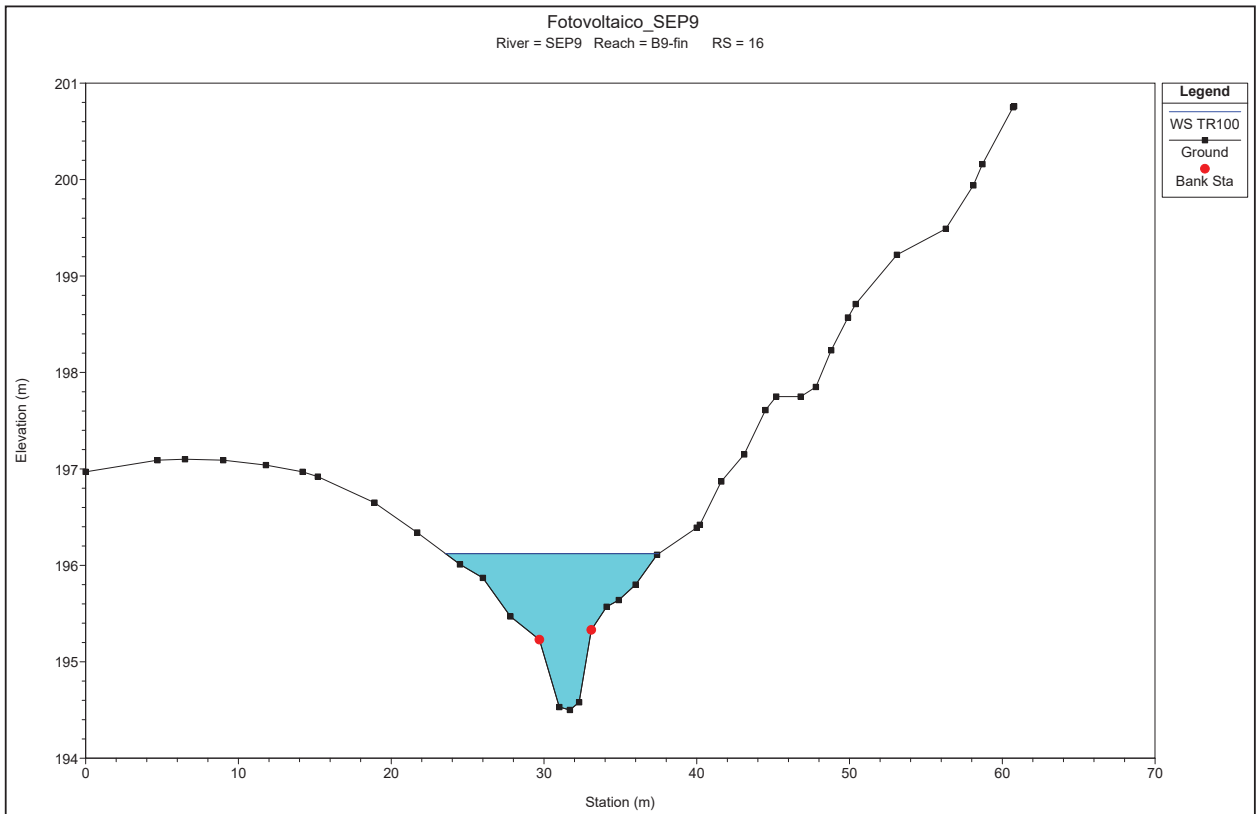
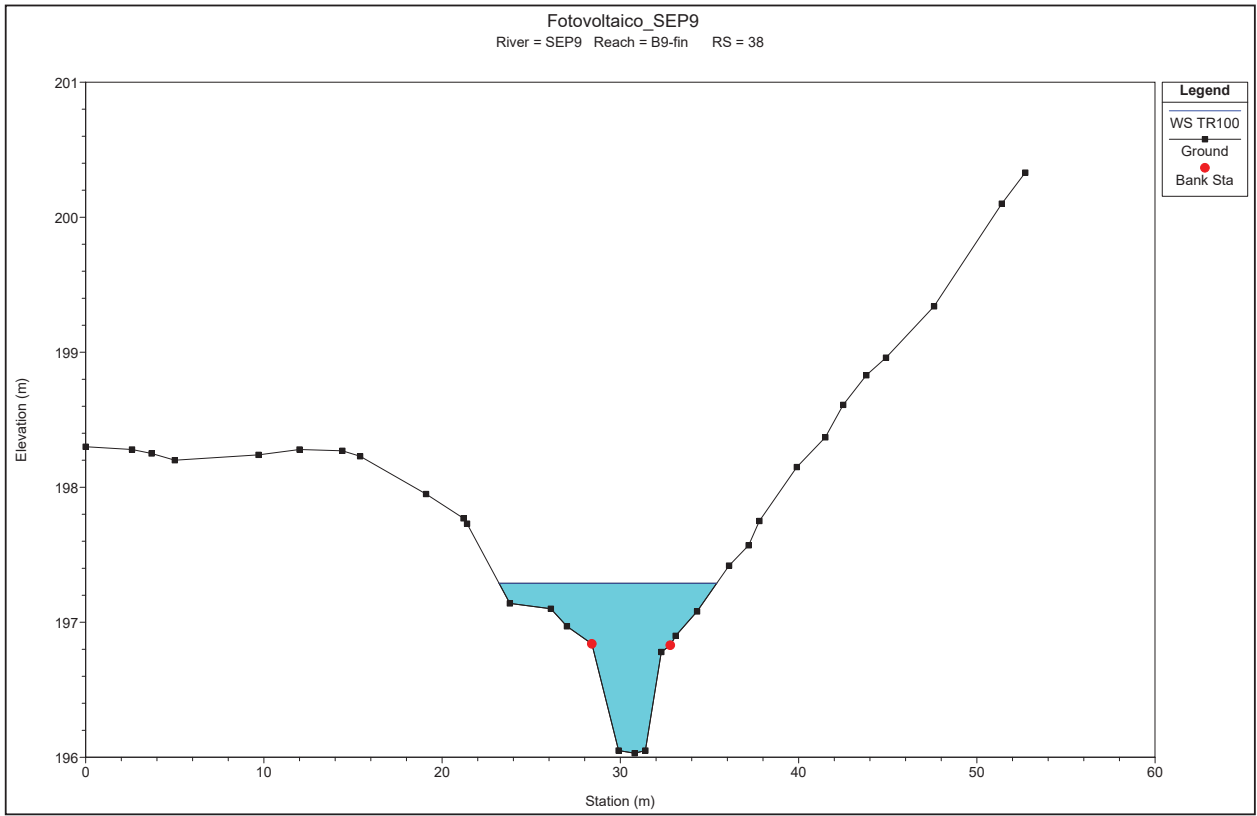


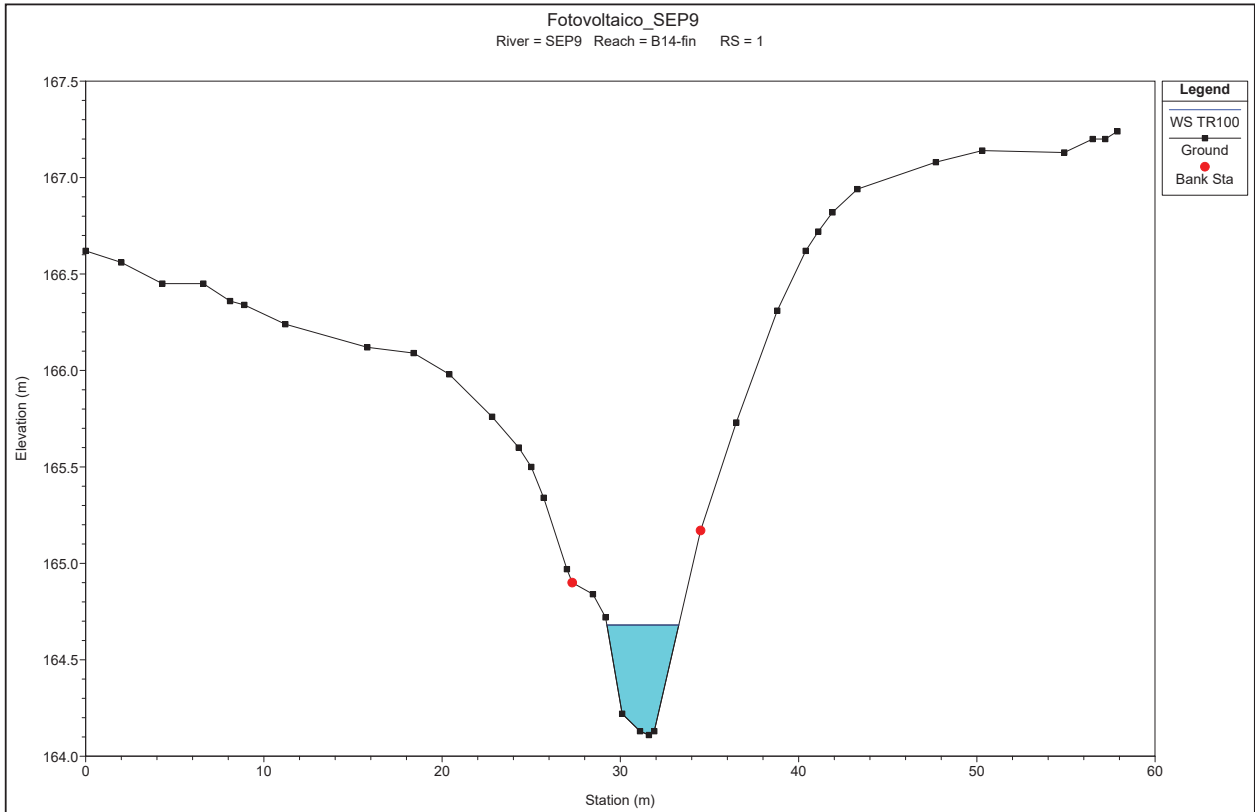
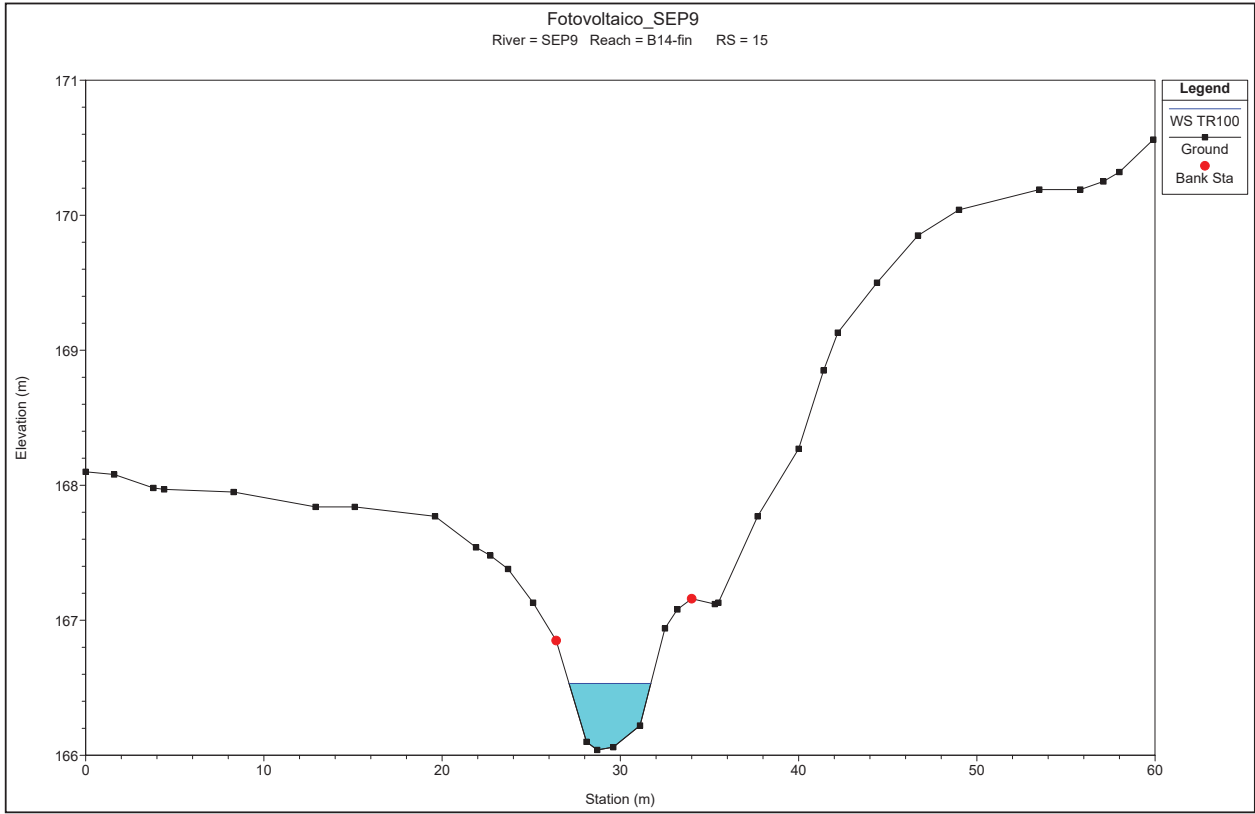


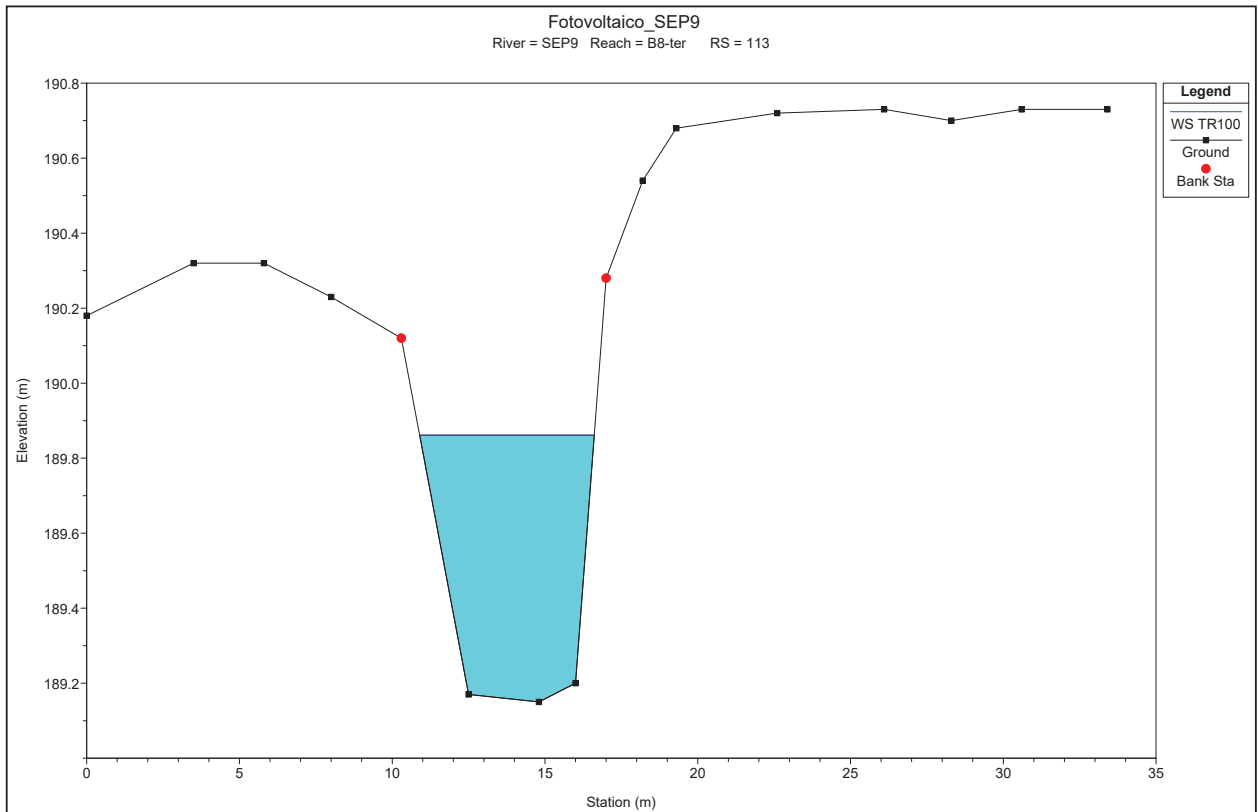
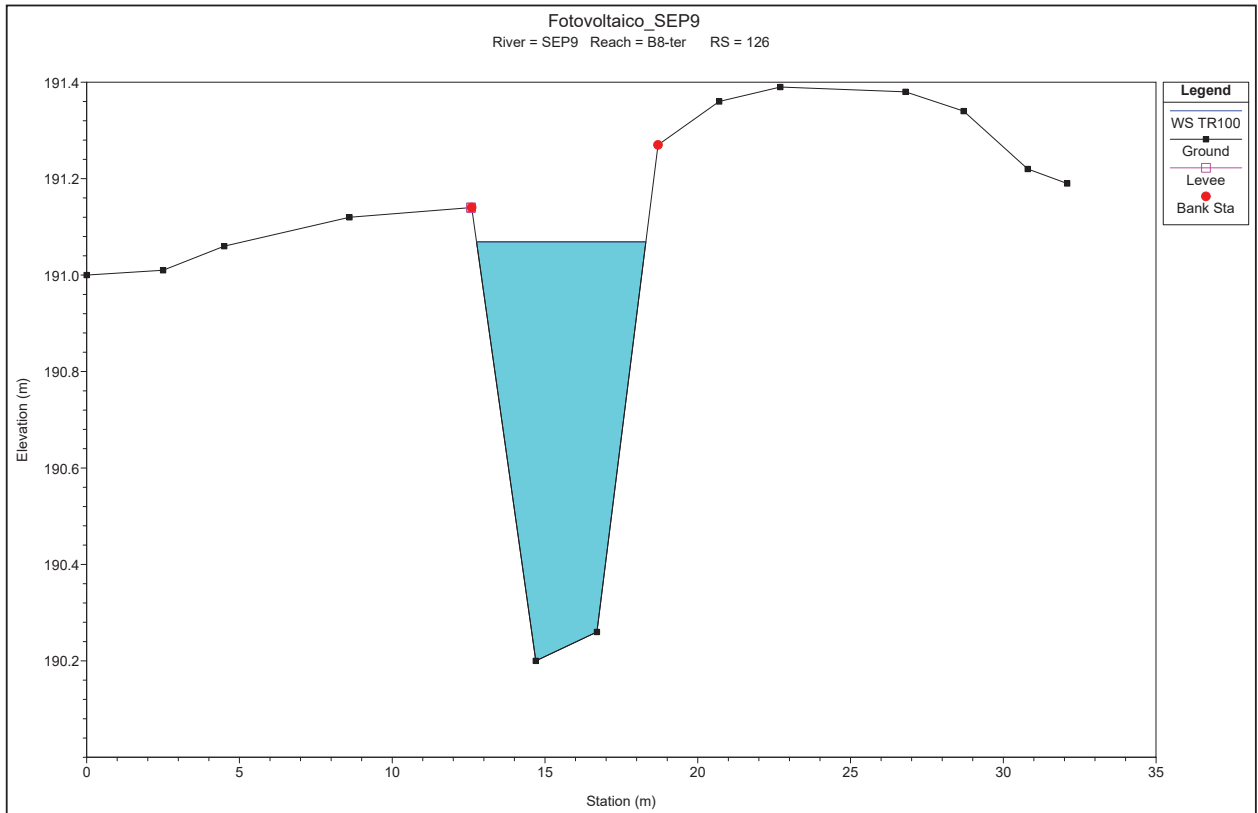


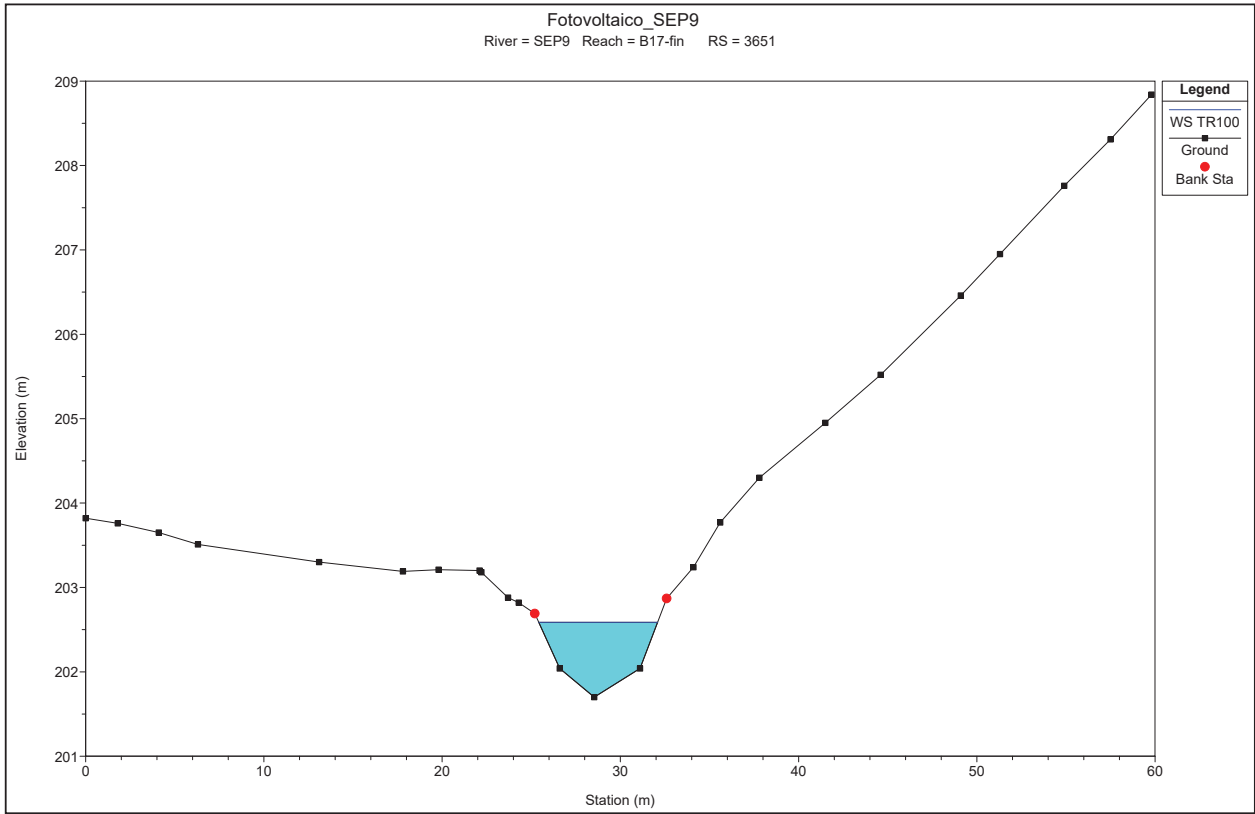
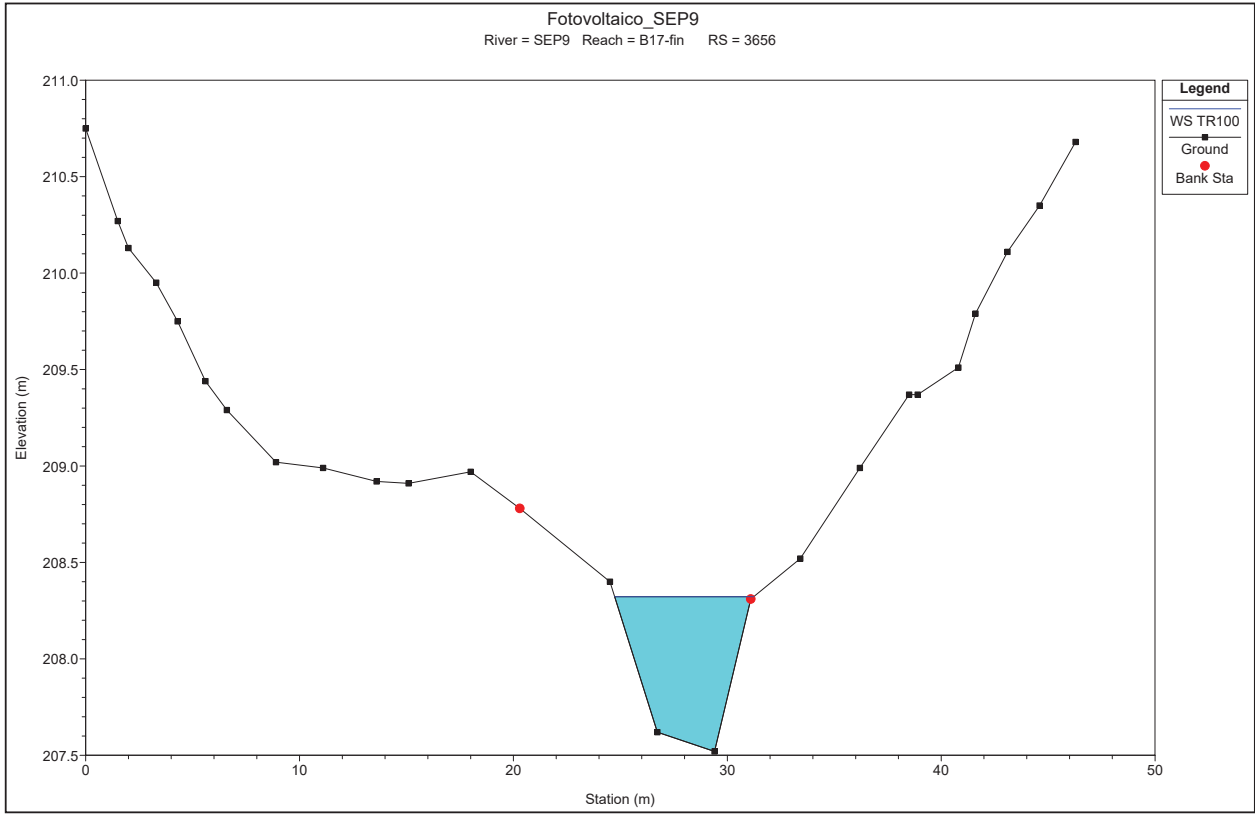


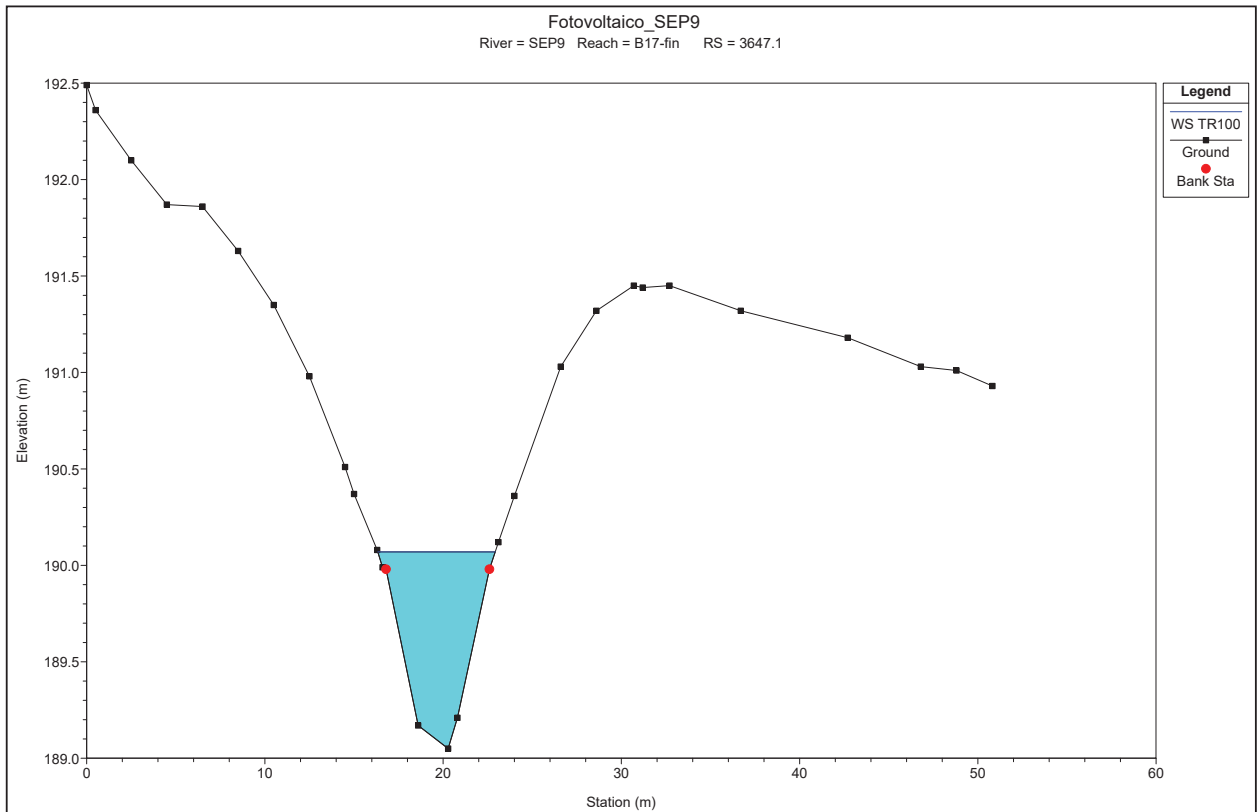
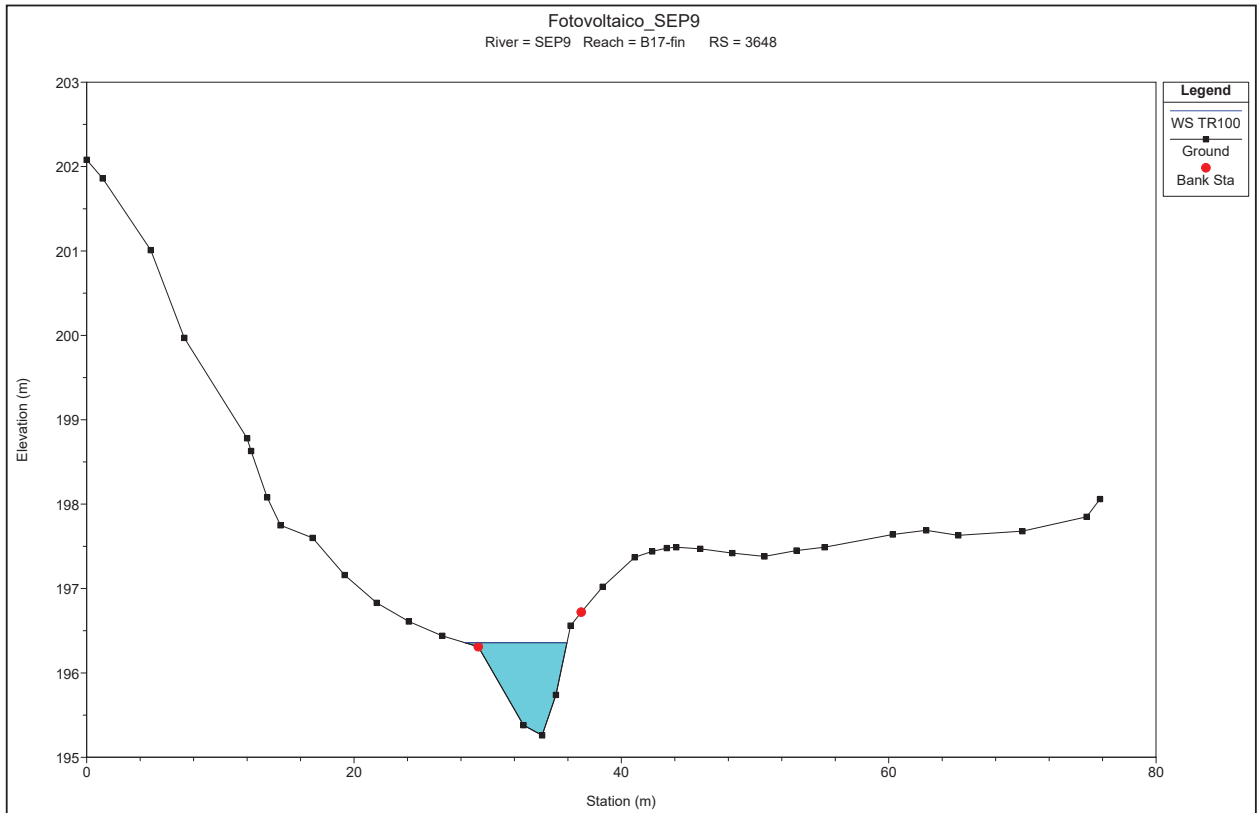


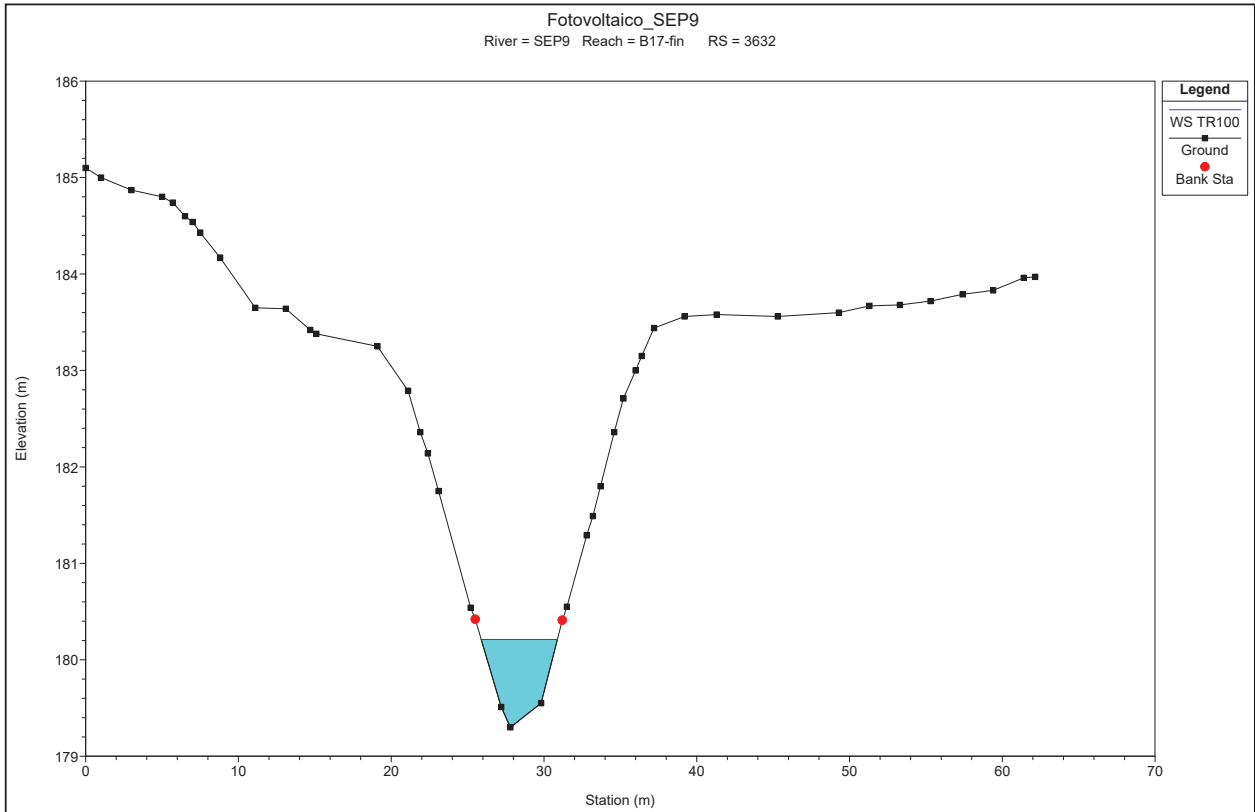
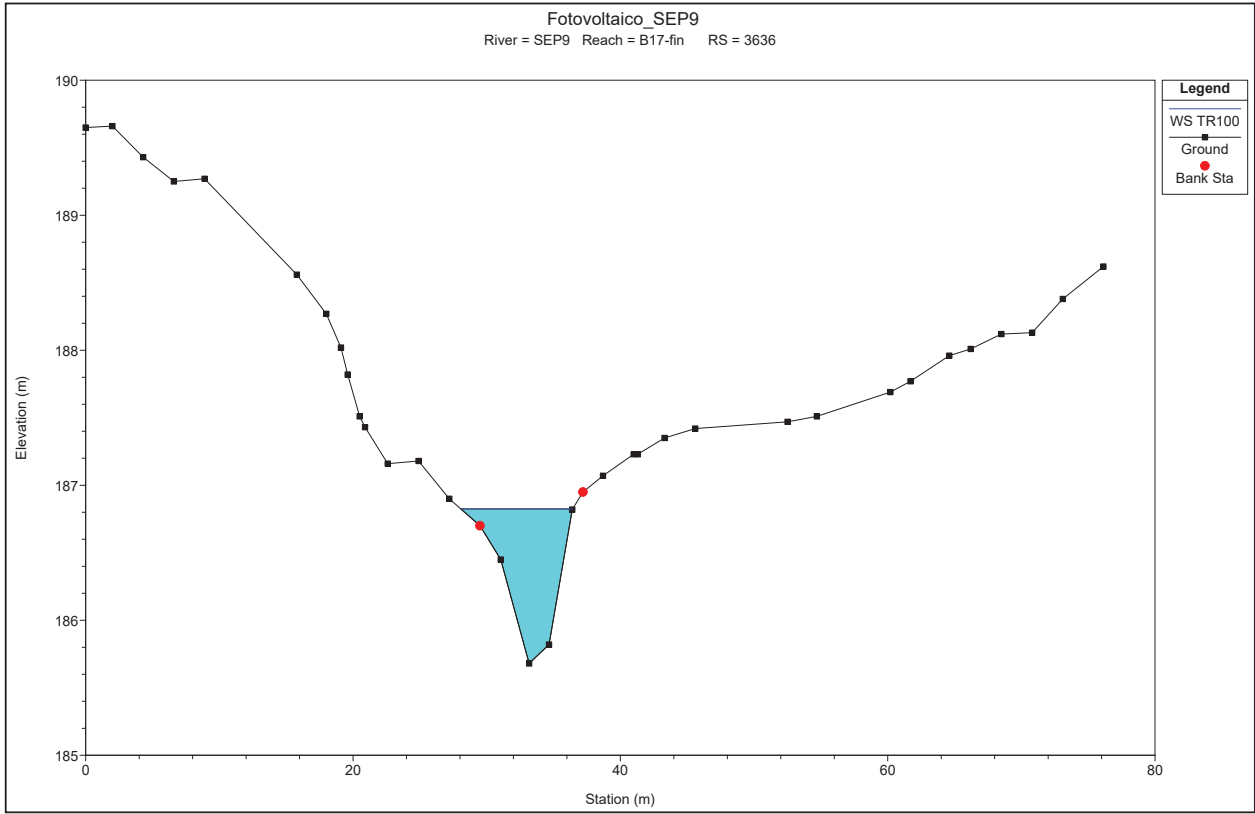


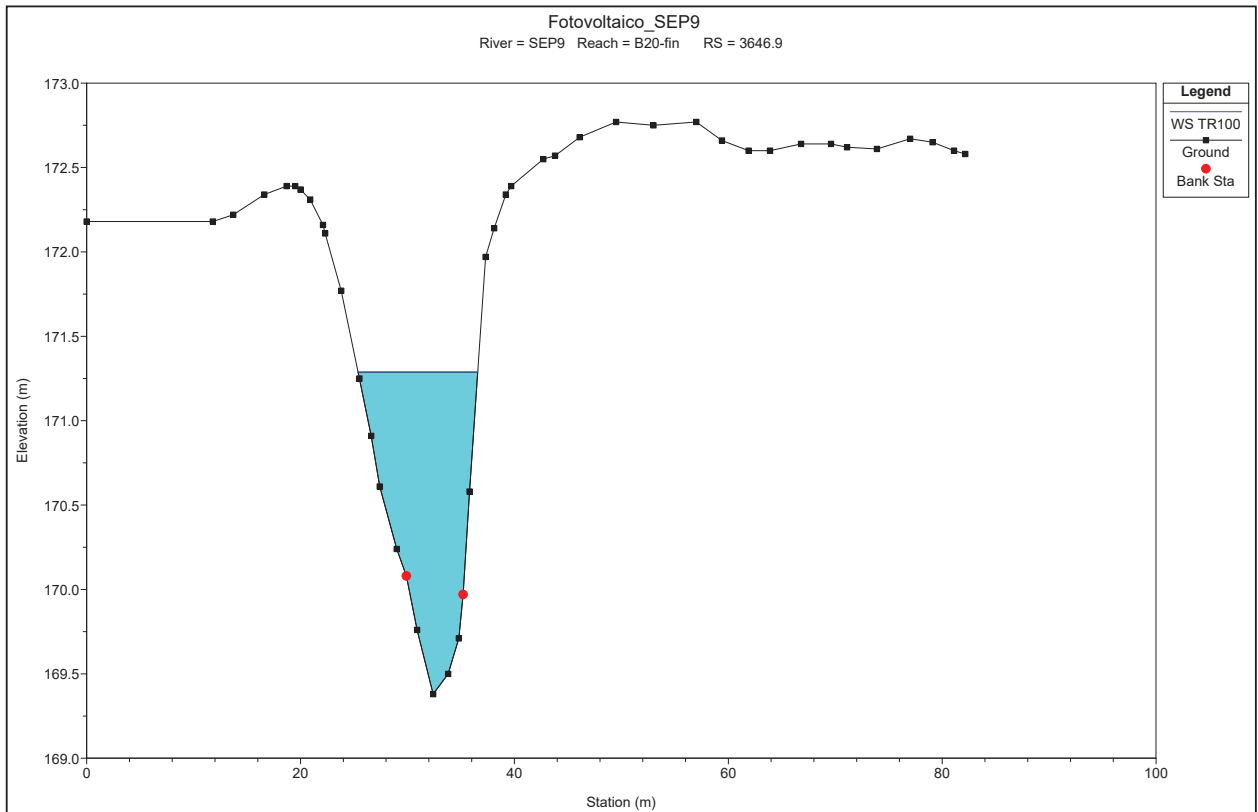
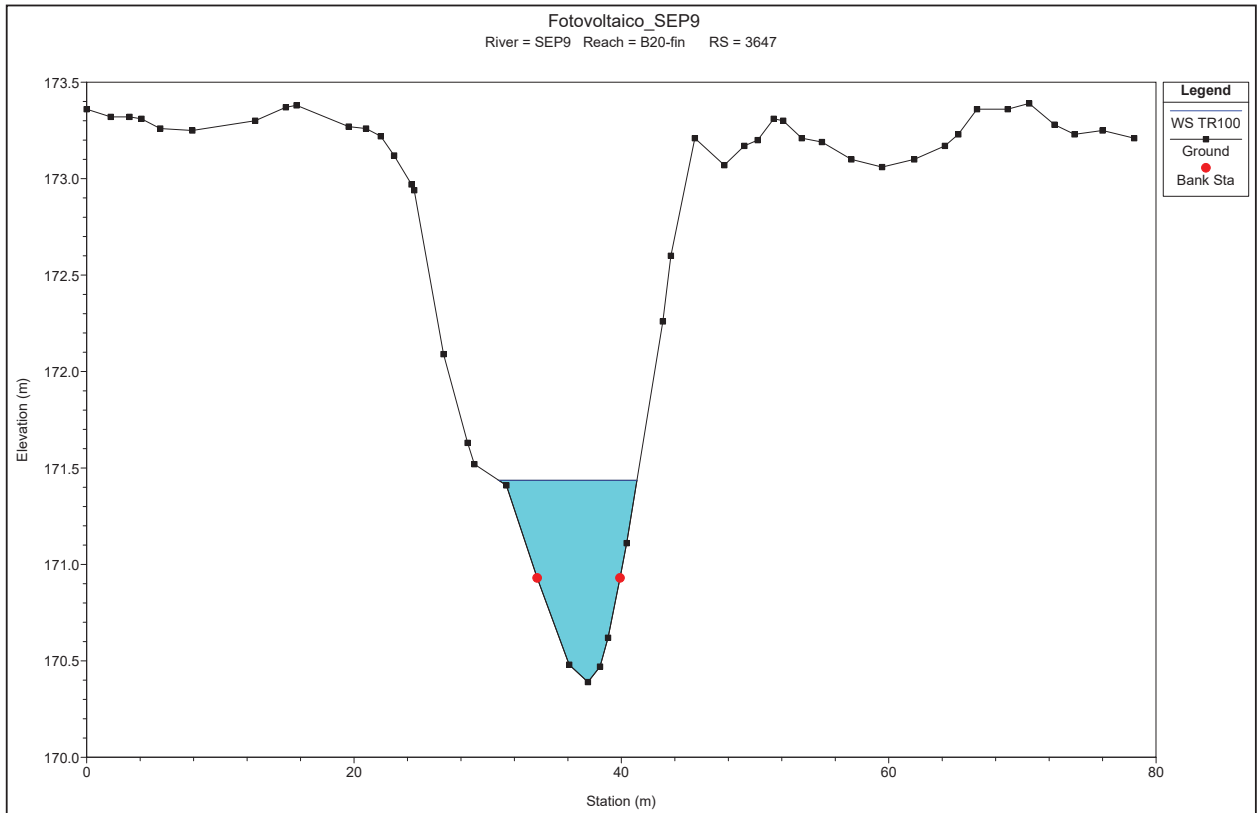


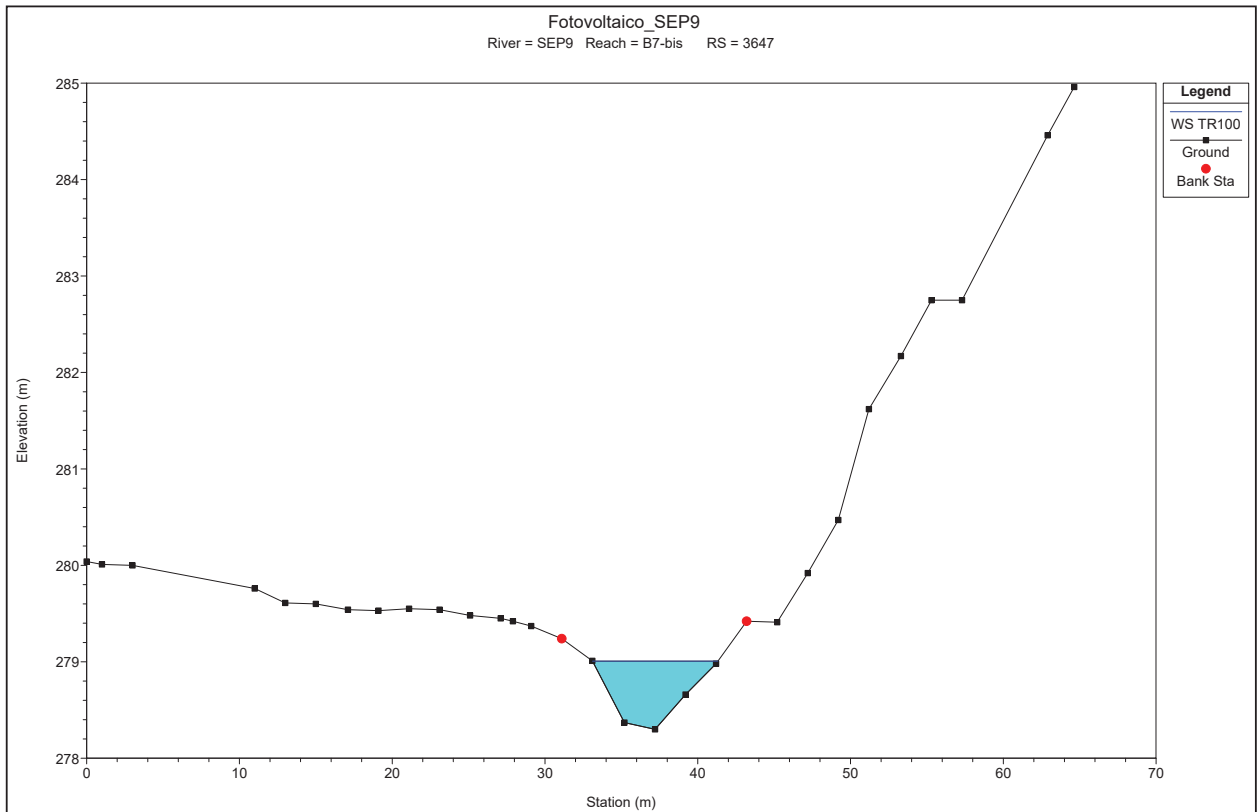
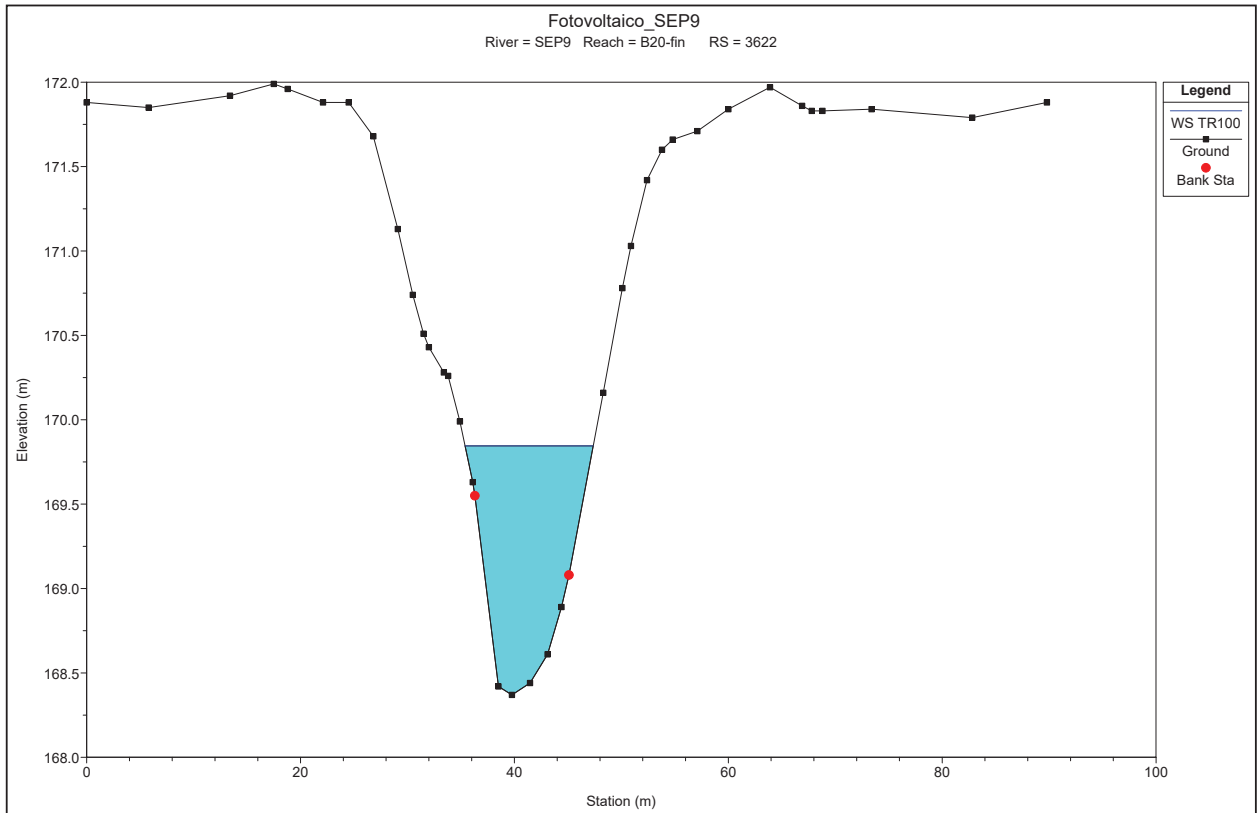




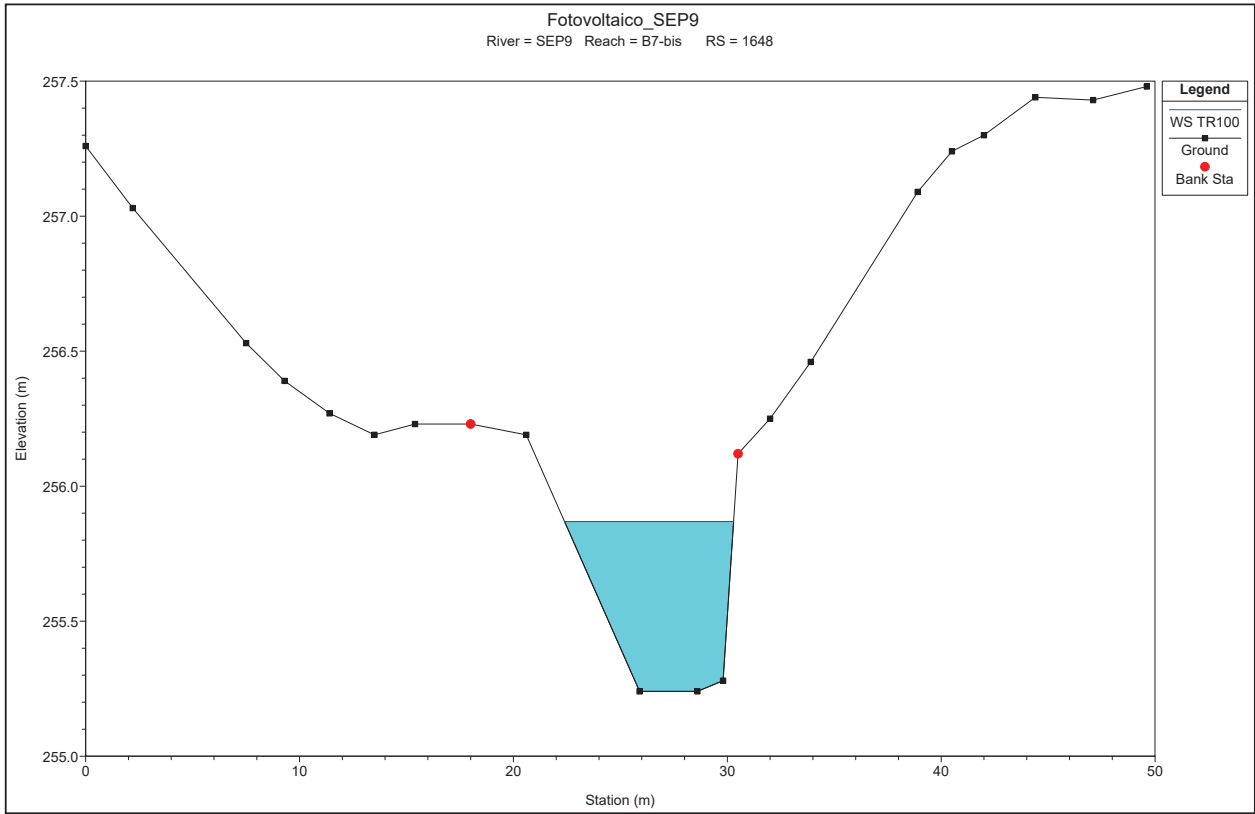
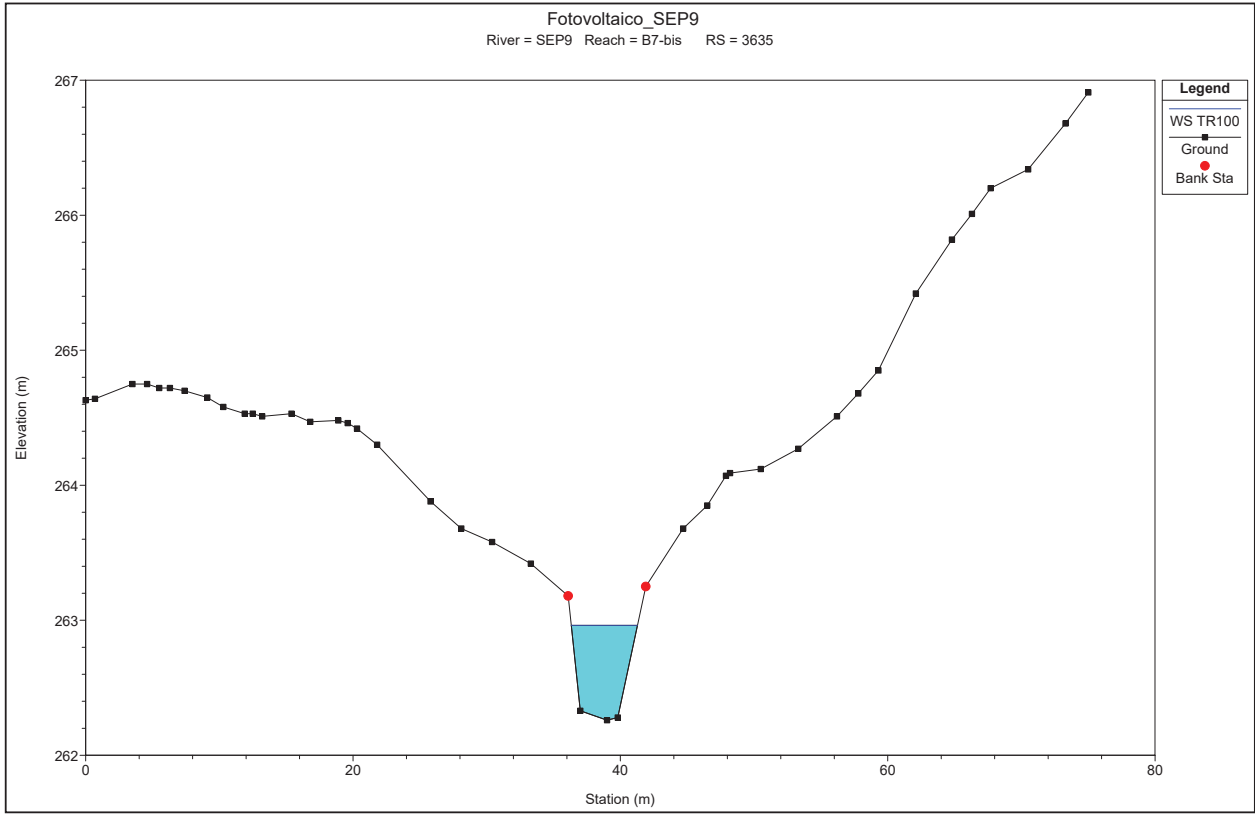


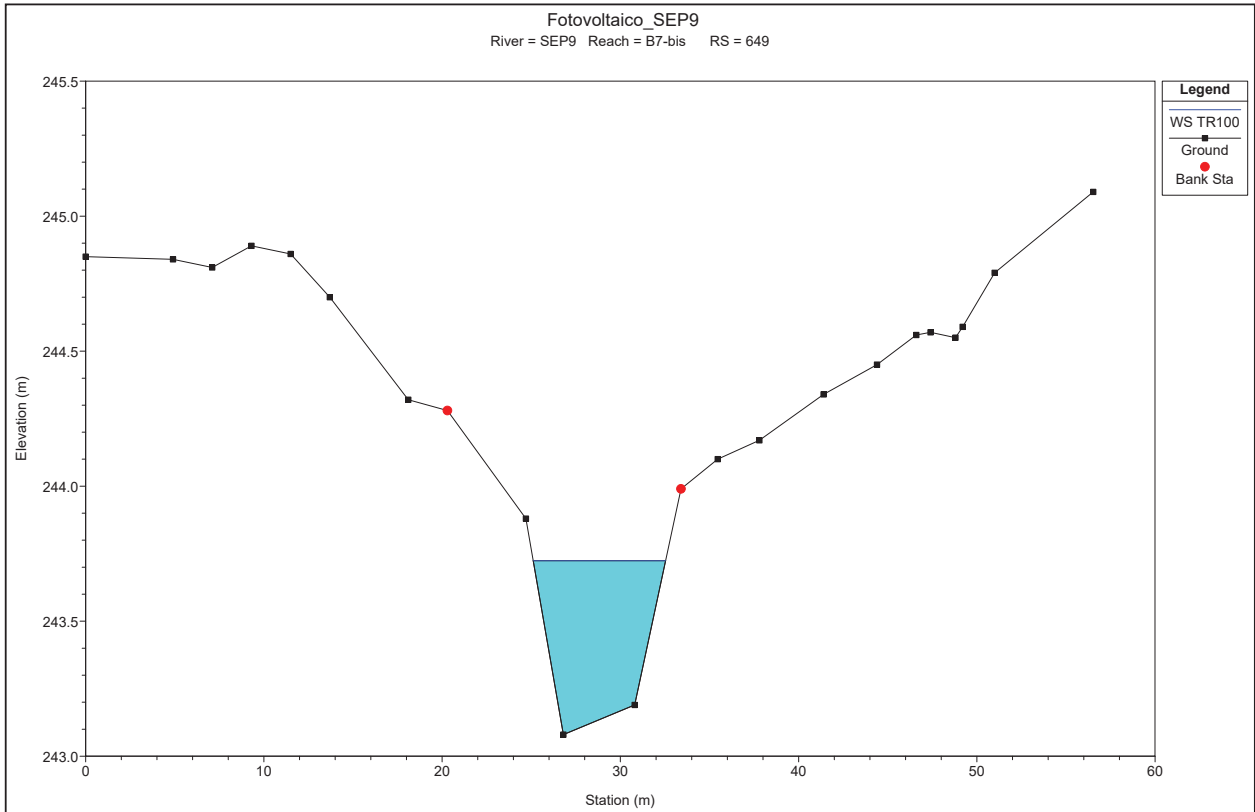
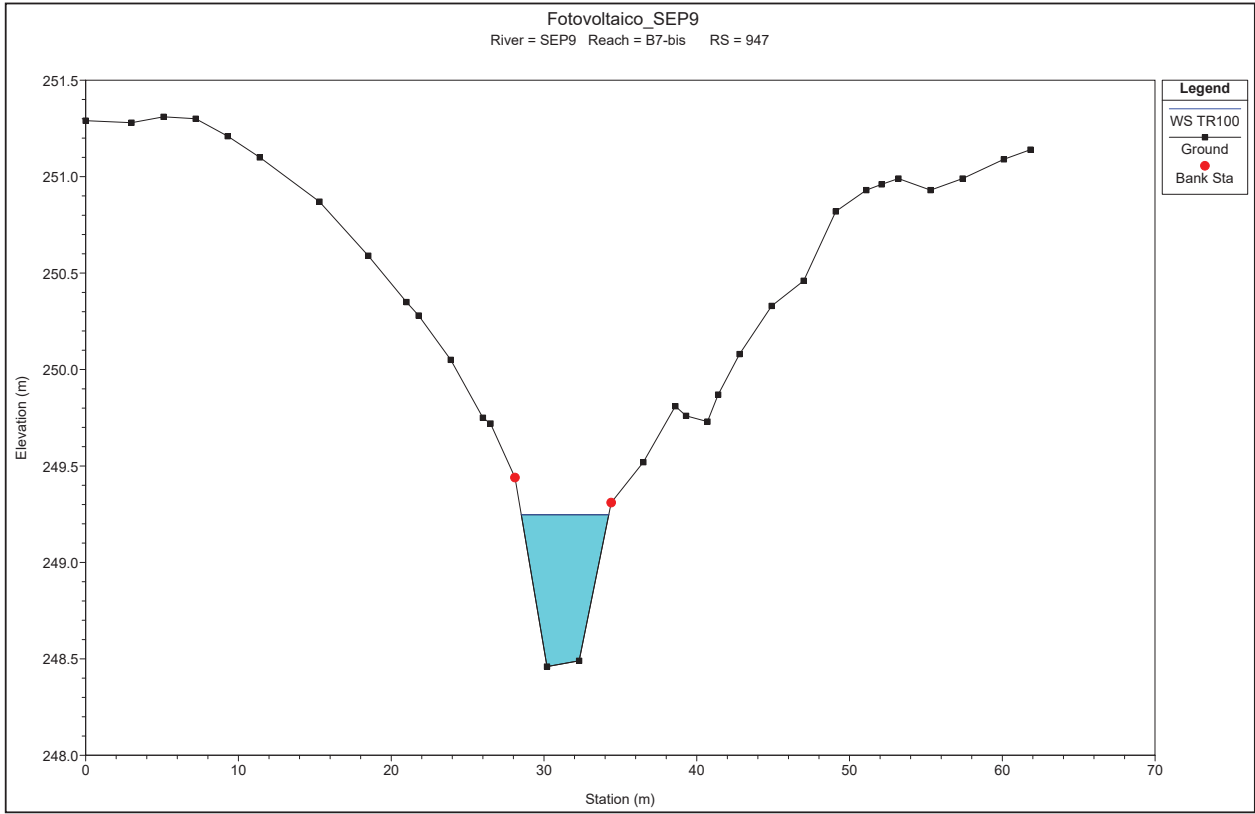


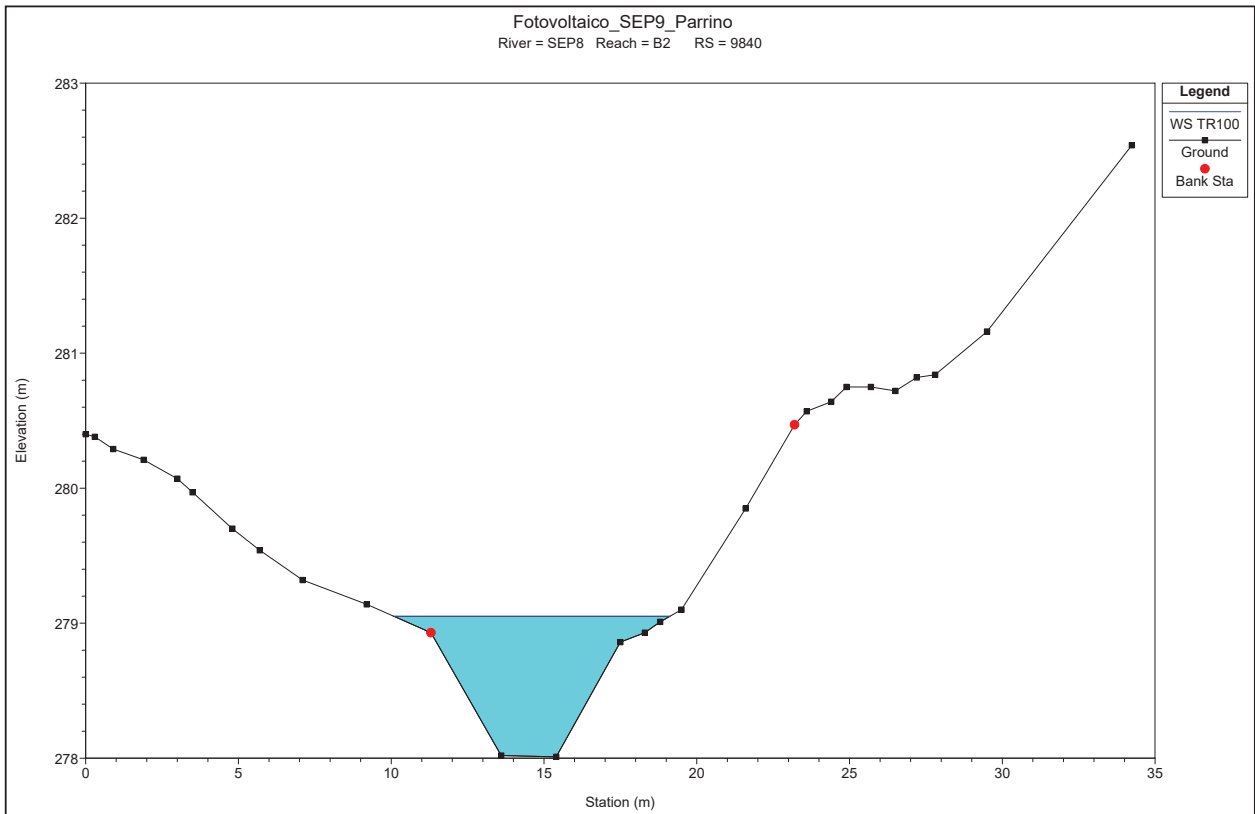
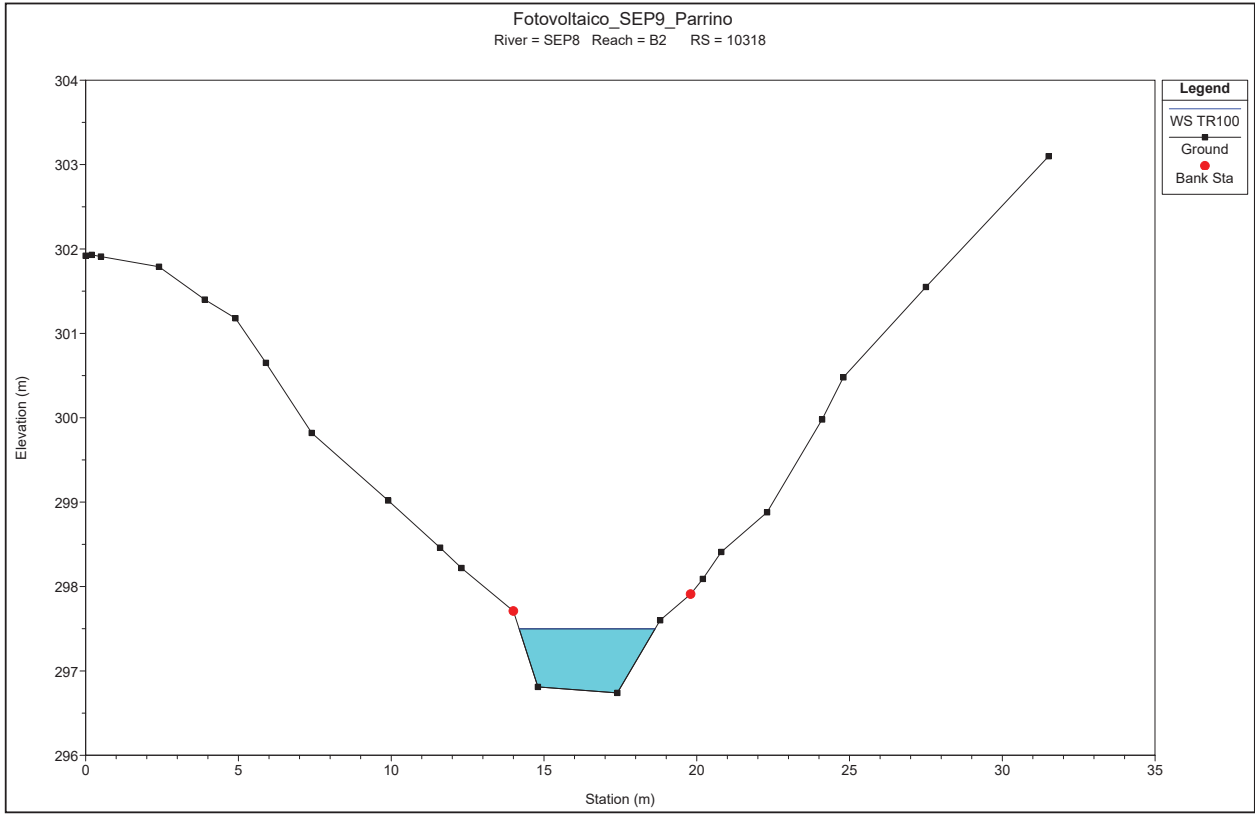


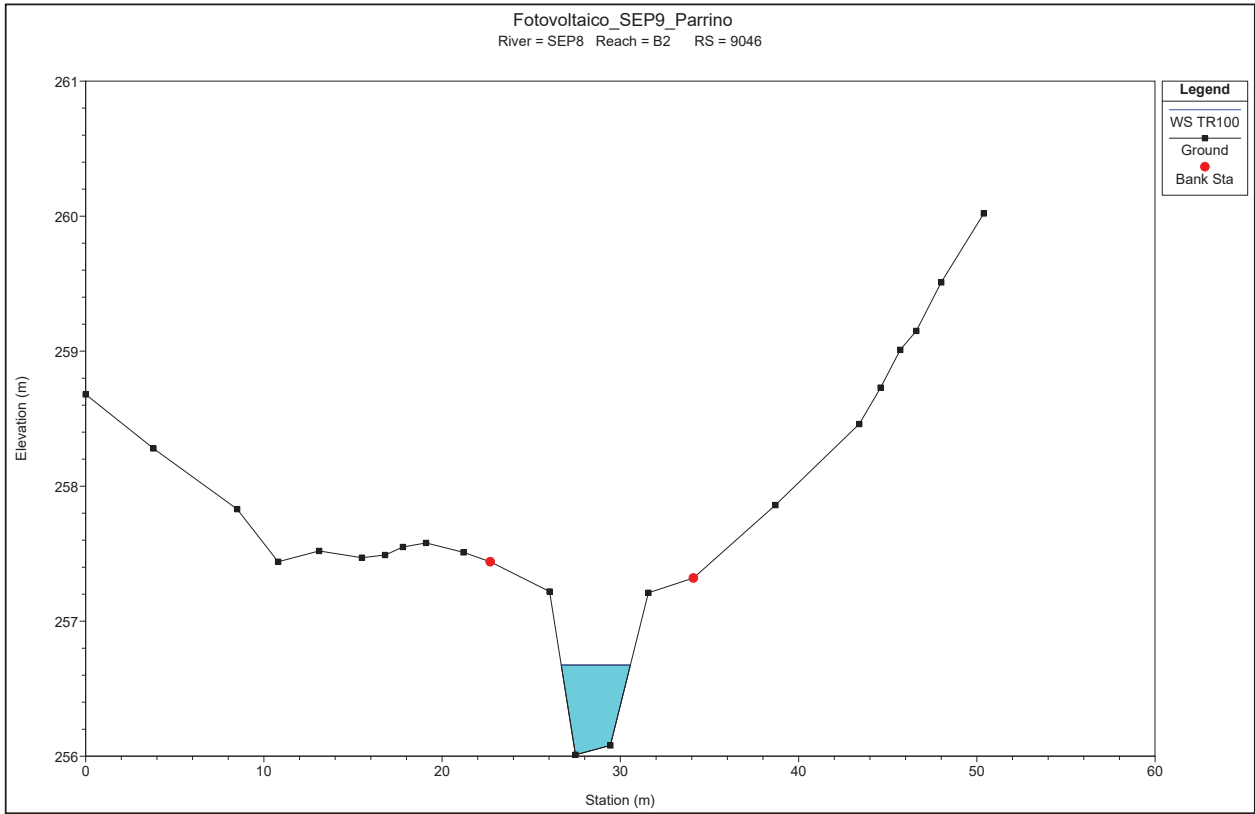
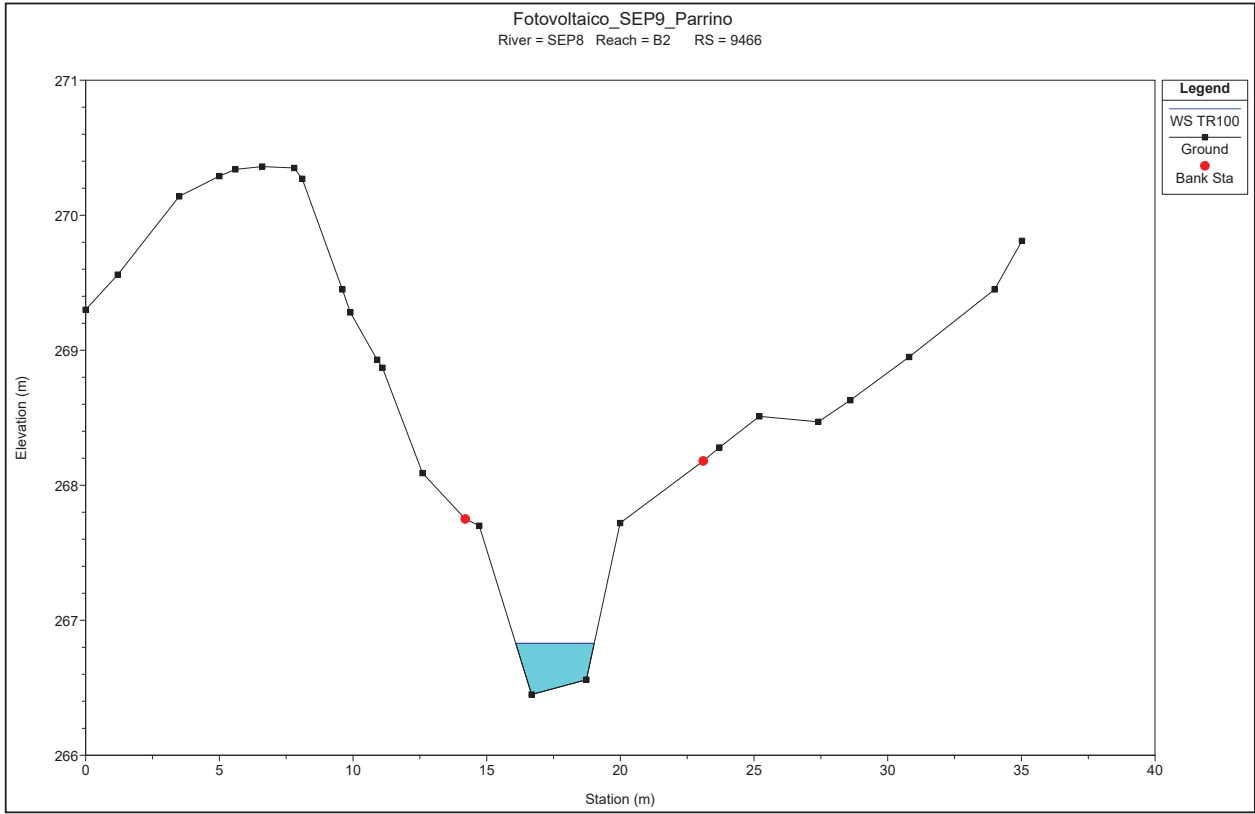


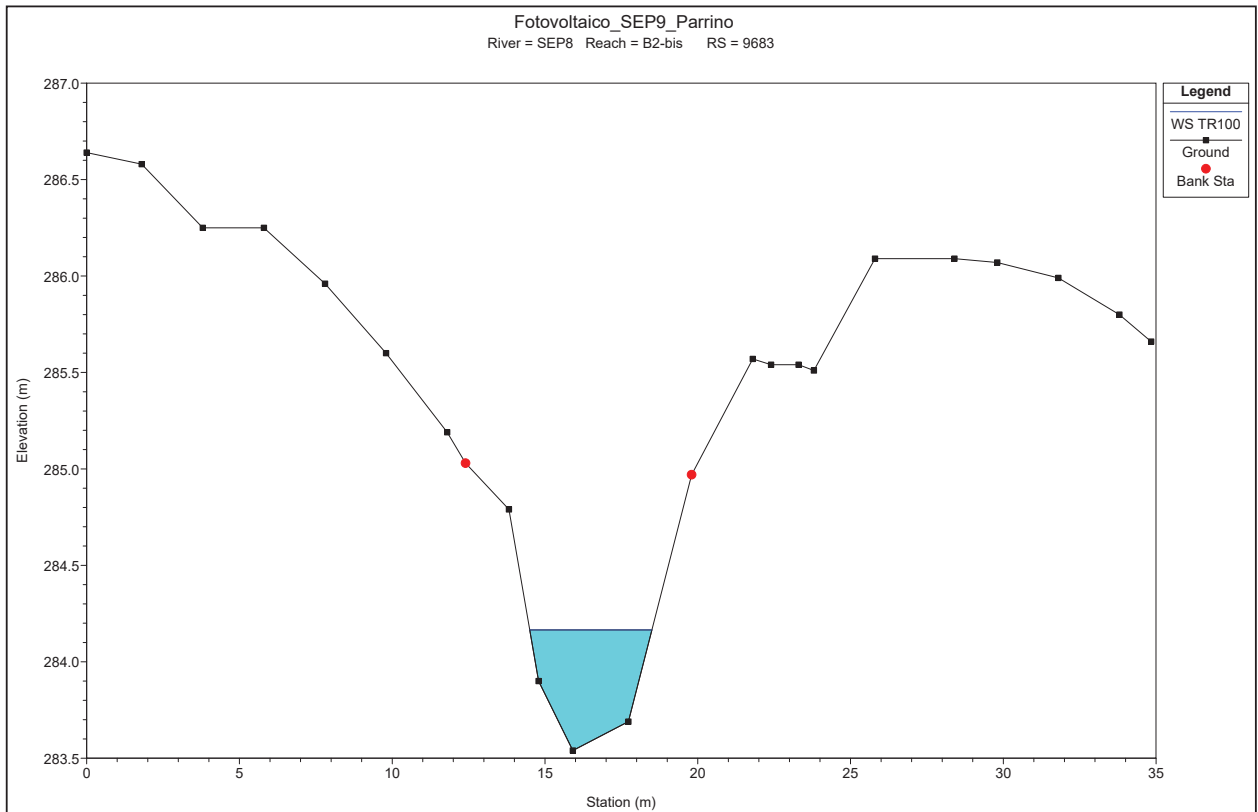
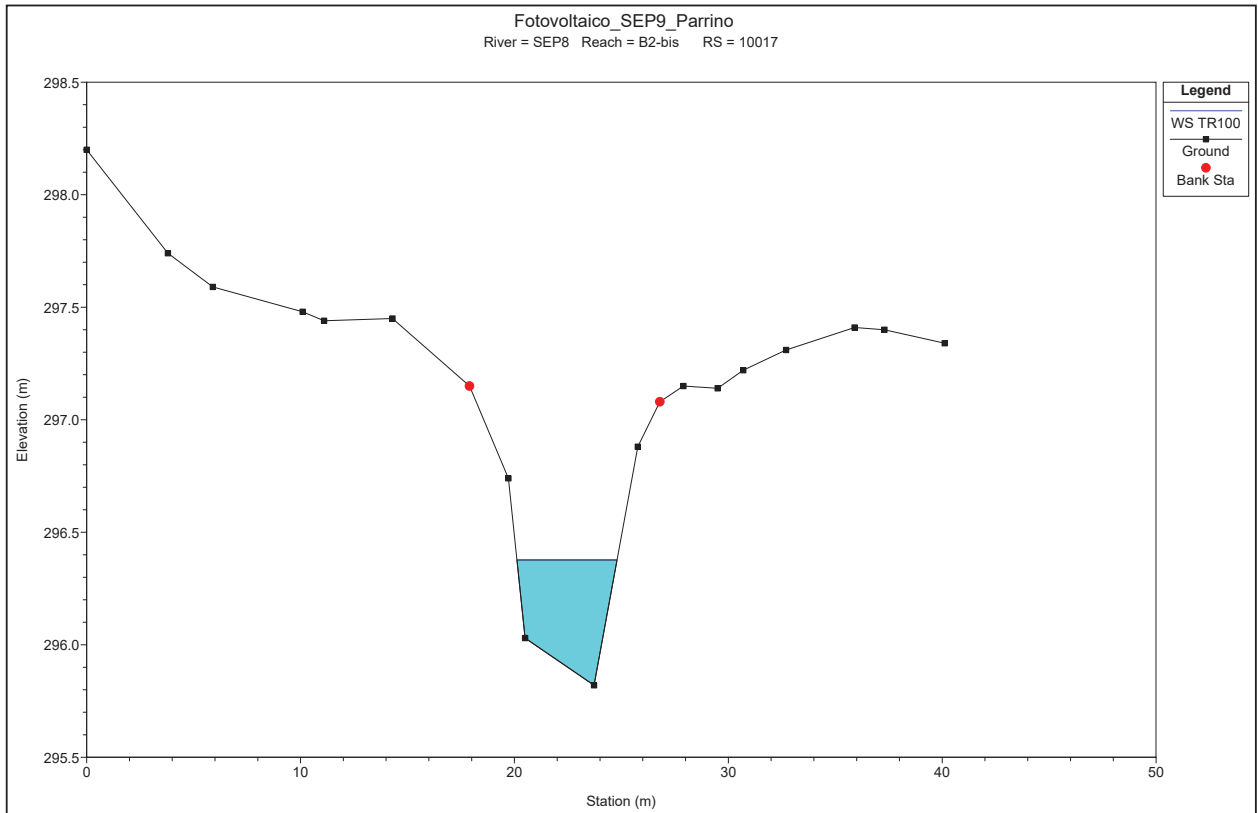


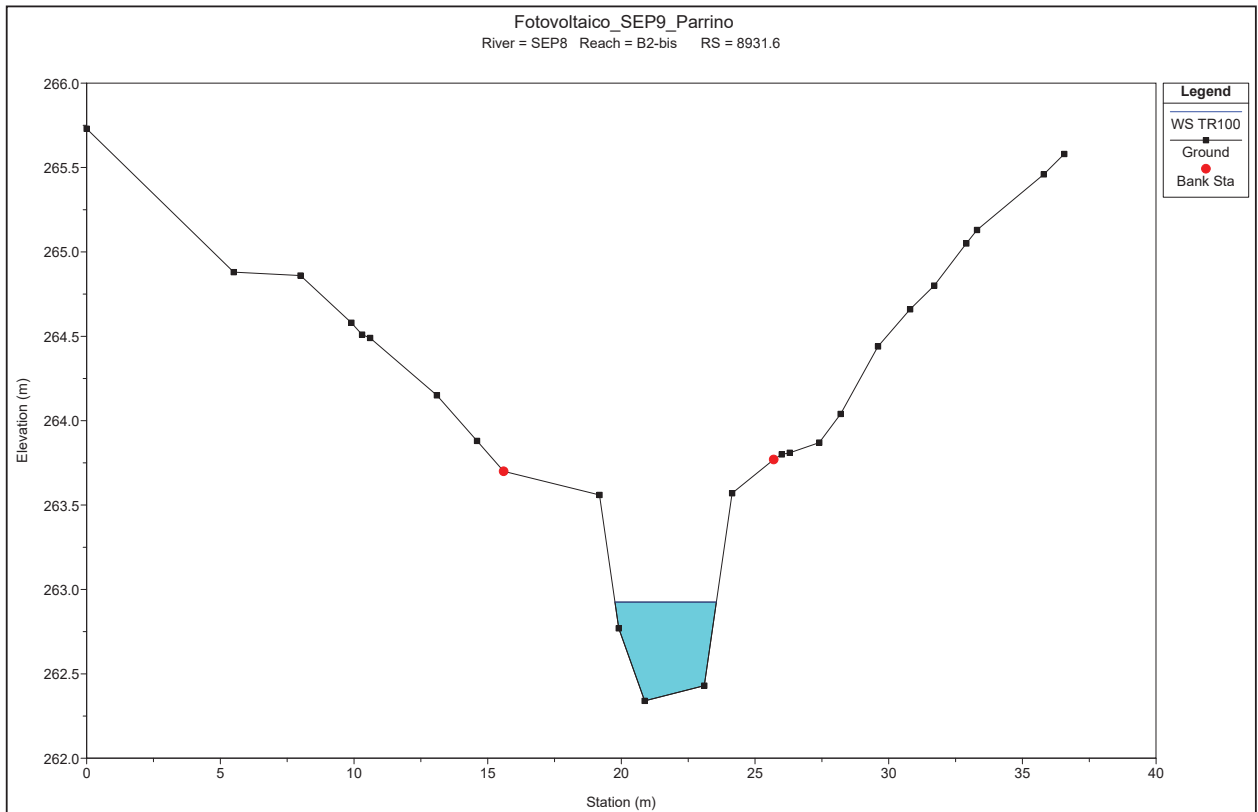
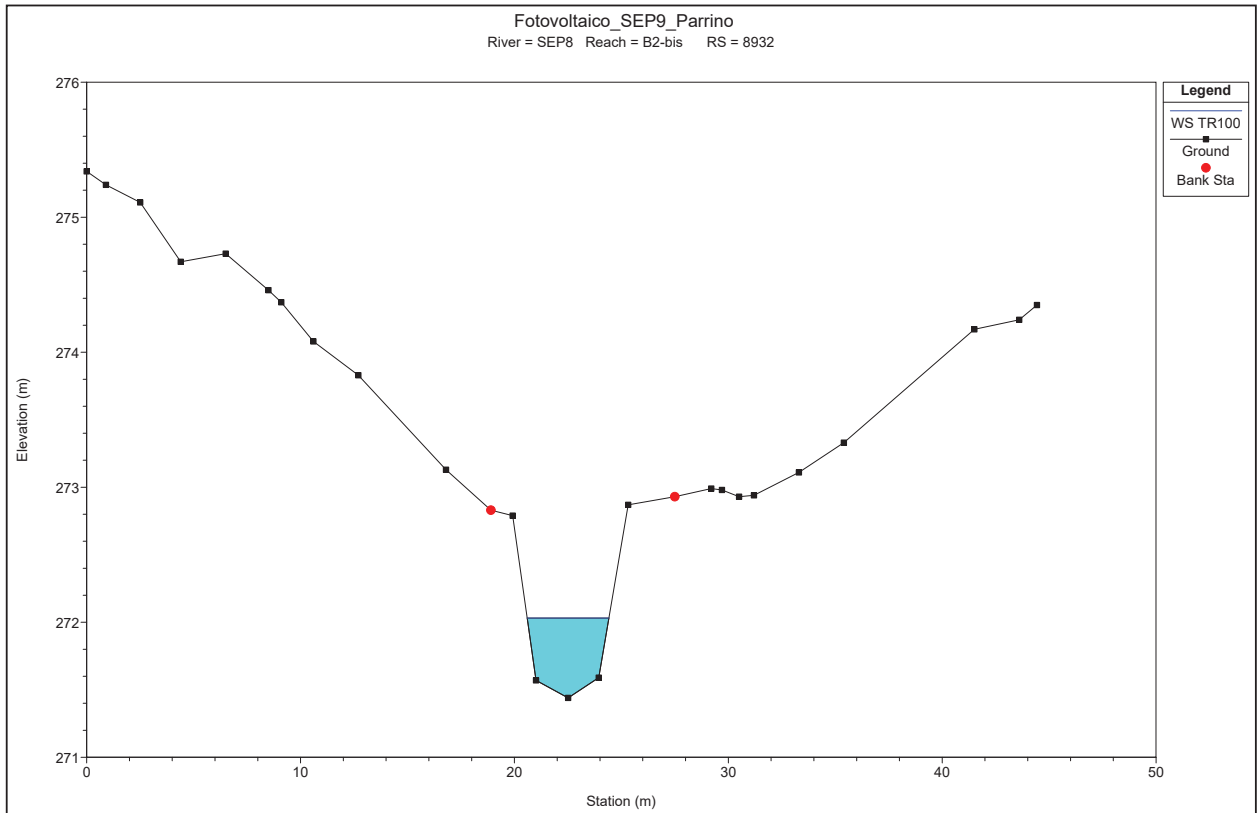


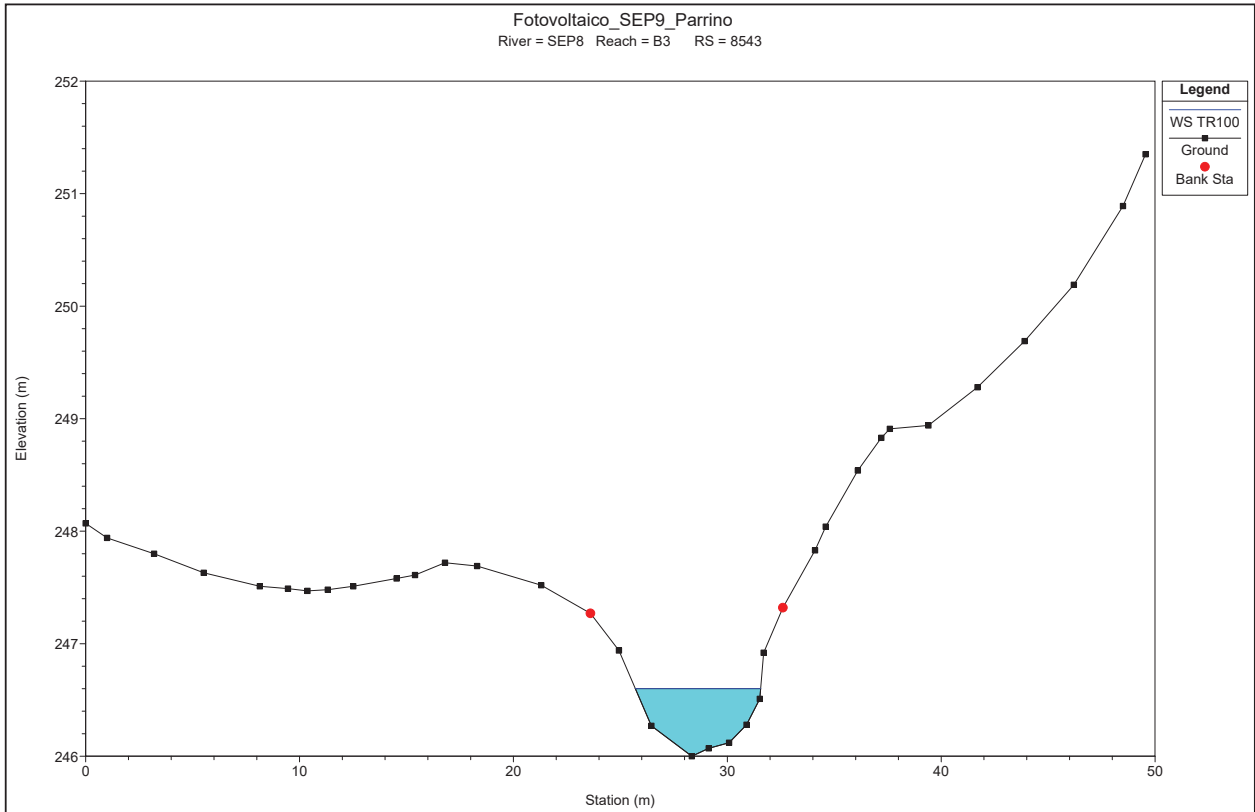
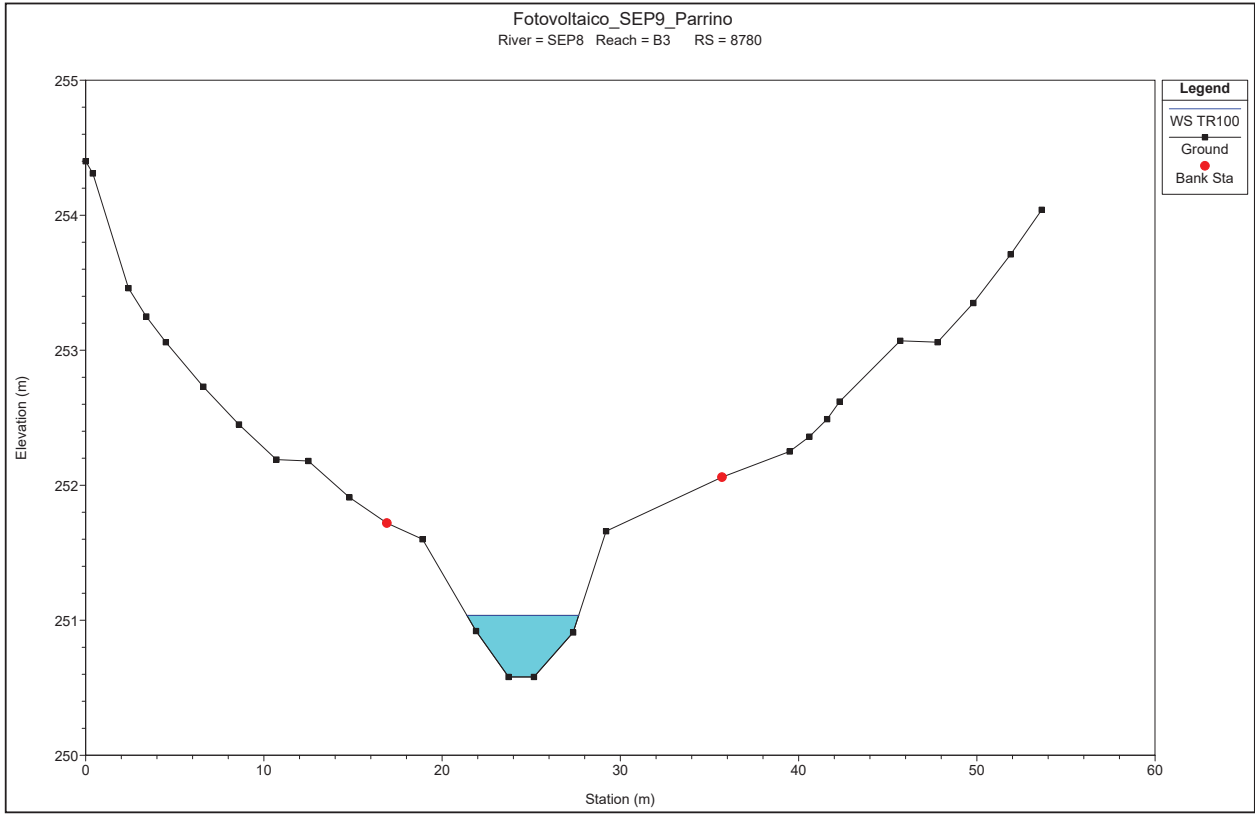


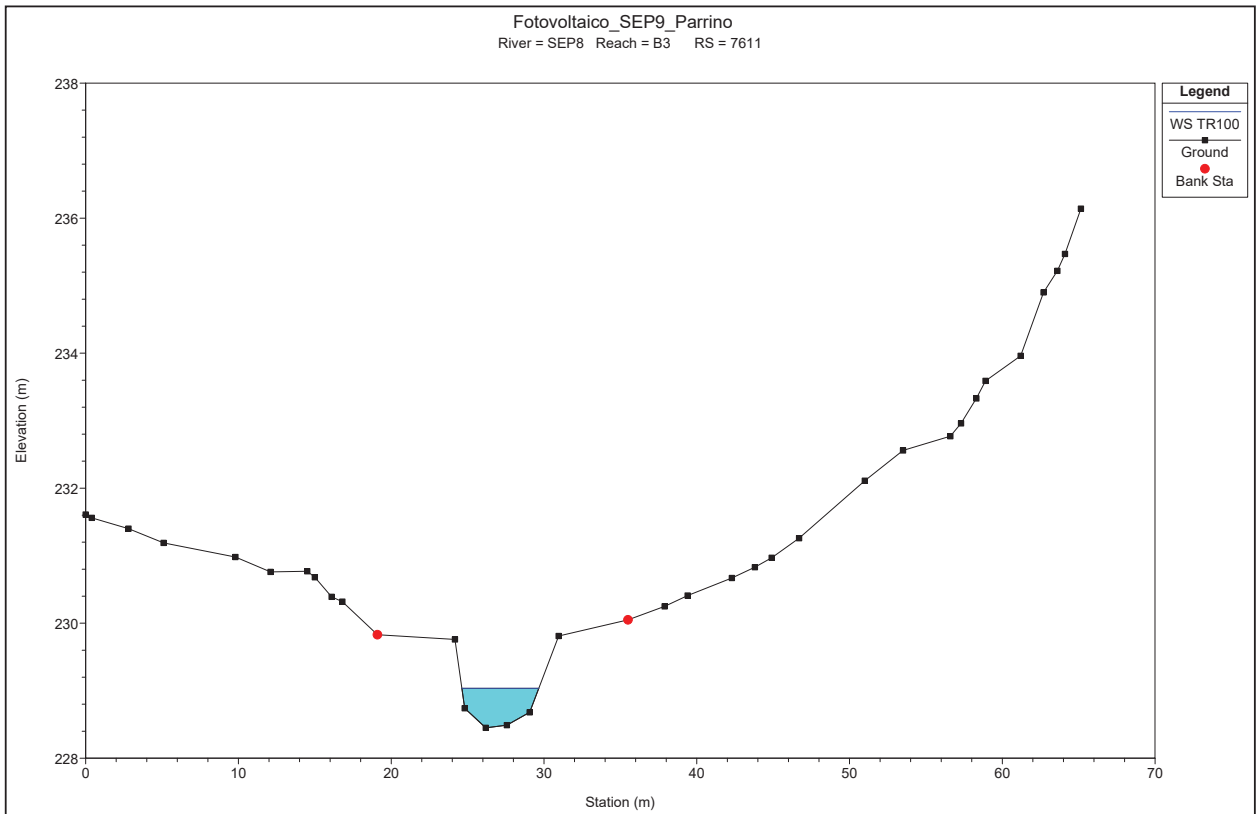
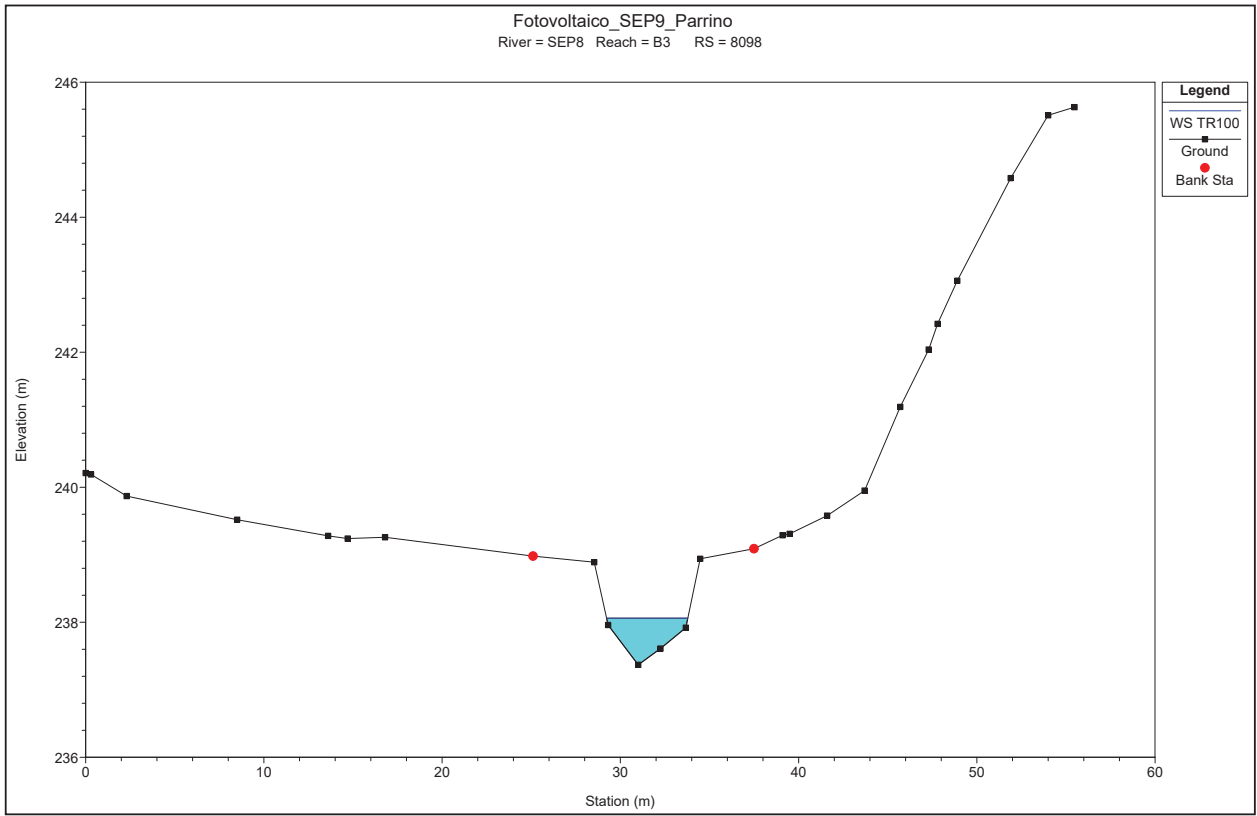




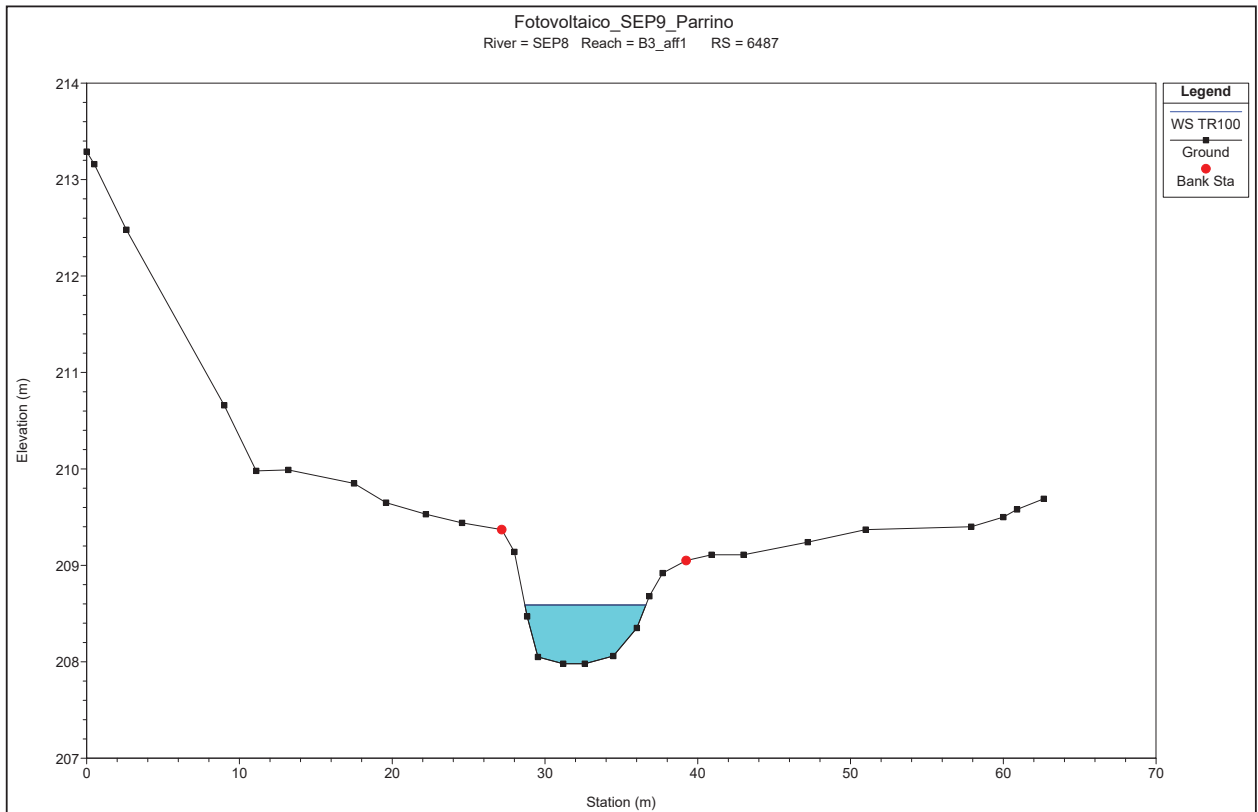
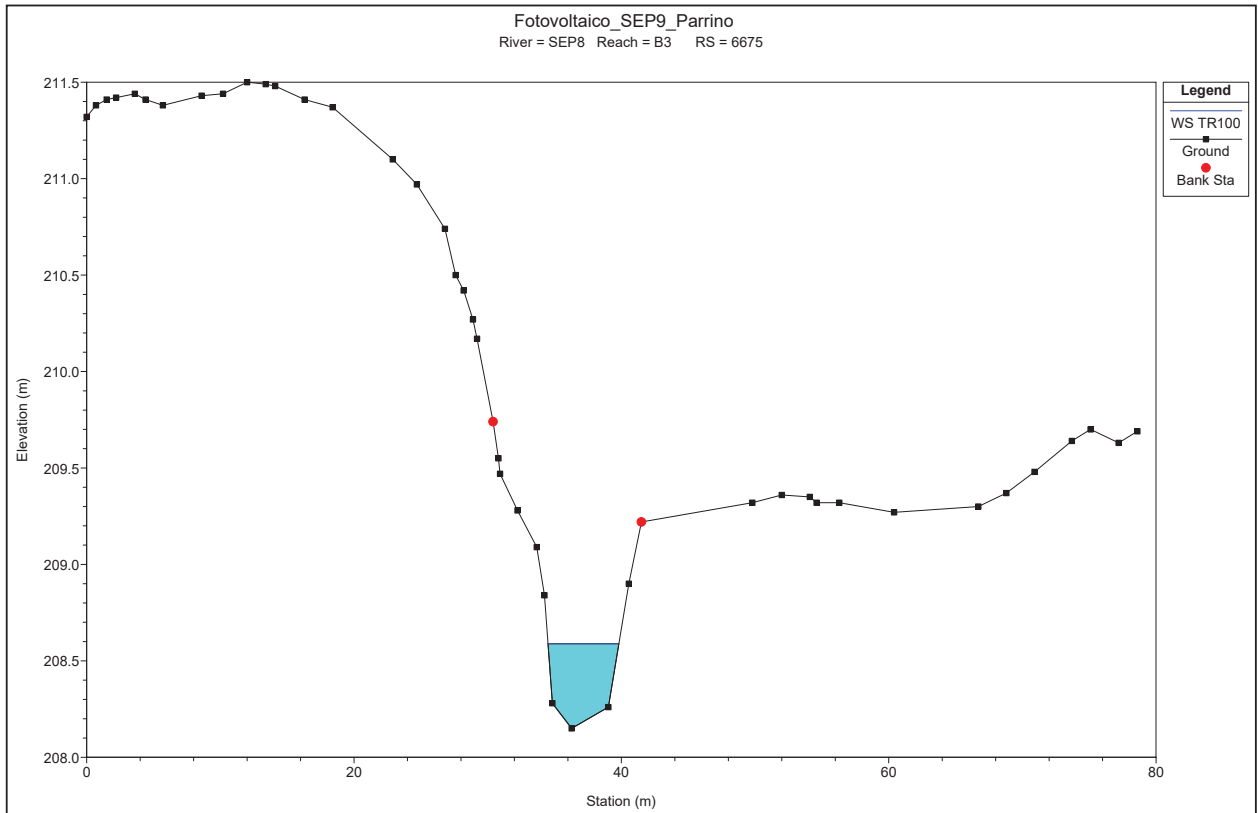


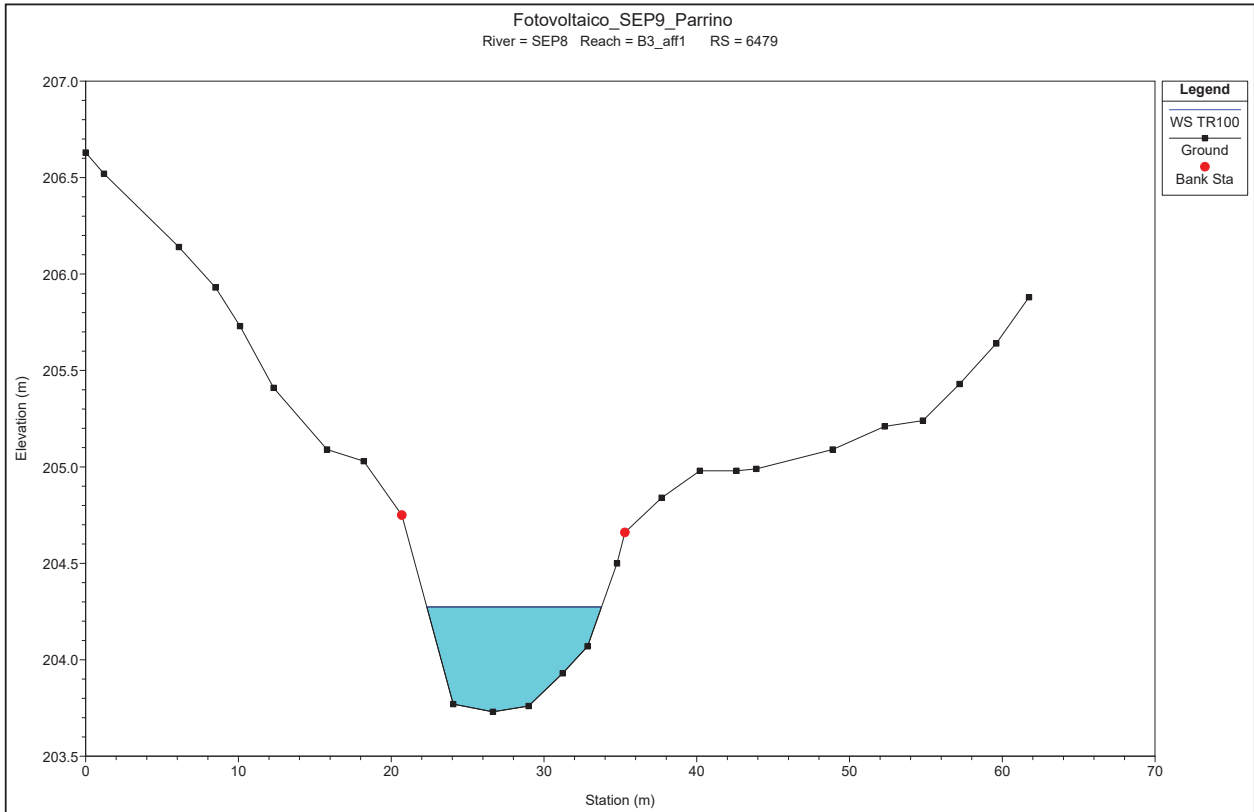
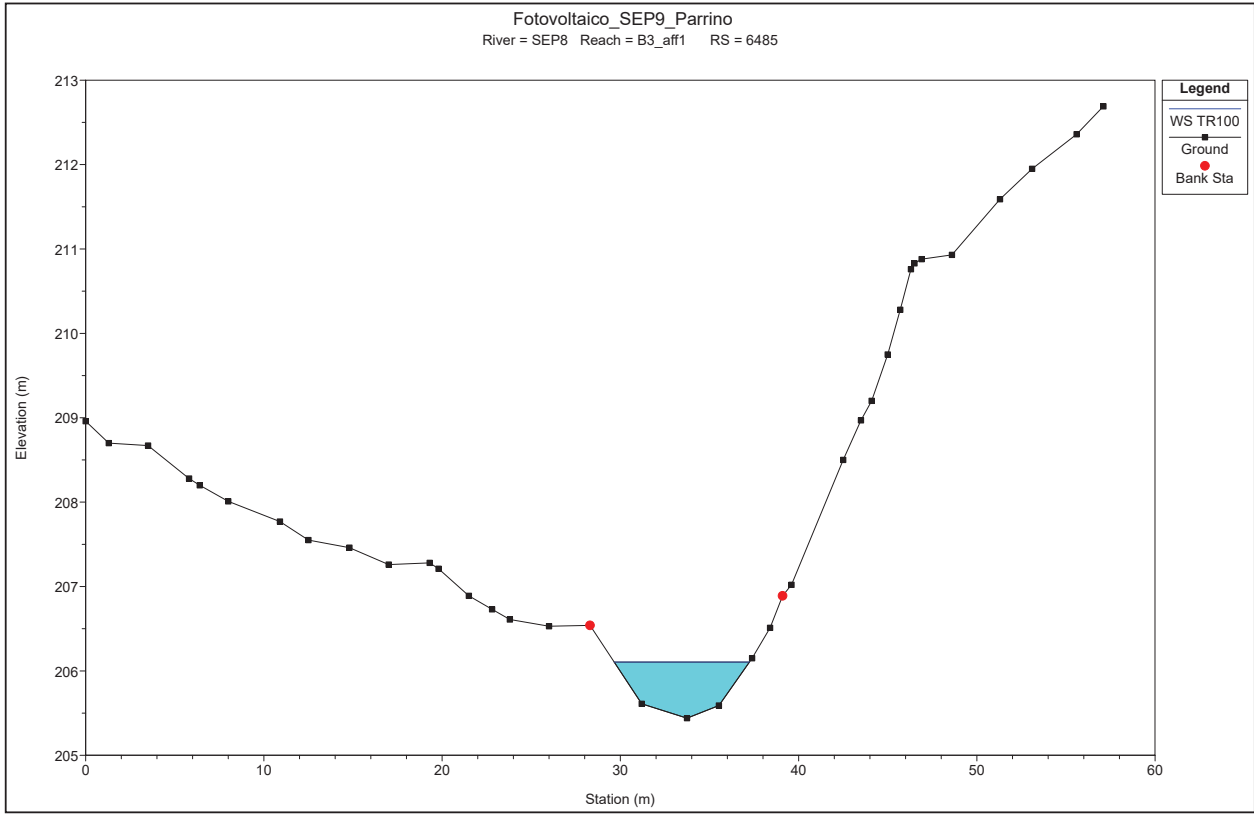


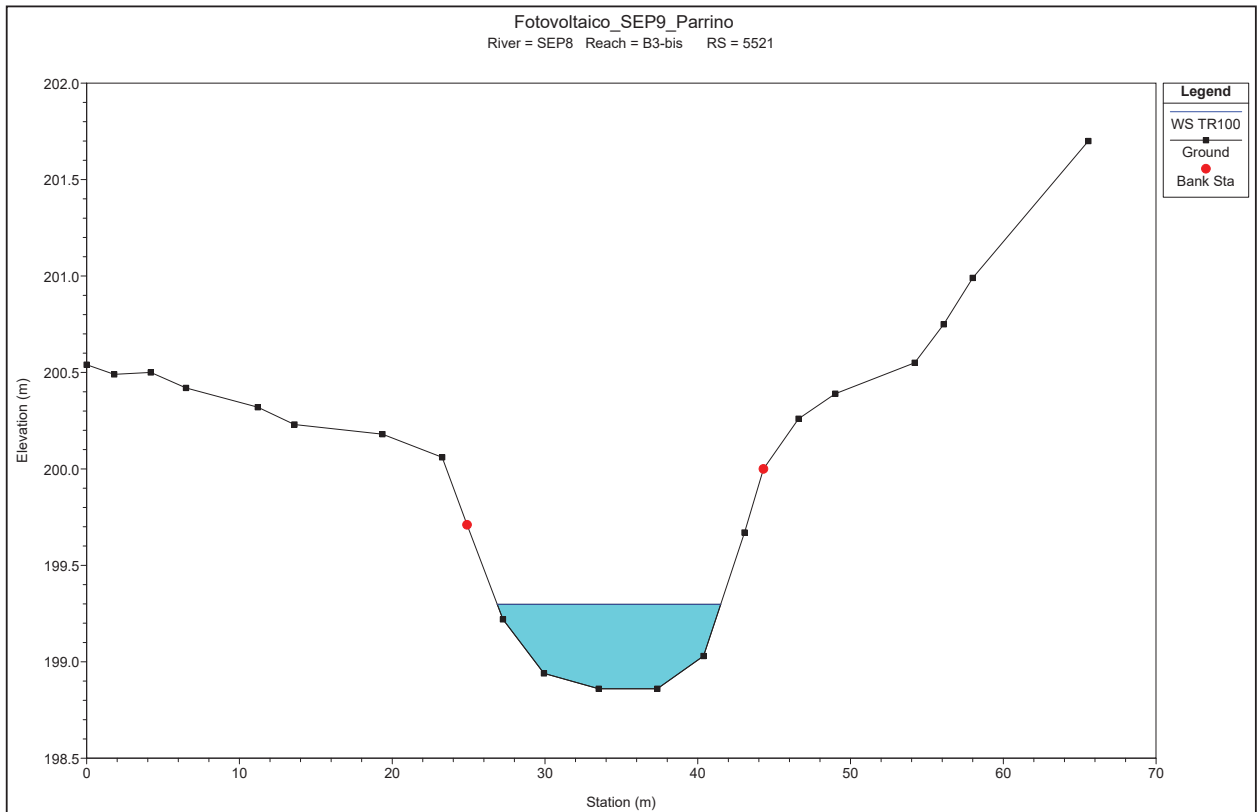
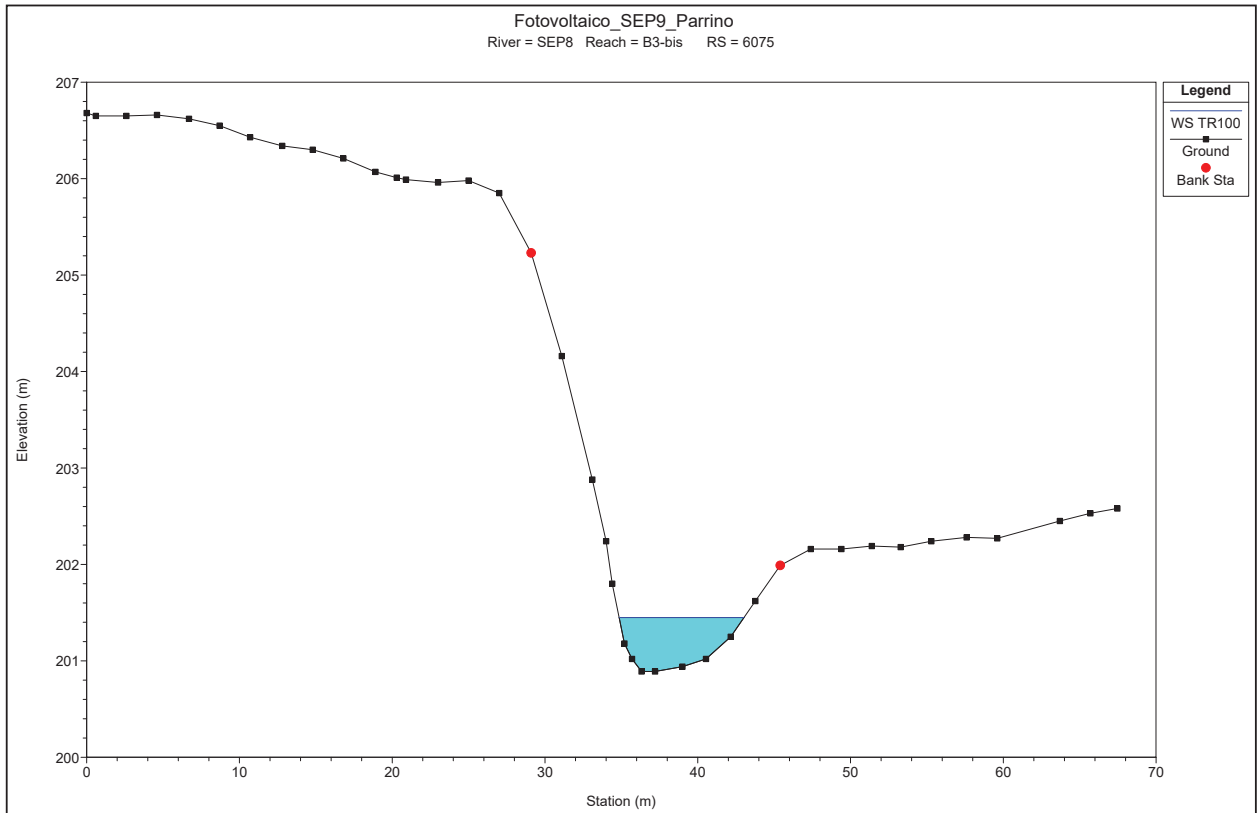


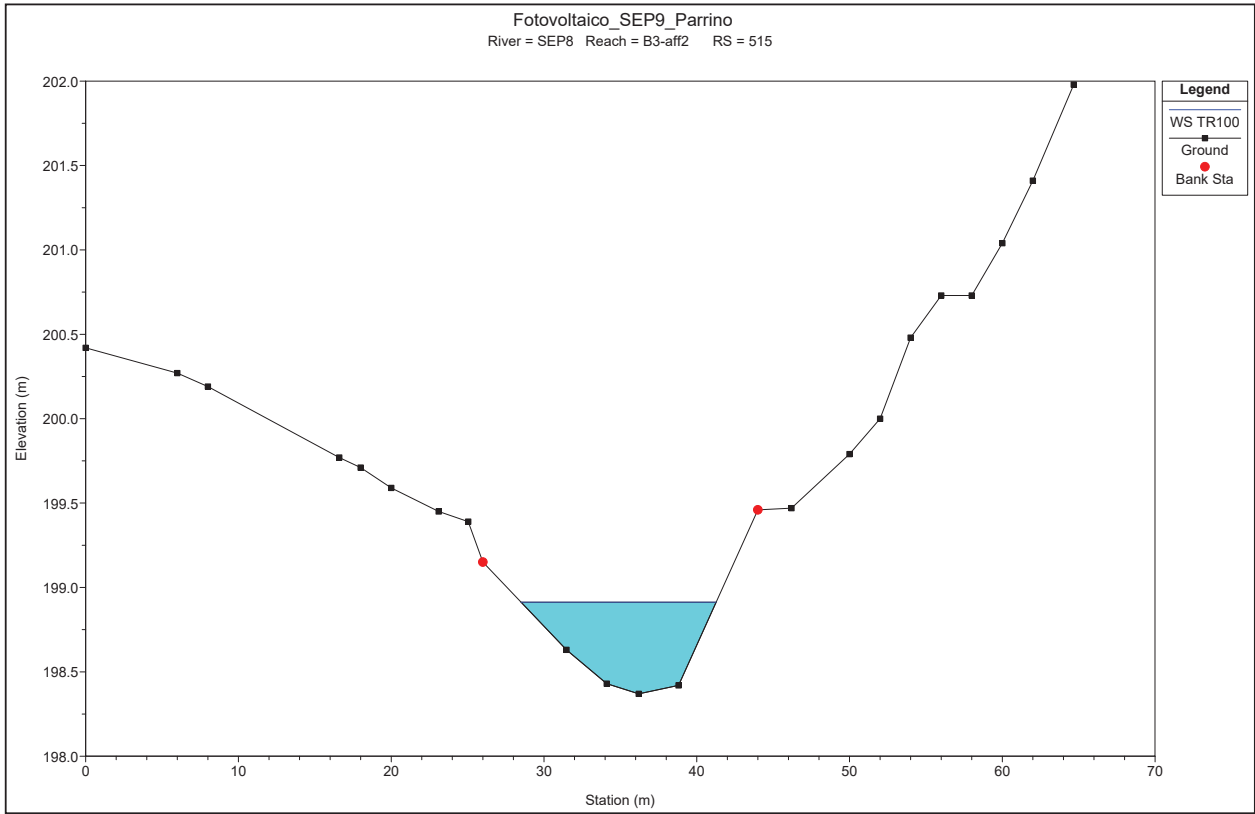
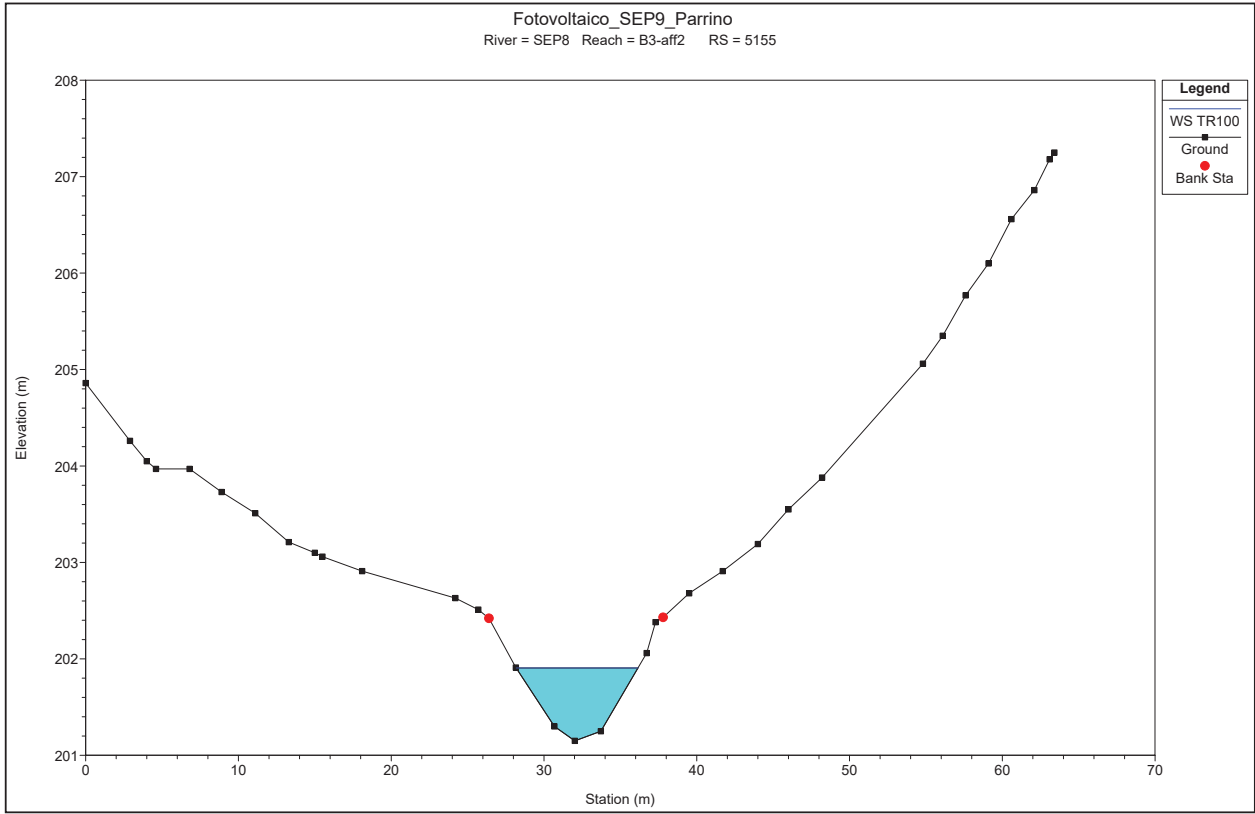


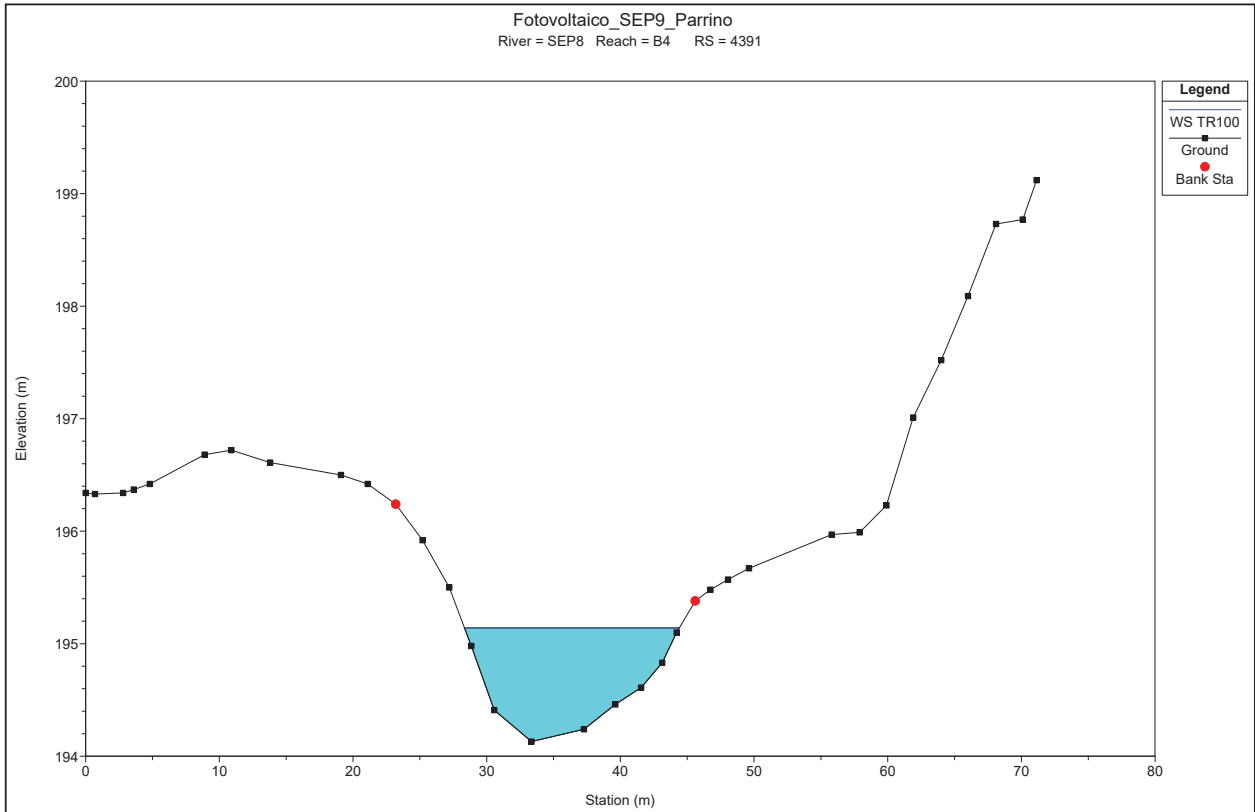
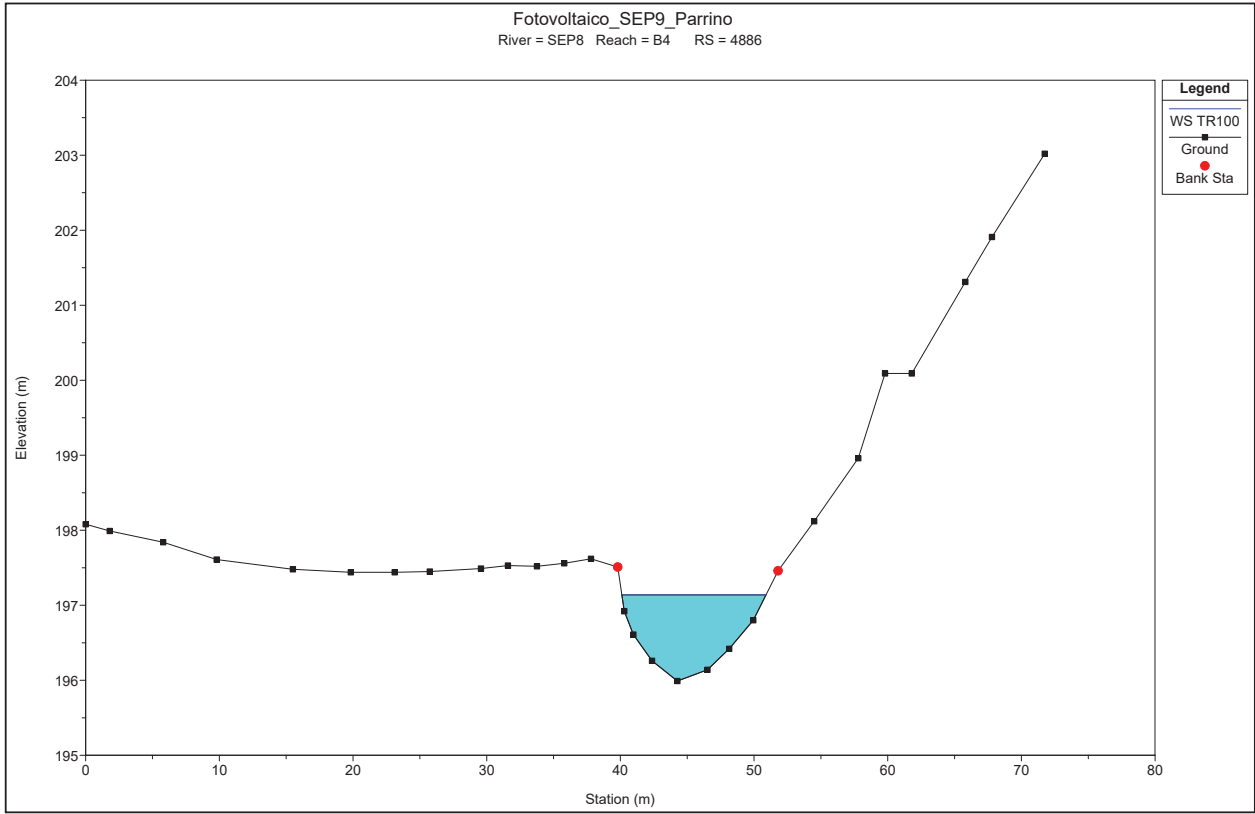


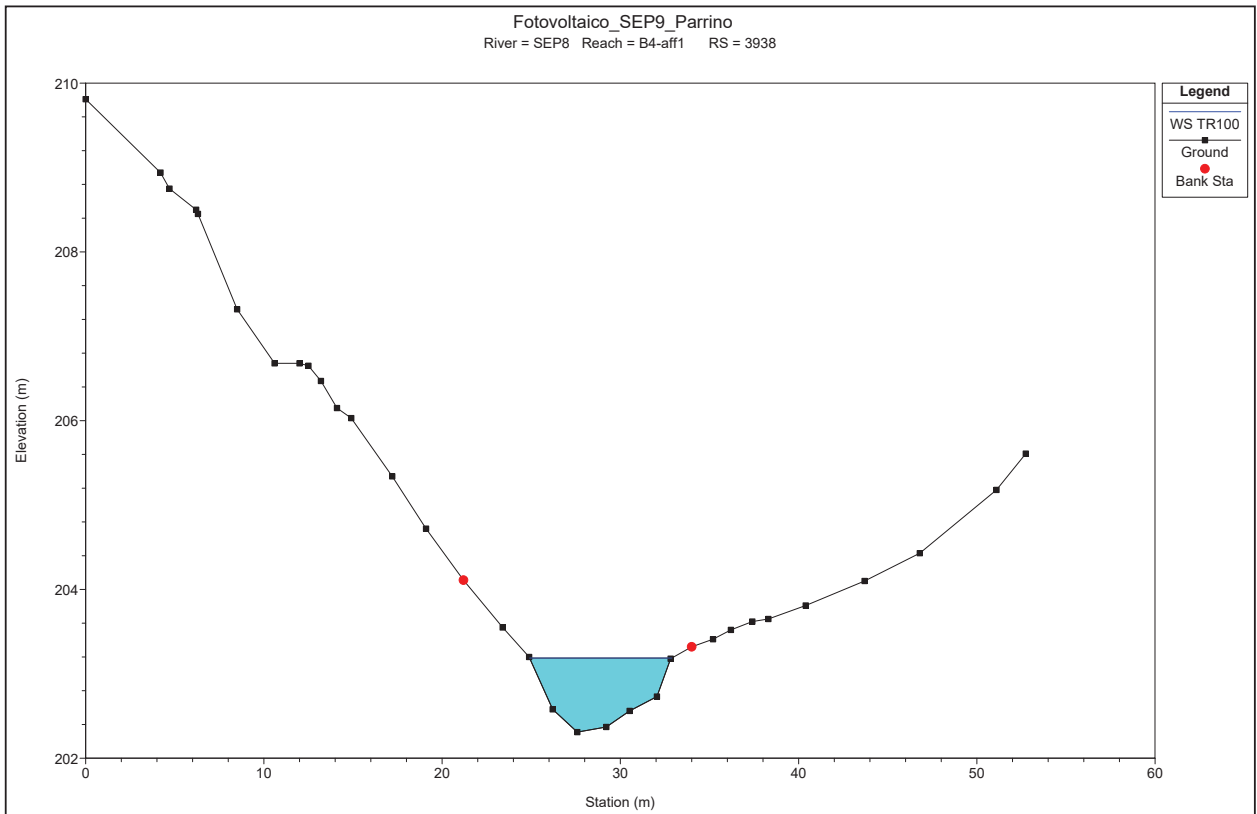
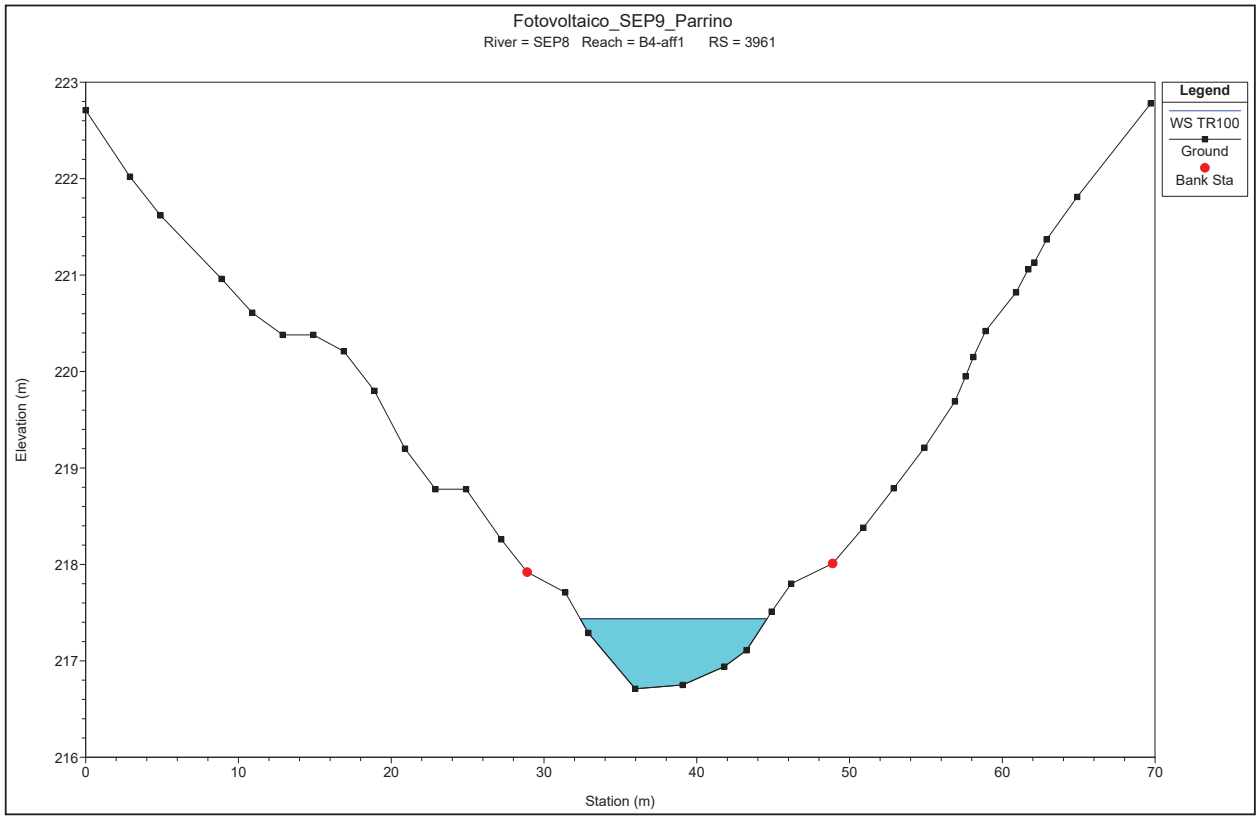


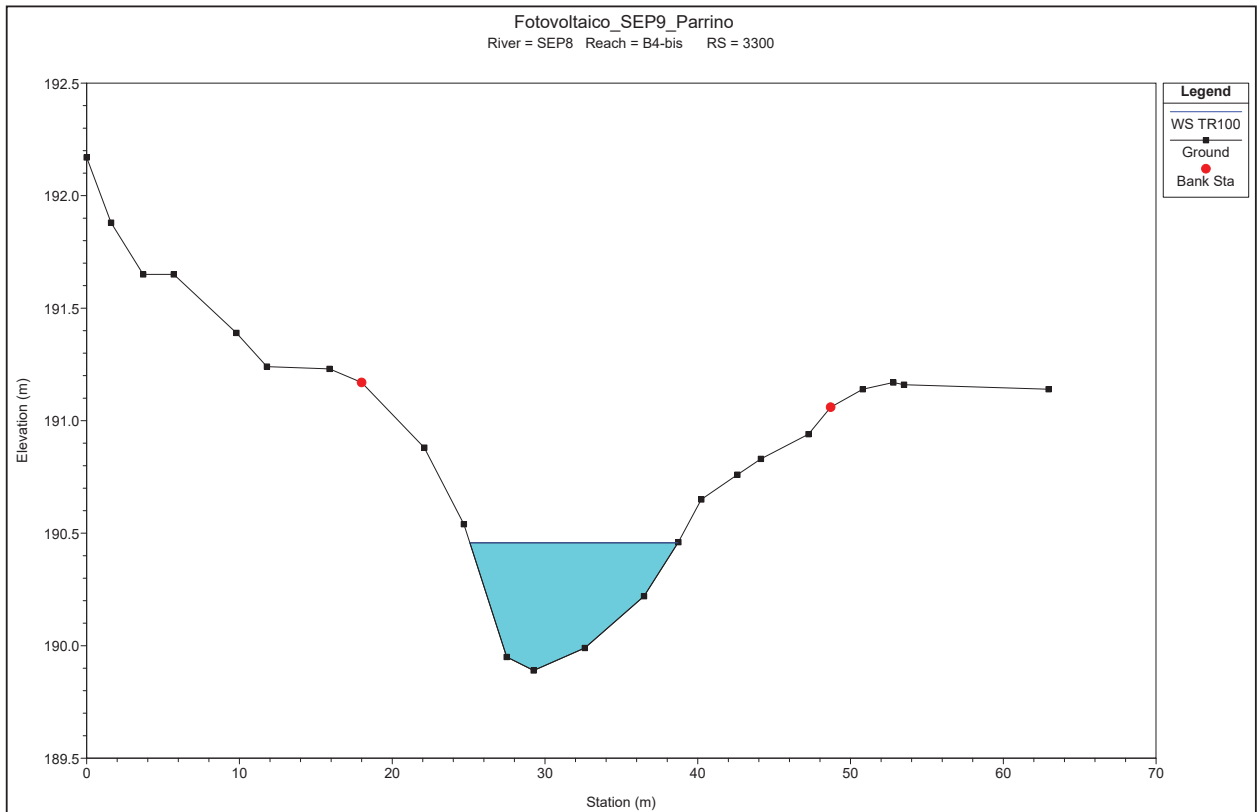
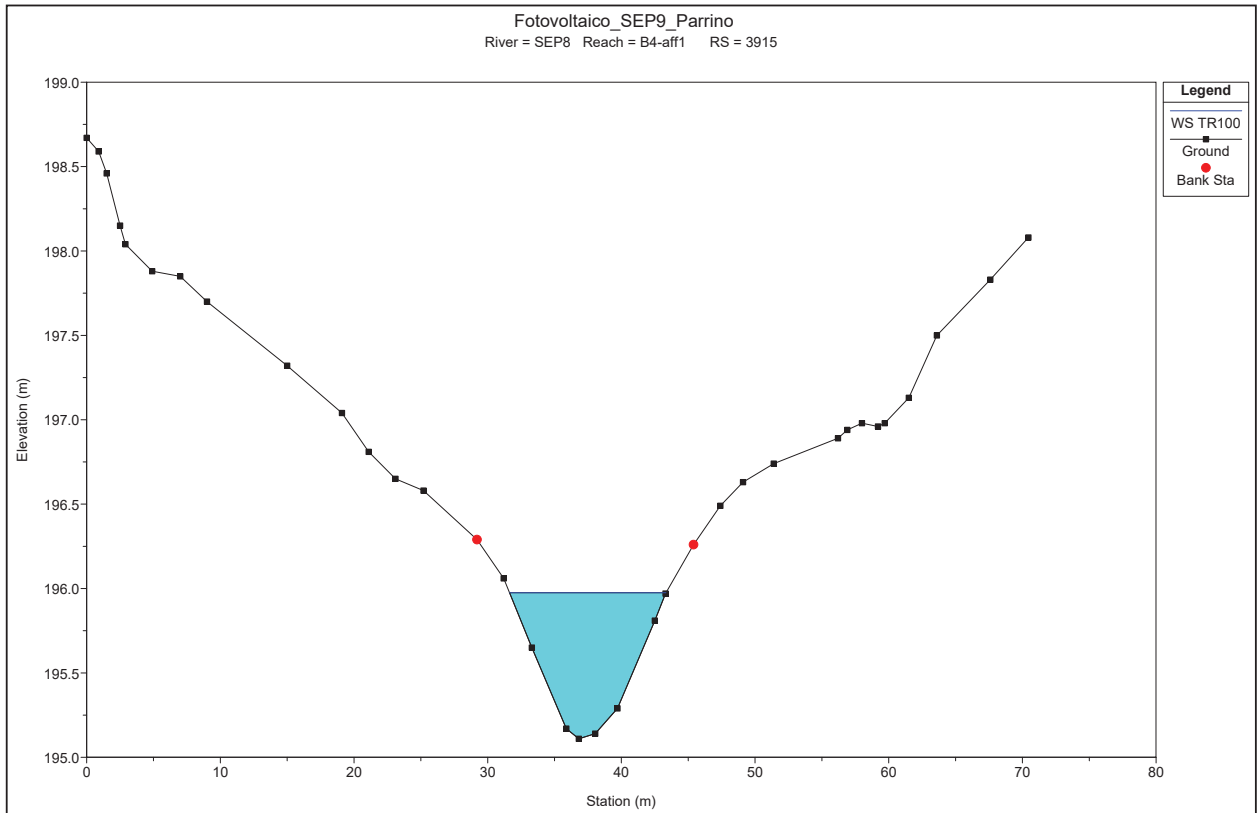


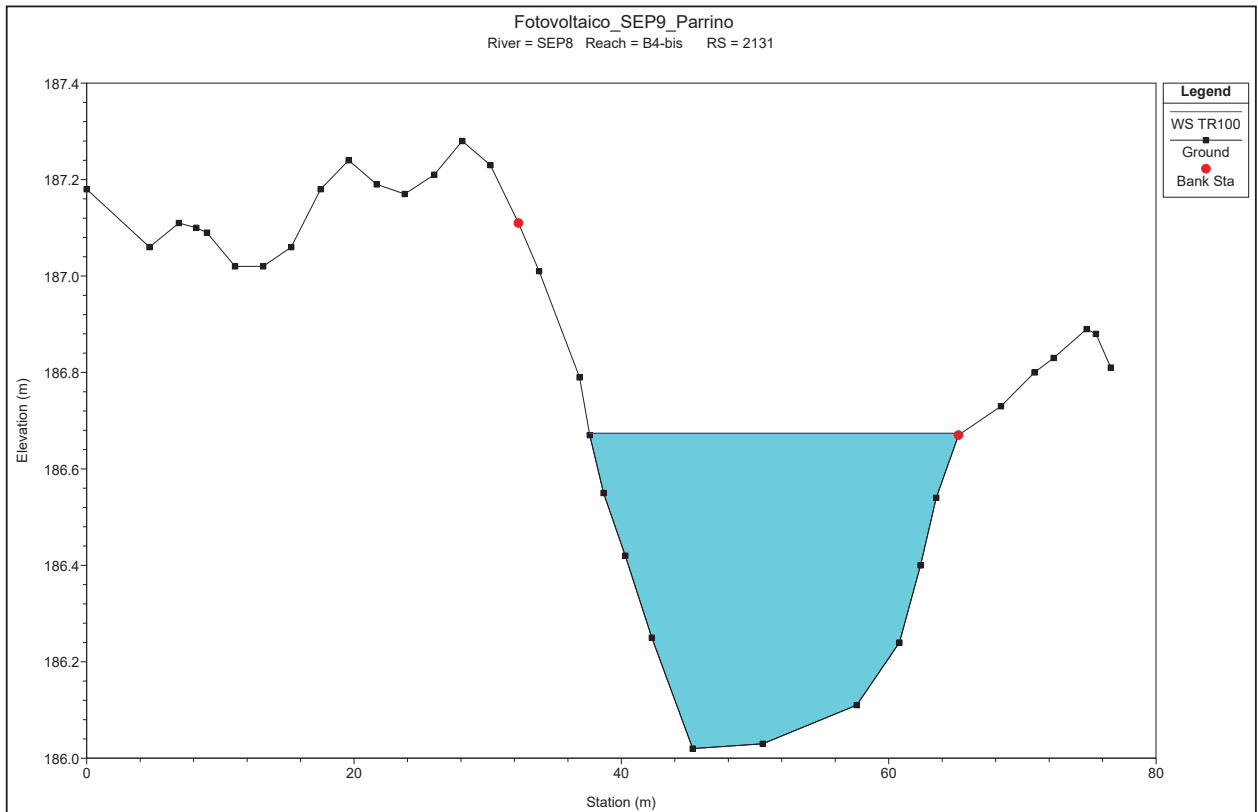
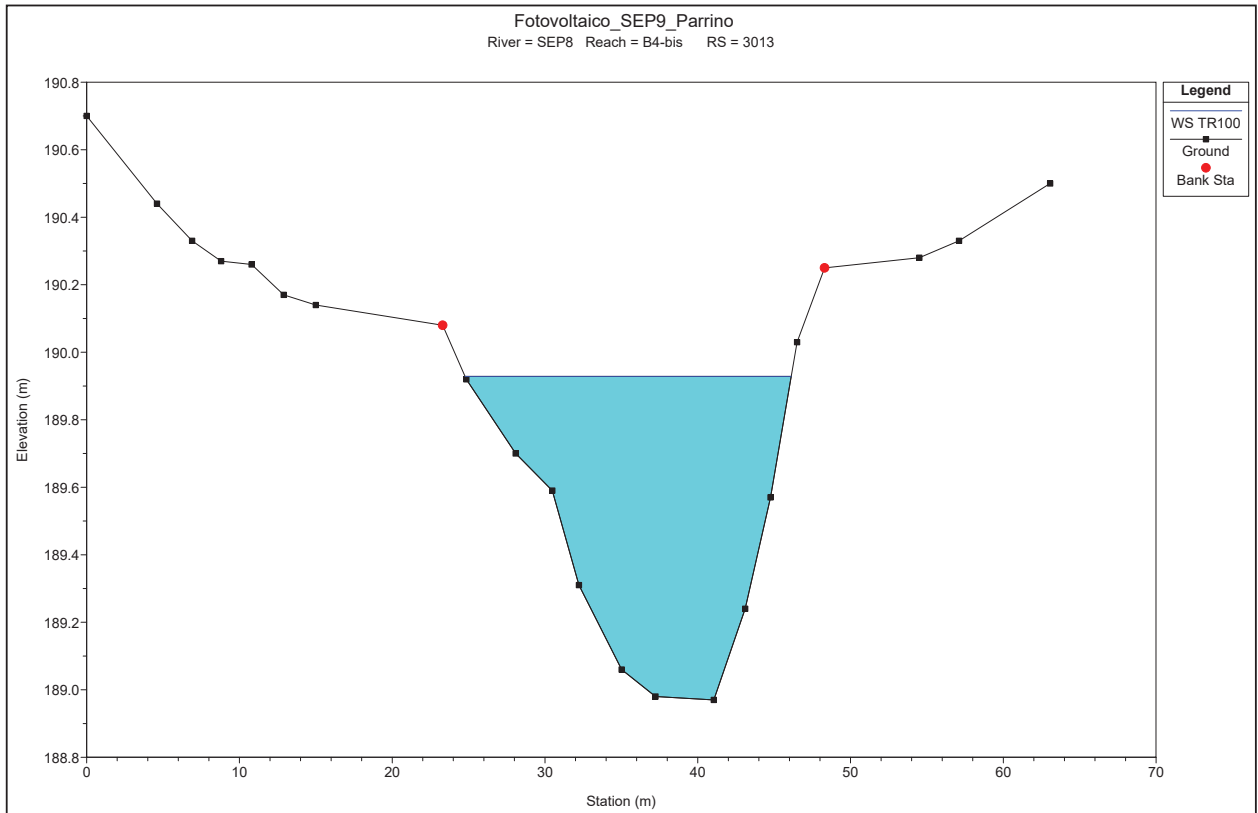




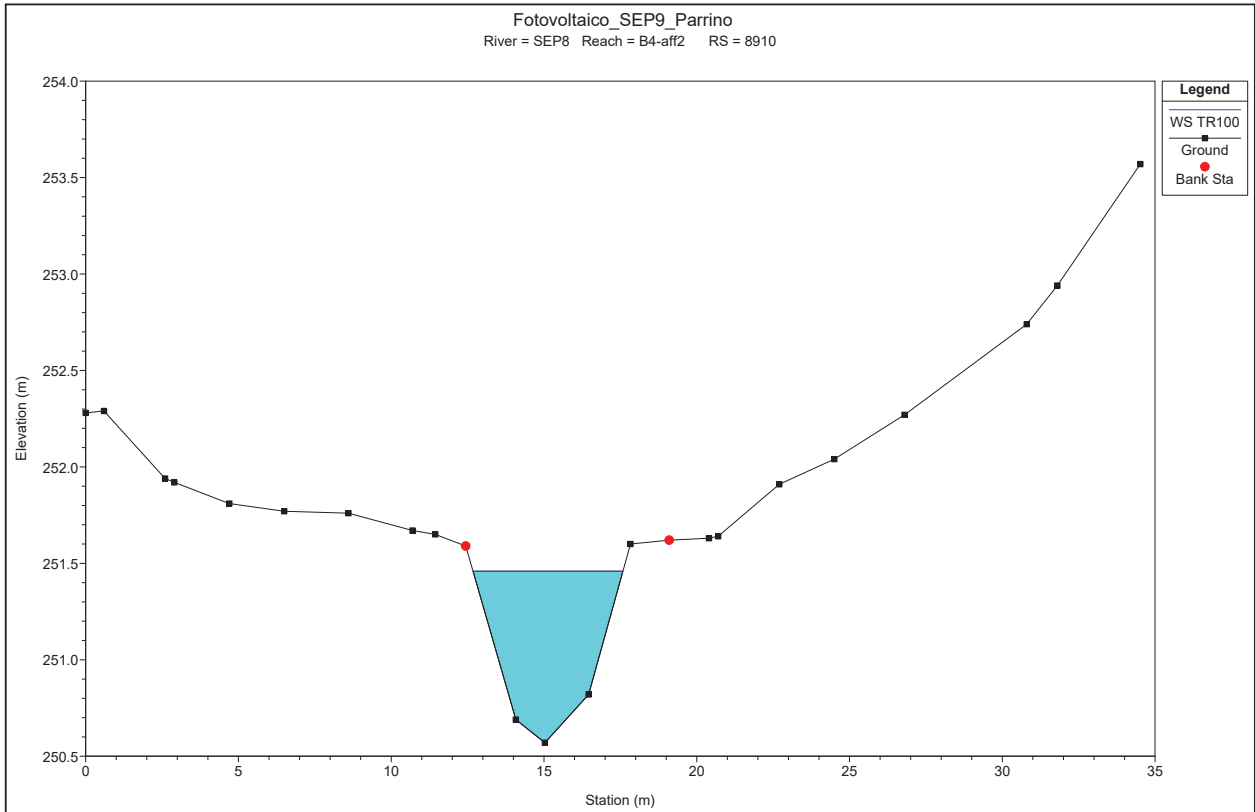
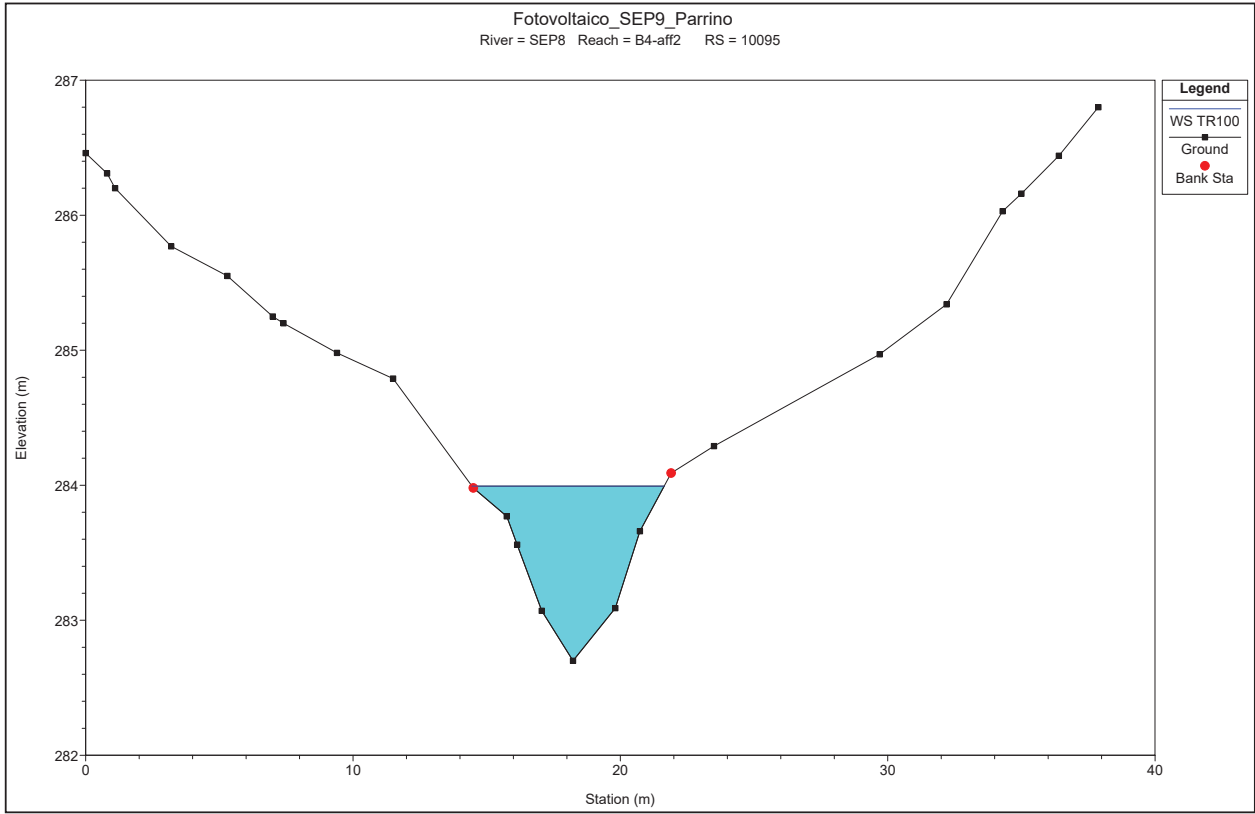


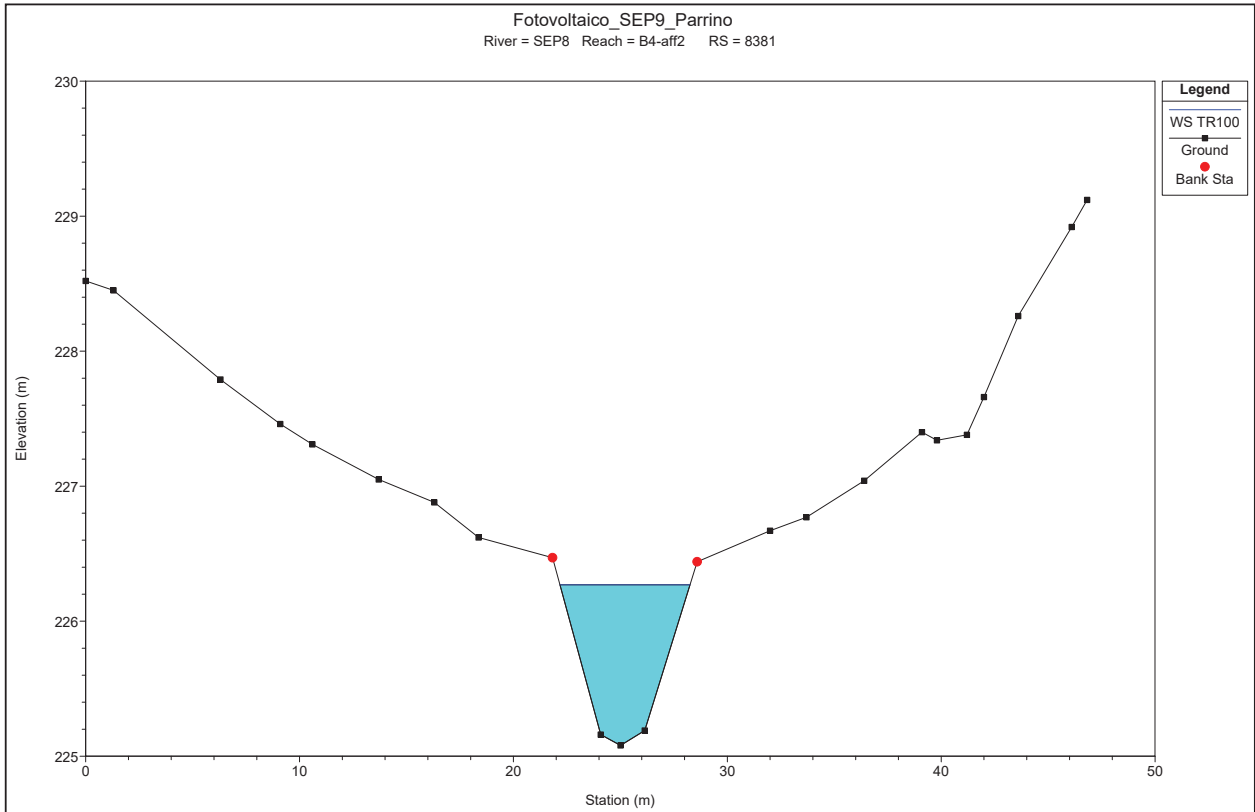
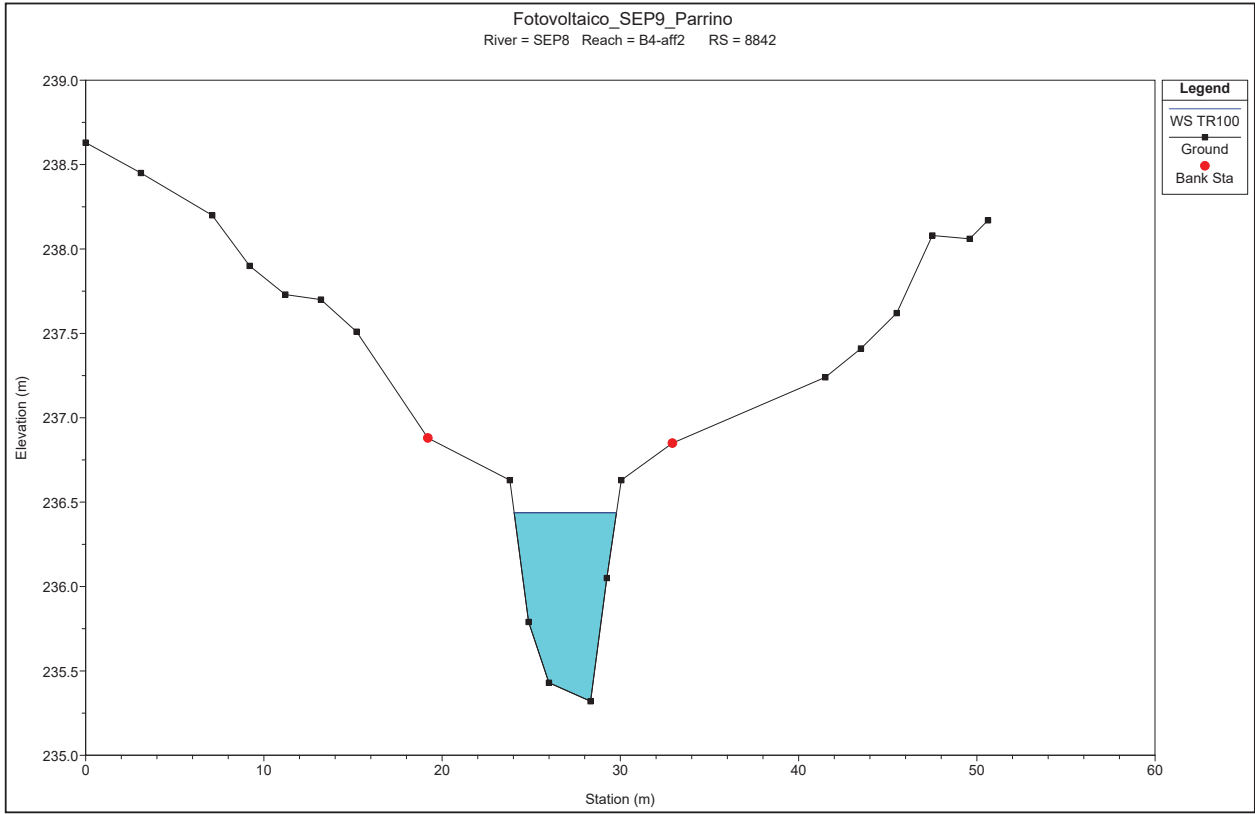


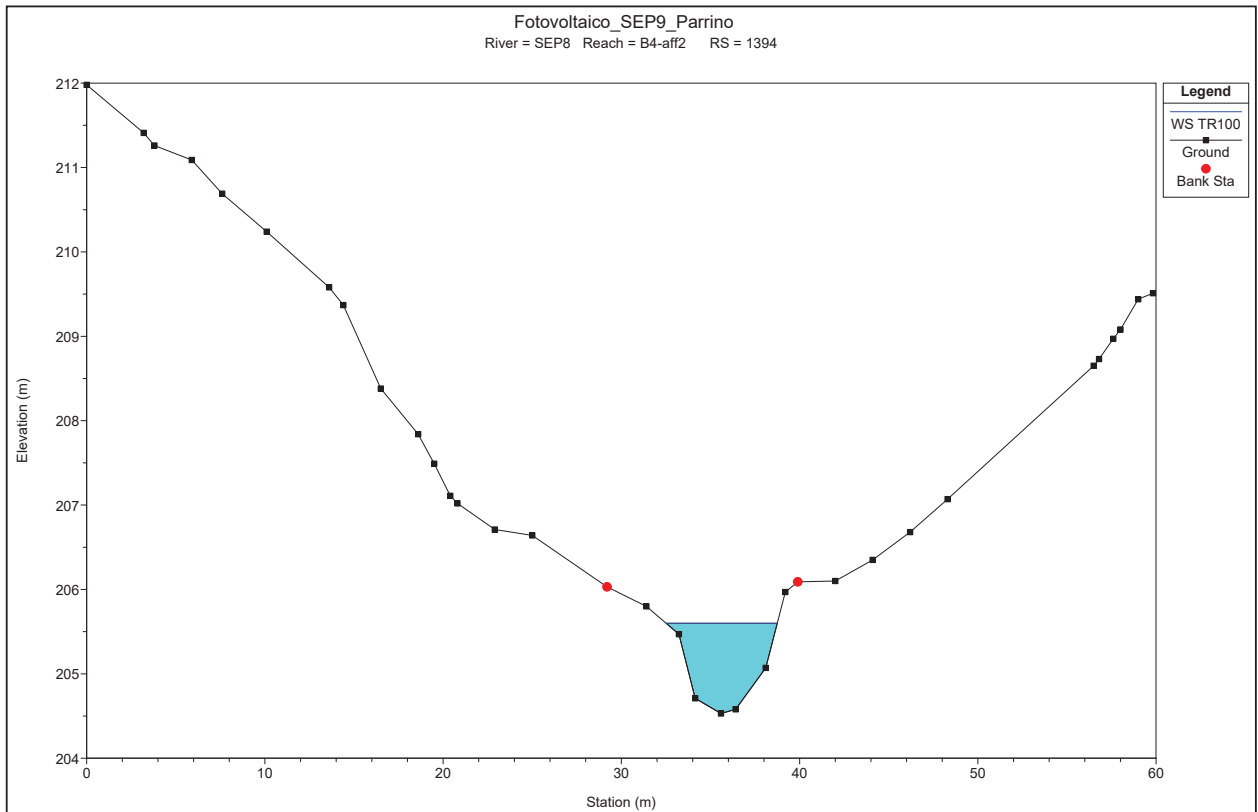
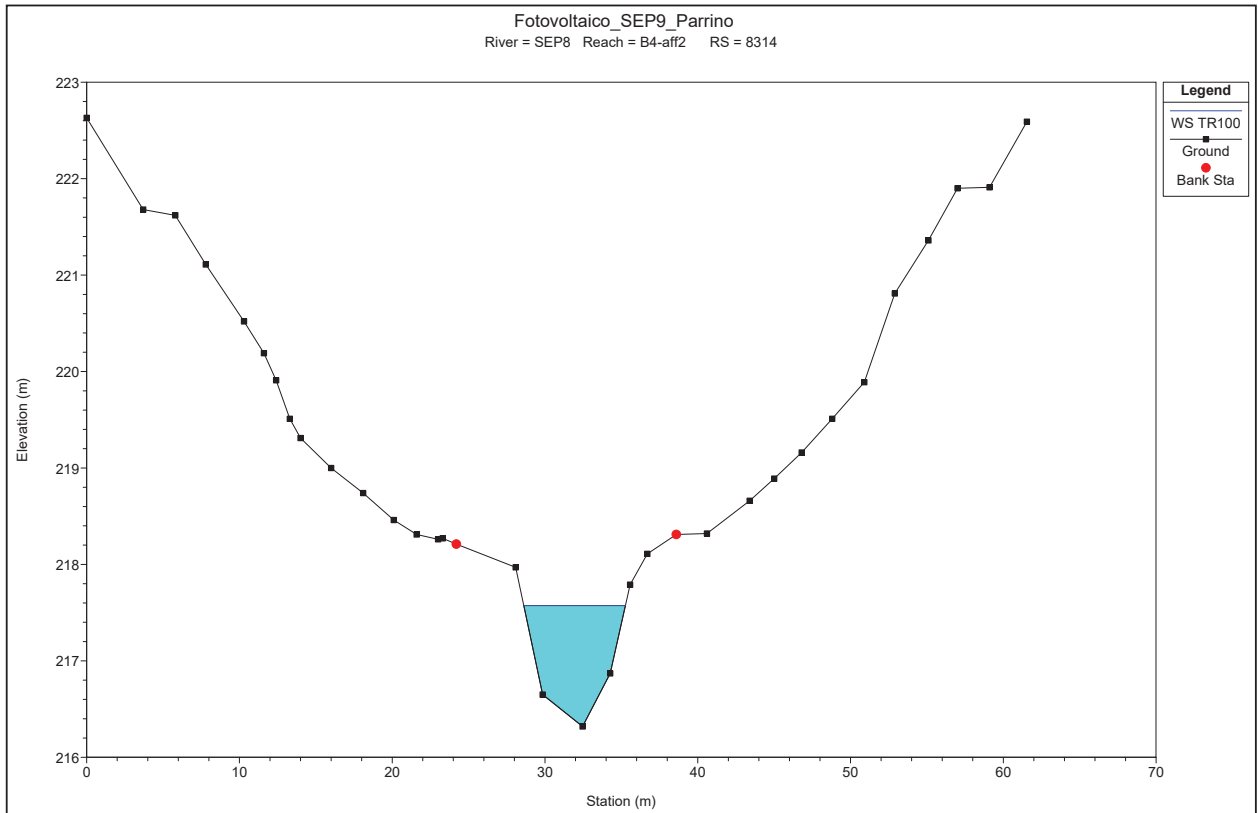


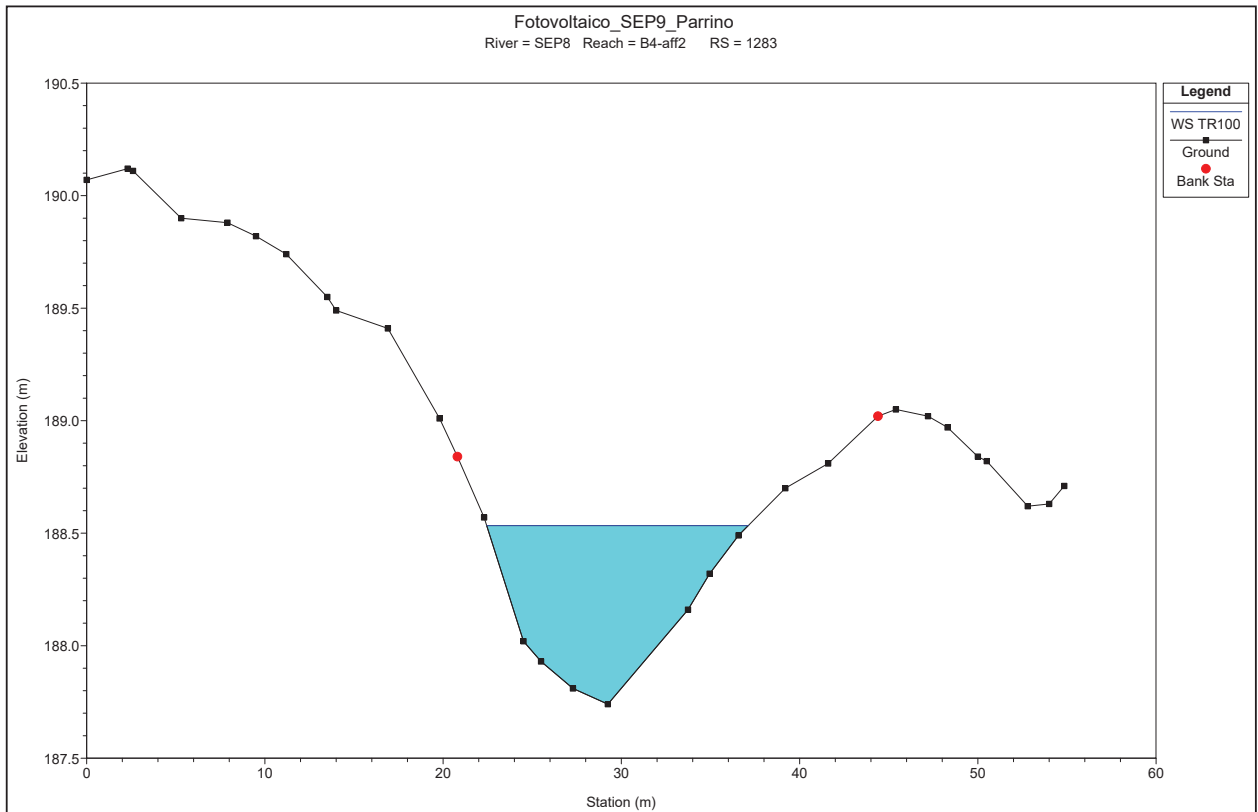
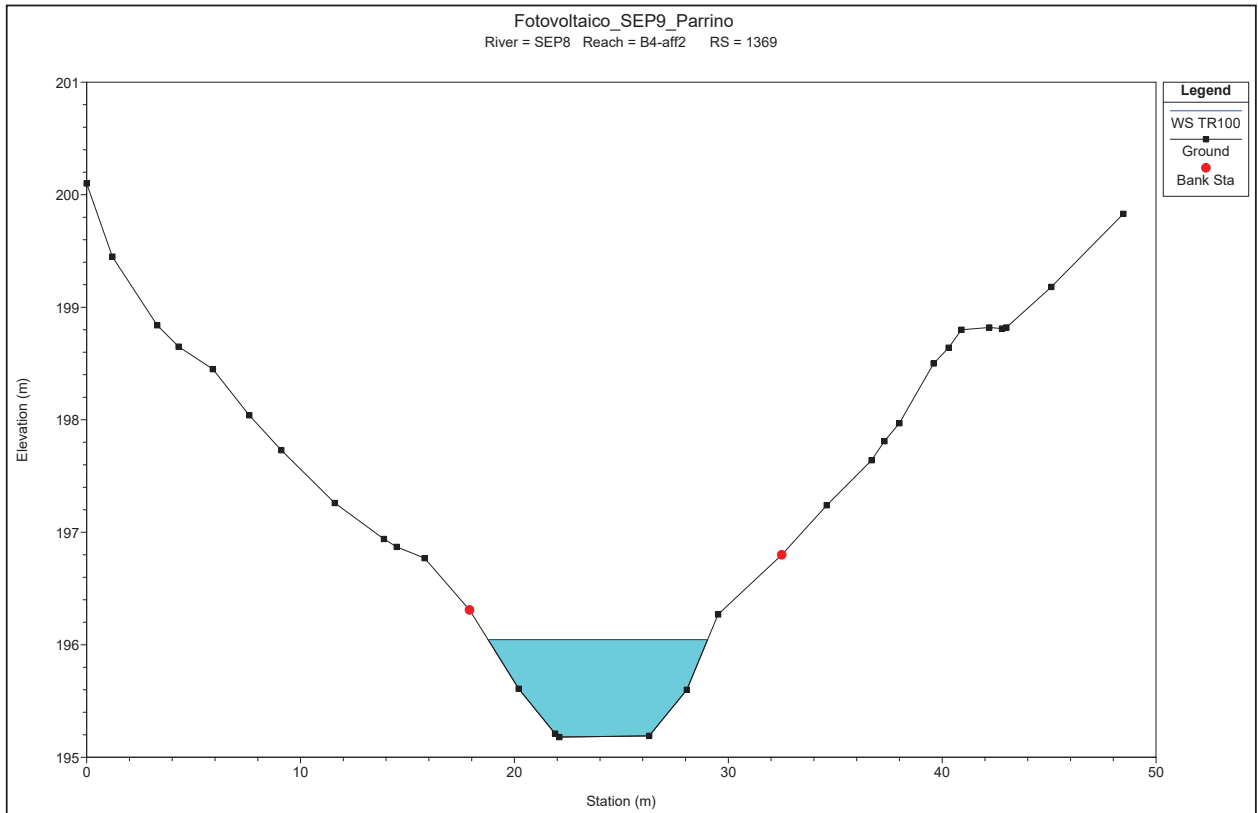












Fotovoltaico\_SEP9\_Parrino  
River = SEP8 Reach = B4-fin RS = 824

