

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMA INVESTIMENTI AREA SUD

PROGETTAZIONE:



S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA SUD

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA

ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE - POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M

IDROLOGIA E IDRAULICA

ELABORATI GENERALI

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A B H 0 0 F 7 8 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G.Festa	Settembre 2022	D. De Rosa	Ottobre 2022		Ottobre 2022	F. Accornero 28 Ottobre 2022
								ITALENERGIA SpA Gruppo Ferrovie dello Stato Energia S.O. Progettazione Integrata e Field Engineering Dott. Ing. Francesco Sacchi Ordine degli Ingegneri SpA di Roma n. 2832/2022

File: IABH00F78RIID0001001A.doc

n. Elab.:

Indice

1	PREMESSA	7
1.1	ELENCO ELABORATI ANNESSI	9
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	10
2.1	NTC 2018 – NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI	10
2.2	MANUALE DI PROGETTAZIONE RFI	11
3	INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI	12
3.1	GALLERIA PIETRACOLPA – PK 112+744.65	13
3.2	GALLERIA PIETRACOLPA – PK 110+854.89	14
3.3	GALLERIA APPENNINO – PK 103+551.38	17
3.4	GALLERIA APPENNINO – PK 100+231.35	19
3.5	GALLERIA MONTE QUATTROCCHI – PK 98+251.33	21
3.6	GALLERIA MONTE QUATTROCCHI – PK 96+424.09	23
4	METODOLOGIA DI VERIFICA DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE	25
4.1	DOMINIO DI ANALISI	25
4.2	PORTATE DI PROGETTO	25
4.3	DEFINIZIONE DELLE SCABREZZE – STIMA DEL COEFFICIENTE “N” DI MANNING	26
4.4	CONDIZIONI AL CONTORNO	27
4.5	SCENARI DI SIMULAZIONE	27
4.6	MODELLI MONODIMENSIONALI IN REGIME DI MOTO UNIFORME – HY8	28
4.7	MODELLI MONODIMENSIONALI IN REGIME DI MOTO PERMANENTE – HEC-RAS	31
5	GALLERIA PIETRACOLPA – PK 112+744.65	36
5.1	VERIFICA ANTE OPERAM	36
5.2	VERIFICA POST OPERAM	39
6	GALLERIA PIETRACOLPA - PK 110+854.89	42
6.1	VERIFICA ANTE OPERAM	42
6.2	VERIFICA POST OPERAM	47
7	GALLERIA APPENNINO - PK 103+551.38	53



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
 SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
 POTENZA
 ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
 APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
 MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	3 di 76
7.1 VERIFICA ANTE OPERAM						53
7.2 VERIFICA POST OPERAM						55
8 GALLERIA APPENNINO - PK 100+231.35.....						57
8.1 VERIFICA ANTE E POST OPERAM.....						57
9 GALLERIA MONTE QUATTROCCHI - PK 98+251.33						61
9.1 VERIFICA ANTE E POST OPERAM.....						61
10 GALLERIA MONTE QUATTROCCHI PK 96+424.09.....						66
10.1 VERIFICA ANTE E POST OPERAM.....						66
11 VERIFICA DELLE OPERE MINORI						70
11.1 GALLERIA CARDINALE KM 62+066.82						70
11.2 GALLERIA CARDINALE KM 60+545.50						72
12 SISTEMAZIONI IDRAULICHE DI PROGETTO.....						74
13 COMPATIBILITÀ IDRAULICA						75
14 ALLEGATO A – SEZIONI DEL MODELLO HEC RAS						76

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	4 di 76

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1 – Inquadramento generale	7
Figura 3-1 – Inquadramento territoriale degli interventi in progetto (in rosso)	12
Figura 3-2 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Pietracolpa km 112+744.65.....	13
Figura 3-3 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Pietracolpa km 112+744.65.....	14
Figura 3-4 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Pietracolpa km 110+854.89.....	15
Figura 3-5 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Pietracolpa km 110+854.89.....	16
Figura 3-6 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Appennino km 103+551.38.....	17
Figura 3-7 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Appennino km 103+551.38.....	18
Figura 3-8 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Appennino km 100+231.35.....	19
Figura 3-9 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Appennino km 100+231.35.....	20
Figura 3-10 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Monte Quattrocchi km 98+251.33.....	21
Figura 3-11 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Monte Quattrocchi km 98+251.33.....	22
Figura 3-12 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Monte Quattrocchi km 96+424.09.....	23
Figura 3-13 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Monte Quattrocchi km 96+424.09.....	24
Figura 4-1 - Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso	29
Figura 4-2 - Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino	29
Figura 4-3 - Variabili di riferimento per l'equazione di conservazione dell'energia	31
Figura 4-4 – Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua	33
Figura 4-5 – Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.....	34
Figura 5-1 – Planimetria Ante Operam - Galleria Pietracolpa km 112+744.65.....	36
Figura 5-2 – Planimetria Post Operam - Galleria Pietracolpa km 112+744.65.....	39
Figura 6-1 – Planimetria Ante Operam - Galleria Pietracolpa km 110+854.89.....	42
Figura 6-2 – Planimetria Post Operam - Galleria Pietracolpa km 110+854.89.....	47
Figura 7-1 – Planimetria Ante Operam - Galleria Appennino km 103+551.38.....	53
Figura 7-2 – Planimetria Post Operam - Galleria Appennino km 103+551.38.....	55
Figura 8-1 – Planimetria Post Operam - Galleria Appennino km 100+231.35.....	57
Figura 9-1 – Planimetria Post Operam - Galleria Monte Quattrocchi km 98+251.33.....	61
Figura 10-1 – Planimetria Post Operam - Galleria Monte Quattrocchi km 96+424.09.....	66
Figura 11-1 – estratto planimetria di drenaggio viabilità NV20.....	70
Figura 11-2 – estratto planimetria di drenaggio viabilità NV19.....	72



Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	5 di 76

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4-1 - Portate al colmo di piena per gli interventi di progetto	25
Tabella 4-2 - Valori coefficienti di Manning [s/m ^{1/3}] – (CHOW V. T.,1959).....	26
Tabella 5-1 – Risultati ante operam – pk 112+744.65. Tr 200 anni	37
Tabella 5-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 112+744.65. Tr 200 anni.....	37
Tabella 5-3 – Risultati post operam – pk 112+744.65. Tr 200 anni	40
Tabella 5-4 – Risultati della verifica idraulica– pk 122+744.65. Tr 200 anni.....	41
Tabella 6-1 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni	44
Tabella 6-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni.....	44
Tabella 6-3 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni	45
Tabella 6-4 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni.....	45
Tabella 6-5 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni	46
Tabella 6-6 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni.....	46
Tabella 6-7 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni	49
Tabella 6-8 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni.....	49
Tabella 6-9 – Risultati post operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni	50
Tabella 6-10 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni.....	50
Tabella 6-11 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni	51
Tabella 6-12 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni.....	52
Tabella 7-1 – Risultati ante operam – pk 103+551.38. Tr 200 anni	54
Tabella 7-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 103+551.38. Tr 200 anni.....	54
Tabella 7-3 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell’opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D ₀ : tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall’opera; Inlet depth: tirante in entrata all’opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall’opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell’opera.....	56
Tabella 8-1 – Risultati ante e post operam – pk 100+231.35. Tr 200 anni	58
Tabella 8-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 100+231.35. Tr 200 anni.....	59
Tabella 8-3 – Risultati ante e post operam – pk 100+231.35. Tr 200 anni	59
Tabella 8-4 - Risultati della verifica idraulica– pk 100+231.35. Tr 200 anni.....	60
Tabella 9-1 – Risultati ante e post operam – pk 98+251.33. Tr 200 anni	63
Tabella 9-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 98+251.33. Tr 200 anni.....	63



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
 SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
 POTENZA
 ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
 APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
 MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	6 di 76

Tabella 9-3 – Risultati ante e post operam – pk 98+251.33. Tr 200 anni	64
Tabella 9-4 - Risultati della verifica idraulica– pk 98+251.33. Tr 200 anni.....	64
Tabella 10-1 – Risultati ante e post operam – pk 96+424.09. Tr 200 anni	67
Tabella 10-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 96+424.09. Tr 200 anni.....	68
Tabella 10-3 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell’opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D ₀ : tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall’opera; Inlet depth: tirante in entrata all’opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall’opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell’opera.....	68
Tabella 11-1 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell’opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D ₀ : tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall’opera; Inlet depth: tirante in entrata all’opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall’opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell’opera.....	71
Tabella 11-2 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell’opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea balu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D ₀ : tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall’opera; Inlet depth: tirante in entrata all’opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall’opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell’opera.....	73

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA					
ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M						
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	7 di 76

1 PREMESSA

La presente relazione ha come obiettivo la verifica di compatibilità idraulica degli interventi collocati in prossimità dei corsi d'acqua e incisioni lungo l'asse ferroviario Foggia Potenza.

Come è possibile osservare dall'immagine che segue, gli interventi di interesse ricadono nel territorio della Regione Basilicata (Galleria Pietracolpa, Galleria Appennino, Galleria Monte Quattrocchi, Galleria Cardinale). Nel dettaglio, i primi risultano collocati in prossimità della città di Potenza e San Nicola di Avigliano, mentre i secondi sono dislocati nell'interno della città di Melfi.



Figura 1-1 – Inquadramento generale

Come meglio indicato all'interno degli elaborati dedicati, le viabilità e i piazzali di progetto ricadono all'esterno delle fasce di pericolosità e rischio idrogeologico individuate dal PAI e PGRA dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale (Ex Autorità di Bacino di Puglia e Basilicata).

Il Piano di Assetto Idrogeologico e le Norme Tecniche di Attuazione, relative alla Regione Basilicata, evidenzia che (NTA 2015 – ART. 4 quater – comma 2):

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	8 di 76

“I progetti di opere e/o interventi che interessano corsi d’acqua e/o aree limitrofe, non ancora oggetto di studio da parte dell’AdB, dovranno comprendere, obbligatoriamente, uno studio idrologico e idraulico che consideri una portata di piena avente periodo di ritorno pari a 200 anni. Il livello di approfondimento e dettaglio degli studi dovrà essere adeguato alle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico esistenti sull’area ed alla tipologia ed importanza delle opere da realizzare”.

Il successivo Art.10 (Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali) ribadisce ancora che:

“Per il rilascio del parere definitivo è necessario presentare all’AdB gli elaborati di livello definitivo di interesse per le valutazioni di compatibilità con il PAI, comprendenti un adeguato studio idrologico e idraulico comprovante che le opere proposte non aggravano le condizioni di rischio idraulico presenti sull’area. Laddove necessario la documentazione progettuale dovrà comprendere elaborati relativi agli interventi di difesa delle opere da realizzare ed evidenziare la compatibilità degli stessi”.

Per quanto concerne il Piano di Assetto Idrogeologico e le Norme Tecniche di Attuazione, relative alla Regione Puglia, si evidenzia che (NTA 2005 – ART 6 – comma 8 e ART. 10 – comma 3):

“Quando il reticolo idrografico e l’alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall’asse del corso d’acqua, non inferiore a 75 m”

“Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all’area golenale, come individuata all’art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m”.

In funzione di quanto all’Art. 6 – comma e all’Art.10 – comma 3, sono state analizzate tutte le aste idrauliche limitrofe agli interventi in progetto anche ricadenti in territorio di competenza dell’autorità di bacino della regione Basilicata, al fine di verificare la compatibilità idraulica dell’intervento e la sicurezza idraulica delle opere in progetto.

I capitoli che seguono riportano:

1. il riepilogo dei risultati già rappresentati all’interno della Relazione Idrologica per i siti oggetto d’interesse;
2. la metodologia adottata per la verifica delle condizioni di compatibilità idraulica degli interventi in ottemperanza alle indicazioni presenti all’interno del Piano di Assetto Idrogeologico, ovvero delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e relativi aggiornamenti (Circolare n.7 gennaio 2019);
3. le verifiche di compatibilità idraulica.

Tutte le analisi esposte sono realizzate in riferimento a modellazioni monodimensionali in regime di moto permanente realizzate a mezzo di software Open Source Hec Ras.

1.1 Elenco elaborati annessi

INTERFERENZE IDRAULICHE	
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	IABH00F78RIID0002001A
GALLERIA PIETRACOLPA KM 112+744.65	
Planimetria e profilo ante operam	IABH00F78PZID0002001A
Sezioni ante operam	IABH00F78W9ID0002001A
Planimetria e profilo post operam sistemazione idraulica	IABH00F78PZID0002002A
Sezioni post operam sistemazione idraulica	IABH00F78W9ID0002002A
GALLERIA PIETRACOLPA KM 110+854.89	
Planimetria e profilo ante operam	IABH00F78PZID0002003A
Sezioni ante operam	IABH00F78W9ID0002003A
Planimetria e profilo post operam sistemazione idraulica	IABH00F78PZID0002004A
Sezioni post operam sistemazione idraulica	IABH00F78W9ID0002004A
GALLERIA APPENNINO KM 103+551.38	
Planimetria e profilo ante operam	IABH00F78PZID0002005A
Sezioni ante operam	IABH00F78W9ID0002005A
Planimetria e profilo post operam sistemazione idraulica	IABH00F78PZID0002006A
Sezioni post operam sistemazione idraulica	IABH00F78W9ID0002006A
GALLERIA APPENNINO KM 100+231.35	
Planimetria ante e post operam	IABH00F78PZID0002007A
Profilo ante e post operam	IABH00F78FZID0002001A
Sezioni ante e post operam	IABH00F78W9ID0002007A
GALLERIA MONTE QUATTROCCHI KM 98+251.33	
Planimetria e profilo ante e post operam	IABH00F78PZID0002008A
Sezioni ante e post operam	IABH00F78W9ID0002008A
GALLERIA MONTE QUATTROCCHI KM 96+424.09	
Planimetria e profilo ante e post operam	IABH00F78PZID0002009A
Sezioni ante e post operam	IABH00F78W9ID0002009A

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	10 di 76

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli interventi in progetto sono stati analizzati con riferimento alle seguenti normative e regolamenti vigenti:

- Regio Decreto del 08/05/1904, n. 368;
- Regio Decreto del 25/07/1904, n. 523;
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Basilicata – 2015;
- Legge n. 183/1989, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- D. Lgs. n. 152/2006 "Norma in materia ambientale";
- D. Lgs. n. 49/2010 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni";
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (Il ciclo di pianificazione) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA);
- Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico – Misure di salvaguardia, aggiornamento 2019;
- Norme di Attuazione - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, aggiornamento 2015 – Regione Basilicata (P.A.I.);
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Puglia – 2005;
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 e Circolare Esplicativa (DM Infrastrutture 17 Gennaio 2018, Circolare 21 Gennaio 2019, n.7/ C.S.LL.PP.);
- Manuale di Progettazione delle Opere Ferroviarie (RFI DTC SI CS MA IFS 001 D).

2.1 NTC 2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

L'intervento in progetto rientra nell'ambito delle norme di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle costruzioni" e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

L'Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) e la Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, contengono le istruzioni per la progettazione dei ponti ferroviari e stradali interessanti da corsi d'acqua naturali o artificiali, con particolare riferimento ai tempi di ritorno e ai franchi idraulici da adottare per le verifiche di compatibilità idraulica.

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA					
ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M						
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	11 di 76

In particolare, al § 5.1.2.3 delle NTC 2018 “Compatibilità idraulica” si prescrive il tempo di ritorno da utilizzarsi per le verifiche idrauliche dei ponti stradali e ferroviari:

(...) Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$).

La Circolare esplicativa precisa altresì quanto segue:

(...) Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.

- *nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m.*

2.2 Manuale di progettazione RFI

Il Manuale di Progettazione delle opere ferroviarie descrive al Cap. 3.7 le modalità ed i contenuti degli studi idrologici ed idraulici finalizzati all'esame dell'interazione tra il reticolo idrografico superficiale e la linea ferroviaria, nonché ai sistemi drenaggio e smaltimento delle acque interagenti con le opere in progetto.

Il Manuale di prescrive l'utilizzo dei seguenti tempi di ritorno T_r :

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

- *linea ferroviaria $T_r=200$ anni;*
- *deviazioni stradali $T_r=200$ anni.*

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento secondarie il manuale prevede quanto segue:

“Le tipologie ammesse sono:

- *tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5 m;*
- *tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2 m;*

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata massima di piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale”.

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA					
ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M						
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	12 di 76

3 INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI

Il presente capitolo illustra i territori all'interno dei quali si sviluppano gli interventi progettuali, in ragione delle incisioni e/o corsi d'acqua naturali esistenti, ovvero delle sistemazioni che s'intende adottare per garantire continuità idraulica e la compensazione dalle eventuali condizioni di rischio. I territori comunali interessati dal tracciato sono quelli di Potenza, Avigliano e Melfi.

Per la caratterizzazione idrologica del reticolo esistente d'interesse si rimanda alla Relazione Idrologica (IABH00F78RIID0001001A).

In Figura 3-1 è rappresentato l'inquadramento territoriale degli interventi in progetto; i simboli in rosso indicano gli imbocchi delle gallerie ferroviarie oggetto di studio.

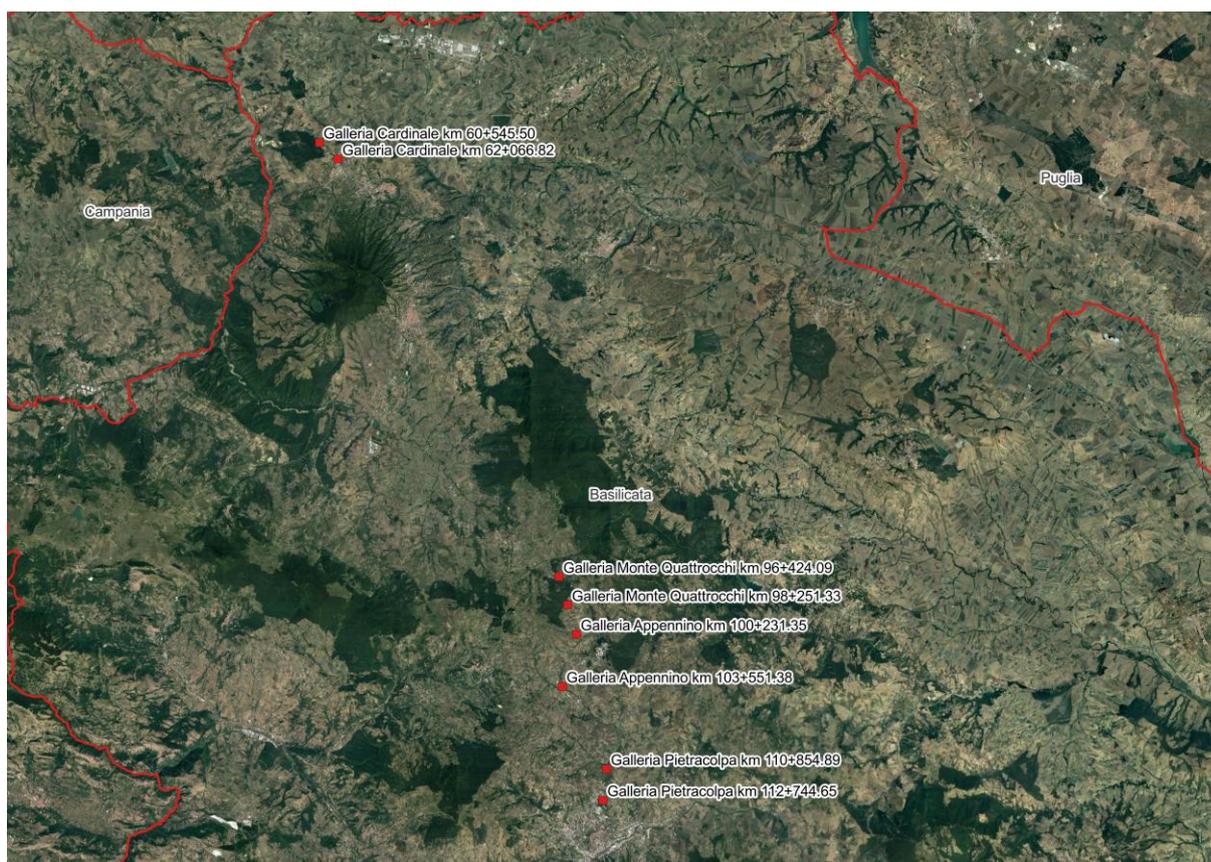


Figura 3-1 – Inquadramento territoriale degli interventi in progetto (in rosso)

Per quanto concerne le Gallerie Cardinale km 62+066.82 e km 60.545.50, si specifica che non essendo presenti interferenze idrauliche con le soluzioni in progetto, le stesse sono state studiate soltanto nell'ambito del drenaggio di piattaforma (IABH00F78RIID0002003A). Pertanto, nel presente documento, è stata valutata soltanto la compatibilità idraulica delle soluzioni progettuali con le normative vigenti.

3.1 Galleria Pietracolpa – pk 112+744.65

L'intervento in esame si sviluppa in prossimità dell'imbocco alla Galleria Pietracolpa (pk 112+744.65), all'interno del letto torrentizio di una locale incisione alimentata da un bacino a moderato livello di urbanizzazione.

Subito a valle dell'attraversamento ferroviario, all'asta idraulica 1, caratterizzata da un bacino drenato di 48 ha, si aggiungono i contributi relativi a una seconda asta locale che presenta un'impronta a terra di 10 ha.

Durante un sopralluogo sul territorio oggetto di intervento, effettuato in data 11/07/2022 da parte della scrivente, è emersa l'esistenza di un'ulteriore asta idraulica non censita dalle autorità competenti (linea rossa in Figura 3-2). Nell'ambito del drenaggio di piattaforma stradale, è stata proposta, per tale asta, una deviazione planimetrica verso l'incisione di valle, al fine di non interferire con la viabilità in progetto.

In fase di modellazione idraulica si è optato per simulare il solo incremento del valore di portata, trascurando di fatto il comportamento idraulico della porzione indicata di reticolo.

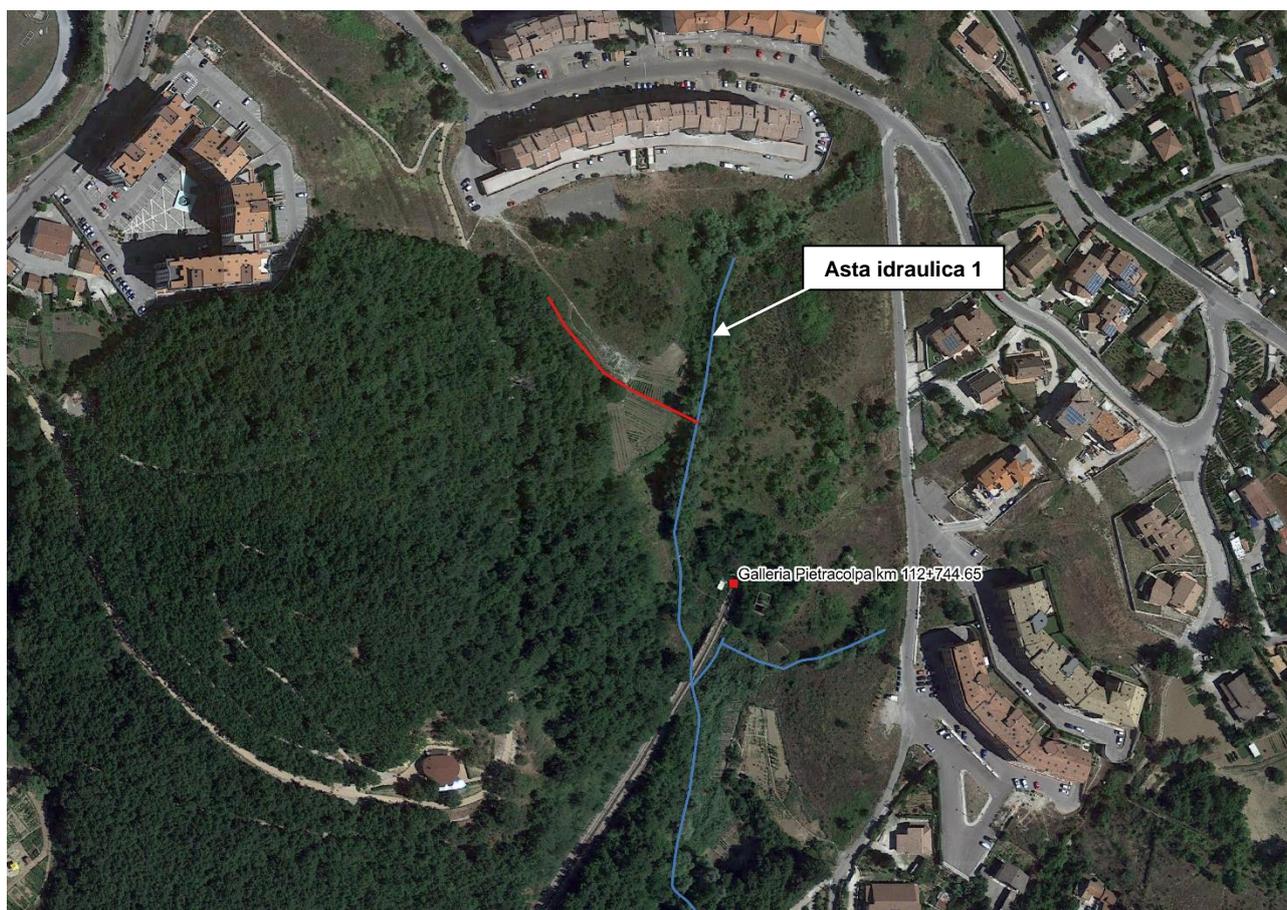


Figura 3-2 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Pietracolpa km 112+744.65.

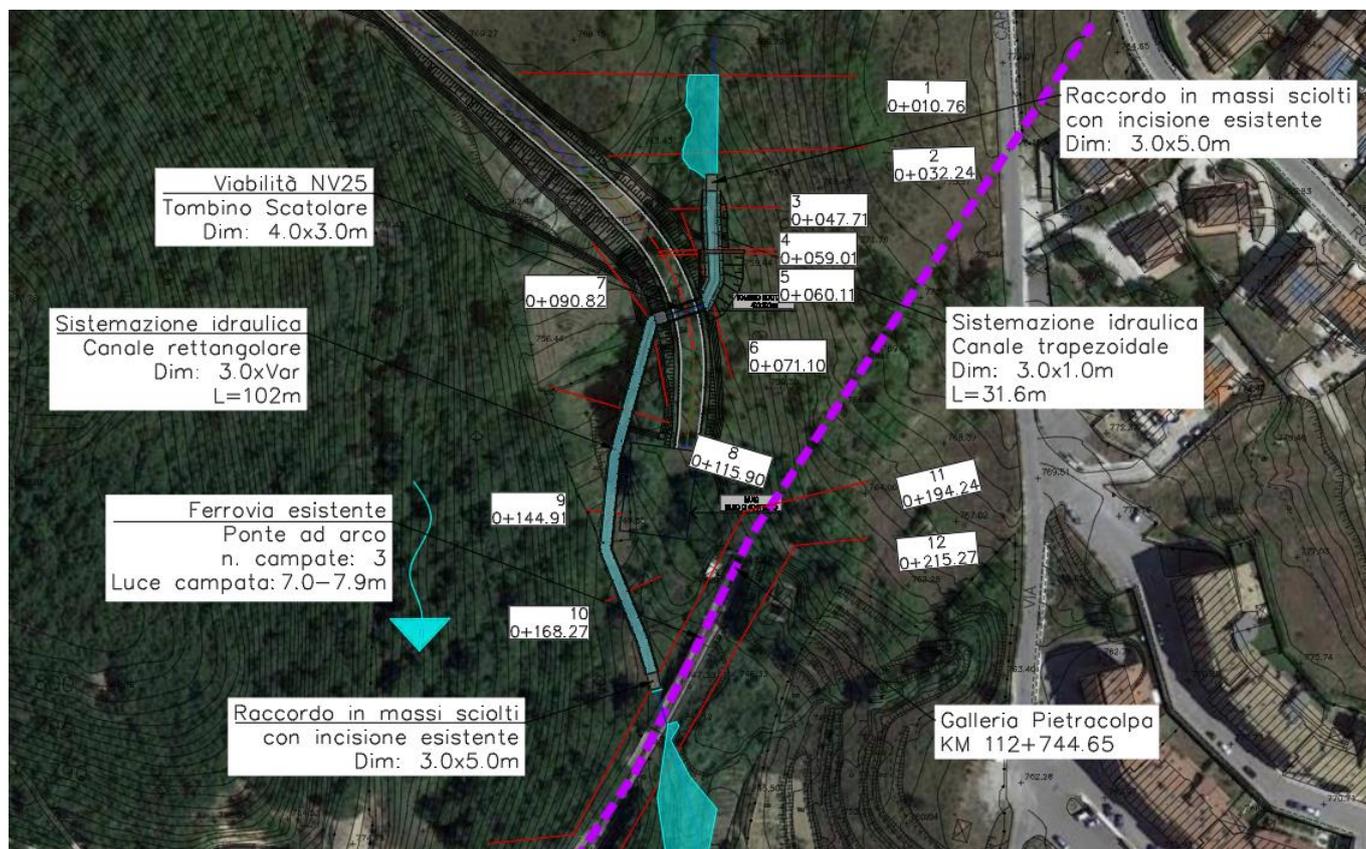


Figura 3-3 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Pietracolpa km 112+744.65.

Lo studio idrologico e idraulico effettuato ha avuto come obiettivo la modellazione in condizioni di moto permanente dell'asta idraulica 1 interferente con l'intervento in progetto e per la quale alla traccia cartografata dal PGRA corrisponde un effettivo impluvio in esito alle analisi dei rilievi.

Ante Operam:

- Asta idraulica 1: incisione interferente con la viabilità in progetto (NV25), che attraversa la ferrovia esistente mediante un ponte a tre archi con campate pari a circa 7 m e altezza variabile.

Post Operam:

- Asta idraulica 1: incisione lungo la quale è stata prevista la sistemazione idraulica e il tombino di progetto (Tombino scatolare 4.0m x 3.0m) sotto la viabilità in progetto (NV25).

3.2 Galleria Pietracolpa – pk 110+854.89

L'intervento in esame si sviluppa all'imbocco della Galleria Pietracolpa (pk 110+854.89), in prossimità di un affluente maggiore del Torrente Tiera e di due incisioni idrauliche minori.

I tre corsi d'acqua sono stati modellati simultaneamente in condizioni di moto permanente.

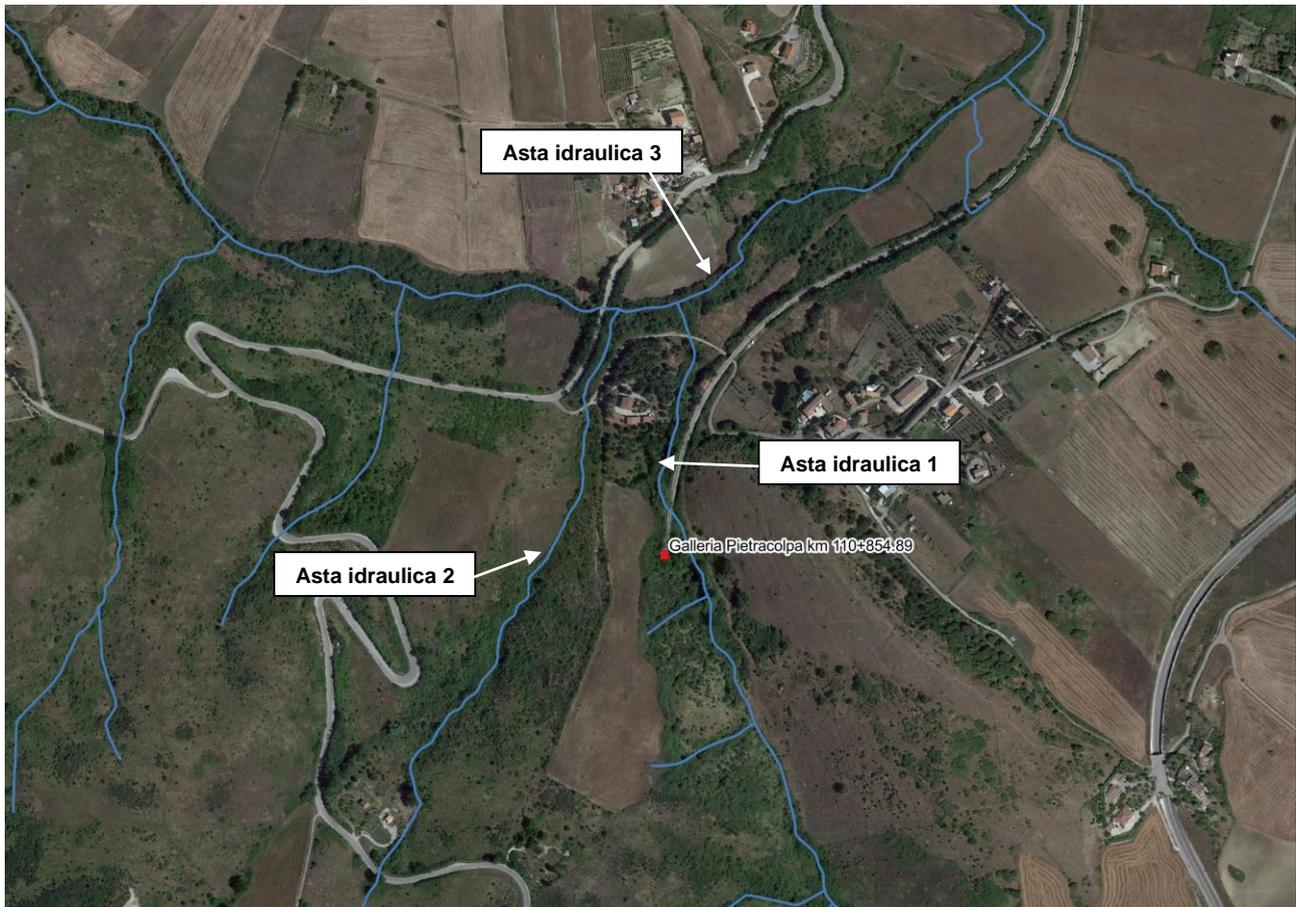


Figura 3-4 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Pietracolpa km 110+854.89.

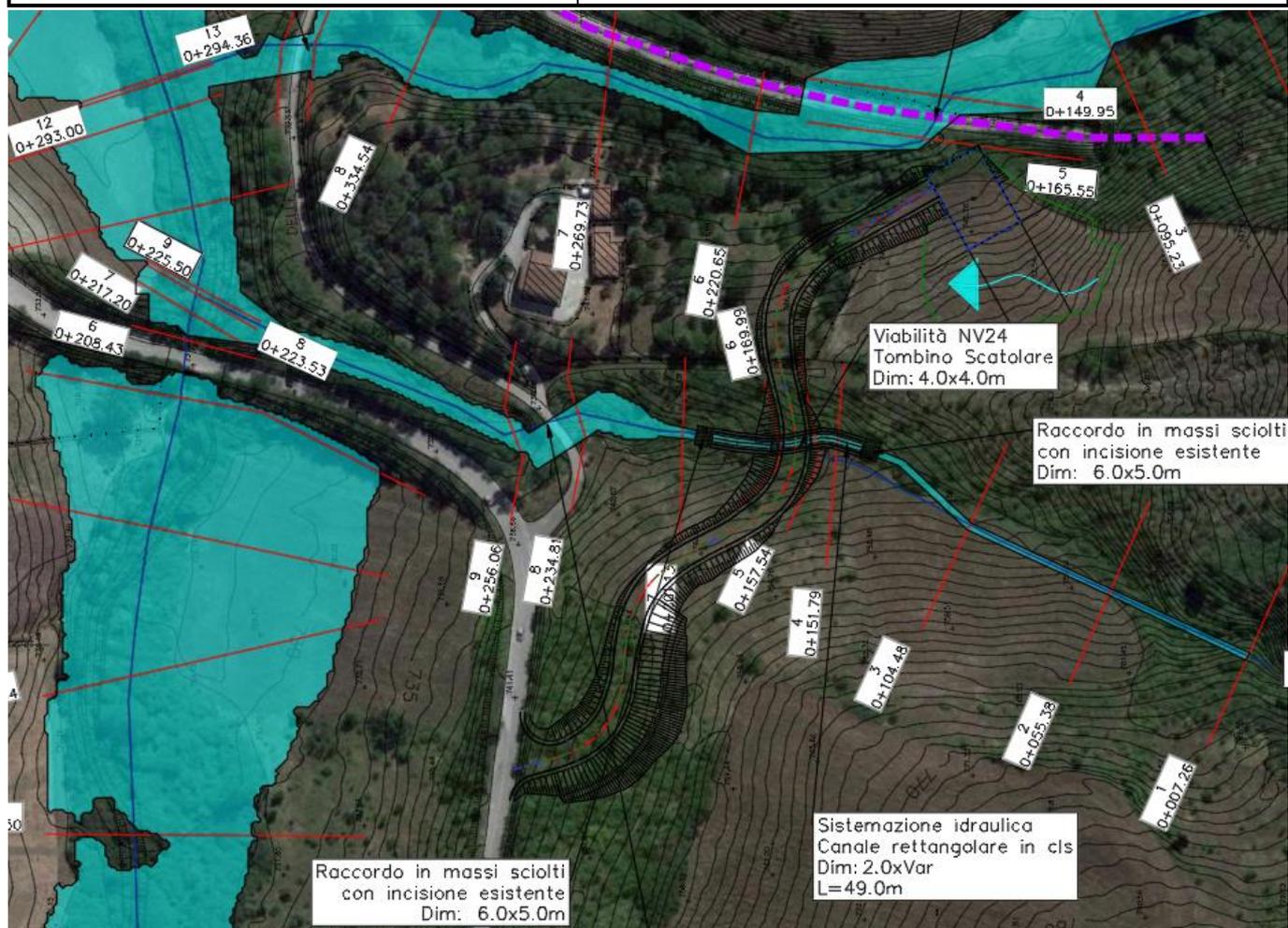


Figura 3-5 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Pietracolpa km 110+854.89.

Lo studio idrologico e idraulico effettuato ha avuto come obiettivo la modellazione in condizioni di moto permanente delle tre aste idrauliche, di cui la n. 2 interferente con l'intervento in progetto e per le quali alla traccia cartografata dal PGRA corrisponde un effettivo impluvio in esito alle analisi dei rilievi.

Ante Operam:

- Asta idraulica 1: incisione parallela, per un breve tratto, alla viabilità in progetto (NV24). Nel tratto iniziale, attraversa la ferrovia esistente al km 110+801 mediante un tombino ad arco di dimensioni 3.27x1.85 m. Prima di confluire nell'asta idraulica 3, attraversa una viabilità esistente mediante un tombino scatolare 2.00x2.88 m.
- Asta idraulica 2: incisione interferente con la viabilità in progetto (NV24). Prima di confluire nell'asta idraulica 3, attraversa una viabilità esistente mediante un manufatto di cui non è stato possibile reperire alcuna informazione, a causa della folta vegetazione presente nell'area limitrofa. Pertanto, in via cautelativa, si è ritenuto opportuno procedere ipotizzando la presenza di

un'opera di attraversamento di modeste dimensioni (tombino circolare DN 500), al fine di indurre un fenomeno di rigurgito a monte dello stesso (area occupata dalla viabilità di progetto).

- Asta idraulica 3: incisione parallela alla viabilità in progetto (NV24). Il modello è stato realizzato tenendo conto dell'attraversamento stradale esistente, realizzato per mezzo di un tombino ad arco di dimensioni 8.0x5.3 m.

Post Operam:

- Asta idraulica 2: incisione lungo la quale è stata prevista la sistemazione idraulica e il tombino scatolare di progetto (4.0x4.0m) sotto la viabilità in progetto (NV24).

3.3 Galleria Appennino – pk 103+551.38

L'intervento in esame si sviluppa in prossimità dell'imbocco alla Galleria Appennino (pk 103+551.38), in prossimità del Torrente Tiera e di un'incisione idraulica minore in esso confluyente.



Figura 3-6 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Appennino km 103+551.38.

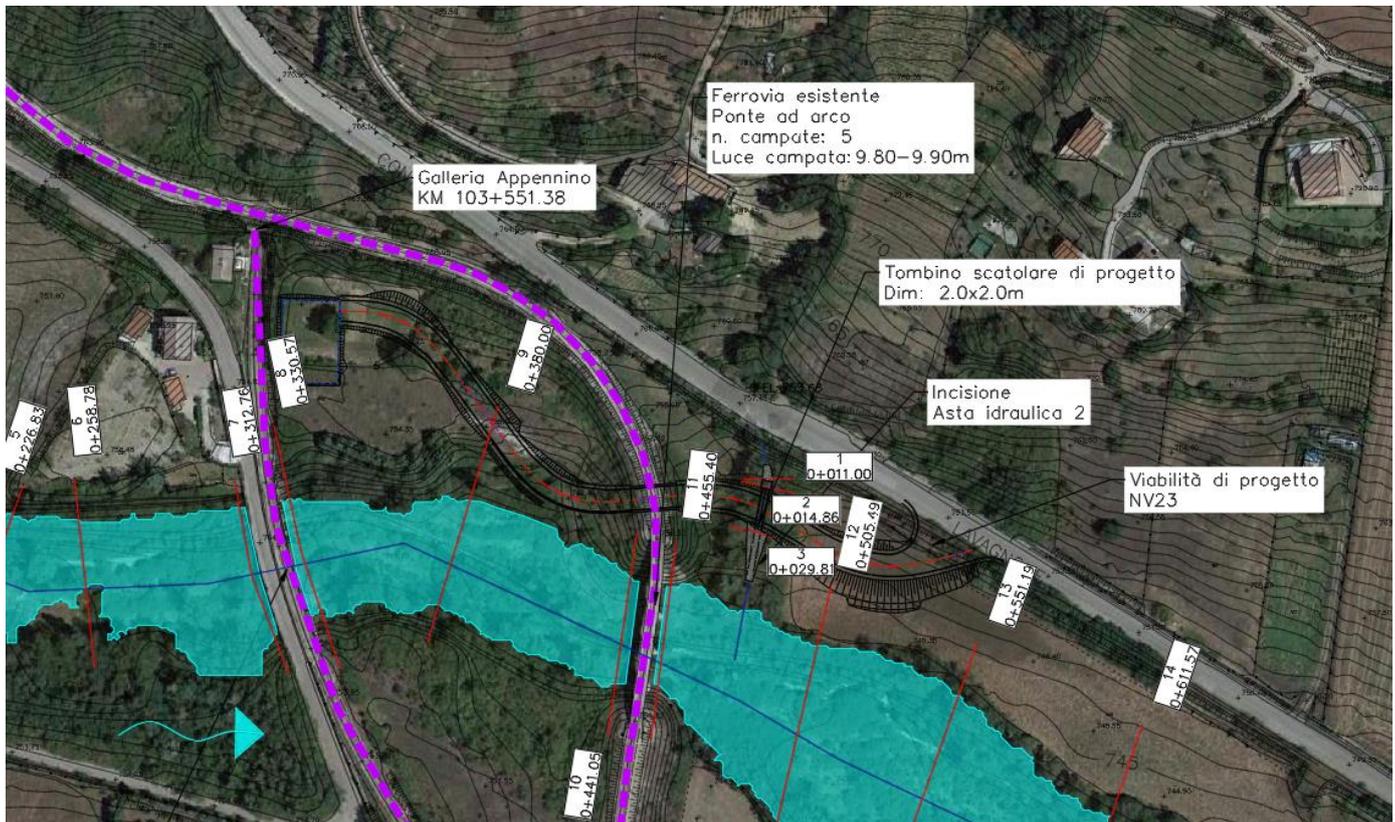


Figura 3-7 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Appennino km 103+551.38.

Lo studio idrologico e idraulico effettuato ha avuto come obiettivo la modellazione in condizioni di moto permanente del Torrente Tiera (asta idraulica 1), parallelo alla viabilità in progetto, e la modellazione in condizioni di moto uniforme del tombino di progetto previsto in corrispondenza della NV23 e localizzato lungo l'asta idraulica 2, assumendo come condizione al contorno di valle il livello della piena del tratto confluyente.

Ante Operam:

- Asta idraulica 1: incisione parallela alla viabilità in progetto (NV23). Dapprima, attraversa la viabilità e la ferrovia esistente mediante un ponte a tre archi con campate di dimensione variabile (10.07m-9.65m) e altezza variabile, per poi attraversare le Ferrovie Appulo Lucane (F.A.L.) mediante un ponte a cinque archi con campate di 9.80-9.90m e altezza variabile.
- Asta idraulica 2: incisione interferente con la viabilità in progetto (NV23) e confluyente nel Torrente Tiera (asta idraulica 1).

Post Operam:

- Asta idraulica 2: incisione lungo la quale è stata prevista la sistemazione idraulica e il tombino di progetto (tombino scatolare 2.0x2.0m) sotto la viabilità in progetto (NV23).

3.4 Galleria Appennino – pk 100+231.35

L'intervento in esame si sviluppa in prossimità dell'imbocco alla Galleria Appennino (pk 100+231.35), in prossimità di due incisioni minori. I corsi d'acqua sono stati modellati unitamente.



Figura 3-8 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Appennino km 100+231.35.

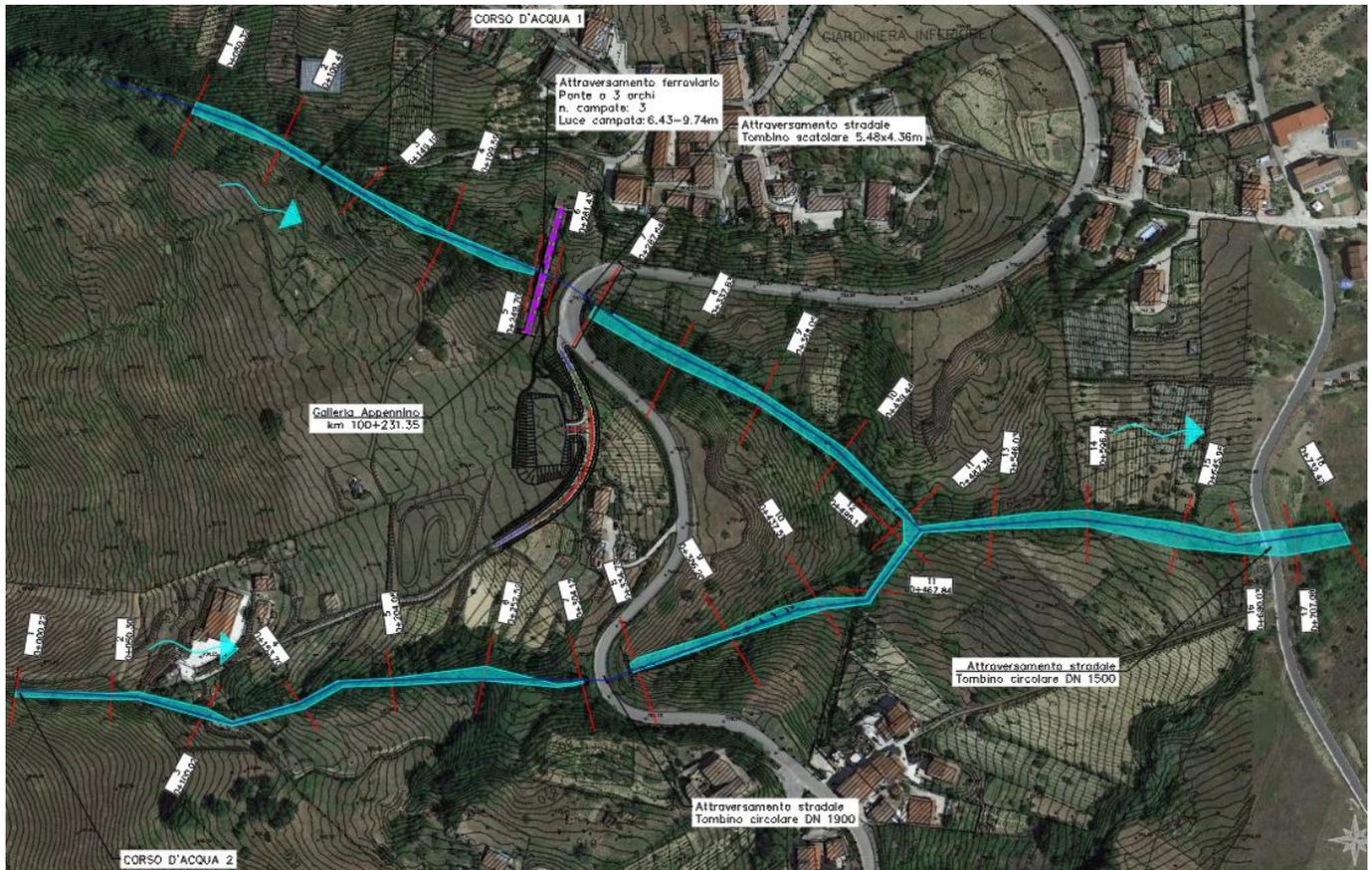


Figura 3-9 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Appennino km 100+231.35.

Lo studio idrologico e idraulico effettuato ha avuto come obiettivo la modellazione in condizioni di moto permanente di entrambe le aste idrauliche, le quali corrono parallelamente all'intervento in progetto e per cui alla traccia cartografata dal PGRA corrisponde un effettivo impluvio in esito alle analisi dei rilievi.

Ante Operam:

- Asta idraulica 1: incisione parallela alla viabilità in progetto (NV22). Dapprima, attraversa la ferrovia esistente al km 100+200 mediante un ponte a tre archi con campate di luce variabile (6.43-9.74m) e altezza variabile, per poi attraversare, immediatamente a valle, la S.S. 93 mediante un tombino scatolare 5.48x4.36 m.
- Asta idraulica 2: incisione parallela alla viabilità in progetto (NV22). Nel modello, si è tenuto conto dell'attraversamento idraulico della S.S. 93, realizzato per mezzo di un tombino circolare DN 1900. A valle della confluenza con l'asta idraulica 1, è stato portato in conto anche l'attraversamento stradale esistente, realizzato mediante un tombino circolare DN 1500.

Post Operam:

- Data l'assenza di interferenze con la viabilità in progetto, non è stata previsto alcun intervento.

3.5 Galleria Monte Quattrocchi – pk 98+251.33

L'intervento in esame si sviluppa in prossimità dell'imbocco alla Galleria Monte Quattrocchi (pk 98+251.33), in presenza di due locali incisioni. Entrambe le aste idrauliche sono state analizzate singolarmente, non presentando di fatto punti di confluenza.

Infatti, nell'ambito del sopralluogo effettuato in data 11/07/2022, è emerso che il percorso dell'asta idraulica 2 non è del tutto congruente con quello censito dall'Autorità di Bacino; nello specifico, a valle dell'attraversamento con la viabilità esistente S.S. 93 non è stata rilevata alcuna incisione nel terreno che attesti la confluenza nell'asta idraulica 1.

Pertanto, il modello idraulico dell'asta idraulica 2 è stato condotto fino al punto di intersezione con la S.S. 93, non avendo a disposizione informazioni sufficienti per estendere lo stesso fino al punto di confluenza con l'asta idraulica 1.

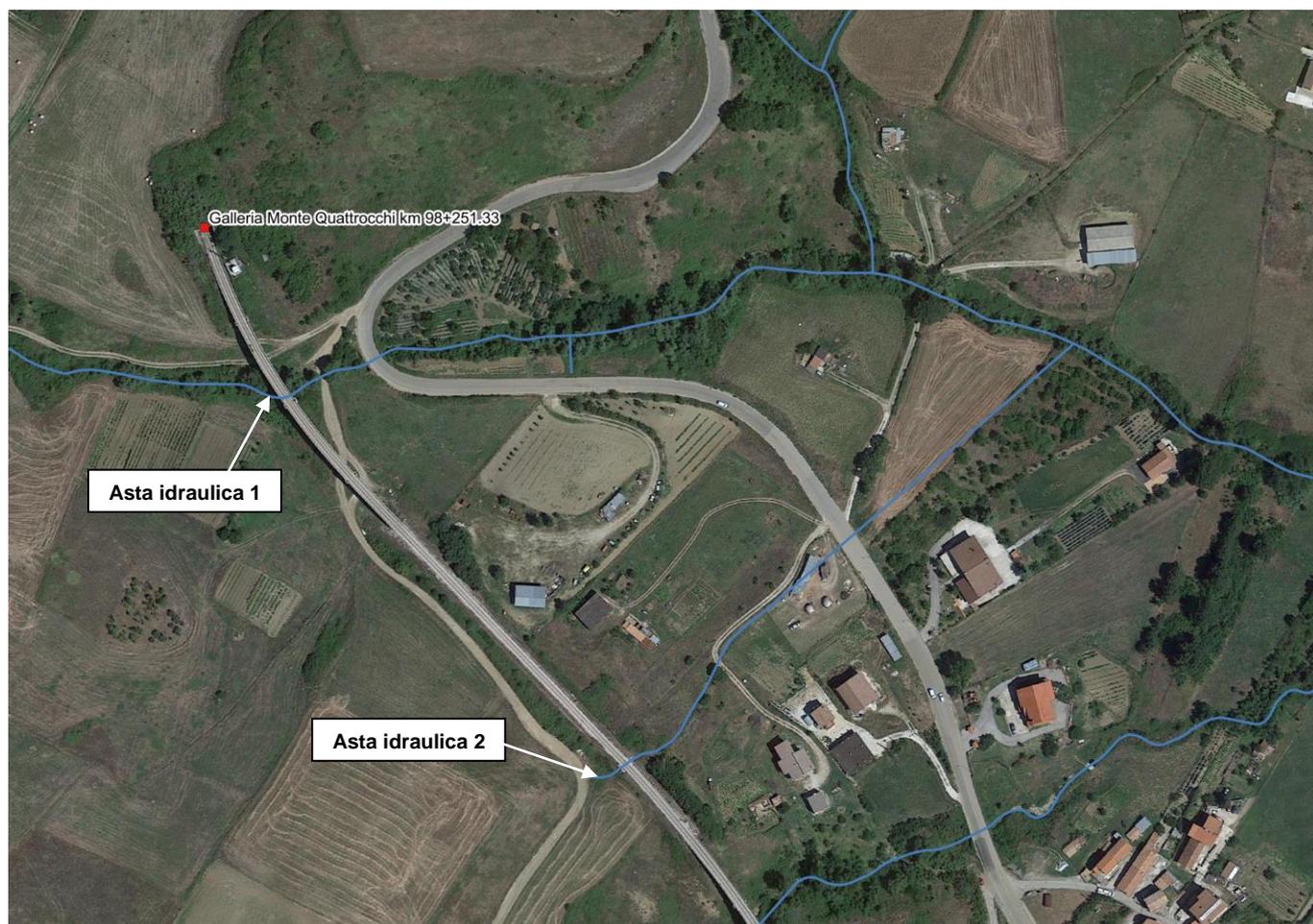


Figura 3-10 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Monte Quattrocchi km 98+251.33.

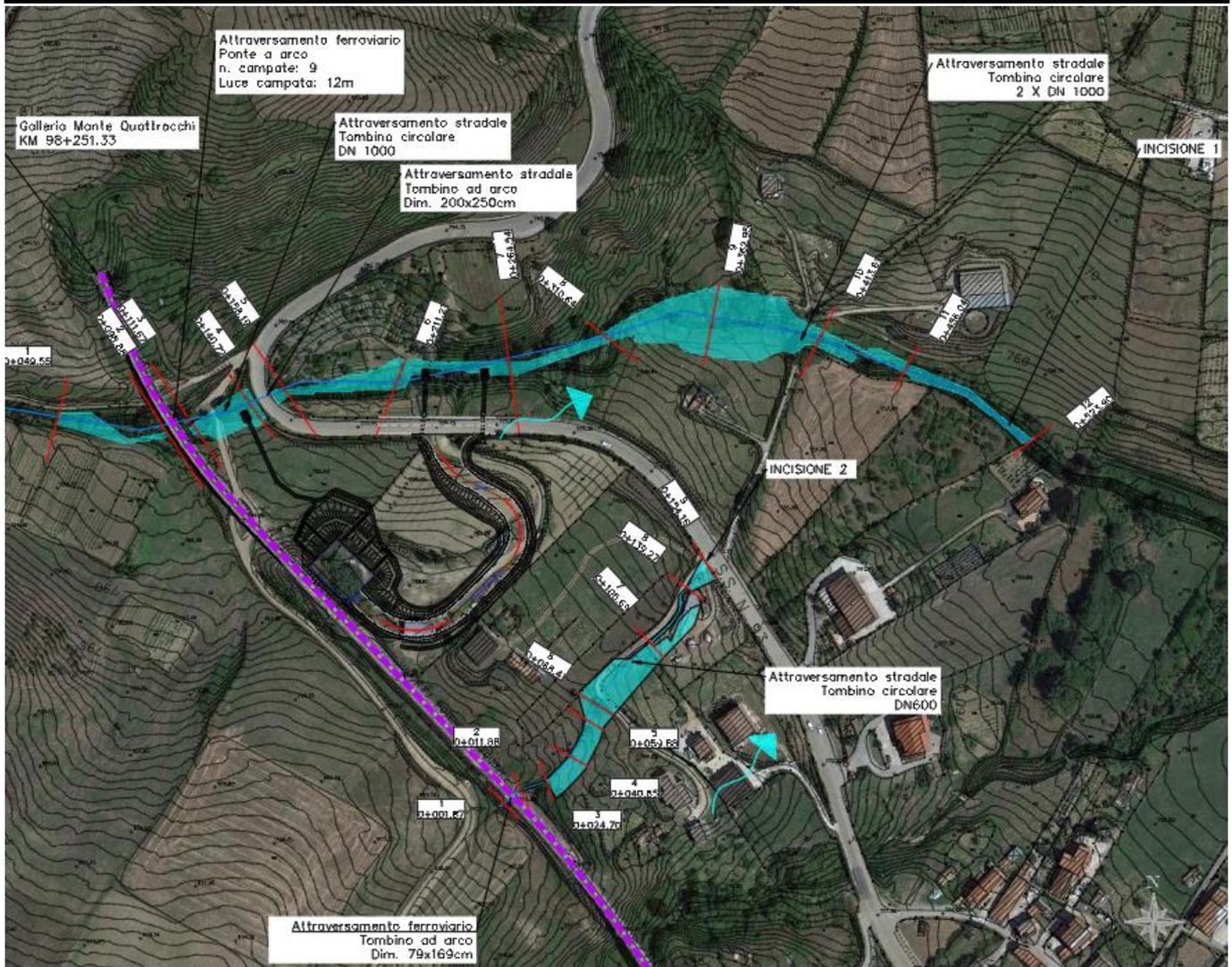


Figura 3-11 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Monte Quattrocchi km 98+251.33.

Lo studio idrologico e idraulico effettuato ha avuto come obiettivo la modellazione in condizioni di moto permanente di entrambe le aste idrauliche, le quali risultano parallele agli interventi in progetto.

Ante Operam:

- Asta idraulica 1: incisione parallela alla viabilità in progetto (NV21). Dapprima, attraversa la ferrovia esistente al km 98+340 mediante un ponte a nove archi con campate di 12 m e altezza variabile, per poi attraversare, immediatamente a valle una viabilità esistente mediante un tombino circolare DN 1000. A valle di quest'ultimo, il corso d'acqua attraversa la S.S. 93 mediante un tombino ad arco 2.00x2.55 m. Infine, nel modello è stato portato in conto anche l'attraversamento di una viabilità locale, realizzato per mezzo di un tombino doppia canna DN 1000.

- Asta idraulica 2: incisione parallela alla viabilità in progetto (NV21). Dapprima, attraversa la ferrovia esistente al km 98+563 mediante un tombino scatolare 0.79x1.69 m. Immediatamente a valle dell'attraversamento ferroviario, l'asta idraulica attraversa una viabilità locale per mezzo di un collettore circolare DN 600, che trova sbocco in un'area privata. Infine, le acque vengono recapitate sulla cunetta stradale della S.S. 93.

Post Operam:

- Data l'assenza di interferenze con la viabilità in progetto, non è stata previsto alcun intervento.

3.6 Galleria Monte Quattrocchi – pk 96+424.09

L'intervento in esame si sviluppa in prossimità dell'imbocco alla Galleria Monte Quattrocchi (pk 96+424.09), in presenza di una locale incisione minore.



Figura 3-12 – Inquadramento territoriale Ante Operam Galleria Monte Quattrocchi km 96+424.09.



Figura 3-13 – Inquadramento territoriale Post Operam Galleria Monte Quattrocchi km 96+424.09.

Lo studio idrologico e idraulico effettuato ha avuto come obiettivo la modellazione in condizioni di moto permanente dell'asta idraulica 1, la quale risulta parallela e non interferente con gli interventi in progetto.

Ante Operam:

- Asta idraulica 1: incisione parallela al piazzale in progetto (PT03). Il modello è stato realizzato a partire dal manufatto di attraversamento della viabilità esistente (tombino circolare DN 800), fino a valle dell'attraversamento con la S.S. 658, realizzato per mezzo di un tombino scatolare 3.0x1.8. Come condizione al contorno di monte, si è assunta la portata calcolata considerando un grado di riempimento superiore al 100% del collettore DN 800 ed una pendenza pari a quella della viabilità di monte (0.08 m/m).

Post Operam:

- Data l'assenza di interferenze con la viabilità in progetto, non è stata previsto alcun intervento.

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA IABH	LOTTO 00	CODIFICA F 78	DOCUMENTO RI ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 25 di 76

4 METODOLOGIA DI VERIFICA DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

4.1 Dominio di analisi

Il dominio di analisi delle aste simulate è stato ricostruito in riferimento ai dati topografici che seguono:

1. Rilievo celerimetrico Italferr 2014;
2. Rilievo celerimetrico Italferr 2022;
3. Sezioni di rilievo trasversali dei corsi d'acqua;
4. Prospetti delle opere di attraversamento esistenti;
5. Documentazione fotografica;
6. Rilievo Lidar 1x1m – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM);
7. Rilievo Lidar 5x5m – Regione Basilicata.

4.2 Portate di progetto

La tabella che segue riporta per ciascun intervento il valore di portata duecentennale determinato rispetto allo stato di fatto. Le portate utilizzate nei modelli sono state desunte dallo studio idrologico.

In accordo con il Manuale di Progettazione Ferroviario e le NTC 2018, sono stati considerati eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Nello studio idrologico, le portate di calcolo sono state ottenute mediante l'applicazione del metodo VA.PI e del metodo razionale, a partire da altezze di pioggia calcolate tramite i metodi VA.PI e Gumbel.

Tabella 4-1 - Portate al colmo di piena per gli interventi di progetto

Galleria - pk	Asta idraulica	Q ₂₀₀
		[mc/s]
Galleria Pietracolpa pk 112+744.65	1	9.33
	2	1.52
Galleria Pietracolpa pk 110+854.89	1	30.33
	2	3.98
	3	146.54
Galleria Appennino pk 103+551.38	1	132.03
	2	1.76
Galleria Appennino pk 100+231.35	1	7.83
	2	6.15
Galleria Monte Quattrocchi pk 98+251.33	1	19.54
	2	1.04
Galleria Monte Quattrocchi pk 96+424.09	1	9.48

Il piazzale ubicato alla progressiva 96+424.09, infine, risulta collocato subito a valle di un tombino circolare di modeste dimensioni (DN 800), insufficiente a permettere il convogliamento della portata indicata in tabella. Alle condizioni descritte, dunque, è possibile ipotizzare il manifestarsi di fenomeni di esondazione a monte dell'opera che limitino il passaggio della portata alla capacità idraulica del manufatto.

Le verifiche per l'intervento in esame sono state dunque realizzate in riferimento a una portata di 1.00 m³/s, calcolata assumendo il sormonto del collettore circolare DN 800, una pendenza pari a quelle della viabilità di monte (0.08 m/s) e scabrezza $n = 0.020$ (tubi usati in calcestruzzo).

4.3 Definizione delle scabrezze – Stima del coefficiente “n” di Manning

Per la definizione delle scabrezze si è fatto riferimento ai valori presenti in letteratura dei valori del coefficiente “n” di Manning per alveo naturali ed in funzione dello stato manutentivo riscontrato di quest'ultimi. Si sono presi in considerazione i valori della seguente tabella estratta da “CHOW V. T., 1959”.

Tabella 4-2 - Valori coefficienti di Manning [s/m^{1/3}] – (CHOW V. T., 1959)

Tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
CANALI IN TERRA NON RIVESTITI			
rettilinei, non vegetati, buona manutenzione	0.016	0.018	0.020
rettilinei, non vegetati, mediocre manutenzione	0.018	0.022	0.025
rettilinei, non vegetati, con ghiaia	0.022	0.025	0.030
rettilinei, poco inerbiti, rare alghe	0.022	0.027	0.033
ALVEI IN TERRA REGOLARIZZATI O ROGGE			
non vegetati	0.023	0.025	0.030
poco inerbiti, rare alghe	0.025	0.030	0.033
molto vegetati, molte alghe	0.028	0.030	0.035
con sponde in pietrame	0.028	0.030	0.035
con sponde ben inerbite	0.025	0.035	0.040
con fondo in ciotoli e sponde non vegetate	0.030	0.040	0.050
CANALI MANTENUTI CON DRAGAGGIO			
non vegetati	0.025	0.028	0.033
poco inerbiti, rare alghe	0.035	0.050	0.060
ALVEI DI PIANURA			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con mollenti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, mollenti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	27 di 76

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono i seguenti:

- 0.015 s/m^{1/3} per i tratti rivestiti in cls;
- 0.035 s/m^{1/3} per gli alvei naturali e per le aree golenali;
- 0.045 s/m^{1/3} per le aree golenali.

4.4 Condizioni al contorno

La definizione delle condizioni al contorno attribuisce ai modelli di simulazione le informazioni in merito al regime di deflusso (livelli, gradienti energetici e idrogrammi) caratterizzanti il dominio agli estremi del campo analizzato. Nel caso in esame (simulazioni in regime di moto permanente monodimensionale) le condizioni al contorno possono sintetizzarsi come segue:

- Condizione di monte (flusso) – portata duecentennale (Norme Tecniche delle Costruzioni 2018);
- Condizione di monte (livello) – in assenza di informazioni specifiche sui livelli caratterizzanti una specifica sezione collocata a monte dell'intervento, si ipotizza cautelativamente che il deflusso attraverso la sezione più estrema del campo possa essere caratterizzato da condizioni idrauliche "critiche". In tale modalità, difatti, ove il regime di corrente fosse subcritico la condizione a monte non influenzerebbe l'evoluzione del deflusso a valle. In caso opposto, il livello a monte risulterebbe maggiore dei valori attribuibili al regime di moto uniforme;
- Condizione di valle – Moto permanente (gradiente) – in assenza di informazioni specifiche relative ai livelli idraulici raggiunti all'interno dei corpi idrici recettori si è ipotizzato il manifestarsi a valle di condizioni di deflusso in condizioni di moto uniforme ($s=0.1-0.5\%$).
- Condizione di valle – Moto uniforme (livello idrico) – Per i corsi d'acqua confluenti, al fine di operare in sicurezza, per la verifica dei manufatti, è stata assunta la contemporaneità di eventi con i medesimi tempi di ritorno nel singolo corso d'acqua e nel fiume principale. Pertanto, è stata imposta come condizione al contorno il livello idrico ottenuto dal modello monodimensionale del corso d'acqua principale nella sezione di valle di ogni singolo corso d'acqua.

4.5 Scenari di simulazione

Gli interventi precedentemente descritti sono stati analizzati rispetto a una forzante idrologica con periodo di ritorno duecentennale nell'ipotesi di piena isocronia degli eventi.

In tal senso, le analisi sono state condotte come descritto di seguito:

- Corsi d'acqua principali: in regime di moto permanente (HEC-RAS).
- Corsi d'acqua secondari: in regime di moto uniforme (HY8).

I risultati sono rappresentati in forma di profili, sezioni e tabelle all'interno dell'allegato di calcolo.

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	28 di 76

4.6 Modelli monodimensionali in regime di moto uniforme – HY8

Lo studio idraulico dei corsi d'acqua minori classificati come interferenze "Secondarie minori", nello stato di fatto e nello stato di progetto, è stato effettuato mediante il software HY-8.

Tale software consente di simulare il deflusso che avviene all'interno di un tombino in condizioni di moto permanente, sfruttando l'equazione di conservazione dell'energia secondo la metodologia messa a punto dall'agenzia americana U.S. Federal Highway Administration. Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;
- la scabrezza;
- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

La verifica proposta dalla FHWA (Federal Highway Administration) ossia l'Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti, che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione. Il programma HY-8 ha quindi lo scopo di consentire un supporto alla progettazione ed alla verifica delle intersezioni dei corsi d'acqua minori con le infrastrutture viarie come strade e ferrovie.

Il software utilizza le routines, in accordo ai criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels". I principali risultati che si possono ottenere tramite questo programma sono:

- determinare la dimensione, la forma ed il numero di opere d'arte (tombini e scatolari) necessari a far defluire la portata di progetto;
- definire la capacità di deflusso di un manufatto esistente imponendo il livello idrico ammissibile di monte;
- calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una determinata portata, sia in condizioni di normale deflusso che in condizioni di acqua ferma all'imbocco;
- determinare la scala di portata o altre relazioni tra le principali variabili idrauliche per determinare il livello di rischio della struttura;
- determinare il profilo idrico della portata transitante nell'opera.

Metodologia utilizzata

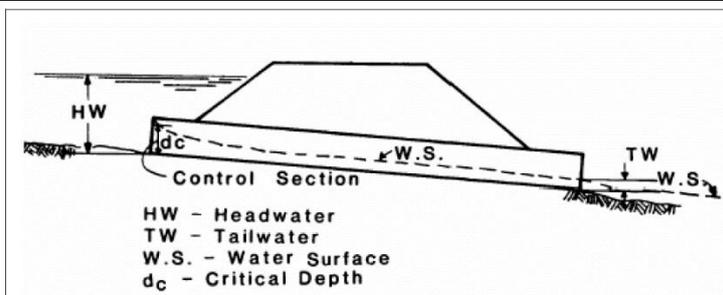


Figura 4-1 - Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il “controllo da monte” si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l’ingresso. La sezione di controllo si localizza appena oltre l’ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico. Il “controllo da valle” invece si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l’ingresso. La sezione di controllo si localizza allora all’uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

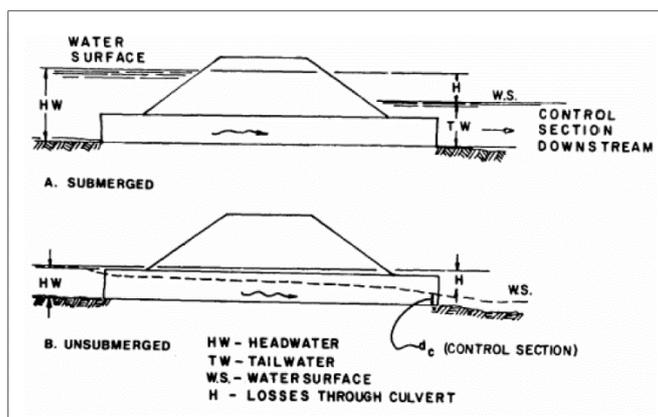


Figura 4-2 - Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino

Per calcolare il livello idrico a monte del manufatto vengono utilizzati dei diagrammi sperimentali (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna, nonché il tirante all’imbocco e allo sbocco.

Nell’analisi delle strutture di progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle.

Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (caso tipico dell’immissione in un lago o in un altro fiume, o in un manufatto di sbocco in cui per la sezione di



Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	30 di 76

partenza del canale di allontanamento si possono ipotizzare condizioni di acqua ferma e quindi componente cinetica iniziale nulla.) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

Calcolo idraulico per tombini con controllo all'ingresso

Le equazioni del deflusso dipendono dal fatto che l'imbocco del tombino sia sommerso o meno. Il manuale HDS-5, già citato, fornisce le equazioni sulla base del parametro (non adimensionale): $Q/AD^{0.5}$ dove Q [ft^3/s] è la portata, A [ft^2] è la sezione del tombino e D [ft] è l'altezza interna.

Riferendoci alle unità del SI, le equazioni usate dal software assumono le seguenti forme:

Se $Q/AD^{0.5} < 1,932$ l'imbocco è non sommerso, e si utilizza:

$$Hw_i = Hc/D + K[1,81 Q/AD^{0.5}] - 0,5 S$$

Se $Q/AD^{0.5} > 2,208$ l'imbocco è sommerso, e si utilizza:

$$Hw_i = c[1,81 Q/AD^{0.5}]^2 + Y - 0,5 S$$

Se infine $1,932 < Q/AD^{0.5} < 2,208$ si è in una zona di transizione e si effettua una interpolazione lineare tra le due equazioni precedenti.

I termini utilizzati nelle equazioni indicano:

- Hw_i = altezza idrica prima dell'imbocco, nel caso di velocità in arrivo nulla;
- Hc = energia critica;
- S = pendenza della condotta;
- K, M, Y, c = coefficienti dipendenti dalla forma dell'imbocco, dai materiali e dall'equazione usata.

Calcolo idraulico per tombini con sezione di controllo a valle

Il calcolo viene eseguito sulla base della conservazione dell'energia (simboli indicati in figura):

$$Hw_0 + \frac{v_u^2}{2g} = TW + \frac{v_d^2}{2g} + H_L$$

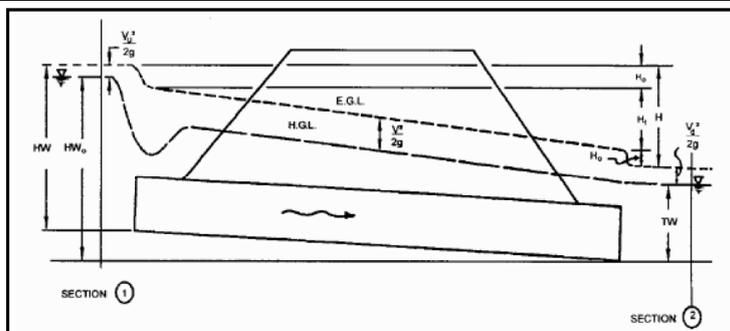


Figura 4-3 - Variabili di riferimento per l'equazione di conservazione dell'energia

Il pelo libero di moto permanente viene integrato utilizzando gli usuali metodi numerici e tenendo conto della pendenza dello stato rapido o lento della corrente e degli eventuali risalti idraulici. Per calcolare la condizione al contorno di valle, che è fondamentale, come già detto, è possibile definire la sezione del canale e la sua scabrezza, sia per canali con sezione geometrica (rettangolare, trapezia, ecc.), sia per alvei naturali.

Il calcolo del moto uniforme si basa sulla formula di Manning:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

dove:

- v [m/s] = velocità media della corrente;
- R [m] = raggio idraulico;
- S = pendenza della linea dell'energia;
- n = scabrezza.

4.7 Modelli monodimensionali in regime di moto permanente – Hec-Ras

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce una adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione dei profili idrici nei corsi d'acqua sia nella situazione attuale, sia di progetto e per i diversi tempi di ritorno considerati è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 5.0.7 River Analysis System sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, i cui fondamenti concettuali sono di seguito riportati.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto permanente, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.



Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	32 di 76

Pur operando nell'ipotesi di mono-dimensionalità, il modello consente la ricostruzione dell'andamento della velocità all'interno di una stessa sezione di deflusso, distinguendo tra zone spondali e canale centrale, in funzione della variazione di scabrezza e di tirante idraulico.

Nel caso della simulazione in moto permanente il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato dal modello utilizzando un metodo numerico chiamato "standard step method", che risolve in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto.

In corrispondenza ad alcune tipologie di ponte, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste varie singolarità.

Sinteticamente, il modello funziona calcolando le variazioni di livello idrometrico tra sezioni trasversali adiacenti sulla base del calcolo delle perdite di energia. Il calcolo comincia a un'estremità del tronco d'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, e così sezione dopo sezione, cambiando il verso dell'indagine da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico.

Il funzionamento del modello HEC-RAS si basa su alcune semplificazioni nelle ipotesi di partenza:

- moto permanente;
- moto gradualmente vario;
- moto monodimensionale, con correzione della distribuzione orizzontale della velocità;
- perdite di fondo mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- arginature fisse.

Il modello utilizza, all'interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell'idraulica dei canali a pelo libero. Si ritiene opportuno, quindi, prima di procedere oltre, inserire alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

Calcolo del profilo a moto permanente

La determinazione del livello del pelo libero in ogni sezione è computata nel caso di correnti lente, a partire dalla sezione di valle, risolvendo per via iterativa l'equazione della conservazione dell'energia totale, ossia:

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

Dove: Y_1 e Y_2 rappresentano rispettivamente le profondità del pelo libero della sezione di valle e di monte, Z_1 e Z_2 rappresentano rispettivamente l'elevazione sul medio mare del fondo del canale della sezione di valle e di monte, V_1 e V_2 rappresentano rispettivamente le velocità medie nella sezione di

valle e di monte, α_1 e α_2 i rispettivi coefficienti di Coriolis, g l'accelerazione di gravità e h_e le perdite di energia tra le due sezioni.

La mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di valle e quella di monte; nella figura a seguire sono indicati i singoli termini di bilancio in accordo all'equazione riportata in precedenza.

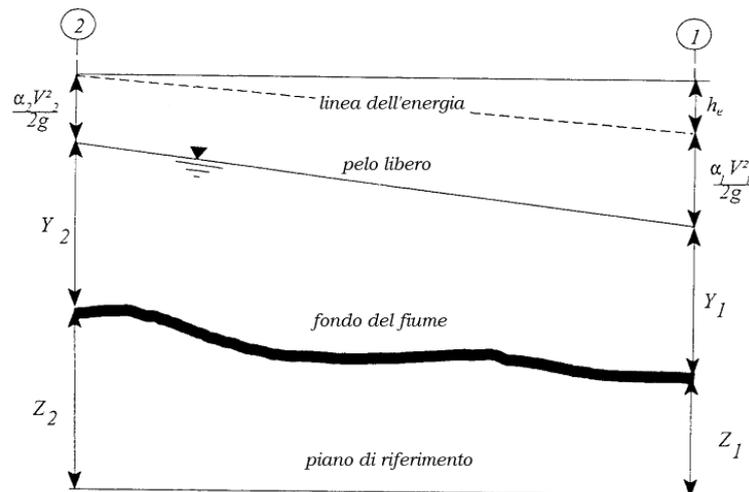


Figura 4-4 – Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua

Le perdite di energia complessive h_e tra le due sezioni sono dovute alle perdite continue ed a quelle localizzate dovute a fenomeni di espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove, con L è indicata la distanza tra le due sezioni, con \bar{J} le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni mentre il termine C correla le perdite, dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento piano – altimetrico del corso d'acqua, alla differenza dei carichi cinetici delle due sezioni.

Per la valutazione delle perdite di carico è utilizzata la formula di Manning, ossia:

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{2/3} \sqrt{J}$$

dove: Q rappresenta la portata, A l'area bagnata, R_H il raggio idraulico, n il coefficiente di scabrezza secondo Manning e J le perdite di energia per unità di lunghezza.

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti in modo da trattare separatamente sezioni in cui la velocità media può essere ritenuta, ai fini pratici, costante.

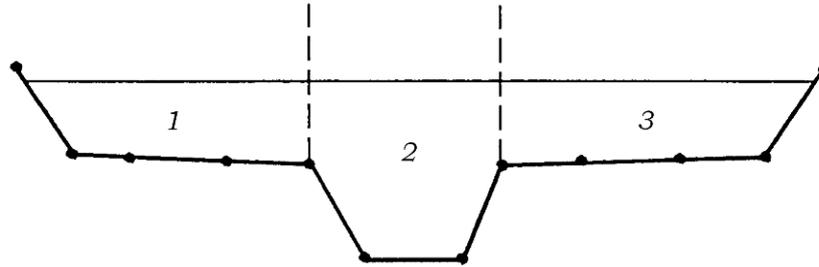


Figura 4-5 – Sezione schematica di un corso d'acqua naturale

Con riferimento alla Figura 4 chiamato con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata di ogni singola parte i -esima in cui è stata suddivisa la sezione, si ha, in accordo alla formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{h,i}^{2/3}$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza J risulta pari a:

$$J = \left(\frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservando che, per la costanza di J , la portata di ogni singola area $Q_i = K_i \sqrt{J}$ è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale $Q = \sum_i Q_i$. Calcolata la perdita di carico in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 la pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni è fornita dalla seguente equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2}$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, da queste, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a

$\sum_i Q_i^3 / A_i^2$, e l'energia cinetica calcolata facendo uso del valore medio della velocità, proporzionale a Q^3 / A^2 . Espresse le portate delle singole parti i-esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si perviene con qualche semplice passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \left(\sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \frac{\left(\sum_i A_i \right)^2}{\left(\sum_i K_i \right)^3}$$

dal cui calcolo è possibile ottenere α , il coefficiente di Coriolis. Calcolate tramite le rispettive equazioni le perdite di energia h_e ed il coefficiente di Coriolis α l'equazione di conservazione dell'energia, associata all'equazione di continuità, permette di calcolare la quota del pelo libero, $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte a partire dal valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$, noto in corrispondenza della sezione di valle.

Essendo l'equazione di conservazione dell'energia un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, a partire da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

5 GALLERIA PIETRACOLPA – PK 112+744.65

Le simulazioni realizzate distinguono condizioni Ante e Post Operam in ragione della posizione interferente dell'incisione esistente che conduce alla progettazione di presidi necessari a garantire la continuità del deflusso.

5.1 Verifica ante operam

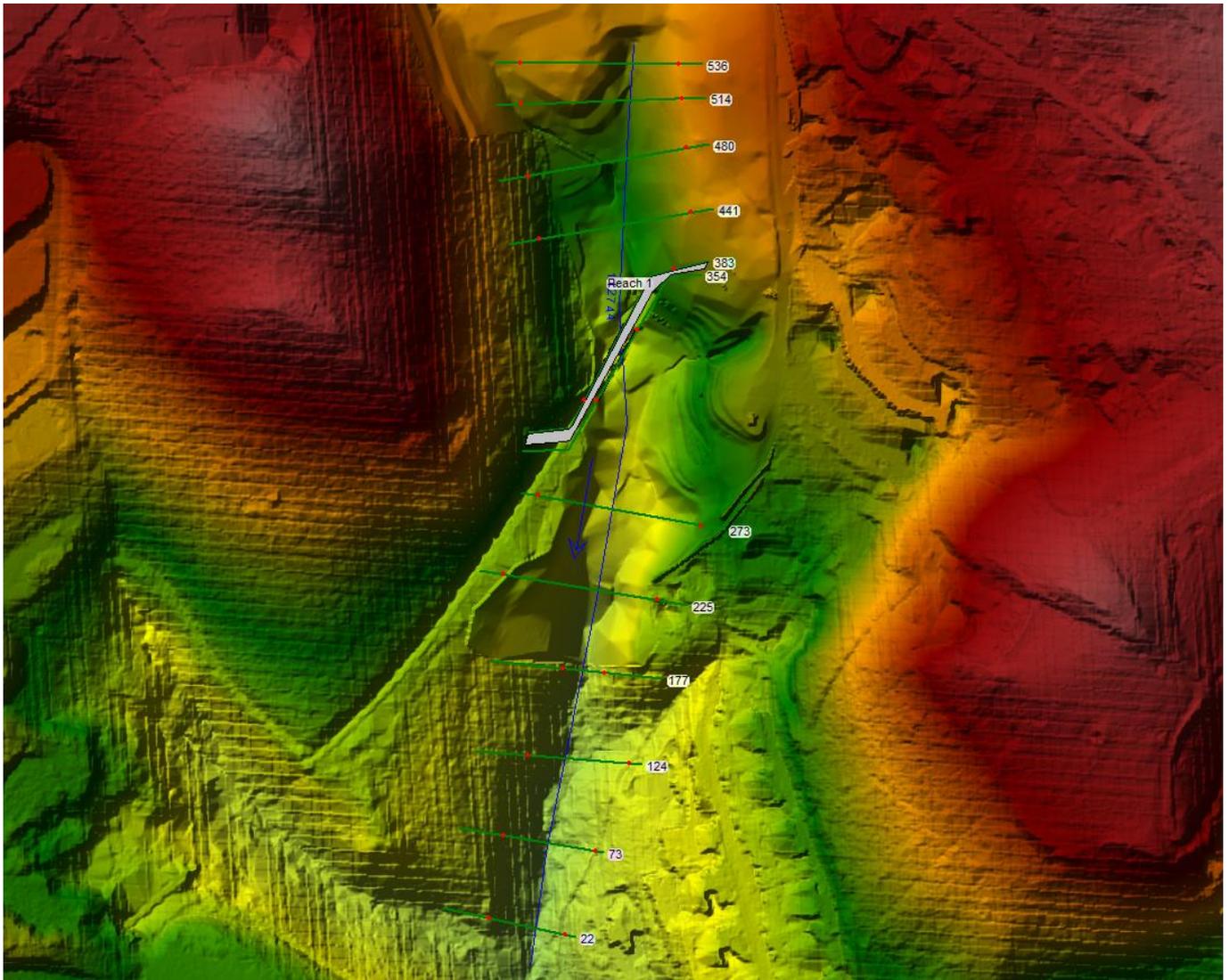


Figura 5-1 – Planimetria Ante Operam - Galleria Pietracolpa km 112+744.65.

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)*

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	37 di 76

- *N. manufatti* 1
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Ferrovio
 - Tipologia ponte a tre archi – L = 7.0-7.9m ; H = variabile
 - Quota intradosso +745.65 m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 9.33 m³/s (dalla sez. 6 – 10.85 m³/s) (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 5-1 – Risultati ante operam – pk 112+744.65. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m ³ /s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
536	9.33	762.61	763.49	763.49	763.75	2.26	1.01	0.88
514	9.33	760.14	760.52	760.92	762.66	6.47	3.99	0.38
480	9.33	756.55	756.95	757.03	757.21	2.25	1.90	0.4
441	9.33	751.24	751.58	751.79	752.49	4.22	3.04	0.34
383	9.33	743.94	744.57	744.29	744.59	0.71	0.34	0.63
380	Bridge							Bridge
354	9.33	743.57	744.18	744.18	744.32	1.70	1.02	0.61
273	10.85	737.34	737.64	737.93	739.46	5.98	4.50	0.3
225	10.85	729.12	729.58	729.77	730.20	3.48	2.26	0.46
177	10.85	722.74	723.35	723.71	724.72	5.19	2.69	0.61
124	10.85	717.97	718.60	718.81	719.33	3.80	2.12	0.63
73	10.85	715.19	715.65	715.80	716.14	3.08	1.68	0.46
22	10.85	713.67	714.99	714.87	715.22	2.12	0.81	1.32

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 5-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 112+744.65. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferrovio	745.65	744.57	744.59	1.08	1.06	1.46	0.63	-

Come è possibile osservare:



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
POTENZA
ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	38 di 76

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante ovunque inferiore a 1m, ad eccezione della sezione di valle (influenzata dalle condizioni al contorno) ;
2. Allo stato di fatto l'opera presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 108cm rispetto a un evento con TR=200;
L'opera, dunque, non rispetta i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti (franco minimo 150cm).

5.2 Verifica post operam

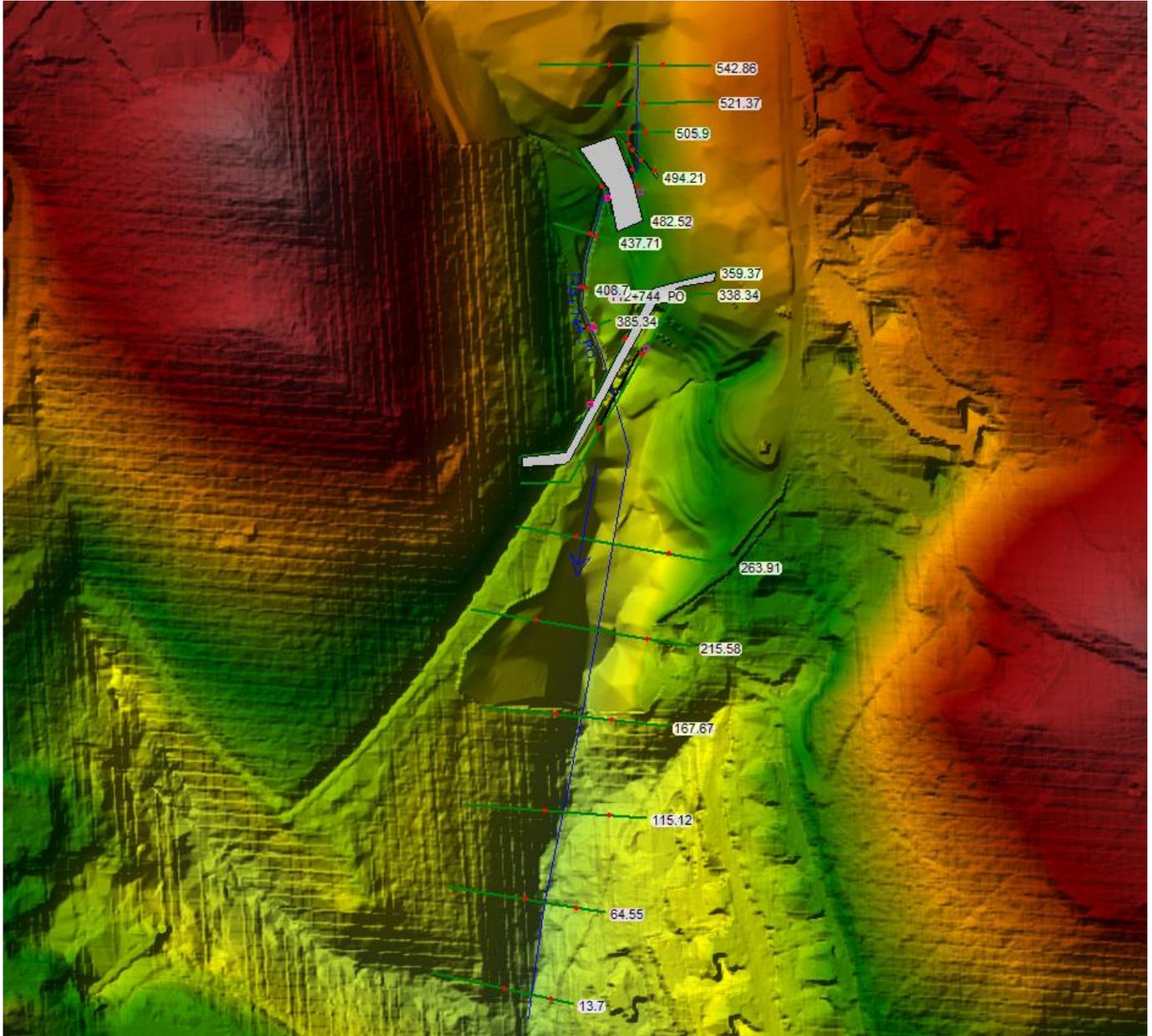


Figura 5-2 – Planimetria Post Operam - Galleria Pietracolpa km 112+744.65.

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 18
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
Ferroviario



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
 SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
 POTENZA
 ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
 APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
 MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	41 di 76

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 5-4 – Risultati della verifica idraulica– pk 122+744.65. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviaria	745.65	744.57	744.59	1.08	1.06	1.46	0.63	-
Stradale	756.04	754.40	754.48	1.64	1.56	2.84	1.30	43.3%

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Post Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante compreso fra 0.5m e 1m;
2. Allo stato di progetto l'opera esistente di attraversamento ferroviario presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 108cm rispetto a un evento con TR=200;
3. Allo stato di progetto l'opera di progetto di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 164cm rispetto a un evento con TR=200 ed il grado di riempimento è pari al 43.3% della sezione utile.

L'opera di attraversamento stradale, dunque, rispetta i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti. Contrariamente, l'opera di attraversamento ferroviario non garantisce il franco minimo di 150cm.

6 GALLERIA PIETRACOLPA - PK 110+854.89

Le simulazioni realizzate distinguono condizioni Ante e Post Operam in ragione della differente configurazione dell'asta esistente rispetto alla fase di progetto.

6.1 Verifica ante operam

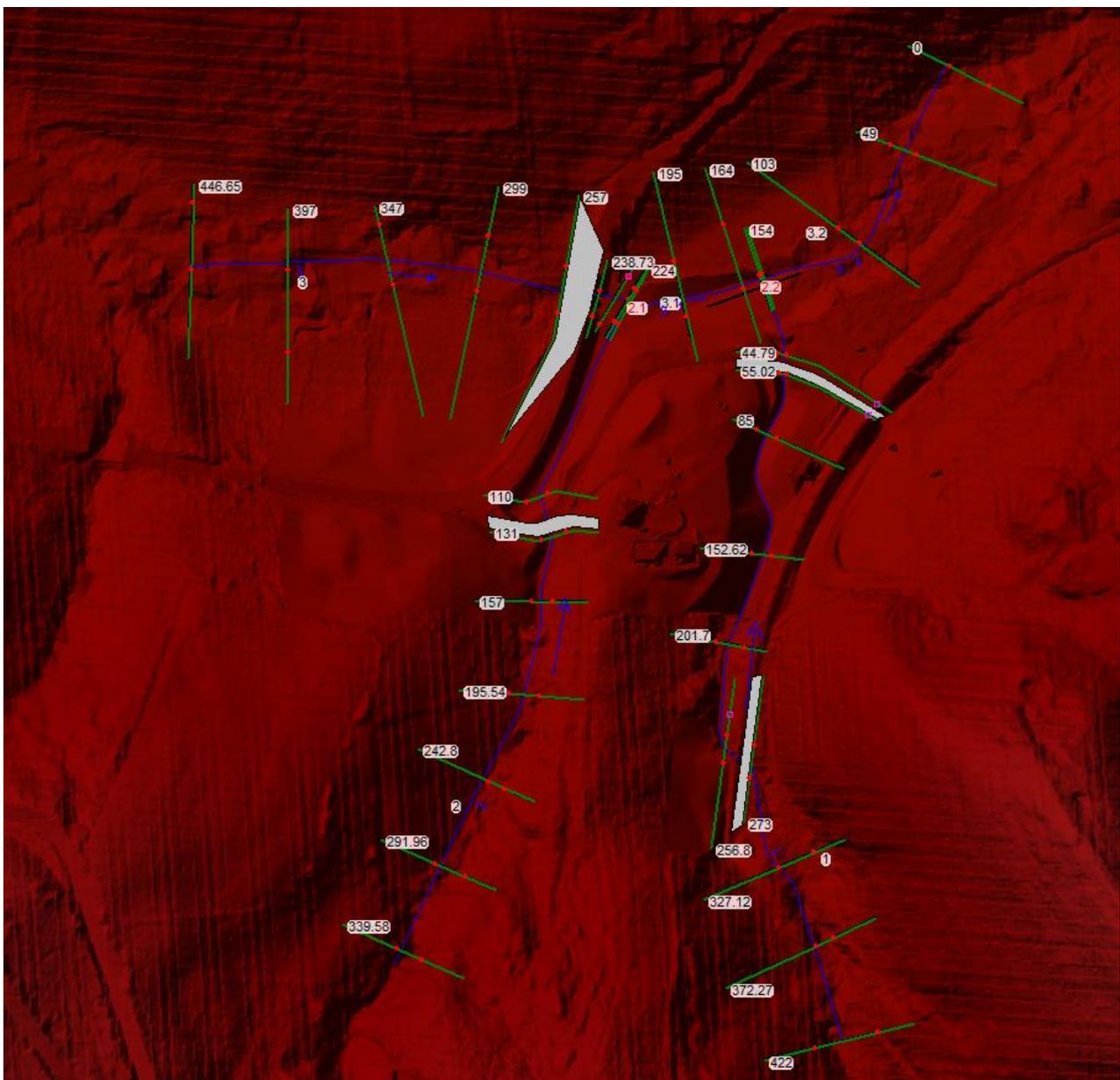


Figura 6-1 – Planimetria Ante Operam - Galleria Pietracolpa km 110+854.89.

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 10
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Ferroviano
 - Tipologia Tombino ad arco 3.0x1.4m
 - Quota intradosso +737.30m msl
 - Stradale
 - Tipologia Tombino scatolare 2.00x2.88m
 - Quota intradosso +730.28m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 30.33 m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 2

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 7
- *N. manufatti* 1
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Stradale
 - Tipologia Tombino circolare DN500
 - Quota intradosso +735.09m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 3.98 m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 3

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 15
- *N. manufatti* 1
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Stradale
 - Tipologia Ponte ad arco – L = 8.0m; H = 5.3m
 - Quota intradosso +731.04m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 146.54 (dalla sezione num. 10: 150.52; dalla

- Condizione di monte
 - Condizione di valle
 - **Scabrezza (Manning)**
 - Alveo inciso
 - Golene
- sezione num 12: 180.85) (Tr 200)
altezza critica
altezza di moto uniforme
- $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 6-1 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
422	30.33	742.42	743.39	743.39	743.74	2.61	1.01	0.97
372.27	30.33	739.7	740.38	740.89	742.41	6.36	2.85	0.68
327.12	30.33	738.54	739.99	740.16	740.55	3.33	1.25	1.46
273	30.33	735.49	739.52	737.04	739.52	0.36	0.07	4.03
260	Bridge							
256.8	30.33	735.39	735.93	736.43	738.3	6.95	3.43	0.53
201.7	30.33	731.09	732.11	732.63	733.82	5.79	2.13	1.02
152.62	30.33	729.93	731.37	731.59	732.2	4.04	1.32	1.43
85	30.33	728.88	731.54	730.55	731.64	1.44	0.33	2.66
55.02	30.33	727.46	731.57	729.37	731.61	1.11	0.18	4.12
50	Bridge							
44.79	30.33	727.33	728.37	729.17	731.27	7.54	2.44	1.04

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 6-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviani a	737.30	739.52	739.52	Opera sormontata	Opera sormontata	2.46	4.03	Opera sormontata
Stradale	730.28	731.57	731.61	Opera sormontata	Opera sormontata	2.64	4.12	Opera sormontata

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante intorno ad 1m. In prossimità delle opere sormontate, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge i 4m;

2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento ferroviario presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.
3. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, dunque, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Risultati – Asta idraulica 2

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 6-3 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m ³ /s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
339.58	3.98	757.62	758.34	758.34	758.59	2.2	1.01	0.72
291.96	3.98	752.78	753.11	753.48	756.36	7.99	6.19	0.33
242.8	3.98	746.51	747.02	747.25	747.8	3.91	2.23	0.51
195.54	3.98	744.32	744.62	744.71	744.92	2.41	1.77	0.3
157	3.98	737.65	737.82	738.1	739.56	5.84	4.82	0.17
131	3.98	734.59	737.1	735	737.1	0.17	0.04	2.5
130	Culvert							
110	3.98	734.34	734.73	734.73	734.84	1.54	1.04	0.38

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 6-4 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Stradale	735.09	737.10	737.10	Opera sormontata	Opera sormontata	4.71	2.5	Opera sormontata

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante inferiore ad 1m. In prossimità dell'opera sormontata, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge i 2.5m;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, dunque, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Risultati – Asta idraulica 3

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 6-5 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
446.65	146.54	730.13	731.75	731.75	732.16	3.17	1.03	1.62
397	146.54	729.19	730.84	731.04	731.57	3.9	1.24	1.65
347	146.54	728.22	731.17	729.78	731.23	1.22	0.25	2.96
299	146.54	726.97	731.17		731.21	1.03	0.18	4.2
257	146.54	725.74	731.17	728.22	731.2	0.98	0.15	5.43
250	Bridge							
238.73	146.54	725.84	728.1	728.94	730.74	7.2	1.72	2.25
229.96	146.54	726.04	727.37	728.13	730.34	7.63	2.74	1.33
224	146.54	726.23	727.45	728.1	729.78	7.07	2.32	1.22
221	150.52	726.23	727.43	728.06	729.75	7.09	2.35	1.2
195	150.52	725.02	726.86	727.28	728.19	5.37	1.71	1.84
164	150.52	724.43	726.43	726.7	727.38	4.39	1.43	2.01
154	150.52	724.17	726.52	726.6	727.16	4.89	1.16	2.35
157	180.85	724.17	726.82	726.74	727.37	4.56	1	2.65
103	180.85	724.22	726.42	726.42	726.89	4.01	1.07	2.19
49	180.85	723.21	725.45	725.65	726.24	4.97	1.33	2.24
0	180.85	722.16	724.12	724.51	725.45	5.28	1.39	1.96

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 6-6 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Stradale	731.04	731.17	731.2	Opera sormontata	Opera sormontata	5.70	5.43	-

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante che varia da 1 a 3m. In prossimità dell'opera sormontata, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge i 5.43m;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, dunque, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

6.2 Verifica post operam

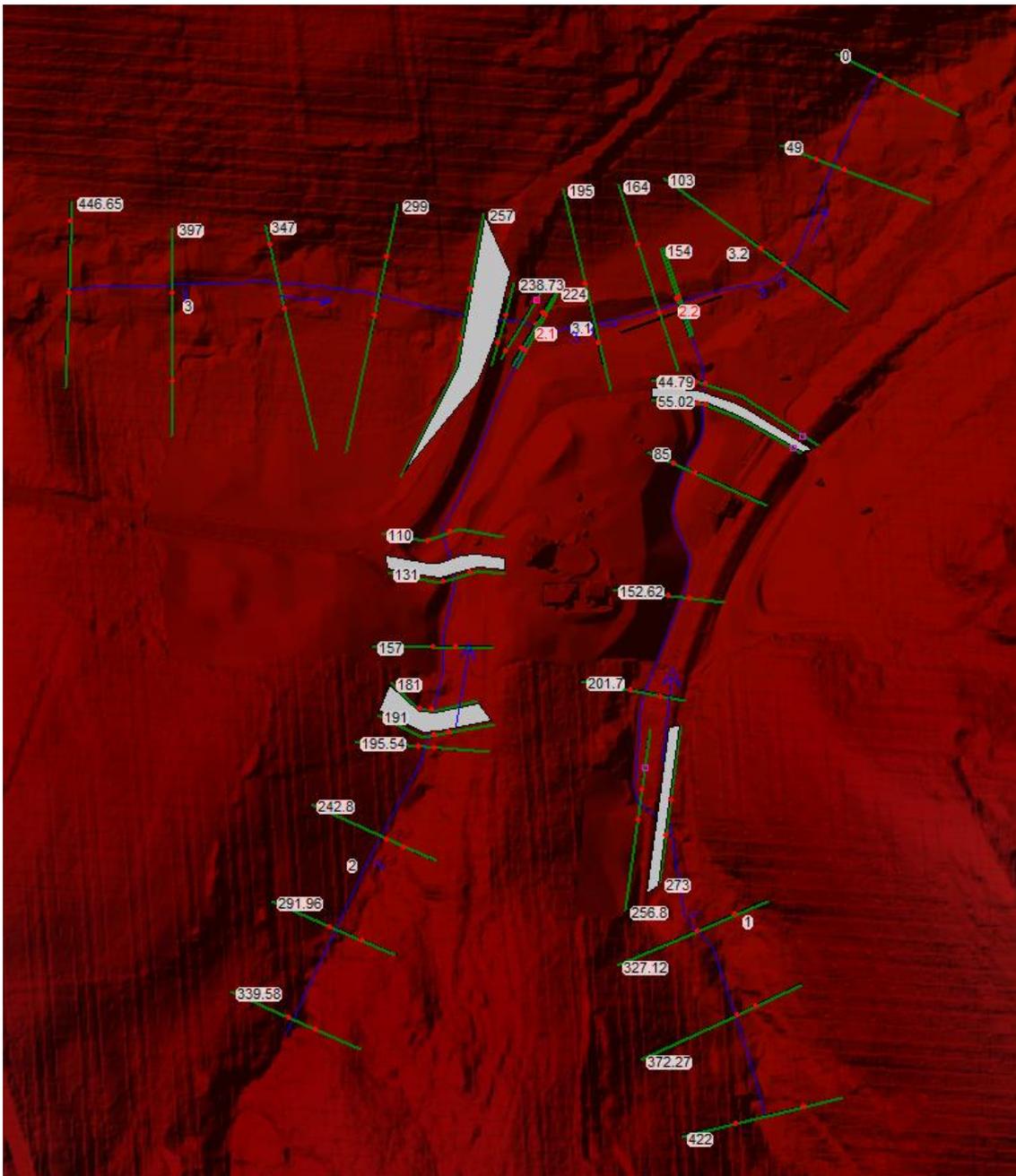


Figura 6-2 – Planimetria Post Operam - Galleria Pietracolpa km 110+854.89.

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 10
- *N. manufatti* 2
 - *Caratteristiche dei manufatti*
 - Ferroviario
 - Tipologia Tombino ad arco 3.0x1.4m
 - Quota intradosso +737.30m msl
 - Stradale
 - Tipologia Tombino scatolare 2.00x2.88m
 - Quota intradosso +730.28m msl
 - *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 30.33 m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
 - *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 2

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 9
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Stradale (1)
 - Tipologia Tombino scatolare 4.0x4.0m
 - Quota intradosso +745.75m msl
 - Stradale (2)
 - Tipologia Tombino circolare DN500
 - Quota intradosso +735.09m msl
 - *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 3.98 m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
 - *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Sezioni in calcestruzzo $n = 0.015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 3

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 15
- *N. manufatti* 1
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Stradale
 - Tipologia Ponte ad arco – L = 8.0m; H = 5.3m

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	49 di 76

- Quota intradosso +731.04m msl
- **Condizioni al contorno**
 - Portata di verifica 146.54 (dalla sezione num. 10: 150.52; dalla sezione num 12: 180.85) (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- **Scabrezza (Manning)**
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 6-7 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
422	30.33	742.42	743.39	743.39	743.74	2.61	1.01	0.97
372.27	30.33	739.7	740.38	740.89	742.41	6.36	2.85	0.68
327.12	30.33	738.54	739.99	740.16	740.55	3.33	1.25	1.46
273	30.33	735.49	739.52	737.04	739.52	0.36	0.07	4.03
260	Bridge							
256.8	30.33	735.39	735.93	736.43	738.3	6.95	3.43	0.53
201.7	30.33	731.09	732.11	732.63	733.82	5.79	2.13	1.02
152.62	30.33	729.93	731.37	731.59	732.2	4.04	1.32	1.43
85	30.33	728.88	731.54	730.55	731.64	1.44	0.33	2.66
55.02	30.33	727.46	731.57	729.37	731.61	1.11	0.18	4.12
50	Bridge							
44.79	30.33	727.33	728.37	729.17	731.27	7.54	2.44	1.04

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 6-8 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviana	737.30	739.52	739.52	Opera sormontata	Opera sormontata	2.46	4.03	Opera sormontata
Stradale	730.28	731.57	731.61	Opera sormontata	Opera sormontata	2.64	4.12	Opera sormontata

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Post Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante intorno ad 1m. In prossimità delle opere sormontate, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge i 4m;
2. Allo stato di progetto l'opera esistente di attraversamento ferroviario presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.
3. Allo stato di progetto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, dunque, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Risultati – Asta idraulica 2

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 6-9 – Risultati post operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
339.58	3.98	757.62	758.34	758.34	758.59	2.2	1.01	0.72
291.96	3.98	752.78	753.11	753.48	756.36	7.99	6.19	0.33
242.8	3.98	746.51	747.02	747.25	747.8	3.91	2.23	0.51
195.54	3.98	743	743.24	743.44	744.01	3.9	2.62	0.24
191	3.98	741.9	742.1	742.35	743.29	4.84	3.51	0.2
185	Culvert							
181	3.98	741.6	741.92	742.03	742.3	2.74	1.64	0.32
157	3.98	737.65	737.83	738.09	739.3	5.36	4.26	0.19
131	3.98	734.59	737.1	735	737.1	0.17	0.04	2.5
130	Culvert							
110	3.98	734.34	734.73	734.73	734.84	1.54	1.04	0.38

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 6-10 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni

Opera	Quota intradoss o	Quota livello idrico	Quota livello energetic o	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Stradale (1)	745.75	742.10	743.29	3.65	2.46	4.11	0.20	8.75
Stradale (2)	735.09	737.10	737.10	Opera sormontata	Opera sormontata	4.71	2.50	Opera sormontata

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Post Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante inferiore ad 1m. In prossimità dell'opera esistente sormontata, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge i 2.5m;
2. Allo stato di progetto l'opera esistente di attraversamento stradale (2) presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.
3. Allo stato di progetto l'opera di attraversamento stradale di progetto presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. . Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 365cm rispetto a un evento con TR=200 ed il grado di riempimento è pari al 8.75% della sezione utile.

L'opera di progetto, dunque, rispetta i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Risultati – Asta idraulica 3

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 6-11 – Risultati ante operam – pk 110+854.89. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m ³ /s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
446.65	146.54	730.13	731.75	731.75	732.16	3.17	1.03	1.62
397	146.54	729.19	730.84	731.04	731.57	3.9	1.24	1.65
347	146.54	728.22	731.17	729.78	731.23	1.22	0.25	2.96
299	146.54	726.97	731.17		731.21	1.03	0.18	4.2
257	146.54	725.74	731.17	728.22	731.2	0.98	0.15	5.43
250	Bridge							
238.73	146.54	725.84	728.1	728.94	730.74	7.2	1.72	2.25
229.96	146.54	726.04	727.37	728.13	730.34	7.63	2.74	1.33
224	146.54	726.23	727.45	728.1	729.78	7.07	2.32	1.22
221	150.52	726.23	727.43	728.06	729.75	7.09	2.35	1.2
195	150.52	725.02	726.86	727.28	728.19	5.37	1.71	1.84
164	150.52	724.43	726.43	726.7	727.38	4.39	1.43	2.01
154	150.52	724.17	726.52	726.6	727.16	4.89	1.16	2.35
157	180.85	724.17	726.82	726.74	727.37	4.56	1	2.65
103	180.85	724.22	726.42	726.42	726.89	4.01	1.07	2.19
49	180.85	723.21	725.45	725.65	726.24	4.97	1.33	2.24
0	180.85	722.16	724.12	724.51	725.45	5.28	1.39	1.96

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
 SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
 POTENZA
 ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
 APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
 MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	52 di 76

Tabella 6-12 - Risultati della verifica idraulica– pk 110+854.89. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Stradale	731.04	731.17	731.2	Opera sormontata	Opera sormontata	5.70	5.43	-

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Post Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante che varia da 1 a 3m. In prossimità dell'opera sormontata, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge i 5.43m;
2. Alle condizioni Post Operam, l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, dunque, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	54 di 76

- Tipologia Ponte a 5 archi – L=9.80-9.90m; H variabile +753.30m msl
- Quota intradosso
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 132.03m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 7-1 – Risultati ante operam – pk 103+551.38. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m ³ /s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
595.89	132.03	749.66	751.78	751.78	752.35	3.36	0.98	2.12
539.57	132.03	748.65	750.86	751.1	751.79	4.5	1.16	2.2
483	132.03	747.96	749.92	750.24	750.95	4.58	1.51	1.96
432	132.03	747.35	749.29	749.52	750.1	4.72	1.21	1.95
385.07	132.03	746.79	749.06	749.07	749.66	3.55	0.91	2.27
353.11	132.03	746.01	747.7	748.19	749.21	5.45	1.65	1.68
299.14	132.03	745.08	748.31	747.64	748.5	2.36	0.49	3.23
290	Bridge							
281.32	132.03	744.7	746.79	747.15	747.95	4.77	1.72	2.09
231.89	132.03	743.61	745.77	746.02	746.66	4.18	1.47	2.16
170.85	132.03	743.12	746.14	745.55	746.37	2.13	0.53	3.01
160	Bridge							
156.49	132.03	743.25	745.08	745.37	746.1	4.49	1.57	1.83
106.41	132.03	742.85	744.84	744.84	745.28	3.01	0.96	1.98
60.7	132.03	740.55	743.97	743.39	744.14	1.81	0.49	3.43
0.43	132.03	740.48	743.47	743.47	743.88	2.87	1	2.99

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 7-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 103+551.38. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviano/Stradale	752.50	748.31	748.50	4.19	4.00	5.30	3.23	-
Stradale	753.30	746.14	746.37	7.16	6.93	3.84	3.01	-

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	55 di 76

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime misto, con un tirante compreso mediamente fra 1.5m e 3.5m;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento ferroviario/stradale presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 419cm rispetto a un evento con TR=200;
3. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 719cm rispetto a un evento con TR=200;

Le opere esistenti, dunque, rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

7.2 Verifica post operam

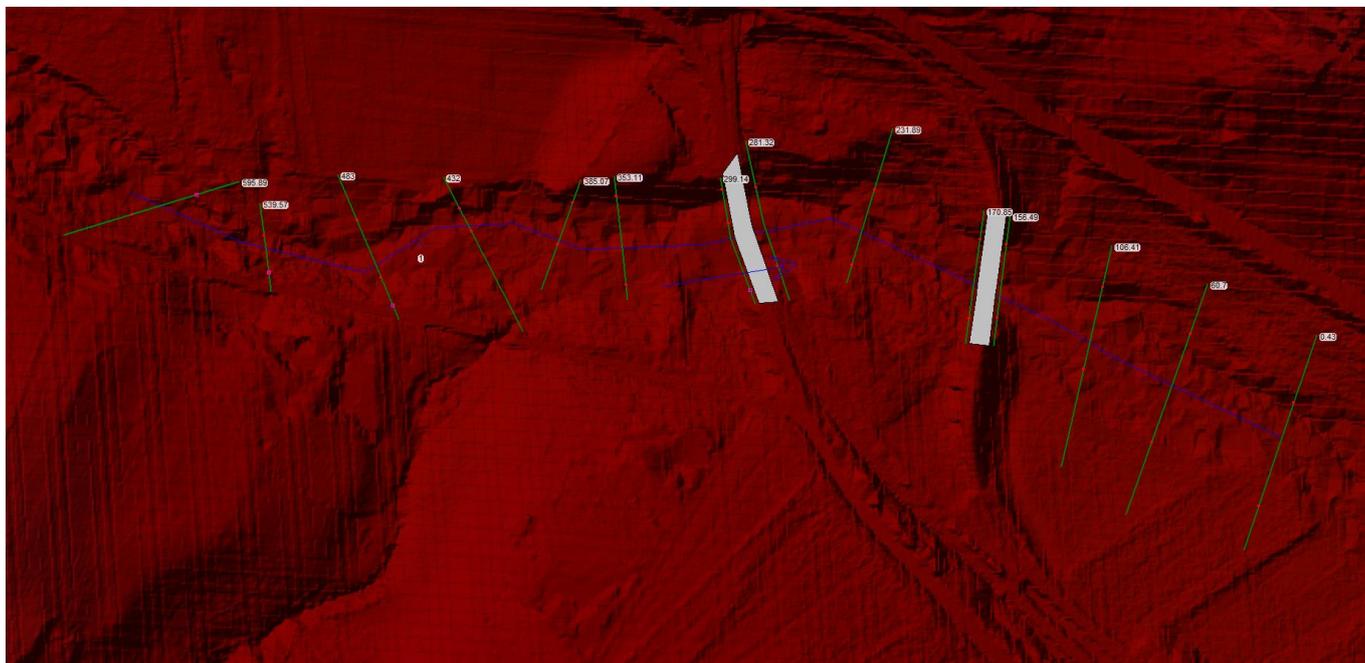
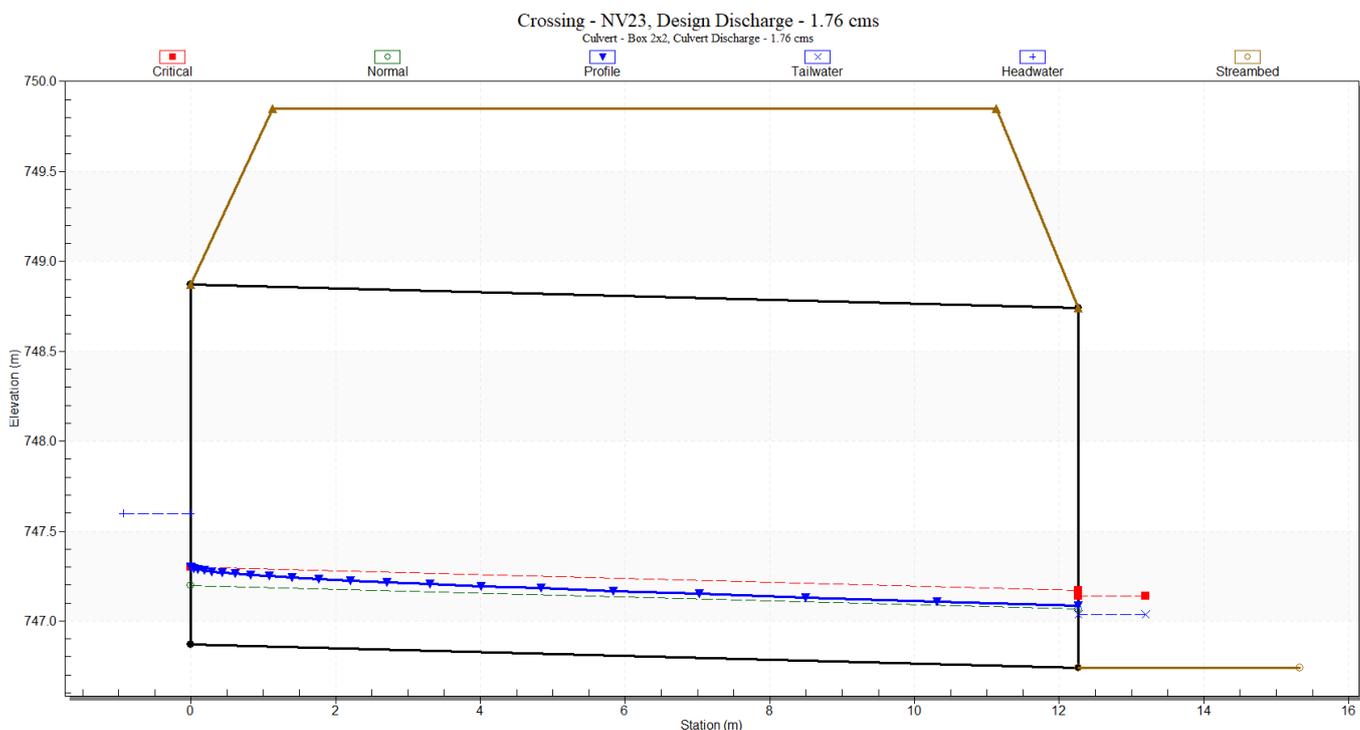


Figura 7-2 – Planimetria Post Operam - Galleria Appennino km 103+551.38.



Q (cms)	H (m msl)	D ₀ (m)	Outlet Depth (m)	Inlet Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Depth (m/s)
1.76	747.60	0.33	0.32	0.73	2.56	0.30

Tabella 7-3 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell'opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D₀: tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall'opera; Inlet depth: tirante in entrata all'opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall'opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell'opera.

Come è possibile osservare, per la portata di progetto (1.76 m³/s) il massimo tirante si manifesta in entrata al manufatto (0.73cm). In generale:

1. Il riempimento massimo del manufatto è pari a 36.50% della luce disponibile di 200cm;
2. La massima velocità di deflusso in uscita è pari a 2.56m/s.

La verifica è dunque soddisfatta.

8 GALLERIA APPENNINO - PK 100+231.35

Il progetto in esame non comporta alcuna riprofilatura del corso d'acqua ovvero risoluzione di eventuali interferenze. Alle condizioni indicate, le simulazioni Ante e Post Operam coincidono.

8.1 Verifica ante e post operam

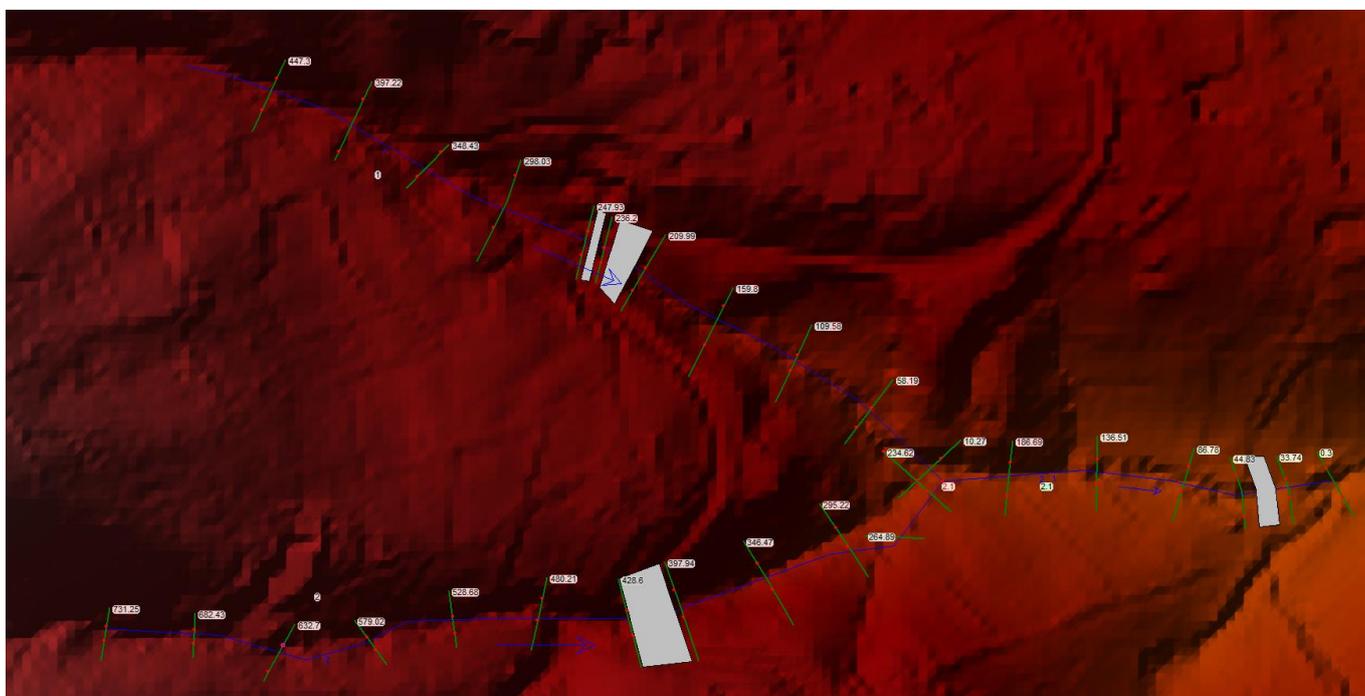


Figura 8-1 – Planimetria Post Operam - Galleria Appennino km 100+231.35.

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 11
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Ferrovio
 - Tipologia Ponte a 3 archi – L=6.43-9.74m; H variabile
 - Quota intradosso +790.46m msl
 - Stradale

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	58 di 76

- Tipologia Tombino scatolare 5.48x4.36m
- Quota intradosso +788.56m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 7.83m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 2

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 18
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Stradale (1)
 - Tipologia Tombino circolare DN1900
 - Quota intradosso +790.04m msl
 - Stradale (2)
 - Tipologia Tombino circolare DN1500
 - Quota intradosso +753.17m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 6.15m³/s (dalla sezione 13: 13.98 m³/s) (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 8-1 – Risultati ante e post operam – pk 100+231.35. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m ³ /s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
447.3	7.83	805.5	806.33	806.33	806.57	2.17	1.01	0.82
397.22	7.83	800.89	801.35	801.74	803.95	7.14	4.79	0.45
348.43	7.83	795.38	795.97	796.19	796.66	3.68	1.93	0.6
298.03	7.83	790.83	791.36	791.62	792.33	4.36	2.53	0.53
247.93	7.83	784.53	785.28	785.65	786.57	5.03	2.47	0.75
240	Bridge							



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
 SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
 POTENZA
 ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
 APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
 MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	59 di 76

236.2	7.83	783.89	784.69	784.9	785.37	3.66	1.6	0.8
220	Bridge							
209.99	7.83	782.12	782.96	783.19	783.68	3.76	1.71	0.84
159.8	7.83	777.55	778.08	778.38	779.32	4.93	3.04	0.53
109.58	7.83	773.09	773.57	773.75	774.17	3.42	1.82	0.48
58.19	7.83	766.79	767.35	767.67	768.71	5.17	3.16	0.55
10.27	7.83	763.44	763.93	764.04	764.27	2.58	1.57	0.49

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 8-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 100+231.35. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviario	790.46	785.28	786.57	5.18	3.89	4.91	0.75	-
Stradale	788.56	784.69	785.37	3.87	3.19	5.82	0.8	11.23

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime supercritico, con un tirante ovunque inferiore ad 1m;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento ferroviario presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 518cm rispetto a un evento con TR=200;
3. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 387cm rispetto a un evento con TR=200;

Le opere esistenti, dunque, rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Risultati – Asta idraulica 2

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 8-3 – Risultati ante e post operam – pk 100+231.35. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
731.25	6.15	848.52	849.66	849.66	849.99	2.57	1.01	1.14
682.43	6.15	839.13	839.49	840.18	846.55	11.77	7.23	0.36
632.7	6.15	829.91	830.25	830.46	830.98	3.78	2.41	0.71
579.02	6.15	817	817.39	817.85	820.08	7.27	4.41	0.39

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	60 di 76

528.68	6.15	808.43	809.3	809.63	810.48	4.82	2.31	0.86
480.21	6.15	797.01	797.44	797.95	800.84	8.16	4.86	0.43
428.6	6.15	788.16	790.05	789.34	790.14	1.36	0.41	1.88
400	Culvert							
397.94	6.15	784.42	785.16	785.16	785.42	2.24	1.01	0.75
346.47	6.15	775.76	775.98	776.48	781.71	10.61	9.11	0.22
295.22	6.15	770.21	771.66	771.02	771.7	0.9	0.29	1.44
264.89	6.15	770.48	771.32	771.32	771.58	2.28	1	0.84
234.62	6.15	764.18	764.37	764.61	770.01	10.52	12.16	0.19
186.69	13.98	759.85	760.58	761.35	764.62	8.9	3.94	0.73
136.51	13.98	756.88	757.92	758.2	758.82	4.19	1.74	1.04
86.78	13.98	754.31	755.33	755.63	756.26	4.27	1.85	1.03
44.83	13.98	751.67	754.45	752.74	754.47	0.52	0.14	2.78
40	Culvert							
33.74	13.98	751.13	752.41	752.41	752.82	2.81	1.01	1.28
0.3	13.98	749.96	750.47	750.84	751.88	5.25	2.77	0.52

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 8-4 - Risultati della verifica idraulica– pk 100+231.35. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Stradale (1)	790.04	790.05	790.14	Opera sormontata	Opera sormontata	3.74	1.88	Opera sormontata
Stradale (2)	753.17	754.45	754.47	Opera sormontata	Opera sormontata	3.21	2.78	Opera sormontata

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante mediamente inferiore ad 1m. In prossimità delle opere sormontate, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge 1.88m e 2.78m per l'opera stradale (1) e (2) rispettivamente;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale (1) presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.
3. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale (2) presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, dunque, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

9 GALLERIA MONTE QUATTROCCHI - PK 98+251.33

Il progetto in esame non comporta alcuna riprofilatura del corso d'acqua ovvero risoluzione di eventuali interferenze. Alle condizioni indicate, le simulazioni Ante e Post Operam coincidono.

9.1 Verifica ante e post operam

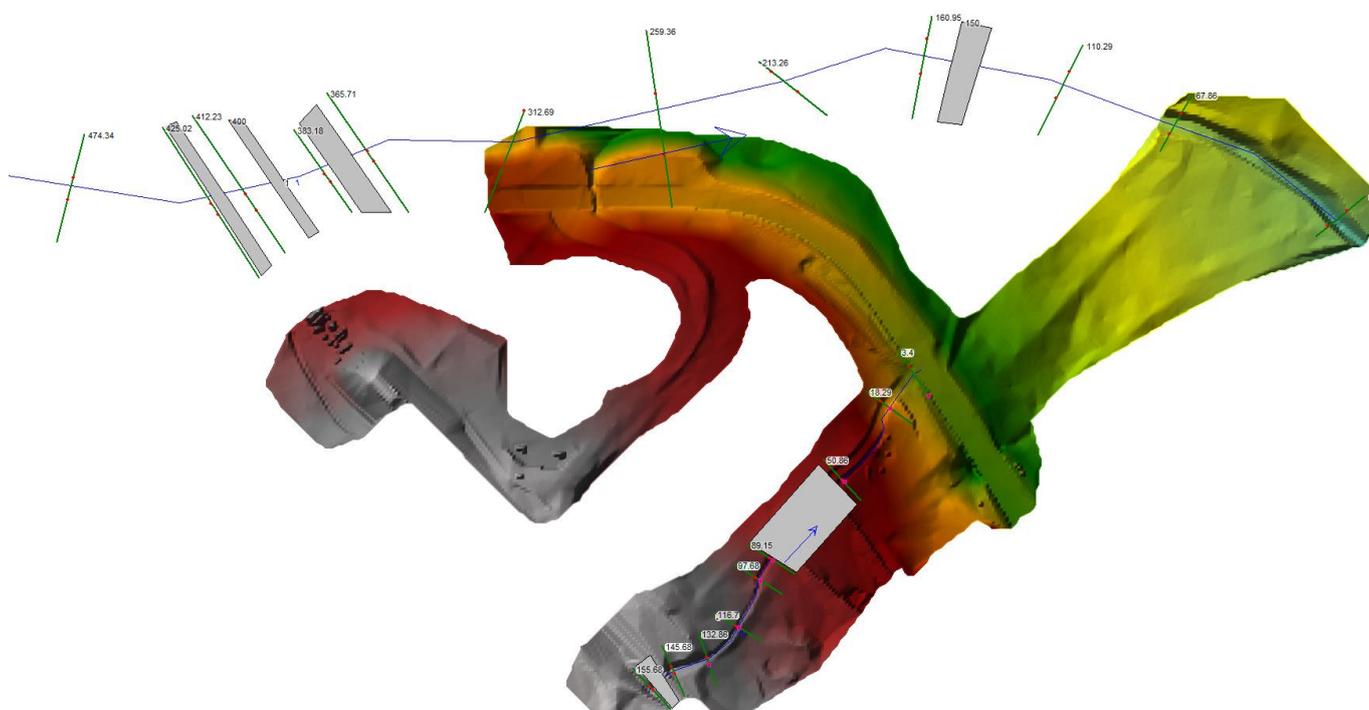


Figura 9-1 – Planimetria Post Operam - Galleria Monte Quattrocchi km 98+251.33.

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 12
- *N. manufatti* 4
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Ferrovioario
 - Tipologia Ponte a 9 archi – L: 12m; H variabile;
 - Quota intradosso +792.82m msl
 - Stradale (1)

- Tipologia Tombino circolare DN1000
- Quota intradosso +779.62m msl
- Stradale (2)
- Tipologia Tombino ad arco 2.0x2.5m
- Quota intradosso +777.79m msl
- Stradale (3)
- Tipologia Tombino circolare a doppia canna di DN1000
- Quota intradosso +760.60m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 19.54m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 2

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 9
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Ferrovio
 - Tipologia Tombino ad arco 0.79x1.69m
 - Quota intradosso +793.06m msl
 - Stradale
 - Tipologia Tombino circolare DN600
 - Quota intradosso +784.82m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 1.04m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 9-1 – Risultati ante e post operam – pk 98+251.33. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
474.34	19.54	782.09	783.91	783.91	784.41	3.15	1	1.82
425.02	19.54	778.68	779.92	780.61	782.5	7.12	2.82	1.24
420	Bridge							
412.23	19.54	778.62	780.78	780.13	780.88	1.5	0.38	2.16
400	Culvert							
383.18	19.54	775.87	779.79	777.76	779.82	0.86	0.15	3.92
370	Bridge							
365.71	19.54	775.09	776.45	777.06	778.22	5.88	1.95	1.36
312.69	19.54	774.53	775.14	775.23	775.52	2.76	1.33	0.61
259.36	19.54	770.51	771.48	771.87	772.89	5.26	2.42	0.97
213.26	19.54	766.09	767.08	767.54	768.65	5.55	2.38	0.99
160.95	19.54	759.4	764.29	760.85	764.29	0.29	0.05	4.89
150	Culvert							
110.29	19.54	757.07	758.29	758.29	758.7	2.83	1.01	1.22
67.86	19.54	755	755.82	756.3	757.41	5.58	2.17	0.83
0	19.54	751.74	752.94	753.25	753.9	4.33	1.46	1.21

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 9-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 98+251.33. Tr 200 anni

Opera	Quota intradoss o	Quota livello idrico	Quota livello energetic o	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviario	792.82	779.92	782.5	12.90	10.32	6.73	1.24	-
Stradale (1)	779.62	780.78	780.88	Opera sormontata	Opera sormontata	3.63	2.16	Opera sormontata
Stradale (2)	777.79	779.79	779.82	Opera sormontata	Opera sormontata	6.32	3.92	Opera sormontata
Stradale (3)	760.60	764.29	764.29	Opera sormontata	Opera sormontata	7.67	4.89	Opera sormontata

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime prevalentemente supercritico, con un tirante mediamente pari ad 1m. In prossimità delle opere sormontate, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge 2.16m, 3.92m e 4.89m per l'opera stradale (1), (2) e (3) rispettivamente;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento ferroviario presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 12.90cm rispetto a un evento con TR=200

3. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale (1) presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.
4. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale (2) presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.
5. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale (3) presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

Le opere esistenti, eccezion fatta per l'opera di attraversamento ferroviario, non rispettano i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

Risultati – Asta idraulica 2

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 9-3 – Risultati ante e post operam – pk 98+251.33. Tr 200 anni

Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m³/s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
155.68	1.04	791.37	792.44	791.72	792.46	0.6	0.18	1.07
150	Culvert							
145.68	1.04	791.65	792.19	792.19	792.35	1.77	1.01	0.54
132.86	1.04	790.34	790.61	790.81	791.57	4.33	3.31	0.28
116.7	1.04	788.51	788.79	788.79	788.79	0.05	0.04	1.46
97.68	1.04	785.67	785.9	786.21	788.53	7.18	6.05	0.46
89.15	1.04	784.22	785.85	784.78	785.85	0.07	0.02	1.67
60	Culvert							
50.86	1.04	780	780.25	780.25	780.25	0.15	0.12	1.04
18.29	1.04	775.22	775.3	775.51	779.76	9.34	13.64	0.08
3.4	1.04	773.15	773.3	773.33	773.43	1.62	2.22	0.27

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 9-4 - Risultati della verifica idraulica– pk 98+251.33. Tr 200 anni

Opera	Quota intradoss o	Quota livello idrico	Quota livello energetic o	Franco idraulico	Franco energetico	Velocit à	Tirant e	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Ferroviani o	793.06	792.44	792.46	0.62	0.60	1.40	1.07	63.31
Stradale	784.82	785.25	785.85	Opera sormontata	Opera sormontata	3.68	1.67	Opera sormontata



Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	65 di 76

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime misto, con un tirante mediamente pari ad 1m. In prossimità dell'opera sormontata, il carico idraulico viene dissipato a favore di un innalzamento del tirante idraulico, il quale raggiunge 1.67m;
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento ferroviario presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 0.62cm rispetto a un evento con TR=200, ed il grado di riempimento è pari a 63.31% della sezione utile;
3. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica inferiore al picco di piena di progetto.

L'opera ferroviaria, contrariamente all'opera stradale, rispetta i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

10 GALLERIA MONTE QUATTROCCHI PK 96+424.09

Il progetto in esame non comporta alcuna riprofilatura del corso d'acqua ovvero risoluzione di eventuali interferenze. Alle condizioni indicate, le simulazioni Ante e Post Operam coincidono.

10.1 Verifica ante e post operam

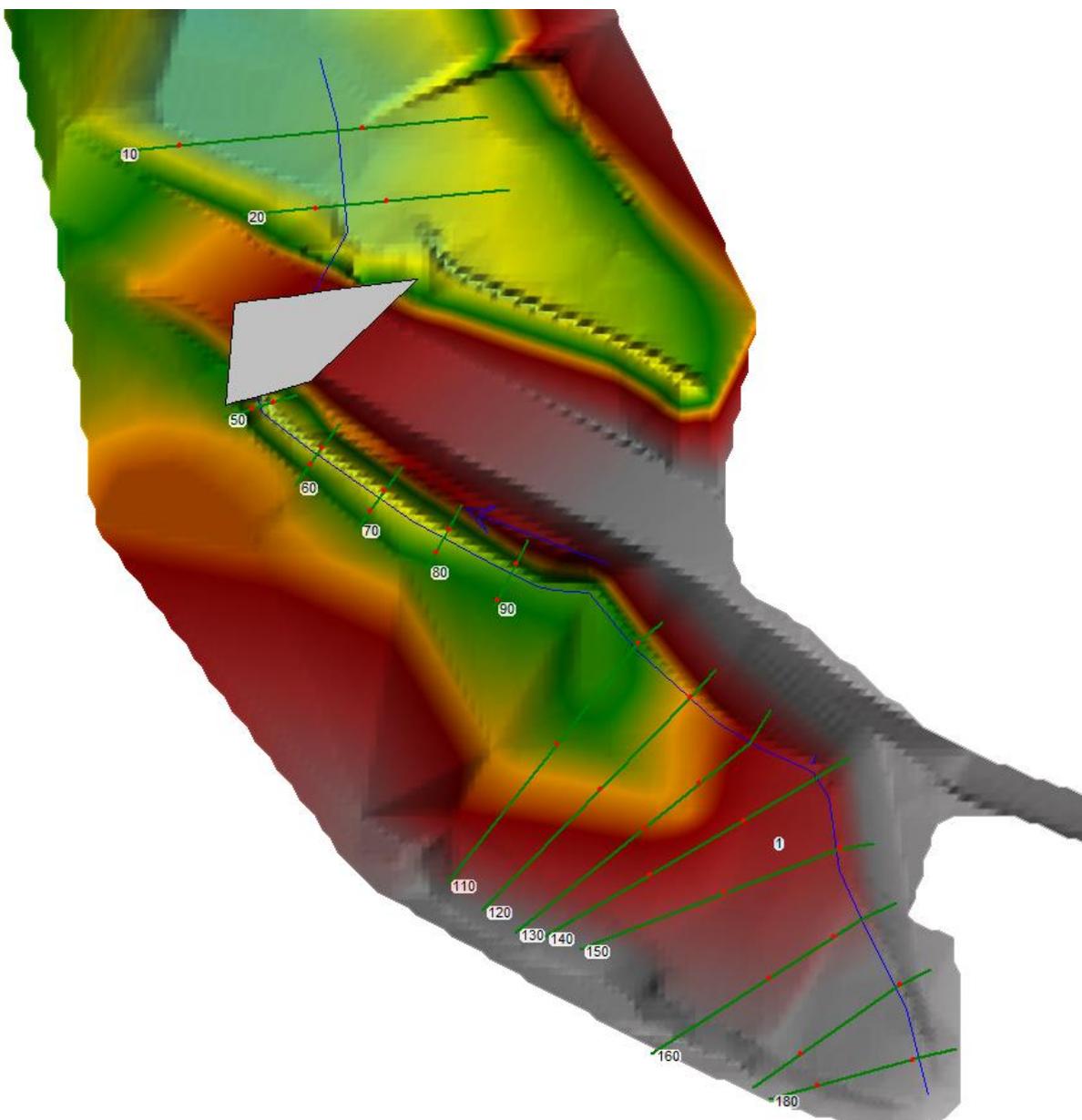


Figura 10-1 – Planimetria Post Operam - Galleria Monte Quattrocchi km 96+424.09.

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	67 di 76

Dati principali per la verifica – Asta idraulica 1

- *N. sezioni (escluse interpolate)* 15
- *N. manufatti* 2
- *Caratteristiche dei manufatti*
 - Stradale (1)
 - Tipologia Tombino scatolare 3.0x1.8m
 - Quota intradosso +786.91m msl
- *Condizioni al contorno*
 - Portata di verifica 1.00m³/s (Tr 200)
 - Condizione di monte altezza critica
 - Condizione di valle altezza di moto uniforme
- *Scabrezza (Manning)*
 - Alveo inciso $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
 - Golene $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Risultati – Asta idraulica 1

Di seguito sono riportati in forma tabellare i risultati in corrispondenza delle sezioni e dei manufatti esistenti lungo il tratto di corso d'acqua analizzato.

Tabella 10-1 – Risultati ante e post operam – pk 96+424.09. Tr 200 anni

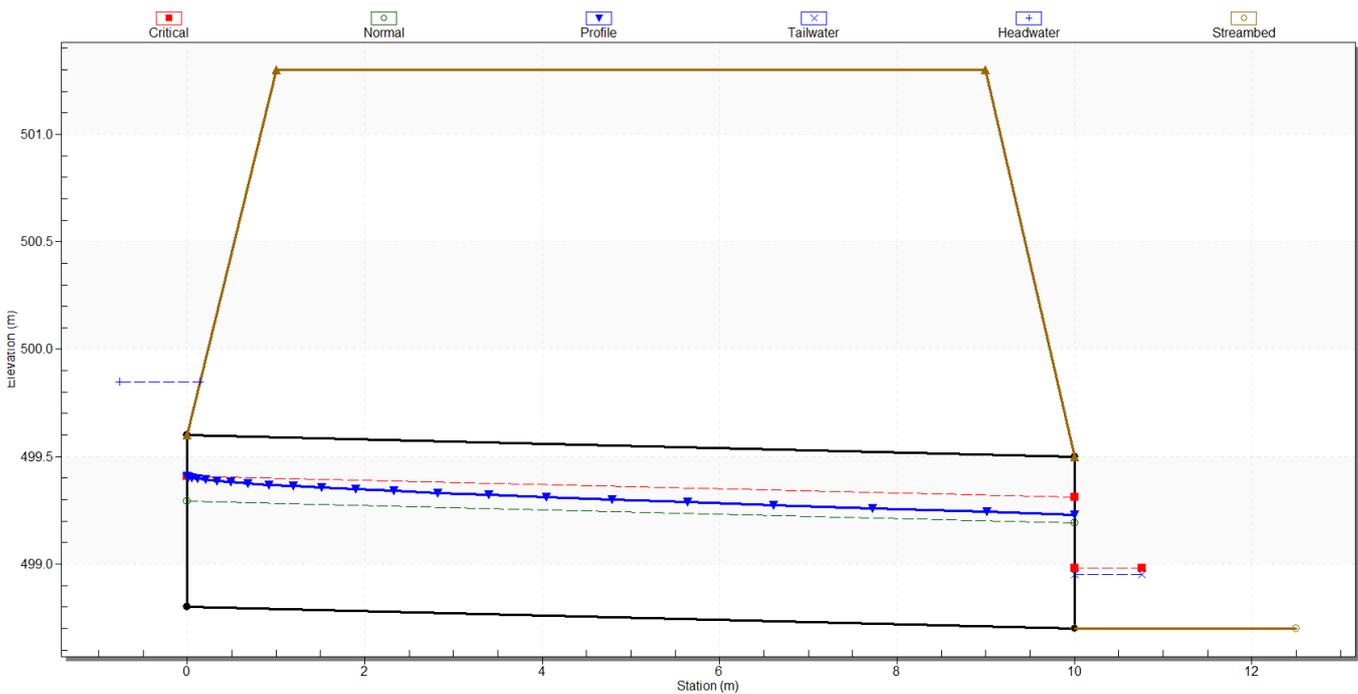
Sezione	Portata	Fondo alveo	Livello idrico	Livello altezza critica	Livello energetico	Velocità	Froude	Tirante
[-]	[m ³ /s]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m/s]	[-]	[m]
180	1	792.19	792.35	792.35	792.4	1.05	1.01	0.16
170	1	791.84	791.93	791.95	792	1.18	1.53	0.09
160	1	790.66	790.76	790.82	790.95	1.89	2.36	0.1
150	1	789.75	789.85	789.88	789.93	1.18	1.48	0.1
140	1	788.84	788.96	789	789.1	1.67	1.93	0.12
130	1	787.93	788.07	788.11	788.21	1.65	1.71	0.14
120	1	787.53	787.71	787.71	787.76	1.01	1.01	0.18
110	1	787.05	787.32	787.2	787.33	0.39	0.3	0.27
90	1	786.75	787.13	787.13	787.22	1.35	1.01	0.38
80	1	786.26	786.56	786.65	786.84	2.35	1.74	0.3
70	1	785.85	786.21	786.24	786.37	1.75	1.18	0.36
60	1	785.62	786.03	786.03	786.17	1.68	1.01	0.41
50	1	785.15	785.45	785.55	785.77	2.48	1.93	0.3
40	Culvert							
20	1	785.01	785.24	785.24	785.3	1.11	1.01	0.23
10	1	784.77	784.94	784.88	784.95	0.47	0.45	0.17

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei manufatti analizzati per il corso d'acqua in esame.

Tabella 10-2 - Risultati della verifica idraulica– pk 96+424.09. Tr 200 anni

Opera	Quota intradosso	Quota livello idrico	Quota livello energetico	Franco idraulico	Franco energetico	Velocità	Tirante	Grado di riempimento
[-]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m.s.m.m.]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[%]
Stradale (1)	786.91	785.45	785.77	1.46	1.14	2.32	0.30	16.67

- Asta idraulica 1: incisione parallela al piazzale in progetto (PT03). Il modello è stato realizzato a partire dal manufatto di attraversamento della viabilità esistente (tombino circolare DN 800), fino a valle dell'attraversamento con la S.S. 658, realizzato per mezzo di un tombino scatolare 3.0x1.8. Come condizione al contorno di monte, si è assunta la portata calcolata considerando un grado di riempimento lievemente superiore al 100% del collettore DN 800 ed una pendenza pari a quella della viabilità di monte (0.08 m/m).



Q (cms)	H (m msl)	D ₀ (m)	Outlet Depth (m)	Inlet Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Depth (m/s)
1.00	499.85	0.49	0.53	1.05	2.83	0.25

Tabella 10-3 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell'opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D₀: tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall'opera; Inlet depth: tirante in entrata all'opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall'opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell'opera.



Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	69 di 76

Come è possibile osservare:

1. Alle condizioni Ante Operam, la corrente risulta essere in regime supercritico, con un tirante mediamente inferiore ad 1m.
2. Allo stato di fatto l'opera esistente di attraversamento stradale presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio, il franco idraulico è pari a 1.46cm rispetto a un evento con TR=200, con un riempimento pari al 16.67% della sezione utile.

L'opera esistente, dunque, rispetta i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti.

11 VERIFICA DELLE OPERE MINORI

Per gli interventi relativi alla Galleria Cardinale (km 62+066.82 e km 60+545.50) non è stato possibile, in fase di sopralluogo, identificare un'incisione idraulica attiva. Alle condizioni indicate, si è ritenuto opportuno garantire la continuità idraulica dei bacini collocati a monte delle viabilità a mezzo di tombini di trasparenza idraulica. Gli stessi sono stati verificati mediante metodologie semplificate (HY-8). I paragrafi che seguono riportano l'ubicazione degli interventi e i risultati delle analisi realizzate.

11.1 Galleria Cardinale km 62+066.82

Il tombino di trasparenza idraulica di progetto per la viabilità NV20 è un tombino scatolare di dimensioni 2.5x2.5m.

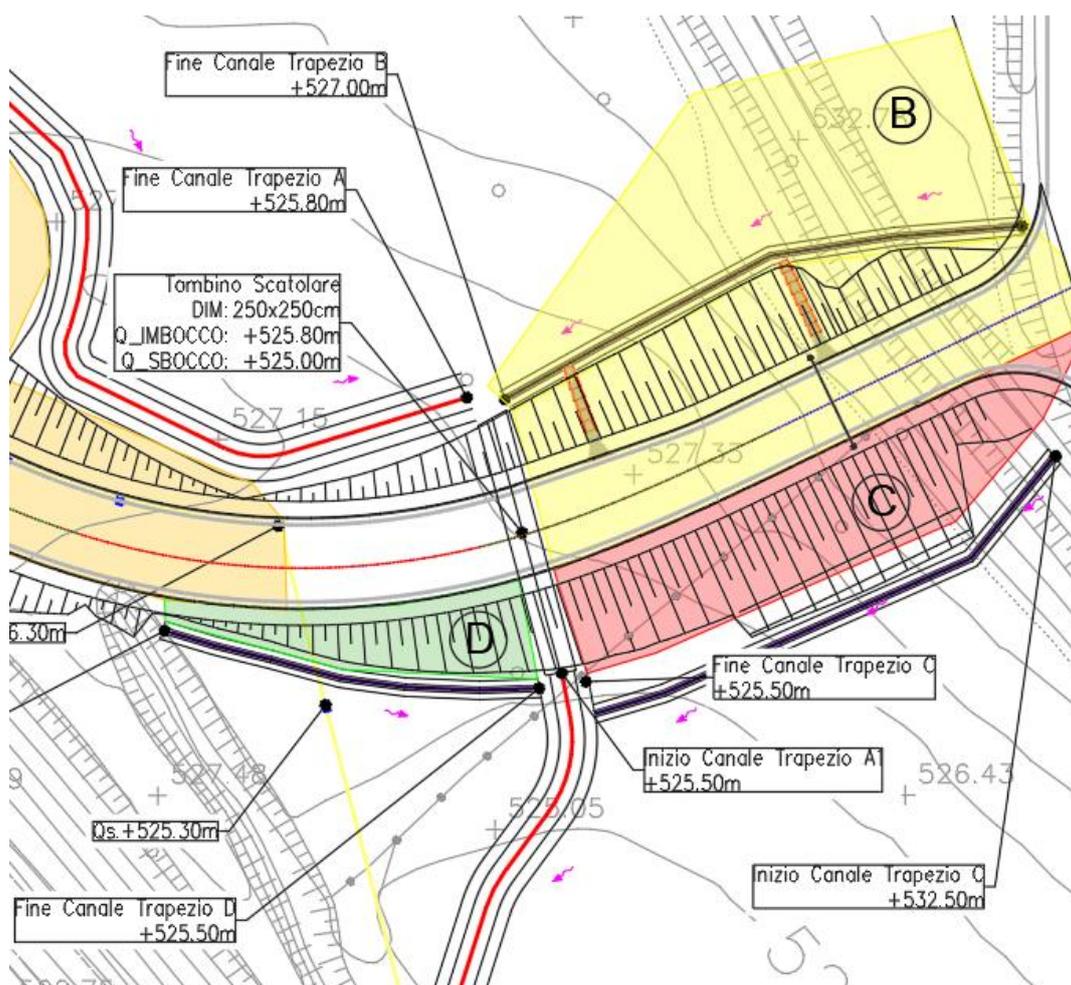
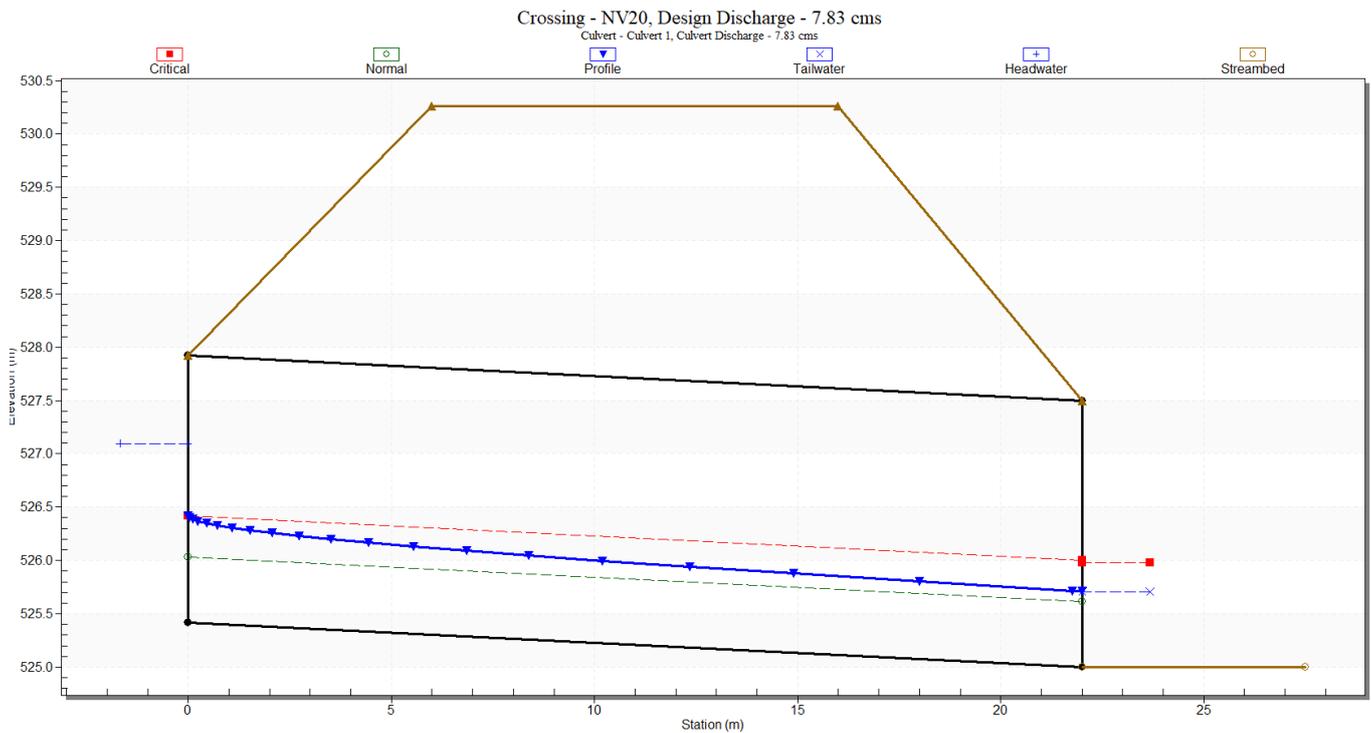


Figura 11-1 – estratto planimetria di drenaggio viabilità NV20

Di seguito la verifica a mezzo di software HY-8.



Q (cms)	H (m msl)	D ₀ (m)	Outlet Depth (m)	Inlet Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Depth (m/s)	Grado di riempimento	Velocità (m/s)
7.83	527.10	0.61	0.71	1.68	4.41	0.71	67%	4.41

Tabella 11-1 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell'opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D₀: tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall'opera; Inlet depth: tirante in entrata all'opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall'opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell'opera.

11.2 Galleria Cardinale km 60+545.50

Il tombino di trasparenza idraulica di progetto per la viabilità NV19 è un tombino circolare DN1500.

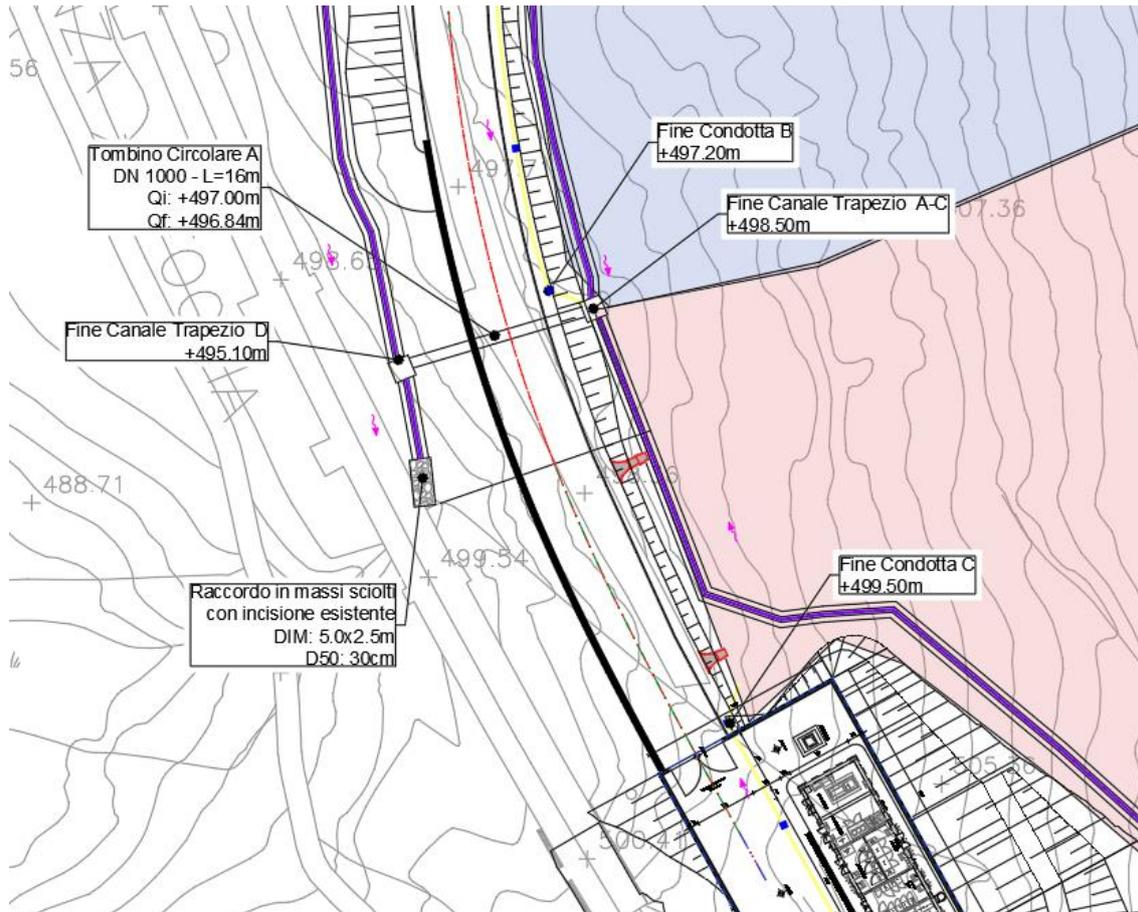


Figura 11-2 – estratto planimetria di drenaggio viabilità NV19

Di seguito la verifica a mezzo di software HY-8.



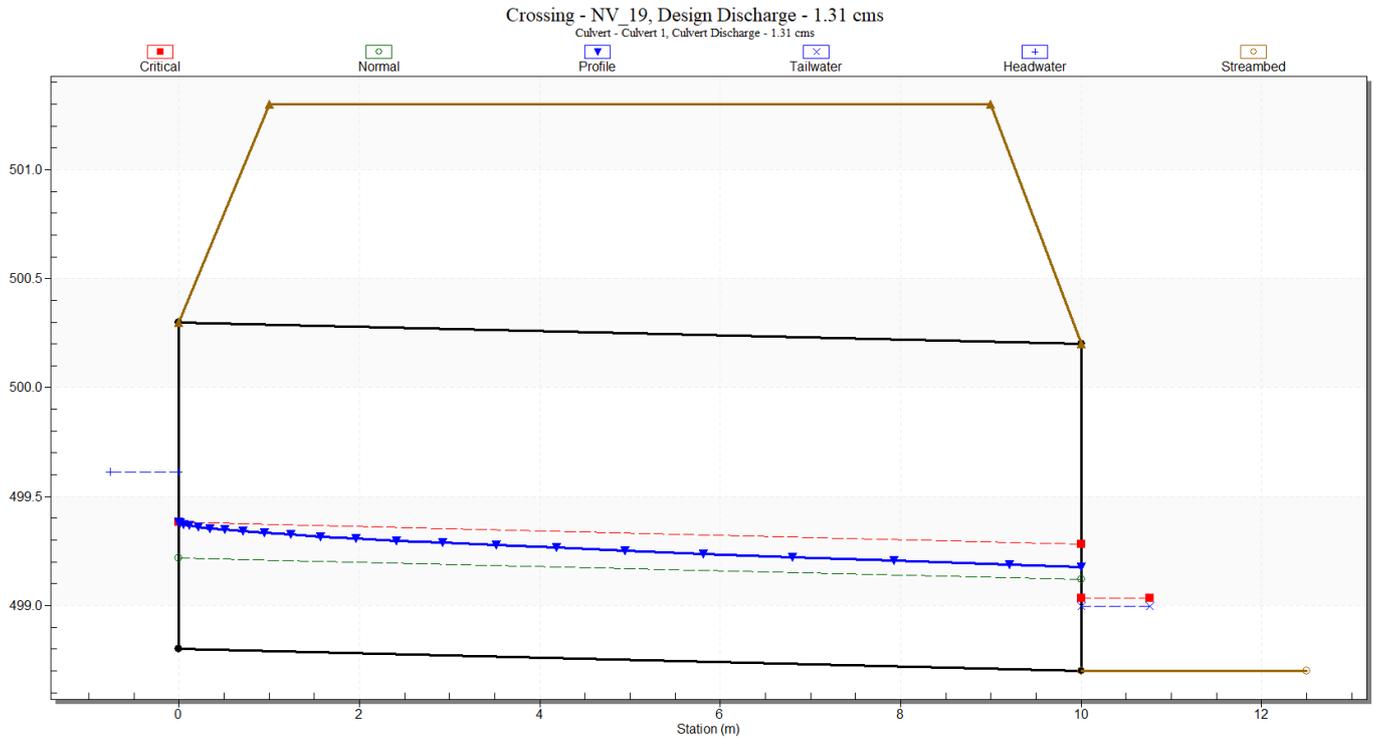
LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA

ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	73 di 76



Q (cms)	H (m msl)	D ₀ (m)	Outlet Depth (m)	Inlet Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Depth (m/s)	Grado di riempimento	Velocità (m/s)
1.31	499.61	0.42	0.48	0.81	2.70	0.30	54%	2.70

Tabella 11-2 – Tabella di calcolo della verifica idraulica dell’opera di attraversamento. In alto: profilo di rigurgito. Linea blu (triangoli): profilo interno alla canna; linea blu (+): profilo idraulico in inlet; linea blu (x): profilo idraulico in outlet; Linea rossa (quadrati): altezza critica; linea verde (cerchio): altezza di moto uniforme; linea nera: opera; linea rossa: strada; linea marrone: canale. In basso: tabella di calcolo. Q: portata; H: carico idraulico totale in ingresso; D₀: tirante di moto uniforme; Outlet depth: tirante in uscita dall’opera; Inlet depth: tirante in entrata all’opera; Outlet velocity: velocità di efflusso in uscita dall’opera; Tailwater Depth: Tirante a valle dell’opera.



Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	74 di 76

12 SISTEMAZIONI IDRAULICHE DI PROGETTO

A monte ed a valle di ciascun tombino idraulico previsto in progetto, è stata prevista la sistemazione dell'incisione esistente al fine di consentire il deflusso delle acque a seguito della realizzazione delle nuove viabilità in progetto ed evitare fenomeni erosivi delle incisioni esistenti.

Le sistemazioni idrauliche previste nell'ambito del presente studio sono prevalentemente caratterizzate da sezioni trapezoidali con sponde inclinate 1/1, o con sezione ad "U" come nel caso dell'attraversamento idraulico a valle dell'opera di attraversamento in progetto della NV25.

Per quanto concerne il materiale, si è scelto di adottare i massi cementati per ciascuna sistemazione idraulica prevista in progetto, al fine di contenere le velocità della corrente e garantire una maggiore stabilità delle inalveazioni. In corrispondenza del raccordo col terreno esistente sono previsti brevi tratti in rivestimento più flessibile per consentire il passaggio graduale della corrente dal terreno naturale al rivestimento di progetto.

Per maggiori approfondimenti, si rimanda agli elaborati tipologici ad esse dedicati.

Nella successiva fase progettuale si provvederà a meglio definire le dimensioni dei massi, valutando la possibilità che il calcestruzzo possa deteriorarsi e che gli stessi possano perdere il legame cementizio.

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M					
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	75 di 76

13 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica degli interventi in progetto con il territorio ed è stata analizzata la sicurezza delle viabilità in progetto, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio idraulico più opportuni, garantendo la minima interferenza delle opere stradali con il normale deflusso delle acque.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto sono:

- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (Il ciclo di pianificazione) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA);
- Norme di Attuazione - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, aggiornamento 2015 – Regione Basilicata (P.A.I.);
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Puglia – 2005.

Nella Relazione del PAI sono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Dagli elaborati grafici annessi relativi alle carte di pericolosità idraulica si evince come le infrastrutture stradali in progetto siano sempre esterne alla perimetrazione del PAI.

Alla luce delle precedenti considerazioni, le configurazioni finali di progetto risultano idraulicamente compatibili con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.

Le interferenze delle soluzioni progettuali analizzate con le aree P.A.I. e P.G.R.A. sono riportate all'interno dei seguenti elaborati:

- Planimetria PAI/PGRA - Tav. 1/2 - IABH00F78P3ID0002001A
- Planimetria PAI/PGRA - Tav. 2/2 - IABH00F78P3ID0002002A



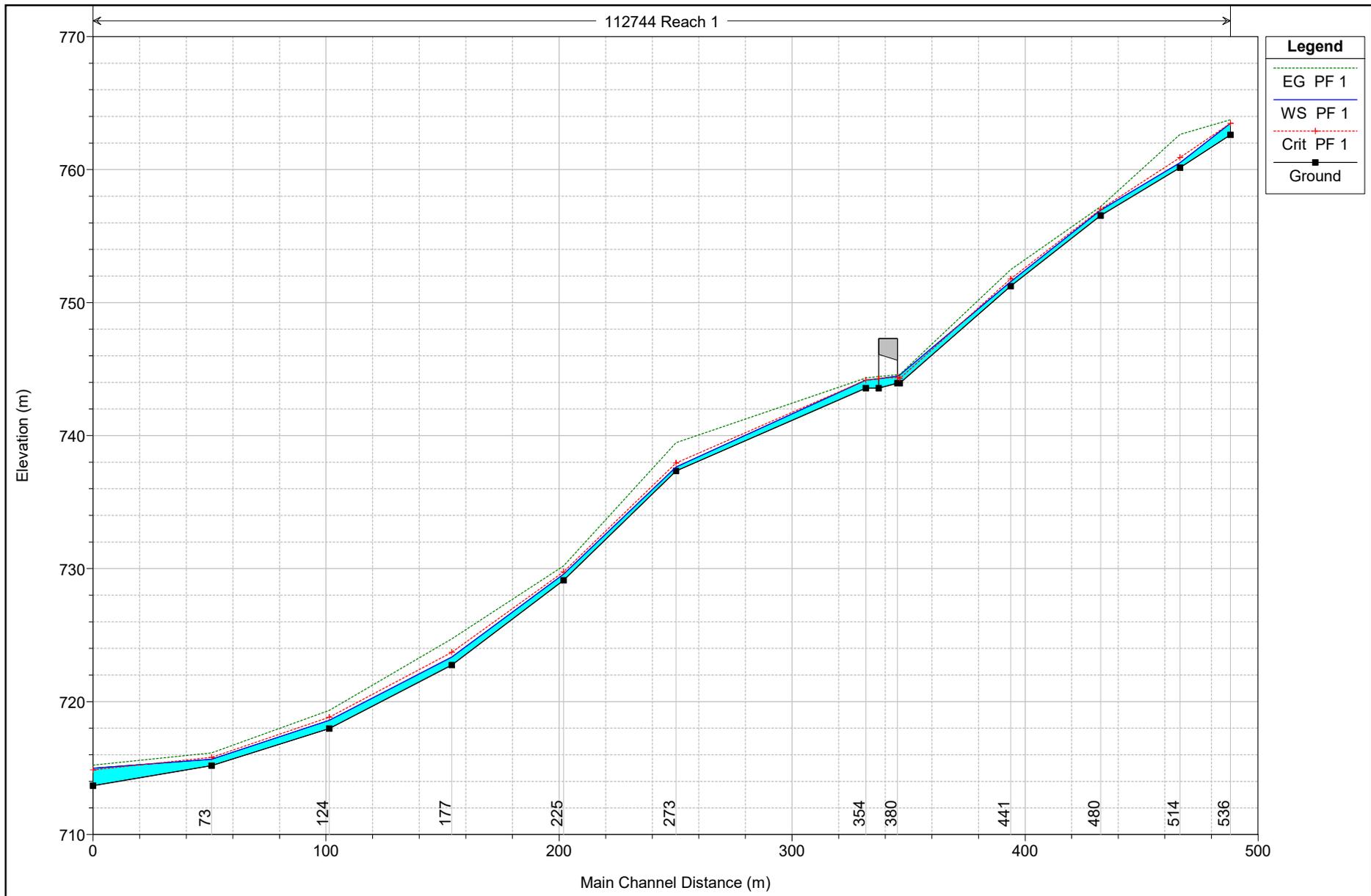
LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-
POTENZA
ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE – POSIZIONAMENTO DELLE
APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA
MAGGIORE A 1.000 M

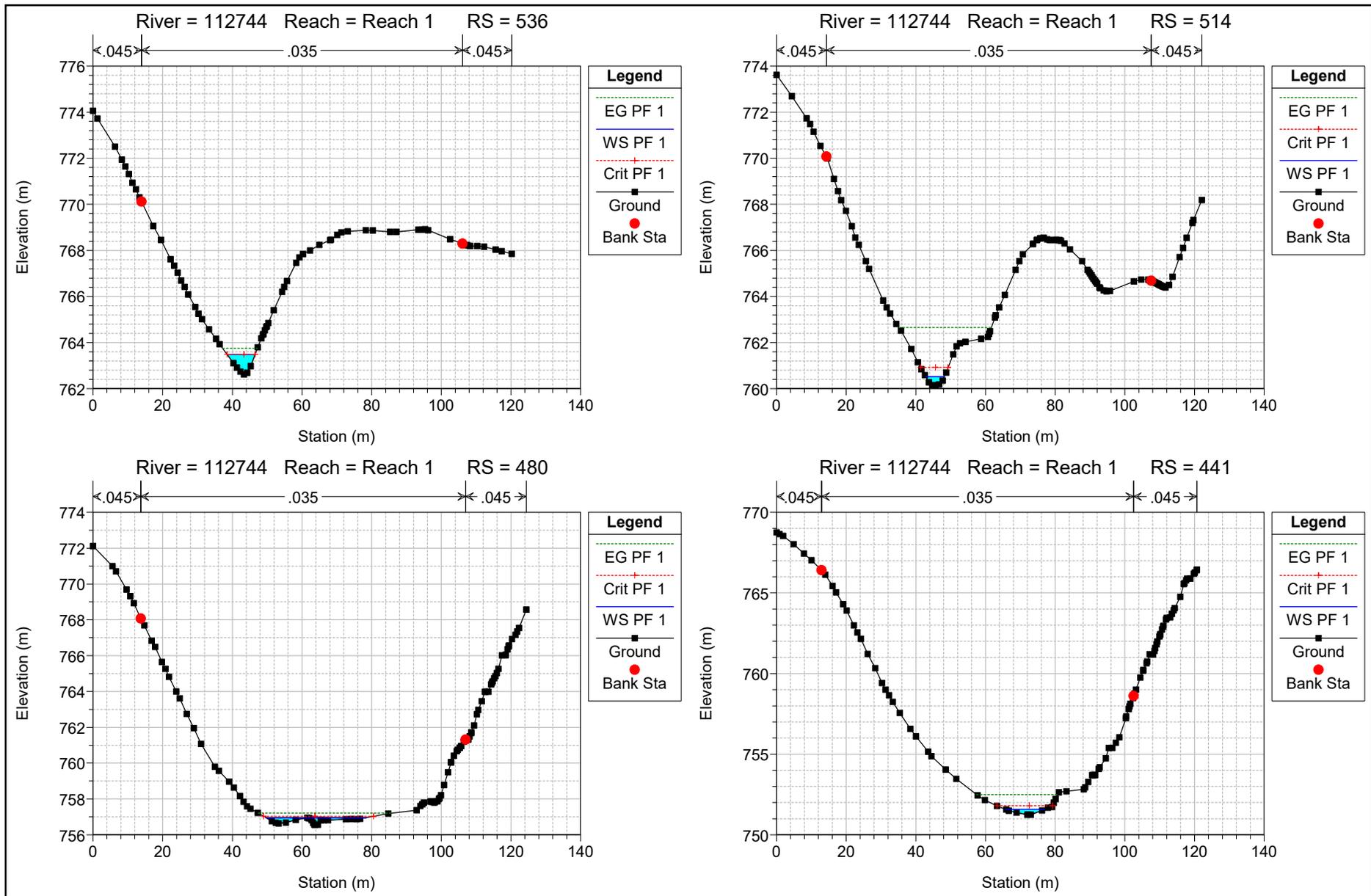
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

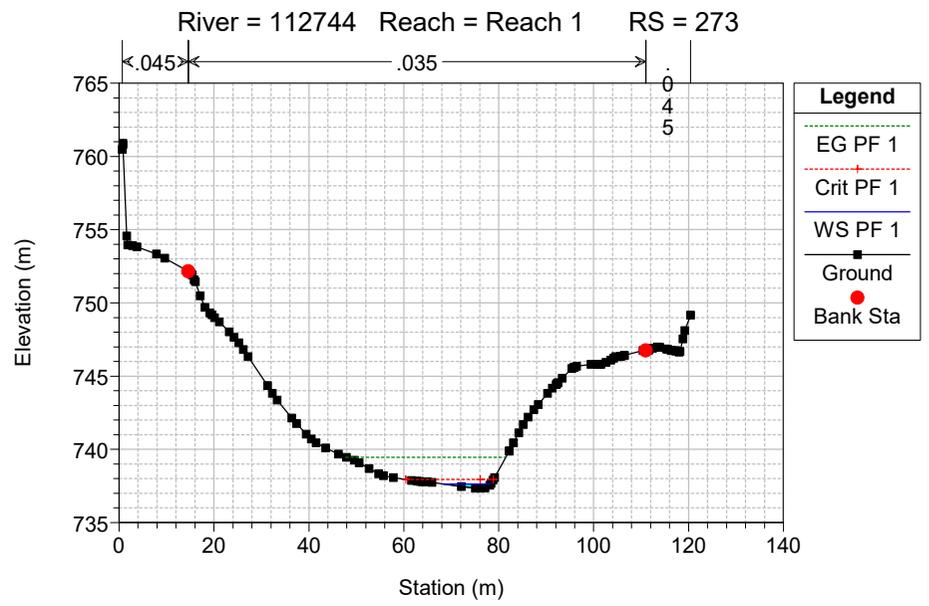
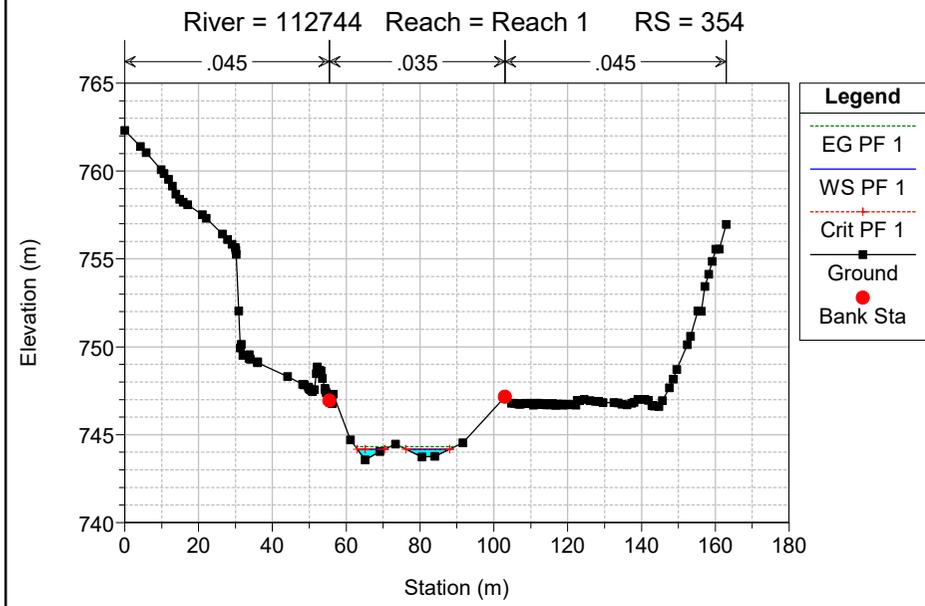
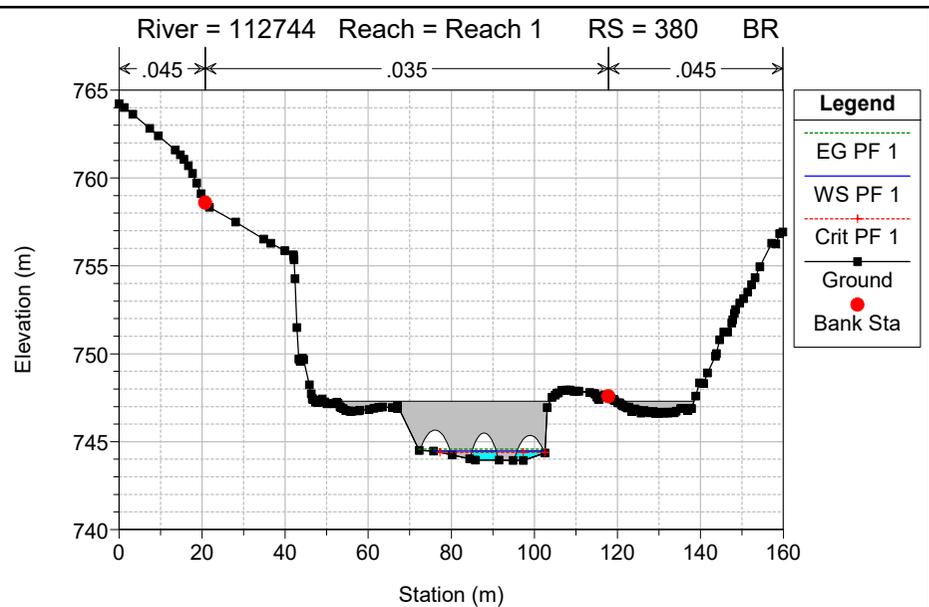
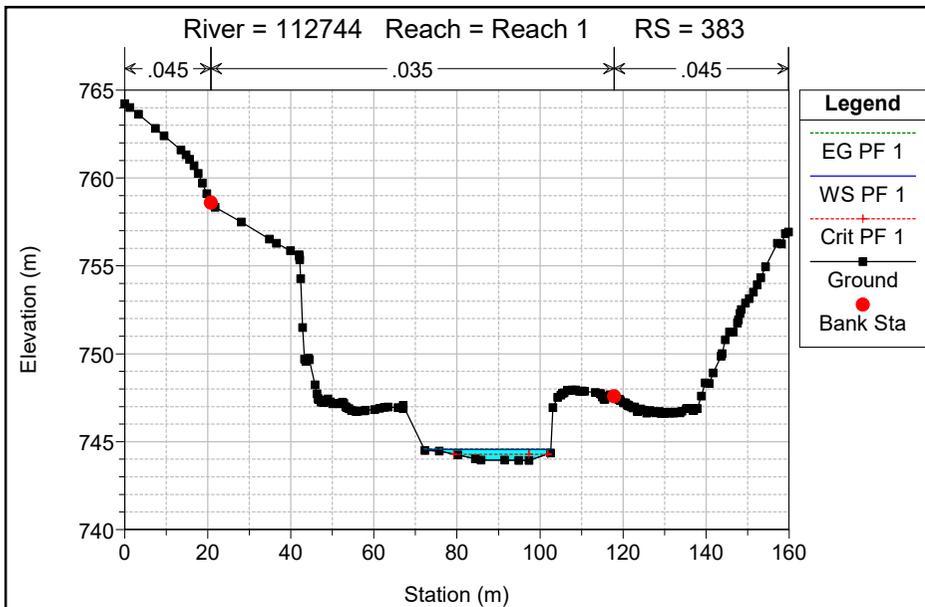
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IABH	00	F 78	RI ID 00 02 001	A	76 di 76

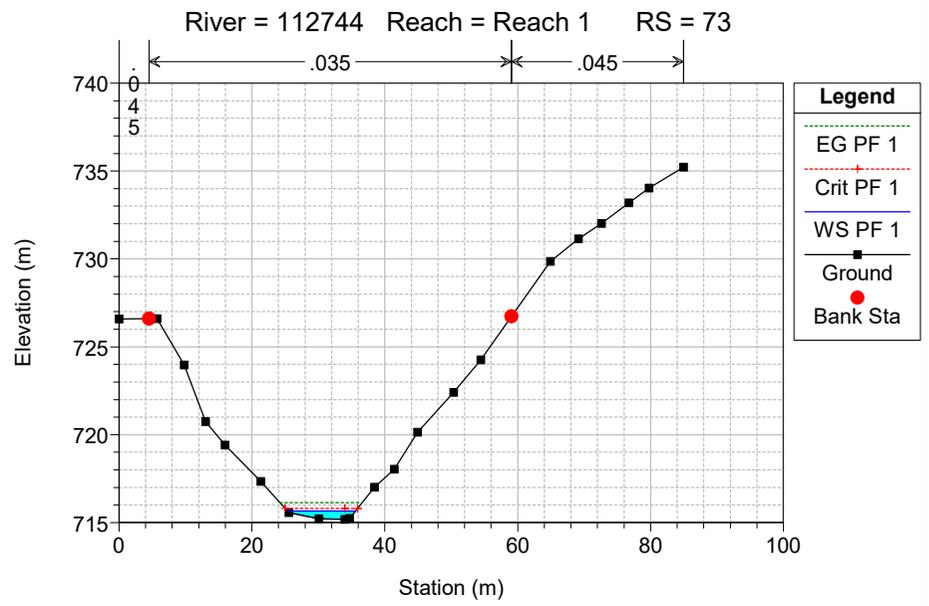
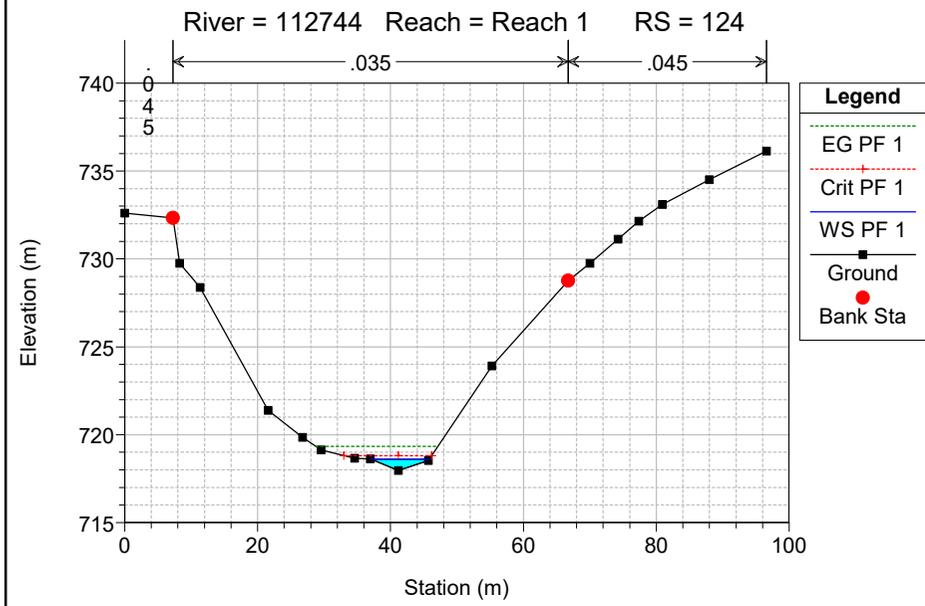
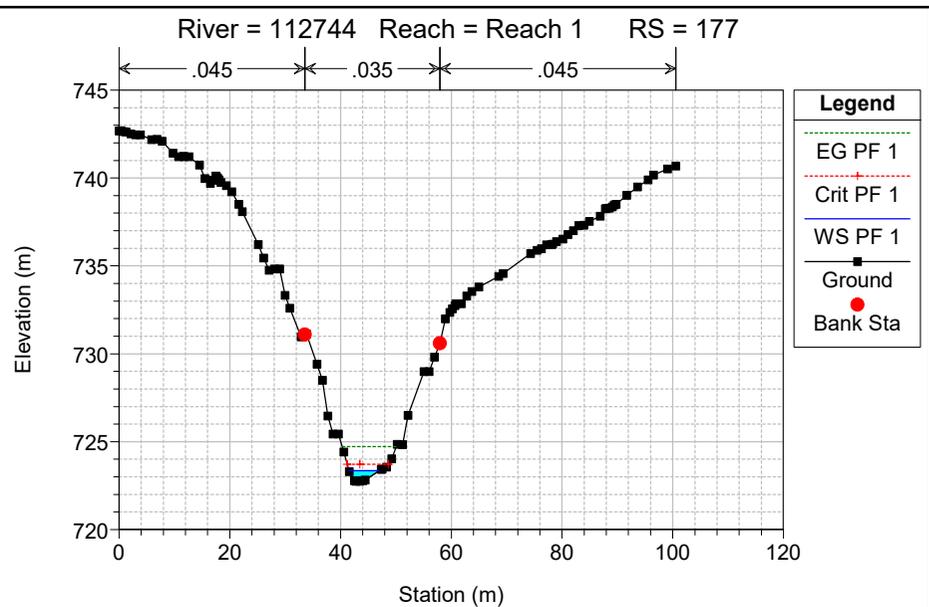
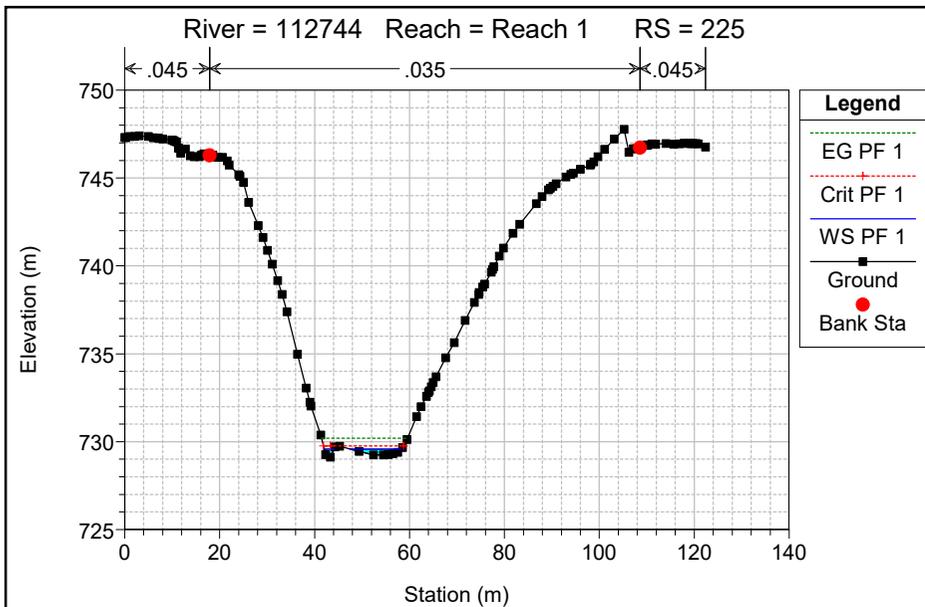
14 ALLEGATO A – SEZIONI DEL MODELLO HEC RAS

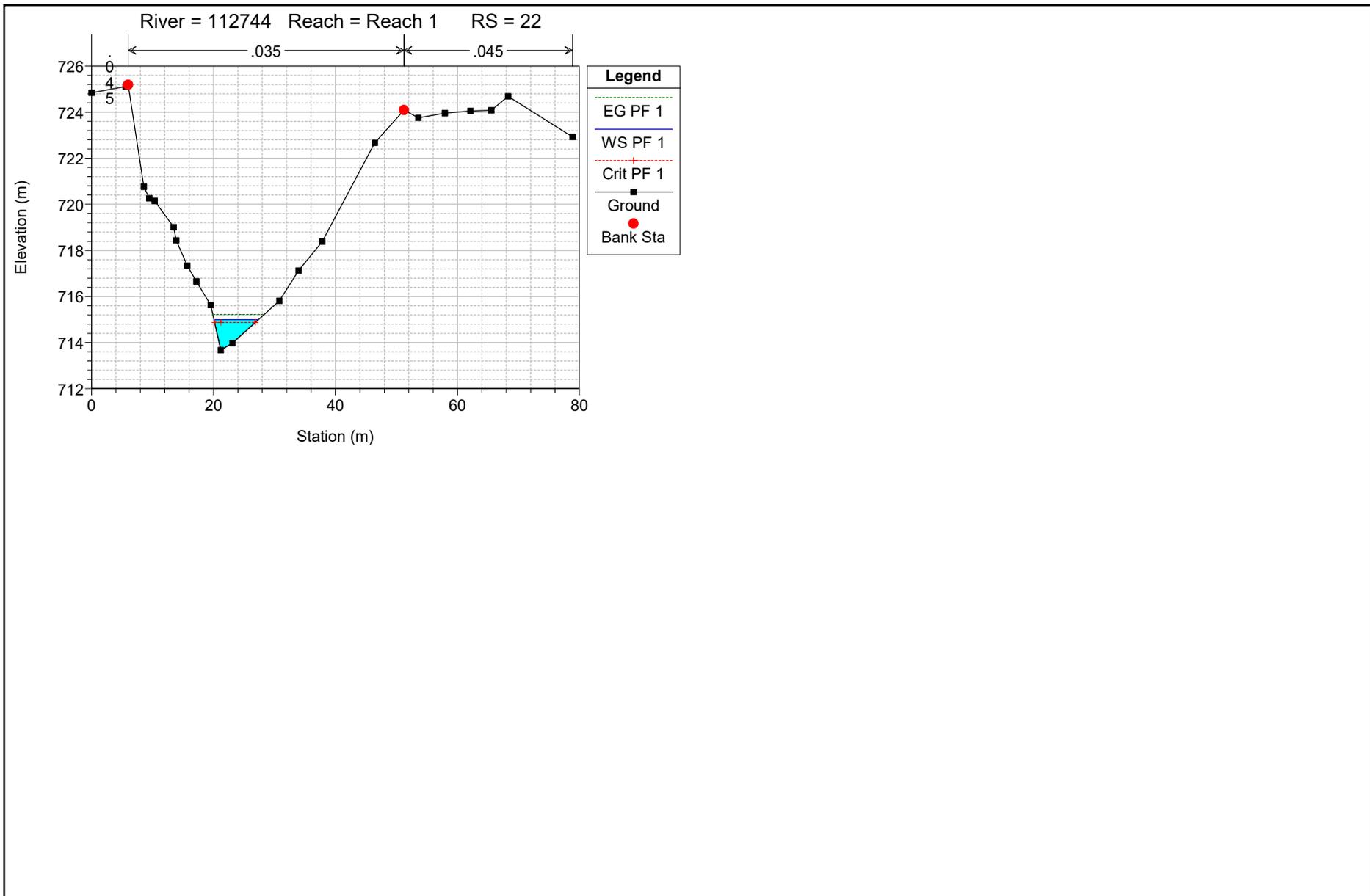
Galleria Pietracolpa
PK 112+744.65
ANTE OPERAM







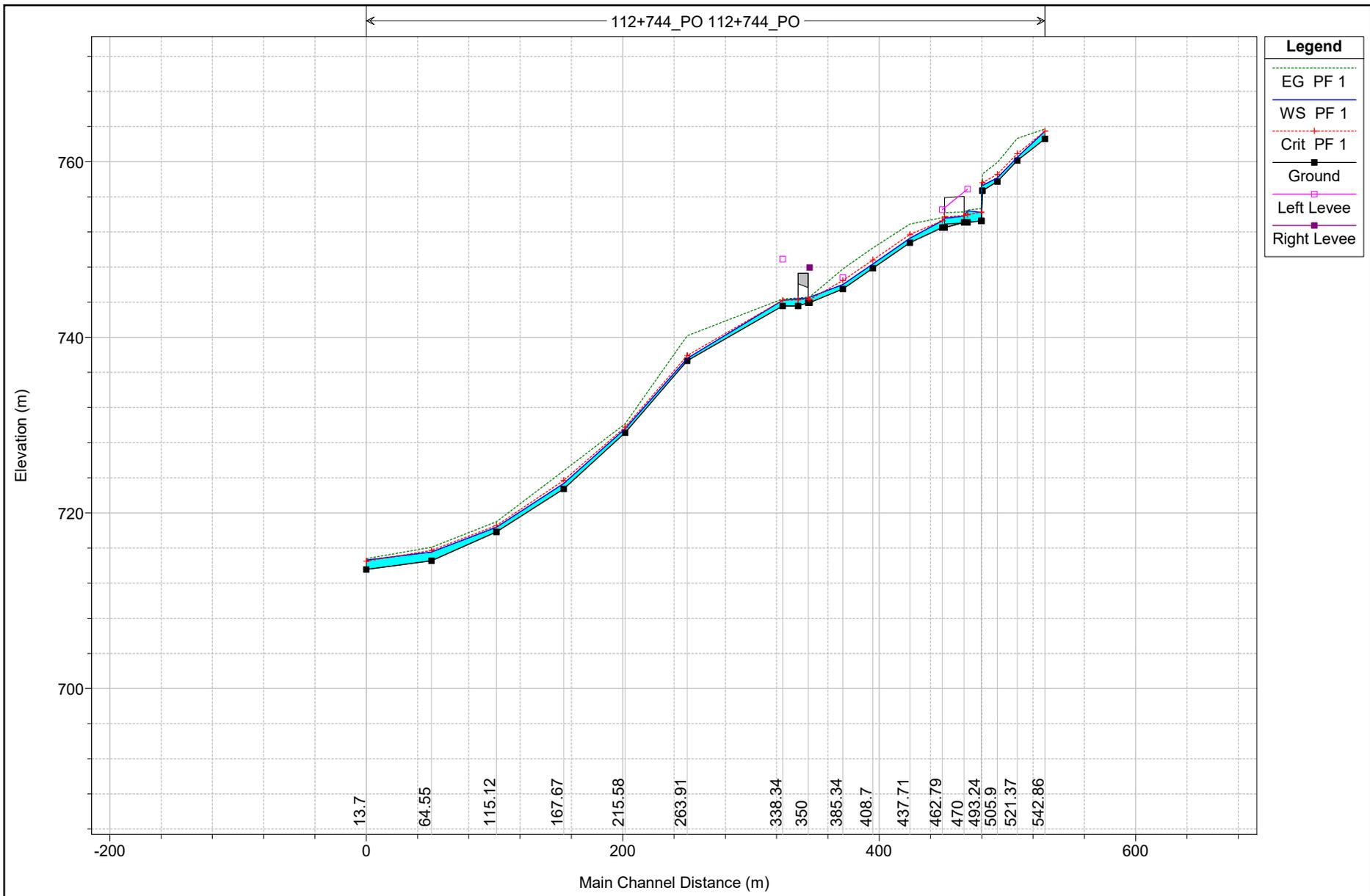


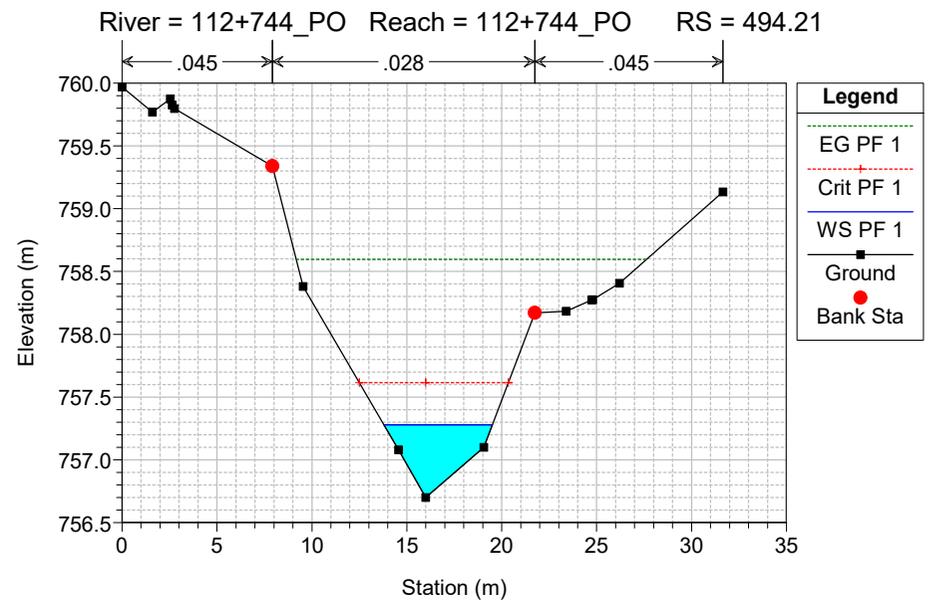
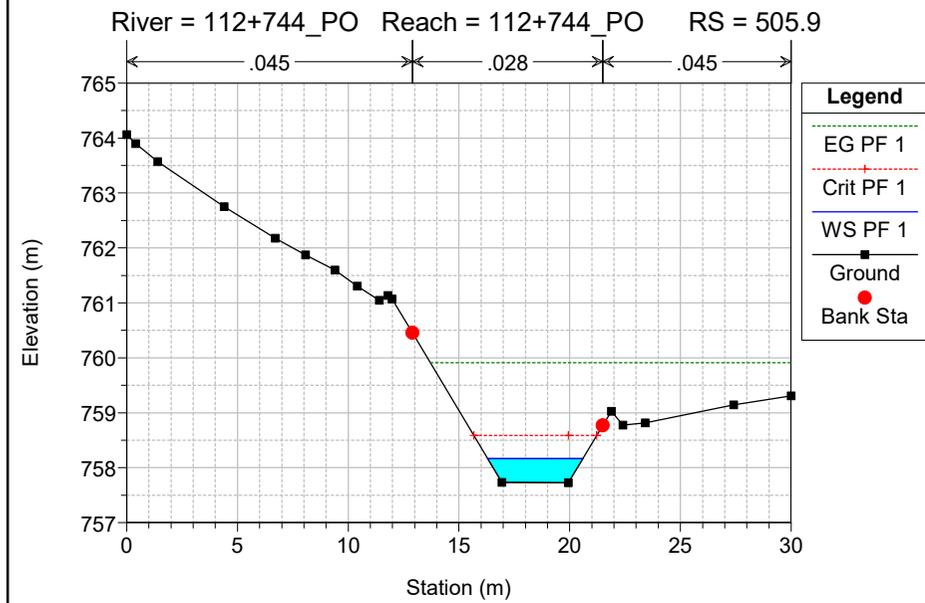
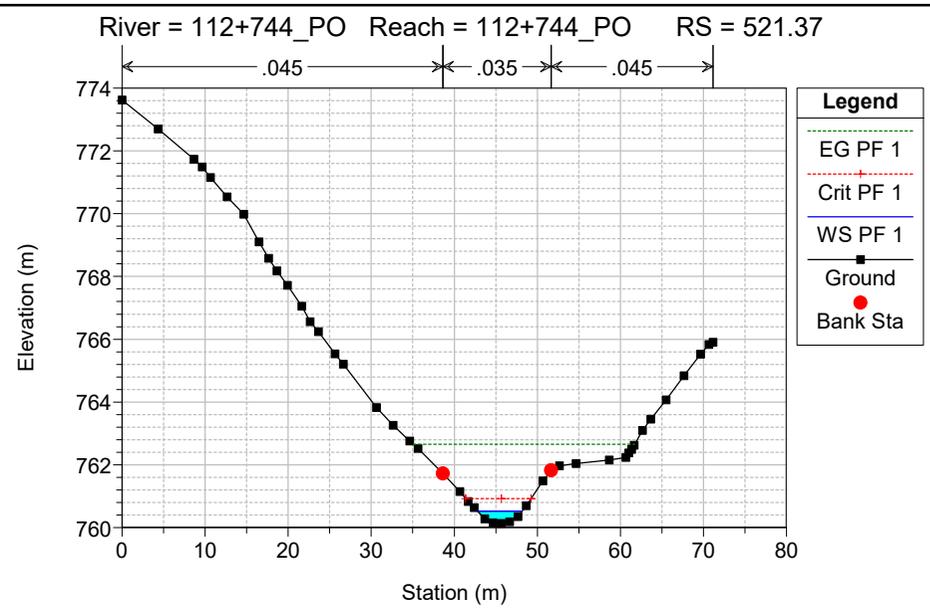
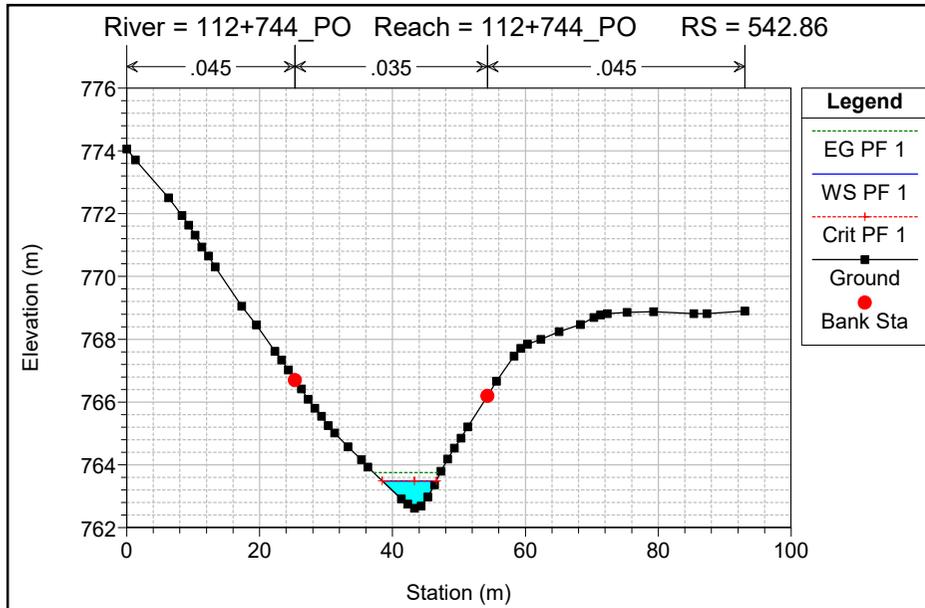


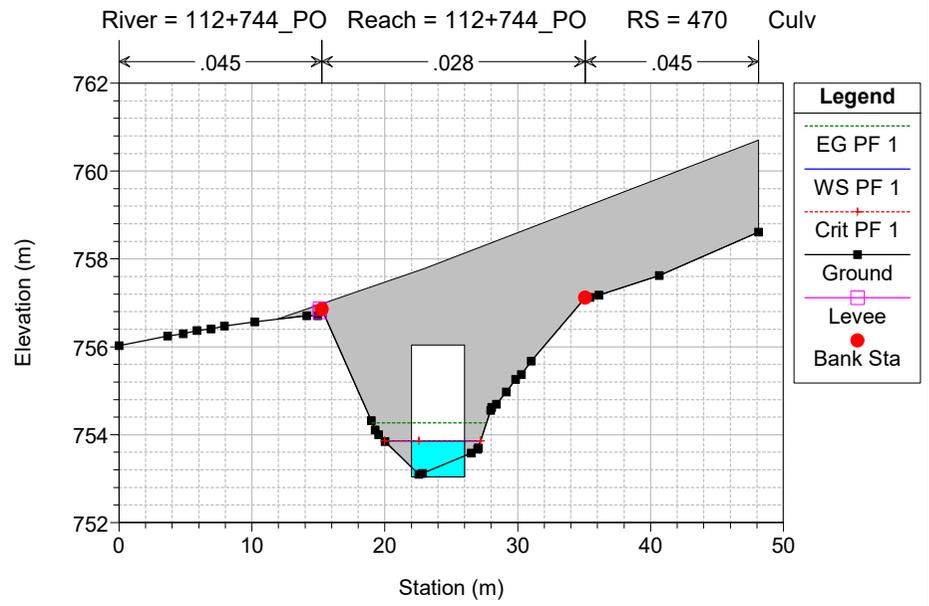
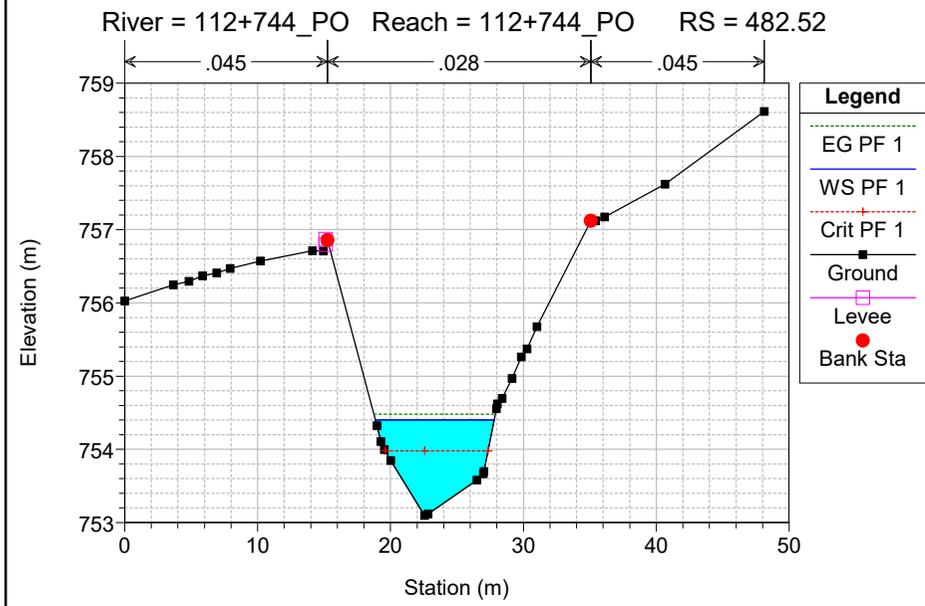
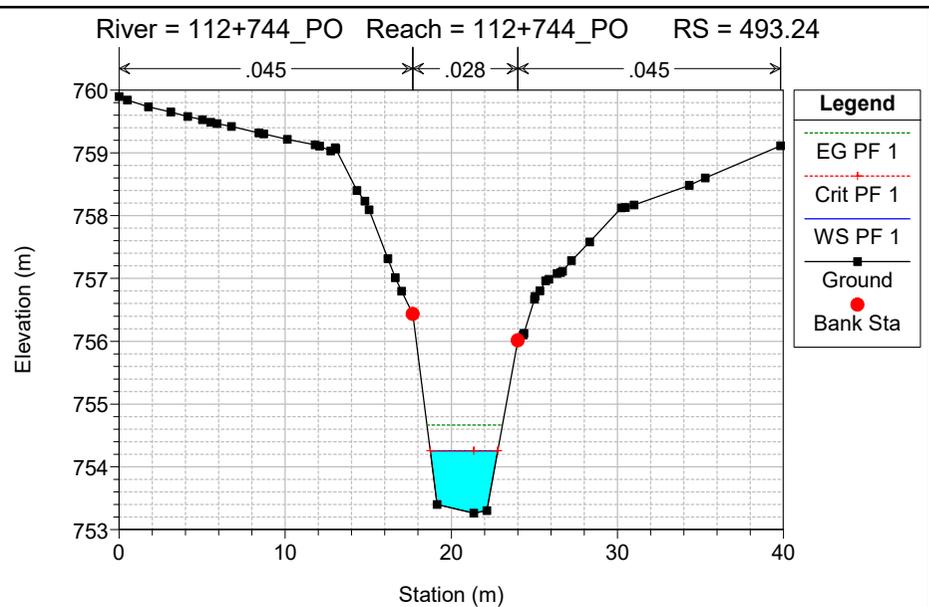
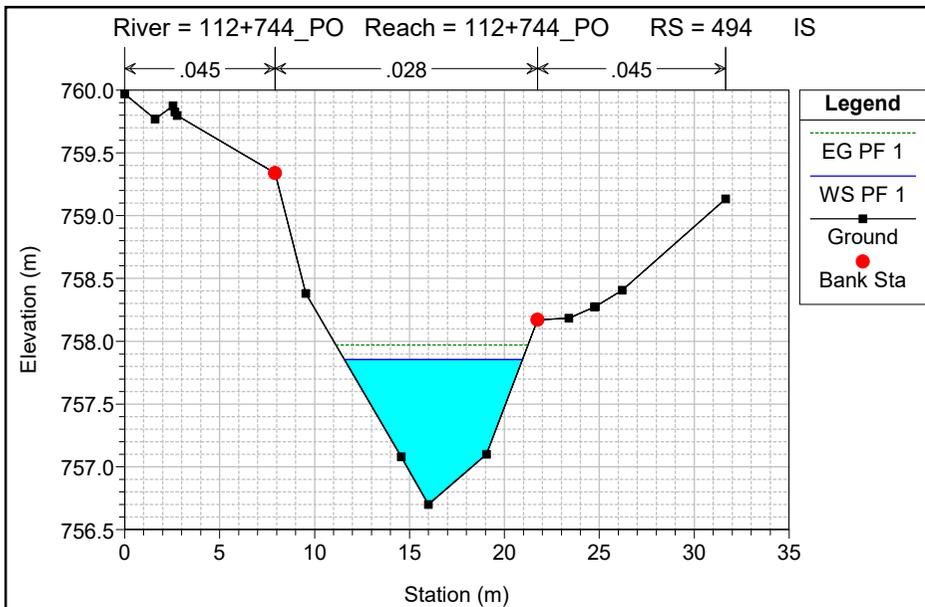
HEC-RAS Plan: ANTE OPERAM_re01 River: 112744 Reach: Reach 1 Profile: PF 1

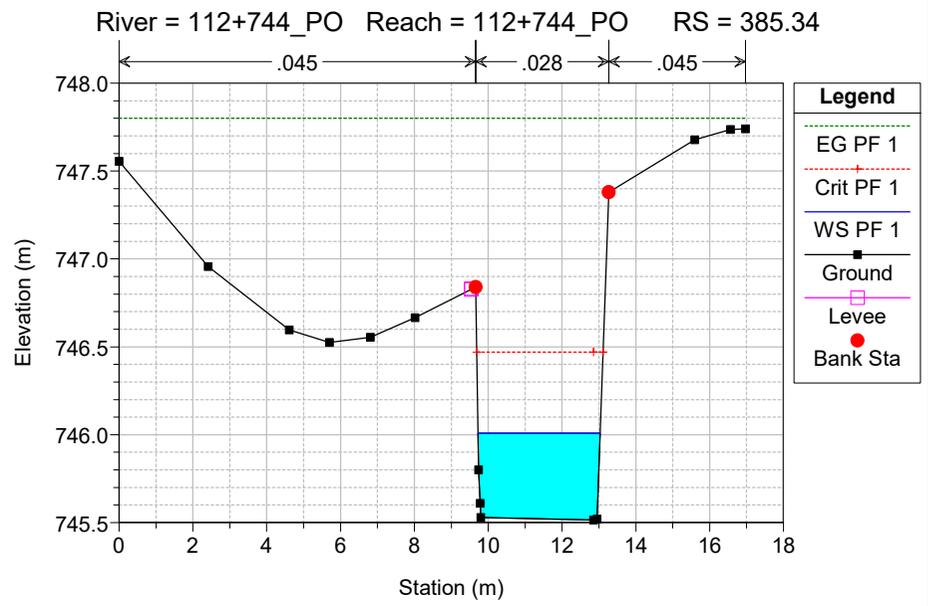
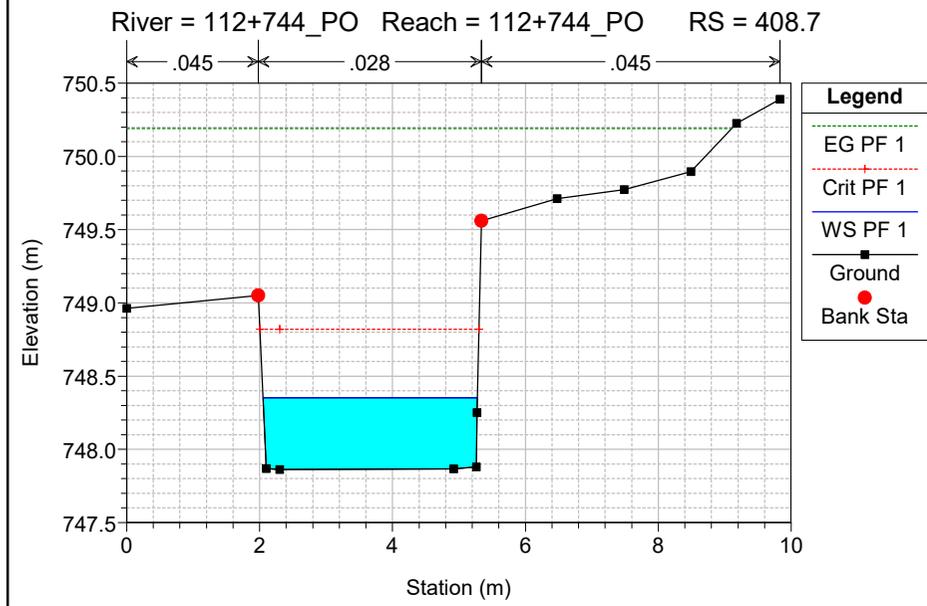
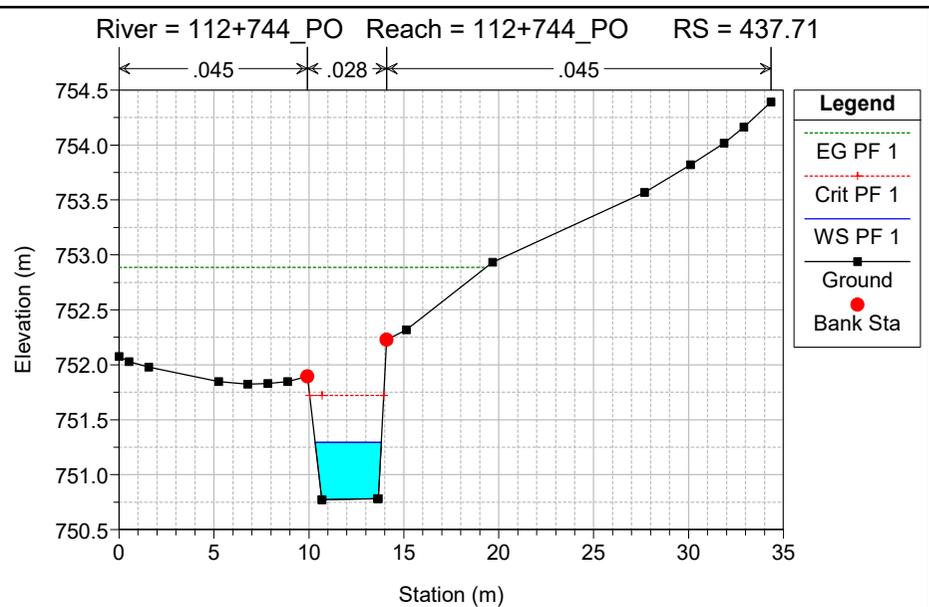
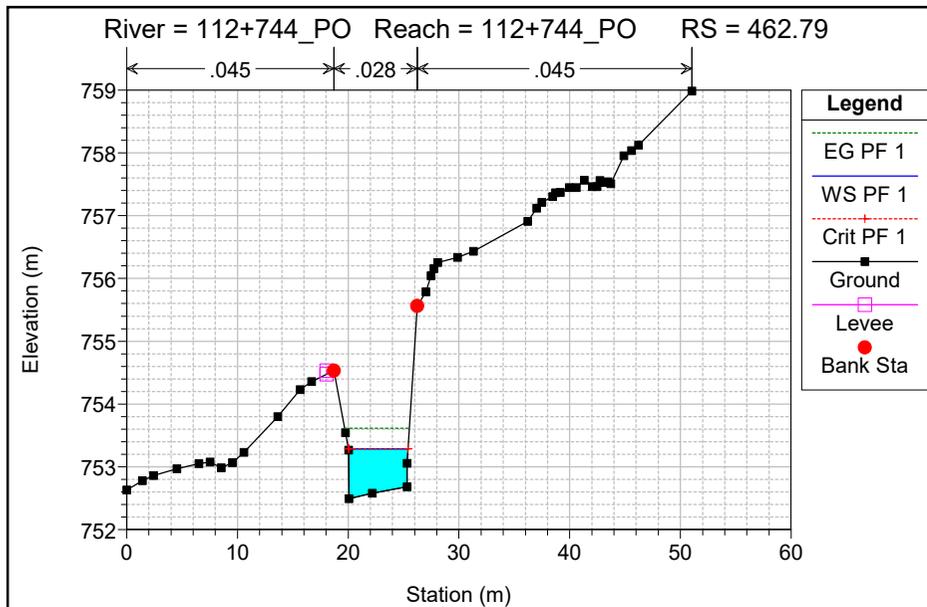
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	536	PF 1	9.33	762.61	763.49	763.49	763.75	0.015882	2.26	4.14	8.12	1.01
Reach 1	514	PF 1	9.33	760.14	760.52	760.92	762.66	0.302044	6.47	1.44	5.36	3.99
Reach 1	480	PF 1	9.33	756.55	756.95	757.03	757.21	0.083222	2.25	4.14	28.80	1.90
Reach 1	441	PF 1	9.33	751.24	751.58	751.79	752.49	0.190712	4.22	2.21	11.19	3.04
Reach 1	383	PF 1	9.33	743.94	744.57	744.29	744.59	0.001892	0.71	13.19	30.50	0.34
Reach 1	380			Bridge								
Reach 1	354	PF 1	9.33	743.57	744.18	744.18	744.32	0.019054	1.70	5.50	19.32	1.02
Reach 1	273	PF 1	10.85	737.34	737.64	737.93	739.46	0.431771	5.98	1.81	10.04	4.50
Reach 1	225	PF 1	10.85	729.12	729.58	729.77	730.20	0.101568	3.48	3.12	12.87	2.26
Reach 1	177	PF 1	10.85	722.74	723.35	723.71	724.72	0.126063	5.19	2.09	5.49	2.69
Reach 1	124	PF 1	10.85	717.97	718.60	718.81	719.33	0.079567	3.80	2.85	8.71	2.12
Reach 1	73	PF 1	10.85	715.19	715.65	715.80	716.14	0.049296	3.08	3.52	10.26	1.68
Reach 1	22	PF 1	10.85	713.67	714.99	714.87	715.22	0.010005	2.12	5.12	7.28	0.81

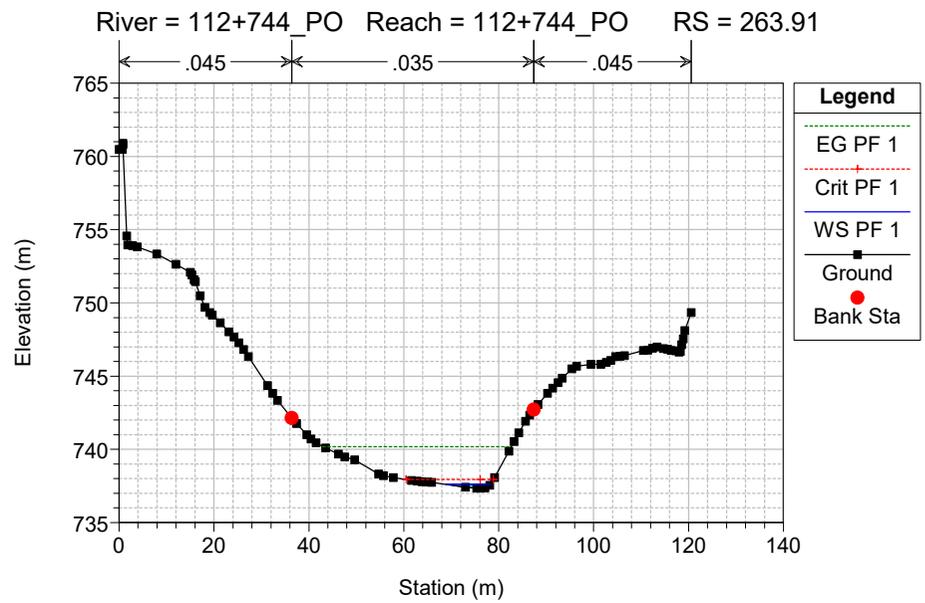
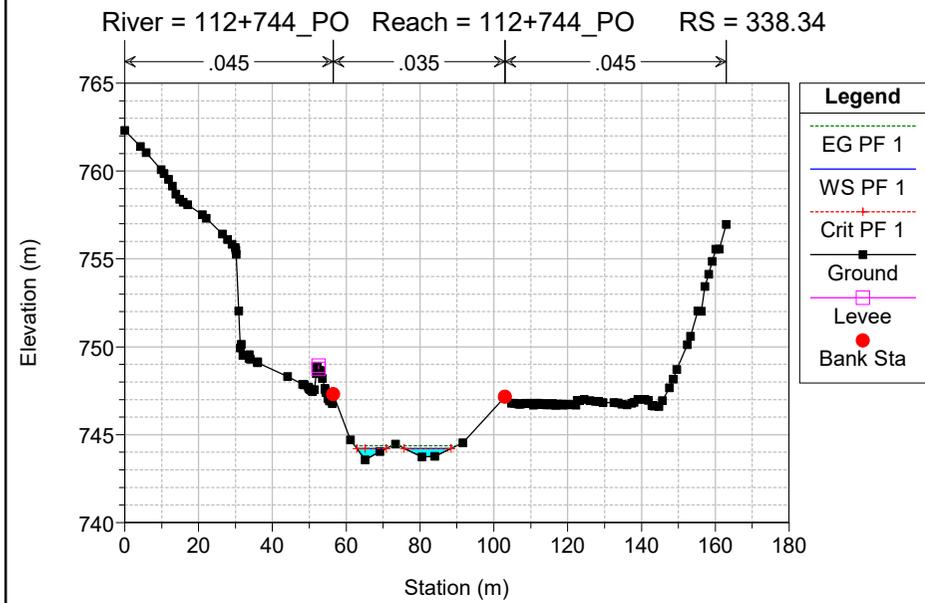
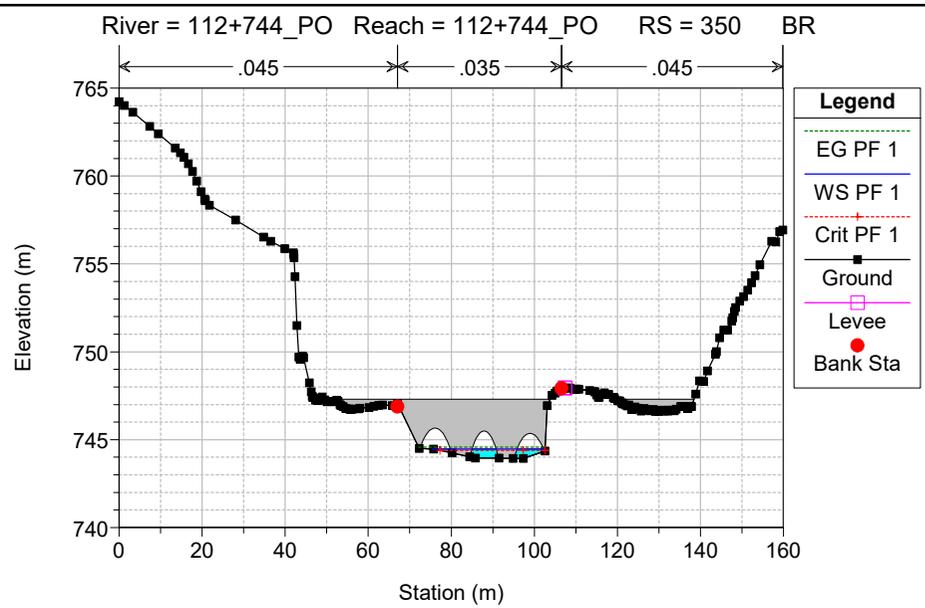
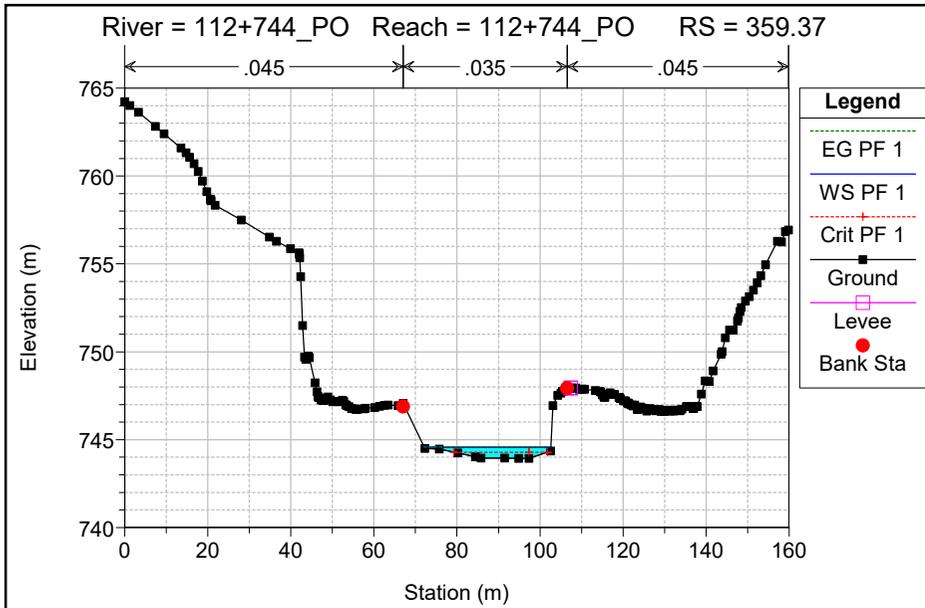
Galleria Pietracolpa
PK 112+744.65
POST OPERAM

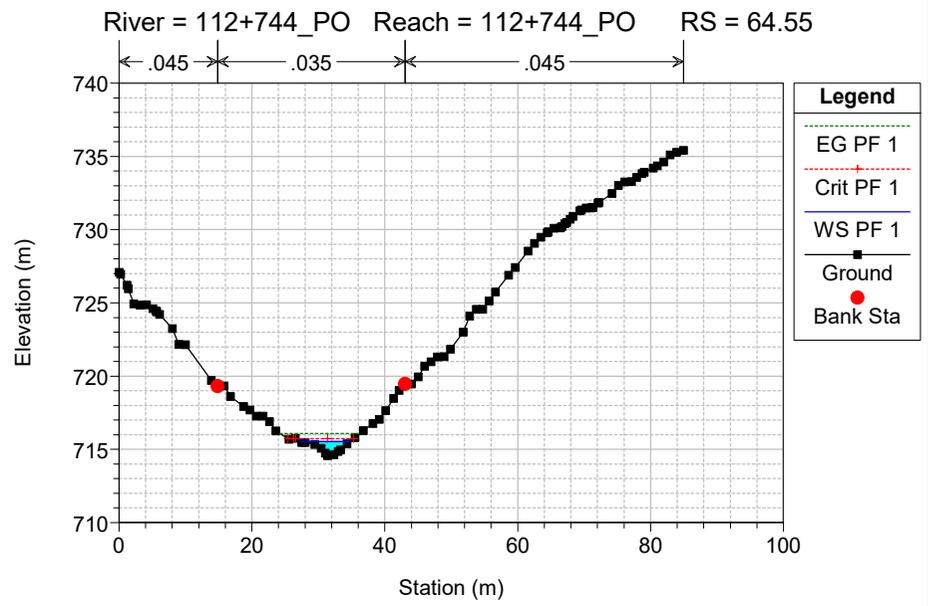
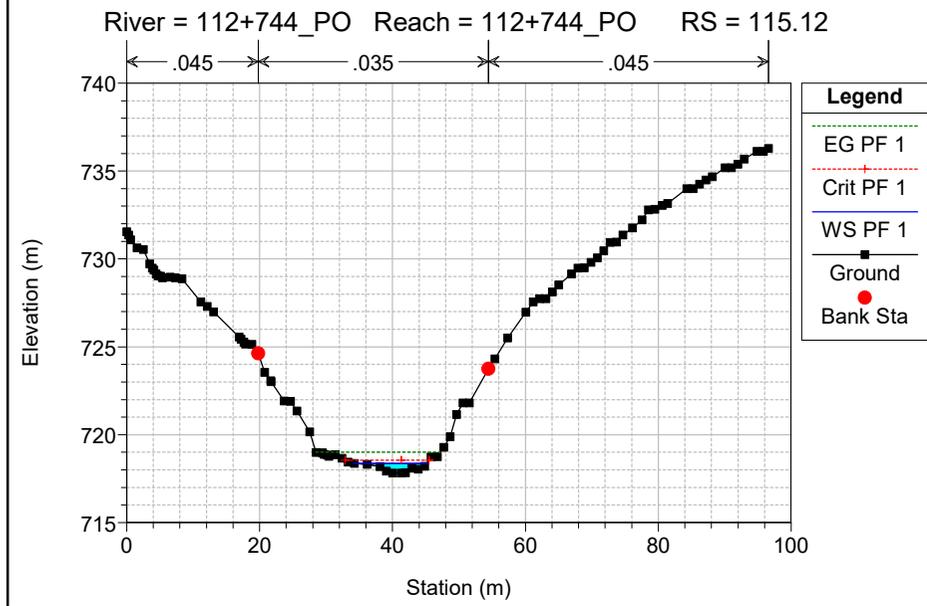
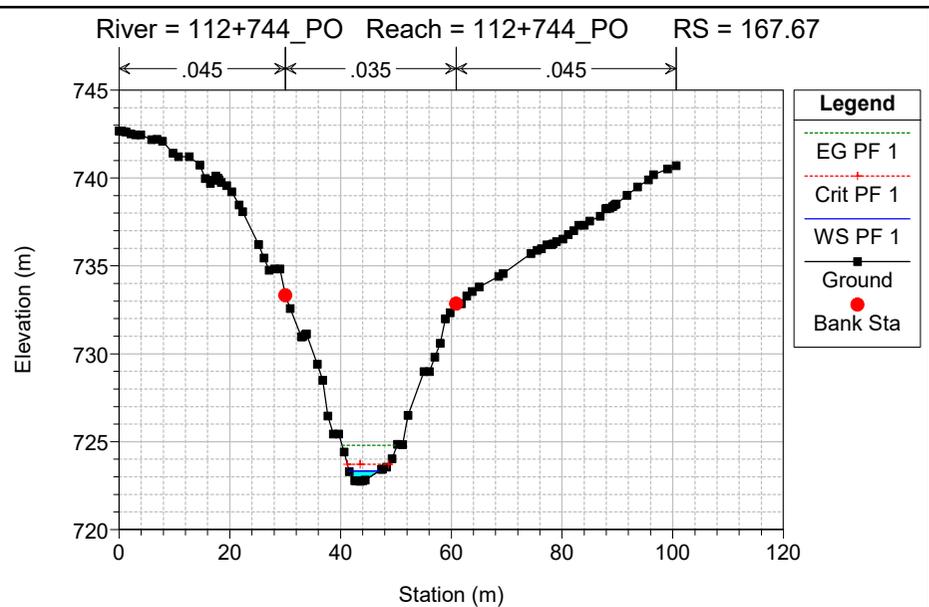
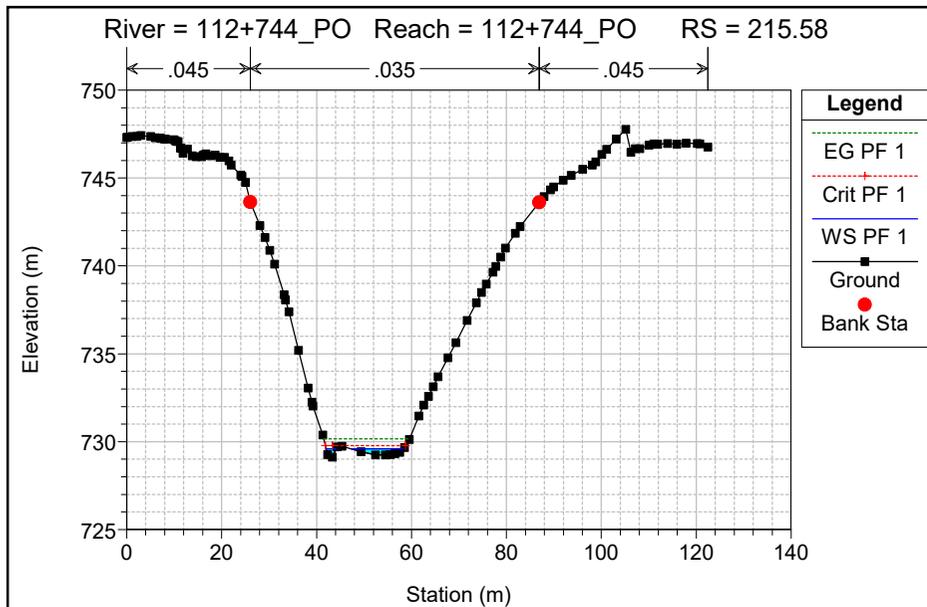


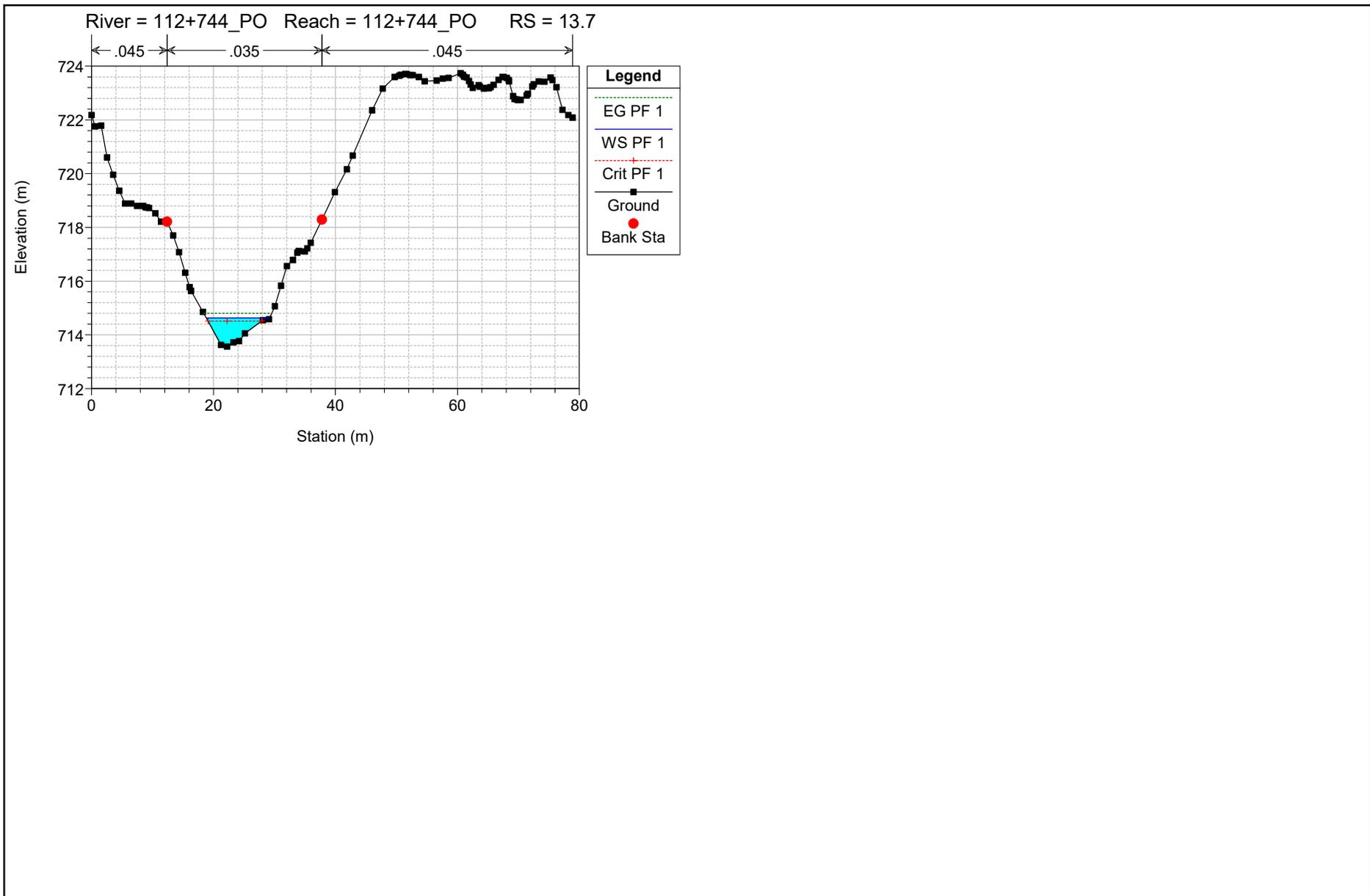








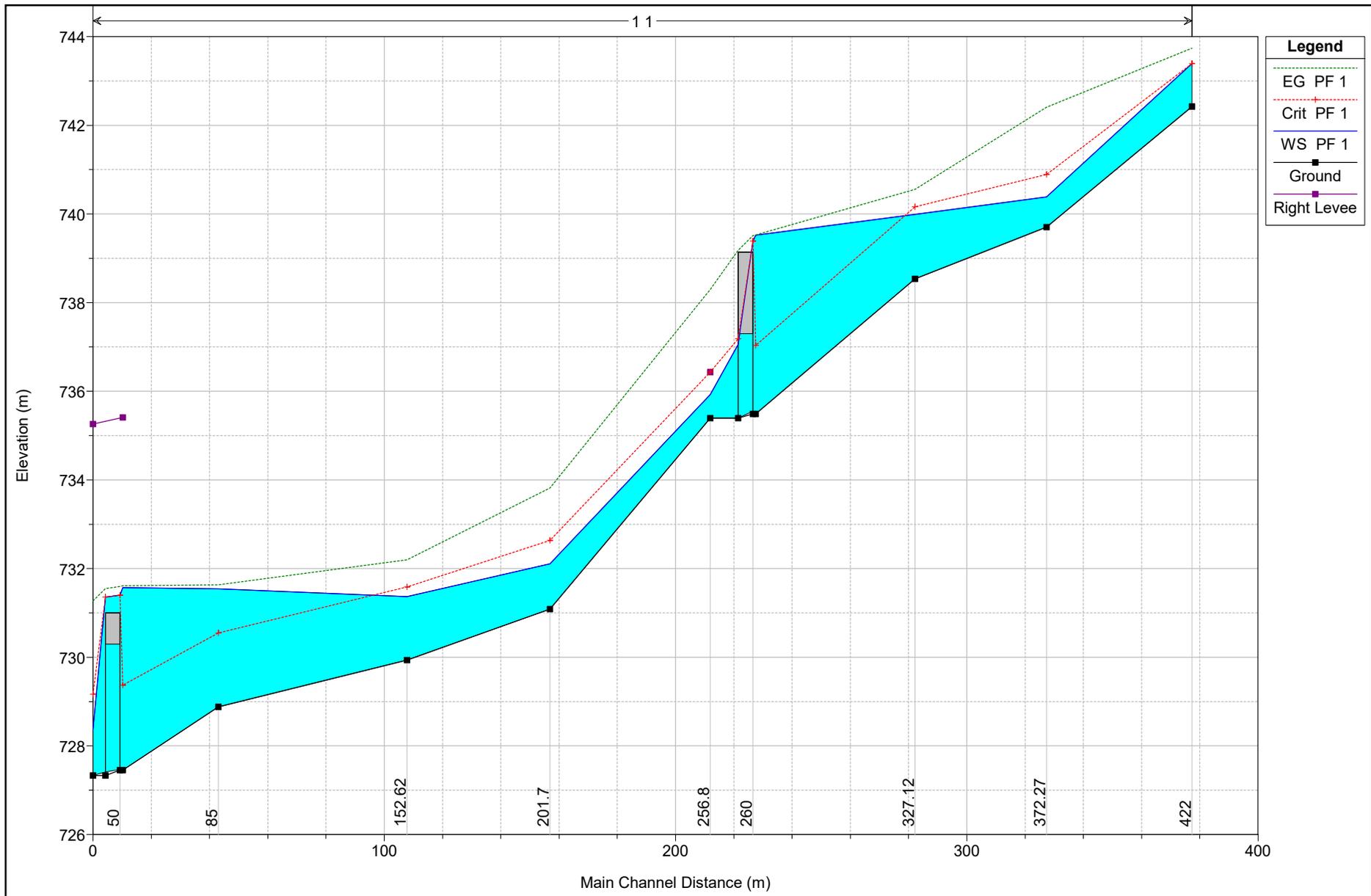


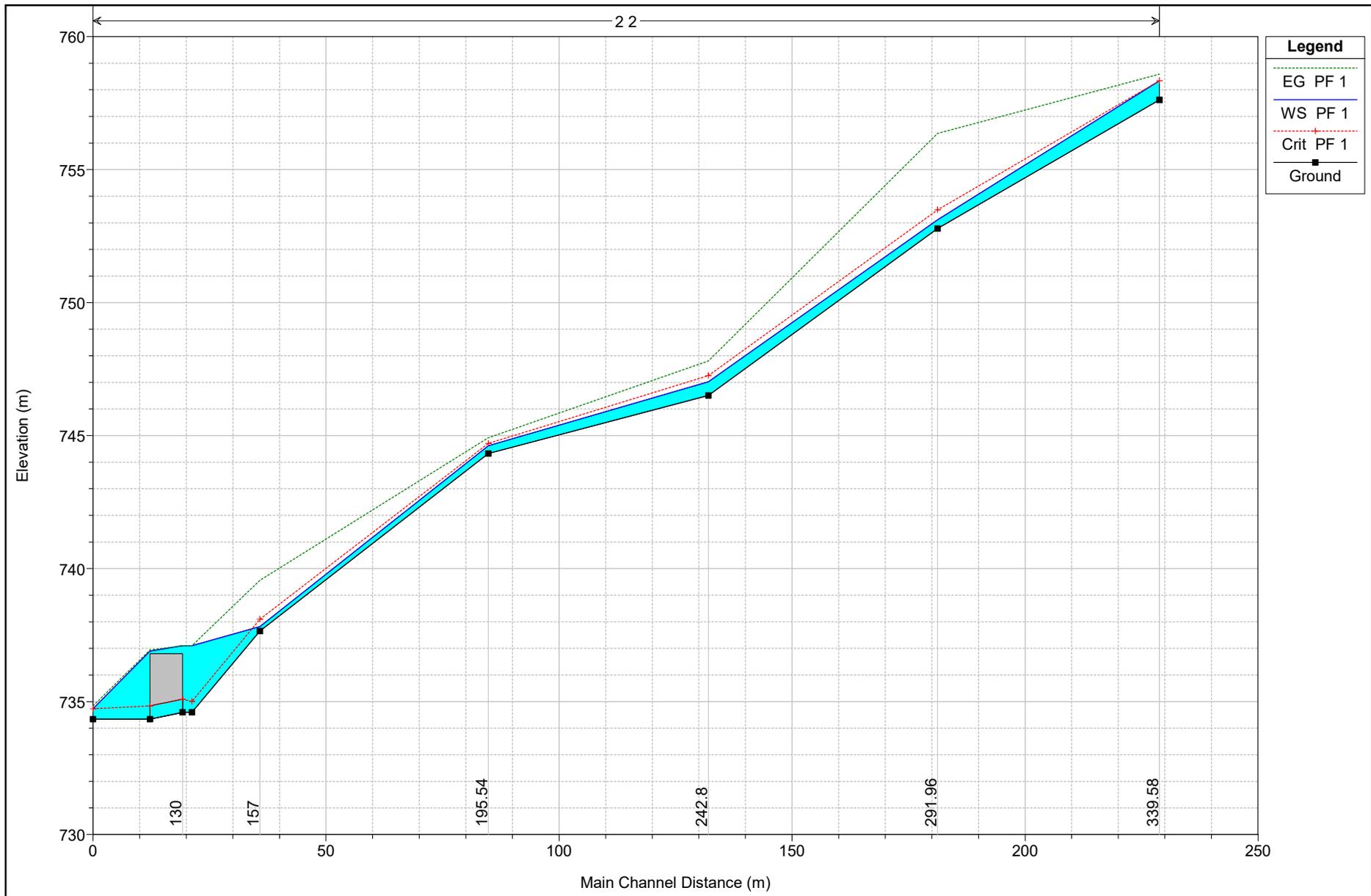


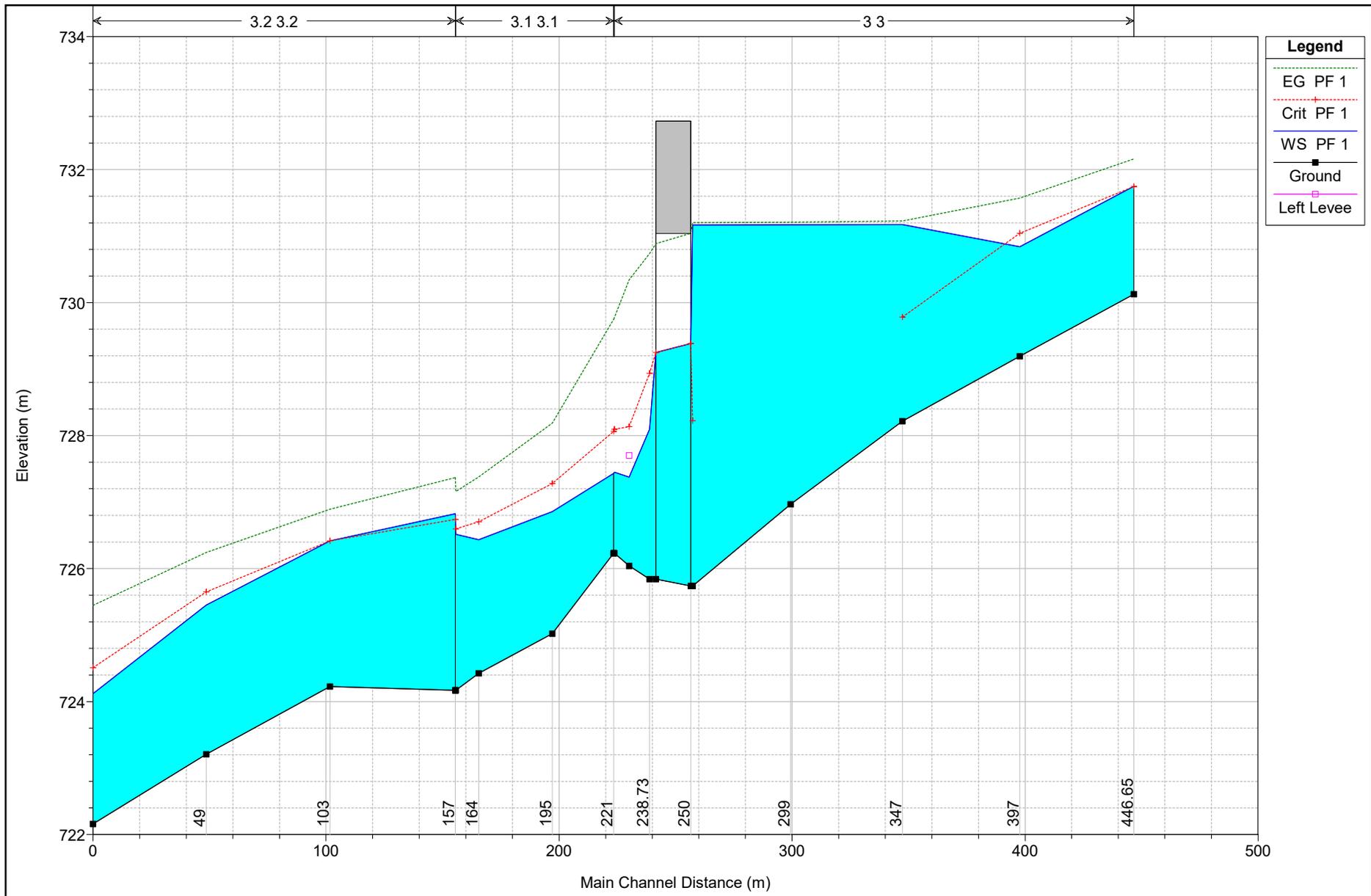
HEC-RAS Plan: POST OPERAM 4x3_RE10_SALTO River: 112+744_PO Reach: 112+744_PO Profile: PF 1

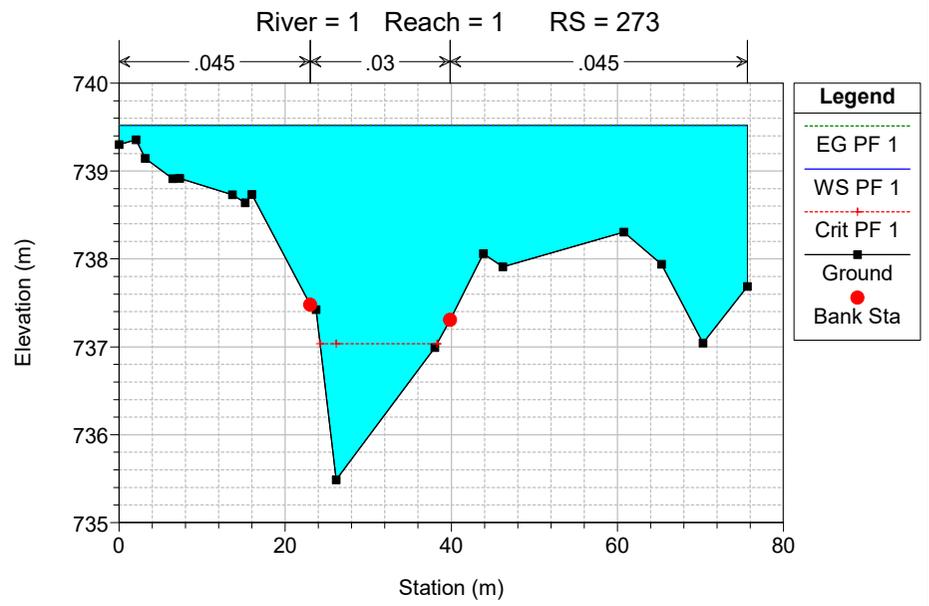
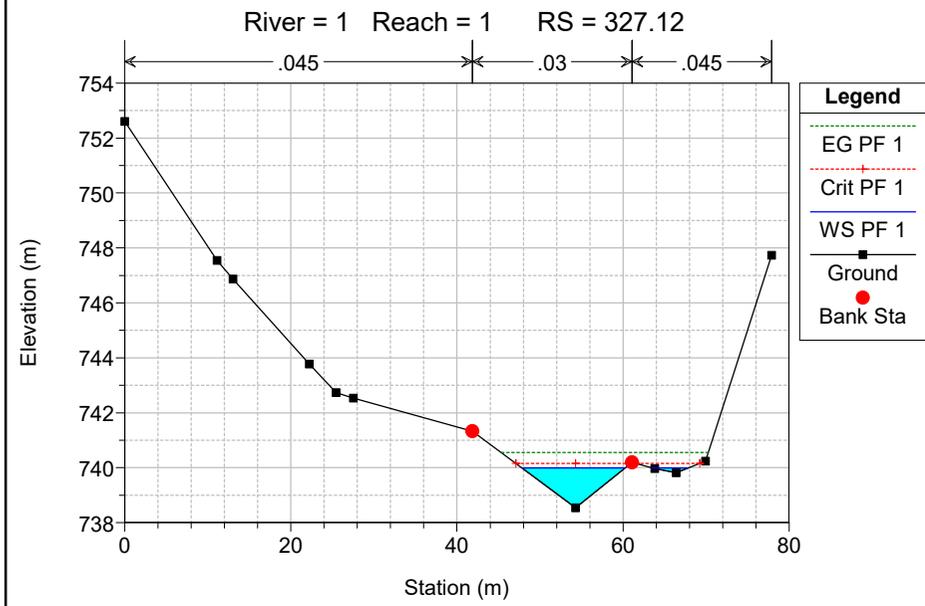
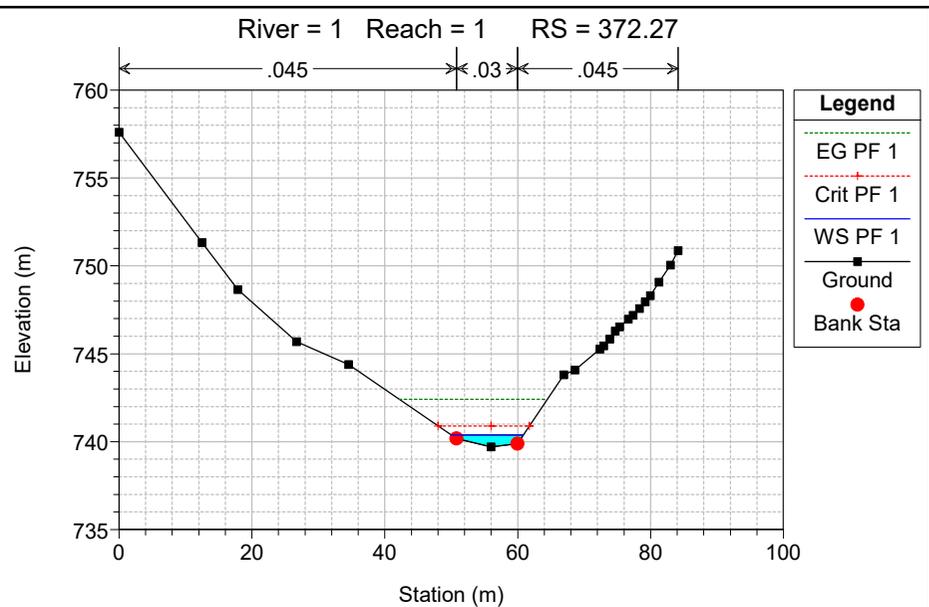
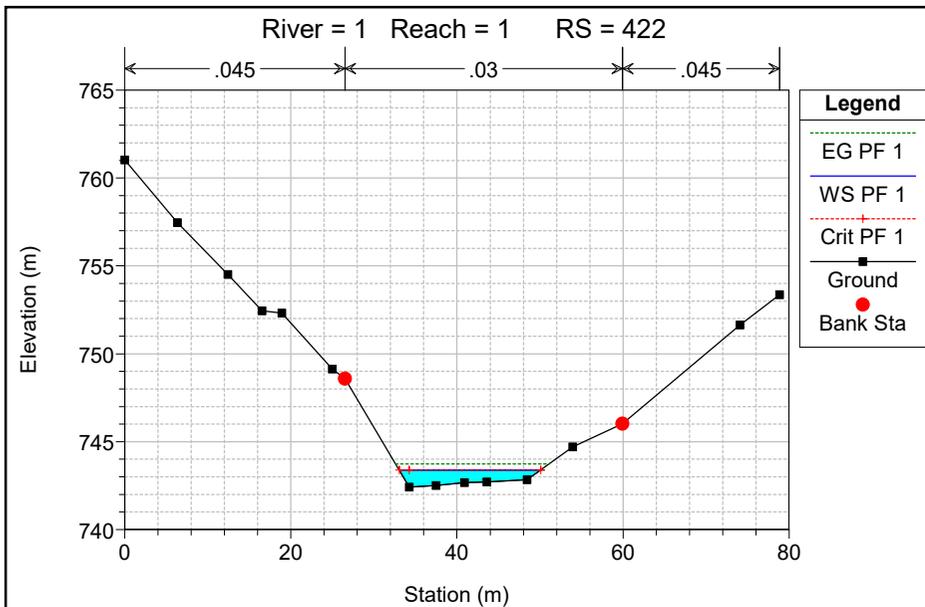
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
112+744_PO	542.86	PF 1	9.33	762.61	763.49	763.49	763.75	0.015933	2.26	4.13	8.13	1.01
112+744_PO	521.37	PF 1	9.33	760.14	760.52	760.92	762.66	0.300633	6.47	1.44	5.34	3.98
112+744_PO	505.9	PF 1	9.33	757.73	758.17	758.59	759.91	0.109117	5.85	1.60	4.30	3.07
112+744_PO	494.21	PF 1	9.33	756.70	757.28	757.62	758.60	0.094899	5.08	1.84	5.72	2.86
112+744_PO	494			Inl Struct								
112+744_PO	493.24	PF 1	9.33	753.26	754.25	754.25	754.66	0.011340	2.84	3.29	4.06	1.01
112+744_PO	482.52	PF 1	9.33	753.10	754.40	753.98	754.48	0.001561	1.22	7.65	8.95	0.42
112+744_PO	470			Culvert								
112+744_PO	462.79	PF 1	9.33	752.49	753.28	753.28	753.62	0.011346	2.55	3.66	5.39	0.99
112+744_PO	437.71	PF 1	9.33	750.77	751.29	751.72	752.89	0.082379	5.59	1.67	3.49	2.58
112+744_PO	408.7	PF 1	9.33	747.86	748.35	748.82	750.19	0.103688	6.00	1.55	3.22	2.76
112+744_PO	385.34	PF 1	9.33	745.51	746.01	746.47	747.80	0.099838	5.93	1.57	3.31	2.75
112+744_PO	359.37	PF 1	9.33	743.94	744.57	744.29	744.59	0.001866	0.70	13.25	30.51	0.34
112+744_PO	350			Bridge								
112+744_PO	338.34	PF 1	10.85	743.57	744.22	744.22	744.37	0.017776	1.72	6.32	20.69	0.99
112+744_PO	263.91	PF 1	10.85	737.34	737.61	737.93	740.19	0.696832	7.12	1.52	9.32	5.62
112+744_PO	215.58	PF 1	10.85	729.12	729.59	729.77	730.16	0.090095	3.34	3.25	13.08	2.14
112+744_PO	167.67	PF 1	10.85	722.74	723.34	723.71	724.80	0.137369	5.36	2.03	5.43	2.80
112+744_PO	115.12	PF 1	10.85	717.82	718.37	718.56	719.00	0.083662	3.51	3.09	10.99	2.12
112+744_PO	64.55	PF 1	10.85	714.56	715.54	715.73	716.09	0.041486	3.28	3.31	7.49	1.57
112+744_PO	13.7	PF 1	10.85	713.57	714.62	714.51	714.81	0.010015	1.89	5.73	10.33	0.81

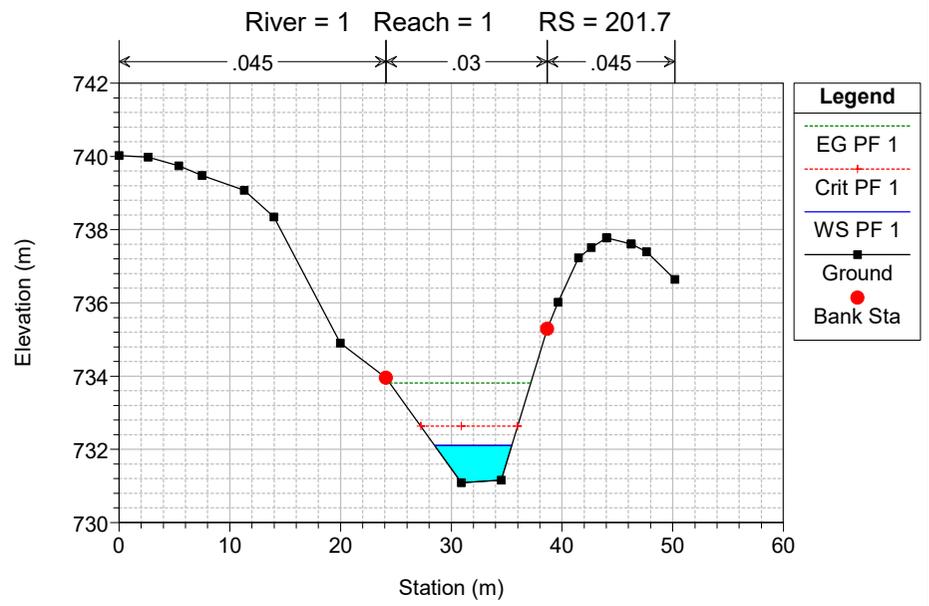
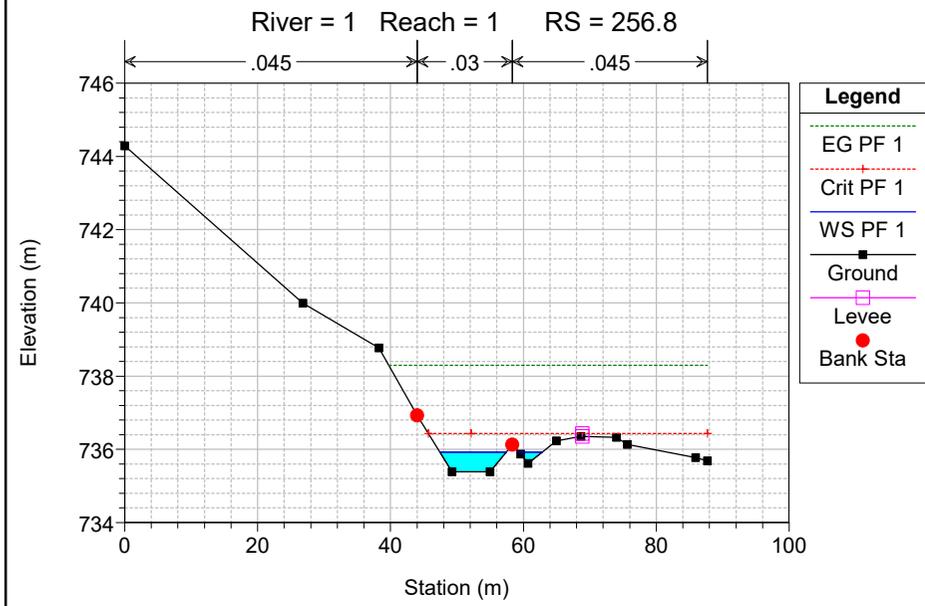
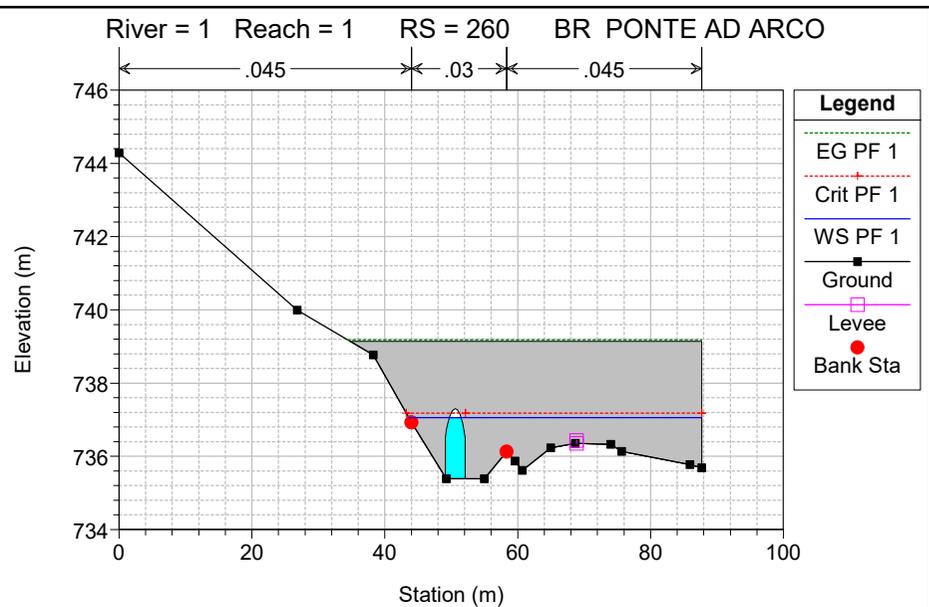
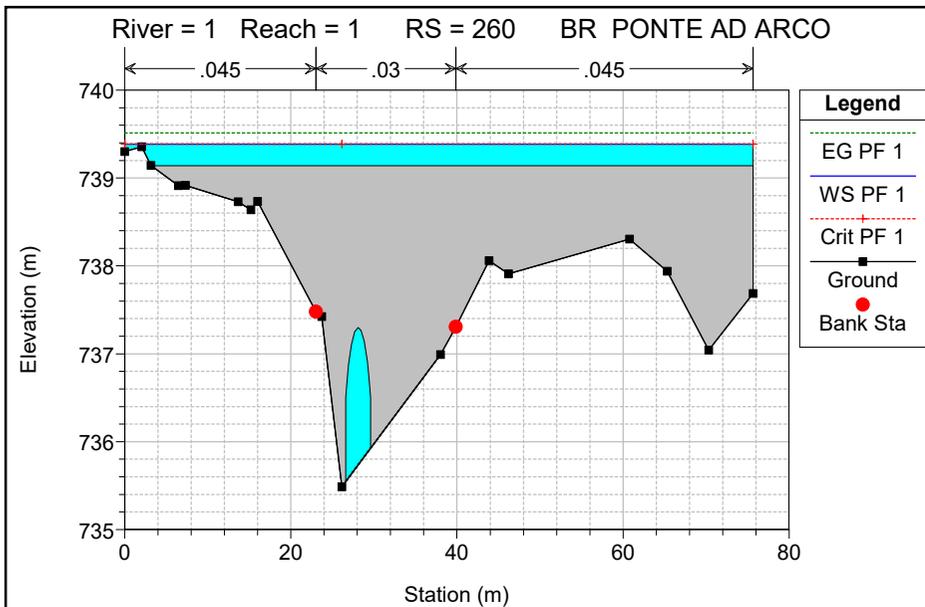
Galleria Pietracolpa
PK 110+854.89
ANTE OPERAM

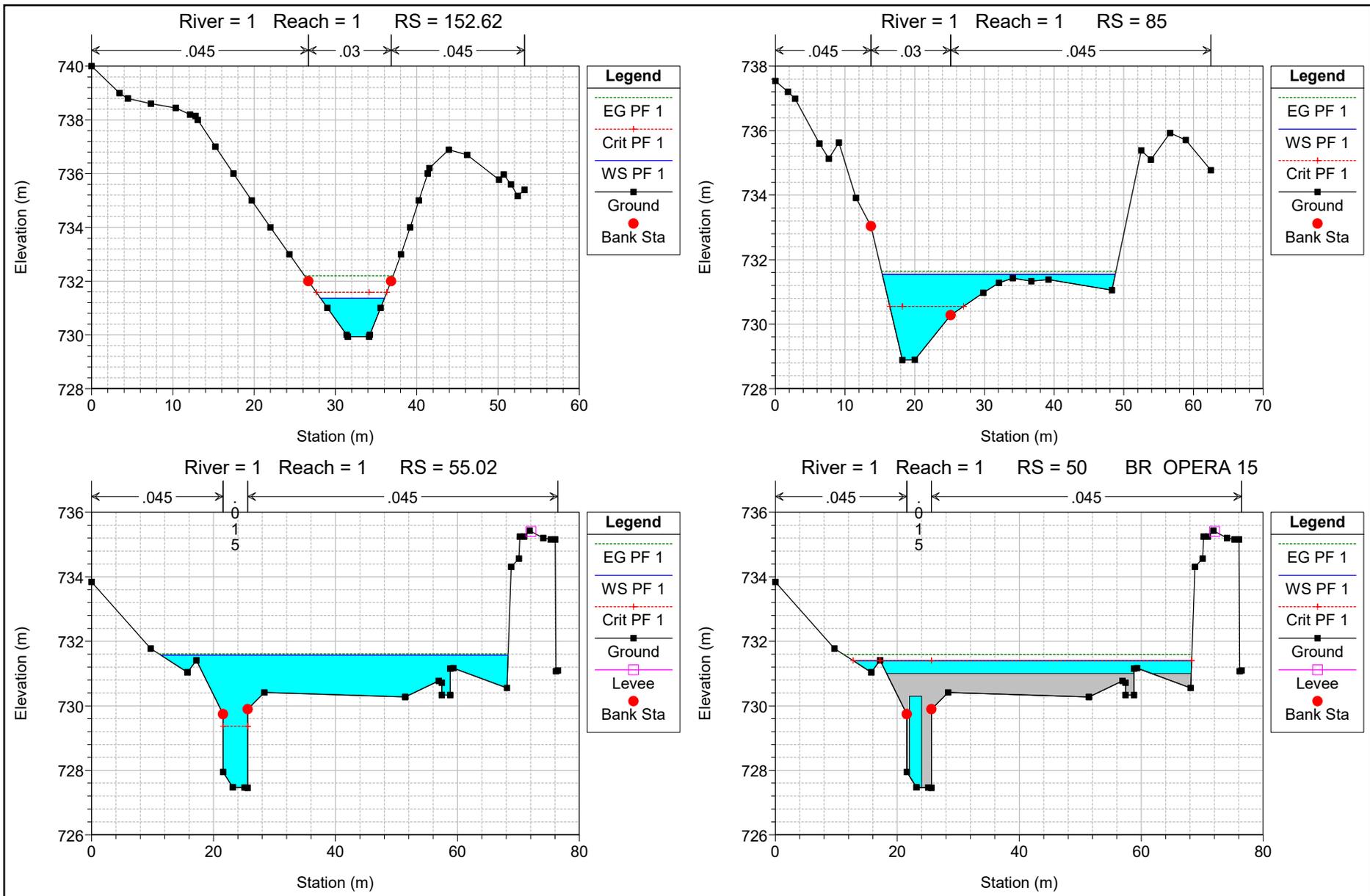


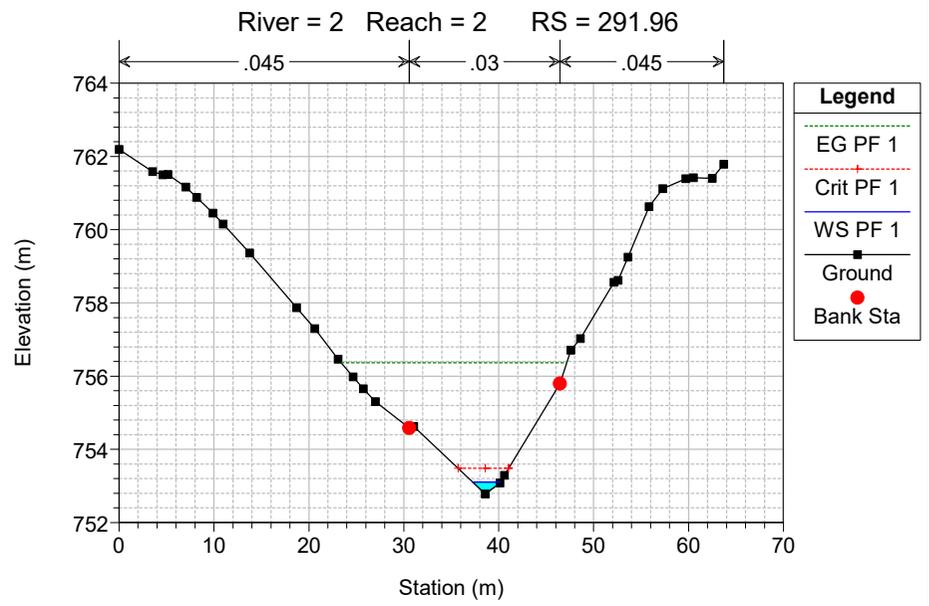
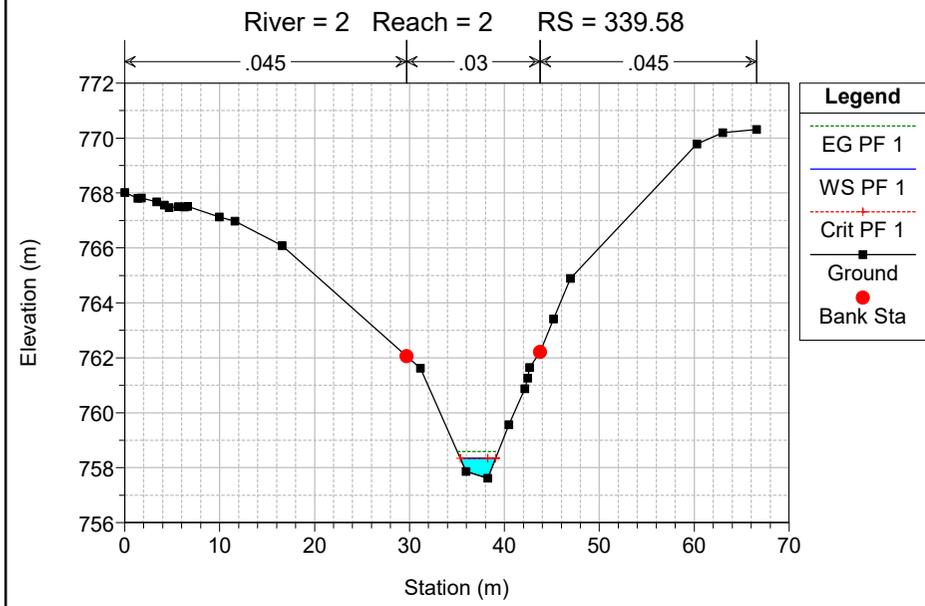
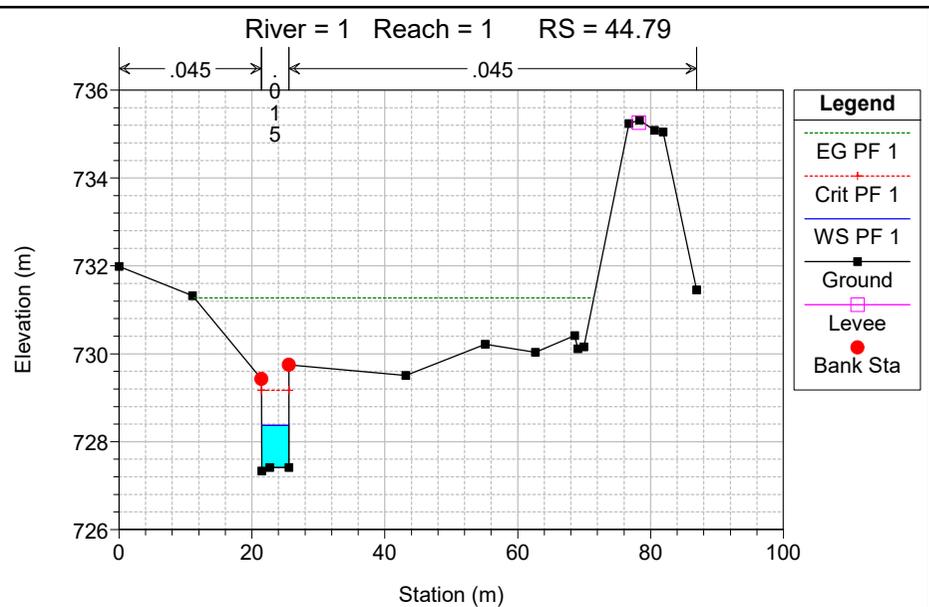
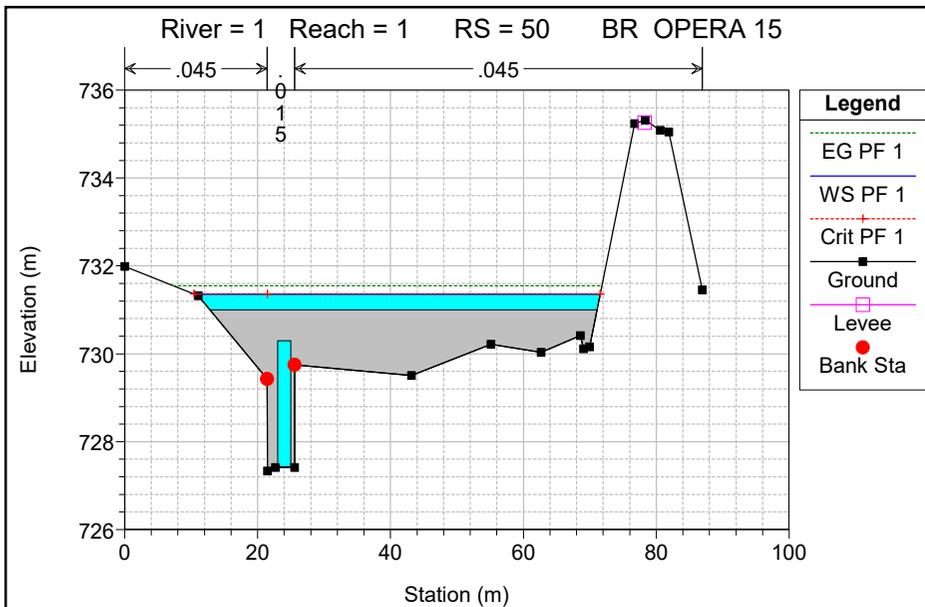


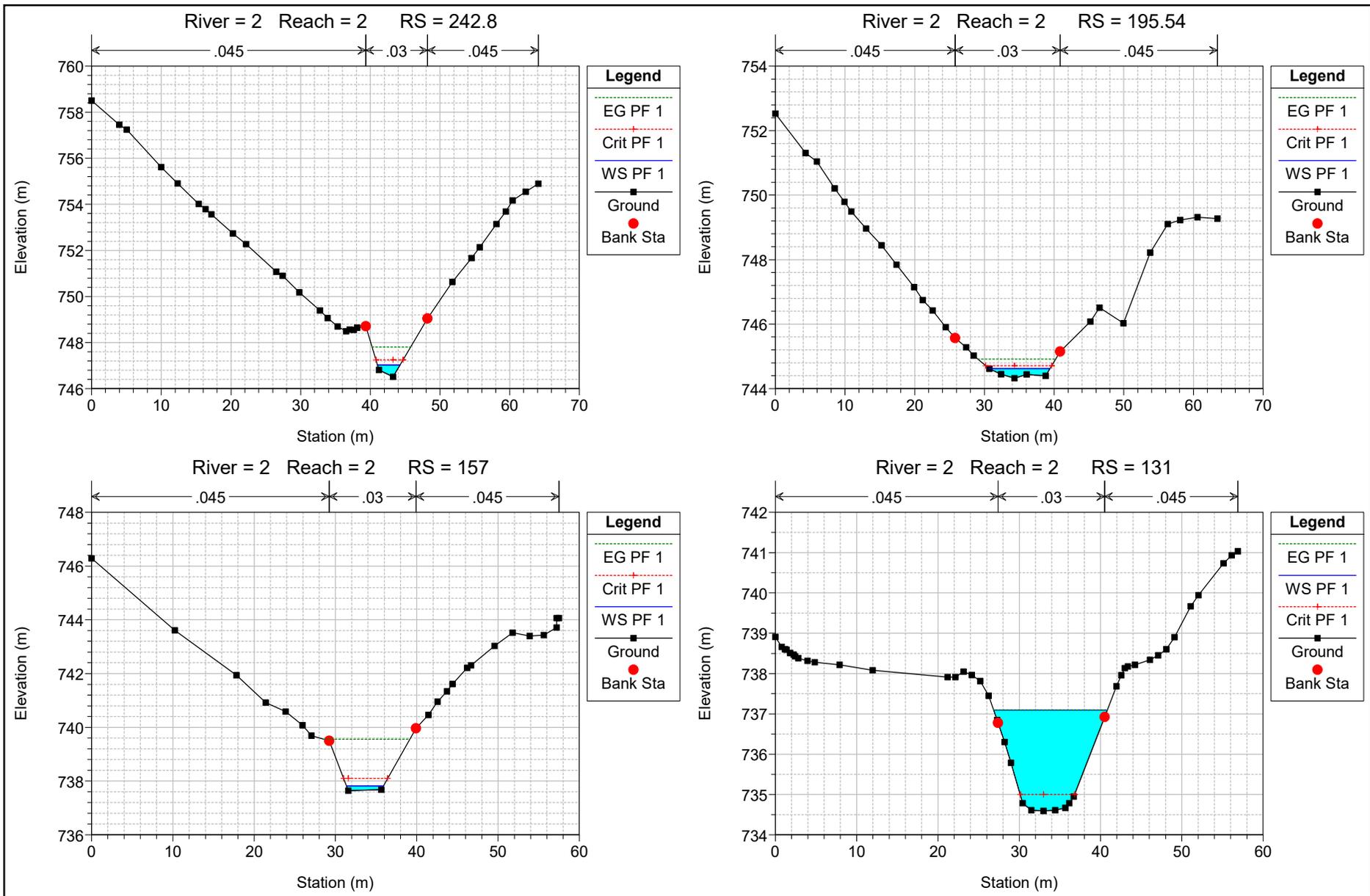


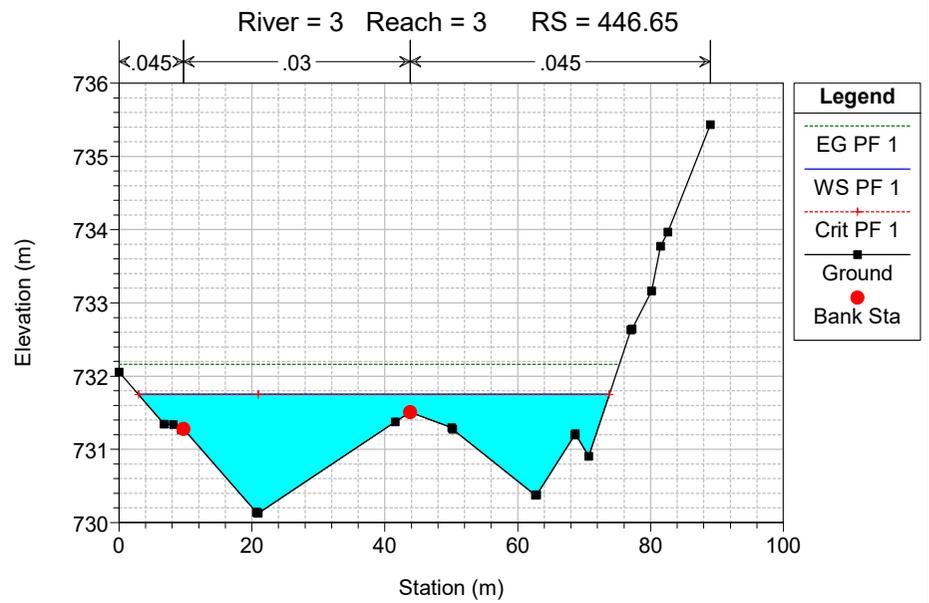
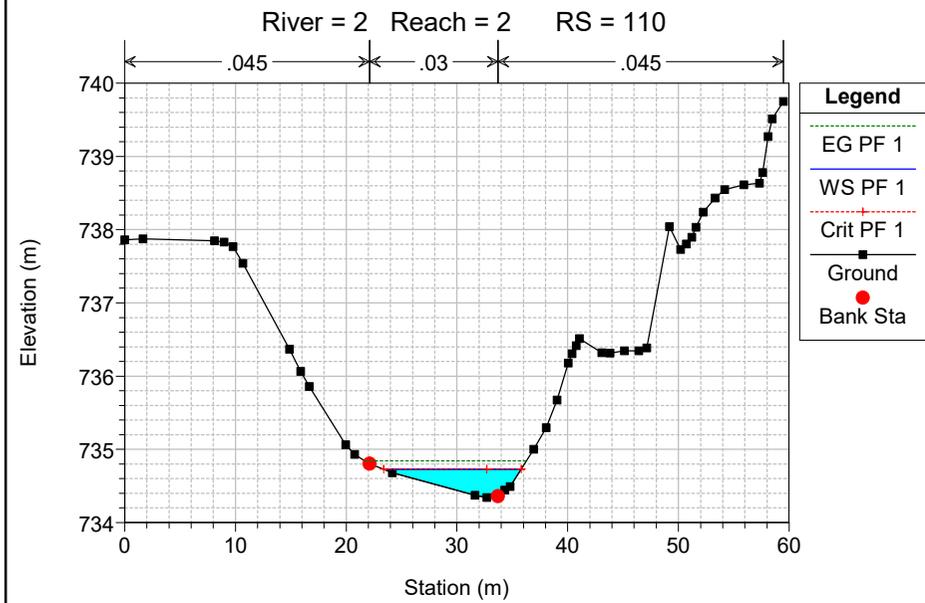
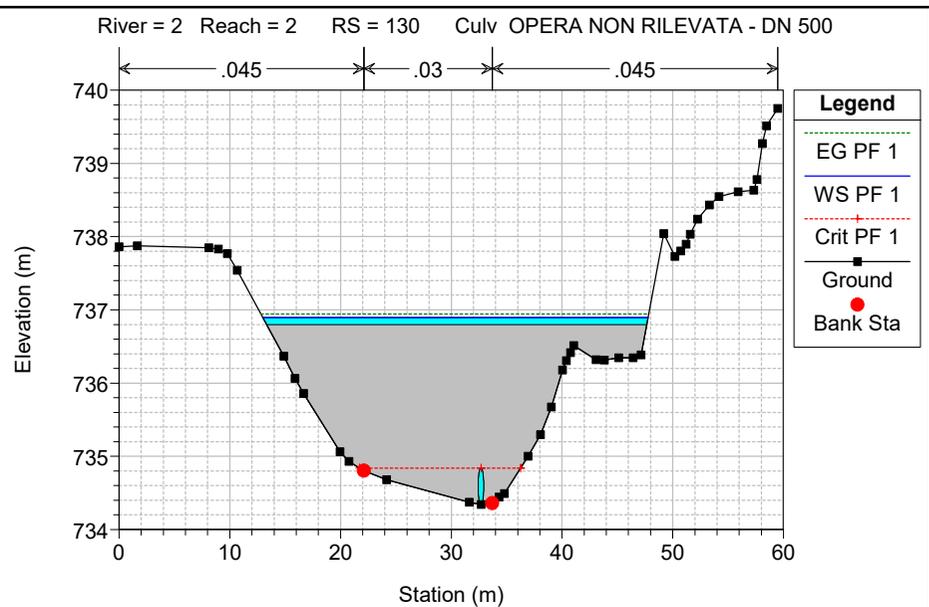
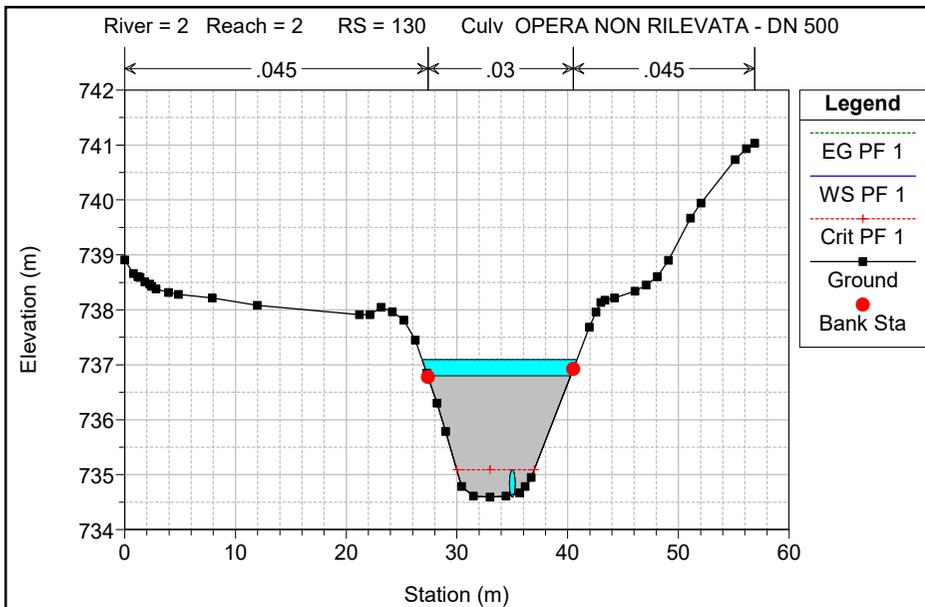


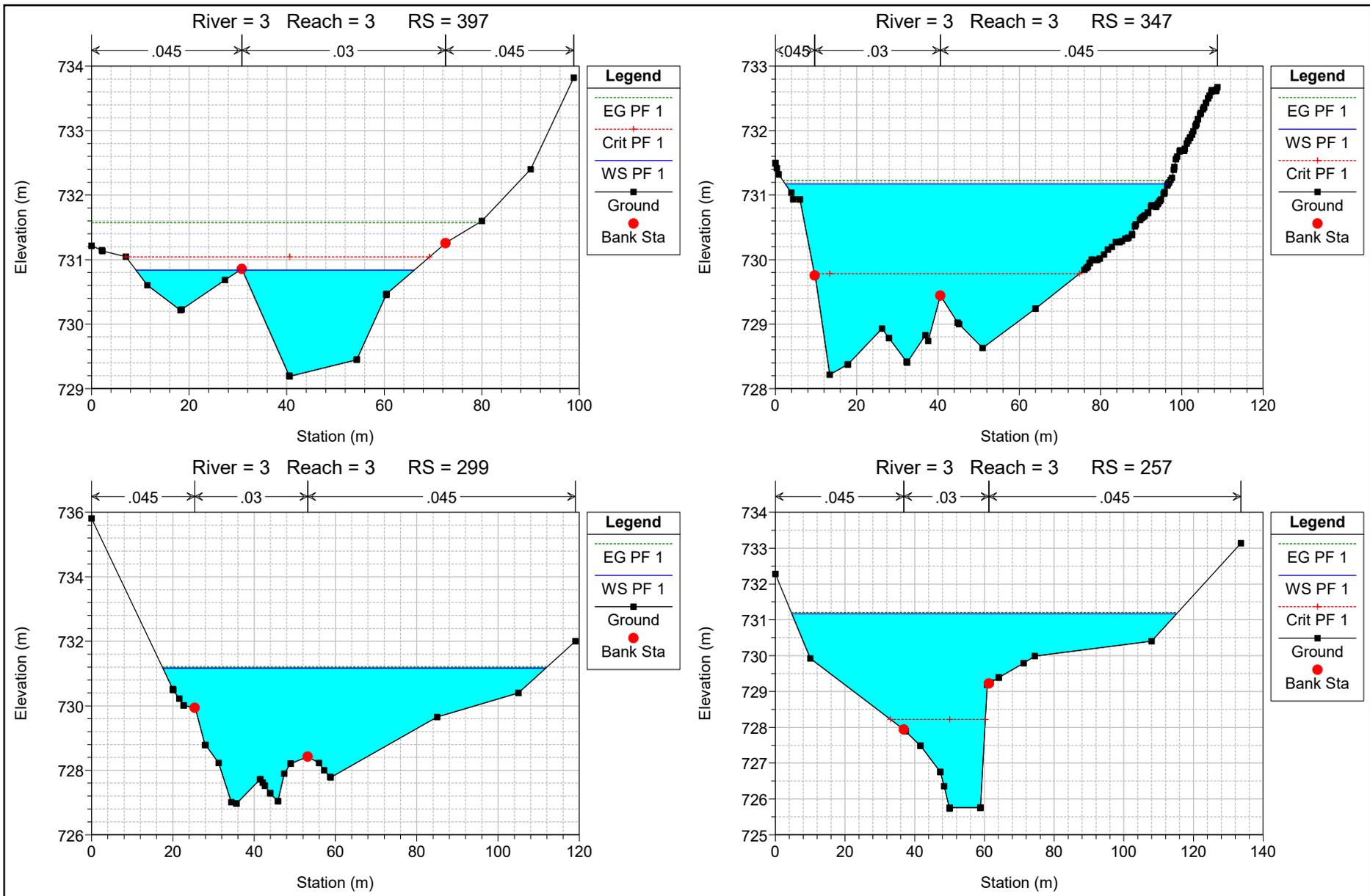


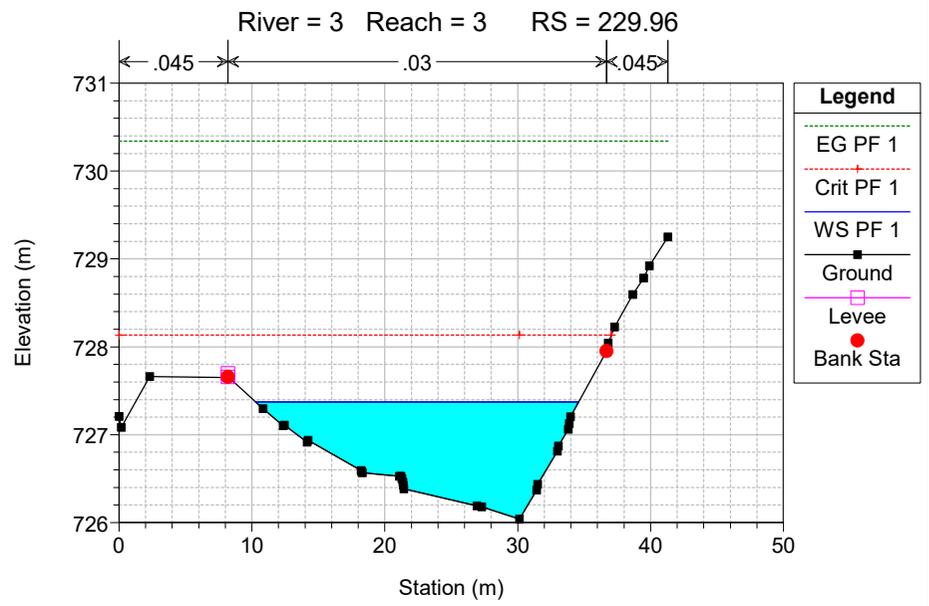
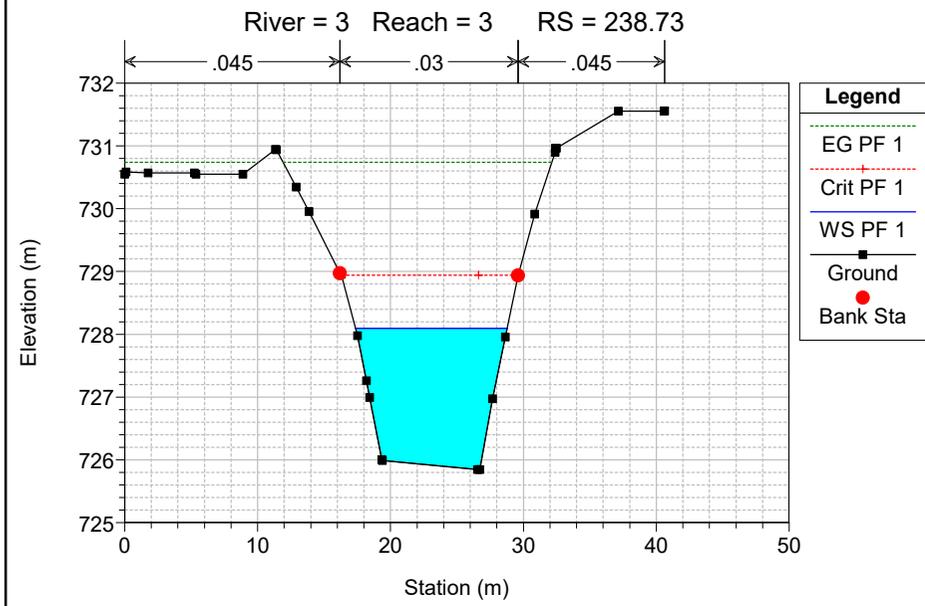
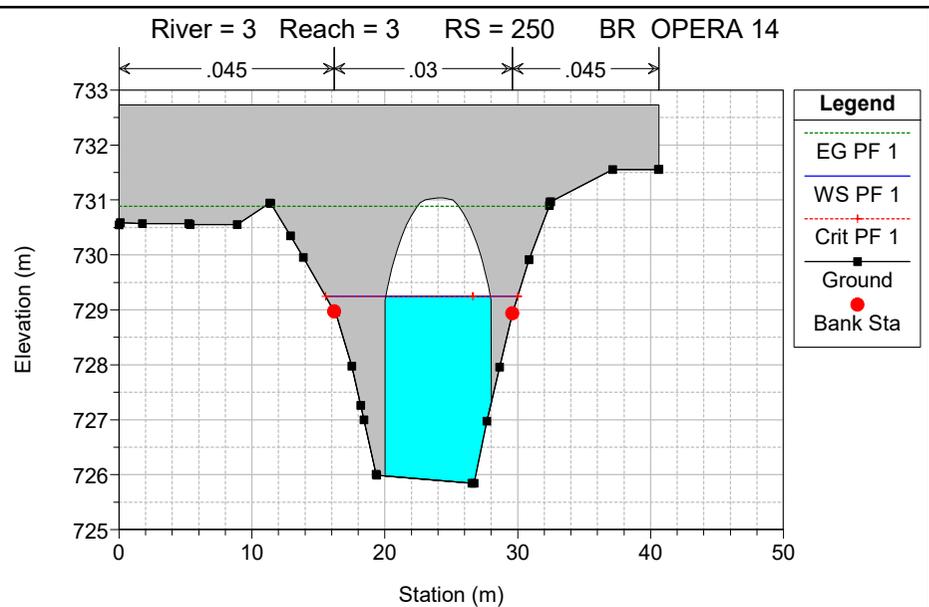
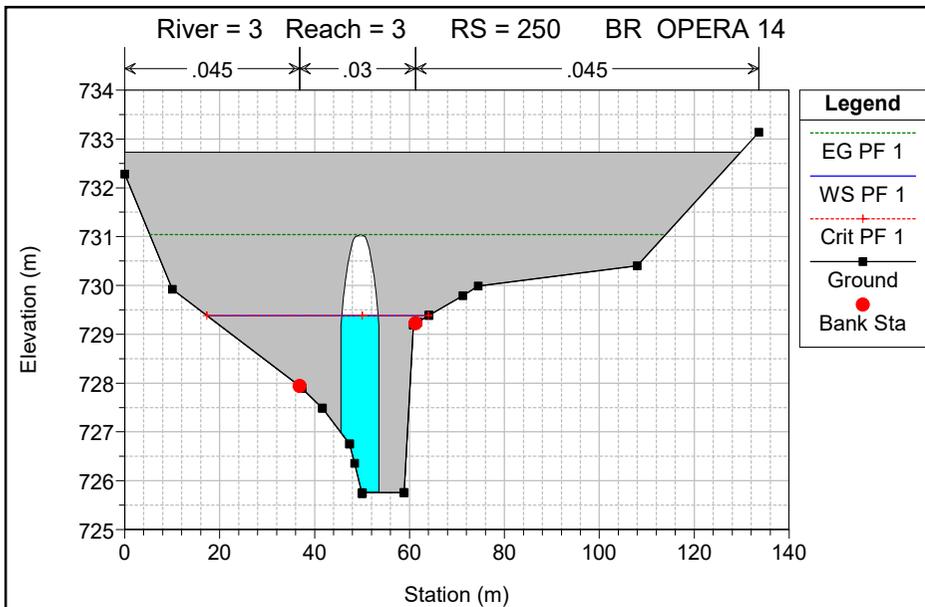


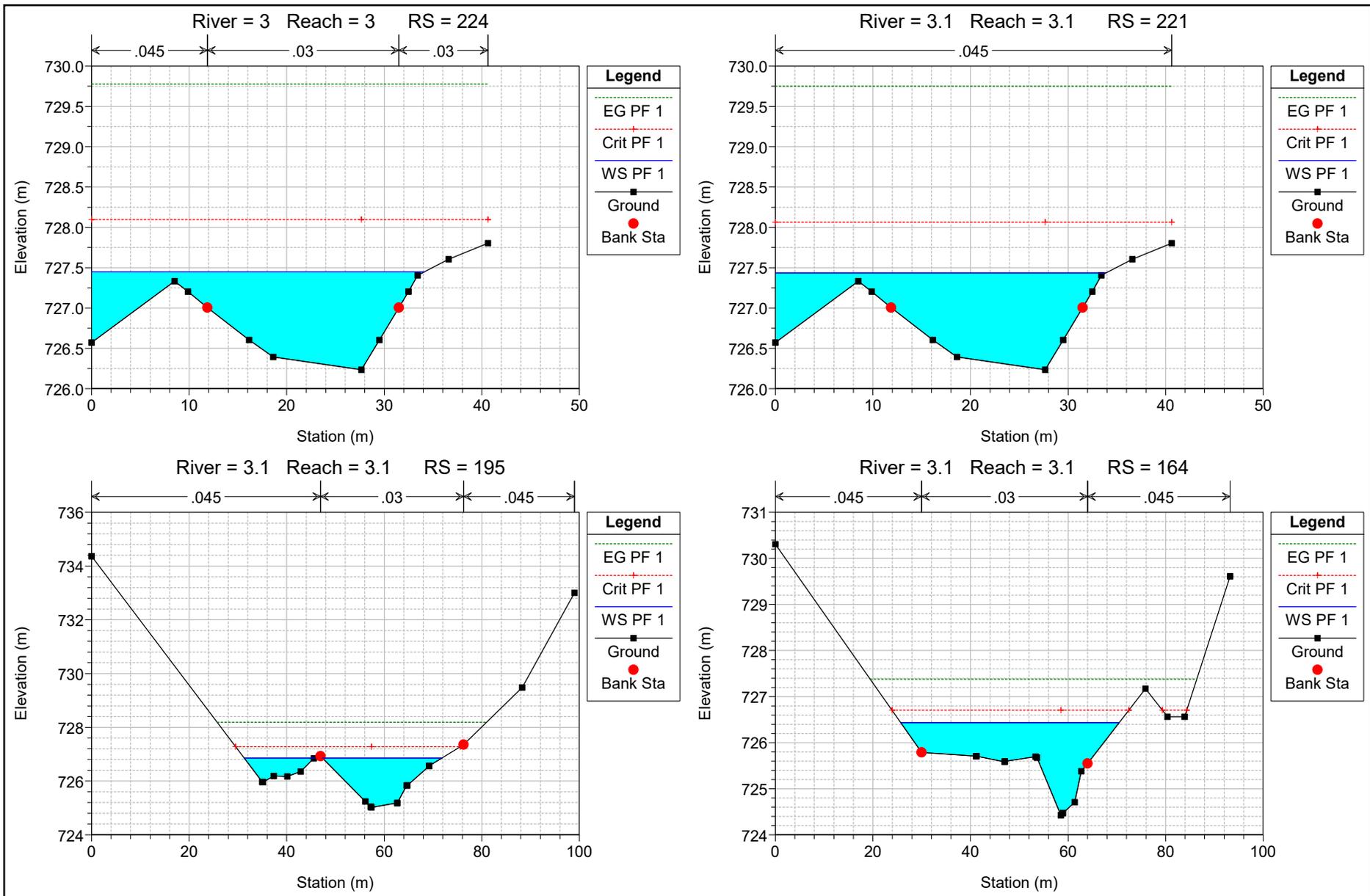


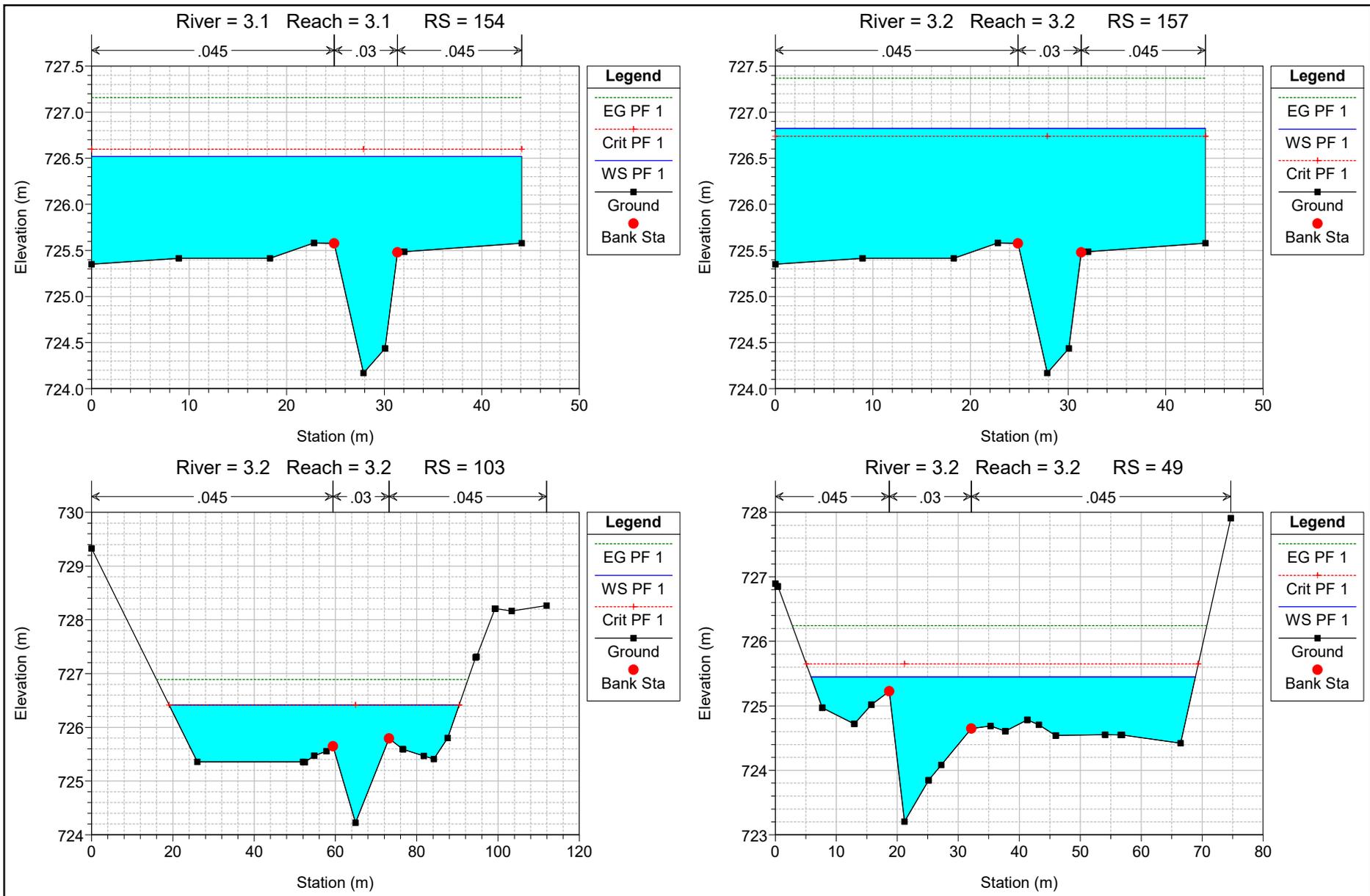


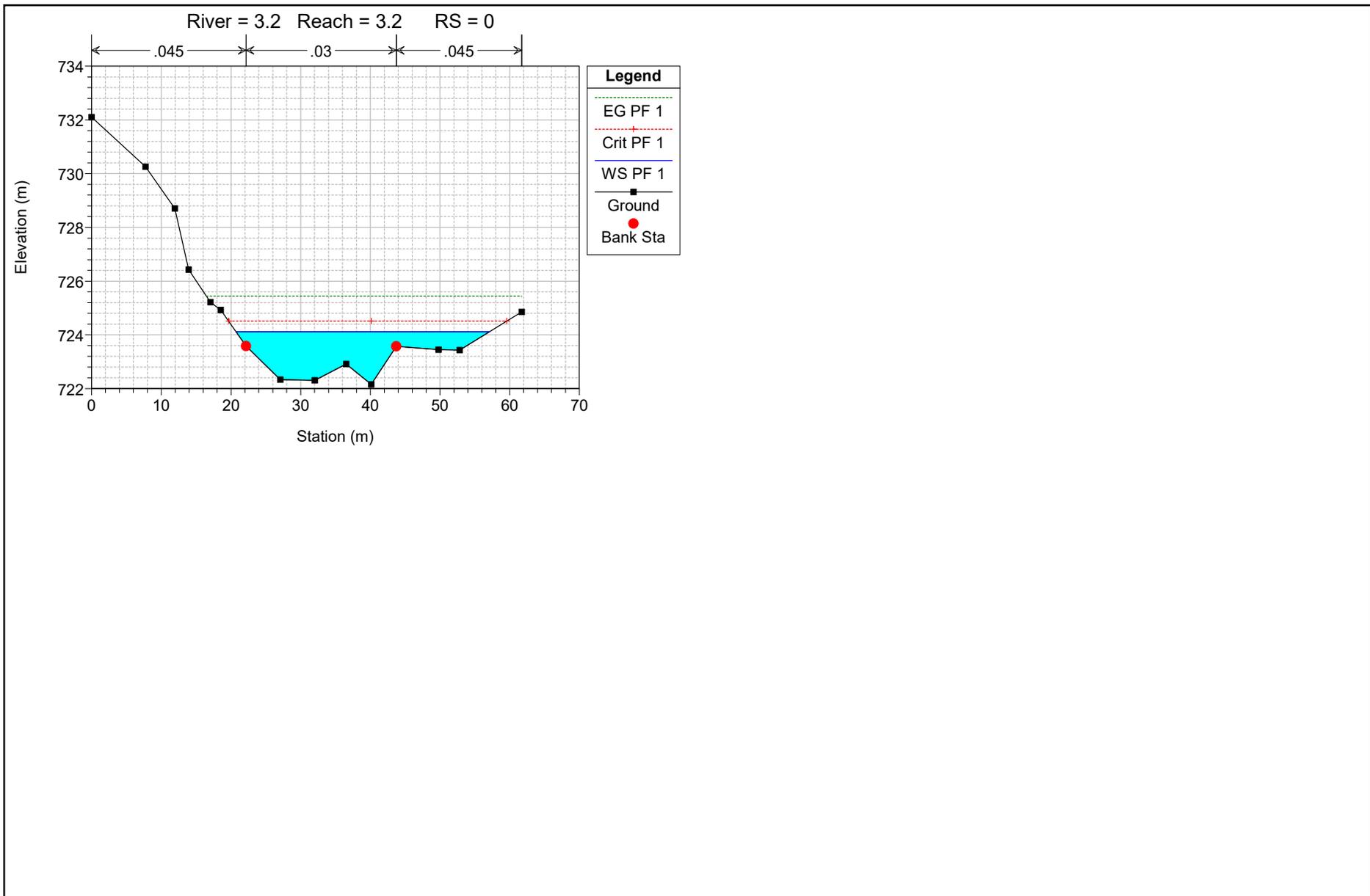








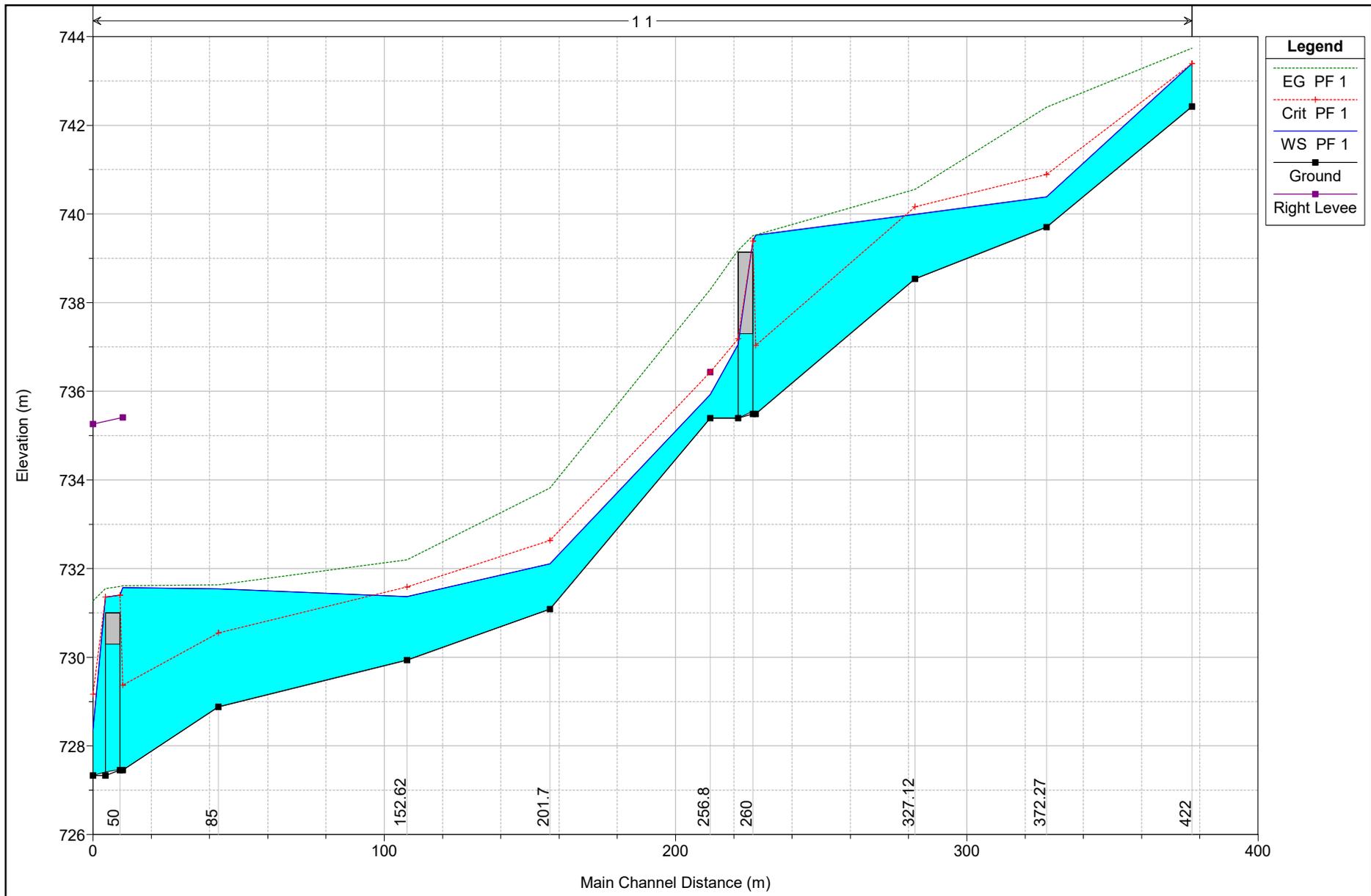


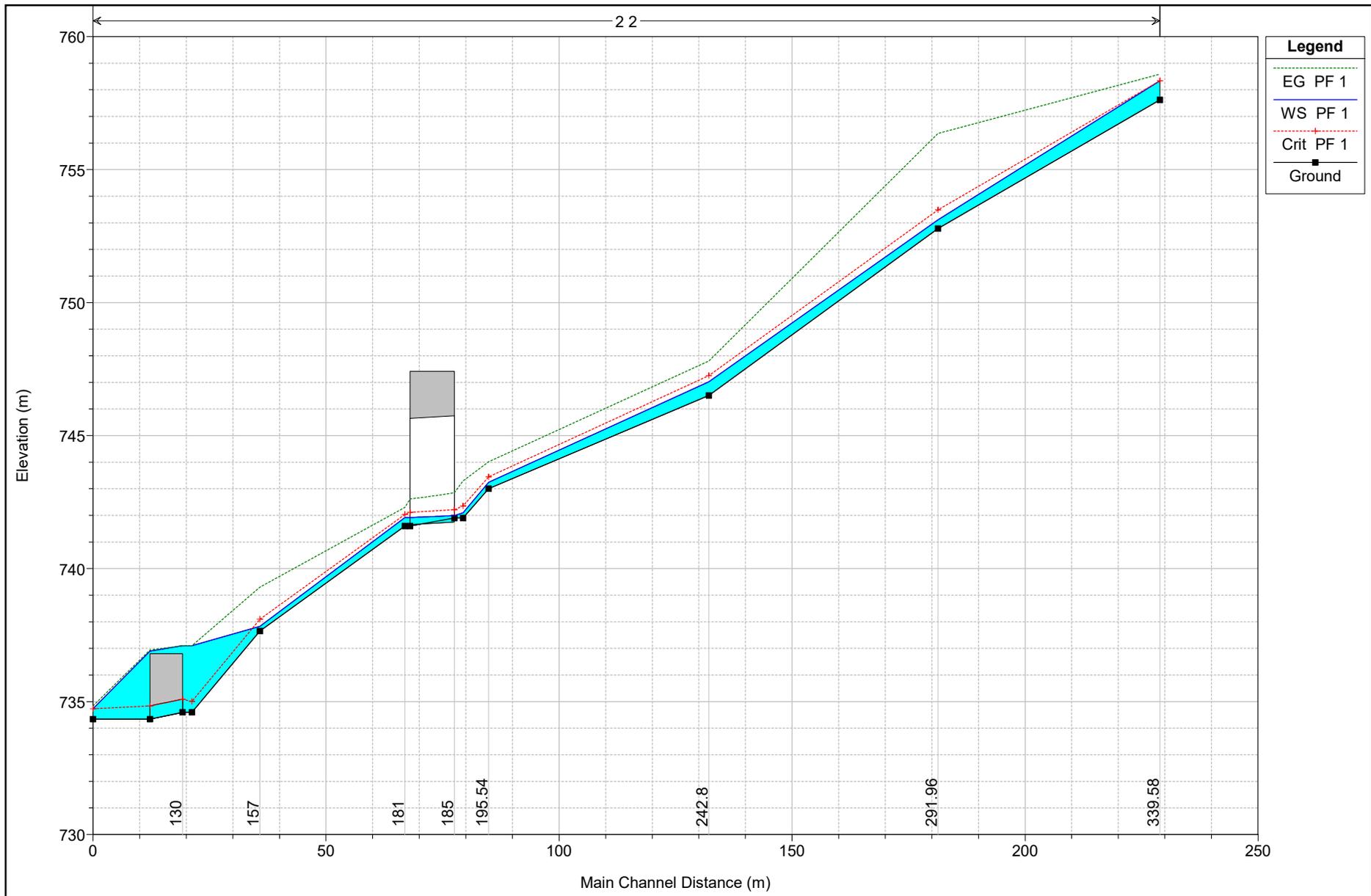


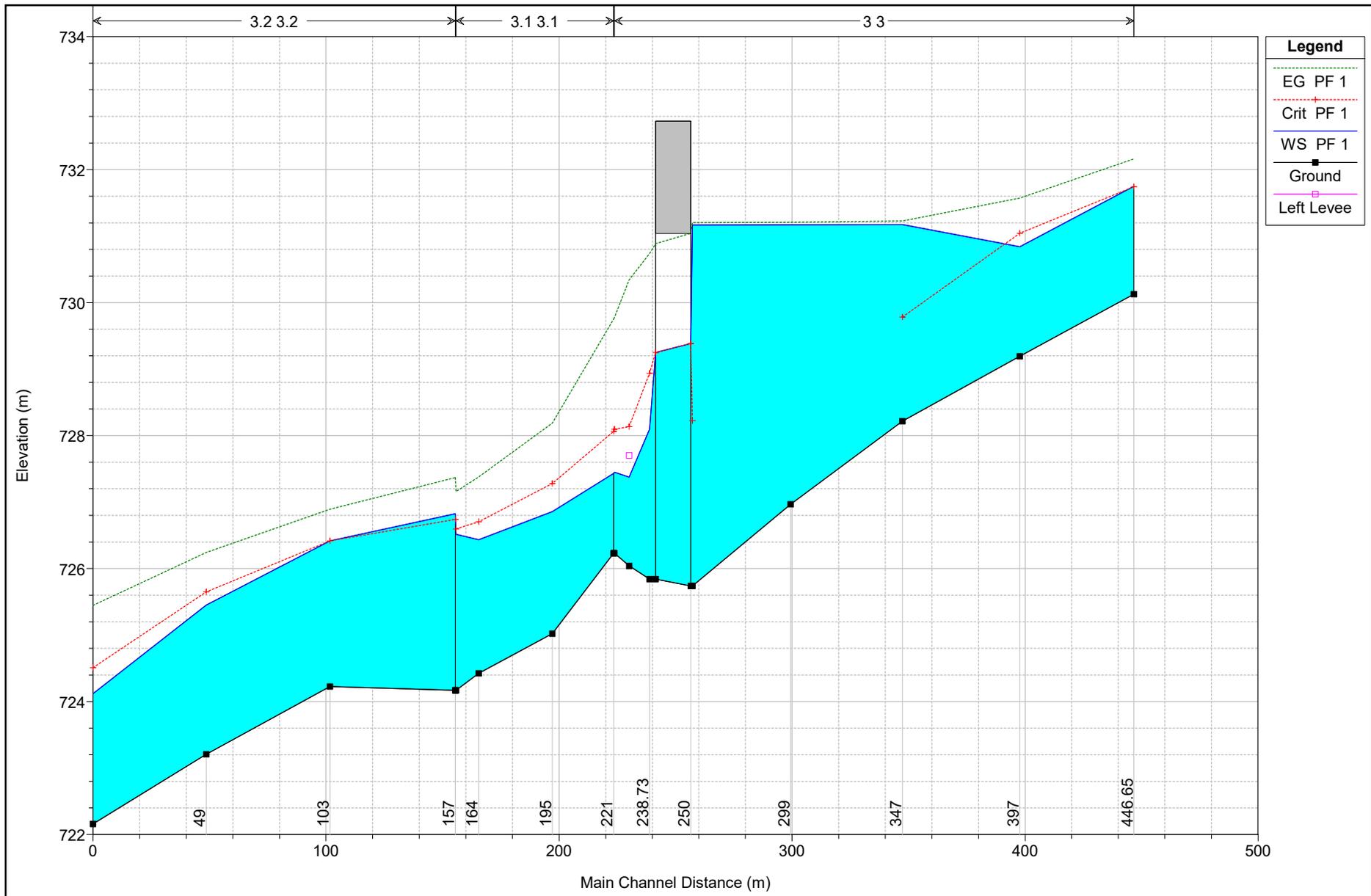
HEC-RAS Plan: ANTE OPERAM_08 Profile: PF 1

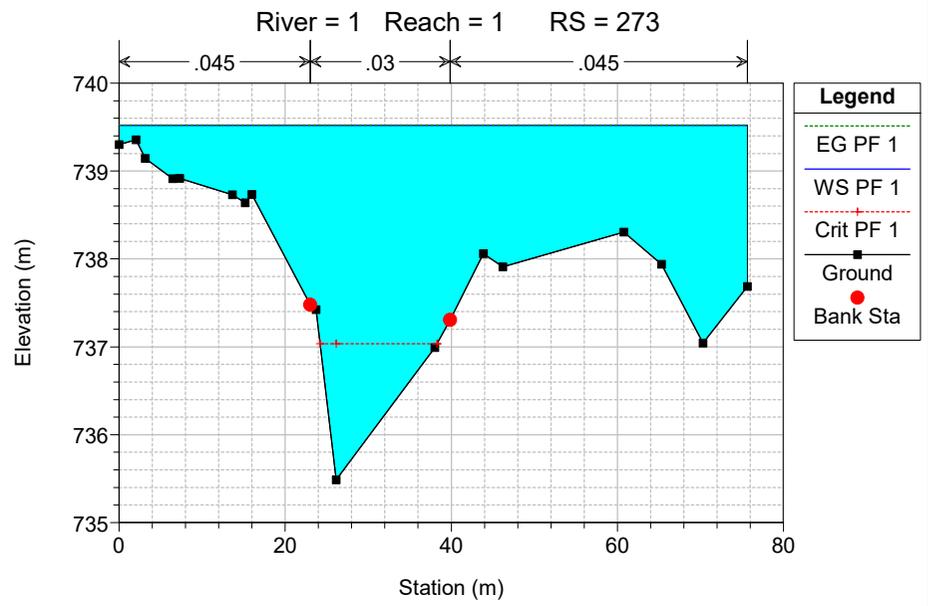
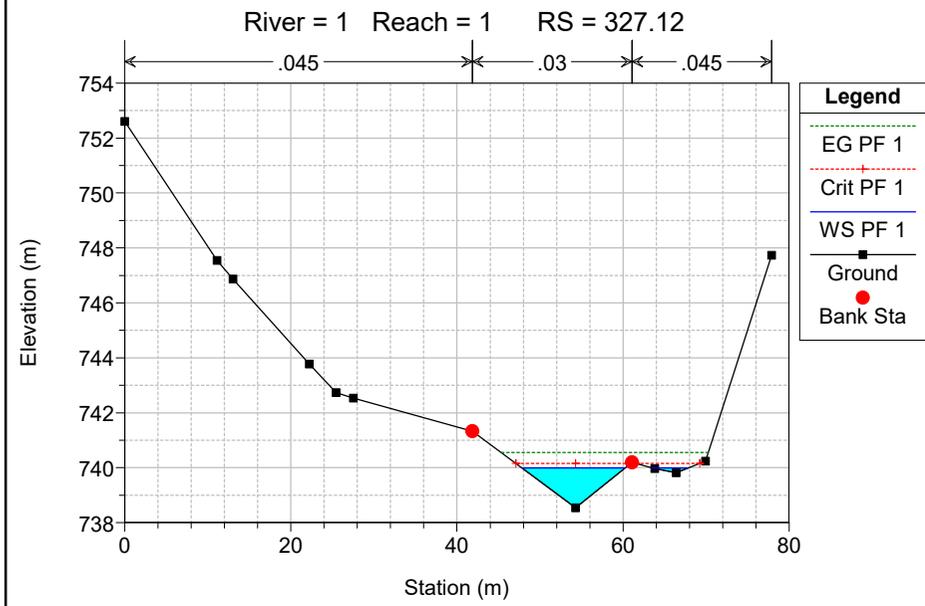
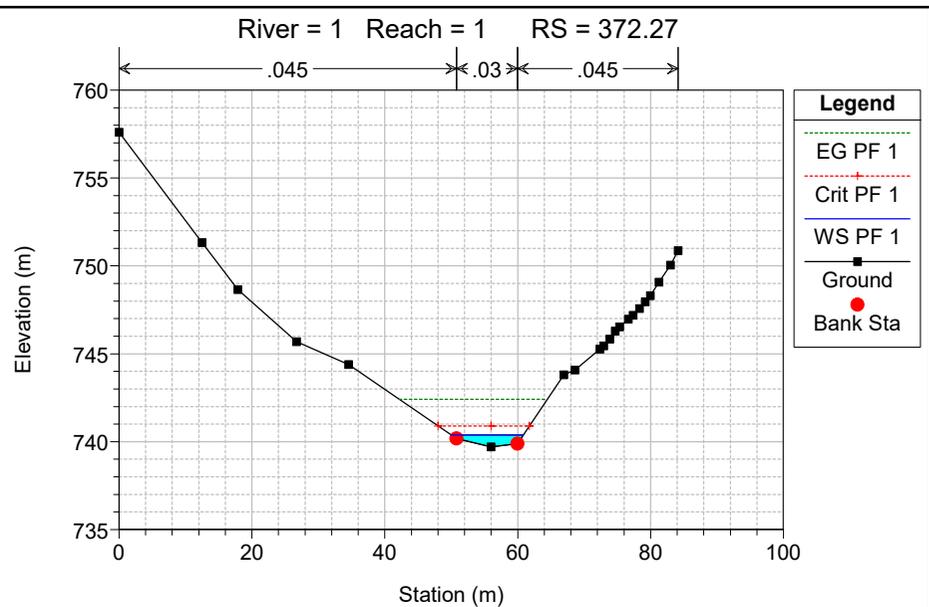
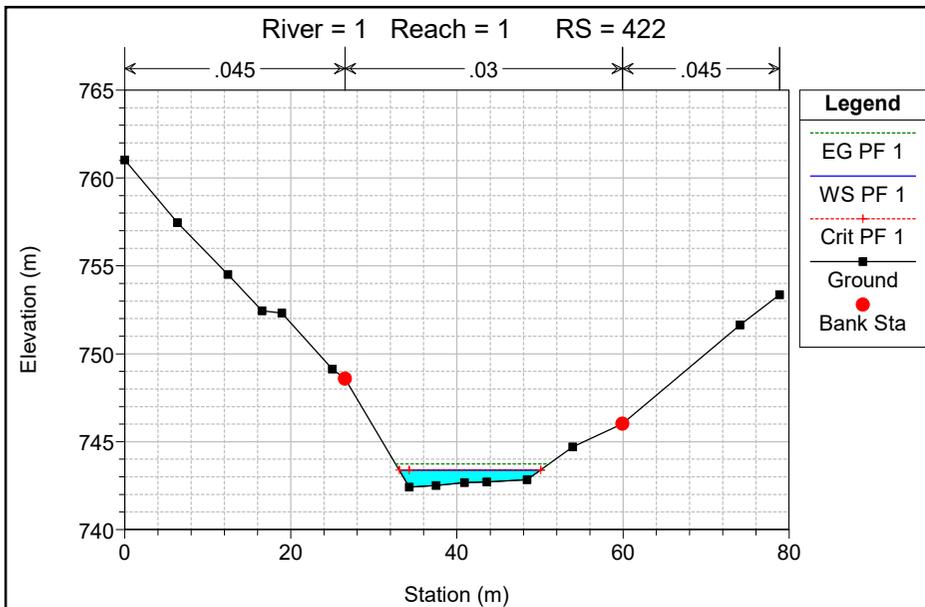
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
3.2	3.2	157	PF 1	180.85	724.17	726.82	726.74	727.37	0.007840	4.56	64.91	44.10	1.00
3.2	3.2	103	PF 1	180.85	724.22	726.42	726.42	726.89	0.009218	4.01	71.01	71.35	1.07
3.2	3.2	49	PF 1	180.85	723.21	725.45	725.65	726.24	0.015019	4.97	56.44	63.06	1.33
3.2	3.2	0	PF 1	180.85	722.16	724.12	724.51	725.45	0.015554	5.28	39.29	36.42	1.39
3.1	3.1	221	PF 1	150.52	726.23	727.43	728.06	729.75	0.113110	7.09	23.70	33.89	2.35
3.1	3.1	195	PF 1	150.52	725.02	726.86	727.28	728.19	0.026327	5.37	32.35	38.98	1.71
3.1	3.1	164	PF 1	150.52	724.43	726.43	726.70	727.38	0.018580	4.39	36.91	44.75	1.43
3.1	3.1	154	PF 1	150.52	724.17	726.52	726.60	727.16	0.011089	4.89	51.44	44.10	1.16
3	3	446.65	PF 1	146.54	730.13	731.75	731.75	732.16	0.009412	3.17	57.59	70.90	1.03
3	3	397	PF 1	146.54	729.19	730.84	731.04	731.57	0.013754	3.90	42.33	56.55	1.24
3	3	347	PF 1	146.54	728.22	731.17	729.78	731.23	0.000403	1.22	167.61	94.22	0.25
3	3	299	PF 1	146.54	726.97	731.17		731.21	0.000204	1.03	204.84	94.25	0.18
3	3	257	PF 1	146.54	725.74	731.17	728.22	731.20	0.000133	0.98	228.11	110.44	0.15
3	3	250		Bridge									
3	3	238.73	PF 1	146.54	725.84	728.10	728.94	730.74	0.026469	7.20	20.36	11.41	1.72
3	3	229.96	PF 1	146.54	726.04	727.37	728.13	730.34	0.073191	7.63	19.21	24.32	2.74
3	3	224	PF 1	146.54	726.23	727.45	728.10	729.78	0.048848	7.07	24.25	34.15	2.32
2	2	339.58	PF 1	3.98	757.62	758.34	758.34	758.59	0.013268	2.20	1.81	3.71	1.01
2	2	291.96	PF 1	3.98	752.78	753.11	753.48	756.36	0.633024	7.99	0.50	2.94	6.19
2	2	242.8	PF 1	3.98	746.51	747.02	747.25	747.80	0.070806	3.91	1.02	3.24	2.23
2	2	195.54	PF 1	3.98	744.32	744.62	744.71	744.92	0.048444	2.41	1.65	8.73	1.77
2	2	157	PF 1	3.98	737.65	737.82	738.10	739.56	0.397375	5.84	0.68	4.56	4.82
2	2	131	PF 1	3.98	734.59	737.10	735.00	737.10	0.000013	0.17	23.73	13.99	0.04
2	2	130		Culvert									
2	2	110	PF 1	3.98	734.34	734.73	734.73	734.84	0.015851	1.54	2.74	12.41	1.04
1	1	422	PF 1	30.33	742.42	743.39	743.39	743.74	0.010501	2.61	11.64	17.03	1.01
1	1	372.27	PF 1	30.33	739.70	740.38	740.89	742.41	0.090026	6.36	4.97	10.87	2.85
1	1	327.12	PF 1	30.33	738.54	739.99	740.16	740.55	0.015779	3.33	9.44	16.77	1.25
1	1	273	PF 1	30.33	735.49	739.52	737.04	739.52	0.000028	0.36	130.88	75.66	0.07
1	1	260		Bridge									
1	1	256.8	PF 1	30.33	735.39	735.93	736.43	738.30	0.141033	6.95	4.72	13.51	3.43
1	1	201.7	PF 1	30.33	731.09	732.11	732.63	733.82	0.049259	5.79	5.24	6.98	2.13
1	1	152.62	PF 1	30.33	729.93	731.37	731.59	732.20	0.017702	4.04	7.51	7.87	1.32
1	1	85	PF 1	30.33	728.88	731.54	730.55	731.64	0.000921	1.44	28.25	33.44	0.33
1	1	55.02	PF 1	30.33	727.46	731.57	729.37	731.61	0.000115	1.11	68.86	56.95	0.18
1	1	50		Bridge									
1	1	44.79	PF 1	30.33	727.33	728.37	729.17	731.27	0.022405	7.54	4.02	4.13	2.44

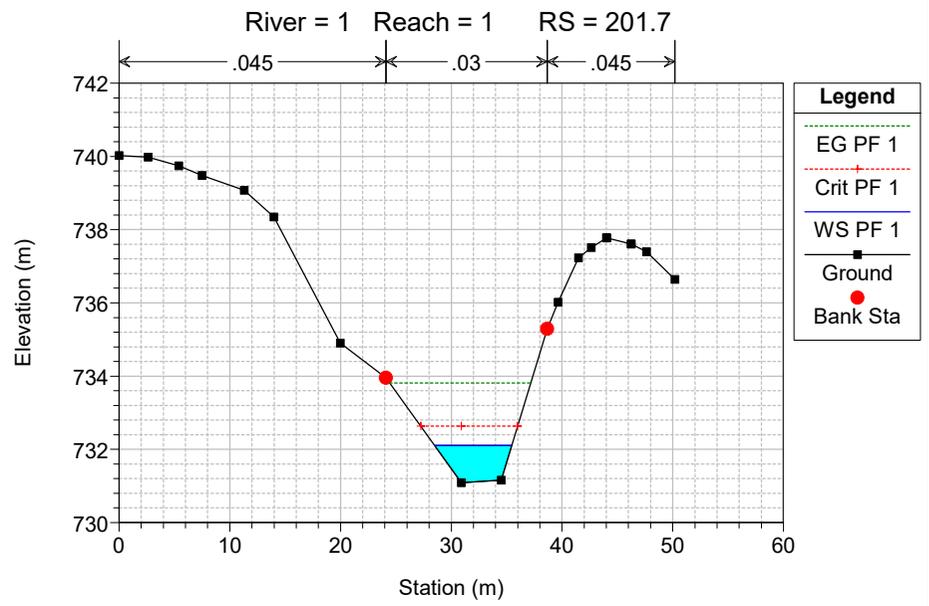
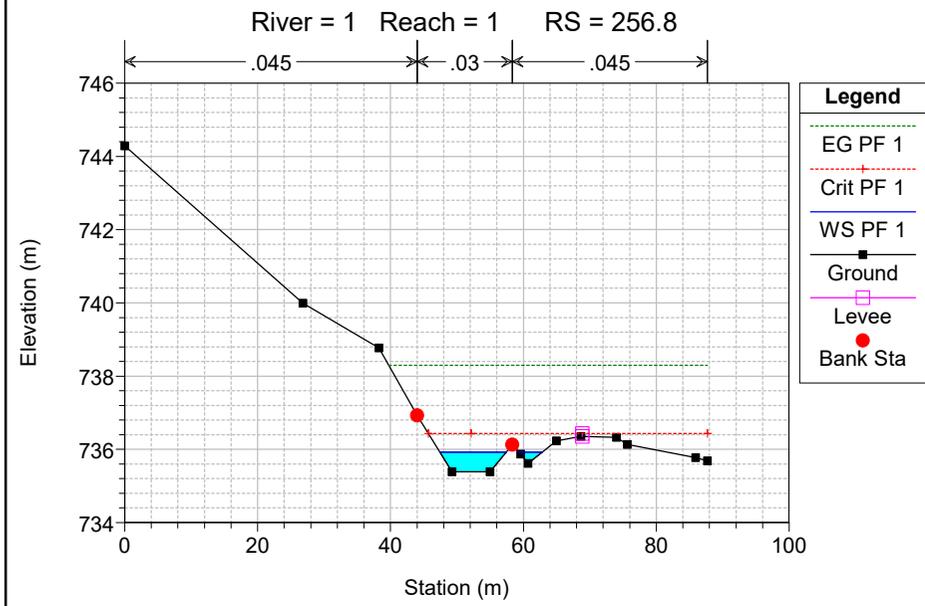
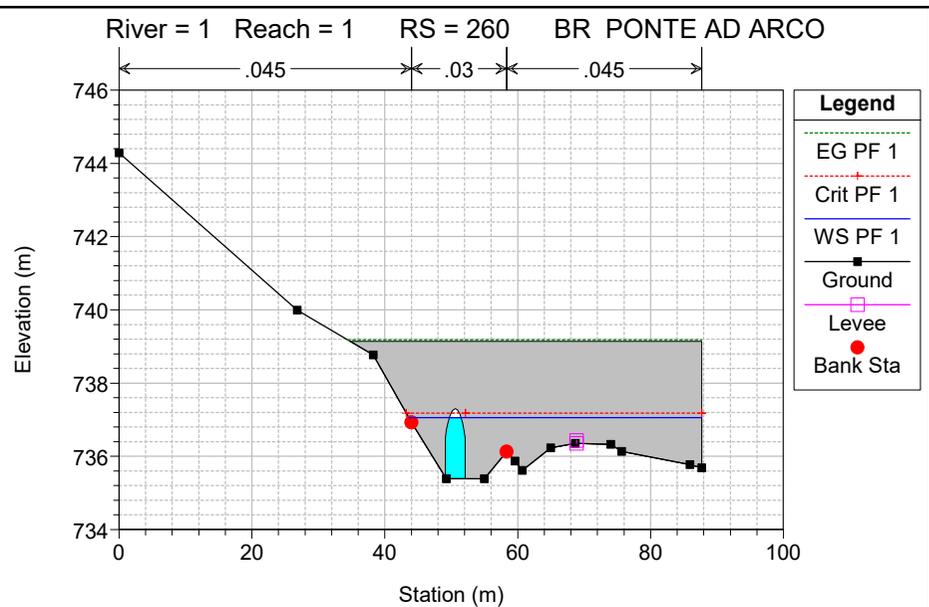
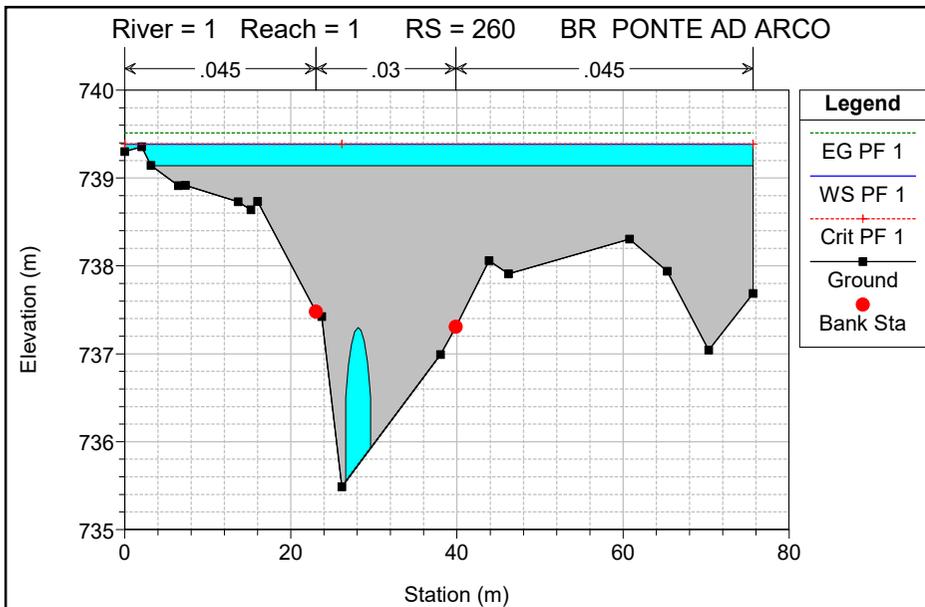
Galleria Pietracolpa
PK ## L* & +
POST OPERAM

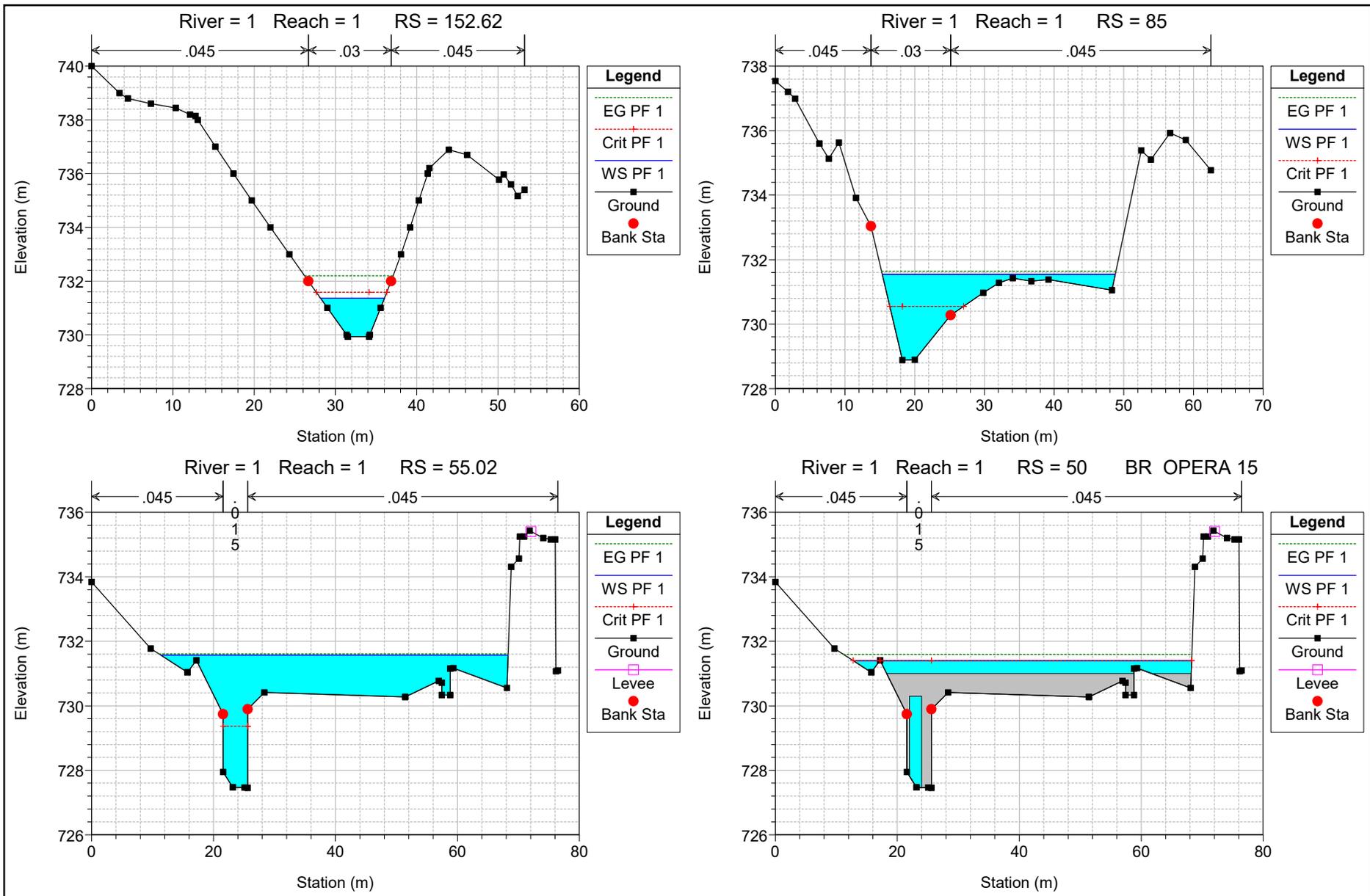


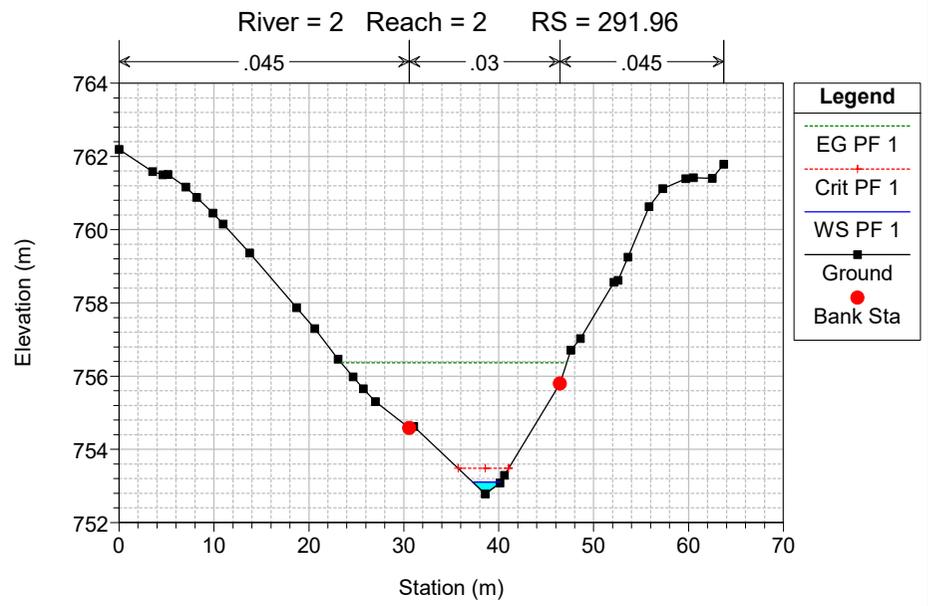
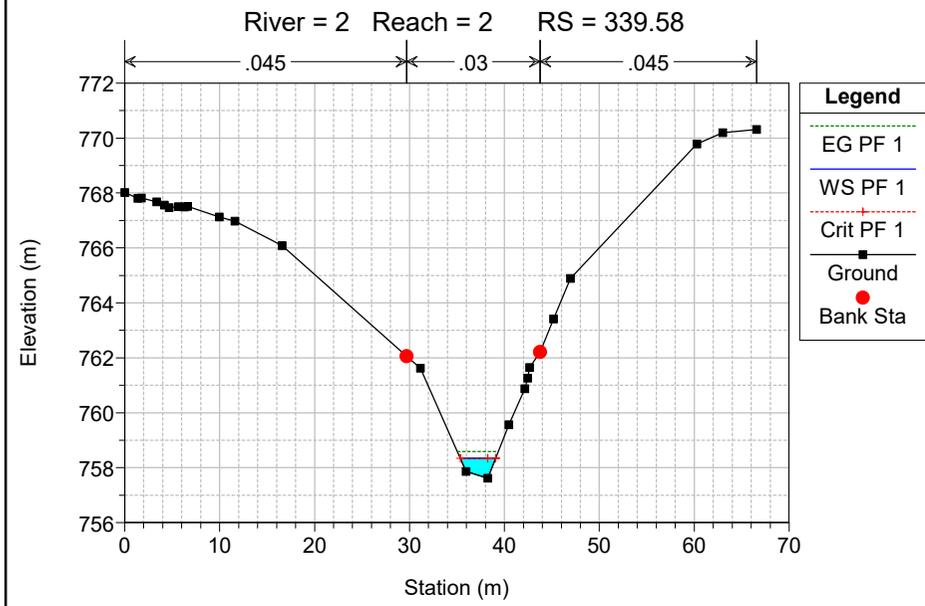
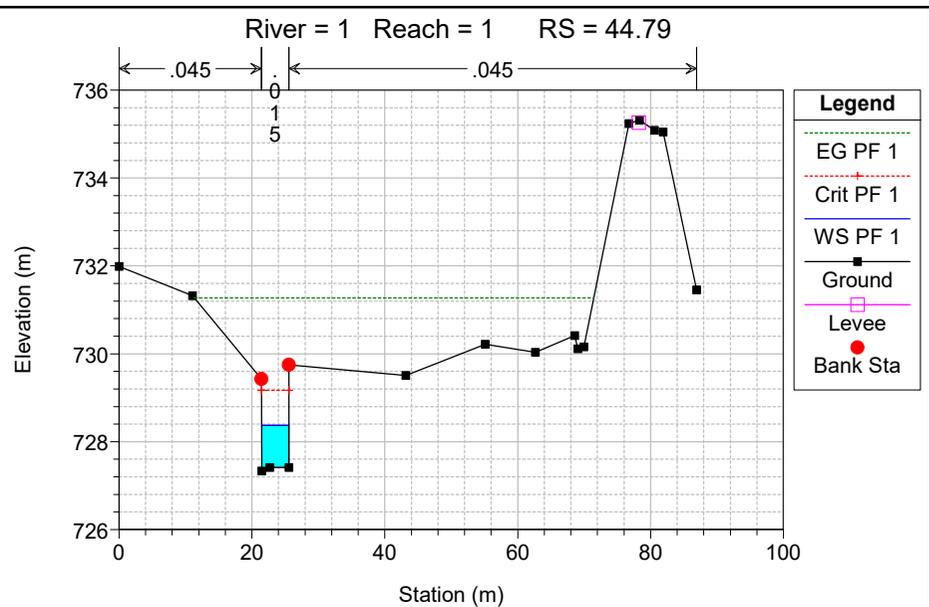
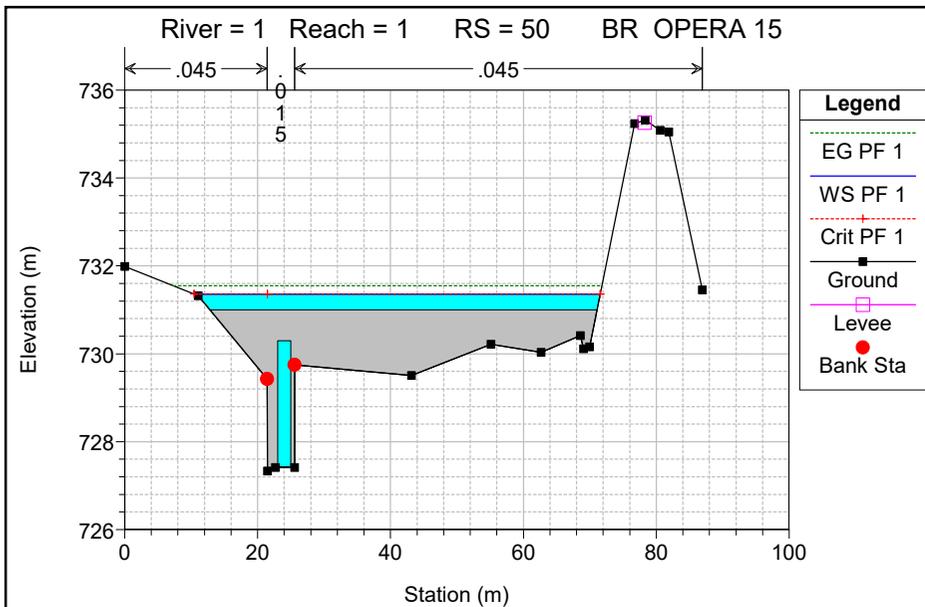


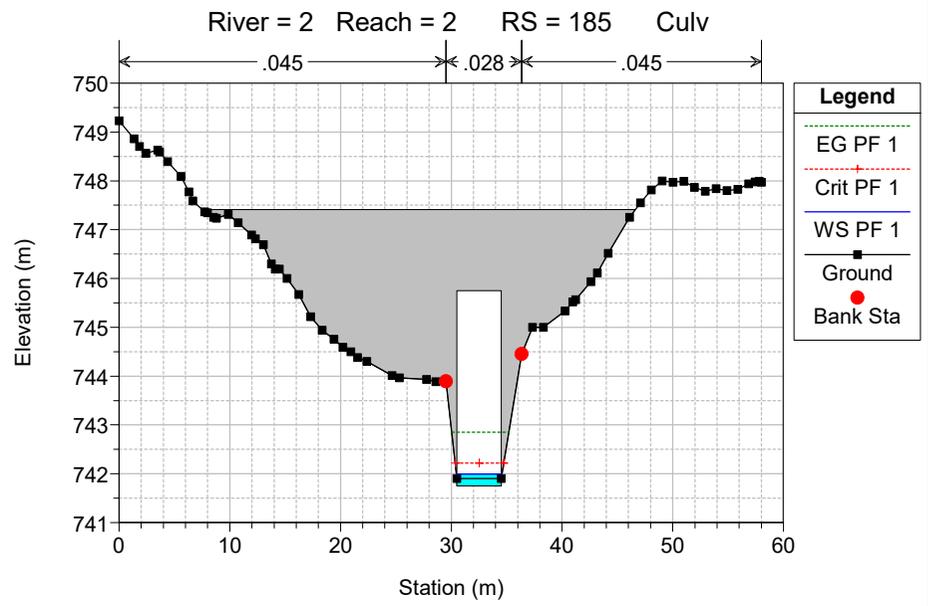
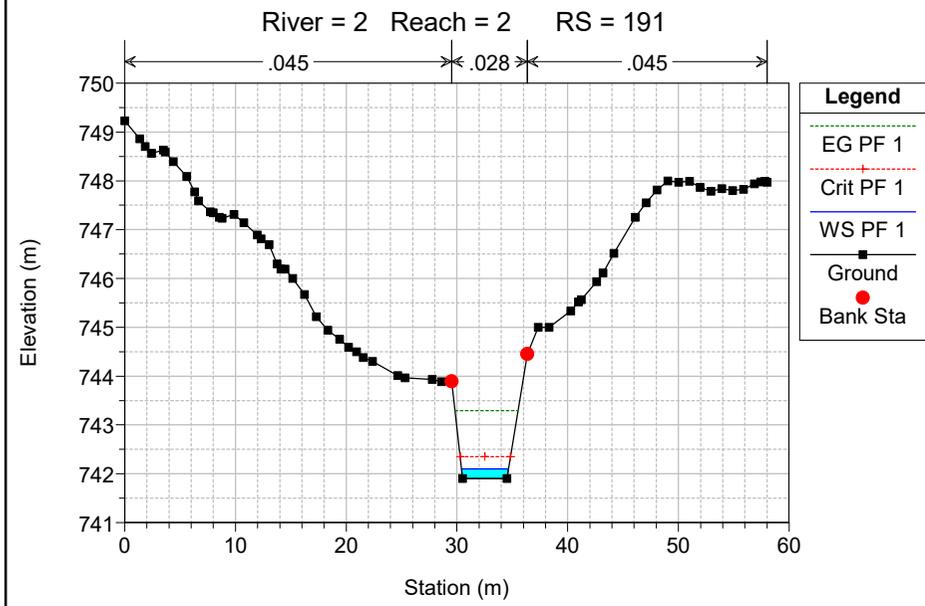
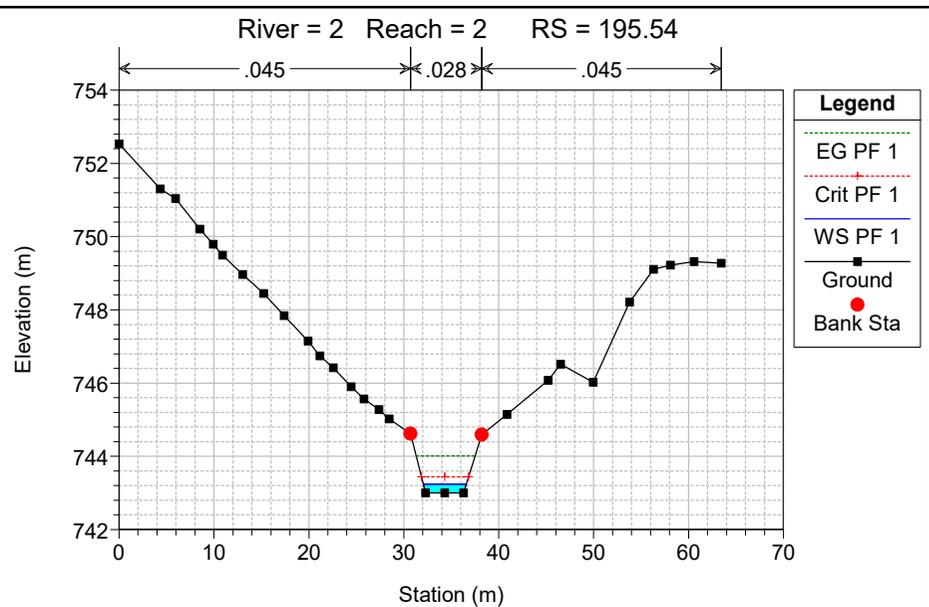
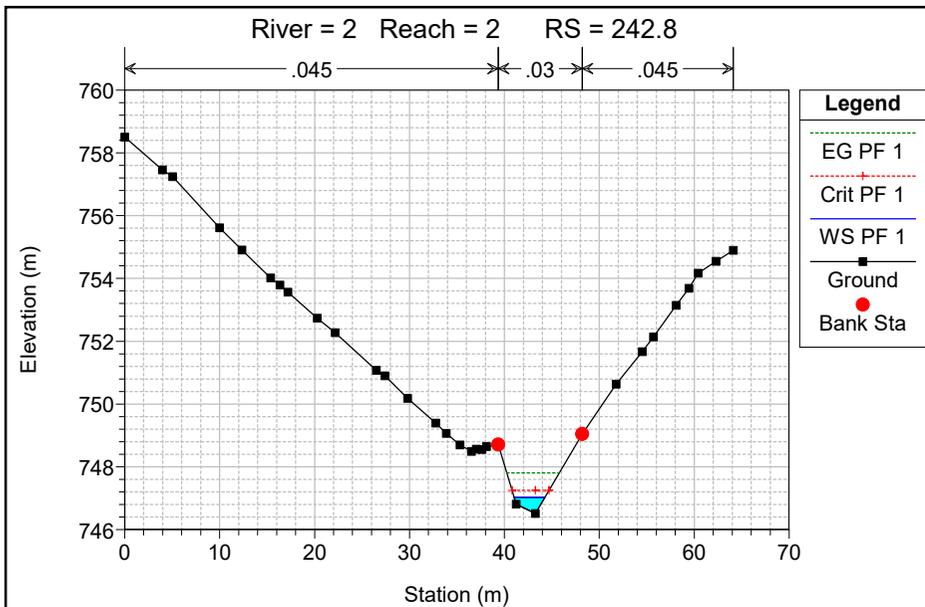


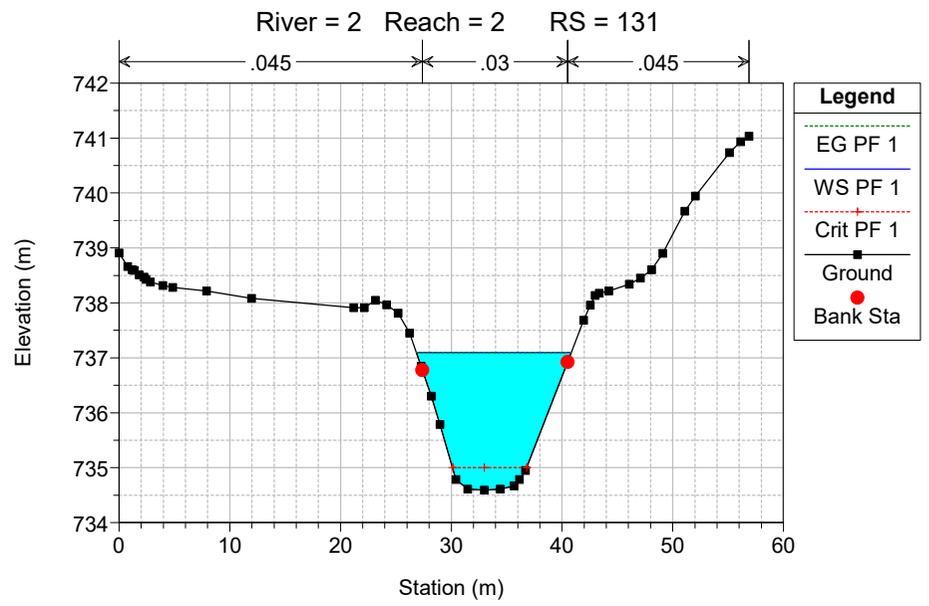
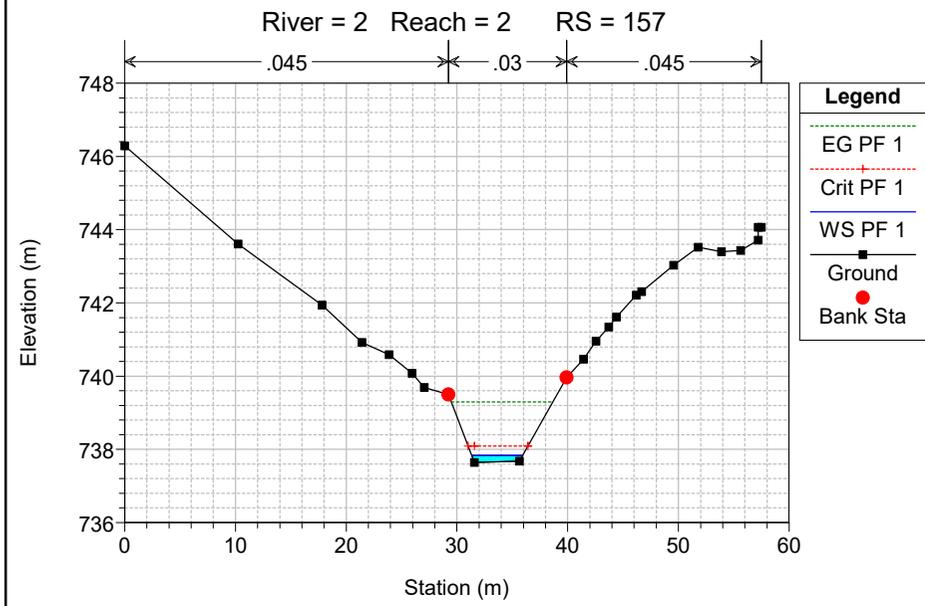
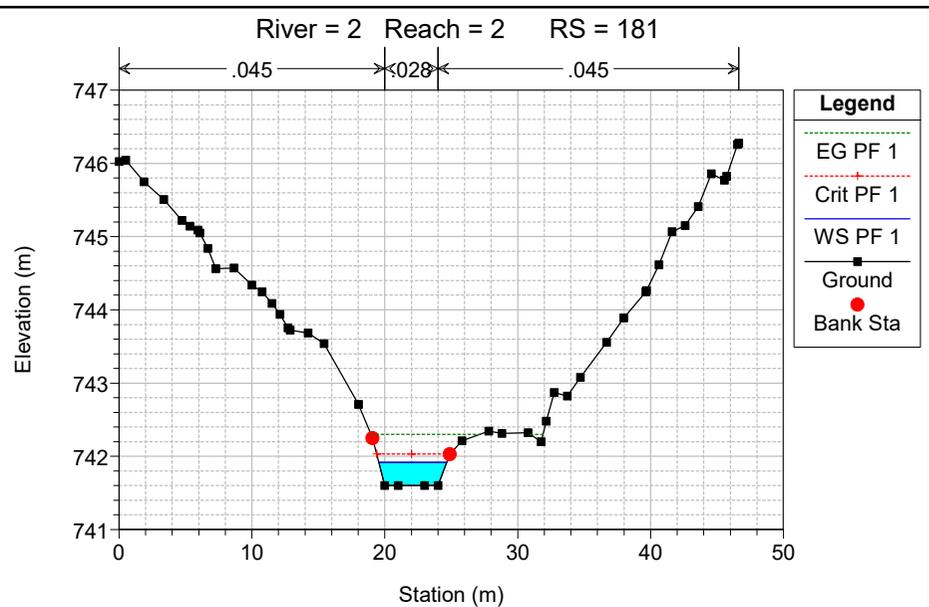
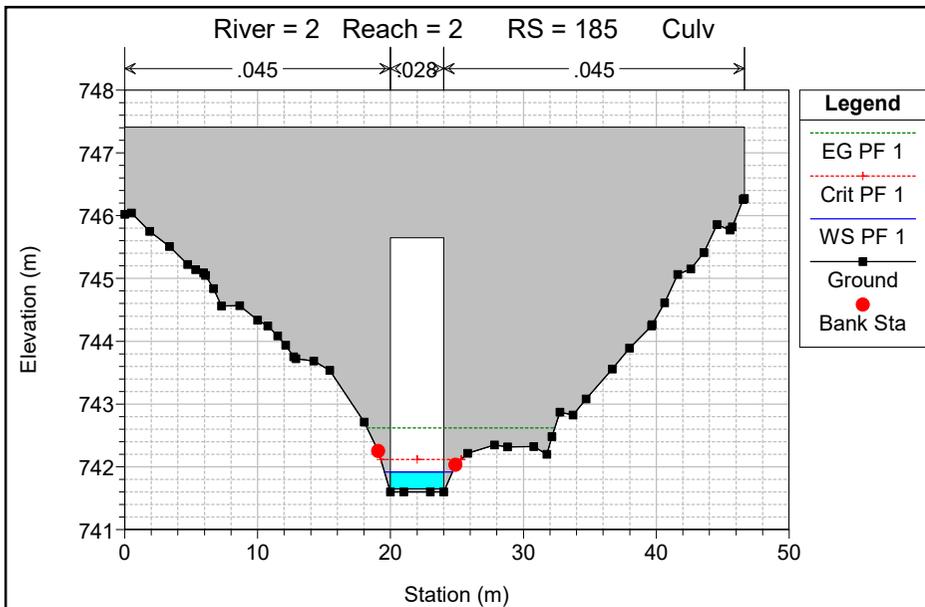


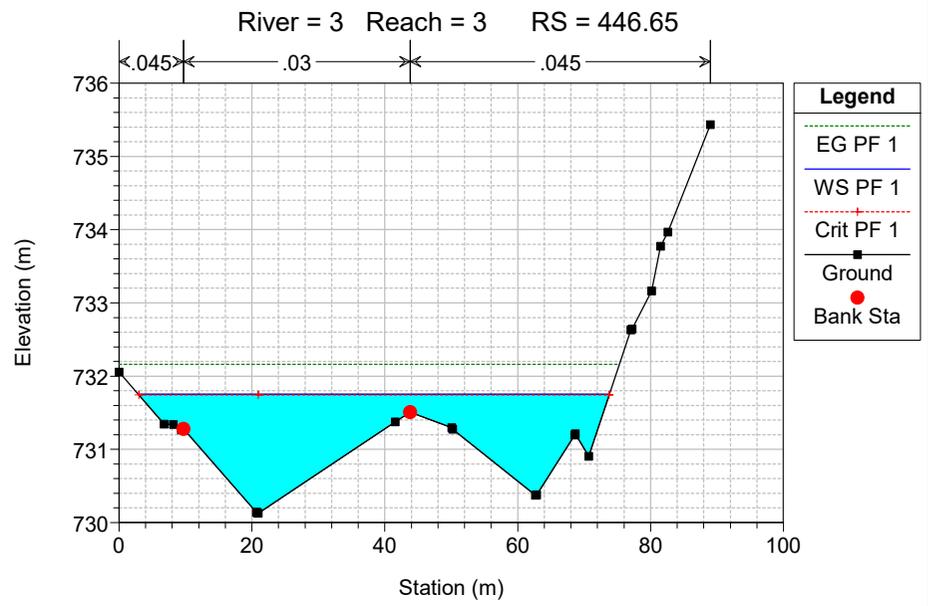
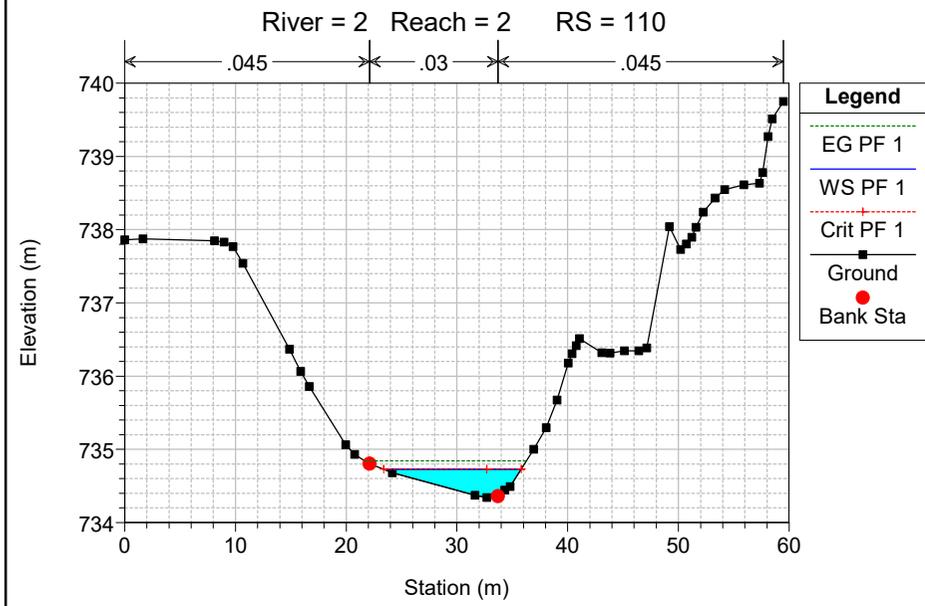
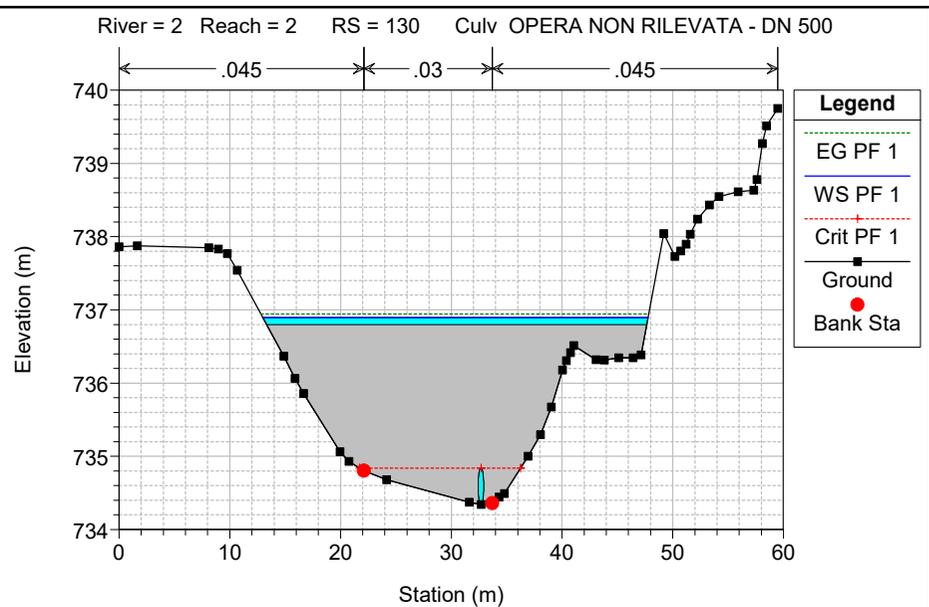
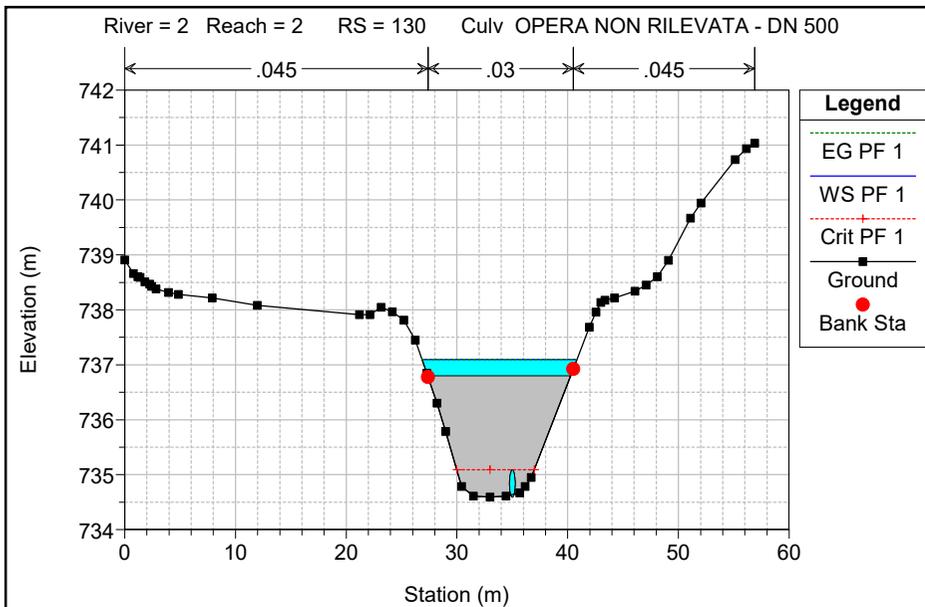


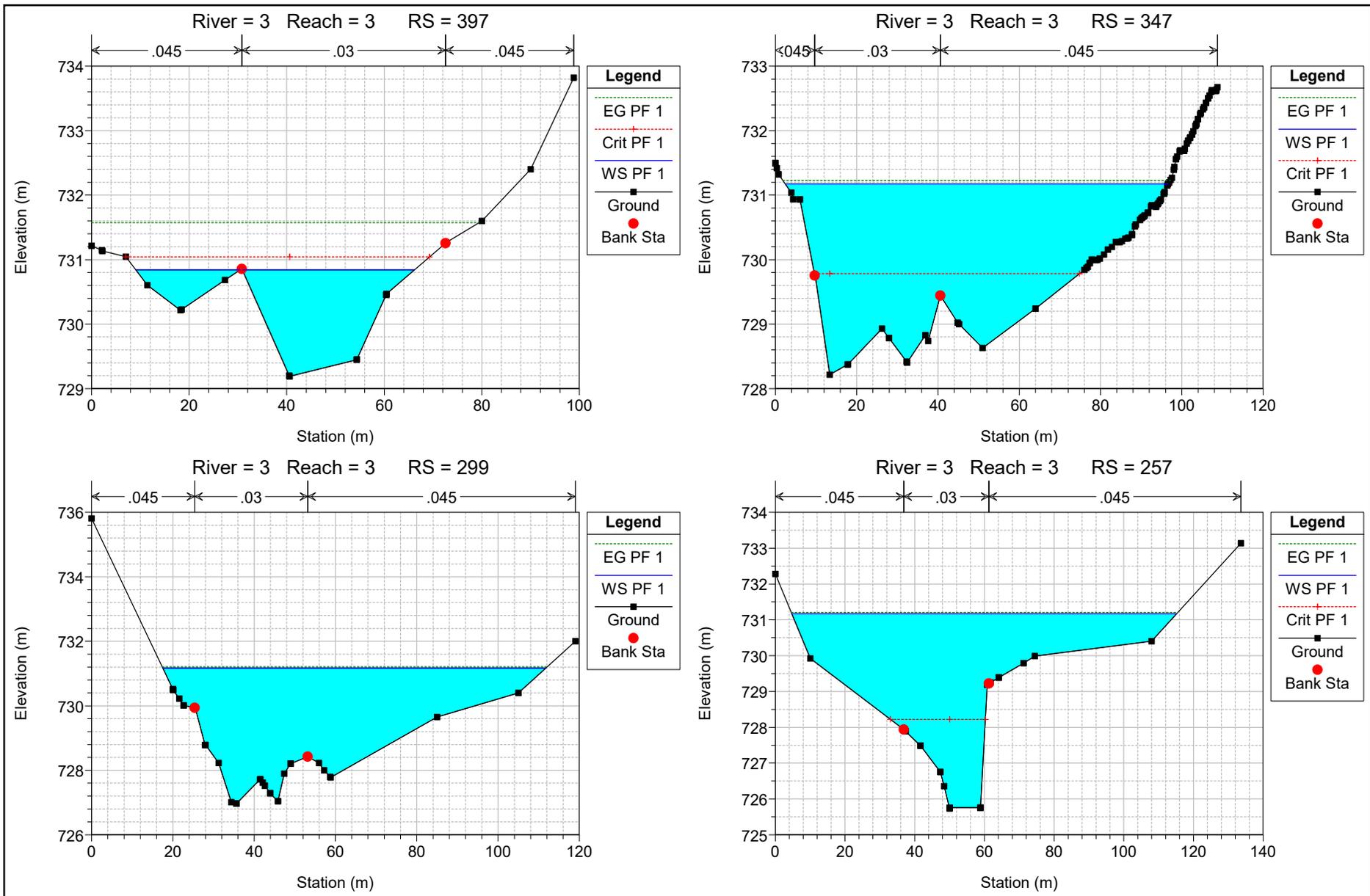


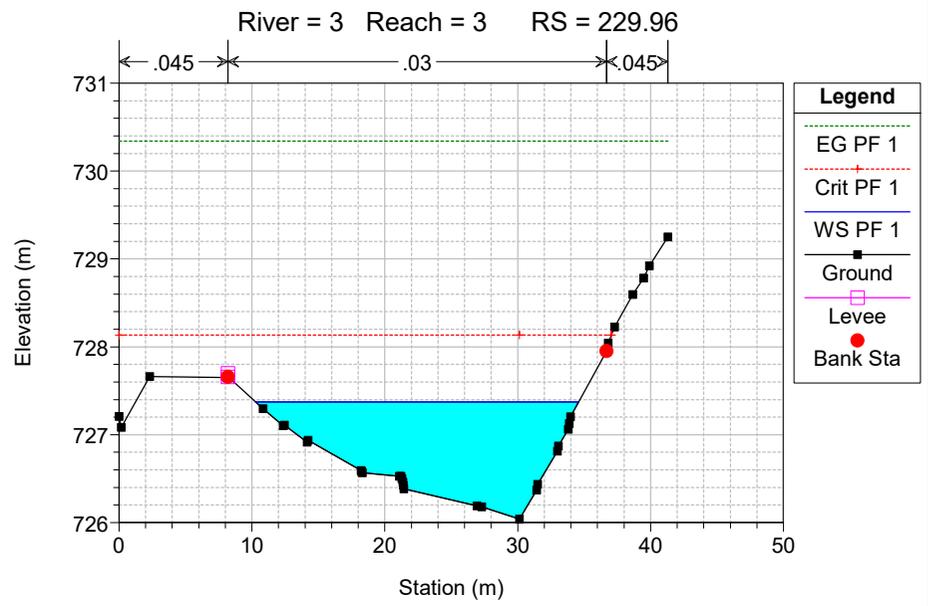
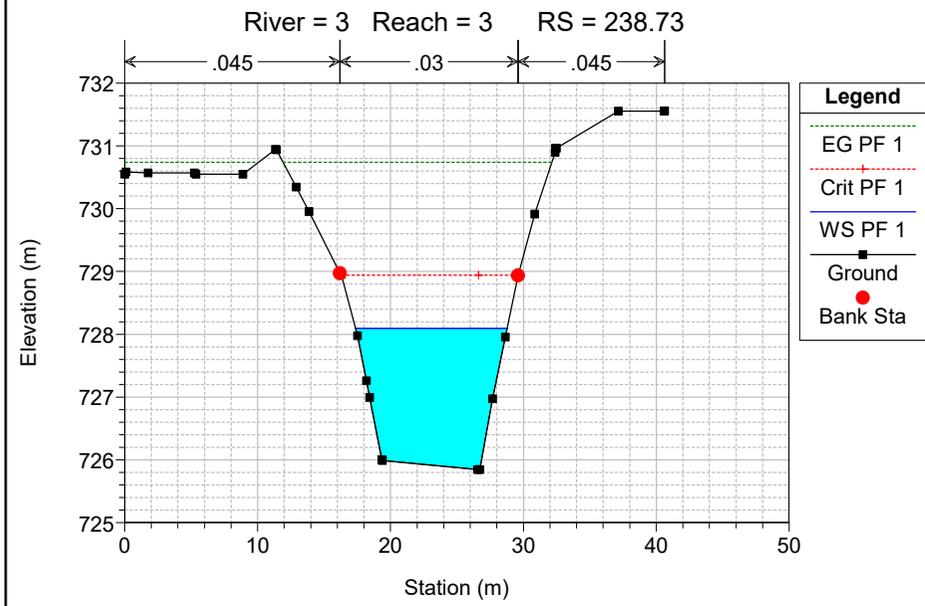
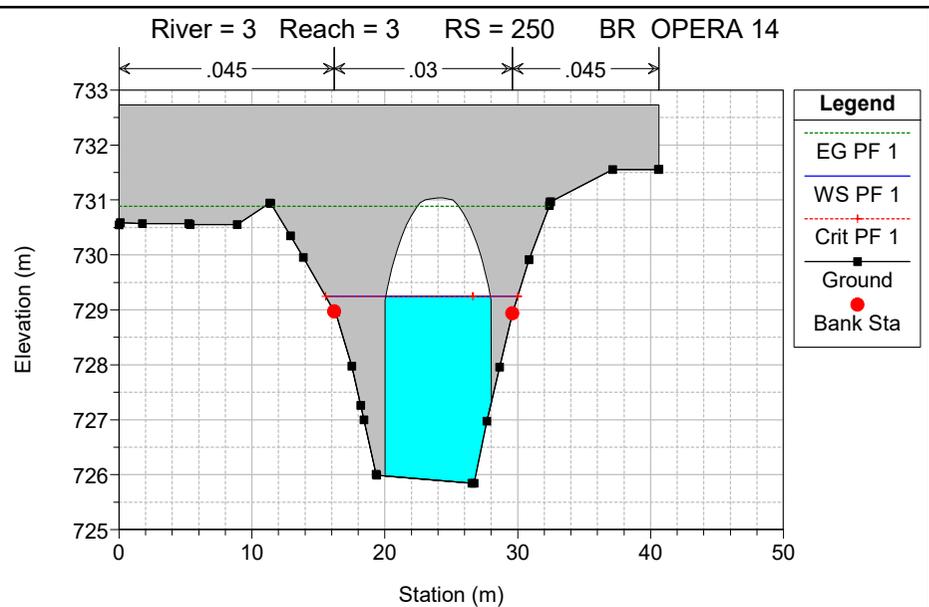
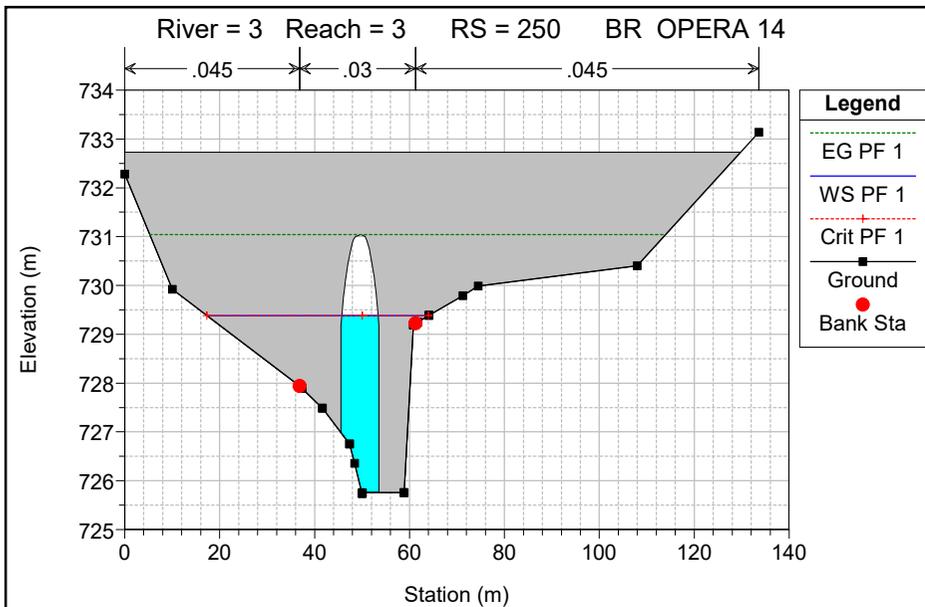


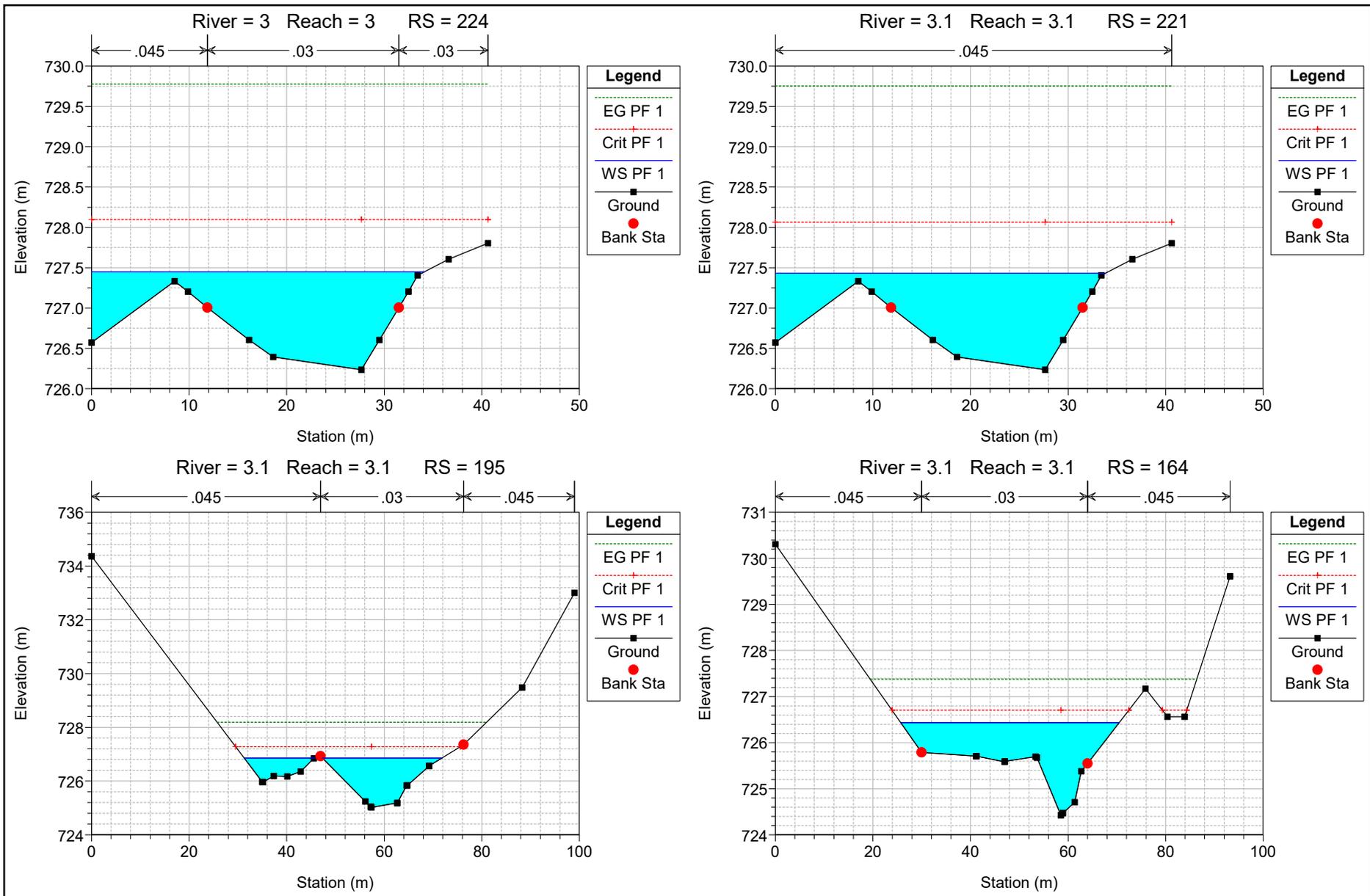


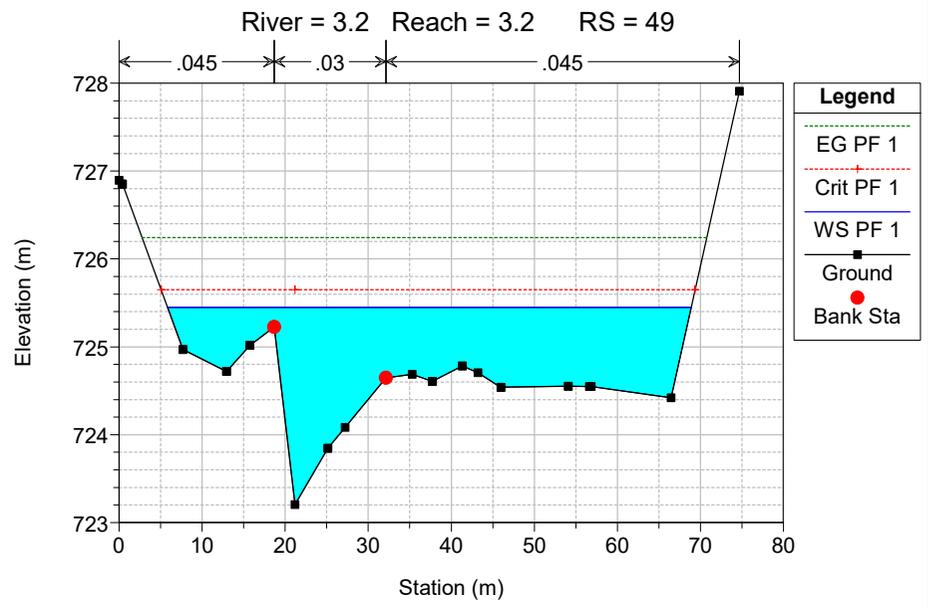
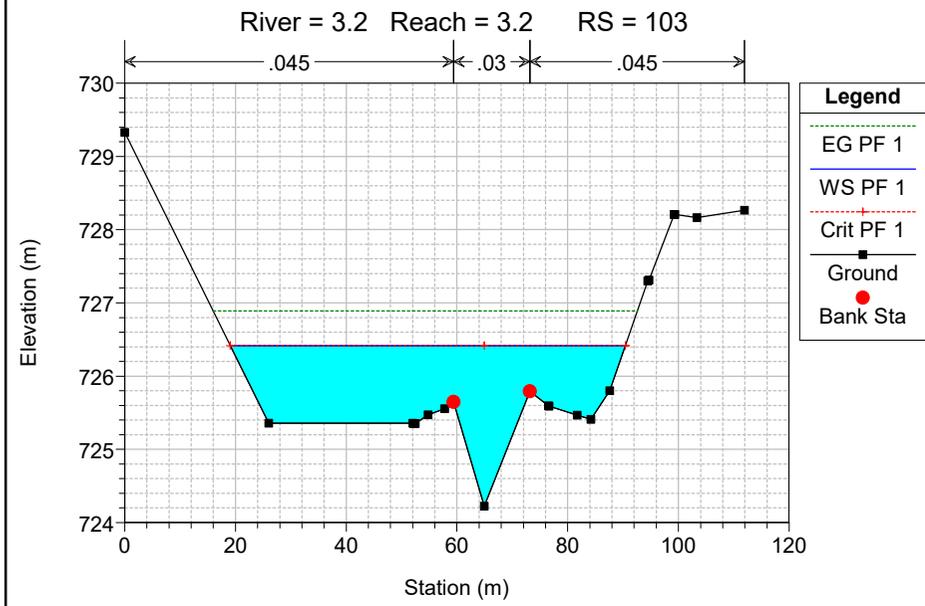
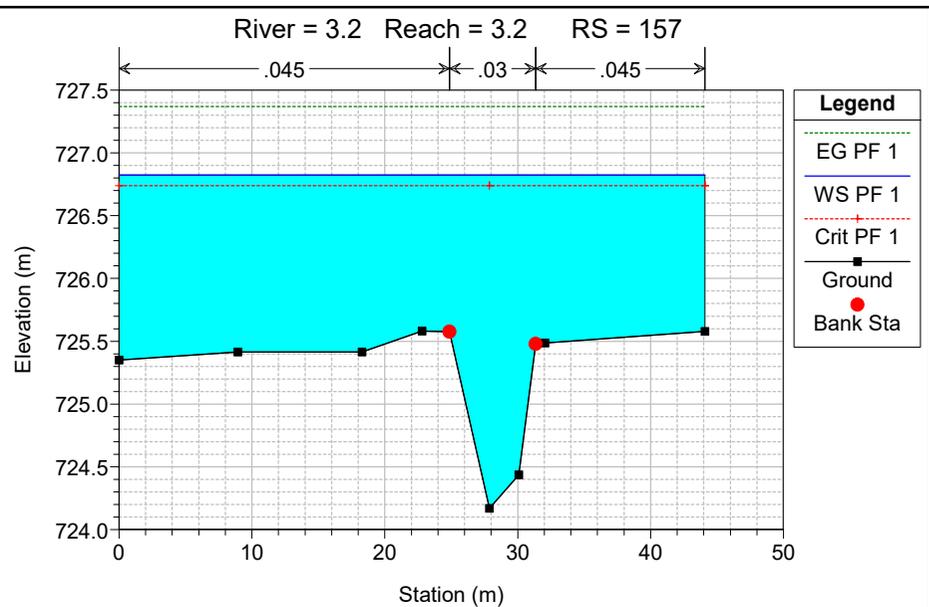
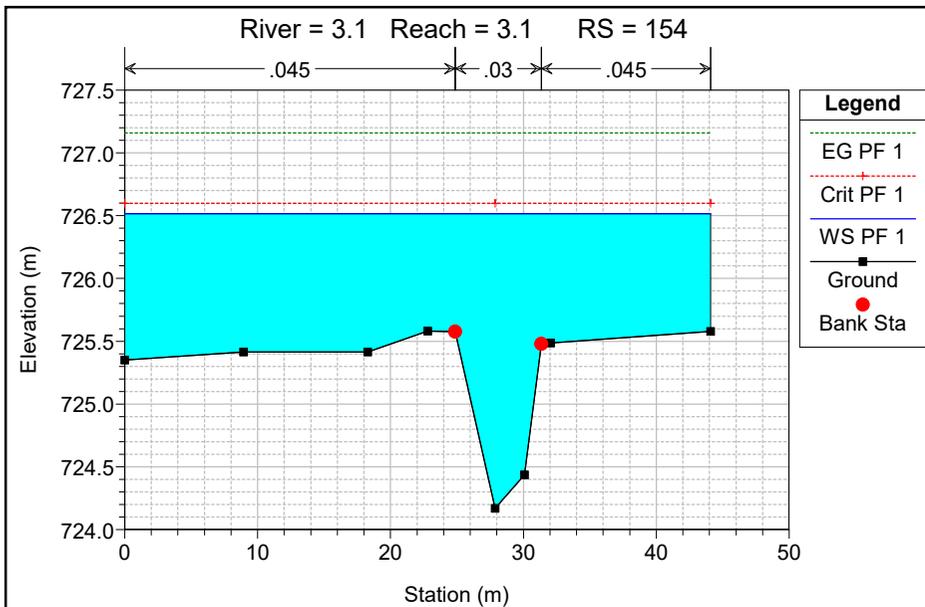


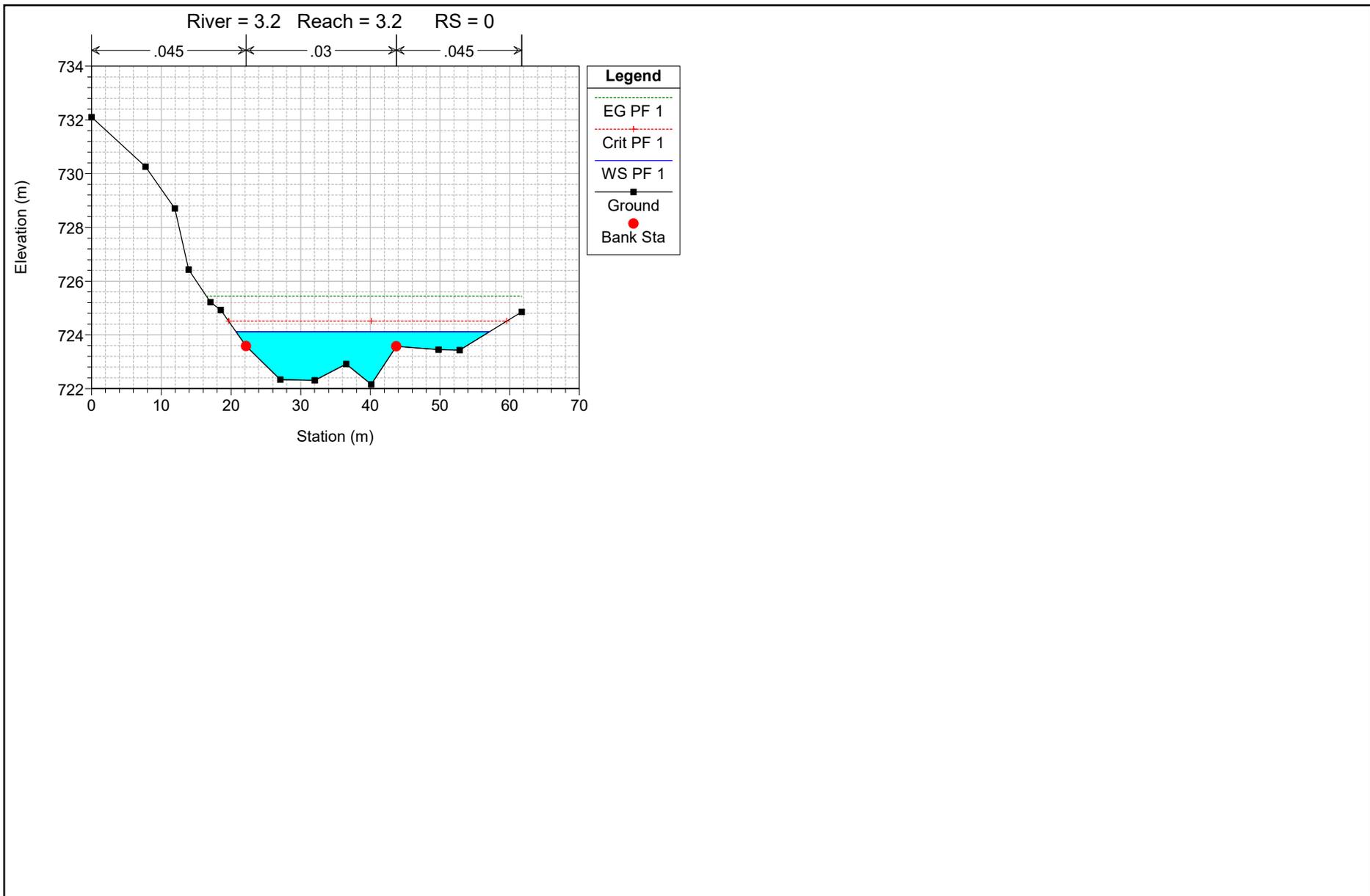








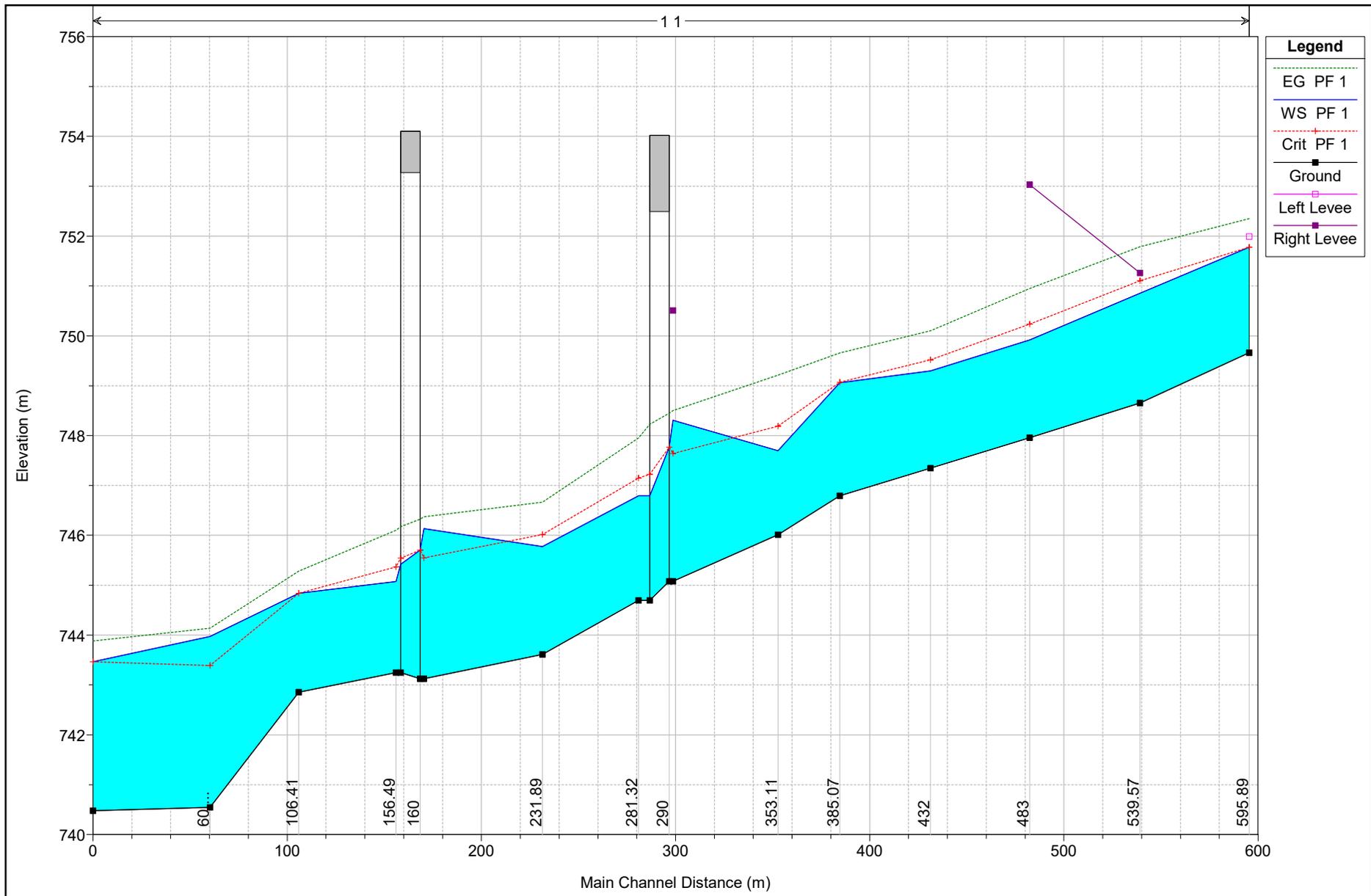


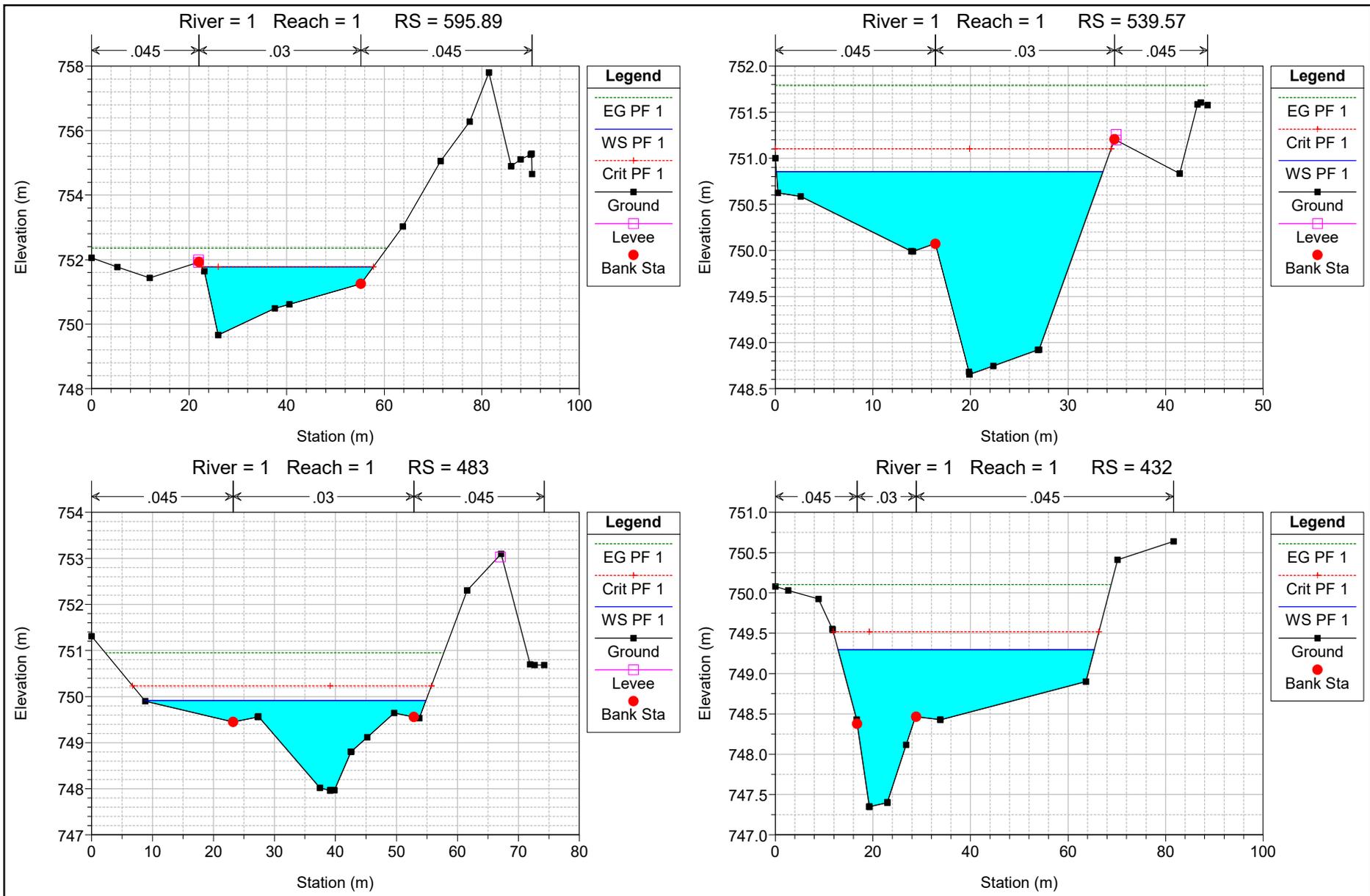


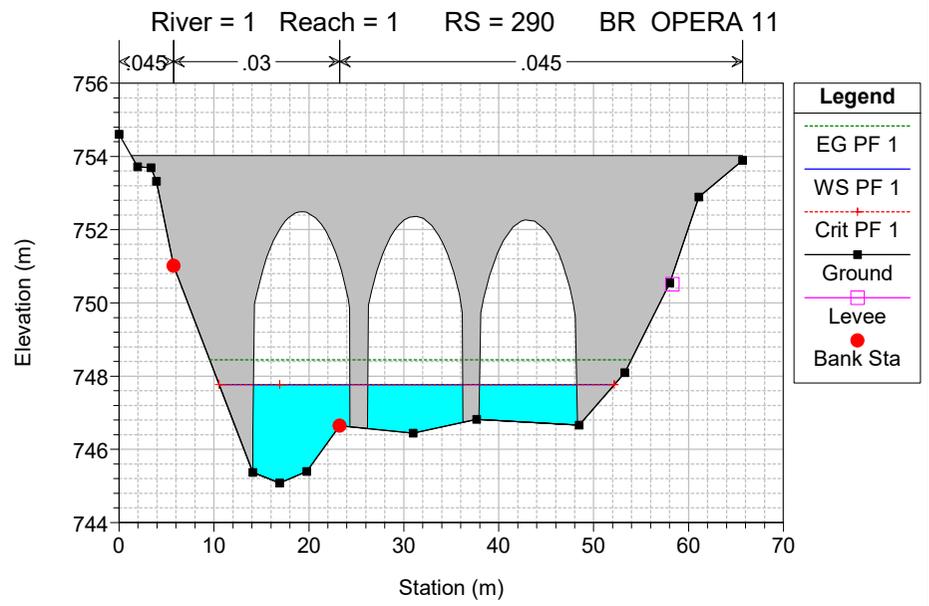
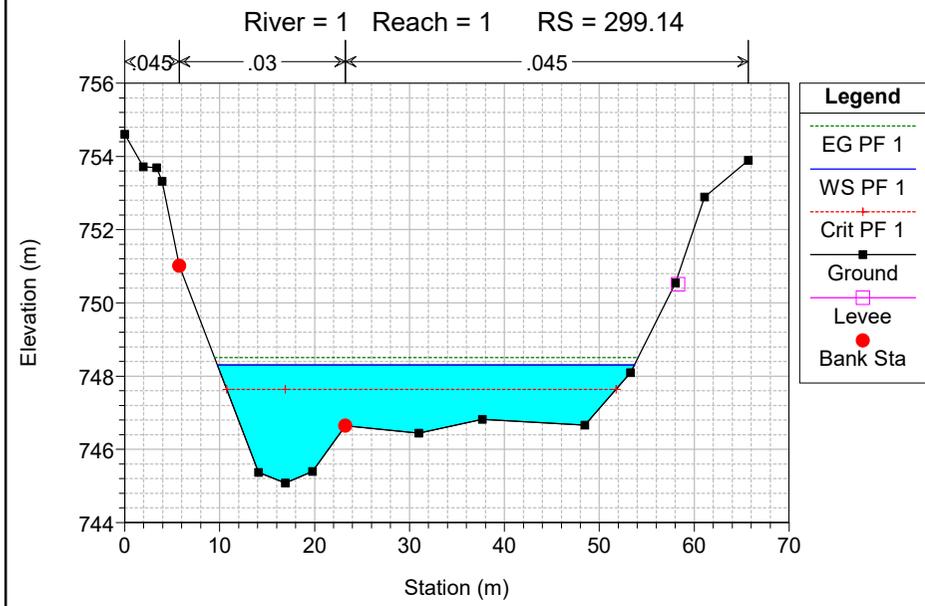
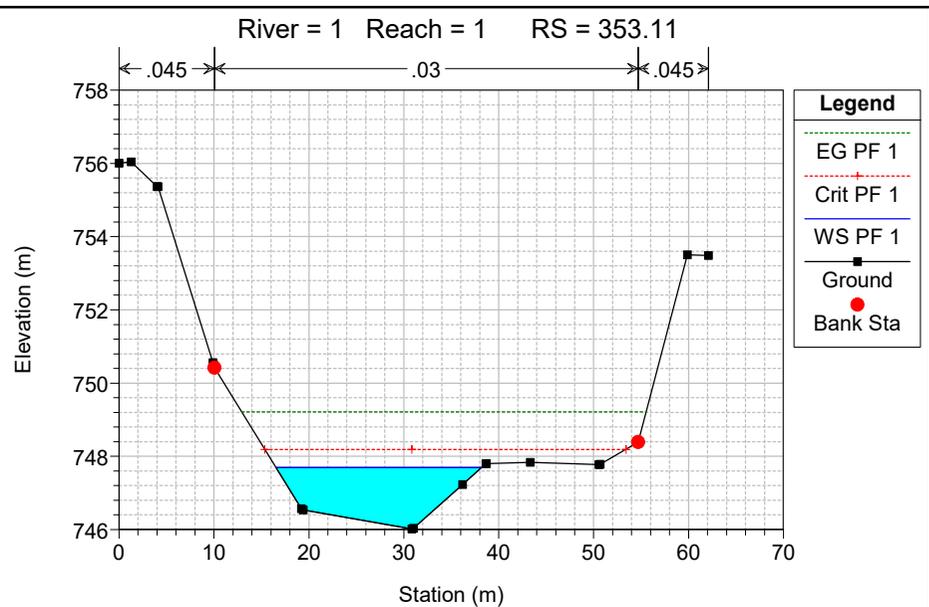
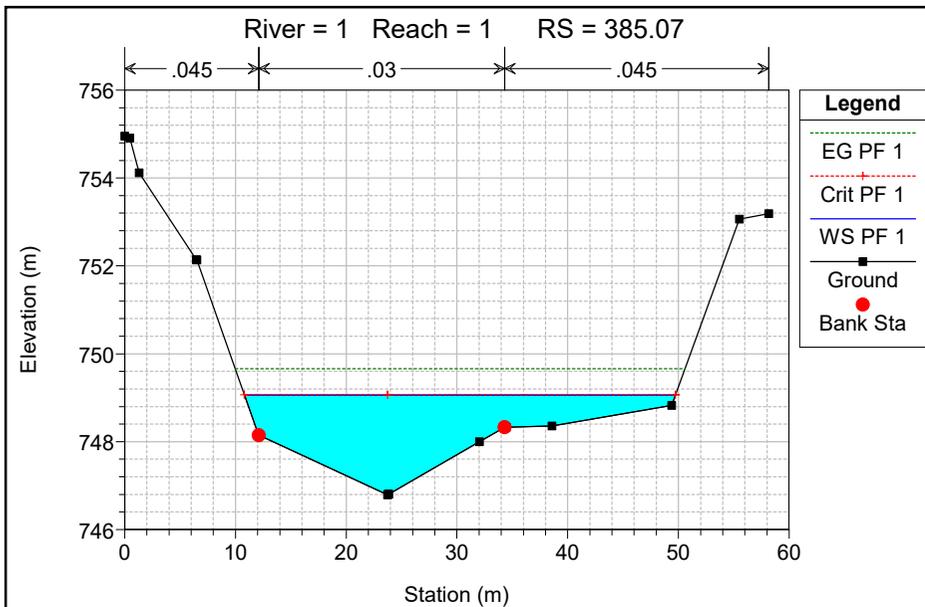
HEC-RAS Plan: POST OPERAM RE03_4X4 Profile: PF 1

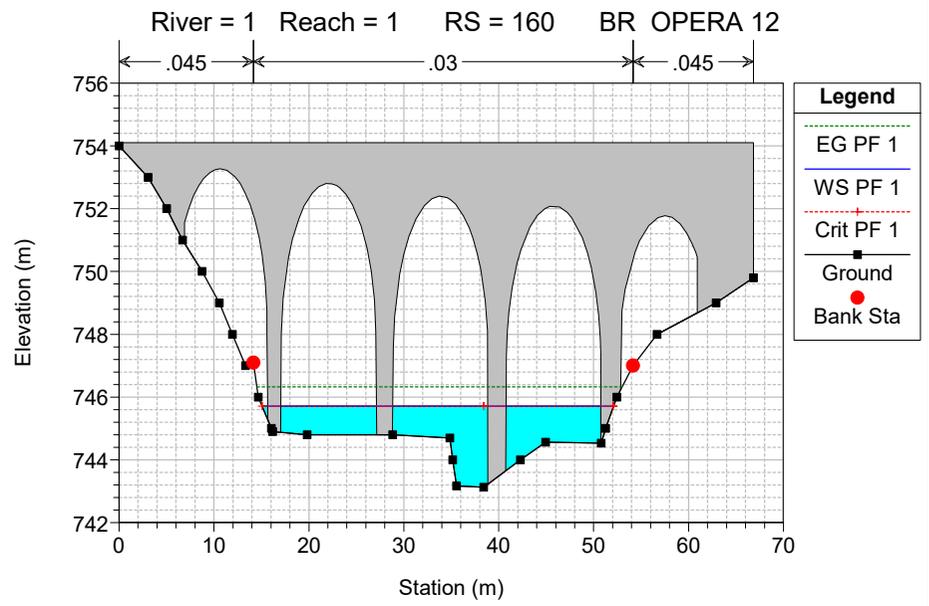
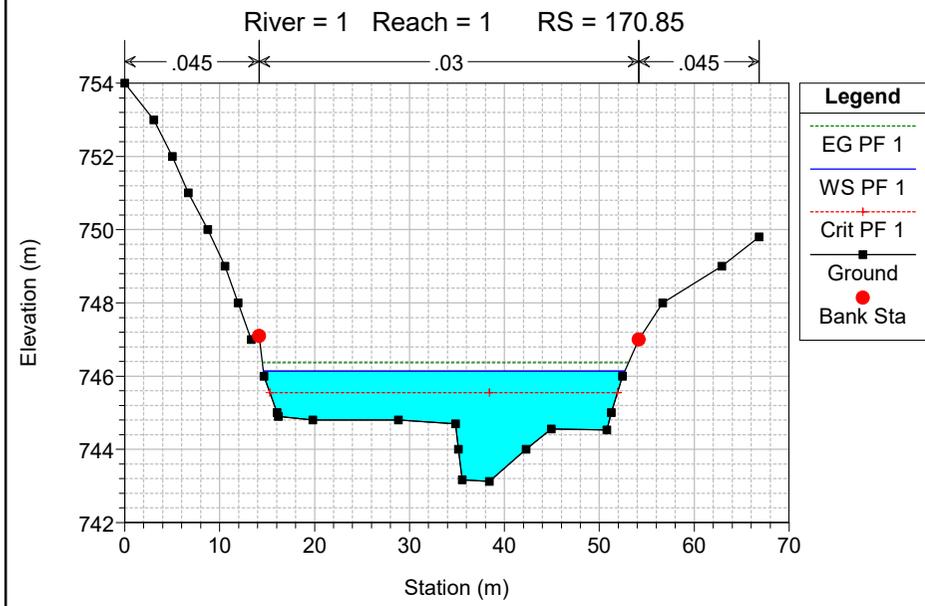
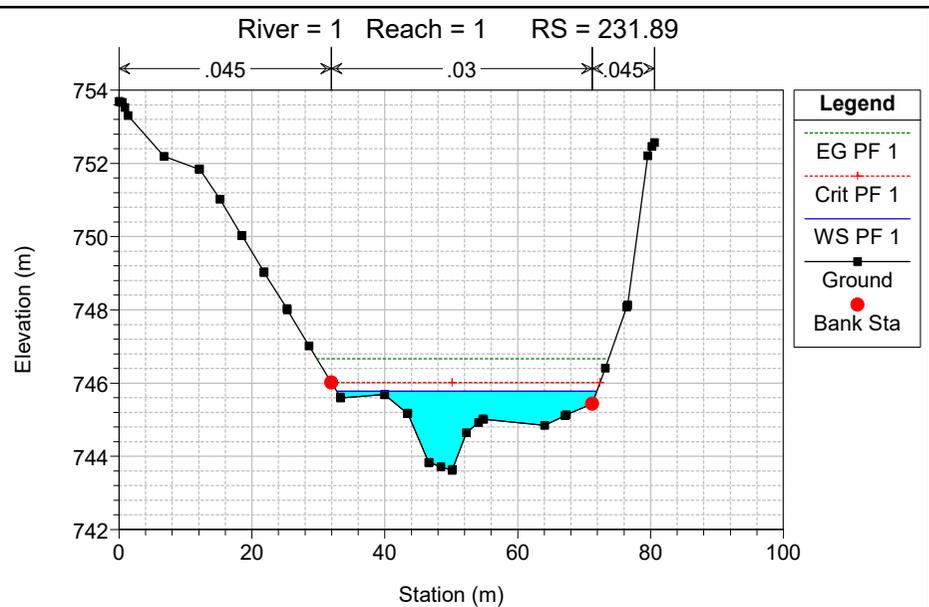
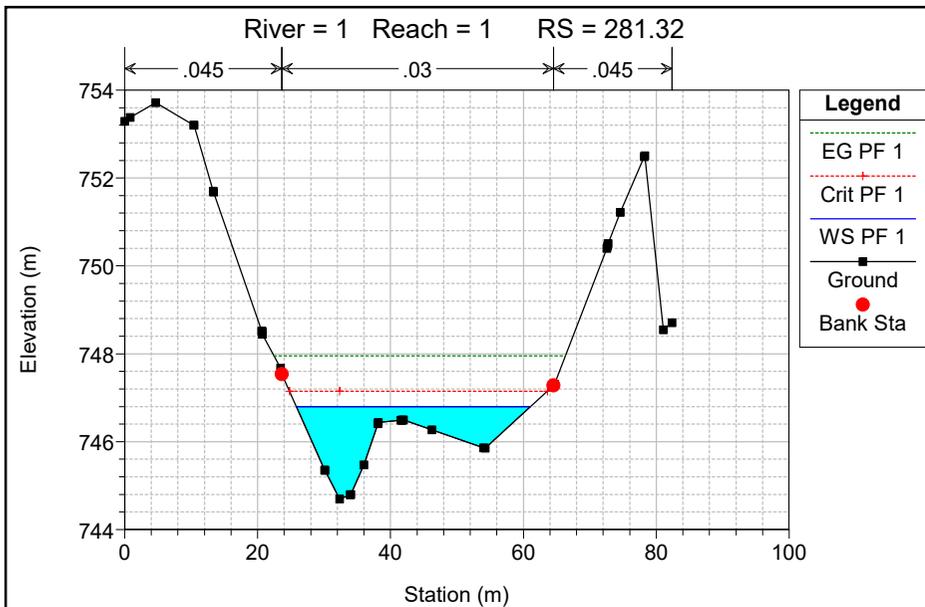
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
3.2	3.2	157	PF 1	180.85	724.17	726.82	726.74	727.37	0.007840	4.56	64.91	44.10	1.00
3.2	3.2	103	PF 1	180.85	724.22	726.42	726.42	726.89	0.009218	4.01	71.01	71.35	1.07
3.2	3.2	49	PF 1	180.85	723.21	725.45	725.65	726.24	0.015019	4.97	56.44	63.06	1.33
3.2	3.2	0	PF 1	180.85	722.16	724.12	724.51	725.45	0.015554	5.28	39.29	36.42	1.39
3.1	3.1	221	PF 1	150.52	726.23	727.43	728.06	729.75	0.113357	7.10	23.68	33.88	2.35
3.1	3.1	195	PF 1	150.52	725.02	726.86	727.28	728.19	0.026348	5.38	32.34	38.96	1.71
3.1	3.1	164	PF 1	150.52	724.43	726.43	726.70	727.38	0.018600	4.40	36.90	44.75	1.43
3.1	3.1	154	PF 1	150.52	724.17	726.52	726.60	727.16	0.011120	4.90	51.40	44.10	1.16
3	3	446.65	PF 1	146.54	730.13	731.75	731.74	732.16	0.009412	3.17	57.59	70.90	1.03
3	3	397	PF 1	146.54	729.19	730.84	731.04	731.57	0.013669	3.89	42.45	56.66	1.24
3	3	347	PF 1	146.54	728.22	731.17	729.78	731.23	0.000403	1.22	167.61	94.22	0.25
3	3	299	PF 1	146.54	726.97	731.17	731.21	731.21	0.000204	1.03	204.84	94.25	0.18
3	3	257	PF 1	146.54	725.74	731.17	728.22	731.20	0.000133	0.98	228.11	110.44	0.15
3	3	250		Bridge									
3	3	238.73	PF 1	146.54	725.84	728.10	728.94	730.74	0.026469	7.20	20.36	11.41	1.72
3	3	229.96	PF 1	146.54	726.04	727.37	728.13	730.34	0.073191	7.63	19.21	24.32	2.74
3	3	224	PF 1	146.54	726.23	727.45	728.10	729.78	0.048848	7.07	24.25	34.15	2.32
2	2	339.58	PF 1	3.98	757.62	758.34	758.34	758.59	0.013268	2.20	1.81	3.71	1.01
2	2	291.96	PF 1	3.98	752.78	753.11	753.48	756.36	0.633024	7.99	0.50	2.94	6.19
2	2	242.8	PF 1	3.98	746.51	747.02	747.25	747.80	0.070806	3.91	1.02	3.24	2.23
2	2	195.54	PF 1	3.98	743.00	743.24	743.44	744.01	0.091575	3.90	1.02	4.53	2.62
2	2	191	PF 1	3.98	741.90	742.10	742.35	743.29	0.175147	4.84	0.82	4.24	3.51
2	2	185		Culvert									
2	2	181	PF 1	3.98	741.60	741.92	742.03	742.30	0.044460	2.74	1.45	5.11	1.64
2	2	157	PF 1	3.98	737.65	737.83	738.09	739.30	0.303696	5.36	0.74	4.61	4.26
2	2	131	PF 1	3.98	734.59	737.10	735.00	737.10	0.000013	0.17	23.73	13.99	0.04
2	2	130		Culvert									
2	2	110	PF 1	3.98	734.34	734.73	734.73	734.84	0.015851	1.54	2.74	12.41	1.04
1	1	422	PF 1	30.33	742.42	743.39	743.39	743.74	0.010501	2.61	11.64	17.03	1.01
1	1	372.27	PF 1	30.33	739.70	740.38	740.89	742.41	0.090026	6.36	4.97	10.87	2.85
1	1	327.12	PF 1	30.33	738.54	739.99	740.16	740.55	0.015779	3.33	9.44	16.77	1.25
1	1	273	PF 1	30.33	735.49	739.52	737.04	739.52	0.000028	0.36	130.88	75.66	0.07
1	1	260		Bridge									
1	1	256.8	PF 1	30.33	735.39	735.93	736.43	738.30	0.141033	6.95	4.72	13.51	3.43
1	1	201.7	PF 1	30.33	731.09	732.11	732.63	733.82	0.049259	5.79	5.24	6.98	2.13
1	1	152.62	PF 1	30.33	729.93	731.37	731.59	732.20	0.017702	4.04	7.51	7.87	1.32
1	1	85	PF 1	30.33	728.88	731.54	730.55	731.64	0.000921	1.44	28.25	33.44	0.33
1	1	55.02	PF 1	30.33	727.46	731.57	729.37	731.61	0.000115	1.11	68.86	56.95	0.18
1	1	50		Bridge									
1	1	44.79	PF 1	30.33	727.33	728.37	729.17	731.27	0.022405	7.54	4.02	4.13	2.44

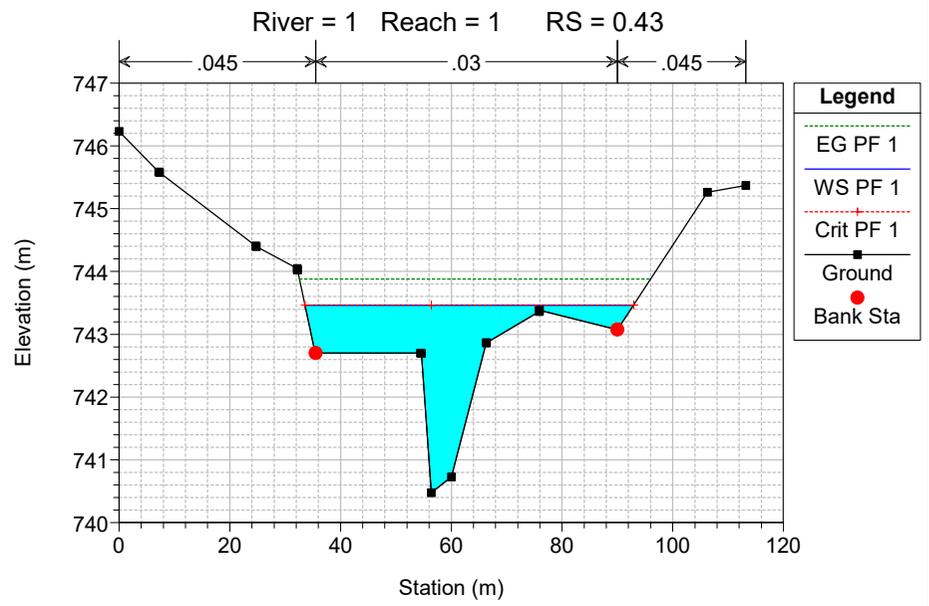
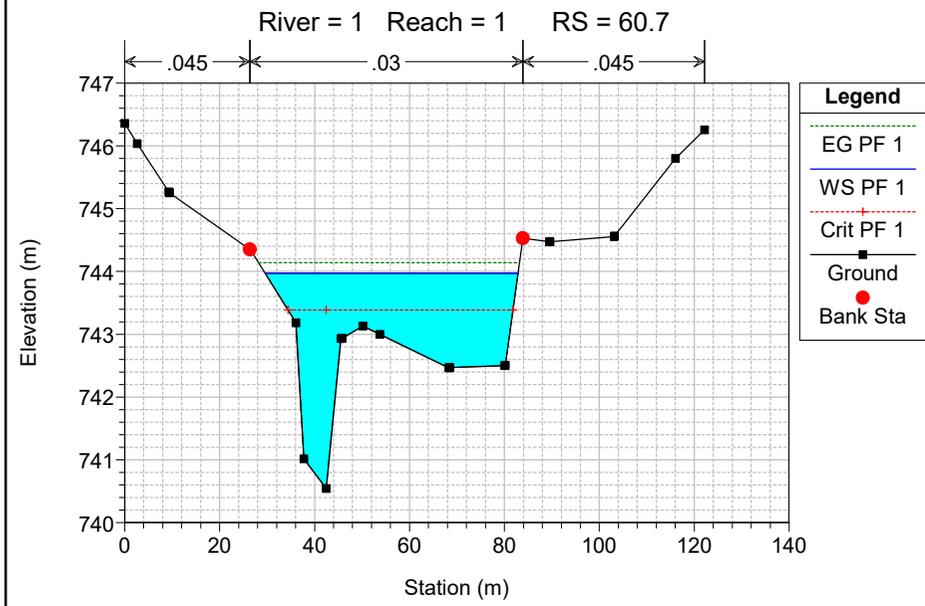
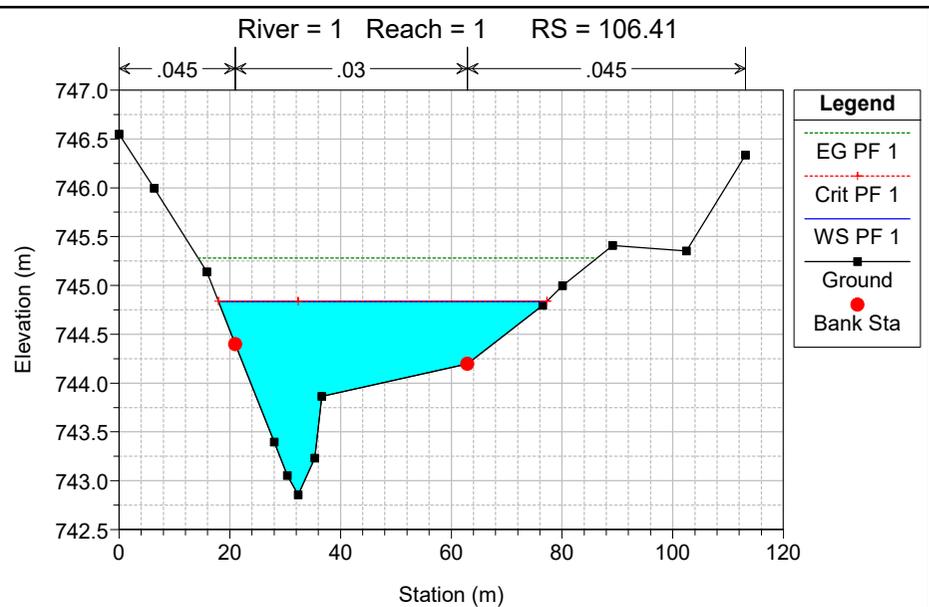
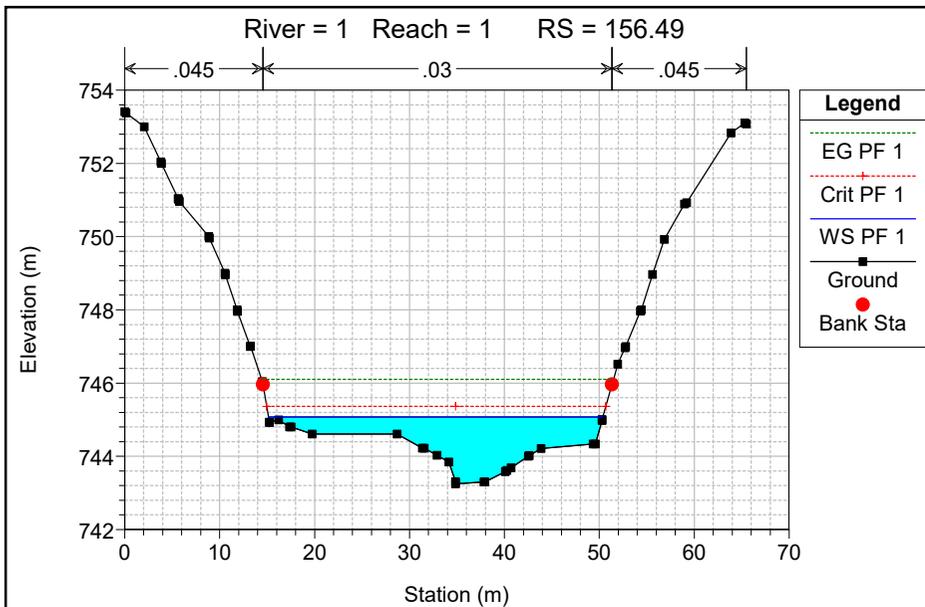
Galleria Appennino
PK #03+551.38
ANTE / POST
OPERAM



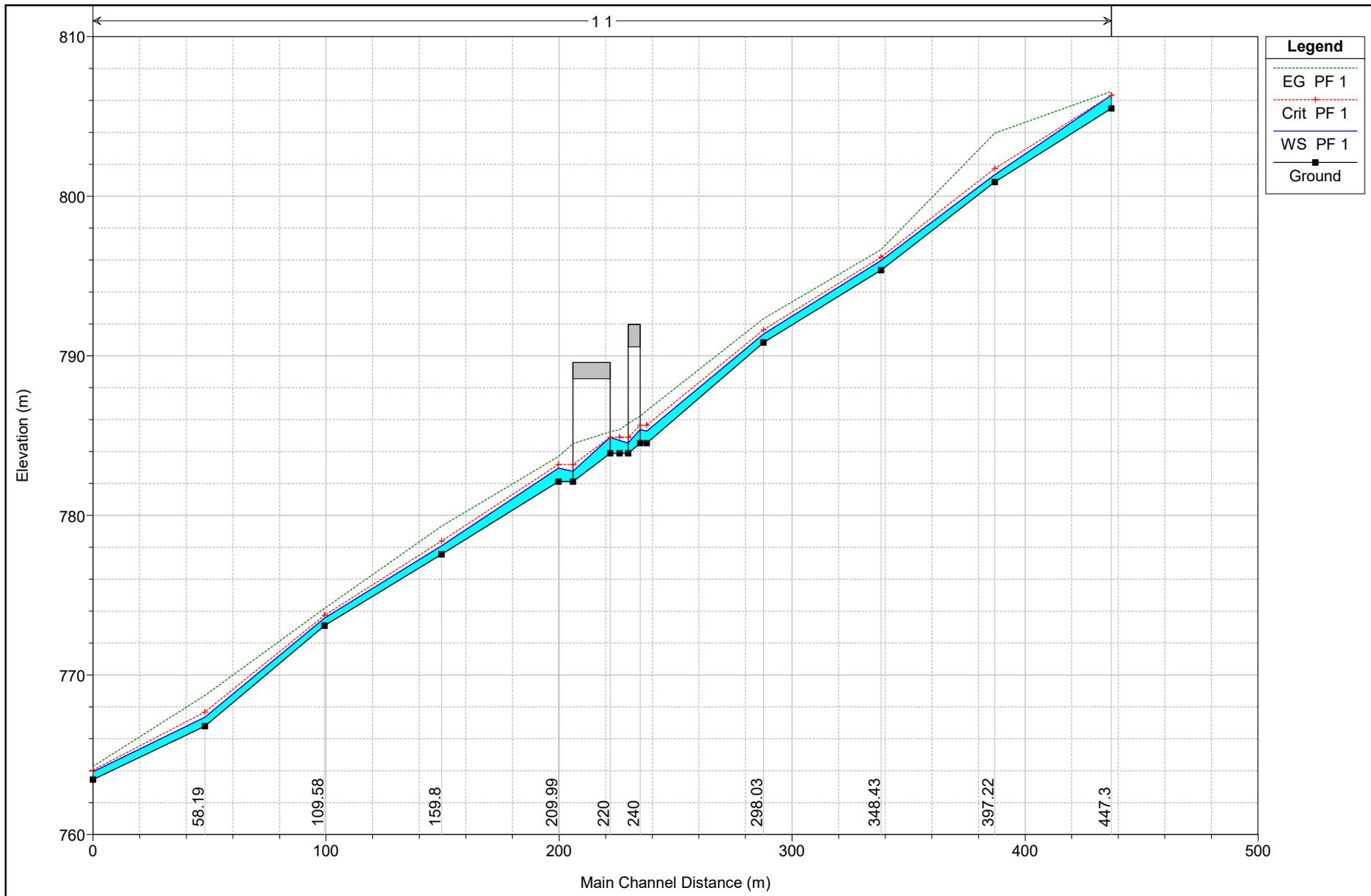


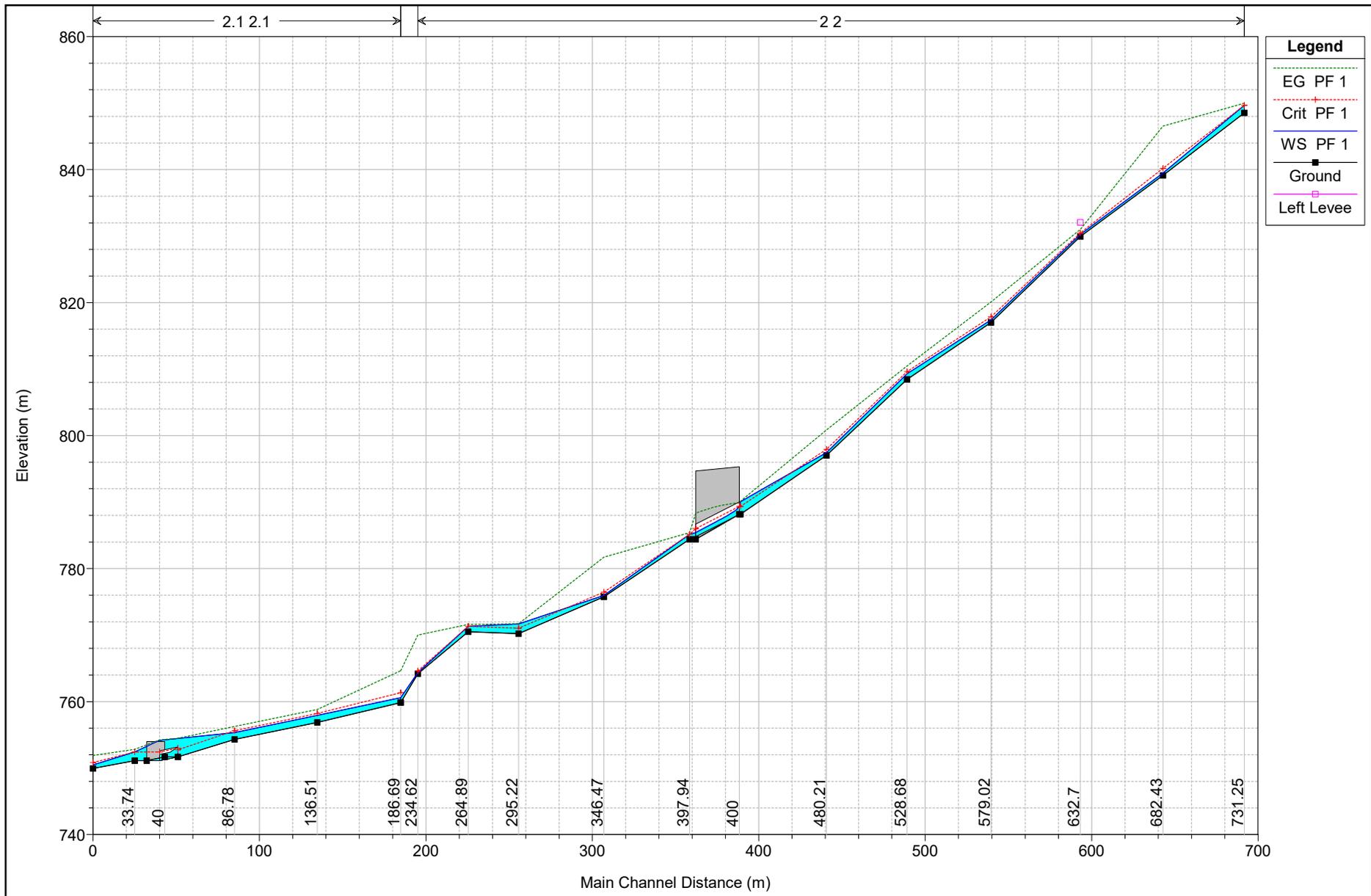


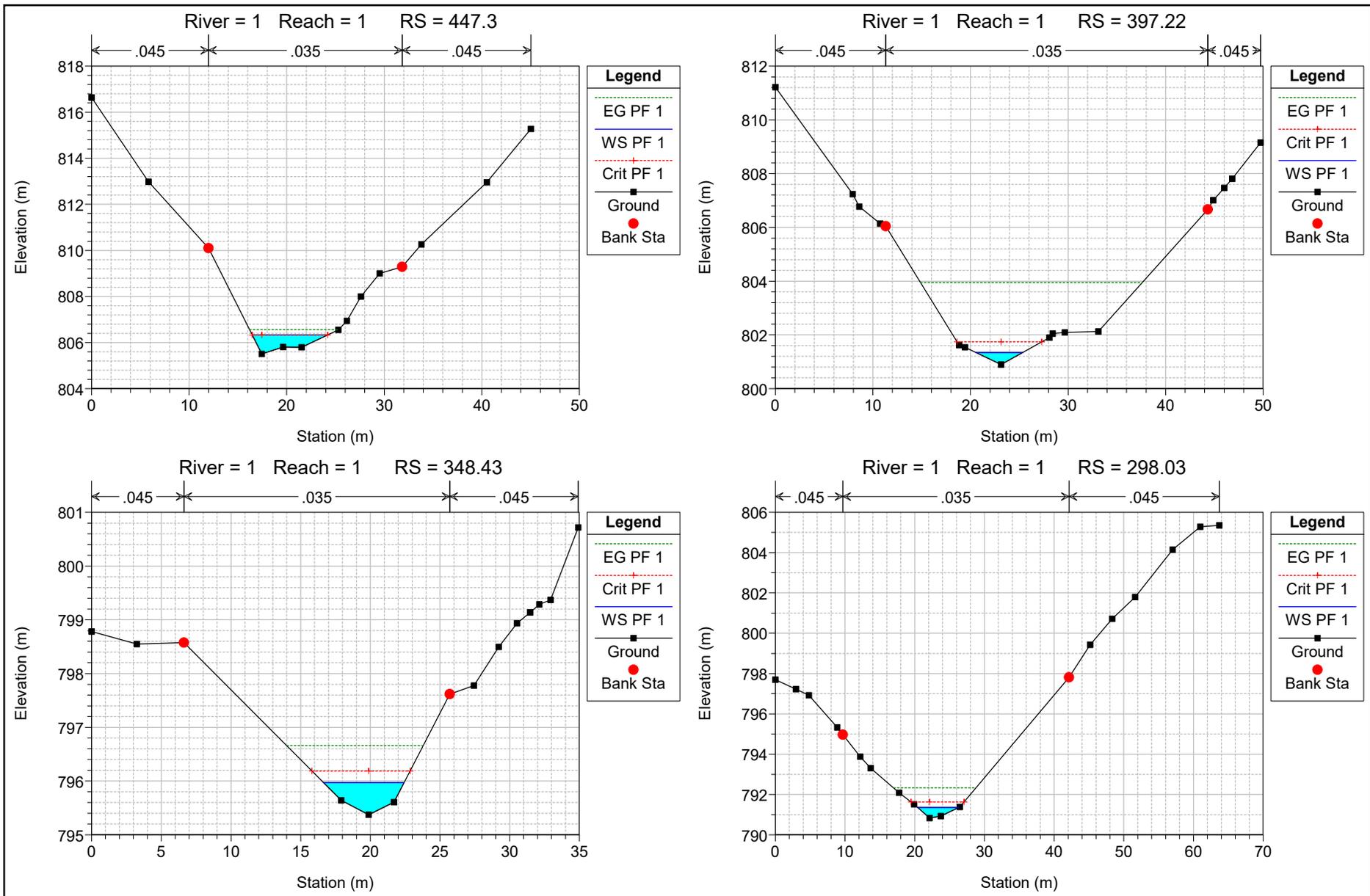


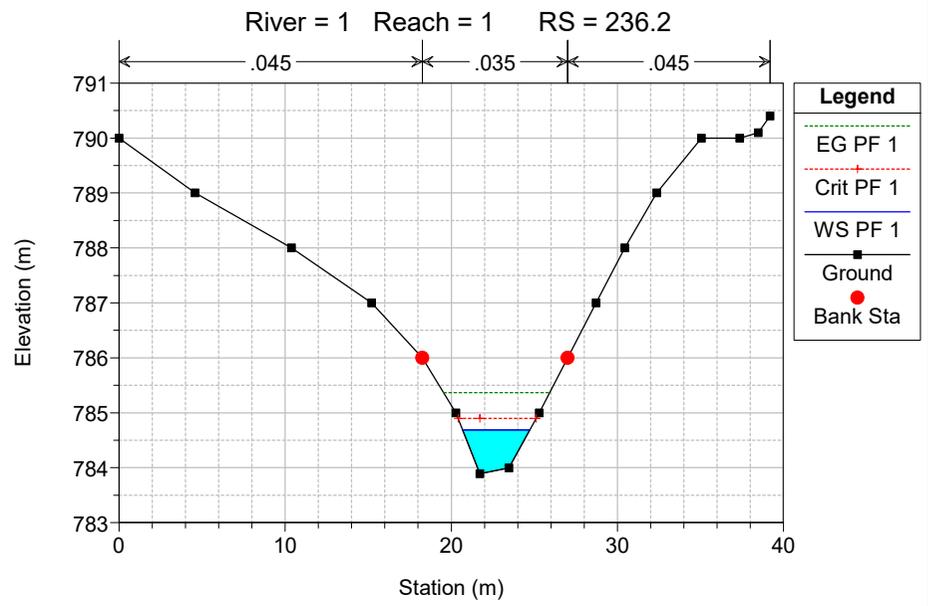
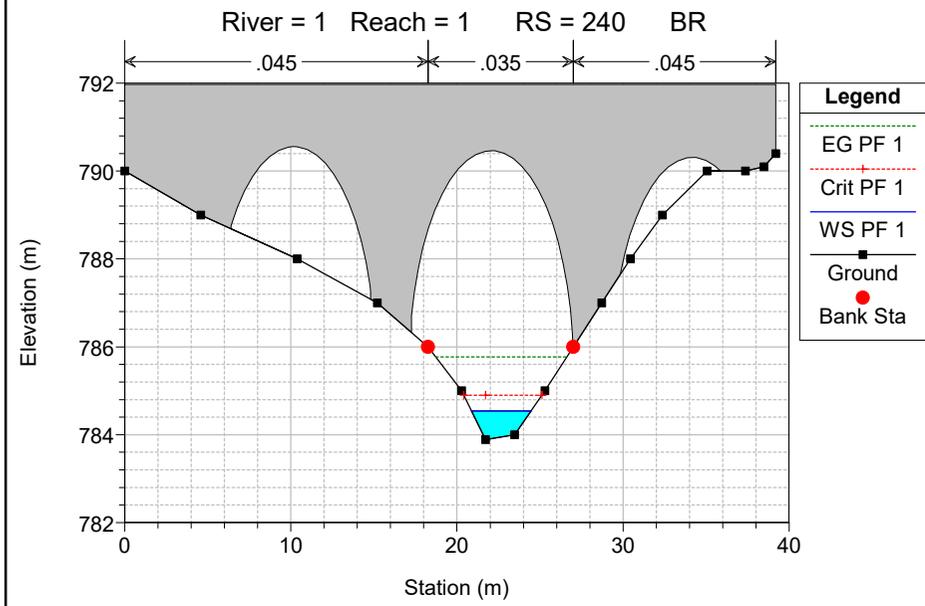
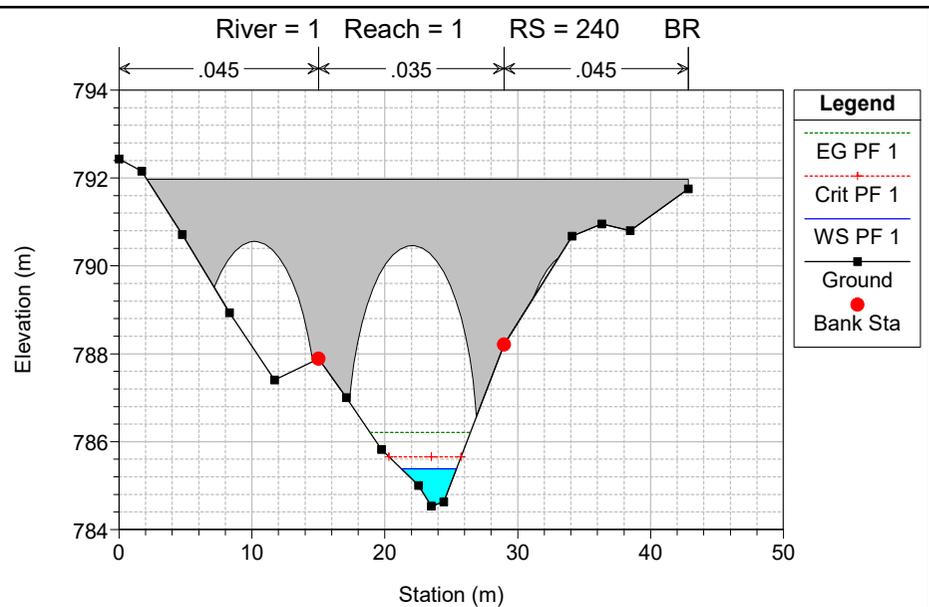
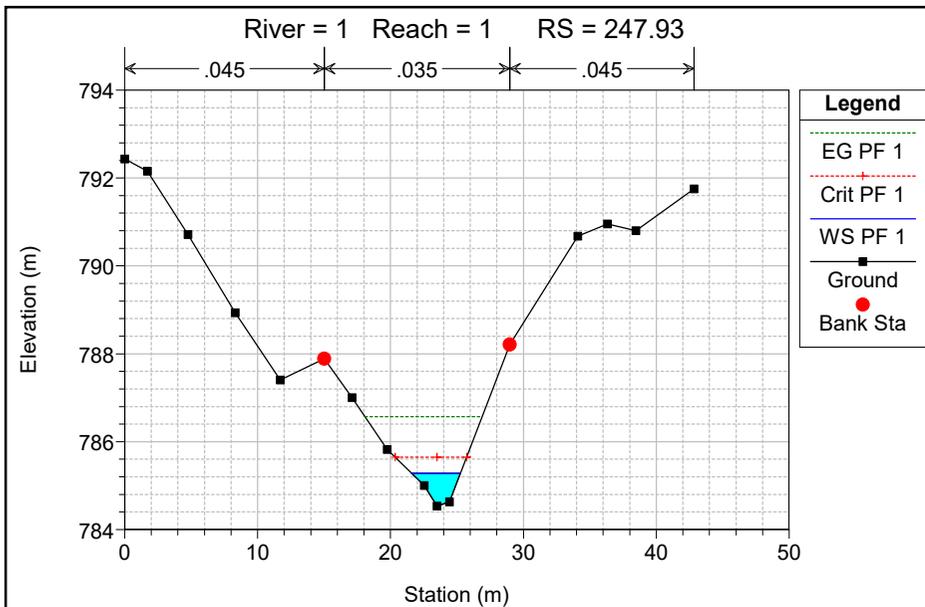


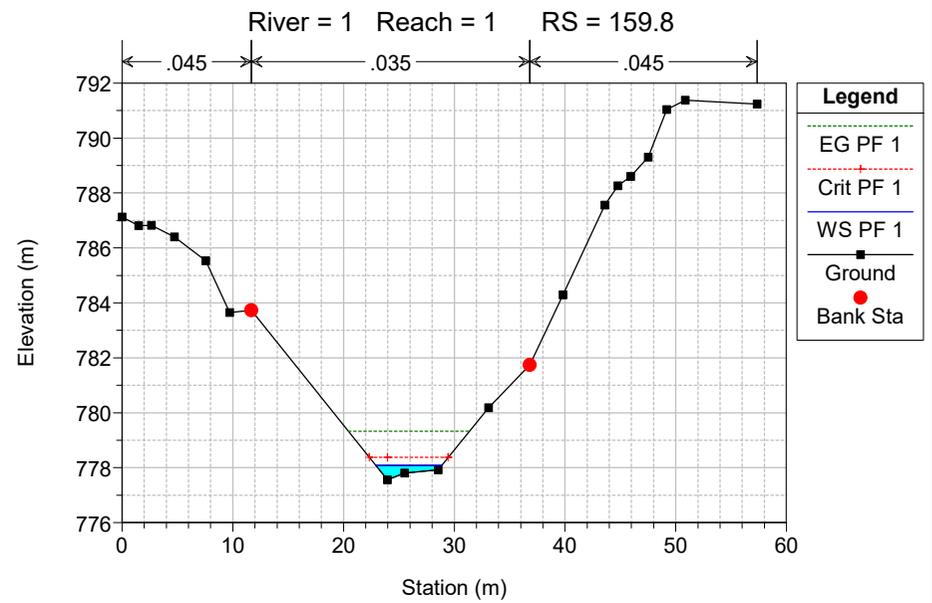
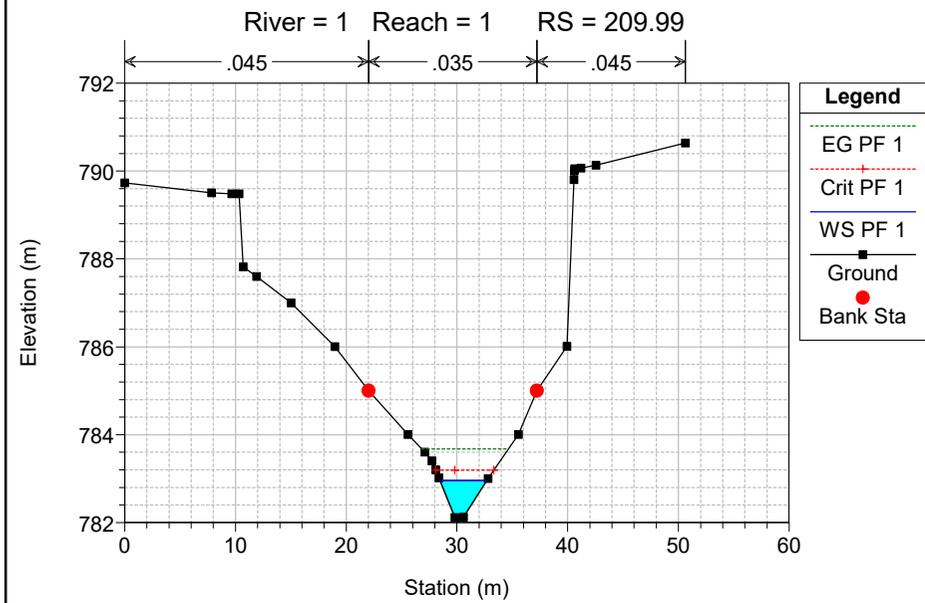
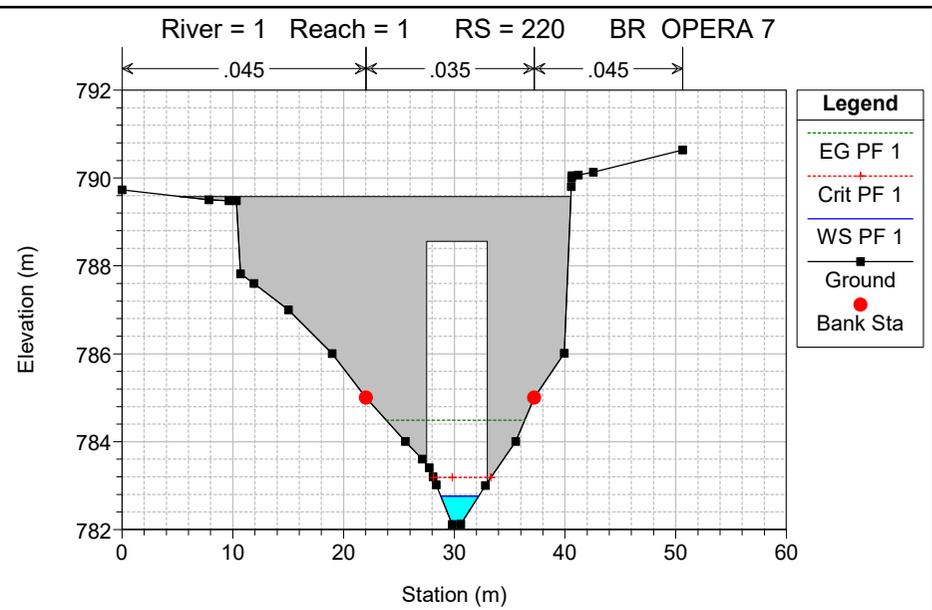
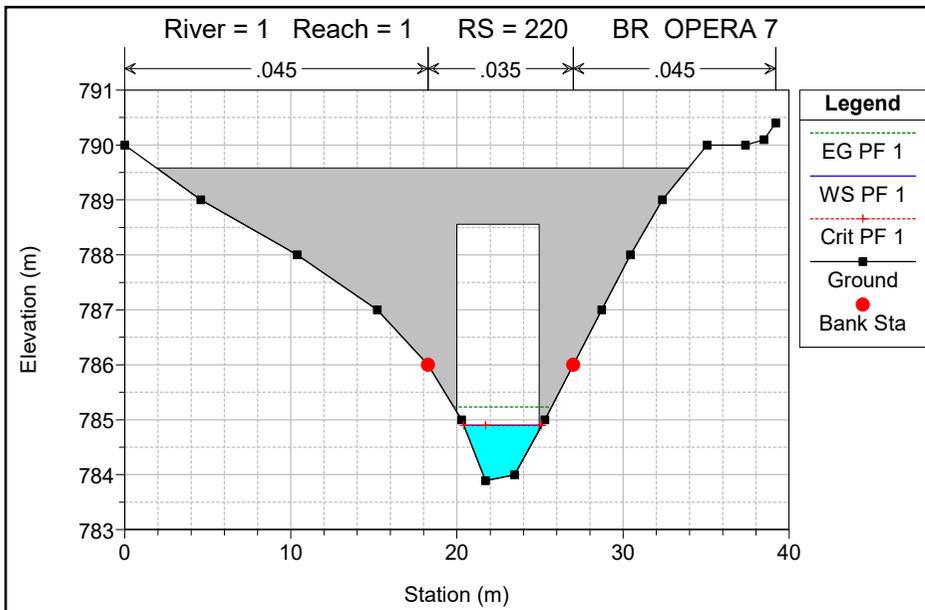
Galleria Appennino
PK #00+231.35
ANTE / POST
OPERAM

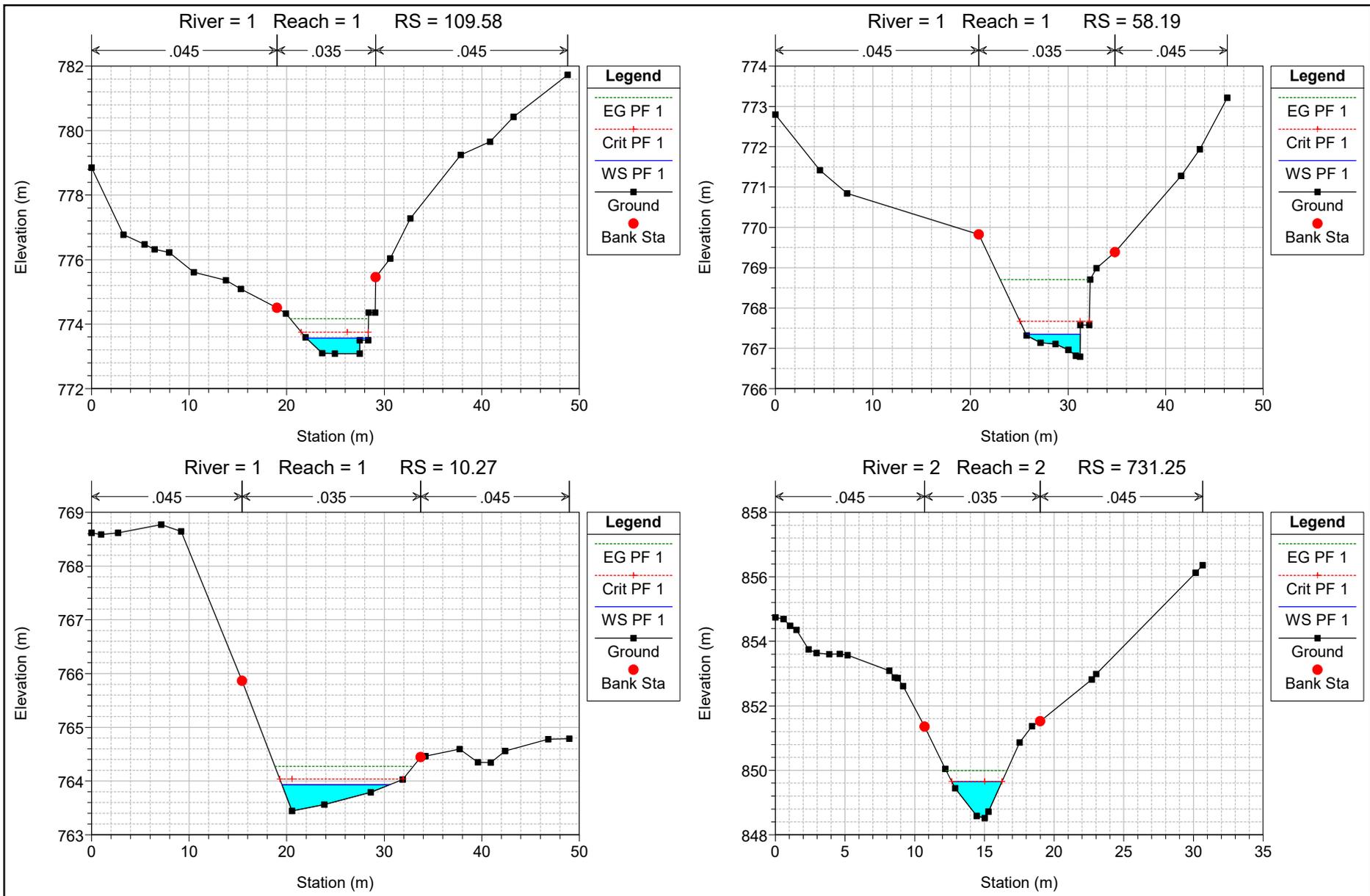


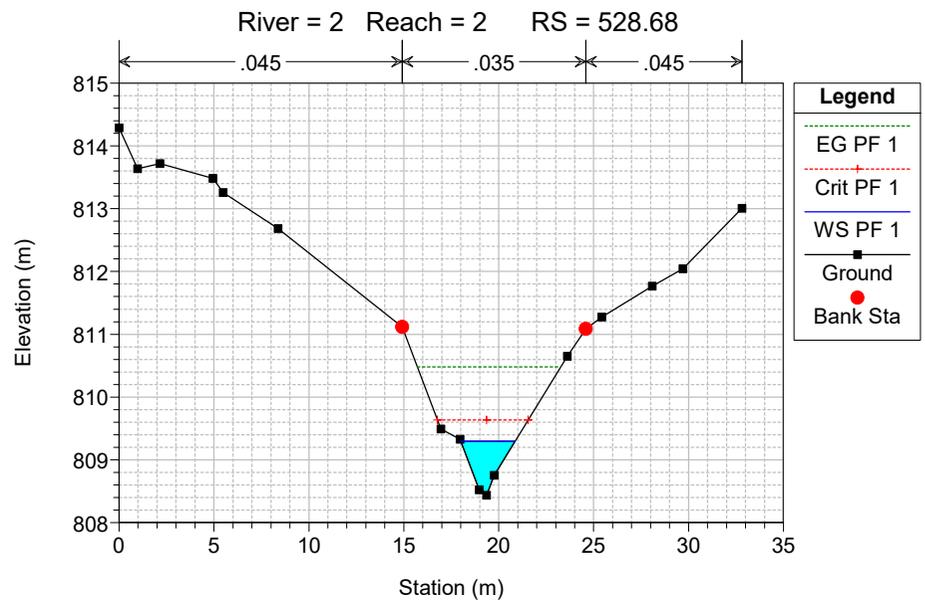
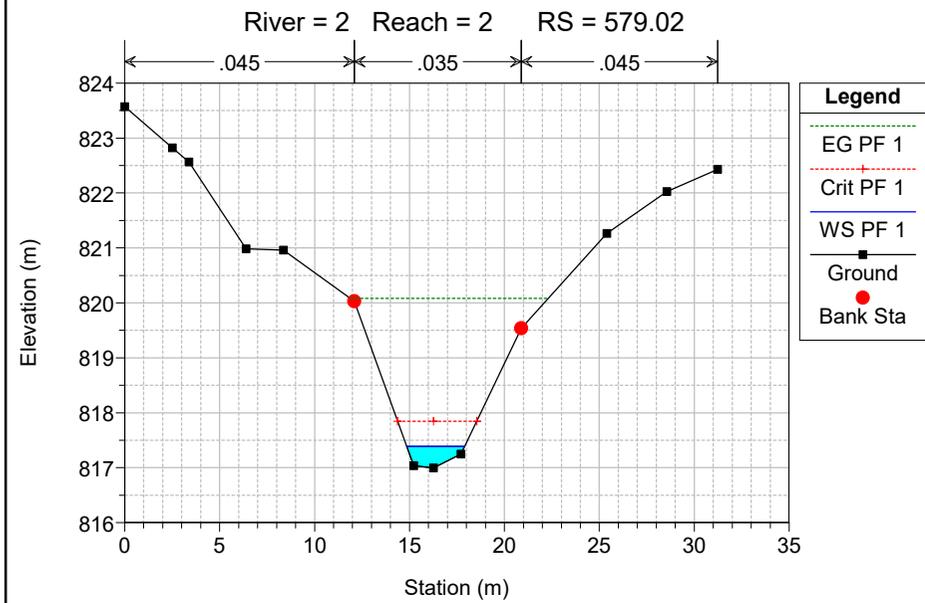
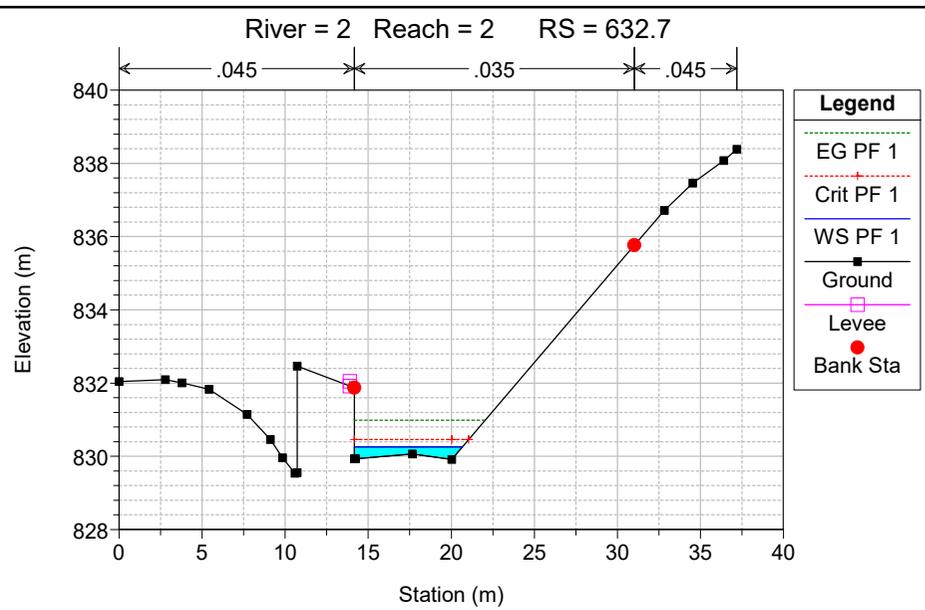
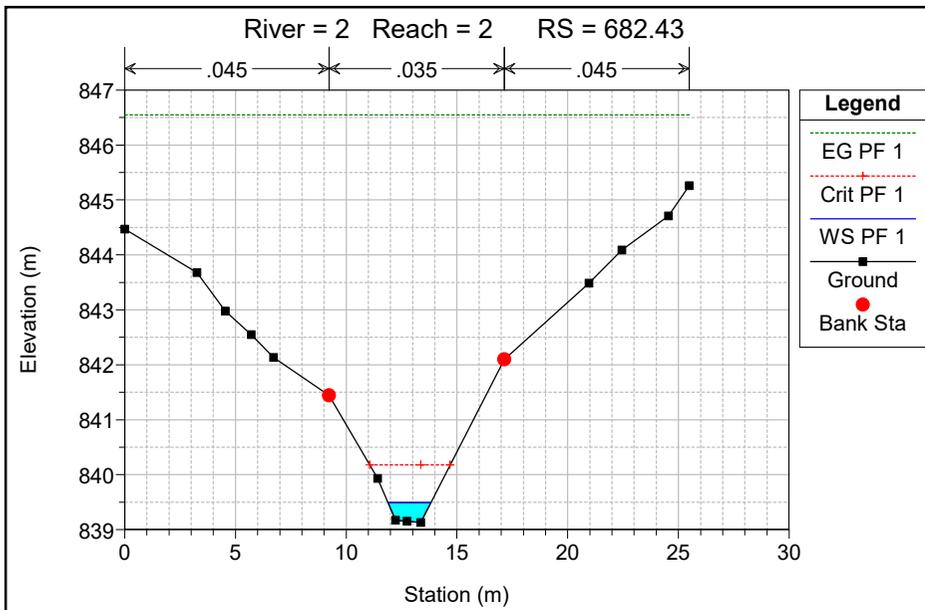


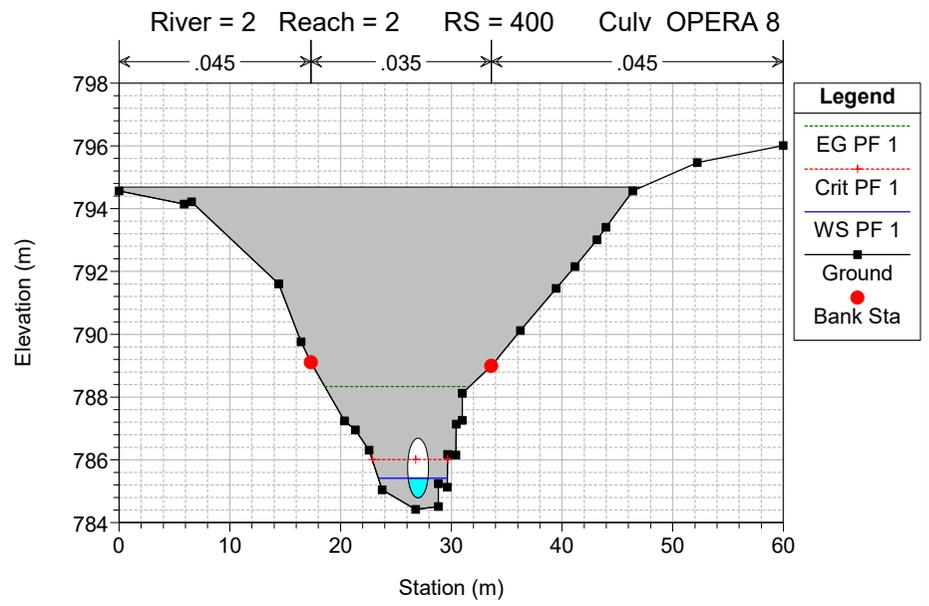
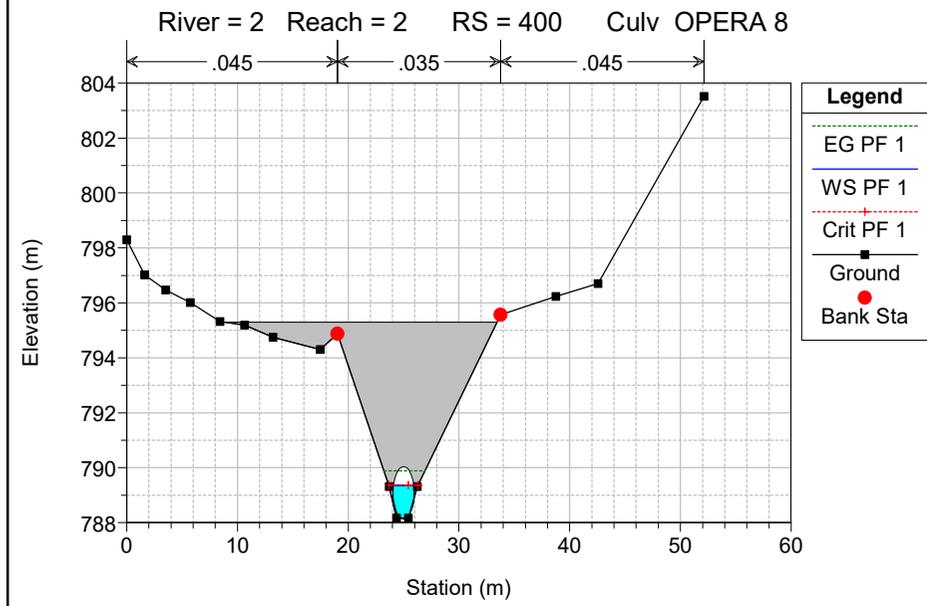
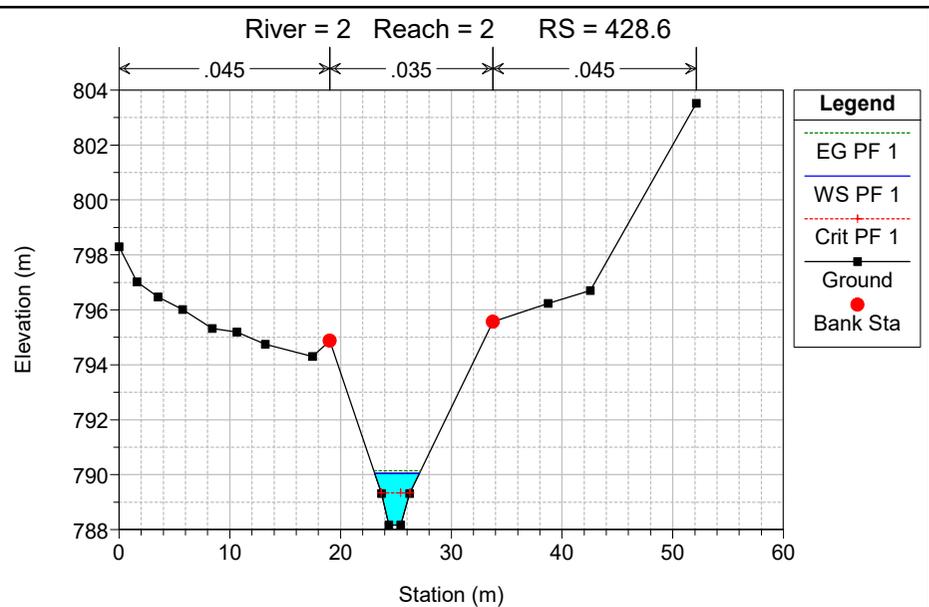
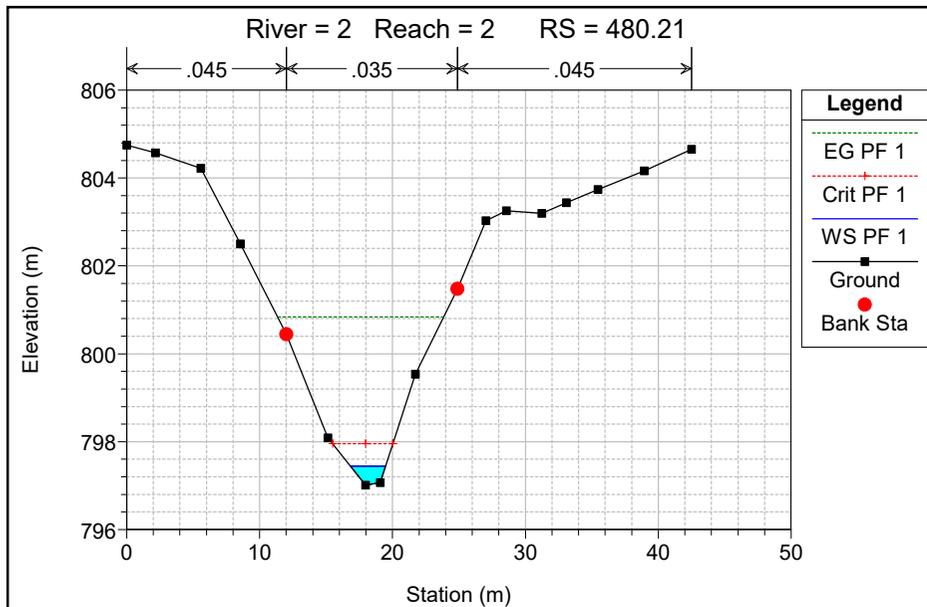


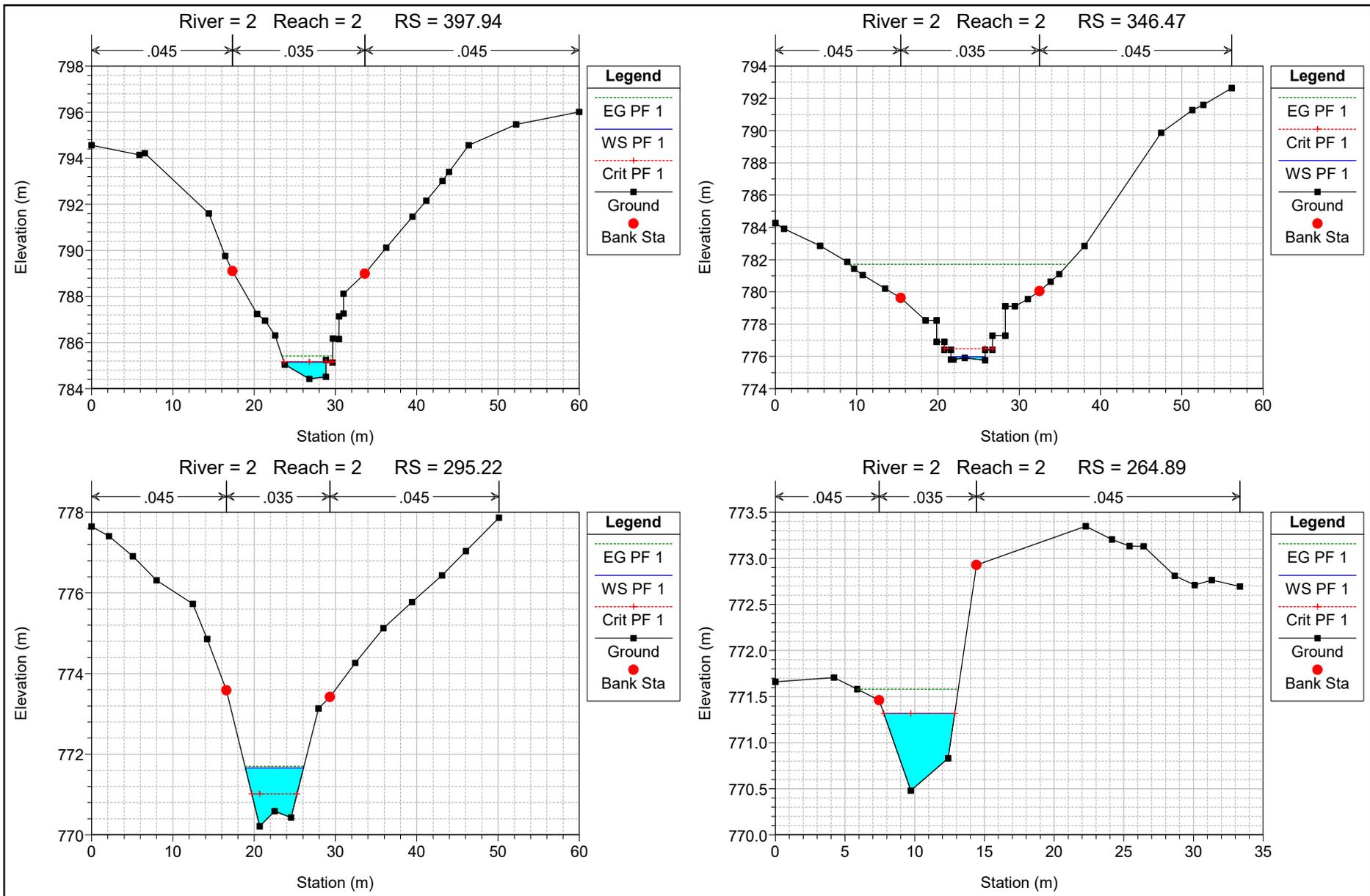


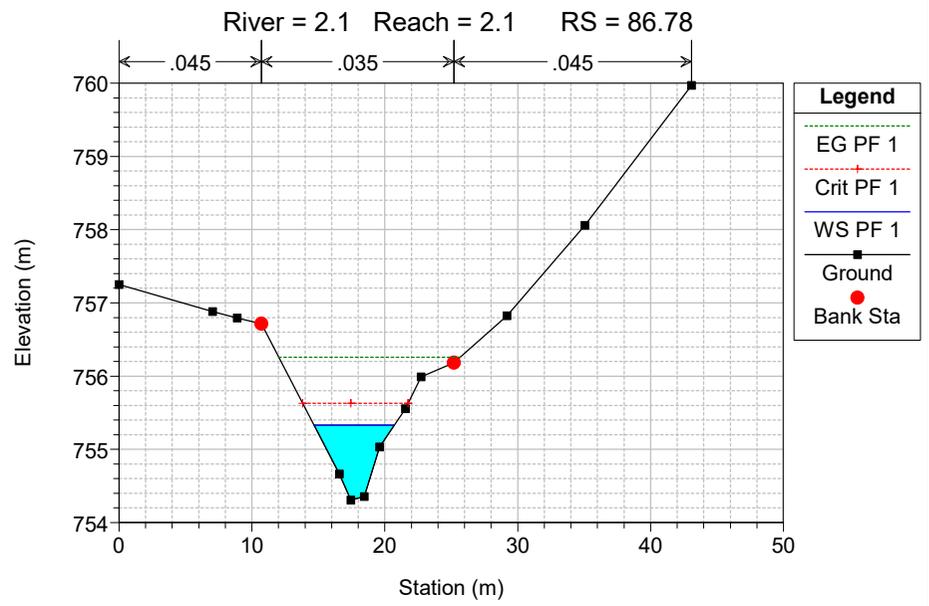
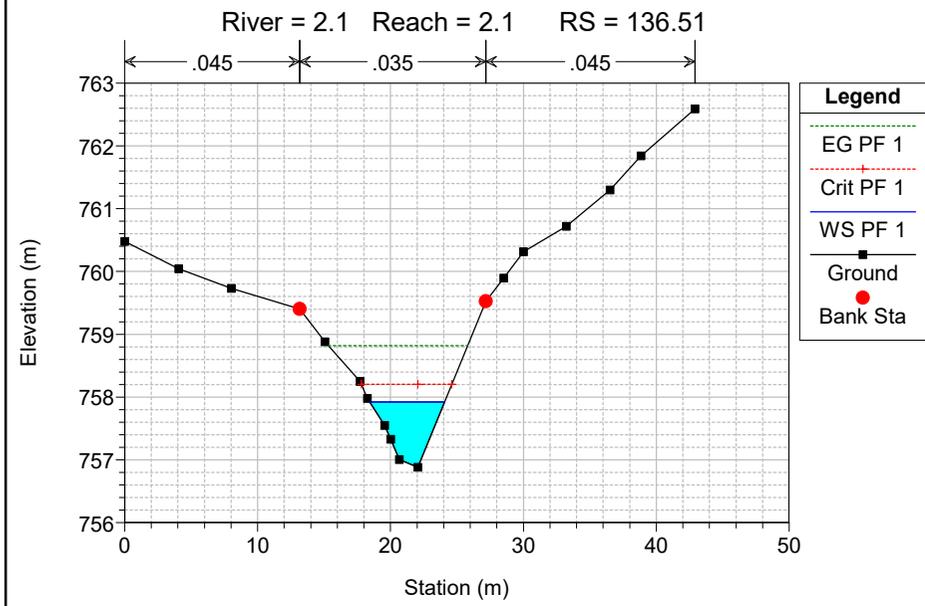
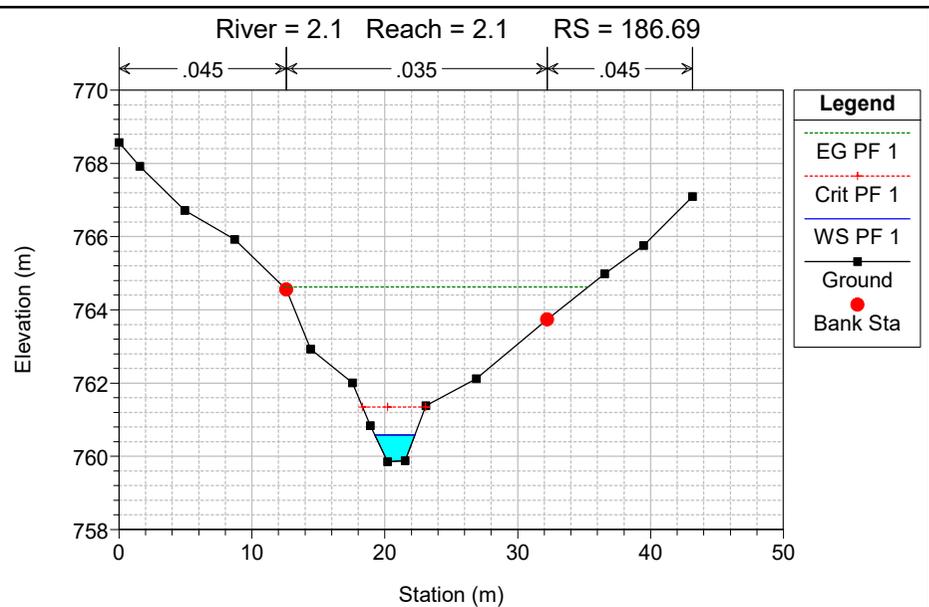
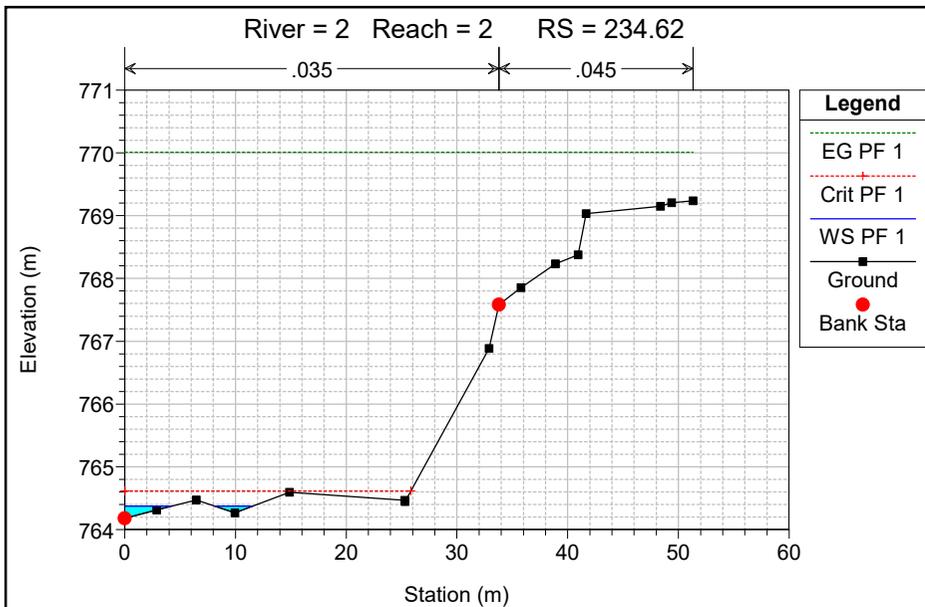


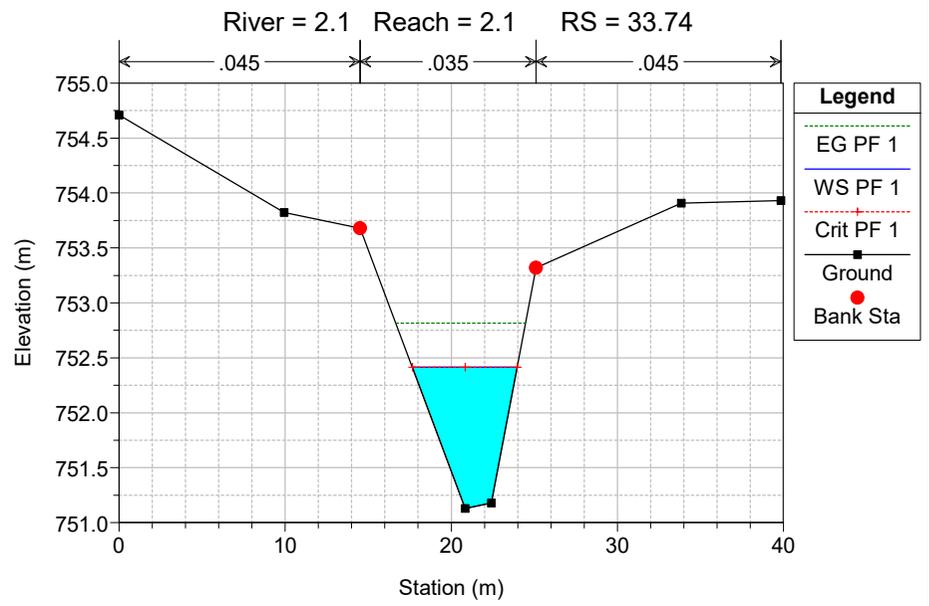
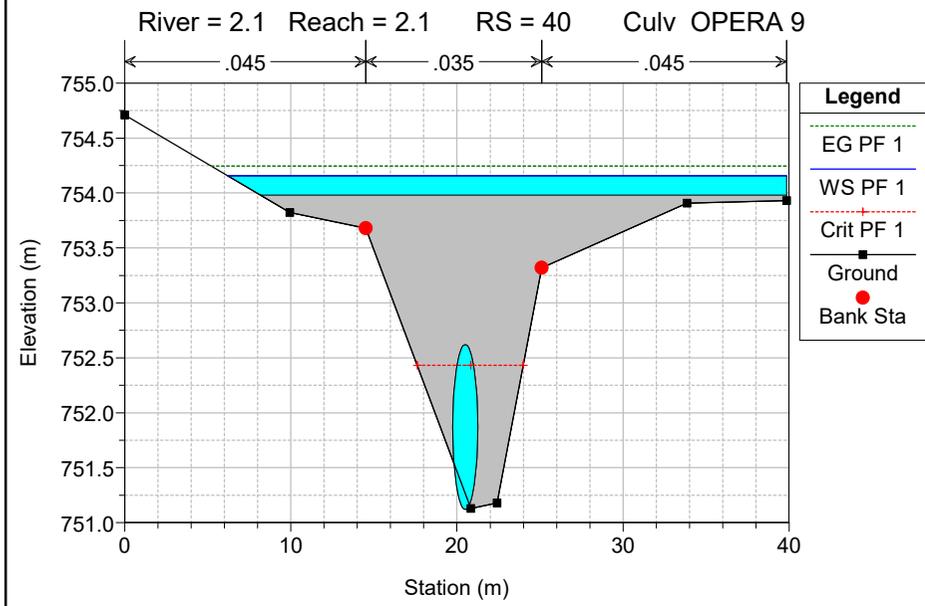
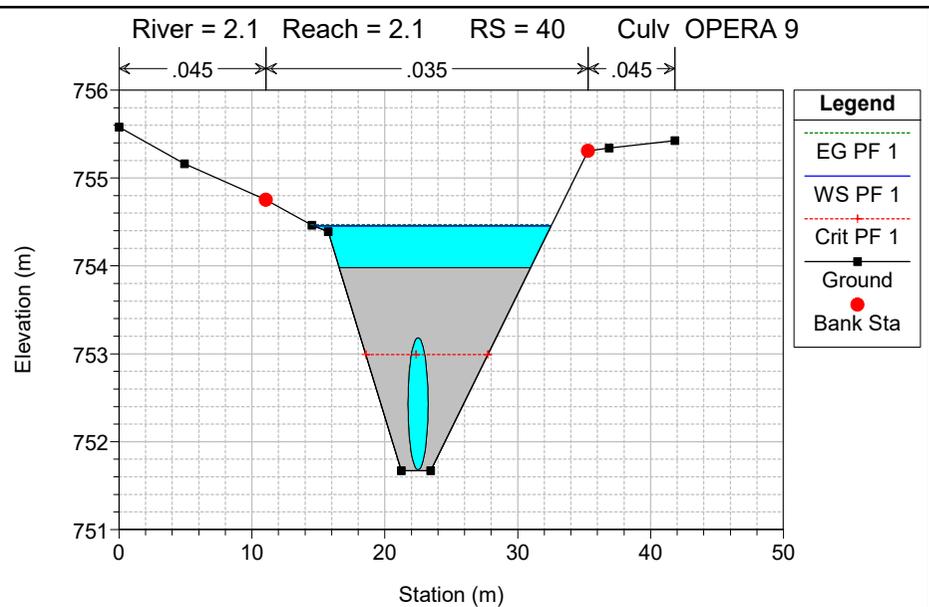
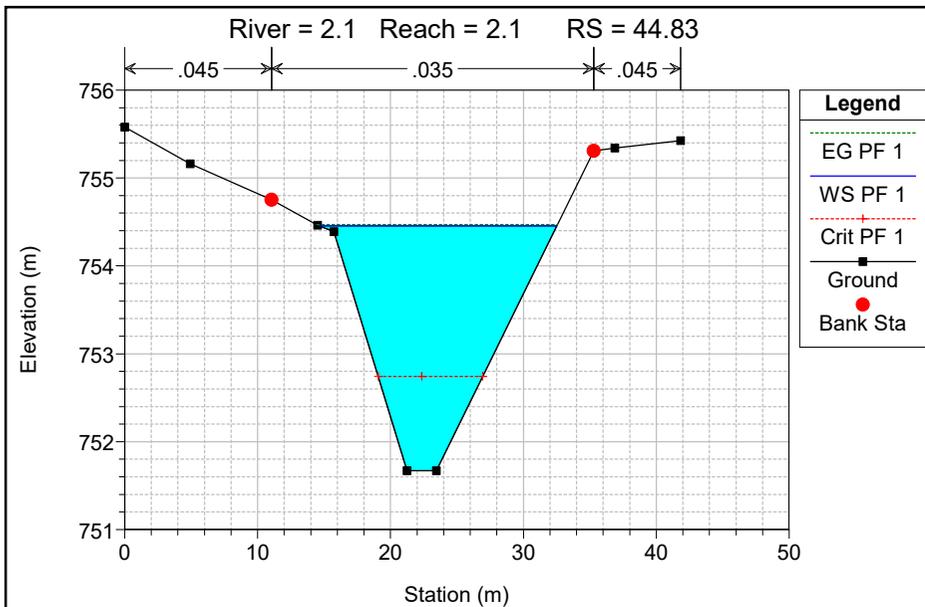


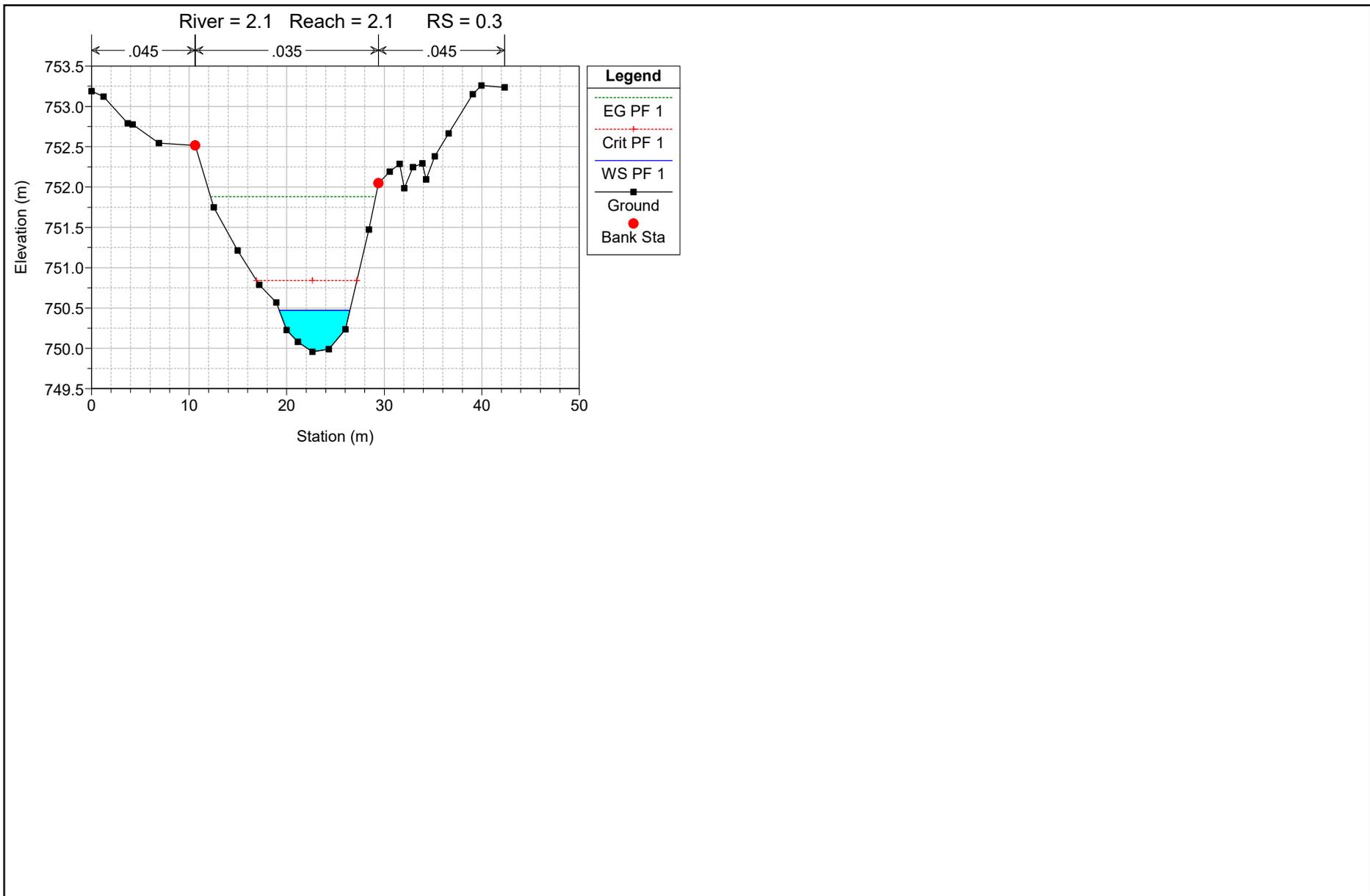








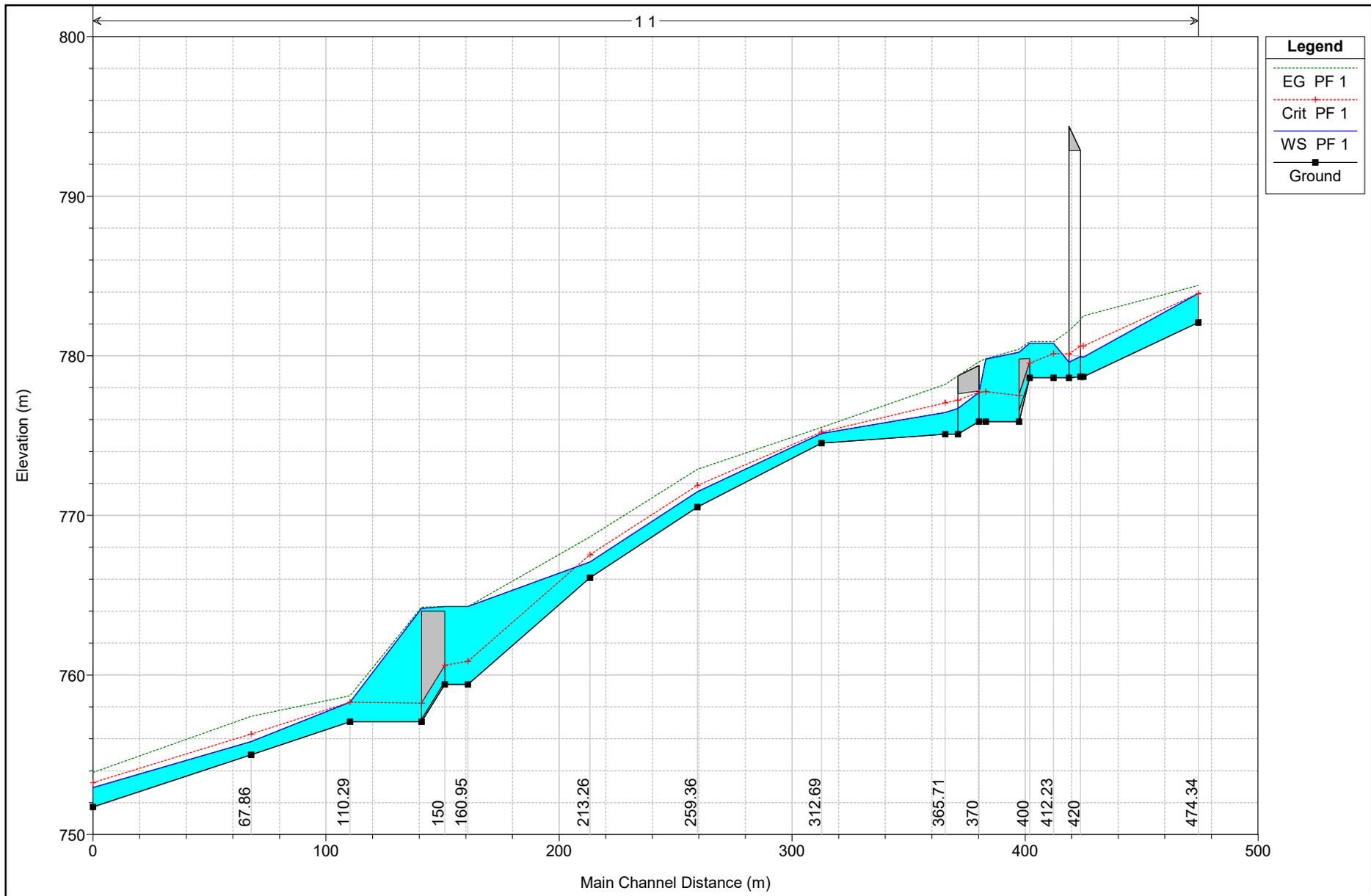


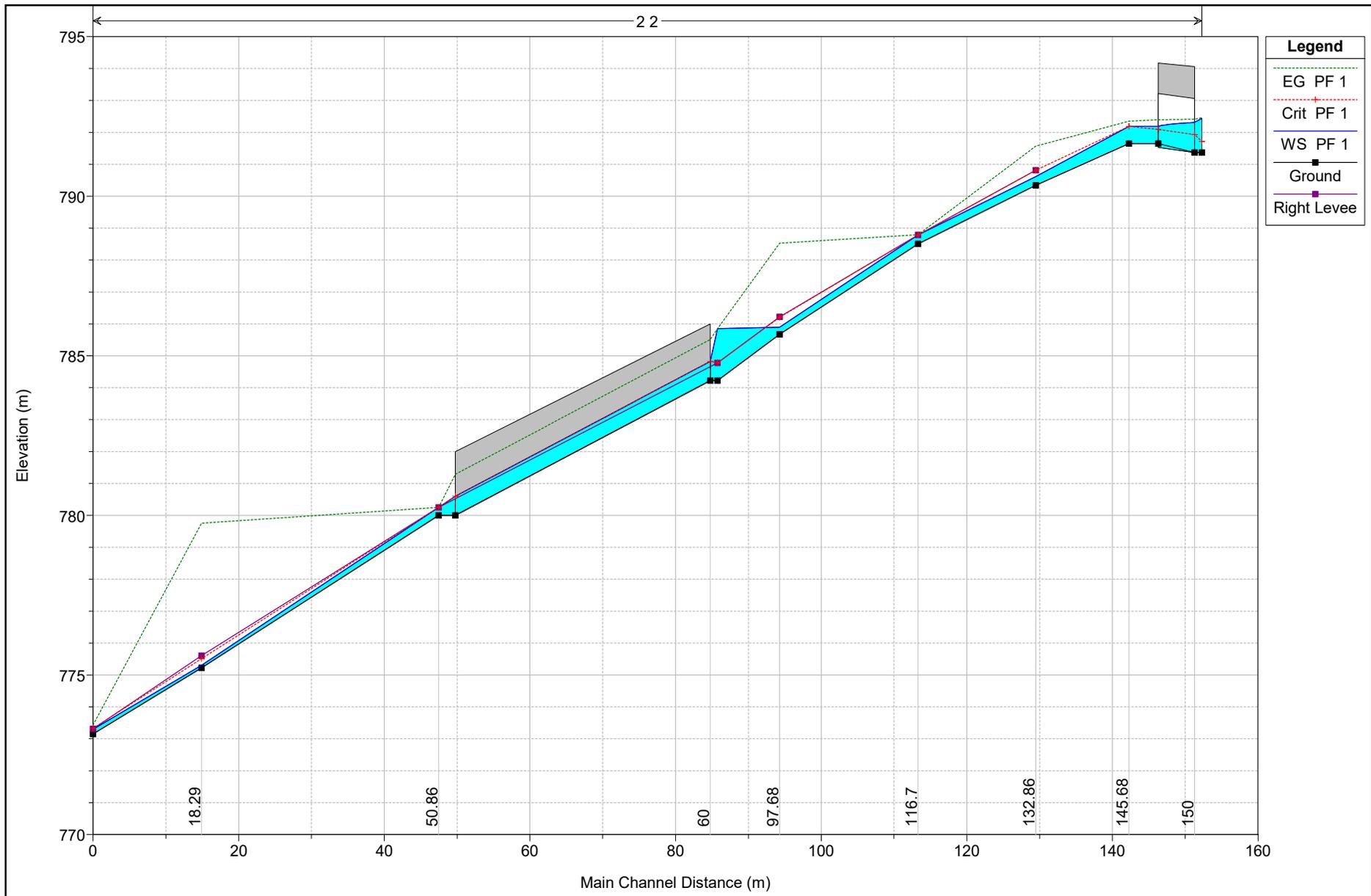


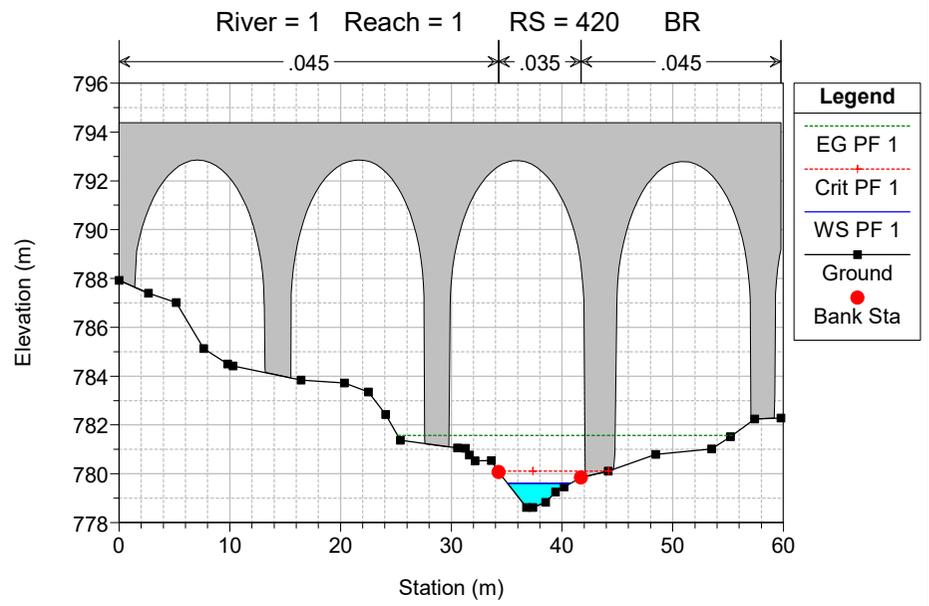
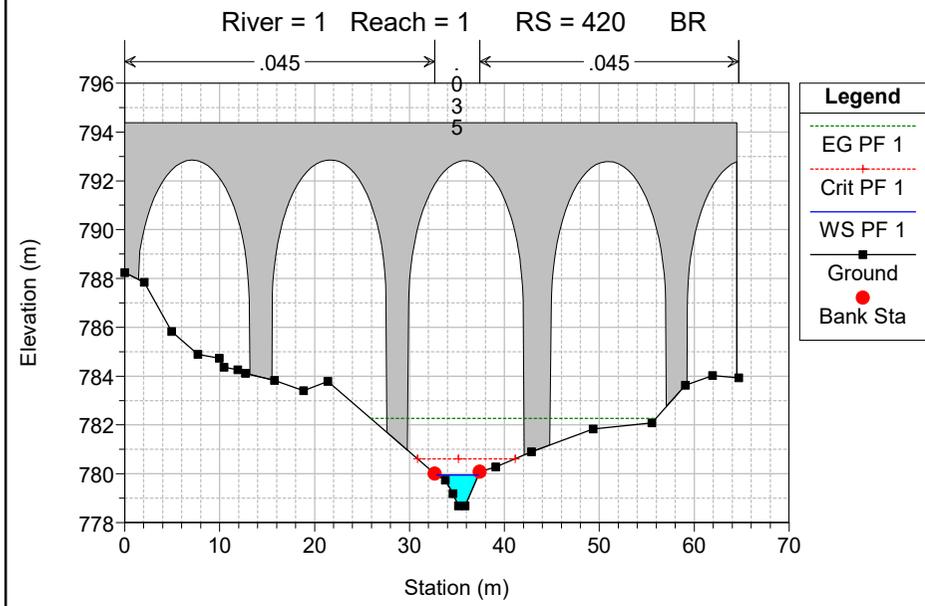
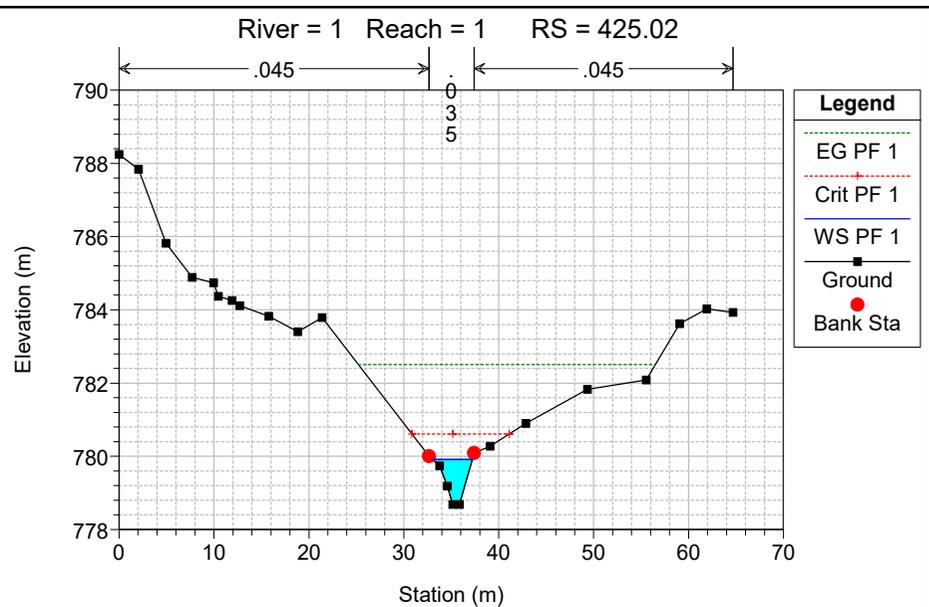
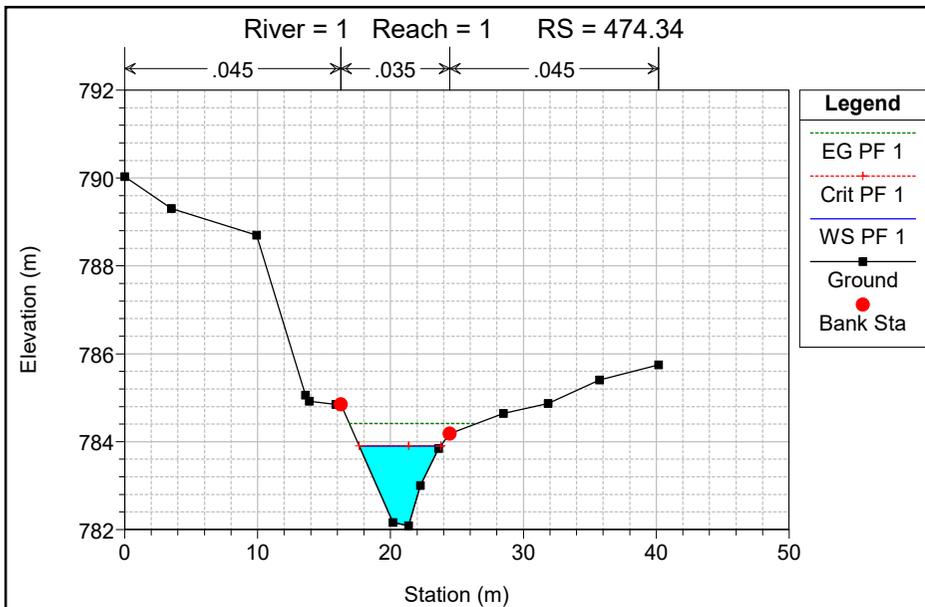
HEC-RAS Plan: ANTE OPERAM Profile: PF 1

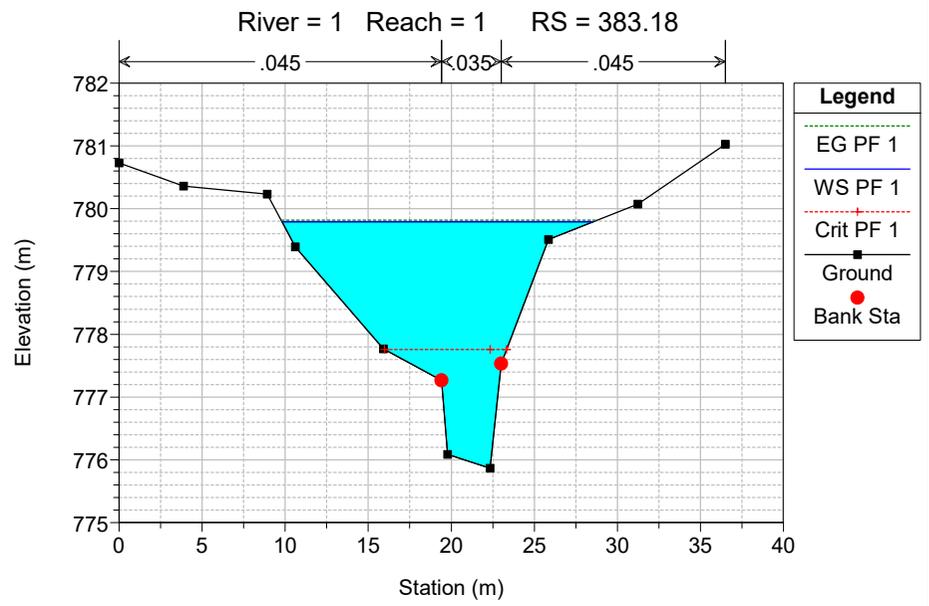
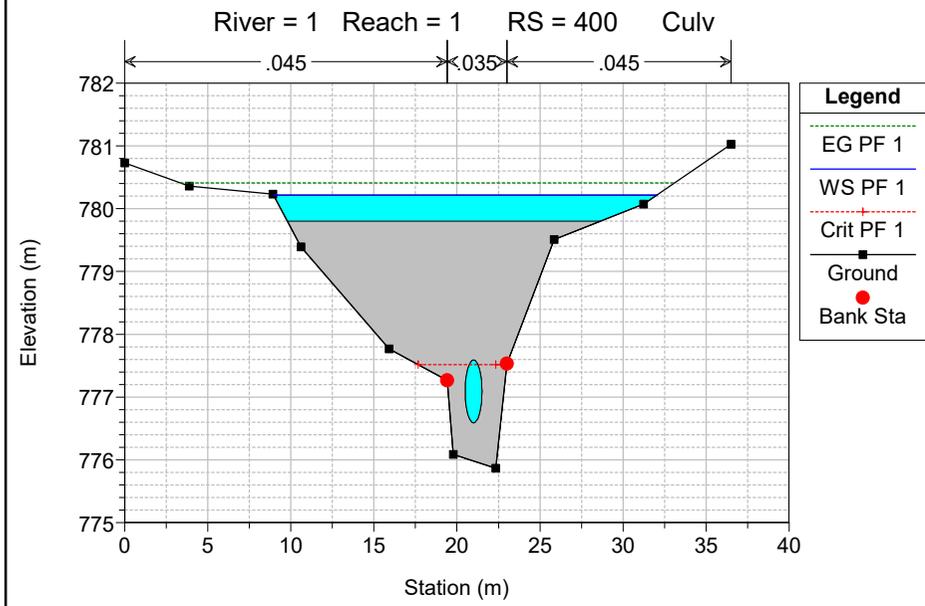
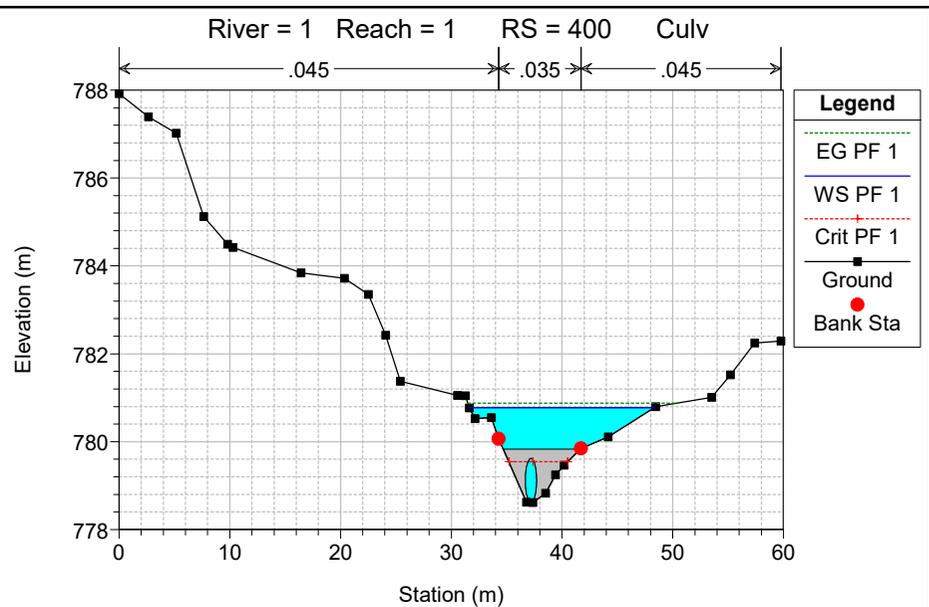
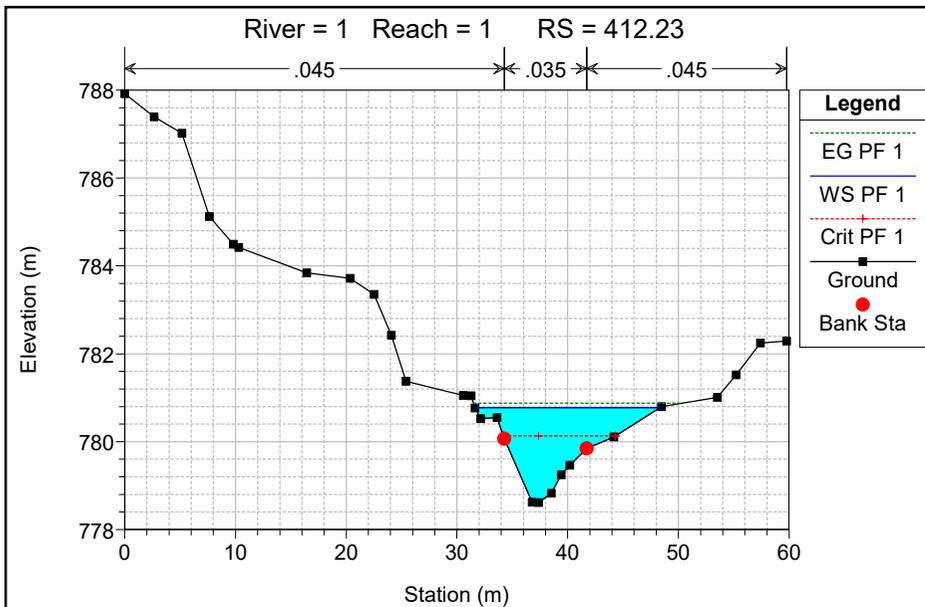
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
2.1	2.1	186.69	PF 1	13.98	759.85	760.58	761.35	764.62	0.288867	8.90	1.57	3.03	3.94
2.1	2.1	136.51	PF 1	13.98	756.88	757.92	758.20	758.82	0.048005	4.19	3.33	5.64	1.74
2.1	2.1	86.78	PF 1	13.98	754.31	755.33	755.63	756.26	0.055104	4.27	3.28	6.05	1.85
2.1	2.1	44.83	PF 1	13.98	751.67	754.45	752.74	754.47	0.000214	0.52	26.63	17.87	0.14
2.1	2.1	40		Culvert									
2.1	2.1	33.74	PF 1	13.98	751.13	752.41	752.41	752.82	0.015157	2.81	4.98	6.31	1.01
2.1	2.1	0.3	PF 1	13.98	749.96	750.47	750.84	751.88	0.132039	5.25	2.66	7.27	2.77
2	2	731.25	PF 1	6.15	848.52	849.66	849.66	849.99	0.017972	2.57	2.40	3.62	1.01
2	2	682.43	PF 1	6.15	839.13	839.49	840.18	846.55	1.143862	11.77	0.52	1.94	7.23
2	2	632.7	PF 1	6.15	829.91	830.25	830.46	830.98	0.120605	3.78	1.63	6.50	2.41
2	2	579.02	PF 1	6.15	817.00	817.39	817.85	820.08	0.390880	7.27	0.85	3.05	4.41
2	2	528.68	PF 1	6.15	808.43	809.30	809.63	810.48	0.104567	4.82	1.28	2.86	2.31
2	2	480.21	PF 1	6.15	797.01	797.44	797.95	800.84	0.480389	8.16	0.75	2.62	4.86
2	2	428.6	PF 1	6.15	788.16	790.05	789.34	790.14	0.003278	1.36	4.51	4.05	0.41
2	2	400		Culvert									
2	2	397.94	PF 1	6.15	784.42	785.16	785.16	785.42	0.018315	2.24	2.75	5.44	1.01
2	2	346.47	PF 1	6.15	775.76	775.98	776.48	781.71	2.179181	10.61	0.58	4.20	9.11
2	2	295.22	PF 1	6.15	770.21	771.66	771.02	771.70	0.001251	0.90	6.83	7.13	0.29
2	2	264.89	PF 1	6.15	770.48	771.32	771.32	771.58	0.016446	2.28	2.70	5.09	1.00
2	2	234.62	PF 1	6.15	764.18	764.37	764.61	770.01	4.334331	10.52	0.58	7.66	12.16

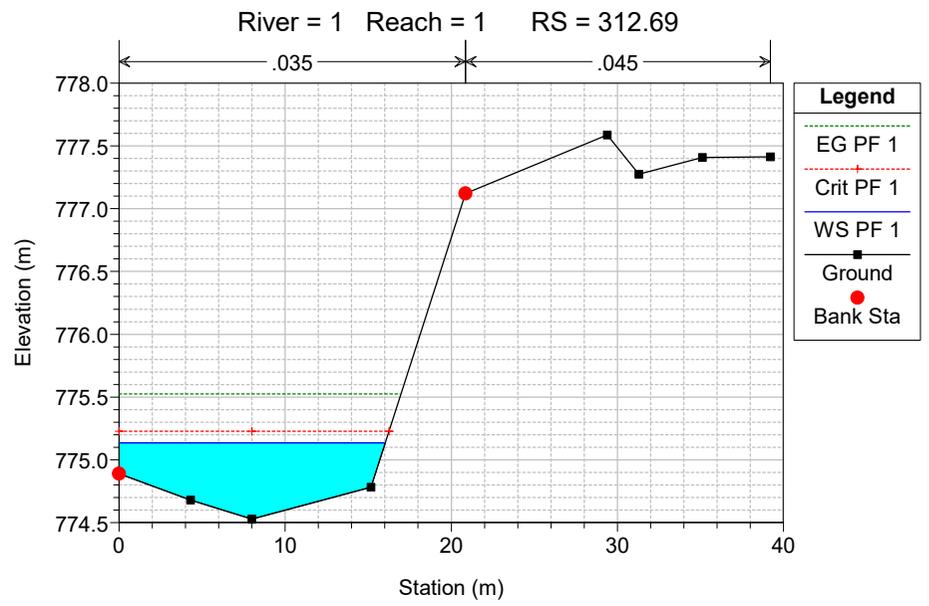
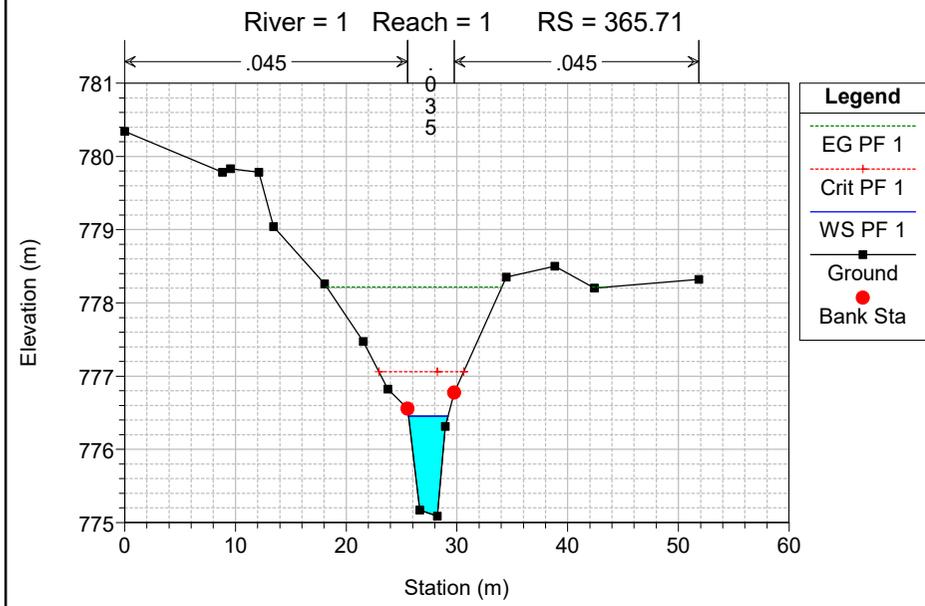
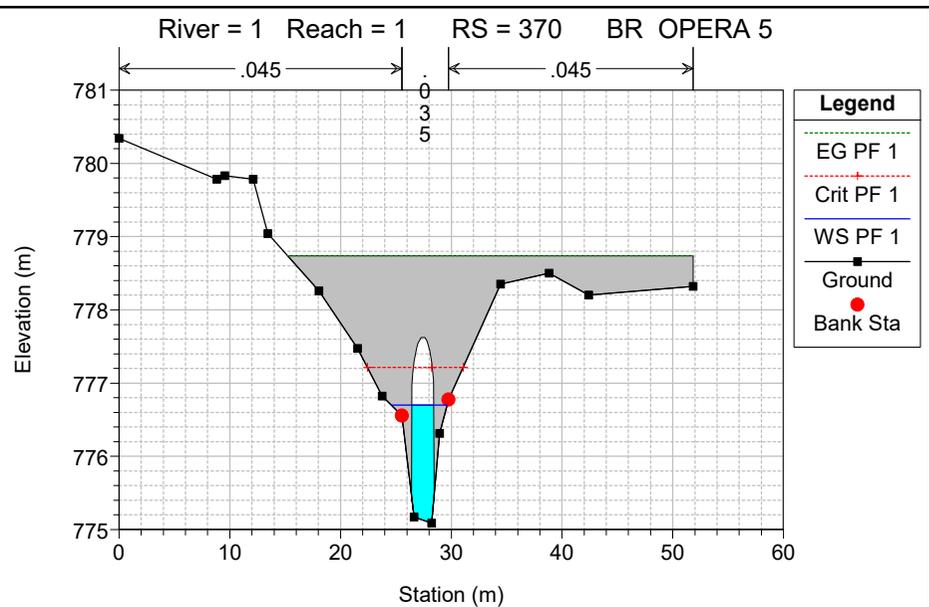
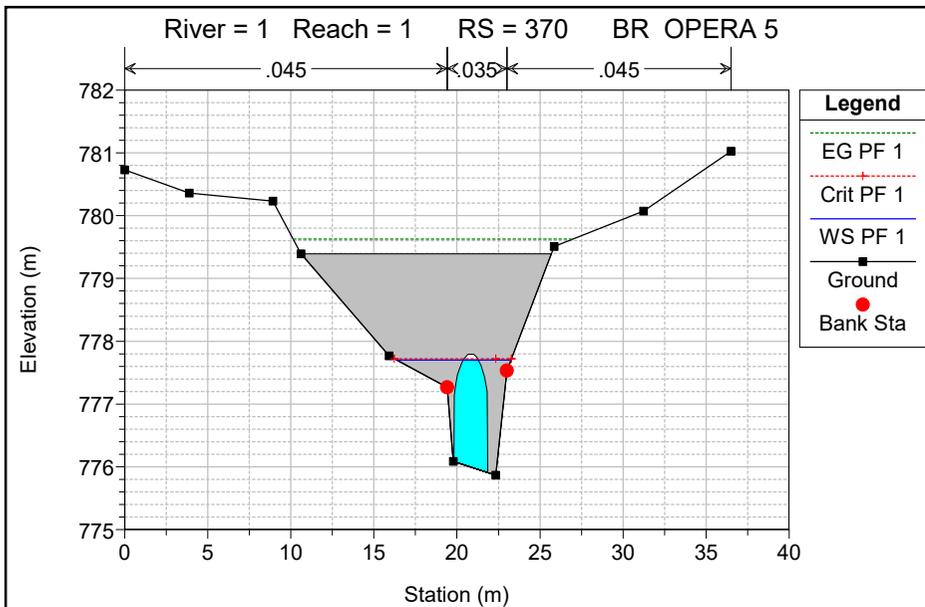
Galleria Monte Quattrocchi
PK 98+251.33
ANTE / POST OPERAM

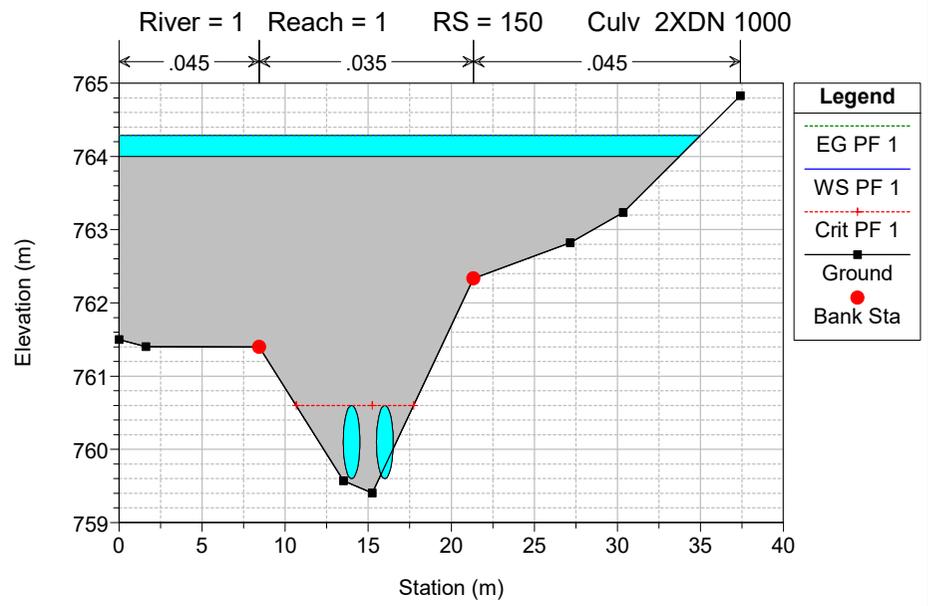
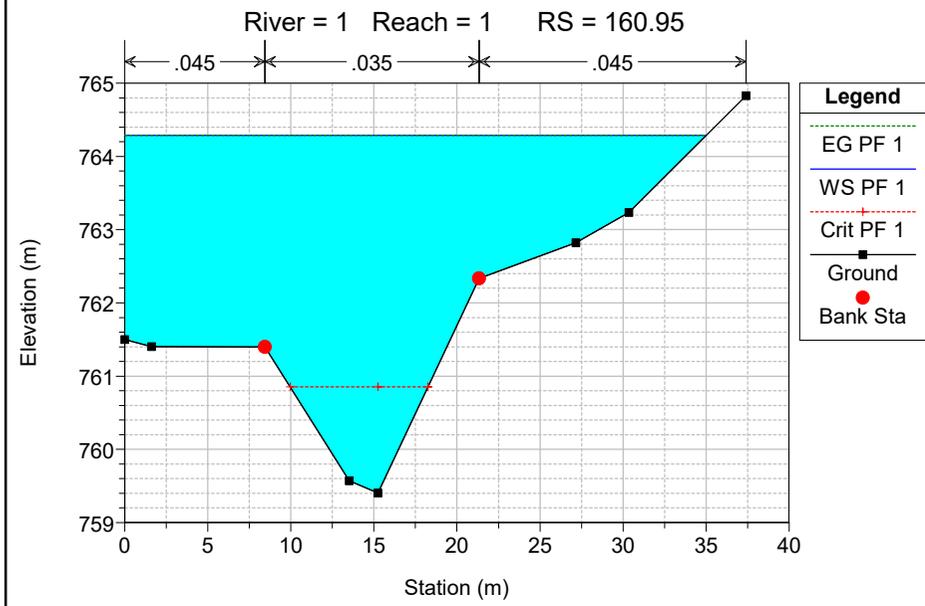
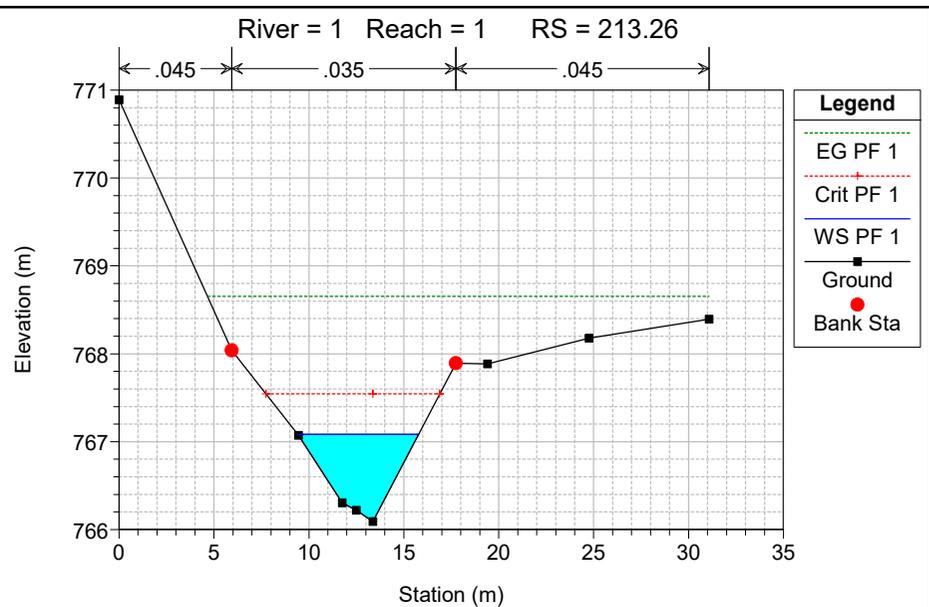
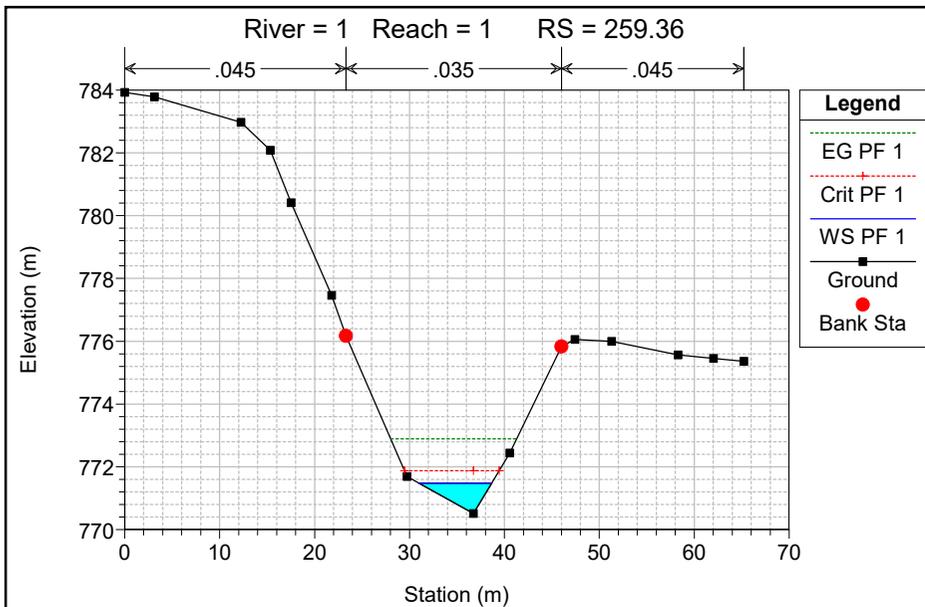


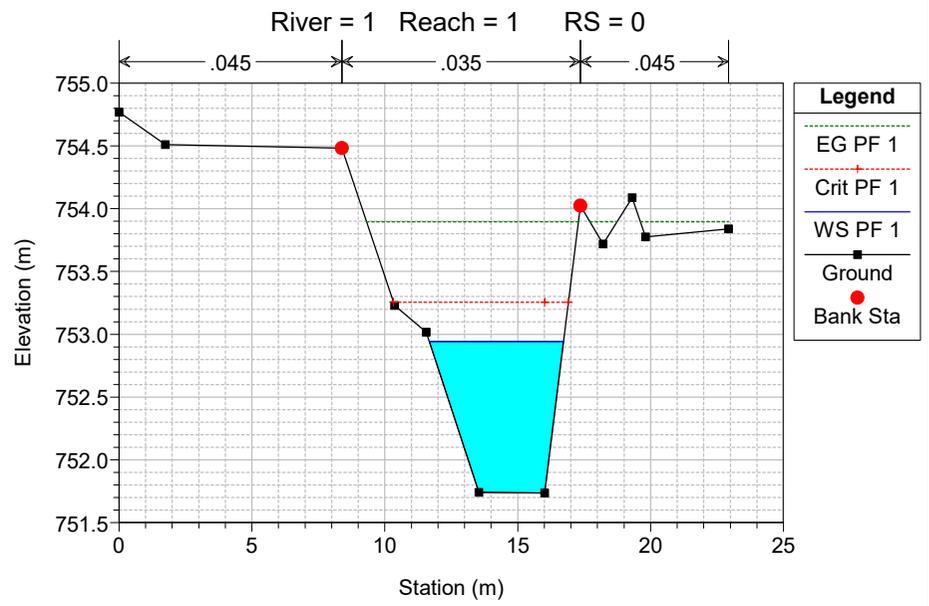
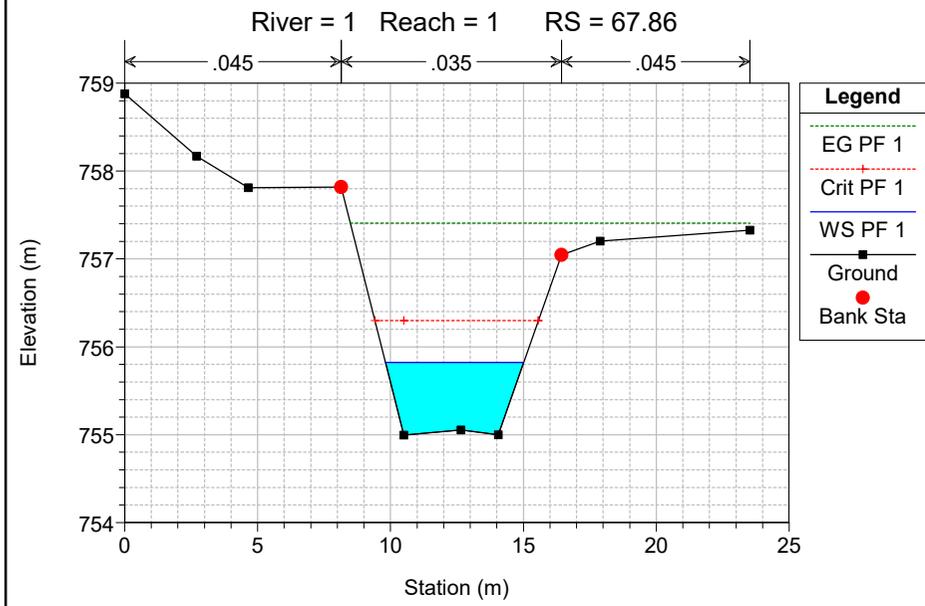
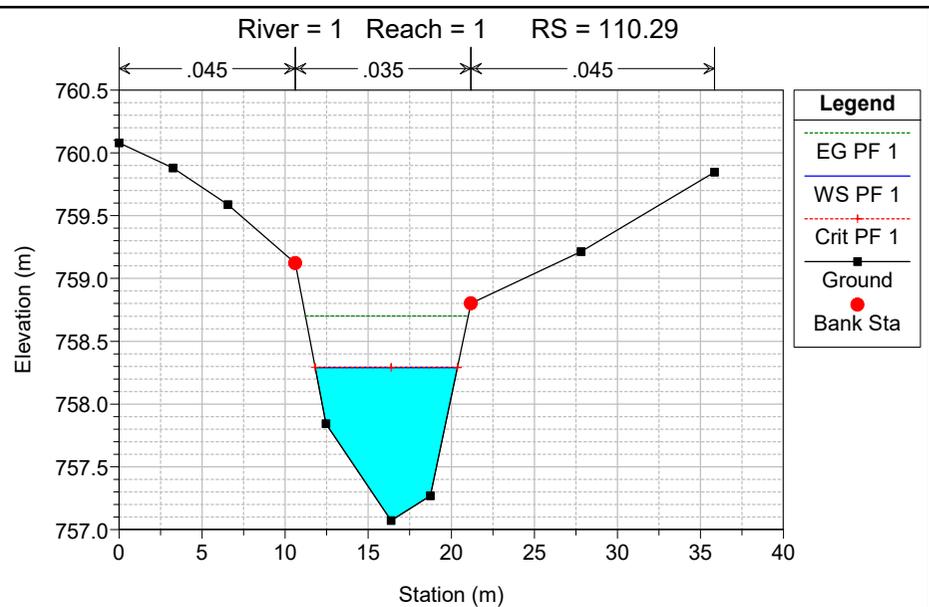
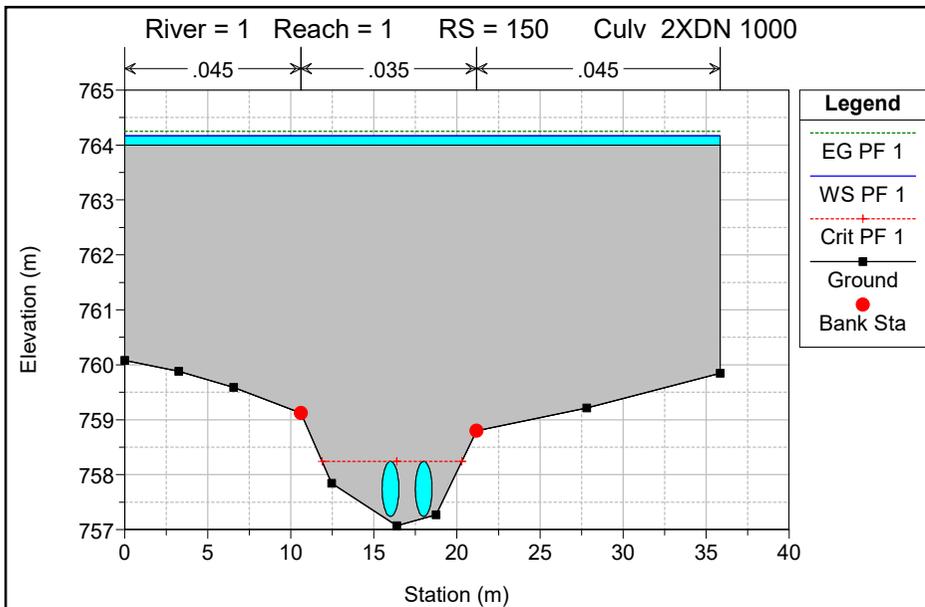


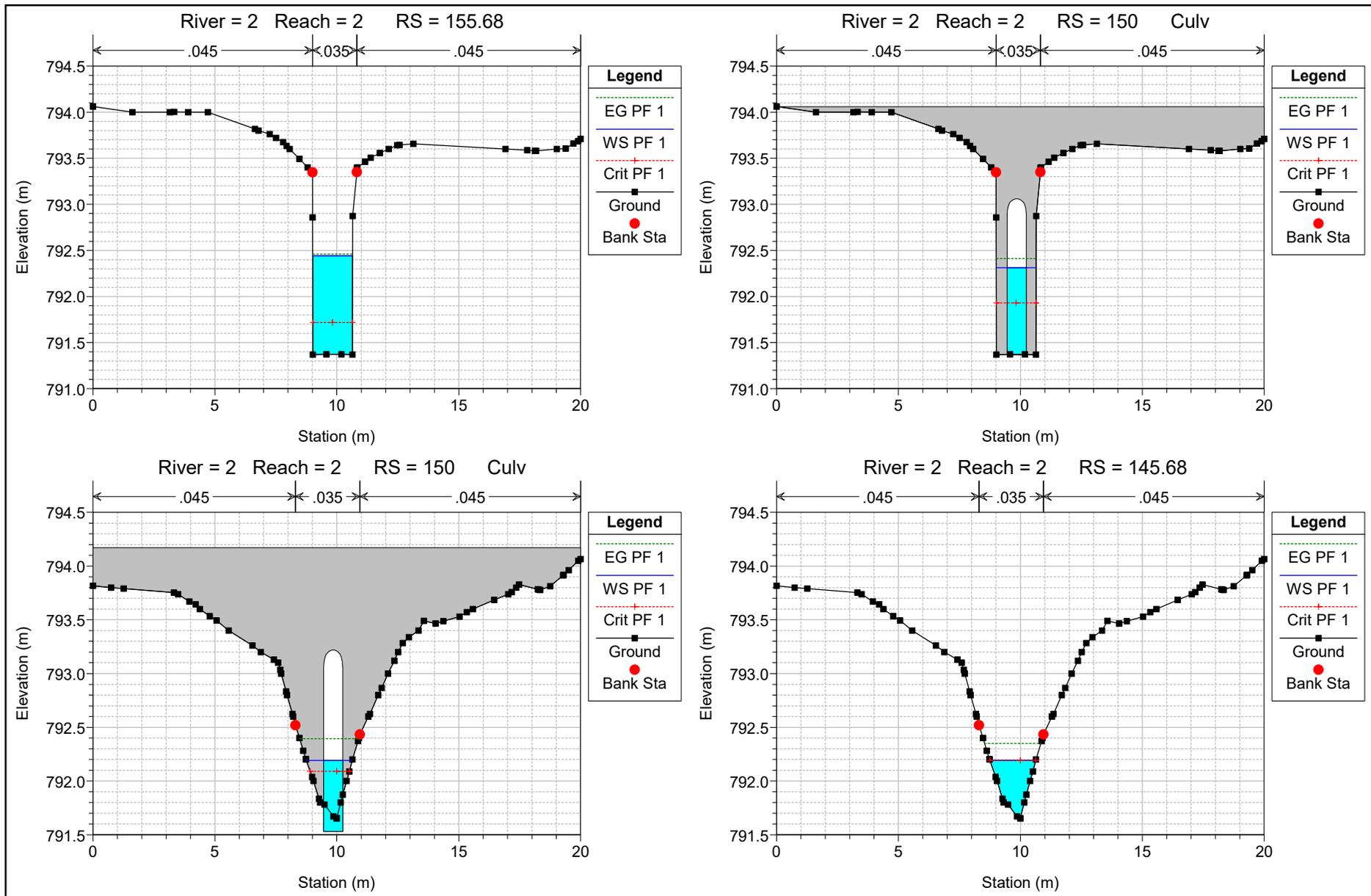


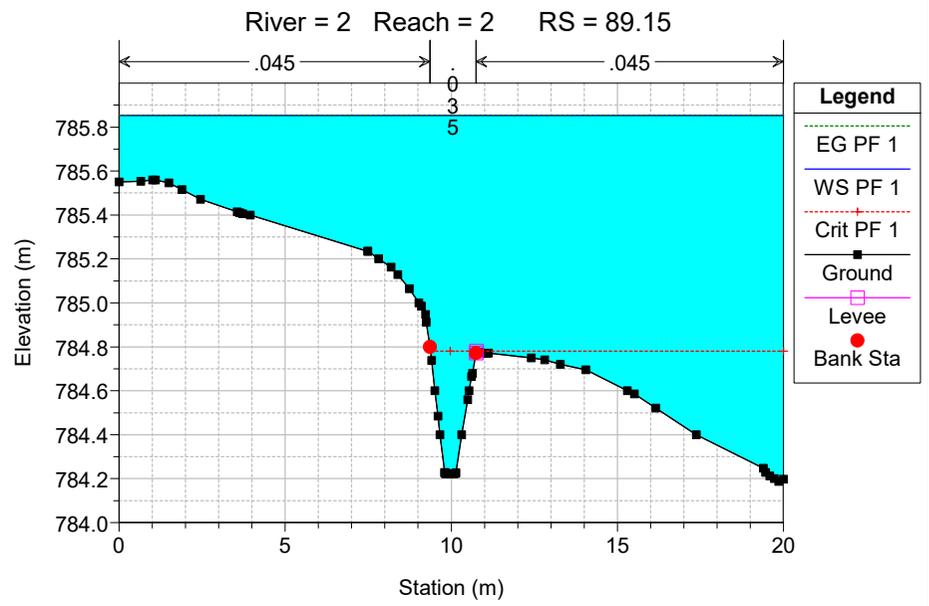
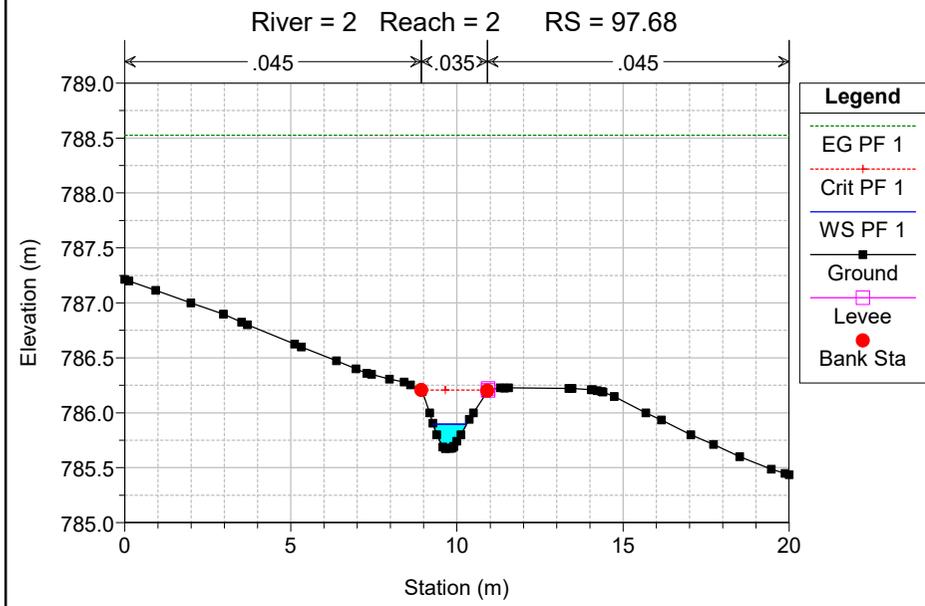
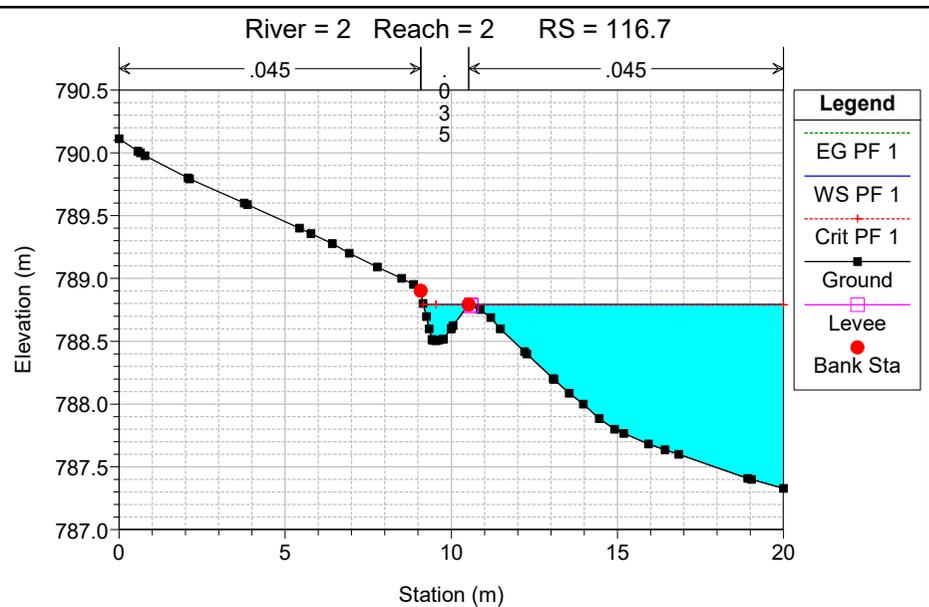
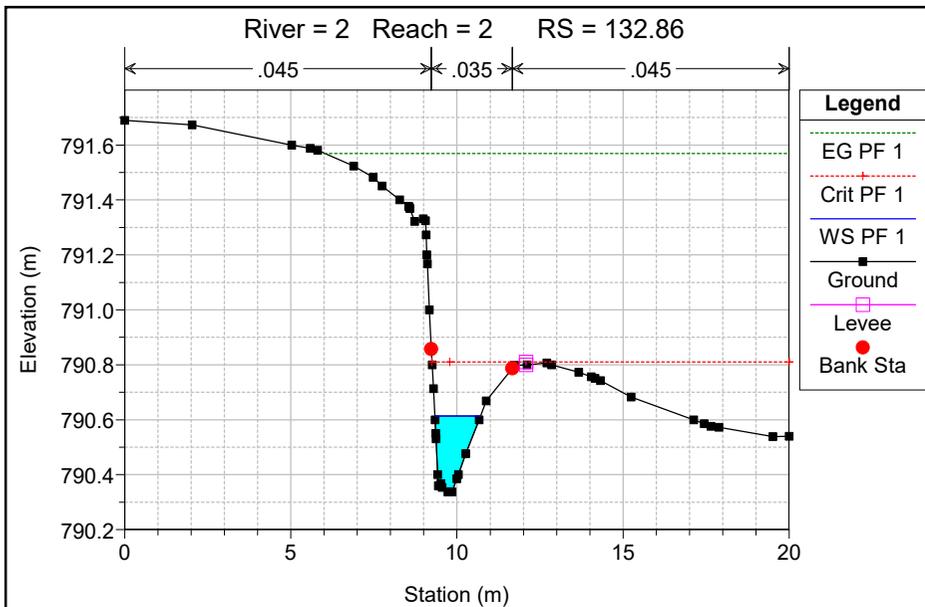


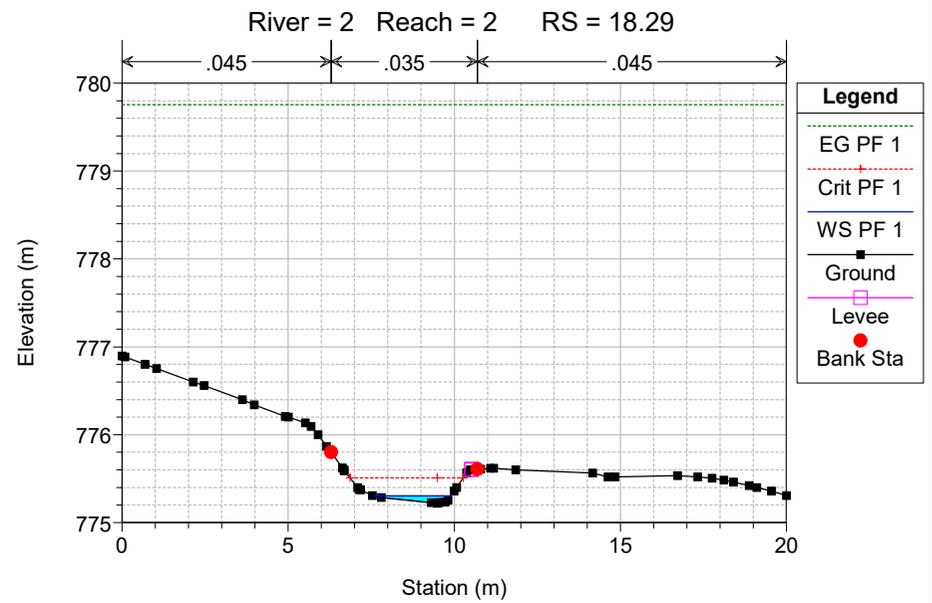
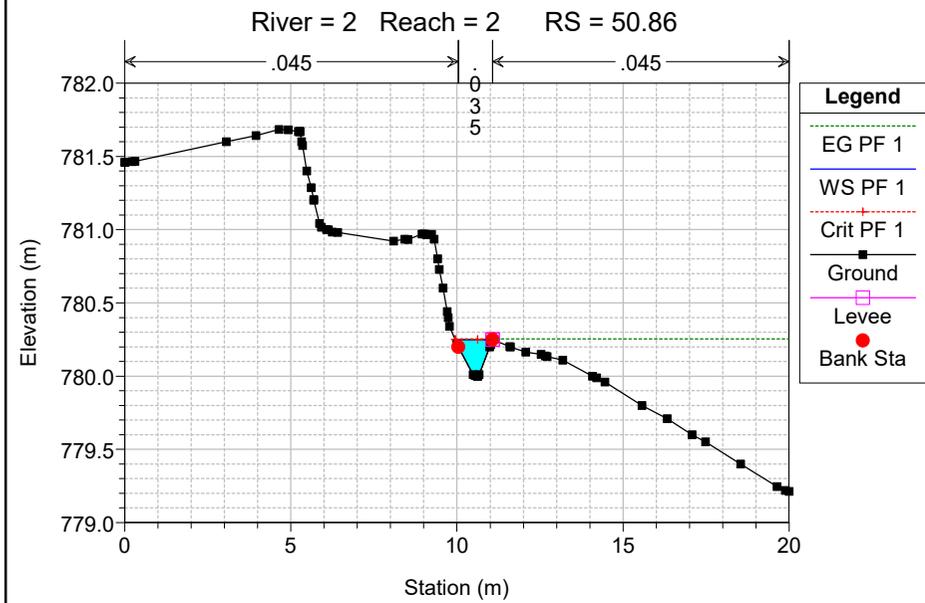
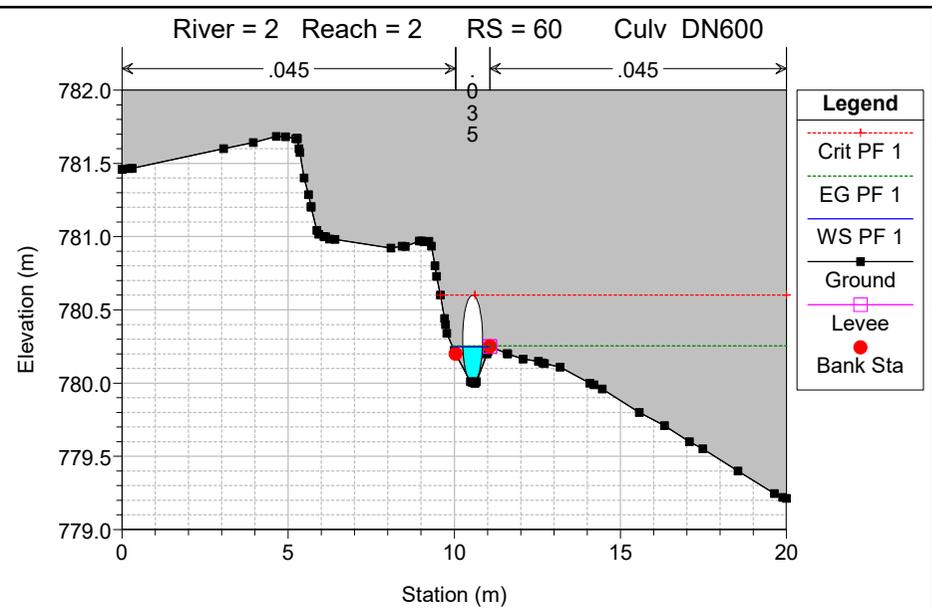
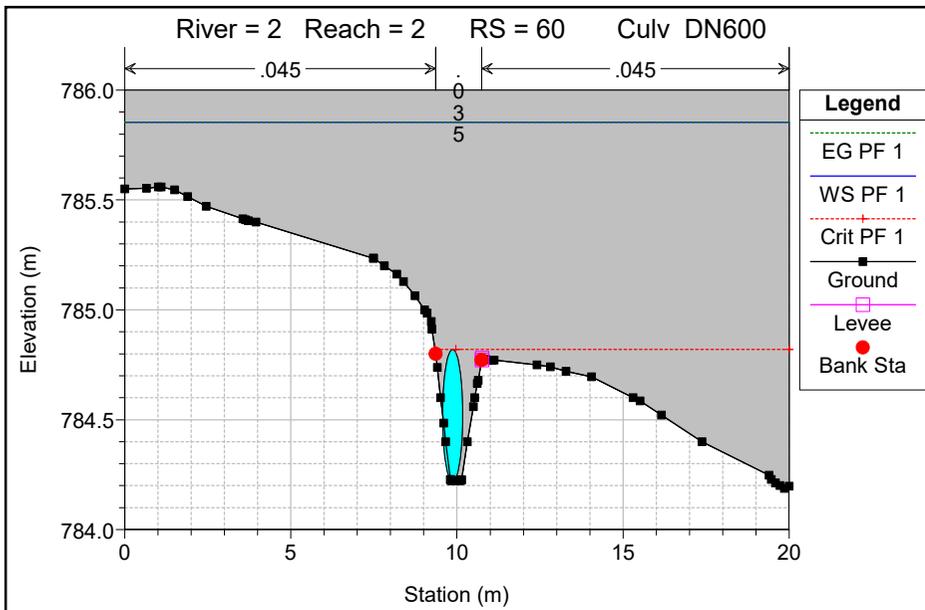


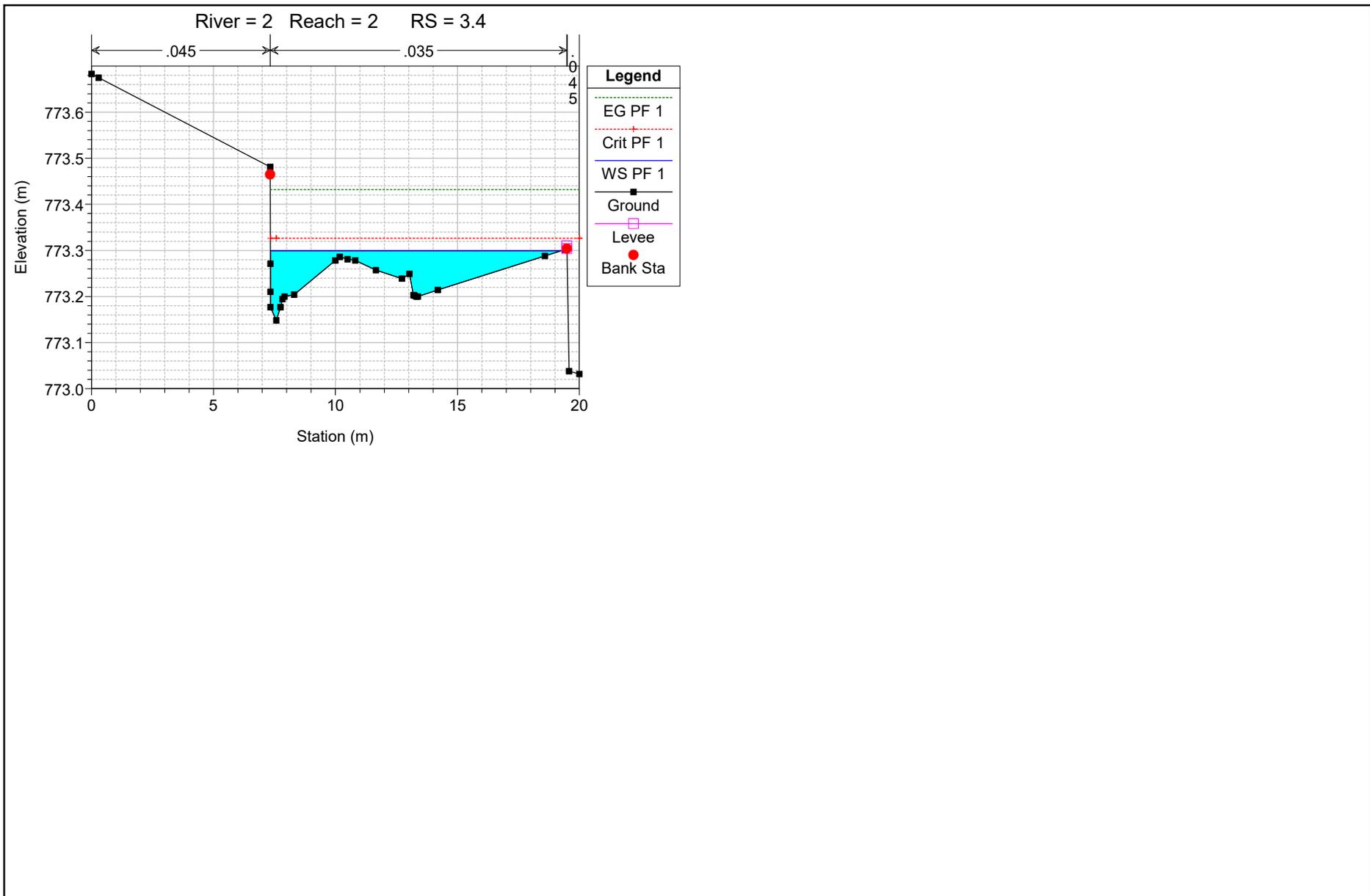








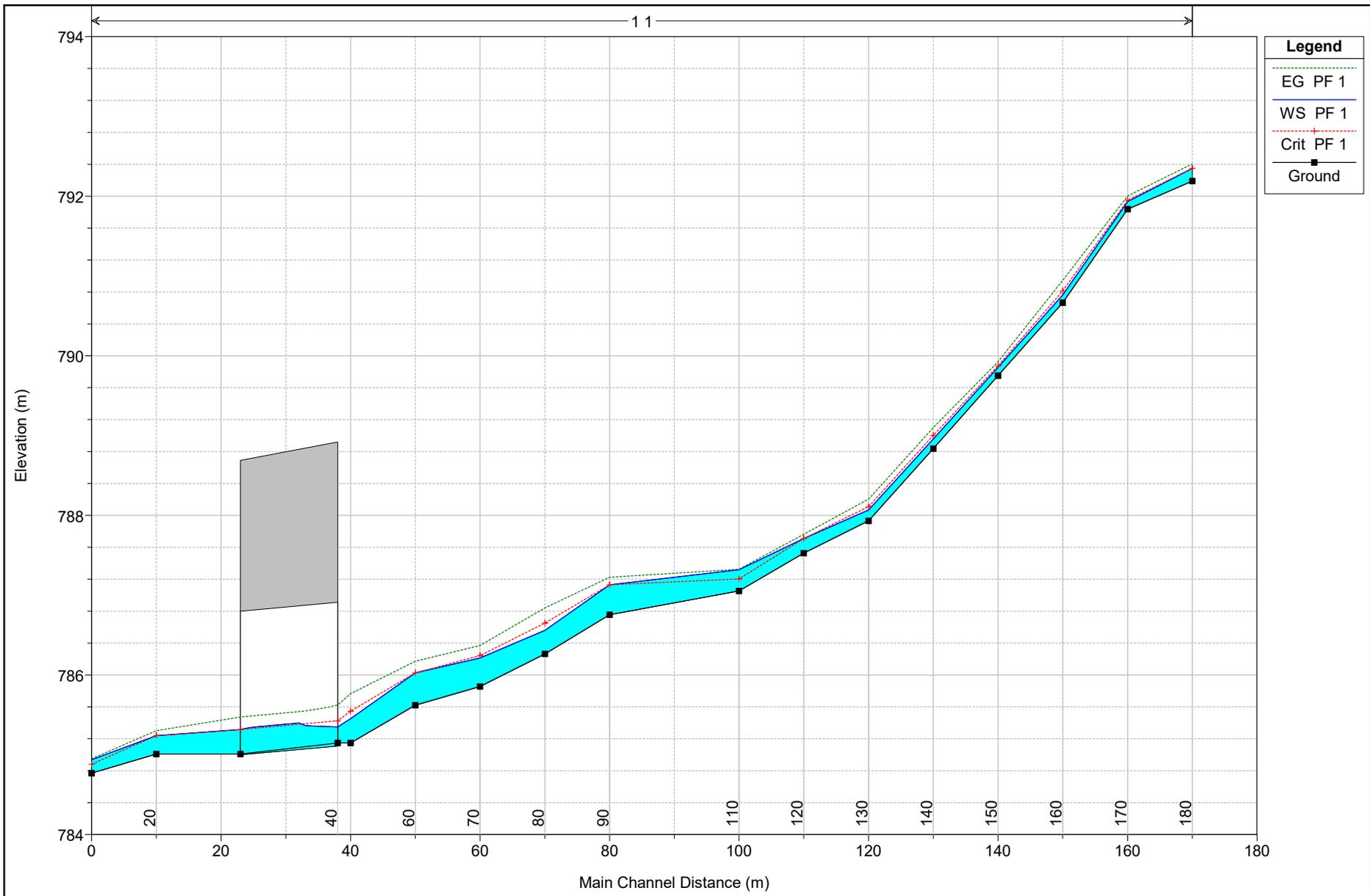


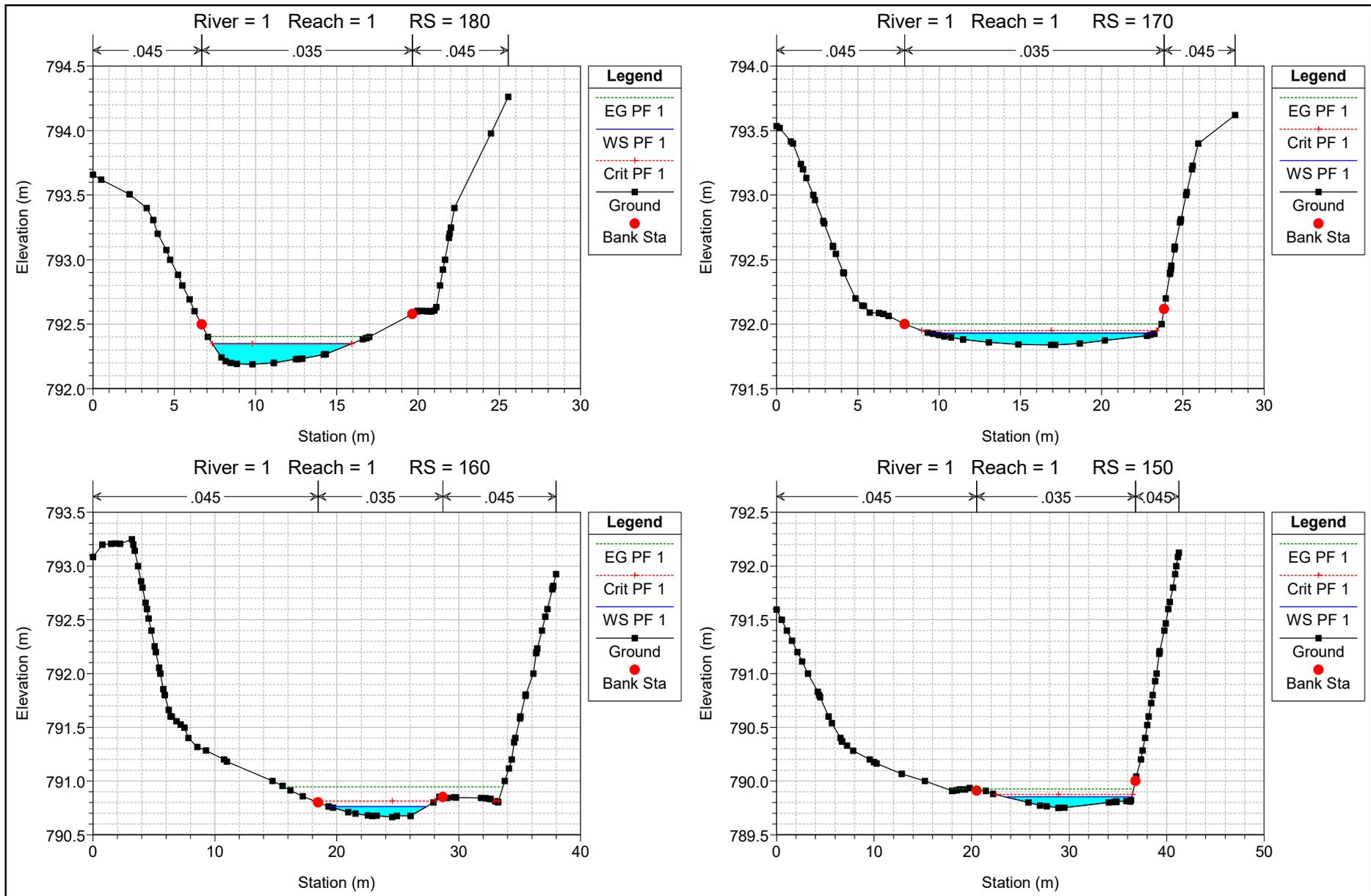


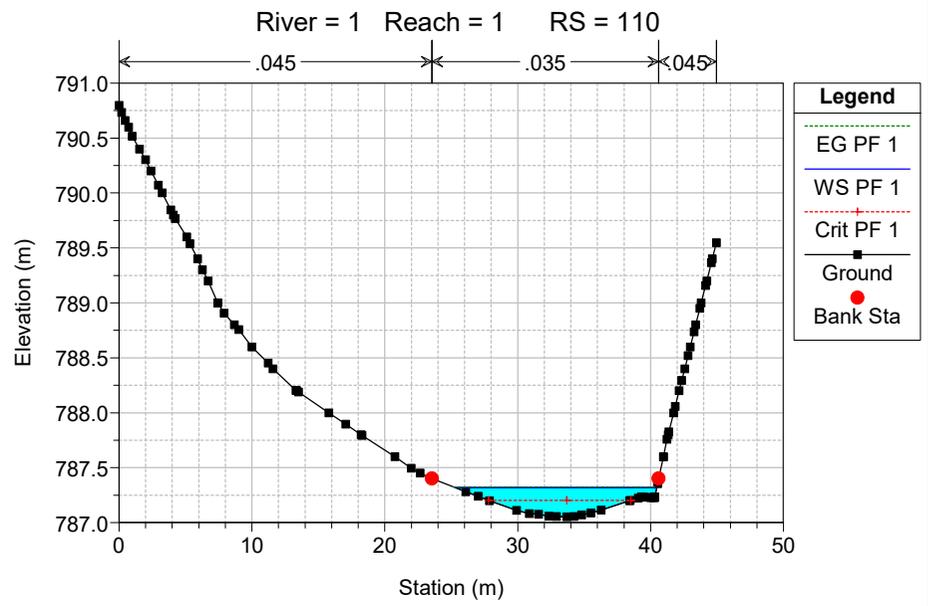
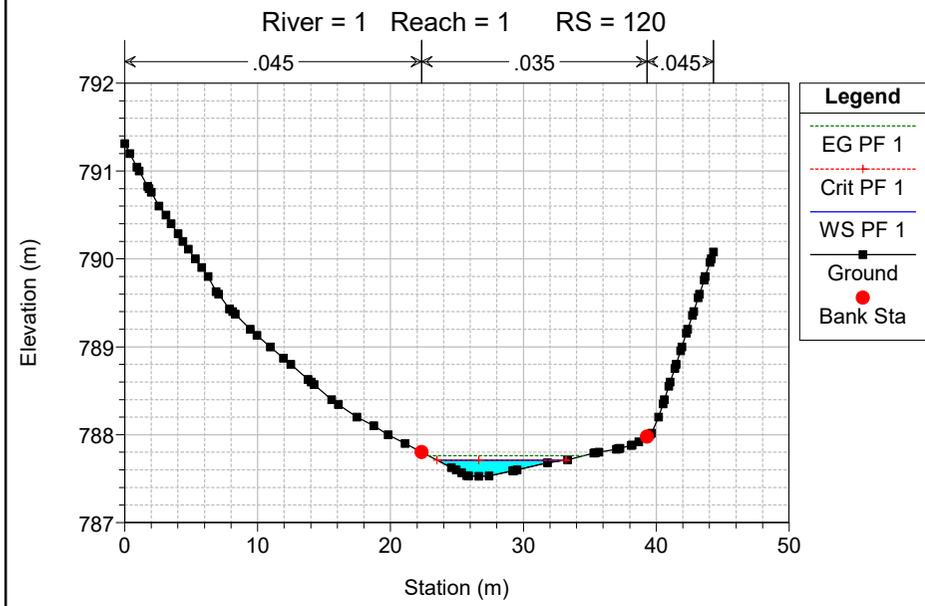
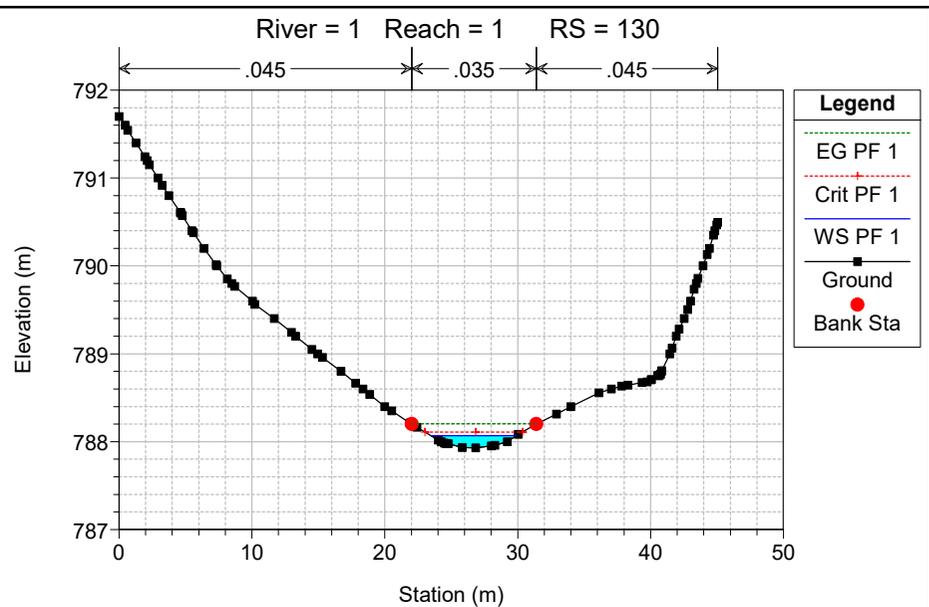
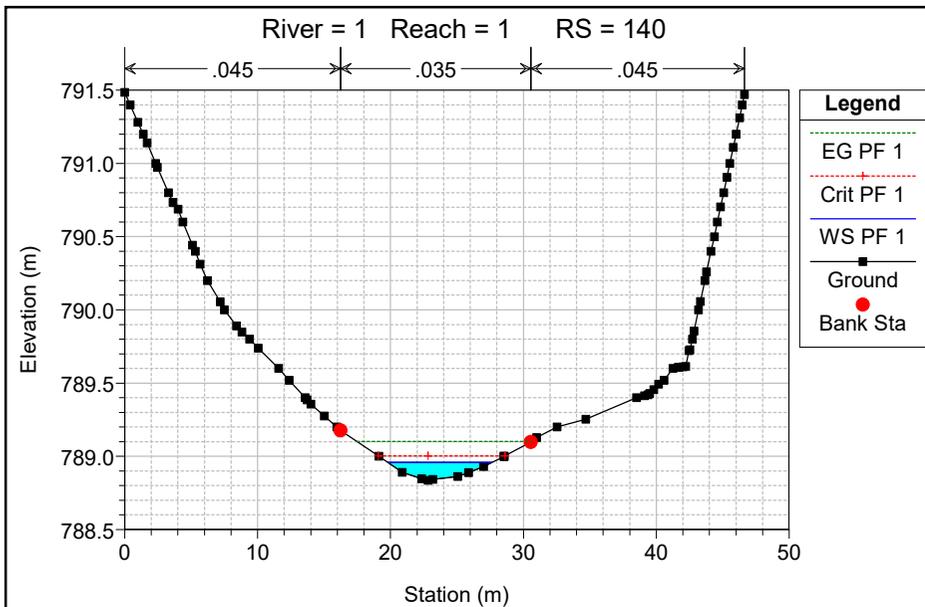
HEC-RAS Plan: ANTE OPERAM_re01 Profile: PF 1

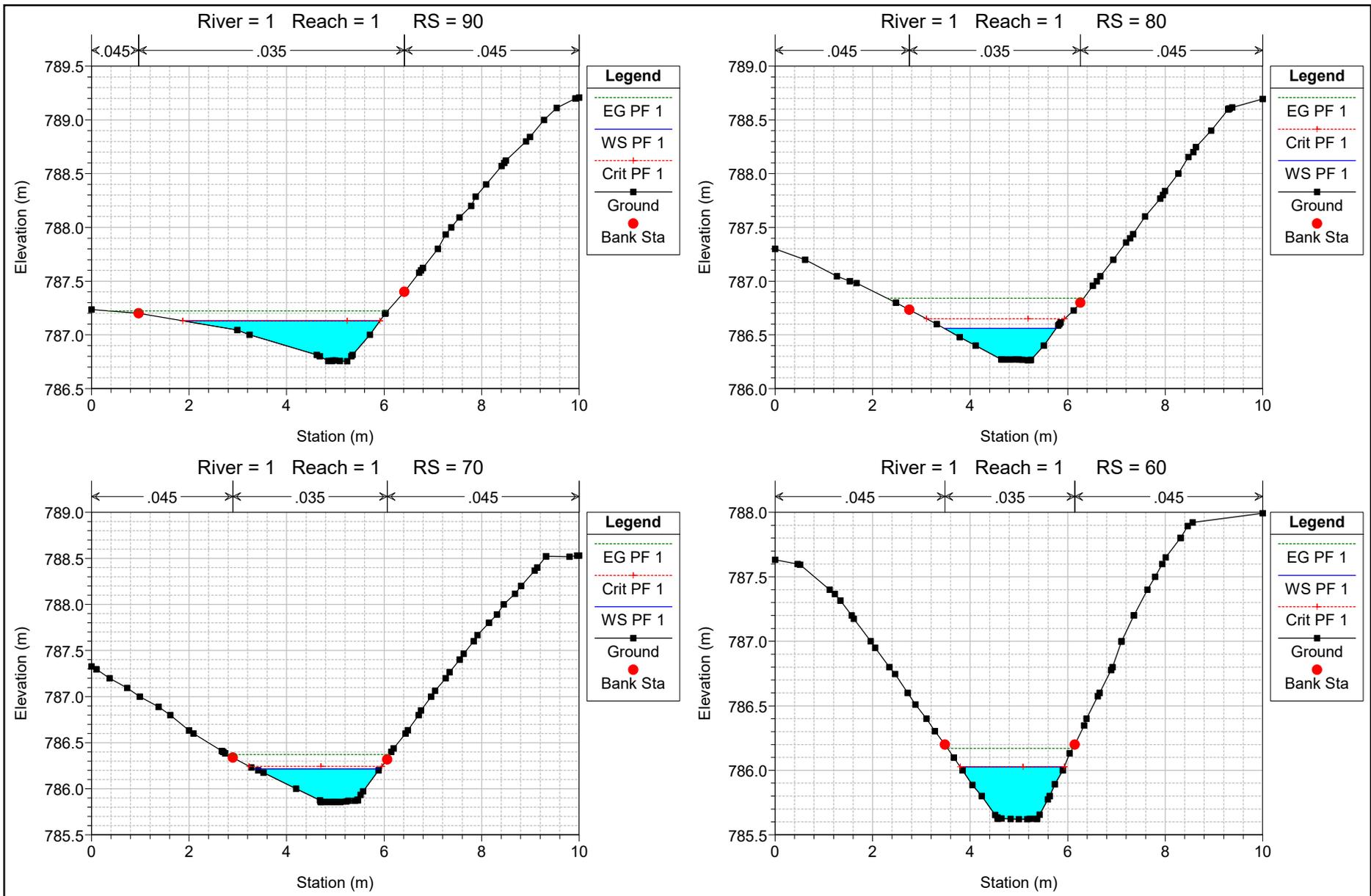
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
2	2	155.68	PF 1	1.04	791.37	792.44	791.72	792.46	0.001216	0.60	1.74	1.63	0.18
2	2	150		Culvert									
2	2	145.68	PF 1	1.04	791.65	792.19	792.19	792.35	0.022488	1.77	0.59	1.88	1.01
2	2	132.86	PF 1	1.04	790.34	790.61	790.81	791.57	0.286499	4.33	0.24	1.38	3.31
2	2	116.7	PF 1	1.04	788.51	788.79	788.79	788.79	0.000042	0.05	8.72	10.82	0.04
2	2	97.68	PF 1	1.04	785.67	785.90	786.21	788.53	0.976686	7.18	0.14	1.01	6.05
2	2	89.15	PF 1	1.04	784.22	785.85	784.78	785.85	0.000006	0.07	18.73	20.00	0.02
2	2	60		Culvert									
2	2	50.86	PF 1	1.04	780.00	780.25	780.25	780.25	0.000392	0.15	4.32	10.05	0.12
2	2	18.29	PF 1	1.04	775.22	775.30	775.51	779.76	6.218901	9.34	0.11	2.33	13.64
2	2	3.4	PF 1	1.04	773.15	773.30	773.33	773.43	0.158875	1.62	0.64	11.91	2.22
1	1	474.34	PF 1	19.54	782.09	783.91	783.91	784.41	0.015231	3.15	6.20	6.15	1.00
1	1	425.02	PF 1	19.54	778.68	779.92	780.61	782.50	0.141499	7.12	2.74	4.23	2.82
1	1	420		Bridge									
1	1	412.23	PF 1	19.54	778.62	780.78	780.13	780.88	0.001688	1.50	15.65	16.73	0.38
1	1	400		Culvert									
1	1	383.18	PF 1	19.54	775.87	779.79	777.76	779.82	0.000299	0.86	31.51	18.73	0.15
1	1	370		Bridge									
1	1	365.71	PF 1	19.54	775.09	776.45	777.06	778.22	0.071921	5.88	3.32	3.58	1.95
1	1	312.69	PF 1	19.54	774.53	775.14	775.23	775.52	0.028567	2.76	7.08	16.03	1.33
1	1	259.36	PF 1	19.54	770.51	771.48	771.87	772.89	0.094193	5.26	3.72	7.70	2.42
1	1	213.26	PF 1	19.54	766.09	767.08	767.54	768.65	0.089016	5.55	3.52	6.37	2.38
1	1	160.95	PF 1	19.54	759.40	764.29	760.85	764.29	0.000019	0.29	89.13	35.01	0.05
1	1	150		Culvert									
1	1	110.29	PF 1	19.54	757.07	758.29	758.29	758.70	0.014152	2.83	6.90	8.56	1.01
1	1	67.86	PF 1	19.54	755.00	755.82	756.30	757.41	0.076251	5.58	3.50	5.19	2.17
1	1	0	PF 1	19.54	751.74	752.94	753.25	753.90	0.034099	4.33	4.52	5.04	1.46

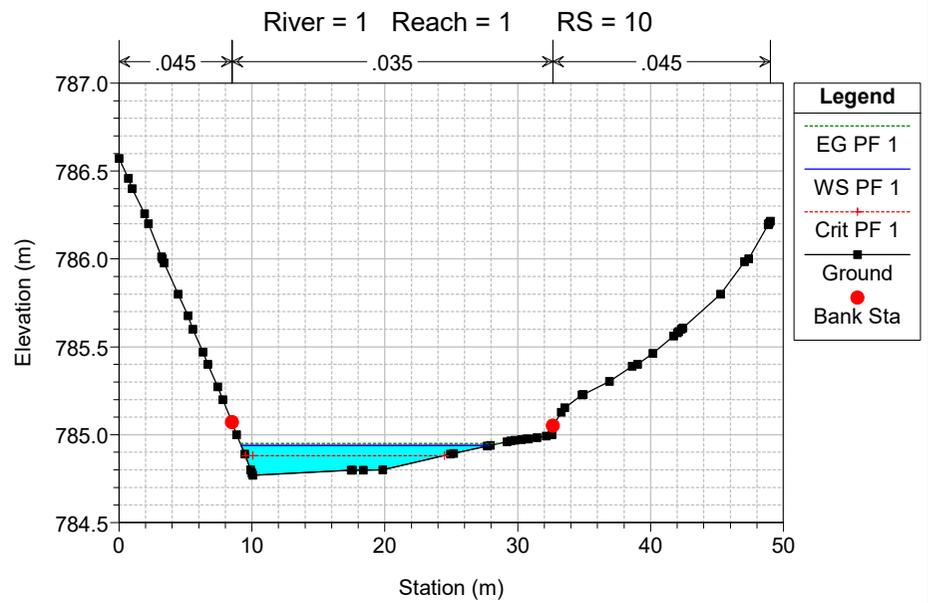
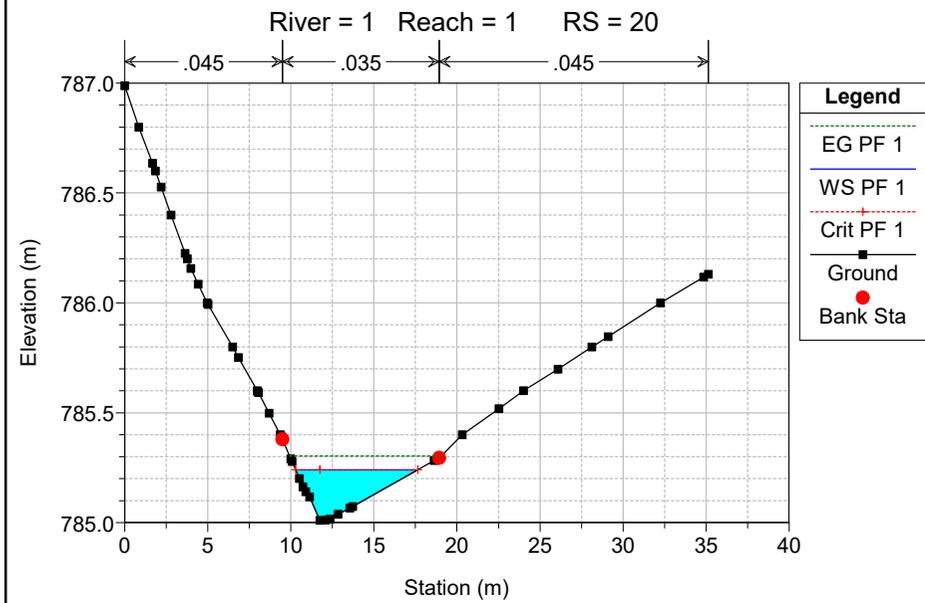
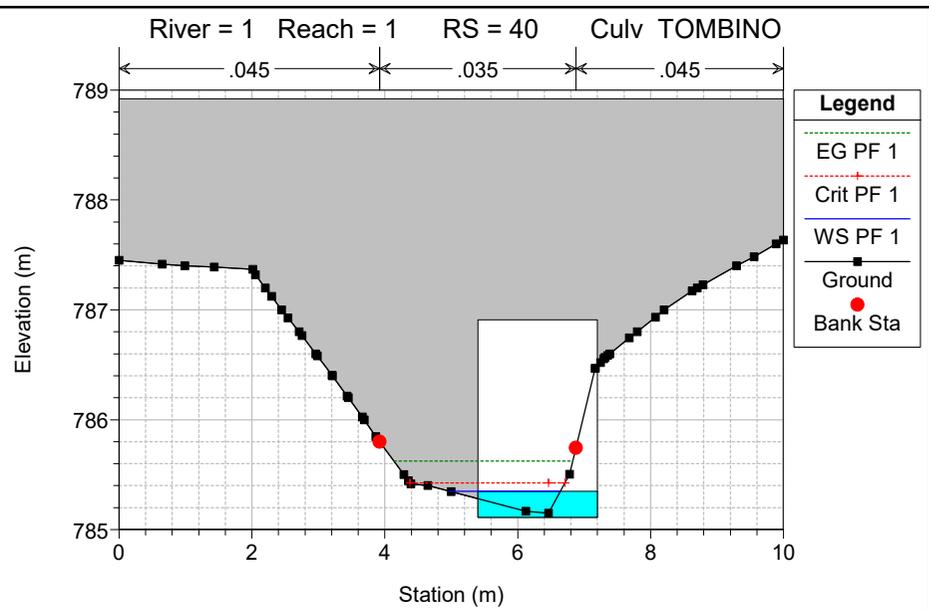
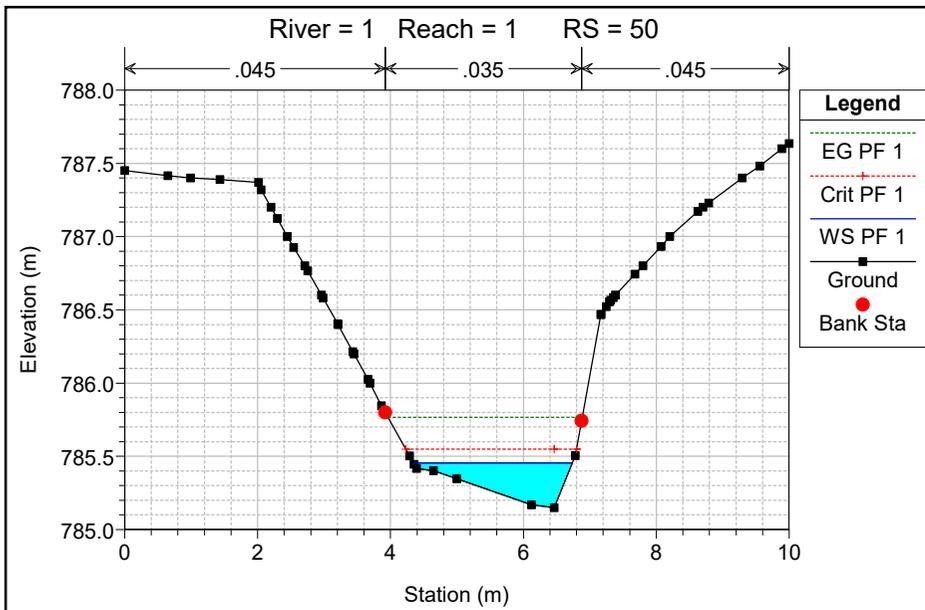
Galleria Monte Quattrocchi
PK 96+424.09
ANTE / POST OPERAM











HEC-RAS Plan: ao2 River: 1 Reach: 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	180	PF 1	1.00	792.19	792.35	792.35	792.40	0.025495	1.05	0.95	8.58	1.01
1	170	PF 1	1.00	791.84	791.93	791.95	792.00	0.071729	1.18	0.84	13.85	1.53
1	160	PF 1	1.00	790.66	790.76	790.82	790.95	0.166422	1.89	0.53	8.09	2.36
1	150	PF 1	1.00	789.75	789.85	789.88	789.93	0.065366	1.18	0.85	13.06	1.48
1	140	PF 1	1.00	788.84	788.96	789.00	789.10	0.105526	1.67	0.60	7.84	1.93
1	130	PF 1	1.00	787.93	788.07	788.11	788.21	0.076721	1.65	0.61	6.40	1.71
1	120	PF 1	1.00	787.53	787.71	787.71	787.76	0.026255	1.01	0.99	9.66	1.01
1	110	PF 1	1.00	787.05	787.32	787.20	787.33	0.001978	0.39	2.57	15.18	0.30
1	90	PF 1	1.00	786.75	787.13	787.13	787.22	0.022450	1.35	0.74	4.05	1.01
1	80	PF 1	1.00	786.26	786.56	786.65	786.84	0.068290	2.35	0.42	2.29	1.74
1	70	PF 1	1.00	785.85	786.21	786.24	786.37	0.030013	1.75	0.57	2.56	1.18
1	60	PF 1	1.00	785.62	786.03	786.03	786.17	0.021580	1.68	0.60	2.13	1.01
1	50	PF 1	1.00	785.15	785.45	785.55	785.77	0.088310	2.48	0.40	2.39	1.93
1	40		Culvert									
1	20	PF 1	1.00	785.01	785.24	785.24	785.30	0.024990	1.11	0.90	7.36	1.01
1	10	PF 1	1.00	784.77	784.94	784.88	784.95	0.005005	0.47	2.12	18.72	0.45