ITEC engineering

COMUNE DI QUILIANO

Committente:
Comune di Quiliano (SV)

Livello di Progetto:
Definitivo

Titolo:

ADEGUAMENTO IDRAULICO DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO SANTO

Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA

Codice Progetto:
P063-21

Nome File:
P063-21-D-RE-IDR-001-A

Firme:



Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	Prima emissione	JB	31/08/21	DR	31/08/21

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA

efca

FIDIC

apave certification
ISO 9001
N° SC 10-2588/IAF 34
ISO 14001
N° SCA 19-3491/IAF 34
ISO 45001
N° SCS 20-336/IAF 34

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690
www.itec-engineering.it

È vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 2

2 INQUADRAMENTO GENERALE 3

3 PIANO DI BACINO 6

3.1 PORTATE DI RIFERIMENTO 6
3.2 MAPPATURA DELLE AREE INONDABILI 7
3.3 MAPPATURA DEI TRATTI D'ALVEO INDAGATI 8
3.4 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO 8

4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO 10

5 VERIFICHE IDRAULICHE 11

5.1 PORTATE DI RIFERIMENTO 11
5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO 11
5.3 PARAMETRI DI CALCOLO E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA 12
5.4 RISULTATI 14
5.4.1 Configurazione 1 – STATO ATTUALE 14
5.4.2 Configurazione 2 – STATO DI PROGETTO_Q200 RIO SANTO 15
5.4.3 Configurazione 3 – STATO DI PROGETTO_CONTEMPORANEITÀ DEI COLMI DI PIENA 15

6 DIMENSIONAMENTO DEI MASSI DELLA PLATEA 17

Allegati:

ALLEGATO A: Documentazione fotografica
ALLEGATO B: Verifiche idrauliche del rio Santo

Appendici:

APPENDICE 1: Software di calcolo Hec-Ras 5.0.7

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte degli elaborati del progetto definitivo dell' *Adeguamento idraulico del tratto terminale del rio Santo* in Comune di Quiliano.

Essa fa riferimento al progetto preliminare di *Adeguamento idraulico del tratto terminale del rio Santo* commissionato dal Comune di Quiliano nel 2017, e ne costituisce approfondimento e aggiornamento.

Le lavorazioni previste sono volte a mitigare il rischio idraulico legato alle esondazioni del rio Santo e del torrente Quazzola, nel quale il primo confluisce.
Allo stato attuale, nel suo tratto terminale, il rio Santo scorre entro una sezione d'alveo con fondo cementato e sponde di altezza variabile che costituisce tuttavia anche la strada di accesso alle abitazioni in zona.
Si configura cioè una situazione in cui alveo e strada coincidono, creando una configurazione non accettabile per la sicurezza della comunità, oltre che incompatibile con una corretta regimazione delle acque.

Il presente progetto si propone quindi di separare la strada dall'alveo, realizzando sul percorso originario entrambe le infrastrutture, su quote differenti.
La presente relazione contiene la descrizione e i risultati delle verifiche idrauliche effettuate per il rio Santo.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

Il Rio Santo è un è un tributario di sinistra del torrente Quazzola, a sua volta un tributario del Quiliano. Il rio Santo confluisce nel Quazzola in prossimità della località Passeggi, nel Comune di Quiliano.
All'altezza della confluenza è presente il piccolo ponte della strada comunale "via Tecci".

Nella figura seguente sono riportati i limiti di bacino del torrente che alla sezione di confluenza con il torrente Quazzola sottende un bacino di circa 0.35 Km^2.

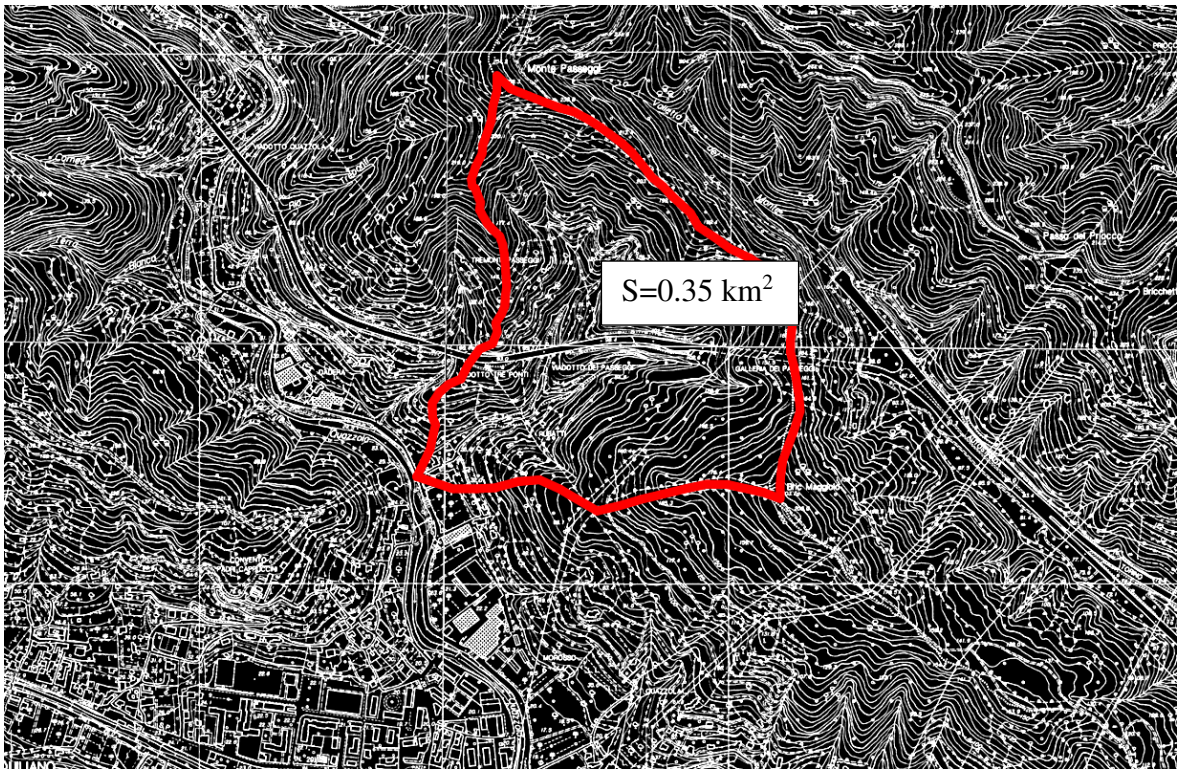


Figura 2.1 - Bacino rio Santo su CTR

Il bacino è caratterizzato da un'asta principale di lunghezza di circa 0.9 km, una pendenza media del 20%, con pendenze più elevate nel tratto di monte, mentre nel tratto più a valle, di interesse per il progetto, la pendenza media è del 3%. L'orientamento prevalente è NO-SO.

Nelle figure seguenti è evidenziata l'area oggetto di studio su ortofoto e su CTR regionale.



Figura 2.2 - Ubicazione area di intervento su ortofoto – Google Earth 04/2020

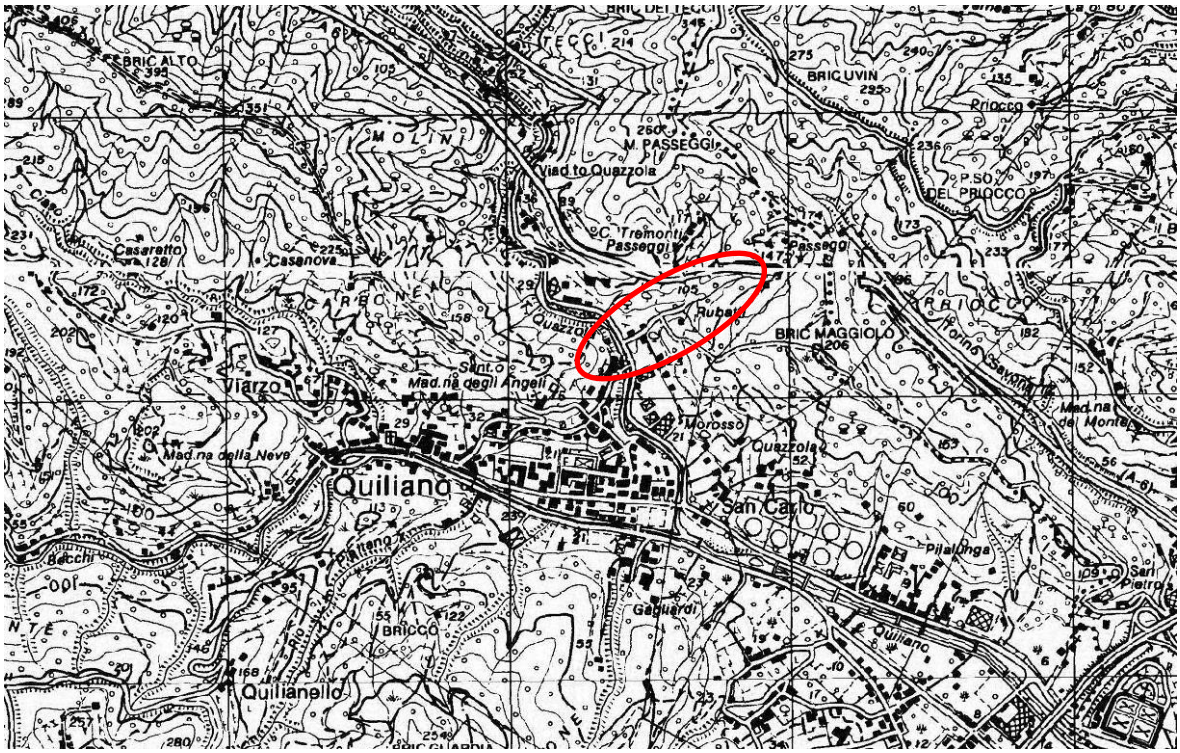


Figura 2.3 - Ubicazione area di intervento su CTR 1:5000 – Geoportale Liguria

È possibile suddividere l'asta del Rio Santo come segue:

- *Tratto di monte* a cielo aperto in alveo naturale e area boschiva, di lunghezza pari a circa 700 m
- *Tratto di valle*, a cielo aperto, in alveo artificiale coincidente con la strada di accesso alle abitazioni presenti, di lunghezza pari a circa 190 m

Nel tratto di monte il corso d'acqua scorre a cielo aperto in alveo naturale in aree prevalentemente boschive ed è confinato da rilievi ripidi che raggiungono i 200 m s.l.m. e costituiscono lo spartiacque del bacino. La sezione di chiusura è posta a circa 22 m s.l.m..
Nella parte più a valle di questo tratto, il rivo scorre in canalizzazione artificiale di modesta larghezza (< 1m).

Nel tratto di valle, parzialmente oggetto di intervento nel presente progetto, il rio è stato antropizzato e ad oggi la strada di accesso alle abitazioni circostanti coincide con l'alveo stesso del rio. In questo senso, il fondo risulta cementato (magrone) e le sponde sono spesso realizzate con muri di sostegno in c.a. o pietra legata con malta, e risultano discontinue e disomogenee in altezza. Nei periodi di magra il rio scorre in una depressione della strada, in sinistra idraulica. Durante gli eventi meteorici intensi la strada viene naturalmente allagata, in quanto appunto sede dell'alveo del rio.
La confluenza del rio con il torrente Quazzola avviene in sinistra idraulica di quest'ultimo. Su tale sponda corre la strada comunale di via Tecci, che incrocia quindi il tratto di confluenza, superandolo con un attraversamento stradale di luce modesta (ca. 3 m).
Nei pressi della confluenza e del coincidente attraversamento stradale, il rio Santo e la strada si dividono, con la strada che guadagna quota fino a raggiungere via Tecci, e l'alveo che, sempre con fondo cementato, scorre al di sotto dell'attraversamento.

Il tratto oggetto di intervento comprende 140 m di asta fluviale a partire dalla confluenza con il Quazzola, ed è di seguito descritto nello stato attuale, da valle verso monte.

La sezione di chiusura del rio Santo, oltreché sezione del ponte di via Tecci, ha fondo irregolare in cls posto alla quota di 23.92 mslm, sezione rettangolare di larghezza 3.0 m e altezza media 1.5 m circa. Il fondo del torrente Quazzola alla confluenza si trova alla quota media di 22.0 mslm. Alla confluenza esiste quindi un salto di fondo di ca. 2.0 m.

L'alveo, che come detto coincide con la strada di accesso alle abitazioni, ha sezione rettangolare di larghezza variabile, compresa tra 3 m e 5 m tra le sezioni 0 e 10. Le sponde, di altezza variabile e discontinue, sono costituite da muri di sostegno in c.a., pietra legata con malta e in un caso dalla parete di un'abitazione (destra idraulica, tra sezioni 3 e 4). Le sezioni 10 e 11 presentano larghezze superiori (5, 5.5 m) mentre dalla 12 in su il rio risulta confinato in un canale in cls in sinistra idraulica, di larghezza 0.6 m ca.
Il fondo ha pendenza longitudinale irregolare, con un valore medio del 2% tra le sezioni 1 e 9. Dalla sezione 9 a risalire verso monte, la pendenza aumenta fino al 6% circa.
Il fondo risulta costituito da magrone tra le sezioni 1 e 12.
L'intervento di progetto interesserà le sezioni da 1 a 10.

3 PIANO DI BACINO

Per l'area in esame la normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano di Bacino Stralcio per l'assetto idrogeologico della Provincia di Savona, Bacino del Torrente Quiliano[1].

3.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

Nel Piano di Bacino sono riportati i valori delle portate di piena per assegnato periodo di ritorno per diverse chiusure considerate del torrente Quiliano e Quazzola.

Tratto	Q50 [m³/s]	Q200 [m³/s]	Q500 [m³/s]
Quiliano a monte confluenza con il Quazzola	340	490	590
Quazzola a monte confluenza con il Quiliano	190	280	340
Quiliano alla foce	590	850	1000

Tabella 1

Per bacini di dimensioni inferiori a 2 kmq, la Relazione Generale del Piano di Bacino definisce, al paragrafo *"2.8.5.2.2 – Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Kmq"* i parametri da considerarsi per definire le portate di progetto al colmo di piena.
Si riporta di seguito la definizione data in relazione.

"Onde evitare la tendenza – legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica – a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km2 , un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km2 . In questo caso il valore di portata è pari a:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \qquad \left[m^3/s\right]$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in km^2 , $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 km^2 , espresso in [m3s –1km–2] , e K_T il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1.
Il coefficiente $U_{A=2}$, espresso in [m3s –1km–2] , è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della Tabella 2."

[1] Approvato con Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n.47 del 25/11/2003, ultima modifica con Decreto digitale del Direttore Generale n°176 del 25/06/2018

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 1: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.

Longitudine		Bacino Tipo			
gradi	primi	A	B	C	D
8	15	8,62	7,20	5,51	4,84
8	17,5	8,74	7,29	5,58	4,90
8	20	8,85	7,39	5,66	4,97
8	22,5	8,96	7,48	5,73	5,03
8	25	9,07	7,57	5,79	5,09
8	27,5	9,17	7,66	5,86	5,15
8	30	9,28	7,74	5,93	5,20

Tabella.2: contributo unitario, U_{A-2}, espresso in $m^3s^{-1}km^{-2}$, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

3.2 MAPPATURA DELLE AREE INONDABILI

Per i tratti d'alveo oggetto del presente studio nel Piano di Bacino è presente la mappatura delle aree inondabili di cui si riporta l'estratto dalla tavola 14 – Carta delle Aree Inondabili, nella figura seguente.

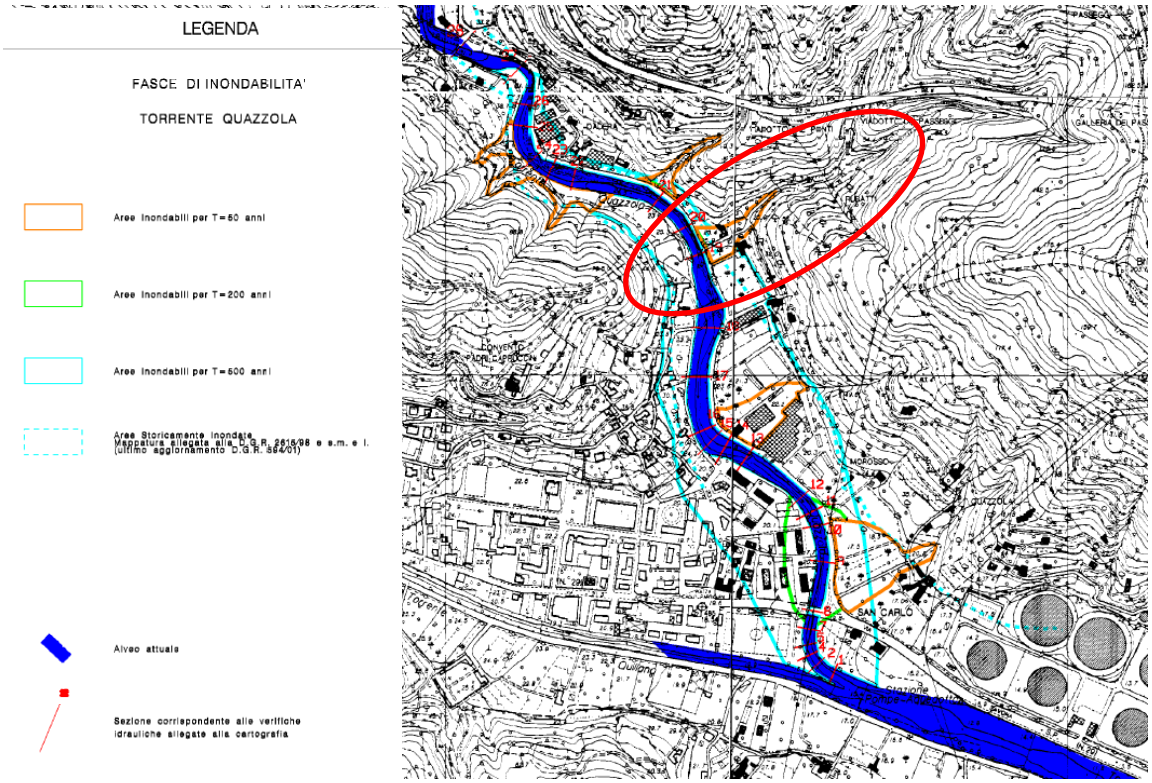


Figura 3.1 – Aree Inondabili

Si osserva come, allo stato attuale, il tratto terminale del Rio Santo, nella zona oggetto di intervento, risulta inondabile rispetto alle piene del torrente Quazzola con tempo di ritorno T 50 anni.

3.3 MAPPATURA DEI TRATTI D'ALVEO INDAGATI

Per i tratti d'alveo oggetto del presente studio nel Piano di Bacino è presente la mappatura Dei tratti d'alveo indagati, di cui si riporta l'estratto dalla tavola 17 – Carta dei tratti d'alveo indagati nella figura seguente.

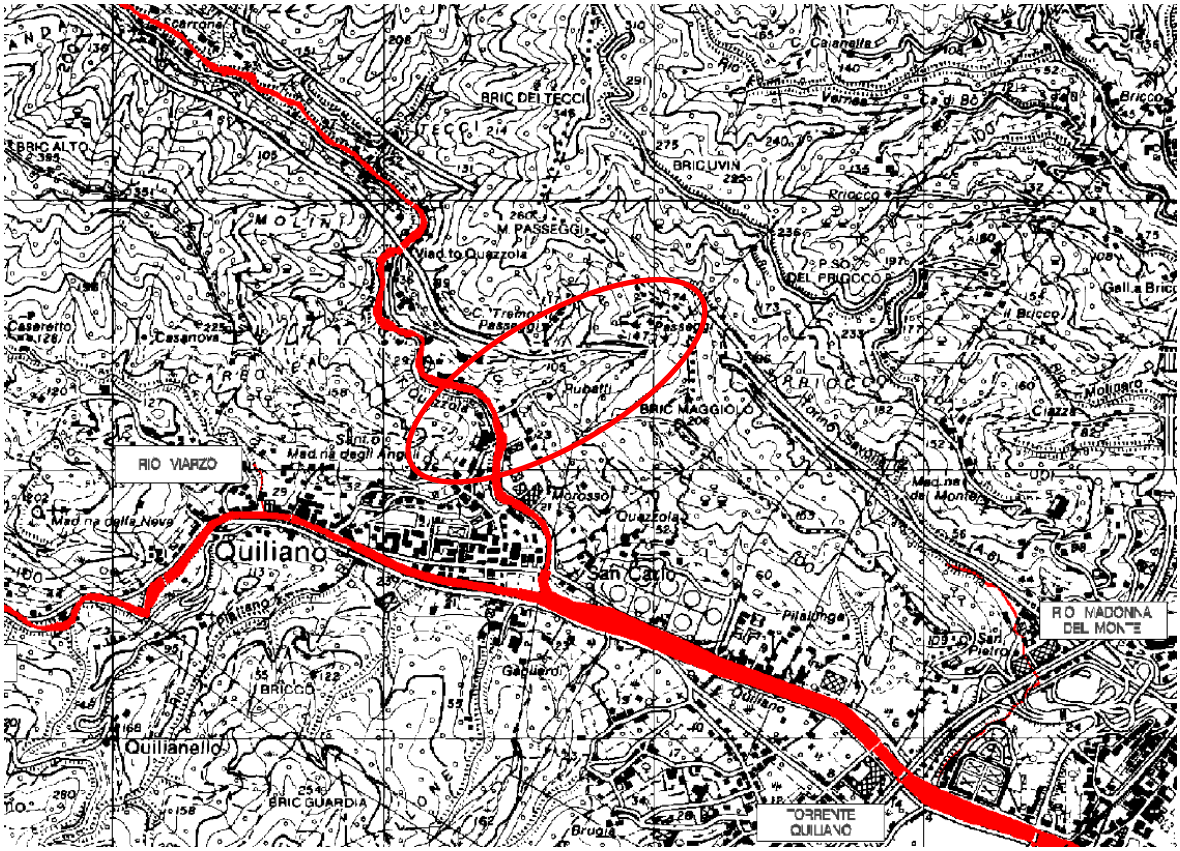


Figura 3.2 – tratti d'alveo indagati

Si osserva come il Rio Santo non risulta indagato dal Piano di Bacino.

3.4 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO

Per i tratti d'alveo oggetto del presente studio nel Piano di Bacino e pendii adiacenti è presente la mappatura della suscettività al dissesto, di cui si riporta l'estratto dalla tavola 1 – Carta della Suscettività al Dissesto, nella figura seguente.



Figura 3.3 – Suscettività al dissesto

Dal punto di vista geomorfologico e del dissesto, la zona risulta inclusa in aree a suscettività molto bassa e media.

4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Il presente progetto, partendo dalla situazione attuale di viabilità stradale coincidente con l'alveo del rio, è volto a operare la separazione della sede stradale dall'alveo, garantendo la funzionalità di entrambe le infrastrutture.
L'intervento interessa circa 140 metri di asta fluviale a partire dalla confluenza con il Quazzola.
L'attuale alveo ha una larghezza variabile compresa tra i 3 e i 5 metri, con un restringimento a 2.4 m alla confluenza, al di sotto del ponte di via Tecci.
Si prevede di realizzare la strada in destra e l'alveo in sinistra, sull'impronta dell'attuale sede e allargandosi in sinistra idraulica. La scelta è guidata dal fatto che l'attuale rampa di accesso a via Tecci si trova in destra, e il deflusso avviene sempre in sinistra (anche nel tratto di monte, non interessato dal progetto).
La separazione delle due sedi comporta un allargamento generalizzato a circa 8 – 9 metri dell'intera opera, di cui 4 metri per l'alveo.

La strada seguirà un andamento planimetrico quasi ovunque più elevato dell'attuale, per permettere il raccordo con il nuovo ponte di via Tecci e quello compreso tra le sezioni 6 e 7 per garantire l'accesso alle abitazioni in sinistra idraulica.
L'alveo, che avrà sezione rettangolare regolarizzata a 4 m, verrà approfondito di circa 0.5 metri nel tratto di valle, e raccordato alla quota attuale alla sezione 10, termine dell'intervento.

Di seguito gli interventi previsti , da valle verso monte:

- Rifacimento dell'attraversamento stradale di via Tecci. Sopraelevazione del piano carrabile e realizzazione di nuovo attraversamento con intradosso a quota 25.98 m slm. Allargamento della sezione rettangolare di deflusso a 4 m costanti (nello stato attuale la larghezza media è di 3 m, con restringimento a 2.4 m). Il fondo in cls (plateazione) è posto alla quota di 23.64 mslm alla confluenza e pendenza 1.6%;
- Sistemazione dell'alveo a sezione rettangolare con larghezza 4 m (nello stato attuale variabile tra 3.5 e 5, con frequenti irregolarità), fondo naturale regolarizzato e sponde verticali in cls (muri d'argine) tra le sezioni 0 e 10. Generale approfondimento del fondo alveo (mediamente 0.5 m), pendenza costante al 1.6 % tra sezioni 0 e 8, dopodichè pendenza del 6.5 % tra le sezioni 8 e 10, di raccordo alle quote e pendenze esistenti a partire dalla sezione 10 (raccordo a quota 27.98 mslm);
- Realizzazione di ponte di accesso alle abitazioni in sinistra idraulica all'altezza delle sezioni 6 e 7. Il ponte ha intradosso a 27.29 mslm.
- Realizzazione di platea in massi di 2° categoria cementati tra le sezioni 5 e 8 a difesa del fondo;
- Realizzazione di soglie di fondo in cls, alle sezioni 1, 4, 5, 9;
- Contestuale realizzazione della strada in destra idraulica, sopraelevata rispetto al fondo alveo e quasi ovunque rispetto allo stato attuale. Tra le sezioni 9 e 10 la strada e l'alveo si ricongiungono altimetricamente e planimetricamente;

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

Le portata assunte come riferimento nel presente studio sono quelle riportate nel Piano di Bacino della Provincia di Savona, bacino del Quiliano, alla sezione di confluenza del Quazzola con il Quiliano, di seguito elencate:

Q_{50}= 190 m3/s Q_{200}= 280 m3/s Q_{500}= 340 m3/s

Per il rio Santo, si fa riferimento alle indicazioni della Relazione Generale del Piano di Bacino che definisce al paragrafo *"2.8.5.2.2 – Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Kmq"* i parametri da considerarsi per definire le portate di progetto al colmo di piena, elencati al paragrafo 3.1 della presente relazione.
Adottando i seguenti valori:

- Superficie del bacino: 0.35 kmq
- Contributo unitario per aree pari a 2 kmq: 5.09
  (definito con posizione longitudinale 8°25" e bacino tipo D)
- Fattore di frequenza K_T per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni: 3.47, 5.02, 6.04

Si ottengono le seguenti portate di progetto per il Rio Santo:

Q_{50}= 6.2 m3/s Q_{200}= 8.9 m3/s Q_{500}= 10.8 m3/s

5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.7*[4].
Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La metodologia è riportata più in dettaglio nell'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

La verifica del nodo di confluenza è stata eseguita mediante l'applicazione del teorema della quantità di moto.
In particolare è stato individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione generale:

$$F_e + G = M_u - M_e$$

dove F_e è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), M_u ed M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

Il calcolo è stato eseguito con riferimento allo schema geometrico che prevede la confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo di incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso.
Il volume di controllo è individuato da una sezione posta a monte della confluenza (individuata dal pedice *m*) ed una posta a valle (pedice *v*), a distanza *L* tra loro.
Le sezioni sono schematizzate di forma rettangolare con larghezza pari alla larghezza al fondo e sponde di altezza indefinita.
Sotto tali ipotesi, proiettando l'equazione secondo l'asse del corso d'acqua principale, vale infine la relazione:

$$(my + mq)_v = (my + mq)_m + (my + mq)_a \cdot \cos\alpha + (W - F_f)_{m-v}$$

avendo indicato con:

- $my = A \cdot Y$ = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso.
- $mq = \dfrac{Q^2}{g \cdot A}$
- F_f = forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.
- W_x = forza peso nella direzione del flusso.

Ai fini della risoluzione dell'equazione dei momenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- rigurgito, quando possibile, in corrente lenta con profondità del pelo libero nota nella sezione di valle;
- uguaglianza tra le quote del pelo libero nelle sezioni di monte del corso d'acqua principale e in quella dell'affluente;
- calcolo delle componenti di attrito e del peso come media dei valori nelle sezioni di monte e di valle del corso d'acqua principale.

Qualora non risulti possibile la soluzione in corrente lenta, la risoluzione del nodo in corrente veloce impone di conoscere le profondità nelle sezioni di monte del corso d'acqua principale e dell'affluente ricercando la corrispondente profondità di corrente veloce nella sezione di valle.

5.3 PARAMETRI DI CALCOLO E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA

E' stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato del tratto di interesse del rio Santo per una lunghezza di circa 200 m.
Le informazioni di carattere topografico sono state desunte dal rilievo plano-altimetrico di cui al precedente progetto di fattibilità.
Lungo l'intero tratto di studio del rio Santo sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo

(larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.), numerate da valle verso monte da 0 a 17.
È stato indagato inoltre un tratto del torrente Quazzola nei pressi della confluenza, con 9 sezioni trasversali, numerate da 1 a 9, che vanno ad interessare uno sviluppo longitudinale del Quazzola di quasi 300 m. Le sezioni 6 e 7, a distanza di 10 m l'una dall'altra, si trovano alla confluenza con il rio Santo.

Ai fini del calcolo sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- Rio Santo, stato attuale: 0.033 tratto a cielo aperto di monte, alveo naturale, 0.028 tratto artificiale di valle;
- Quazzola, stato attuale/progetto: 0.039, rappresentativo di alveo non sistemato con vegetazione in alveo;
- Rio Santo, stato di progetto: 0.028, rappresentativo di tratti urbanizzati di corsi d'acqua con argini cementati (e/o fondo plateato).

Il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente lenta (Fr<1) da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle (Fr>1), fatta eccezione per i rami di monte e valle del torrente Quazzola, come esplicato in configurazione 3.
Le condizioni al contorno adottate sono specificate di seguito per ogni configurazione.

Sono state considerate tre configurazioni di verifica, di seguito descritte.

- **Configurazione 1 – STATO ATTUALE**
  (hecras: "PDef_Santo_Attuale")
  Stato attuale del rio Santo, modellato in maniera disgiunta rispetto al torrente Quazzola, nell'ipotesi di piena equivalente dello stesso non interferente con il deflusso del rio Santo.
  Tale ipotesi risulta avvalorata dal salto di fondo esistente alla confluenza, di entità pari a circa 1.9 m (essendo il fondo medio del Quazzola a 22.0 m, e il fondo attuale del rio Santo alla confluenza a 23.92 m).

  Si è assunta quale condizione al contorno di valle (sez 0) la profondità critica.
  Si è assunta quale condizione al contorno di monte (sez 17) la profondità di moto uniforme.

- **Configurazione 2 – STATO DI PROGETTO_Q200 RIO SANTO**
  (hecras: "PDef_Santo_progetto_Q200 Santo")")
  Stato di progetto del rio Santo, secondo gli interventi di cui al capitolo 4, modellato in maniera disgiunta dalla piena del Quazzolo, nell'ipotesi di piena equivalente dello stesso non interferente con il deflusso del rio Santo.
  Anche in questo caso tale ipotesi risulta avvalorata dal salto di fondo esistente alla confluenza, di entità pari ad almeno 1.6 m (essendo il fondo medio del Quazzola a 22.0 m, e il fondo di progetto del rio Santo a 23.64 m).

  Si è assunta quale condizione al contorno di valle (sez 0) la profondità critica.
  Si è assunta quale condizione al contorno di monte (sez 17) la profondità di moto uniforme.

- **Configurazione 3 – STATO DI PROGETTO_CONTEMPORANEITÀ DEI COLMI DI PIENA**
  (hecras: "PDef_Santo_progetto_Q200_Q200")
  Stato di progetto del rio Santo, secondo gli interventi di cui al capitolo 4, e applicazione delle portate modellate secondo l'ipotesi di contemporaneità delle piene.
  Tale configurazione, per la quale viene risolto il nodo di confluenza tra il torrente Quazzola e il rio Santo, risulta notevolmente a favore di sicurezza per le ipotesi adottate, e di seguito elencate:
  - La contemporaneità dei colmi di piena tra il bacino tributario e il bacino ricevente, caratterizzati da dimensioni e tempi di corrivazione differenti, è un'ipotesi cautelativa, in quanto gli idrogrammi di piena presentano i picchi in momenti diversi dell'evento;
  - La modellazione per il torrente Quazzola è stata effettuata nel solo regime di corrente lenta (Fr<1), allo scopo di considerare la configurazione di regime peggiore per la confluenza;

5.4 RISULTATI

5.4.1 Configurazione 1 – STATO ATTUALE (hecras: "PDef_Santo_Attuale")

Vengono di seguito riportati i risultati per la configurazione di portata duecentennale Q200, con le condizioni di cui al paragrafo precedente.
Nella configurazione di stato attuale, il deflusso del rio Santo avviene in corrente veloce nel tratto di monte a forte pendenza (sez 9-11), per poi localmente presentare passaggi in lenta alle sezioni 8 e 2, e regime prossimo alla critica (Fr=1) nel tratto di valle (sez 0 e 9).
La profondità media è di 0.6 m, con locale innalzamento alla sezione 1 (1.4 m), la velocità media è di 4.2 m/s nelle sezioni di monte (9-11) e di 2.6 m/s nelle sezioni di valle (0-9).

In corrispondenza della sezione 8 il passaggio in corrente lenta provoca un innalzamento del livello del pelo libero tale per cui viene superato il muro d'argine.
Presso l'abitazione in sezione 4 il deflusso avviene con tirante di circa 0.9 m, e tra le sezioni 1 e 2 il pelo libero raggiunge il muro d'argine.
Il ponte di via Tecci risulta insufficiente al contenimento della portata Q200, e si realizza un rigurgito di modesta entità che supera l'intradosso del ponte.
Il deflusso in Quazzola avviene infine in corrente critica.

A valle di queste considerazioni, lo stato attuale risulta in ogni caso non accettabile in quanto l'alveo coincide con la sede stradale.

5.4.2 Configurazione 2 – STATO DI PROGETTO_Q200 RIO SANTO (hecras: "PDef_Santo_progetto_Q200 Santo")

Vengono di seguito riportati i risultati per la configurazione di portata duecentennale Q200, con le condizioni di cui al paragrafo precedente.
Nella configurazione di stato di progetto, il deflusso del rio Santo avviene in corrente veloce nel tratto di monte a forte pendenza (sez 8-11), per poi proseguire in regime di veloce prossimo alla critica (mediamente Fr=1.1) nel tratto di valle (sez 0 e 8).
Per le sezioni di monte (sez 8-10) la profondità media è 0.45 m e la velocità media è di 4.6 m/s).
Per le sezioni di valle (sez 0-8) la profondità media è 0.71 m e la velocità media è di 3.11 m/s).
Lungo l'intero tratto interessato dalla sistemazione il deflusso avviene rispettando il franco rispetto al pelo libero (franco < 1.0 m) e con la linea dei carichi totali contenuta entro le sommità arginali.
Il ponte di via Tecci rispetta il franco di 1.5 m rispetto al pelo libero, e il livello energetico risulta contenuto (intradosso a 25.98 m, pelo libero a 24.47 e livello energetico a 24.96 m).
Il ponte tra le sezioni 6 e 7 rispetta il franco di 1.5 m rispetto al pelo libero e con livello energetico contenuto (intradosso a 27.29 m, pelo libero a 25.75 e livello energetico a 26.45 m).

L'allargamento della sezione di deflusso alla confluenza e la sua regolarizzazione a 4 m di larghezza, unitamente all'approfondimento generale delle quote di fondo e con l'adozione delle ulteriori misure presentate al capitolo 4 permettono di migliorare il deflusso rispetto allo stato attuale, rispettando i franchi richiesti rispetto agli argini ed agli attraversamenti stradali previsti.

5.4.3 Configurazione 3 – STATO DI PROGETTO_CONTEMPORANEITÀ DEI COLMI DI PIENA (hecras: "PDef_Santo_progetto_Q200_Q200")

Vengono di seguito riportati i risultati per la configurazione di concomitanza delle portate duecentennali Q200, con le condizioni di cui al paragrafo precedente.

La risoluzione del nodo di confluenza tra il torrente Quazzola e il rio Santo restituisce a convergenza un livello del pelo libero di 25.77 m per l'affluente (corrente lenta).
Tale livello viene applicato come condizione al contorno di valle per la risoluzione del modello del rio Santo.

Il deflusso del rio Santo non risente della piena del torrente Quazzola fino alla sezione 6.
Tra le sezioni 6 e 17 il deflusso assume quindi le stesse caratteristiche della configurazione 2.
A valle della sezione 6 si instaura un profilo di corrente lenta quasi orizzontale che raggiunge il livello massimo di pelo libero a 25.80 m alla sezione 5. Il deflusso avviene con profondità crescenti verso valle, comprese tra 0.7 m (sez 6) e 2.13 m (sez 0, confluenza). Le velocità decrescono da 3.1 m/s (sez 6) a 1.1 m/s (sez 0, confluenza).

Lungo l'intero tratto interessato dalla sistemazione il deflusso avviene con franco compreso tra 0.5 m e 1.0 m e rispetto al pelo libero e con la linea dei carichi totali contenuta entro le sommità arginali.
Il ponte di via Tecci presenta intradosso superiore sia al pelo libero sia al livello energetico (intradosso a 25.98 m, pelo libero a 25.77 e livello energetico a 25.83 m). Risulta quindi che, seppur con franco contenuto, il ponte di via Tecci non risulta andare in pressione.
Il ponte tra le sezioni 6 e 7 non risulta influenzato dal rigurgito, e per esso valgono le considerazioni di cui alla configurazione 2.

La configurazione 3 è stata eseguita allo scopo di individuare i massimi livelli del pelo libero che si possono raggiungere in caso di piena del torrente Quazzola, secondo parametri del tutto a favore di sicurezza e quindi fortemente conservativi.
I risultati mostrano che il deflusso in questa configurazione risulta comunque contenuto dalle sommità arginali con franco minimo locale di 0.5 m e generalmente più elevato. Il livello energetico risulta contenuto entro le sommità arginali in ogni punto.
Il ponte di via Tecci risulta avere intradosso comunque sufficientemente elevato da evitare fenomeni di moto in pressione, in considerazione del fatto che il livello energetico risulta contenuto.

6 DIMENSIONAMENTO DEI MASSI DELLA PLATEA

Il dimensionamento della scogliera è stato effettuato con riferimento agli aspetti idraulici del tratto di torrente analizzato.

La verifica idraulica ha fornito i parametri idraulici necessari a determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento (velocità critica e tensione tangenziale al fondo).

In particolare sono state determinate le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media *v*.

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente *d* della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione:

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e *d* in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nel caso in esame è stato utilizzato un valore di k = 5[2]. pari al valore che si assume nella pratica progettuale.

Assumendo come velocità critica la velocità media della corrente nel caso di portata 200-ennale e risolvendo l'espressione secondo *d*, si ottiene la dimensione dei massi da utilizzare nel caso esaminato.

Per il dimensionamento dei massi della platea, compresa tra le sezioni 5 e 8, per il deflusso della portata 200-ennale, considerando una velocità massima del tratto pari a v= 4.8 m/s (caso peggiore di sistemazione definitiva), risulta d= 0.91, corrispondente ad un masso del peso di 850 kg.

Utilizzando un coefficiente di sicurezza pari a 1.5, si prevede quindi l'impiego di massi di II categoria, corrispondenti ad un peso variabile da 1 a 3 t con i massi di maggior peso da posizionarsi tra le sezioni 7 e 8, ossia laddove la velocità è superiore.

[2] L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

ALLEGATO A

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 4 – Attraversamento di via Tecci, sulla destra la strada che conduce al rio Santo



Figura 5 – vista da via Tecci dell'alveo del rio Santo, coincidente con la viabilità stradale



Figura 6 – vista dell'alveo del rio Santo al di sotto del ponte di via Tecci, da monte verso valle



Figura 7 – Intradosso del ponte di via Tecci, da monte verso valle. L'attraversamento è costituito da un ponte originale a volta, e da un allargamento con intradosso orizzontale posto a monte



Figura 8 – Intradosso del ponte di via Tecci, da valle verso monte. L'attraversamento è costituito da un ponte originale a volta, e da un allargamento con intradosso orizzontale posto a monte



Figura 9 – alveo del rio Santo coincidente con la strada, vista da valle verso monte, sezioni 2-3-4-5



Figura 10 - alveo del rio Santo coincidente con la strada, vista da monte verso valle, sezioni 1-2-3-4



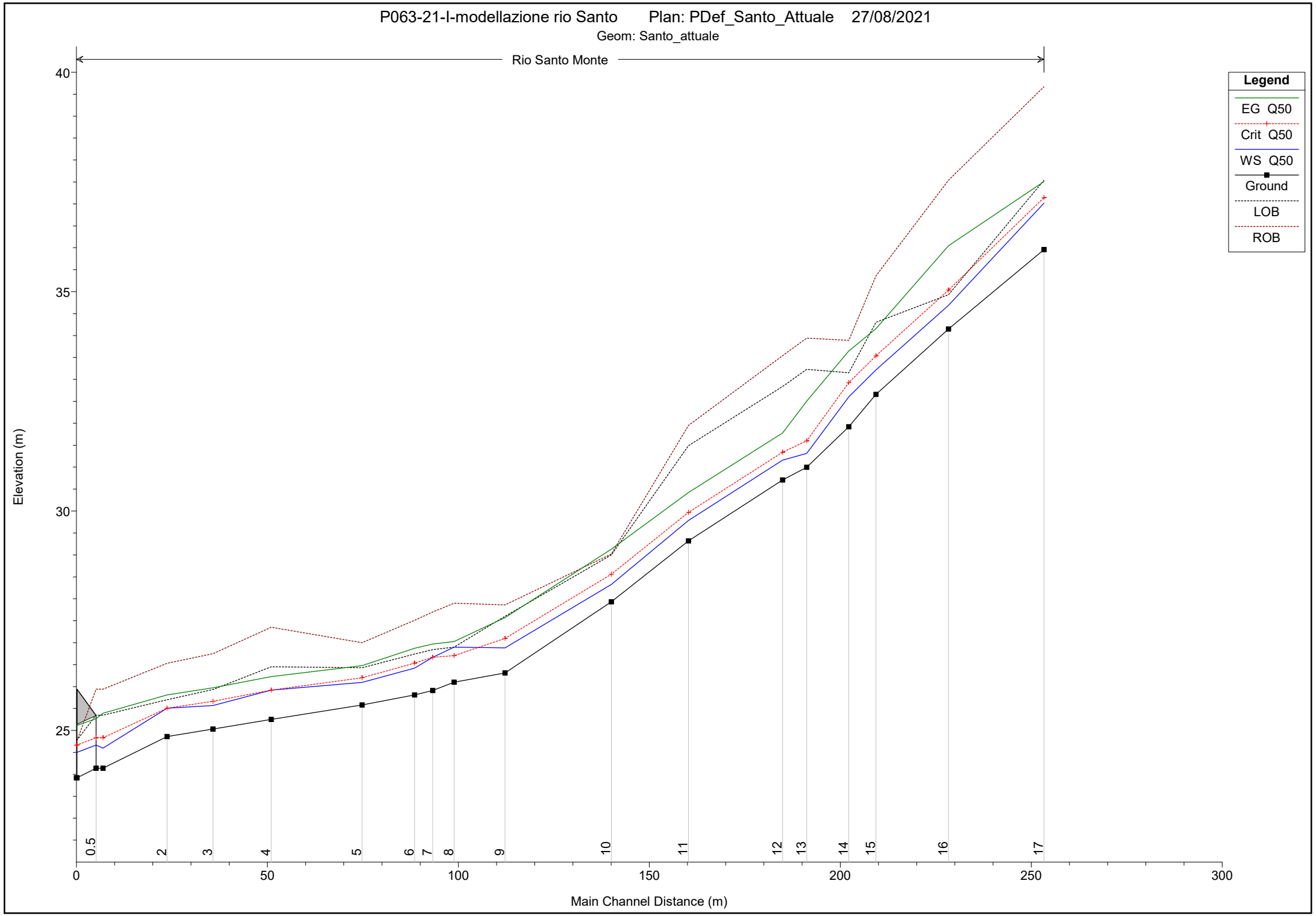
Figura 11 - alveo del rio Santo coincidente con la strada, vista da valle verso monte, sezioni 6-7-8. Sulla destra la strada di accesso in salita alle case in sinistra idraulica



Figura 12 – Prima sezione verso monte (sez 13) in cui l'alveo del rio Santo risulta separato dalla sede stradale

ALLEGATO B

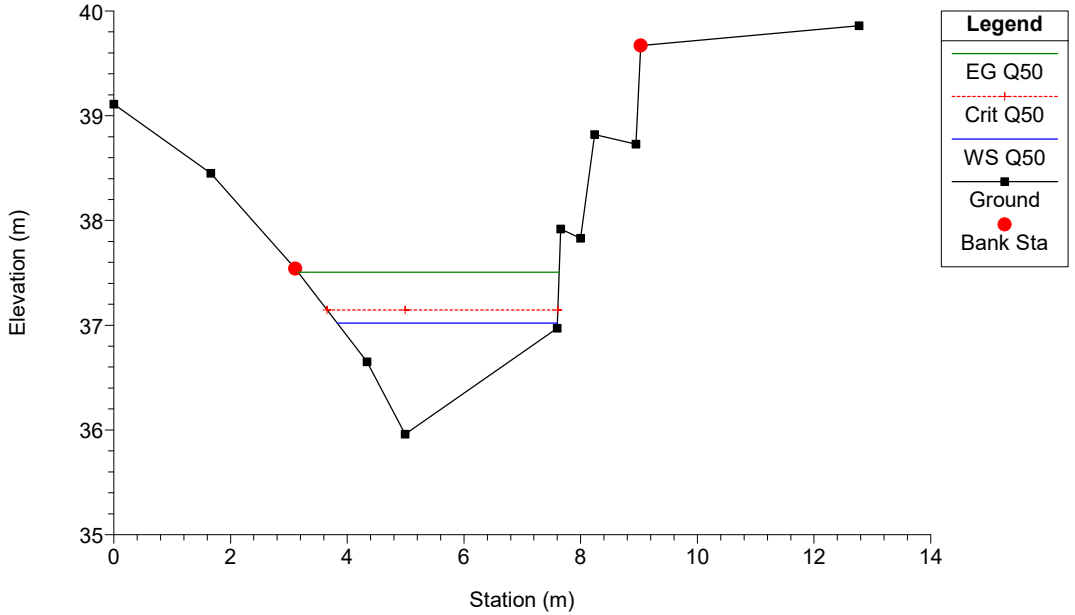
VERIFICHE IDRAULICHE DEL RIO SANTO


P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
Rio Santo Monte
Legend
EG Q50
Crit Q50
WS Q50
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
40
35
30
25
0
50
100
150
200
250
300
0.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

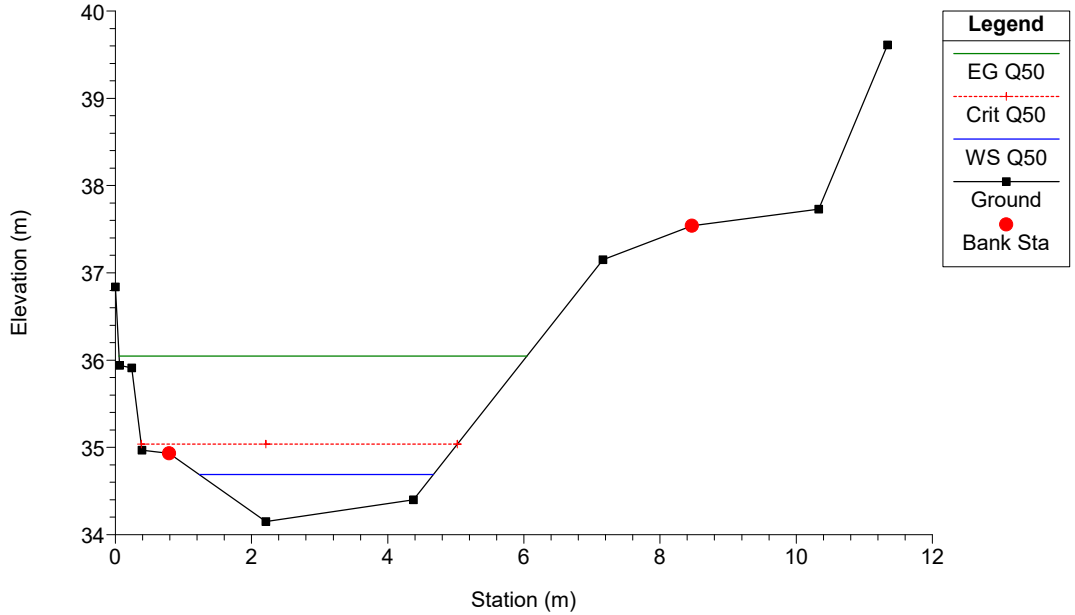
HEC-RAS Plan: PDef_Santo_Attuale River: Rio Santo Reach: Monte Profile: Q50

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	Q50		6.20	35.96	37.54	39.67	37.02	0.53	37.51	3.10	2.00	3.77	1.36
Monte	16	Q50		6.20	34.15	34.93	37.54	34.69	0.35	36.05	5.17	1.20	3.44	2.79
Monte	15	Q50		6.20	32.66	34.30	35.36	33.22	0.45	34.15	4.29	1.44	3.20	2.04
Monte	14	Q50		6.20	31.92	33.15	33.89	32.60	0.54	33.65	4.53	1.37	2.55	1.98
Monte	13	Q50		6.20	31.00	33.23	33.94	31.32	0.27	32.51	4.83	1.28	4.75	2.97
Monte	12	Q50		6.20	30.71	32.84	33.54	31.16	0.41	31.78	3.49	1.78	4.35	1.74
Monte	11	Q50		6.20	29.32	31.49	31.95	29.78	0.42	30.42	3.55	1.75	4.13	1.74
Monte	10	Q50		6.20	27.93	29.00	29.02	28.33	0.28	29.13	3.97	1.56	5.56	2.39
Monte	9	Q50		6.20	26.31	27.60	27.86	26.88	0.41	27.57	3.68	1.69	4.10	1.83
Monte	8	Q50		6.20	26.10	26.90	27.90	26.90	0.68	27.03	1.57	3.94	5.76	0.61
Monte	7	Q50		6.20	25.91	26.84	27.70	26.66	0.61	26.97	2.45	2.54	4.16	1.00
Monte	6	Q50		6.20	25.81	26.74	27.51	26.42	0.47	26.87	2.97	2.09	4.46	1.39
Monte	5	Q50		6.20	25.58	26.43	27.00	26.09	0.33	26.48	2.74	2.26	6.79	1.52
Monte	4	Q50		6.20	25.25	26.45	27.35	25.92	0.61	26.23	2.45	2.53	4.15	1.00
Monte	3	Q50		6.20	25.03	25.93	26.75	25.57	0.46	25.97	2.80	2.21	4.76	1.31
Monte	2	Q50		6.20	24.86	25.70	26.53	25.51	0.60	25.81	2.43	2.55	4.26	1.00
Monte	1	Q50		6.20	24.14	25.35	25.94	24.60	0.46	25.39	3.95	1.57	3.43	1.86
Monte	0.5		Bridge											
Monte	0	Q50		6.20	23.92	24.78	24.77	24.50	0.57	25.11	3.46	1.79	3.13	1.46

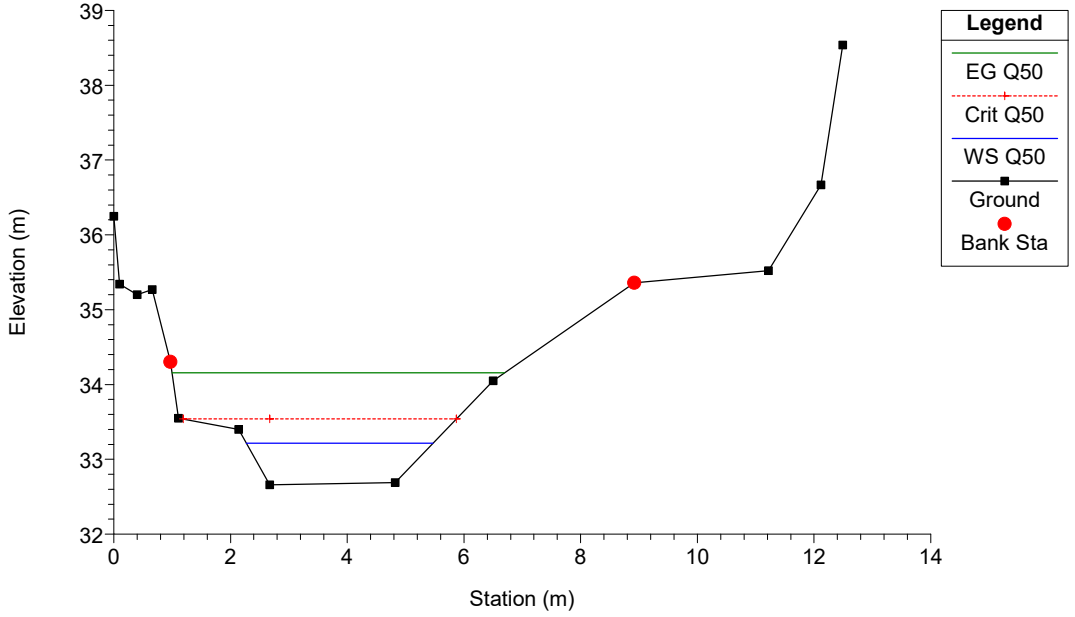
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 17



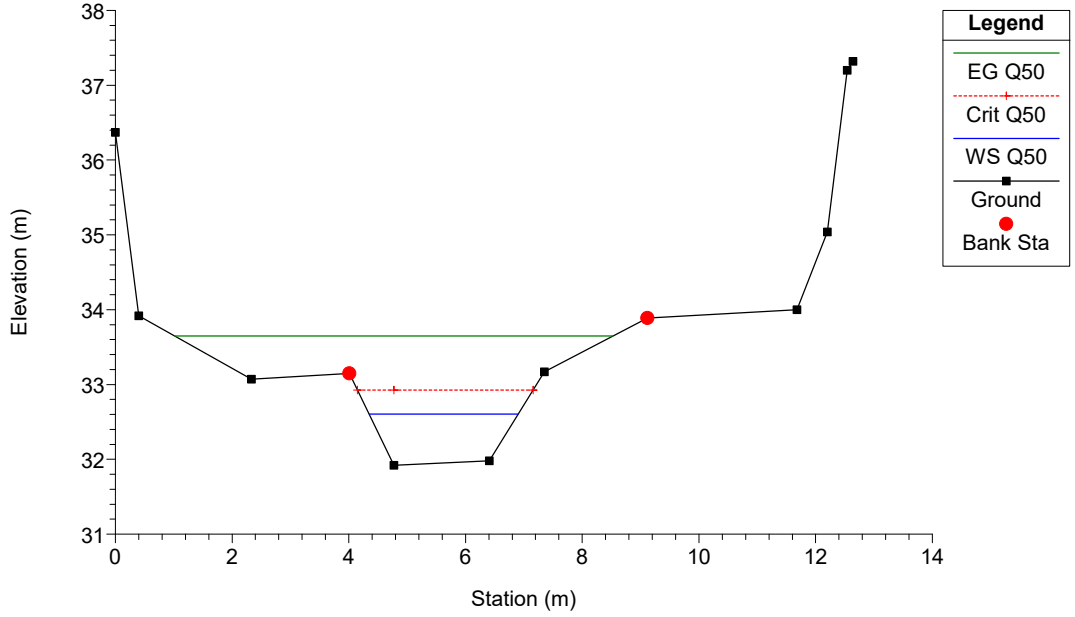
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 16



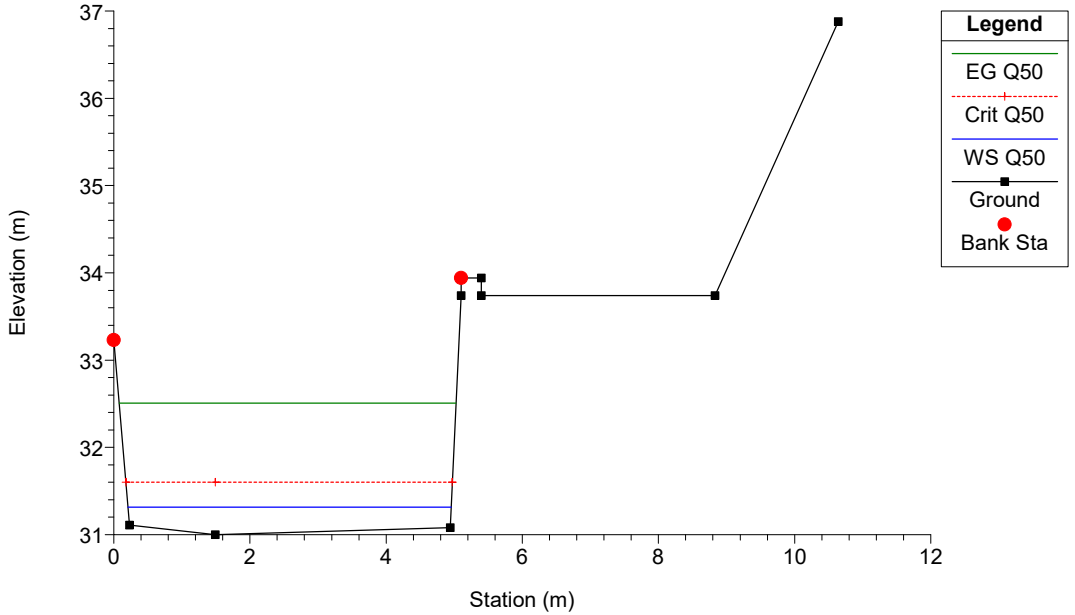
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 15



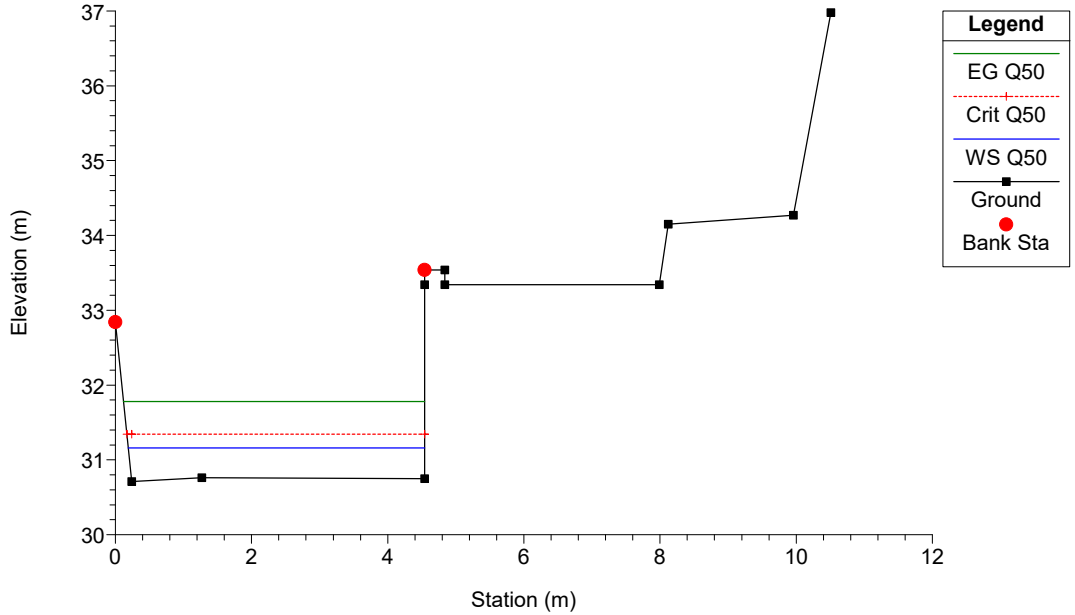
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 14



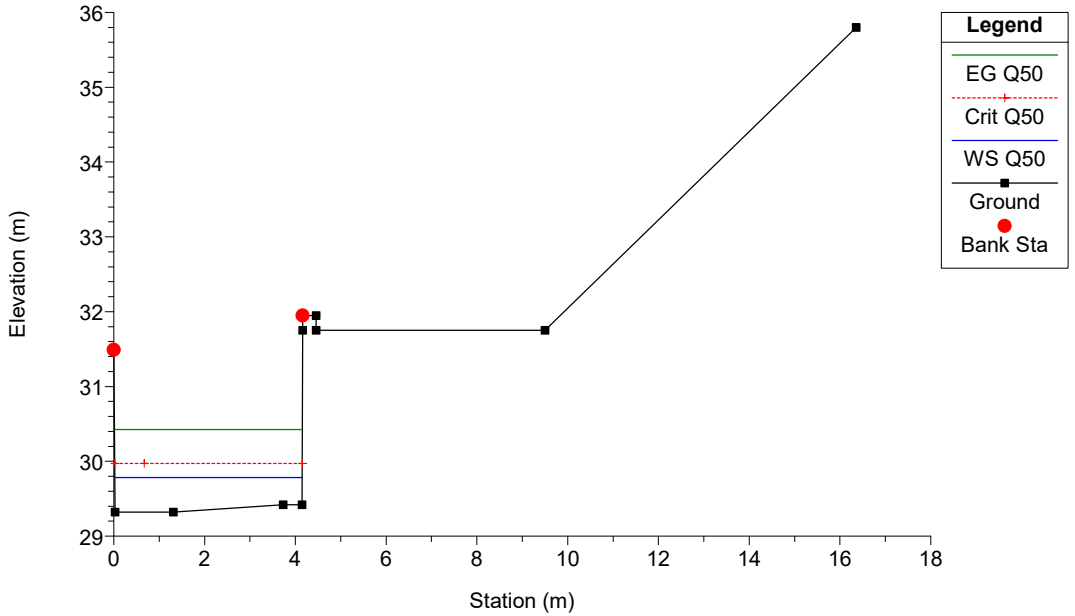
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 13



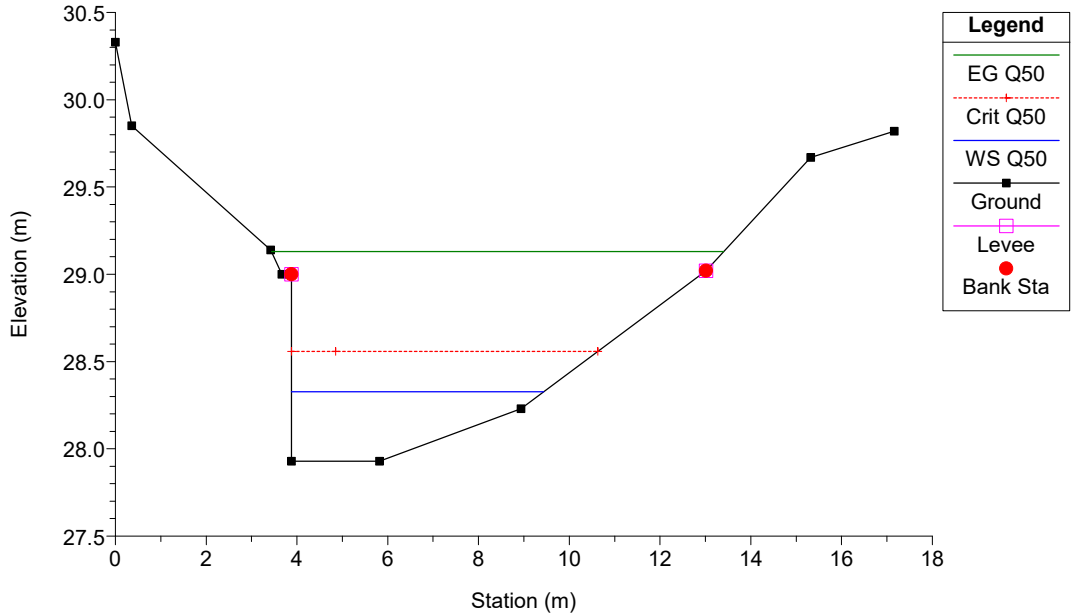
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 12



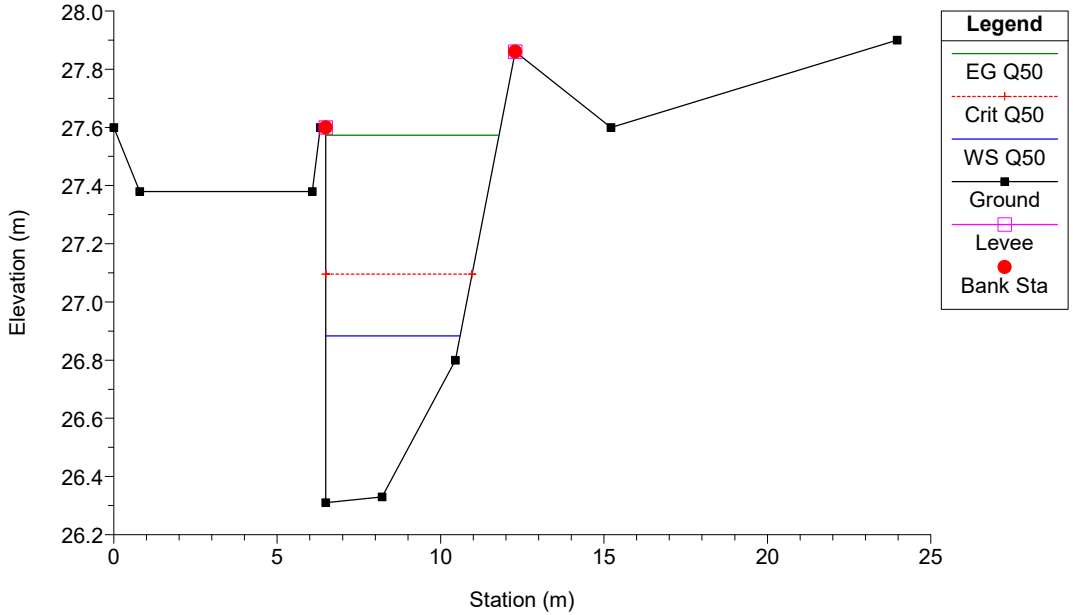
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 11



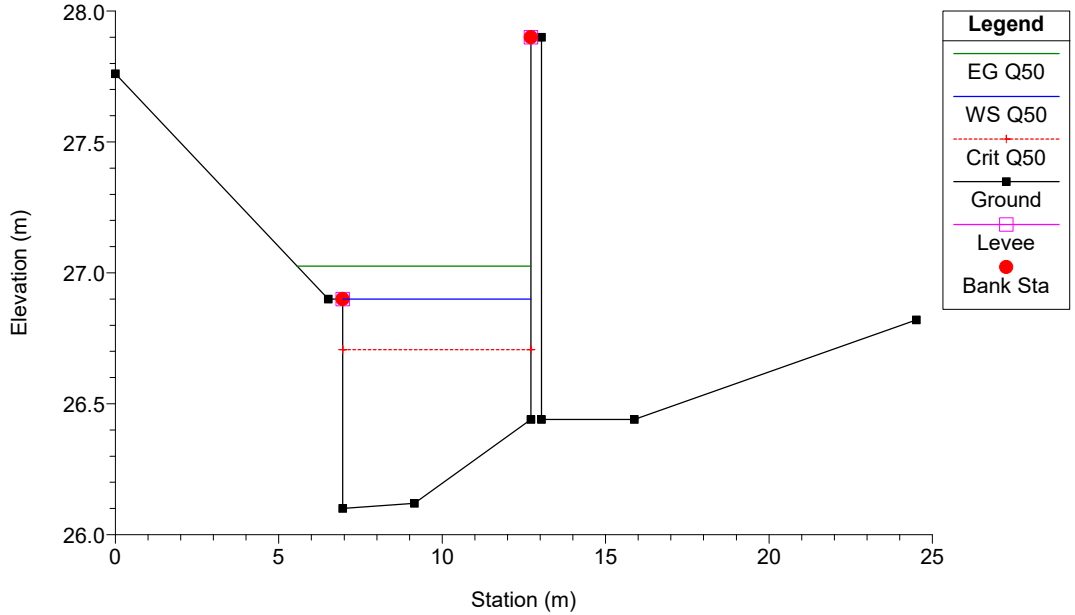
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 10



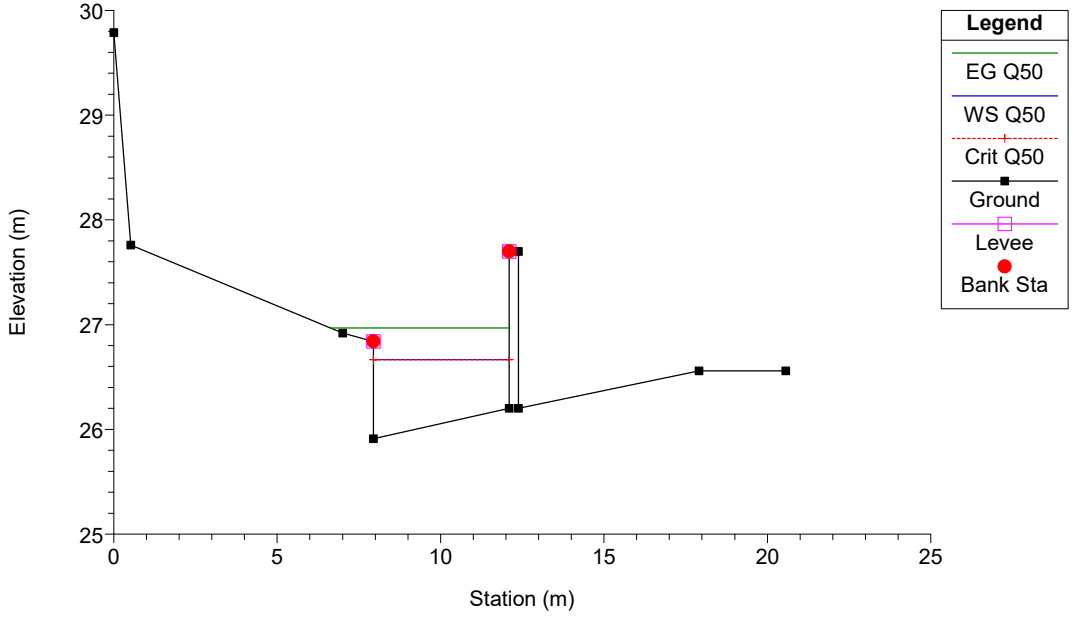
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 9



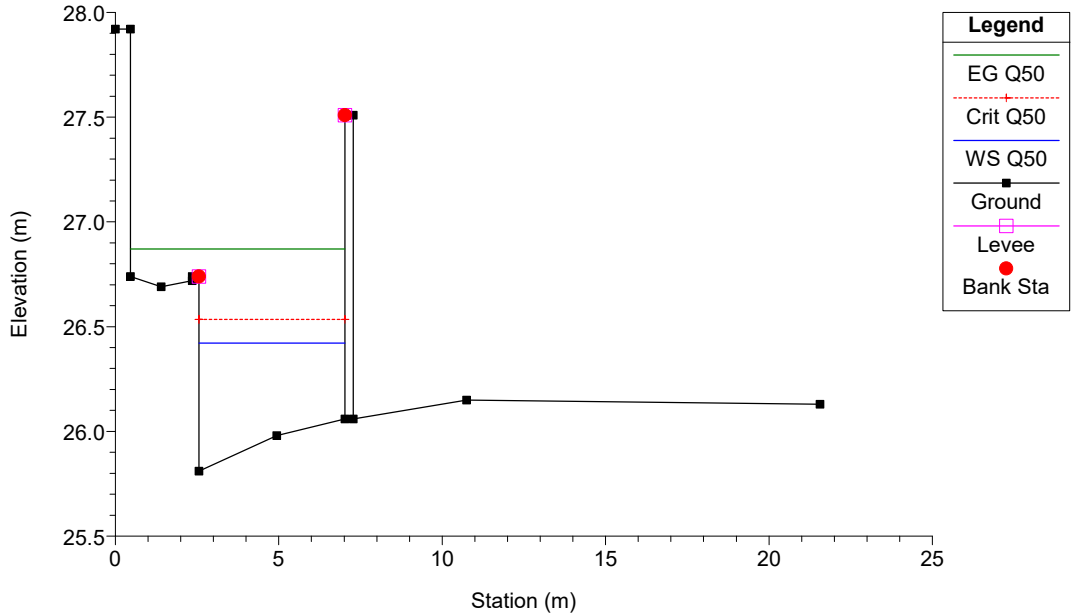
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 8



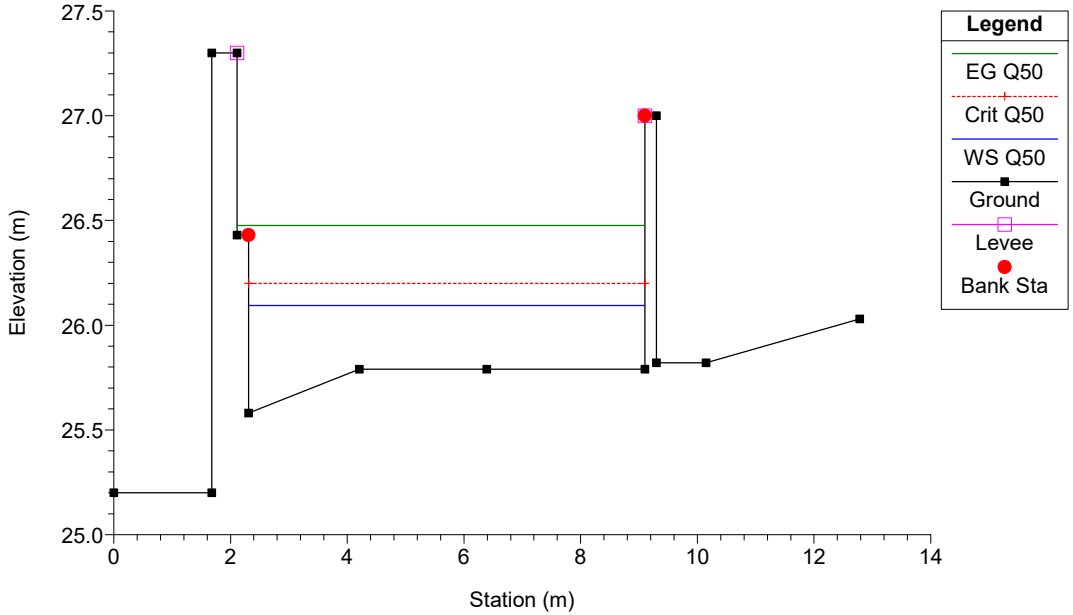
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 7



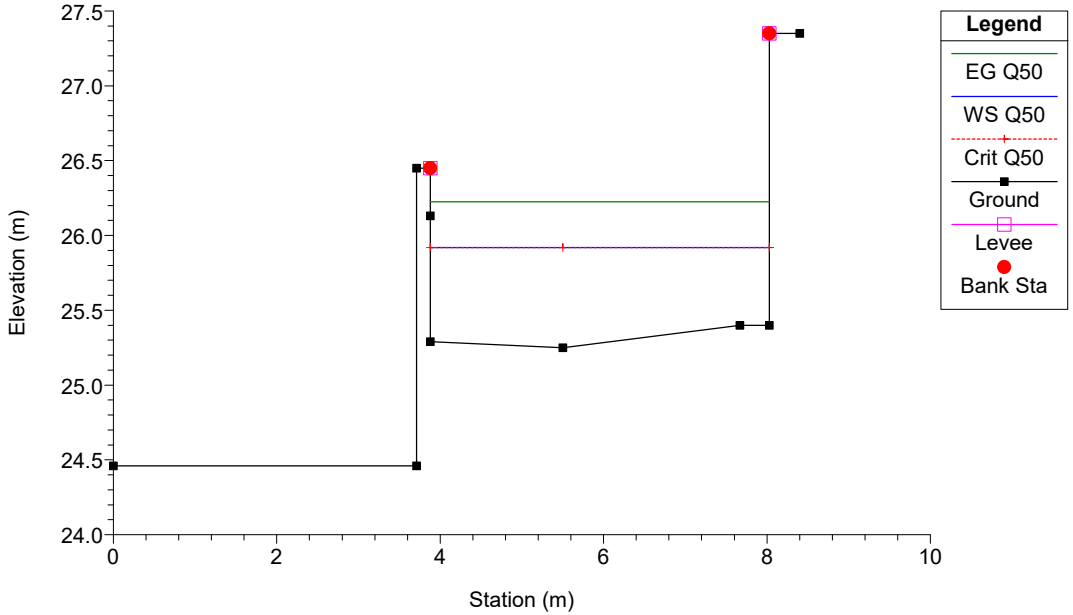
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 6



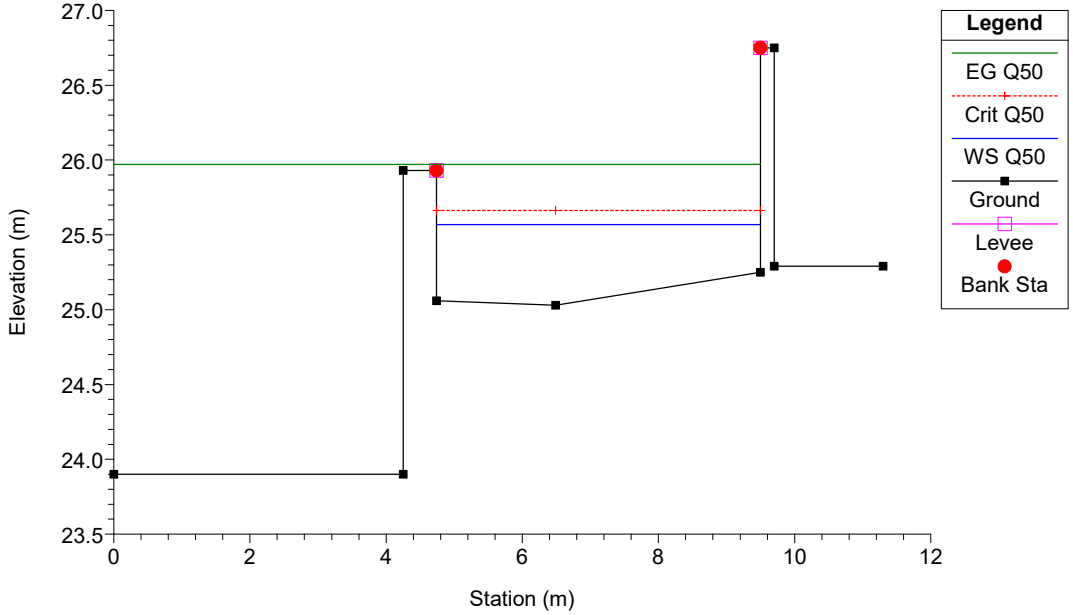
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 5



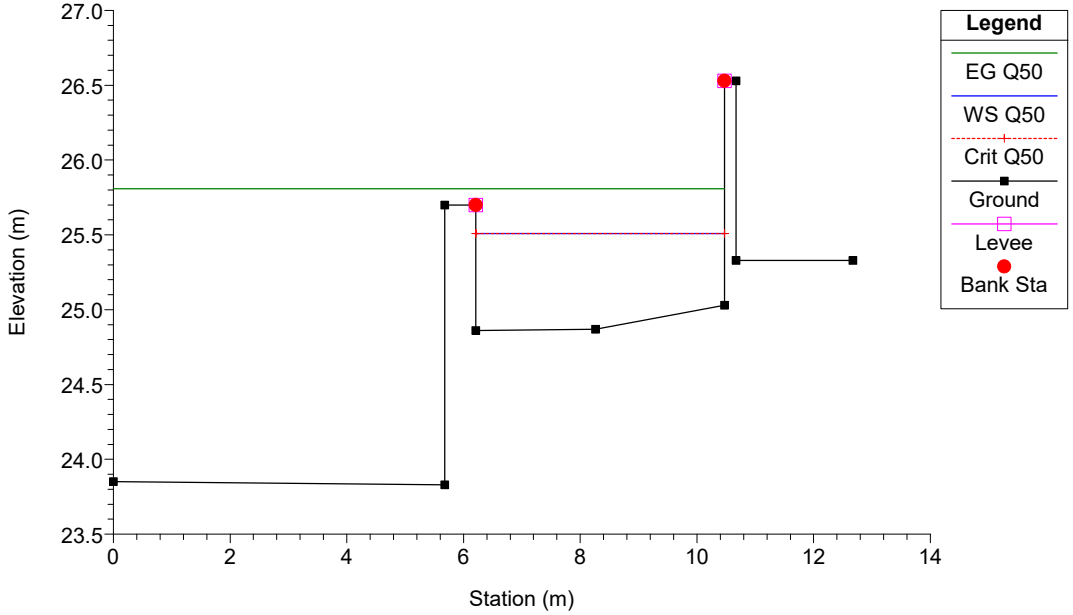
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 4



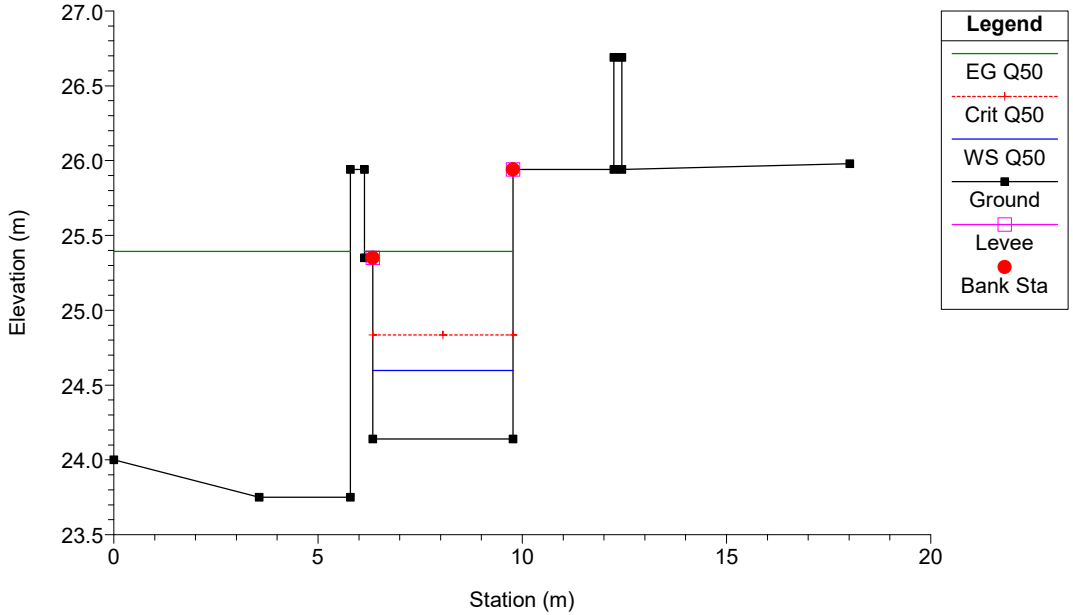
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 3



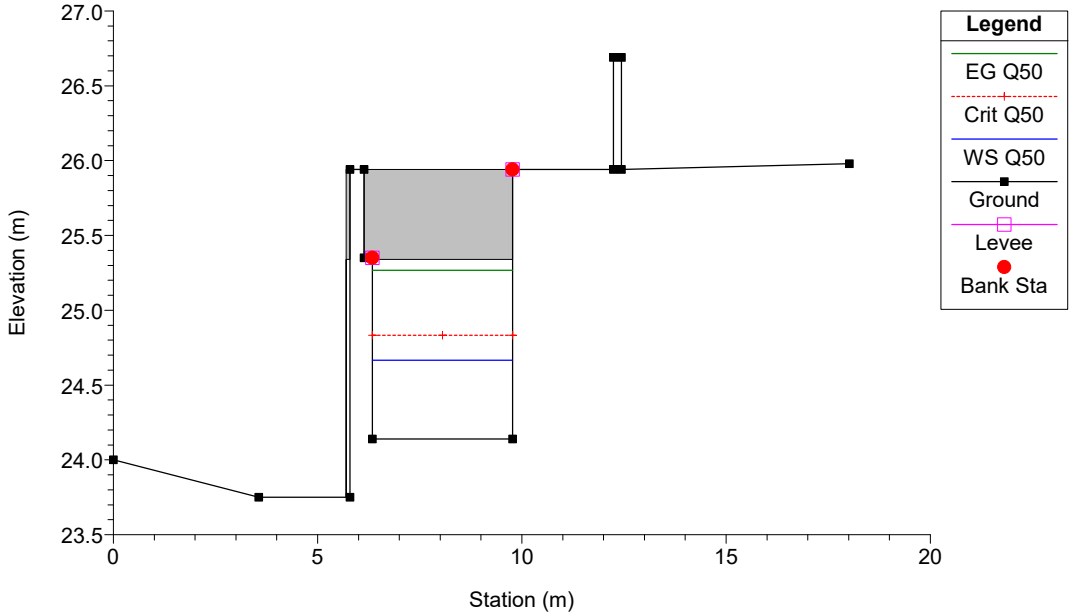
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 2



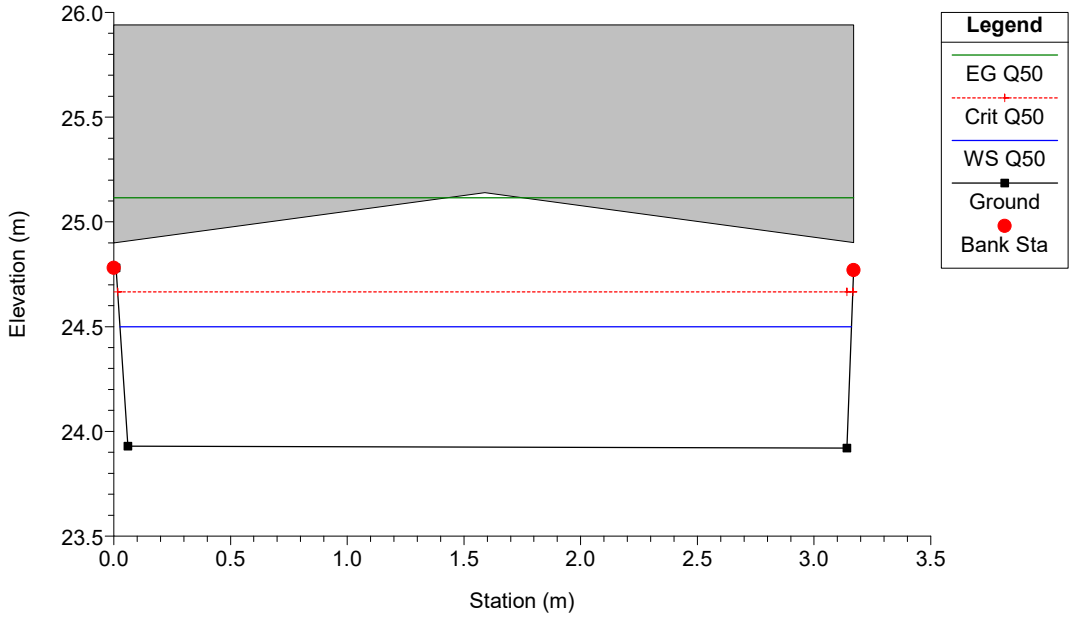
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 1



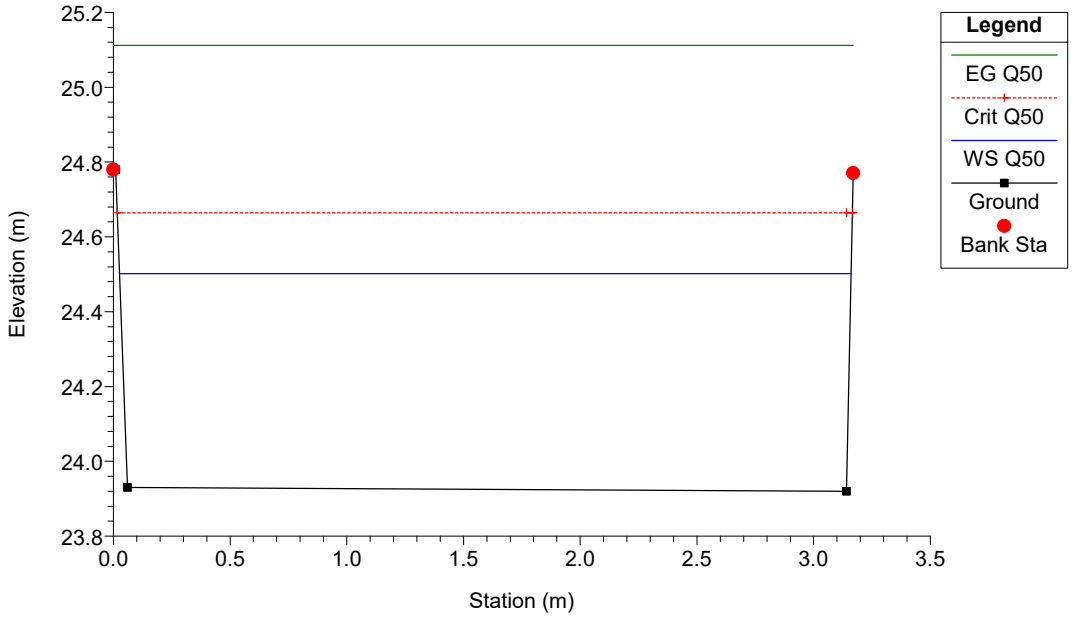
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 0.5 BR

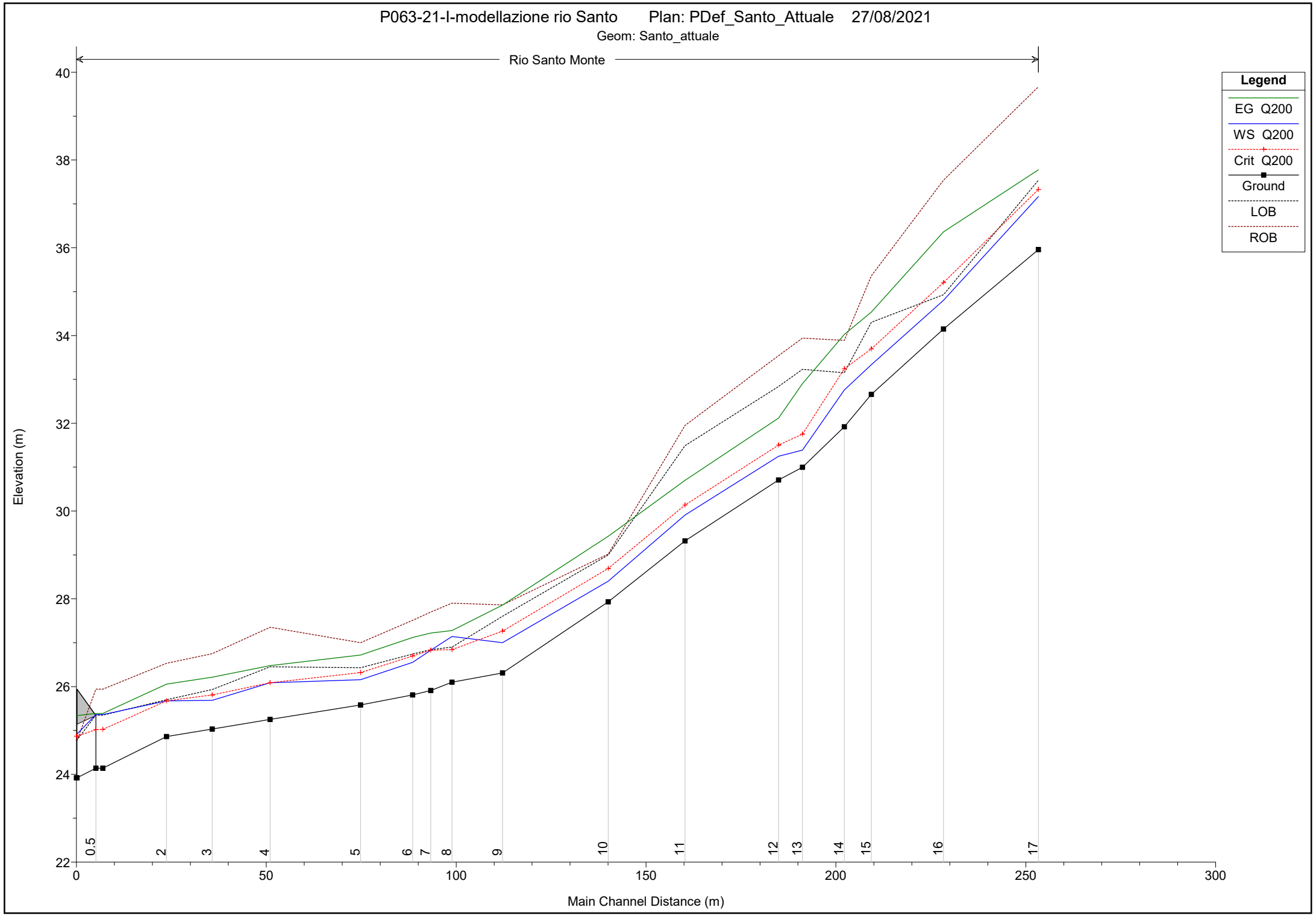


P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 0.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 0

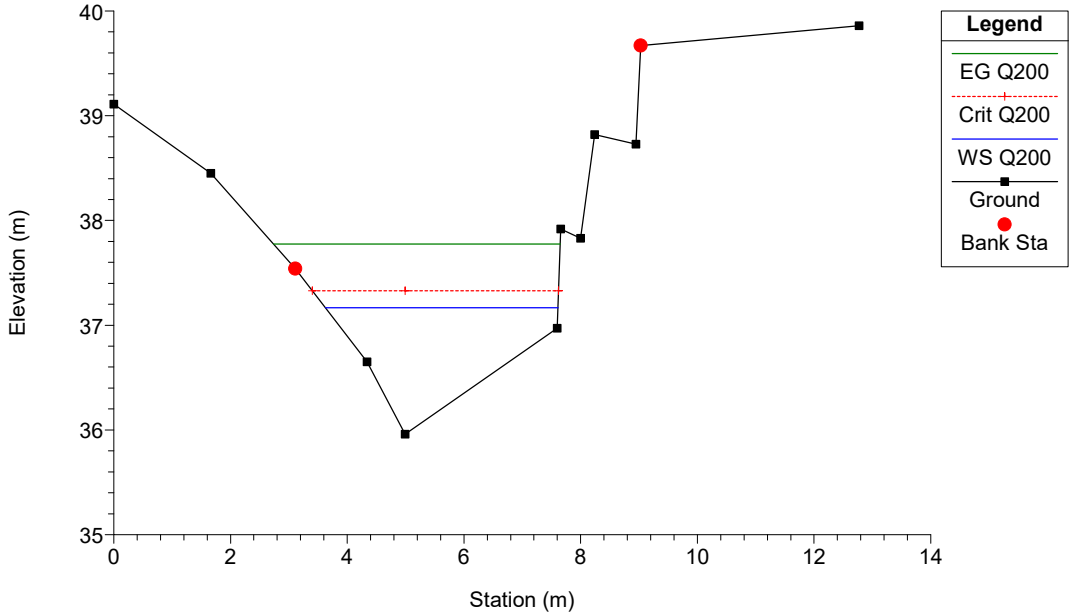



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
Rio Santo Monte
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
0
50
100
150
200
250
300
0.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

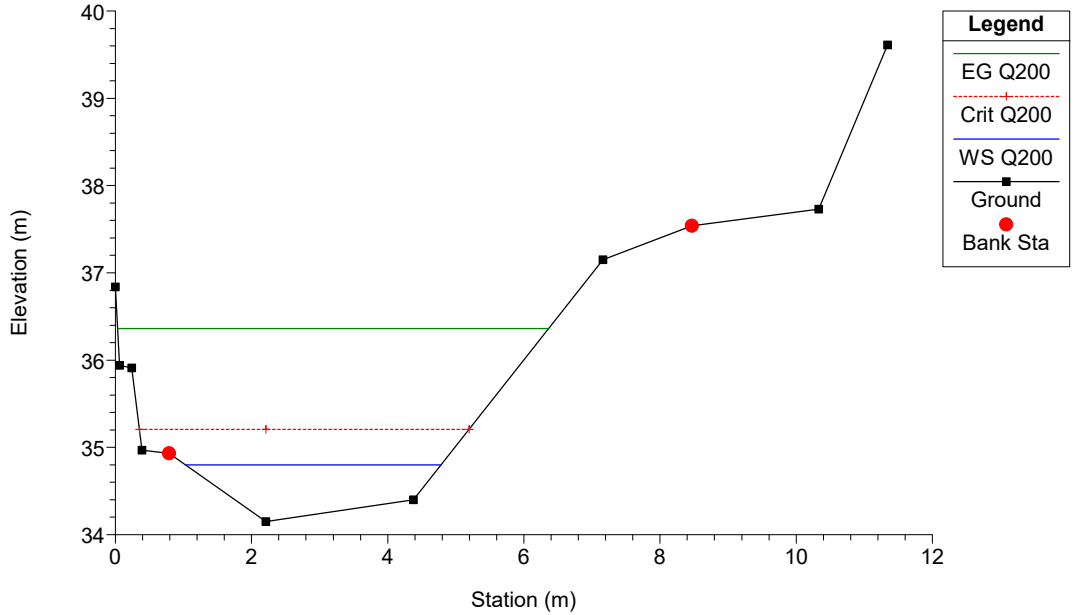
HEC-RAS Plan: PDef_Santo_Attuale River: Rio Santo Reach: Monte Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	Q200	253.32	8.90	35.96	37.54	39.67	37.17	0.65	37.78	3.46	2.58	3.99	1.37
Monte	16	Q200	228.32	8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.43	36.36	5.53	1.61	3.76	2.70
Monte	15	Q200	209.32	8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.85	1.84	3.43	2.12
Monte	14	Q200	202.22	8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.03	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	13	Q200	191.22	8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	12	Q200	184.92	8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	11	Q200	160.25	8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	10	Q200	140.04	8.90	27.93	29.00	29.02	28.40	0.33	29.43	4.49	1.98	5.93	2.48
Monte	9	Q200	112.21	8.90	26.31	27.60	27.86	27.00	0.50	27.86	4.11	2.17	4.30	1.85
Monte	8	Q200	98.89	8.90	26.10	26.90	27.90	27.14	0.70	27.28	1.64	5.66	8.03	0.54
Monte	7	Q200	93.29	8.90	25.91	26.84	27.70	26.83	0.77	27.22	2.76	3.22	4.16	1.00
Monte	6	Q200	88.52	8.90	25.81	26.74	27.51	26.55	0.60	27.12	3.33	2.68	4.46	1.37
Monte	5	Q200	74.80	8.90	25.58	26.43	27.00	26.15	0.39	26.72	3.33	2.68	6.79	1.69
Monte	4	Q200	50.99	8.90	25.25	26.45	27.35	26.09	0.78	26.48	2.76	3.23	4.15	1.00
Monte	3	Q200	35.74	8.90	25.03	25.93	26.75	25.69	0.58	26.21	3.22	2.77	4.76	1.35
Monte	2	Q200	23.73	8.90	24.86	25.70	26.53	25.67	0.76	26.05	2.73	3.26	4.26	1.00
Monte	1	Q200	6.95	8.90	24.14	25.35	25.94	25.36	1.39	25.39	0.65	13.09	9.42	0.19
Monte	0.5		Bridge											
Monte	0	Q200		8.90	23.92	24.78	24.77	24.87	0.93	25.33	3.02	2.95	3.17	1.00

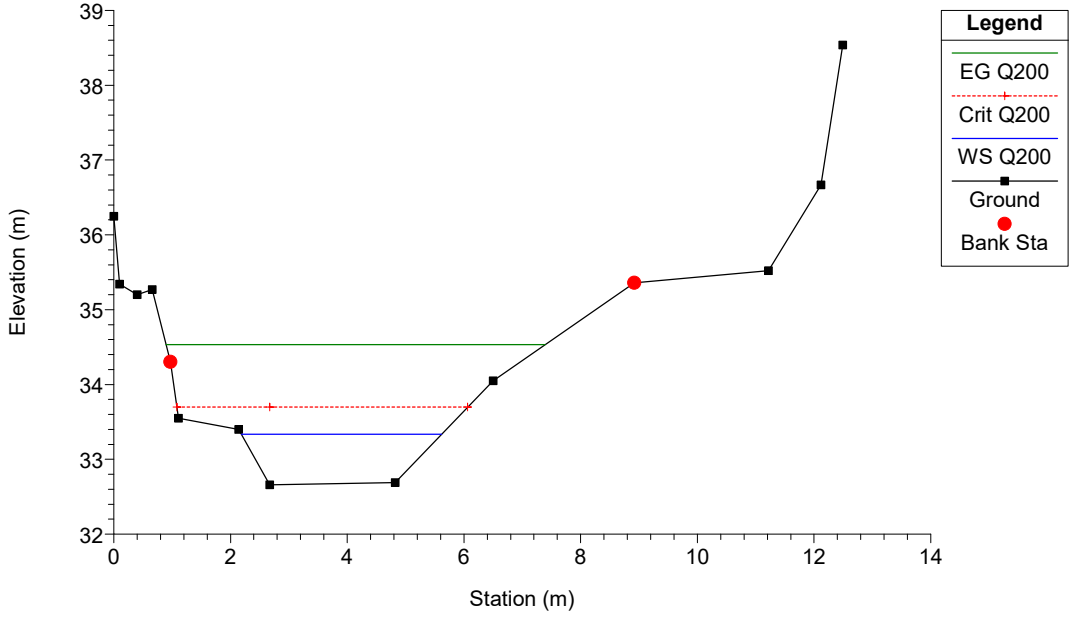
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 17



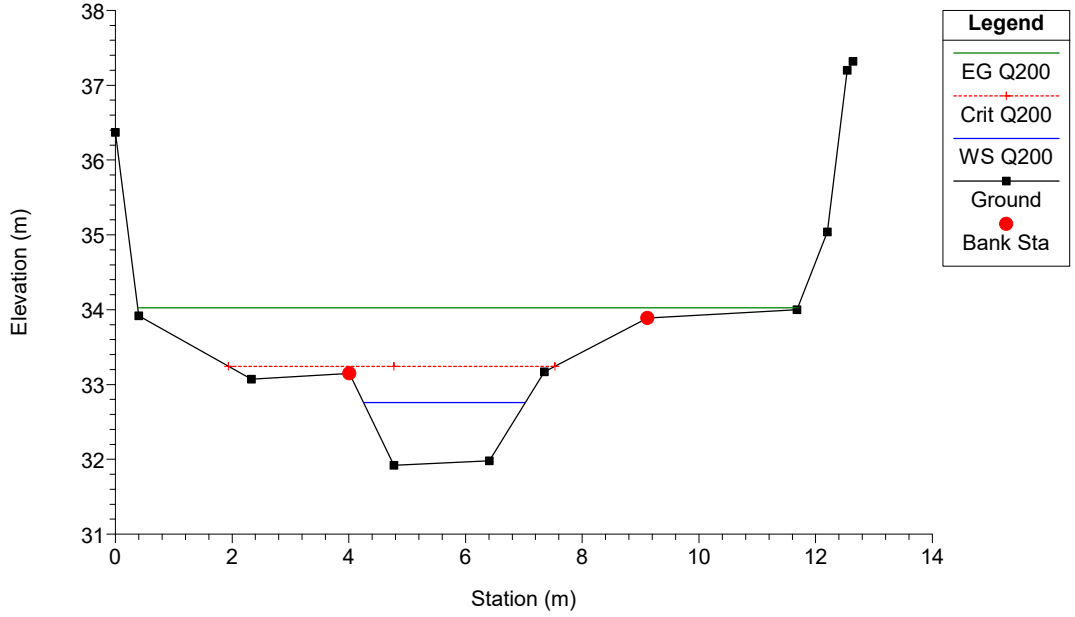
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 16



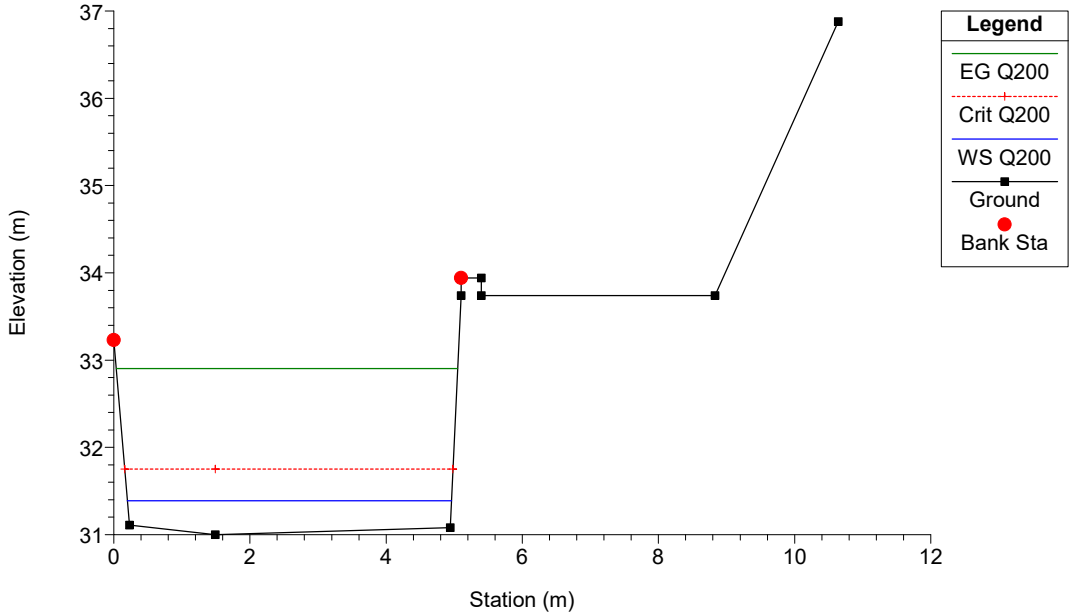
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 15



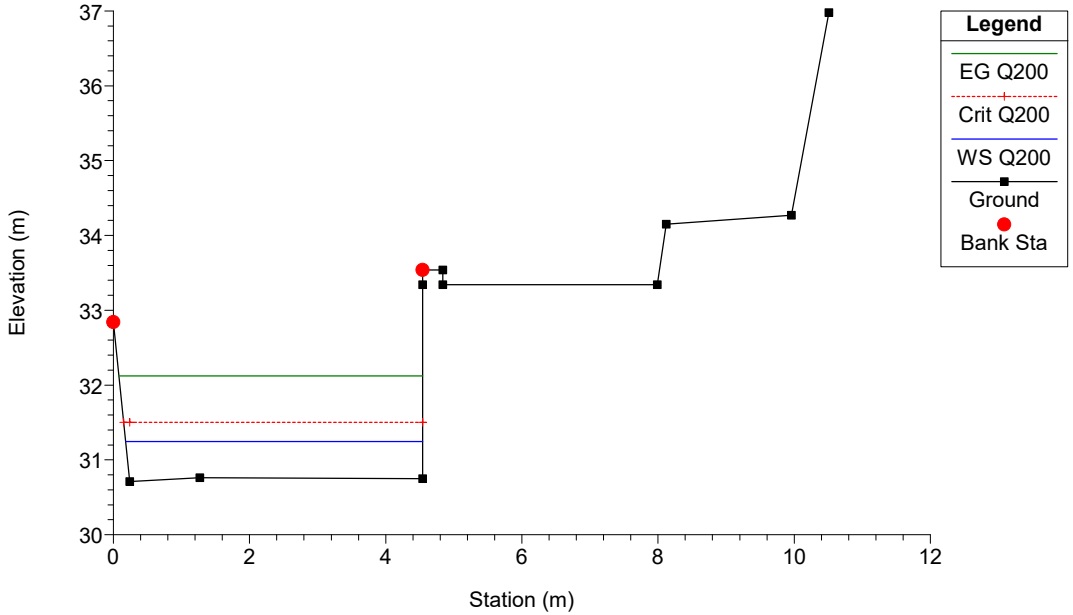
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 14



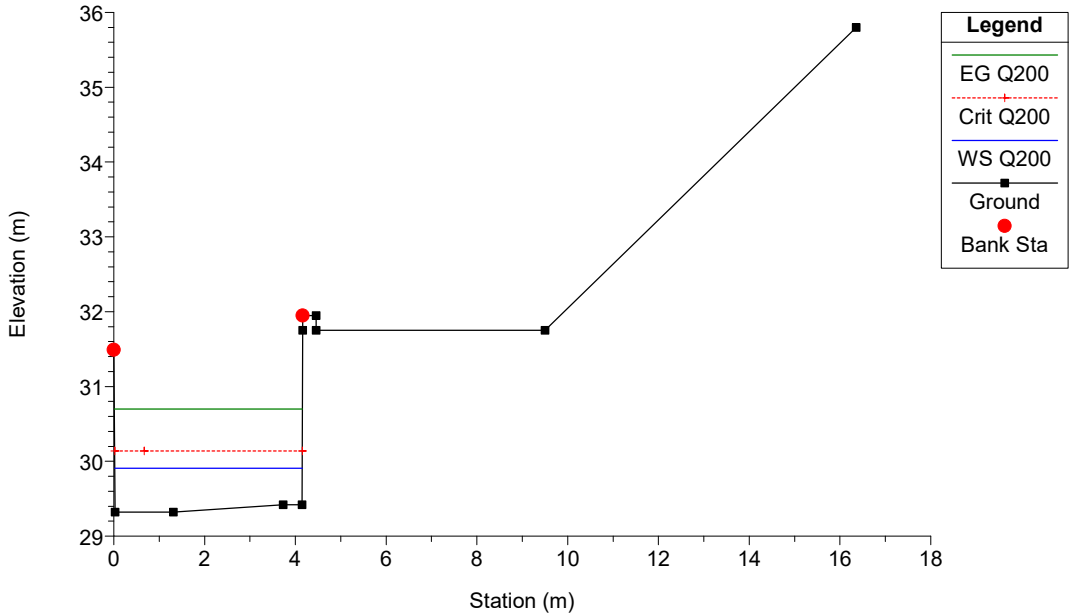
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 13



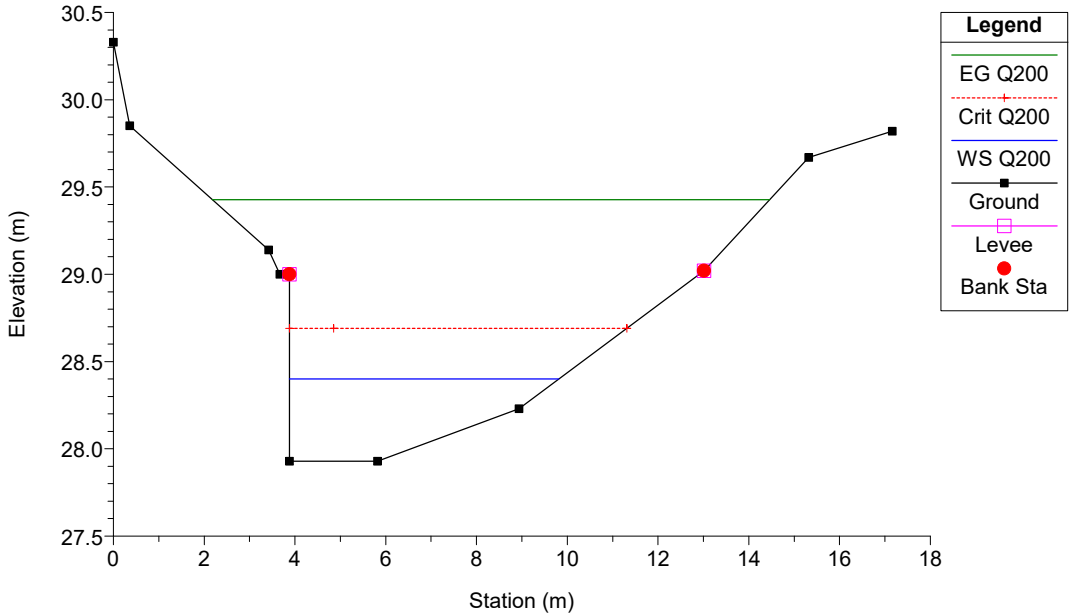
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 12



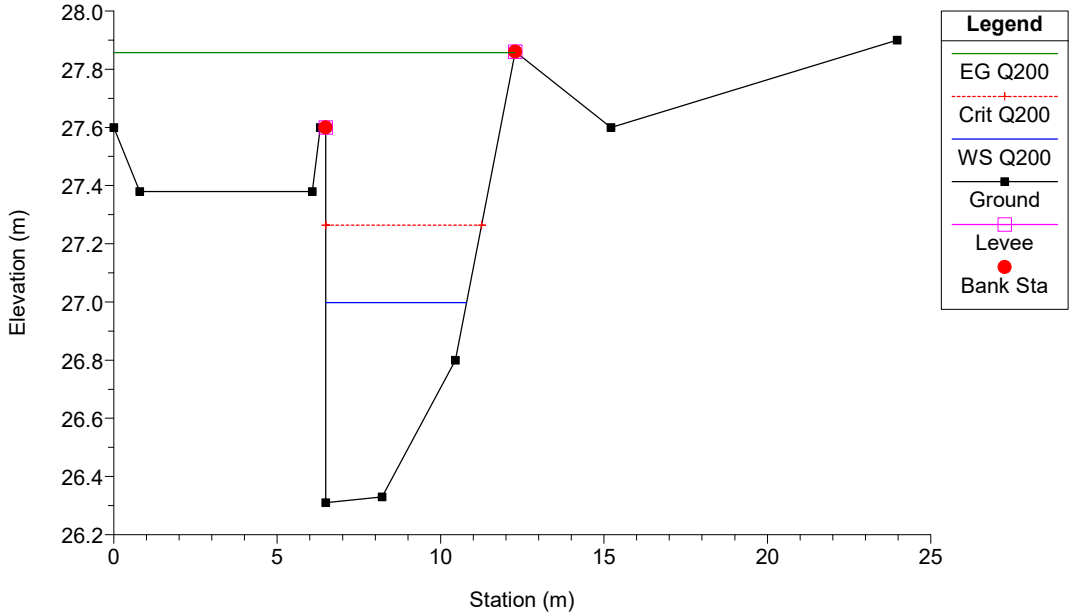
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 11



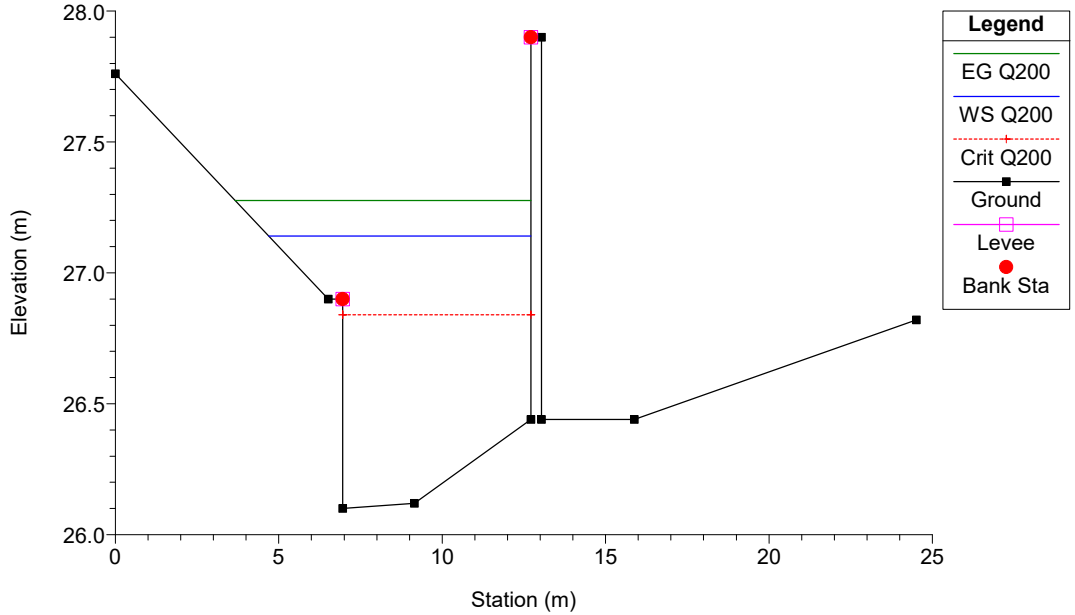
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 10



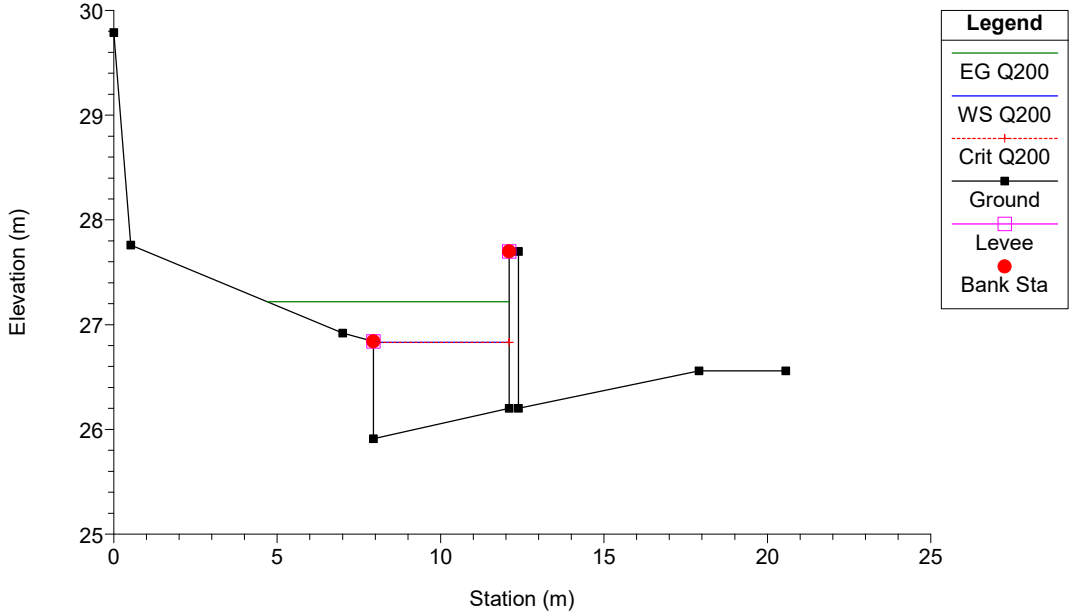
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 9



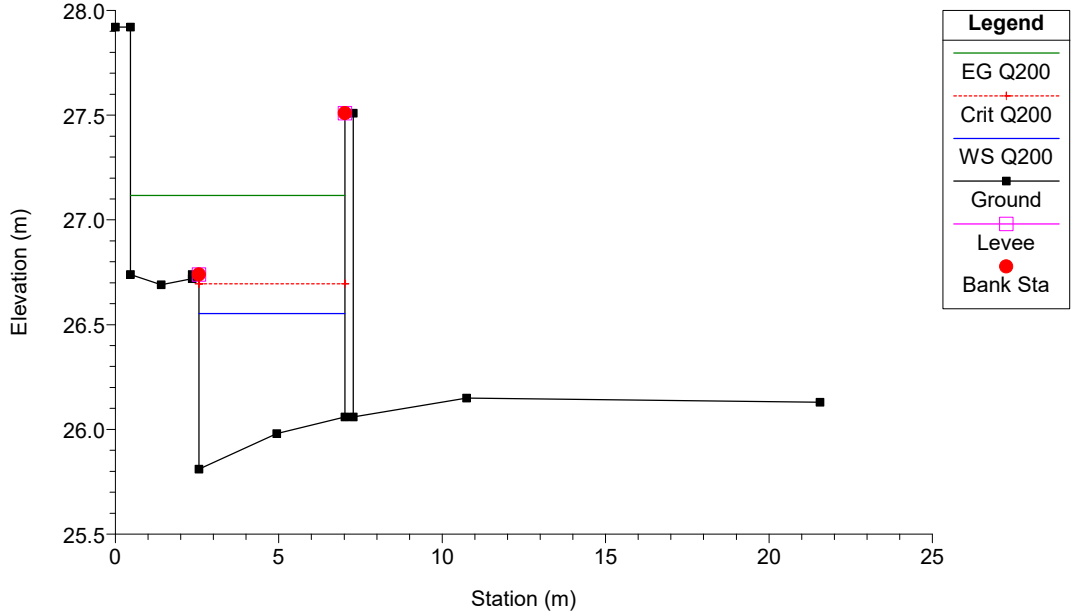
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 8



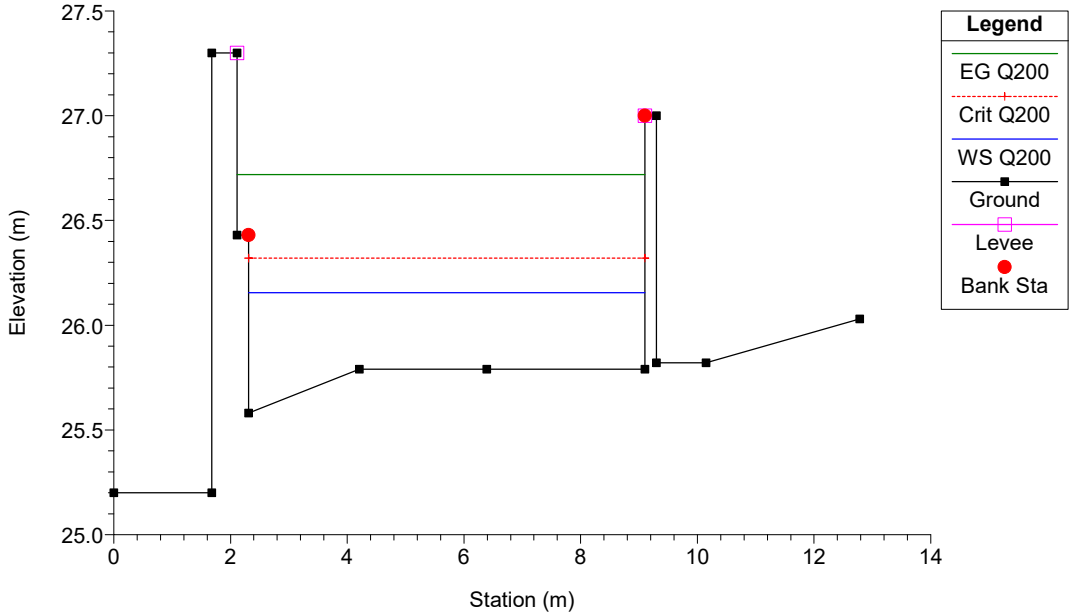
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 7



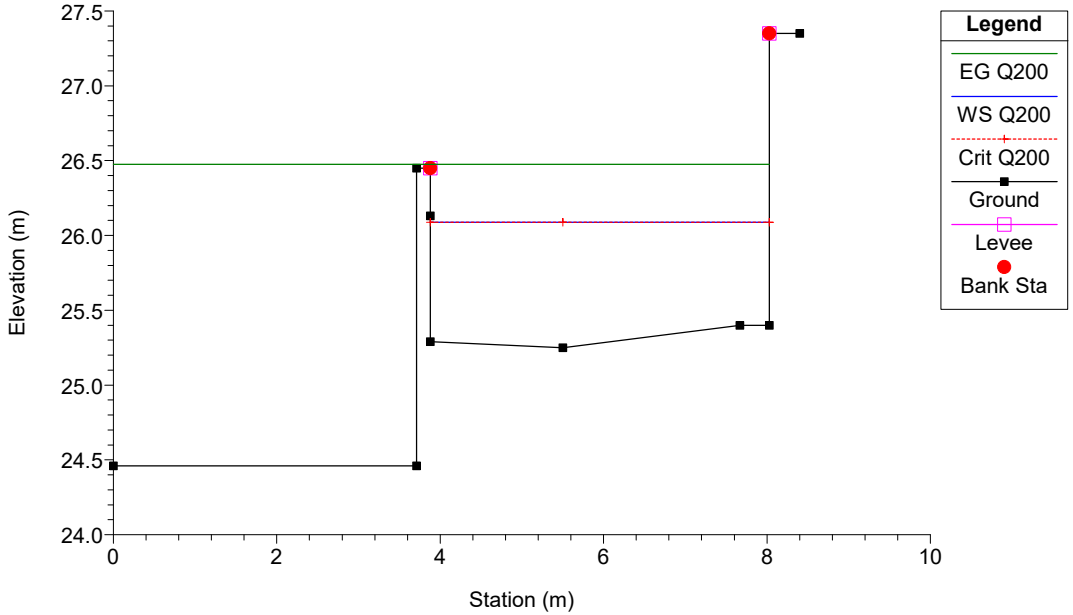
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 6



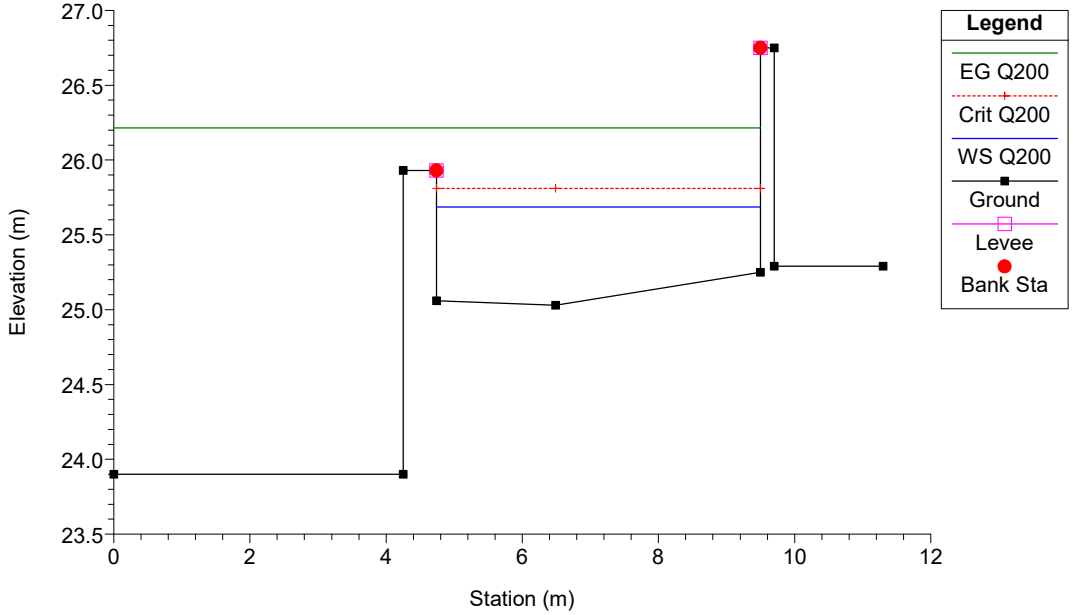
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 5



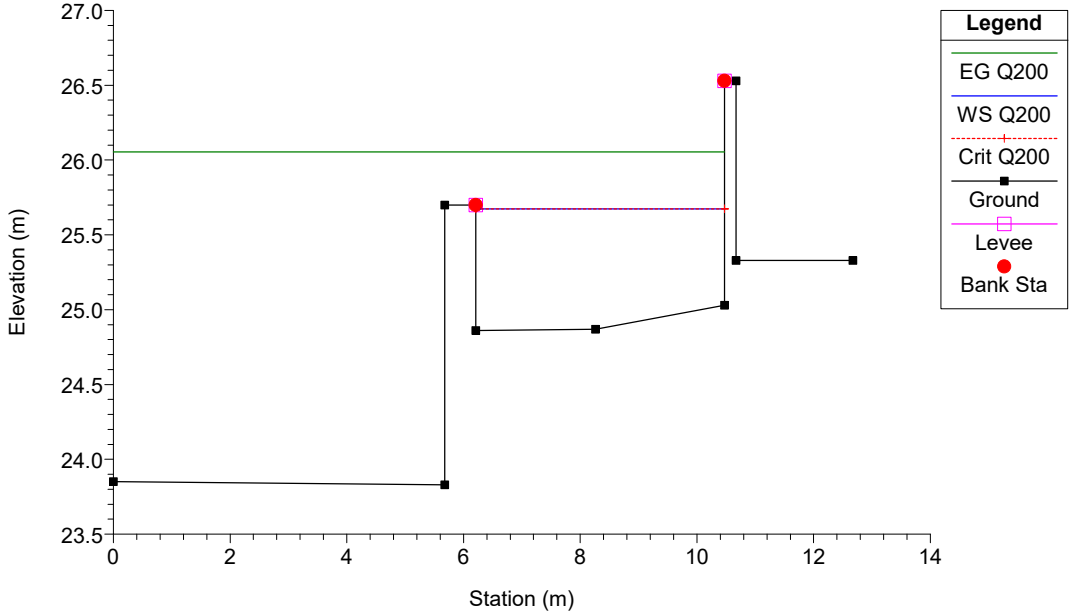
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 4

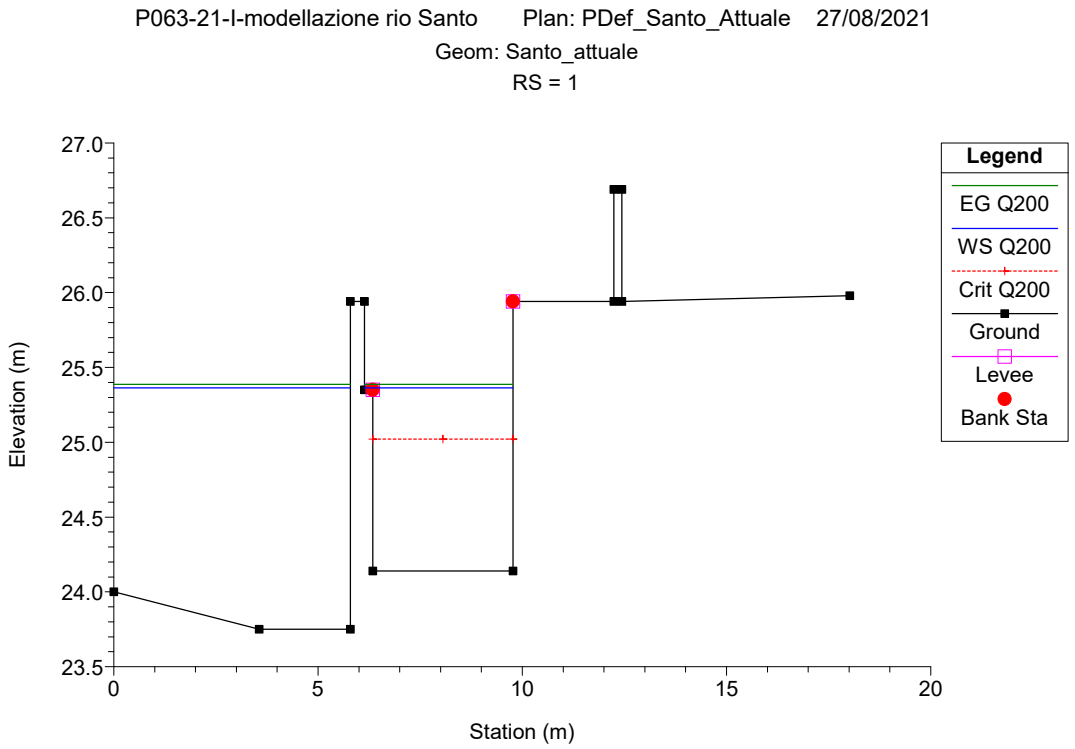


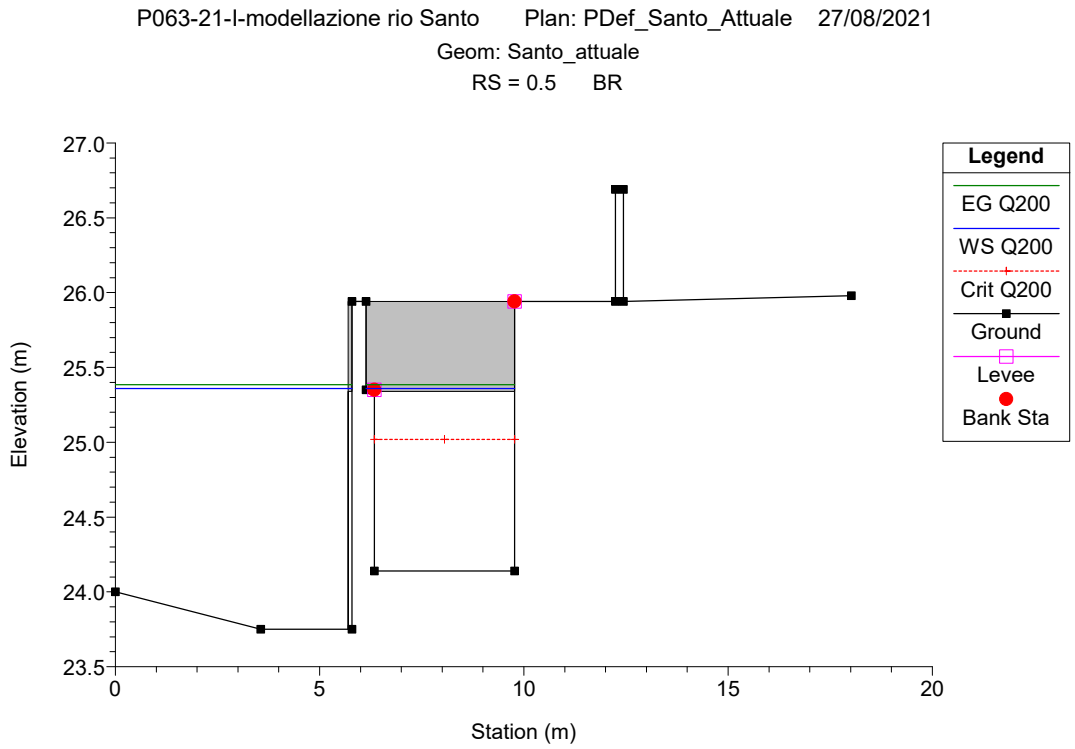
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 3

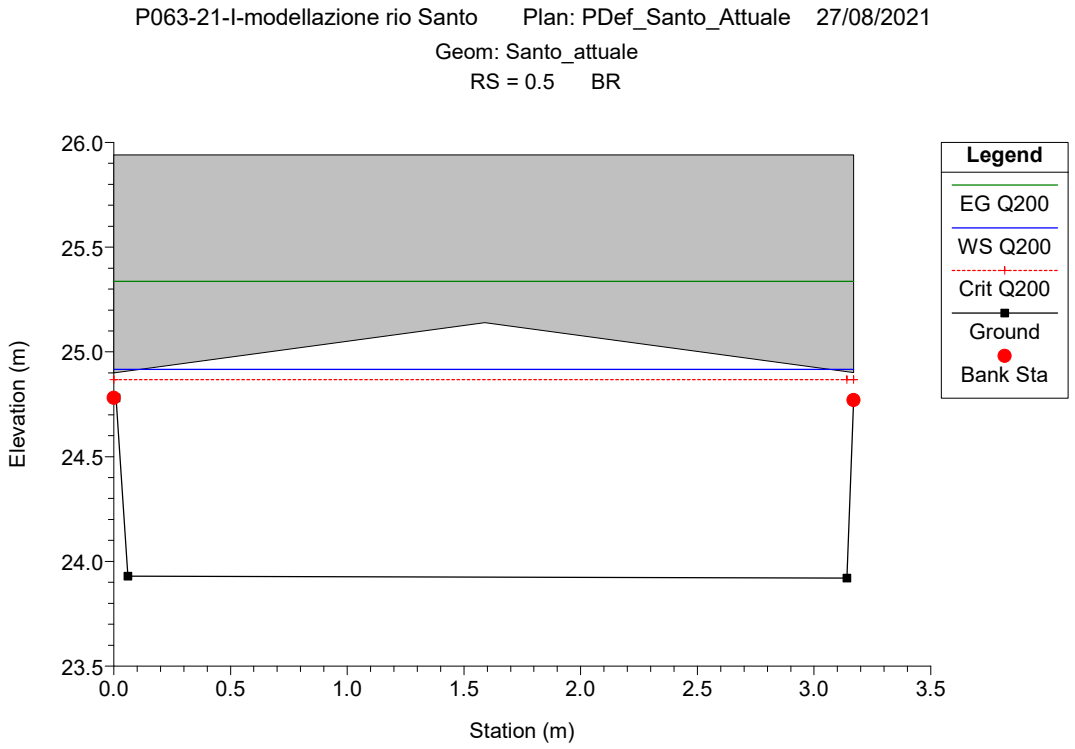


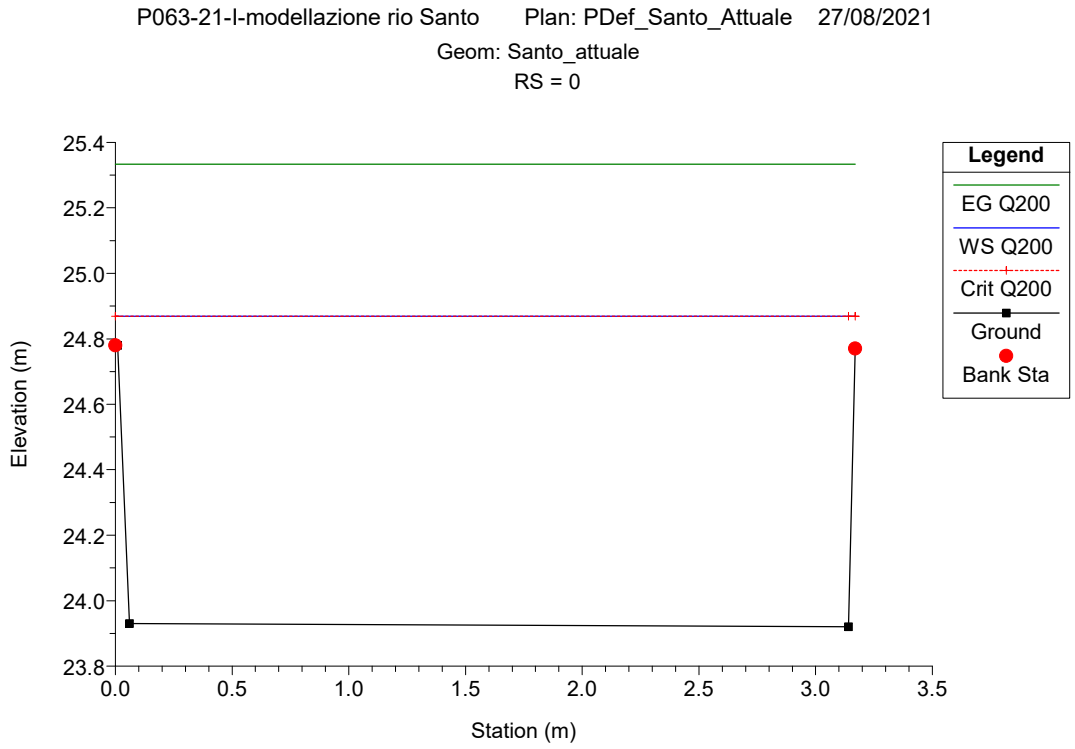
P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 2




P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 1
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

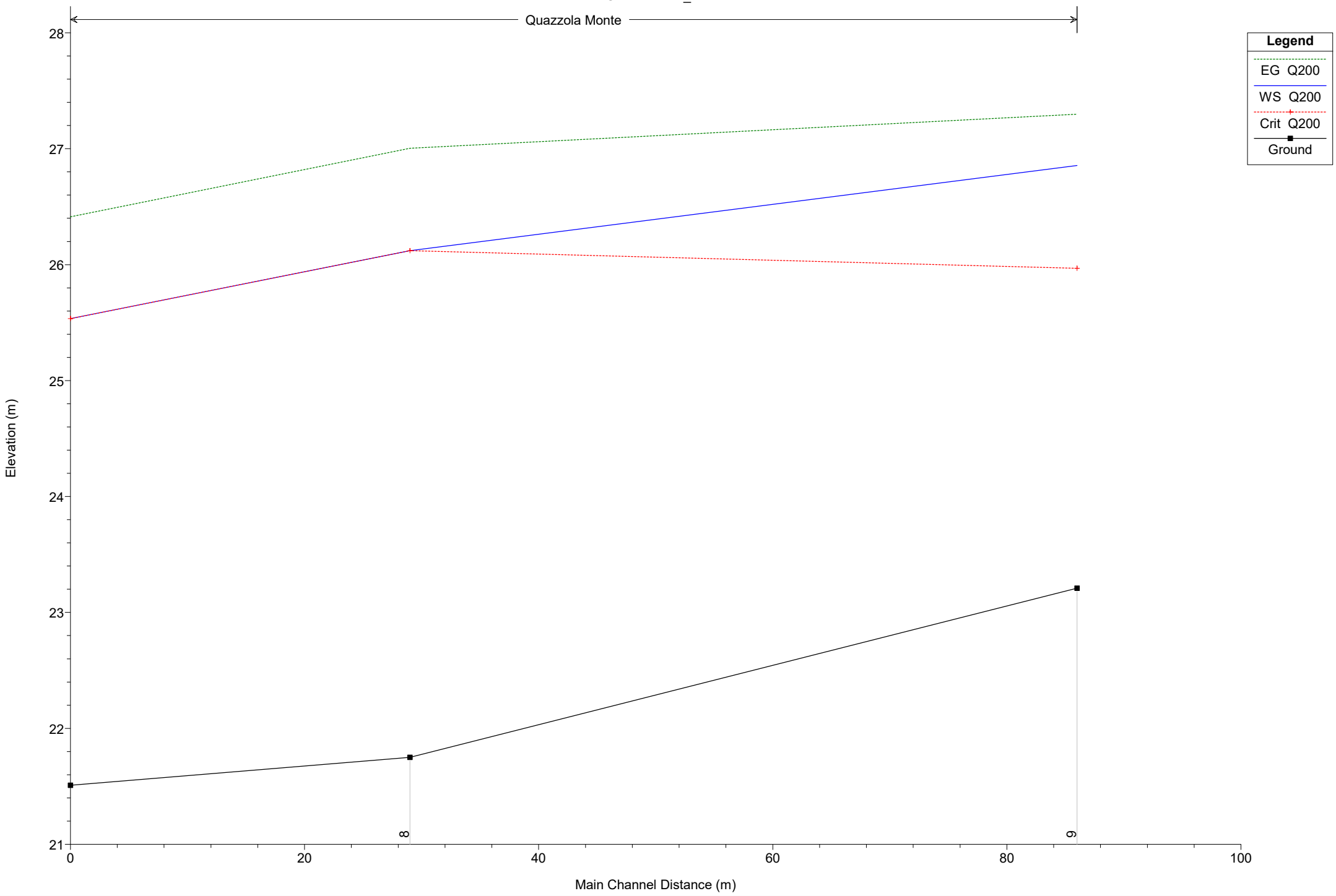

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 0.5 BR
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

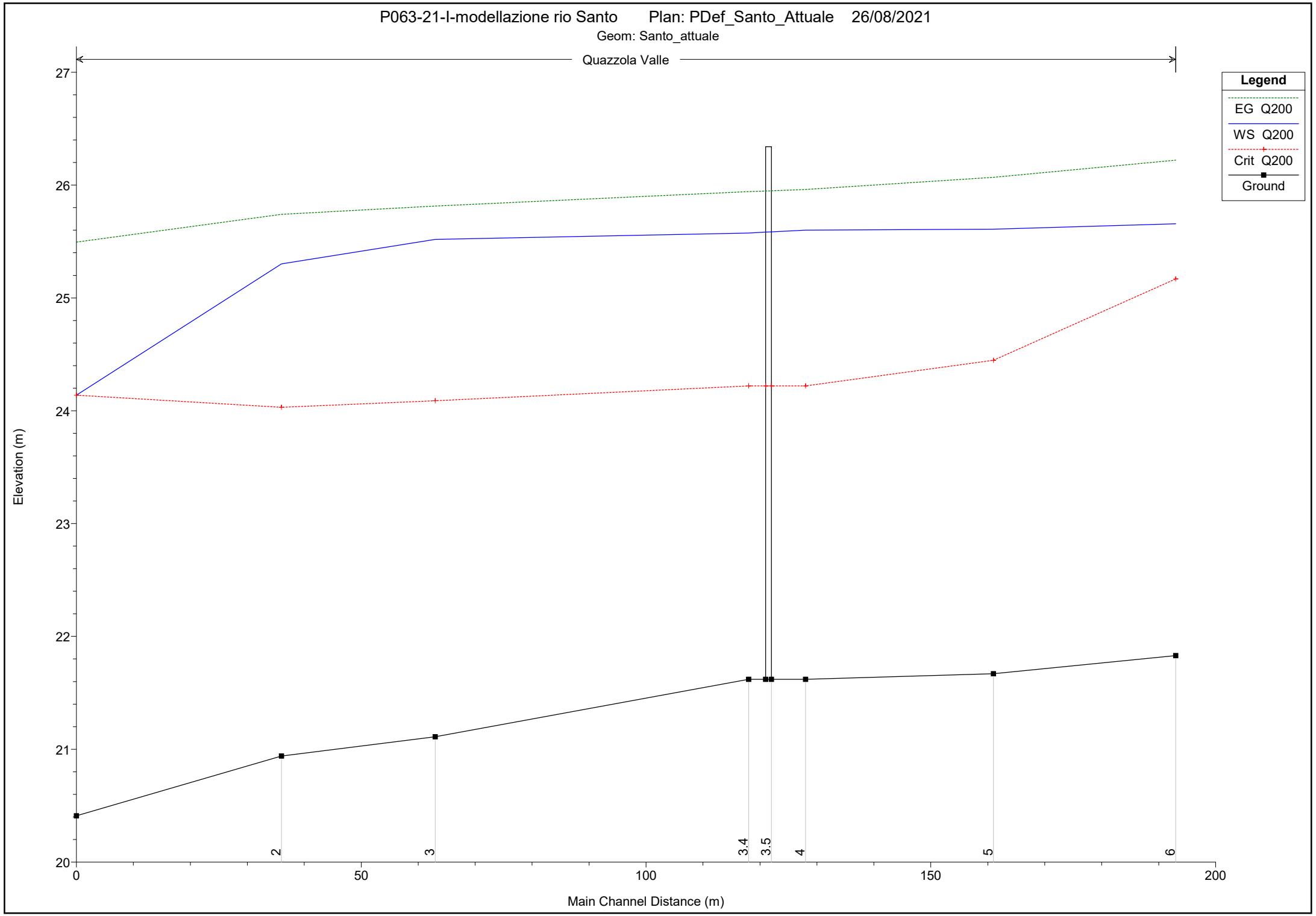

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 0.5 BR
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 27/08/2021
Geom: Santo_attuale
RS = 0
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 26/08/2021

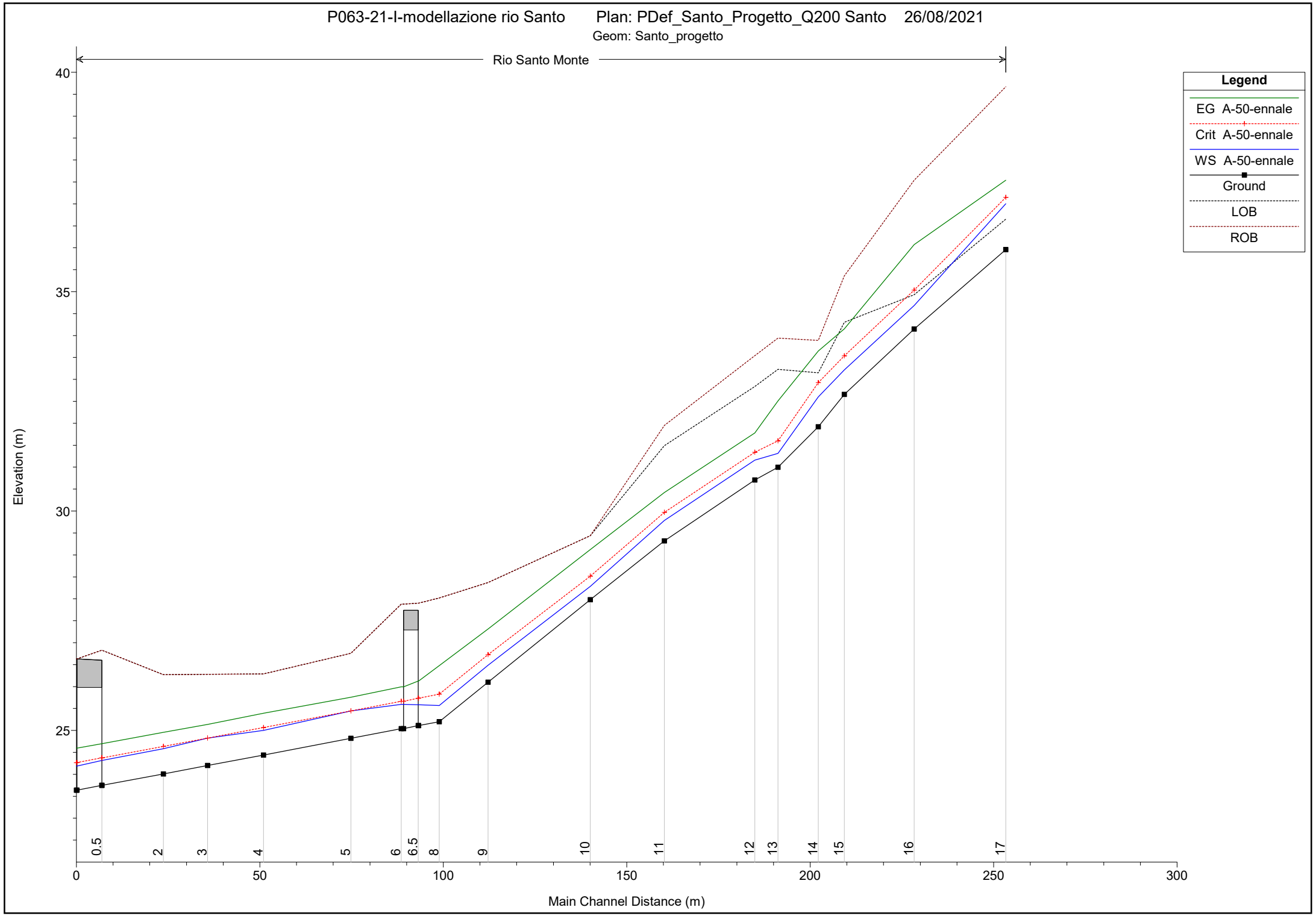
Geom: Santo_attuale




P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Attuale 26/08/2021
Geom: Santo_attuale
Quazzola Valle
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
27
26
25
24
23
22
21
20
0
50
100
150
200
2
3
3.4
3.5
4
5
6

HEC-RAS Plan: PDef_Santo_Attuale Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	9	Q200	86.00	280.00	23.21	23.21	25.94	26.85	2.51	27.30	3.02	99.62	39.64	0.54
Monte	8	Q200	29.00	280.00	21.75	21.75	25.05	26.12	1.82	27.00	4.42	75.60	41.44	0.78
Monte	7	Q200		280.00	21.51	21.51	25.00	25.53	1.56	26.41	4.24	73.60	47.07	0.81
Valle	6	Q200	193.00	288.90	21.83	26.64	24.95	25.66	1.97	26.22	3.41	91.87	46.64	0.64
Valle	5	Q200	161.00	288.90	21.67	22.46	22.48	25.61	3.33	26.07	3.00	96.37	28.97	0.53
Valle	4	Q200	128.00	288.90	21.62	22.31	21.71	25.60	3.39	25.96	2.73	109.97	32.43	0.45
Valle	3.5		Bridge											
Valle	3.4	Q200	118.00	288.90	21.62	22.31	21.71	25.58	3.37	25.94	2.75	109.17	32.43	0.46
Valle	3	Q200	63.00	288.90	21.11	23.66	21.75	25.52	3.28	25.81	2.41	120.18	36.65	0.42
Valle	2	Q200	36.00	288.90	20.94	21.59	22.58	25.30	3.48	25.74	3.07	101.10	29.09	0.49
Valle	1	Q200		288.90	20.41	20.41	21.77	24.14	2.71	25.50	5.38	58.86	21.73	0.97


P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021
Geom: Santo_progetto
Rio Santo Monte
Legend
EG A-50-ennale
Crit A-50-ennale
WS A-50-ennale
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
40
35
30
25
0
50
100
150
200
250
300
0.5
2
3
4
5
6
6.5
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

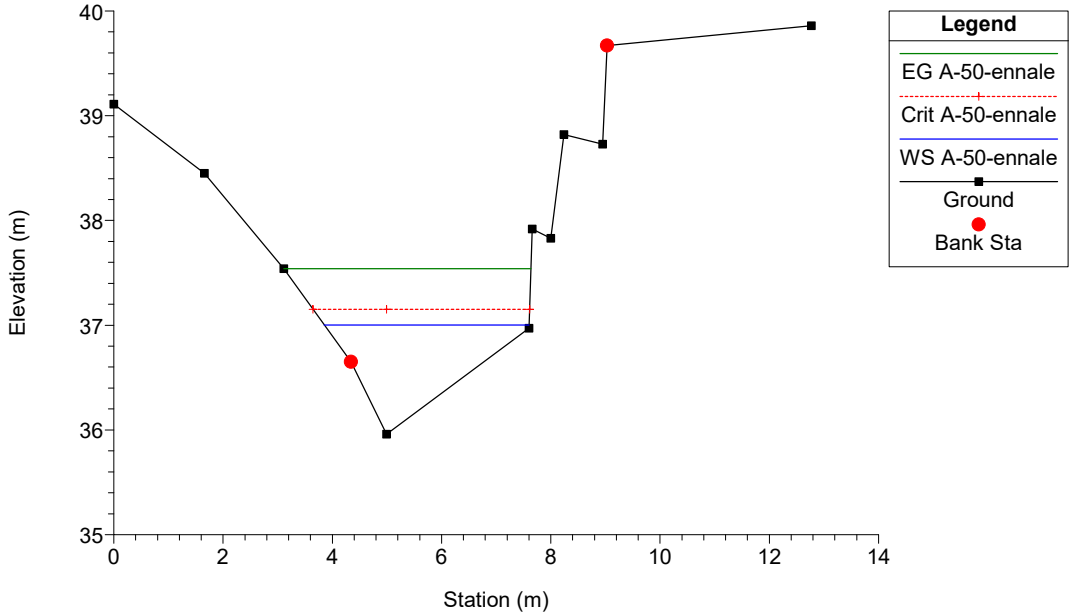
HEC-RAS Plan: PDef_Santo_Q200 Santo River: Rio Santo Reach: Monte Profile: A-50-ennale

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	A-50-ennale		6.20	35.96	36.65	39.67	37.00	0.52	37.54	3.27	1.94	3.75	1.38
Monte	16	A-50-ennale		6.20	34.15	34.93	37.54	34.68	0.35	36.07	5.21	1.19	3.43	2.83
Monte	15	A-50-ennale		6.20	32.66	34.30	35.36	33.22	0.45	34.15	4.28	1.45	3.20	2.03
Monte	14	A-50-ennale		6.20	31.92	33.15	33.89	32.60	0.54	33.65	4.53	1.37	2.55	1.97
Monte	13	A-50-ennale		6.20	31.00	33.23	33.94	31.32	0.27	32.51	4.83	1.28	4.75	2.97
Monte	12	A-50-ennale		6.20	30.71	32.84	33.54	31.16	0.41	31.78	3.49	1.78	4.35	1.74
Monte	11	A-50-ennale		6.20	29.32	31.49	31.95	29.78	0.42	30.42	3.55	1.75	4.13	1.74
Monte	10	A-50-ennale		6.20	27.98	29.44	29.44	28.28	0.30	29.12	4.06	1.53	5.06	2.36
Monte	9	A-50-ennale		6.20	26.10	28.37	28.37	26.49	0.39	27.31	4.02	1.54	4.00	2.07
Monte	8	A-50-ennale		6.20	25.20	28.02	28.02	25.57	0.37	26.48	4.23	1.47	4.00	2.23
Monte	7	A-50-ennale		6.20	25.11	27.90	27.90	25.59	0.48	26.13	3.26	1.90	4.00	1.51
Monte	6.5		Bridge											
Monte	6	A-50-ennale		6.20	25.04	27.88	27.88	25.59	0.55	25.99	2.80	2.21	4.00	1.20
Monte	5	A-50-ennale		6.20	24.82	26.76	26.76	25.45	0.63	25.76	2.48	2.50	4.00	1.00
Monte	4	A-50-ennale		6.20	24.44	26.29	26.29	25.00	0.56	25.39	2.76	2.25	4.00	1.18
Monte	3	A-50-ennale		6.20	24.20	26.28	26.28	24.82	0.62	25.14	2.49	2.49	4.00	1.01
Monte	2	A-50-ennale		6.20	24.01	26.27	26.27	24.58	0.57	24.96	2.71	2.29	4.00	1.14
Monte	1	A-50-ennale		6.20	23.75	26.83	26.83	24.32	0.57	24.70	2.74	2.27	4.00	1.16
Monte	0.5		Bridge											
Monte	0	A-50-ennale		6.20	23.64	26.63	26.63	24.19	0.55	24.60	2.83	2.19	4.00	1.22

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

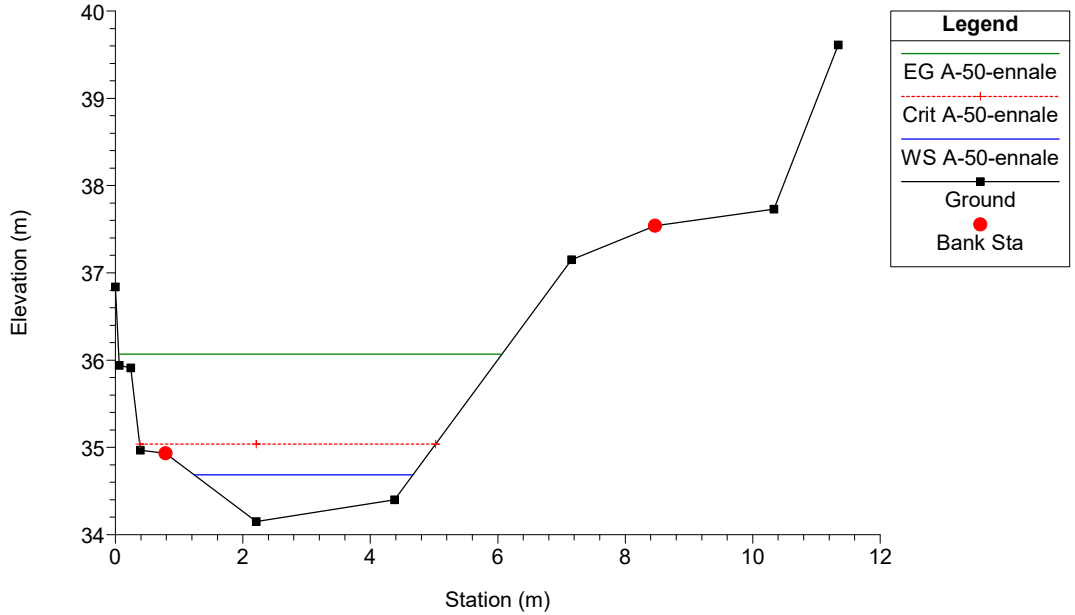
RS = 17



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

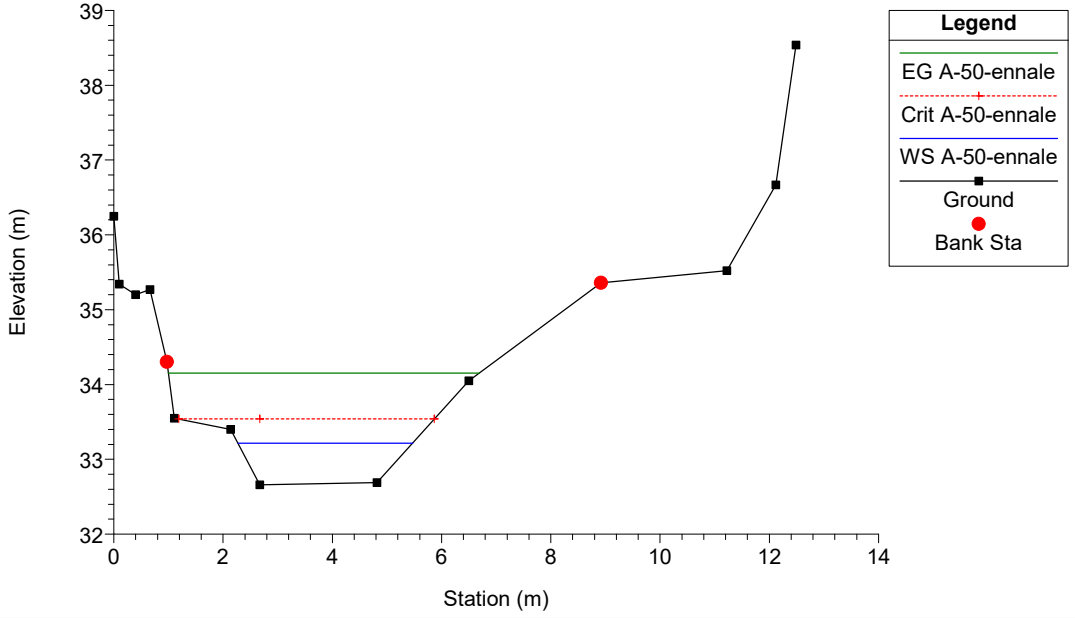
RS = 16



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

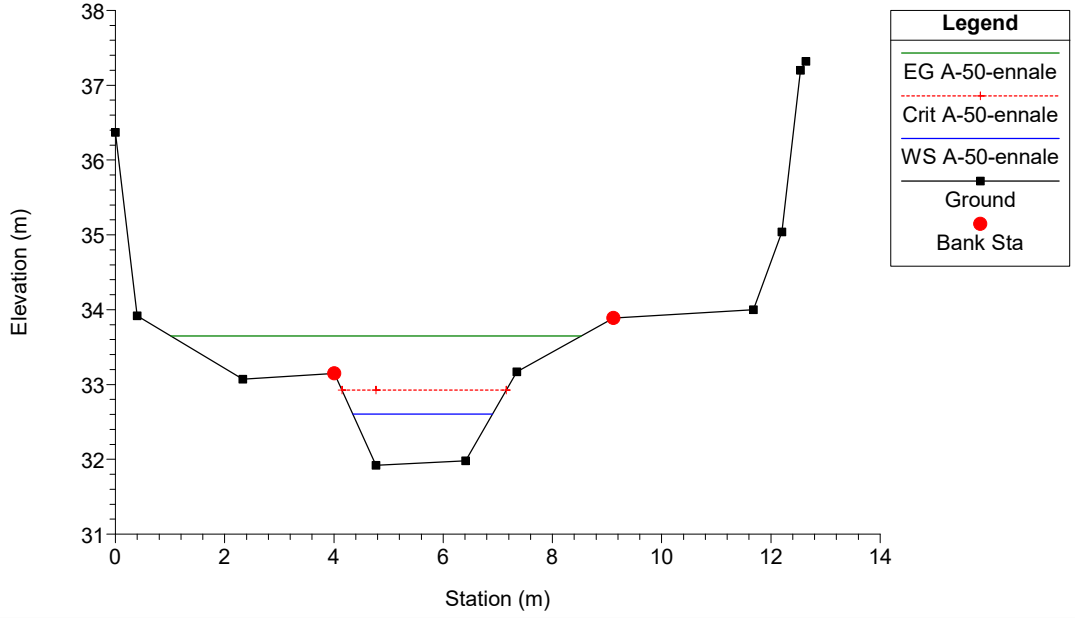
RS = 15



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

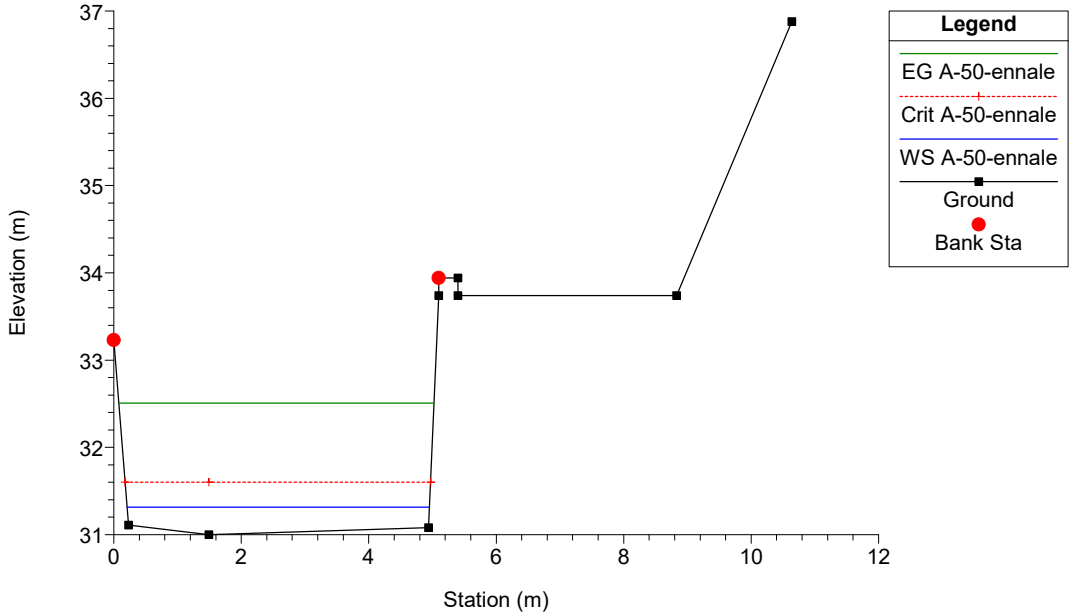
RS = 14



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

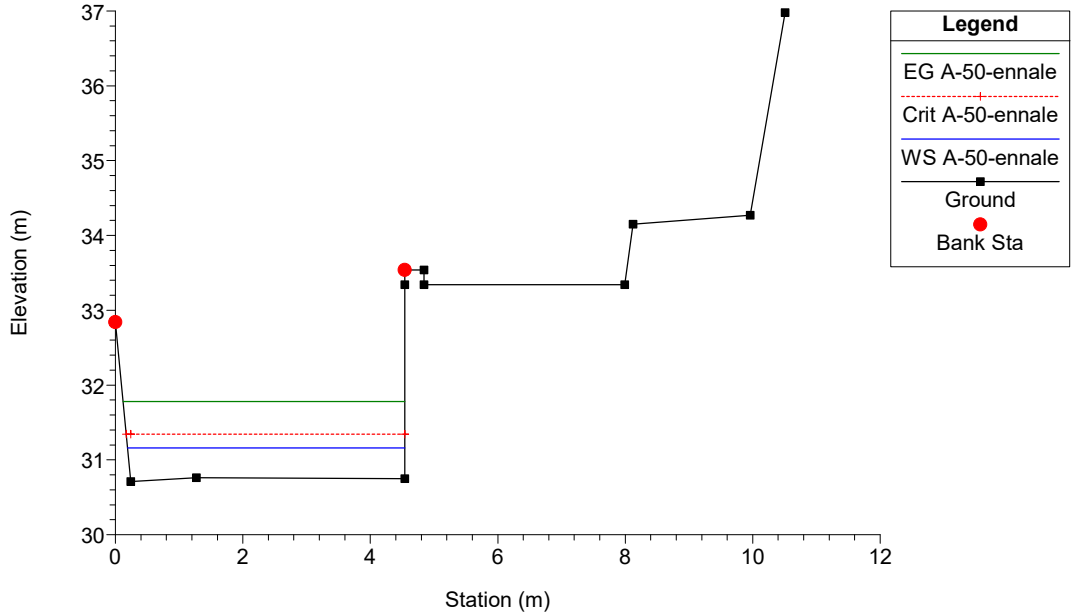
RS = 13



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

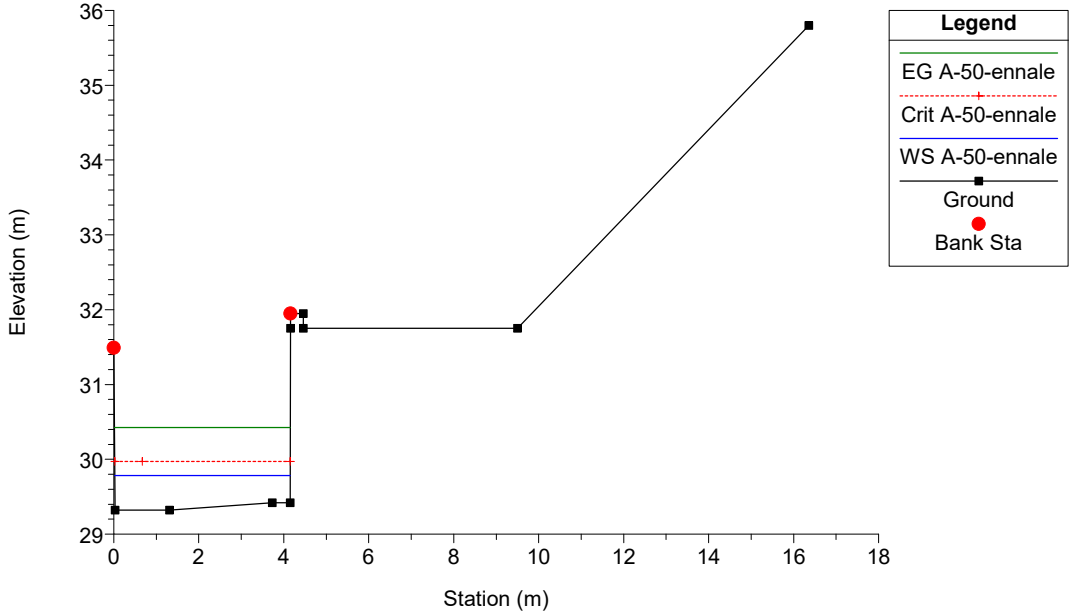
RS = 12



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

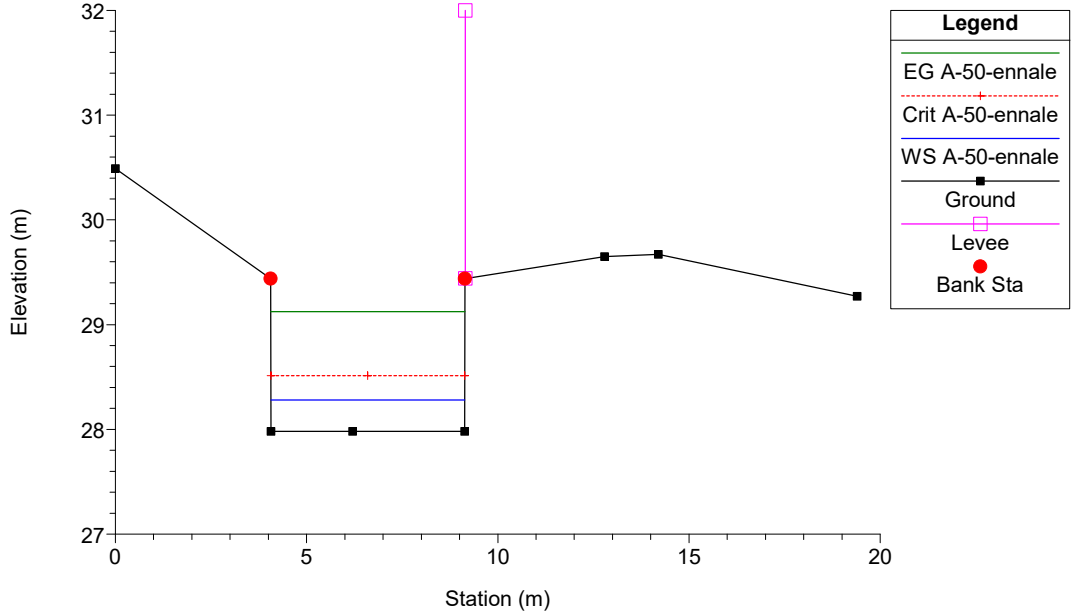
RS = 11



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

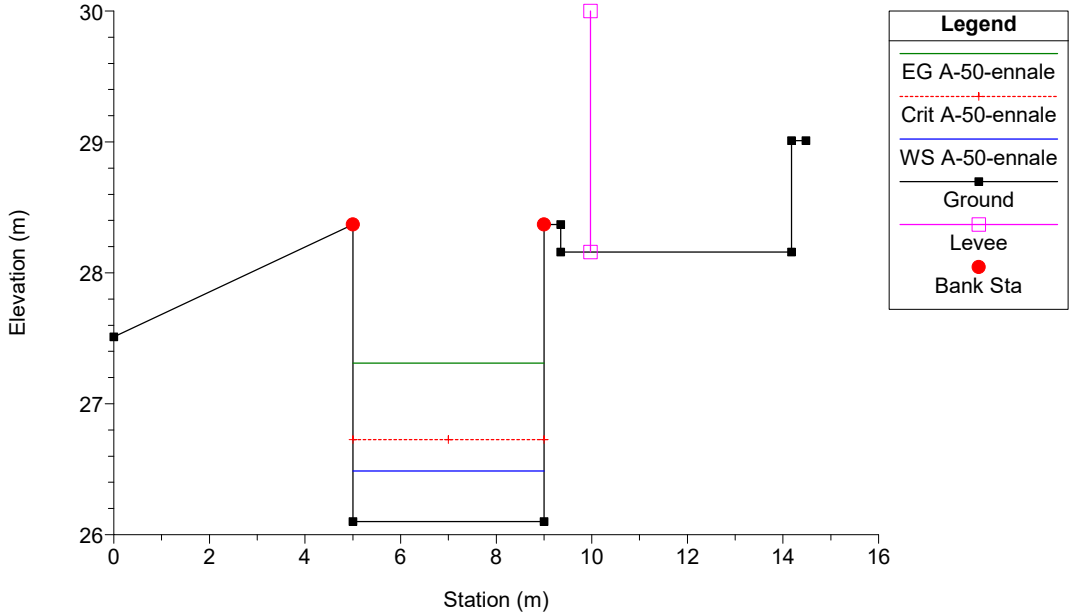
RS = 10



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

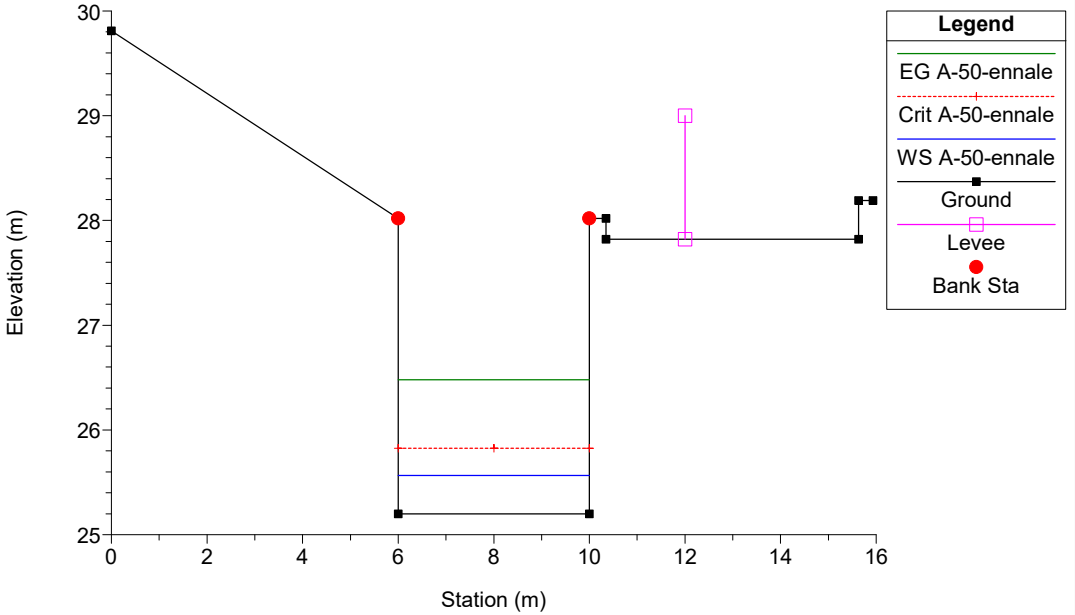
RS = 9



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

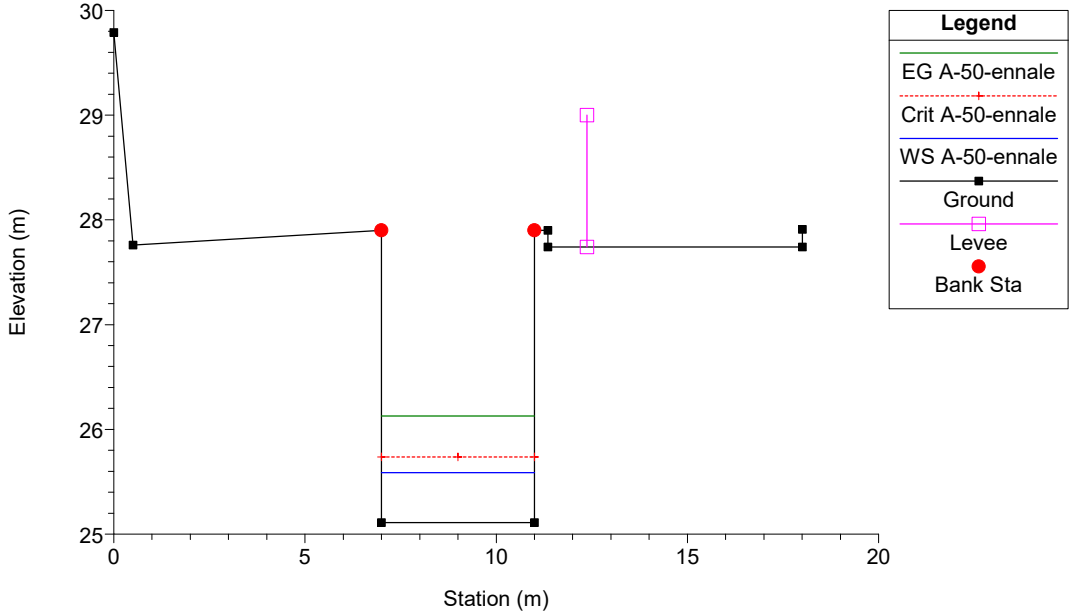
RS = 8



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

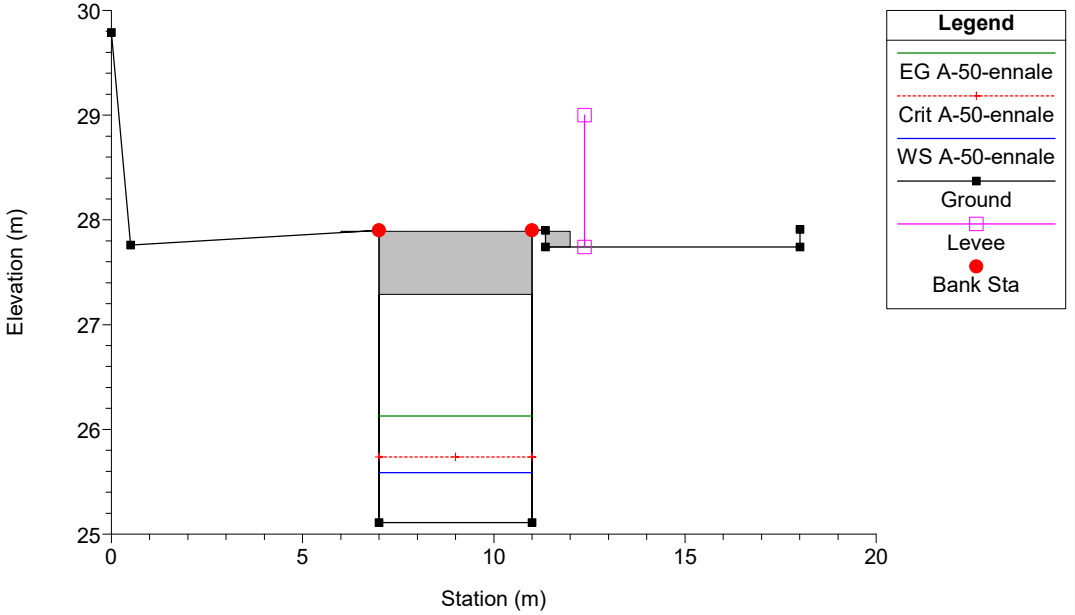
RS = 7



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

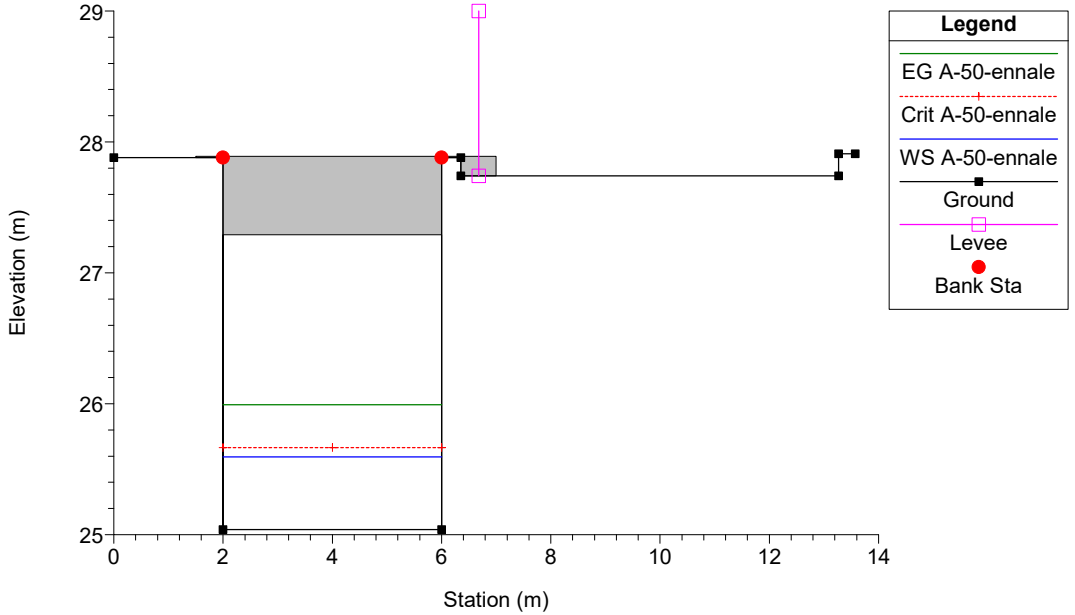
RS = 6.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

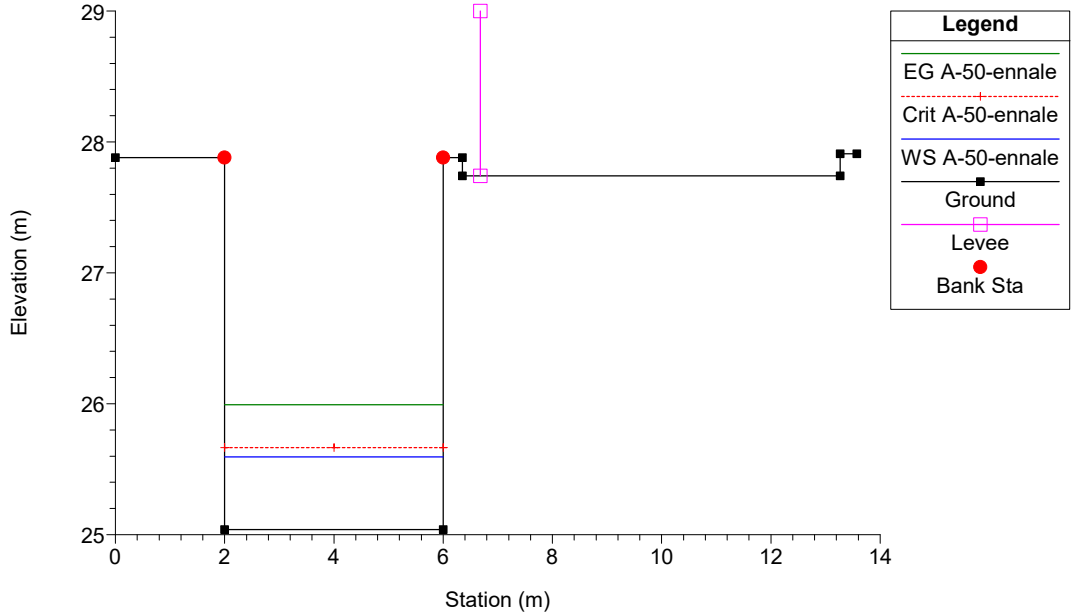
RS = 6.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

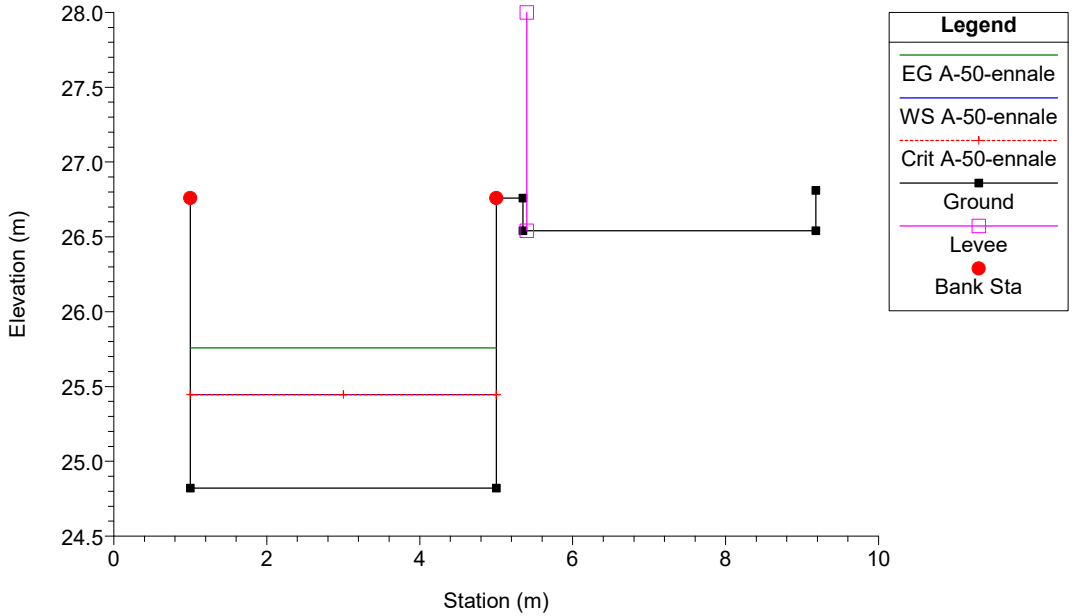
RS = 6



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

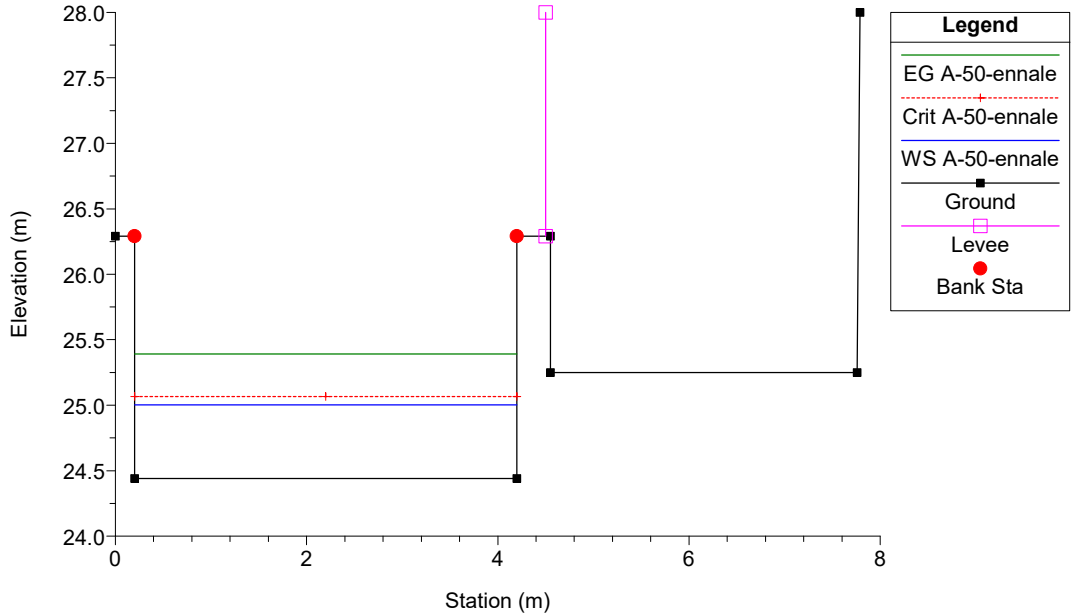
RS = 5



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

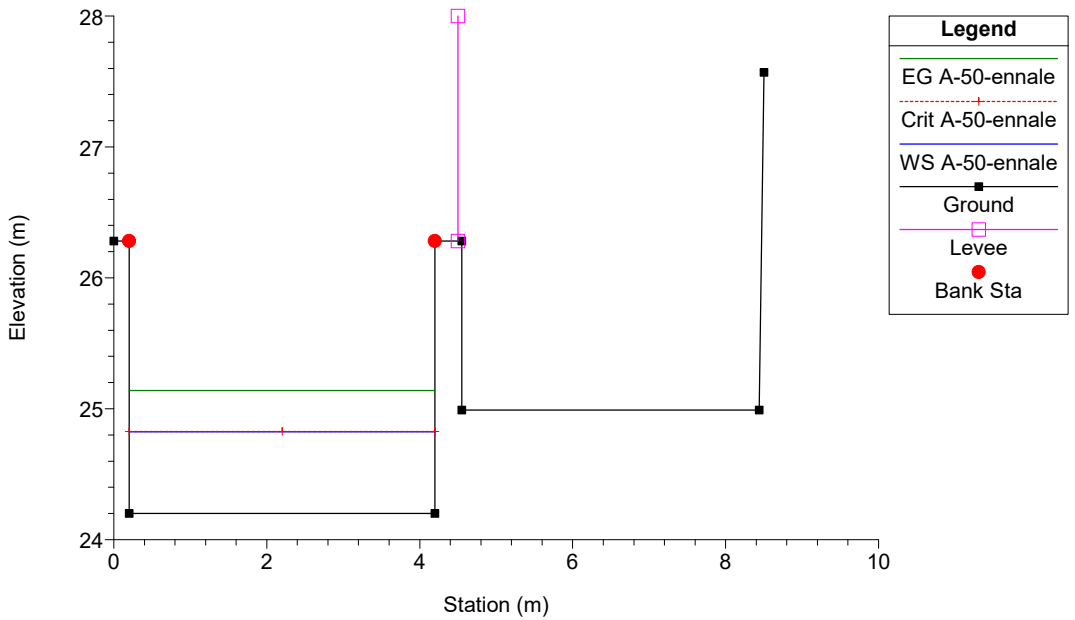
RS = 4



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

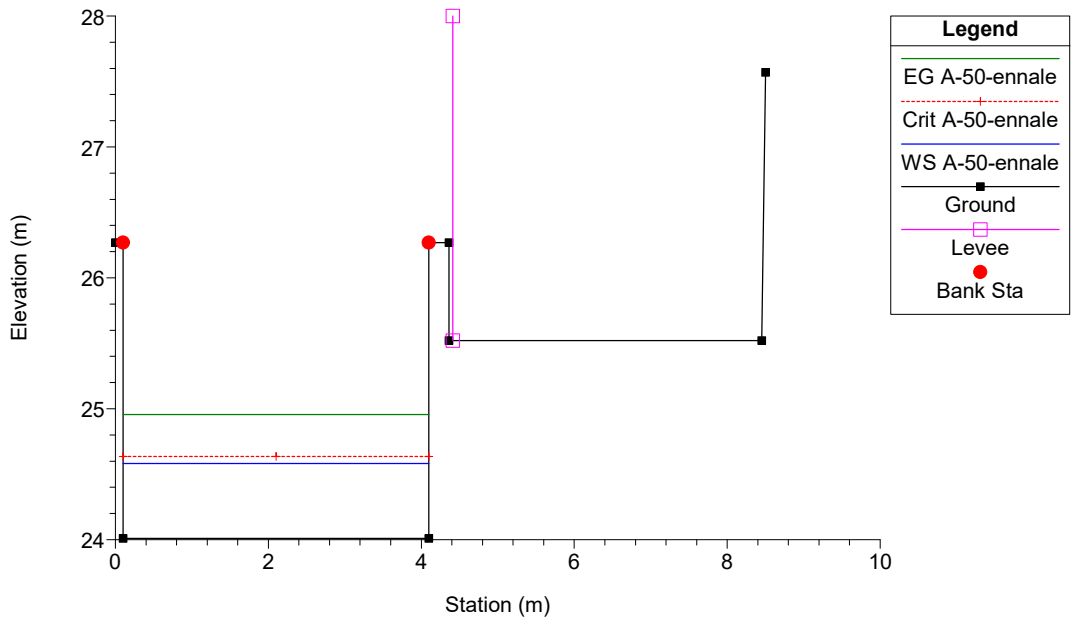
RS = 3



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

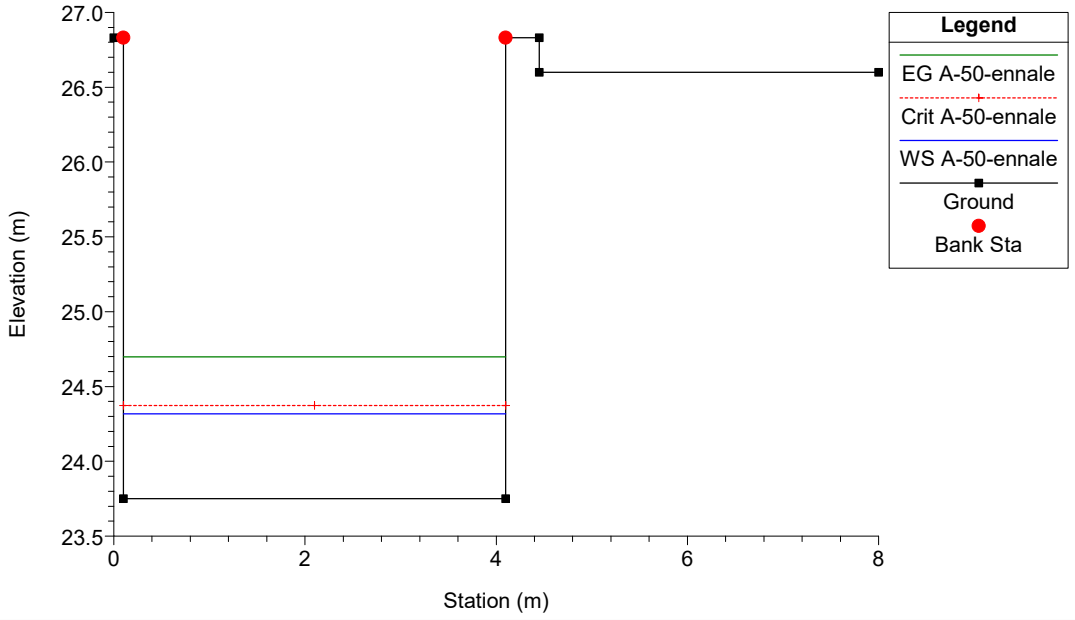
RS = 2



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

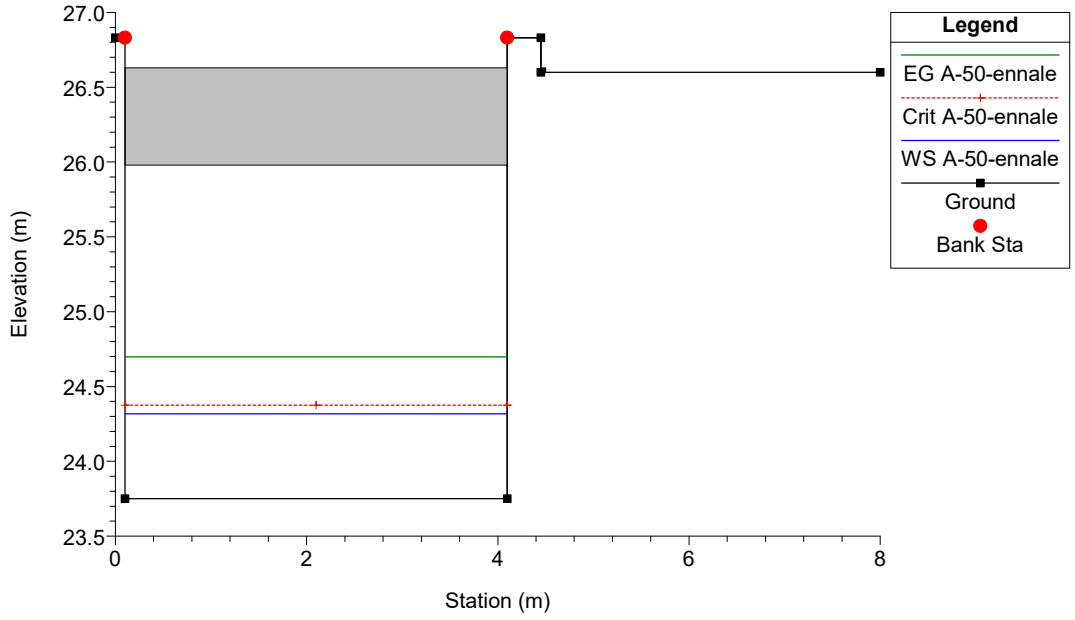
RS = 1



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

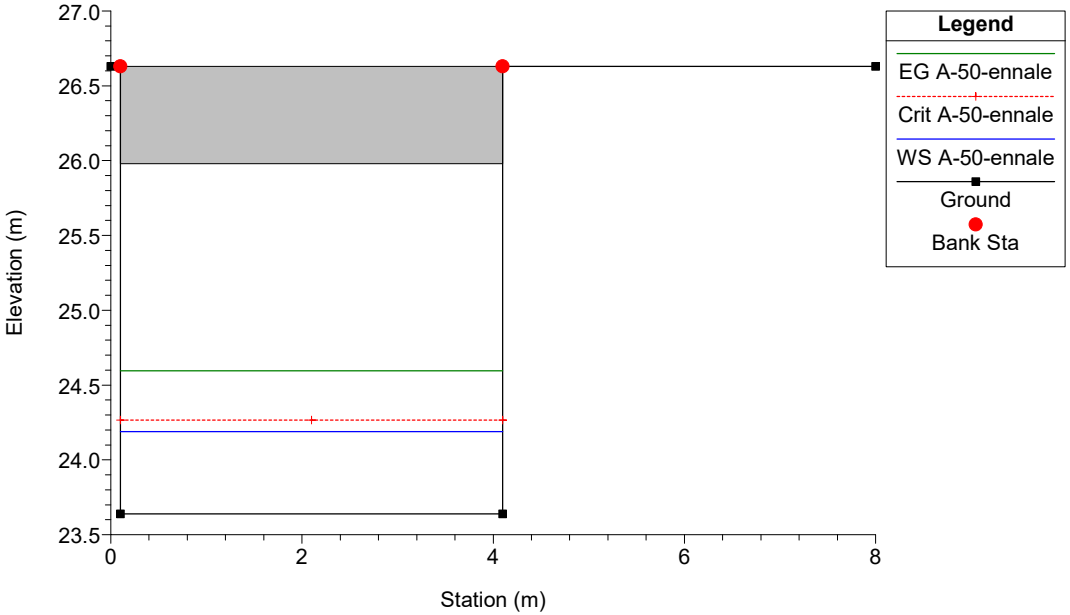
RS = 0.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

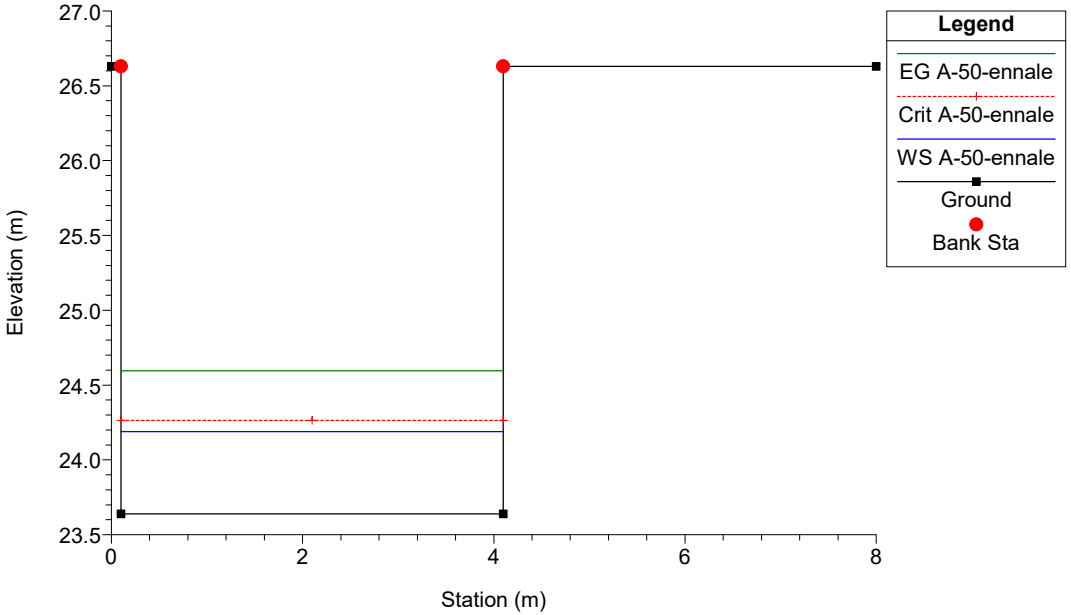
RS = 0.5 BR

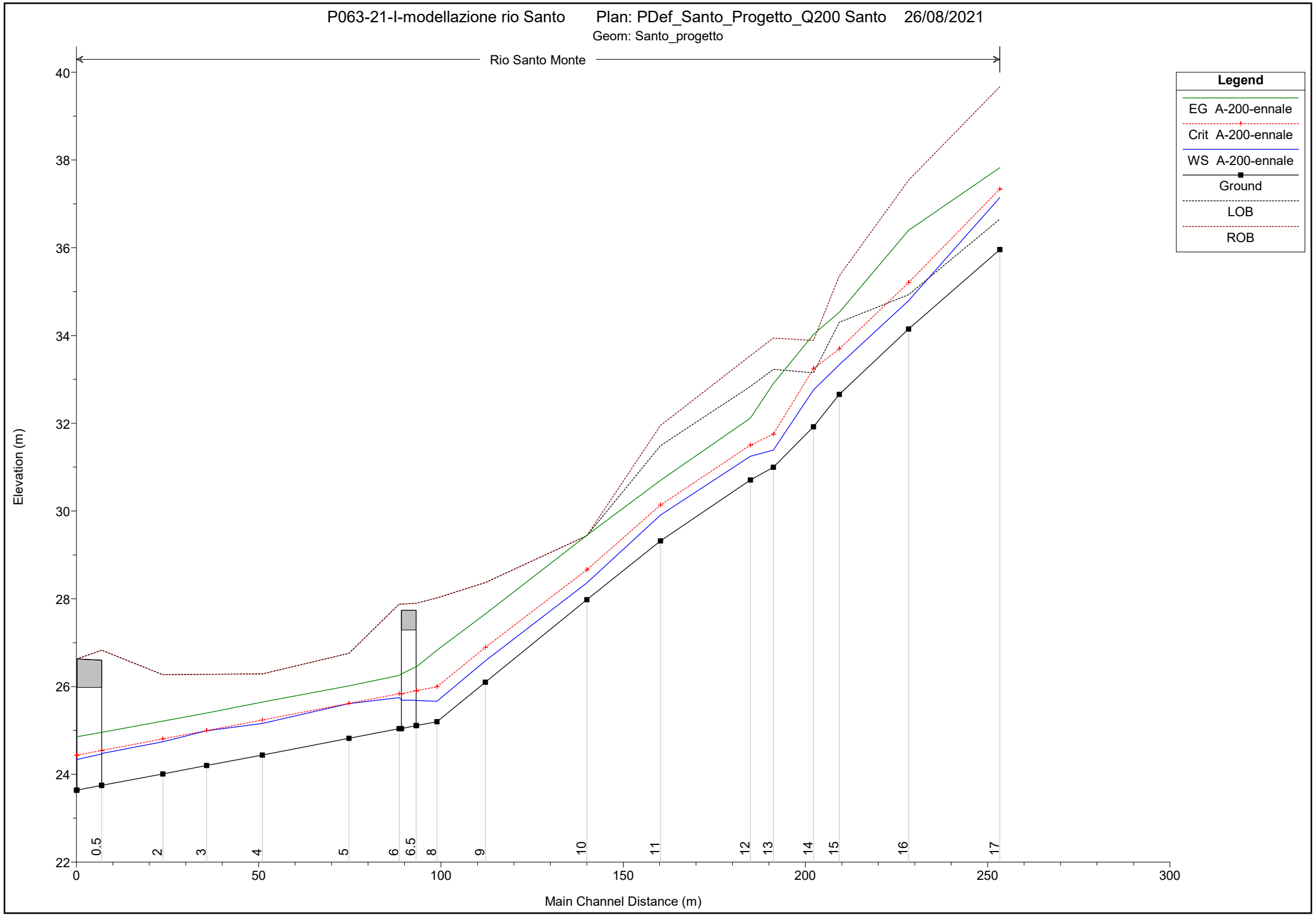


P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

RS = 0




P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021
Geom: Santo_progetto
Rio Santo Monte
Legend
EG A-200-ennale
Crit A-200-ennale
WS A-200-ennale
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
0
50
100
150
200
250
300
0.5
2
3
4
5
6
6.5
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

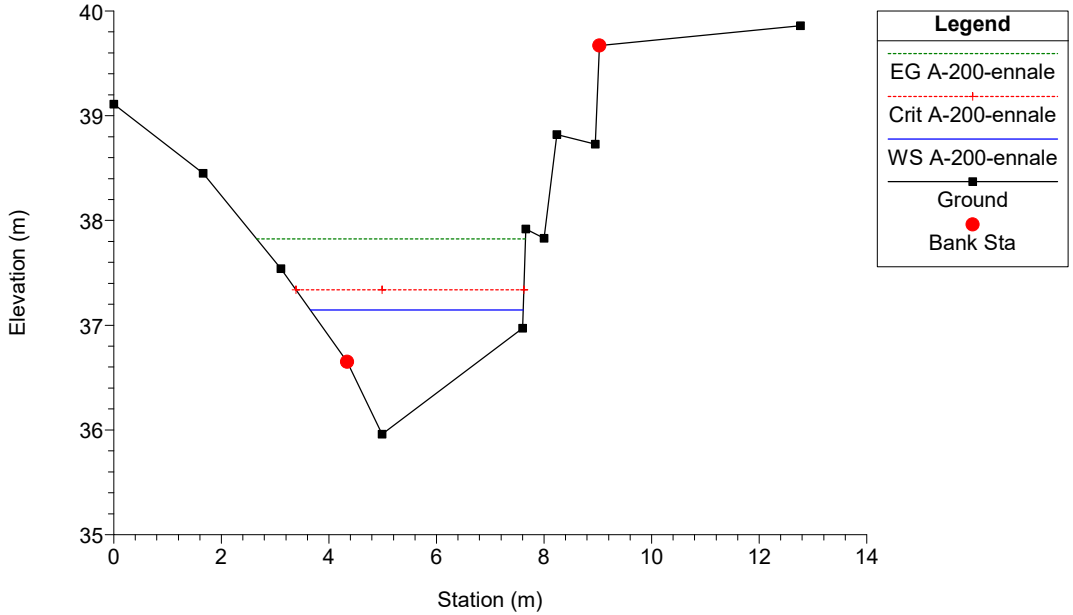
HEC-RAS Plan: PDef_Santo_Q200 Santo River: Rio Santo Reach: Monte Profile: A-200-ennale

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	A-200-ennale		8.90	35.96	36.65	39.67	37.15	0.63	37.83	3.70	2.49	3.96	1.40
Monte	16	A-200-ennale		8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.42	36.40	5.60	1.59	3.75	2.75
Monte	15	A-200-ennale		8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.84	1.84	3.43	2.11
Monte	14	A-200-ennale		8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.02	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	13	A-200-ennale		8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	12	A-200-ennale		8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	11	A-200-ennale		8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	10	A-200-ennale		8.90	27.98	29.44	29.44	28.36	0.38	29.45	4.61	1.93	5.07	2.39
Monte	9	A-200-ennale		8.90	26.10	28.37	28.37	26.59	0.49	27.65	4.57	1.95	4.00	2.09
Monte	8	A-200-ennale		8.90	25.20	28.02	28.02	25.67	0.47	26.83	4.78	1.86	4.00	2.23
Monte	7	A-200-ennale		8.90	25.11	27.90	27.90	25.68	0.57	26.45	3.88	2.29	4.00	1.64
Monte	6.5		Bridge											
Monte	6	A-200-ennale		8.90	25.04	27.88	27.88	25.75	0.71	26.25	3.15	2.82	4.00	1.20
Monte	5	A-200-ennale		8.90	24.82	26.76	26.76	25.61	0.79	26.01	2.81	3.16	4.00	1.01
Monte	4	A-200-ennale		8.90	24.44	26.29	26.29	25.16	0.72	25.65	3.09	2.88	4.00	1.16
Monte	3	A-200-ennale		8.90	24.20	26.28	26.28	24.99	0.79	25.39	2.80	3.18	4.00	1.00
Monte	2	A-200-ennale		8.90	24.01	26.27	26.27	24.74	0.73	25.21	3.04	2.93	4.00	1.13
Monte	1	A-200-ennale		8.90	23.75	26.83	26.83	24.47	0.72	24.96	3.08	2.89	4.00	1.16
Monte	0.5		Bridge											
Monte	0	A-200-ennale		8.90	23.64	26.63	26.63	24.34	0.70	24.86	3.18	2.80	4.00	1.21

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

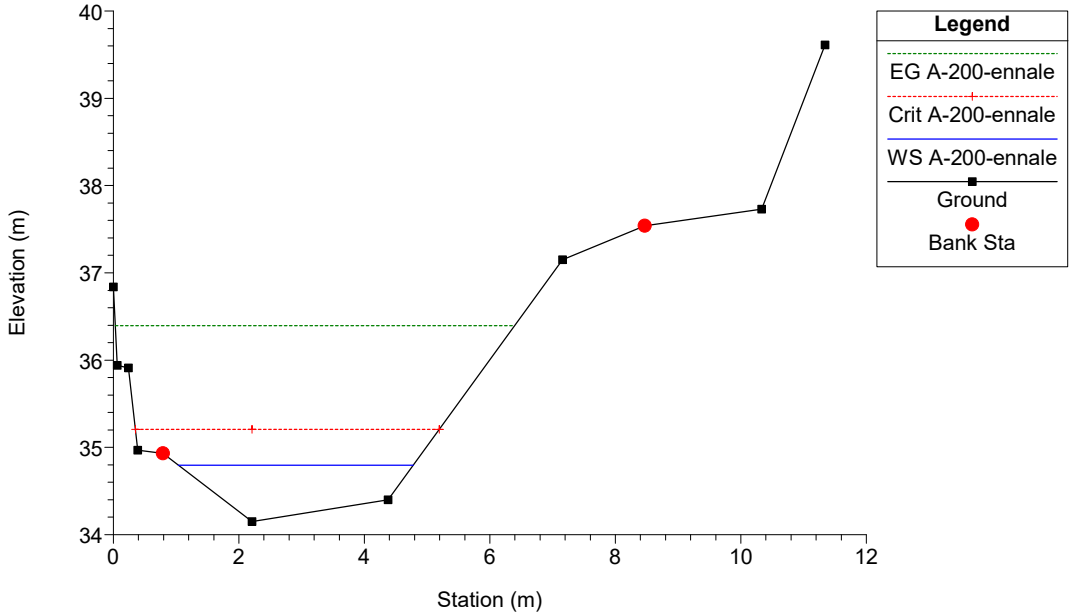
RS = 17



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

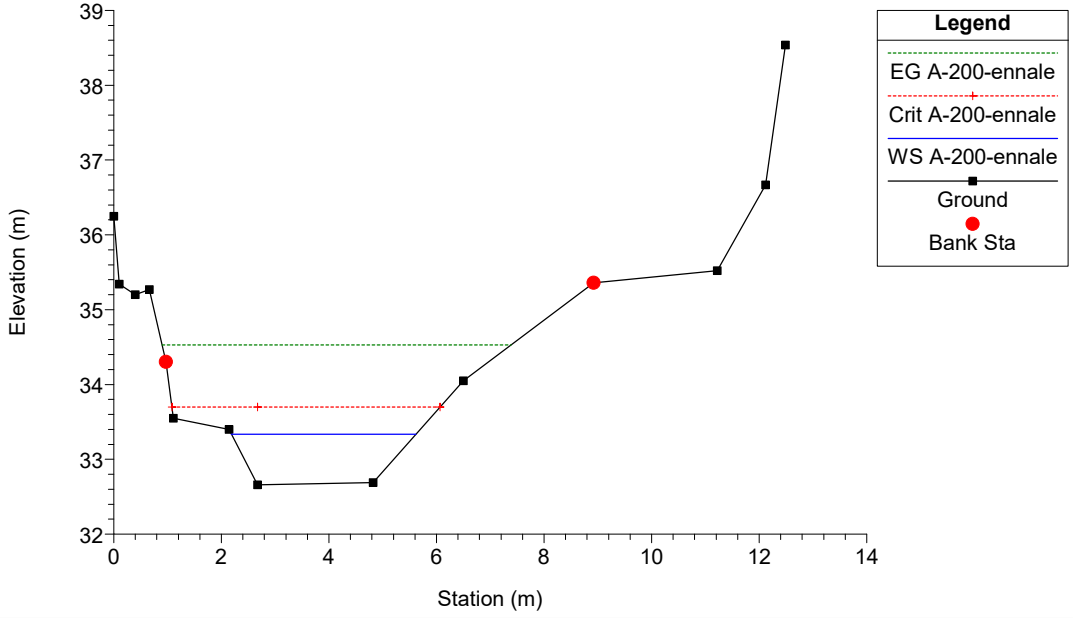
RS = 16



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

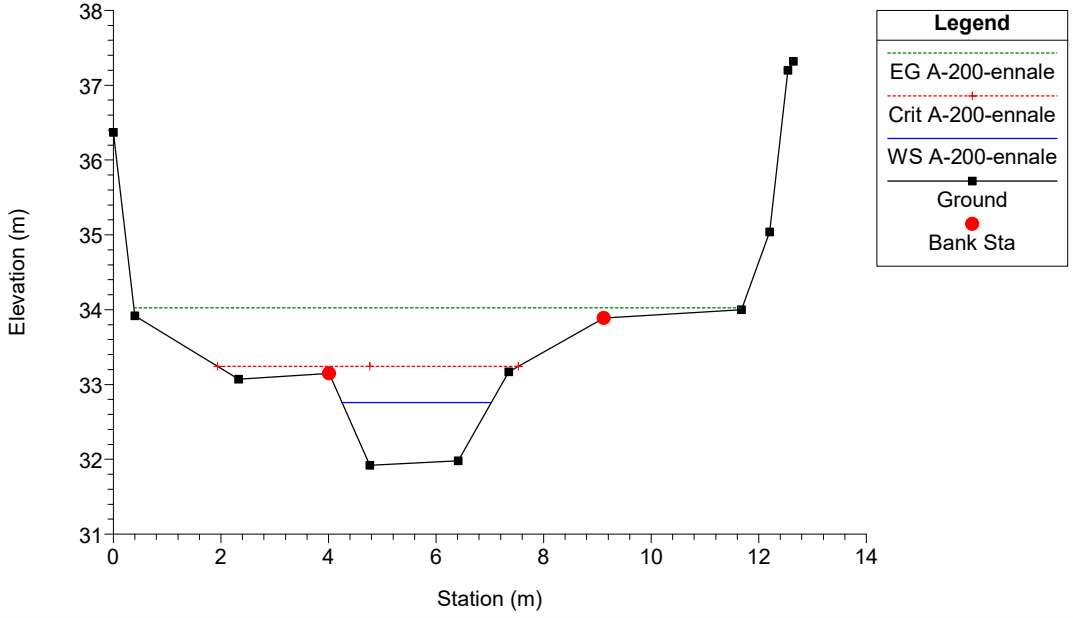
RS = 15



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

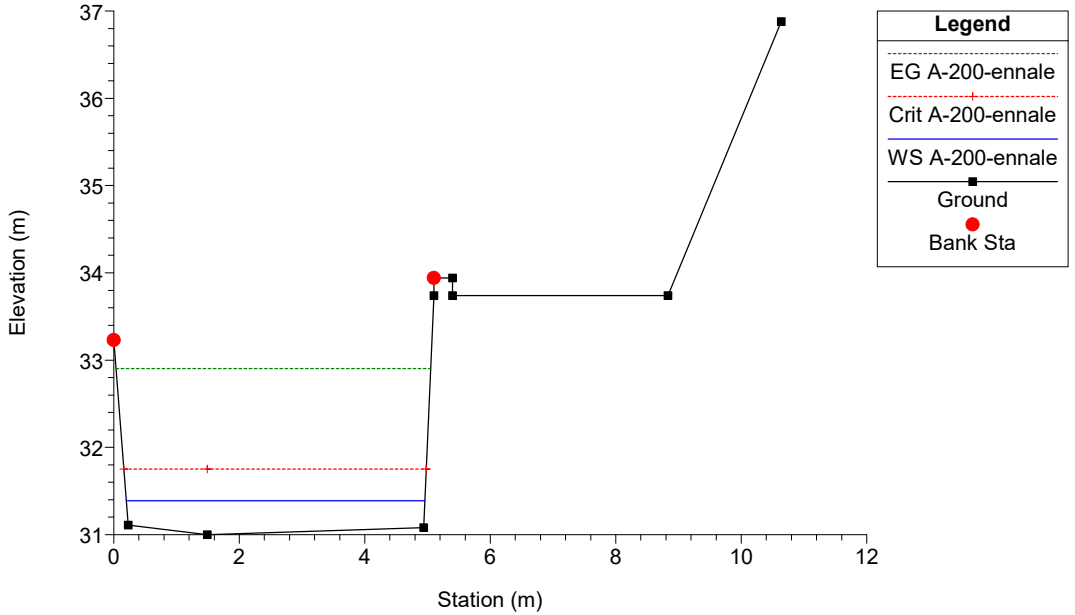
RS = 14



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

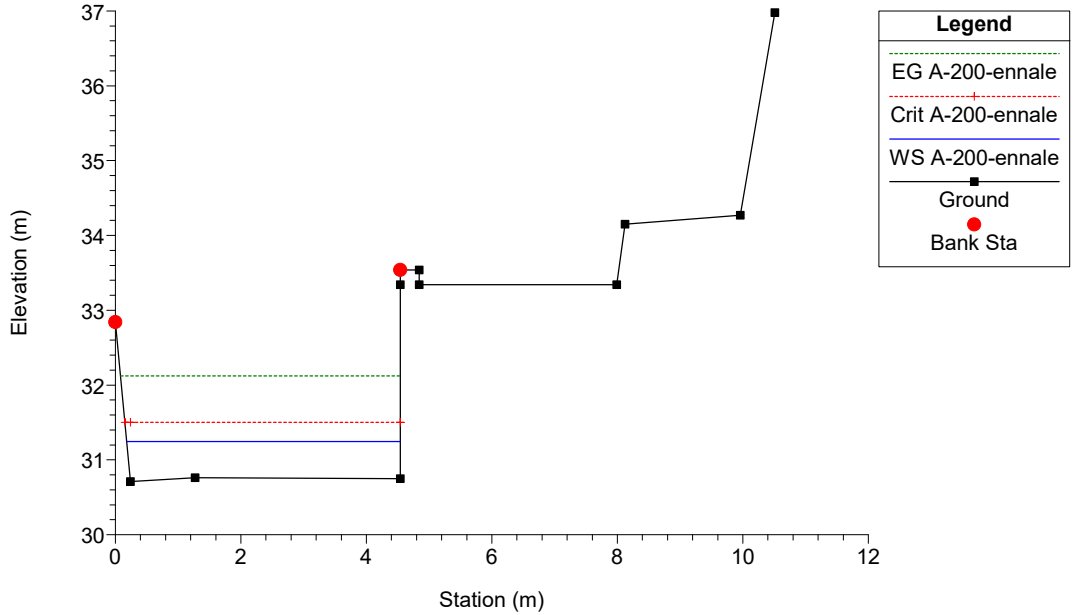
RS = 13



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

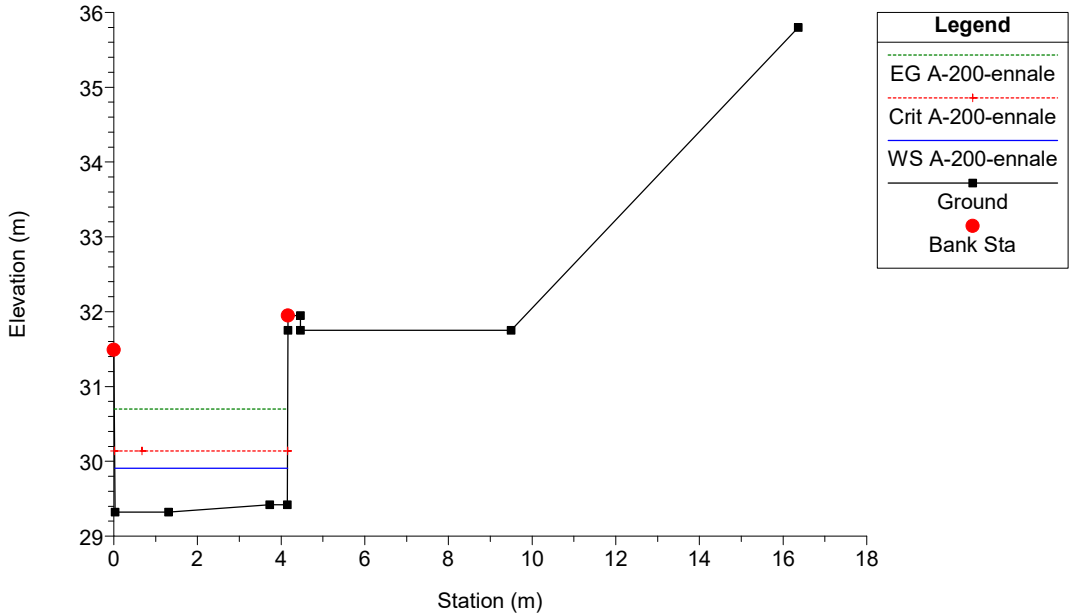
RS = 12



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

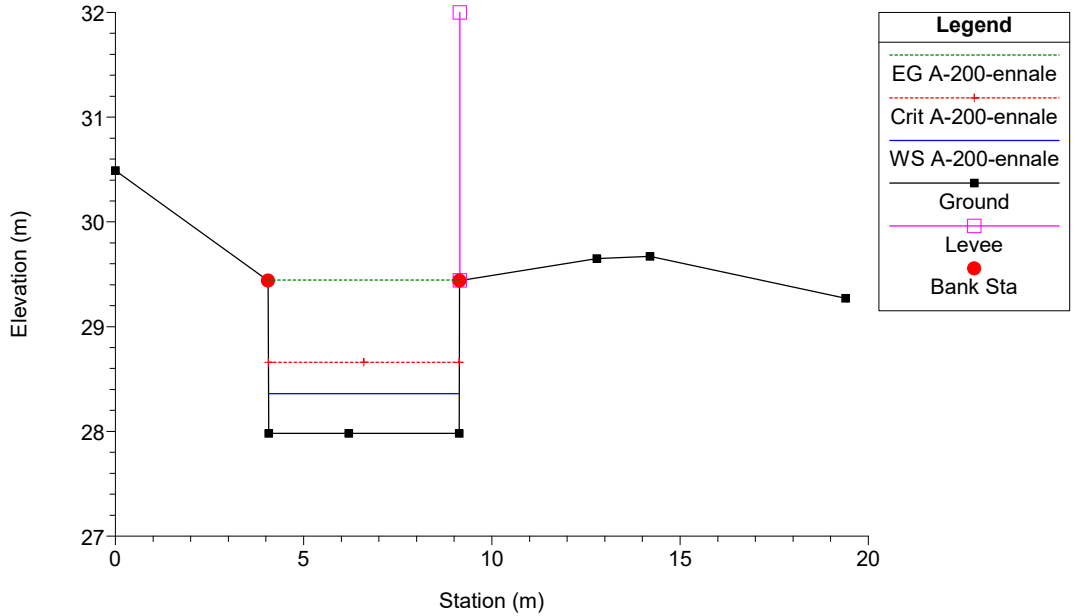
RS = 11



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

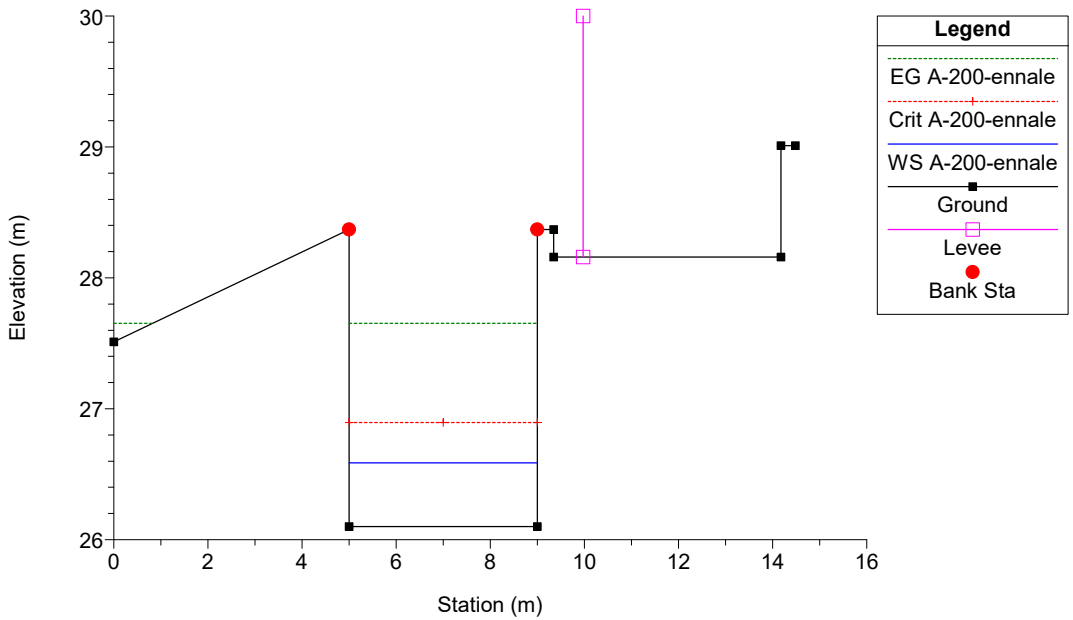
RS = 10



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

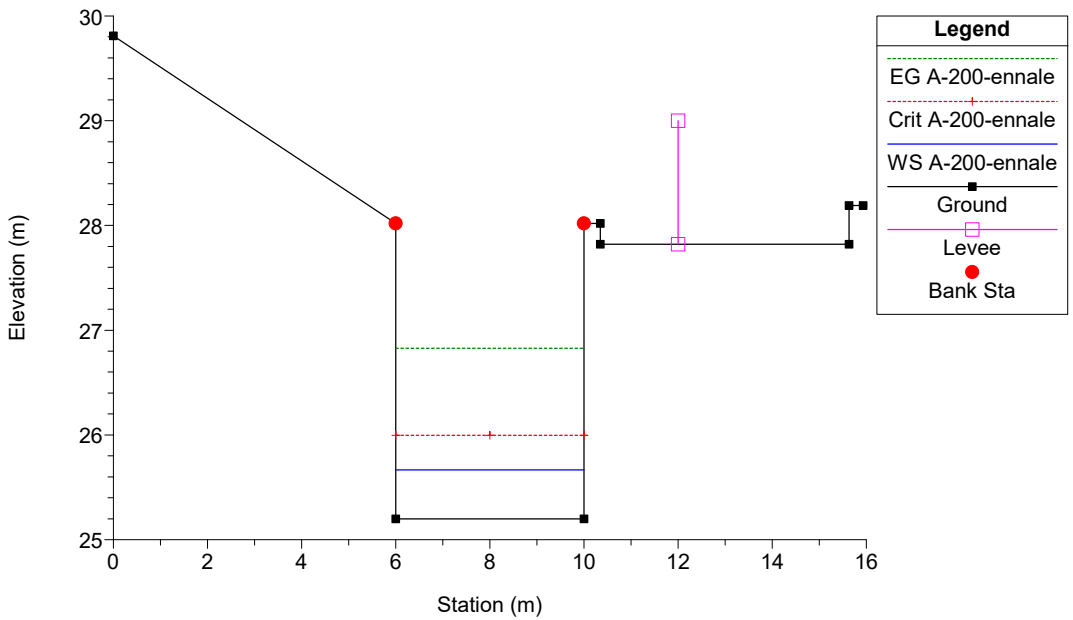
RS = 9



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

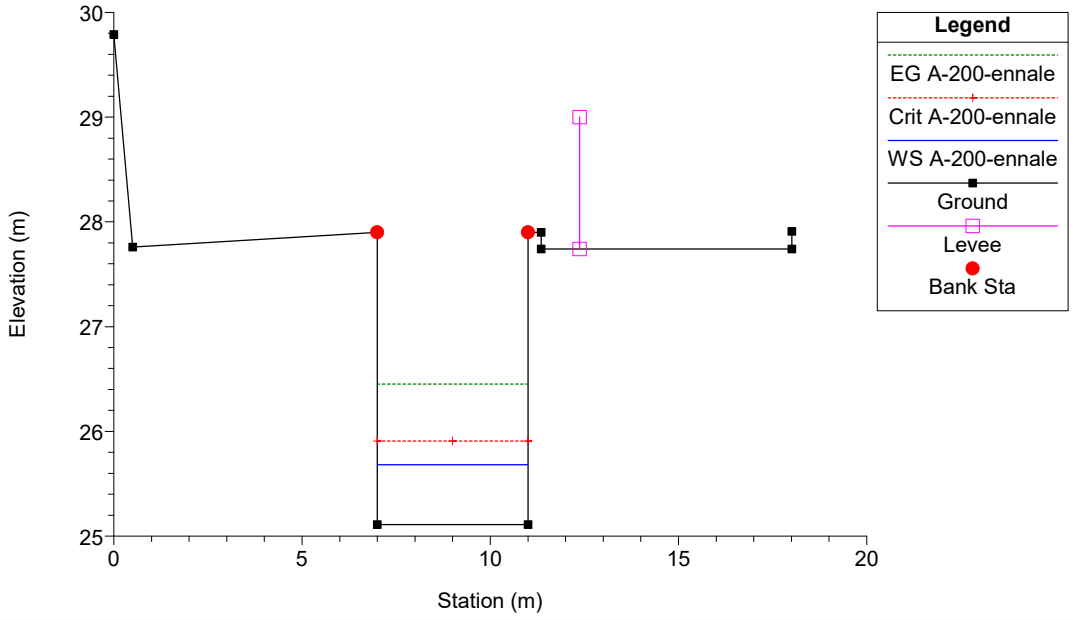
RS = 8



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

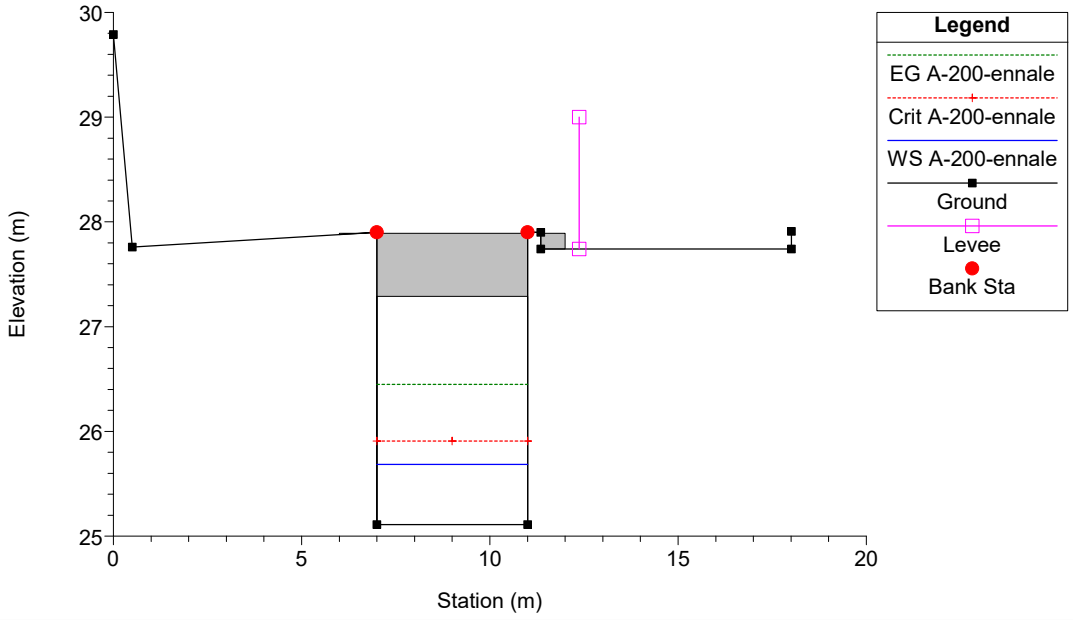
RS = 7



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

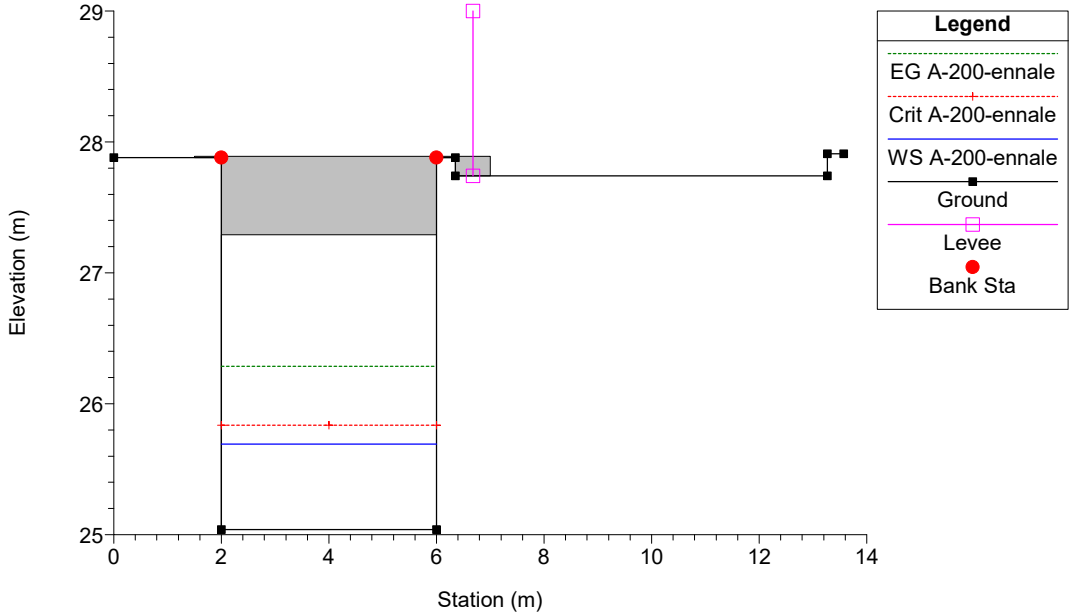
RS = 6.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

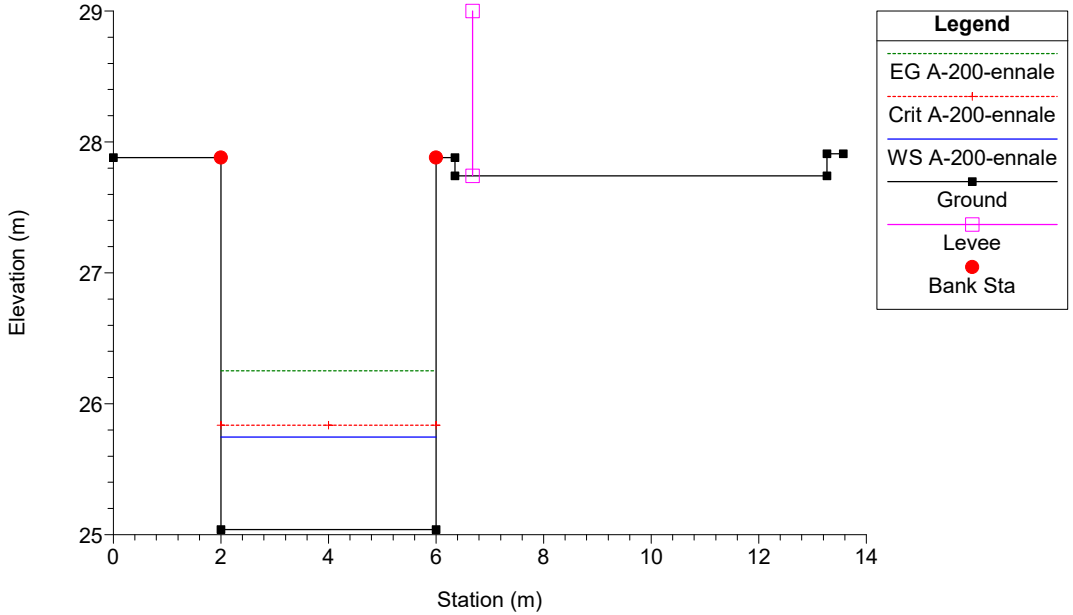
RS = 6.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

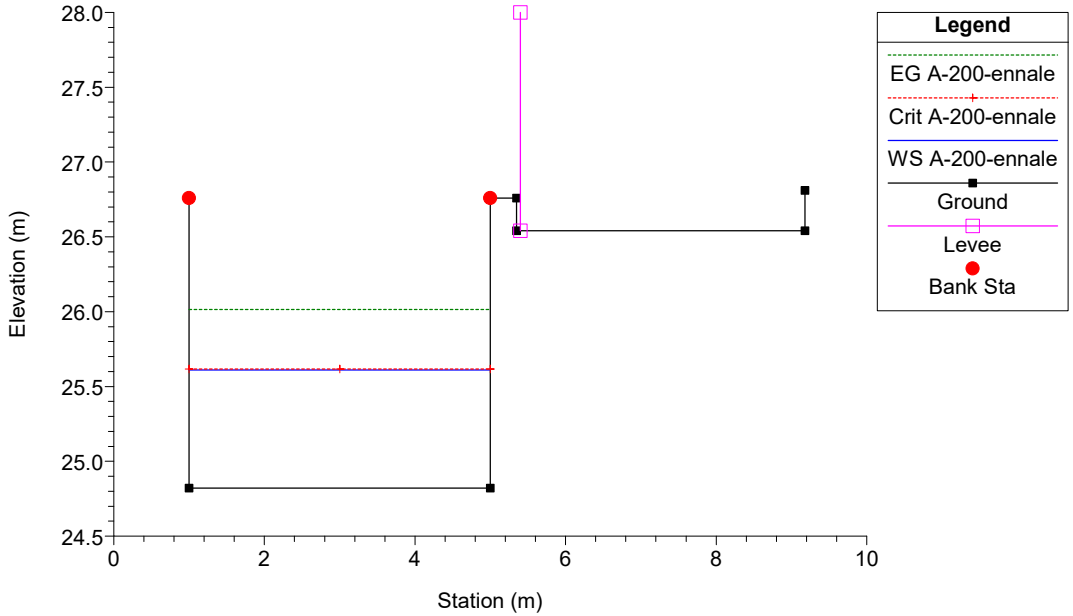
RS = 6



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

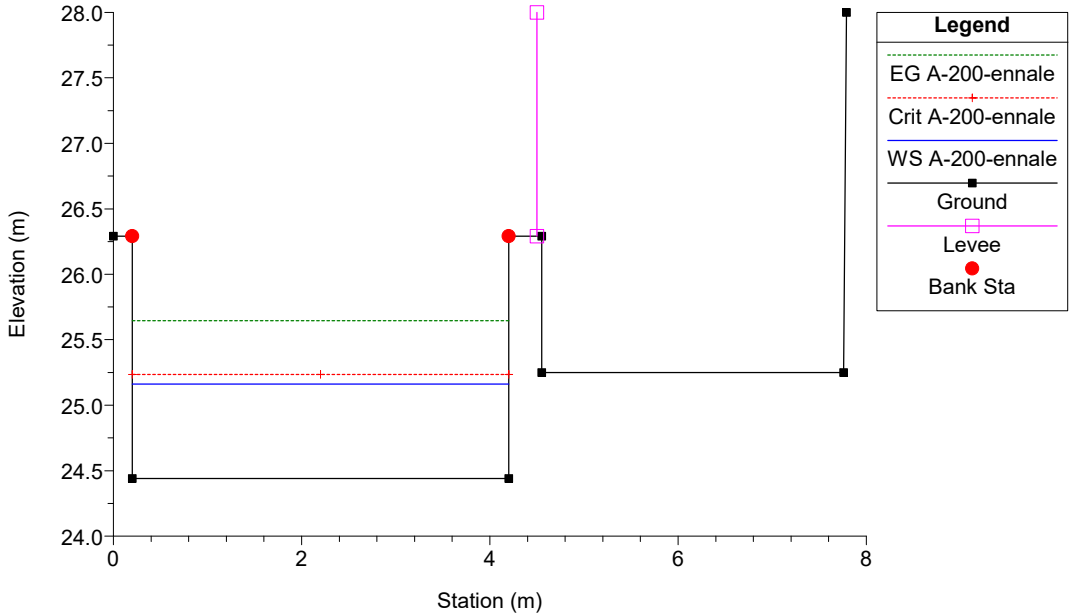
RS = 5



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

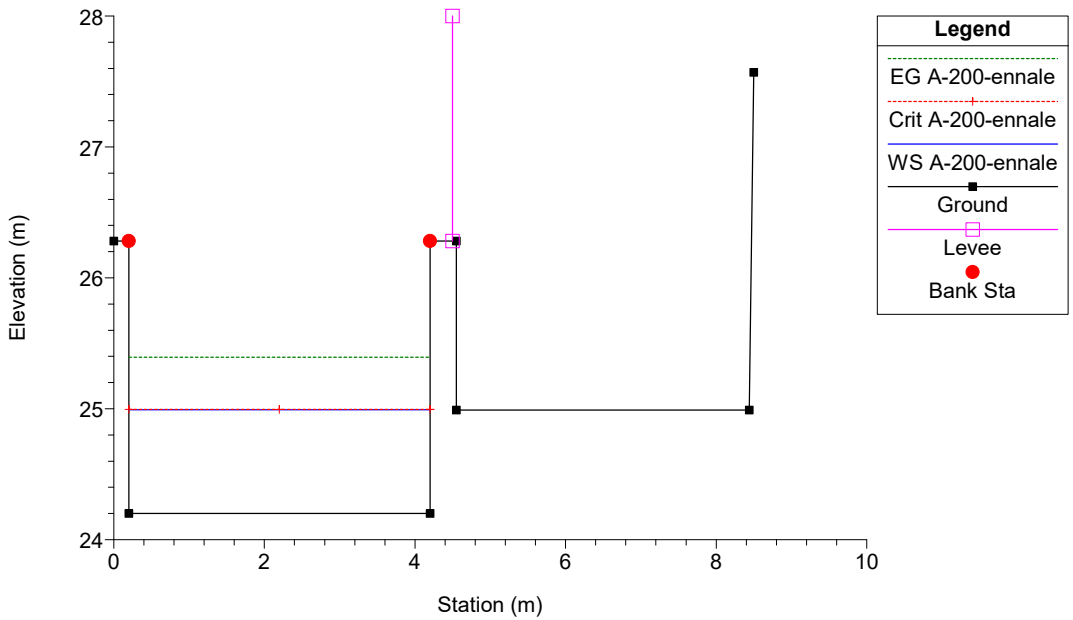
RS = 4



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

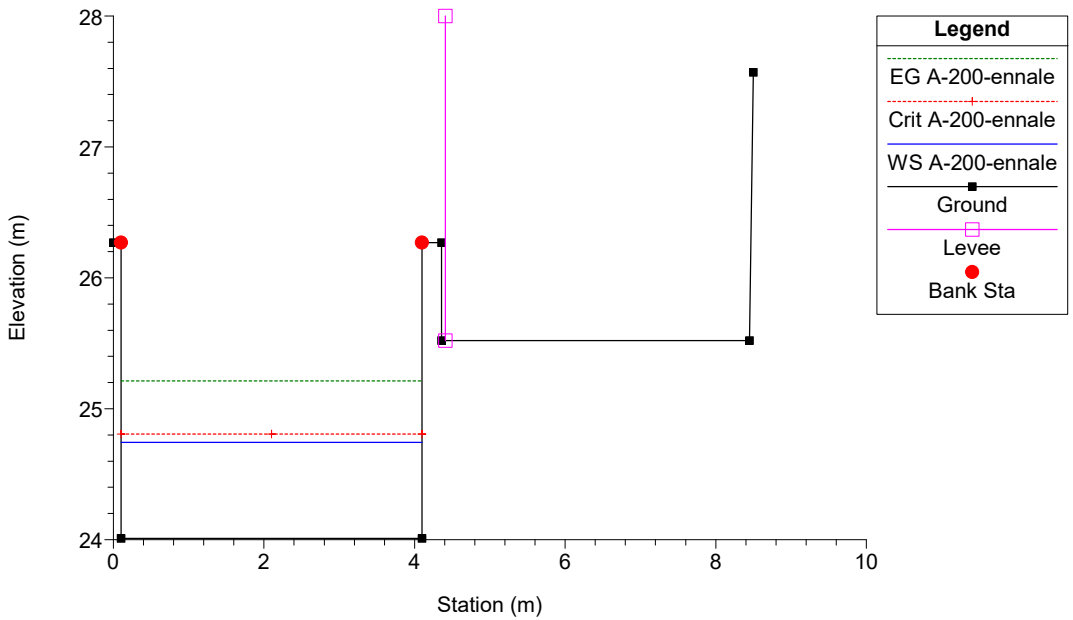
RS = 3



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

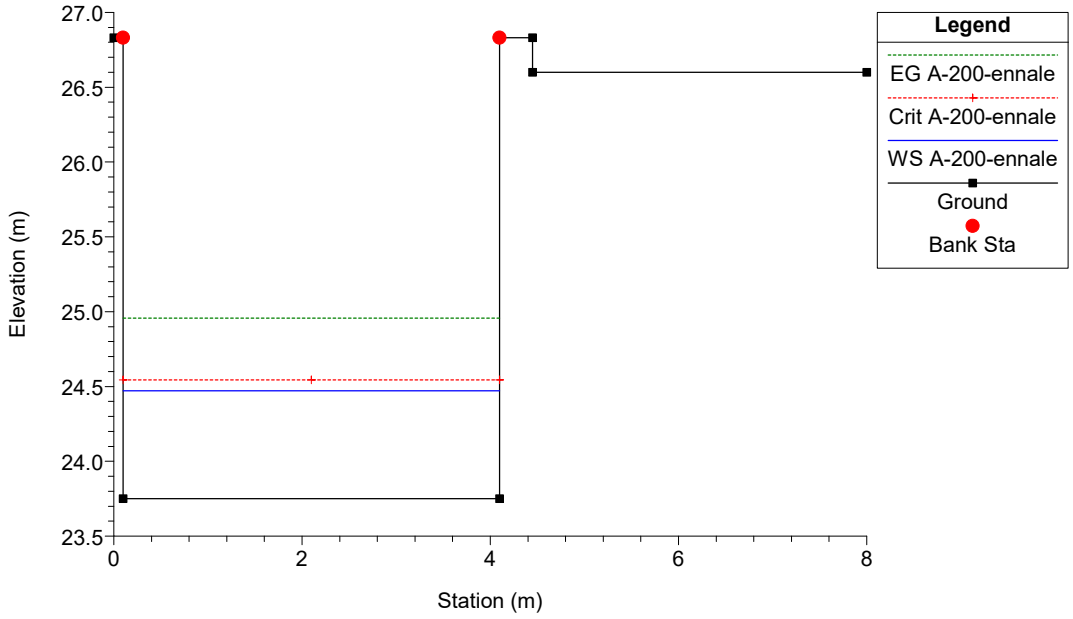
RS = 2



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

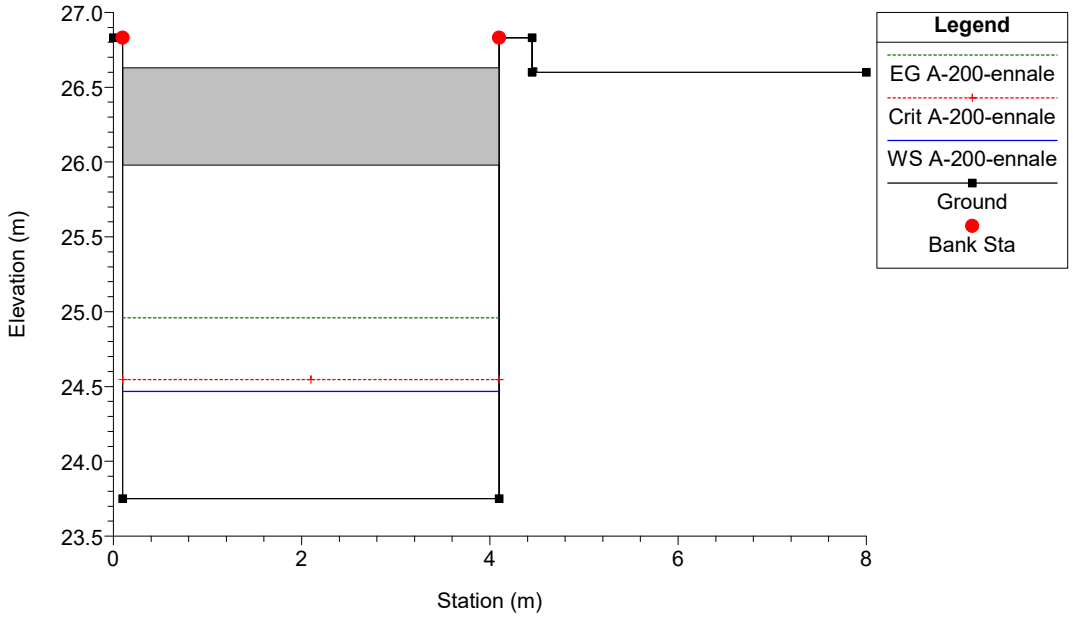
RS = 1



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

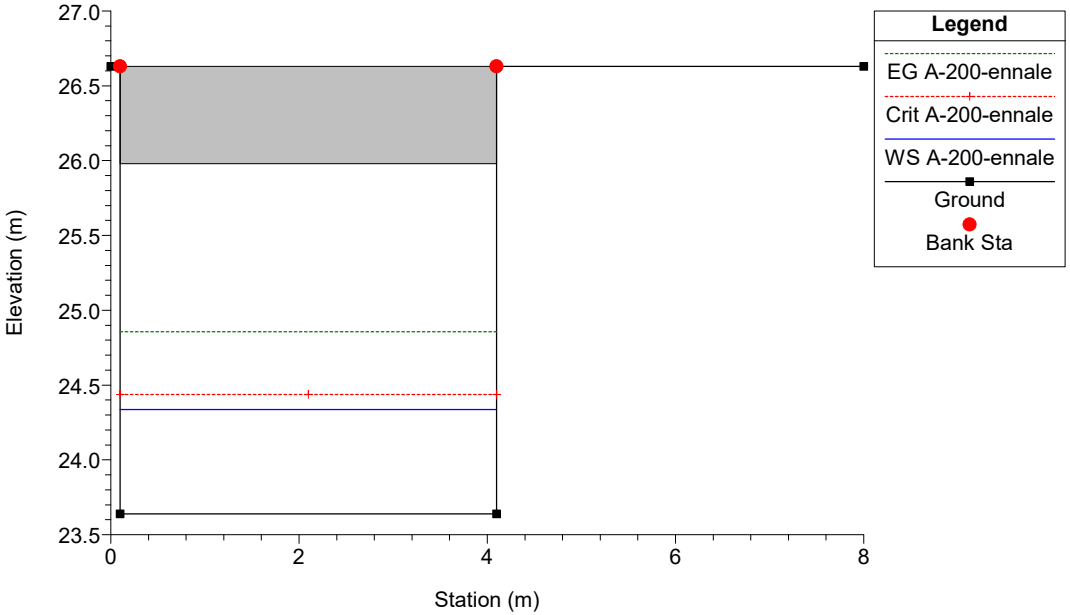
RS = 0.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

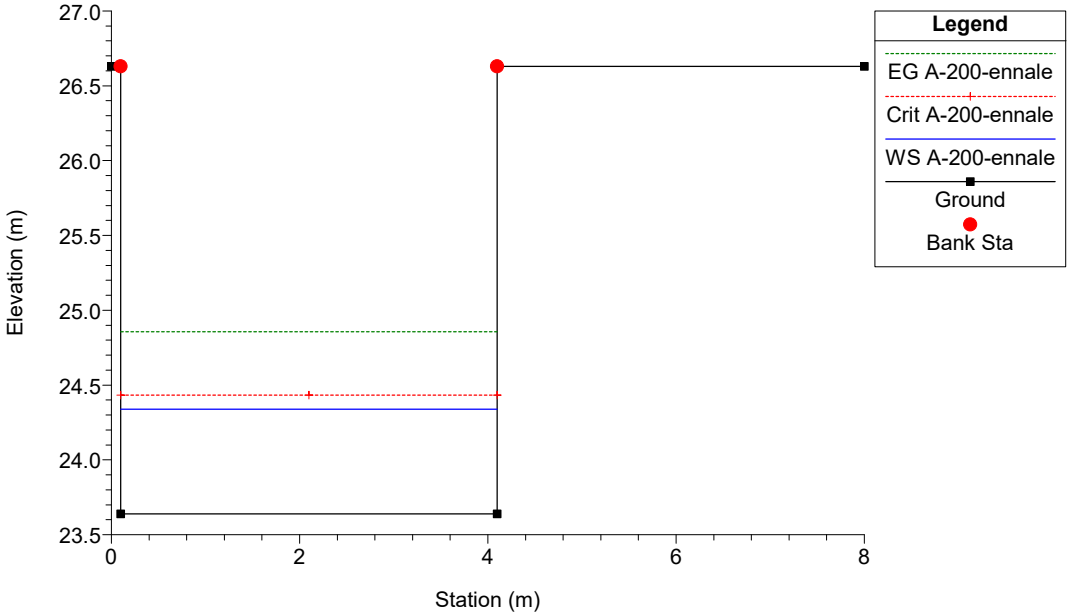
RS = 0.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_Progetto_Q200 Santo 26/08/2021

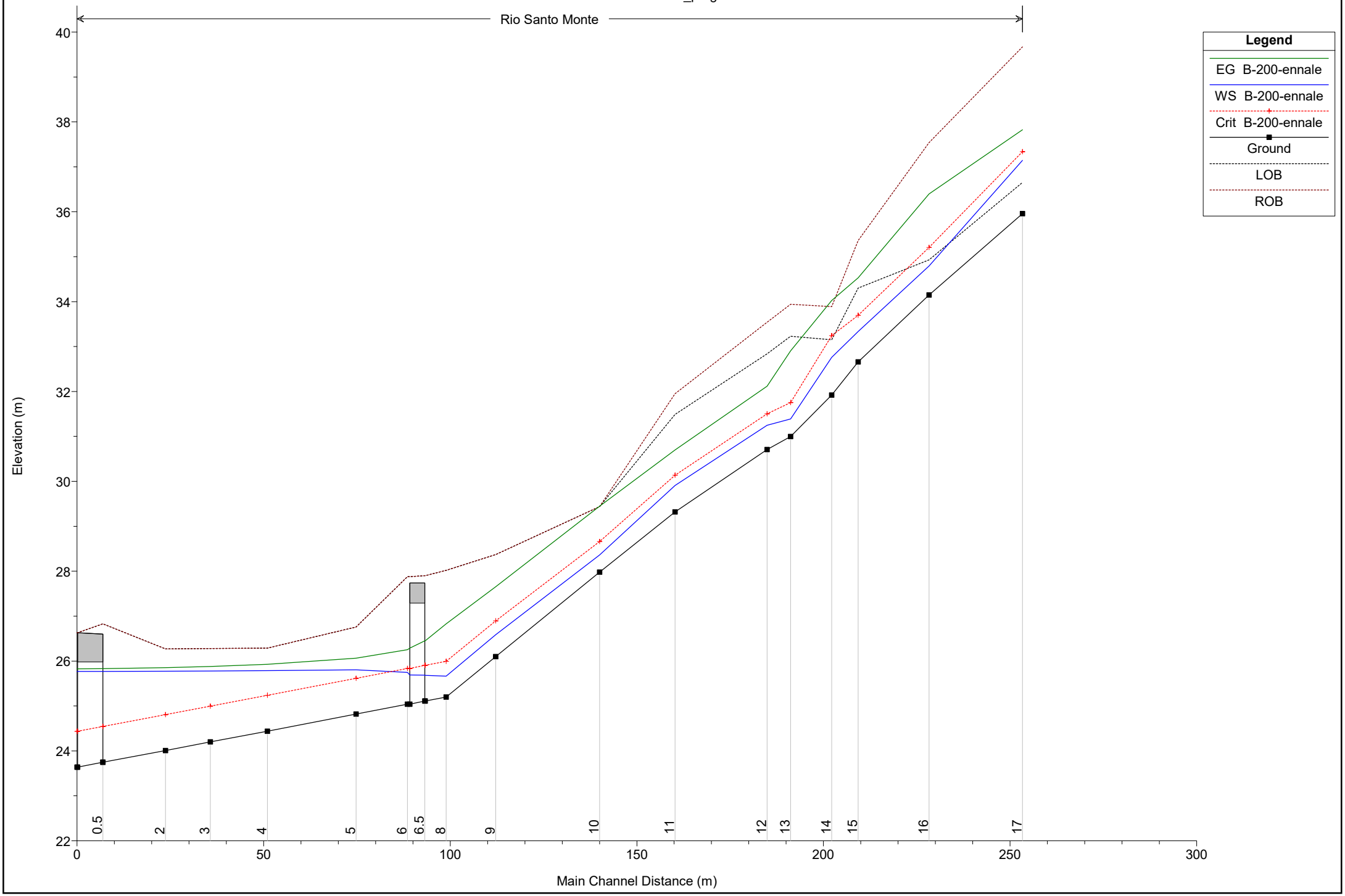
Geom: Santo_progetto

RS = 0



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto



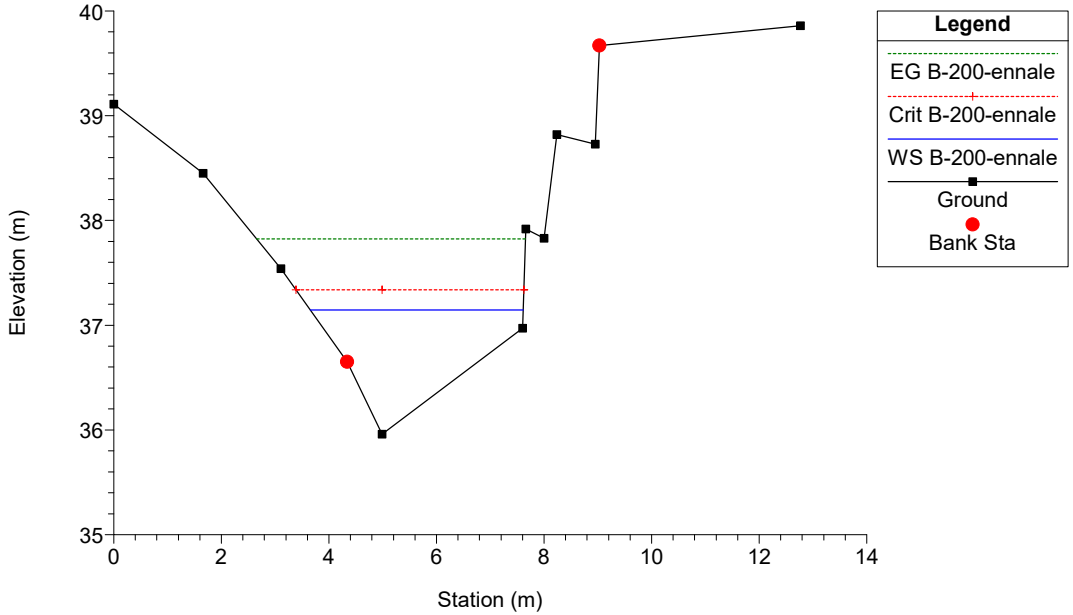
HEC-RAS Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 River: Rio Santo Reach: Monte Profile: B-200-ennale

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	B-200-ennale	248.65	8.90	35.96	36.65	39.67	37.15	0.63	37.83	3.70	2.49	3.96	1.40
Monte	16	B-200-ennale	223.65	8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.42	36.40	5.60	1.59	3.75	2.75
Monte	15	B-200-ennale	204.65	8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.84	1.84	3.43	2.11
Monte	14	B-200-ennale	197.55	8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.02	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	13	B-200-ennale	186.55	8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	12	B-200-ennale	180.25	8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	11	B-200-ennale	155.58	8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	10	B-200-ennale	135.37	8.90	27.98	29.44	29.44	28.36	0.38	29.45	4.61	1.93	5.07	2.39
Monte	9	B-200-ennale	107.54	8.90	26.10	28.37	28.37	26.59	0.49	27.65	4.57	1.95	4.00	2.09
Monte	8	B-200-ennale	94.22	8.90	25.20	28.02	28.02	25.67	0.47	26.83	4.78	1.86	4.00	2.23
Monte	7	B-200-ennale	88.62	8.90	25.11	27.90	27.90	25.68	0.57	26.45	3.88	2.29	4.00	1.64
Monte	6.5		Bridge											
Monte	6	B-200-ennale	88.52	8.90	25.04	27.88	27.88	25.75	0.71	26.25	3.15	2.82	4.00	1.20
Monte	5	B-200-ennale	74.80	8.90	24.82	26.76	26.76	25.80	0.98	26.06	2.26	3.93	4.00	0.73
Monte	4	B-200-ennale	50.99	8.90	24.44	26.29	26.29	25.79	1.35	25.93	1.65	5.39	4.00	0.45
Monte	3	B-200-ennale	35.74	8.90	24.20	26.28	26.28	25.78	1.58	25.88	1.41	6.31	4.00	0.36
Monte	2	B-200-ennale	23.73	8.90	24.01	26.27	26.27	25.77	1.74	25.85	1.26	7.07	4.05	0.30
Monte	1	B-200-ennale	6.95	8.90	23.75	26.83	26.83	25.77	2.02	25.83	1.10	8.08	4.00	0.25
Monte	0.5		Bridge											
Monte	0	B-200-ennale		8.90	23.64	26.63	26.63	25.77	2.13	25.83	1.04	8.52	4.00	0.23

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

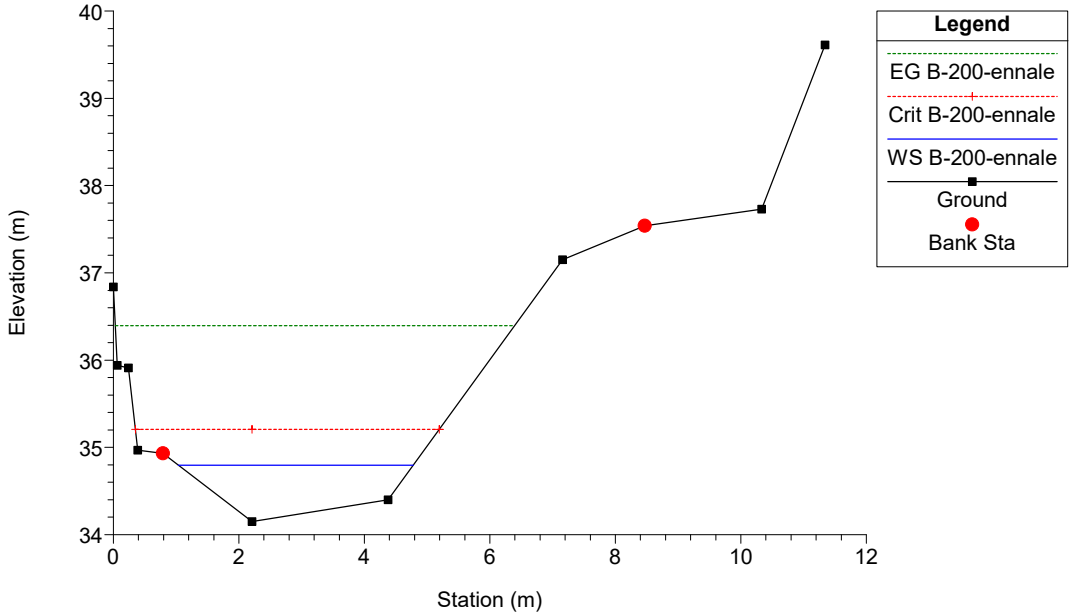
RS = 17



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

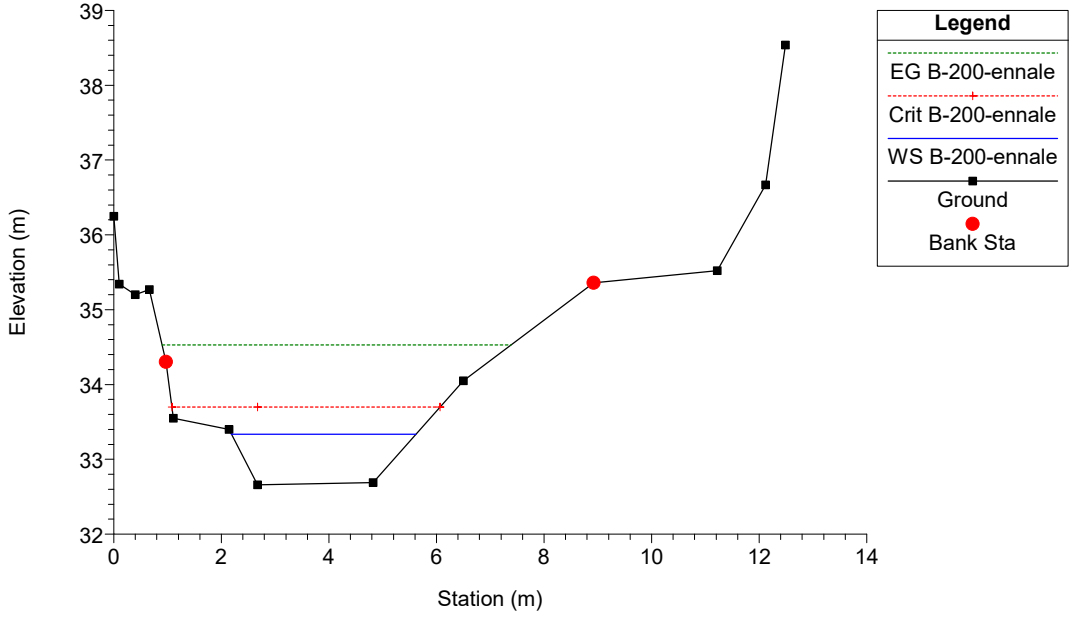
RS = 16



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

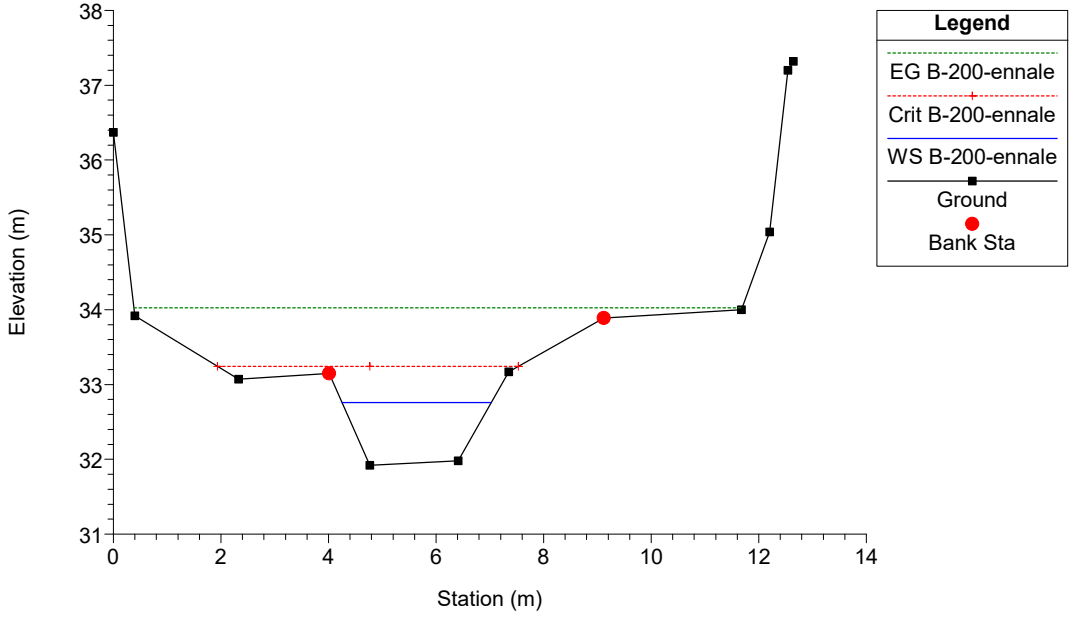
RS = 15



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

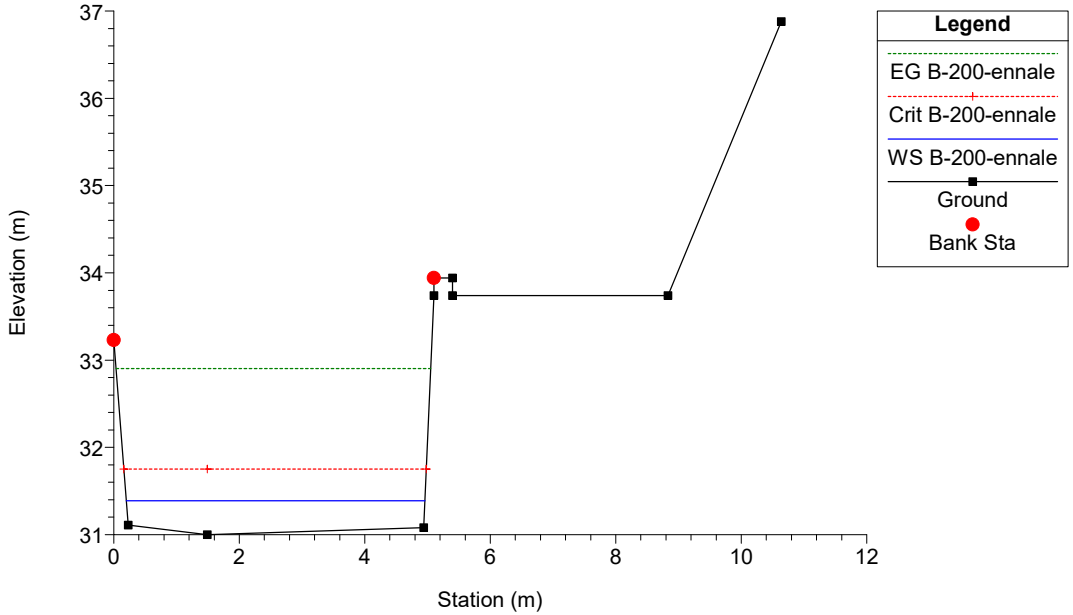
RS = 14



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

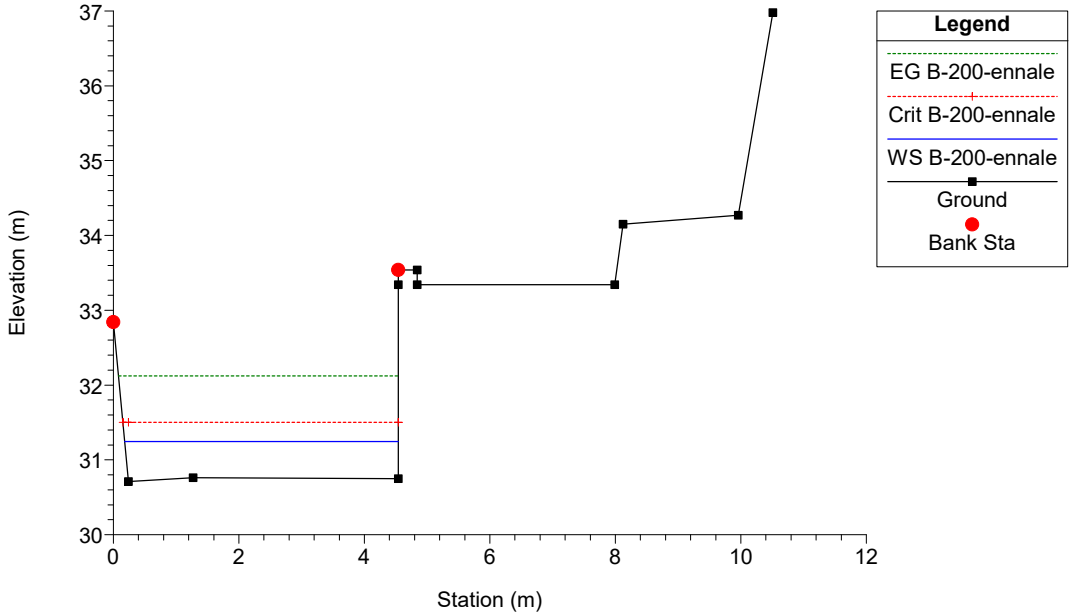
RS = 13



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

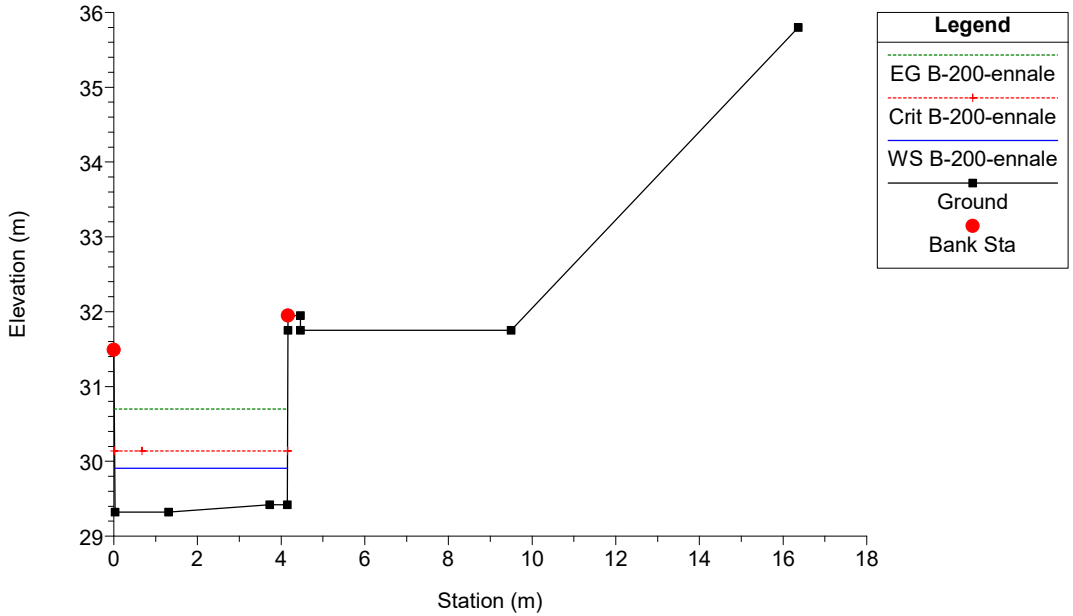
RS = 12



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

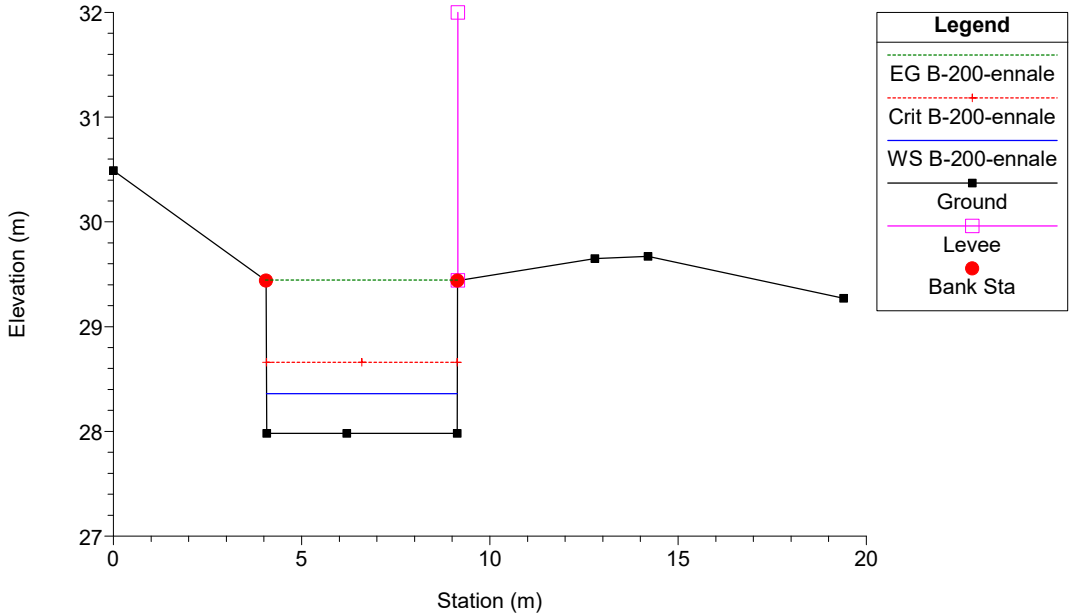
RS = 11



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

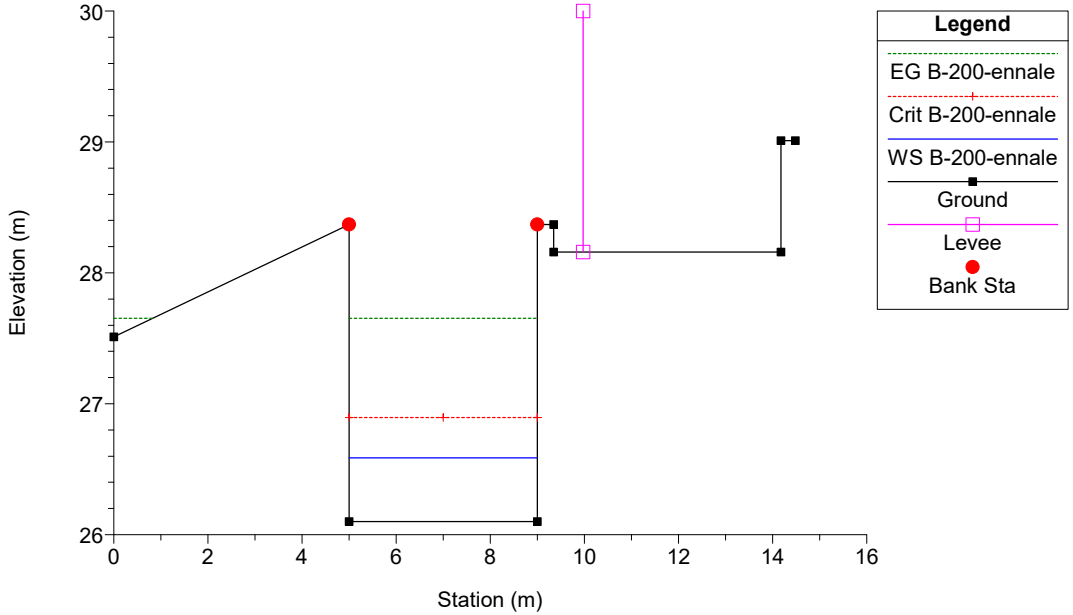
RS = 10



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

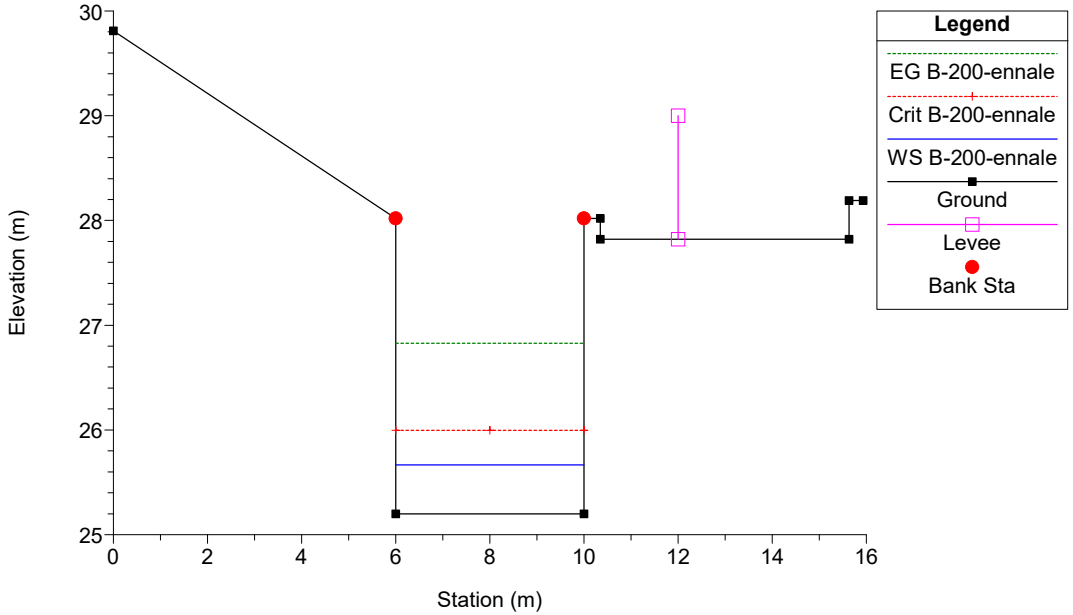
RS = 9



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

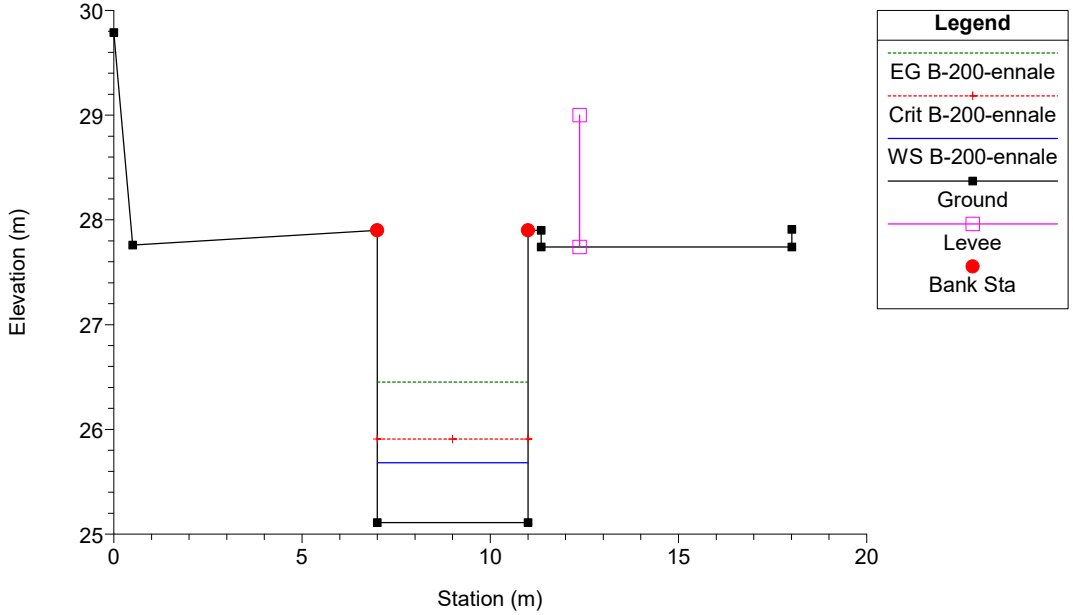
RS = 8



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

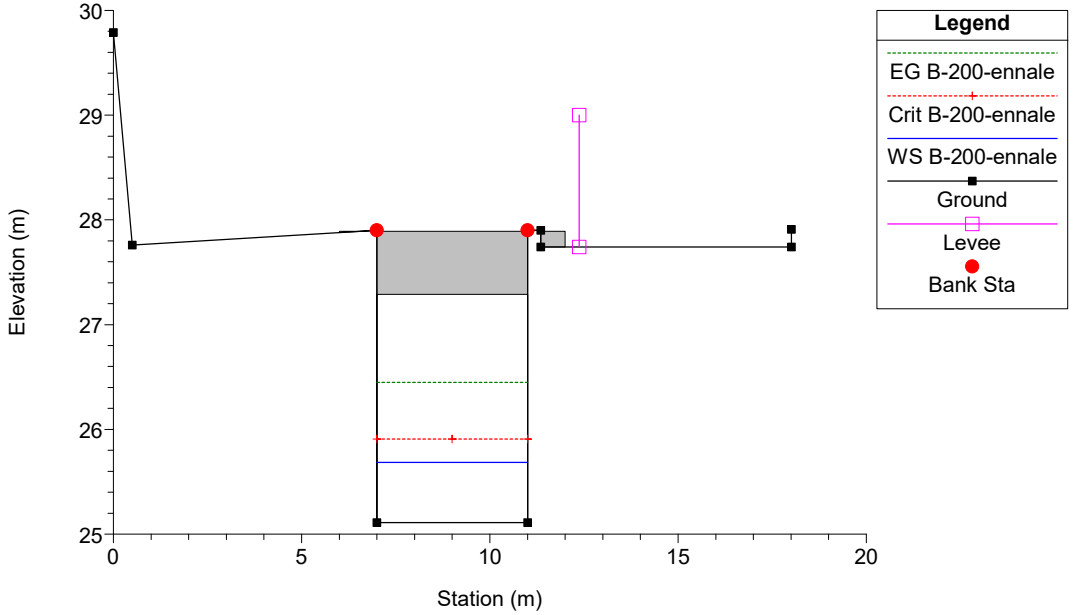
RS = 7



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

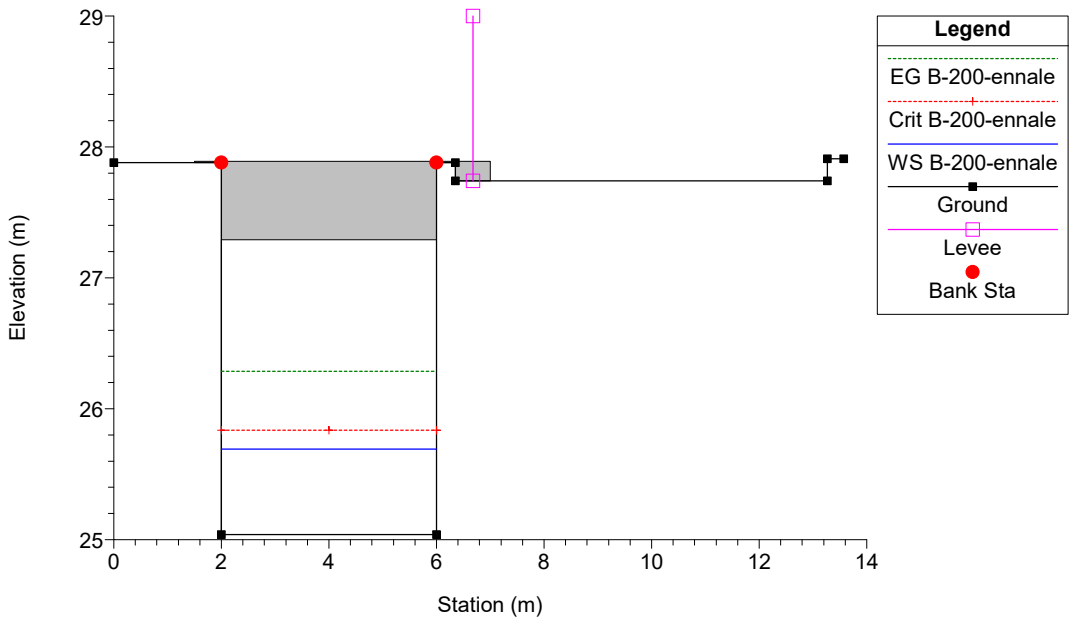
RS = 6.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

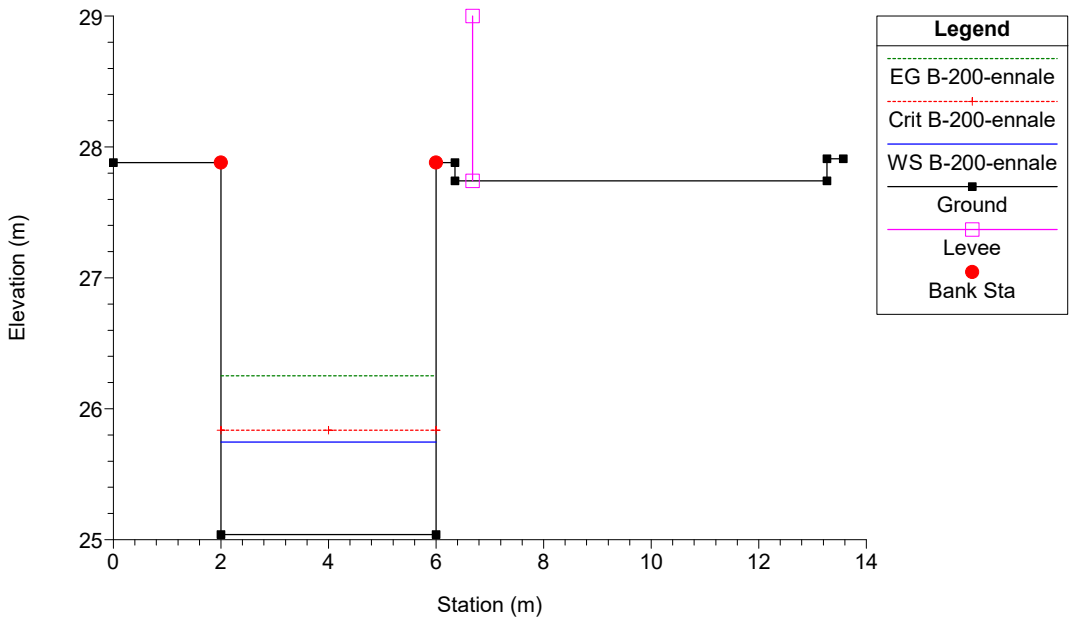
RS = 6.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

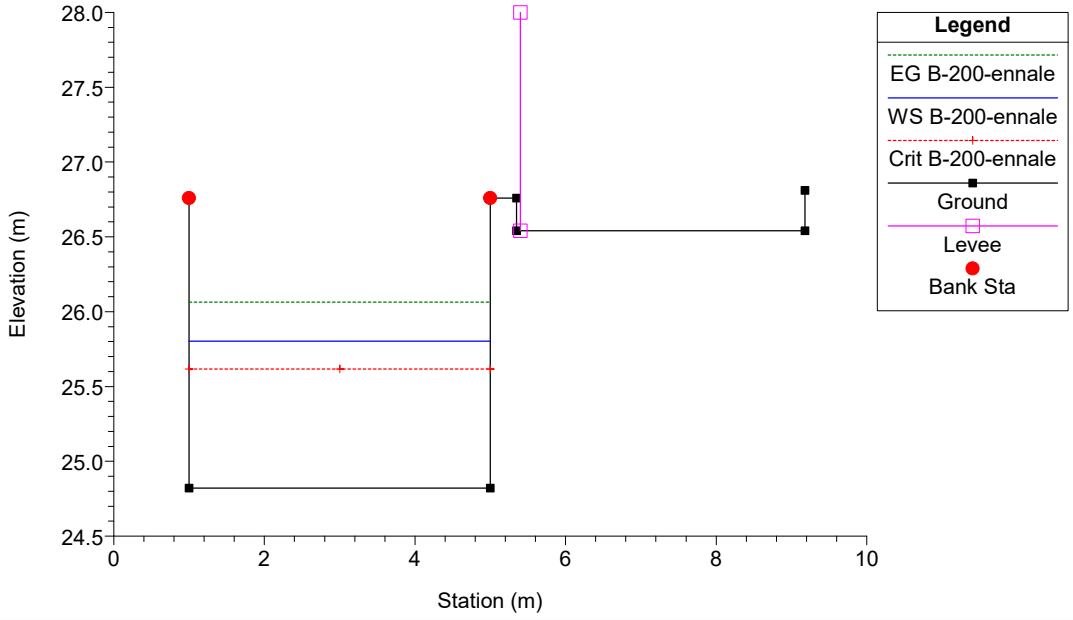
RS = 6



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

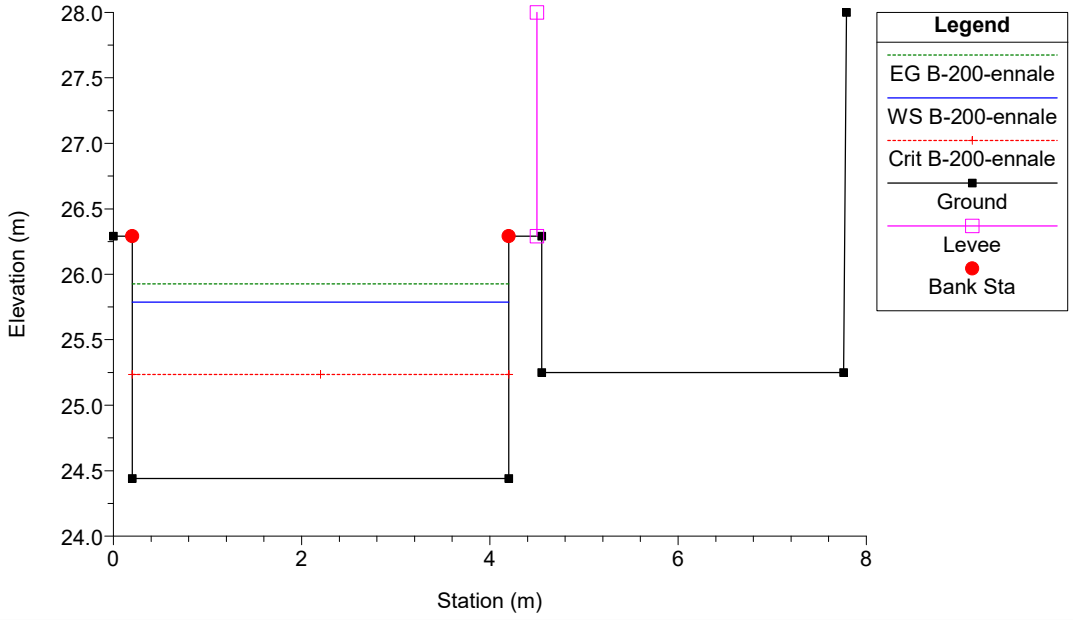
RS = 5



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

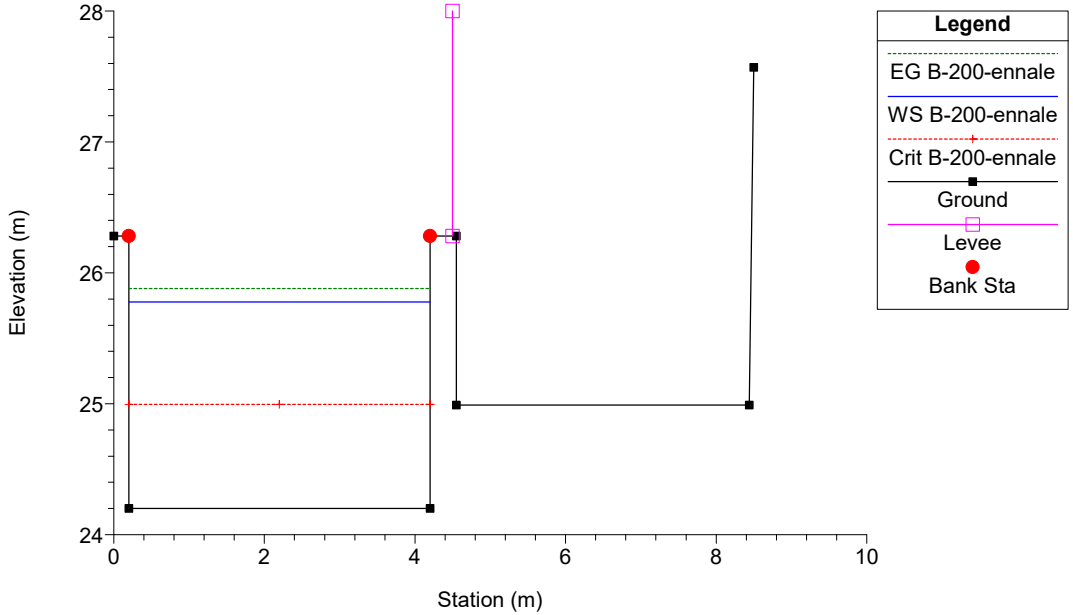
RS = 4



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

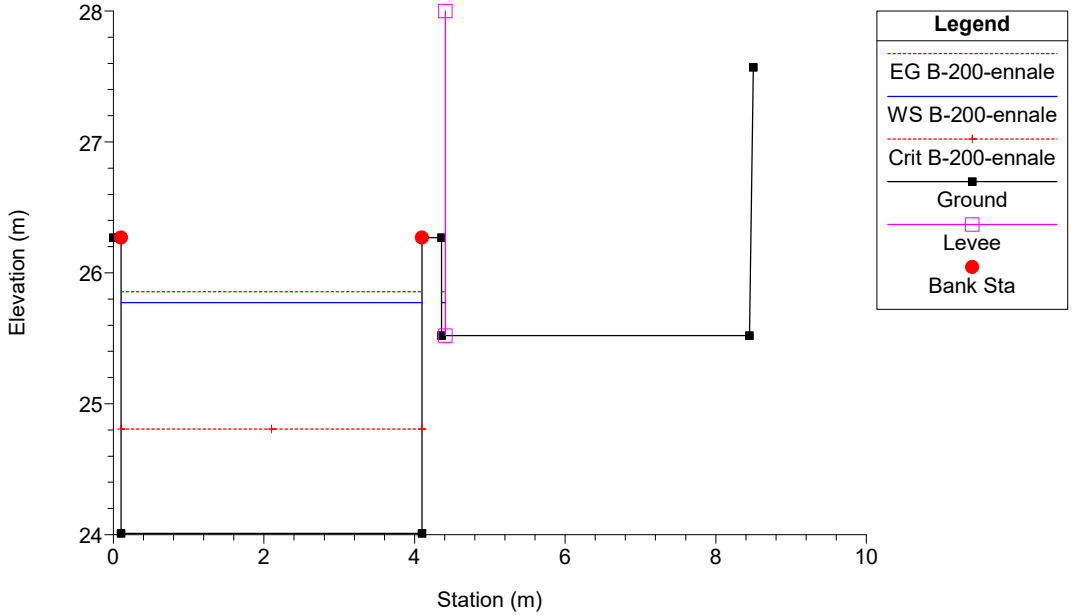
RS = 3



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

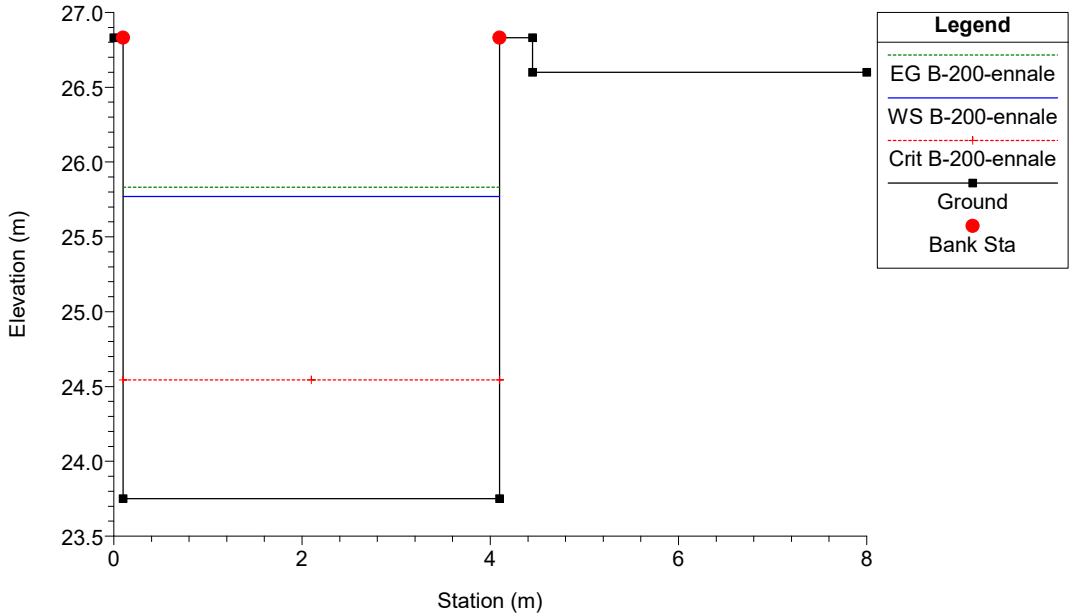
RS = 2



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

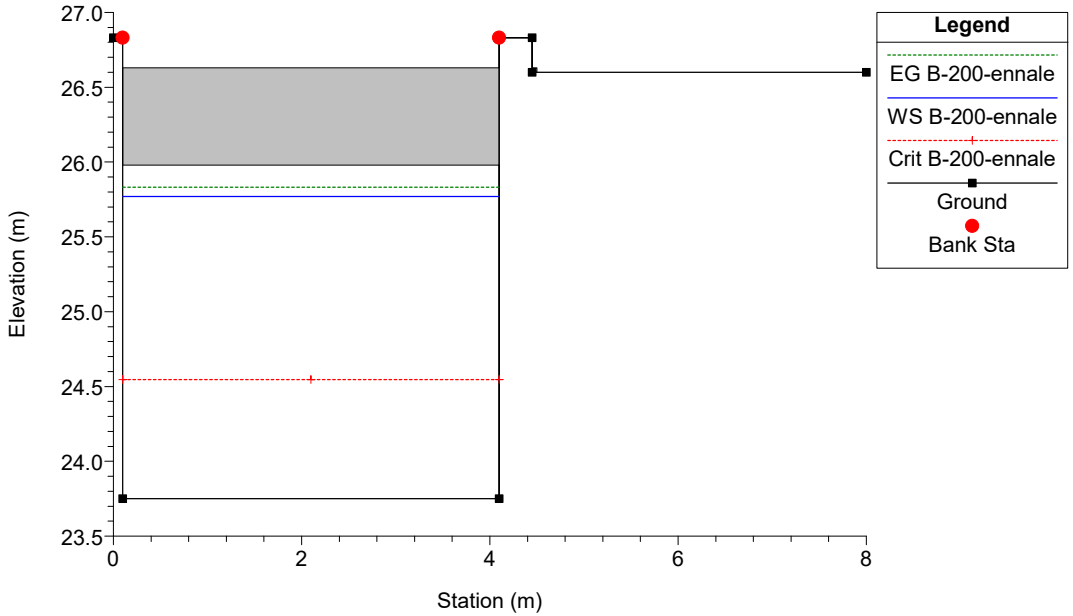
RS = 1



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

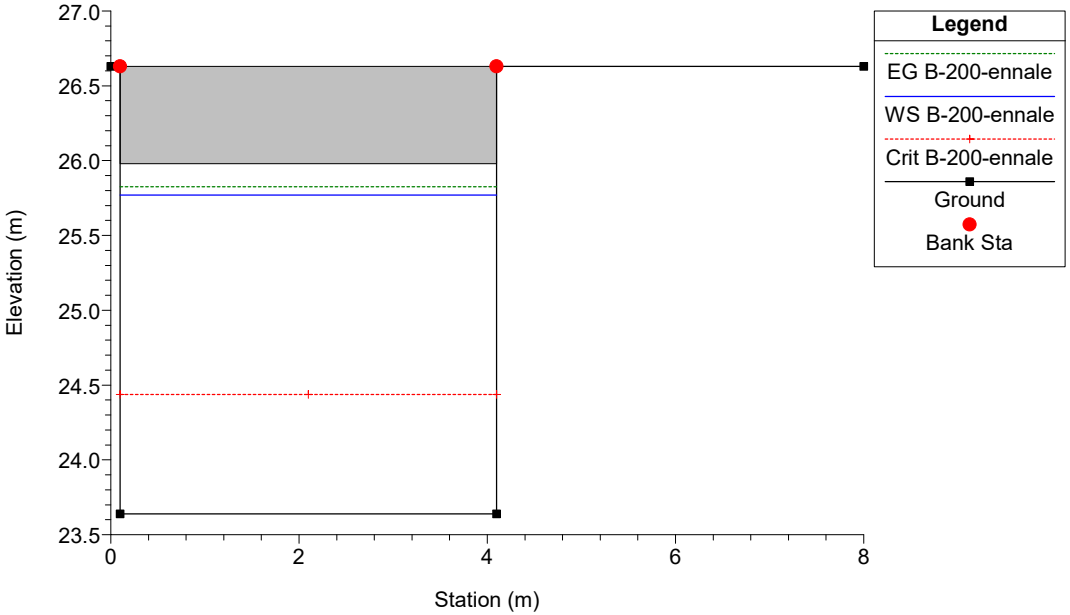
RS = 0.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

Geom: Santo_progetto

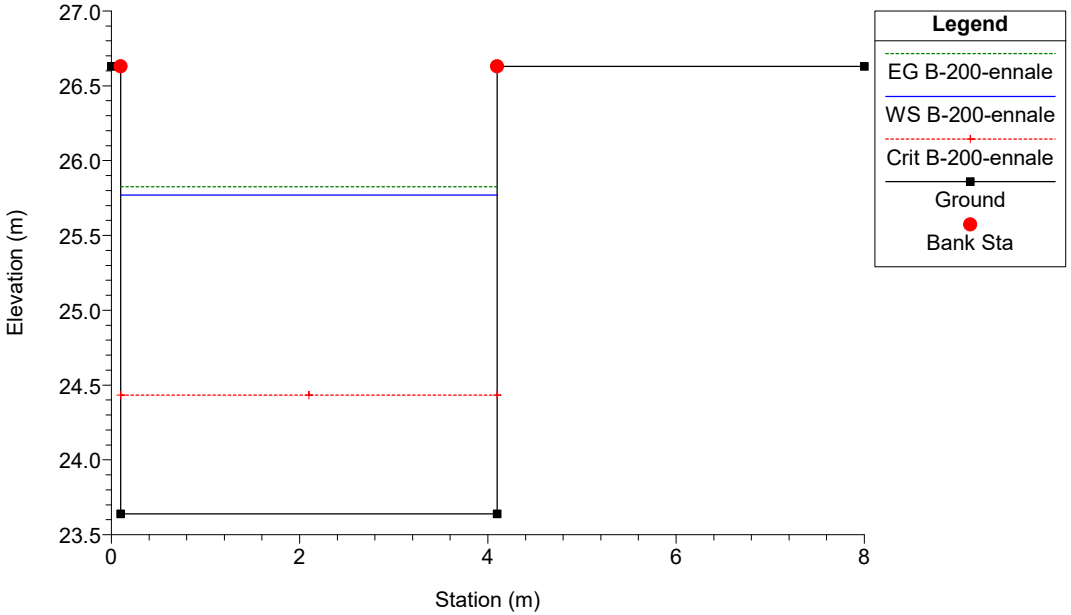
RS = 0.5 BR



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021

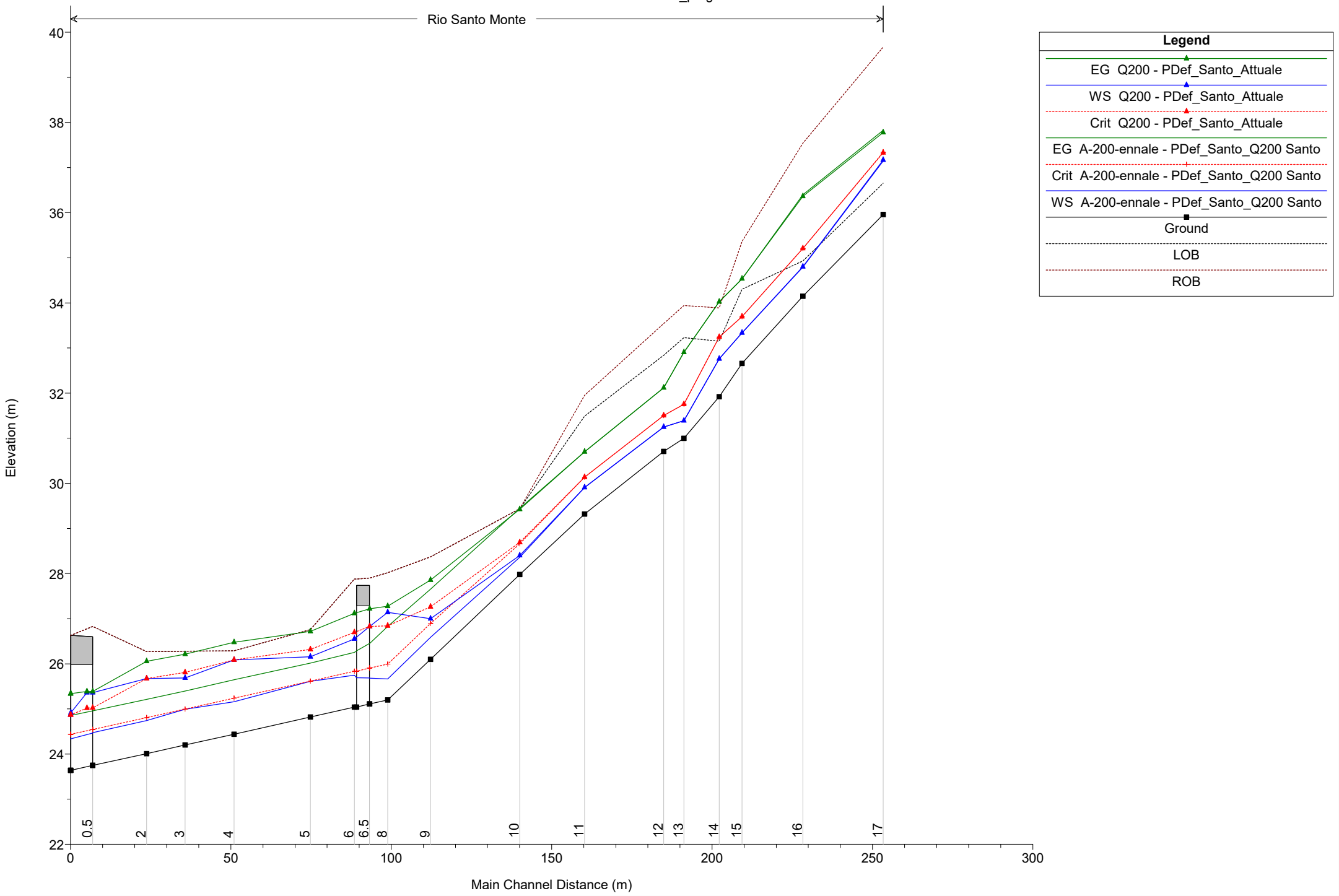
Geom: Santo_progetto

RS = 0



P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: 1) PDef_Santo_Q200 Santo 26/08/2021 2) PDef_Santo_Attuale 27/08/2021

Geom: Santo_progetto



HEC-RAS River: Rio Santo Reach: Monte Profile: A-200-ennale

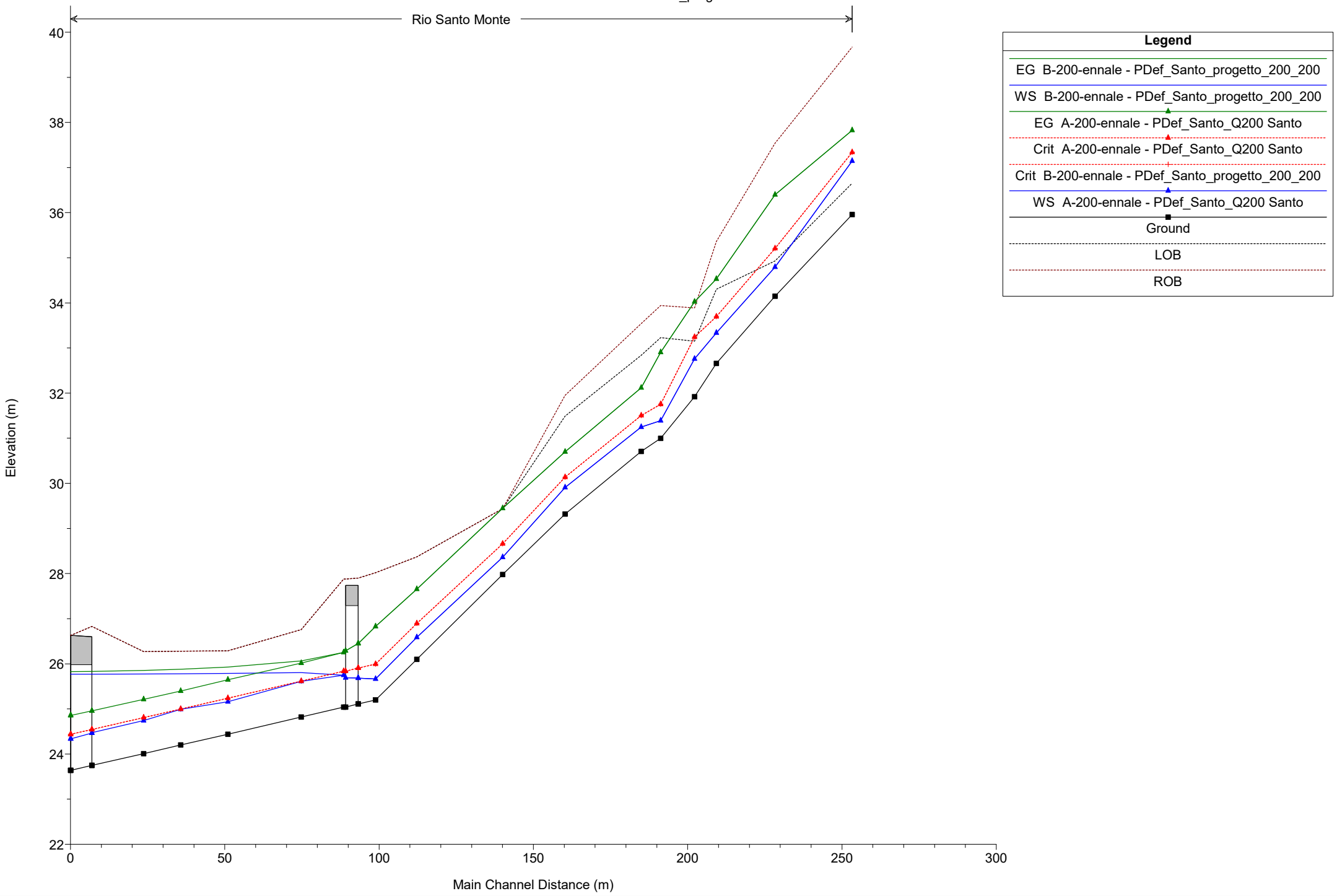
Reach	River Sta	Profile	Plan	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	35.96	36.65	39.67	37.15	0.63	37.83	3.70	2.49	3.96	1.40
Monte	17	Q200	PDef_Santo_Attuale	253.32	8.90	35.96	37.54	39.67	37.17	0.65	37.78	3.46	2.58	3.99	1.37
Monte	16	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.42	36.40	5.60	1.59	3.75	2.75
Monte	16	Q200	PDef_Santo_Attuale	228.32	8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.43	36.36	5.53	1.61	3.76	2.70
Monte	15	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.84	1.84	3.43	2.11
Monte	15	Q200	PDef_Santo_Attuale	209.32	8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.85	1.84	3.43	2.12
Monte	14	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.02	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	14	Q200	PDef_Santo_Attuale	202.22	8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.03	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	13	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	13	Q200	PDef_Santo_Attuale	191.22	8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	12	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	12	Q200	PDef_Santo_Attuale	184.92	8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	11	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	11	Q200	PDef_Santo_Attuale	160.25	8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	10	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	27.98	29.44	29.44	28.36	0.38	29.45	4.61	1.93	5.07	2.39
Monte	10	Q200	PDef_Santo_Attuale	140.04	8.90	27.93	29.00	29.02	28.40	0.33	29.43	4.49	1.98	5.93	2.48
Monte	9	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	26.10	28.37	28.37	26.59	0.49	27.65	4.57	1.95	4.00	2.09
Monte	9	Q200	PDef_Santo_Attuale	112.21	8.90	26.31	27.60	27.86	27.00	0.50	27.86	4.11	2.17	4.30	1.85
Monte	8	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	25.20	28.02	28.02	25.67	0.47	26.83	4.78	1.86	4.00	2.23
Monte	8	Q200	PDef_Santo_Attuale	98.89	8.90	26.10	26.90	27.90	27.14	0.70	27.28	1.64	5.66	8.03	0.54
Monte	7	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	25.11	27.90	27.90	25.68	0.57	26.45	3.88	2.29	4.00	1.64
Monte	7	Q200	PDef_Santo_Attuale	93.29	8.90	25.91	26.84	27.70	26.83	0.77	27.22	2.76	3.22	4.16	1.00
Monte	6.5			Bridge											
Monte	6	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	25.04	27.88	27.88	25.75	0.71	26.25	3.15	2.82	4.00	1.20
Monte	6	Q200	PDef_Santo_Attuale	88.52	8.90	25.81	26.74	27.51	26.55	0.60	27.12	3.33	2.68	4.46	1.37
Monte	5	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.82	26.76	26.76	25.61	0.79	26.01	2.81	3.16	4.00	1.01
Monte	5	Q200	PDef_Santo_Attuale	74.80	8.90	25.58	26.43	27.00	26.15	0.39	26.72	3.33	2.68	6.79	1.69
Monte	4	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.44	26.29	26.29	25.16	0.72	25.65	3.09	2.88	4.00	1.16
Monte	4	Q200	PDef_Santo_Attuale	50.99	8.90	25.25	26.45	27.35	26.09	0.78	26.48	2.76	3.23	4.15	1.00
Monte	3	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.20	26.28	26.28	24.99	0.79	25.39	2.80	3.18	4.00	1.00
Monte	3	Q200	PDef_Santo_Attuale	35.74	8.90	25.03	25.93	26.75	25.69	0.58	26.21	3.22	2.77	4.76	1.35
Monte	2	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.01	26.27	26.27	24.74	0.73	25.21	3.04	2.93	4.00	1.13
Monte	2	Q200	PDef_Santo_Attuale	23.73	8.90	24.86	25.70	26.53	25.67	0.76	26.05	2.73	3.26	4.26	1.00
Monte	1	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	23.75	26.83	26.83	24.47	0.72	24.96	3.08	2.89	4.00	1.16

HEC-RAS River: Rio Santo Reach: Monte Profile: A-200-ennale (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Plan	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	1	Q200	PDef_Santo_Attuale	6.95	8.90	24.14	25.35	25.94	25.36	1.39	25.39	0.65	13.09	9.42	0.19
Monte	0.5			Bridge											
Monte	0	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	23.64	26.63	26.63	24.34	0.70	24.86	3.18	2.80	4.00	1.21
Monte	0	Q200	PDef_Santo_Attuale		8.90	23.92	24.78	24.77	24.87	0.93	25.33	3.02	2.95	3.17	1.00

P063-21-I-modellazione rio Santo Plan: 1) PDef_Santo_progetto_200_200 26/08/2021 2) PDef_Santo_Q200 Santo 26/08/2021

Geom: Santo_progetto



HEC-RAS River: Rio Santo Reach: Monte Profile: B-200-ennale

Reach	River Sta	Profile	Plan	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	17	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	248.65	8.90	35.96	36.65	39.67	37.15	0.63	37.83	3.70	2.49	3.96	1.40
Monte	17	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	35.96	36.65	39.67	37.15	0.63	37.83	3.70	2.49	3.96	1.40
Monte	16	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	223.65	8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.42	36.40	5.60	1.59	3.75	2.75
Monte	16	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	34.15	34.93	37.54	34.80	0.42	36.40	5.60	1.59	3.75	2.75
Monte	15	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	204.65	8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.84	1.84	3.43	2.11
Monte	15	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	32.66	34.30	35.36	33.33	0.54	34.53	4.84	1.84	3.43	2.11
Monte	14	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	197.55	8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.02	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	14	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	31.92	33.15	33.89	32.76	0.64	34.02	4.98	1.79	2.78	1.98
Monte	13	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	186.55	8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	13	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	31.00	33.23	33.94	31.39	0.34	32.90	5.45	1.63	4.76	2.97
Monte	12	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	180.25	8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	12	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	30.71	32.84	33.54	31.25	0.49	32.12	4.14	2.15	4.36	1.88
Monte	11	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	155.58	8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	11	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	29.32	31.49	31.95	29.91	0.55	30.70	3.94	2.26	4.13	1.70
Monte	10	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	135.37	8.90	27.98	29.44	29.44	28.36	0.38	29.45	4.61	1.93	5.07	2.39
Monte	10	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	27.98	29.44	29.44	28.36	0.38	29.45	4.61	1.93	5.07	2.39
Monte	9	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	107.54	8.90	26.10	28.37	28.37	26.59	0.49	27.65	4.57	1.95	4.00	2.09
Monte	9	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	26.10	28.37	28.37	26.59	0.49	27.65	4.57	1.95	4.00	2.09
Monte	8	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	94.22	8.90	25.20	28.02	28.02	25.67	0.47	26.83	4.78	1.86	4.00	2.23
Monte	8	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	25.20	28.02	28.02	25.67	0.47	26.83	4.78	1.86	4.00	2.23
Monte	7	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	88.62	8.90	25.11	27.90	27.90	25.68	0.57	26.45	3.88	2.29	4.00	1.64
Monte	7	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	25.11	27.90	27.90	25.68	0.57	26.45	3.88	2.29	4.00	1.64
Monte	6.5			Bridge											
Monte	6	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	88.52	8.90	25.04	27.88	27.88	25.75	0.71	26.25	3.15	2.82	4.00	1.20
Monte	6	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	25.04	27.88	27.88	25.75	0.71	26.25	3.15	2.82	4.00	1.20
Monte	5	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	74.80	8.90	24.82	26.76	26.76	25.80	0.98	26.06	2.26	3.93	4.00	0.73
Monte	5	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.82	26.76	26.76	25.61	0.79	26.01	2.81	3.16	4.00	1.01
Monte	4	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	50.99	8.90	24.44	26.29	26.29	25.79	1.35	25.93	1.65	5.39	4.00	0.45
Monte	4	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.44	26.29	26.29	25.16	0.72	25.65	3.09	2.88	4.00	1.16
Monte	3	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	35.74	8.90	24.20	26.28	26.28	25.78	1.58	25.88	1.41	6.31	4.00	0.36
Monte	3	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.20	26.28	26.28	24.99	0.79	25.39	2.80	3.18	4.00	1.00
Monte	2	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	23.73	8.90	24.01	26.27	26.27	25.77	1.74	25.85	1.26	7.07	4.05	0.30
Monte	2	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	24.01	26.27	26.27	24.74	0.73	25.21	3.04	2.93	4.00	1.13
Monte	1	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200	6.95	8.90	23.75	26.83	26.83	25.77	2.02	25.83	1.10	8.08	4.00	0.25
Monte	1	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	23.75	26.83	26.83	24.47	0.72	24.96	3.08	2.89	4.00	1.16
Monte	0.5			Bridge											

HEC-RAS River: Rio Santo Reach: Monte Profile: B-200-ennale (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Plan	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monte	0	B-200-ennale	PDef_Santo_progetto_200_200		8.90	23.64	26.63	26.63	25.77	2.13	25.83	1.04	8.52	4.00	0.23
Monte	0	A-200-ennale	PDef_Santo_Q200 Santo		8.90	23.64	26.63	26.63	24.34	0.70	24.86	3.18	2.80	4.00	1.21

APPENDICE 1

SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.3

Il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.3* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

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

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro *n* di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*bridge* and *culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombinature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello superi le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.