autostrade per l'italia

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema
A7 - A10 - A12

Ambito Bolzaneto e ambito Torbella

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

Idrologia e Idraulica

Documentazione generale

Interferenze idrografiche
Relazione idrologica-idraulica

VERIFICA a cura di:	RIESAME a cura di:	VALIDAZIONE INTERNA a cura di:
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO **Ing. Paolo De Paoli** Ord. Ingg. Pavia N. 1739 T.L. - Idraulica	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE **Ing. Marco Trovato** Ord. Ingg. Messina N. 3802	IL DIRETTORE TECNICO **Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola** Ord. Ingg. Milano N. A26796 T.A. - Strade

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				-
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog, Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip	Disciplina	Progressivo	Rev	
T0863	LLE1	PD	DG	IDR	00000	00000	R	IDR	1100	00	SCALA -

TECNE Sustainable Engineering

ENGINEERING COORDINATOR:
Ing. Mario Brugnoli
Ord. Ingg. Roma N. A24308

SUPPORTO SPECIALISTICO:

REVISIONE		
n.	descrizione	data
00	PRIMA EMISSIONE	GENNAIO 2024

CODIFICA ASPI	Codice Commessa	Fase	Origine	Disciplina	W B S	Tipo	Progressivo	Classe	Status	Rev
	0G276-PD-TECN-IDR-00000-REL-000001							1	APD	00

	VISTO DEL COMMITTENTE	VISTO DEL CONCEDENTE
	autostrade per l'italia IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Claudio Nucci	**Ministero delle infrastrutture e dei trasporti**

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Sommario

1 PREMESSA 6

2 RIFERIMENTI NORMATIVI 7

2.1 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DI PROGETTO E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE 7
2.1.1 Eventi alluvionali recenti 8
2.1.2 Vasche di intercettazione trasporto solido 9
2.2 SCHEMA DI CALCOLO IDRAULICO 10
2.3 PARAMETRI DI SCABREZZA 11
2.4 FRANCHI DI SICUREZZA 11
2.5 VERIFICA DELLA STABILITA' DEL MATERIALE 12
2.5.1 Opere di difesa in massi di cava sciolti 12
2.5.2 Dimensionamento dei rivestimenti in gabbioni e materassi 15

3 INTERFERENZA TORRENTE SECCA 18

3.1 ANALISI IDROLOGICA 18
3.2 COSTRUZIONE E SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO 18
3.3 CONDIZIONI AL CONTORNO 20
3.4 COEFFICIENTE DI RESISTENZA DISTRIBUITA 20
3.5 VERIFICA NELLA SITUAZIONE ATTUALE 20
3.6 VERIFICA NELLA SITUAZIONE DI PROGETTO (NUOVI VIADOTTI SECCA) 24
3.7 ANALISI DELLO SCALZAMANTO AL PIEDE DELLE FONDAZIONI 27
3.7.1 Condizioni fisiche di riferimento 27
3.7.2 Metodologia applicata 28
3.7.3 Schematizzazione geometrica 29
3.7.4 Dati di input relativi al viadotto Secca Nord in progetto 29
3.7.5 Analisi dei risultati relativi al viadotto Secca Nord in progetto 29
3.7.6 Dati di input relativi al viadotto Secca Sud in progetto 30
3.7.7 Analisi dei risultati relativi al viadotto A7 di valle oggetto di interventi di ampliamento 30
3.8 INTERVENTI DI DIFESA DELLE FONDAZIONI 30
3.8.1 Opere di protezione dall'erosione previste 30

4 INTERFERENZA RIO ORPEA – BOLZANETO 32

4.1 ANALISI IDROLOGICA 32
4.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO ORPEA 32
4.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico nello stato attuale 32
4.2.2 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico nello stato di progetto 34
4.2.3 Condizioni al contorno 35
4.2.4 Coefficienti di scabrezza distribuita 35
4.2.5 Verifica della situazione attuale 35
4.2.6 Verifica della situazione di progetto 38
4.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA 38
4.4 VERIFICA AL TRASCINAMENTO DEI MASSI DI RIVESTIMENTO 41

5 INTERFERENZA VIABILITA' VS008 – BOLZANETO 42

5.1 ANALISI IDROLOGICA 42
5.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA VS008 43
5.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico 43
5.2.2 Condizioni al contorno 45
5.2.3 Coefficienti di scabrezza distribuita 45
5.2.4 Verifica della situazione di progetto 45

5.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA 46
5.4 ANALISI IDRAULICA DEVIAZIONE PROVVISIONALE 51

6 ATTRAVERSAMENTO BOLZANETO TC031 52

6.1 ANALISI IDROLOGICA 52
6.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA TC031 52

7 ANALISI INTERFERENZA TOMBINO ESISTENTE TC012 53

7.1 ANALISI IDROLOGICA 53
7.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA TC012 54

8 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIE BARICATA E VENTO TRATTO POLCEVERA TS040 55

8.1 ANALISI IDROLOGICA 55
8.2 ANALISI IDRAULICA 57
8.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA 58

9 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIA TORBELLA OVEST 59

9.1 ANALISI IDROLOGICA 59
9.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO BRUCIATE 60
9.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico 60
9.2.2 Condizioni al contorno 62
9.2.3 Coefficienti di scabrezza distribuita 62
9.2.4 Verifica della situazione di progetto 62

10 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIA FORTE DIAMANTE SUD 70

10.1 ANALISI IDROLOGICA 70
10.2 ANALISI IDRAULICA 71

11 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIA MONTESPERONE NORD 72

11.1 ANALISI IDROLOGICA 72
11.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO VAGLIETTA 73
11.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico 73
11.2.2 Condizioni al contorno 75
11.2.3 Coefficienti di scabrezza distribuita 75
11.2.4 Verifica della situazione di progetto 75
11.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA 81

12 ATTRAVERSAMENTO TORBELLA INTERFERENZA RIO MATTALO 82

12.1 ANALISI IDROLOGICA 82
12.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO MATTALO 83
12.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico 83
12.2.2 Condizioni al contorno 84
12.2.3 Coefficienti di resistenza distribuita 84
12.2.4 Verifica nella situazione di progetto 85
12.2.5 Manutenzione 91

13 ATTRAVERSAMENTO ROTATORIA BOLZANETO 92

13.1 ANALISI IDROLOGICA 92
13.2 ANALISI IDRAULICA 93

ALLEGATI:

ALLEGATO 1 – DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO HEC-RAS

ALLEGATO 2 – SEZIONI TRASVERSALI MODELLI HEC-RAS

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 2.1 – COEFFICIENTI DI SCABREZZA PRESCRITTI ALL'INTERNO DEL REGOLAMENTO REGIONALE N.1 DEL 16 MARZO 2016. 11
TABELLA 2.2 - COEFFICIENTE DI CURVATURA K1 15
TABELLA 2.3 - RESISTENZA TANGENZIALE TIPICA E SCABREZZA DEI VARI MATERIALI 16
TABELLA 2.4 - RESISTENZA VALORI STANDARD DELLA VELOCITÀ LIMITE E DELL'ANGOLO DI ATTRITO PER TERRENI NATURALI (VEN TE CHOW, "OPEN CHANNEL HYDRAULICS", MCGRAW HILL) 16
TABELLA 2.5 - VALORI STANDARD SUGGERITI PER OPERE IN GABBIONI E MATERASSI METALLICI 17
TABELLA 3.1 - PROFILO LONGITUDINALE DEL TORRENTE SECCA NELLO STATO ATTUALE 19
FIGURA 3.1 – STRALCIO PLANIMETRICO TORRENTE SECCA CON UBICAZIONE DELLE SEZIONI 21
TABELLA 3.2 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL TORRENTE SECCA NELLO STATO ATTUALE 22
FIGURA 3.2 - PROFILO IDROMETRICO CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI PER IL TORRENTE SECCA NELLO STATO ATTUALE 23
TABELLA 3.3 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL TORRENTE SECCA NELLO STATO DI PROGETTO 25
FIGURA 3.3 - PROFILO IDROMETRICO CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI PER IL TORRENTE SECCA NELLO STATO DI PROGETTO 26
TABELLA 3.4 - VERIFICA DI STABILITÀ DEL MATERIALE DI FONDO 31
FIGURA 4.1- BACINO IMBRIFERO DEL RIO ORPEA INTERFERENTE CON LE RAMPE POLCEVERA E SAN ROCCO 32
TABELLA 4.1 - PROFILO LONGITUDINALE DEL CORSO D'ACQUA NELLE CONDIZIONI DI STATO ATTUALE 33
FIGURA 4.2 - PLANIMETRIA DEL CORSO D'ACQUA SIMULATO CON RAPPRESENTAZIONE DELLE SEZIONI TRASVERSALI DI RILIEVO, DELLA FUTURA SEZIONE DI ATTRAVERSAMENTO DELLE RAMPE POLCEVERA E SAN ROCCO E DELL'ASSE DEL CORSO D'ACQUA 34
TABELLA 4.2 - PROFILO LONGITUDINALE DEL RIO ORPEA NELLO STATO DI PROGETTO 35
TABELLA 4.3 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL RIO ORPEA NELLO STATO ATTUALE 36
FIGURA 4.3 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL RIO ORPEA NELLO STATO ATTUALE 37
FIGURA 4.4 - PLANIMETRIA RIO ORPEA CON UBICAZIONE SEZIONI DI PROGETTO 38
TABELLA 4.4 - PROFILO IDRODINAMICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL RIO ORPEA NELLO STATO DI PROGETTO 39
FIGURA 4.5 - PROFILO IDRODINAMICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL RIO ORPEA NELLO STATO DI PROGETTO 40
TABELLA 4.5 - VERIFICA DI STABILITÀ DEL MATERIALE DI FONDO 41
FIGURA 5.1- BACINO IMBRIFERO DEL RIO INTERFERENTE CON LA VIABILITÀ DI SERVIZIO VS008 42
TABELLA 5.1 - PROFILO LONGITUDINALE DEL RIO NELLO STATO DI PROGETTO 45
FIGURA 5.2 - PLANIMETRIA RIO INTERFERENTE CON LA VS008 CON UBICAZIONE SEZIONI DI PROGETTO 46
TABELLA 5.2 - PROFILO IDRODINAMICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI NELLO STATO DI PROGETTO 49
FIGURA 5.3 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI NELLO STATO DI PROGETTO 50
FIGURA 6.1 - BACINO IMBRIFERO DELL'IMPLUVIO MINORE INTERFERENTE CON LA VIABILITÀ DI SERVIZIO VS008 52
FIGURA 7.1 - BACINO IMBRIFERO DEL TOMBINO TC012 53
TABELLA 8.1 – DIMENSIONI AREALI DELLE SUPERFICI DEI BACINI INTERFERENTI 55
FIGURA 8.1 - BACINI IMBRIFERI DEI RII INTERFERENTI CON LA VIABILITÀ IN PROGETTO 56
TABELLA 8.2 – PORTATE DI PIENA DI PROGETTO 56
FIGURA 9.1 - BACINO IMBRIFERO RIO BRUCIATE, INTERFERENTE CON L'IMBOCCO DELLA GALLERIA TORBELLA OVEST 59
TABELLA 9.1 - PROFILO LONGITUDINALE DEL RIO NELLO STATO DI PROGETTO 62
TABELLA 9.2 - PROFILO LONGITUDINALE NELLO STATO DI PROGETTO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL RIO BRUCIATE 67
FIGURA 9.2 – PROFILO IDROMETRICO CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI PER IL RIO BRUCIATE NELLO STATO DI PROGETTO 68
TABELLA 9.3 – CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI 69
TABELLA 9.4 – VERIFICA DI STABILITÀ DEL MATERIALE DI FONDO 69
FIGURA 10.1 - BACINO IMBRIFERO INCISIONE INTERFERENTE CON L'IMBOCCO DELLA GALLERIA FORTE DIAMANTE LATO SUD 70
FIGURA 11.1 - BACINO IMBRIFERO RIO VIVAGLIETTA, INTERFERENTE CON L'IMBOCCO DELLA GALLERIA MONTESPERONE LATO NORD 72
TABELLA 11.1 – PROFILO LONGITUDINALE DEL RIO NELLO STATO DI PROGETTO 74
TABELLA 11.2 - PROFILO LONGITUDINALE NELLO STATO DI PROGETTO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI DEL RIO VIVAGLIETTA 79
FIGURA 11.2 – PROFILO IDROMETRICO CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI PER IL RIO VIVAGLIETTA NELLO STATO DI PROGETTO 80
FIGURA 12.1 - BACINO IMBRIFERO DEL RIO MATTALO, INTERFERENTE CON LA VIABILITÀ DI SERVIZIO VS18B 82
TABELLA 12.1 - PROFILO LONGITUDINALE DEL RIO MATTALO NELLO STATO DI PROGETTO 84
FIGURA 12.2 - STRALCIO PLANIMETRICO SISTEMAZIONE RIO MATTALO CON UBICAZIONE SEZIONI PRINCIPALI 86
TABELLA 12.2 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI NELLO STATO DI PROGETTO 88
FIGURA 12.3 - PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI NELLO STATO DI PROGETTO 89

FIGURA 12.4 - PROFILO DI PROGETTO DELL'OPERA CON IL PROFILO IDROMETRICO PER TEMPO DI RITORNO 200 ANNI 90
FIGURA 13.1 - BACINO IMBRIFERO RIO INTERFERENTE CON LA VIABILITÀ IN005 92

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'analisi idrologico-idraulica delle interferenze idrografiche della variante ambito Bolzaneto e ambito Torbella del nodo stradale ed autostradale di Genova (Gronda di Ponente – Riqualificazione A10 e potenziamento A7 e A12), con riferimento alle opere in progetto sia sull'Asse Principale, sia sulle Viabilità di Servizio che ai Campi-Cantieri.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le interferenze idrografiche della gronda di Ponente ricadono negli ambiti di competenza dei seguenti Piani di Bacino redatti dalla Provincia di Genova:

- Piano di Bacino D.L. 180/98 – Ambito 12 e 13;
- Piano di Bacino del Torrente Varenna;
- Piano di Bacino del Torrente Polcevera;
- Piano di Bacino del Torrente Bisagno.

Le opere in progetto sul reticolo idrografico sono inoltre disciplinate dal Regolamento Regionale N.3 del 14 luglio 2011 e smi redatto a cura della Regione Liguria.

Con riferimento alle prescrizioni contenute nella Pianificazione Vigente sopra descritta, nel seguito vengono illustrate le ipotesi generali di calcolo adottate sia nello studio idrologico che per le verifiche idrauliche degli interventi in progetto.

2.1 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DI PROGETTO E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE

Per tutti i corsi d'acqua superficiali interessati da un'opera in progetto è stato individuato il corrispondente bacino imbrifero sotteso a partire dalle seguenti cartografie di base disponibili:

- rilievo fotogrammetrico in scala 1:5.000 per i bacini più piccoli;
- CTR in scala 1:10.000 per i bacini maggiori.

Ove disponibili, si è fatto direttamente riferimento ai valori delle portate di piena di riferimento con tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni pubblicate sulle tabelle contenute nei Piani di Bacino sopra citati.

Come portata di piena di progetto si è assunto in particolare quella con tempo di ritorno 200 anni.

Per le sezioni in cui non è specificatamente disponibile un valore di portata di piena di riferimento nei Piani di Bacino, è stato conservativamente considerato il valore della piena con tempo di ritorno 200 anni individuato come valido nella sezione immediatamente a valle di quella considerata, nei casi in cui la porzione di bacino residuo non risulti eccessiva. Altrimenti la portata è stata calcolata mediante l'utilizzo di un contributo unitario ricavato per interpolazione lineare tra quello di monte e quello di valle già definiti dal Piano, mediante l'applicazione della seguente formula:

$$Q_i = (A_m + dA) * [q_m – (q_m – q_v) / (A_v – A_m) * dA]$$

in cui:

$q_m = Q_m / A_m$;

$q_v = Q_v / A_v$;

$dA = A_i – A_m$;

Q_i, Q_m, Q_v = portata intermedia, di monte e di valle;

A_m, A_v, A_i = area scolante di monte, di valle ed intermedia;

q_m, q_v = contributi unitari di monte e di valle.

Per i corsi d'acqua minori, privi di specifiche indicazioni di portata nei Piani di Bacino, si è assunta una portata di piena di progetto calcolata utilizzando un contributo unitario pari a:

- 40 $m^3/s\ km^2$ per bacini fino a 1 km^2;
- 38 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 1 a 2 km^2;
- 36 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 2 a 3 km^2;
- 35 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 3 a 4 km^2;
- 34 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 4 a 5 km^2;
- 32 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 5 a 6 km^2;
- 31 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 6 a 7 km^2;
- 30 $m^3/s\ km^2$ per bacini da 7 a 8 km^2.

Il dimensionamento idraulico delle opere di attraversamento è avvenuto nel pieno rispetto delle prescrizioni imposte dal Regolamento Regionale N.3 del 14 luglio 2011 e successive modifiche introdotte nel Testo Unico del Regolamento Regionale N.1 del 16 marzo 2016, in cui si diversificano i criteri di assunzione del franco idraulico di sicurezza in funzione del "livello" di gerarchizzazione idrografica in cui il corso d'acqua ricade. A monte degli attraversamenti in progetto sono state altresì previste opere di intercettazione del trasporto solido (vasche di sedimentazione) a cui è associato un programma di manutenzione al fine di mantenere efficiente la loro funzionalità idraulica.

2.1.1 Eventi alluvionali recenti

Il territorio genovese è stato colpito negli ultimi anni da eventi idrologici intensi, in particolare:

- l'evento del 4 ottobre 2010 che ha interessato il ponente genovese, caratterizzato da piogge di breve durata e forte intensità; esso ha generato esondazioni nel bacino del torrente Chiaravagna e nei bacini scolanti dell'ambito 13;
- l'evento del 4 novembre 2011 che ha interessato i bacini del torrente Bisagno e del suo affluente torrente Fereggiano; tale evento ha generato diffuse esondazioni sulla parte terminale del Fereggiano (da largo Merlo alla confluenza in Bisagno) e localmente sul torrente Bisagno immediatamente a monte del tratto tombinato.

I due eventi sopra descritti hanno generato sui corsi d'acqua del genovese portate mai superiori a tempo di ritorno 200 anni:

- la piena del torrente Chiaravagna ha corrisposto a un tempo di ritorno di poco superiore a 100 anni;
- la portata generata lungo il torrente Fereggiano è stata caratterizzata da un tempo di ritorno di poco superiore a 150 anni mentre quella sul Bisagno da tempo di ritorno pari a circa 40 anni.

Le esondazioni generate durante questi eventi sono spesso da ricondurre ad un sistema di reticolo idrografico vulnerabile nei tratti di attraversamento dei centri abitati a causa dell'inadeguatezza idraulica delle opere di attraversamento o idrauliche presenti.

Le opere previste nel presente Progetto sono dimensionate per un tempo di ritorno di 200 anni, che oltre ad essere in linea con le prescrizioni imposte dai Piani di Assetto Idrogeologico risulta dal punto di vista idrologico coerente con gli intensi eventi alluvionali recenti; dal punto di vista idraulico il dimensionamento delle opere

assunto risponde a quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.1 del 16 marzo 2016 in cui oltre ad essere previsti franchi di sicurezza cautelativi rispetto alle caratteristiche del deflusso della piena bicentenaria (che spesso non supera il 50% del riempimento della sezione di progetto delle opere) prescrive la necessità di prevedere opere di intercettazione e controllo del trasporto solido (vasche di accumulo) al fine di ridurre la probabilità di occlusione delle sezioni delle opere di sistemazione previste e riducendo il fattore di rischio idraulico di esondazione.

2.1.2 Vasche di intercettazione trasporto solido

In tutte le sistemazioni idrauliche dei corsi d'acqua, appartenenti al reticolo regionale, interferenti con la Gronda sono state previste delle vasche di intercettazione del trasporto solido. La movimentazione di materiale solido lungo un'asta fluviale viene determinata anche dal deflusso di portate di modesta entità in termini di tempo di ritorno.

Nella progettazione e dimensionamento delle vasche di intercettazione ed accumulo del trasporto solido si è tenuto conto dei seguenti fattori:

1. del materiale flottante (vegetazione arbustiva e/ arborea...) trasportato in superficie dalla corrente di piena;
2. caratteristiche geomorfologiche dei versanti e delle incisioni dei tratti di corso d'acqua interferiti su cui si devono realizzare le opere di sedimentazione;
3. granulometria caratteristica del corso d'acqua misurata su un tronco significativamente esteso; spessore e tipologia dei depositi, eventuale tipologia di dissesto presente nelle immediatezze dell'attraversamento in progetto (si vedano le schede si sopralluogo);
4. formulazione teorica (PICA) largamente applicata su scala nazionale, calibrata su 95 tronchi d'alveo appartenenti a 70 corsi d'acqua a regime misto (correnti lente e veloci) su cui si sono tarati i dati di misura prelevati in situ.

Per quanto attiene al punto 1, si sono previste a monte delle sistemazioni (e delle vasche di sedimentazione) delle briglie selettive a pettine in grado di trattenere il trasporto flottante e quindi di impedire la parzializzazione delle sezioni di attraversamento delle opere.

Per quanto attiene al punto 2, si specifica che la dimensione degli alvei dei corsi d'acqua in analisi (2°, 3° livello e minuto) è decisamente contenuta in termini di ampiezza in quanto le aste sono profondamente incise in versanti ripidi; tali caratteristiche pongono un limite alla creazione di vasche di elevata volumetria che richiederebbero in alcuni casi la riprofilatura delle pendici dei versanti stessi con l'introduzione di opere di sostegno di dimensione importante. Le vasche sono state pertanto dimensionate in modo tale da essere compatibili, in termini geometrici, con le dimensioni dei corsi d'acqua. Sulla base di queste premesse la funzionalità delle vasche dovrà essere assicurata da interventi di manutenzione ordinaria (disalveo) da eseguirsi con scadenza semestrale alternati da interventi di manutenzione straordinaria nel caso si manifestino eventi di piena significativi (compresi tra 5 e 10 anni di tempo di ritorno). Andranno tuttavia eseguiti interventi di manutenzione straordinaria, a seguito di ogni evento meteorico particolarmente gravoso dopo aver effettuato un sopralluogo per valutare la dimensione dell'eventuale intervento di asportazione dei sedimenti.

Per quanto attiene ai punti 3 e 4 si sono eseguite delle valutazioni di massima sulle quantità di materiale movimentabili da eventi di tempo di ritorno 5-10 anni, utilizzando come dato di input i dati di misura rilevati in situ descritti al punto 3.

Per la valutazione della capacità di trasporto solido è stata applicata la formulazione sperimentale proposta da M.Pica in "Trasporto solido al fondo" (Energia Elettrica, n. 8-1974, L'ACQUA 2/2000) basata sulle relazioni

tra pendenza dei canali di deflusso, portata liquida e granulometria dei depositi in alveo espresse mediante il calcolo di due fattori adimensionali:

- W (sforzo tangenziale sull'elemento solido);
- g_s (intensità del trasporto solido).

La formulazione utilizzata è la seguente:

$$W = \frac{1}{J} \frac{Q^{3/8} i^{13/16}}{g^{3/16} d^{15/16}} \qquad g_s = 0.74\, W^{2.2} \qquad g_s = \frac{1}{J_s - J} \frac{G_s i^{3/16}}{Q^{3/8} d^{25/16}}$$

in cui

Q	=	portata liquida al colmo con tempo di ritorno assegnato (m^3/s)
i	=	pendenza media dell'alveo
J_s	=	peso specifico del materiale in alveo
g	=	accelerazione di gravità
d	=	diametro medio del materiale in alveo
J	=	$(J_s - J)/J$ con J= peso specifico dell'acqua
G_s	=	portata solida (Kg/s)

Per ricostruire l'apporto solido complessivo viene assunto un idrogramma di piena con ampiezza massima pari al tempo di corrivazione t_c, ed esaurimento dell'evento dopo un tempo uguale a 3 t_c.

La granulometria media dei materiali in alveo rappresenta la frazione mediamente mobilizzabile nel tipo di depositi maggiormente diffusi nell'area oggetto di studio ed è valutata sulla base delle osservazioni svolte in sito (schede di sopralluogo).

Va specificato tuttavia che per quanto descritto al punto 2, le vasche previste intercettano soltanto la parte di trasporto solido attivata da eventi di modesta entità, che normalmente modella morfologicamente l'asta fluviale e che nel caso delle opere in progetto andrebbe progressivamente a parzializzare la sezione di deflusso delle opere di attraversamento. La funzionalità delle vasche non potrà che essere assicurata da interventi di manutenzione ordinaria (disalveo) da eseguirsi con scadenza semestrale alternati da interventi di manutenzione straordinaria nel caso si manifestino eventi di piena significativi (compresi tra 5 e 10 anni di tempo di ritorno).

2.2 SCHEMA DI CALCOLO IDRAULICO

Le analisi idrauliche delle opere definitive in progetto sono state condotte applicando schemi di calcolo in moto permanente, visto il comportamento torrentizio dei corsi d'acqua interferenti, tale per cui vengono esclusi fenomeni di laminazione del colmo di piena; la schematizzazione inoltre risulta cautelativa dal punto di vista idraulico (nell'ottica del dimensionamento degli attraversamenti) escludendo fenomeni di cappio di piena in quanto le portate ed i livelli si propagano lungo l'asta fasati temporalmente (cioè coincidenti lungo l'asse tempo).

Le analisi idrauliche sono state condotte mediante la messa a punto ed applicazione di modelli idraulici monodimensionali basati sul codice di calcolo HEC RAS (vedi descrizione in allegato 1).

Per le viabilità di servizio e alcune opere di minore importanza la verifica idraulica è stata condotta applicando uno schema di calcolo idrodinamico locale, utilizzando la formulazione proposta da Chezy del moto uniforme nel seguito riportata, sulla base dei dati geometrici dell'opera (sezione trasversale e pendenza di fondo):

$$Q = F : (R\ i_f)^{0.5}$$

$$F = c\ R^{(1/6)}$$

in cui:

c = coefficiente di resistenza distribuita secondo Gauckler – Strickler ($m^{1/3}s^{-1}$);

: = area bagnata della sezione idraulica (m^2);

R = raggio idraulico (m);

i_f = pendenza del fondo (m/m).

2.3 PARAMETRI DI SCABREZZA

Nella scelta dei parametri di scabrezza utilizzati nelle verifiche idrauliche si è fatto riferimento in generale ai valori relativi alla formulazione di Strickler indicati nella Tabella 2.1.

Descrizione corso d'acqua	Coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler Ks (m1/3s-1)
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee in buono stato)	35-40
Corsi d'acqua con fondo e argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc..) o discontinuità interferenti con le acque	40-45

Tabella 2.1 ± &RHIILFLHQWL GL VFDEUH]]D SUHVFULWWL DOO¶LQWHUQR GHOO 5HJR

2.4 FRANCHI DI SICUREZZA

Anche per la valutazione dell'adeguatezza idraulica delle opere in progetto si è fatto riferimento al succitato Regolamento Regionale che in funzione della gerarchizzazione idrografica dei corsi d'acqua stabilisce i seguenti franchi idraulici:

1. **Reticolo idrografico di 1° (S>1 km^2) e 2° livello (0.25<S<1.0 km^2)**

   a) Sezione minima tombinatura BxH=2.0x2.0 m

   b) Franco idraulico non inferiore al valore maggiore tra:

      o carico cinetico della corrente $V^2/2g$ e

- i valori riportati nella tabella seguente:

I	argini e difese spondali	cm. 50/100
II	ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12	cm. 100/150
III	coperture o tombinature (ove ammesse), ponti e strutture di attraversamento oltre m. 12	cm. 150/200

2. Reticolo idrografico 3° livello (0.1<S<0.25 km²)

a) Sezione minima tombinatura >3 m²

b) Franco idraulico non inferiore al valore maggiore tra:

- semi carico cinetico della corrente 0.5 V²/2g e
- i valori riportati nella tabella seguente

I	argini e difese spondali	cm. 50
II	ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12	cm. 75
III	coperture o tombinature (ove ammesse), ponti e strutture di attraversamento oltre m. 12	cm. 100

3. Reticolo idrografico minuto (S<0.1 km²)

a) Sezione minima tombinatura >3 m²

b) Franco idraulico non inferiore al valore:

- 0.3 m per argini e difese spondali (sezioni aperte);
- 0.5 per ponti e tombini (sezioni a cielo chiuso).

2.5 VERIFICA DELLA STABILITA' DEL MATERIALE

2.5.1 Opere di difesa in massi di cava sciolti

In letteratura sono disponibili varie formule per la valutazione di stabilità dei materiali di assegnata granulometria soggetti all'azione di trascinamento della corrente. Questi procedimenti si basano sulla determinazione dei valori critici della velocità o delle tensioni tangenziali, (intesi come valori che corrispondono alle condizioni di moto incipiente per il materiale considerato), e sul loro confronto con i corrispondenti valori reali, ovvero presenti nel corso d'acqua con le condizioni ed ipotesi assunte in progetto.

Seguendo il criterio che si basa sulla definizione dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale, la condizione di stabilità del fondo risulta quando $\tau \geq \tau_c$ ovvero quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella reale.

La tensione tangenziale massima esercitata dalla corrente è ricavabile secondo la relazione [1]

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot i$$

[1]

dove J(N/m³) è il peso specifico dell'acqua, R (m) è il raggio idraulico della sezione ed i (m/m) la pendenza del fondo.

La tensione esercitata sulle sponde è inferiore rispetto a quella sul fondo, come mostrato da numerose esperienze sperimentali riscontrabili in letteratura (ad es. Lane, 1953, o Leuthesser, 1963). Gli studi di Lane, ad esempio, definiscono la massima tensione sulla sponda W in funzione di W

[2]

con coefficiente adimensionale minore di 1, diagrammato da Lane in funzione della forma della sezione (inclinazione delle sponde, rapporto larghezza/profondità). Per sezioni trapezie tende asintoticamente al valore massimo 0,8, cautelativamente assunto in progetto.
La determinazione di W fa invece riferimento alla teoria della tensione tangenziale critica (Shields, 1936) attraverso la valutazione della forza che determina il moto incipiente dei granuli; questa è esprimibile in termini generali con la relazione [3],la quale rappresenta una condizione di equilibrio:

[3]

dove:

W = tensione tangenziale critica [N/m²]

J = peso specifico materiale d'alveo [N/m³]

J = peso specifico dell'acqua [N/m³]

d = diametro del granulo [m]

f = parametro adimensionale, funzione delle caratteristiche dei granuli e del letto fluviale e dal numero di Reynolds di grano Re*, relativo alla velocità di attrito u* $\sqrt{W/\rho}$:

$$Re^* = \frac{u^* d}{\nu},$$

con d diametro dei granuli e viscosità cinematica.

La relazione [3] deriva dall'estensiva serie di prove sperimentali condotta da Shields, e ripresa successivamente da numerosi autori, la quale ha mostrato come per alti valori di Re* (ovvero condizioni di regime turbolento completamente sviluppato) il parametro f tendesse asintoticamente ad un valore costante), indipendente da Re*.

Tale valore è stato determinato empiricamente da differenti autori, a seguito di osservazioni sperimentali caratterizzate da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo.

In particolare, si fa riferimento ai seguenti valori:

-) = 0.047 nella espressione di Meyer-Peter, che considera nullo il termine relativo al trasporto solido; ripresa da Zeller (1963), relativamente a miscugli omogenei in regime di moto assolutamente turbolento.
-) = 0.058 y0,060 nella espressione originale di Shields per Re* > 400.

-) = 0.116 nella espressione di Kalinske, che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante l'effetto di mutuo incastro delle particelle.

Gli studi sperimentali che hanno condotto Shields alla determinazione della relazione [3] sono stati sviluppati secondo determinate condizioni delle prove:

- uniformità del diametro d dei grani del materiale solido;
- d<<h, dove h è l'altezza d'acqua della corrente;
- pendenza longitudinale trascurabile.

Occorre pertanto applicare alcuni coefficienti correttivi alla [3], per tenere conto della differenza tra le condizioni sperimentali e quelle reali; tali correzioni sono state determinate empiricamente da diversi autori.

La relazione generale [3] viene dunque ricondotta alla formula operativa [4], dalla quale è possibile ricavare il diametro d di progetto:

$$\frac{\text{ì Ö å}}{\text{: @ F @†}} \text{ L ö ®ô}_{æ}\text{®ô}_{ü}\text{®ô}_{ù}$$

[4]

dove:

- ψ_s, correzione per limitata sommergenza relativa (Armanini,1990), considera i casi in cui non sia d<<h, bensì il materiale solido abbia dimensioni paragonabili all'altezza d'acqua; il coefficiente vale:

$$\psi_s \quad 1 \quad 0{,}67 \left(\frac{d}{h}\right)^{0{,}5}$$

- ψ_i, correzione per significativa pendenza longitudinale del fondo. Espressa come:

$$\psi_i \quad \cos\varepsilon \left(1 - \frac{\sin\varepsilon}{\tan\varphi}\right)$$

dove ε è l'angolo di inclinazione del fondo, mentre φ è l'angolo di attrito interno del materiale.

- ψ_h, correzione per disomogeneità del materiale (Egiazaroff, 1963), considera l'effetto di nascondimento prodotto dalle particelle di diametro maggiore rispetto a quelle più fini. Essa vale:

$$\psi_i \quad \left(\frac{\log_{10} 19}{\log_{10}\left(19 \frac{d_i}{d_{50}}\right)}\right)^2$$

con d_{50} diametro medio dei grani e d_i diametro generico.

Tutte le formule presentate sono inoltre state ricavate relativamente al materiale di fondo alveo; per determinare la condizione di moto incipiente riferita al materiale di sponda occorre rifarsi alla teoria di Lane

(1953), la quale considera le componenti attive del peso e della spinta idrodinamica in relazione alla pendenza della sponda (θ) rispetto all'orizzontale.

La tensione critica sulla sponda $\tau_{cr,s}$ può quindi essere espressa in funzione di quella relativa al fondo τ_{cr}, secondo la relazione [5]:

$$\tau_{cr,s} = \tau_{cr} \cdot \cos\theta \cdot \sqrt{1 - \frac{\operatorname{tg}^2\theta}{\operatorname{tg}^2\varphi}} \qquad [5]$$

2.5.2 Dimensionamento dei rivestimenti in gabbioni e materassi

La verifica di stabilità nei confronti dell'azione di trascinamento esercitata dalla corrente viene eseguita, per gabbioni e materassi, calcolando le velocità e gli sforzi tangenziali indotti dalla corrente e controllando che non siano superiori ai valori limite sopportati dai manufatti in argomento, oltre i quali si ha un danneggiamento permanente della struttura.

Le tensioni tangenziali agenti vengono calcolate utilizzando i metodi idraulici convenzionali. Le tensioni tangenziali resistenti dipendono invece dalla tipologia di rivestimento impiegata.

Lo sforzo tangenziale medio, τ_b agente su ogni punto della superficie dell'alveo viene calcolato usando la seguente formula:

$$\tau_b = k_1 \cdot k_2 \cdot \gamma_w \cdot y_i \cdot i_{alveo}$$

in cui:

- k_1 [-] = coefficiente variabile in funzione del rapporto tra la curvatura della sistemazione e larghezza del corso d'acqua; i valori suggeriti vengono riportati nella Tabella 2.2;
- k_2 [-] = coefficiente angolare pari a 1 per superfici di posa orizzontali, 0.75 per superfici inclinate;
- γ_w [KN/m^3] = peso specifico dell'acqua;
- y_i [m]= livello idrico nel punto considerato;
- i_{fiume} [m/m] = pendenza dell'alveo lungo il tratto in esame.

Il coefficiente k1 tiene conto dell'incremento dello sforzo tangenziale sulla sponda esterna di un tratto in curva come conseguenza dell'accelerazione centrifuga. I valori del coefficiente k1 sono riportati in Tabella 2.2 e dipendono dalla curvatura e dalla larghezza del corso d'acqua.

Raggio di curvatura / Larghezza corso d'acqua	k_1
8.0	1.2
6.0	1.4
4.5	1.6
3.2	1.8
2.0	2.0

Tabella 2.2 - Coefficiente di curvatura k1

Il valore della forza di trascinamento varia in funzione dell'altezza del pelo libero y_i nel punto considerato e pertanto tale valore è stato quindi calcolato, per ciascun segmento della sezione, nel punto più depresso.

La resistenza tipica dei vari materiali agli sforzi tangenziali e la relativa scabrezza viene riportata nella Tabella 2.3

	Non vegetato		**Vegetato**	
	Scabrezza n [$m^{-1/3}s$]	**Sforzo tollerato [N/m^2]**	**Scabrezza**	**Sforzo tollerato [N/m^2]**
Sabbia fine	0.0200	3.50	-	-
Sabbia e ghiaia	0.0200	15.30	-	-
Ghiaia grossolana	0.0250	32.00	-	-
Ciottoli e ghiaia	0.0350	52.60	-	-
Argilla coesiva	0.0250	22.00	-	-
Argilla friabile	0.0250	32.00	-	-
Limo e ciottoli	0.0300	38.00	-	-
Ciottoli inerbiti	0.0400	10.00	0.050	30.00
Talee – Arbusti	0.1000	10.00	0.400	60.00
Copertura diffusa	0.1000	50.00	0.400	300.00
Viminate – Graticciate	0.1000	10.00	0.400	50.00
Gabbioni 0.50m (18")	0.0301	470.40	0.200	500.00
Gabbioni 1.00m (36")	0.0301	470.40	0.200	500.00
Materasso 0.15-0.17m (6")	0.0277	224.00	0.300	400.00
Materasso 0.23-0.25m (9")	0.0277	268.80	0.300	450.00
Materasso 0.30m (12")	0.0277	336.00	0.300	450.00
Scogliere alla rinfusa/sotto sagoma	0.0400	300.80	0.400	350.00
Blocchetti in cemento	0.0200	250.00	0.300	350.00

Tabella 2.3 - Resistenza tangenziale tipica e scabrezza dei vari materiali

Nella seguente Tabella 2.4**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono riportate le velocità limite e gli angoli di attrito dei terreni naturali per valutarne la stabilità delle opere di rivestimento e protezione/consolidamento.

Suoli	**Velocità limite [m/s]**	**Angolo di attrito suggerito [gradi]**
Sabbia fine	0.760	30 – 32
Sabbia e ghiaia	1.500	32 – 35
Ghiaia grossolana	1.800	35 – 38
Ciottoli e ghiaia	1.670	35 – 38
Argilla e crostoni di argilla (coesivi)	1.800	25 – 30
Limo e ciottoli (coesivi)	1.670	20 – 30

Tabella 2.4 - Resistenza valori standard della velocità limite e dell'angolo di attrito per terreni naturali (Ven Te Chow, "Open Channel Hydraulics", McGraw Hill)

2.5.2.1 Calcolo della tensione tangenziale resistente

Ricerche disponibili sul comportamento di gabbioni e materassi hanno permesso lo sviluppo di criteri per la progettazione sia nel caso in cui i manufatti siano o meno rinverditi.

Per quanto riguarda i materassi e i gabbioni privi di vegetazione, le ricerche effettuate presso l'Engineering Research Center di Fort Collins, Colorado (1984), hanno portato a calcolare gli sforzi tangenziali resistenti utilizzando la seguente formula:

$$W_c = k_s \cdot C^* \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m \qquad (2.1)$$

dove:

- C* [-] — Coefficiente di Shields (0.14)
- γ_s [KN/m^3] — Peso specifico delle rocce di riempimento (24-26)
- γ_w [KN/m^3] — Peso specifico dell'acqua
- d_m [m] — Diametro medio del pietrame di riempimento
- K_s [-] — $(1 - (\sin^2 \theta / \sin^2 \phi))^{1/2}$ [θ inclinazione della sponda, $\phi = 60°$)

Sulle sponde l'effetto di contenimento della rete incrementa la resistenza agli sforzi tangenziali; ciò non accade invece per il materiale sciolto poiché la forza di gravità riduce la resistenza agli sforzi tangenziali sul piano inclinato. La resistenza allo sforzo tangenziale su superfici inclinate viene calcolata utilizzando un coefficiente di riduzione K_s per il materiale sciolto, assumendo un angolo di 60° per il materiale confinato (gabbioni e materassi metallici). Nel caso in cui l'inclinazione del piano di posa sia maggiore di 45° (θ> 45°) il fattore di riduzione viene considerato costante (Ks = 0.57). I parametri sopra descritti sono indicativamente definiti dalla seguente Tabella 2.5.

	Diam. d_{50} [m]	Spessore [m]	γ_s [kN/m^3]	γ_w [kN/m^3]	C di Shields
Gabbioni 0.30 m	0.150	0.30	26.00	10.00	0.140
Gabbioni 0.50 m	0.210	0.50	26.00	10.00	0.140
Gabbioni 1.00 m	0.300	1.00	26.00	10.00	0.140
Materasso 0.15 - 0.17 m	0.100	0.17	26.00	10.00	0.140
Materasso 0.23 - 0.25 m	0.120	0.20	26.00	10.00	0.140
Materasso 0.30 m	0.150	0.25	26.00	10.00	0.140

Tabella 2.5 - Valori standard suggeriti per opere in gabbioni e materassi metallici

Il rivestimento in materassi metallici o gabbioni è verificato strutturalmente se il rapporto tra le tensioni resistenti e quelle agenti è superiore a 1 ($W_c/W_w > 1$).

3 INTERFERENZA TORRENTE SECCA

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-S3-V00-II001-00000-D-IDR-5000
- T0863-LLE1-PD-S3-V00-II001-00000-D-IDR-5001

3.1 ANALISI IDROLOGICA

Nel Piano di Bacino del torrente Polcevera vengono definiti i seguenti valori di portata di piena del torrente Secca alla confluenza con il torrente Polcevera:

- TR = 50 anni: 620 m^3/s;
- TR = 200 anni: 770 m^3/s;
- TR = 500 anni: 900 m^3/s;

Visto che i viadotti autostradali in esame attraversano il torrente Secca soltanto circa 1 km a monte della confluenza nel torrente Polcevera, cautelativamente si assume come portata di progetto quella sopra definita per tempo di ritorno 200 anni:

$$Q_{progetto} = 770\ m^3/s$$

3.2 COSTRUZIONE E SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

La geometria del torrente Secca è stata descritta sulla base del rilievo topografico eseguito appositamente per il presente progetto, nel novembre 2010.

Esso è composto da 11 sezioni trasversali lineari e da un piano quotato che comprende ampiamente l'area di progetto sia a monte che a valle; le sezioni trasversali descrivono geometricamente il corso d'acqua per un'estensione complessiva di circa 634 m, rappresentandolo nello stato attuale in termini di opere idrauliche e manufatti di attraversamento presenti. Il fondo del corso d'acqua nel tratto oggetto di indagine è fissato altimetricamente da 3 briglie, localizzate:

- tra le sezioni 1 e 2 all'inizio del rilievo a monte, di altezza pari a circa 0.65 m;
- tra le sezioni 7 e 8, immediatamente a valle del viadotto autostradale A7 oggetto di ampliamento, di altezza pari a circa 1.85 m;
- tra le sezioni 10 e 11 nel tratto terminale di valle del modello di altezza pari a 1.65 m.

Le opere trasversali di controllo del fondo alveo sopra descritte conferiscono all'alveo una pendenza del 1.18% nel tratto compreso tra le sezioni 2 e 7 (ove sono presenti i manufatti di attraversamento) e dello 0.3 % nel tratto di valle (tra le sezioni 8 e 10).

Nel tratto di corso d'acqua compreso tra le sezioni 2 e 7 sono presenti i due manufatti di attraversamento dell'autostrada A7:

- il primo viadotto (sezione 4) è costituito da 9 campate, con 3 pile circolari di diametro pari a 3.4 m che ricadono nell'alveo di piena del Secca;
- il secondo viadotto a valle del precedente (sezione 6) è costituito da 7 campate con le 6 pile che interferiscono con il deflusso di piena del corso d'acqua; le pile dell'attraversamento di monte sono allineate con quelle del viadotto di valle.

Il torrente Secca è canalizzato tra le opere di contenimento dei livelli esistenti, costituite da muri arginali in cls; tutti gli interventi di adeguamento idraulico per la piena con tempo di ritorno 200 anni, in riferimento al tratto in studio, sono già stati realizzati così come descritto nel Piano di Assetto Idrogeologico redatto a cura della Provincia di Genova. Di seguito (Tabella 3.1) si riporta il profilo longitudinale del modello di stato attuale del Secca in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate, caratterizzandole in termini di progressiva metrica e quota di fondo (thalweg).

Note	Sezione	Progressiva	Quota argine sinistro	Quota argine destro	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)
monte briglia	1	0.00	63.01	63.42	58.77
valle briglia	2	5.75	62.96	63.36	58.13
	3	120.19	61.98	62.02	57.22
monte viadotto Sec Nord	4.1	212.73	60.66	61.21	55.96
valle viadotto Secca Nord	4.2	228.73	60.66	61.21	55.83
	5	234.44	60.51	60.96	55.71
monte viadotto Sec Sud	6.1	250.58	60.51	61.77	55.66
valle viadotto Secca Sud	6.2	275.58	59.98	61.77	55.50
monte briglia	7	307.32	59.90	60.24	55.22
valle briglia	8	309.36	59.88	60.20	53.36
	9	415.72	58.85	63.12	53.31
monte briglia	10	538.55	57.62	58.06	52.67
valle briglia	11	545.01	57.02	57.98	51.03
condizione contorn	12	634.01	56.75	57.71	50.76

Tabella 3.1 - Profilo longitudinale del torrente Secca nello stato attuale

Lo stato di progetto è stato rappresentato modificando la geometria delle pile ricadenti in alveo, in particolare:

- per il viadotto Secca Nord è prevista un'unica pila circolare di dimetro 3,5 m;
- per il viadotto Secca Sud è prevista un unico setto pila di larghezza 1,8 m.

Entrambi i viadotti di progetto sono stati modellati nella stessa posizione dei viadotti esistenti da demolire, in considerazione del modesto spostamento degli assi stradali, al fine di un più facile confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto. Pertanto, la modellazione delle nuove opere è stata fatta modificando la geometria delle pile rispetto ai viadotti esistenti, ovvero la geometria trasversale delle strutture che sarà caratterizzata da due campate con un'unica pila in alveo.

L'intradosso minimo degli impalcati è pari a 76.92 m s.l.m. per il viadotto di monte e 64.85 m s.l.m. per il viadotto di valle.

3.3 CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni al contorno utilizzate nel modello sono le seguenti:

- portata di piena per TR200 di valore al colmo costante pari a 770 $m^3 s^{-1}$ e altezza critica imposte in entrata nel modello (sez. 1);
- scala di deflusso in moto uniforme imposta nella sezione di valle (sez.12) alla progressiva 634.01 m.

Il modello, al fine di una corretta esecuzione del calcolo idraulico, è stato esteso verso valle rispetto alle sezioni di rilievo eseguite in situ, poiché è presente un'opera idraulica (briglia tra le sez.10 e 11); si è quindi ricavata dal piano quotato disponibile una nuova sezione (denominata "condizione al contorno") ad una distanza di 89 m a valle del piede della briglia esistente.

3.4 COEFFICIENTE DI RESISTENZA DISTRIBUITA

La zona oggetto del presente progetto è situata in un'area fortemente urbanizzata della città di Genova, in cui il corso d'acqua scorre canalizzato tra opere di contenimento dei livelli in cls che lo limitano in destra a e sinistra idraulica.

Per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza media di Strickler di valore pari a 25 $m^{1/3} s^{-1}$ (0.04 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

Per i manufatti di attraversamento, si è assunta in corrispondenza delle sole spalle e pile una scabrezza di circa 45 $m^{1/3} s^{-1}$ (0.022 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

3.5 VERIFICA NELLA SITUAZIONE ATTUALE

La simulazione duecentennale eseguita mostra che la piena transita abbondantemente contenuta tra le opere di arginatura del corso d'acqua; si riscontrano franchi minimi dell'argine sinistro in corrispondenza delle sez. 4.1 (monte viadotto a 3 campate Secca Nord) pari a 0.70 m e sez.6.2 (valle viadotto Secca Sud) pari a 0.68 m; nel restante tratto si riscontrano franchi di sicurezza compresi tra 0.8 e 2.5 m.

La piena defluisce lungo l'intero tratto simulato secondo un moto in corrente lenta, caratterizzato da velocità comprese tra 2.7 e 4.9 m/s; viene raggiunta l'altezza critica unicamente nella sez.10 in corrispondenza della briglia localizzata più a valle.

Le 2 opere autostradali sono idraulicamente verificate in quanto il loro intradosso si trova a quota superiore di numerosi metri rispetto alle sommità arginali.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico con l'ubicazione delle sezioni e i risultati della simulazione duecentennale rispettivamente in forma tabulare e grafica che illustrano il profilo idrometrico del corso d'acqua (Tabella 3.2 e Figura 3.2).

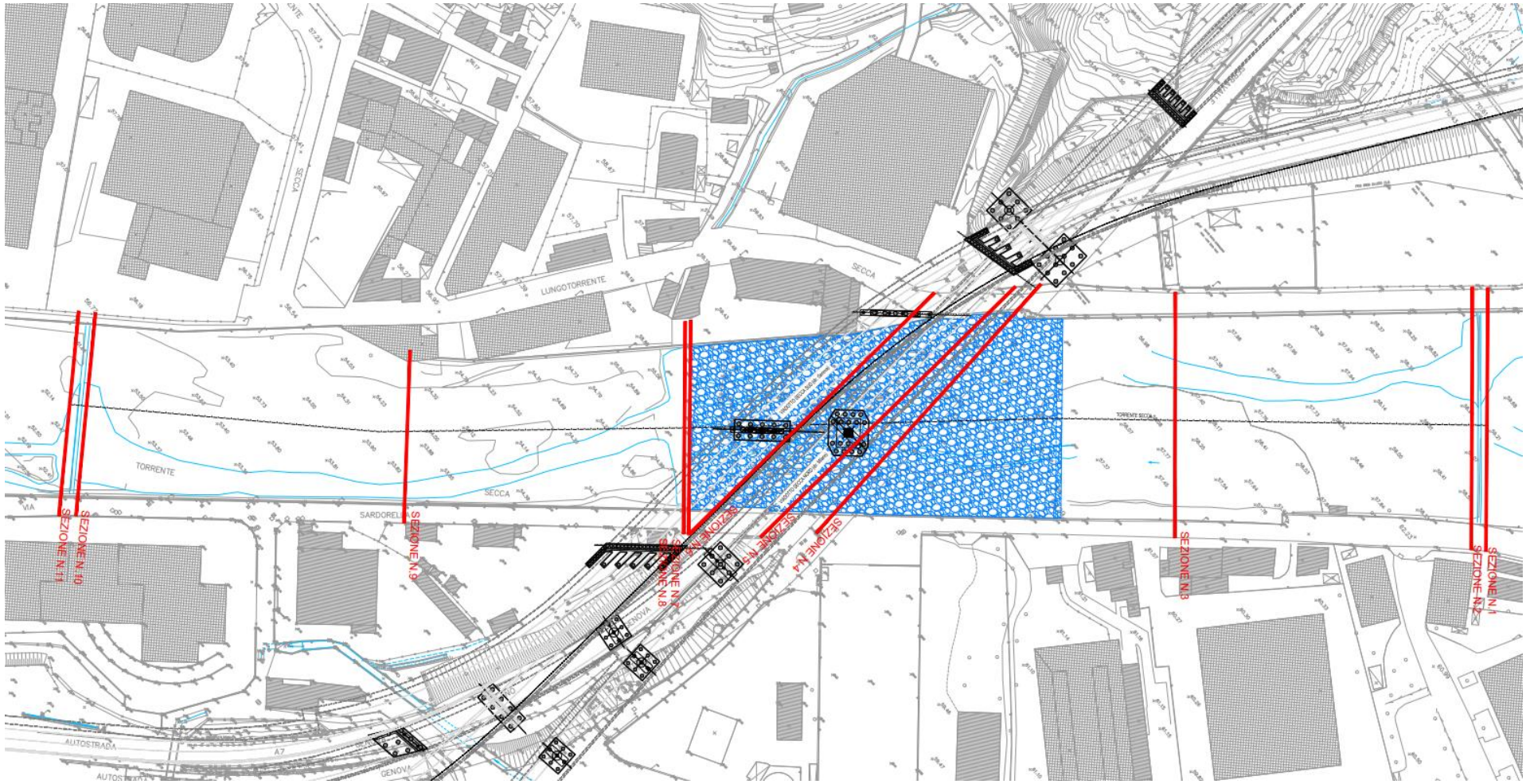


Figura 3.1 ±Stralcio planimetrico torrente Secca con ubicazione delle sezioni

Note	Sezione	Progr.	Quota argine sinistro	Quota argine destro	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco arginale sinistro	Franco arginale destro
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)	(m)
monte briglia	1	0.00	63.01	63.42	770	58.77	61.26	61.26	62.31	4.55	169.30	80.50	1.00	1.75	2.16
valle briglia	2	5.75	62.96	63.36	770	58.13	61.03	60.52	61.72	3.67	209.81	79.83	0.72	1.93	2.33
	3	120.19	61.98	62.02	770	57.22	60.13	59.75	60.92	3.92	196.55	77.27	0.78	1.85	1.89
monte viadotto Secc Nord	4.1	212.73	60.66	61.21	770	55.96	59.96	58.73	60.40	2.93	262.84	78.44	0.51	0.70	1.25
valle viadotto Secca Nord	4.2	228.73	60.66	61.21	770	55.83	59.70	58.60	60.18	3.06	251.99	78.33	0.54	0.96	1.51
	5	234.44	60.51	60.96	770	55.71	59.69	58.56	60.15	3.00	256.97	79.90	0.53	0.82	1.27
monte viadotto Secc Sud	6.1	250.58	60.51	61.77	770	55.66	59.70	58.23	60.08	2.74	280.51	77.59	0.46	0.81	2.07
valle viadotto Secca Sud	6.2	275.58	59.98	61.77	770	55.50	59.30	58.07	59.74	2.94	261.68	77.46	0.51	0.68	2.47
monte briglia	7	307.32	59.90	60.24	770	55.22	58.64	58.09	59.48	4.07	189.29	62.38	0.75	1.26	1.60
valle briglia	8	309.36	59.88	60.20	770	53.36	58.63	56.92	59.07	2.95	261.14	62.19	0.46	1.25	1.57
	9	415.72	58.85	63.12	770	53.31	57.11	56.71	58.16	4.54	169.71	53.75	0.82	1.74	6.01
monte briglia	10	538.55	57.62	58.06	770	52.67	55.71	55.71	56.92	4.87	157.97	65.06	1.00	1.91	2.35
valle briglia	11	545.01	57.02	57.98	770	51.03	55.51	54.16	56.01	3.13	245.85	65.44	0.52	1.51	2.47
condizione contorn	12	634.01	56.75	57.71	770	50.76	55.24	53.90	55.75	3.15	245.91	65.44	0.52	1.51	2.47

Tabella 3.2 - Profilo idrometrico per tempo di ritorno 200 anni del torrente Secca nello stato attuale

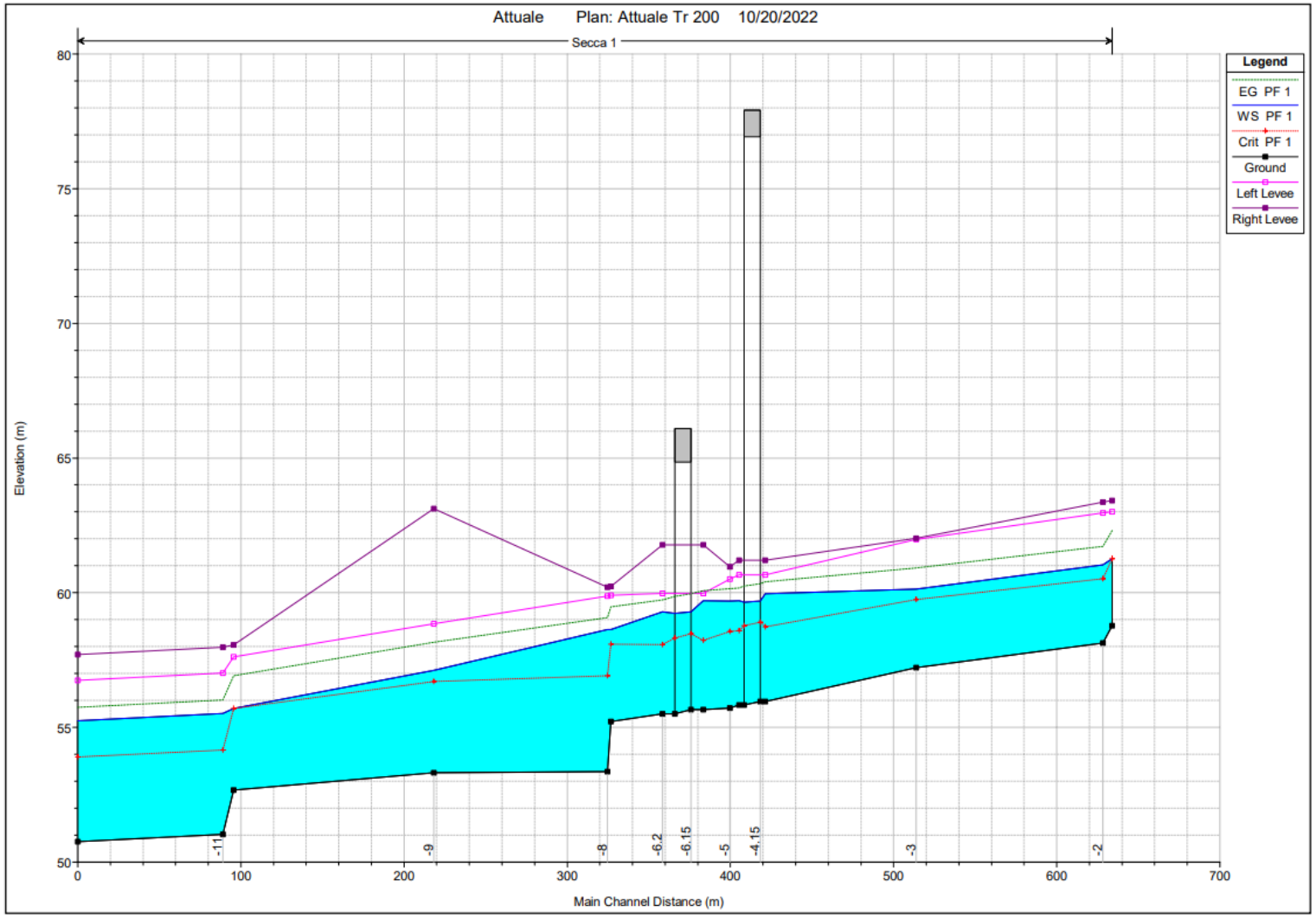


Figura 3.2 - Profilo idrometrico con tempo di ritorno 200 anni per il torrente Secca nello stato attuale

3.6 VERIFICA NELLA SITUAZIONE DI PROGETTO (NUOVI VIADOTTI SECCA)

La simulazione di progetto prevede che i viadotti Secca interferiscano in alveo con un'unica pila.

La riduzione del numero delle pile in alveo genera una riduzione dei livelli idrometrici, rispetto al profilo idrometrico di stato attuale, pari a 32 cm a monte del Secca Nord e pari a 28 cm a monte del Secca Sud (come mostrato dalla colonna "rigurgito indotto" della tabella dei risultati di seguito riportata).

La dinamica del deflusso di piena rimane praticamente equivalente a quella di stato attuale, verificandosi comunque un lieve abbassamento dei livelli quantificato in circa 20-30 cm: in ragione della riduzione dei livelli il franco in sinistra nella sezione 4.1 (monte viadotto Secca Nord) passa da 0.70 m (stato attuale) a 1.02 m e nella sezione 6.1 (monte viadotto Secca Sud) passa da 0.81 m a 1.09 m.

Di seguito (Tabella 3.3 e Figura 3.3) si riportano i risultati della simulazione duecentennale rispettivamente in forma tabulare e grafica che illustrano il profilo idrometrico del corso d'acqua.

Note	Sezione	Progr.	Quota argine sinistro	Quota argine destro	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco arginale sinistro	Franco arginale destro	Rigurgito indotto
(-)		(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m³/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m²)	(m)	(-)	(m)	(m)	(m)
monte briglia	1	0.00	63.01	63.42	770	58.77	61.26	61.26	62.31	4.54	169.57	80.50	1.00	1.75	2.16	0.00
valle briglia	2	5.75	62.96	63.36	770	58.13	61.09	60.52	61.75	3.59	214.34	79.84	0.70	1.87	2.27	0.06
	3	120.19	61.98	62.02	770	57.22	59.93	59.75	60.85	4.26	180.64	77.23	0.89	2.05	2.09	-0.20
monte viadotto Secca Nord	4.1	212.73	60.66	61.21	770	55.96	59.64	58.73	60.18	3.24	237.57	78.30	0.59	1.02	1.57	-0.32
																0.00
valle viadotto Secca Nord	4.2	228.73	60.66	61.21	770	55.83	59.43	58.59	60.00	3.34	230.57	78.21	0.62	1.23	1.78	-0.27
	5	234.44	60.51	60.96	770	55.71	59.41	58.56	59.96	3.28	234.65	79.84	0.61	1.10	1.55	-0.28
monte viadotto Secca Sud	6.1	250.58	60.51	61.77	770	55.66	59.42	58.23	59.87	2.97	259.11	77.49	0.52	1.09	2.35	-0.28
																0.00
valle viadotto Secca Sud	6.2	275.58	59.98	61.77	770	55.50	59.30	58.07	59.74	2.94	261.72	77.46	0.51	0.68	2.47	0.00
monte briglia	7	307.32	59.90	60.24	770	55.22	58.64	58.09	59.48	4.07	189.29	62.38	0.75	1.26	1.60	0.00
valle briglia	8	309.36	59.88	60.20	770	53.36	58.63	56.92	59.07	2.95	261.13	62.19	0.46	1.25	1.57	0.00
	9	415.72	58.85	63.12	770	53.31	57.11	56.71	58.16	4.53	169.85	53.75	0.81	1.74	6.01	0.00
monte briglia	10	538.55	57.62	58.06	770	52.67	55.71	55.71	56.92	4.88	157.77	65.06	1.00	1.91	2.35	0.00
valle briglia	11	545.01	57.02	57.98	770	51.03	55.51	54.16	56.01	3.13	245.85	65.44	0.52	1.51	2.47	0.00
condizione contor	12	634.01	56.75	57.71	770	50.76	55.24	53.90	55.75	3.15	245.91	65.44	0.52	1.51	2.47	0.00

Tabella 3.3 - Profilo idrometrico per tempo di ritorno 200 anni del torrente Secca nello stato di progetto

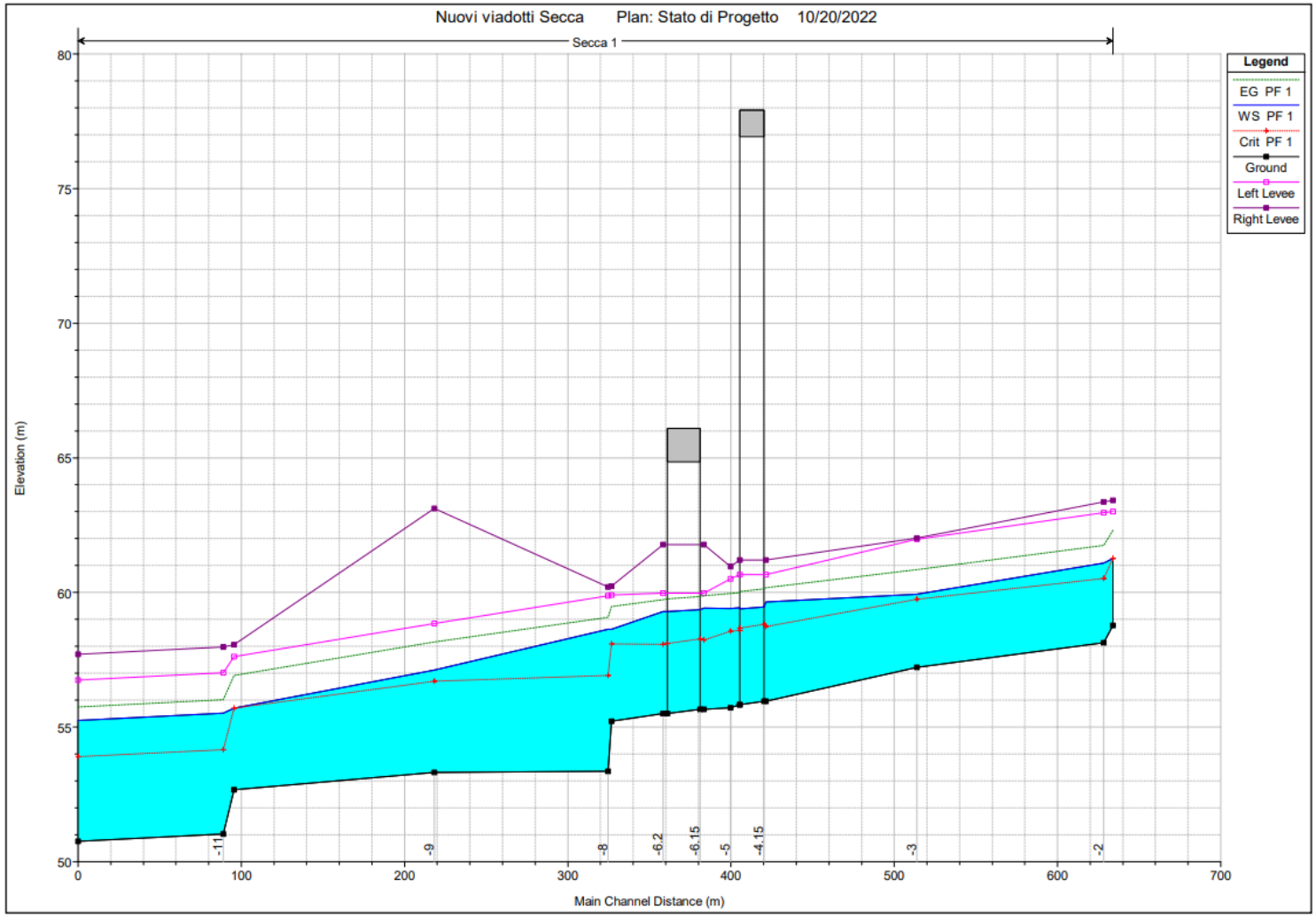


Figura 3.3 - Profilo idrometrico con tempo di ritorno 200 anni per il torrente Secca nello stato di progetto

3.7 ANALISI DELLO SCALZAMANTO AL PIEDE DELLE FONDAZIONI

Lo scalzamento delle pile dei ponti è un complesso fenomeno idraulico legato al trasporto solido e all'erodibilità del materiale di fondo alveo.

Causa dell'erosione del fondo è il “vortice a ferro di cavallo” che si forma attorno alla pila per l'effetto localizzato della presenza di un ostacolo nella corrente idrica.

La dimensione del vortice e la massima profondità dell'erosione sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della corrente. dalla forma geometrica dell'ostacolo e dalle caratteristiche del materiale di fondo alveo. Il fenomeno di scalzamento è progressivo nel tempo ed è soggetto ad un'alternanza di condizioni di erosione e di deposito di materiale nella buca al piede della pila. determinata dal regime idrologico cui è soggetto il corso d'acqua e quindi dal manifestarsi di eventi caratterizzati da portate di entità differente.

La profondità massima che viene calcolata attraverso le formule rappresenta una condizione ultima di equilibrio cui tende il fenomeno: per tale motivo risulta sufficientemente cautelativo fare riferimento a condizioni idrodinamiche della corrente che abbiano probabilità di manifestarsi pari a quelle dell'evento di piena di progetto. Sulla base di un’approfondita indagine di letteratura sulle formule empiriche ed i metodi di calcolo più diffusamente adottati per il calcolo della massima profondità di erosione prevedibile al piede delle pile dei ponti, si è scelta la formulazione di Breusers (riportata dall’Autorità di bacino del fiume Po per il calcolo dello scalzamento al piede delle fondazioni dei ponti esistenti o in progetto all’interno della Direttiva denominata Deliberazione 11 maggio 1999 dell’Autorità di Bacino del Fiume Po – aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 Aprile 2006 “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce A e B”).

Rispetto ad una copiosa parte di formulazioni riportate in letteratura che spesso legano il massimo scalzamento solamente alle dimensioni trasversali dell’ostacolo in alveo. le formule adottate tengono conto sia delle caratteristiche idrodinamiche di deflusso della corrente di piena di riferimento. che della granulometria del materiale di fondo. che dello sviluppo longitudinale delle opere di fondazione.

3.7.1 Condizioni fisiche di riferimento

Lo sviluppo del fenomeno di erosione al piede delle pile dei ponti è continuo nel tempo seguendo un trend di evoluzione temporale fortemente dipendente dalla variabilità delle condizioni idrologiche di contorno.

L'assegnazione di una portata di calcolo di riferimento risulta quindi problematica in quanto si tratta di assegnare una condizione sufficientemente cautelativa ma che al tempo stesso non abbia bassissima probabilità di manifestarsi.

La portata massima al colmo è un evento che si manifesta istantaneamente nel corso d'acqua. o almeno per il tempo di persistenza del colmo che è comunque una caratteristica idrologica molto differente da bacino a bacino dipendendo dalla fenomenologia di formazione dell'onda di piena: per queste caratteristiche non risulterebbe quindi teoricamente adeguata al calcolo dello scalzamento.

I fenomeni di erosione in alveo sono comandati. secondo l'accezione scientifica attuale. da un valore di portata. detto “dominante”. che è quello che determina la massima movimentazione di materiale di fondo nel tempo.

Tale valore della portata (che ad esempio per corsi d'acqua con caratteristiche idrologiche pedemontane corrisponde generalmente al valore del deflusso che ha mediamente persistenza in alveo per un quarto dell'anno. cioè la portata di morbida Q91 sulla scala di durata delle portate) non tiene però in conto l'effetto di scalzamento prodotto da eventi puntuali nel tempo particolarmente gravosi.

In definitiva. al fine di fare riferimento ad una condizione idrologica sufficientemente gravosa ma non tale da corrispondere ad un eccesso di cautela nel sovradimensionamento delle opere. si è adottata come condizione idraulica di riferimento per il calcolo dello scalzamento quella prodotta dal transito in condizioni stazionarie della portata di piena di progetto a tempo di ritorno 200 anni.

Di seguito si descrive la formulazione utilizzata per la valutazione dello scavo potenziale intorno alle fondazioni di un attraversamento, generato dal transito di una piena.

3.7.2 Metodologia applicata

Formula di Breusers

La formula di Breusers è una delle espressioni recenti più diffusamente applicate nell'ingegneria per la valutazione dell'erosione localizzata al piede delle pile. In effetti l'impostazione del metodo di calcolo e la dipendenza del fenomeno da una serie ben definita di caratteristiche idrauliche, geometriche e sedimentologiche del sito rappresentano lo stato più avanzato della pratica di calcolo, rimanendo i singoli parametri che determinano lo scalzamento oggetto di continue revisioni alla luce di nuovi risultati su sperimentazioni modellistiche di laboratorio e di nuovi dati di campo. La formula proposta da Breusers è la seguente:

$$\frac{d_s}{Y_0} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot \tanh\left(\frac{b}{Y_0}\right) \qquad [6]$$

nella quale:

d_s= profondità di scalzamento a partire dal fondo alveo medio locale;

Y_0= profondità media della corrente indisturbata;

b= larghezza della pila;

f1= parametro che tiene conto della capacità erosiva della corrente in rapporto alla velocità critica di trasporto:

f1= f(U/U_c):

f1 = 0 per $U/U_c<0.5$;

f1 = 2(U/U_c)-1 per $0.5<U/U_c<1.0$;

f1 = 1 per $U/U_c>1.0$;

[7]

U= velocità della corrente indisturbata;

U_c= velocità critica della corrente;

$$U_c = 5\sqrt{D} \qquad [8]$$

D= diametro caratteristico del materiale;

f2= parametro che tiene conto della forma della pila:

f2 = f(pila):

f2 = 1 per pila circolare;

f2 = 0.75 per pila sagomata idraulicamente;

f2 = 1.30 per pila rettangolare;

[9]

f3= parametro di forma della pila:

f3 = f(l/b, α);

[10]

f4= parametro che tiene conto dell'"effetto gruppo" e cioè della mutua vicinanza tra le pile attraverso il rapporto tra la larghezza della singola pila e l'interasse (da Elliot e Baker):

f4 = f(x/b):

Bv L s E$\frac{5ä =}{k^{ë}W\!\!\!/?5o' \text{æ}251}$ per x/b<4;

Bv L t á{ wF r ä1 y z®@T W>A per4<x/b<7;

Bv L s per x/b>7;

[11]

Il parametro f3 è dato da un diagramma riportato in bibliografia da diversi Autori: per angolo di attacco della corrente nullo (a=0) il parametro f3 vale 1.

3.7.3 Schematizzazione geometrica

Il tratto di corso d'acqua che si sviluppa a cavallo dei due viadotti A7 (di cui quello di valle sarà interessato da interventi di ampliamento) è regimato da opere di controllo del trasporto solido; in particolare, come già detto in precedenza, il fondo del torrente Secca è regolato altimetricamente da 3 briglie.

Nel calcolo dello scalzamento al piede delle fondazioni. a titolo cautelativo. non si è però fatto affidamento sulla tenuta strutturale delle 3 opere idrauliche succitate; pertanto, il calcolo del valore di scavo attorno alla fondazione (pila-plinto) generato dal passaggio della piena duecentennale è avvenuto come se non esistesse alcuna opera di difesa trasversale.

Il calcolo dello scalzamento al piede è stato eseguito per le pile dei 2 viadotti A7 di progetto che ricadono nell'alveo di piena del Secca.

L'applicazione della formulazione sopra descritta ha richiesto l'introduzione di una serie di parametri geometrici ed idraulici rispettivamente relativi alla conformazione delle pile e alle condizioni di deflusso idrico nella sezione d'alveo in corrispondenza di ciascuna opera di attraversamento.

3.7.4 Dati di input relativi al viadotto Secca Nord in progetto

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche delle pile sono state utilizzate le seguenti dimensioni:

- 1 sola pila singola circolare di diametro pari a 3.50 m;

Per le grandezze idrauliche caratterizzanti il deflusso nella sezione d'alveo in corrispondenza del viadotto sono stati assunti i valori risultanti dalla verifica idraulica nello stato di progetto.

Con riferimento alla simulazione succitata sono stati utilizzati i seguenti valori:

- portata di riferimento: 770 m^3 /s;
- livello idrico: 59.64 m s.m.;
- altezza d'acqua 3.68 m;
- velocità media della corrente: 3.24 m/s;
- area bagnata della sezione: 237.57 m^2;
- larghezza pelo libero: 78.30 m.

Infine. per quanto riguarda la granulometria del materiale di fondo alveo si è utilizzato un diametro medio pari a 0.003 m.

3.7.5 Analisi dei risultati relativi al viadotto Secca Nord in progetto

Il calcolo dello scalzamento al piede è stato eseguito a partire dalla quota di fondo alveo pari a 55.96 m s.m.;

Lo scalzamento al piede considerando la geometria della pila risulta pari a circa 5.50 m.

3.7.6 Dati di input relativi al viadotto Secca Sud in progetto

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche delle pile sono state utilizzate le seguenti dimensioni:

- 1 sola pila a setto con ingombro massimo in pianta: b x l = 1.8 x 16.4 m;

Per le grandezze idrauliche caratterizzanti il deflusso nella sezione d'alveo in corrispondenza del viadotto sono stati assunti i valori risultanti dalla verifica idraulica nello stato di progetto.

Con riferimento alla simulazione succitata sono stati utilizzati i seguenti valori:

- portata di riferimento: 770 m^3/s;
- livello idrico: 59.42 m s.m.;
- altezza d'acqua 3.76 m;
- velocità media della corrente: 2.97 m/s;
- area bagnata della sezione: 259.11 m^2;
- larghezza pelo libero: 77.49 m.

Infine. per quanto riguarda la granulometria del materiale di fondo alveo. si è utilizzato un diametro medio pari a 0.003 m.

3.7.7 Analisi dei risultati relativi al viadotto A7 di valle oggetto di interventi di ampliamento

Il calcolo dello scalzamento al piede è stato eseguito a partire da una quota di fondo alveo pari a 55.66 m s.m.

Lo scalzamento al piede considerando la geometria della pila risulta pari a circa 3.50 m.

3.8 INTERVENTI DI DIFESA DELLE FONDAZIONI

Al fine di proteggere il fondo alveo dai fenomeni erosivi indotti in occasione di eventi di piena gravosi sulle fondazioni dei due viadotti A7 (Secca Nord e Secca Sud) localizzati tra le sezioni di rilievo 4 e 7 si è previsto il rivestimento del fondo in massi di cava sciolti. In particolare, l'intervento si estende a partire da 65.0 m a monte del primo viadotto e termina in corrispondenza della briglia esistente localizzata a valle del secondo viadotto secondo un'estensione di 140.0 m. spessore di 1.00 m e pendenza pari al 1.15%; la dimensione dei massi di cava non dovrà essere inferiore ad 1.0 m.

Di seguito si allegano la metodologia di calcolo impiegata ed i risultati ottenuti della verifica sulla stabilità del materiale di rivestimento di fondo alveo in progetto.

3.8.1 Opere di protezione dall'erosione previste

Al fine di contrastare il potenziale effetto di erosione al piede delle fondazioni che si attesta intorno a valori molto elevati, si prevede di eseguire un rivestimento nell'intorno delle fondazioni del viadotto con massi di scogliera sciolti di grande diametro. In particolare, le verifiche idrauliche sono state eseguite in relazione alla metodologia riportata nel paragrafo 2.5.

I parametri idraulici necessari alla verifica di stabilità del materiale di rivestimento sono stati ricavati dalla simulazione per tempo di ritorno 200 anni nel tratto a cavallo dei viadotti:

- Pendenza motrice: i [m/m] = 0.0115.
- Altezza d'acqua: Y [m] = 3.80.

Le caratteristiche dei materiali sono invece state assunte come segue:

- Peso spec. acqua: [kg/m^3] = 1000.
- Peso spec. solido: $_s$ [kg/m^3] = 2500.

- Angolo di riposo dei massi in acqua: 3[°] = 50.0.
- Diametro di progetto: d [m] = 1.00.

Il diametro di progetto rappresenta la dimensione teorica dei massi di cava utilizzati per il rivestimento, supponendo una sostanziale uniformità di dimensioni; per tale ragione non è stato utilizzato il fattore correttivo ϑ_h di Egiazaroff. Tutti gli altri coefficienti correttivi presentati in precedenza sono invece stati applicati (si veda il paragrafo 2.5.1).

La verifica è stata condotta per tutti i valori di Φ, calcolando poi cautelativamente il fattore di sicurezza relativamente all'espressione proposta da Zeller, rappresentativa per una condizione di materiale omogeneo. Viene trascurato, cautelativamente, l'effetto positivo di mutuo incastro e di compattazione dei massi. La Tabella 3.4 presenta i risultati della verifica.

	Formule utilizzate		Fondo
Tensione tangenziale critica	*Shields*	τ_{cr} *[N/m²]=*	1197.6
	MPM	τ_{cr} *[N/m²]=*	938.1
	Kalinske	τ_{cr} *[N/m²]=*	2315.3
Tensione tangenziale fondo alveo:		τ_0 *[N/m²]=*	437
Fattore di sicurezza:		FS [-]=	**2.15**

Tabella 3.4 - Verifica di stabilità del materiale di fondo

Un diametro di progetto pari a d = 1.00 m consente quindi di ottenere un fattore di sicurezza sempre superiore a 2.1 rispetto alla condizione più sfavorevole (formulazione MPM). Tale valore di dimensione del rivestimento è comunque da ritenersi un diametro minimo, al fine di garantire la completa stabilità del fondo.

Volendo esprimere la dimensione dei massi in termini di peso, si può considerare come, in generale, il volume di elementi di forma abbastanza regolare sia compreso tra quello di un cubo di lato pari a d e quello di una sfera di diametro d. Il rapporto tra questi due volumi è pari a circa 0.52; si può assumere il volume del masso pari a 0.8 volte quello del cubo. Si ottiene pertanto:

$$V_{min} = 0{,}80\ (d_{min})^3$$

Considerando il peso specifico del materiale lapideo come indicato in precedenza, si ottiene un **peso di circa 2000 kg**; pertanto, i massi da utilizzare per la realizzazione del rivestimento dovranno pertanto avere tale peso per garantire la stabilità della soluzione adottata.

4 INTERFERENZA RIO ORPEA – BOLZANETO

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LL1E-PD-CN-W25-TS020-IDR00-D-IDR-6001

4.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero del rio Orpea interferente con le rampe Polcevera e San Rocco (vedi Figura 4.1), ha una superficie S = 0.325 km^2, appartenendo pertanto al reticolo di secondo livello.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene la portata di piena di riferimento con tempo di ritorno 200 anni:

QTR200 = **13.0** m^3/s.

Figura 4.1- Bacino imbrifero del rio Orpea interferente con le rampe Polcevera e San Rocco

4.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO ORPEA

4.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico nello stato attuale

La geometria del rio Orpea è stata descritta sulla base del rilievo topografico eseguito nell'anno 2017.

Esso è composto da 12 sezioni trasversali di rilievo che descrivono geometricamente il corso d'acqua per un'estensione complessiva di 109.3 m.

Il tratto di monte, tra le sezioni 1 e 6 è caratterizzato da un'elevata pendenza di fondo alveo compresa tra valori variabili da 4.2 a 6.1 %. Dalla sezione 6 fino alla 8 la pendenza si attesta intorno al 2.0 %; successivamente è presente un salto di fondo di altezza 3.5 m che disconnette genera una disconnessione nel profilo idraulico del rio.

Il tratto d'asta compreso tra le sez. 2 e 8 presenta in destra opere di sponda (muri arginali) che in corrispondenza della sezione 7 si rivelano inadeguate a contenere la piena di riferimento; infatti, essi vengono sormontati dai livelli idrici inducendo allagamenti di tutta la porzione di piano campagna in destra, ove attualmente sono presenti baracche.

Di seguito (Tabella 4.1) si riporta il profilo longitudinale del modello dell'Orpea in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quote di fondo (thalweg) e sponda; in Figura 4.2 si riporta la localizzazione planimetrica delle sezioni (rosso), l'asse del corso d'acqua (tratteggiato) e l'impronta del futuro attraversamento delle rampe Polcevera e San Rocco.

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda sx	Quota sommità sponda dx	Quota fondo alve
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)
	-1	0.00			64.27
	-2	10.51	65.04	65.50	63.79
	-3	20.01	64.71	65.51	63.45
	-4	30.01	64.58	65.11	62.84
	-5	40.01	64.55	64.47	62.17
	-6	49.06	63.11	62.97	61.72
monte futuro attraversamen	-6.1	50.08	62.85	62.95	61.69
valle futuro attraversamen	-6.7	92.27	62.02	61.94	60.85
	-7	93.24	62.38	61.91	60.69
	-8	101.14	62.16	62.21	60.56
	-9	101.24	62.14	62.20	57.10
	-10	109.27	60.68	62.39	57.10

Tabella 4.1 - Profilo longitudinale del corso d'acqua nelle condizioni di stato attuale

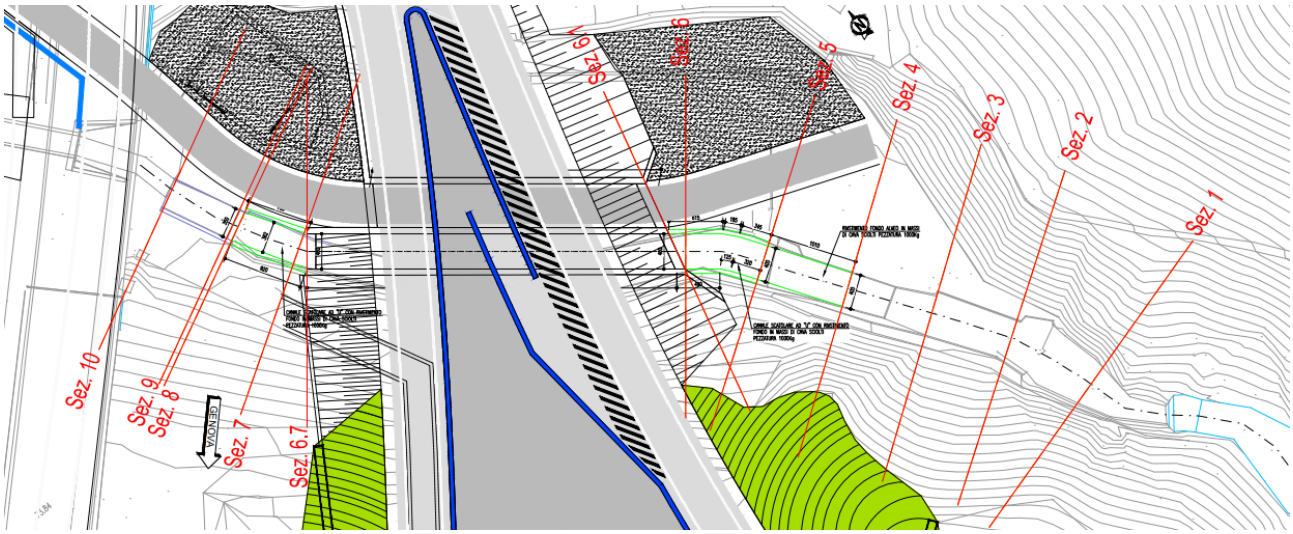


Figura 4.2 - Planimetria del corso d'acqua simulato con rappresentazione delle sezioni trasversali di rilievo, della futura sezione di attraversamento delle rampe Polcevera e San Rocco e dell'asse del corso d'acqua

4.2.2 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico nello stato di progetto

La sistemazione prevista è funzionale alla stabilizzazione dell'alveo inciso a cavallo dell'attraversamento delle rampe Polcevera e San Rocco in progetto; in particolare la sezione d'alveo viene sistemata a monte dell'attraversamento (sezioni 5, 6 secondo una sezione a geometria rettangolare di larghezza pari a 4.00 m e altezza di 2.5 m. La sezione è composta da muri di sponda in cls e rivestimento del fondo in massi sciolti.

L'attraversamento idraulico viene localizzato nel tratto che si estende dalla sezione 6.1 alla sezione 6.7 e viene realizzato in affiancamento alla VS025; più precisamente viene realizzato un manufatto scatolare utile anche al passaggio delle VS025, in cui continua il canale idraulico con larghezza 4.00m ed un'altezza della sponda pari a 3.50 m, mentre a lato della sponda viene realizzata la VS025.

La realizzazione del manufatto unico consente una miglior gestione ai fini manutentivi del canale.

A valle dell'attraversamento diminuisce progressivamente la dimensione della sezione della sistemazione, mantenendo in linea generale la stessa forma geometrica, al fine di riconnettersi con la sezione esistente in corrispondenza della sezione 8.

Di seguito (Tabella 4.2) si riporta il profilo longitudinale del corso d'acqua nello stato di progetto.

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda sx	Quota sommità sponda dx	Quota fondo alve
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)
	-1	0			64.27
	-2	10.51	65.04	65.50	63.79
	-3	20.01	64.71	65.51	63.45
	-4	30.01	64.58	65.11	62.76
	-5	40.11	64.76	64.76	62.26
	-6	49.08	64.30	64.30	61.80
monte attraversamen	-6.1	50.08	68.75	65.25	61.75
valle attraversamen	-6.7	92.24	67.75	64.25	60.75

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda sx	Quota sommità sponda dx	Quota fondo alve
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)
	-7	93.24	62.73	62.73	60.73
	-8	100.60	62.56	62.56	60.56
	-9	101.25	62.14	62.20	57.10
	-10	109.28	60.68	62.39	56.60

Tabella 4.2 - Profilo longitudinale del rio Orpea nello stato di progetto

Il tratto di profilo schematizzato geometricamente nel modello di simulazione, rappresenta il corso d'acqua sistemato così come riportato nell'elaborato di progetto.

4.2.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello sono le seguenti:

- portata di piena del rio Orpea per TR200 di valore al colmo costante pari a 13.0 m^3/s inserita nella sezione di monte del modello (sez.1 a progressiva 0);
- altezza critica nella sezione 10 di valle del modello a progressiva 109.3 m.

4.2.4 Coefficienti di scabrezza distribuita

Per il tratto sistemato sul fondo alveo tramite rivestimento in massi di cava sciolti, si è adottata una scabrezza di Strickler di valore pari a 30 $m^{1/3}/s$ (0.033 $s/m^{1/3}$ secondo l'espressione di Manning). Per i tratti di scatolare e per i muri in c.a. si è assunta una scabrezza di Strickler di valore pari a 45 $m^{1/3}/s$ (0.022 $s/m^{1/3}$ secondo l'espressione di Manning). Tali valori sono in accordo con il Regolamento Regionale N.3

4.2.5 Verifica della situazione attuale

La portata di riferimento a tempo di ritorno 200 anni transita nel tratto di monte compreso tra le sezioni 1 e 6 completamente contenuta in alveo; tra le sezioni 6 e 7 si registra un elevato rischio di esondazione in destra (franco nullo) per effetto dell'inadeguatezza idraulica in quota dei muri arginali esistenti.

Di seguito (Tabella 4.3 e Figura 3.2) si riportano tabularmente e graficamente i risultati della simulazione rappresentando il profilo idrometrico del rio Orpea nello stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda sx	Quota sommità sponda dx	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)
	-1	0.00			13	64.27	65.20	65.20	65.61	0.015	2.86	4.55	5.54	1.01
	-2	10.51	65.04	65.50	13	63.79	64.64	64.84	65.36	0.032	3.75	3.46	4.98	1.44
	-3	20.01	64.71	65.51	13	63.45	64.40	64.56	65.05	0.030	3.56	3.65	5.23	1.36
	-4	30.01	64.58	65.11	13	62.84	63.56	63.88	64.61	0.053	4.54	2.87	4.34	1.78
	-5	40.01	64.55	64.47	13	62.17	62.90	63.23	64.01	0.067	4.67	2.78	5.07	2.01
	-6	49.06	63.11	62.97	13	61.72	62.43	62.74	63.46	0.052	4.49	2.90	4.32	1.75
monte futuro attraversamento	-6.1	50.08	62.85	62.95	13	61.69	62.39	62.70	63.40	0.051	4.45	2.92	4.36	1.74
valle futuro attraversamento	-6.7	92.27	62.02	61.94	13	60.85	62.23	61.94	62.27	0.001	1.00	15.65	22.17	0.28
	-7	93.24	62.38	61.91	13	60.69	62.23	61.91	62.27	0.001	0.99	16.10	22.24	0.27
	-8	101.14	62.16	62.21	13	60.56	61.69	61.69	62.19	0.019	3.16	4.11	4.04	1.00
	-9	101.24	62.14	62.20	13	57.10	57.49	58.20	61.81	0.415	9.20	1.41	3.58	4.68
	-10	109.27	60.68	62.39	13	57.10	57.75	58.26	59.56	0.105	5.96	2.18	3.35	2.36

Tabella 4.3 - Profilo idrometrico per tempo di ritorno 200 anni del rio Orpea nello stato attuale

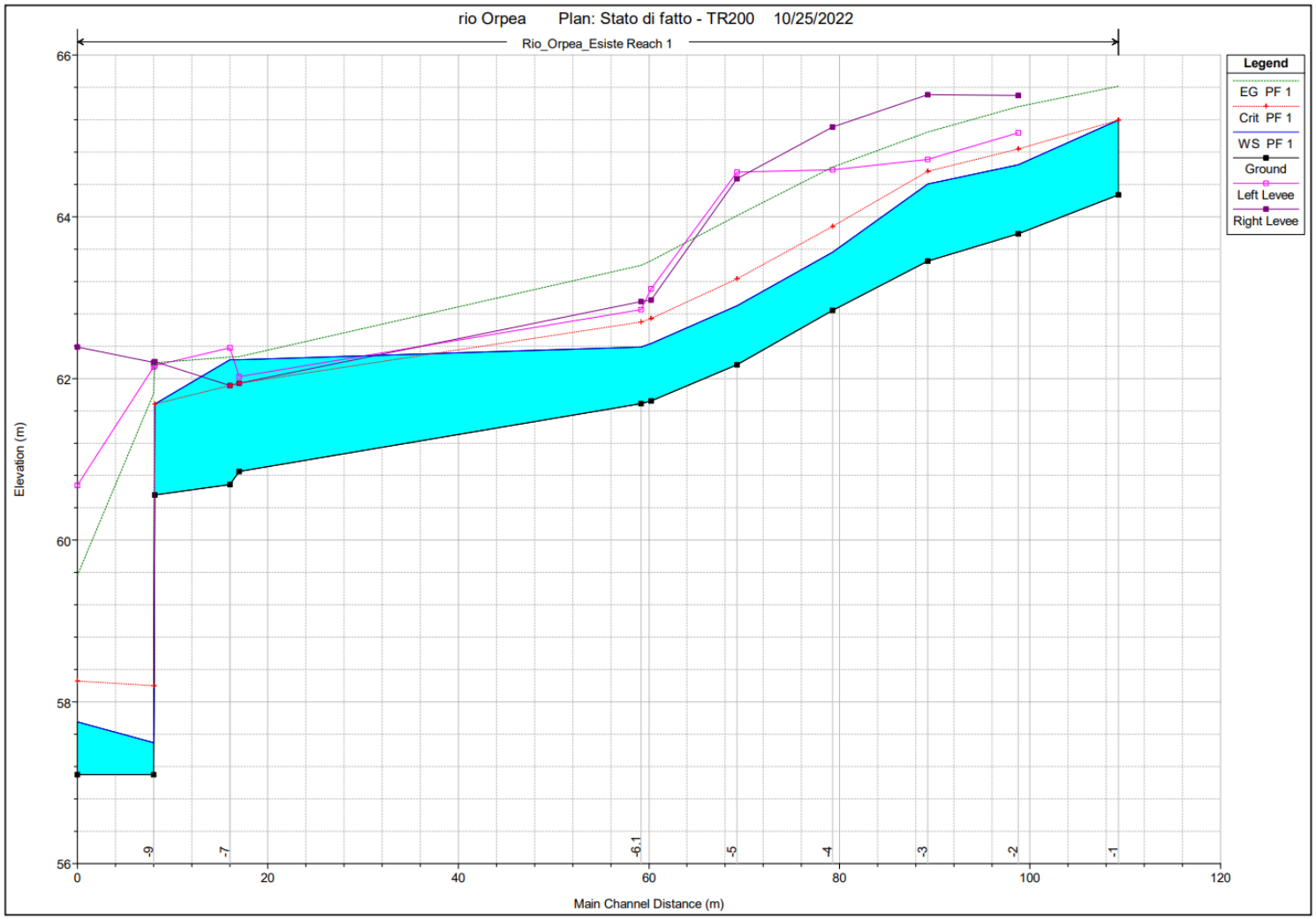


Figura 4.3 - Profilo idrometrico per tempo di ritorno 200 anni del rio Orpea nello stato attuale

4.2.6 Verifica della situazione di progetto

La simulazione di progetto schematizza idrodinamicamente quanto previsto nella sistemazione, che prevede una lieve rettifica dell'asse in corrispondenza dell'attraversamento in progetto ed una stabilizzazione in termini morfologici della sezione incisa.

La simulazione di progetto ha mostrato che rispetto allo stato attuale non vi sono innalzamenti di livello significativi e tali da aggravare le condizioni di rischio idraulico. L'attraversamento idraulico è previsto mediante un canale di dimensioni BxH=4.00x3.50 m, realizzato all'interno di uno scatolare che consente anche il passaggio sotto l'autostrada della VS025; tale attraversamento possiede un franco idraulico di sicurezza variabile da 2.77 m (monte) a 2.19 m (valle) che risulta congruente con quanto previsto dal Regolamento N.3. Anche la condizione rispetto al carico cinetico viene rispettata. L'attraversamento è quindi da considerarsi adeguato idraulicamente. Nella sistemazione idraulica eseguita per i tratti all'aperto non viene sostanzialmente incrementato il franco idraulico rispetto alla situazione attuale in quanto l'opera deve collegarsi, a valle e a monte, con l'attuale sistemazione del rio.

La sistemazione idraulica del canale consente di eliminare il rischio di esondazione in destra tra le sezioni 6 e 7.

Si riporta nel seguito lo stralcio planimetrico dell'opera con l'ubicazione delle sezioni principali.

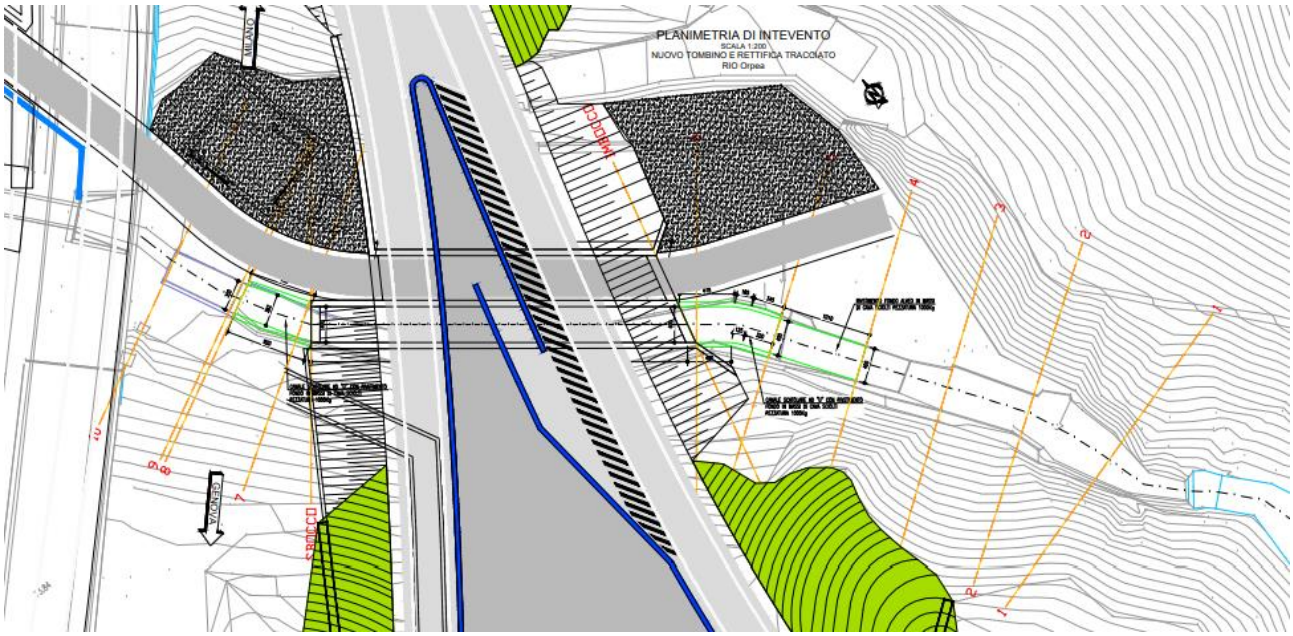


Figura 4.4 - Planimetria rio Orpea con ubicazione sezioni di progetto

4.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA

Per l'opera è prevista un'ispezione periodica con frequenza semestrale e comunque dopo ogni evento di piena.

L'accessibilità per la manutenzione del di intervento viene garantita attraverso la viabilità di servizio.

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda sx	Quota sommità sponda dx	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Rigurgito indotto	Franco di sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m³/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(-)	(m)	(m)
	-1	0.00			13	64.27	65.25	65.25	65.67	0.017	2.85	4.56	5.58	1.01	0.05	
	-2	10.51	65.04	65.50	13	63.79	64.63	64.84	65.38	0.034	3.85	3.38	4.98	1.49	-0.01	
	-3	20.01	64.71	65.51	13	63.45	64.40	64.56	65.04	0.030	3.54	3.67	5.23	1.35	0.00	
	-4	30.01	64.58	65.11	13	62.76	63.44	63.79	64.58	0.060	4.74	2.74	4.13	1.86	-0.12	
	-5	40.11	64.76	64.76	13	62.26	62.99	63.28	63.99	0.049	4.42	2.94	4.00	1.65	0.09	
	-6	49.08	64.30	64.30	13	61.80	62.53	62.83	63.54	0.050	4.47	2.91	4.00	1.67	0.10	
monte attraversamento	-6.1	50.08	68.75	65.25	13	61.75	62.48	62.77	63.49	0.050	4.46	2.91	4.00	1.67	0.09	2.77
valle attraversamento	-6.7	92.24	67.75	64.25	13	60.75	62.06	61.77	62.37	0.009	2.48	5.24	4.00	0.69	-0.17	2.19
	-7	93.24	62.73	62.73	13	60.73	62.06	61.75	62.36	0.009	2.45	5.32	4.01	0.68	-0.17	
	-8	100.60	62.56	62.56	13	60.56	61.68	61.68	62.24	0.020	3.32	3.92	3.50	1.00	-0.01	
	-9	101.25	62.14	62.20	13	57.10	57.49	58.21	61.83	0.418	9.22	1.41	3.58	4.70	0.00	
	-10	109.28	60.68	62.39	13	56.60	57.20	57.76	59.39	0.140	6.55	1.98	3.33	2.71	-0.55	

Tabella 4.4 - Profilo idrodinamico per tempo di ritorno 200 anni del rio Orpea nello stato di progetto

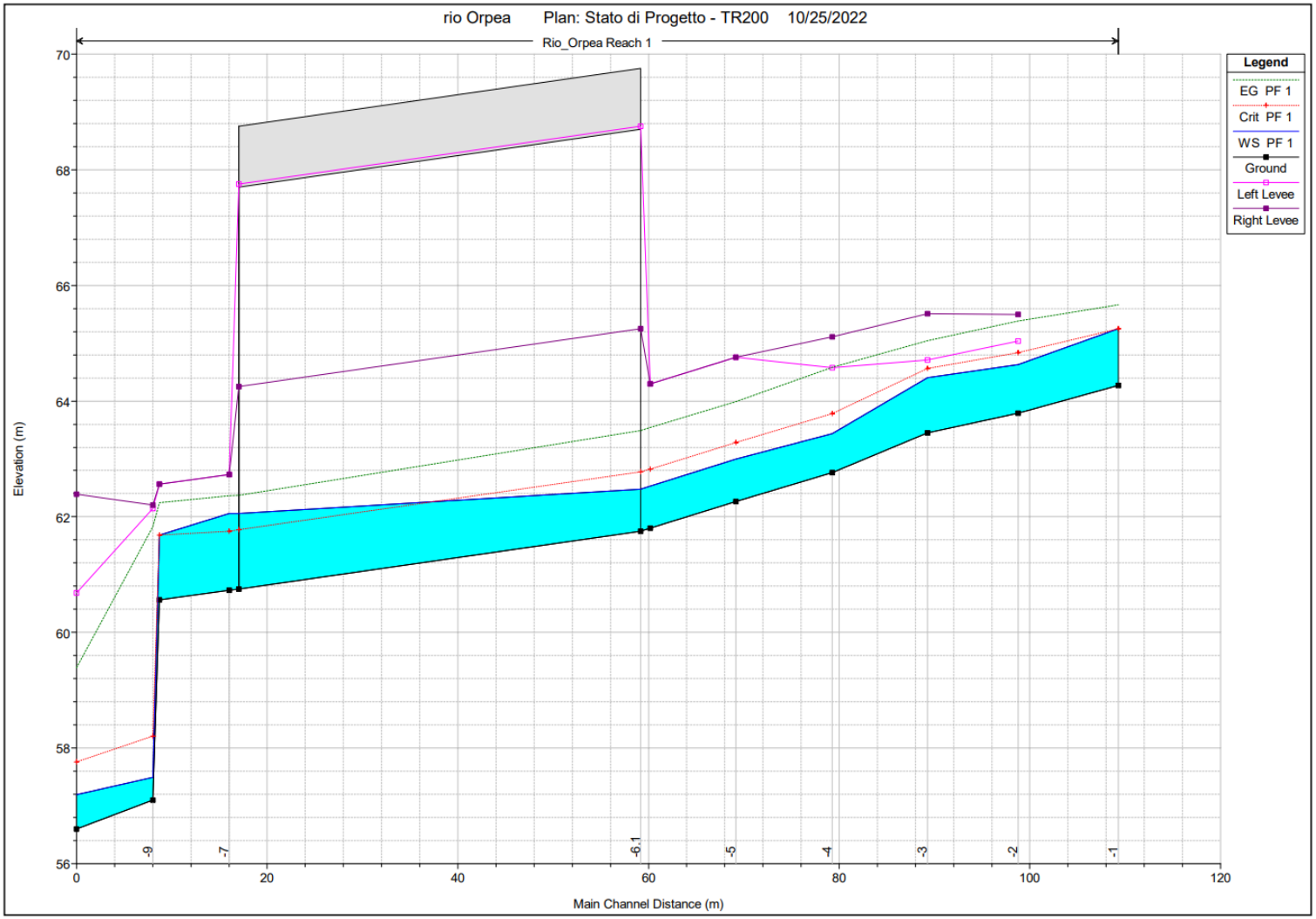


Figura 4.5 - Profilo idrodinamico per tempo di ritorno 200 anni del rio Orpea nello stato di progetto

4.4 VERIFICA AL TRASCINAMENTO DEI MASSI DI RIVESTIMENTO

Per i tratti iniziale e finale della sistemazione è previsto in rivestimento del fondo alveo in massi sciolti.

In particolare, le verifiche idrauliche sono state eseguite in relazione alla metodologia riportata nel paragrafo 2.5.

I parametri idraulici necessari alla verifica di stabilità del materiale di rivestimento sono stati ricavati dalla simulazione per tempo di ritorno 200 anni nel tratto a valle del tombino:

- Pendenza motrice: i [m/m] = 0.021.
- Altezza d'acqua: Y [m] = 1.33.

Le caratteristiche dei materiali sono invece state assunte come segue:

- Peso spec. acqua: [kg/m^3] = 1000.
- Peso spec. solido: $_s$ [kg/m^3] = 2500.
- Angolo di riposo dei massi in acqua: 3[°] = 50.0.
- Diametro di progetto: d [m] = 0.50.

Il diametro di progetto rappresenta la dimensione teorica dei massi di cava utilizzati per il rivestimento, supponendo una sostanziale uniformità di dimensioni; per tale ragione non è stato utilizzato il fattore correttivo $_{ih}$ di Egiazaroff. Tutti gli altri coefficienti correttivi presentati in precedenza sono invece stati applicati (si veda il paragrafo 2.5.1).

La verifica è stata condotta per tutti i valori di -, calcolando poi cautelativamente il fattore di sicurezza U H O D W L Y D P H Q W H D O O ¶ H V S U H V V L R Q H S U R S R V W D G D = H O O H U U D S S U H V 9 L H Q H W U D V F X U D W R F D X W H O D W L Y D P H Q W H O ¶ H I I H W W R d i m a s s i L a W L Y R G L Tabella 3.4 presenta i risultati della verifica.

Tensione tangenziale critica	Formule utilizzate		Fondo
	Shields	τ_{cr} [N/m^2]=	623.5
	MPM	τ_{cr} [N/m^2]=	488.4
	Kalinske	τ_{cr} [N/m^2]=	1205.5
Tensione tangenziale fondo alveo		τ_0 [N/m^2]=	279.3
Fattore di sicurezza:		FS [-]=	1.75

Tabella 4.5 - Verifica di stabilità del materiale di fondo

Un diametro di progetto pari a d = 0.50 m consente quindi di ottenere un fattore di sicurezza sempre superiore a 1.75 rispetto alla condizione più sfavorevole (formulazione MPM). Tale valore di dimensione del rivestimento è comunque da ritenersi un diametro minimo, al fine di garantire la completa stabilità del fondo.

Volendo esprimere la dimensione dei massi in termini di peso, si può considerare come, in generale, il volume di elementi di forma abbastanza regolare sia compreso tra quello di un cubo di lato pari a d e quello di una sfera di diametro d. Il rapporto tra questi due volumi è pari a circa 0.52; si può assumere il volume del masso pari a 0.8 volte quello del cubo. Si ottiene pertanto:

$$V_{min} = 0{,}80\ (d_{min})^3$$

Considerando il peso specifico del materiale lapideo come indicato in precedenza, si ottiene un peso di circa 250 kg; pertanto, i massi da utilizzare per la realizzazione del rivestimento dovranno pertanto avere tale peso per garantire la stabilità della soluzione adottata.

I parametri fisiografici del bacino in esame sono quelli indicati nel prospetto seguente e in particolare: la VXSHUILFLH GHO EDFLQR 6 OD OXQJKH]]D / H OD SHQGHQ]D L GH minima (Hmin) e media (Hmed) del bacino; la pendenza dei versanti (y).

S (km²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (ms.m.)	L (km)	i (%)	y (%)
0.056	198.8	130	58	0.330	30.0	55

Nel prospetto seguente sono invece indicati i valori del tempo di corrivazione calcolati con le varie formule considerate, avendo adottato inoltre per il parametro CN un valore pari a 75.

GIANDOTTI	S.C.S.	VENTURA	PEZZOLI	PASINI
0.21	0.09	0.05	0.03	0.05

Assumendo un valore medio di calcolo del tempo di corrivazione pari a 0.25 ore, applicando la formula razionale si ottiene un valore al colmo per la piena cinquantennale pari Q_{TR50} = 2.0 m³/s.

5.2 1/,6, ,'5$8/,&$ '(//¶23(5$ 96

5.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico

La simulazione idraulica dello stato di progetto schematizza gli interventi di sistemazione previsti sul rio che sono costituiti da:

- un manufatto di imbocco al tombino scatolare con annessa briglia selettiva a monte; il manufatto di imbocco è a cielo aperto ed è costituito da una sezione rettangolare di larghezza pari a 2.0 m di altezza variabile che compie 2 salti di fondo (il primo di altezza pari a 1.25 m e il secondo di 2.80 m);
- un tratto di tombino scatolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m di estensione pari a 12.50 m e pendenza SDUL DOO¶
- un tratto di canale aperto di sezione rettangolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m di lunghezza pari a 23.40 P H SHQGHQ]D GHOO¶ LO FDQDOH VDOWL GL IRQGR DOWH]]D FRPSUHVD tra 0.50 e 1.30 m;
- un tratto di tombino scatolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m, di lunghezza pari a 31.10 m e pendenza GL IRQGR S, LO WRPELQR OXQJR SHU LO VXR SHUFRUVR compie 9 salti di fondo, di altezza pari a 0.50 m;
- la sistemazione termina con un tratto di canale aperto di sezione rettangolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m di lunghezza pari a 9.50 P H SHQGHQ]D GHOO¶ LO FDQDOH QHO 2 salti di fondo, il primo di altezza 1.0 m e il secondo di altezza 0.5 m.

Il modello idraulico è composto da 49 sezioni trasversali (costituite dalle sezioni tipo di sistemazione indicate VXO SURILOR ORQJLWXGLQDOH GL SURJHWWR FKH GHVFULYRQR JHRP SHU XQ¶HVWHQVLRQH 8.7 km.

Di seguito (Tabella 5.1) si riporta il profilo longitudinale del corso d'acqua nello stato di progetto.

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
inizio scatolare mor	1	9.97	66.58	64.58
fine scatolare valle	2	21.95	66.46	64.46
Inizio canale apert Monte salto	3	22.95	66.47	64.45
valle salto	4	22.96	66.47	63.45
canale aperto	5	25.55	65.97	63.43
monte salto	6	25.95	65.90	63.43
valle salto	7	25.96	65.90	62.93
canale aperto	8	28.55	65.40	62.90
monte salto	9	28.95	65.32	62.90
valle salto	10	28.96	65.32	62.40
canale aperto	11	31.55	64.83	62.37
monte salto	12	31.95	64.75	62.37
valle salto	13	31.96	64.75	61.37
canale aperto	14	34.07	64.35	61.35
monte salto	15	34.47	64.35	61.35
valle salto	16	34.48	64.35	60.84
canale aperto	17	38.77	63.33	60.80
monte salto	18	39.17	63.24	60.80
valle salto	19	39.18	63.24	60.28
canale aperto	20	41.77	62.69	60.28
monte salto	21	42.17	62.63	60.28
valle salto	22	42.18	62.62	59.79
Fine canale apert Inizio Tombino a sa	23	44.73	62.30	59.76
monte salto	24	48.93	61.72	59.72
valle salto	25	48.94	61.72	59.23
monte salto	26	51.93	61.20	59.20
valle salto	27	51.94	61.20	58.70
monte salto	28	54.93	60.66	58.66
valle salto	29	54.94	60.16	58.16
monte salto	30	57.93	60.13	58.13
valle salto	31	57.94	60.13	57.63
monte salto	32	60.93	59.59	57.59
valle salto	33	60.94	59.59	57.09
monte salto	34	63.93	59.07	57.07
valle salto	35	63.94	59.07	56.58
monte salto	36	66.93	58.54	56.54
valle salto	37	66.94	58.53	56.04

Note	Sezione	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
monte salto	38	69.93	58.01	56.01
valle salto	39	69.94	58.01	55.48
monte salto	40	72.93	57.48	55.48
valle salto	41	72.94	56.98	54.98
fine tombino a sal inizio canale apert	42	76.33	56.95	54.95
monte salto	43	79.43	56.92	54.92
valle salto	44	79.44	56.92	53.92
monte salto	45	82.43	55.89	53.89
valle salto	46	82.44	55.89	53.39
finecanale progett	47	85.83	55.35	53.35
canale esistente	48	88.10	54.83	52.83
canale esistente	49	89.75	54.08	52.11

Tabella 5.1 - Profilo longitudinale del rio nello stato di progetto

Il tratto di profilo schematizzato geometricamente nel modello di simulazione, rappresenta il corso d'acqua sistemato così come riportato nell'elaborato di progetto.

Si precisa che cautelativamente si è fatto riferimento ad una condizione in cui i salti siano già riempiti di materiale che verrà trasportato da monte verso valle facendo simulando quindi una condizione di esercizio a regime.

5.2.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello sono le seguenti:

- portata di piena del rio per TR200 di valore al colmo costante pari a 2.3 m^3/s inserita nella sezione di monte del modello (sez.1 a progressiva 9.97);
- condizioni critiche imposte nella sezione 1
- scala di moto uniforme imposta alla sezione di valle (sez. 49).

5.2.3 Coefficienti di scabrezza distribuita

Per i tratti di canale in c.a. a fondo piatto ed il tombino scatolare in cls, in accordo con il Regolamento Regionale, si è assunta una scabrezza media di Strickler di valore pari a 45 $m^{1/3}\ s^{-1}$ (0.022 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

5.2.4 Verifica della situazione di progetto

Dalla simulazione eseguita si può evincere che l'intero tratto in progetto ha un franco di sicurezza mai inferiore a 1.46 m.

La sezione di tombinatura prevista rispetta le prescrizioni del Regolamento Regionale che prevede una dimensione areale non inferiore a 3.0 m^2.

Le opere in progetto sono adeguate idraulicamente in quanto il franco di sicurezza è sempre superiore a 0.5 m per i 2 tratti di tombino scatolare ed a 0.3 m per il tratto canalizzato a cielo aperto.

Si riporta nel seguito lo stralcio planimetrico dell'opera con l'ubicazione delle sezioni principali

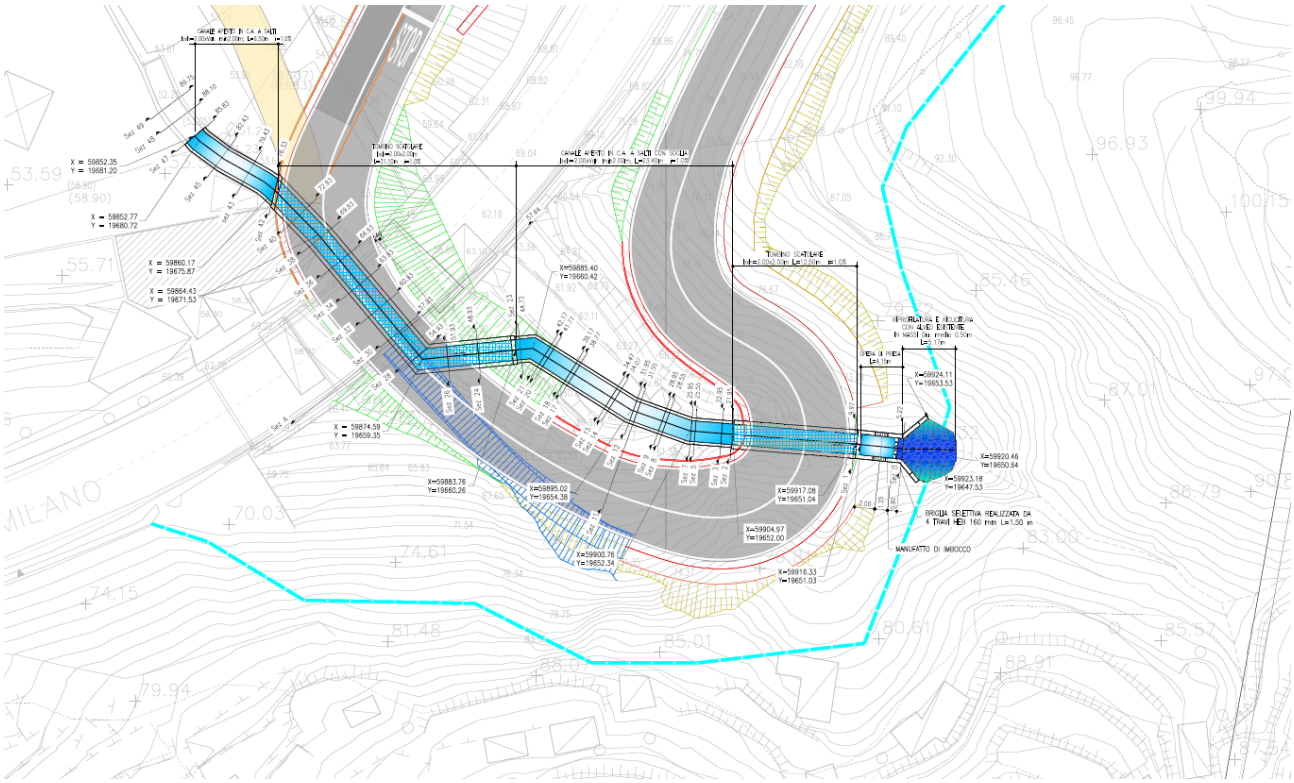


Figura 5.2 - Planimetria rio interferente con la VS008 con ubicazione sezioni di progetto

Di seguito (Tabella 5.2 e Figura 5.3) si riportano i risultati della simulazione duecentennale rispettivamente in forma tabulare e grafica che illustrano il profilo idrometrico del corso d'acqua.

5.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA

Per l'opera è prevista un'ispezione periodica con frequenza semestrale e comunque dopo ogni evento di piena.

Il trasporto solido, ed in particolare la parte di materiale più grossolano, viene intercettato dalla briglia selettiva prevista in corrispondenza dell'opera di imbocco che dunque limita il trasporto a valle nel tratto tombato.

L'accessibilità per la manutenzione del tratto di monte a cielo aperto viene garantita attraverso la viabilità di servizio.

L'eventuale materiale che può depositarsi nel tratto tombato sarà prevalentemente di granulometria medio-fine e dunque potrà essere rimosso tramite autospurgo; per eseguire tale attività gli operatori specializzati accederanno ai vari salti dotandosi di scale di opportuna altezza.

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradoss manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco idraulico
(-)	(-)	(m)		(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
inizio scatolare mo	1	9.97	66.58	2.3	64.58	65.10	0.51	65.35	0.00996	2.22	1.04	2.59	0.98	1.48
fine scatolare vall	2	21.95	66.46	2.3	64.46	65.00	0.51	65.23	0.00896	2.14	1.08	2.44	0.93	1.46
Inizio canale aper Monte salto	3	22.95	66.47	2.3	64.45	64.96	0.51	65.22	0.01036	2.25	1.02	2.00	1.01	1.51
valle salto	4	22.96	66.47	2.3	63.45	63.67	0.51	64.22	0.13559	5.30	0.43	2.00	3.64	2.80
canale aperto	5	25.55	65.97	2.3	63.43	63.69	0.51	64.2	0.08093	4.48	0.51	2.00	2.83	2.28
monte salto	6	25.95	65.90	2.3	63.43	63.69	0.51	64.2	0.07450	4.36	0.53	2.00	2.72	2.21
valle salto	7	25.96	65.90	2.3	62.93	63.14	0.51	63.7	0.14093	5.37	0.43	2.00	3.71	2.76
canale aperto	8	28.55	65.40	2.3	62.90	63.15	0.51	63.67	0.08519	4.56	0.5	2.00	2.9	2.25
monte salto	9	28.95	65.32	2.3	62.90	63.16	0.51	63.67	0.07838	4.44	0.52	2.00	2.79	2.16
valle salto	10	28.96	65.32	2.3	62.40	62.61	0.51	63.17	0.14553	5.42	0.42	2.00	3.76	2.71
canale aperto	11	31.55	64.83	2.3	62.37	62.62	0.51	63.14	0.08754	4.60	0.5	2.00	2.94	2.21
monte salto	12	31.95	64.75	2.3	62.37	62.63	0.51	63.14	0.08051	4.48	0.51	2.00	2.82	2.12
valle salto	13	31.96	64.75	2.3	61.37	61.55	0.51	62.14	0.22697	6.26	0.37	2.00	4.66	3.20
canale aperto	14	34.07	64.35	2.3	61.35	61.57	0.51	62.12	0.13859	5.34	0.43	2.00	3.68	2.78
monte salto	15	34.47	64.35	2.3	61.35	61.57	0.51	62.12	0.12644	5.18	0.44	2.00	3.52	2.78
valle salto	16	34.48	64.35	2.3	60.84	61.03	0.51	61.61	0.20322	6.04	0.38	2.00	4.42	3.32
canale aperto	17	38.77	63.33	2.3	60.80	61.05	0.51	61.57	0.08496	4.56	0.5	2.00	2.9	2.28
monte salto	18	39.17	63.24	2.3	60.80	61.06	0.51	61.57	0.07817	4.43	0.52	2.00	2.78	2.18
valle salto	19	39.18	63.24	2.3	60.28	60.49	0.51	61.05	0.14818	5.46	0.42	2.00	3.8	2.75
canale aperto	20	41.77	62.69	2.3	60.28	60.53	0.51	61.05	0.08439	4.55	0.51	2.00	2.89	2.16
monte salto	21	42.17	62.63	2.3	60.28	60.54	0.51	61.05	0.07765	4.42	0.52	2.00	2.77	2.09
valle salto	22	42.18	62.62	2.3	59.79	60.00	0.51	60.56	0.14320	5.40	0.43	2.00	3.74	2.62

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradoss manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco idraulico
(-)	(-)	(m)		(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
Fine canale apert Inizio Tombino a s	23	44.73	62.30	2.3	59.76	60.01	0.51	60.53	0.08701	4.59	0.5	2.00	2.93	2.29
monte salto	24	48.93	61.72	2.3	59.72	60.04	0.51	60.49	0.04373	3.66	0.63	2.00	2.09	1.68
valle salto	25	48.94	61.72	2.3	59.23	59.47	0.51	60	0.10339	4.86	0.47	2.00	3.19	2.25
monte salto	26	51.93	61.20	2.3	59.20	59.48	0.51	59.97	0.06055	4.08	0.56	2.00	2.45	1.72
valle salto	27	51.94	61.20	2.3	58.70	58.92	0.51	59.47	0.12402	5.15	0.45	2.00	3.48	2.28
monte salto	28	54.93	60.66	2.3	58.66	58.93	0.51	59.43	0.07198	4.31	0.53	2.00	2.67	1.73
valle salto	29	54.94	60.66	2.3	58.16	58.38	0.51	58.93	0.13789	5.33	0.43	2.00	3.67	2.28
monte salto	30	57.93	60.13	2.3	58.13	58.39	0.51	58.9	0.07762	4.42	0.52	2.00	2.77	1.74
valle salto	31	57.94	60.13	2.3	57.63	57.84	0.51	58.4	0.14459	5.41	0.42	2.00	3.75	2.29
monte salto	32	60.93	59.59	2.3	57.59	57.85	0.51	58.36	0.08215	4.51	0.51	2.00	2.85	1.74
valle salto	33	60.94	59.59	2.3	57.09	57.30	0.51	57.86	0.15000	5.48	0.42	2.00	3.82	2.29
monte salto	34	63.93	59.07	2.3	57.07	57.33	0.51	57.84	0.08181	4.50	0.51	2.00	2.84	1.74
valle salto	35	63.94	59.07	2.3	56.58	56.79	0.51	57.35	0.14813	5.45	0.42	2.00	3.8	2.28
monte salto	36	66.93	58.54	2.3	56.54	56.79	0.51	57.31	0.08379	4.53	0.51	2.00	2.88	1.75
valle salto	37	66.94	58.53	2.3	56.04	56.25	0.51	56.81	0.15194	5.50	0.42	2.00	3.84	2.28
monte salto	38	69.93	58.01	2.3	56.01	56.26	0.51	56.78	0.08413	4.54	0.51	2.00	2.88	1.75
valle salto	39	69.94	58.01	2.3	55.48	55.69	0.51	56.25	0.15680	5.56	0.41	2.00	3.9	2.32
monte salto	40	72.93	57.48	2.3	55.48	55.74	0.51	56.25	0.08216	4.51	0.51	2.00	2.85	1.74
valle salto	41	72.94	56.98	2.3	54.98	55.19	0.51	55.75	0.14997	5.48	0.42	2.00	3.82	2.29
fine tombino a sal inizio canale apert	42	76.33	56.95	2.3	54.95	55.21	0.51	55.72	0.07726	4.42	0.52	2.00	2.77	1.74
monte salto	43	79.43	56.92	2.3	54.92	55.23	0.51	55.69	0.04627	3.73	0.62	2.00	2.15	1.69

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradoss manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco idraulico
(-)	(-)	(m)		(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
valle salto	44	79.44	56.92	2.3	53.92	54.12	0.51	54.69	0.17964	5.80	0.4	2.00	4.17	2.80
monte salto	45	82.43	55.89	2.3	53.89	54.13	0.51	54.66	0.09686	4.75	0.48	2.00	3.09	1.76
valle salto	46	82.44	55.89	2.3	53.39	53.59	0.51	54.16	0.16693	5.67	0.41	2.00	4.02	2.30
fine canale proget	47	85.83	55.35	2.3	53.35	53.60	0.51	54.12	0.08582	4.57	0.5	2.00	2.92	1.75
canale esistente	48	88.10	54.83	2.3	52.83	53.06	0.52	53.61	0.12183	5.14	0.45	2.00	3.45	1.77
canale esistente	49	89.75	54.08	2.3	52.11	52.31	0.52	52.89	0.18836	5.95	0.39	2.00	4.26	1.77

Tabella 5.2 - Profilo idrodinamico per tempo di ritorno 200 anni nello stato di progetto

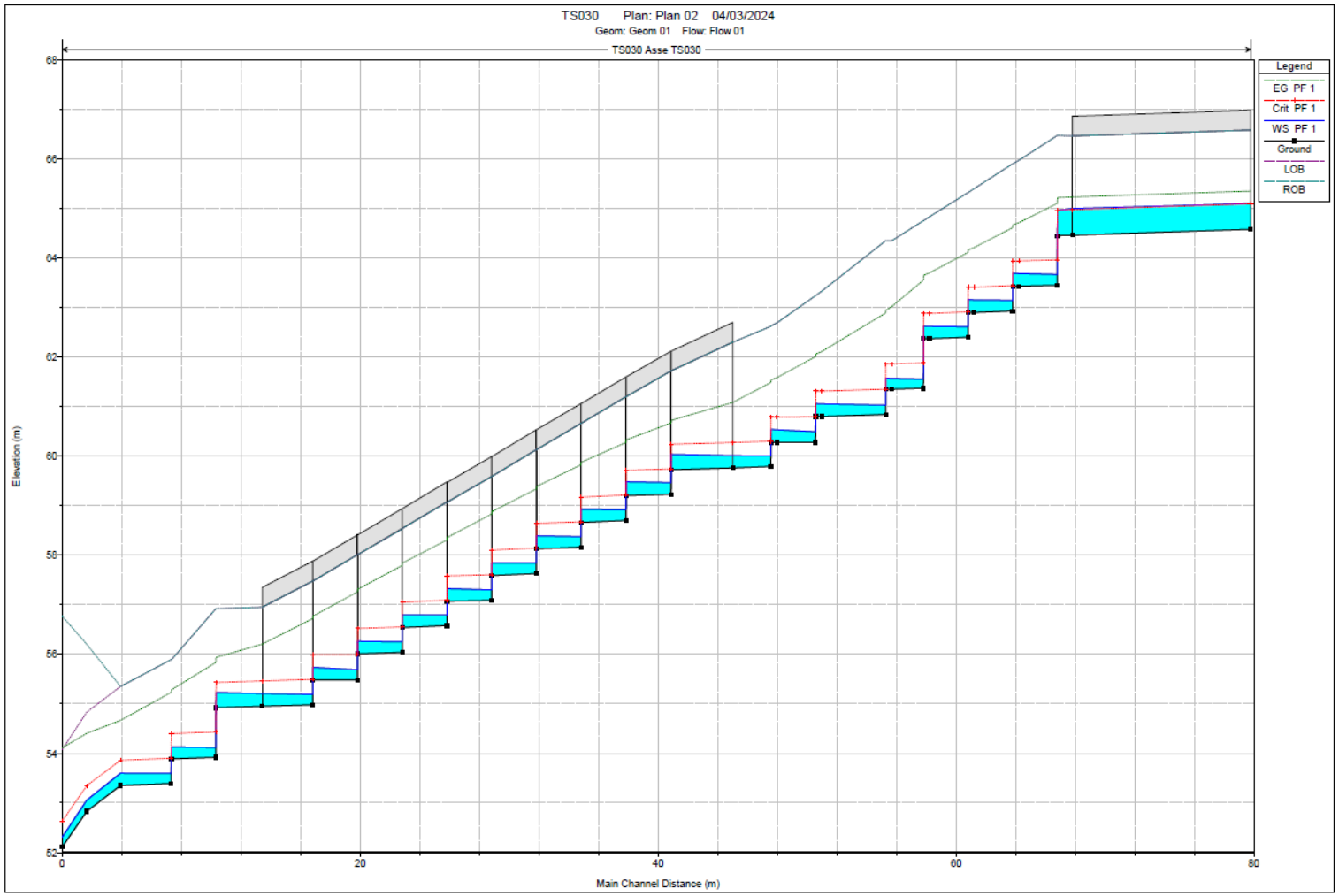


Figura 5.3 - Profilo idrometrico per tempo di ritorno 200 anni nello stato di progetto

5.4 ANALISI IDRAULICA DEVIAZIONE PROVVISIONALE

La realizzazione della VS008 richiede l'intubamento del rio interferente tramite tratti di tubazione in PEAD.

Il tombino previsto nelle fasi provvisionali è un PEAD di diametro 1200 mm (DN1000 interno). Nelle verifiche si è presa in considerazione una pendenza minima di posa della struttura di attraversamento pari al 5%.

La portata di 2.0 m^3/s viene smaltita generando nella sezione del tombino un riempimento del 40%, con un tirante idrico pari a 0.40 m e una velocità di 6.50 m/s.

Essendo il riempimento dell'opera inferiore all'85% l'opera è da considerarsi adeguata.

6 INTERFERENZA VIABILITA' VS008 – BOLZANETO - TC031

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-CN-W08-TC031-IDR00-D-IDR-6005-00

6.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero dell'impluvio minore, non appartenente al reticolo regionale, interferente con la viabilità di servizio VS008 (vedi Figura 6.1) ha una superficie S = 0.009 km^2.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene la portata di piena di progetto:

$$Q_{progetto} = \mathbf{0.35}\ m^3/s.$$

Per garantire la continuità idraulica del piccolo scolo è stato prevista una tubazione di attraversamento della VS008 costituita da un DN800 in cav avente pendenza 3% e lunghezza 21m.

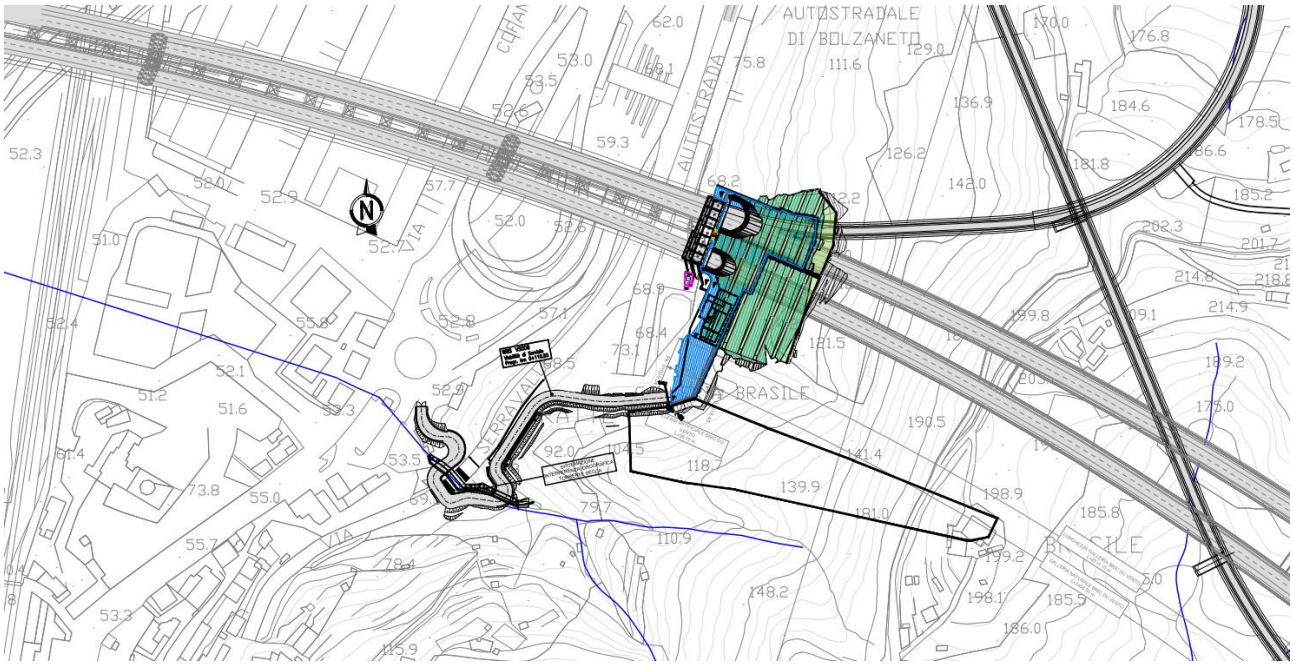


Figura 6.1 - %DFLQR LPEULIHUR GHOO¶LPSOXYLR PLQRUH LQWHUIHUHQWH FR

6.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA TC031

Si riportano nel seguito i parametri di calcolo e i risultati della verifica idraulica condotta.

x dimensioni	D=0.8 m
x pendenza min.	0.03 m/m
x materiale	CAV
x scabrezza	45 m$^{1/3}$ s^{-1}
x portata progetto	0.35 m^3/s
x altezza moto uniforme	0.27 m
x franco sicurezza	0.53 m
x riempimento	34 %

7 ANALISI INTERFERENZA TOMBINO ESISTENTE TC012

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-S3-C19-TC012-IDR00-D-IDR-5002-00

7.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero del rio interferente con la viabilità in progetto (Figura 7.1) ha una superficie pari a 0.013 km^2.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene una portata di piena di progetto di:

$$Q_{progetto} = \mathbf{0.53}\ m^3/s.$$

Il bacino in considerazione è sotteso a un tombino in cls esistente di diametro pari a 800 mm e pendenza pari all'1%

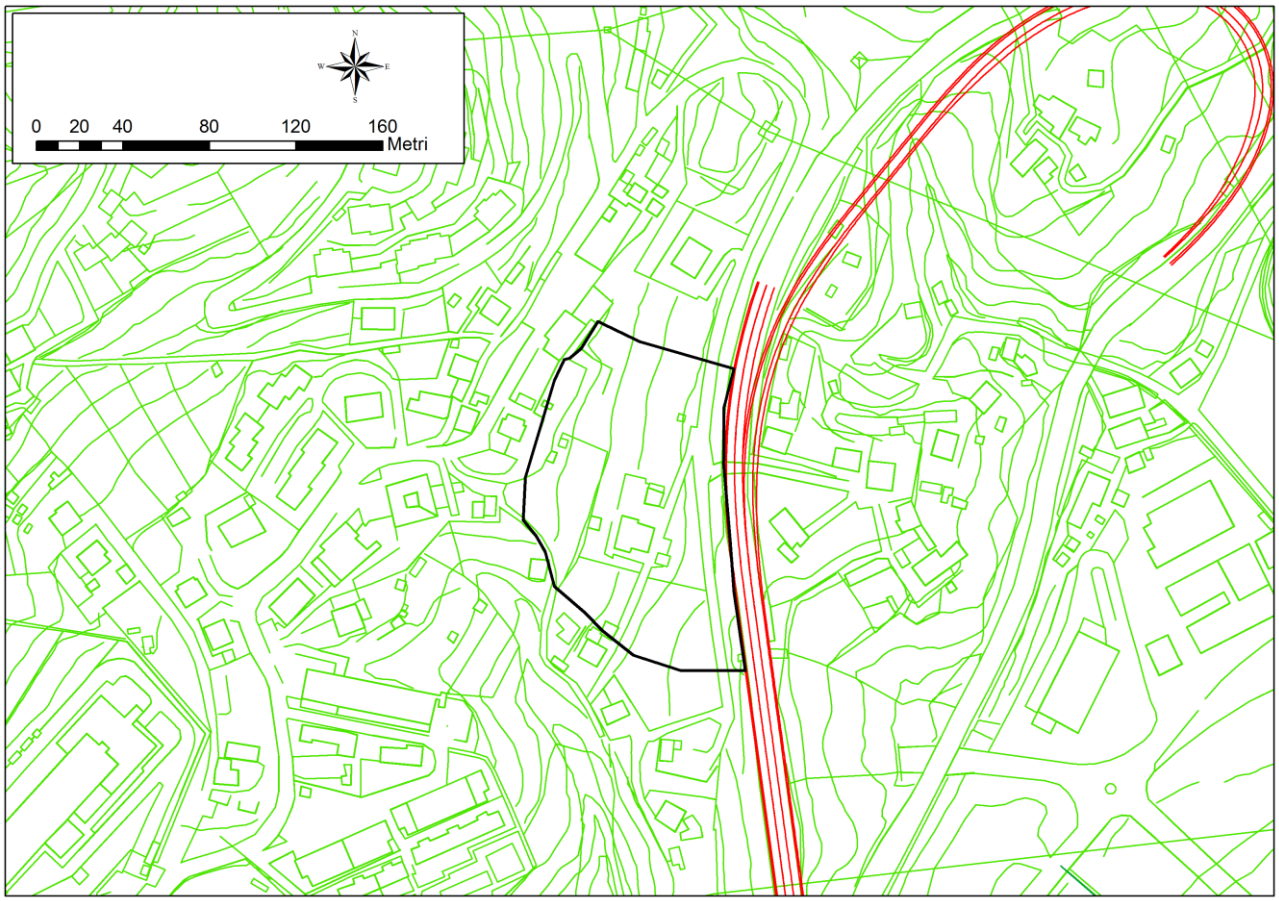


Figura 7.1 - Bacino imbrifero del tombino TC012

7.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA TC012

Si riportano nel seguito i parametri di calcolo e i risultati della verifica idraulica condotta sul tombino TC012:

- dimensioni D=0.80 m
- pendenza min. 0.01 m/m
- materiale cls
- scabrezza 45 $m^{1/3}$ s^{-1}
- portata progetto 0.53 m^3/s
- altezza critica 0.44 m
- altezza moto uniforme 0.50 m
- franco sicurezza 0.30 m
- riempimento 62 %

8 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIE BACCAN-BRIC DU VENTU-POLCEVERA -TS040

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LL1E-PD-A3-G12-TS040-IDR00-D-IDR-6002-00
- T0863-LL1E-PD-A3-G12-TS040-IDR00-D-IDR-6004-00

8.1 ANALISI IDROLOGICA

L'imbocco delle gallerie Baccan, Bric du Ventu e Polcevera (vedi Figura 8.1) interferisce con alcuni bacini idrografici, minori non appartenenti al reticolo regionale. L'impluvio situato più a nord non viene interessato dai lavori. In termini di estensione, i tre impluvi rientrano nella gerarchizzazione dei reticoli minuti. Le dimensioni e l'identificativo di ciascuno di essi sono riportati nella seguente Tabella 8.1.

Bacino	S (km^2)
Bacino A	0.0121
Bacino B	0.0114
Bacino C	0.0128

Tabella 8.1 ±Dimensioni areali delle superfici dei bacini interferenti

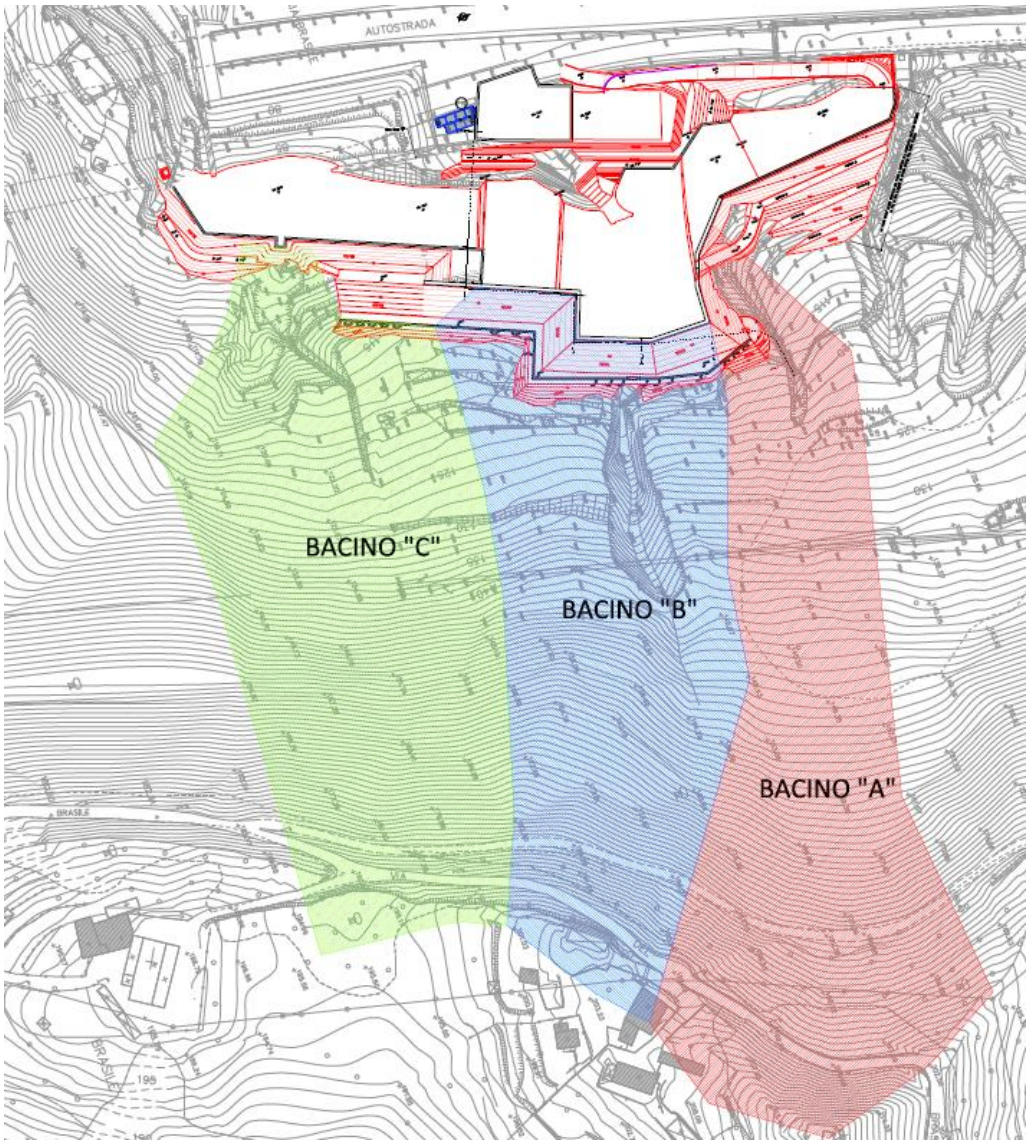


Figura 8.1 - Bacini imbriferi dei rii interferenti con la viabilità in progetto

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottengono le seguenti portate di piena di progetto (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

Bacino	Q progetto
	m^3/s
Bacino A	0.48
Bacino B	0.46
Bacino C	0.51

Tabella 8.2 ±Portate di piena di progetto

A questi contributi si è considerato, cautelativamente, anche l'area residuale relativa all'imbocco delle gallerie caratterizzata da un'estensione di 6850 mq equivalente ad una portata duecentennale di 0.27 mc/s.

8.2 ANALISI IDRAULICA

I 3 bacini individuati recapitano le acque nelle canalizzazioni in progetto in c.a. (scabrezza 45 $m^{1/3}/s$) denominate profilo A, B e C.

Il profilo A, nel tratto di monte, convoglia le acque del bacino A mediante un canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0%, a valle della vasca di dissipazione la canalizzazione, che mantiene la stessa sezione e pendenza del tratto di monte, riceve le acque anche del bacino B, infine nel tratto di valle in sinistra idraulica la sistemazione idraulica riceve l'apporto del bacino C e tramite un canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0% e un successivo tombino scatolare 1.5x2.0m di lunghezza circa 19 m recapita nell'opera esistente. Nel tratto immediatamente a monte della confluenza con il profilo C, il profilo A attraversa il piazzale d'imbocco mediante un tombino di scatolare 1.5x2.00 m di lunghezza 11m.

Il profilo B convoglia le acque del bacino B mediante un canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0% sino alla vasca di dissipazione in cui avviene la confluenza con il profilo A. La vasca di dissipazione, caratterizzata da un fondo ribassato rispetto alle canalizzazioni, ha lo scopo di rallentare i deflussi provenienti dai due bacini afferenti e di intercettare il trasporto solido.

Il profilo C è costituito da un primo manufatto d'imbocco e un successivo manufatto scatolare 1.5x2.0m di lunghezza 17m e pendenza 1% che attraversa il piazzale d'imbocco, a valle del tombino in progetto è previsto un canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 1.0% sino alla confluenza con il profilo A.

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche delle opere in progetto eseguite per ciascuno dei tre bacini, le verifiche sono state eseguite in moto uniforme in quanto si tratta di impluvi minori, non appartenenti al reticolo regionale e caratterizzati da portate modeste.

Bacino A

- Nel tratto di monte la piena di valore al colmo pari a 0.48 m^3/s del bacino A transita nel canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0% generando un tirante pari a 0.15 m con una velocità di 1.95 m/s e il riempimento dell'opera è del 15%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 0.85 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per le canalizzazioni aperte (0.3 m).
- A valle della confluenza con il profilo B, la portata al colmo pari a 0.94mc/s, somma dei bacini A e B, transita nel canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0% generando un tirante pari a 0.24 m con una velocità di 2.50 m/s e il riempimento dell'opera è del 24%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 0.76 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per le canalizzazioni aperte (0.3 m).
- Nel tratto di attraversamento del piazzale di cantiere, la portata al colmo pari a 0.94 mc/s transita in un tombino scatolare avente dimensioni 1.5x2.0m, lunghezza 11m, pendenza 3% generando un tirante pari a 0.24 m con una velocità di 2.50 m/s e il riempimento dell'opera è del 12%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 1.76 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per i tombini scatolari (0.5 m).
- A valle della confluenza con il profilo C, la portata al colmo pari a 1.72mc/s, somma dei bacini A, B, C e del bacino residuo relativo all'imbocco delle gallerie, transita nel canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0% generando un tirante pari a 0.37 m con una velocità di 3.07 m/s e il riempimento dell'opera è del 37%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 0.63 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per le canalizzazioni aperte (0.3 m).
- Prima di recapitare nell'opera esistente la portata al colmo pari a 1.72mc/s transita in un tombino scatolare avente dimensioni 1.5x2.0m, lunghezza 19m, pendenza 3% generando un tirante pari a 0.37 m con una velocità di 3.07 m/s e il riempimento dell'opera è del 19%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 1.63 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per i tombini scatolari (0.5 m).

Bacino B

- Nel tratto di monte la piena di valore al colmo pari a 0.46 m^3/s del bacino B transita nel canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 3.0% generando un tirante pari a 0.15 m con una velocità di 1.95 m/s e il riempimento dell'opera è del 15%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 0.85 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per le canalizzazioni aperte (0.3 m).

Bacino C

- Nel tratto di monte la piena di valore al colmo pari a 0.51 m^3/s del bacino C transita in un tombino scatolare avente dimensioni 1.5x2.0m, lunghezza 17m, pendenza 1% generando un tirante pari a 0.22 m con una velocità di 1.41 m/s e il riempimento dell'opera è dell'11%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 1.78 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per i tombini scatolari (0.5 m).
- Nel tratto successivo al tombino, la portata al colmo pari a 0.51 mc/s transita nel canale in c.a. di dimensioni BxH=1.5x1.0 m e pendenza 1.0% generando un tirante pari a 0.23 m con una velocità di 1.41 m/s e il riempimento dell'opera è del 23%. Il franco idraulico di sicurezza è pari a 0.77 m che rispetta quanto prescritto dal Regolamento Regionale N.3 per le canalizzazioni aperte (0.3 m).

8.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA

L'accessibilità alla vasca di dissipazione in progetto per consentire i necessari interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, posta alla confluenza dei bacini A e B, dovrà avvenire mediate l'impiego di un dumper cingolato in grado di risalire il versante della sistemazione finale dell'imbocco.

9 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIA TORBELLA OVEST

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-S4-G13-GF13W-00000-D-IDR-4983 - Interferenze idrografiche Rio Bruciate - Sist. Idraulica Definitiva – Planimetria
- T0863-LLE1-PD-S4-G13-GF13W-00000-D-IDR-4984 - Interferenze idrografiche Rio Bruciate - Sist. Idraulica Definitiva - Profilo
- T0863-LLE1-PD-S4-G13-GF13W-00000-D-IDR-4985 - Interferenze idrografiche Rio Bruciate - Sist. Idraulica Definitiva – Sezioni

9.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero del rio Bruciate, affluente in destra del torrente Torbella, interferente con l'imbocco della galleria Torbella Ovest, (vedi Figura 9.1) ha una superficie S = 0.089 km^2. Esso appartiene al reticolo idrografico minuto.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene la portata di piena di progetto:

$$Q_{progetto} = \mathbf{3.6}\ m^3/s.$$

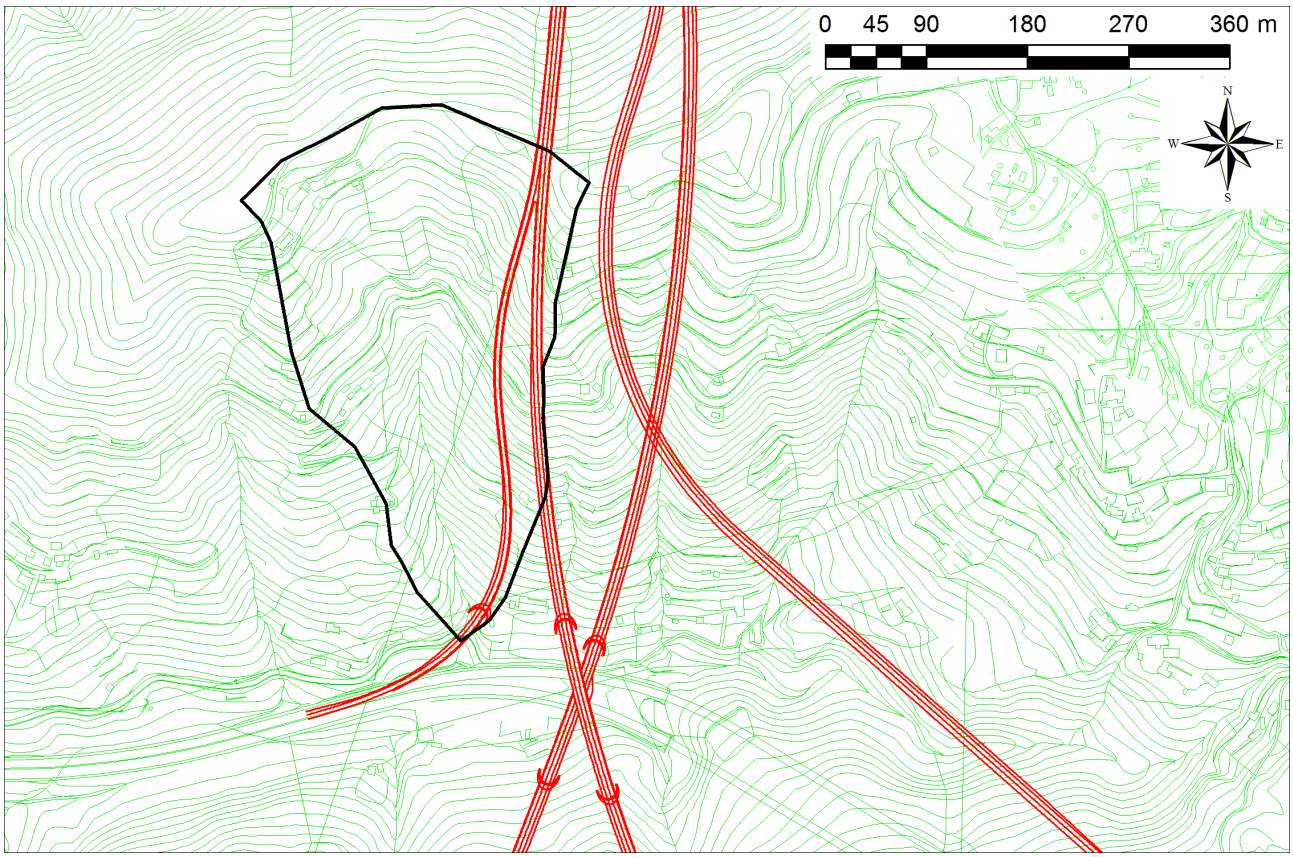


Figura 9.1 - Bacino imbrifero rio bruciate, interferent H F R Q O ¶ L P E R F F R G H O O D J D O O H U L D 7 R U E

9.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO BRUCIATE

9.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico

La simulazione idraulica dello stato di progetto schematizza gli interventi di sistemazione previsti sul rio che sono costituiti da:

- una vasca di controllo del trasporto solido localizzata a monte del tratto di lunghezza pari a 15.50 m e larghezza di 2.50 m; essa ha la funzione di intercettare e trattenere il materiale alluvionale trasportato dal rio in occasione di eventi di piena anche di modesta entità;
- a valle della vasca viene realizzato un canale in c.a. di lunghezza pari a 16 m e di dimensioni BxH=1.5xvar 2.0-6.0 m caratterizzato da 3 salti di fondo di altezza pari a 2.0 m e pendenza dell'1%;
- in corrispondenza della viabilità IN02 viene realizzato un tombino scatolare di dimensioni BxH=1.5xvar.2.0-4.5 m, di estensione di 6.55 m, avente pendenza pari al 1% e caratterizzato dalla presenza di un salto di fondo di altezza pari a 2.50 m;
- segue un canale in c.a. di lunghezza pari a 9.80 m e di dimensioni BxH=1.5x 2.0 m e pendenza media pari a 1%;
- nel tratto più a valle si realizza un rivestimento in gabbioni metallici secondo una sezione geometrica larga 2.0 m alla base, 3.0 m in sommità e di altezza variabile da 1.70 a 2.70 m per un'estensione di 24.0 m; nel tratto sono previsti 3 salti di fondo che conferiscono alla sistemazione una pendenza pari al 2%;
- successivamente è previsto un ulteriore tratto di canale di larghezza pari a 1.50 m e altezza variabile; esso ha una lunghezza di 17.2 m, pendenza pari al 2.0% e presenta 5 salti di fondo di altezza di 2.0 m;
- il raccordo alla tombinatura esistente (dimensioni BxH=2.0x2.0 m) avviene tramite un pozzo di scarico di estensione pari a 3.50 m caratterizzato da 1 salto di fondo di altezza pari a circa 8.2 m.

Il modello idraulico è composto da 34 sezioni trasversali, che rappresentano gli interventi previsti per una lunghezza pari a circa 92 m.

Di seguito (Tabella 9.1)si riporta il profilo longitudinale del corso d'acqua nello stato di progetto.

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
inizio vasca	1	0.00	137.76	135.76
monte salto	2	0.50	137.76	135.76
valle salto	3	0.51	137.76	133.26
	4	15.00	136.61	133.11
briglia	4.5	Inl Struct		
fine vasca	5	15.40	136.61	133.11
inizio canale monte salto	6	15.50	136.61	133.11
valle salto	7	15.51	136.61	131.37
	8	17.50	136.61	131.37
monte salto	9	19.50	133.89	131.37
valle salto	10	19.51	133.89	129.13
	11	22.84	131.61	129.13

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
monte salto	12	23.50	131.61	129.13
valle salto	13	23.51	131.61	126.88
	14	24.84	131.61	126.88
monte salto	15	28.50	129.16	126.88
valle salto	16	28.51	129.16	124.38
fine canale	17	31.69	127.15	124.35
inizio scatolare	18	31.70	126.35	124.35
monte salto	19	36.05	126.30	124.30
valle salto	20	36.06	126.30	121.80
fine scatolare	21	38.05	126.28	121.78
inizio canale	22	38.06	123.78	121.78
	23	47.85	123.68	121.68
fine canale monte salto	24	48.85	123.38	121.68
inizio gabbioni valle salto	25	48.86	123.38	120.68
monte salto	26	52.85	122.32	120.62
valle salto	27	52.86	122.32	119.62
monte salto	28	58.85	121.22	119.52
valle salto	29	58.86	121.22	118.52
fine gabbioni monte salto	30	72.15	121.22	118.28
inizio canale valle salto	31	72.16	120.00	116.52
monte salto	32	75.15	118.57	116.52
valle salto	33	75.16	118.57	114.46
	34	77.38	117.50	114.46
monte salto	35	78.45	117.50	114.46
valle salto	36	78.46	117.50	112.39
	37	79.08	117.50	112.39
monte salto	38	81.95	115.80	112.39
valle salto	39	81.96	115.80	110.32
fine canale	40	82.95	115.20	110.32
inizio scatolare	41	82.96	114.40	110.32

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
monte salto	42	85.45	114.40	110.32
valle salto	43	85.46	114.40	108.02
fine scatolare monte salto	44	88.95	114.40	107.95
inizio pozzo scarico valle salto	45	88.96	114.40	99.70
fine pozzo scarico	46	92.45	114.40	99.70
inizio scatolare esistente	47	92.46	101.85	99.70
scatolare esistente	48	102.61	97.85	95.70

Tabella 9.1 - Profilo longitudinale del rio nello stato di progetto

Il tratto di profilo schematizzato geometricamente nel modello di simulazione, rappresenta il corso d'acqua sistemato così come riportato nell'elaborato di progetto.

9.2.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello sono le seguenti:

- portata di piena per TR200 di valore al colmo costante pari a 3.6 m^3/s e altezza di moto uniforme alla sezione di monte (sez.1);
- altezza di moto uniforme (sez.46) imposta nella sezione di valle.

9.2.3 Coefficienti di scabrezza distribuita

Per la vasca di sedimentazione, il canale in c.a. ed il tombino scatolare si è assunta una scabrezza media di Strickler di valore pari a 45 $m^{1/3}\ s^{-1}$ (0.022 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

Per il rivestimento in gabbioni metallici si è assunta una scabrezza media di Strickler di valore pari a 30 $m^{1/3}\ s^{-1}$ (0.033 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

9.2.4 Verifica della situazione di progetto

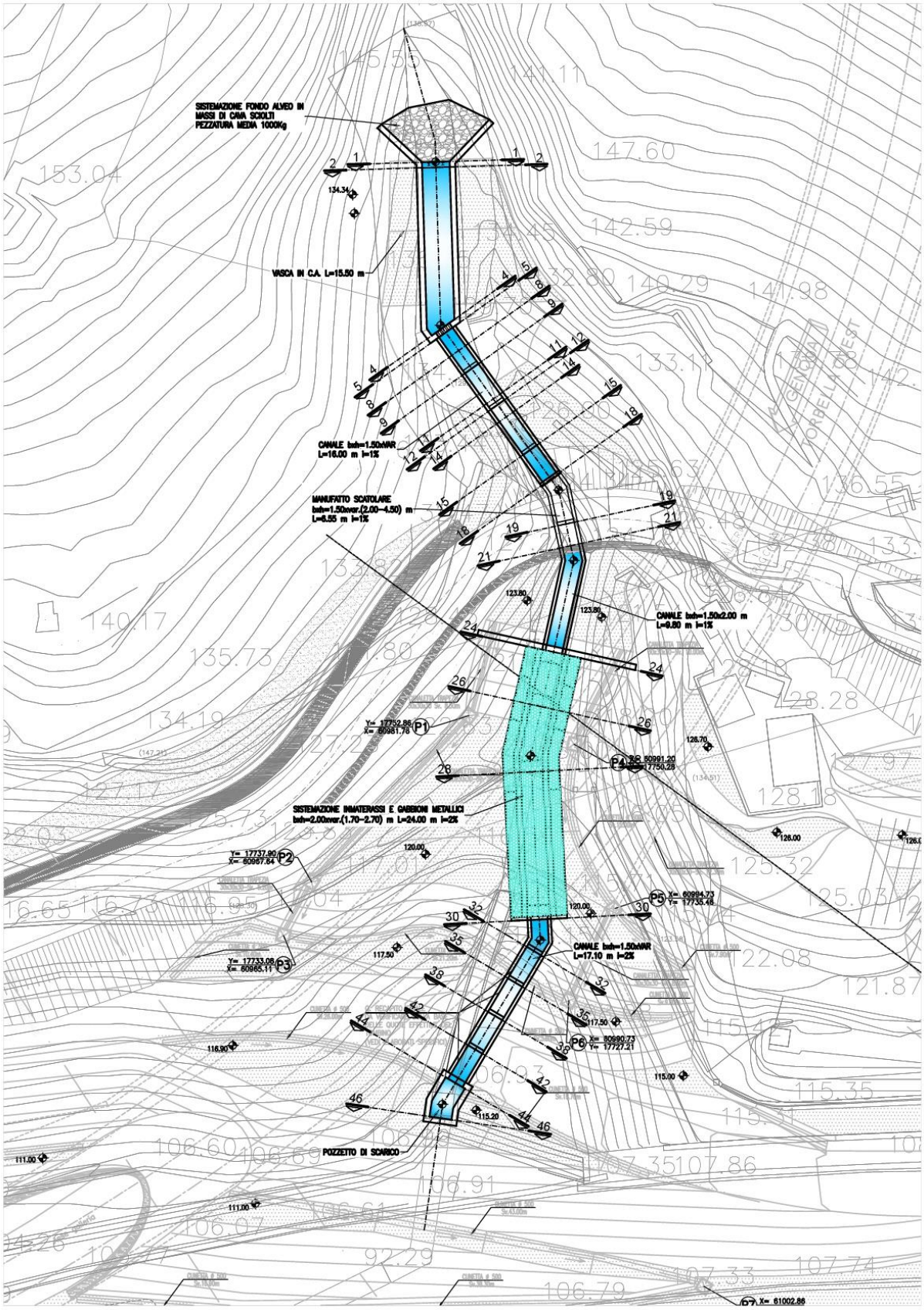
La sezione di attraversamento prevista nel progetto (scatolare BxH=1.5Xvar2.0-4.5 m) è conforme a quanto previsto dal Regolamento Regionale N.3, che per il reticolo minuto impone una sezione minima di area non inferiore a 3 m^2.

Dalla simulazione eseguita si può evincere che l'intero tratto in progetto ha un franco di sicurezza sempre superiore a 1.25 m; tale sistemazione è da considerarsi adeguata idraulicamente in quanto rispetta il franco minimo di 0.3 m per le sezioni aperte e di 0.5 m per gli attraversamenti costituiti da tombinatura.

Il punto di recapito dell'inalveazione di progetto non viene modificato rispetto allo stato attuale e nello specifico risulta un tombino in c.a. esistente di dimensioni 2.00x2.00 con pendenza media pari al 14%, ampiamente in grado di convogliare la portata di progetto dell'inalveazione in oggetto.

Si riporta nel seguito lo stralcio planimetrico dell'opera con l'ubicazione delle sezioni principali.

Di seguito (Tabella 9.2 e Figura 9.2) si riportano i risultati della simulazione duecentennale rispettivamente in forma tabulare e grafica che illustrano il profilo idrometrico del corso d'acqua.


SISTEMAZIONE FONDO ALVEO IN MASSI DI CAVA SCIOLTI PEZZATURA MEDIA 1000Kg
VASCA IN C.A. L=15.50 m
CANALE bxh=1.50xMAR L=16.00 m i=1%
MANUFATTO SCATOLARE bxh=1.50xvar.(2.00÷4.50) m L=6.55 m i=1%
CANALE bxh=1.50x2.00 m L=9.80 m i=1%
SISTEMAZIONE INMATERASSI E GABBIONI METALLICI bxh=2.00xvar.(1.70÷2.70) m L=24.00 m i=2%
CANALE bxh=1.50xMAR L=17.10 m i=2%
POZZETTO DI SCARICO
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco di sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
inizio vasca	1	0.00	137.76	3.60	135.76	136.43	136.35	136.66	0.00689	2.16	1.66	2.50	0.85	1.33
monte salto	2	0.50	137.76	3.60	135.76	136.35	136.35	136.65	0.00957	2.42	1.48	2.50	1.00	1.41
valle salto	3	0.51	137.76	3.60	133.26	135.26	133.85	135.29	0.00036	0.72	5.00	2.50	0.16	2.50
	4	15.00	136.61	3.60	133.11	135.26	133.70	135.28	0.00030	0.67	5.37	2.50	0.15	1.35
briglia	4.5	Inl Struct												
fine vasca	5	15.40	136.61	3.60	133.11	133.71	133.70	134.00	0.00931	2.40	1.50	2.50	0.99	2.90
inizio canale monte salto	6	15.50	136.61	3.60	133.11	133.70	133.70	134.00	0.00958	2.43	1.48	2.50	1.01	2.91
valle salto	7	15.51	136.61	3.60	131.37	131.75	132.20	133.83	0.12513	6.39	0.56	1.50	3.33	4.86
	8	17.50	136.61	3.60	131.37	131.78	132.20	133.50	0.09506	5.80	0.62	1.50	2.88	4.83
monte salto	9	19.50	133.89	3.60	131.37	131.82	132.20	133.25	0.07275	5.28	0.68	1.50	2.50	2.07
valle salto	10	19.51	133.89	3.60	129.13	129.42	129.97	133.03	0.28061	8.42	0.43	1.50	5.03	4.47
	11	22.84	131.61	3.60	129.13	129.47	129.96	132.00	0.16585	7.04	0.51	1.50	3.85	2.14
monte salto	12	23.50	131.61	3.60	129.13	129.48	129.96	131.85	0.15053	6.81	0.53	1.50	3.66	2.13
valle salto	13	23.51	131.61	3.60	126.88	127.14	127.71	131.63	0.38851	9.39	0.38	1.50	5.93	4.47
	14	24.84	131.61	3.60	126.88	127.16	127.71	130.97	0.30395	8.65	0.42	1.50	5.24	4.45
monte salto	15	28.50	129.16	3.60	126.88	127.22	127.71	129.78	0.16970	7.09	0.51	1.50	3.89	1.94
valle salto	16	28.51	129.16	3.60	124.38	124.62	125.22	129.55	0.44550	9.82	0.37	1.50	6.35	4.54
fine canale	17	31.69	127.15	3.60	124.35	124.64	125.18	128.04	0.25583	8.16	0.44	1.50	4.80	2.51
inizio scatolare	18	31.70	126.35	3.60	124.35	124.64	125.18	128.03	0.25557	8.15	0.44	1.50	4.80	1.71

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco di sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
monte salto	19	36.05	126.30	3.60	124.30	124.66	125.13	126.89	0.13785	6.60	0.55	1.50	3.50	1.64
valle salto	20	36.06	126.30	3.60	121.80	122.05	122.63	126.65	0.40189	9.49	0.38	1.50	6.03	4.25
fine scatolare	21	38.05	126.28	3.60	121.78	122.06	122.61	125.69	0.28260	8.44	0.43	1.50	5.05	4.22
inizio canale	22	38.06	123.78	3.60	121.78	122.06	122.61	125.69	0.28230	8.43	0.43	1.50	5.05	1.72
	23	47.85	123.68	3.60	121.68	122.11	122.51	123.69	0.08469	5.57	0.65	1.50	2.71	1.57
fine canale monte salto	24	48.85	123.38	3.60	121.68	122.13	122.51	123.58	0.07428	5.32	0.68	1.50	2.53	1.25
inizio gabbioni valle salto	25	48.86	123.38	3.60	120.68	120.94	121.37	123.46	0.20039	7.04	0.51	2.00	4.45	2.44
monte salto	26	52.85	122.32	3.60	120.62	120.93	121.31	122.64	0.11043	5.79	0.62	2.00	3.31	1.39
valle salto	27	52.86	122.32	3.60	119.62	119.87	120.31	122.54	0.21815	7.24	0.50	2.00	4.64	2.45
monte salto	28	58.85	121.22	3.60	119.52	119.85	120.21	121.38	0.09365	5.48	0.66	2.00	3.05	1.37
valle salto	29	58.86	121.22	3.60	118.52	118.78	119.21	121.28	0.19721	7.00	0.51	2.00	4.41	2.44
fine gabbioni monte salto	30	72.15	121.22	3.60	118.28	118.69	118.97	119.67	0.04848	4.39	0.82	2.00	2.19	2.53
inizio canale valle salto	31	72.16	120.00	3.60	116.52	116.85	117.35	119.51	0.17819	7.21	0.50	1.50	3.99	3.15
monte salto	32	75.15	118.57	3.60	116.52	116.91	117.35	118.88	0.11584	6.22	0.58	1.50	3.20	1.66
valle salto	33	75.16	118.57	3.60	114.46	114.73	115.29	118.68	0.32007	8.80	0.41	1.50	5.38	3.84
	34	77.38	117.50	3.60	114.46	114.77	115.29	117.83	0.21974	7.75	0.46	1.50	4.44	2.73
monte salto	35	78.45	117.50	3.60	114.46	114.79	115.29	117.51	0.18545	7.31	0.49	1.50	4.08	2.71

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco di sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
valle salto	36	78.46	117.50	3.60	112.39	112.64	113.22	117.32	0.41258	9.58	0.38	1.50	6.11	4.86
	37	79.08	117.50	3.60	112.39	112.65	113.22	116.97	0.36615	9.20	0.39	1.50	5.75	4.85
monte salto	38	81.95	115.80	3.60	112.39	112.70	113.22	115.80	0.22368	7.79	0.46	1.50	4.49	3.10
valle salto	39	81.96	115.80	3.60	110.32	110.56	111.15	115.60	0.46132	9.94	0.36	1.50	6.46	5.24
fine canale	40	82.95	115.20	3.60	110.32	110.58	111.16	115.00	0.37968	9.31	0.39	1.50	5.86	4.62
inizio scatolare	41	82.96	114.40	3.60	110.32	110.58	111.15	115.00	0.37923	9.31	0.39	1.50	5.86	3.82
monte salto	42	85.45	114.40	3.60	110.32	110.62	111.15	113.91	0.24481	8.04	0.45	1.50	4.70	3.78
valle salto	43	85.46	114.40	3.60	108.02	108.25	108.85	113.69	0.51803	10.33	0.35	1.50	6.84	6.15
fine scatolare monte salto	44	88.95	114.40	3.60	107.95	108.24	108.78	111.84	0.28028	8.41	0.43	1.50	5.03	6.16
inizio pozzo scarico valle salto	45	88.96	114.40	3.60	99.70	99.86	100.54	111.08	1.56642	14.83	0.24	1.50	11.77	14.54
fine pozzo scarico	46	92.45	114.40	3.60	99.70	99.92	100.54	106.25	0.65226	11.15	0.32	1.50	7.67	14.48
inizio scatolare esistente	47	92.46	101.85	3.60	99.70	99.92	100.53	106.24	0.65115	11.14	0.32	1.50	7.66	1.93
scatolare esistente	48	102.61	97.85	3.60	95.70	95.95	96.53	100.58	0.40672	9.53	0.38	1.50	6.06	1.90

Tabella 9.2 - Profilo longitudinale nello stato di progetto per tempo di ritorno 200 anni del rio Bruciate

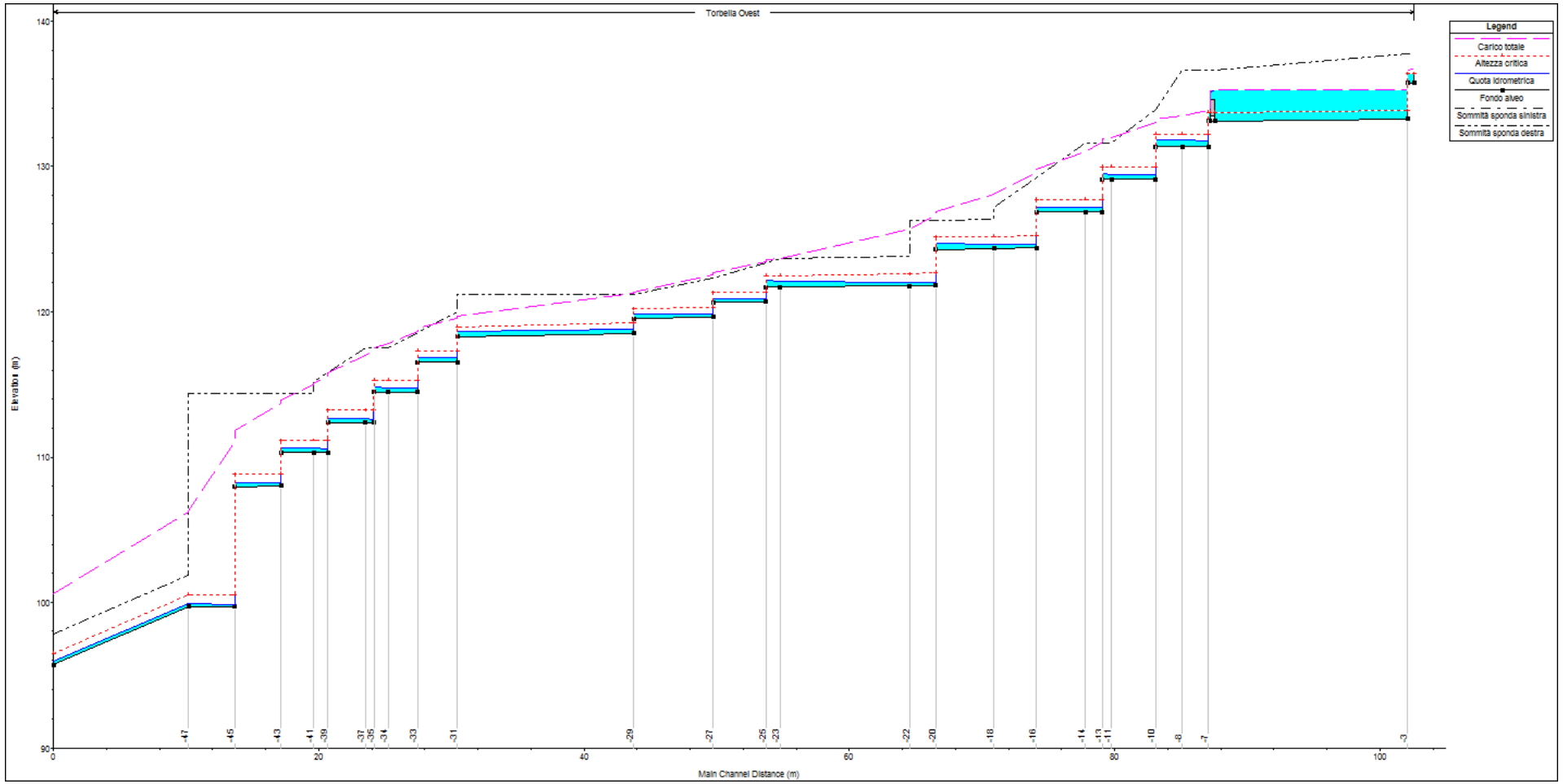


Figura 9.2 ±Profilo idrometrico con tempo di ritorno 200 anni per il rio Bruciate nello stato di progetto

9.2.4.1 Dimensionamento del materiale di rivestimento in gabbioni e materassi metallici

Si è verificato il tratto di sistemazione caratterizzato da rivestimento in gabbioni sulle sponde e da materassi metallici sul fondo, applicando la metodologia descritta nel paragrafo 2.5.2.

Utilizzando parametri idraulici evincibili dai risultati della simulazione idraulica per il tratto sopra descrit pendenza 2.0 % e considerando i seguenti parametri materiali impiegati nella sistemazione di seguito riportati (Tabella 9.3):

Descrizione	Scabrezza	Diametro	Spessore	Peso specifico pietra	Peso specifico pietra	C Shields
		[m]	[m]	[kN/m3]	[kN/m3]	
Gabbioni 1.00m	0.03	0.30	1.00	26.00	26.00	0.14
Materassi Reno 0.30m	0.03	0.15	0.30	26.00	26.00	0.14

Tabella 9.3 ±Caratteristiche dei materiali impiegati

Si ottengono i seguenti valori di tensioni tangenziali e i relativi fattori di sicurezza:

Materiale	tau max	tau amm	FS
	[N/m2]	[N/m2]	
Gabbioni 1.00m	92.90	288.68	3.11
Materassi Reno 0.30m	121.92	336.00	2.76

Tabella 9.4 ±Verifica di stabilità del materiale di fondo

I risultati mostrano che i rivestimenti sono ampiamente verificati.

10 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIA FORTE DIAMANTE SUD

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-A2-G11-GF11S-00000-D-IDR-0535 - Interferenze idrografiche - Sist. Idraulica Definitiva – Planimetria
- T0863-LLE1-PD-A2-G11-GF11S-00000-D-IDR-0536 - Interferenze idrografiche - Sist. Idraulica Definitiva – Profilo
- T0863-LLE1-PD-A2-G11-GF11S-00000-D-IDR-0537 - Interferenze idrografiche - Sist. Idraulica Definitiva – Sezioni

10.1 ANALISI IDROLOGICA

La viabilità interferita IN002 e l'imbocco della galleria Forte Diamante Sud (IB11S) interferiscono con una piccola incisione non appartenente al Reticolo Regionale. Il bacino imbrifero dell'incisione, affluente in destra del torrente Torbella (vedi Figura 10.1), ha una superficie di 0.0095 km^2.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene la seguente portata di piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni:

Incisione: $Q_{progetto}$ = **0.38** m^3/s.

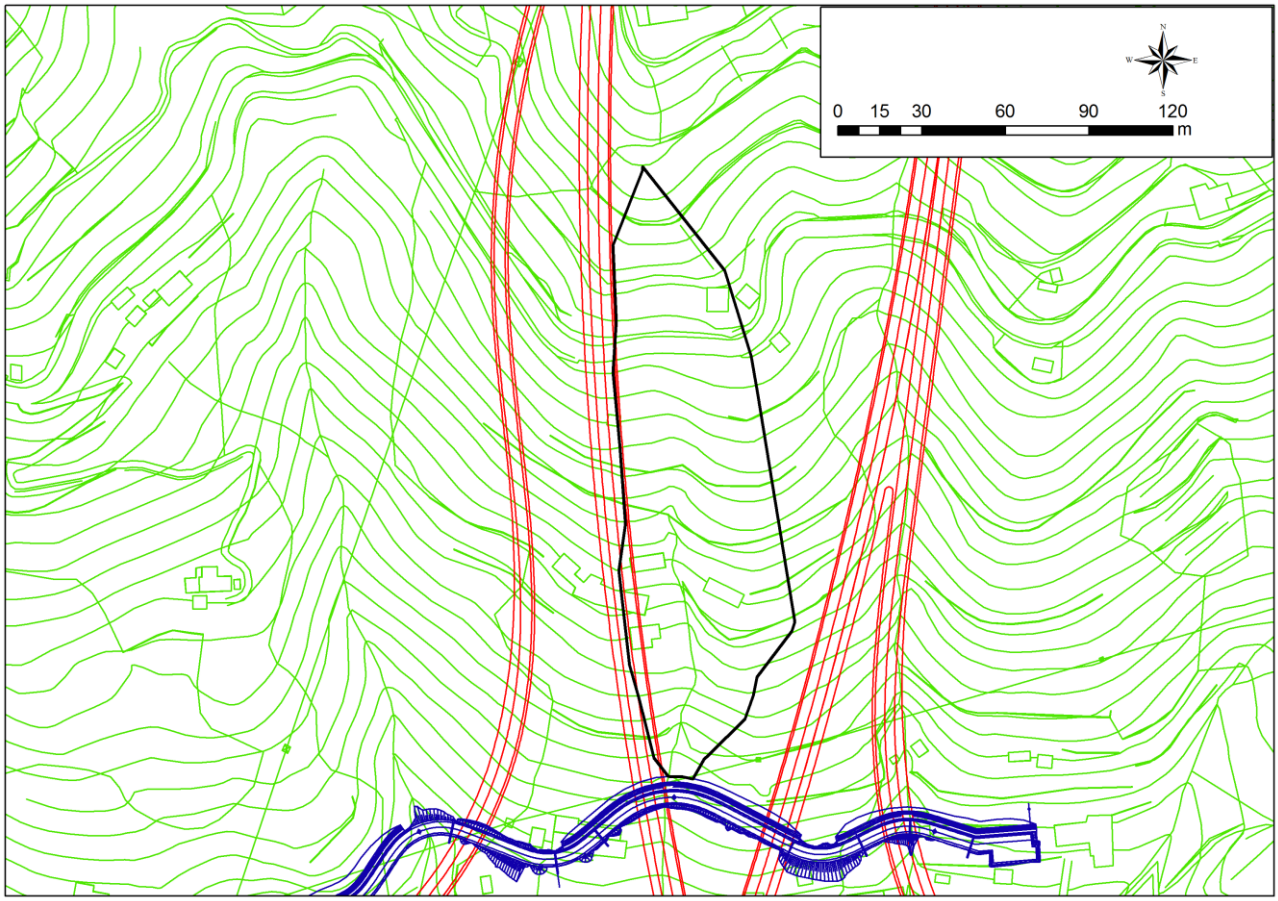


Figura 10.1 - Bacino imbrifero L Q F L V L R Q H L Q W H U I H U H Q W H F R Q O ¶ L P E R F F R G H O O D * D O

10.2 ANALISI IDRAULICA

Per il tratto di tombino circolare, in attraversamento dell'IN002, si ottiene che la portata di progetto transita con i seguenti parametri idraulici:

- dimensioni DN=1000 m
- pendenza minima 0.01 m/m
- materiale cls
- scabrezza 45 $m^{1/3}$ s^{-1}
- portata progetto 0.38 m^3/s
- altezza moto uniforme 0.36 m
- altezza critica 0.35 m
- riempimento 36%
- franco 0.64 m

Per il tratto di canale rettangolare (di altezza minima 1.0 m) a valle dell'IN002 si ottiene che la portata di progetto transita con i seguenti parametri idraulici:

- dimensioni BxH=1.5x1.0 m
- pendenza minima 0.01 m/m
- materiale cls
- scabrezza 45 $m^{1/3}$ s^{-1}
- portata progetto 0.38 m^3/s
- altezza moto uniforme 0.20 m
- altezza critica 0.12 m
- riempimento 20%
- franco 0.80 m

Il tombino risulta adeguato in quanto possiede un franco idraulico superiore a 0.5 m, così come il canale rettangolare che possiede un franco idraulico di 0.8 m.

11 INTERFERENZA IMBOCCO GALLERIA MONTESPERONE NORD

Gli elaborati grafici di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-A3-G16-GF16N-00000-D-IDR-3728 - Interferenze idrografiche - Sist. Idraulica Definitiva – Planimetria
- T0863-LLE1-PD-A3-G16-GF16N-00000-D-IDR-3729 - Interferenze idrografiche - Sist. Idraulica Definitiva – Profilo e sezioni

11.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero del rio Vivaglietta, affluente in sinistra del torrente Torbella, interferente con l'imbocco della galleria Montesperone lato Nord, (vedi Figura 11.1) ha una superficie S = 0.034 km^2. Esso appartiene al reticolo idrografico minuto.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene la portata di piena di progetto:

$$Q_{progetto} = \mathbf{1.40}\ m^3/s.$$

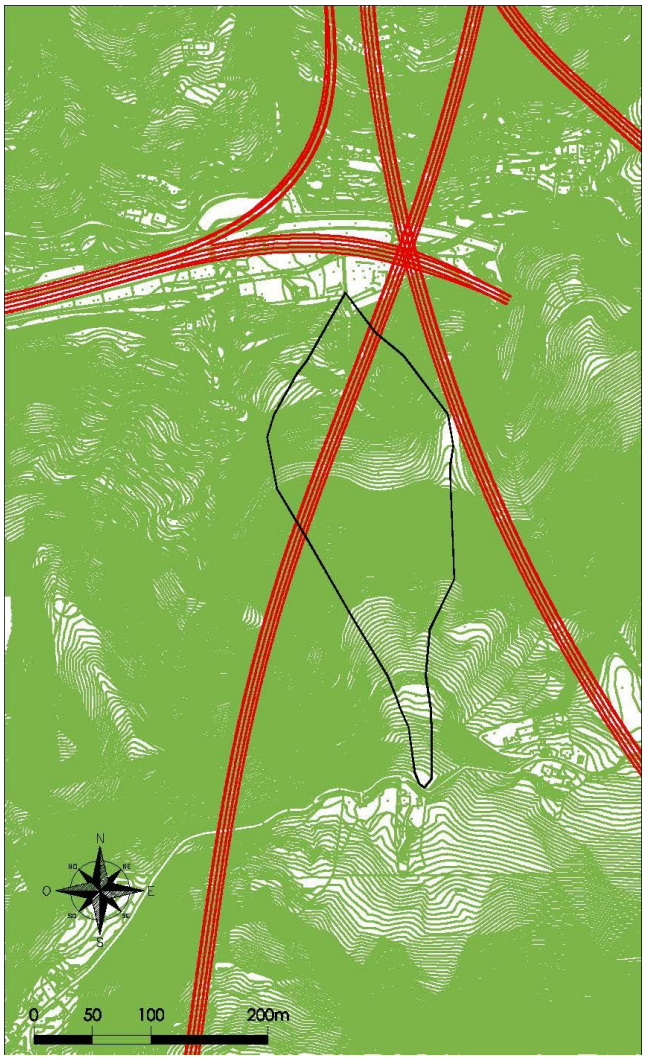


Figura 11.1 - %DFLQR LPEULIHUR ULR 9LYDJOLHWWD LQWHUIHUHQWH FRQ O¶LPE

11.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO VIVAGLIETTA

11.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico

La simulazione idraulica dello stato di progetto schematizza gli interventi di sistemazione previsti sul rio che sono costituiti da:

- nel tratto più a monte da una vasca di controllo del trasporto solido di dimensioni BxH=3.0x3.5 m e di lunghezza pari a 13.0; essa ha la funzione di intercettare e trattenere il materiale alluvionale trasportato dal rio in occasione di eventi di piena anche di modesta entità;
- nel tratto più a valle rispetto alla vasca, viene realizzato un canale in c.a. di lunghezza pari a 20.10 m e di dimensioni BxH=1.5xvar 2.00-5.80 m, caratterizzato da 3 salti di fondo e pendenza media pari a 1%. Al fine di ridurre l'estensione delle plateazioni del fondo alveo, sono state inserite soglie di fondo (h=0.30 m) in accordo con i criteri concertati con la Provincia di Genova;
- subito a valle, per superare la viabilità di accesso al piazzale di imbocco, viene realizzato un tombino scatolare di dimensioni BxH=1.5x2.0 m, di estensione di circa 10.40 m, avente pendenza pari all'1%;
- a valle del manufatto di attraversamento si prevede un ulteriore tratto di canale in c.a. di lunghezza pari a 24.50 m e di dimensioni BxH=1.5xvar 2.00-5.50 m caratterizzato da 5 salti di fondo e pendenza media pari all'1%; analogamente al tratto aperto precedente, vengono realizzate sul fondo alveo soglie (h=0.30 m),
- viene quindi realizzato un nuovo tratto di scatolare di dimensioni BxH=1.5X2.0 m di lunghezza pari a 23.40 m e pendenza pari all'1%;
- a valle dello scatolare è previsto un tratto di canale aperto di dimensioni BxH=1.5xVAR.2.8-6.15 m di estensione pari a 21.60 m e pendenza dell'1%; in questo tratto sono presenti 5 salti di fondo;
- la sistemazione termina sempre con un tratto di canale di lunghezza pari a 11.95 m pendenza dell'1% e dimensioni BxH=1.5x3.10 m.

Il modello idraulico è composto da 40 sezioni trasversali, che rappresentano gli interventi previsti per una lunghezza pari a circa 125.5 m.

Di seguito (Tabella 11.1) si riporta il profilo longitudinale del corso d'acqua nello stato di progetto.

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
inizio vasca	1	0.00	143.00	141.00
monte salto	2	0.50	143.00	141.00
valle salto	3	0.51	142.99	139.50
monte briglia	4	12.50	142.82	139.33
	5	Inl Struct		
valle briglia monte salto	6	13.00	142.81	139.32
valle salto	7	13.01	142.81	137.58
	8	13.50	142.81	137.58
monte salto	9	18.00	140.62	137.58
valle salto	10	18.01	140.62	135.44
	11	20.00	139.66	135.44
monte salto	12	31.10	137.44	135.44

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatto	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
valle salto	13	31.11	137.44	131.64
	14	33.10	137.45	131.62
inizio scatolare 1.5X2.0	15	33.11	133.62	131.62
fine scatolare 1.5X2.0 monte salto	16	43.50	133.52	131.52
inizio canale valle salto	17	43.51	134.03	128.75
	18	44.50	134.02	128.75
monte salto	19	51.00	130.44	128.75
valle salto	20	51.01	130.44	126.20
monte salto	21	56.00	127.89	126.20
valle salto	22	56.01	127.89	123.65
monte salto	23	61.00	125.34	123.65
valle salto	24	61.01	125.34	120.60
monte salto	25	66.00	123.72	120.60
valle salto	26	66.01	123.72	117.79
fine canale	27	68.00	123.19	117.77
inizio scatolare 1.5X2.0	28	68.01	119.77	117.77
fine scatolare 1.5x2.0 monte salto	29	91.39	119.54	117.54
inizio canale aperto valle salto	30	91.40	119.54	115.34
	31	94.90	118.63	115.31
	32	94.91	118.63	112.81
monte salto	33	99.41	115.50	112.77
valle salto	34	99.42	115.50	110.27
	35	103.92	113.50	110.22
	36	103.93	113.50	107.72
monte salto	37	108.43	110.57	107.67
valle salto	38	108.44	110.57	104.37
	39	113.04	107.42	104.32
fine canale aperto	40	125.49	107.30	104.20

Tabella 11.1 ±Profilo longitudinale del rio nello stato di progetto

Il tratto di profilo schematizzato geometricamente nel modello di simulazione, rappresenta il corso d'acqua sistemato così come riportato nell'elaborato di progetto.

11.2.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello sono le seguenti:

- portata di piena per TR200 di valore al colmo costante pari a 1.4 m^3/s e altezza di moto uniforme alla sezione di monte (sez.1);
- altezza di moto uniforme (sez.40) imposta nella sezione di valle.

11.2.3 Coefficienti di scabrezza distribuita

Per la vasca di sedimentazione, il canale in c.a. ed il tombino scatolare si è assunta una scabrezza media di Strickler di valore pari a 45 $m^{1/3}\ s^{-1}$ (0.022 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

Per il tratti rivestiti in massi sciolti si è assunta una scabrezza media di Strickler di valore pari a 30 $m^{1/3}\ s^{-1}$ (0.033 $m^{-1/3}$ s secondo l'espressione di Manning).

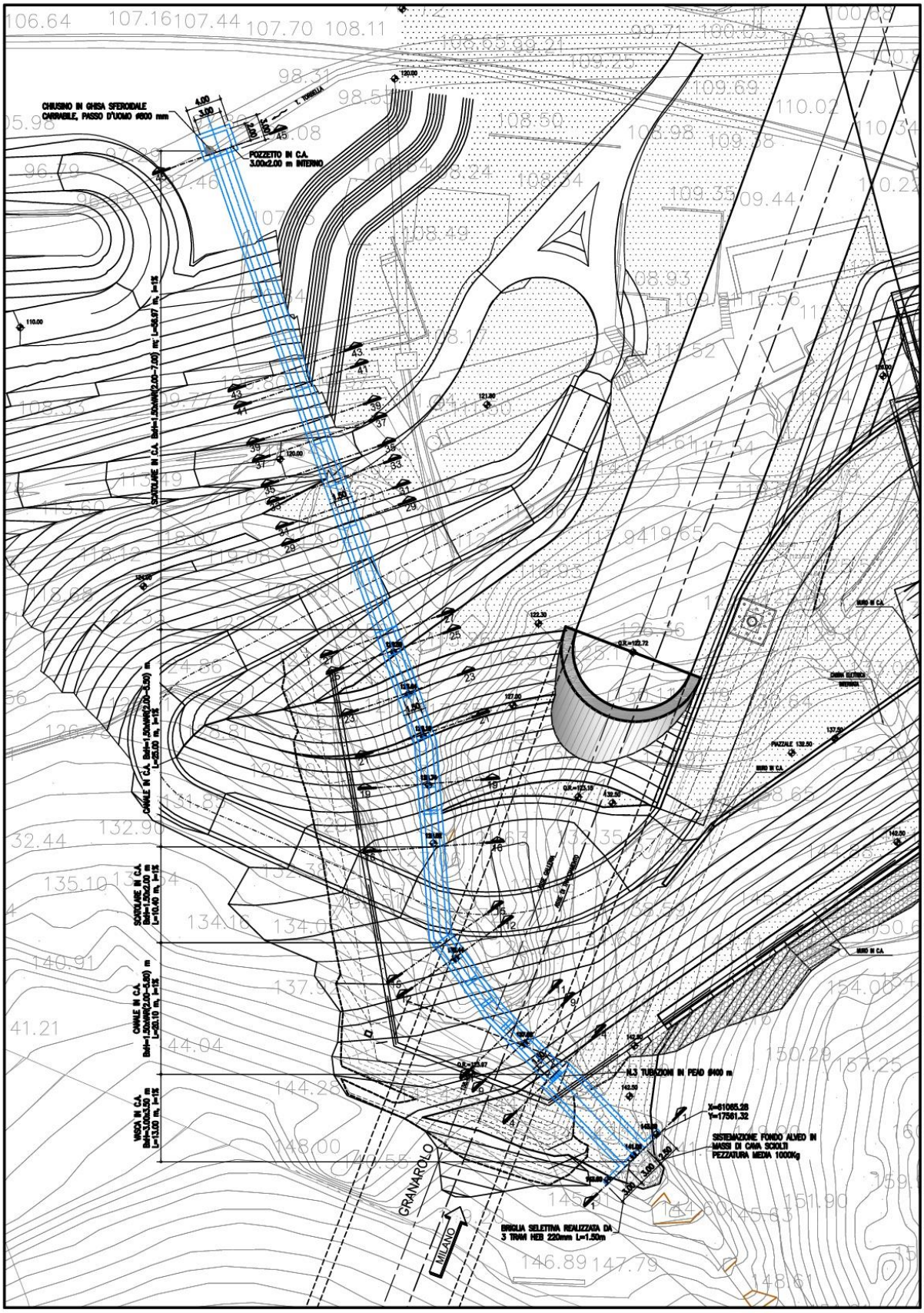
11.2.4 Verifica della situazione di progetto

Le sezioni di attraversamento con manufatto scatolare previste in progetto sono conformi a quanto indicato dal Regolamento Regionale N.3, che per il reticolo minuto impone una sezione minima di area non inferiore a 3 m^2.

Dalla simulazione eseguita si può evincere che l'intero tratto in progetto ha un franco di sicurezza minimo di 1.46 m (riscontrabile nella sez.19); tale sistemazione è da considerarsi quindi adeguata idraulicamente in quanto rispetta il franco minimo di 0.3 m per le sezioni aperte e di 0.5 m per gli attraversamenti costituiti da tombinatura, che sono stati ridotti al minimo in coerenza a quanto richiesto dalla Provincia di Genova.

Si riporta nel seguito lo stralcio planimetrico dell'opera con l'ubicazione delle sezioni principali.

Di seguito (Tabella 11.2 e Figura 11.2) si riportano i risultati della simulazione duecentennale rispettivamente in forma tabulare e grafica che illustrano il profilo idrometrico del corso d'acqua.


CHIUSINO IN GHISA SFEROIDALE CARRABILE, PASSO D'UOMO Ø600 mm
POZZETTO IN C.A. 3.00x2.00 m INTERNO
SCATOLARE IN C.A. B=1.50xH(2.00÷7.00) m L=56.97 m, i=1%
CANALE IN C.A. B=1.50xH(2.00÷3.50) m L=25.00 m, i=1%
SCATOLARE IN C.A. B=1.50xH2.00 m L=10.40 m, i=1%
CANALE IN C.A. B=1.50xH(2.00÷3.50) m L=20.10 m, i=1%
VASCA IN C.A. B=3.00xH3.50 m L=13.00 m, i=1%
MURO IN C.A.
PIAZZALE 132.50
N.3 TUBAZIONI IN PEAD Ø400 m
SISTEMAZIONE FONDO ALVEO IN MASSI DI CAVA SCIOLTI PEZZATURA MEDIA 1000Kg
GRANAROLO
MILANO
BRIGLIA SELETTIVA REALIZZATA DA 3 TRAVI HEB 220mm L=1.50m

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradoss manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco d sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
inizio vasca	1	0.00	143.00	1.40	141.00	141.31	141.28	141.43	0.0066	1.50	0.93	3.00	0.86	1.69
monte salto	2	0.50	143.00	1.40	141.00	141.28	141.28	141.42	0.0092	1.67	0.84	3.00	1.01	1.72
valle salto	3	0.51	142.99	1.40	139.50	140.83	139.78	140.84	0.0001	0.35	4.00	3.00	0.10	2.16
monte briglia	4	12.50	142.82	1.40	139.33	140.83	139.61	140.84	0.0001	0.31	4.51	3.00	0.08	1.99
	5	Inl Struct												
valle briglia mont salto	6	13.00	142.81	1.40	139.32	139.60	139.60	139.74	0.0092	1.67	0.84	3.00	1.01	3.21
valle salto	7	13.01	142.81	1.40	137.58	137.74	138.03	139.57	0.2680	6.00	0.23	1.50	4.86	5.07
	8	13.50	142.81	1.40	137.58	137.74	138.03	139.40	0.2281	5.70	0.25	1.50	4.49	5.07
monte salto	9	18.00	140.62	1.40	137.58	137.82	138.03	138.60	0.0729	3.92	0.36	1.50	2.57	2.80
valle salto	10	18.01	140.62	1.40	135.44	135.57	135.89	138.40	0.5266	7.45	0.19	1.50	6.72	5.05
	11	20.00	139.66	1.40	135.44	135.60	135.88	137.37	0.2545	5.90	0.24	1.50	4.74	4.06
monte salto	12	31.10	137.44	1.40	135.44	135.75	135.88	136.20	0.0320	2.97	0.47	1.50	1.70	1.69
valle salto	13	31.11	137.44	1.40	131.64	131.74	132.08	135.84	0.9434	8.96	0.16	1.50	8.87	5.70
	14	33.10	137.45	1.40	131.62	131.76	132.06	134.15	0.4055	6.85	0.20	1.50	5.93	5.69
inizio scatolare 1.5X2.0	15	33.11	133.62	1.40	131.62	131.76	132.06	134.15	0.4045	6.85	0.20	1.50	5.93	1.86
fine scatolare 1.5X2.0 monte sa	16	43.50	133.52	1.40	131.52	131.78	131.96	132.42	0.0538	3.54	0.39	1.50	2.21	1.74
inizio canale vall salto	17	43.51	134.03	1.40	128.75	128.87	129.19	132.16	0.6679	8.03	0.17	1.50	7.53	5.16

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradoss manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco d sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
	18	44.50	134.02	1.40	128.75	128.88	129.19	131.40	0.4370	7.02	0.20	1.50	6.15	5.14
monte salto	19	51.00	130.44	1.40	128.75	128.98	129.19	129.84	0.0845	4.12	0.34	1.50	2.76	1.46
valle salto	20	51.01	130.44	1.40	126.20	126.32	126.64	129.60	0.6647	8.02	0.17	1.50	7.51	4.12
monte salto	21	56.00	127.89	1.40	126.20	126.39	126.64	127.63	0.1469	4.94	0.28	1.50	3.63	1.50
valle salto	22	56.01	127.89	1.40	123.65	123.76	124.09	127.39	0.7796	8.44	0.17	1.50	8.10	4.13
monte salto	23	61.00	125.34	1.40	123.65	123.83	124.09	125.17	0.1636	5.11	0.27	1.50	3.82	1.51
valle salto	24	61.01	125.34	1.40	120.60	120.70	121.04	124.88	0.9732	9.05	0.15	1.50	9.00	4.64
monte salto	25	66.00	123.72	1.40	120.60	120.77	121.04	122.24	0.1899	5.37	0.26	1.50	4.11	2.95
valle salto	26	66.01	123.72	1.40	117.79	117.89	118.23	121.98	0.9394	8.95	0.16	1.50	8.85	5.83
fine canale	27	68.00	123.19	1.40	117.77	117.91	118.21	120.30	0.4042	6.85	0.20	1.50	5.92	5.28
inizio scatolare 1.5X2.0	28	68.01	119.77	1.40	117.77	117.91	118.21	120.29	0.4033	6.84	0.20	1.50	5.92	1.86
fine scatolare 1.5x2.0 monte sa	29	91.39	119.54	1.40	117.54	117.89	117.98	118.25	0.0236	2.68	0.52	1.50	1.45	1.65
inizio canale ape valle salto	30	91.40	119.54	1.40	115.34	115.47	115.78	118.03	0.4500	7.09	0.20	1.50	6.24	4.07
	31	94.90	118.63	1.40	115.31	115.50	115.75	116.79	0.1558	5.03	0.28	1.50	3.73	3.13
	32	94.91	118.63	1.40	112.81	112.92	113.25	116.55	0.7796	8.44	0.17	1.50	8.10	5.71
monte salto	33	99.41	115.50	1.40	112.77	112.95	113.21	114.39	0.1852	5.33	0.26	1.50	4.06	2.55
valle salto	34	99.42	115.50	1.40	110.27	110.82	110.72	110.97	0.0064	1.70	0.83	1.50	0.73	4.68

Tipologia sistemazione	Sezione modello	Progressiva	Quota sommità sponda/intradoss manufatto	Portata	Quota fondo alveo	Quota idrometrica	Altezza critica	Carico totale	Pendenza carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza superficie libera	Froude	Franco d sicurezza
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m^3/s)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	(-)	(m)
	35	103.92	113.50	1.40	110.22	110.66	110.66	110.89	0.0117	2.10	0.67	1.50	1.00	2.84
	36	103.93	113.50	1.40	107.72	107.85	108.16	110.63	0.5143	7.39	0.19	1.50	6.65	5.65
monte salto	37	108.43	110.57	1.40	107.67	107.86	108.11	109.07	0.1406	4.87	0.29	1.50	3.55	2.71
valle salto	38	108.44	110.57	1.40	104.37	104.47	104.81	108.76	1.0147	9.17	0.15	1.50	9.18	6.10
	39	113.04	107.42	1.40	104.32	104.49	104.76	106.09	0.2168	5.60	0.25	1.50	4.39	2.93
fine canale apert	40	125.49	107.30	1.40	104.20	104.52	104.64	104.95	0.0297	2.90	0.48	1.50	1.63	2.78

Tabella 11.2 - Profilo longitudinale nello stato di progetto per tempo di ritorno 200 anni del rio Vivaglietta

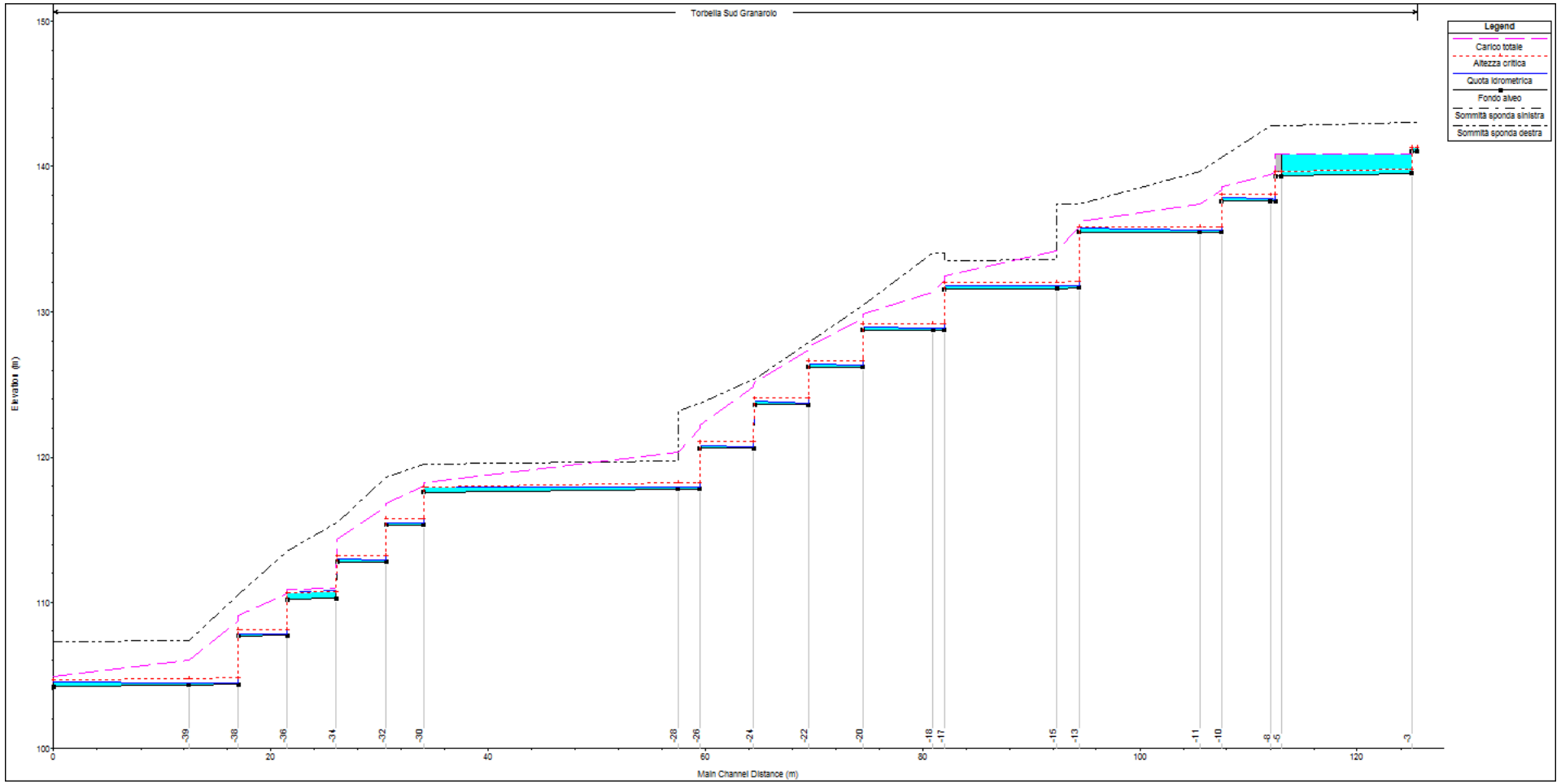


Figura 11.2 ±Profilo idrometrico con tempo di ritorno 200 anni per il rio Vivaglietta nello stato di progetto

11.3 MANUTENZIONE DELL'OPERA IDRAULICA

L'accessibilità alla vasca di dissipazione in progetto per consentire i necessari interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria potrà avvenire percorrendo la viabilità di accesso ai piazzali di imbocco.

12 VIABILITA' VS18B – TORBELLA - INTERFERENZA RIO MATTALO

Gli elaborati di riferimento sono i seguenti:

- T0863-LLE1-PD-CN-VCN-VS18B-TSC03-D-IDR-5100;
- T0863-LLE1-PD-CN-VCN-VS18B-TSC03-D-IDR-5101;

12.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero del rio Mattalo, interferente con la viabilità di servizio VS18B, (vedi Figura 12.1) ha una superficie S = 0.0591 km^2. Esso appartiene al reticolo idrografico minuto.

Considerando un contributo specifico di 40 m^3/s km^2 si ottiene la seguente portata di piena di riferimento con tempo di ritorno 200 anni:

$$Q_{TR200} = \mathbf{2.36}\ m^3/s.$$

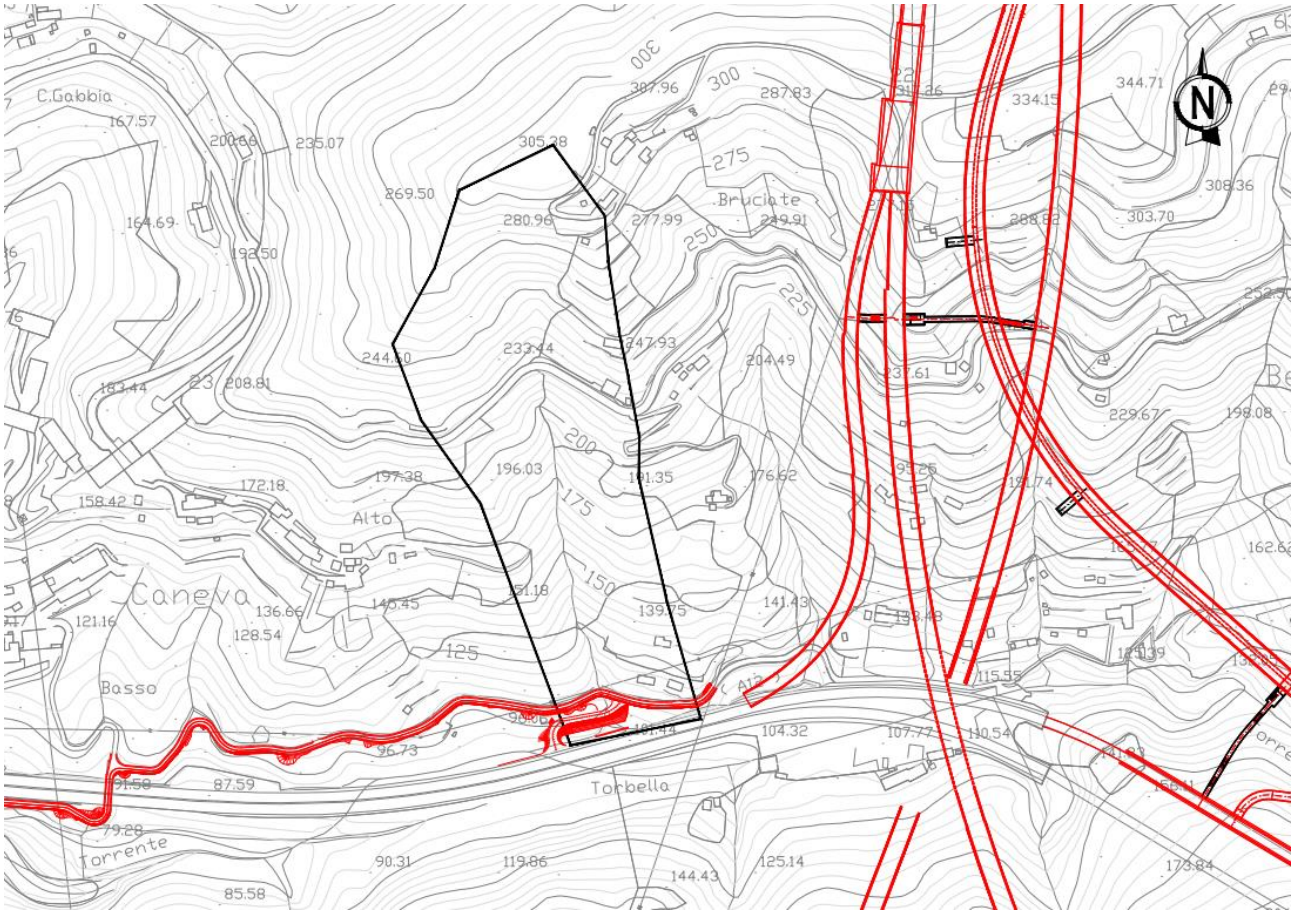


Figura 12.1 - Bacino imbrifero del rio Mattalo, interferente con la viabilità di servizio VS18B

I parametri fisiografici del bacino in esame sono quelli indicati nel prospetto seguente e in particolare: la superficie del bacino (S); la lunghezza (L) e la pendenza (i) dell'asta principale; la quota massima (Hmax), minima (Hmin) e media (Hmed) del bacino; la pendenza dei versanti (y).

BACINO	S (Km^2)	Hmax (m s.m)	Hmed (m s.m)	Hmin (m s.m)	L (km)	i (%)	y (%)
VS18B	0.0591	311	202.5	94	0.24	40	48

Nel prospetto seguente sono invece indicati i valori del tempo di corrivazione calcolati con le varie formule considerate, avendo adottato inoltre per il parametro CN un valore pari a 75.

BACINO	GIANDOTTI	S.C.S	VENTURA	PEZZOLI	PASINI
VS18B	0.16	0.07	0.05	0.02	0.04

Assumendo un valore minimo di calcolo del tempo di corrivazione pari a **0.25** ore, applicando la formula razionale si ottiene una portata a tempo di ritorno 50 anni pari a **2.10** m^3/s.

12.2 ANALISI IDRAULICA DELL'OPERA SUL RIO MATTALO

12.2.1 Costruzione e schematizzazione del modello idraulico

Stato di progetto

Il modello idraulico è composto da 25 sezioni trasversali, che rappresentano il tratto di interesse per una lunghezza pari a circa 70 m. La sistemazione prevista è costituita:

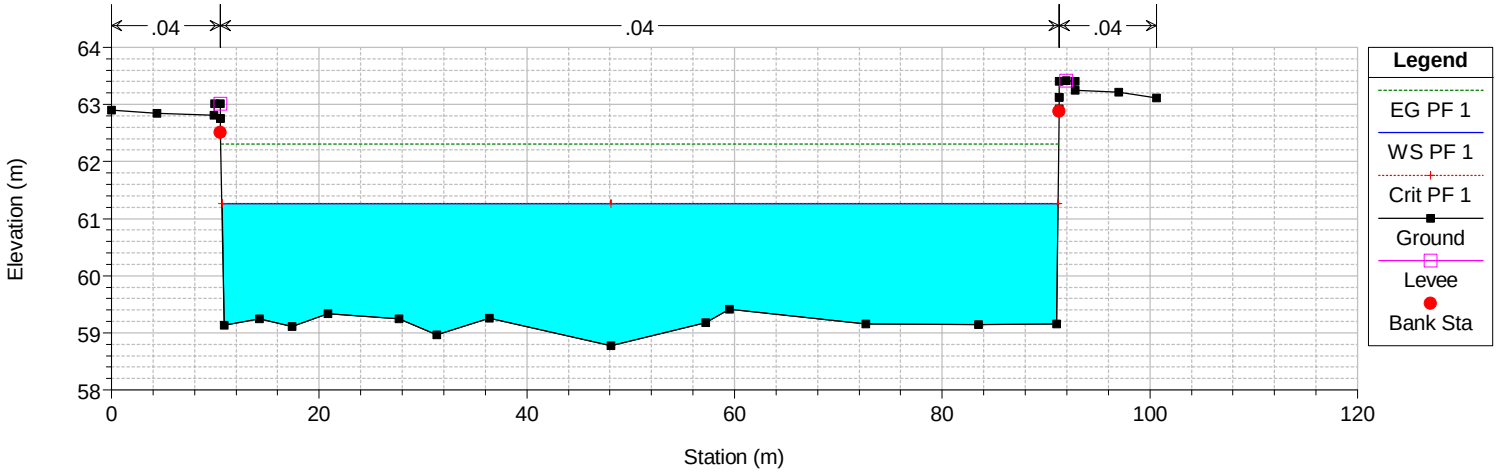
- un manufatto di imbocco al tombino scatolare con annessa briglia selettiva a monte; il manufatto di imbocco è a cielo aperto ed è costituito da una sezione rettangolare di larghezza pari a 2.0 di altezza variabile che compie 1 salto di fondo (altezza pari a 2.0 m);
- un tratto di tombino scatolare di dimensione BxH=1.5x2.0 m di estensione pari a 14.50 m e pendenza pari al 3% che consente l'attraversamento delle VS013 e del piazzale della cabina;
- un tratto scatolare di lunghezza pari a 15.25 m e di dimensioni BxH = 1.5x var. (1.5 - 3.0 m) caratterizzato da 4 salti di fondo di altezza pari a 2.0 m e pendenza del 3.0% e permette l'attraversamento della VS18B;
- un pozzetto di ispezione di altezza 9.70 m (BxL=1,5x1,5 m) che consente la connessione con il tombino esistente che attraversa l'autostrada A12 e garantisce l'ispezionabilità mediante il relativo chiusino.

Di seguito (Tabella 12.1) si riporta il profilo longitudinale del corso d'acqua nello stato di progetto.

Tipologia sistemazione	Sezione modell	Progressiva	Quota sommità sponda/intradosso manufatt	Quota fondo alveo
(-)	(-)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)
inizio canale	-1	0.00	108.12	105.82
monte salto	-2	1.00	108.12	105.82
valle salto	-2.2	1.01	108.12	103.82
	-3	3.00	108.12	103.82
inizio scatolare	-3.2	3.01	105.82	103.82

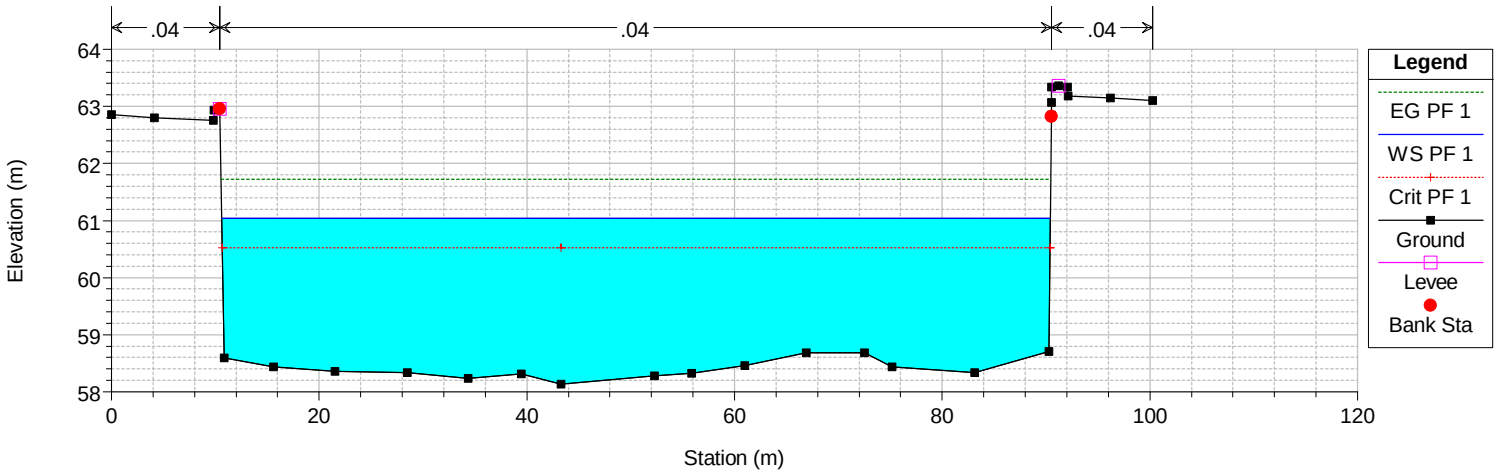
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -1



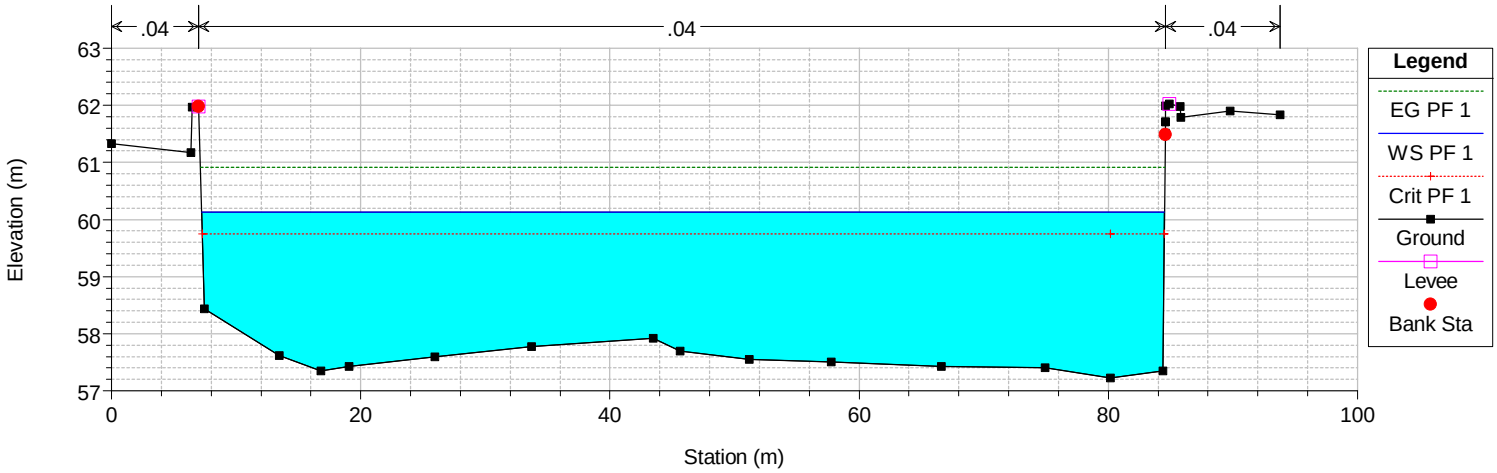
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -2



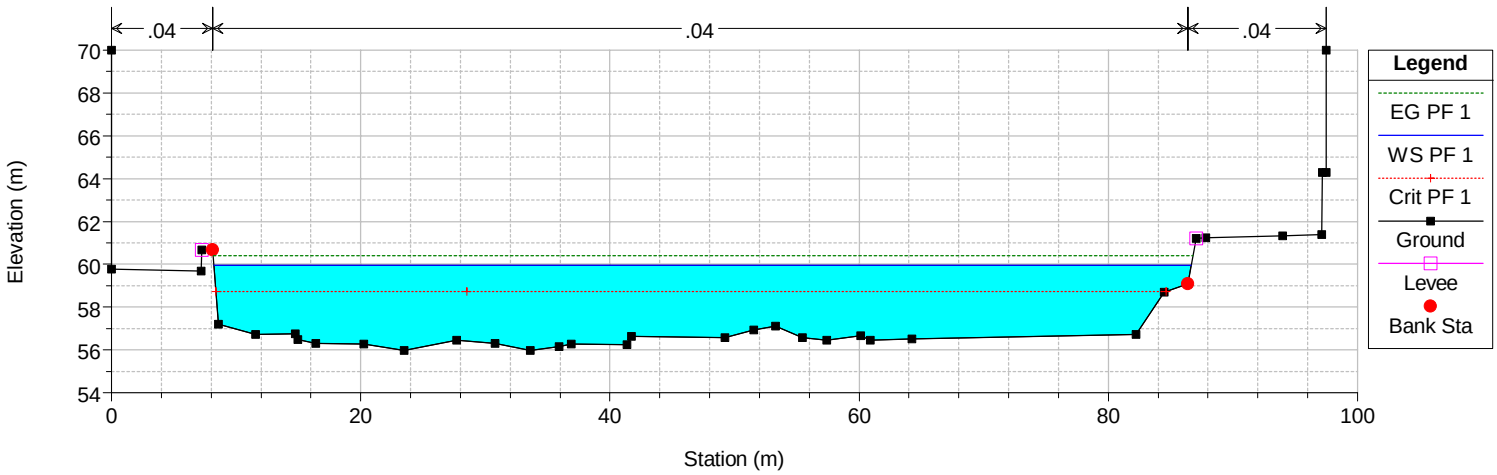
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -3



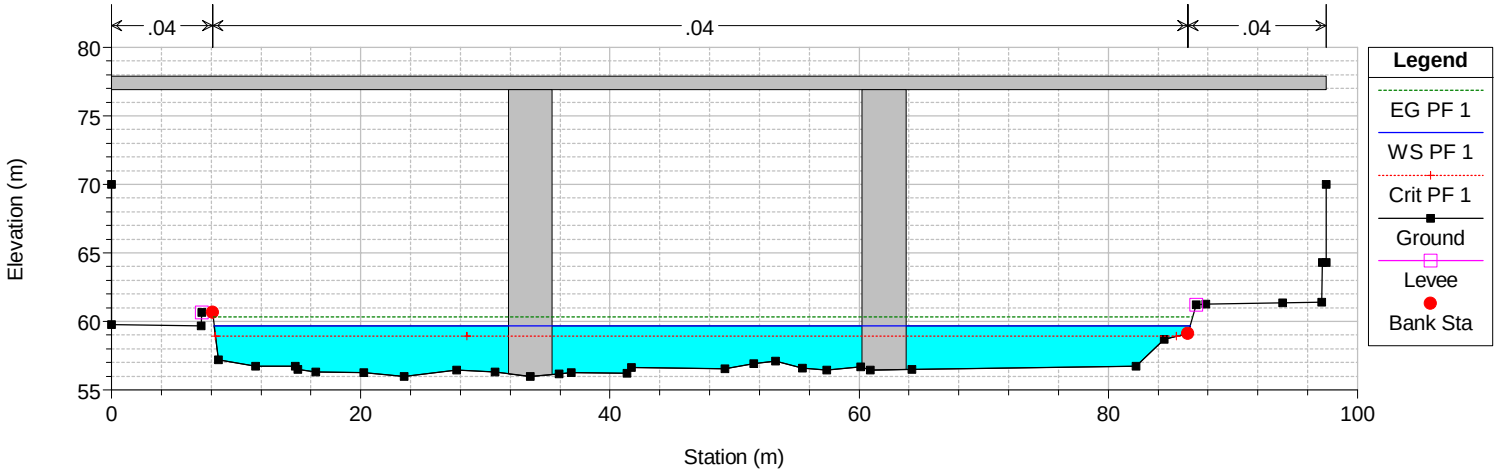
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -4.1



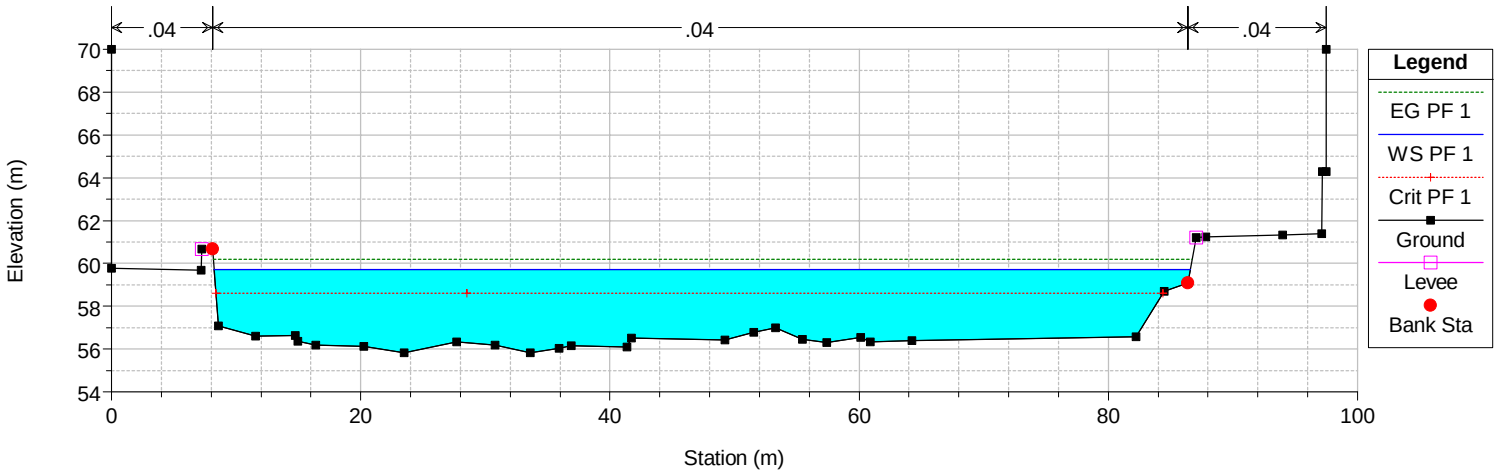
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -4.15 BR Viadotto Secca Nord esistente



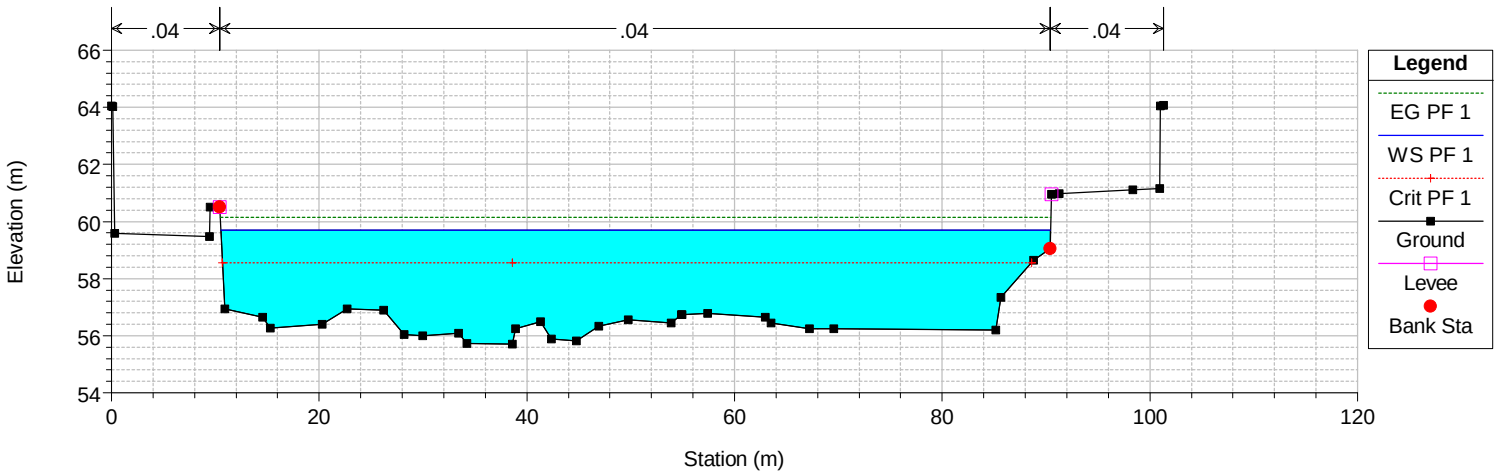
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -4.2



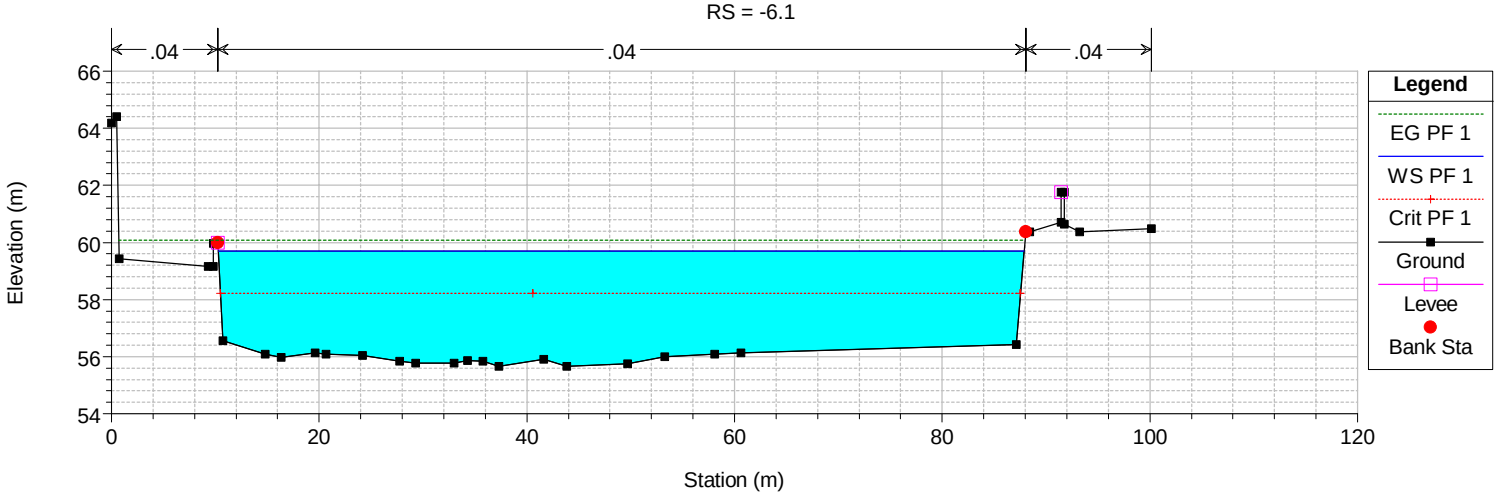
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -5



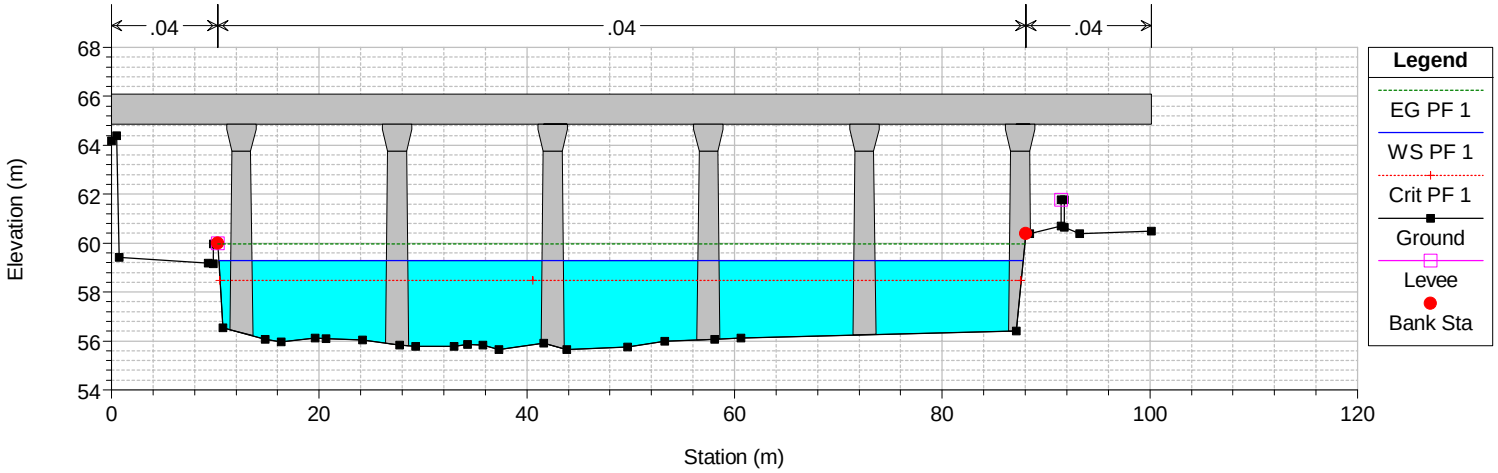
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -6.1



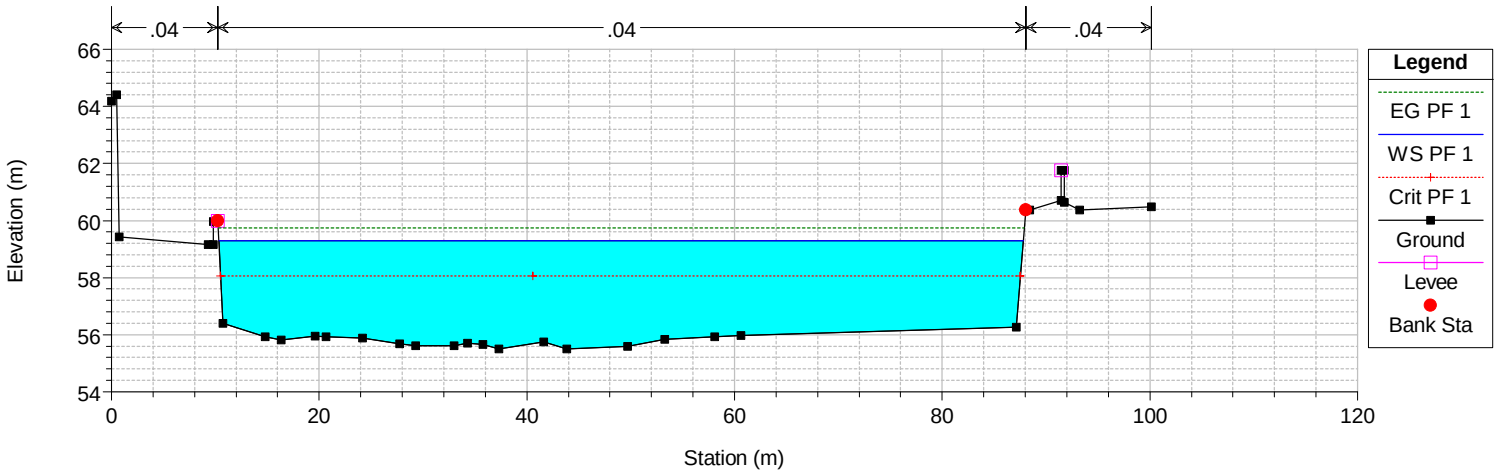
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -6.15 BR Viadotto Secca Sud Esistente



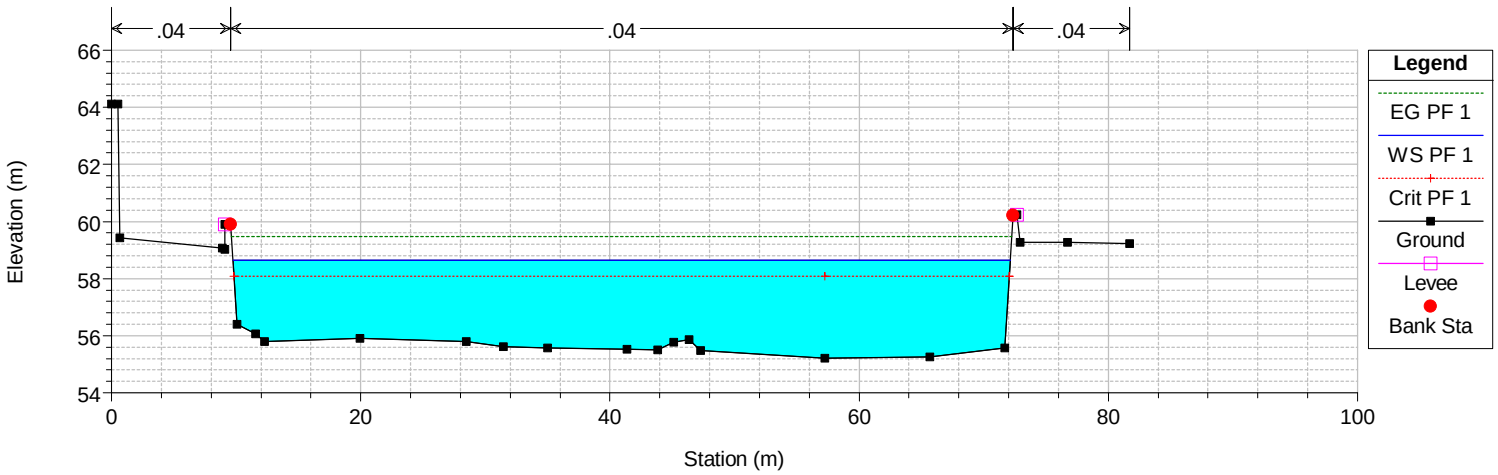
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -6.2



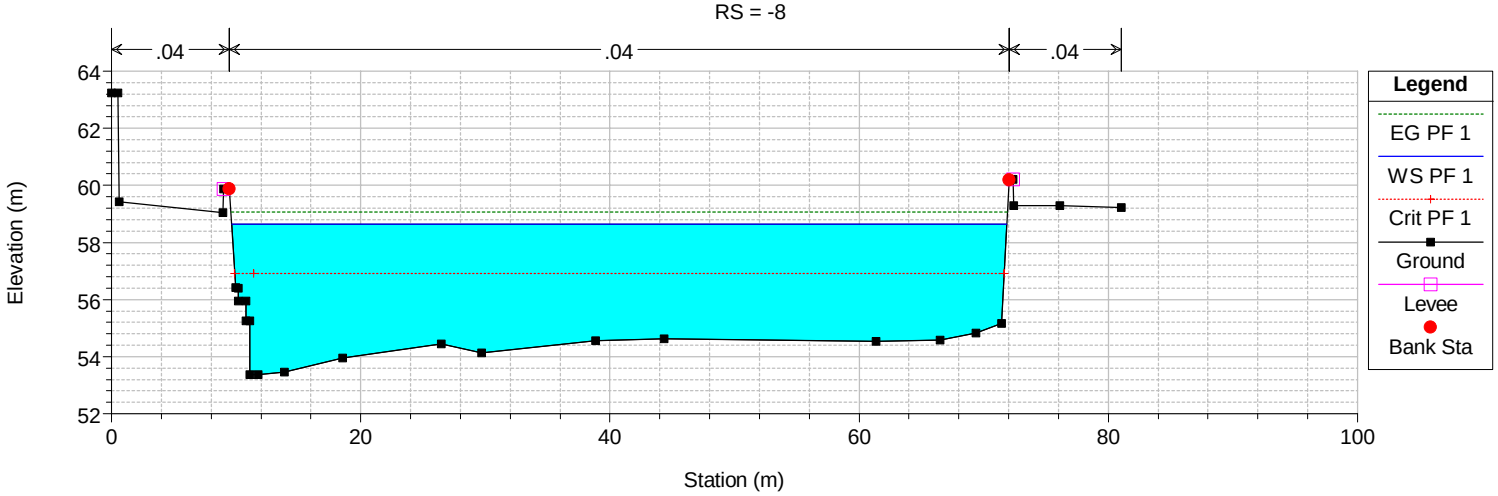
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -7



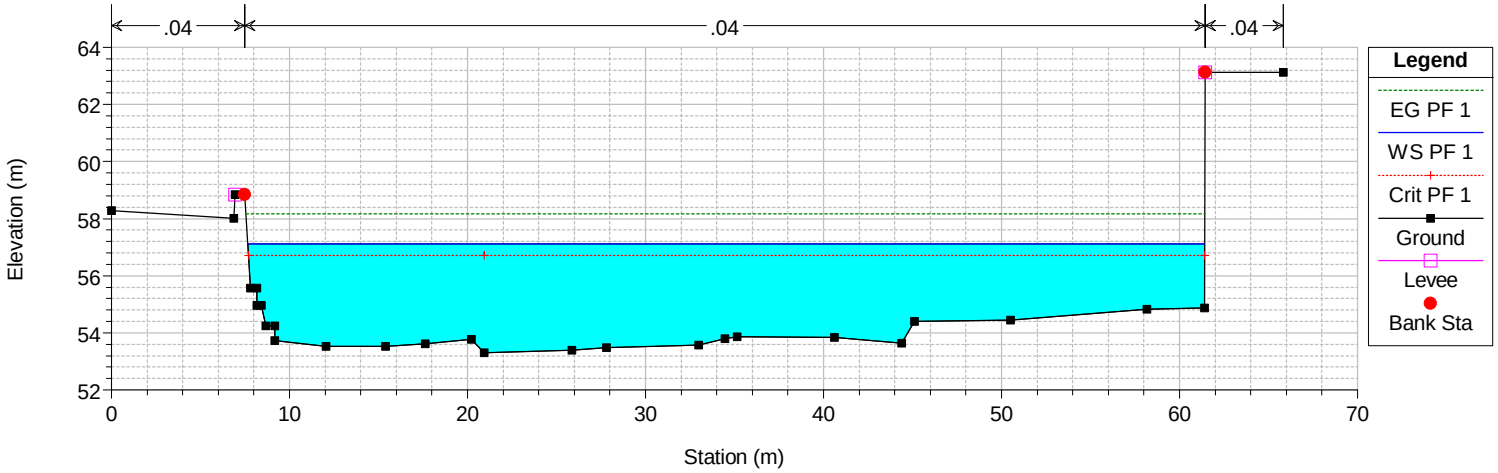
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -8



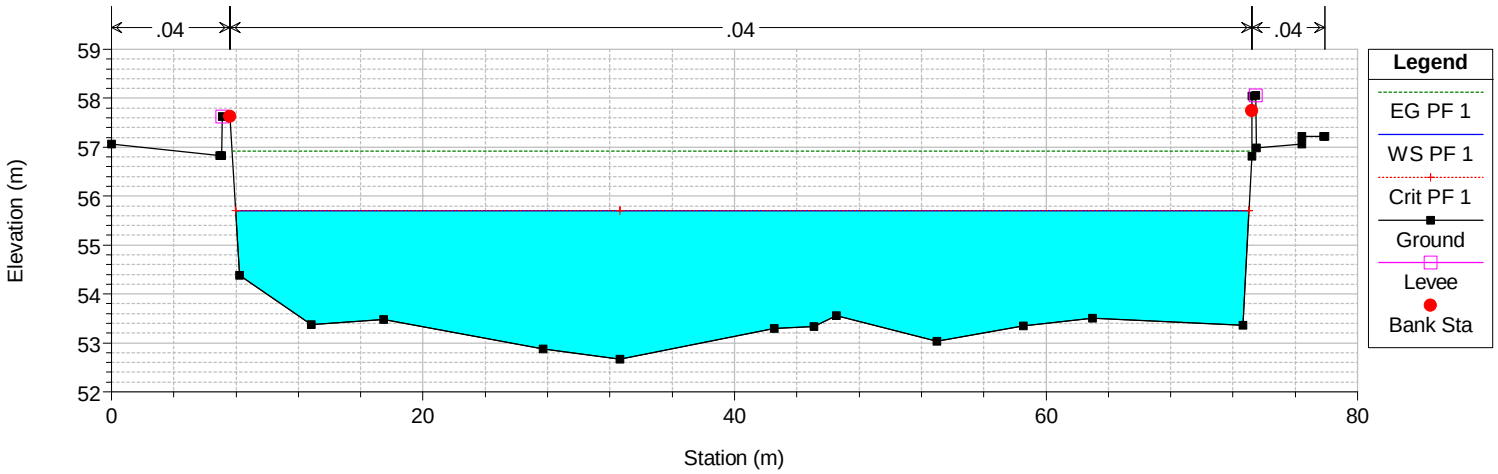
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -9



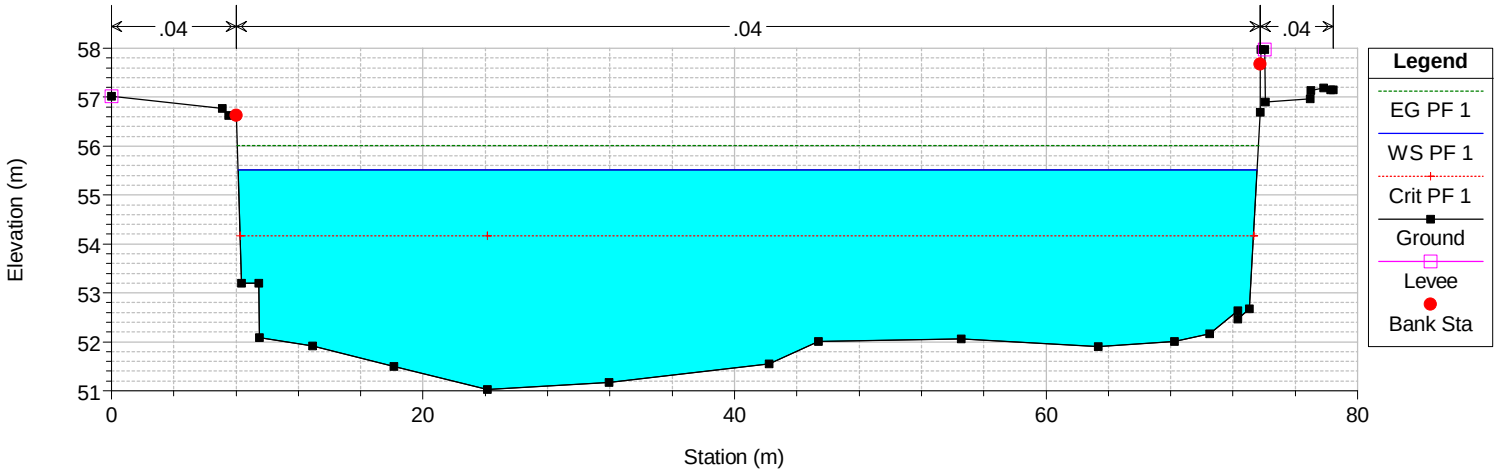
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

RS = -10



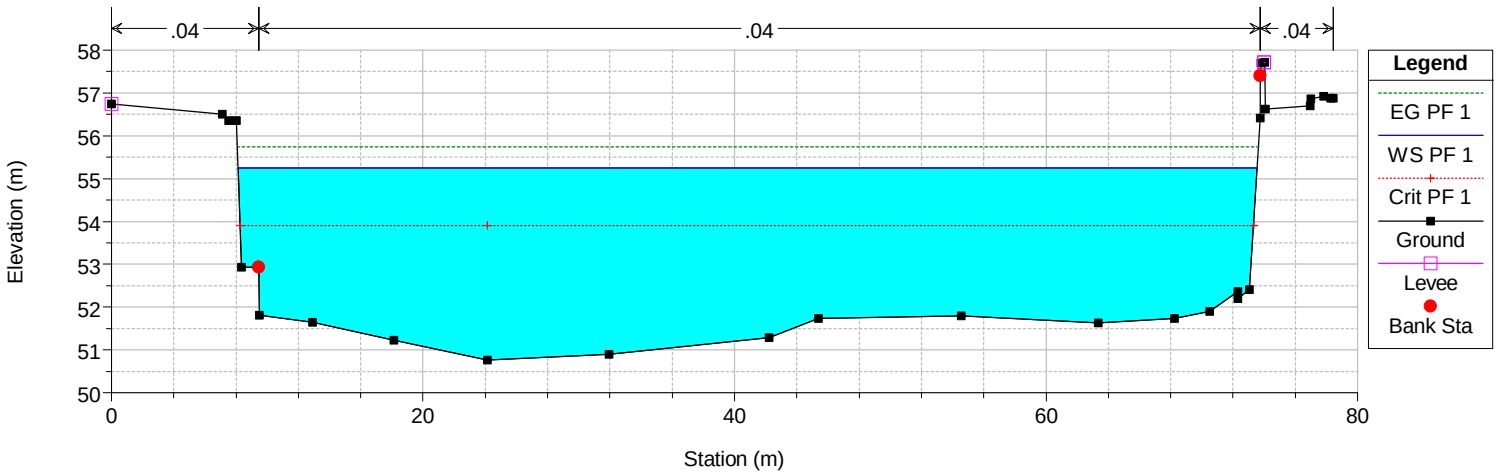
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

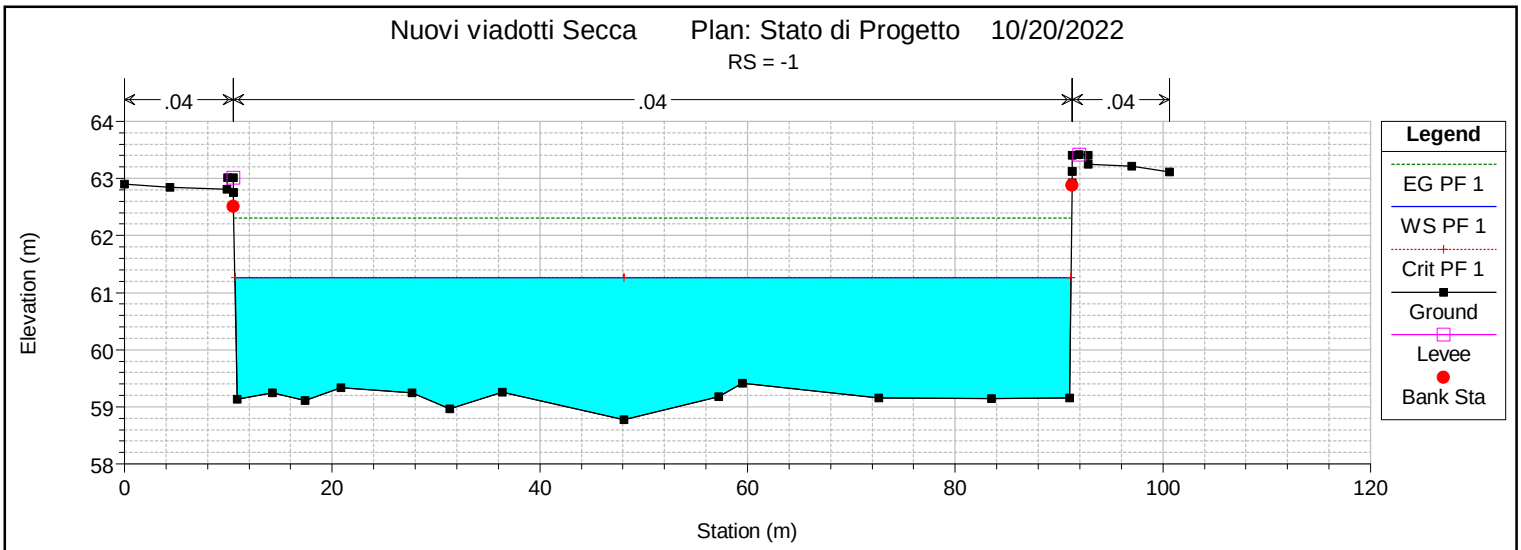
RS = -11

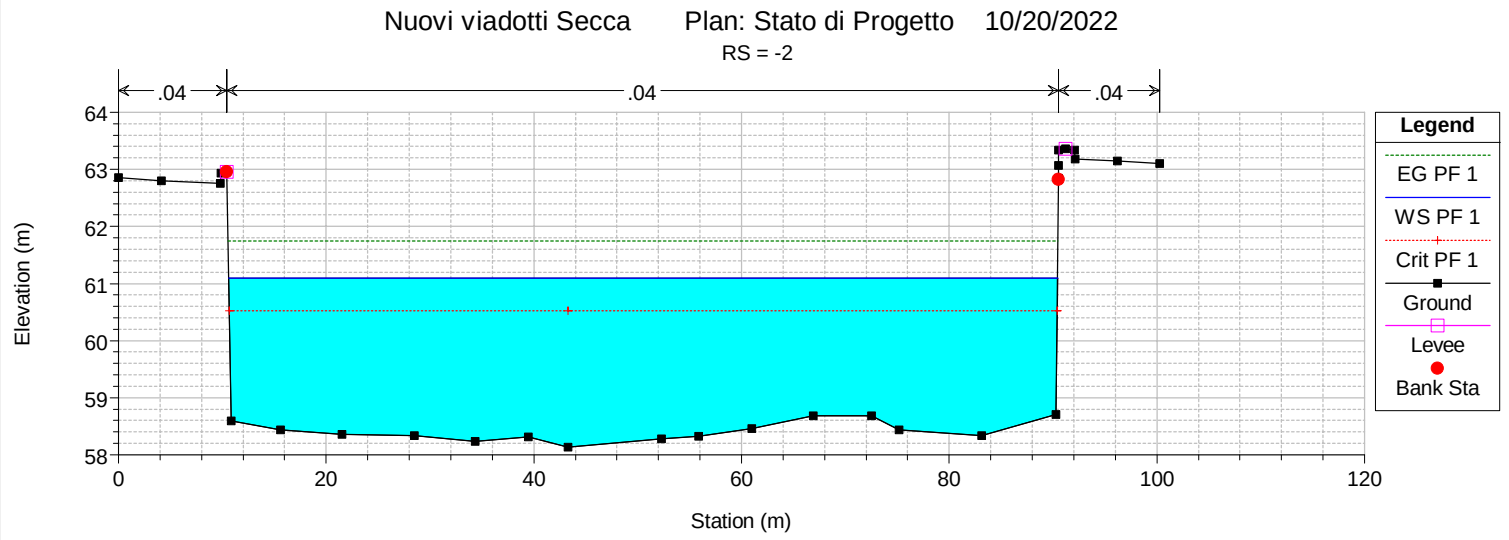


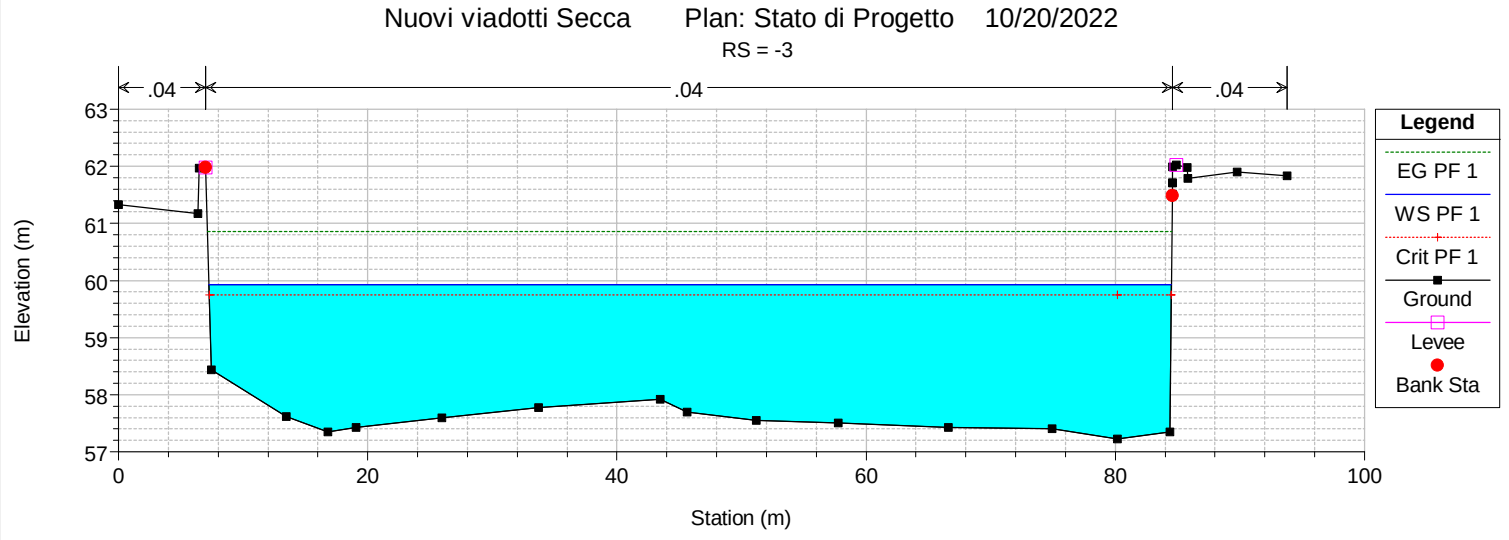
Attuale Plan: Attuale Tr 200 10/20/2022

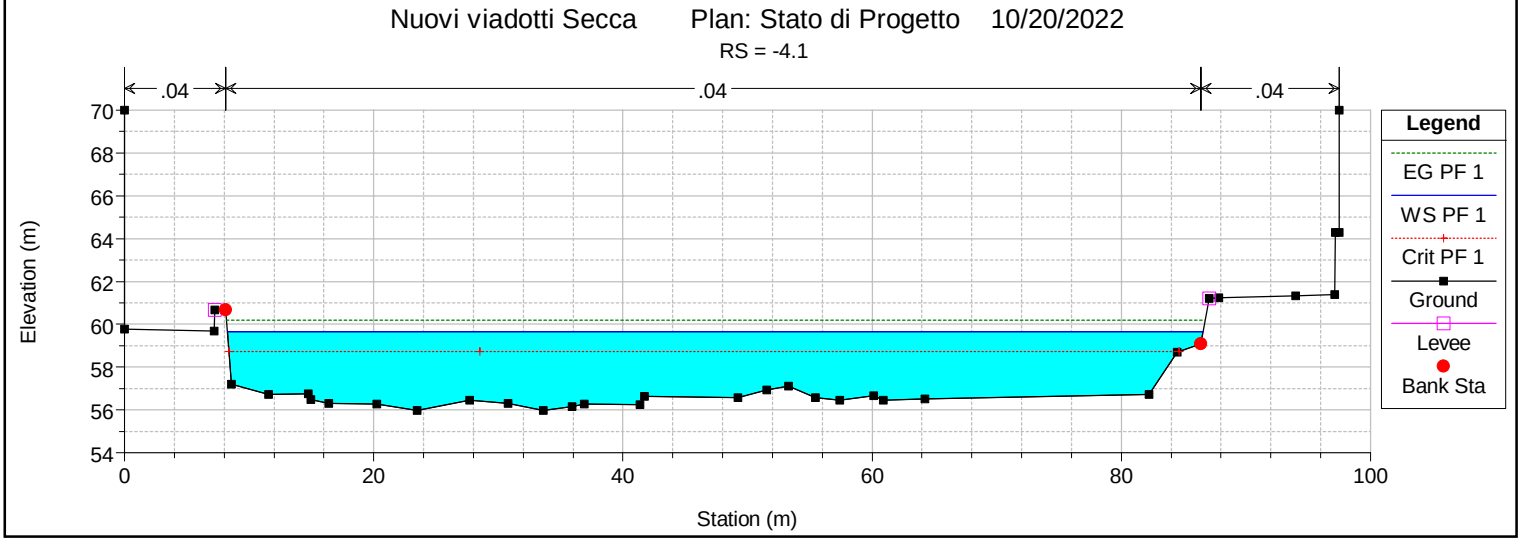
RS = -12




Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022
RS = -1
.04
.04
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta

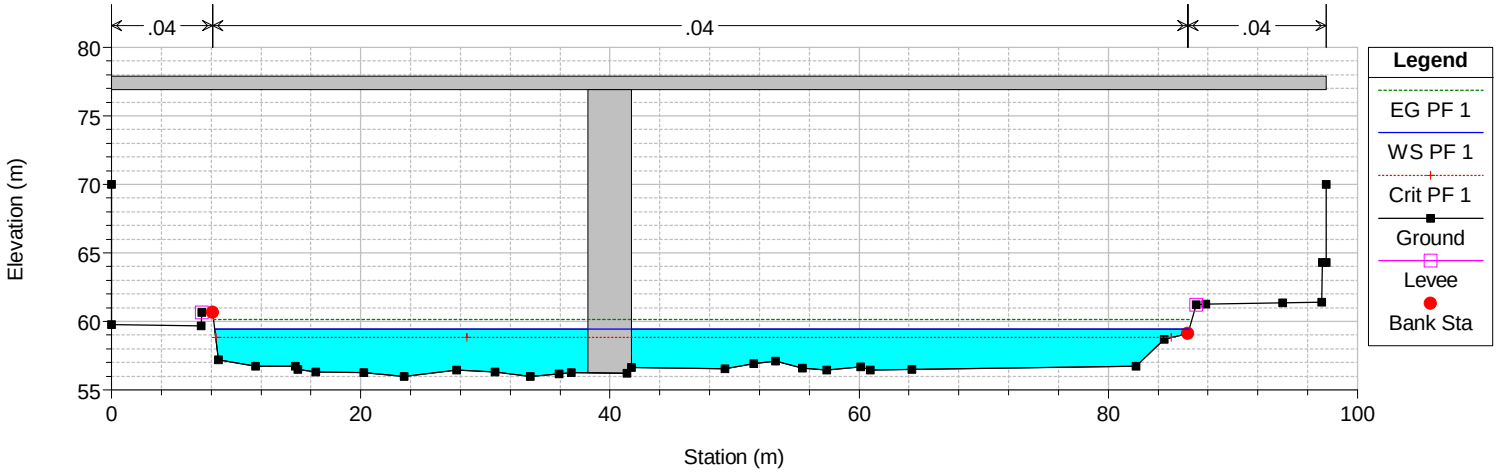

Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022
RS = -2
.04
.04
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta


Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022
RS = -3
.04
.04
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta


Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022
RS = -4.1
.04
.04
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta

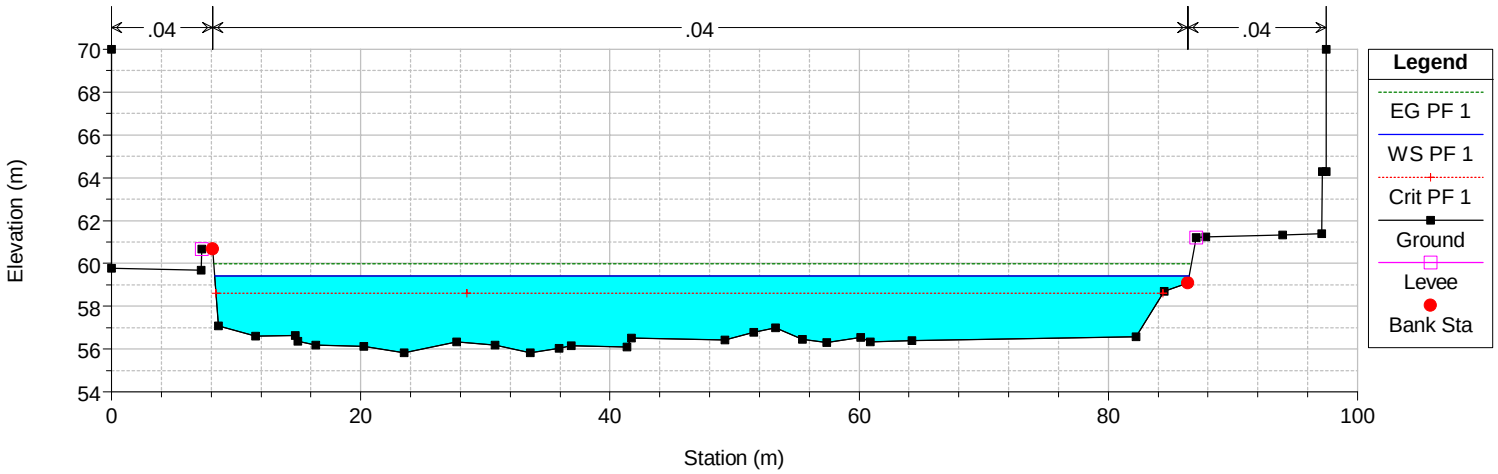
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -4.15 BR Viadotto Secca Nord di progetto



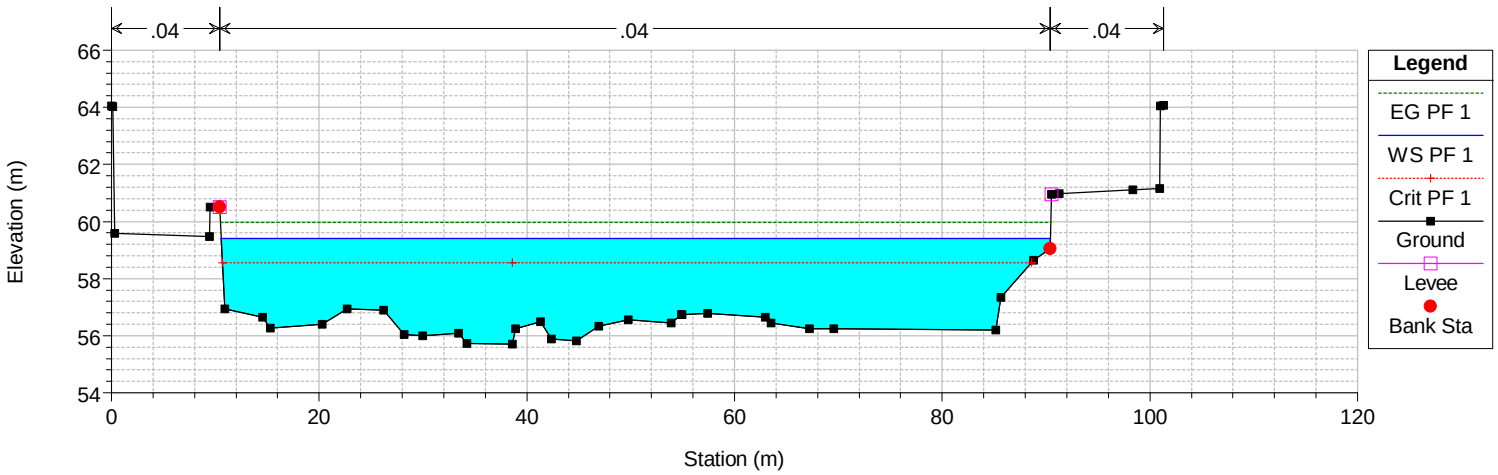
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -4.2



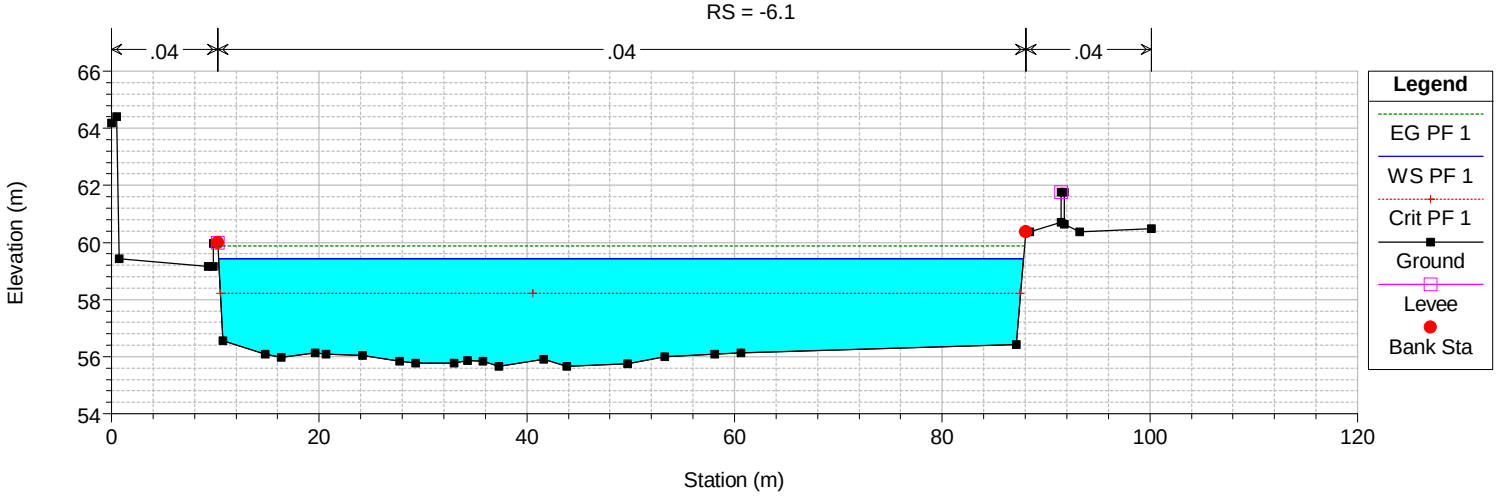
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -5



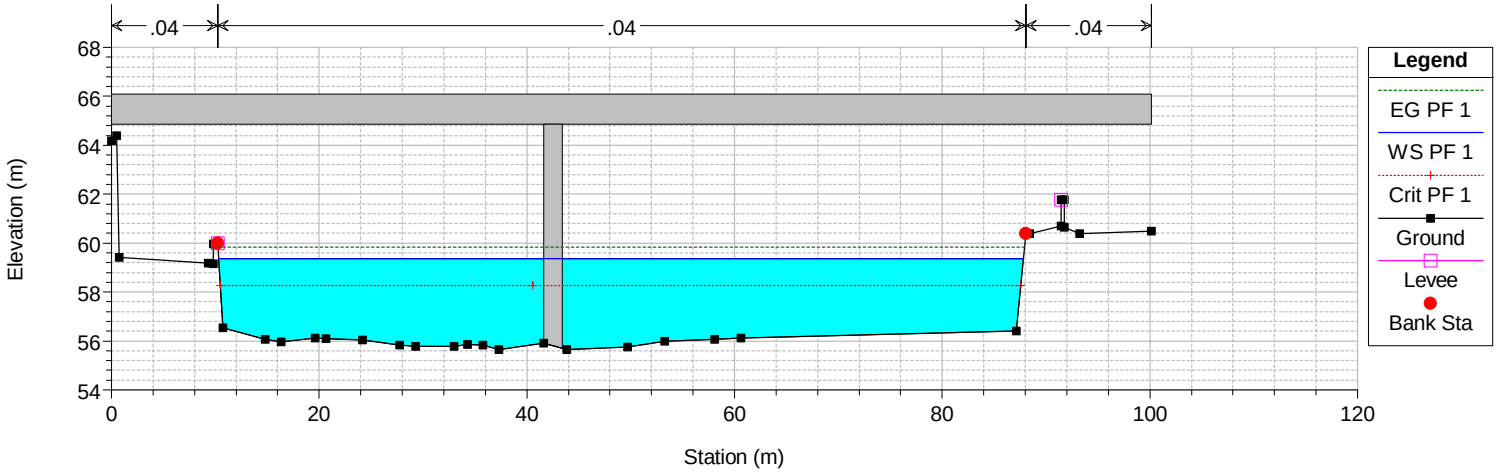
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -6.1



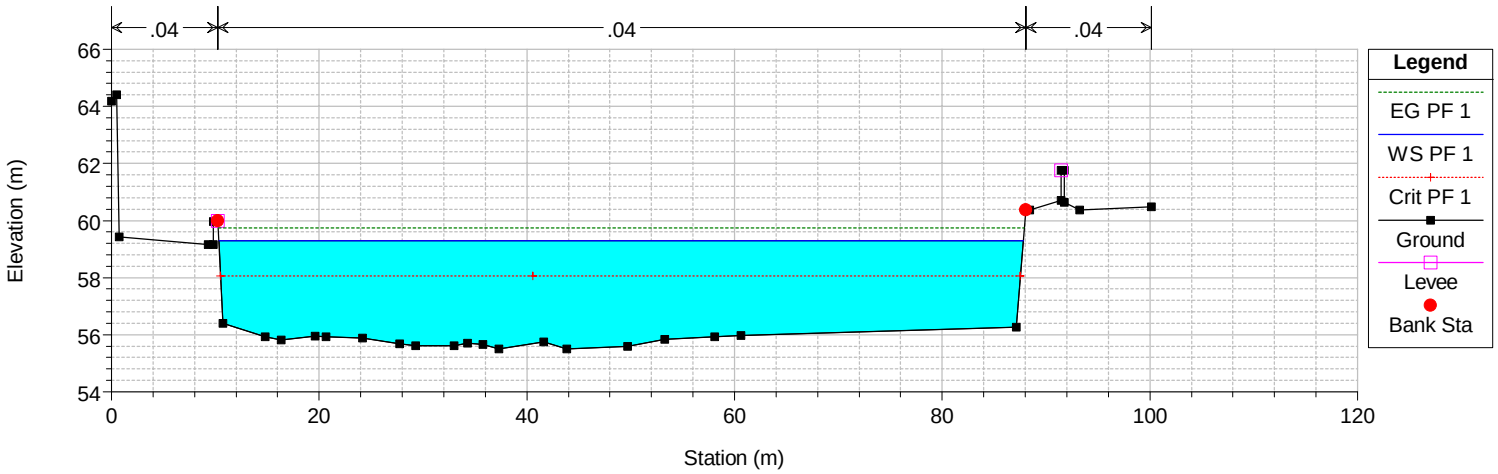
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -6.15 BR Viadotto Secca Sud di progetto



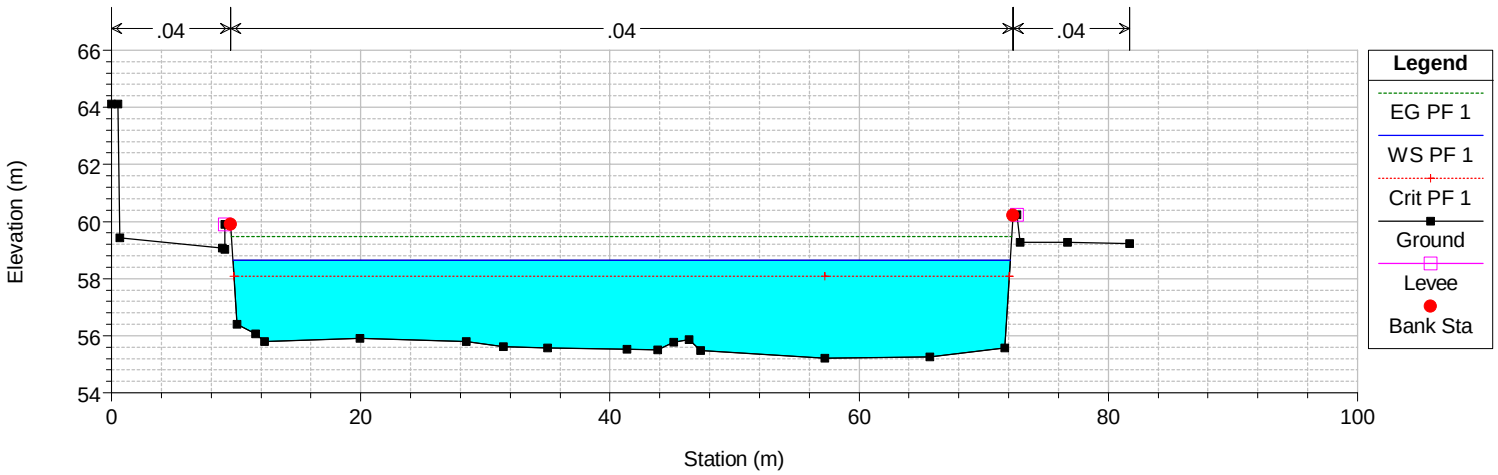
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -6.2



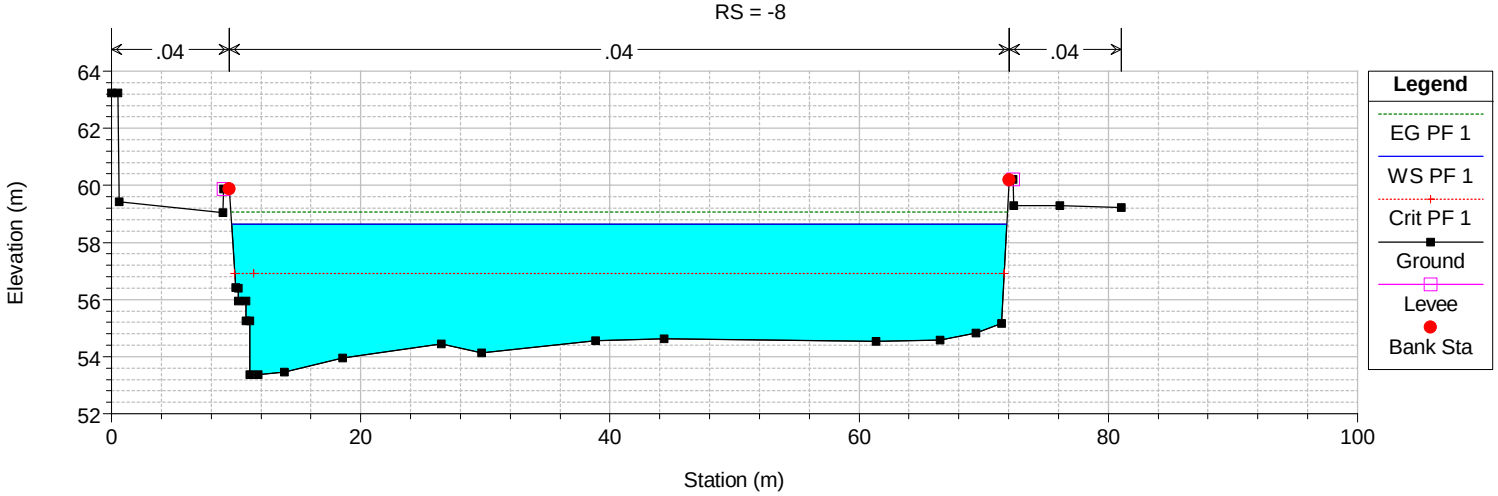
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -7



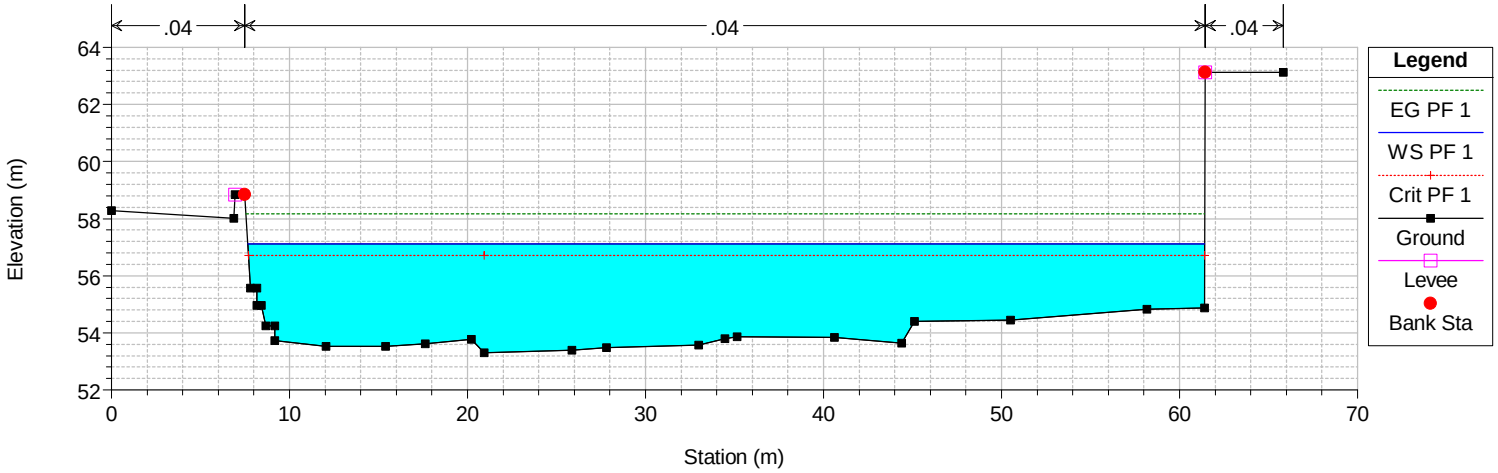
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -8



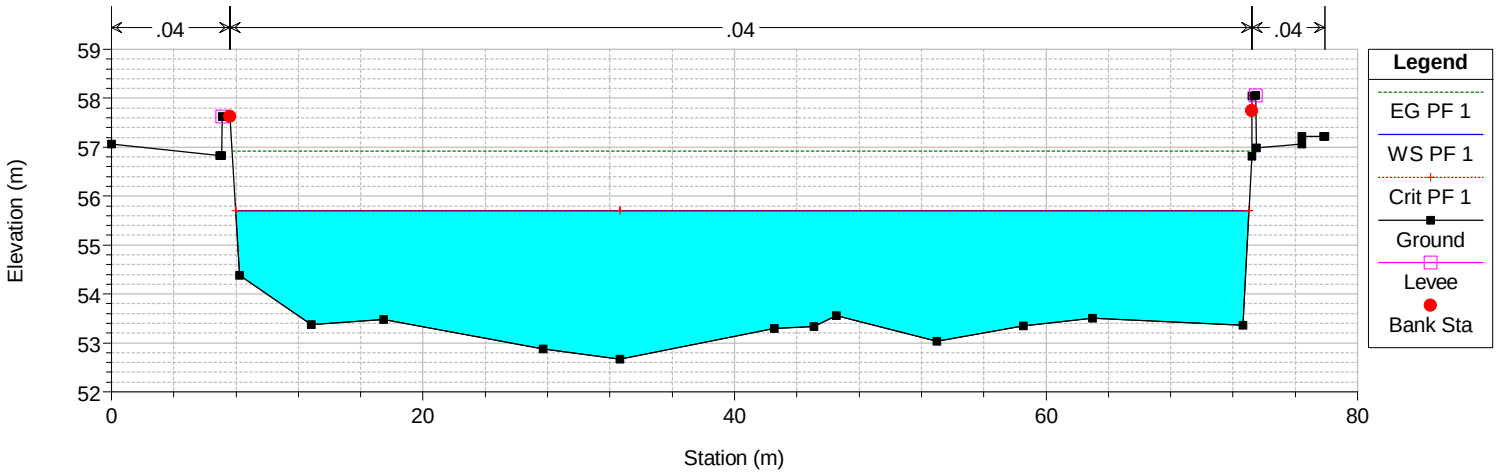
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -9



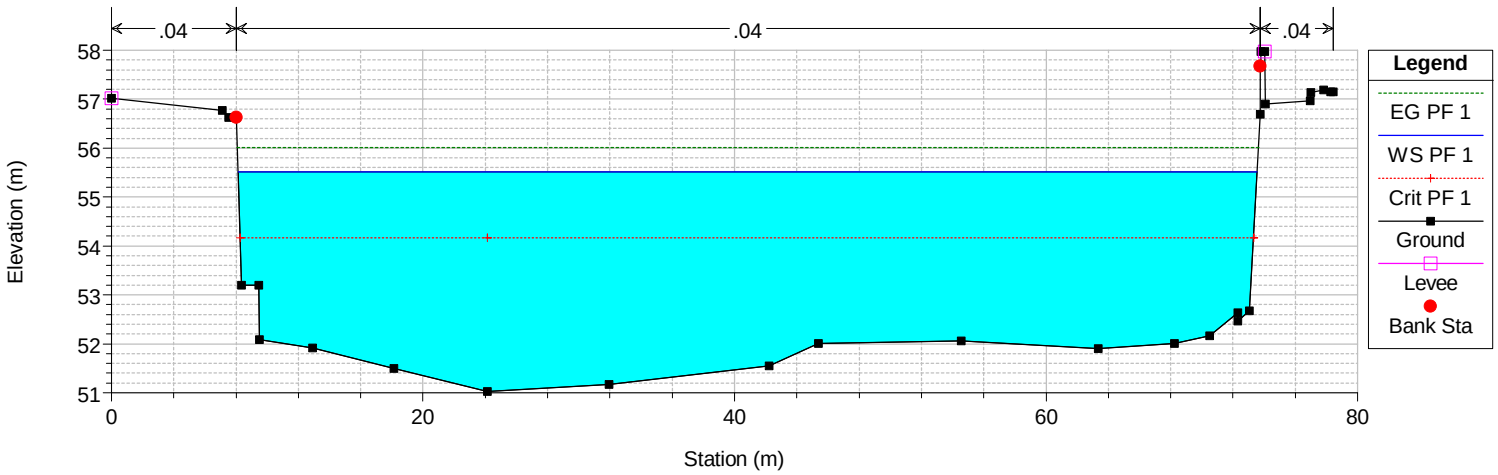
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

RS = -10



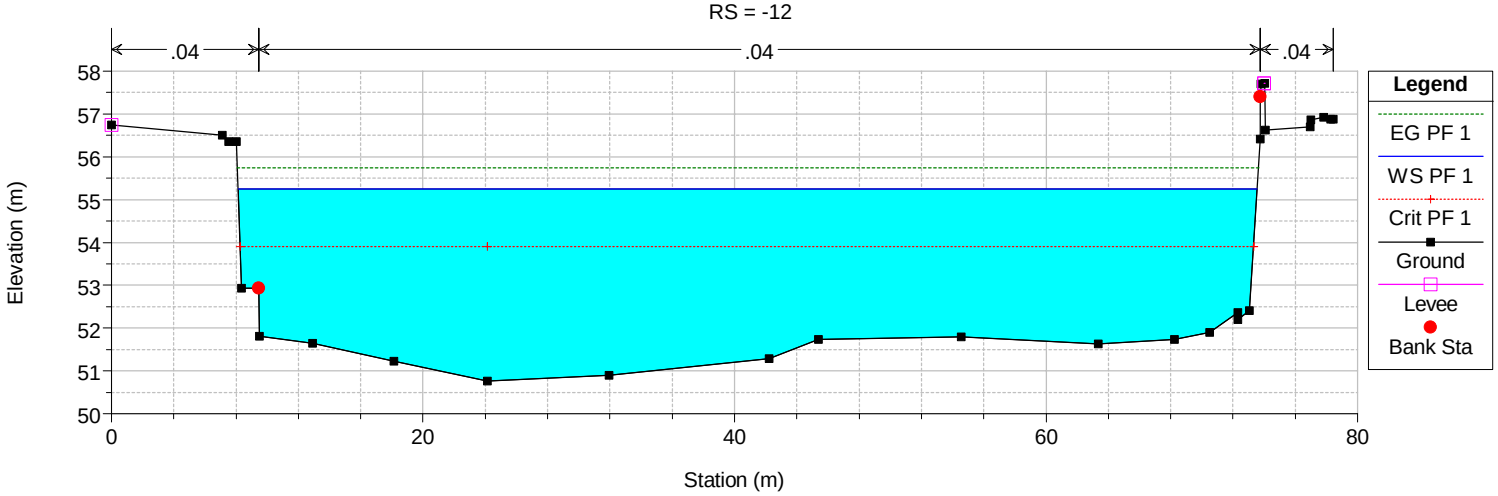
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

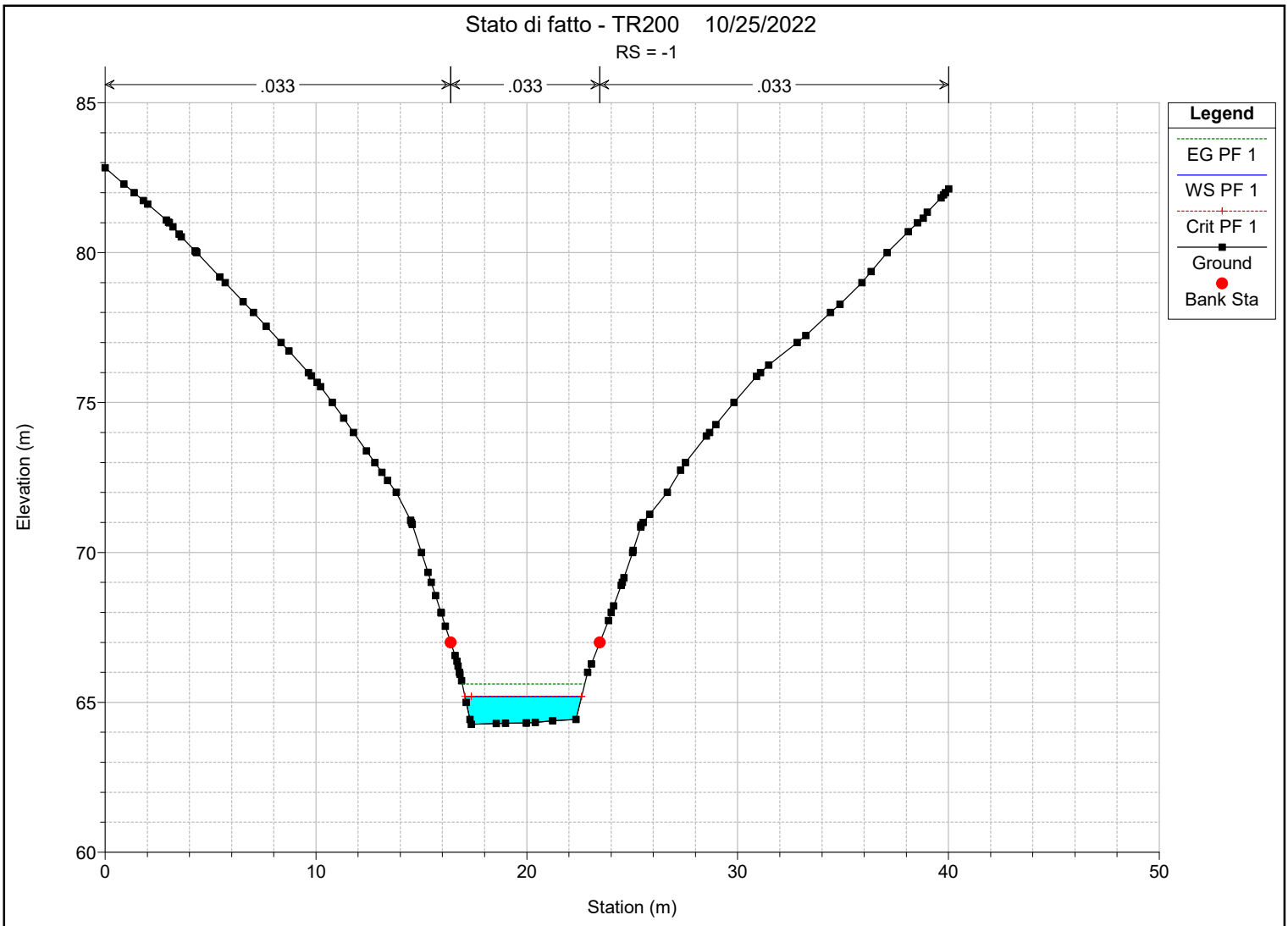
RS = -11

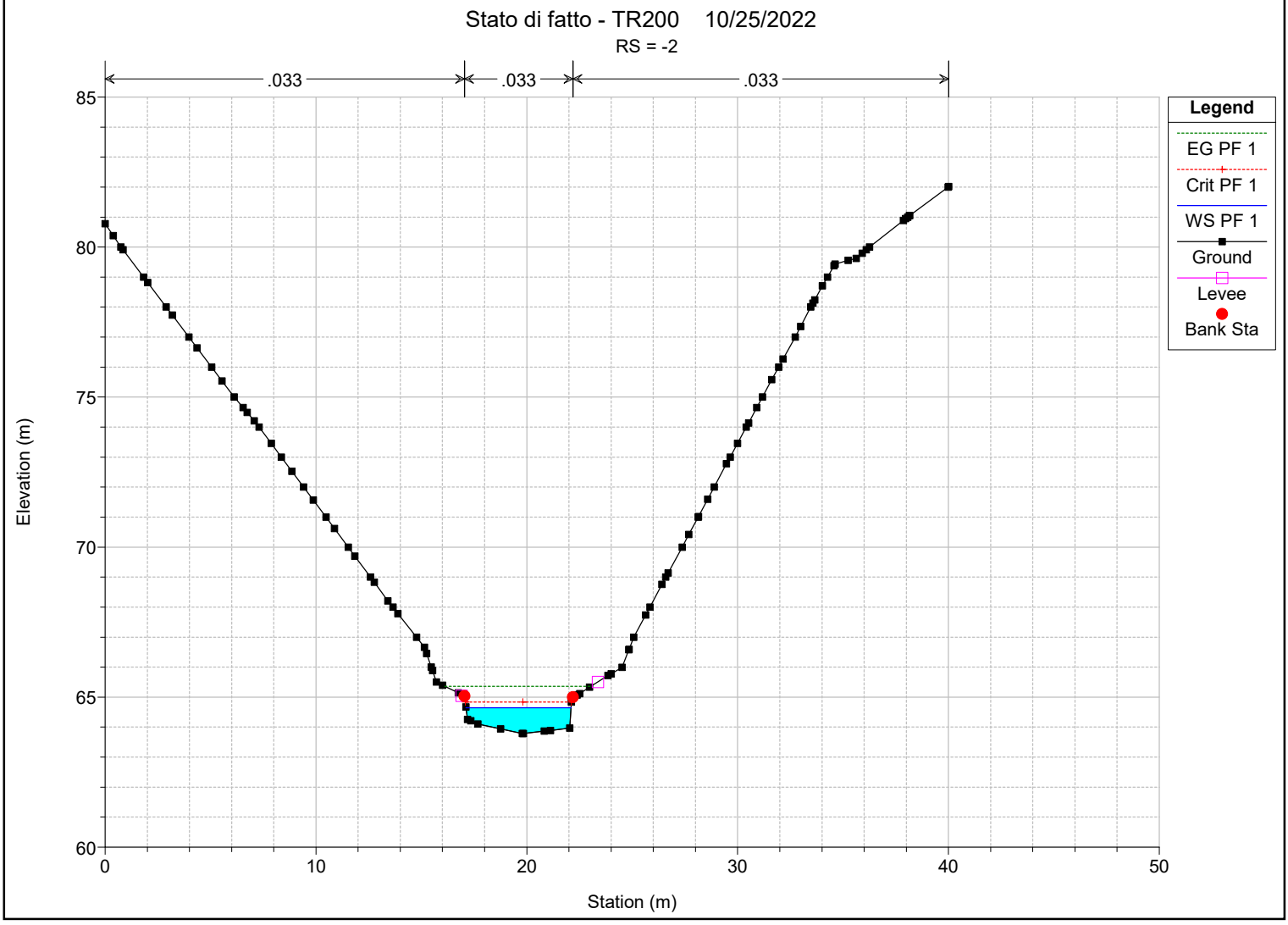


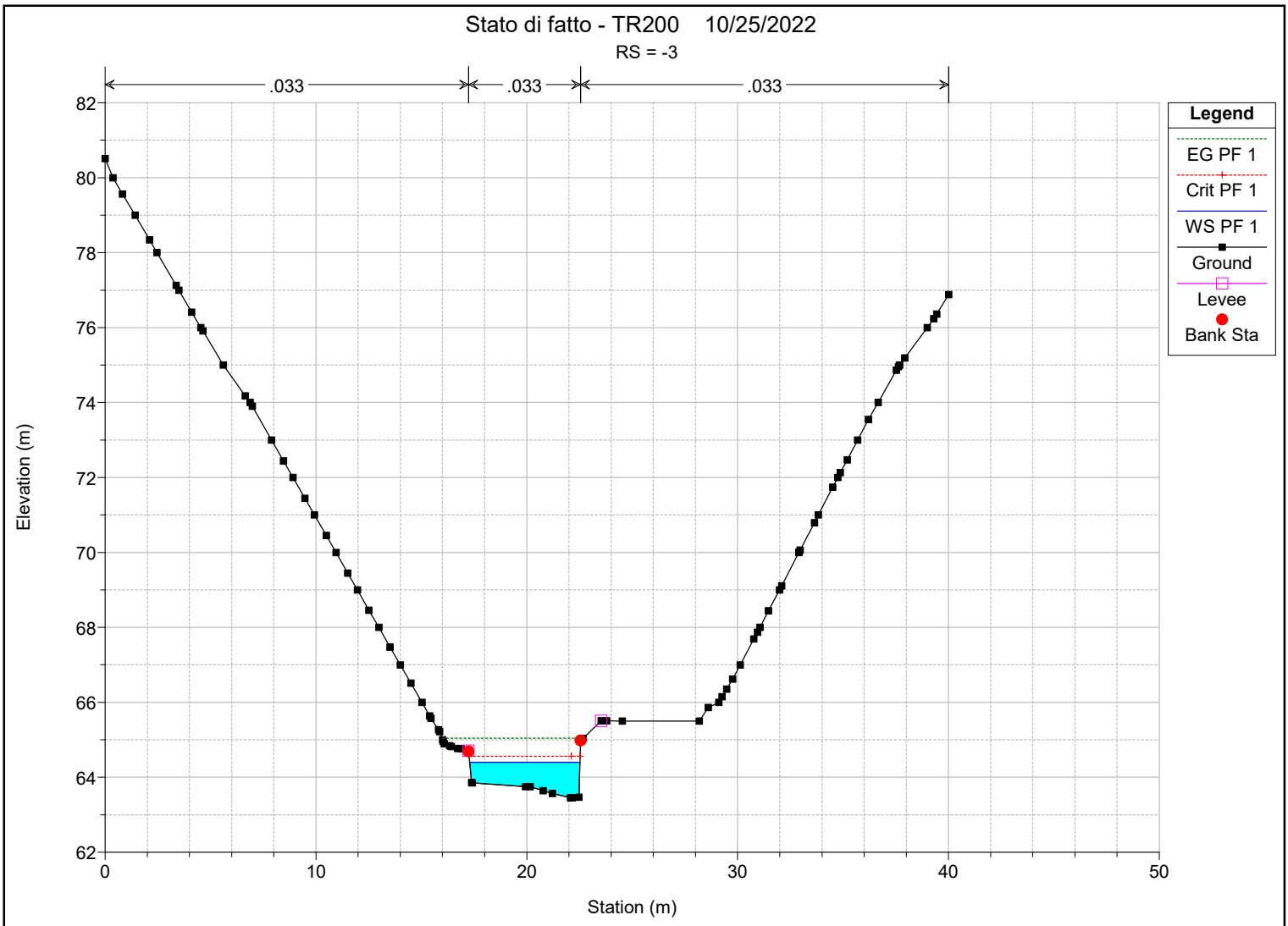
Nuovi viadotti Secca Plan: Stato di Progetto 10/20/2022

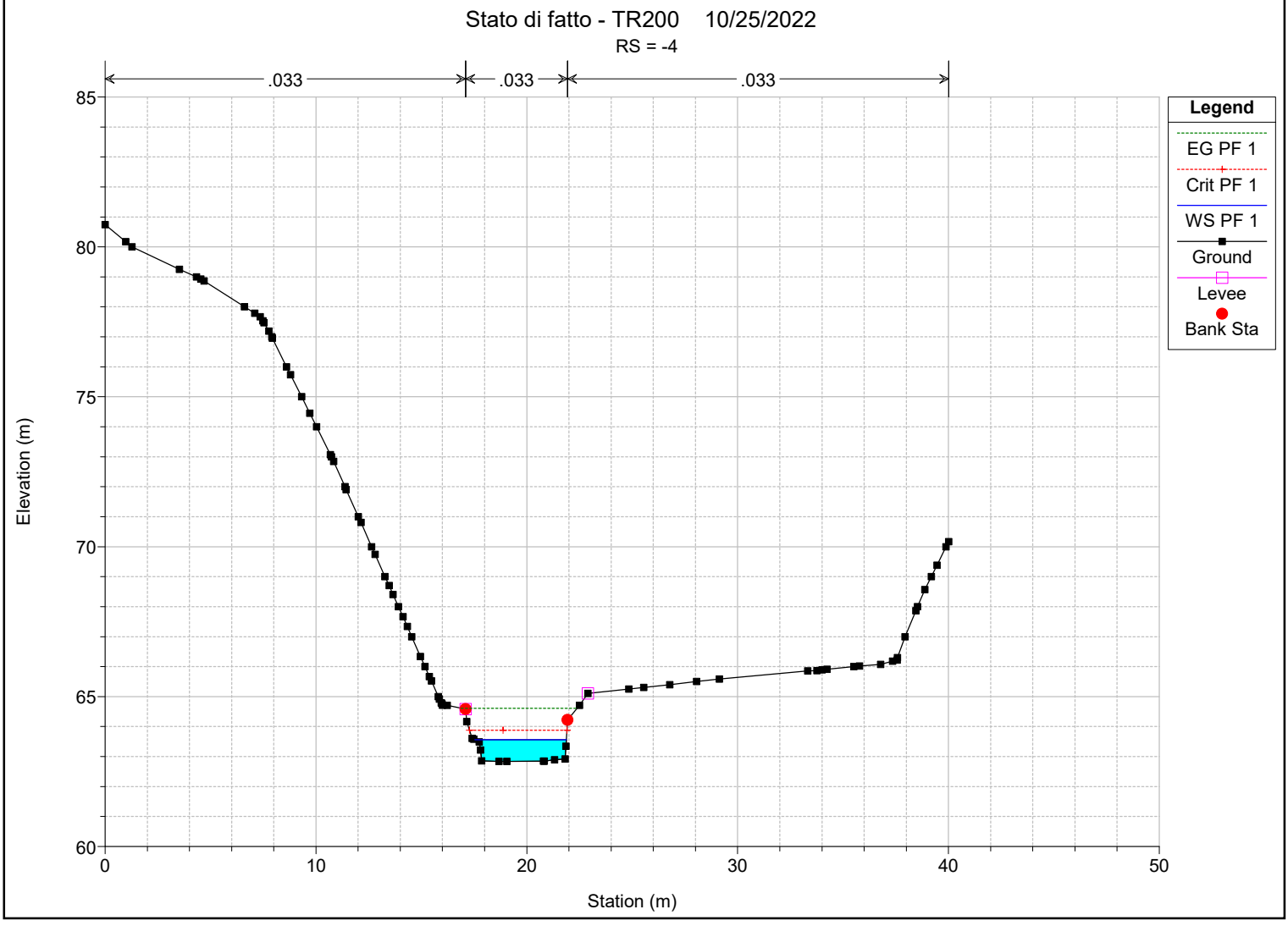
RS = -12

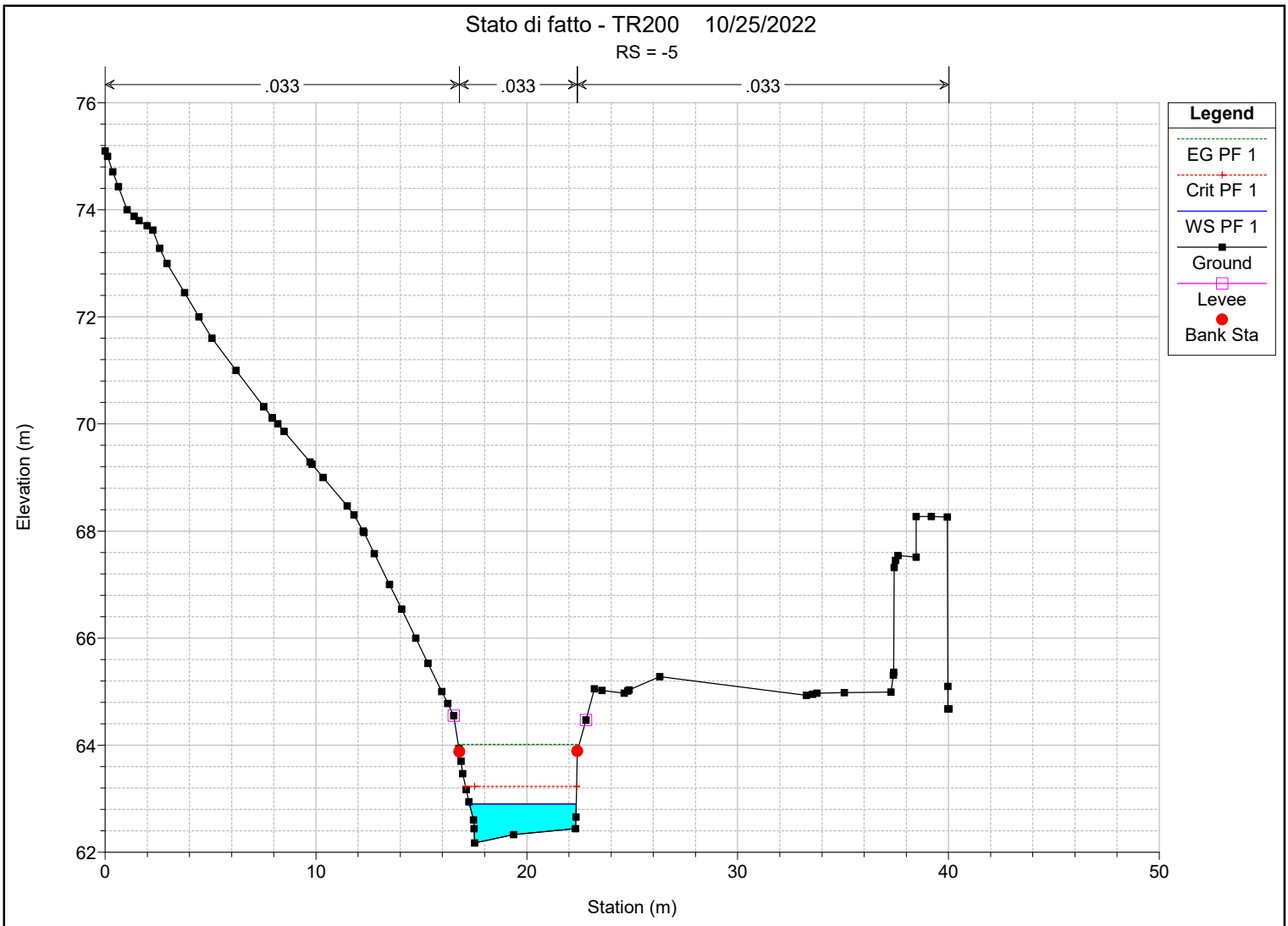


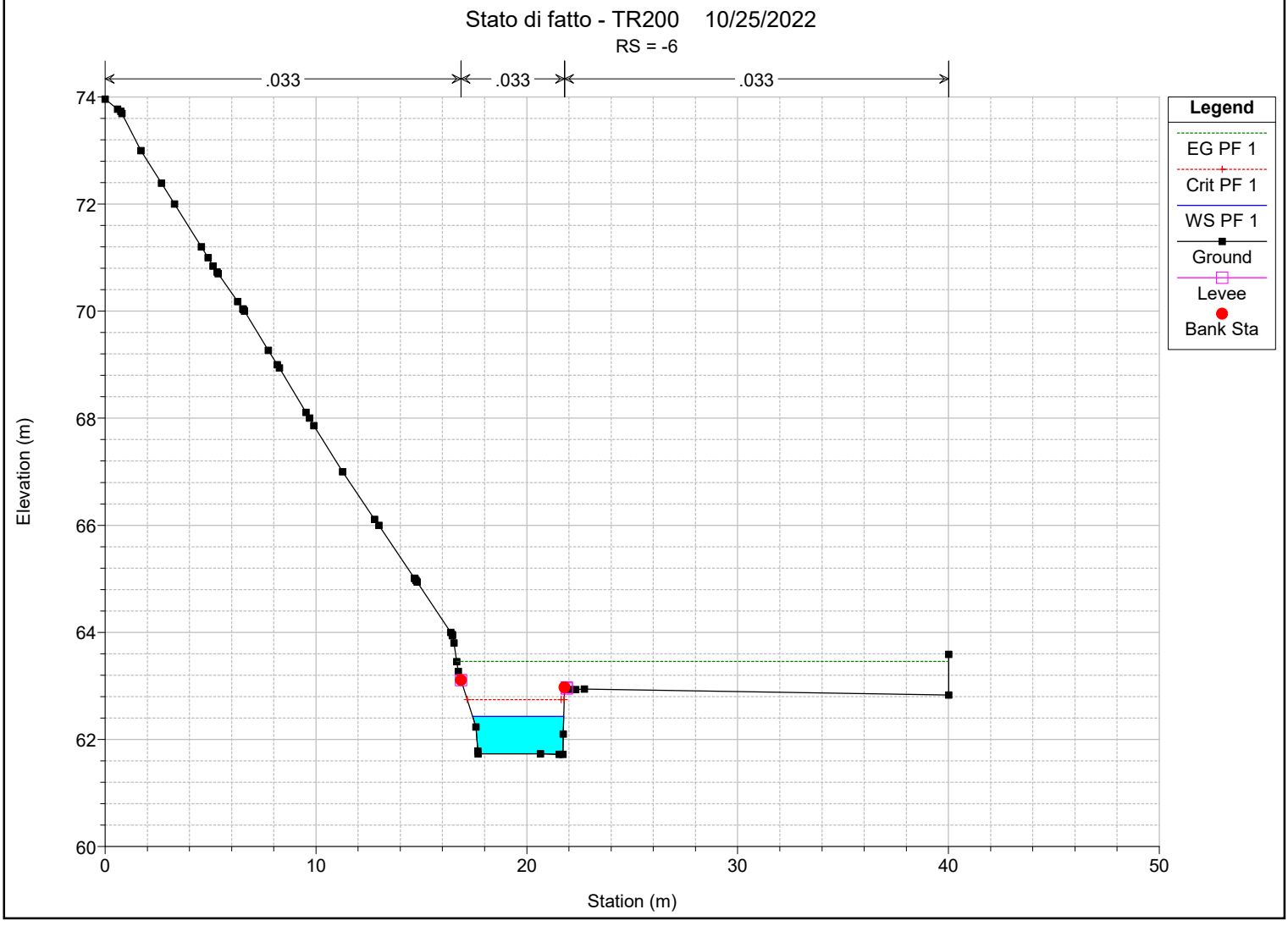

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -1
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
85
80
75
70
65
60
0
10
20
30
40
50

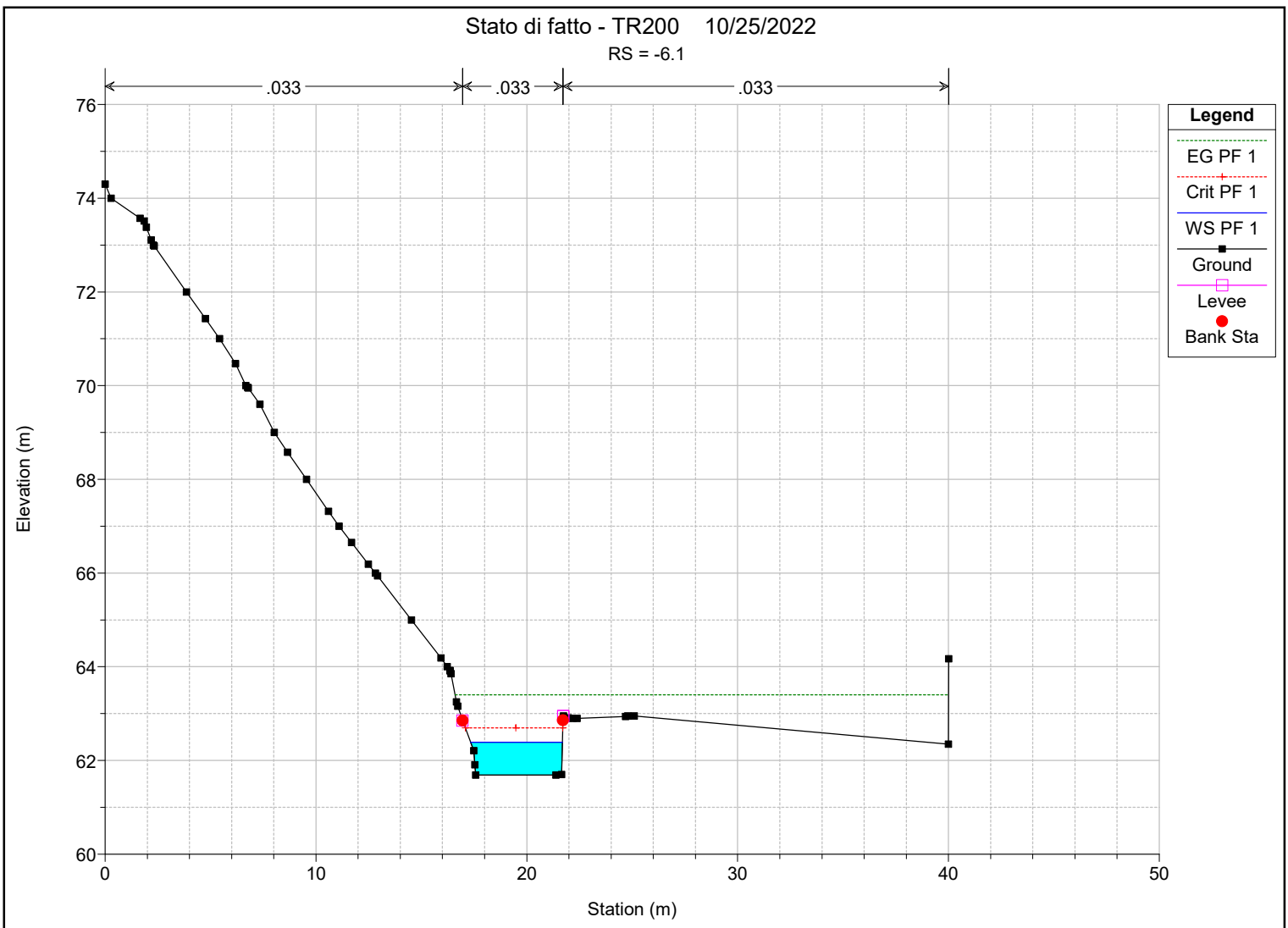

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -2
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
85
80
75
70
65
60
0
10
20
30
40
50

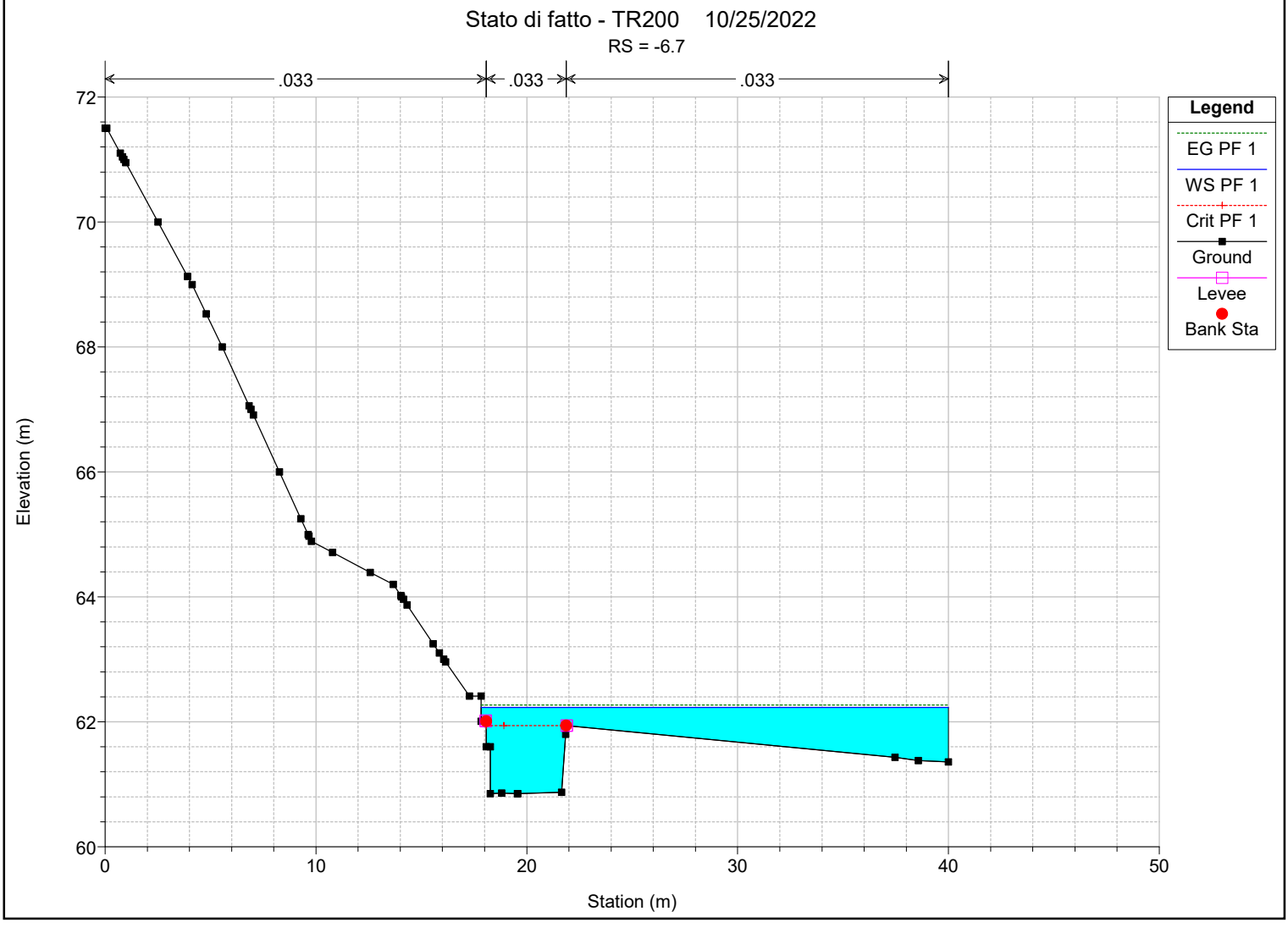

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -3
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
82
80
78
76
74
72
70
68
66
64
62
0
10
20
30
40
50

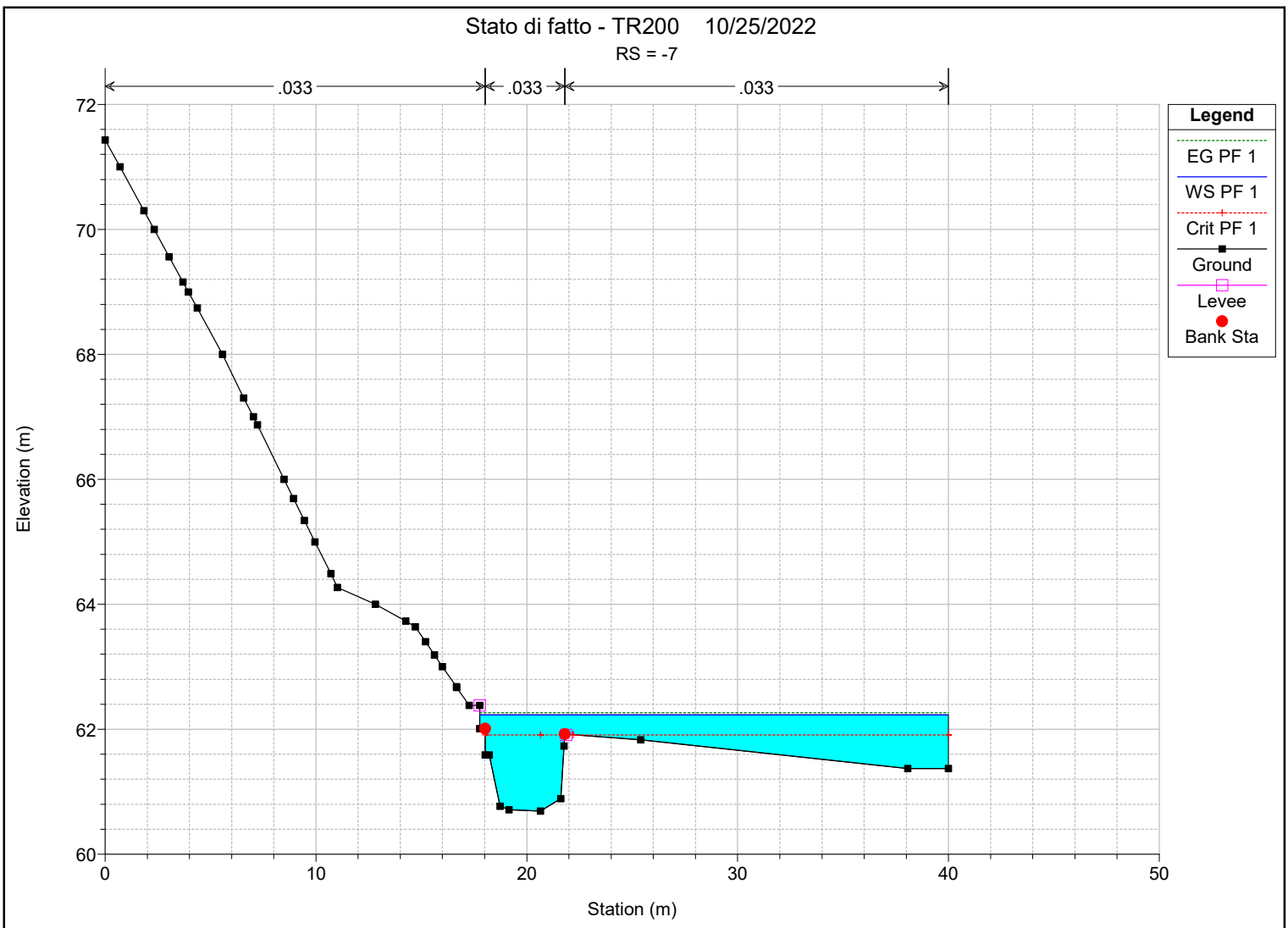

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -4
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
85
80
75
70
65
60
0
10
20
30
40
50

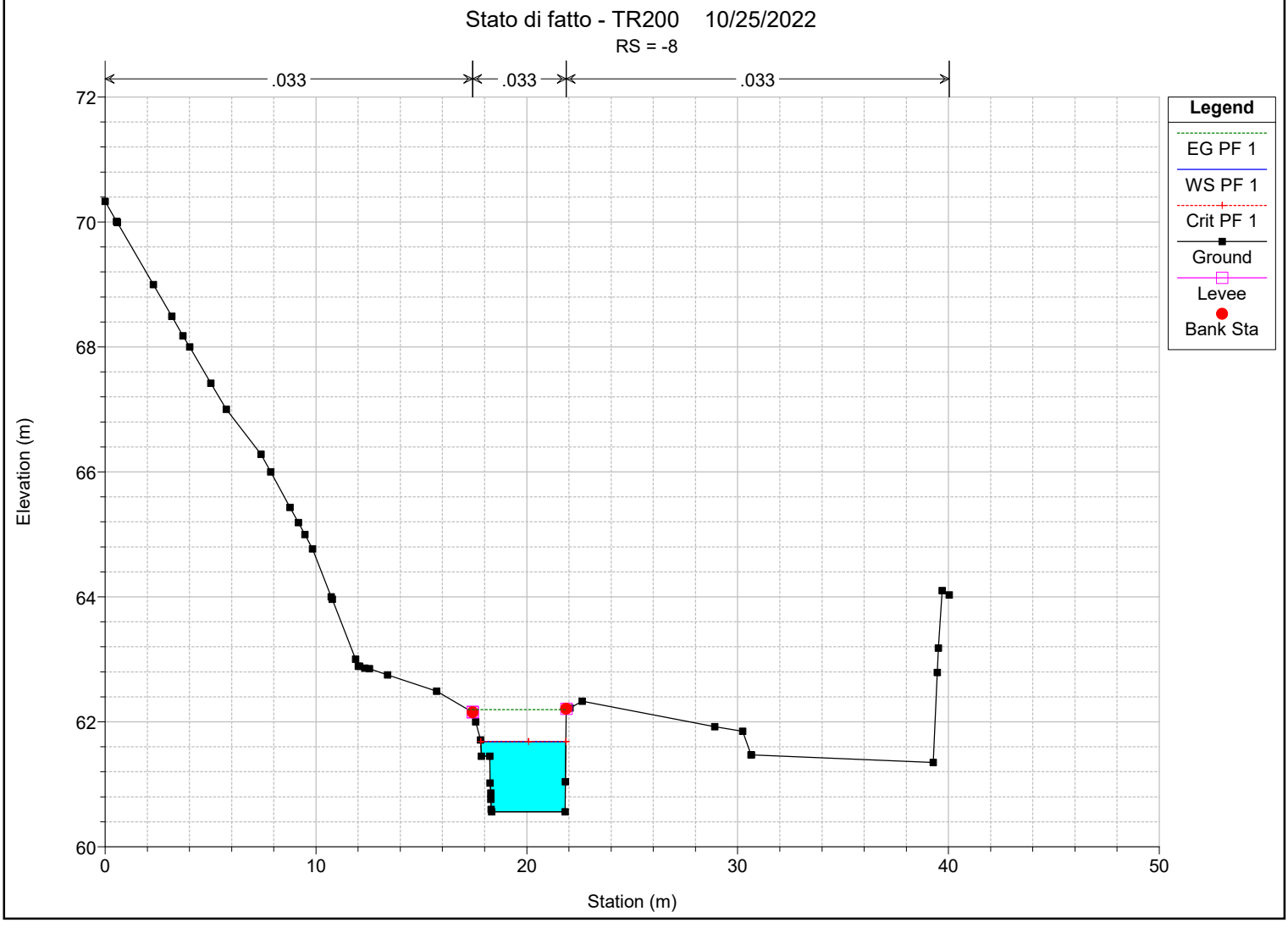

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -5
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
76
74
72
70
68
66
64
62
0
10
20
30
40
50

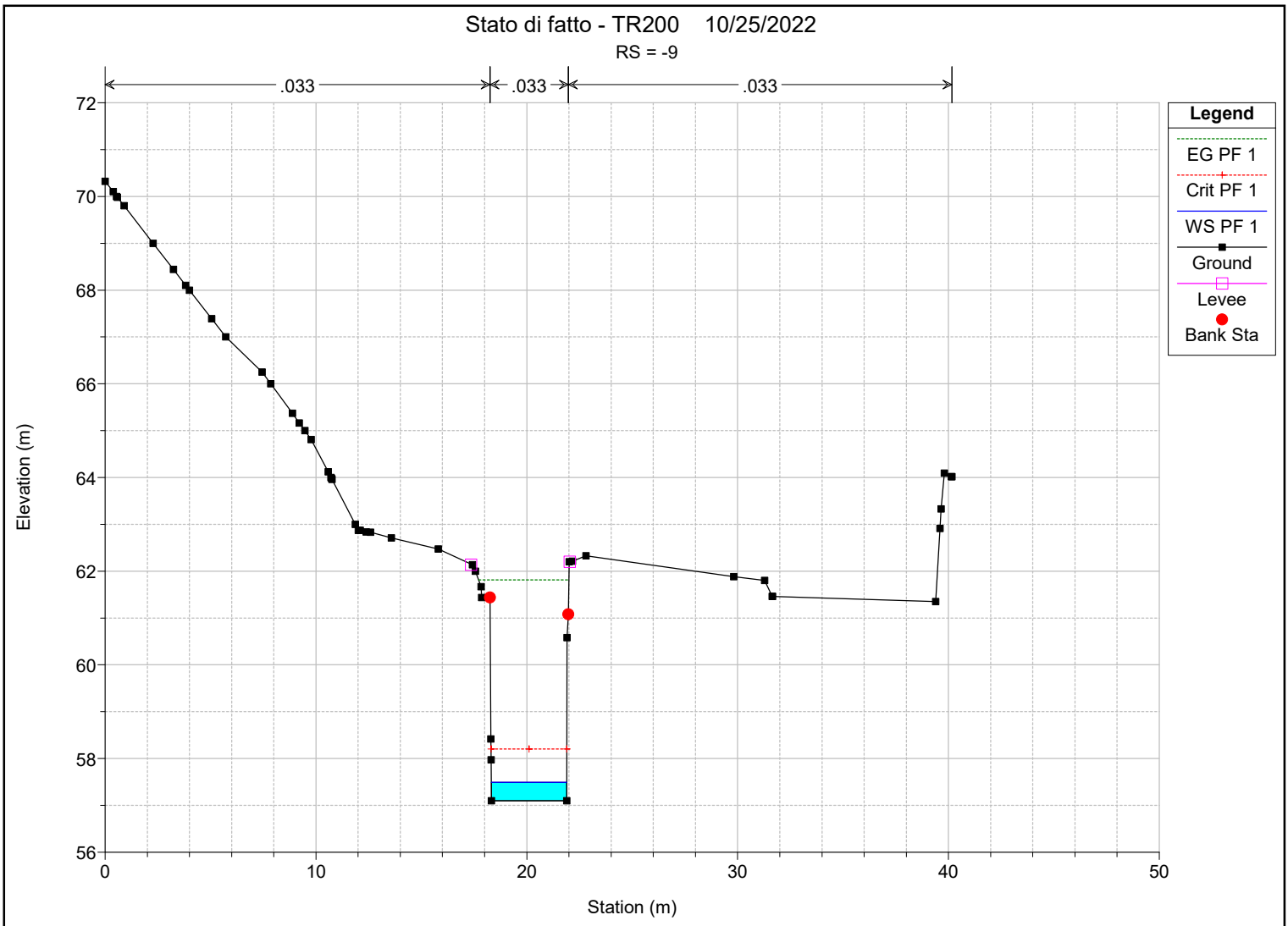

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -6
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
74
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

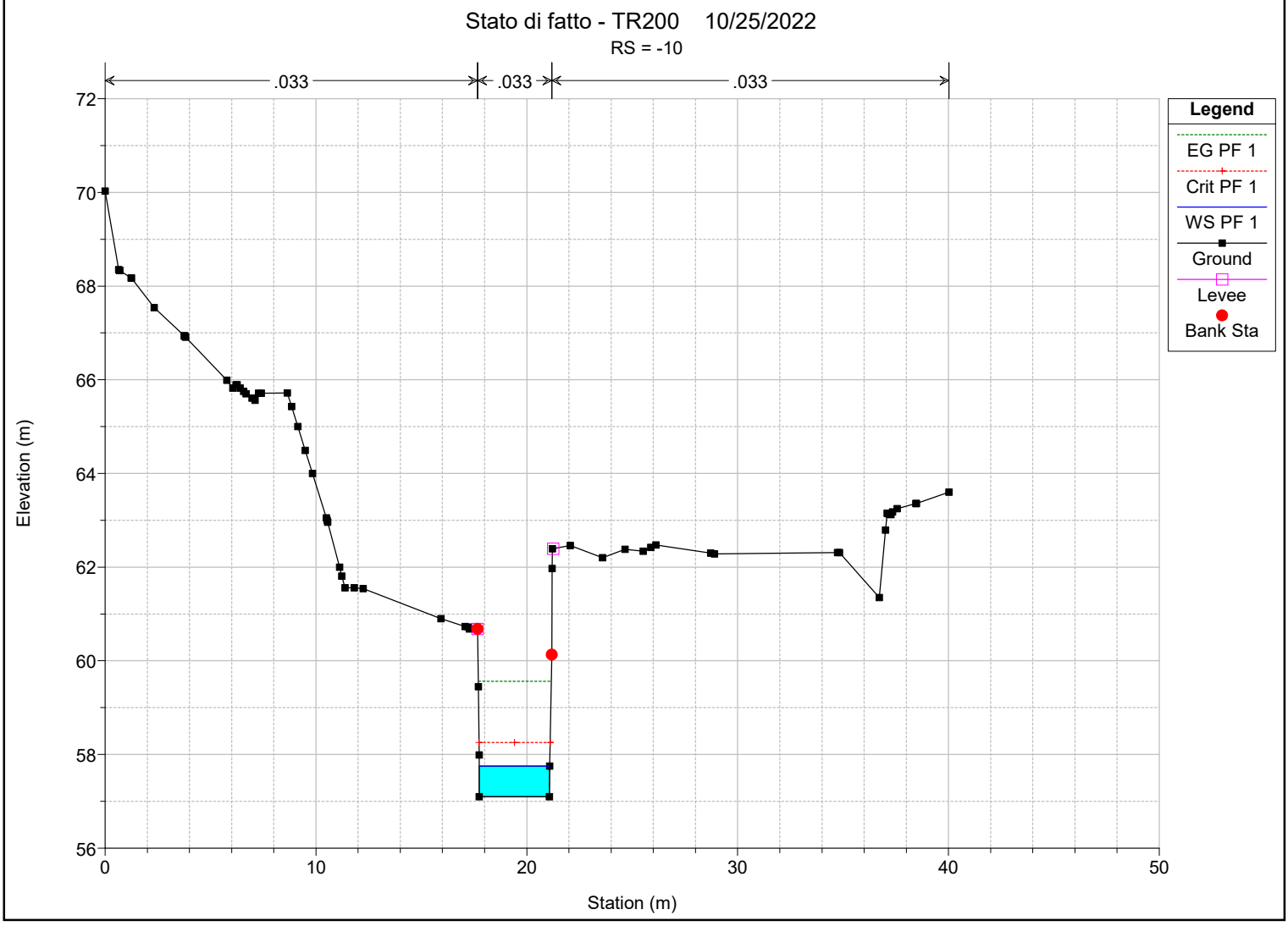

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -6.1
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
76
74
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

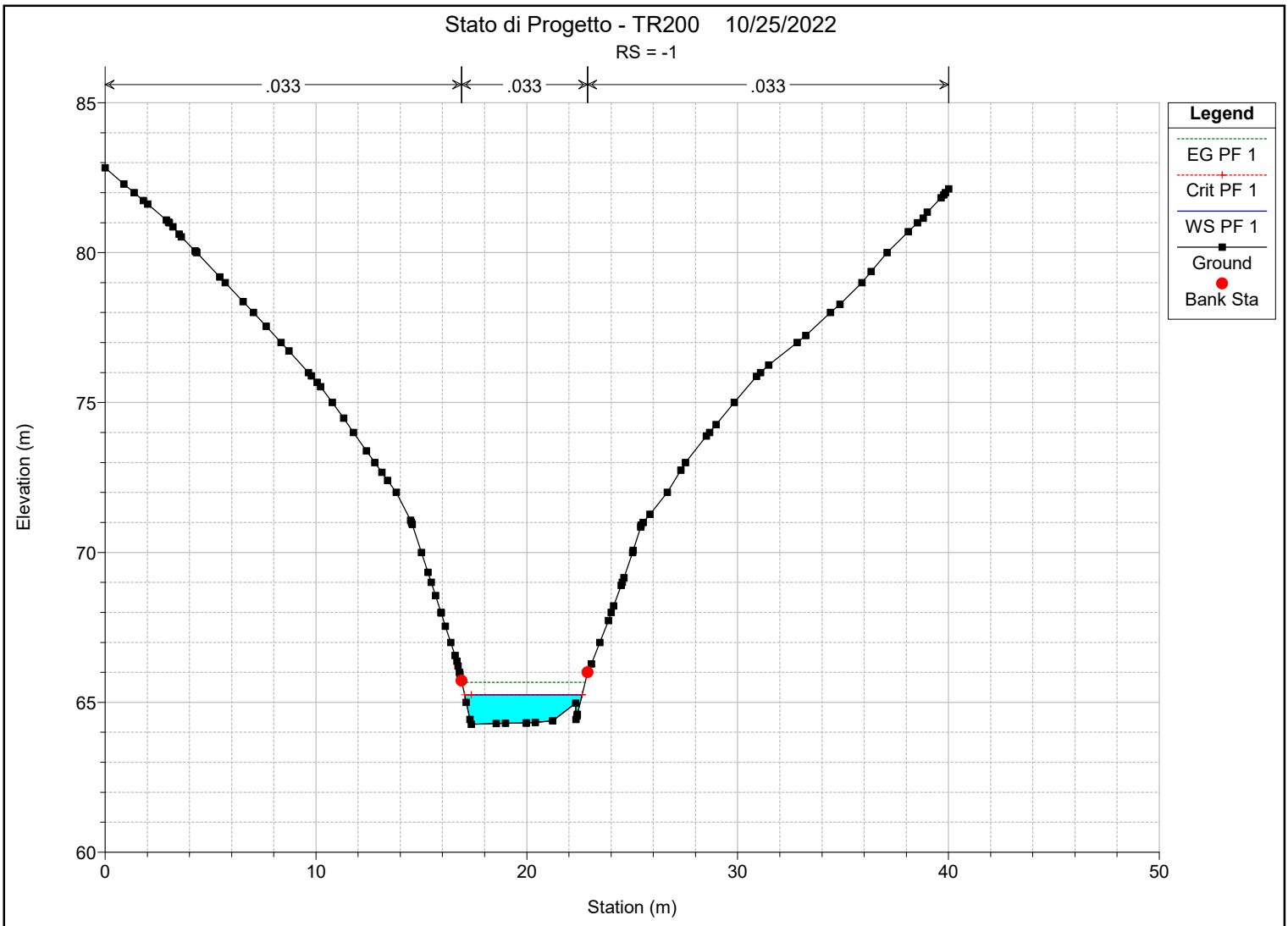

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -6.7
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

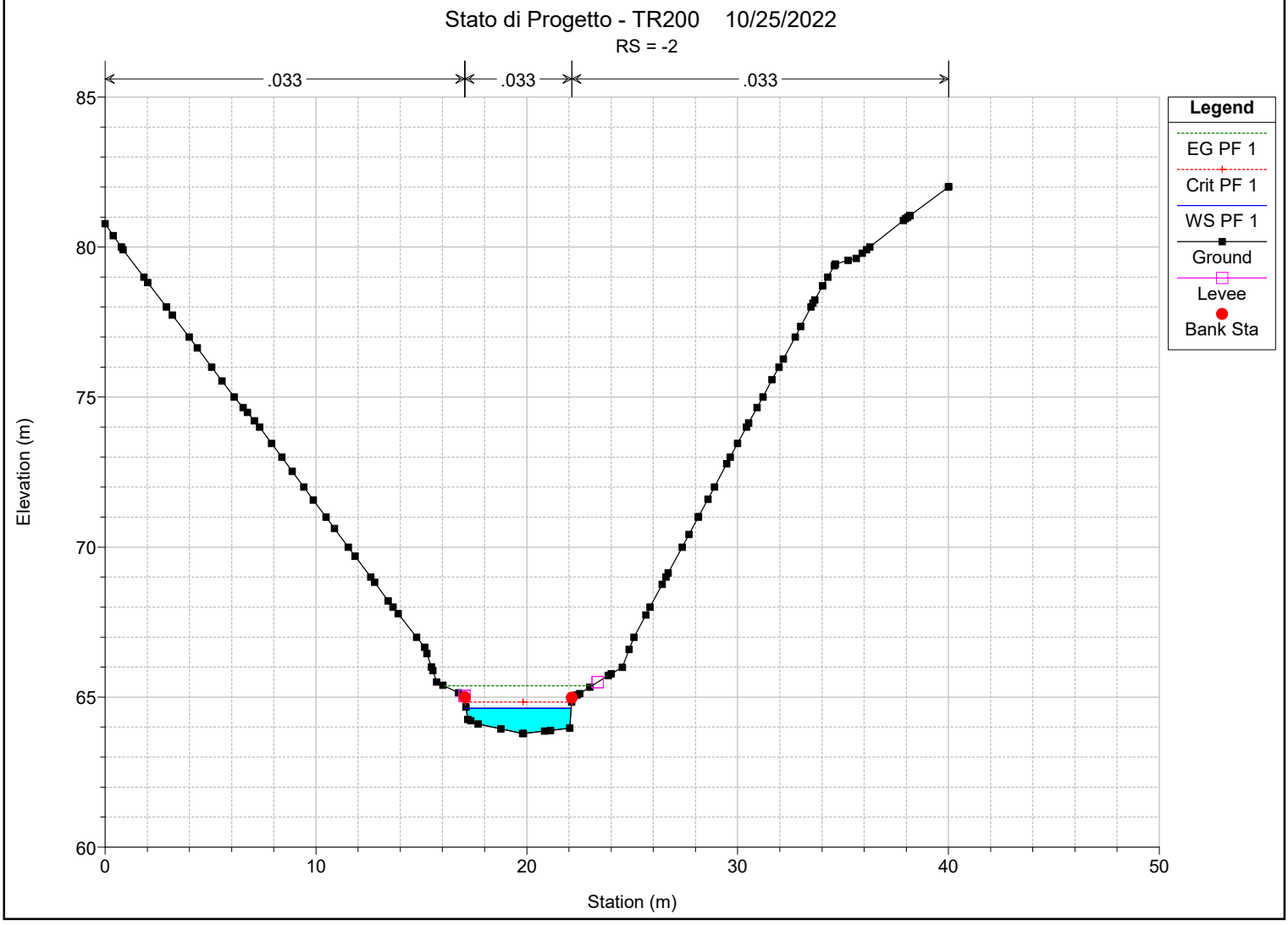

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -7
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

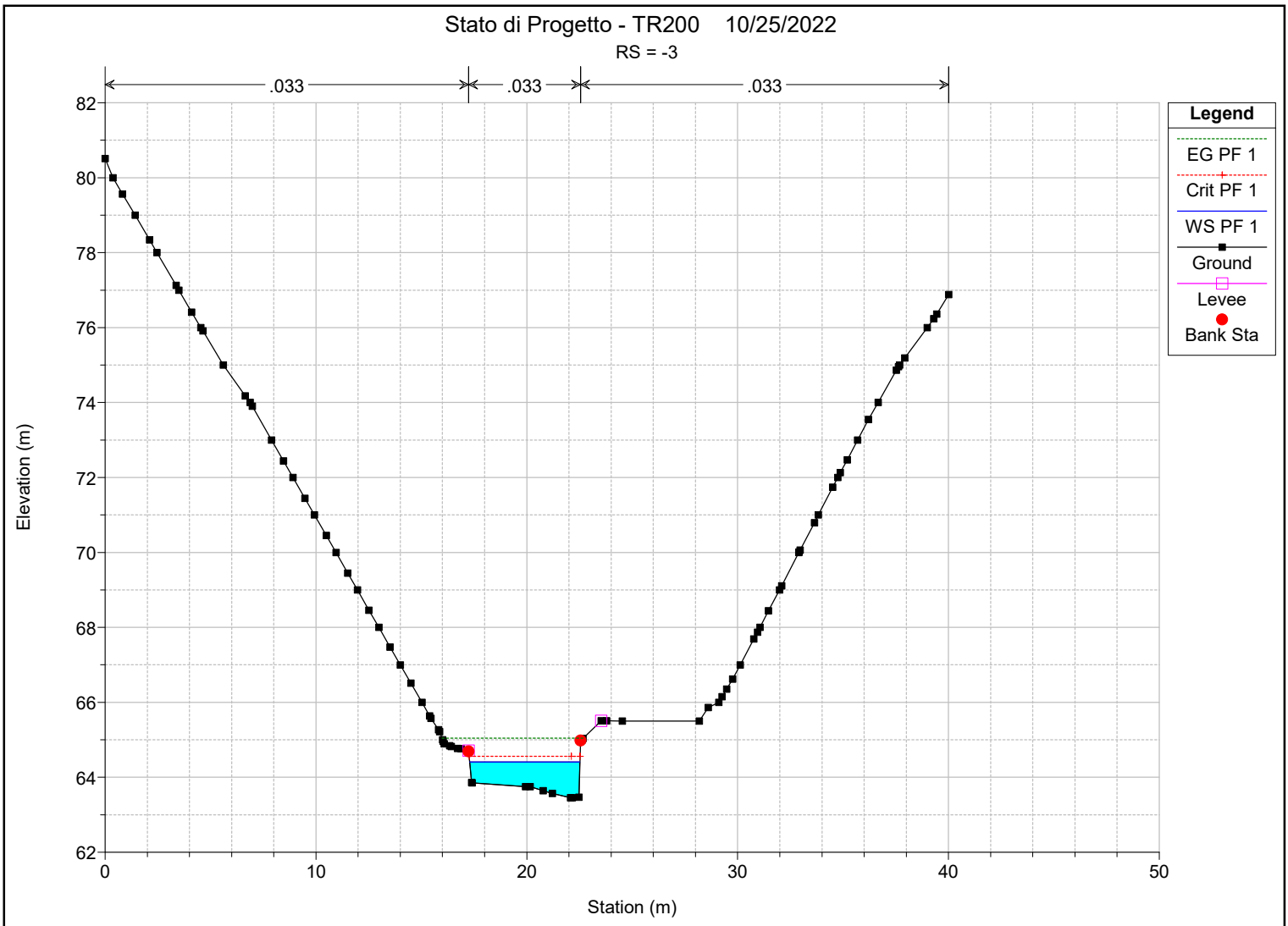

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -8
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

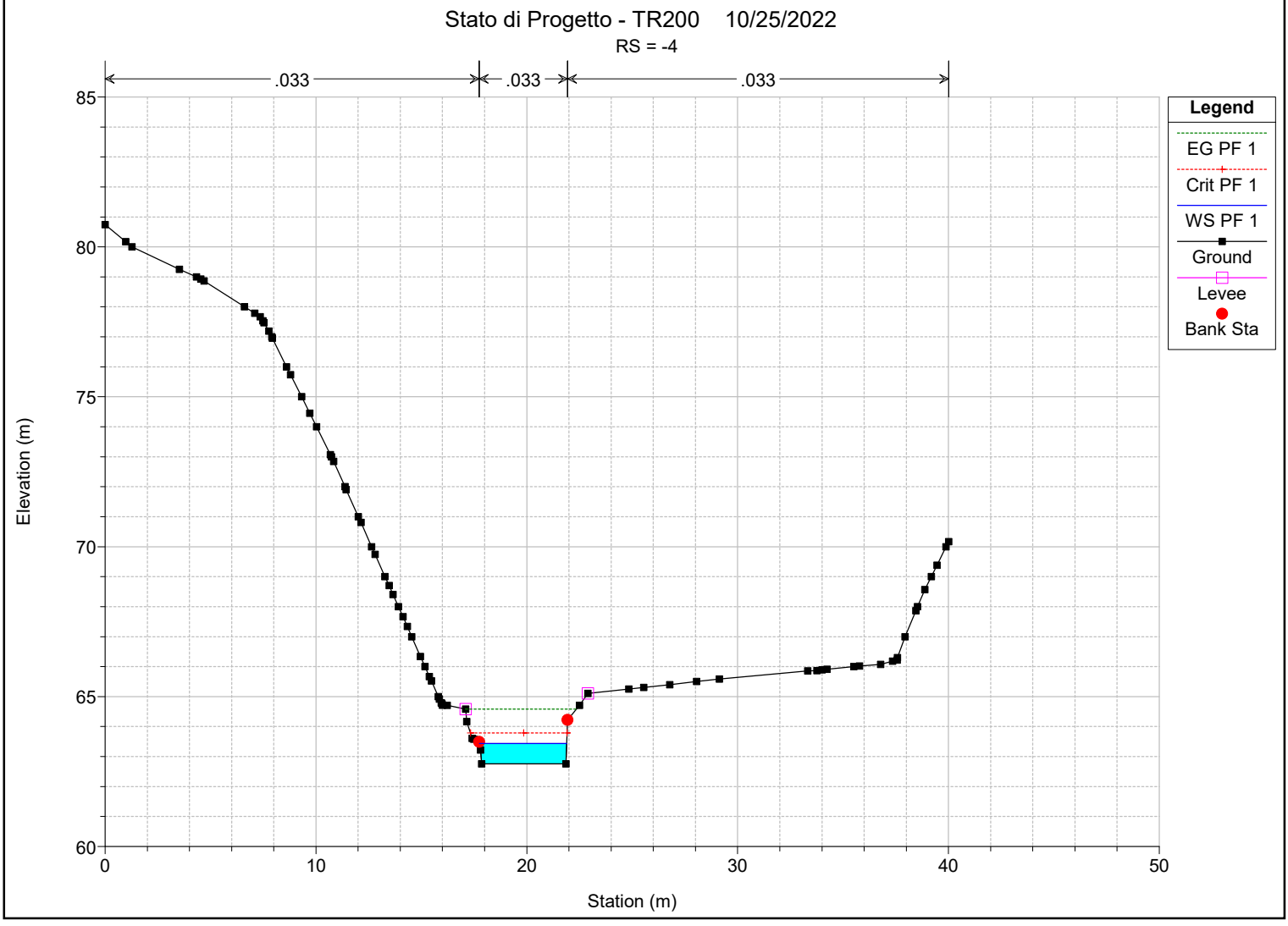

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -9
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
58
56
0
10
20
30
40
50

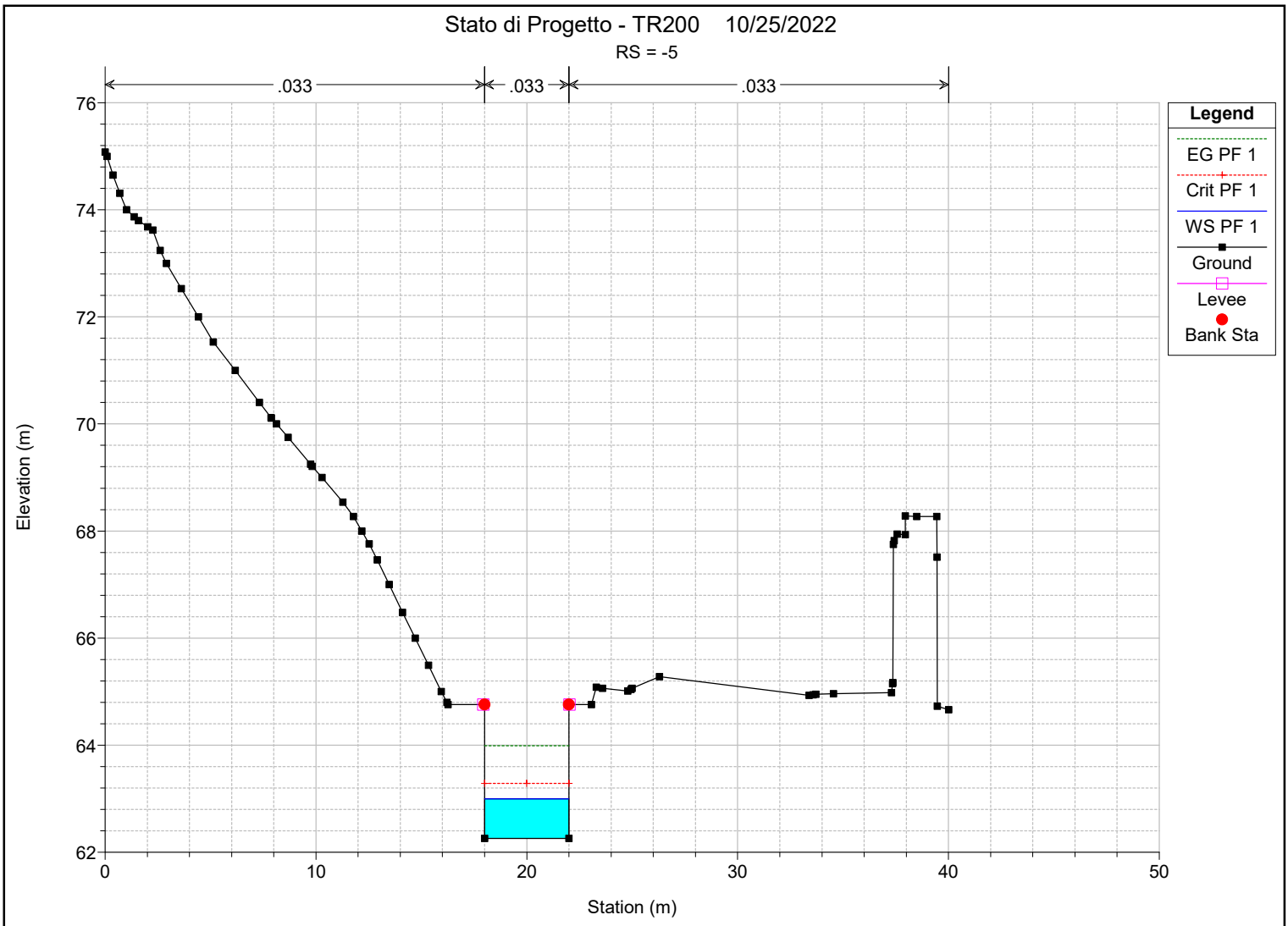

Stato di fatto - TR200 10/25/2022
RS = -10
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
58
56
0
10
20
30
40
50

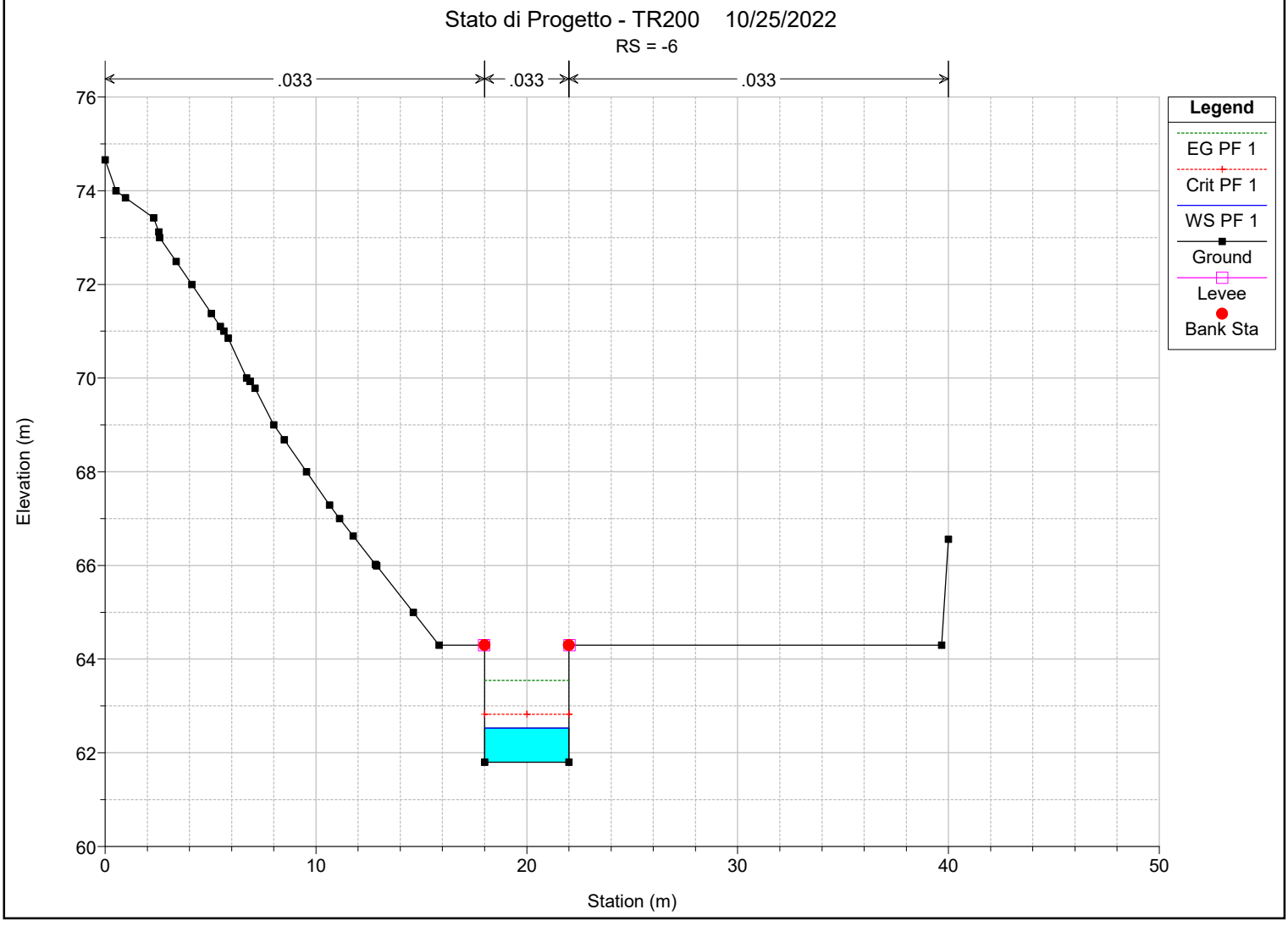

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -1
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
85
80
75
70
65
60
0
10
20
30
40
50

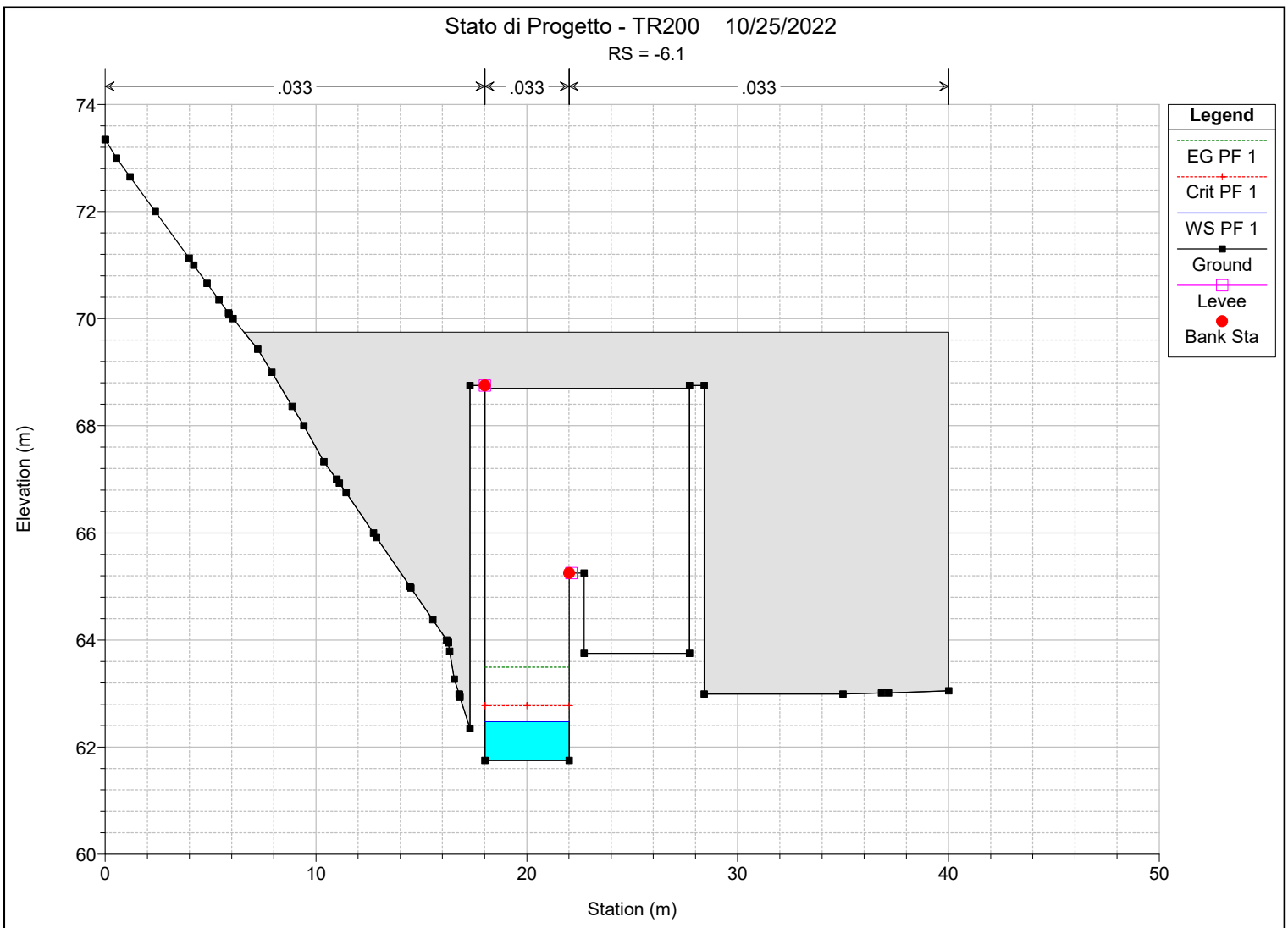

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -2
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
85
80
75
70
65
60
0
10
20
30
40
50

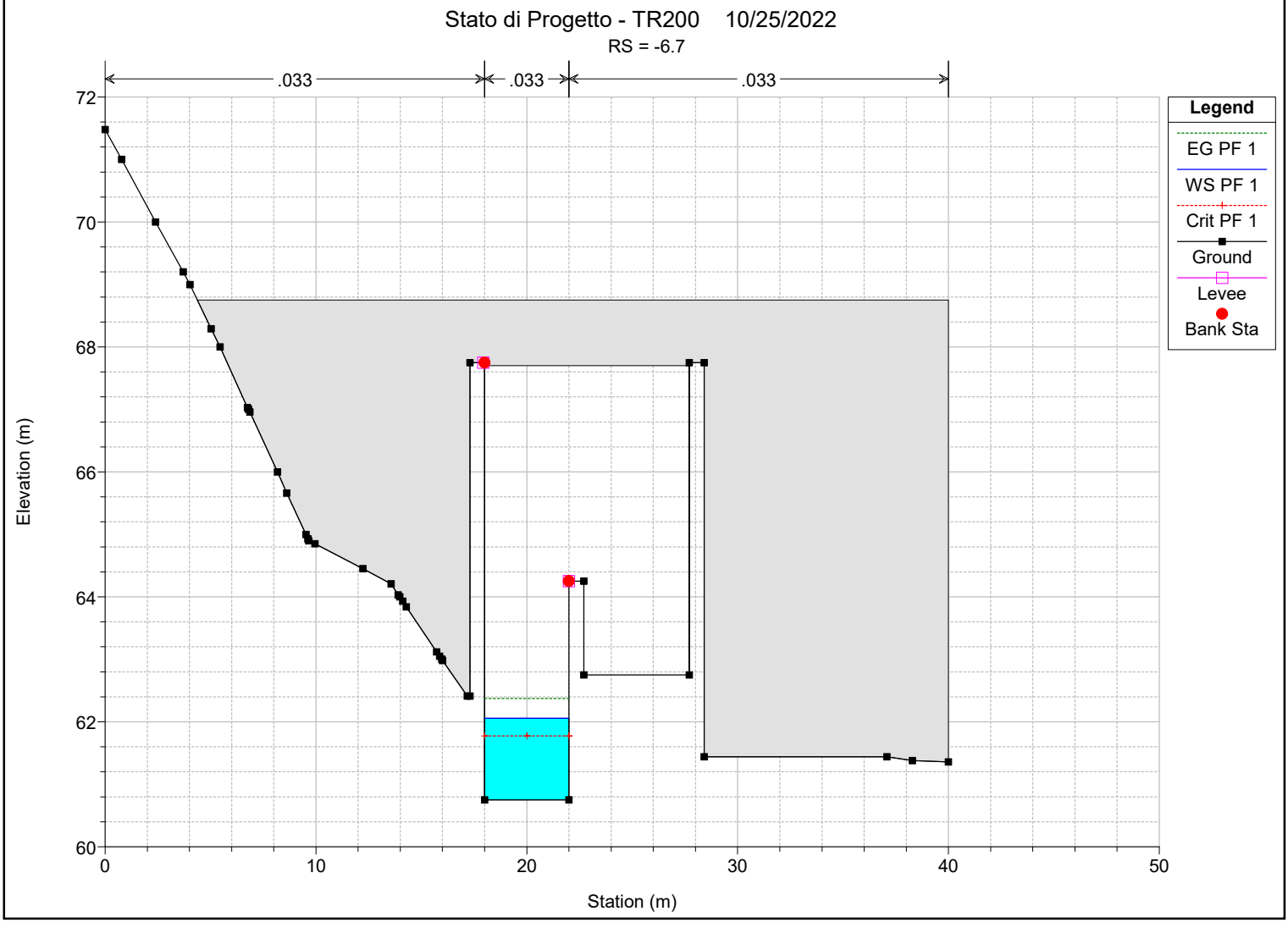

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -3
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
82
80
78
76
74
72
70
68
66
64
62
0
10
20
30
40
50

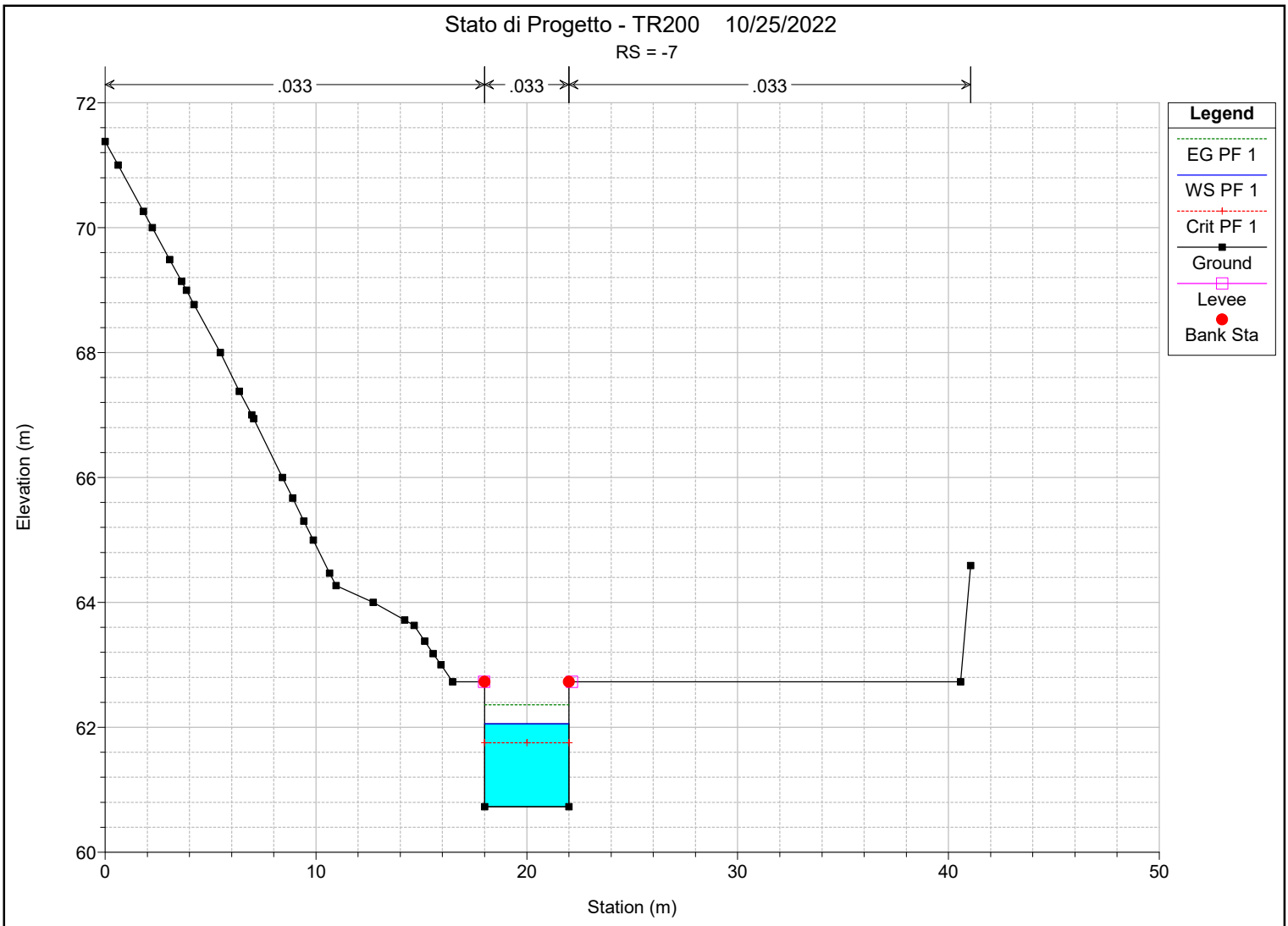

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -4
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
85
80
75
70
65
60
0
10
20
30
40
50

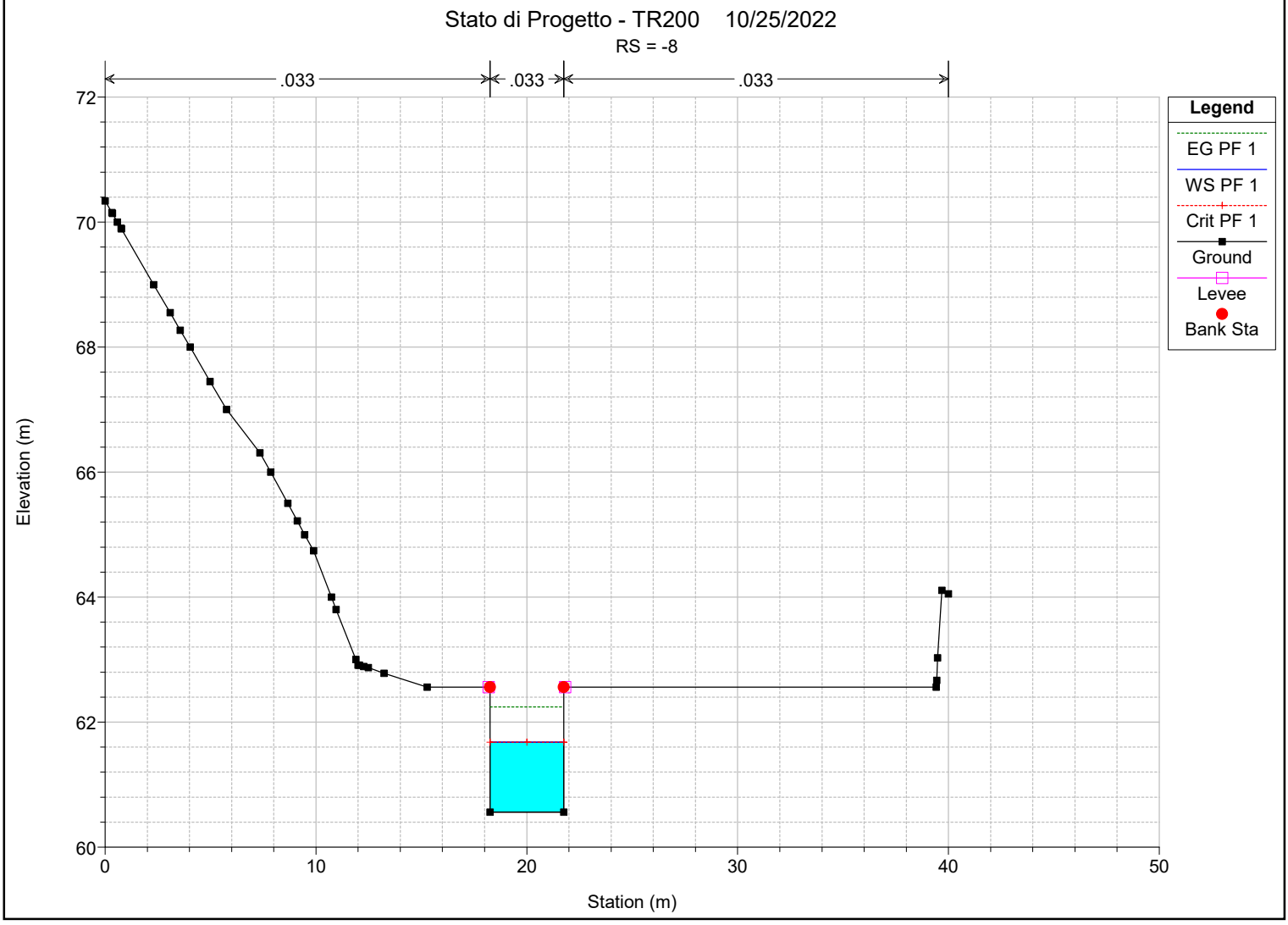

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -5
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
76
74
72
70
68
66
64
62
0
10
20
30
40
50

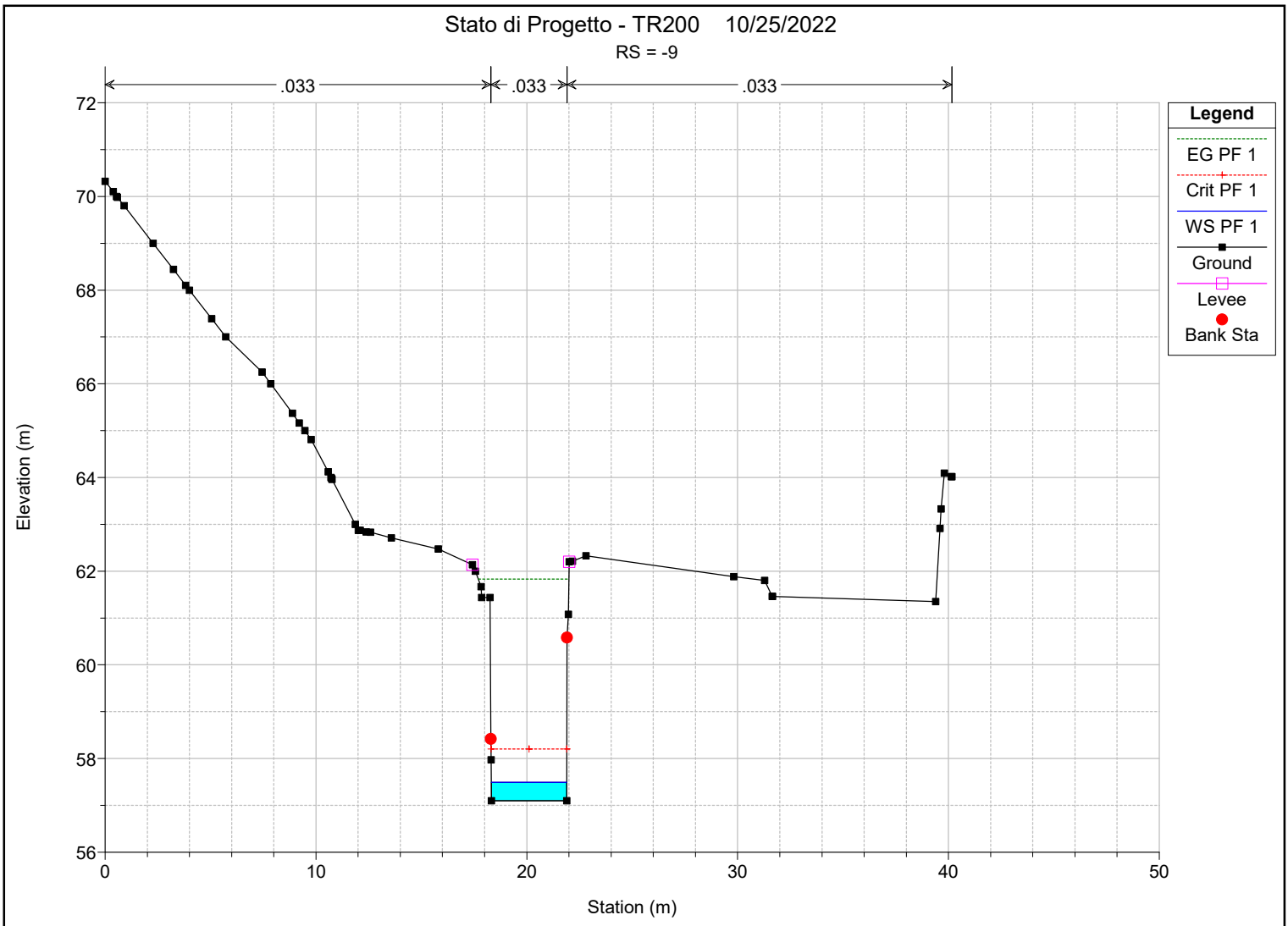

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -6
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
76
74
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

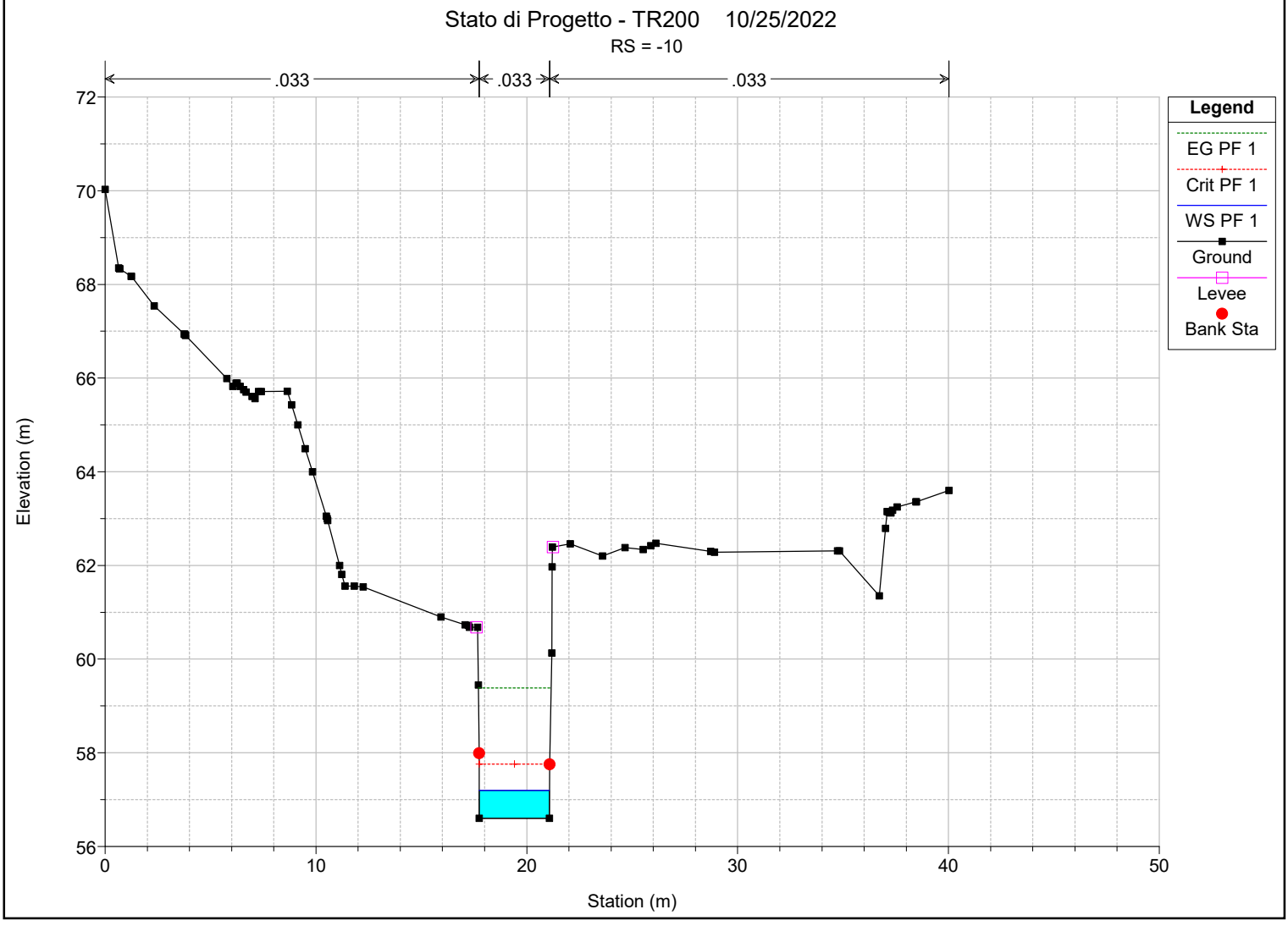

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -6.1
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
74
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

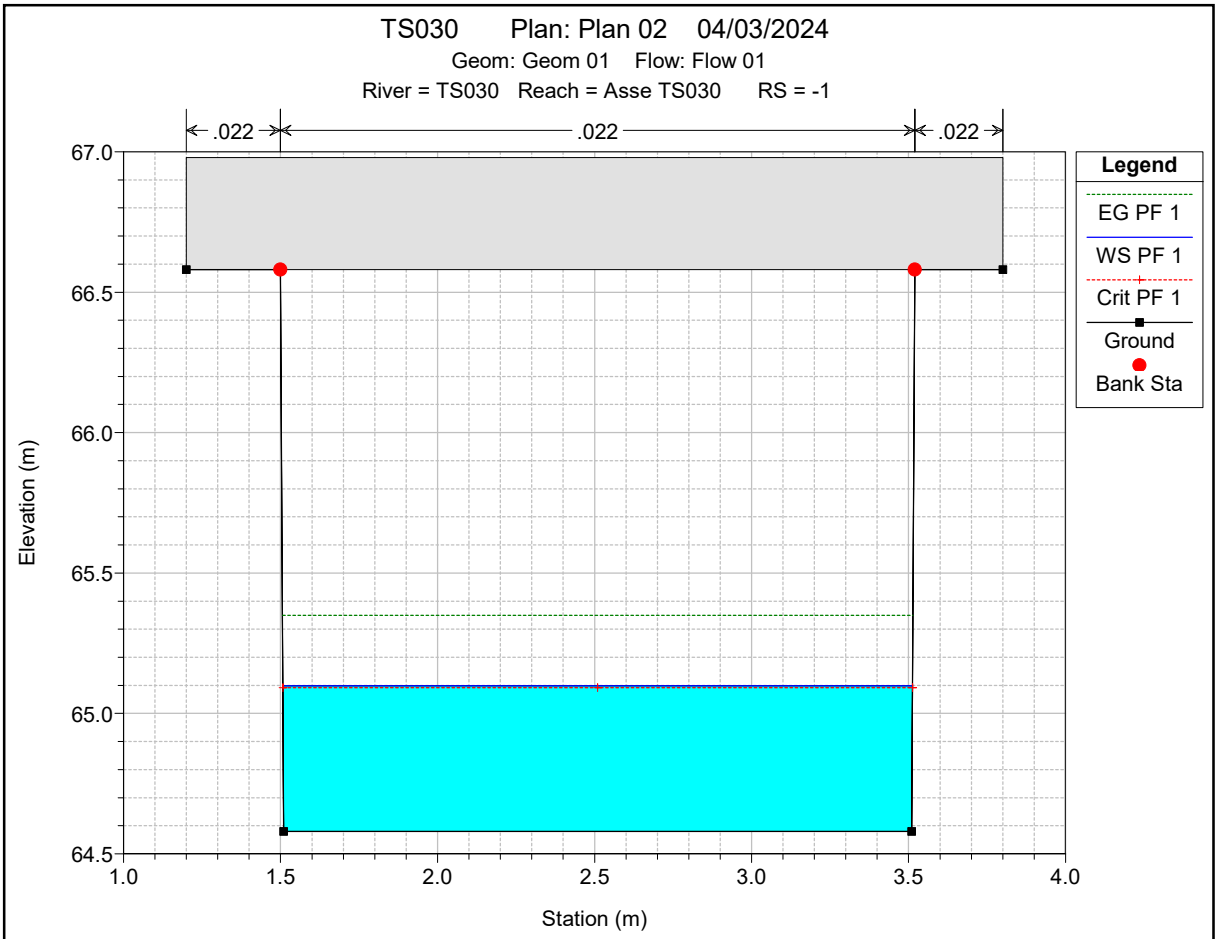

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -6.7
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

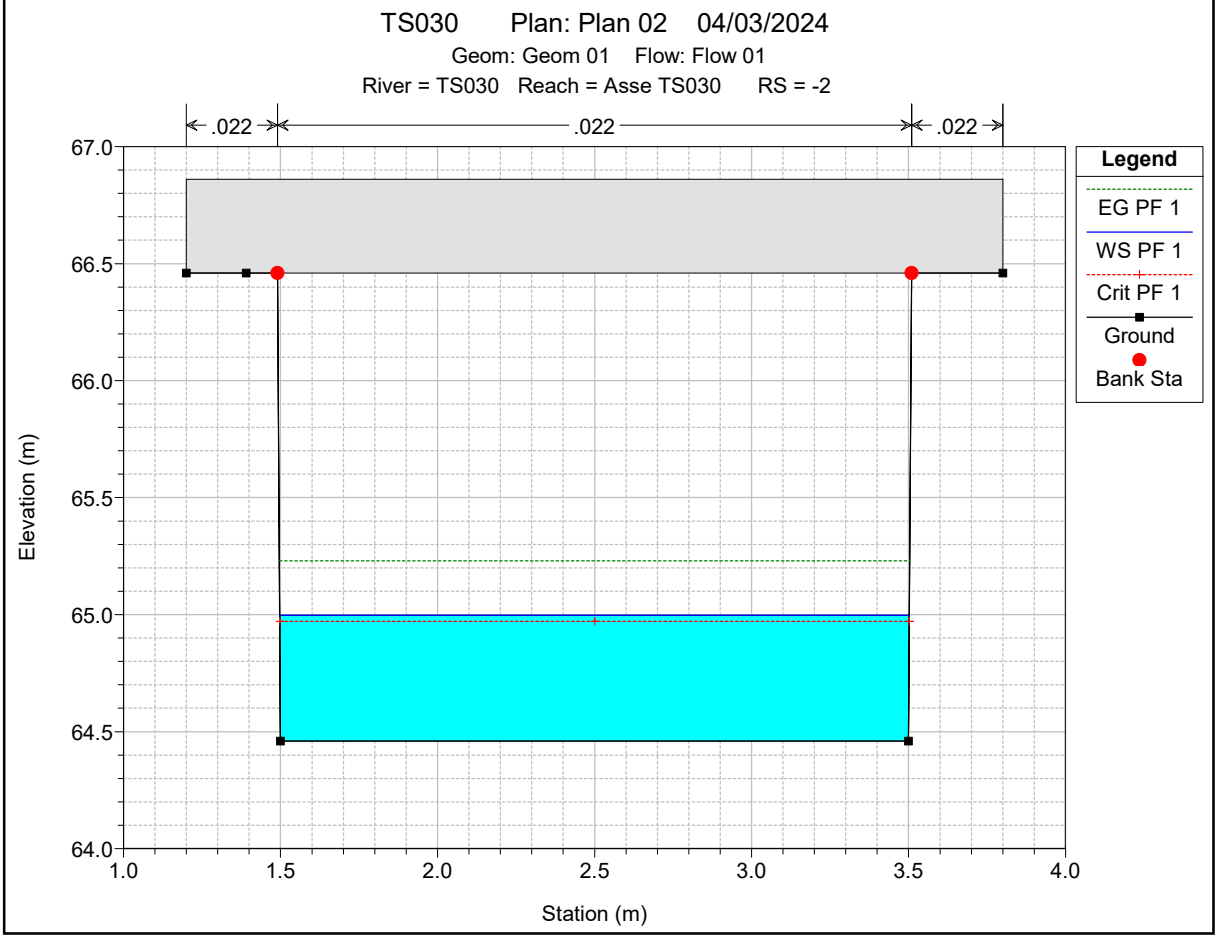

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -7
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

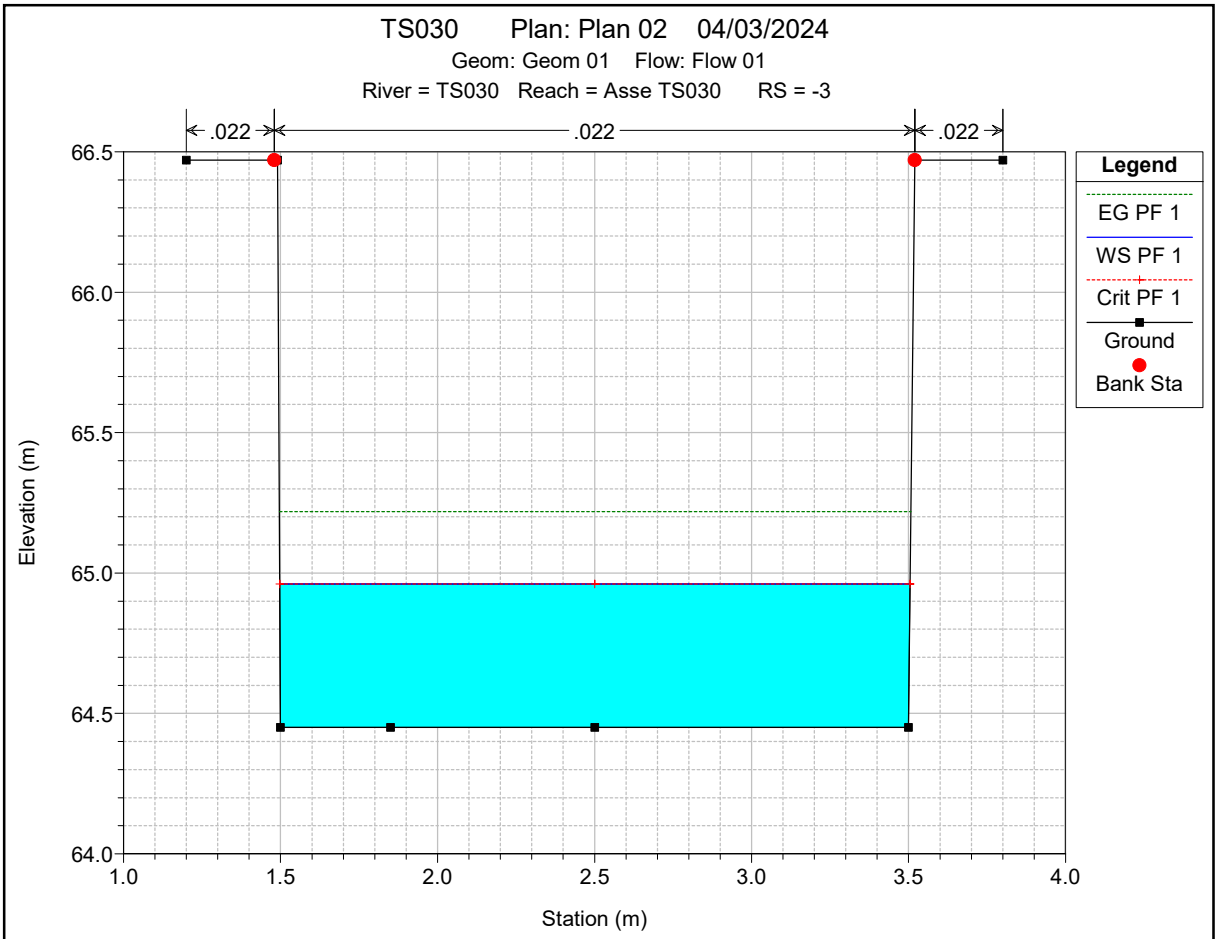

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -8
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
0
10
20
30
40
50

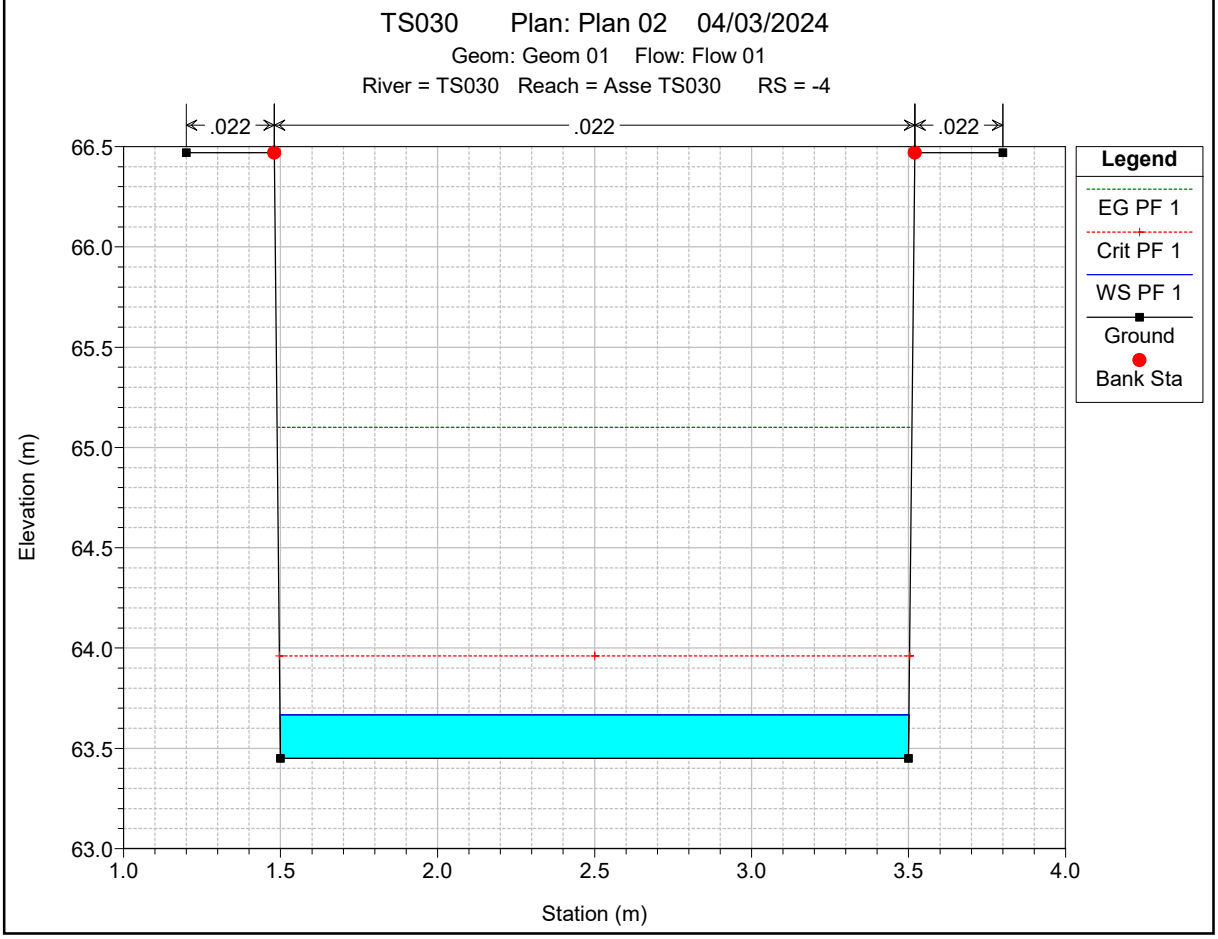

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -9
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
58
56
0
10
20
30
40
50

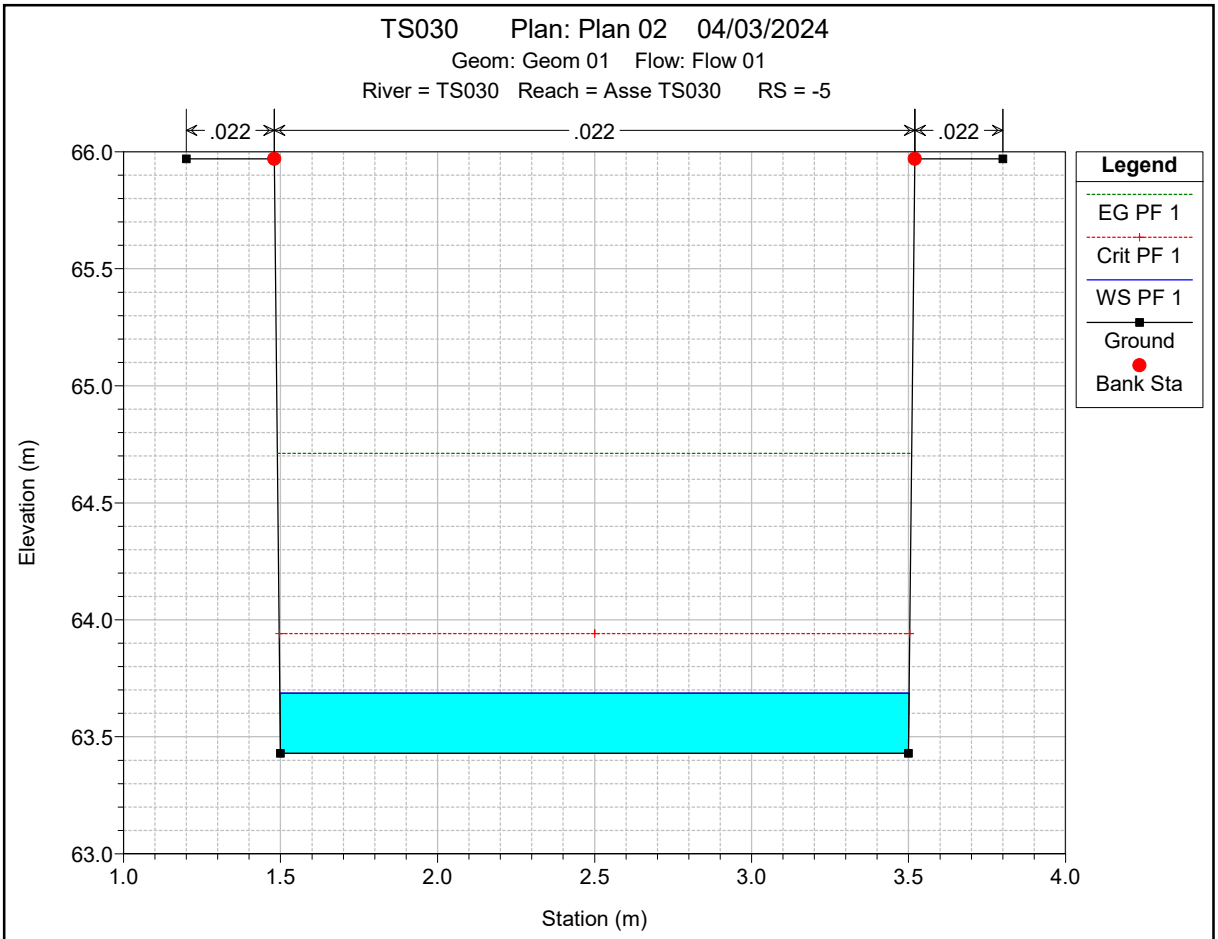

Stato di Progetto - TR200 10/25/2022
RS = -10
.033
.033
.033
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
72
70
68
66
64
62
60
58
56
0
10
20
30
40
50

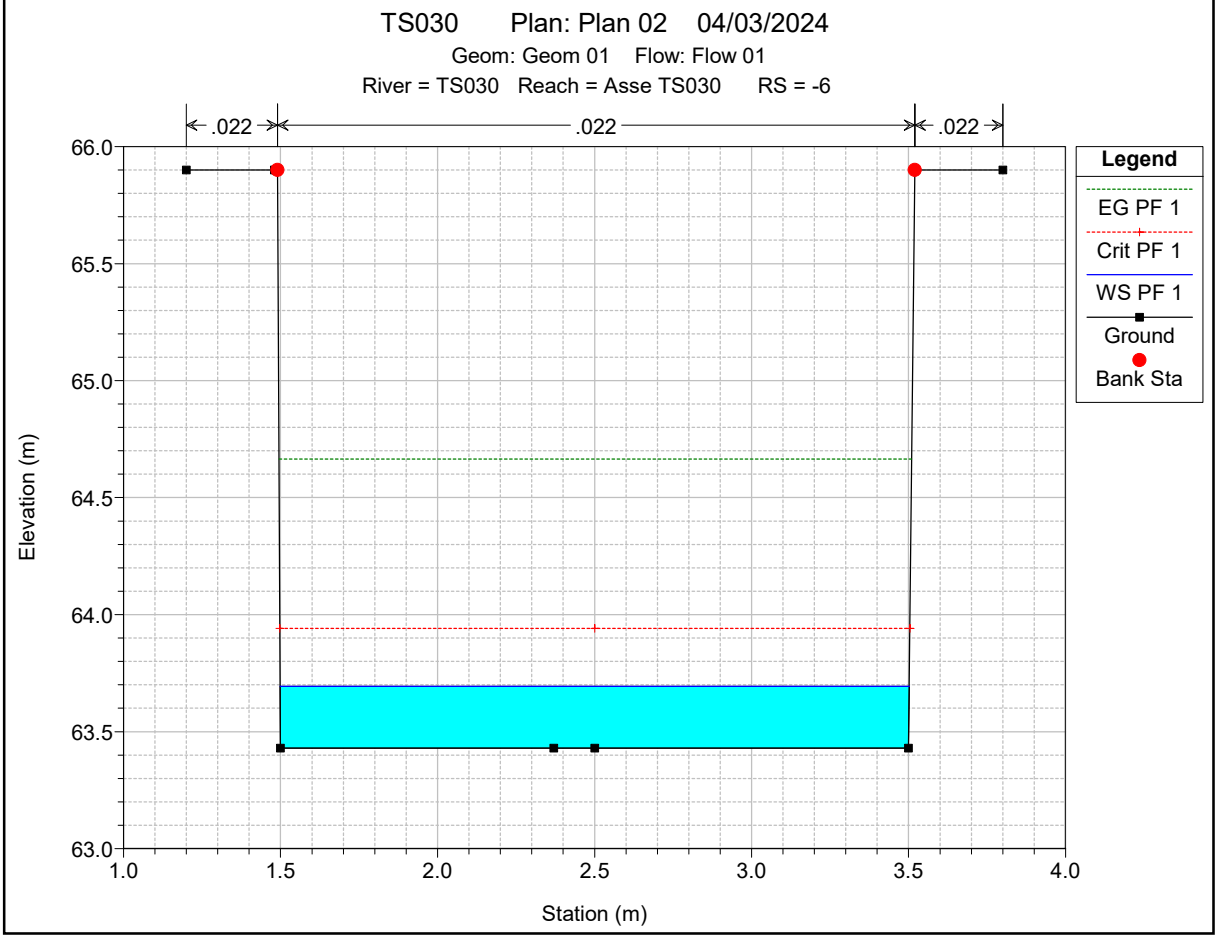

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -1
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
67.0
66.5
66.0
65.5
65.0
64.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

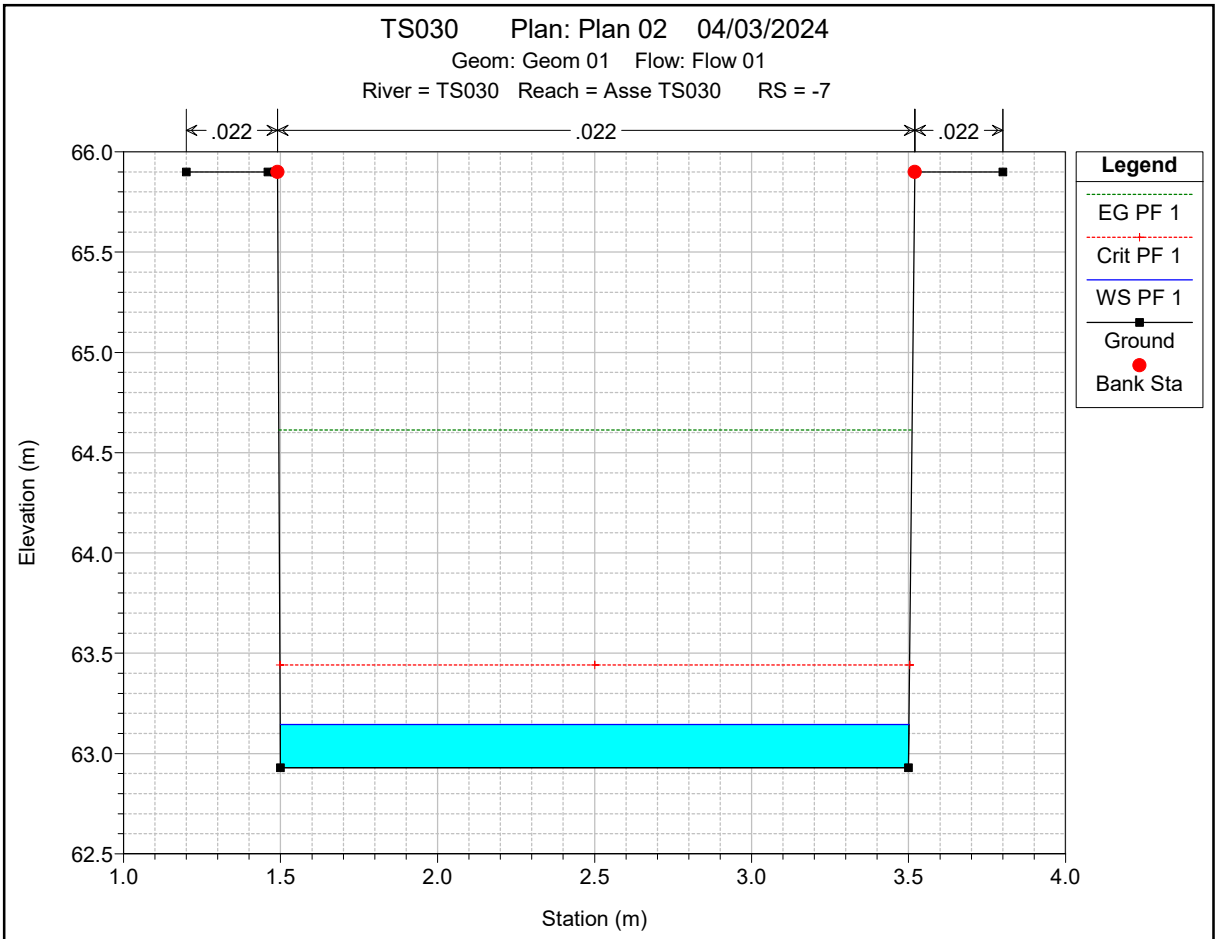

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -2
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
67.0
66.5
66.0
65.5
65.0
64.5
64.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

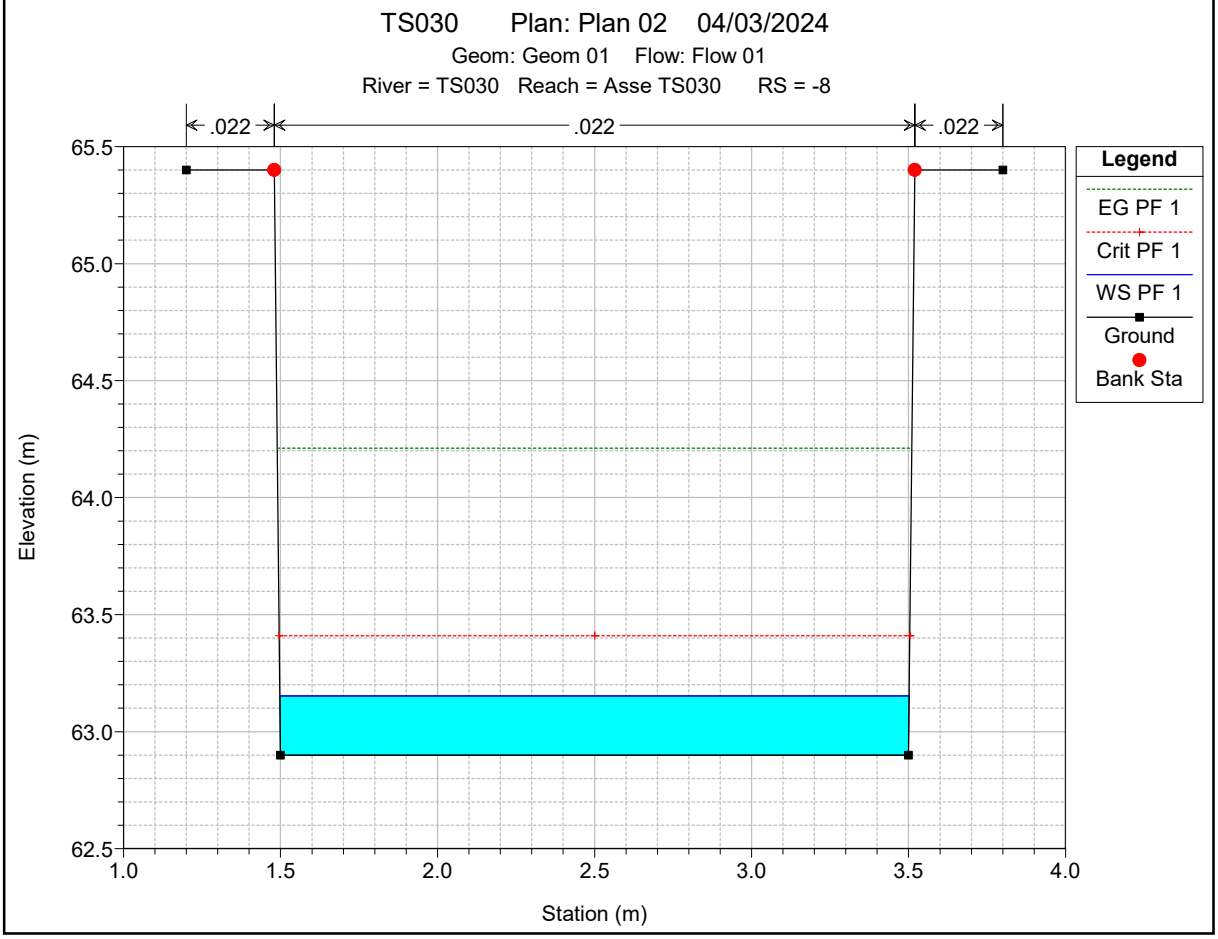

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -3
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
66.5
66.0
65.5
65.0
64.5
64.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Station (m)

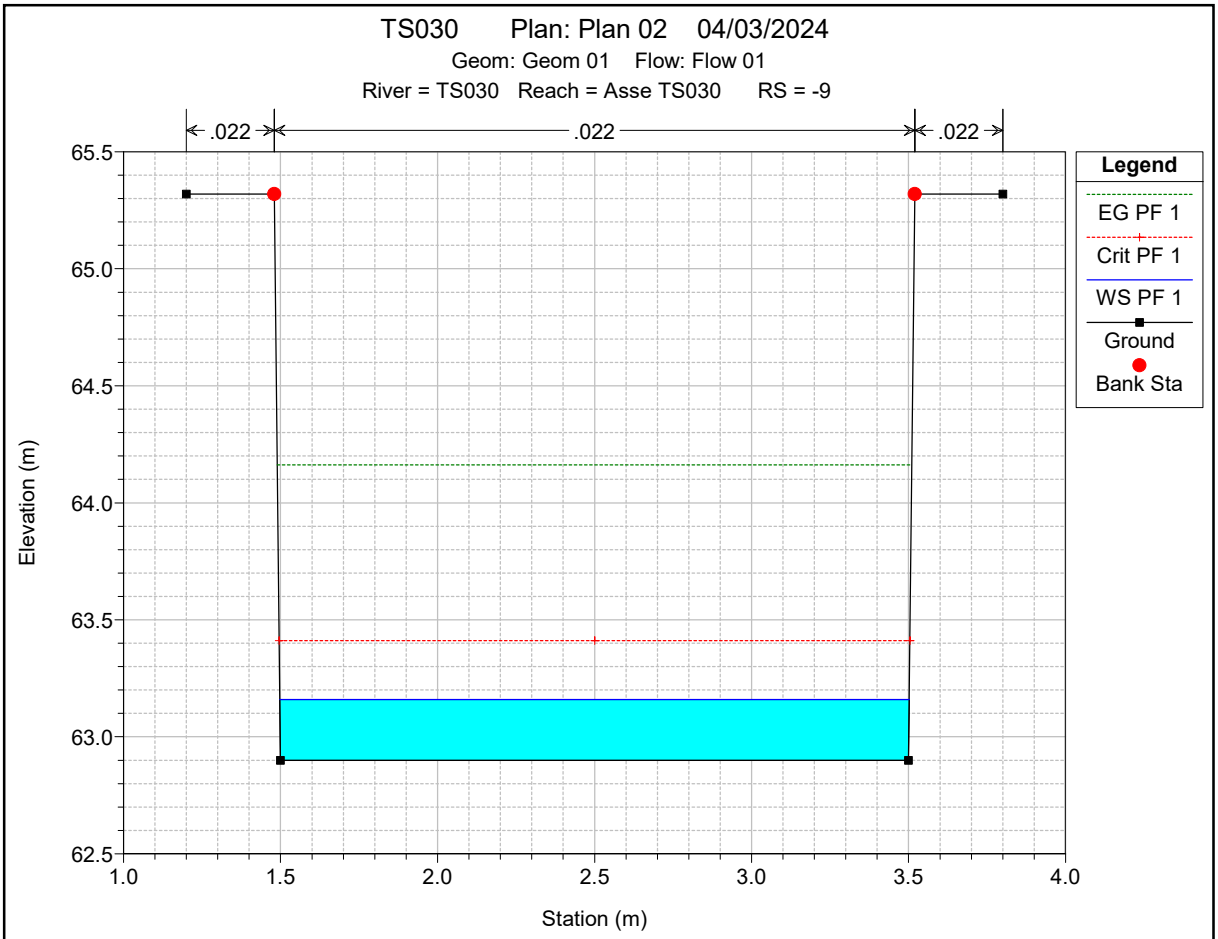

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -4
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
66.5
66.0
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Station (m)

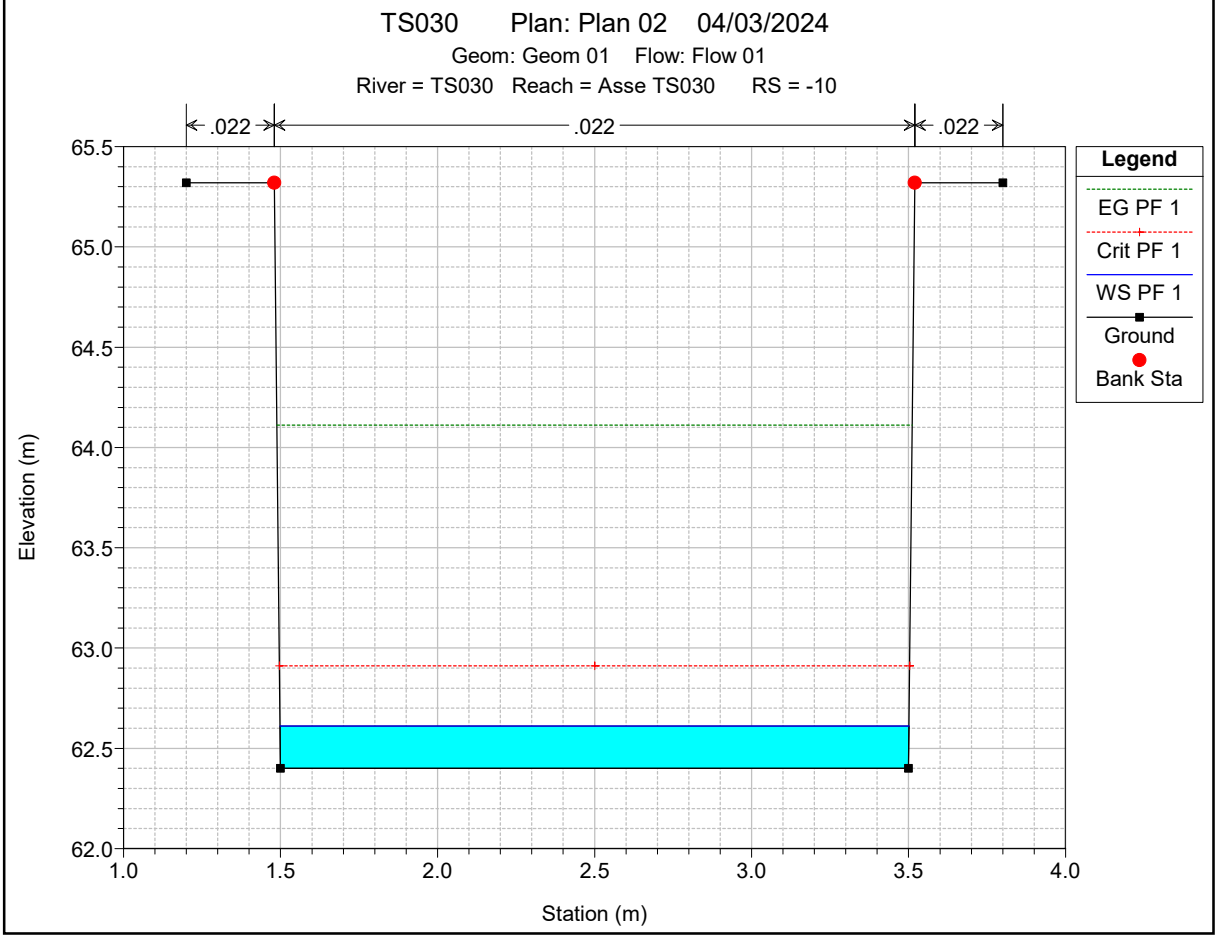

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -5
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
66.0
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Station (m)

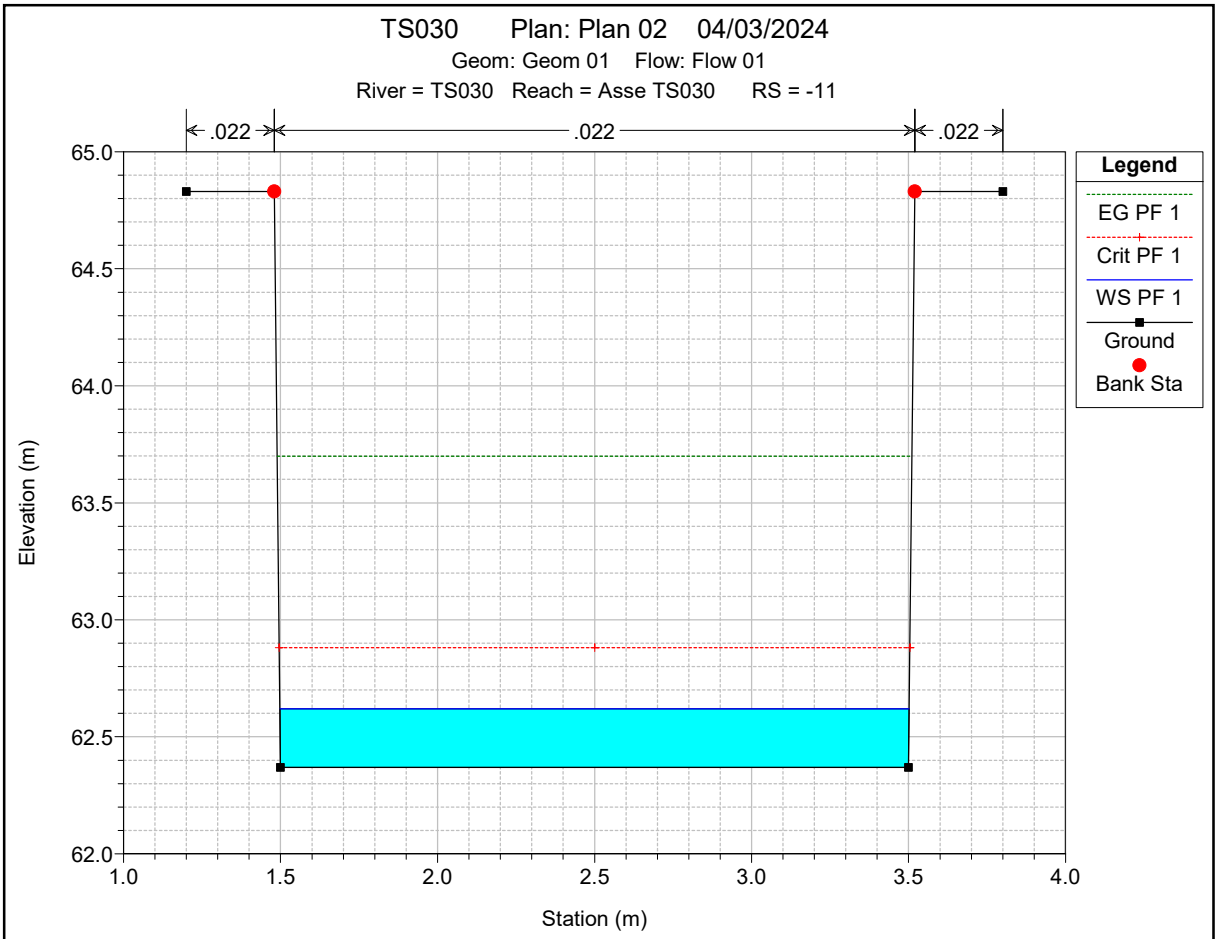

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -6
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
66.0
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Station (m)

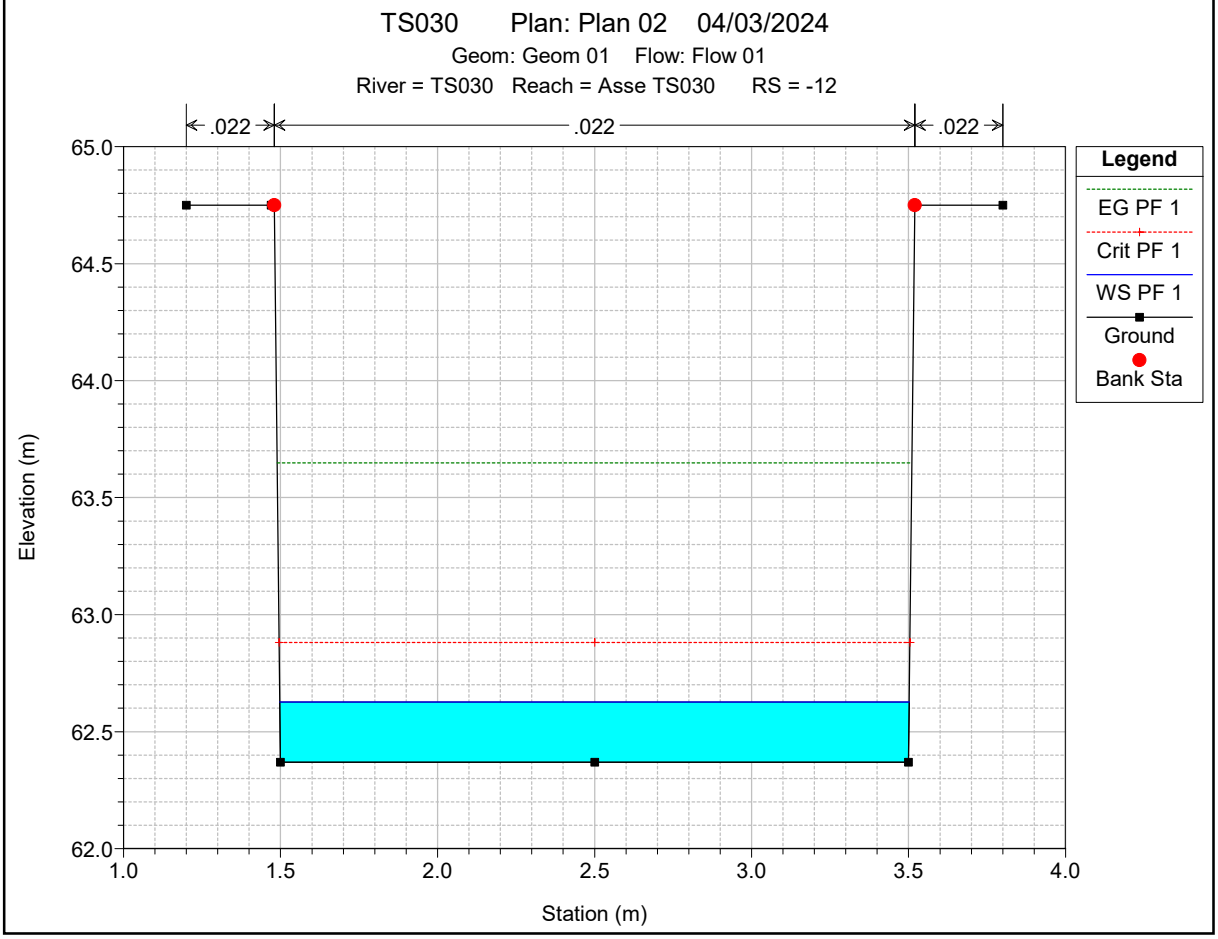

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -7
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
66.0
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

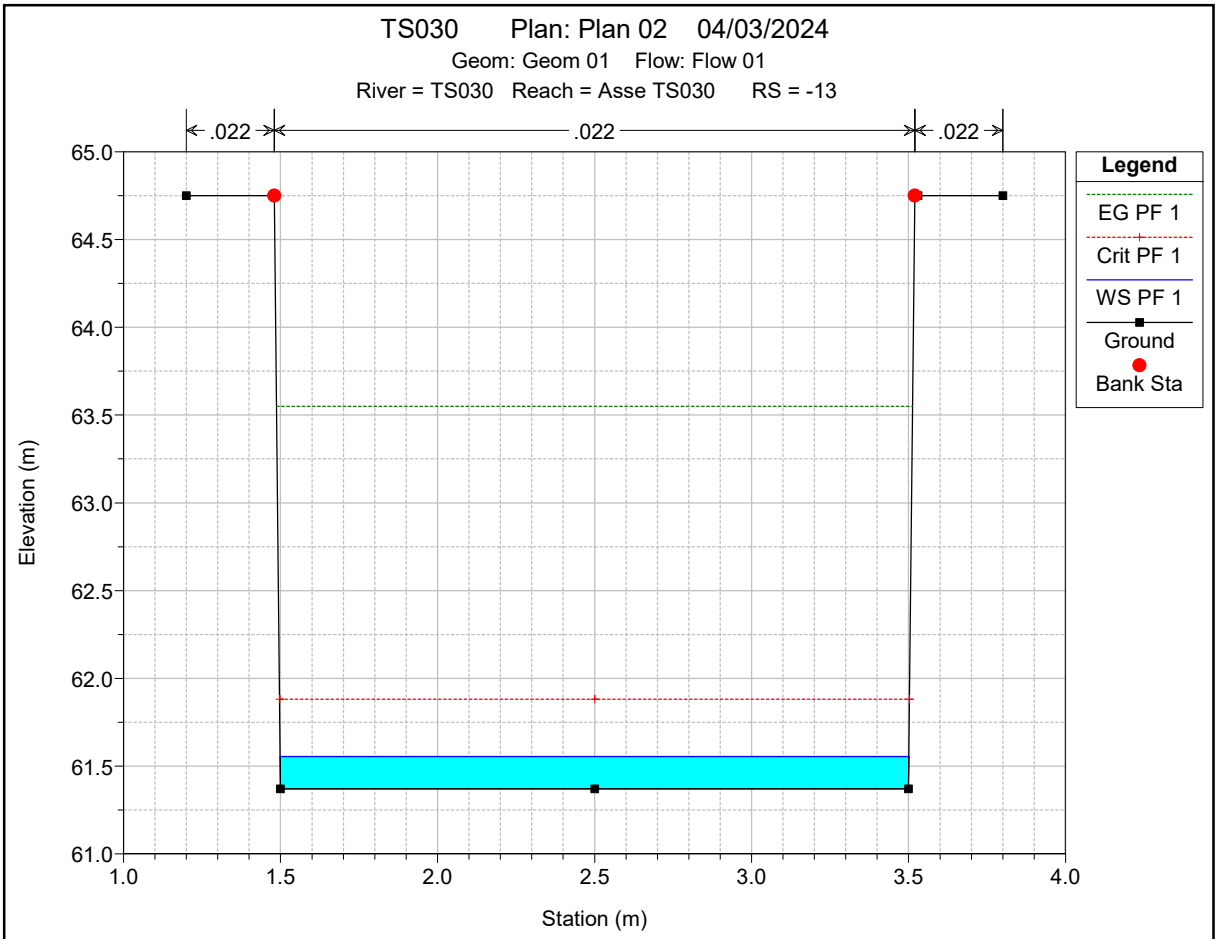

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -8
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

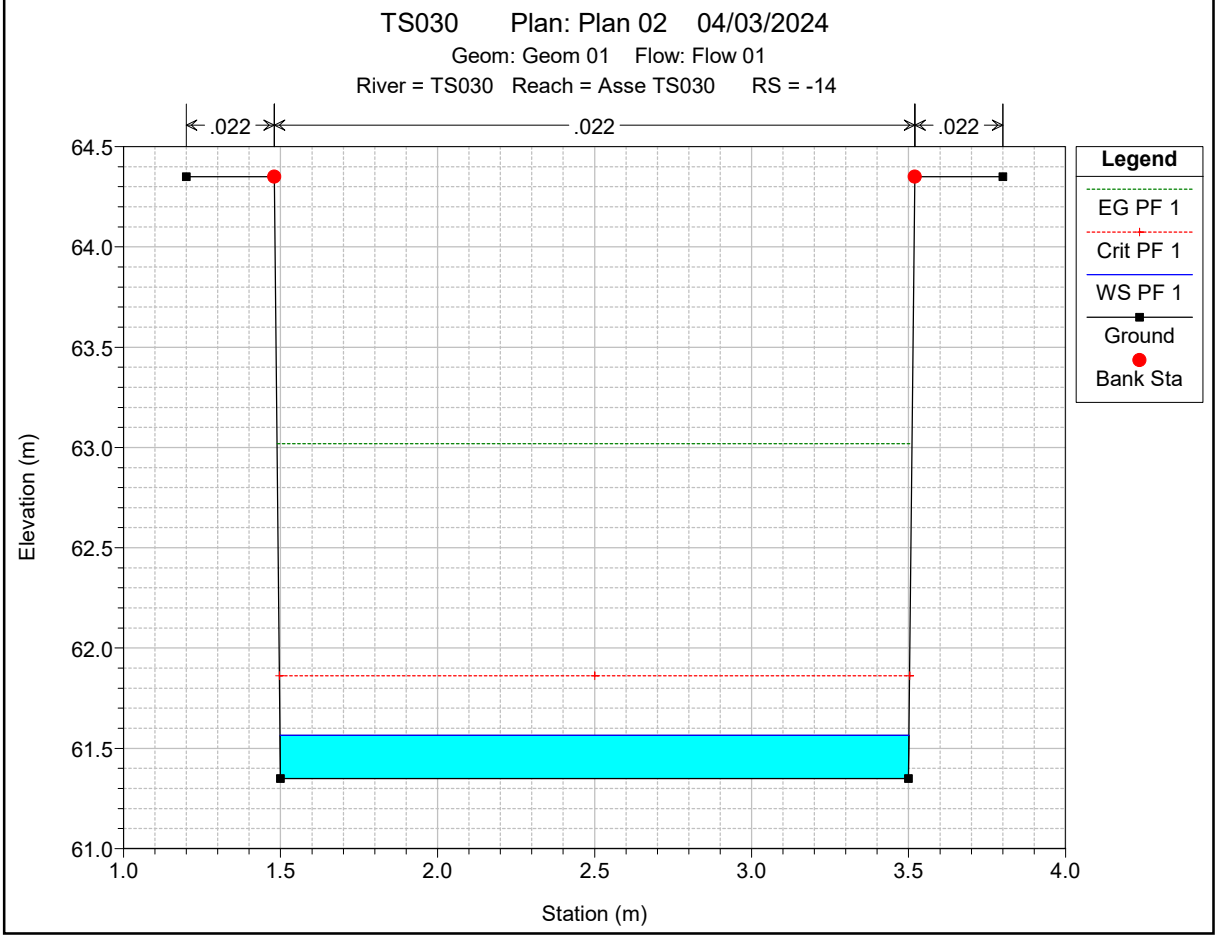

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -9
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

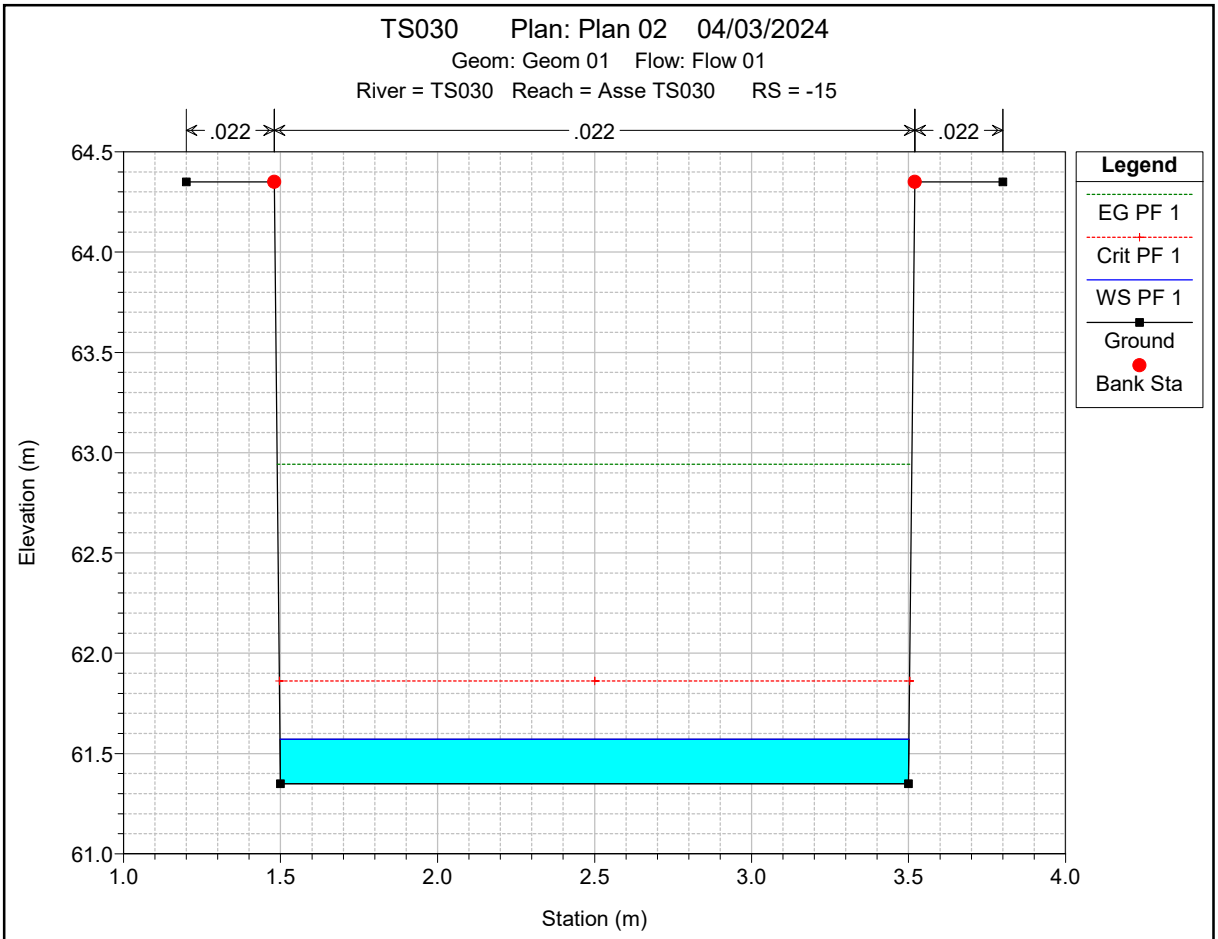

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -10
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
65.5
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

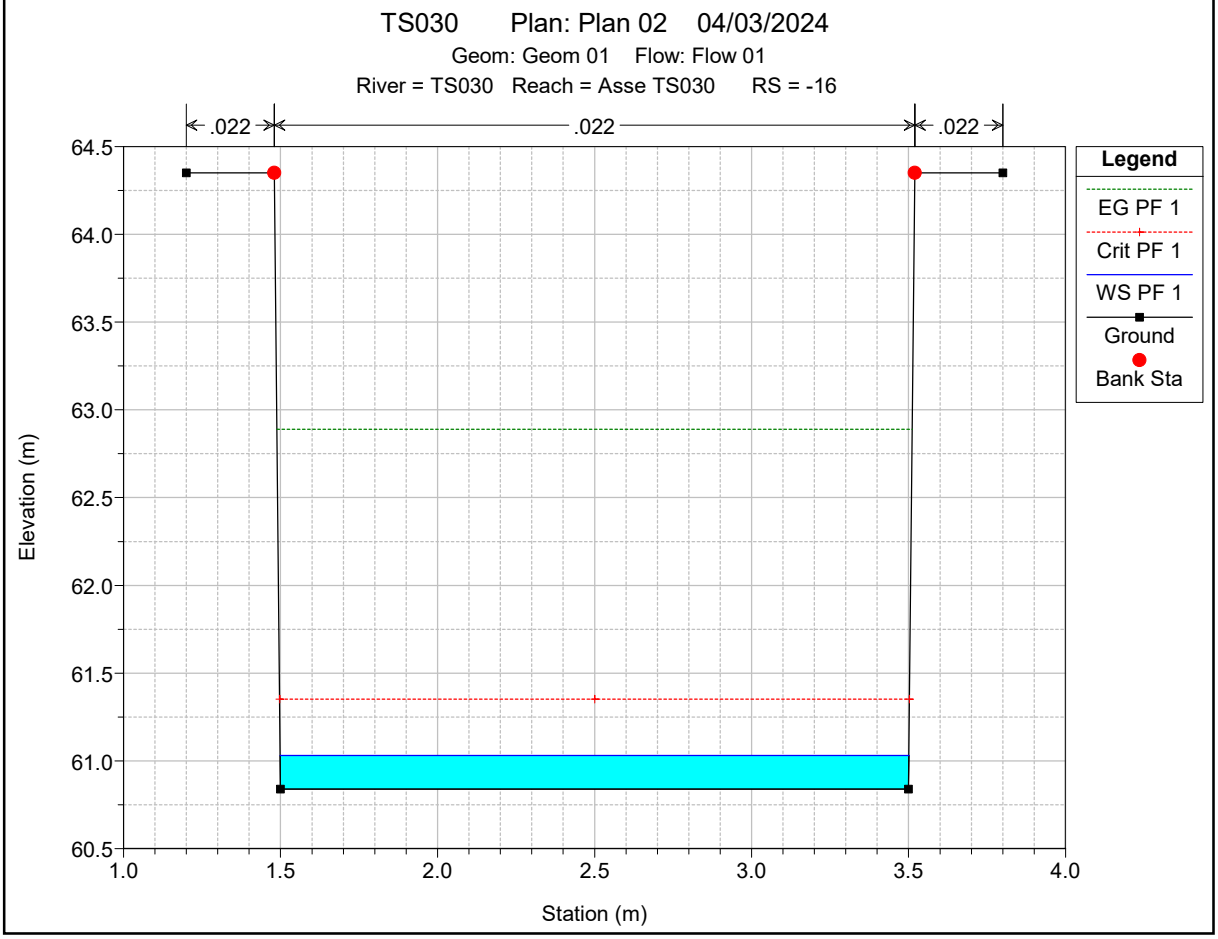

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -11
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

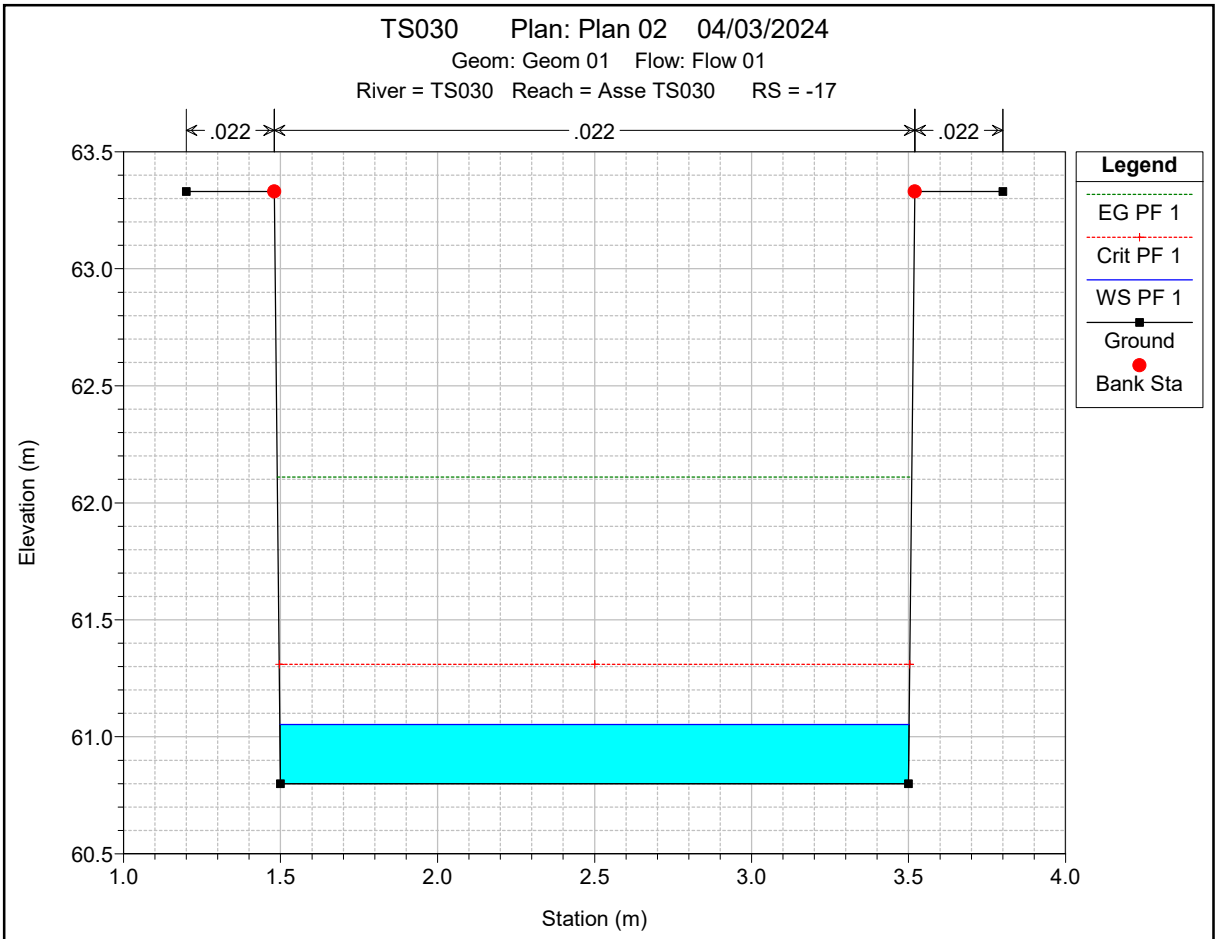

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -12
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

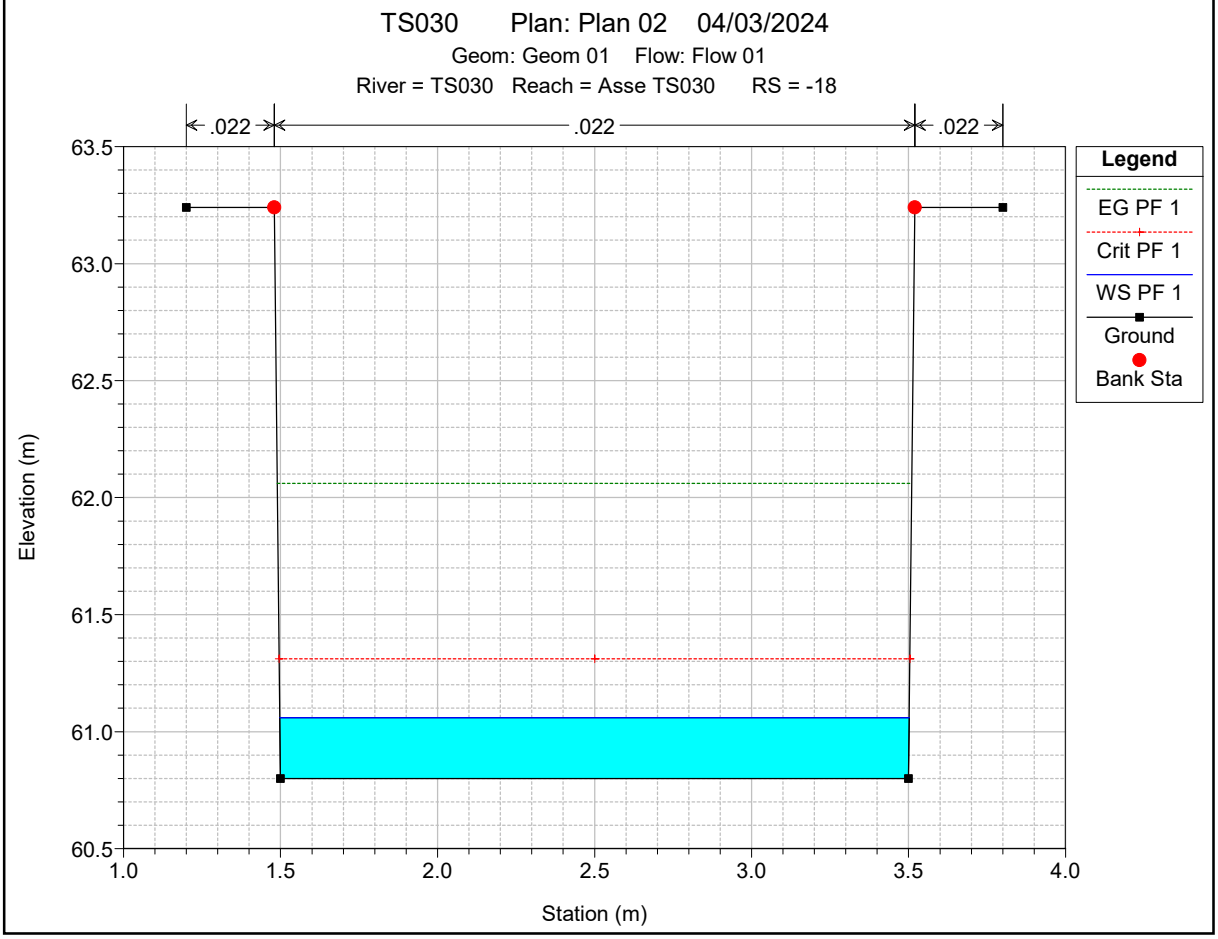

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -13
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

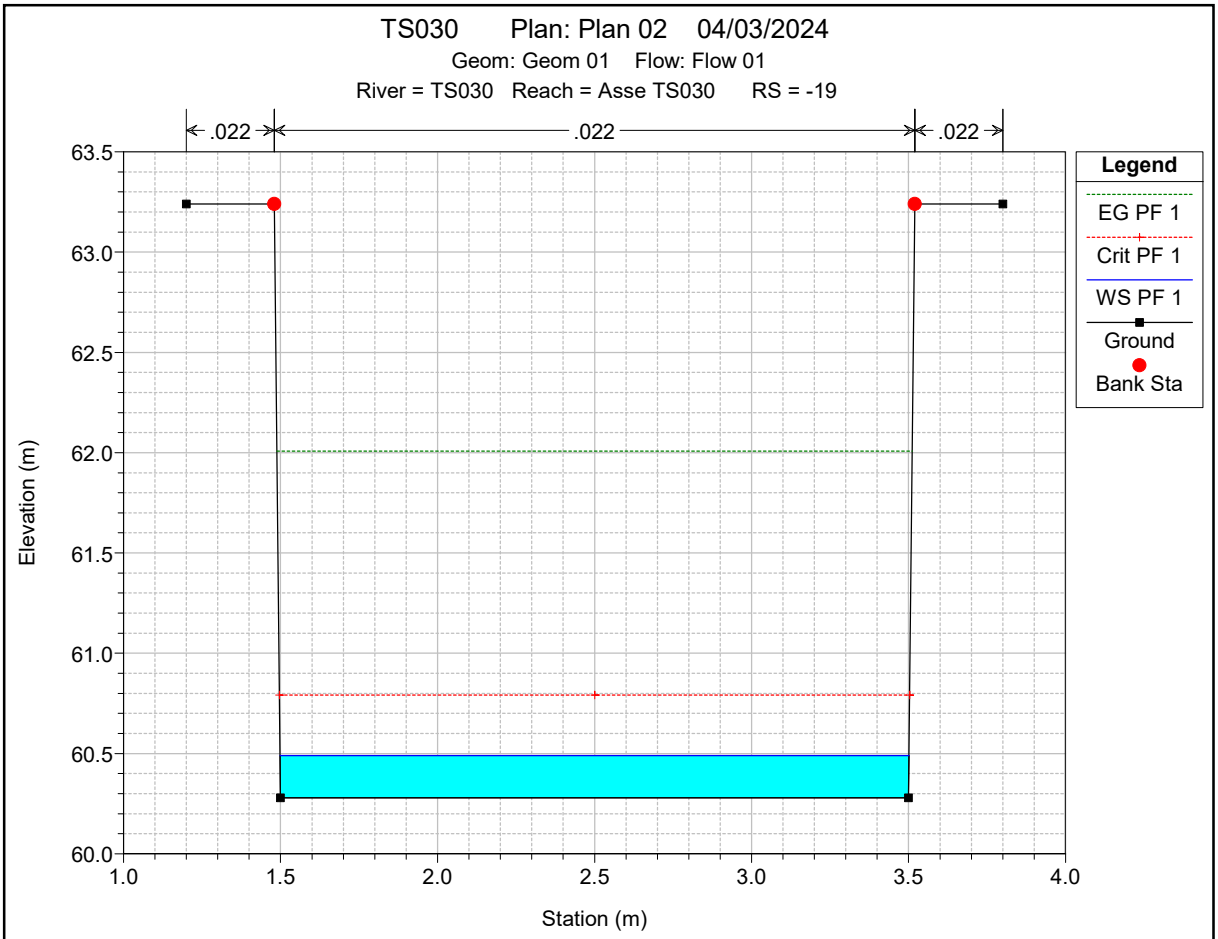

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -14
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

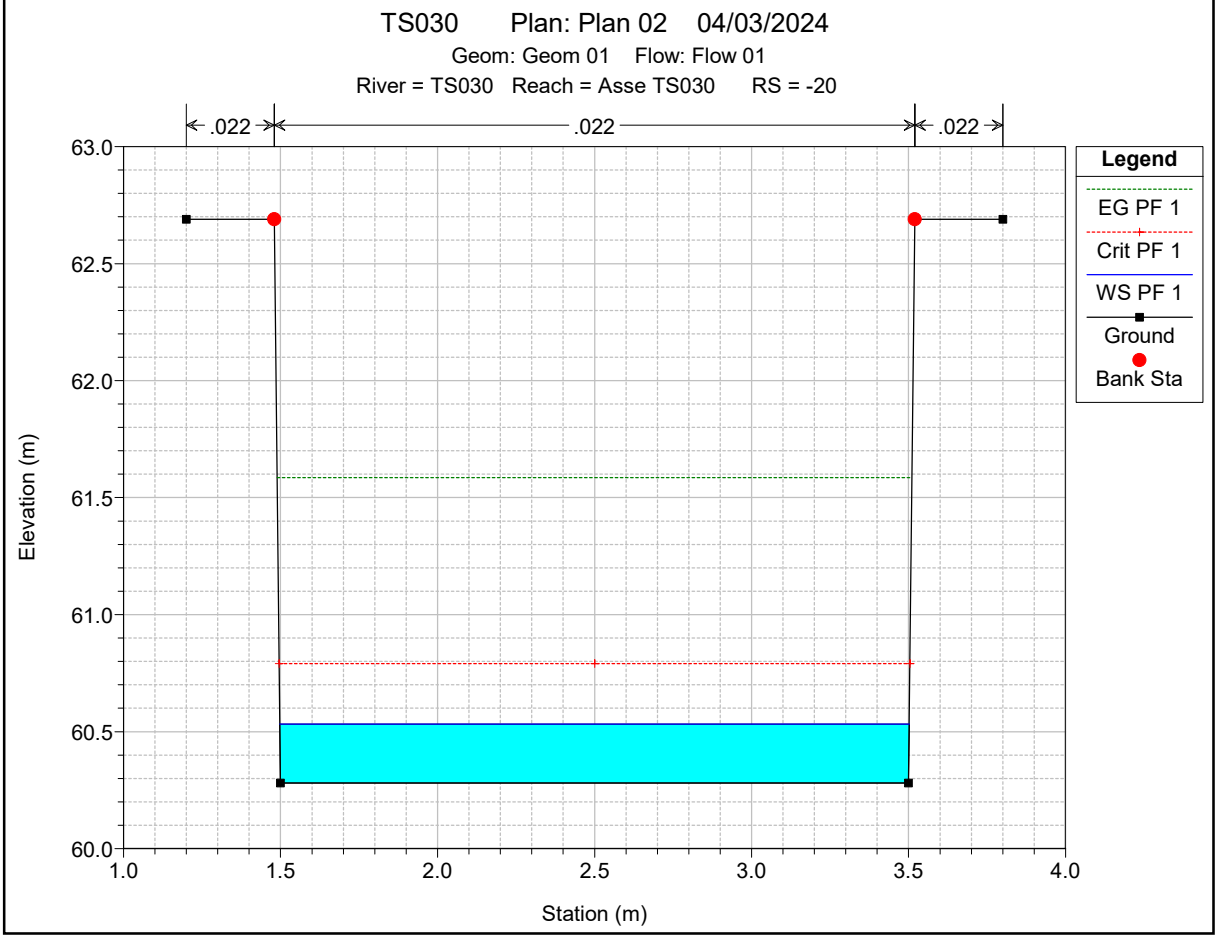

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -15
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

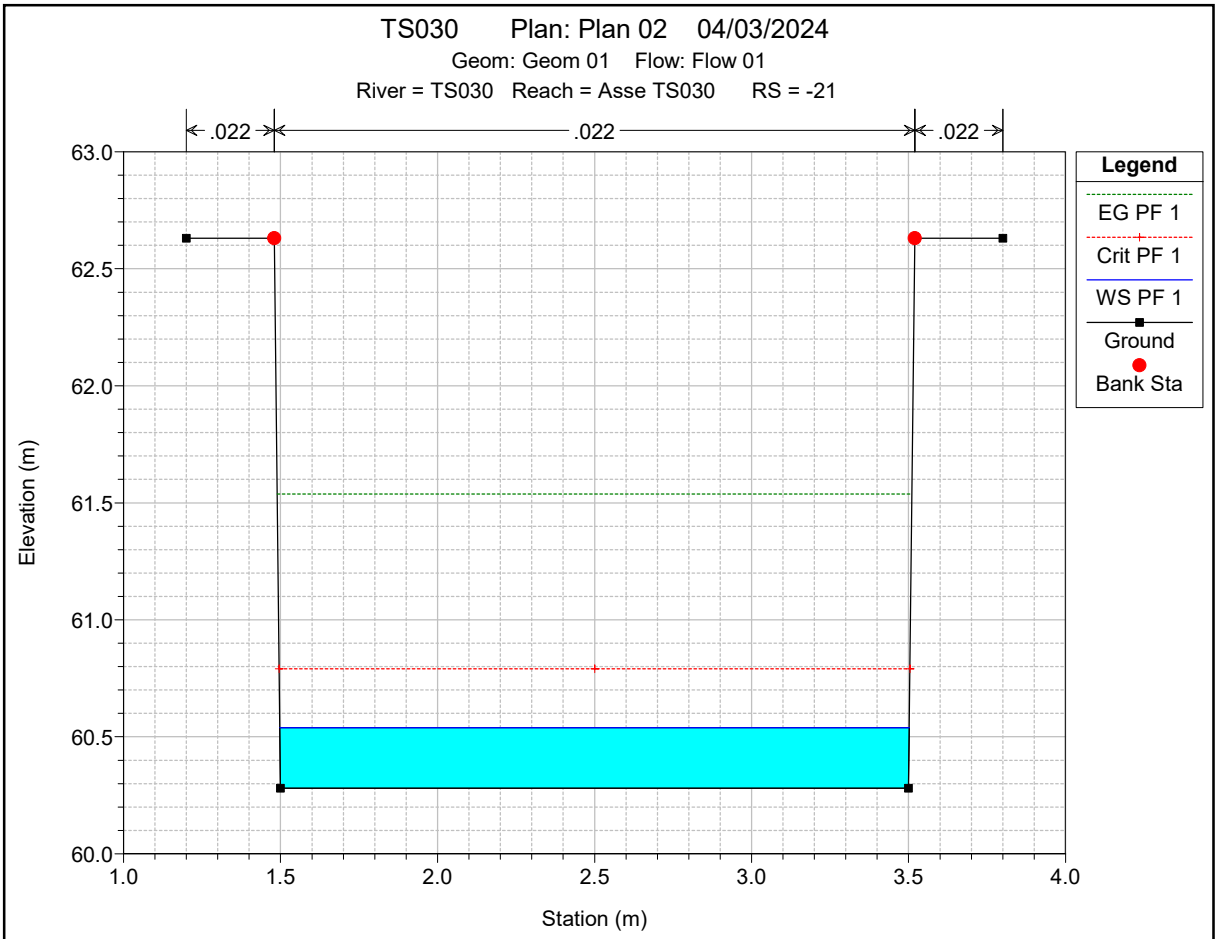

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -16
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

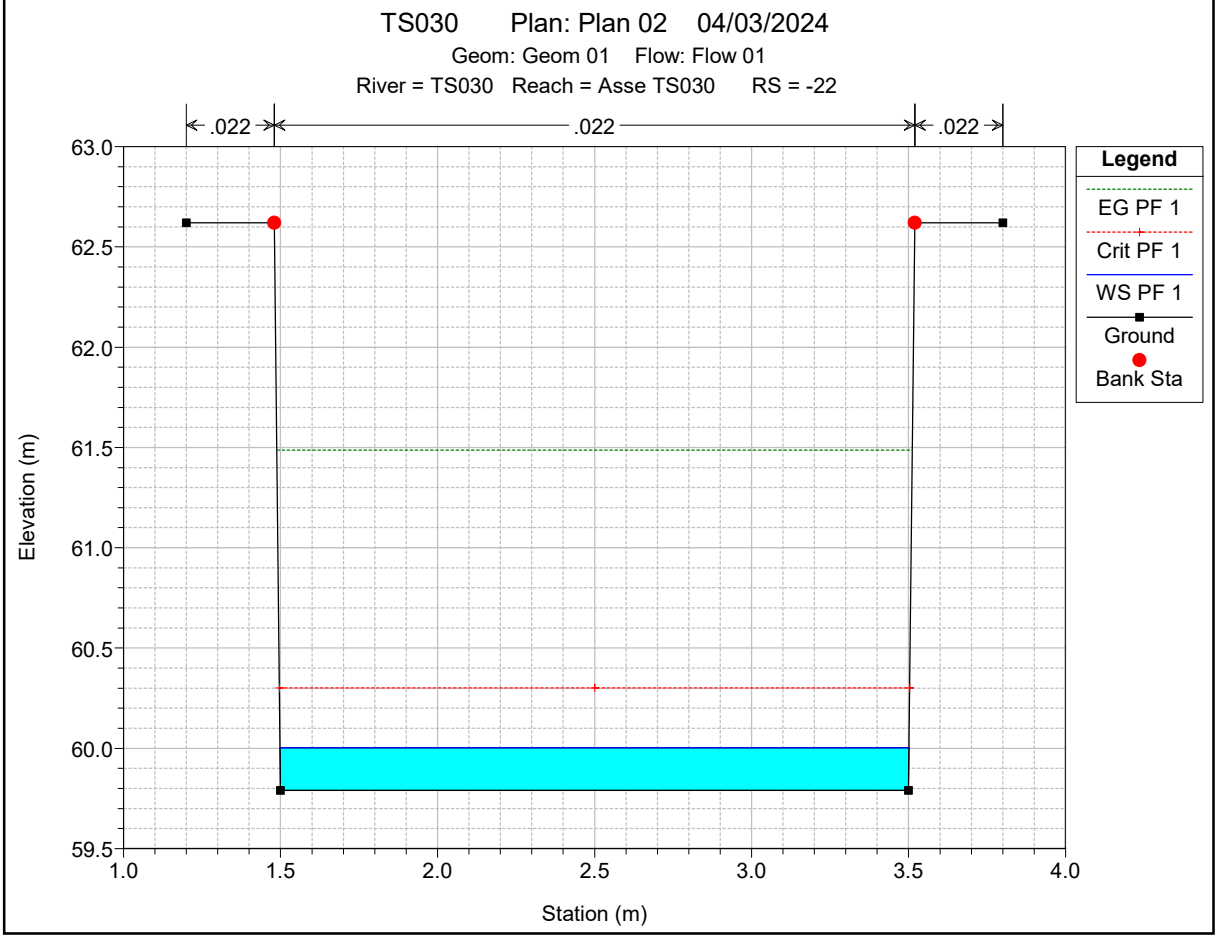

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -17
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

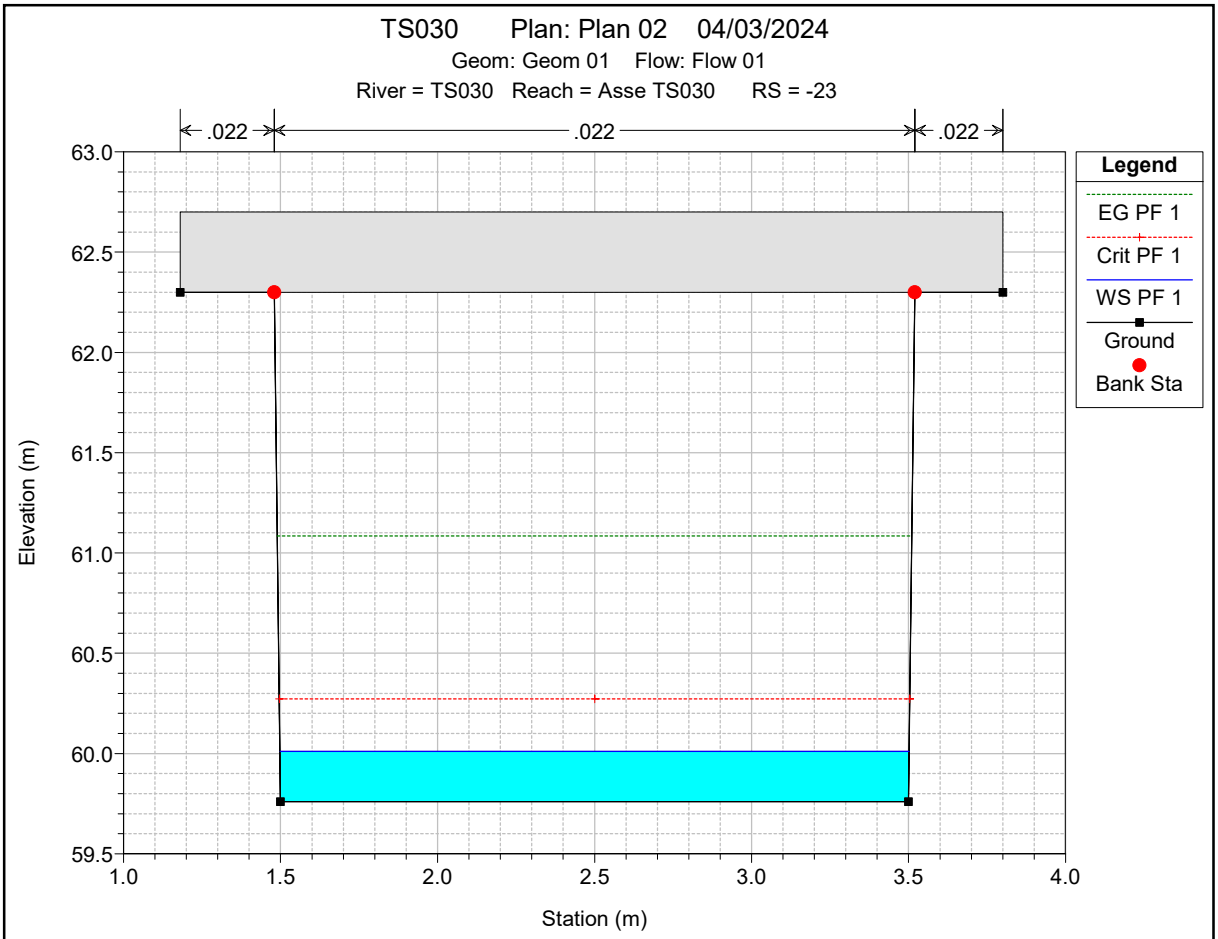

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -18
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

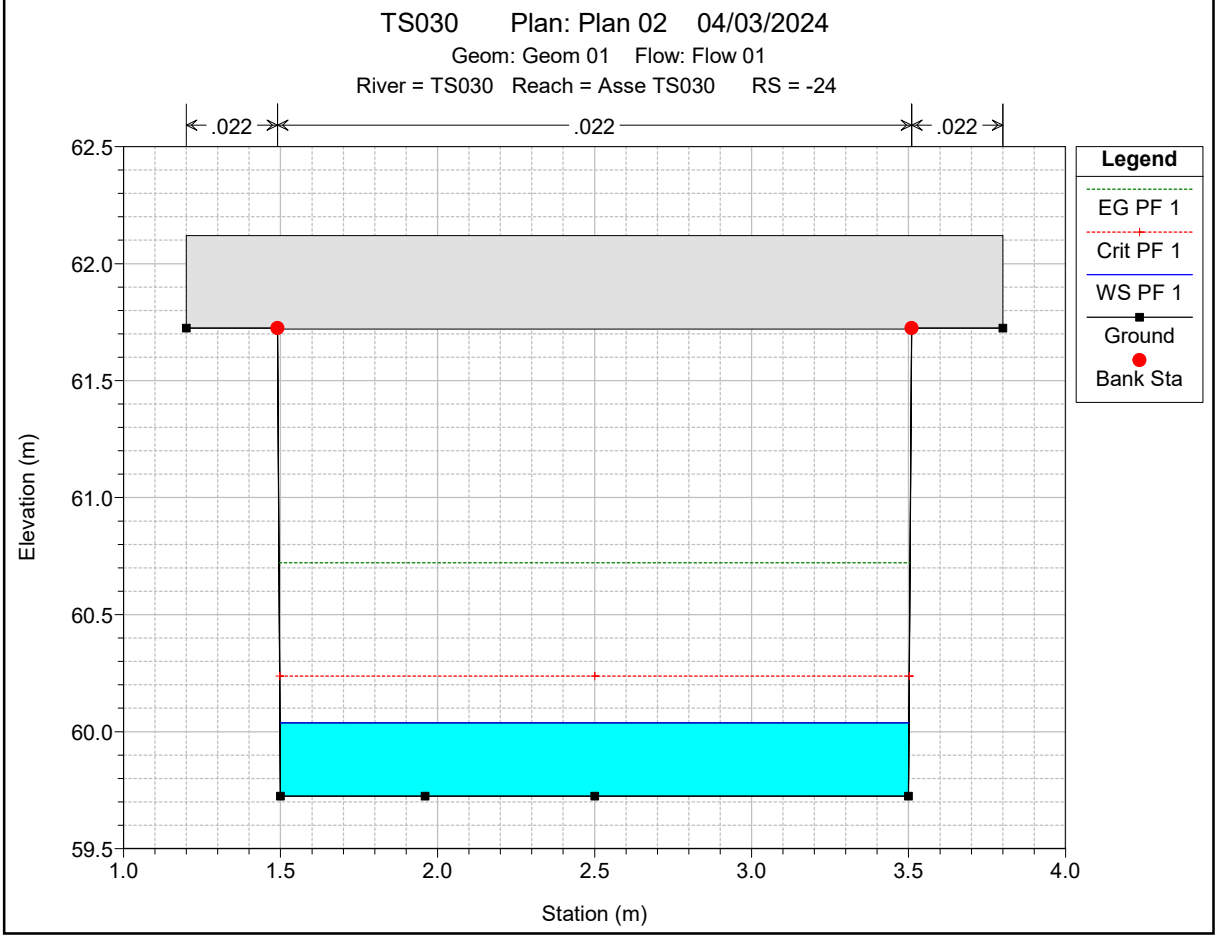

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -19
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.5
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

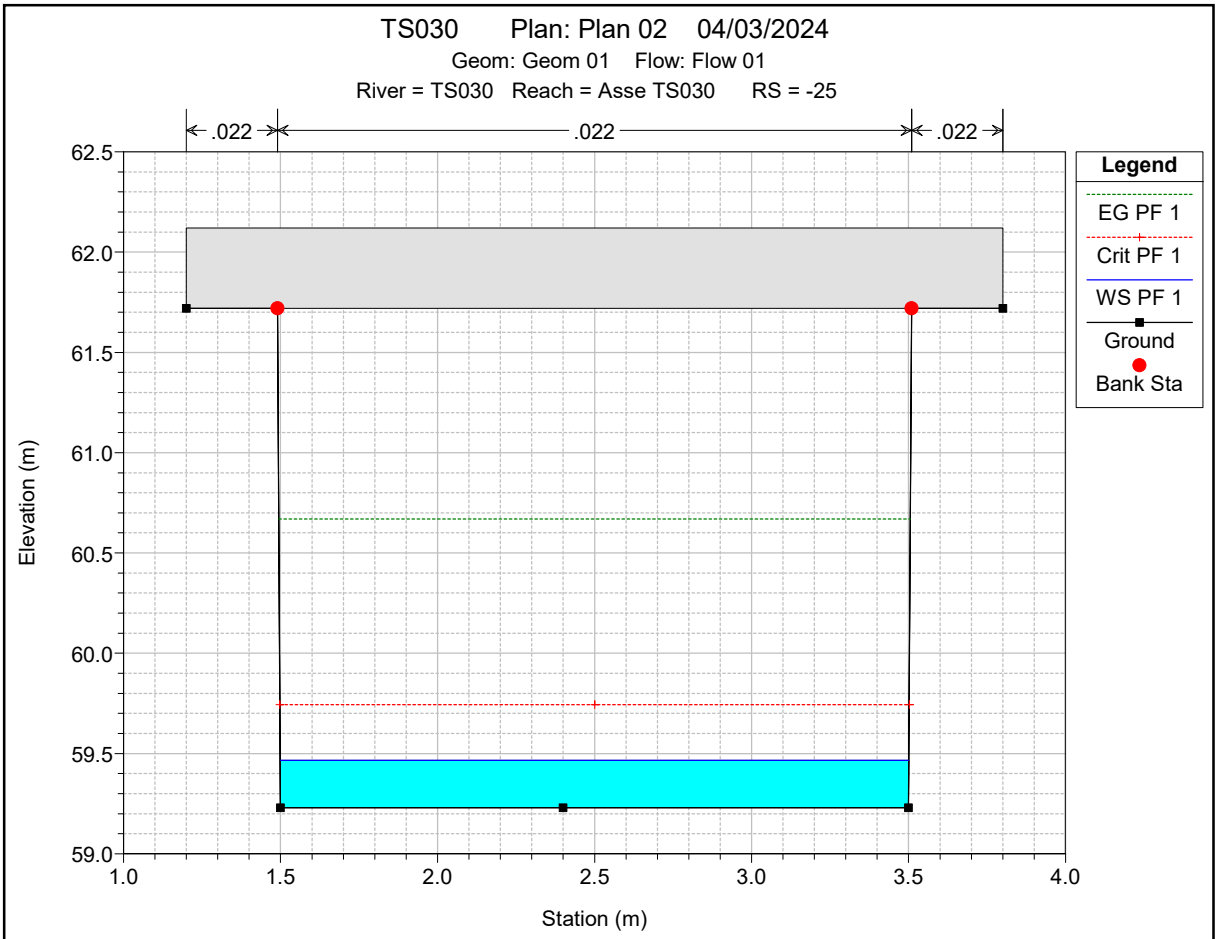

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -20
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

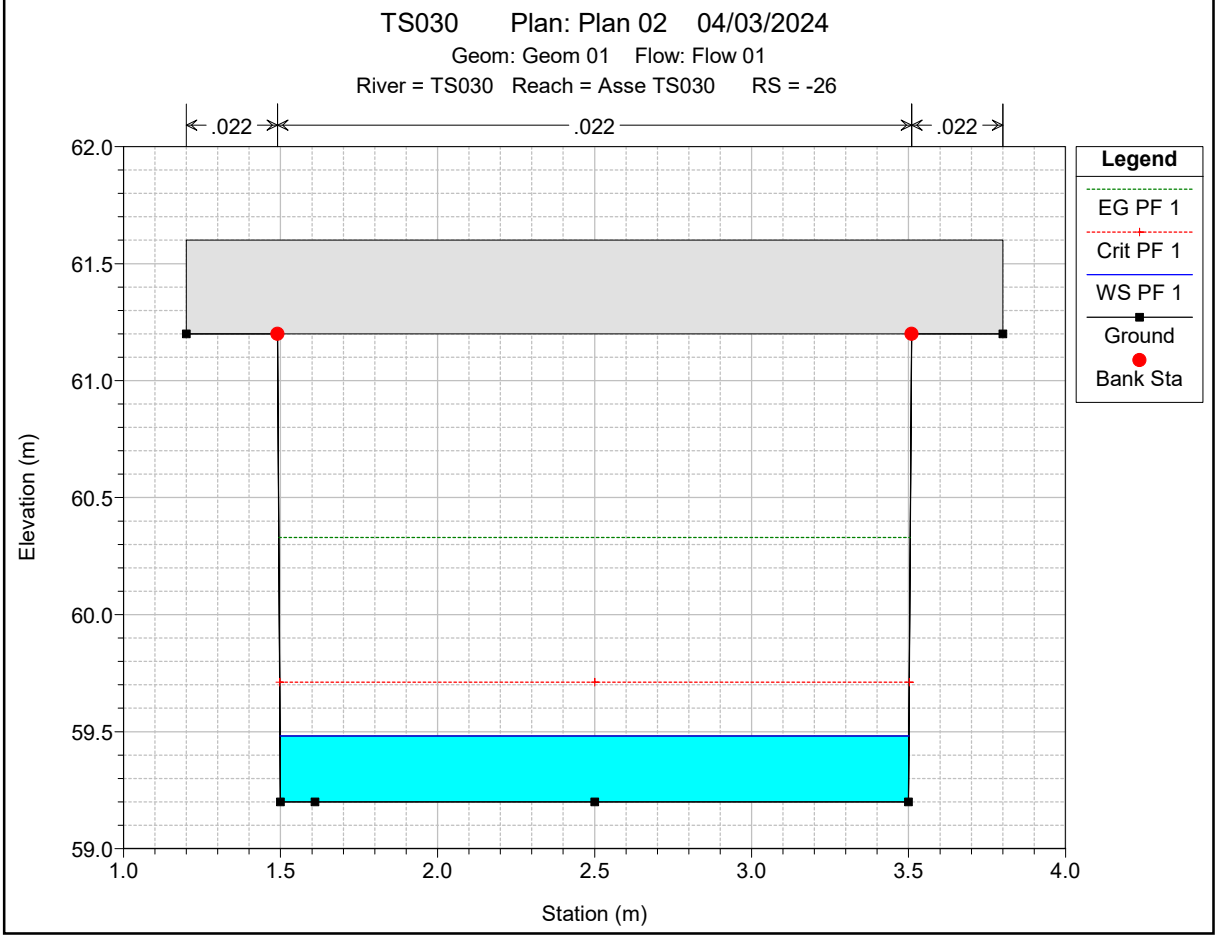

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -21
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

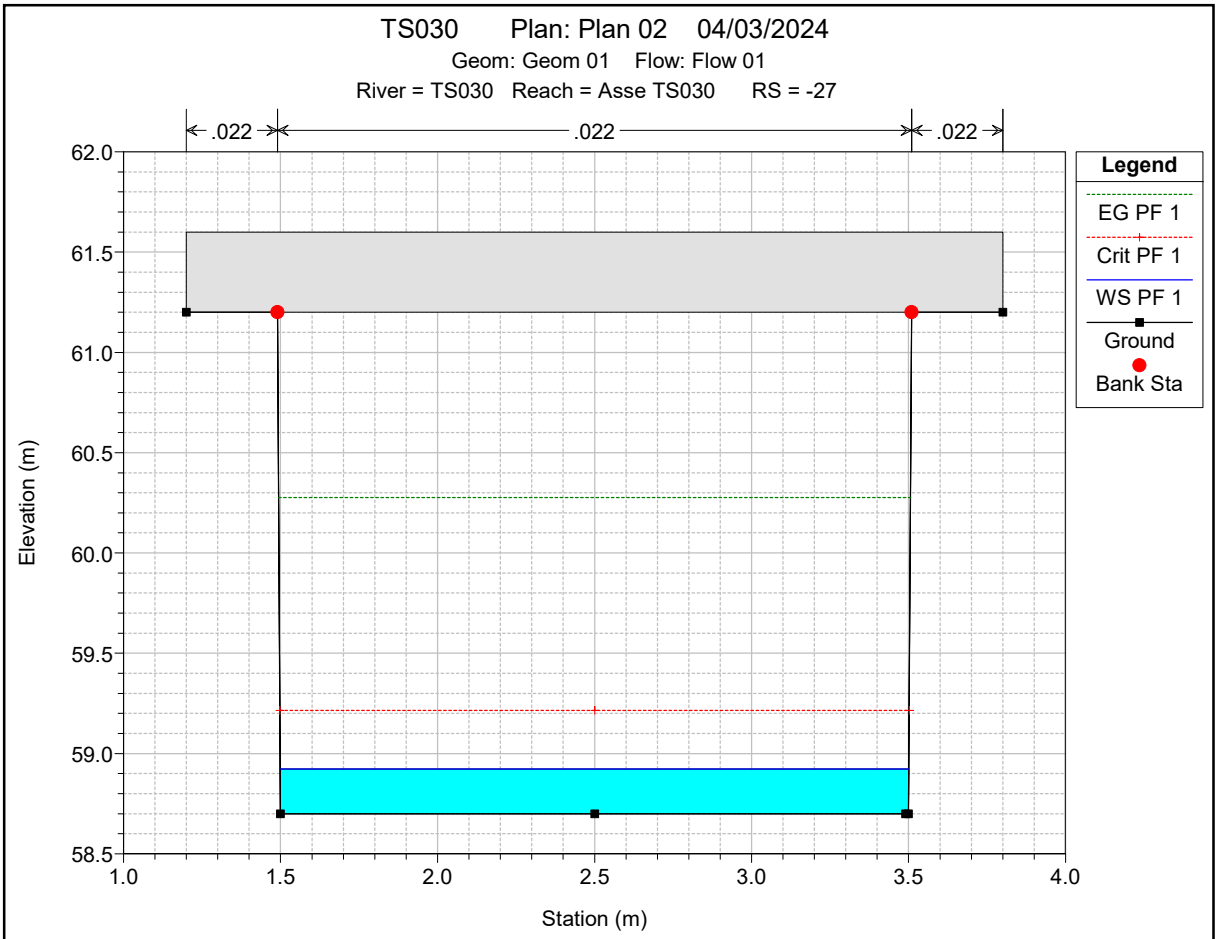

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -22
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

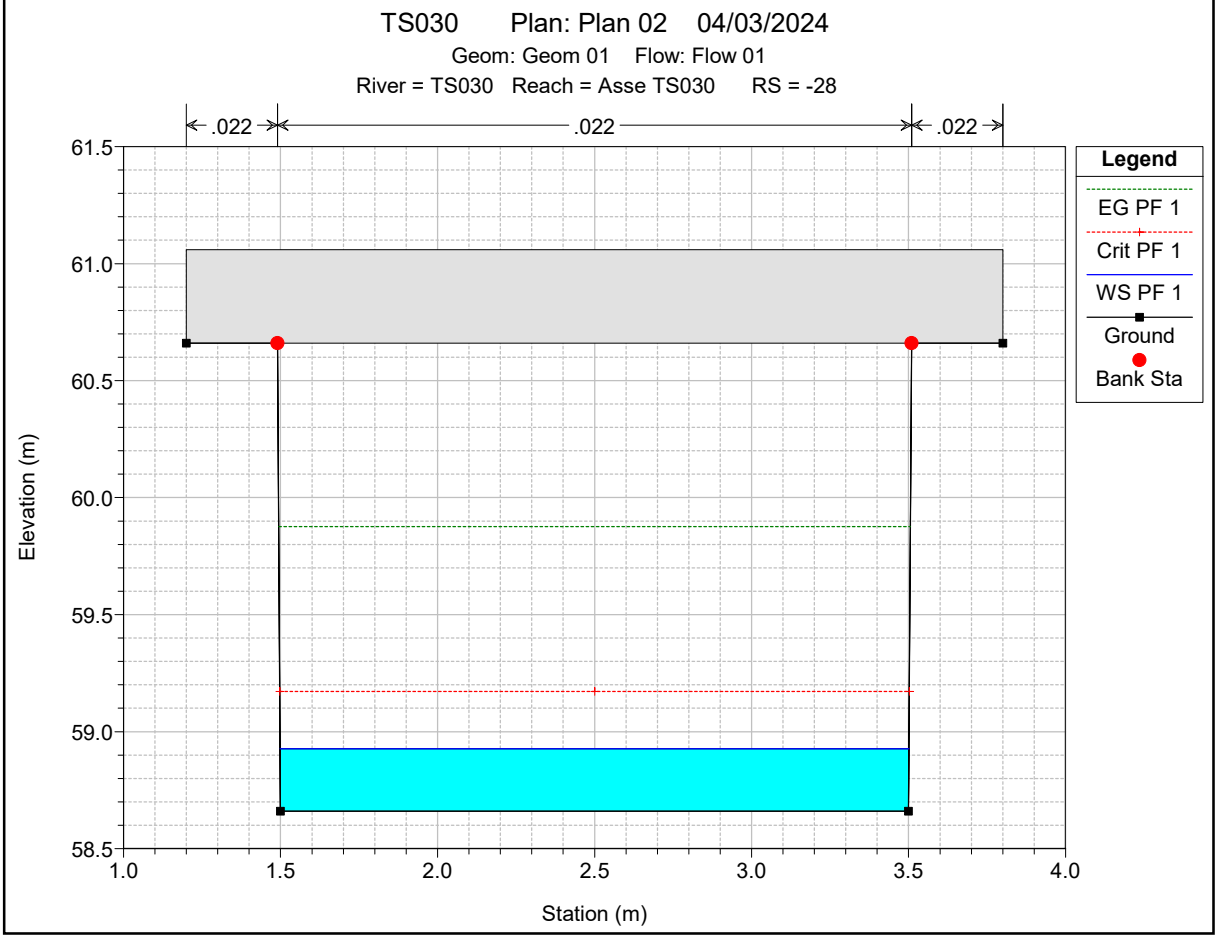

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -23
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
63.0
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

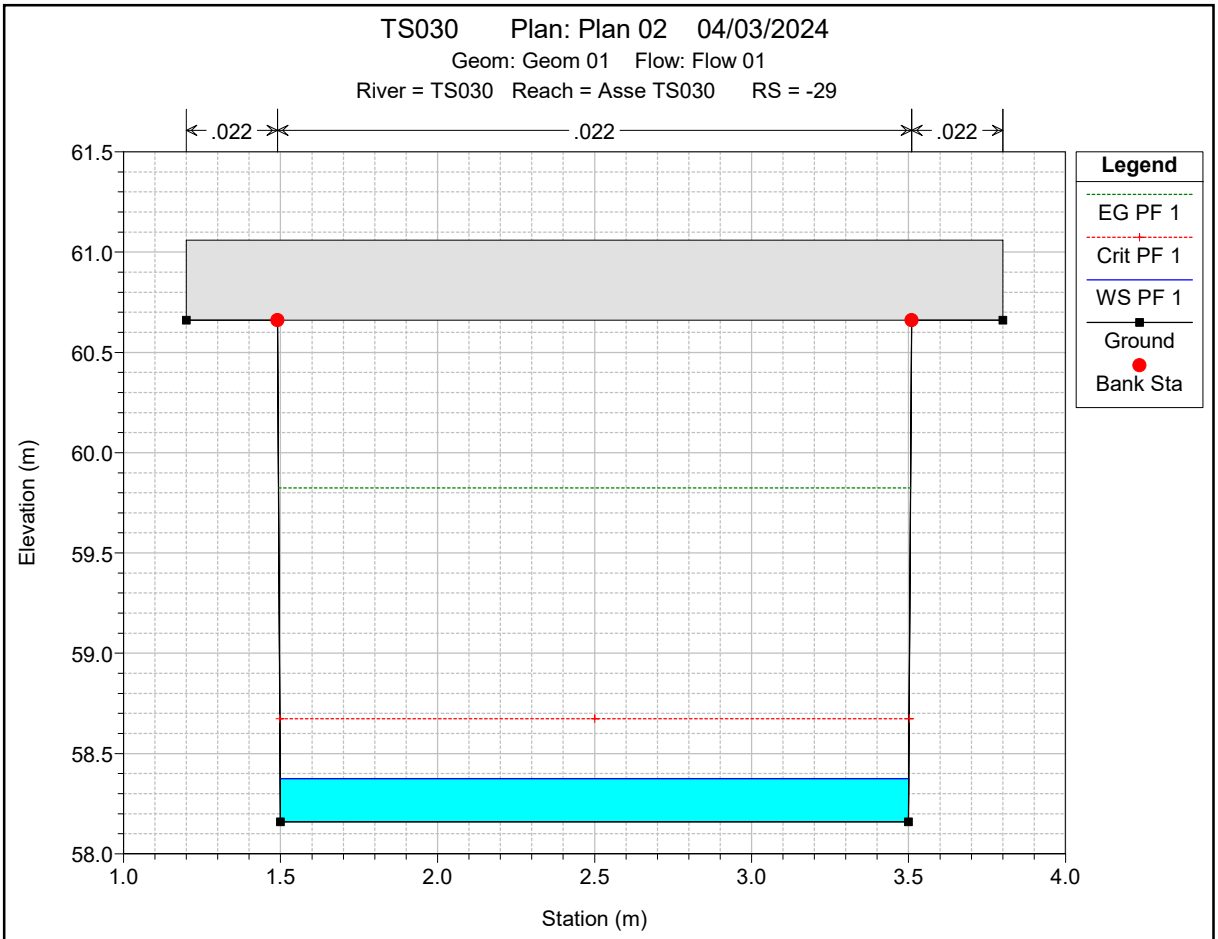

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -24
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

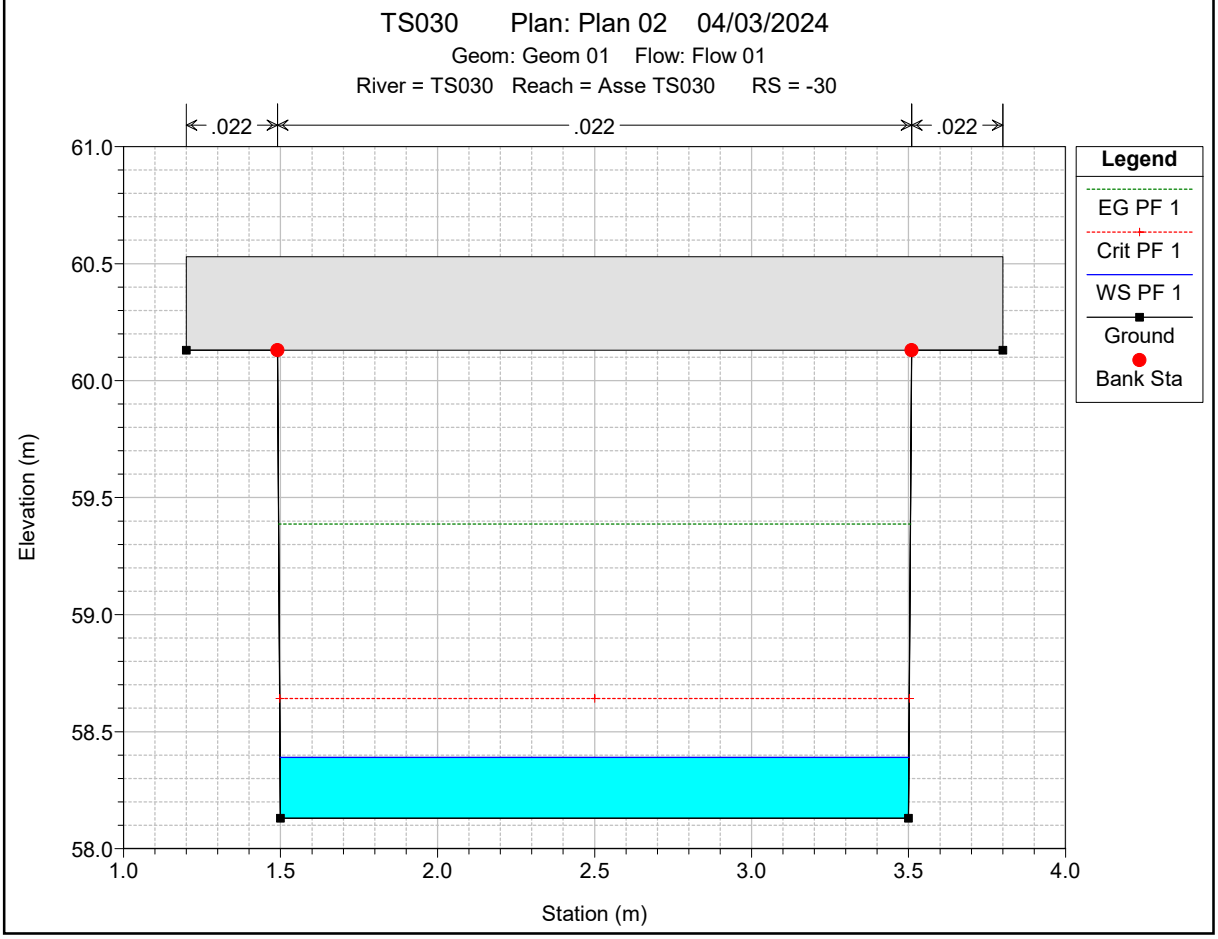

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -25
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
62.5
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

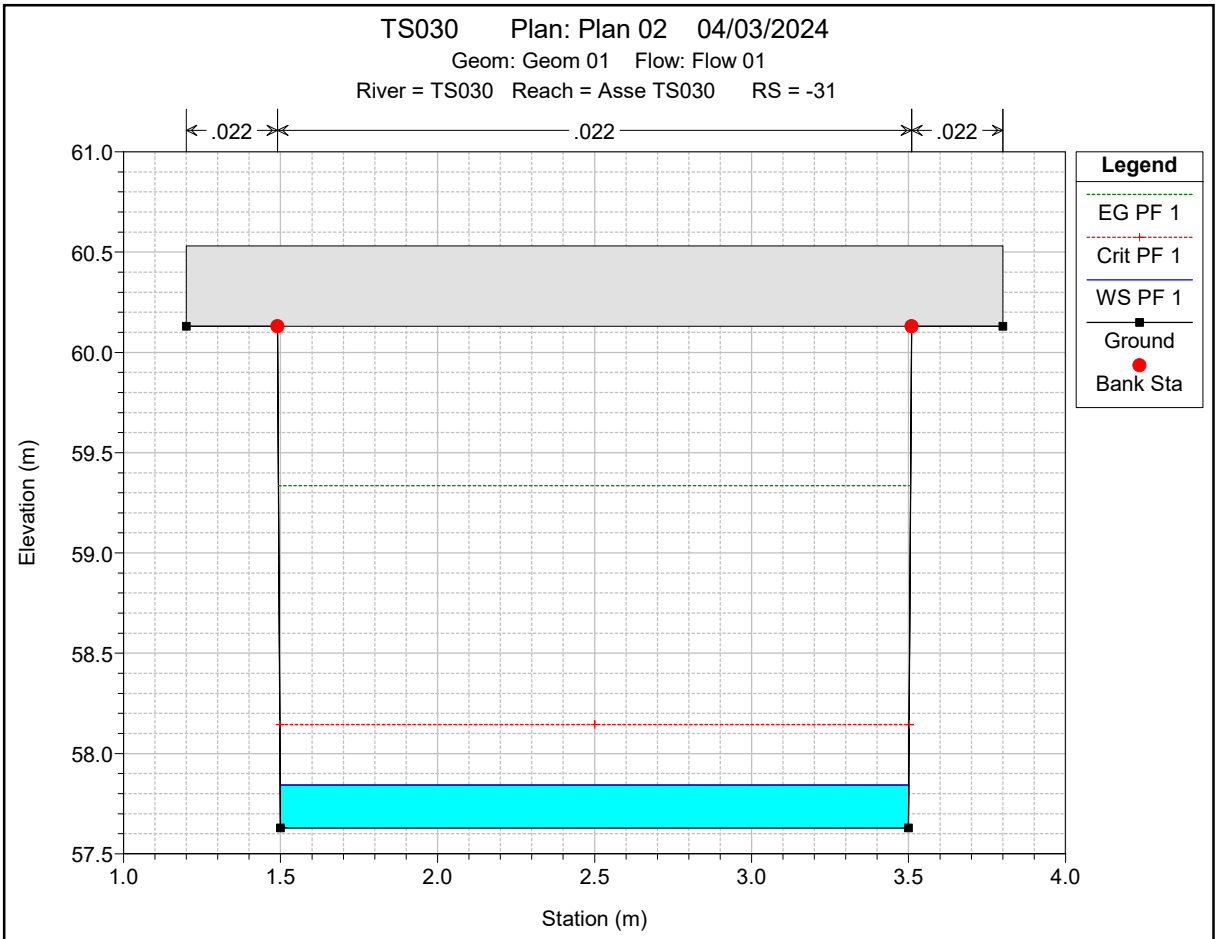

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -26
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

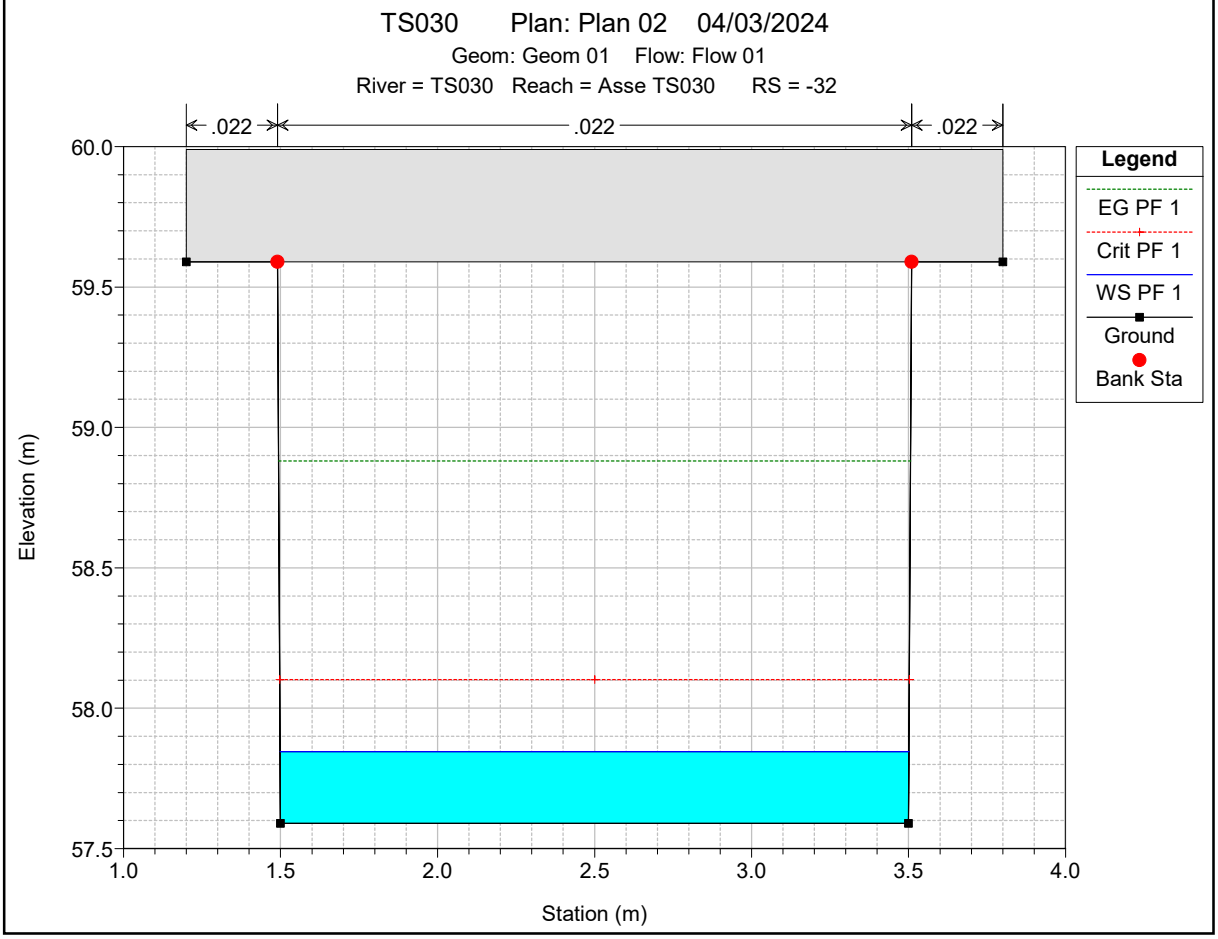

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -27
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
58.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

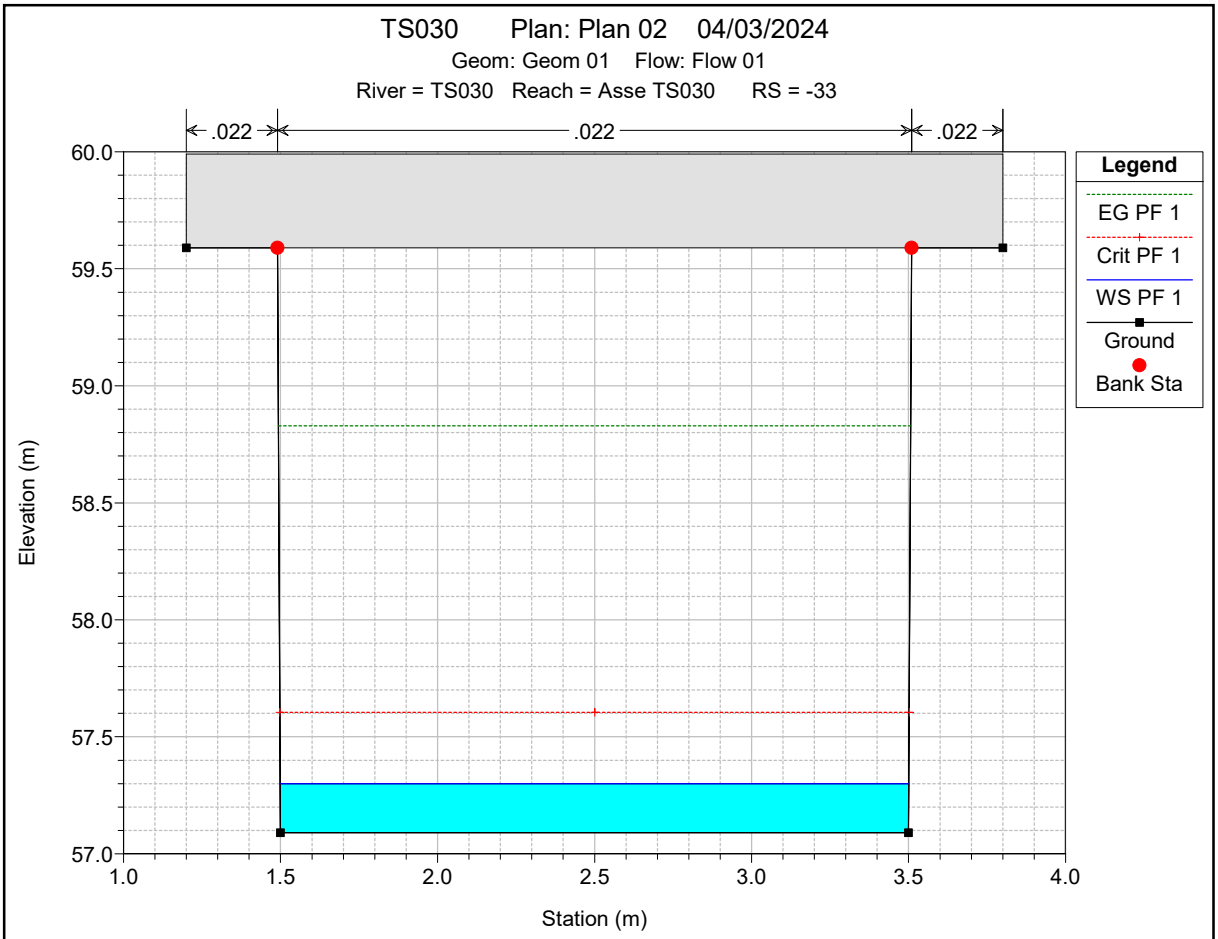

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -28
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
58.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

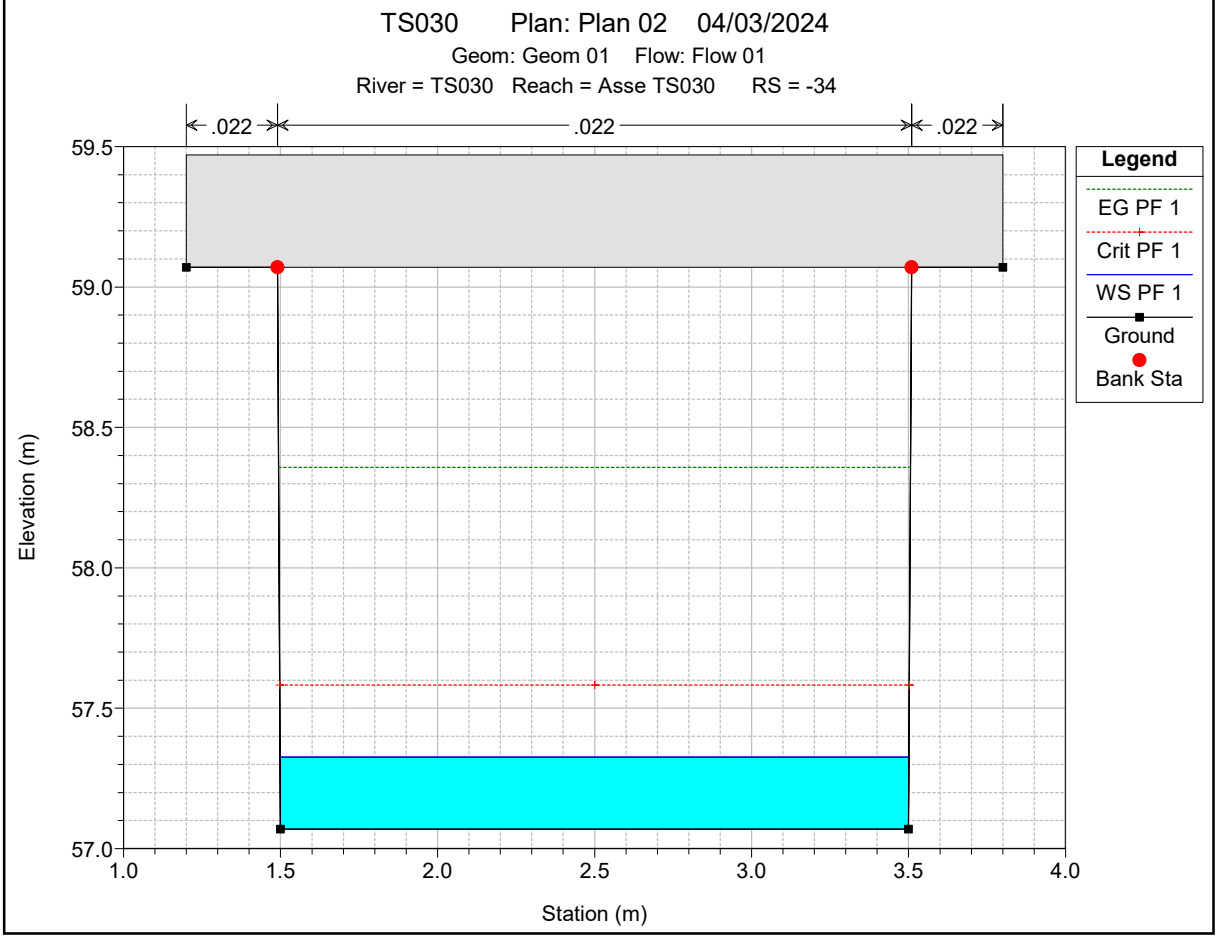

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -29
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
58.5
58.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

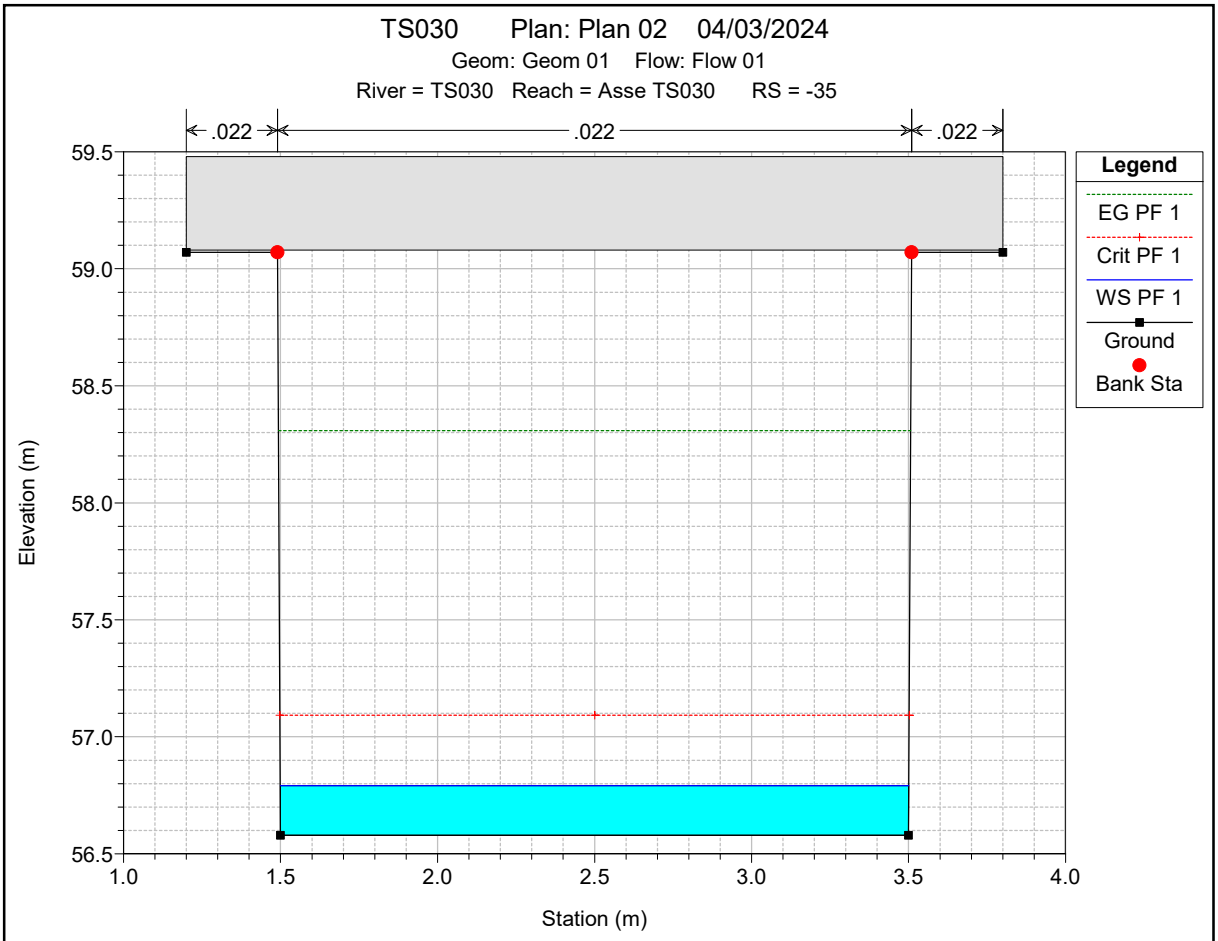

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -30
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
58.5
58.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

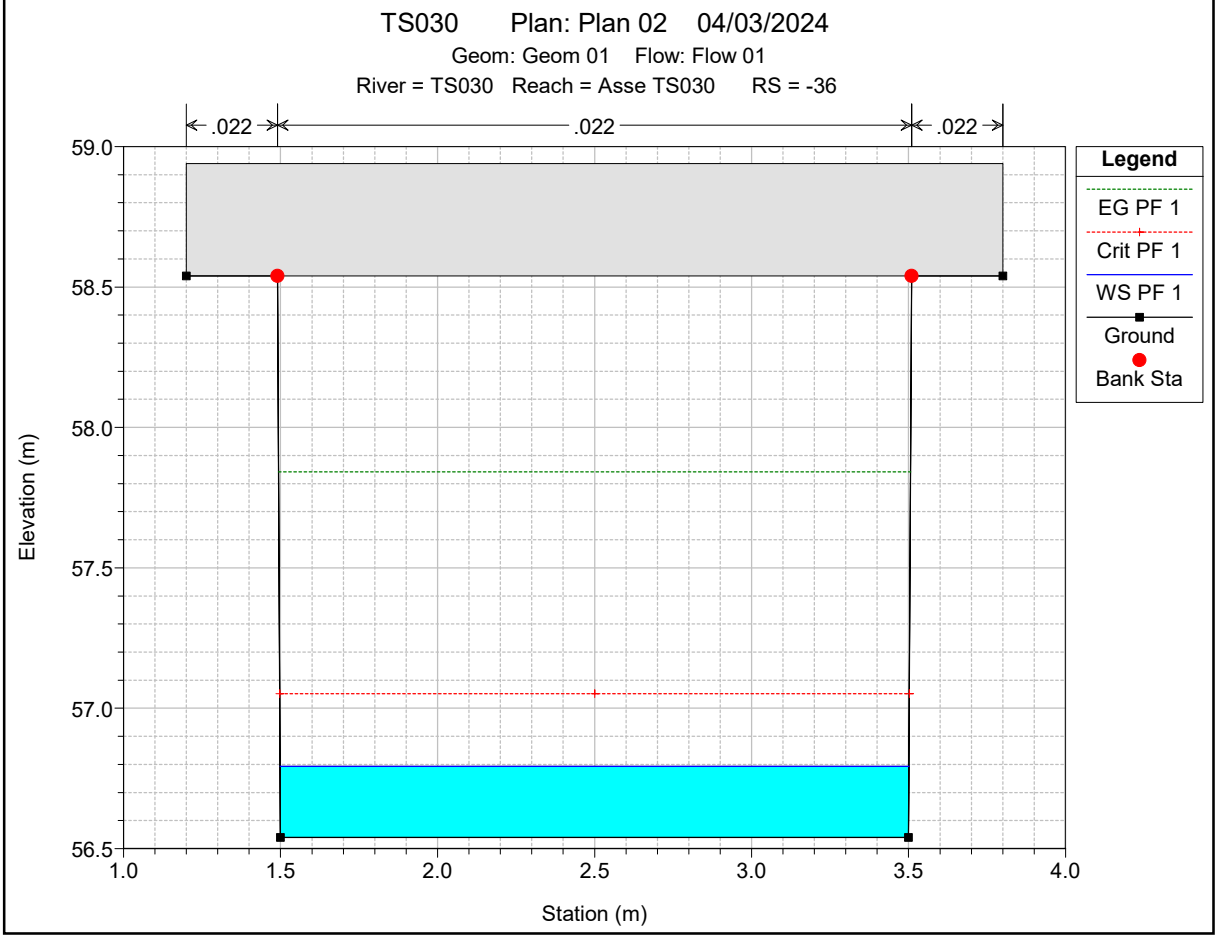

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -31
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
58.5
58.0
57.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

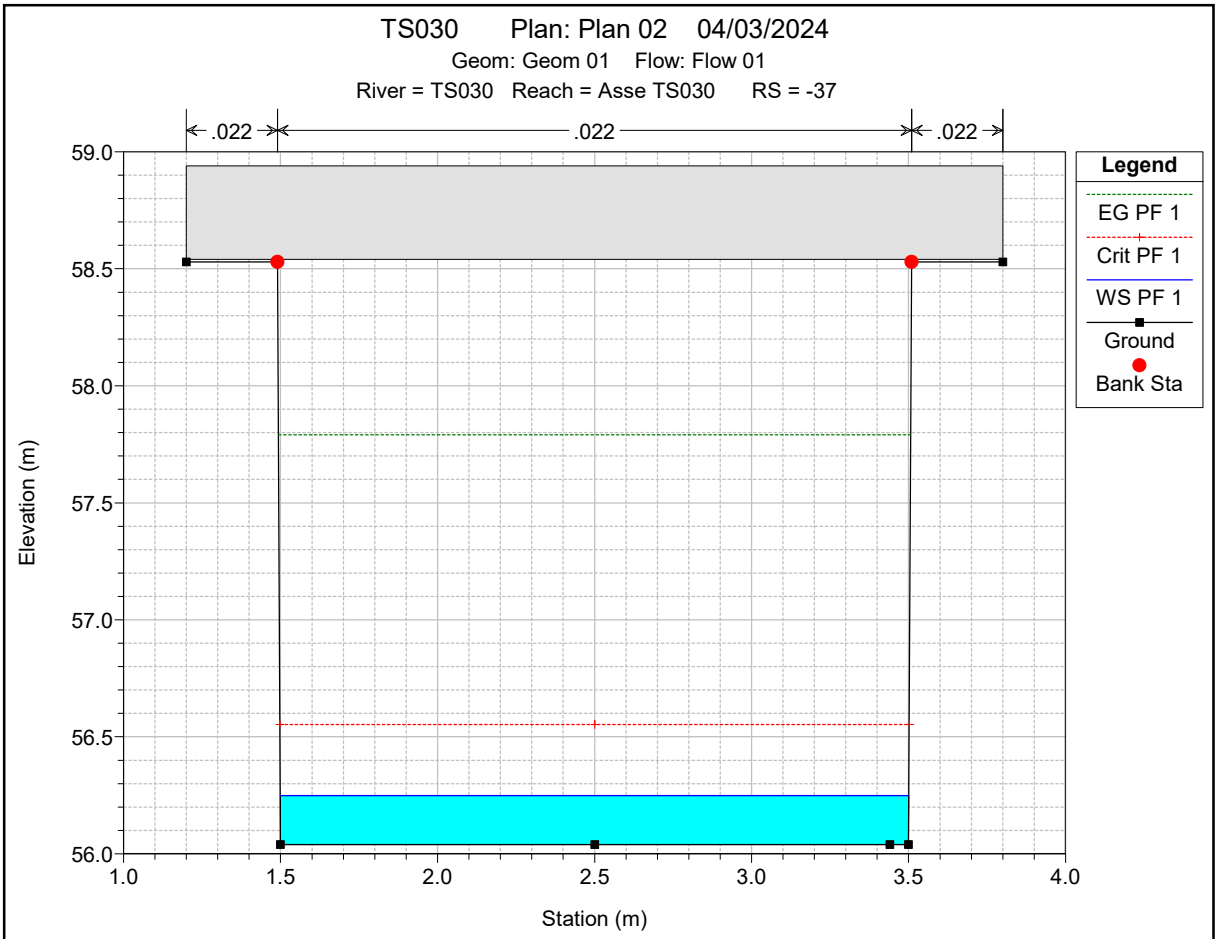

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -32
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
60.0
59.5
59.0
58.5
58.0
57.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

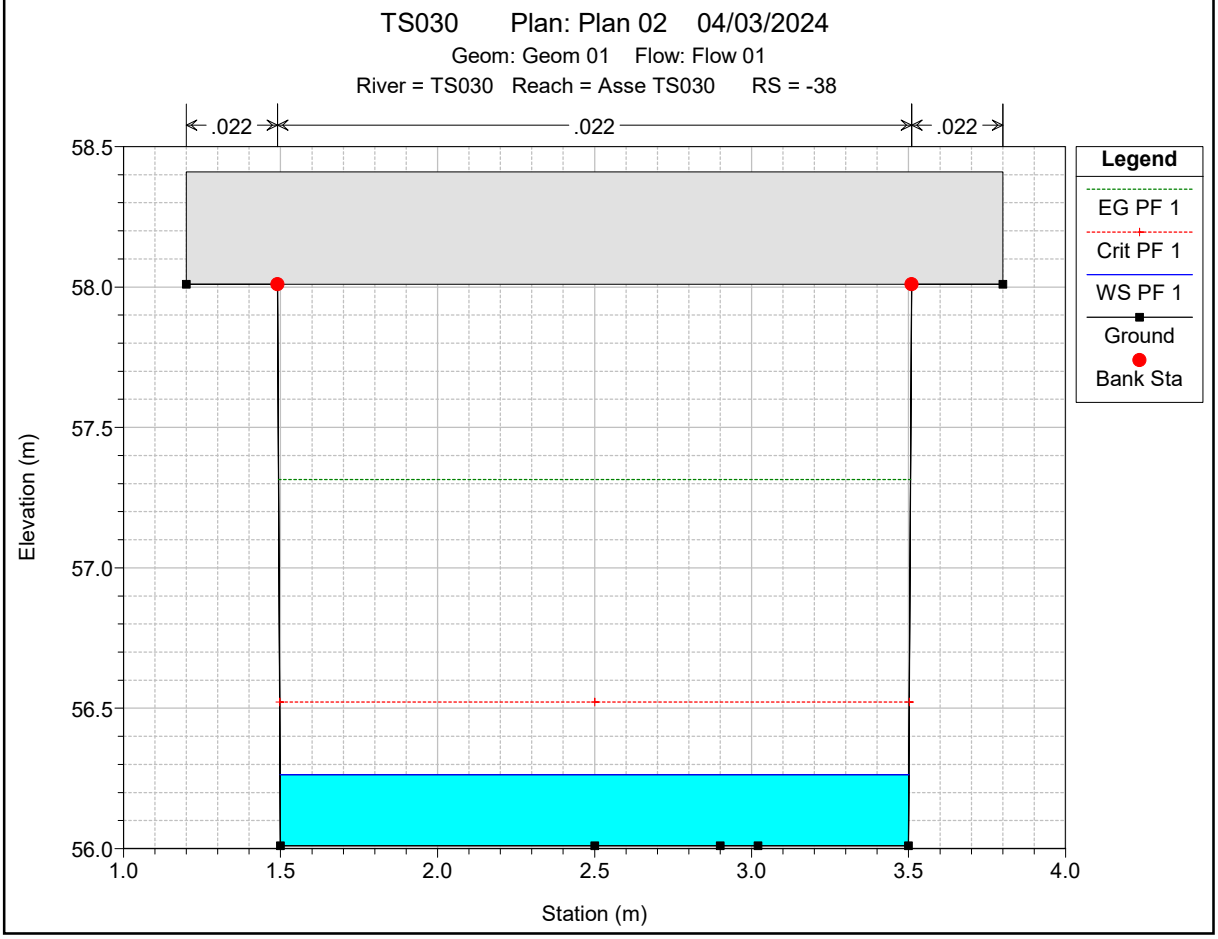

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -33
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
60.0
59.5
59.0
58.5
58.0
57.5
57.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

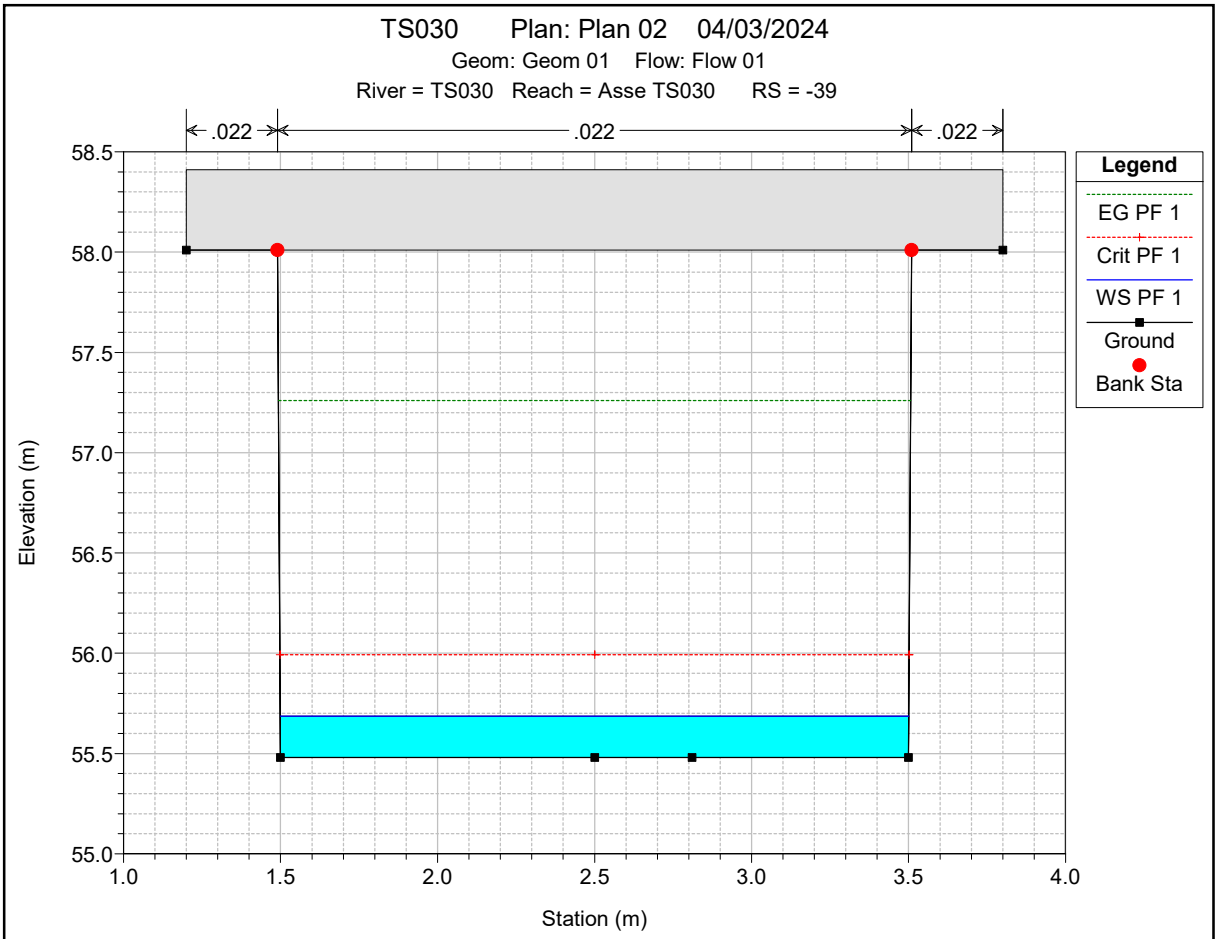

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -34
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
59.5
59.0
58.5
58.0
57.5
57.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

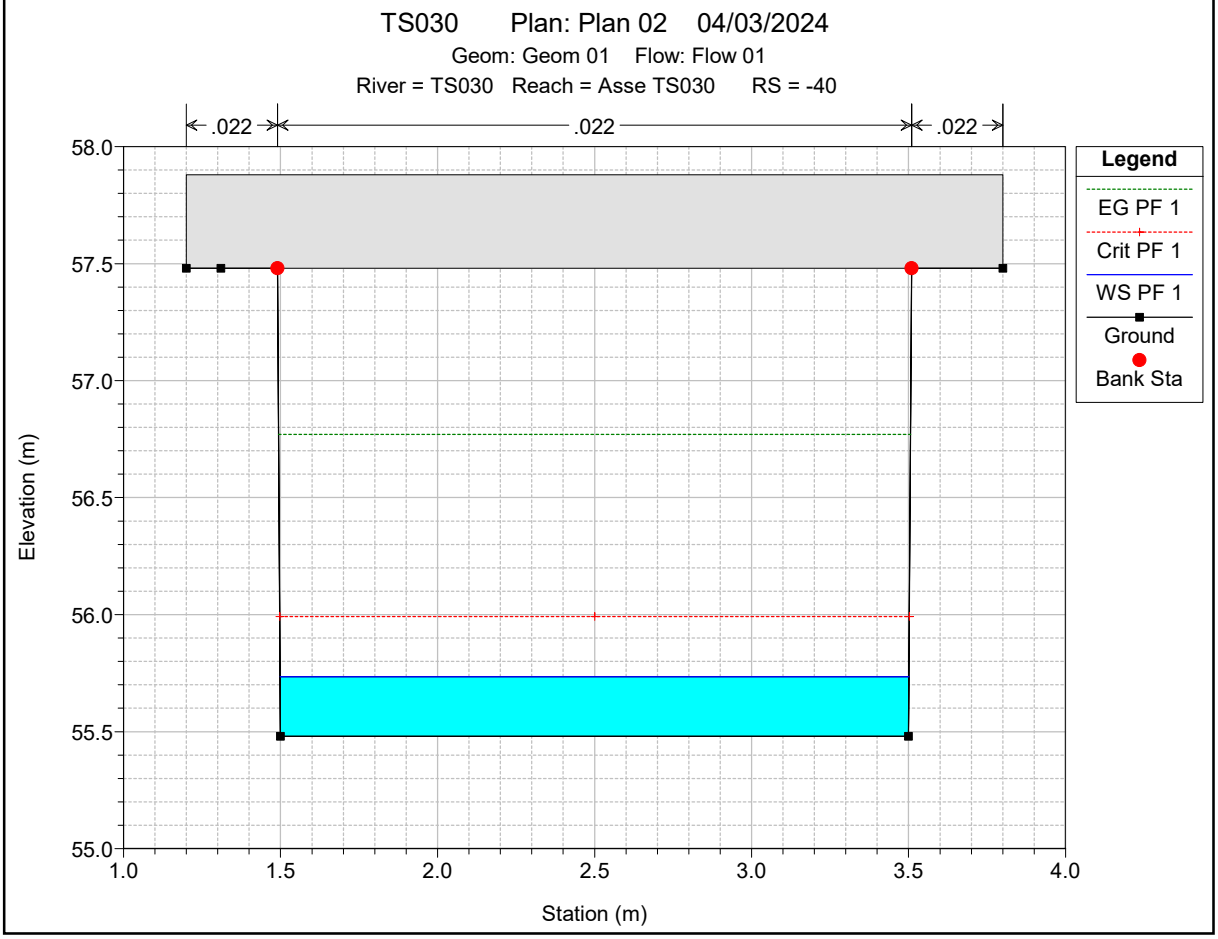

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -35
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
59.5
59.0
58.5
58.0
57.5
57.0
56.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

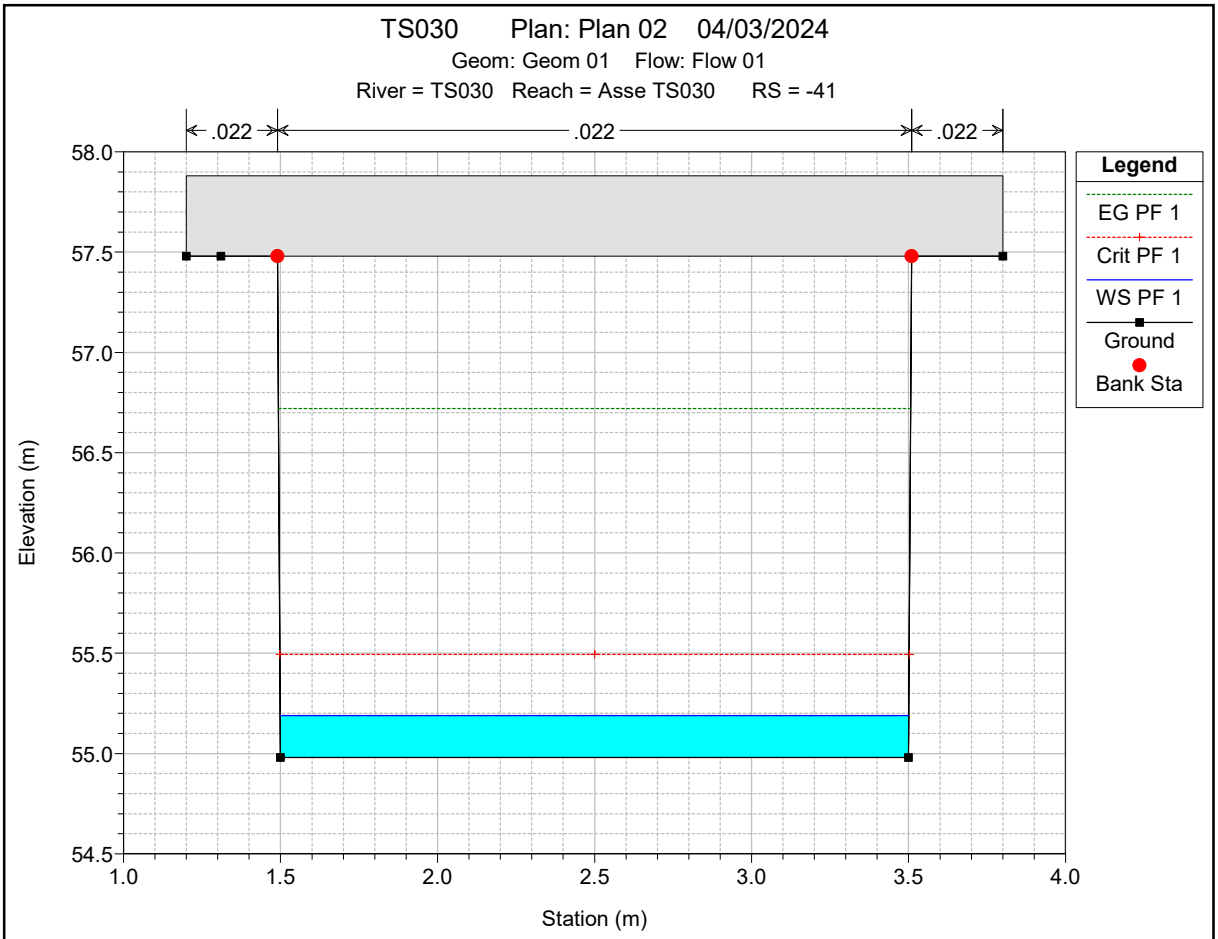

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -36
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
59.0
58.5
58.0
57.5
57.0
56.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

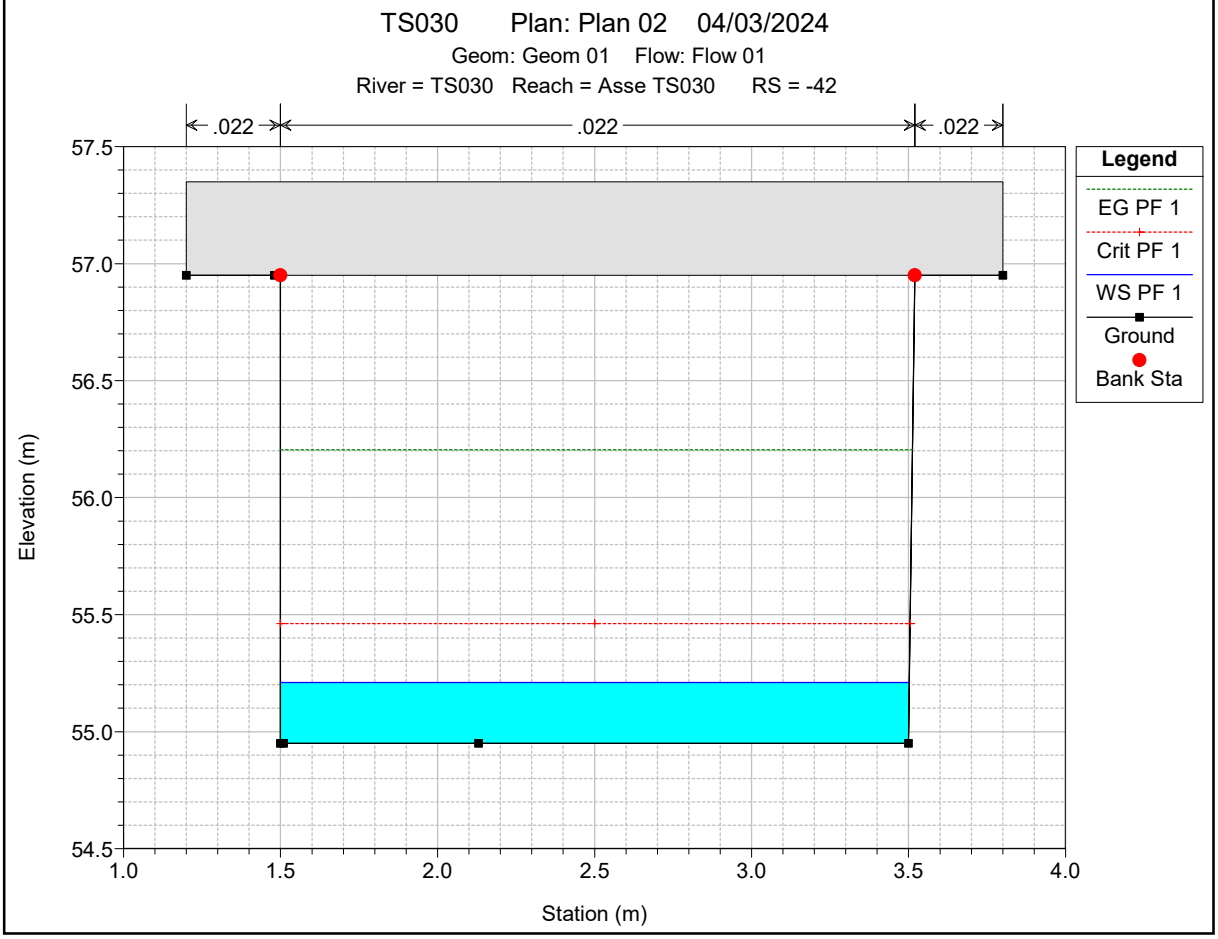

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -37
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
59.0
58.5
58.0
57.5
57.0
56.5
56.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

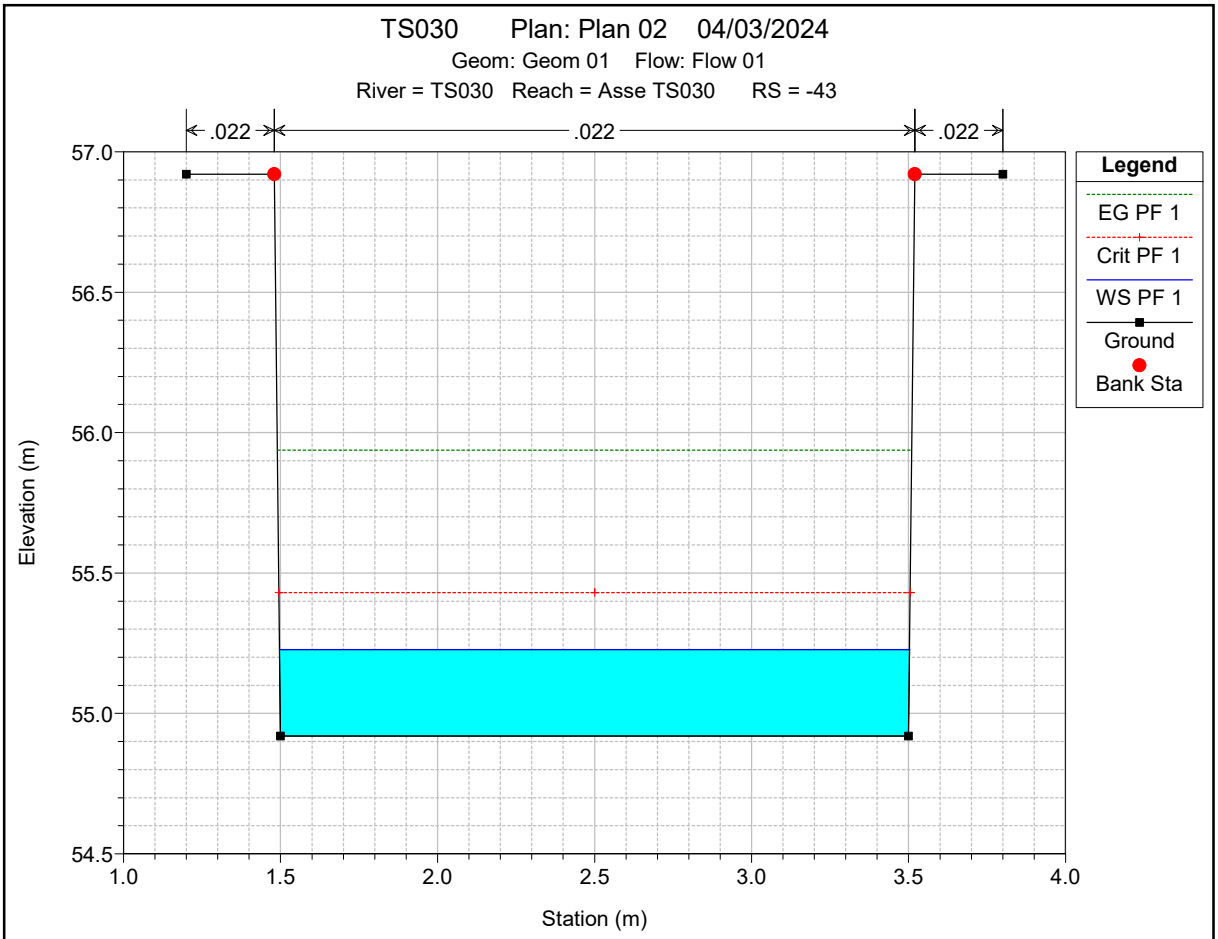

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -38
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
58.5
58.0
57.5
57.0
56.5
56.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

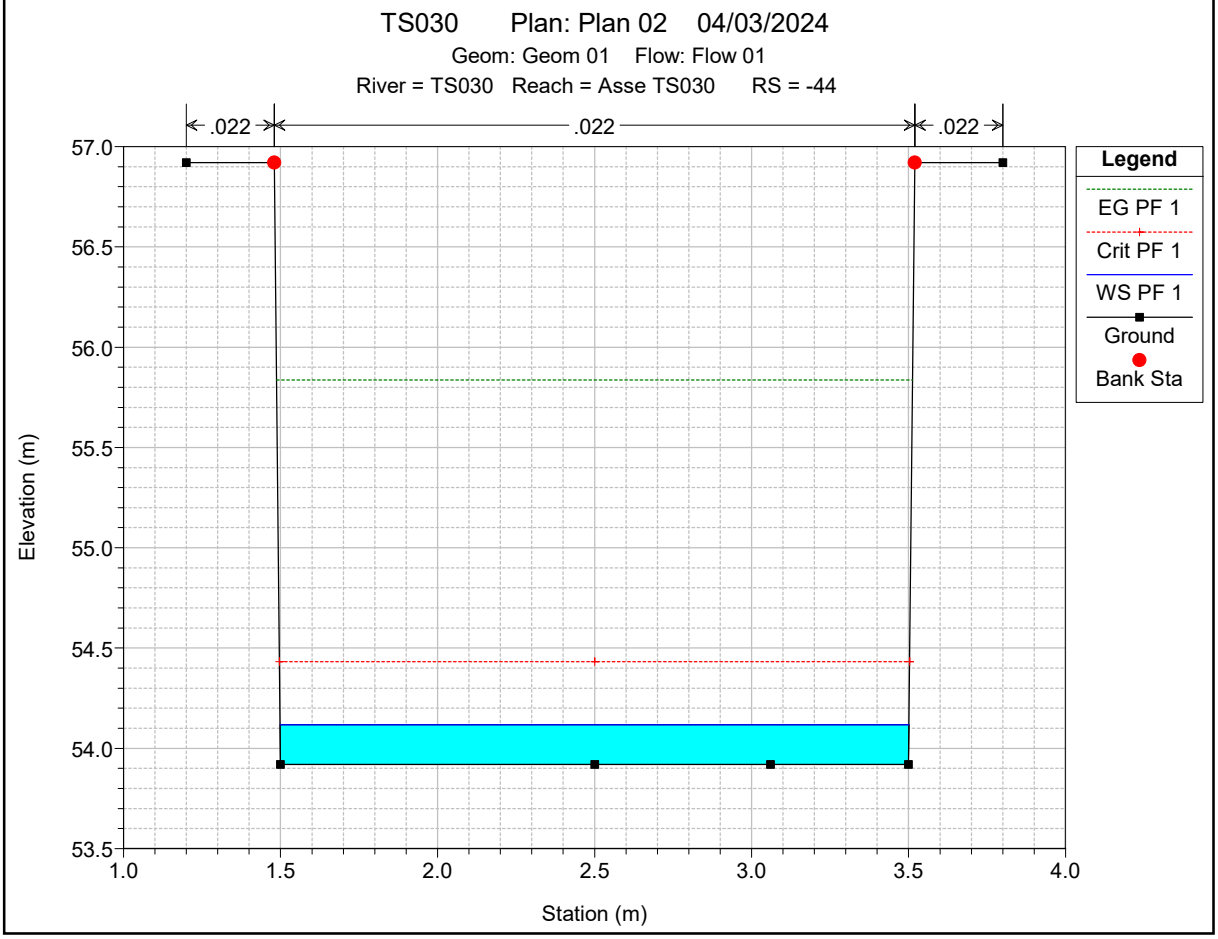

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -39
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
58.5
58.0
57.5
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

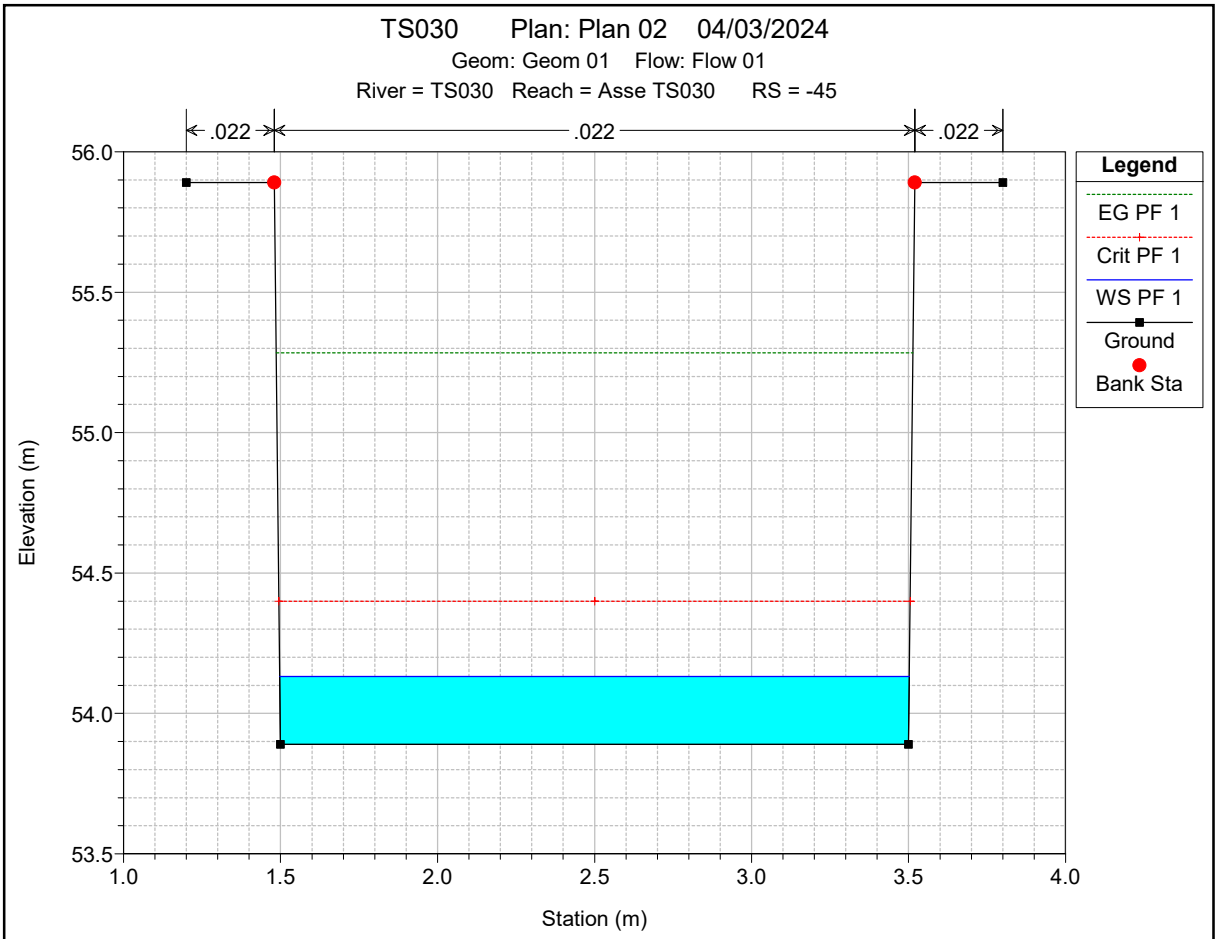

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -40
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
58.0
57.5
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

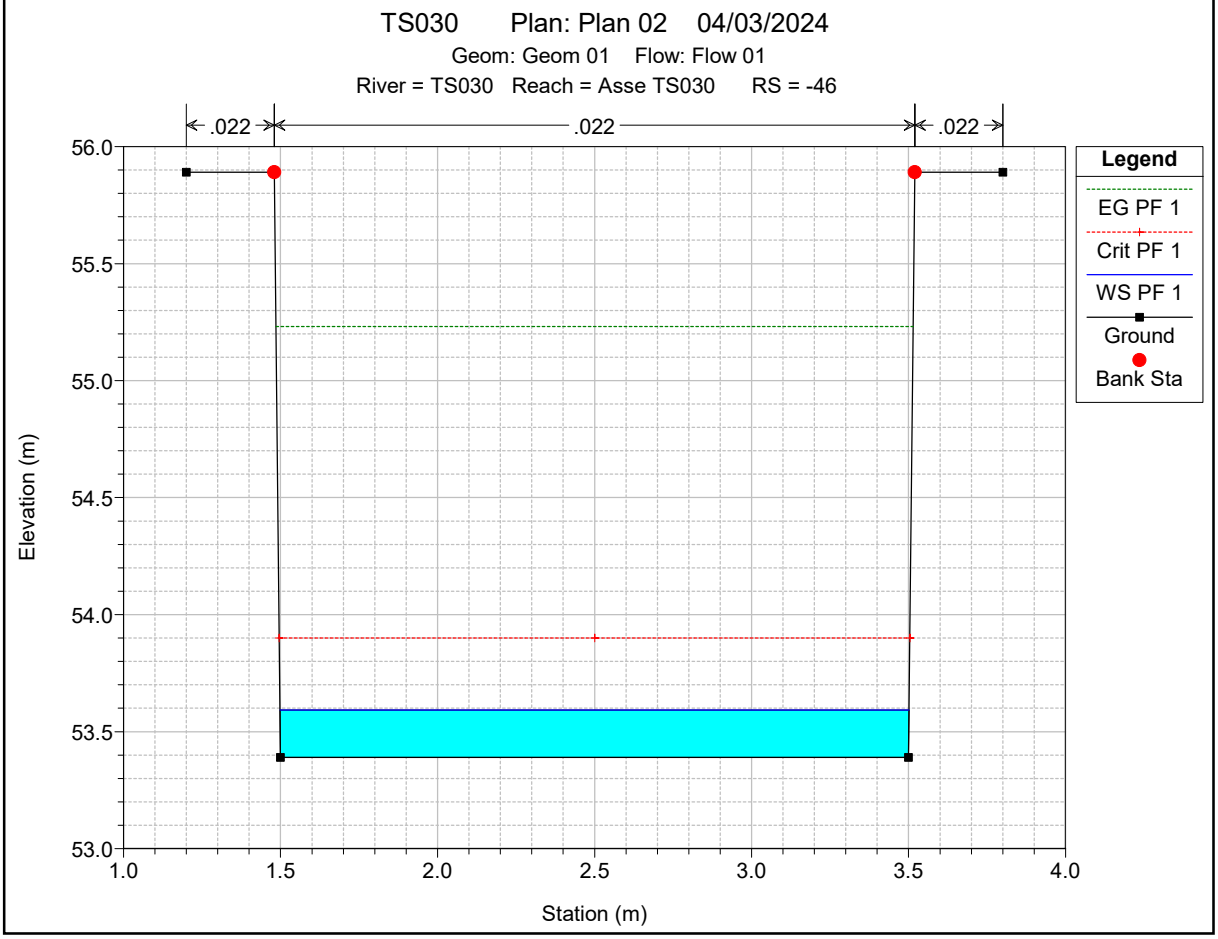

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -41
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
58.0
57.5
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
54.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

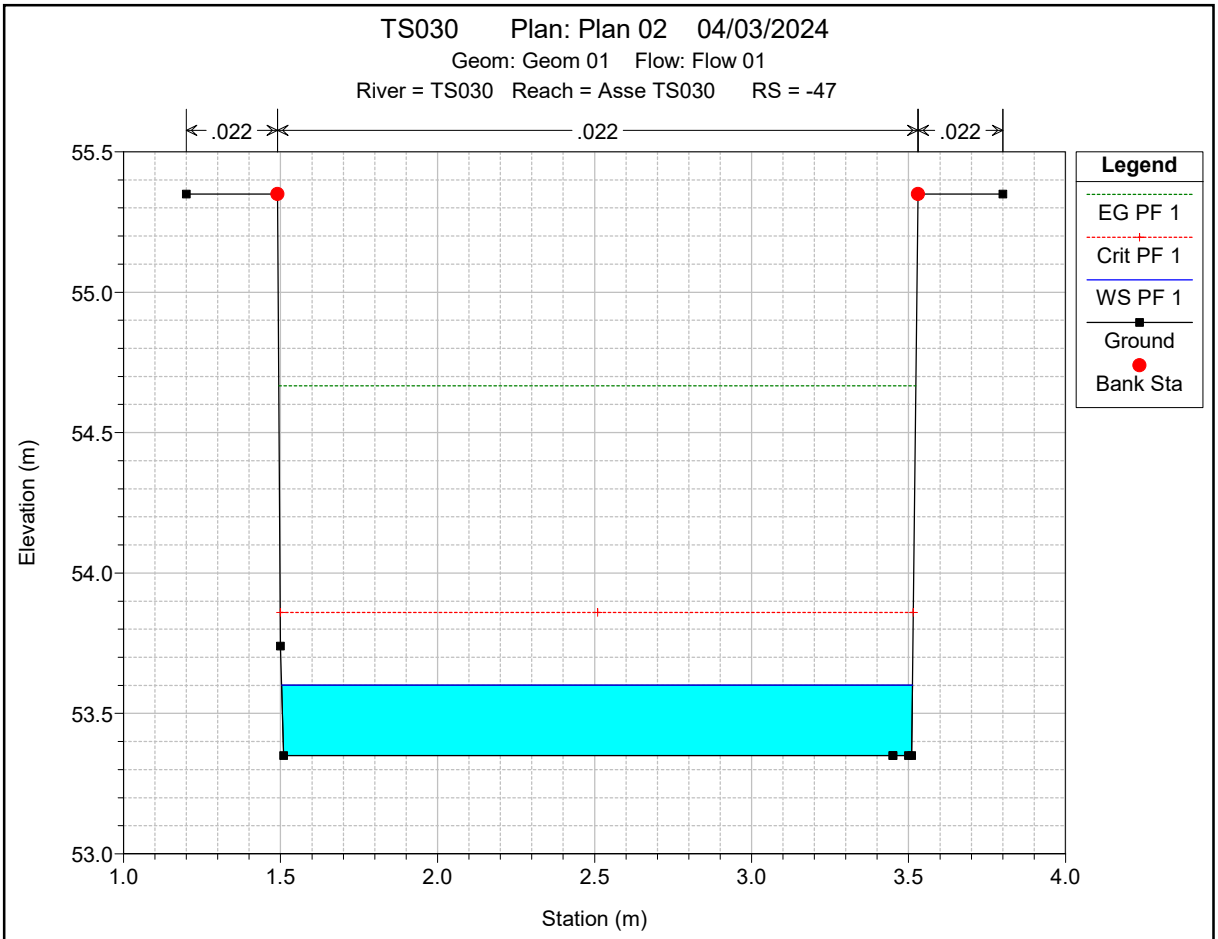

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -42
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
57.5
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
54.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

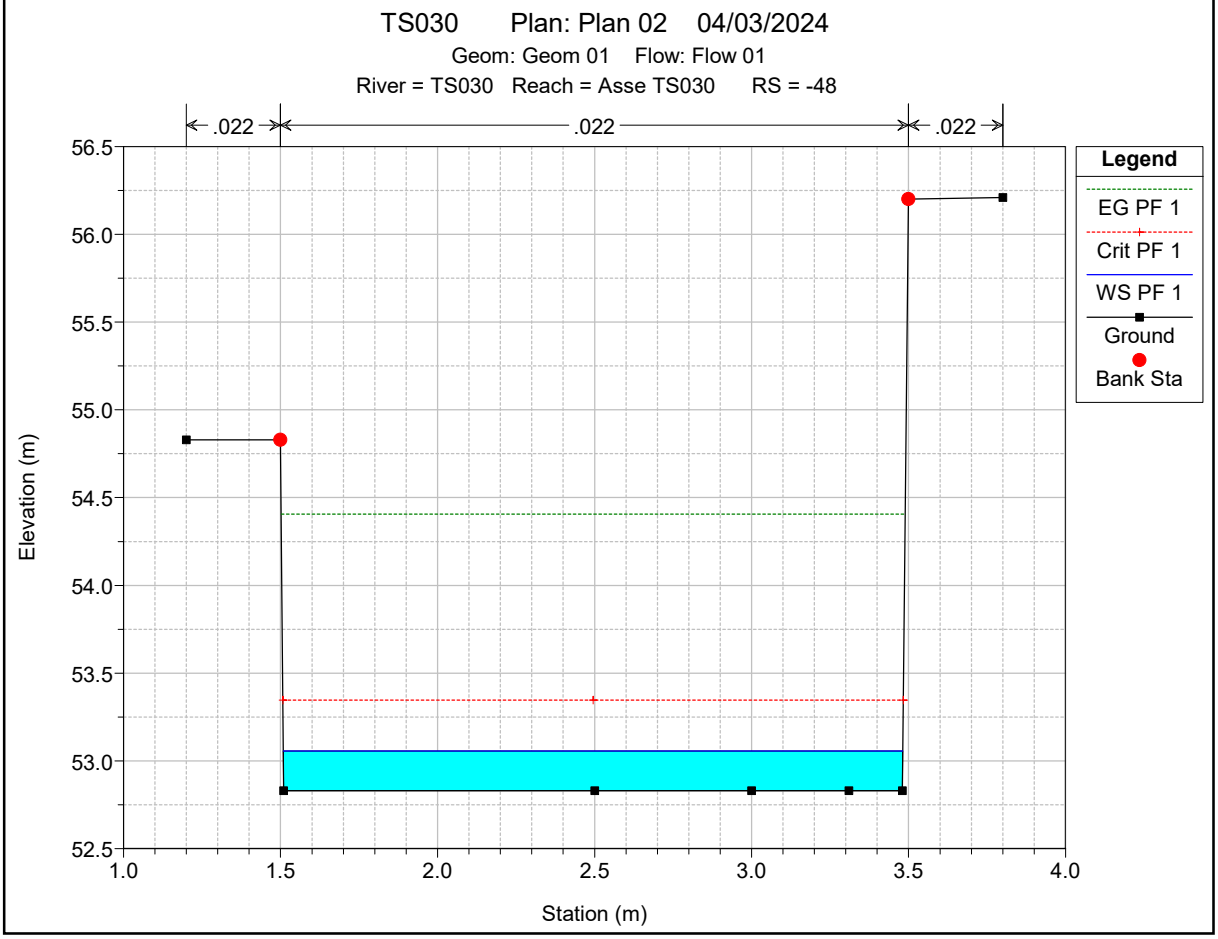

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -43
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
54.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

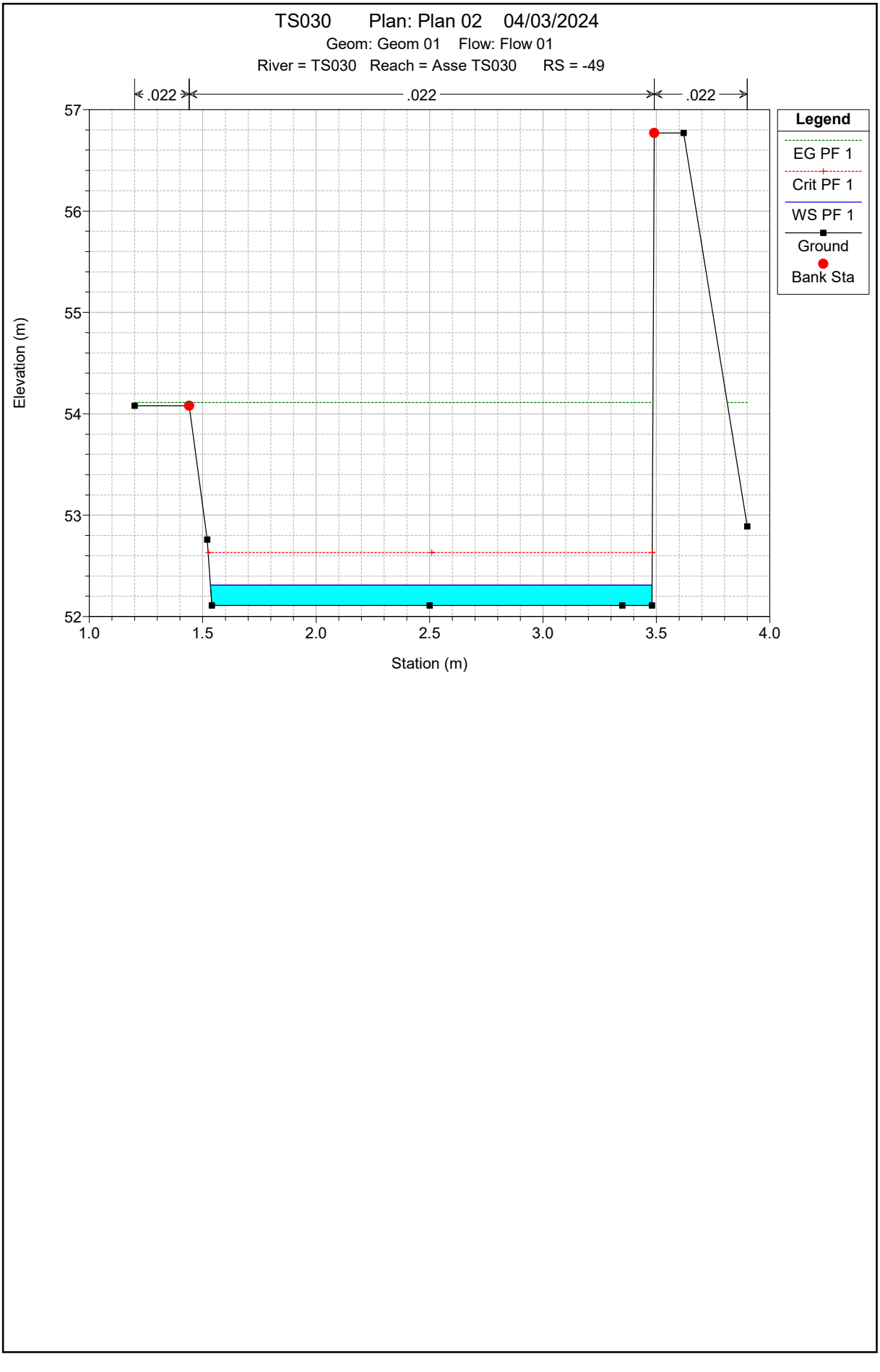

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -44
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
54.5
54.0
53.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -45
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
56.0
55.5
55.0
54.5
54.0
53.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

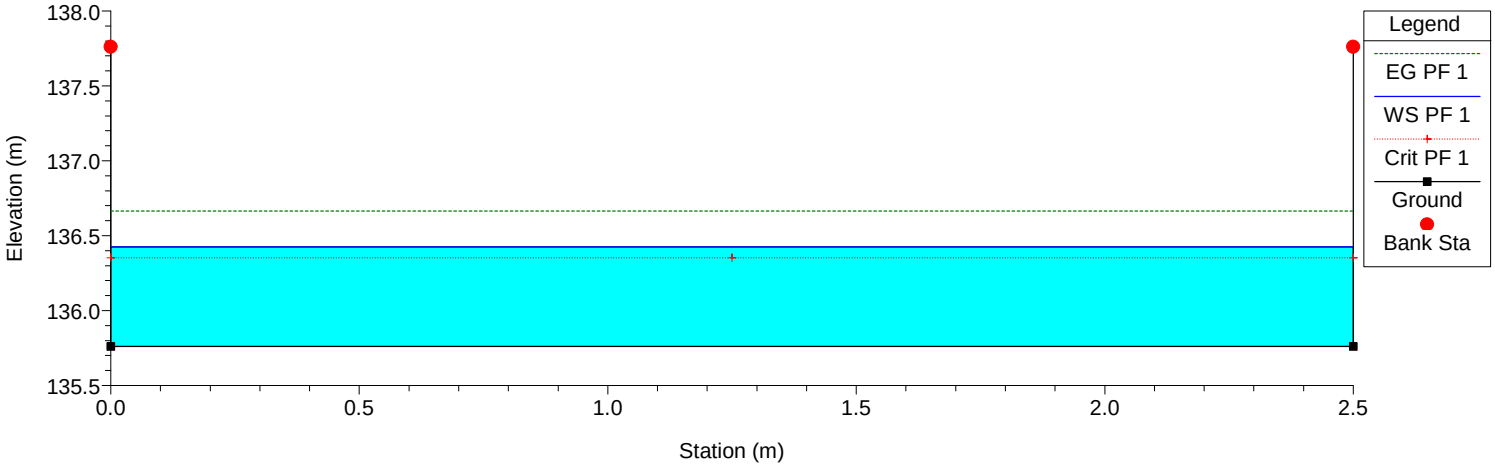

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -46
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
56.0
55.5
55.0
54.5
54.0
53.5
53.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -47
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
55.5
55.0
54.5
54.0
53.5
53.0
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

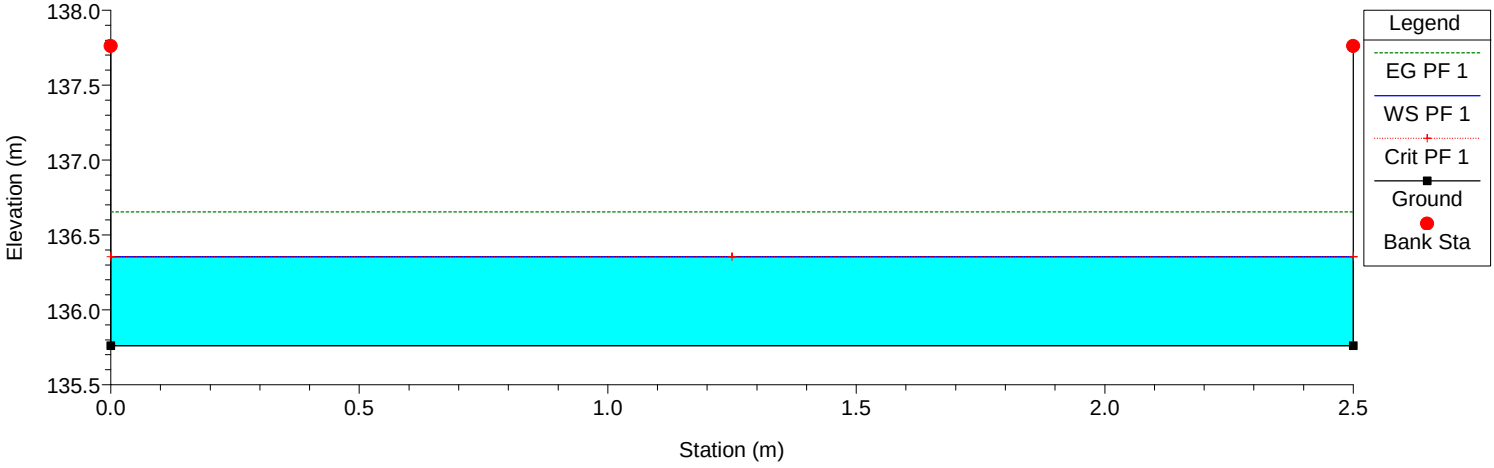

TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -48
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
56.5
56.0
55.5
55.0
54.5
54.0
53.5
53.0
52.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


TS030 Plan: Plan 02 04/03/2024
Geom: Geom 01 Flow: Flow 01
River = TS030 Reach = Asse TS030 RS = -49
.022
.022
.022
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
57
56
55
54
53
52
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

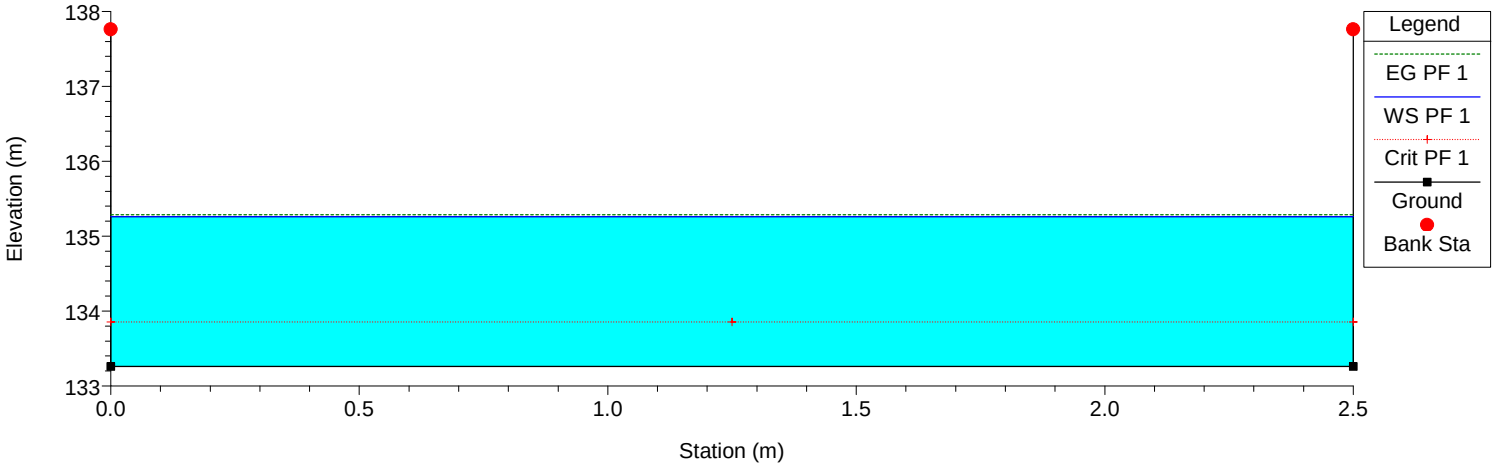
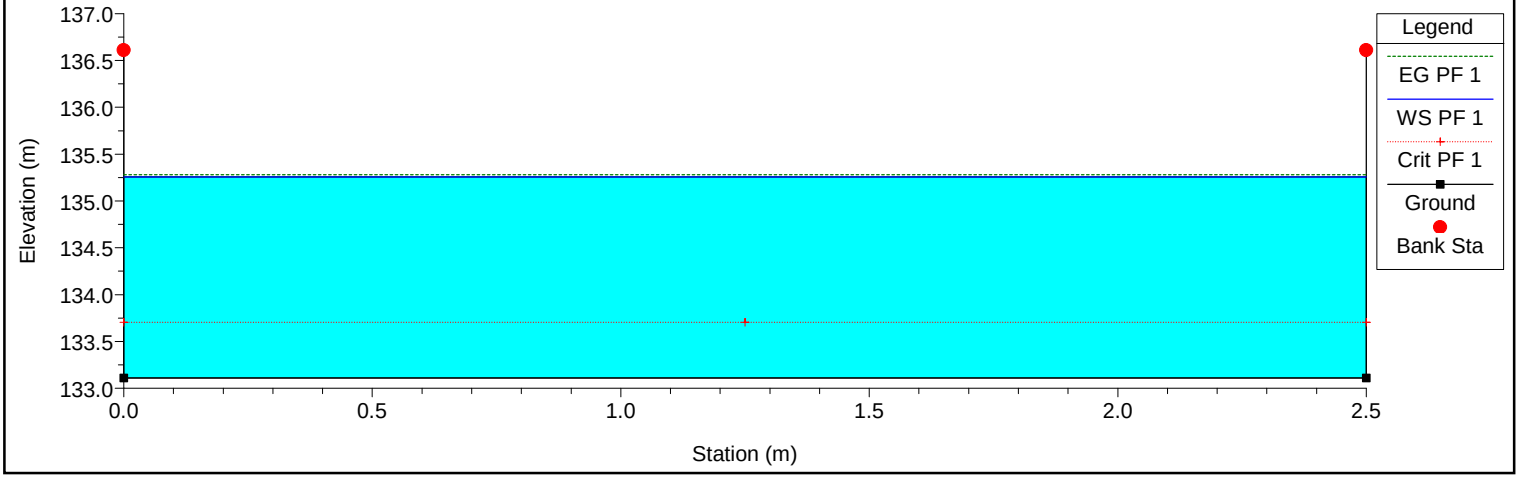
RS = -1



RS = -2



RS = -3



RS = -4