

Comune di SAN GODENZO

Provincia di Firenze

**DETERMINAZIONE
DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
DELLE AREE CONTERMINI AL FOSSO
CODICE MV23899 IN LOC. SPALIENA**

Relazione tecnica

Il tecnico:

Ing. Giacomo Barcaioli

San Godenzo, 25/06/2018

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE ED INQUADRAMENTO DELL'AREA.....	4
3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA	6
4. LA MODELLISTICA IDRAULICA	9
5. VERIFICA IDRAULICA E ANALISI DEI RISULTATI	14

APPENDICI

Appendice 01 – Risultati della simulazione idraulica

TAVOLE IDROLOGICHE / IDRAULICHE

Tavola 01 – Corografia generale – scala 1:10.000

Tavola 02a e 02b – Planimetria e sezioni stato attuale con riprese fotografiche – scala 1:200/100

Tavole 03 – Mappe della pericolosità idraulica – scala 1:250

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha lo scopo di illustrare i risultati delle verifiche idrauliche condotte su un fosso esistente ubicato in loc. Spalena in Comune di San Godenzo, censito nel reticolo idrografico di cui alla LR 79/2012 e successive modifiche ed integrazioni, con il codice IDRETLR79: MV23823, e meglio rappresentato nelle tavole allegate.

Quanto appena sopra si è reso necessario al fine di definire la pericolosità idraulica delle aree contermini a suddetto corso d'acqua, così come definite nel DPGRT 53R e ss. mm. ed ii., dal momento che la cartografia tecnica esistente non fornisce nessuna informazione in merito.

Si è quindi proceduto ad eseguire un rilievo strumentale del tratto oggetto di indagine per un'estensione di circa 350 ml, andando poi a definire le portate di piena caratteristiche del bacino idrografico per i tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

La simulazione del deflusso delle portate di piena ha poi permesso di identificare le aree interessate dalle eventuali esondazioni, con relativi battenti, ottenendo infine la classificazione delle aree in termini di pericolosità idraulica come definita nel DPGRT 53R e ss. mm. ed ii..

Si precisa che, date le caratteristiche dei luoghi, con versanti pendenti al cui piede si trova il fosso oggetto di studio e conseguente assenza di aree di esondazione e ristagno di acque, l'analisi del tratto preso in esame è da considerarsi esaustivo per la classificazione della pericolosità idraulica delle aree contermini al corso d'acqua.

Nel prosieguo del documento sarà fornito un inquadramento delle aree oggetto di indagine, saranno poi determinate le portate di piena da verificare ed infine saranno illustrati i risultati delle simulazioni condotte al fine di classificare in termini di pericolosità idraulica i territori drenati dal fosso.

2. DESCRIZIONE ED INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il fosso oggetto di verifica si sviluppa a sud est dell'abitato di San Godenzo, in territorio collinare prevalentemente boscato.

Come detto in premessa, il corso d'acqua, senza nome né sedime demaniale, è censito con il codice MV23823 nel reticolo idrografico di cui alla LR 79/2012 e successive modifiche ed integrazioni, classificato come *tratto non in gestione*.

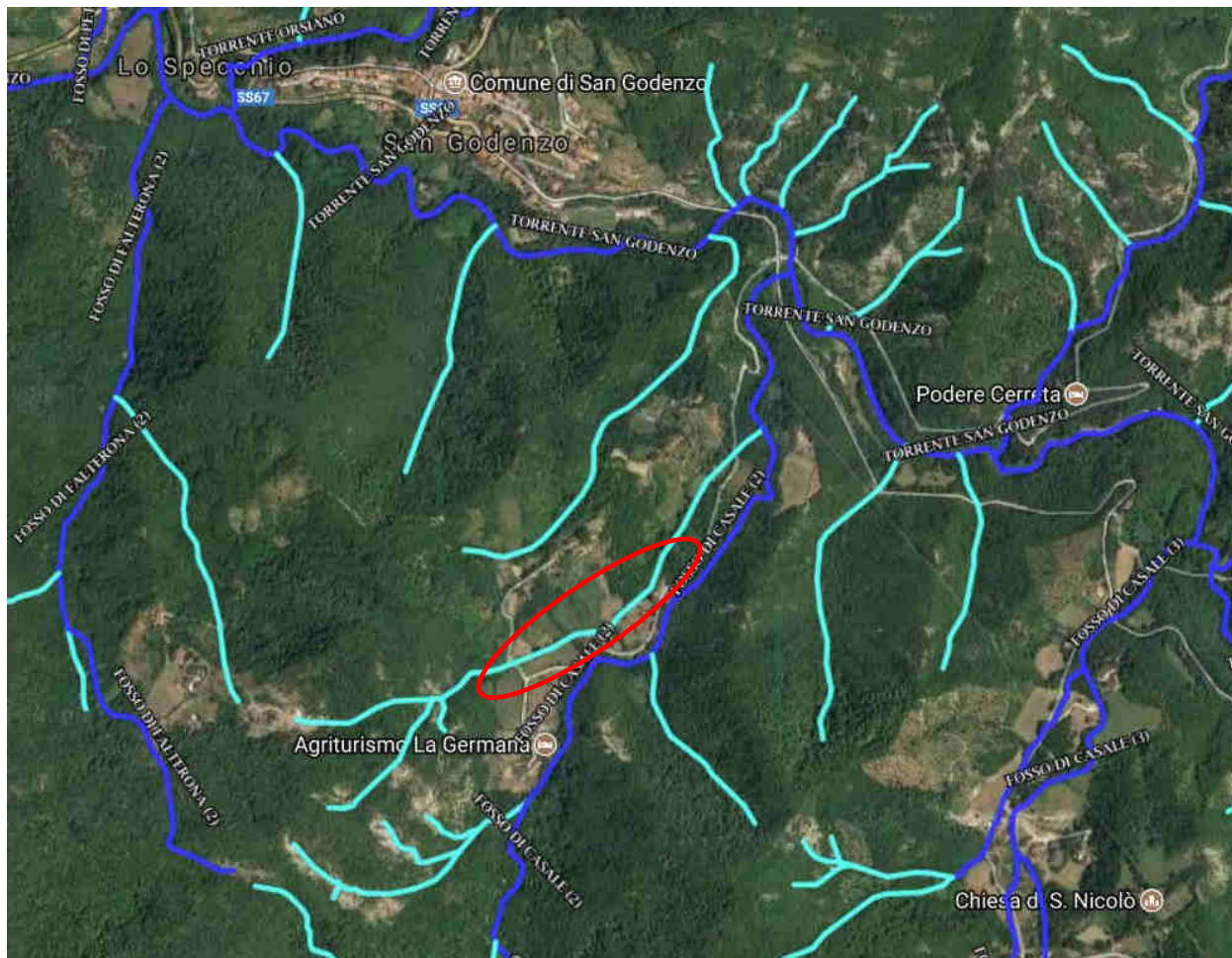


Fig. 01 – Estratto della planimetria recante il reticolo idrografico di cui alla LR 79/2012

Il bacino idrografico sotteso alla confluenza con il corso d'acqua recettore, ha un'estensione di circa 0,31 kmq ed è caratterizzato da uno sviluppo allungato nella direzione di percorrenza delle acque ed una modesta larghezza.

L'asta principale, di lunghezza pari a circa 1,25 km, risulta infatti incassata nei versanti che la cingono sui due lati, per la gran parte rivestiti da boschi.

Il tratto oggetto di verifica è ubicato in corrispondenza della porzione mediana del corso d'acqua, in quella parte dove il tracciato risulta correre in parte parallelo alla viabilità che conduce alla località Trapoggio dalla Strada Provinciale del Castagno.

Nel PGRA elaborato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, nelle mappe delle aree con pericolosità da alluvione, il tratto in studio ricade nello stralcio 110 che non risulta avere aree a pericolosità idraulica.

Trattasi infatti di corso d'acqua secondario per il quale non sono presenti informazioni storiche di eventi alluvionali, e che dato il modesto interesse strategico, non è stato oggetto di analisi di dettaglio attraverso rilievo e modellazione del deflusso delle acque di piena.

Al fine dunque di classificare le aree contermini al fosso in termini di pericolosità idraulica ed alluvionale, si è proceduto ad un rilievo strumentale del tratto di interesse, per una estensione di circa 350 metri, da sottoporre poi a verifica idraulica di dettaglio.

In posizione pressoché baricentrica, si trova un invaso il cui manufatto arginale costituisce sponda sinistra idrografica del fosso per una lunghezza di circa 60 ml.

Lungo il tracciato analizzato, sono inoltre presenti due attraversamenti:

- il primo, a valle, è rappresentato nella parte più stretta, da un collettore circolare avente diametro pari a 1000 mm, e consente l'attraversamento del fosso da parte della viabilità pubblica;
- il secondo, a monte, è ubicato in corrispondenza dell'accesso alla proprietà per la quale è elaborata la presente analisi della pericolosità idraulica, ed è costituito da un collettore circolare di diametro pari a 600 mm il quale drena le acque provenienti da monte attraverso un rilevato carrabile. Immediatamente a valle dell'attraversamento, si trova un salto di quota naturale.

Per maggiori informazioni, si rimanda alla tavola di dettaglio nella quale sono riportate anche alcune viste fotografiche che consentono di meglio identificare le caratteristiche dell'area in studio.

3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

Il bacino preso in esame per la determinazione della portata di piena con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, e rappresentato nella corografia generale di cui alla tavola 01.

Esso è stato determinato a partire dalla cartografia CTR al 10.000, individuando la superficie afferente alla sezione di chiusura individuata presso l'immissione del corso d'acqua oggetto di studio nel fosso di Casale, appartenente quest'ultimo al reticolo idrografico in gestione.

Per la determinazione della portata con specifico tempo di ritorno, si è utilizzato il metodo degli afflussi/deflussi che, oltre a stimare il contributo derivante dall'evento meteorico eccezionale, prende in esame anche tutti quei fattori che tendono a ridurre la portata presso una determinata sezione idraulica, ovvero gli assorbimenti da parte dei terreni drenati.

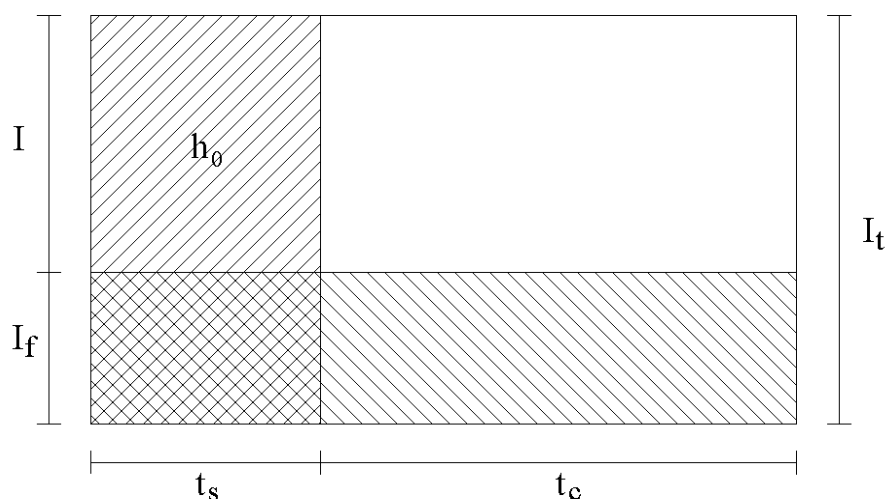
Ciascun bacino possiede infatti una propria capacità di compensazione di un evento meteorico, per cui la trasformazione della precipitazione piovosa in portata idraulica risulta ritardata dall'assorbimento del terreno e della vegetazione e dalla filtrazione in falda collegata alla tessitura dei diversi litotipi presenti nel bacino.

All'altezza totale di pioggia dovranno essere dunque sottratti due termini:

h_0 – initial abstraction, valuta l'acqua persa per assorbimento da parte della vegetazione o più in generale per fenomeni di filtrazione durante il tempo di saturazione del terreno t_s ;

$K_s \cdot t_p$ – perdita a saturazione, parte persa costantemente per infiltrazione durante la pioggia di durata t_p a causa della permeabilità del terreno.

Si riporta di seguito un diagramma che mostra come il tempo totale di pioggia t_p si componga del tempo di saturazione t_s e del tempo di corrivazione t_c .



dove:

I = intensità effettiva;

I_f = intensità filtrata;

I_t = intensità totale di precipitazione (valore effettivamente più giusto da un punto di vista fisico in quanto tiene conto anche del tempo necessario per "saturare" il manto di vegetazione)

Per la stima di un valore per il quantitativo di acqua necessario a saturare il terreno in presenza di pioggia, si può fare riferimento alla seguente tabella dell'uso del suolo:

Codice	Uso del suolo	ho(mm)
21	Seminativo semplice asciutto	8
23m	Seminativo arborato a olivo e vite	12
23o	Seminativo erborato a olivo	10
51cf	Bosco d'alto fusto di conifere denso	30
52f	Bosco ceduo denso	30
52r	Bosco ceduo rado	25
54	Castagneto	25
55	Rimboschimento e novelleto	20
61	Pascolo nudo e cespugliato	10
82c	Calanco	0
tu	Territorio urbanizzato	0

Nel caso in questione, vista la presenza di un bacino per la gran parte boscato, ritengo congruo applicare un valore pari a 25 mm.

La portata risulterà dunque stimata per mezzo dell'espressione:

$$Q = (h_p t_p - K_s) S$$

dopo aver risolto il seguente sistema di equazioni

$$t_s + t_c = t_p$$

$$t_s \cdot h_p / t_p = h_0$$

$$h_p = a \cdot t_p^n \cdot T_r^m$$

L'ultima espressione rappresenta la curva di possibilità pluviometrica nella quale l'altezza di pioggia risulta funzione della durata dell'evento meteorico in ore (t_p), del tempo di ritorno in anni (T_r) e dei parametri di calibrazione a , n e m , funzione della zona di indagine e calcolati a partire dalle serie storiche registrate presso le stazioni pluviometriche che ricadono nei pressi dell'area geografica studiata.

Nel caso specifico, sono stati utilizzati i dati aggiornati al 2012 dalla Regione Toscana, che per lo specifico bacino e per ciascun tempo di ritorno, risultano i seguenti:

Coefficiente	Tempo di ritorno	30 anni	200 anni	500 anni
a		44,576	55,02	60,207
n		0,28787	0,3194	0,33541

m	0	0	0
---	---	---	---

Per la determinazione del tempo di corrivazione, sono state calcolate le principali grandezze geometriche del bacino idrografico del fosso e qui di seguito richiamate:

- Lunghezza dell'asta pari a 1,25 km [L];
- Area del bacino idrografico sottesa alla sezione di chiusura pari a 0,31 kmq [A];
- Quota massima assoluta del bacino, 806,4 m s.l.m. [H_{max}];
- Quota minima assoluta del bacino, 420 m s.l.m. [H_{min}];
- Altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura, 129 m s.l.m. [H_m];
- Pendenza media dell'asta fluviale, 30,91 % [i].

Il tempo di corrivazione è stato determinato come media delle principali formule empiriche, e nello specifico quella di Giandotti, Ventura, Pasini e il metodo della velocità, ottenendo un valore pari a 13 minuti.

Stimati tutti i parametri necessari alla risoluzione del sistema di equazioni del modello afflussi/deflussi, con iterazioni successive, si ottiene un tempo di precipitazione critica per il bacino idrografico con sezione di chiusura presso la confluenza nel fosso Casale, come di seguito riportato per ciascun tempo di ritorno:

Tempo di ritorno	30 anni	200 anni	500 anni
Tempo di corrivazione	37 minuti	30 minuti	28 minuti

Risulta infatti particolarmente importante la capacità della vegetazione di assorbire una quota significativa di pioggia nella prima fase di un evento meteorico.

Si ottiene dunque una pioggia critica complessiva e la corrispondente intensità al kmq come di seguito riepilogata

Tempo di ritorno	30 anni	200 anni	500 anni
Pioggia critica	38,66 mm	44,09 mm	46,57 mm
Intensità di pioggia	0,0176 mm/s	0,0245 mm/s	0,0278 mm/s

Infine, nell'ipotesi ulteriore di trascurare le perdite per infiltrazione a saturazione dei terreni, si ottiene una portata per ciascun tempo di ritorno pari a:

Tempo di ritorno	30 anni	200 anni	500 anni
Portata di piena	5,46 mc/s	7,59 mc/s	8,62 mc/s

Le portate come sopra calcolate saranno utilizzate per la verifica del deflusso degli eventi di piena nella geometria del fosso rilevata.

4. LA MODELLISTICA IDRAULICA

Il presente paragrafo viene redatto per illustrare le basi teoriche che regolano il funzionamento del software operativo Hec Ras, versione 4.1.0, strumento informatico utilizzato in questo studio per riprodurre il comportamento idraulico del fosso indagato.

Saranno dunque descritte le componenti funzionali utilizzate dal programma per riprodurre un fenomeno dinamico quale è il deflusso in alveo delle acque di un bacino, ed in particolar modo i passi seguiti nel corso del presente studio al fine di interpretare il comportamento idraulico dei corsi d'acqua analizzati nell'area oggetto di studio.

Nello specifico, in questo lavoro è stato utilizzato il modulo ideato per il calcolo dei profili di moto permanente gradualmente variato del software Hec Ras (Hidrologic Engineering Center's River Analysis System) dell'U.S. Army Corps of Engineering, versione 4.1.0, scaricabile gratuitamente dal sito www.hec.usace.army.mil.

Il software risolve con un metodo iterativo e sotto le seguenti ipotesi:

- corrente stazionaria;
- moto gradualmente variato nello spazio;
- flusso monodimensionale;
- pendenze inferiori al 10%;

le due equazioni :

$$W_{s2} + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} = W_{s1} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} + h_e$$
$$h_e = L \cdot S_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2 - \alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

W_{s1} , W_{s2} sono le altezze d'acqua nelle sezioni 1 e nella sezione 2 del tratto considerato;

V_1 ; V_2 sono le velocità presenti nelle due sezioni;

α_1 , α_2 sono i coefficienti di Coriolis che correggono le velocità tenendo conto della loro distribuzione non uniforme;

g e l'accelerazione di gravità;

h_e sono le perdite di carico nel tratto di torrente considerato;

L è la lunghezza del tratto considerato – viene a sua volta calcolata automaticamente dal programma come media pesata per tener conto della eventuale presenza di una curva, tramite l'espressione riportata di seguito:

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

con L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} rispettivamente le distanze tra le due sezioni per la golena sinistra, per l'alveo inciso e per la golena destra e Q_{lob} , Q_{ch} , Q_{rob} analogamente le portate che interessano l'area golenale sinistra, l'alveo inciso e la golena destra;

S_f è il gradiente energetico;

C è un coefficiente di espansione o di contrazione.

Per poter simulare il deflusso, il programma richiede l'inserimento della geometria dell'alveo, rappresentabile tramite una successione di sezioni trasversali introdotte tramite la digitazione di coppie di valori che stanno ad indicare l'ascissa e l'ordinata dei punti rilevati della sezione indagata.

Va sottolineato che, al fine di ottenere risultati accurati ed affidabili, è importante disporre di una precisa caratterizzazione geometrica longitudinale e trasversale del tratto di alveo in esame. Questo perché il modello idraulico teorico deve essere fatto girare su una struttura geometrica il più possibile rispondente alla morfologia reale del corso d'acqua per poter fornire stime utili per successive elaborazioni.

Le sezioni utilizzate per disegnare l'andamento del torrente devono perciò essere controllate sia per numero di punti – profili più complicati richiedono un numero di punti rilevati maggiore rispetto a profili regolari – sia per numero di sezioni – tratti con rilevanti discontinuità geometriche quali curve, salti, restringimenti, etc., necessitano di un maggior quantitativo di rilievi trasversali per poter essere adeguatamente descritte rispetto a percorsi rettilinei e regolari.

Hec Ras richiede inoltre per ciascuna sezione l'inserimento di un valore identificativo della scabrezza che il programma permette di distinguere tra le golene e l'alveo inciso.

Nello specifico, la scabrezza di ciascun corso d'acqua, parametro fondamentale per la simulazione dei deflussi di piena, non è stata determinata in maniera diretta, in altre parole mediante taratura del modello, perché per i corsi d'acqua presi in esame non sono disponibili né dati di rilevazioni di portata, né tanto meno di livelli idrometrici. Per questa ragione si è ricorso ad un metodo indiretto, facendo riferimento ai risultati sperimentali riportati nel testo "Open channel hydraulics" di Ven Te Chow (1973).

In particolare, si è considerata la seguente espressione del coefficiente di scabrezza di Manning:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5$$

La sopraccitata relazione scompone il coefficiente di scabrezza in specifiche componenti.

Infatti, n_0 tiene conto esclusivamente del materiale che costituisce l'alveo, n_1 del grado di irregolarità nella disposizione di detto materiale, n_2 del grado di variazione nella geometria delle sezioni trasversali, n_3 dell'effetto di eventuali ostruzioni e n_4 della vegetazione presente in alveo. Infine m_5 è un fattore moltiplicativo legato alla sinuosità del corso d'acqua.

Nella tabella seguente sono riportati i valori suggeriti dal Chow tenuto conto delle condizioni in cui si trova il corso d'acqua.

COMPONENTE	DESCRIZIONE	n/m
n₀ - Materiale (superficie)	terra	0.020
	roccia	0.025
	sedimenti fini	0.024
	sedimenti grossolani	0.028
n₁ - Irregolarità (superficie)	liscia	0.000
	ridotta	0.005
	moderata	0.010
	elevata	0.020
n₂ - Variazione di forma della sezione	graduale	0.000
	restr./allarg. occasionali	0.005
	restr./allarg. frequenti	0.010-0.015
n₃ - Ostruzioni	trascurabili	0.000
	ridotte	0.010-0.015
	moderate	0.020-0.030
	elevate	0.040-0.060
n₄ - Vegetazione	bassa	0.000
	media	0.010-0.025
	alta	0.025-0.050
	molto alta	0.050-0.100
m₅ - Presenza di curve (meandri)	ridotta	1.000
	moderata	1.150
	elevata	1.300

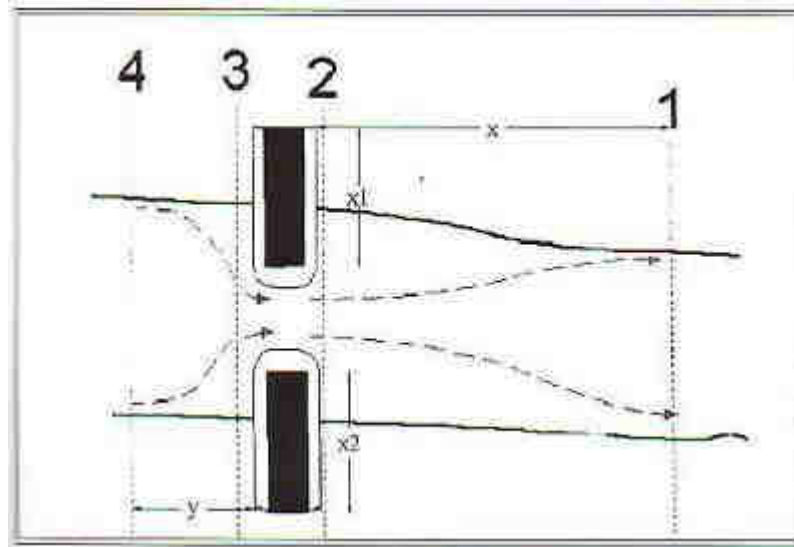
Per includere nel modello gli effetti dissipativi indotti da variazioni di sezione, quali allargamenti o restringimenti, si valutano le perdite di carico effettivo addizionali, ΔH , mediante la formula:

$$H = \frac{Q^2}{2g} \xi \Delta \left(\alpha / A^2 \right)$$

ove α è il coefficiente di ragguglio della energia cinetica e ξ può assumere valori compresi tra 0.1 e 0.8 maggiori nel caso di allargamento della sezione e minori nel caso di restringimento.

Nei calcoli possono essere considerati pure gli effetti legati a punti singolari quali ponti, sottopassi e manufatti con paratoie.

Particolare attenzione va posta nella definizione degli attraversamenti. In Hec Ras le routines di calcolo di tali strutture utilizzano quattro sezioni trasversali per stimare le perdite di energia nel loro attraversamento. Facendo riferimento alla figura di seguito, si definiscono:



sezione trasversale 1: è posizionata a valle della struttura ad una distanza tale che il flusso non risente della presenza della struttura stessa, permettendo alla corrente di espandersi completamente. La distanza dovrebbe generalmente essere determinata attraverso un'indagine sul campo durante gli eventi di piena. Se ciò non è possibile, ci sono due criteri per posizionare la sezione di valle: l'U.S.G.S. (United States Geological Survey) ha stabilito di posizionarla ad una distanza dal ponte uguale circa alla luce del ponte stesso mentre tradizionalmente il criterio del Corpo degli Ingegneri è quello di sistemarla a circa quattro volte la larghezza media della costrizione laterale delle spalle del ponte;

sezione trasversale 2: è situata immediatamente a valle del ponte e raccoglie il flusso all'uscita;

sezione trasversale 3: è situata appena a monte della struttura. La distanza dal ponte deve essere relativamente piccola, sufficiente per le accelerazioni improvvise e per la contrazione del flusso che si verificano nelle immediate vicinanze dell'imbocco;

sezione trasversale 4: posta a monte della struttura, qui le linee di flusso sono approssimativamente parallele e l'area del flusso è costituita dall'intera sezione. In generale le contrazioni della corrente si verificano su una minore distanza rispetto alle espansioni, perciò l'U.S.G.S. ha adottato il criterio di posizionare la sezione quattro ad una distanza dal ponte pari a una volta la luce della struttura, mentre il criterio del Corpo degli Ingegneri prevede di situarla ad una volta la costrizione laterale causata dalle spalle del ponte. In pratica la distanza necessaria per la contrazione del flusso dipende dal grado e dalla forma della costrizione, dall'entità della portata e dalla velocità della corrente.

Quattro sono i metodi disponibili in Hec Ras per valutare le perdite di carico attraverso i ponti (dalla sezione 2 alla sezione 3):

- 1 Equazione dell'energia;
- 2 Bilanciamento della quantità di moto;

- 3 Equazione di Yarnell (di carattere empirico);
- 4 Metodo FHWA-WSPRO.

L'utente può scegliere uno o tutti questi metodi per il calcolo delle perdite. Se adotta più di un metodo deve poi scegliere il risultato di uno solo, oppure può dire al programma di usare quello che fornisce la maggior perdita di energia attraverso il ponte. Nel caso in cui il flusso venga in contatto con l'intradosso del ponte, altri criteri di calcolo vengono adottati.

Inserita la geometria del tratto d'alveo studiato, per poter simulare il deflusso delle portate, il programma richiede la conoscenza delle condizioni al contorno.

La condizione di valle può essere costituita da un idrogramma di livelli idrometrici, oppure da un legame funzionale tra portata e livelli ovvero una scala di deflusso, piuttosto che l'altezza critica tipica della specifica sezione.

A monte invece è necessario imporre una condizione sulla portata in ingresso, ricavata sulla base dell'analisi idrologica.

Definite anche le condizioni al contorno, possono essere eseguite le simulazioni in condizioni di moto permanente e analizzati i risultati forniti dal programma.

Nel caso in questione, è stata inserita la geometria delle sezioni rilevate e riportate nelle tavole 02° e 02b, ponendo come portata di piena il valore calcolato nel paragrafo precedente per tempo di ritorno 30, 200 e 500 anni.

La condizione di valle, data la presenza di un alveo incassato con elevata pendenza, è stata assunta corrispondente all'altezza critica della portata di piena che defluisce attraverso la sezione conclusiva.

Nel prossimo paragrafo sono illustrati i risultati delle simulazioni condotte.

5. VERIFICA IDRAULICA E ANALISI DEI RISULTATI

Attraverso la simulazione del deflusso della portata di piena con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, è stato possibile determinare il battente idrico presso le sezioni oggetto di studio, andando così a determinare le aree allagabili per ciascun tempo di ritorno.

Sono quindi state elaborate mappe delle aree allagabili per tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, che consentono di individuare le seguenti aree a pericolosità idraulica così come definite dal DPGRT 53R:

Pericolosità idraulica molto elevata (I.4): aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni. *Corrispondono nel tratto in studio, alle aree di alveo attivo e alle zone prossime immediatamente a monte ed a valle dei due attraversamenti, i quali risultano andare in crisi già con le portate con tempo di ritorno pari a 30 anni.*

Pericolosità idraulica elevata (I.3): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < TR < 200$ anni. *Anche in questo caso, lungo l'intero tracciato studiato, le acque di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni sono contenute nell'alveo attivo, essendo generalmente il fosso incassato entro i versanti. In corrispondenza dei due attraversamenti esistenti, si ha il rigurgito a monte delle acque, il contestuale sovrizzo con superamento del manufatto, quindi l'espansione nelle aree contermini e la rapida canalizzazione all'interno dell'alveo attivo a valle dell'attraversamento per naturale pendenza delle superfici di scorrimento.*

Pericolosità idraulica media (I.2): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ anni. *Nuovamente si verifica quanto detto per gli eventi con minor tempo di ritorno, sebbene più accentuato in termini di aree interessate dall'allagamento. Per naturale geometria dei luoghi, l'esondazione rimane comunque contenuta in corrispondenza degli attraversamenti.*

Pericolosità idraulica bassa (I.1): aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Sono tutte le rimanenti aree.

Da un punto di vista grafico, le mappe della pericolosità idraulica sono riportate nella tavola 03, mentre ulteriori dettagli sui dati di simulazione sono riportati nell'appendice 01 recante in forma grafica e tabellare i risultati della simulazione idraulica condotta.

San Godenzo, 25/06/2018

Il Tecnico
Ing. Giacomo Barcaioli

APPENDICE 01

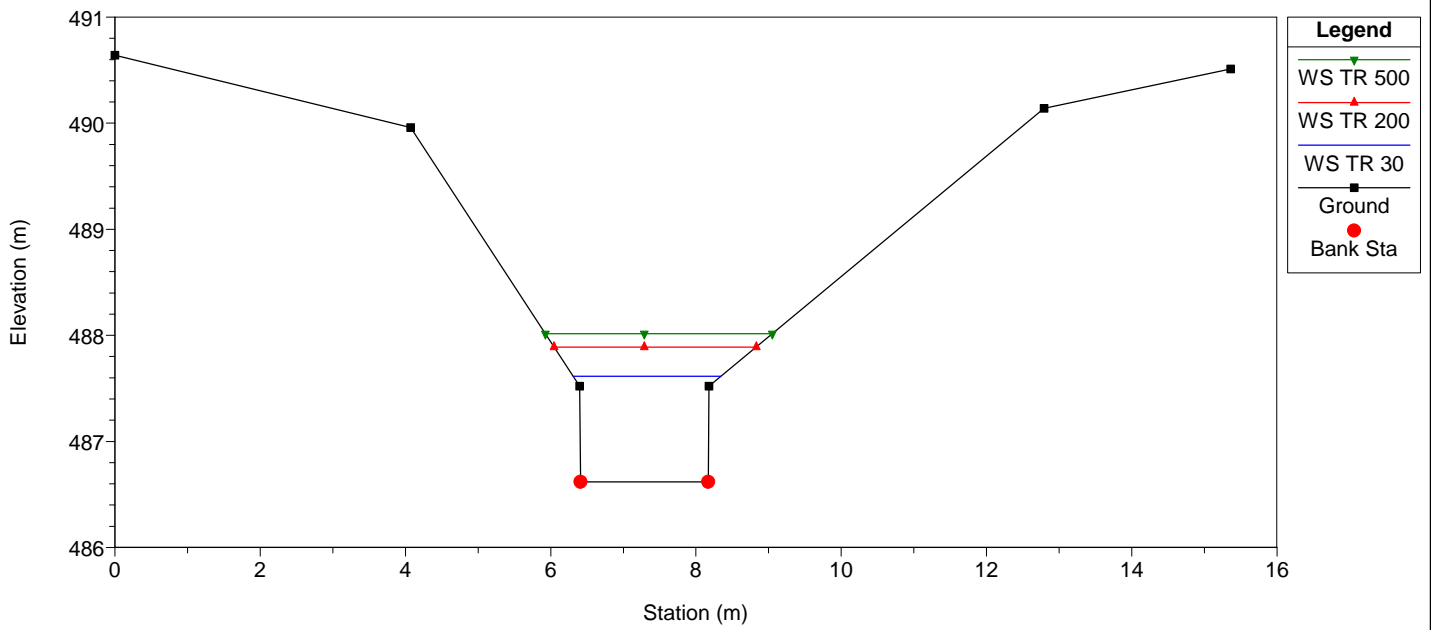
RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
36	TR 30	5.46	486.62	487.61	487.61	488.11	0.012017	3.12	1.77	2.04	1
36	TR 200	7.59	486.62	487.89	487.89	488.46	0.010097	3.37	2.43	2.78	0.95
36	TR 500	8.62	486.62	488.01	488.01	488.61	0.009334	3.45	2.8	3.12	0.93
35	TR 30	5.46	485.49	486.52	486.52	486.86	0.010056	2.93	2.69	4.44	0.92
35	TR 200	7.59	485.49	486.7	486.7	487.1	0.010077	3.26	3.56	5.45	0.95
35	TR 500	8.62	485.49	486.81	486.81	487.2	0.008999	3.27	4.21	6.22	0.91
34	TR 30	5.46	484.16	485.05	485.05	485.4	0.012116	2.83	2.4	3.74	0.98
34	TR 200	7.59	484.16	485.23	485.23	485.65	0.011294	3.11	3.14	4.14	0.98
34	TR 500	8.62	484.16	485.32	485.32	485.76	0.010852	3.22	3.5	4.33	0.97
33	TR 30	5.46	481.85	482.85	482.85	483.27	0.010449	2.92	2.19	3.16	0.93
33	TR 200	7.59	481.85	483.08	483.08	483.55	0.009273	3.17	3.01	3.9	0.91
33	TR 500	8.62	481.85	483.19	483.19	483.67	0.008637	3.23	3.46	4.36	0.89
32	TR 30	5.46	481.45	482.52	482.52	482.91	0.009472	2.8	2.22	3.83	0.89
32	TR 200	7.59	481.45	482.77	482.77	483.16	0.007602	2.91	3.41	5.67	0.83
32	TR 500	8.62	481.45	482.87	482.87	483.26	0.007158	2.97	3.99	6.38	0.81
31	TR 30	5.46	479.91	480.93	480.93	481.26	0.009181	2.78	2.72	4.58	0.88
31	TR 200	7.59	479.91	481.12	481.12	481.49	0.008824	3.04	3.62	5.17	0.88
31	TR 500	8.62	479.91	481.2	481.2	481.59	0.008728	3.16	4.04	5.43	0.89
30	TR 30	5.46	479.01	480.57		480.82	0.003334	2.22	2.69	3.28	0.57
30	TR 200	7.59	479.01	480.61	480.36	481.06	0.005874	3	2.83	3.53	0.76
30	TR 500	8.62	479.01	480.59	480.52	481.19	0.008	3.46	2.75	3.4	0.88
29	TR 30	5.46	479.79	480.52	480.52	480.79	0.013331	2.49	2.71	5.5	0.98
29	TR 200	7.59	479.79	480.66	480.66	480.97	0.012358	2.73	3.54	6.11	0.98
29	TR 500	8.62	479.79	480.73	480.73	481.05	0.011979	2.83	3.93	6.37	0.97
28	TR 30	5.46	479.04	480.02		480.25	0.005681	2.13	2.65	3.38	0.69
28	TR 200	7.59	479.04	480.09	480	480.48	0.008799	2.77	2.88	3.66	0.86
28	TR 500	8.62	479.04	480.11	480.1	480.59	0.010638	3.08	2.95	3.74	0.95
27	TR 30	5.46	479.3	479.92	479.92	480.2	0.013864	2.41	2.54	4.95	0.99
27	TR 200	7.59	479.3	480.07	480.07	480.4	0.012779	2.66	3.26	5.3	0.98
27	TR 500	8.62	479.3	480.13	480.13	480.48	0.012485	2.77	3.59	5.46	0.98
26	TR 30	5.46	478.1	478.74	478.74	479.06	0.014115	2.52	2.17	3.4	1.01
26	TR 200	7.59	478.1	478.9	478.9	479.3	0.013097	2.81	2.71	3.4	1
26	TR 500	8.62	478.1	478.97	478.97	479.41	0.012734	2.93	2.95	3.4	1
25	TR 30	5.46	477.01	478.22	478.22	478.48	0.008895	2.7	3.13	6.23	0.85
25	TR 200	7.59	477.01	478.37	478.37	478.67	0.008809	2.95	4.17	7.15	0.86
25	TR 500	8.62	477.01	478.44	478.44	478.74	0.008848	3.06	4.63	7.53	0.87
24	TR 30	5.46	475.47	476.49	476.49	476.86	0.010185	2.79	2.34	3.76	0.91
24	TR 200	7.59	475.47	476.7	476.7	477.12	0.009244	3.03	3.19	4.33	0.9
24	TR 500	8.62	475.47	476.79	476.79	477.23	0.009085	3.15	3.56	4.55	0.9
23	TR 30	5.46	475.28	475.99	475.99	476.24	0.014052	2.34	2.7	5.85	0.98
23	TR 200	7.59	475.28	476.12	476.12	476.42	0.013086	2.58	3.49	6.39	0.98
23	TR 500	8.62	475.28	476.18	476.18	476.49	0.012617	2.68	3.87	6.64	0.98
22	TR 30	5.46	472.36	473.2	473.2	473.53	0.012116	2.79	2.47	4	0.97
22	TR 200	7.59	472.36	473.38	473.38	473.77	0.011275	3.07	3.23	4.46	0.97
22	TR 500	8.62	472.36	473.45	473.45	473.87	0.011105	3.19	3.58	4.65	0.97
21	TR 30	5.46	471.93	472.78	472.78	473.14	0.01218	2.83	2.31	3.46	0.98

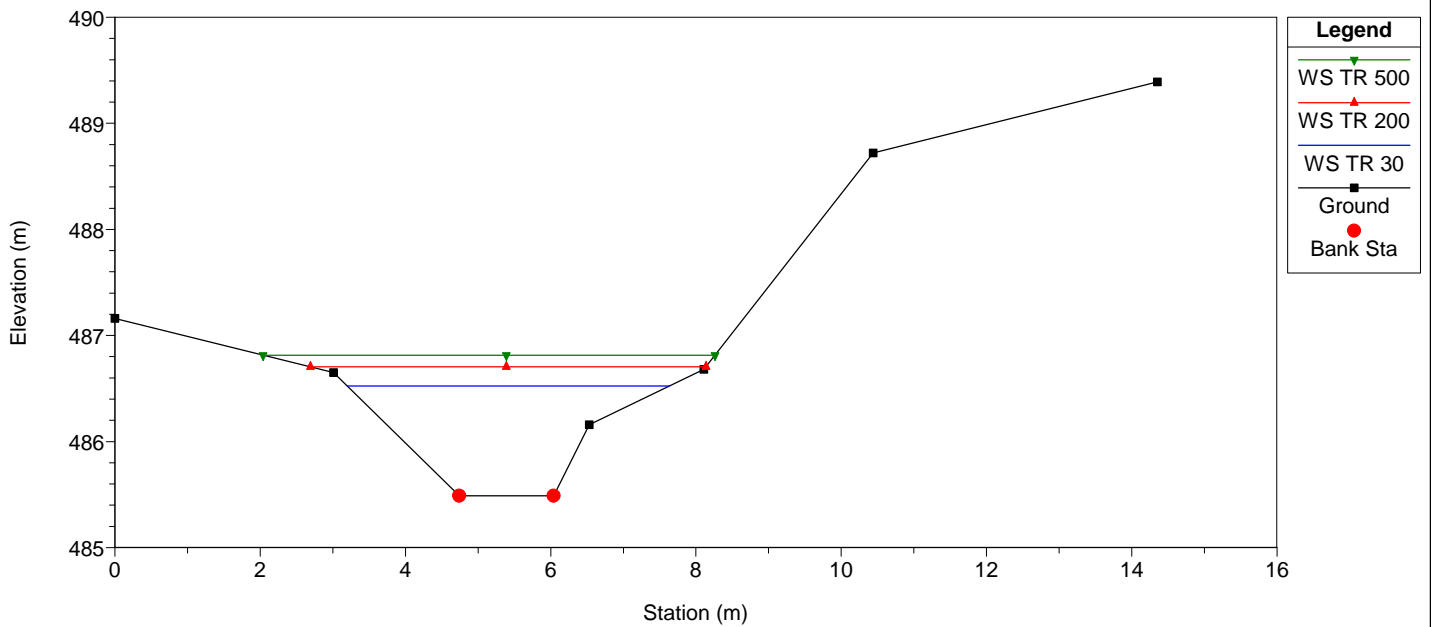
River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
21	TR 200	7.59	471.93	472.97	472.97	473.41	0.01128	3.12	3.01	3.79	0.98
21	TR 500	8.62	471.93	473.05	473.05	473.52	0.011006	3.24	3.33	3.94	0.98
20	TR 30	5.46	470.35	471.18	471.18	471.53	0.012228	2.79	2.4	3.78	0.98
20	TR 200	7.59	470.35	471.37	471.37	471.78	0.011358	3.08	3.13	4.17	0.97
20	TR 500	8.62	470.35	471.44	471.44	471.88	0.011094	3.2	3.47	4.34	0.98
19	TR 30	5.46	469.01	470.27	470.27	470.7	0.011316	3.3	2.36	3	0.98
19	TR 200	7.59	469.01	470.5	470.5	471.01	0.01067	3.62	3.11	3.4	0.98
19	TR 500	8.62	469.01	470.6	470.6	471.14	0.010433	3.76	3.47	3.62	0.98
18	TR 30	5.46	467.77	469.46		469.5	0.000856	1.08	6.78	6.78	0.28
18	TR 200	7.59	467.77	469.74		469.79	0.00083	1.2	8.79	7.46	0.29
18	TR 500	8.62	467.77	469.84		469.9	0.000855	1.26	9.56	7.68	0.29
17	TR 30	5.46	467.84	469.06	469.06	469.44	0.009885	3.24	2.61	3.56	0.94
17	TR 200	7.59	467.84	469.29	469.29	469.73	0.009609	3.58	3.52	4.65	0.95
17	TR 500	8.62	467.84	469.41	469.41	469.84	0.008602	3.58	4.15	5.45	0.91
16	TR 30	5.46	465.63	467.48	466.9	467.55	0.001139	1.45	6.63	7.71	0.34
16	TR 200	7.59	465.63	467.61	467.11	467.71	0.00157	1.78	7.62	8.07	0.4
16	TR 500	8.62	465.63	467.68	467.2	467.79	0.001689	1.9	8.2	8.28	0.42
15.5	Culvert										
15	TR 30	5.46	465.32	466.89	466.89	467.09	0.00338	2.24	4.77	14.41	0.57
15	TR 200	7.59	465.32	467.02	467.02	467.22	0.003593	2.44	6.75	16.67	0.6
15	TR 500	8.62	465.32	467.06	467.06	467.27	0.00381	2.55	7.48	17.43	0.62
14	TR 30	5.46	464.73	465.62	465.62	465.9	0.012196	2.89	2.81	5.13	0.99
14	TR 200	7.59	464.73	465.78	465.78	466.1	0.011725	3.17	3.67	5.83	0.99
14	TR 500	8.62	464.73	465.85	465.85	466.19	0.011358	3.26	4.11	6.15	0.99
13	TR 30	5.46	463.13	464.38	464.38	465.01	0.01126	3.52	1.56	1.26	1
13	TR 200	7.59	463.13	464.68	464.68	465.47	0.010528	3.93	1.94	1.26	1.01
13	TR 500	8.62	463.13	464.84	464.84	465.68	0.009835	4.06	2.16	1.71	0.99
12	TR 30	5.46	461.57	462.26	462.26	462.48	0.013147	2.55	3.15	7.41	0.98
12	TR 200	7.59	461.57	462.38	462.38	462.63	0.012655	2.79	4.13	8.43	0.99
12	TR 500	8.62	461.57	462.43	462.43	462.7	0.012482	2.89	4.58	8.87	0.99
11	TR 30	5.46	459.87	460.85	460.85	461.35	0.012234	3.12	1.75	1.79	1.01
11	TR 200	7.59	459.87	461.09	461.09	461.71	0.011352	3.48	2.19	1.79	1
11	TR 500	8.62	459.87	461.21	461.21	461.88	0.010926	3.62	2.39	1.8	1
10	TR 30	5.46	459.2	460.19	460.19	460.56	0.011473	3	2.46	3.66	0.97
10	TR 200	7.59	459.2	460.39	460.39	460.81	0.010688	3.28	3.25	4.13	0.97
10	TR 500	8.62	459.2	460.47	460.47	460.92	0.010621	3.42	3.59	4.31	0.98
9	TR 30	5.46	457.5	458.24	458.24	458.56	0.012819	2.64	2.41	4.05	0.98
9	TR 200	7.59	457.5	458.4	458.4	458.79	0.011948	2.92	3.12	4.4	0.98
9	TR 500	8.62	457.5	458.48	458.48	458.89	0.011588	3.03	3.45	4.56	0.98
8	TR 30	5.46	455.28	457.44	456.61	457.59	0.001653	1.94	5.02	6.4	0.42
8	TR 200	7.59	455.28	457.61	456.91	457.8	0.002105	2.3	6.11	6.58	0.48
8	TR 500	8.62	455.28	457.68	457.05	457.9	0.002273	2.44	6.61	6.66	0.5
7	Culvert										
6	TR 30	5.46	454.46	455.49	455.49	455.93	0.011419	3.12	2.23	2.87	0.98
6	TR 200	7.59	454.46	455.73	455.73	456.24	0.010537	3.43	2.94	3.18	0.97

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
6	TR 500	8.62	454.46	455.82	455.82	456.37	0.010384	3.58	3.25	3.31	0.98
5	TR 30	5.46	453.26	454.34	454.34	454.82	0.011477	3.21	2.06	2.37	0.99
5	TR 200	7.59	453.26	454.59	454.59	455.18	0.010672	3.56	2.68	2.59	0.99
5	TR 500	8.62	453.26	454.7	454.7	455.33	0.010332	3.7	2.98	2.68	0.98
4	TR 30	5.46	450.73	451.54	451.54	451.83	0.011107	2.62	2.76	5.05	0.93
4	TR 200	7.59	450.73	451.69	451.69	452.03	0.011057	2.92	3.52	5.37	0.95
4	TR 500	8.62	450.73	451.75	451.75	452.12	0.010948	3.04	3.88	5.51	0.96
3	TR 30	5.46	449.3	450.22	450.22	450.68	0.012514	3.01	1.82	1.99	1.01
3	TR 200	7.59	449.3	450.44	450.44	451.02	0.011639	3.36	2.27	2	1.01
3	TR 500	8.62	449.3	450.54	450.54	451.17	0.011183	3.5	2.48	2	1
2	TR 30	5.46	446.81	447.63	447.63	447.95	0.012164	2.76	2.54	4.29	0.97
2	TR 200	7.59	446.81	447.8	447.8	448.17	0.01135	3.03	3.32	4.8	0.97
2	TR 500	8.62	446.81	447.88	447.88	448.27	0.011103	3.14	3.69	5.01	0.97
1	TR 30	5.46	445.61	446.55	446.55	447.03	0.012396	3.06	1.79	1.91	1.01
1	TR 200	7.59	445.61	446.78	446.78	447.38	0.011539	3.42	2.23	1.91	1.01
1	TR 500	8.62	445.61	446.9	446.9	447.54	0.010949	3.54	2.46	2.17	1
0	TR 30	5.46	443.84	444.36	444.36	444.58	0.016048	2.18	2.82	6.77	1.02
0	TR 200	7.59	443.84	444.47	444.47	444.74	0.015104	2.43	3.56	7.02	1.02
0	TR 500	8.62	443.84	444.52	444.52	444.81	0.014732	2.53	3.9	7.14	1.02

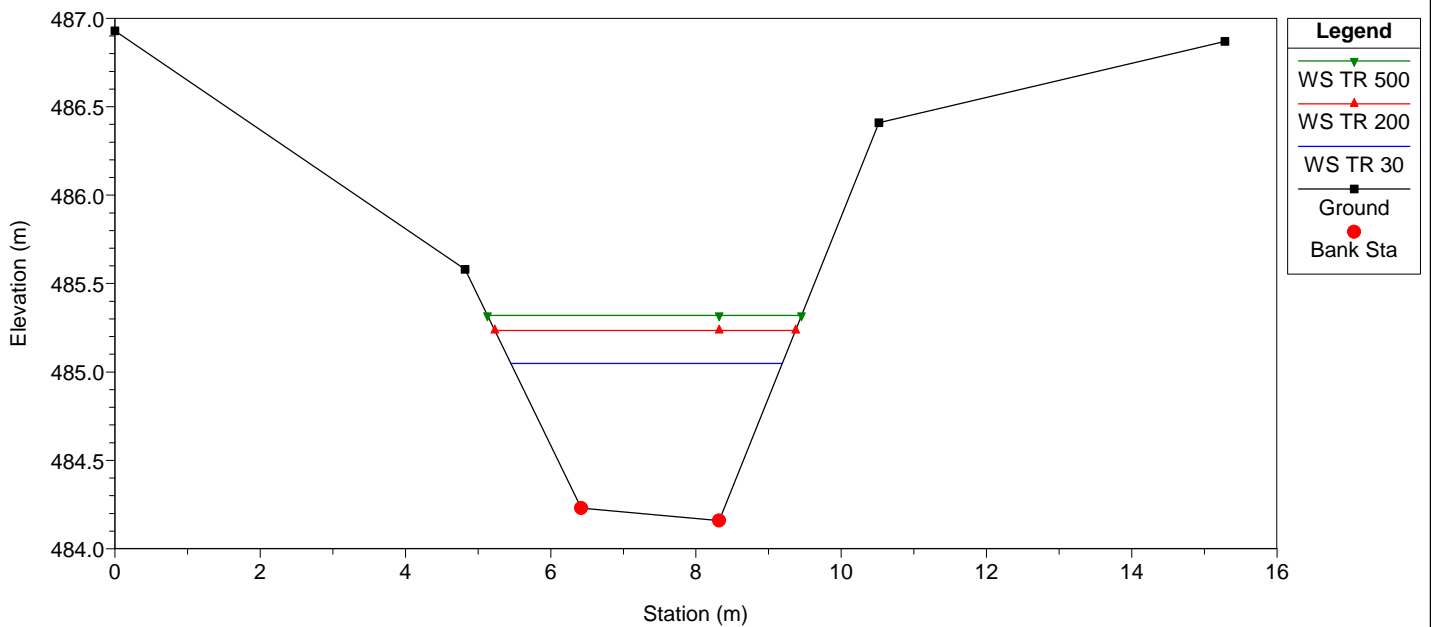
RS = 36 Sezione A-A



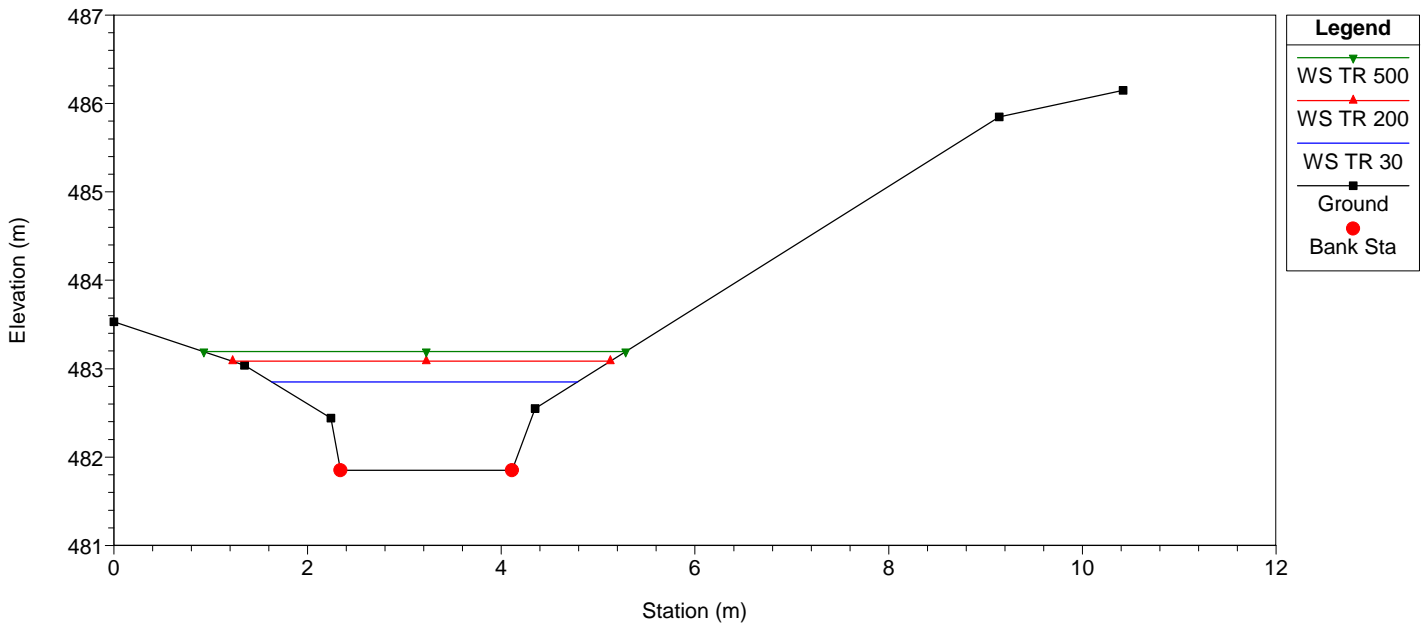
RS = 35 Sezione B-B



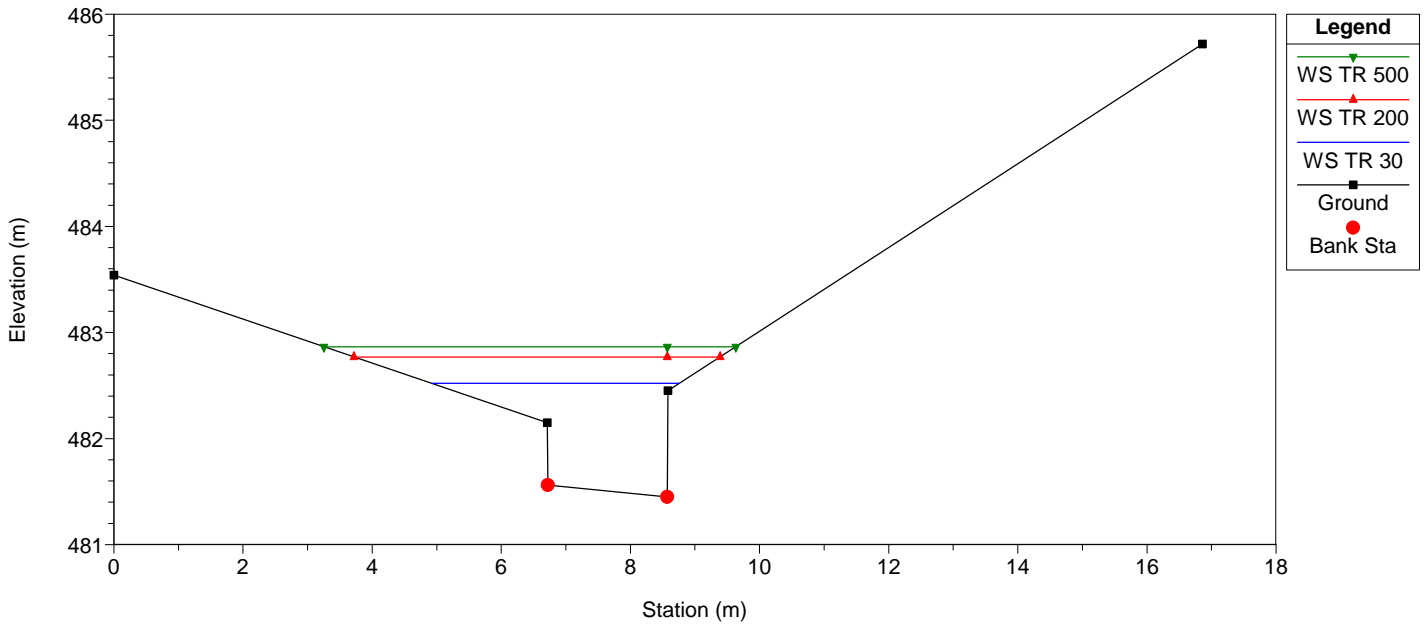
RS = 34 Sezione C-C



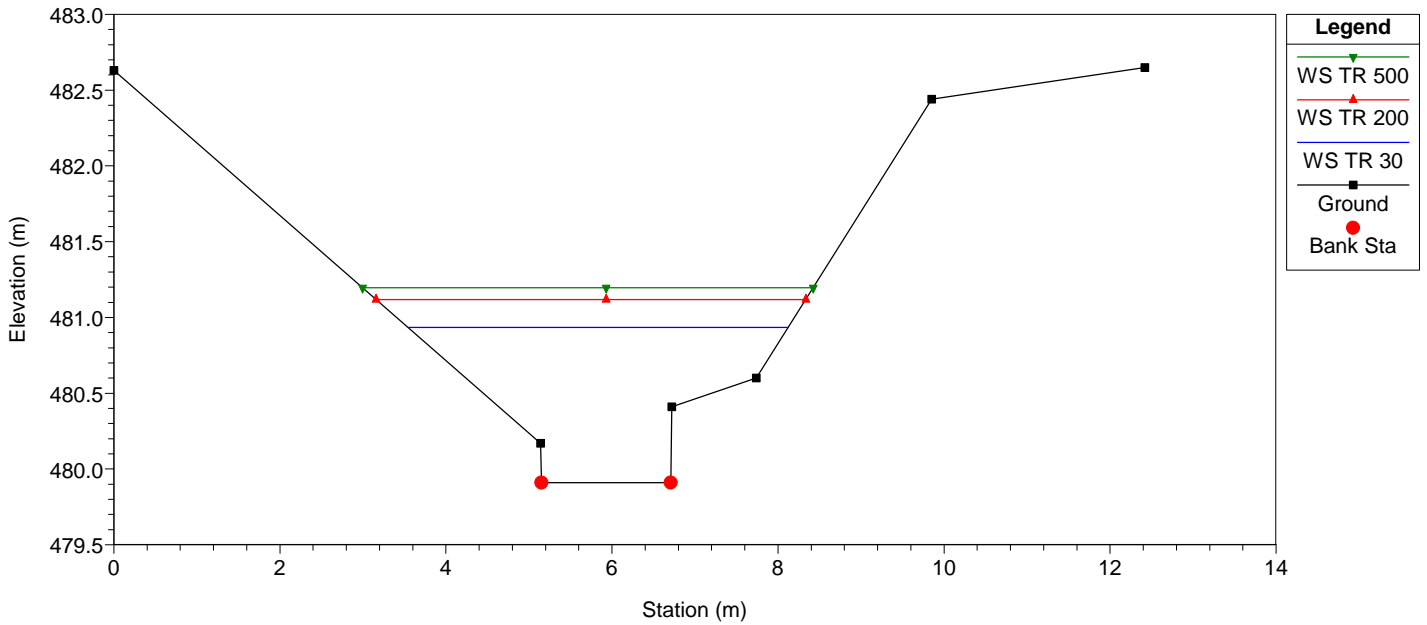
RS = 33 Sezione D-D



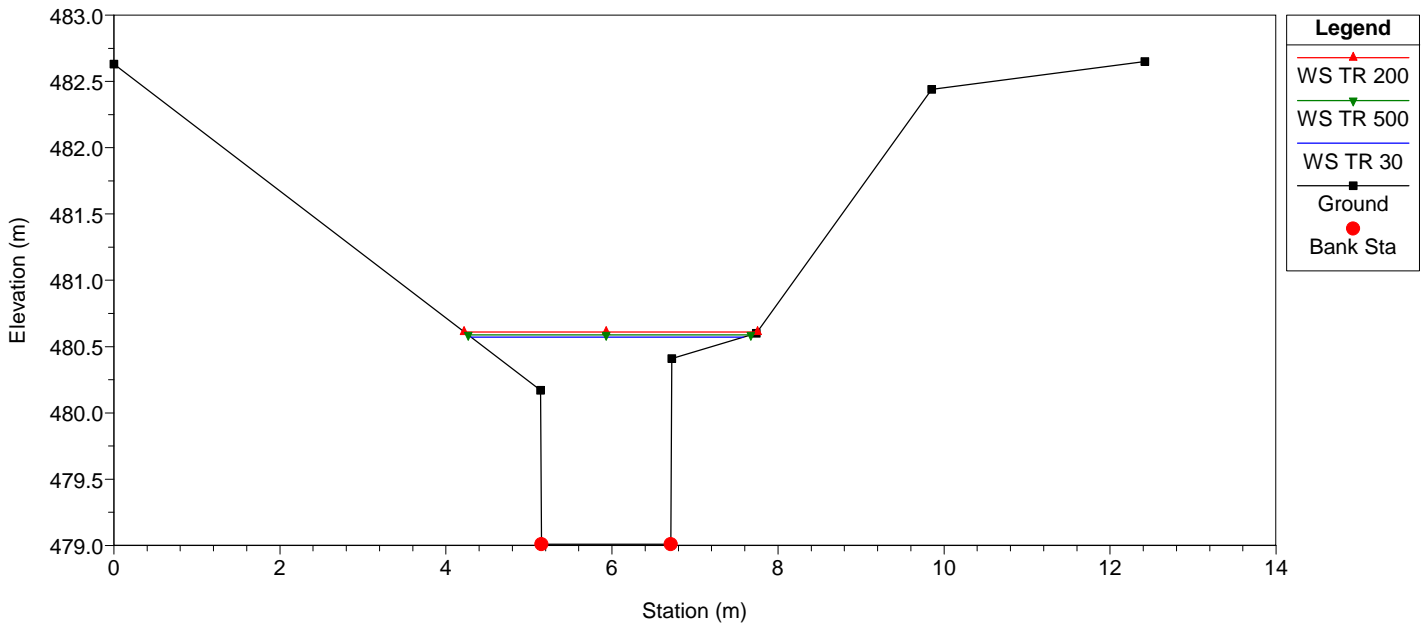
RS = 32 Sezione E-E



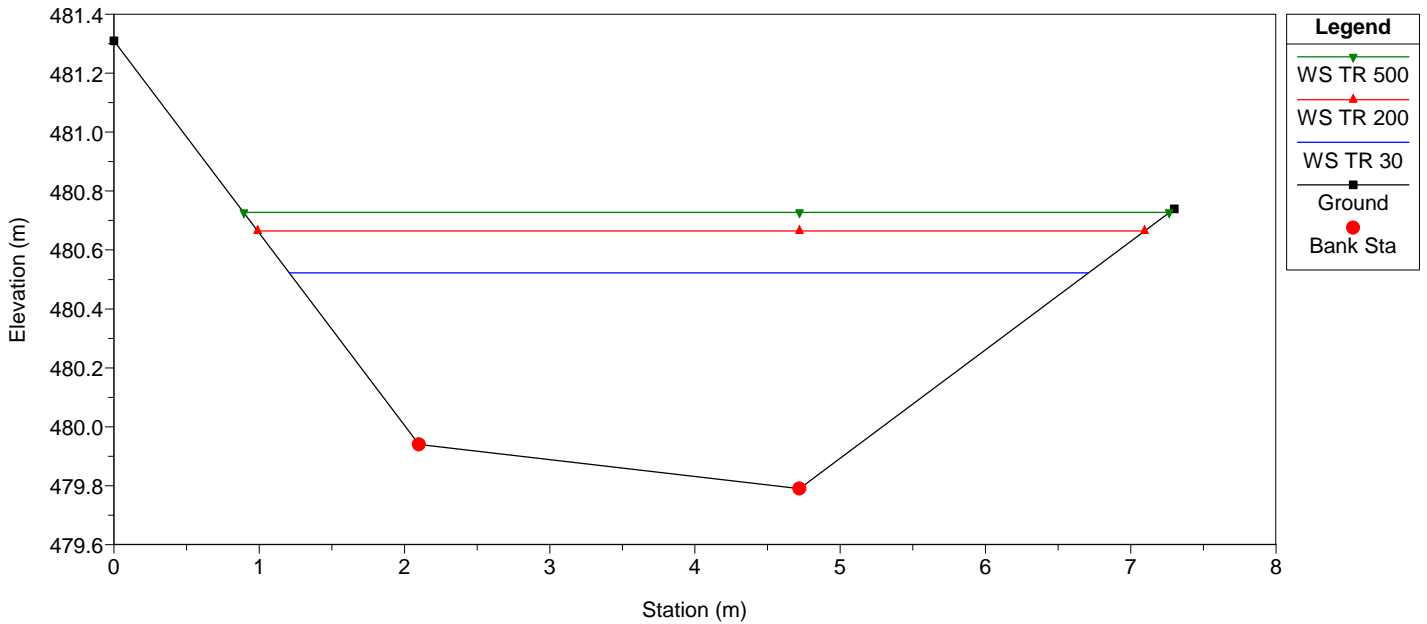
RS = 31 Sezione F-F monte



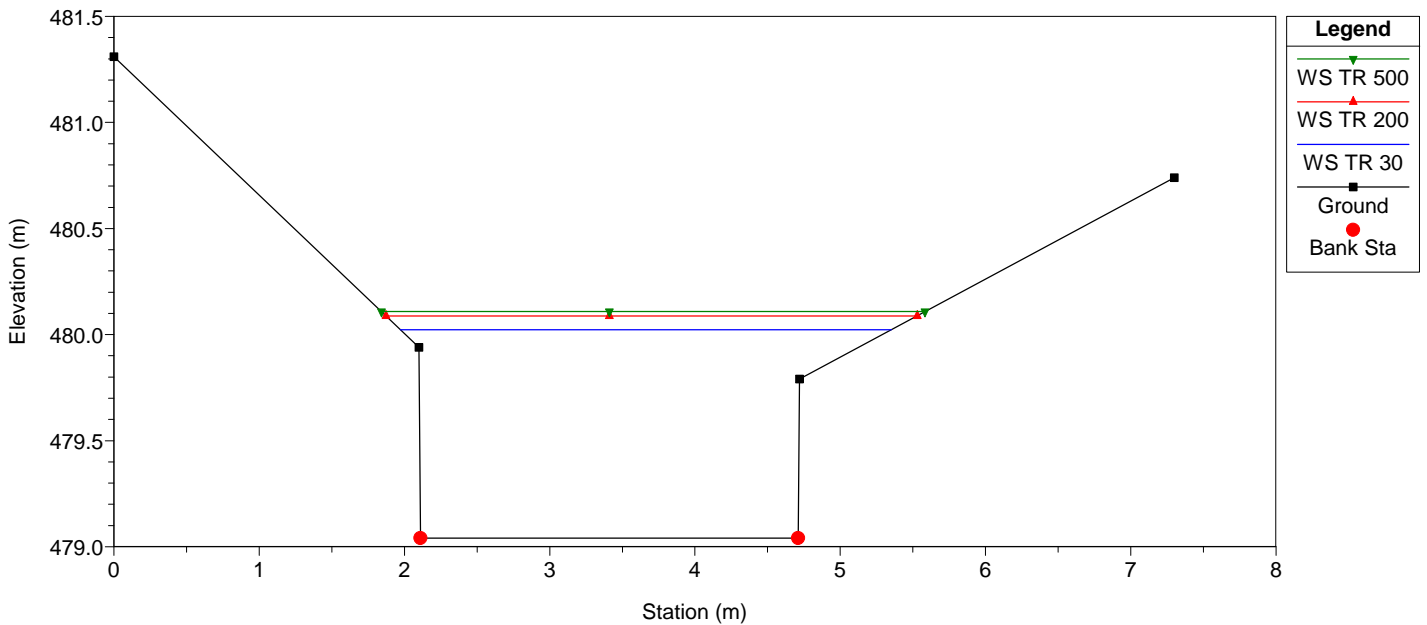
RS = 30 Sezione F-F valle



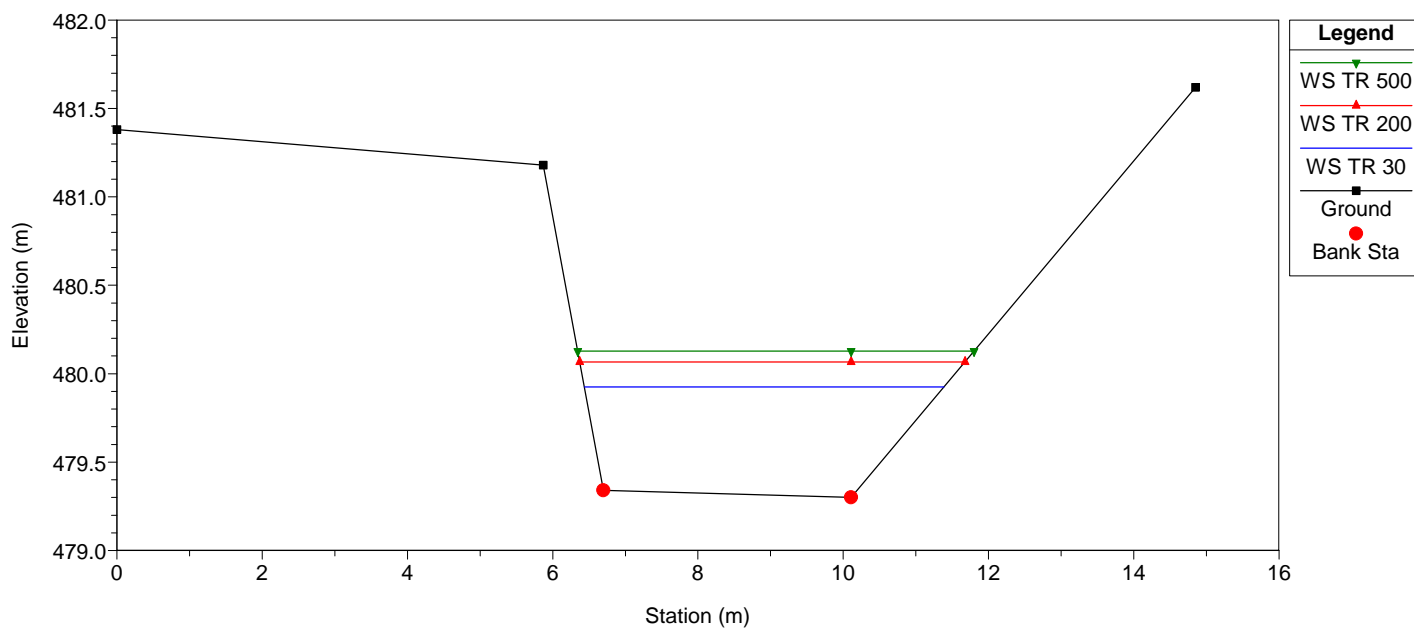
RS = 29 Sezione G-G monte



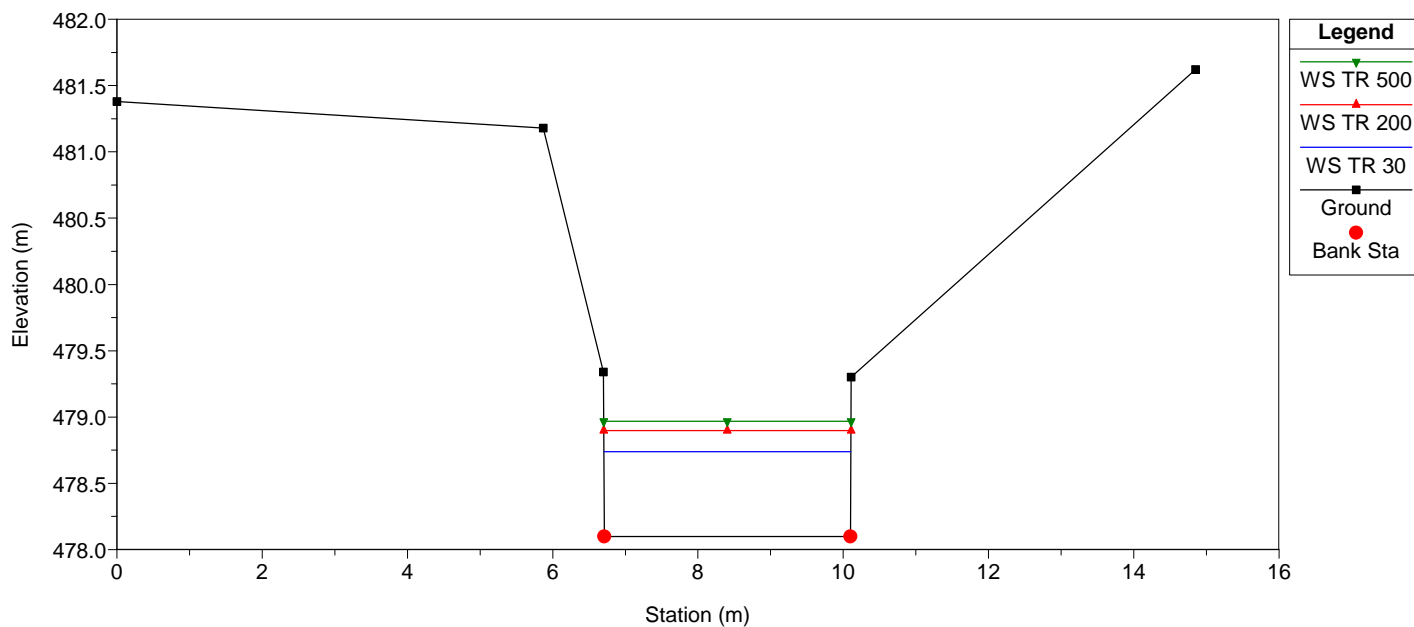
RS = 28 Sezione G-G valle



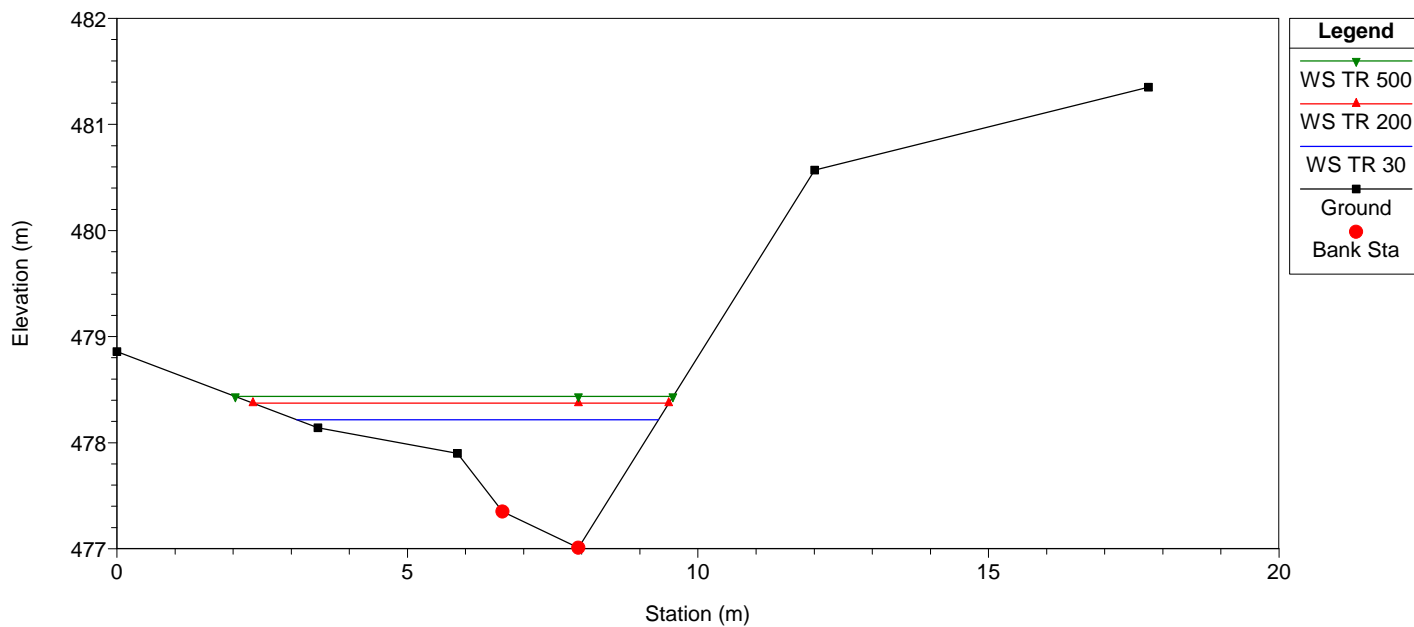
RS = 27 Sezione H-H monte



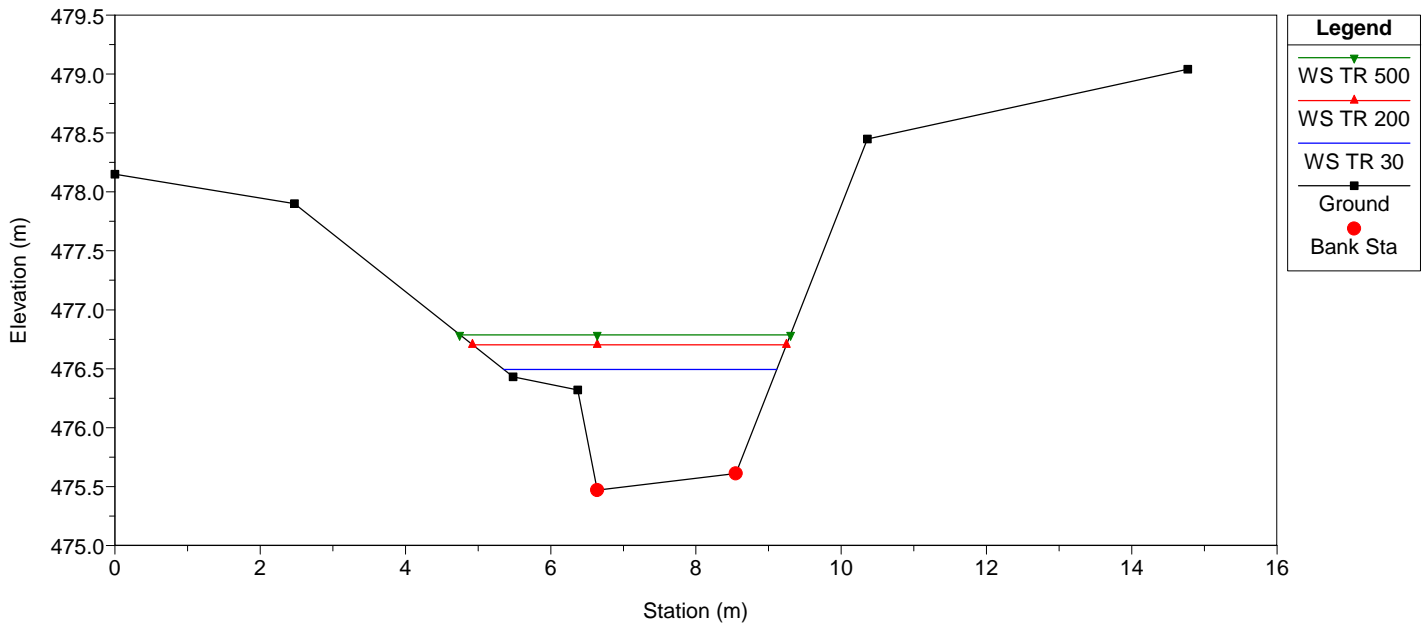
RS = 26 Sezione H-H valle



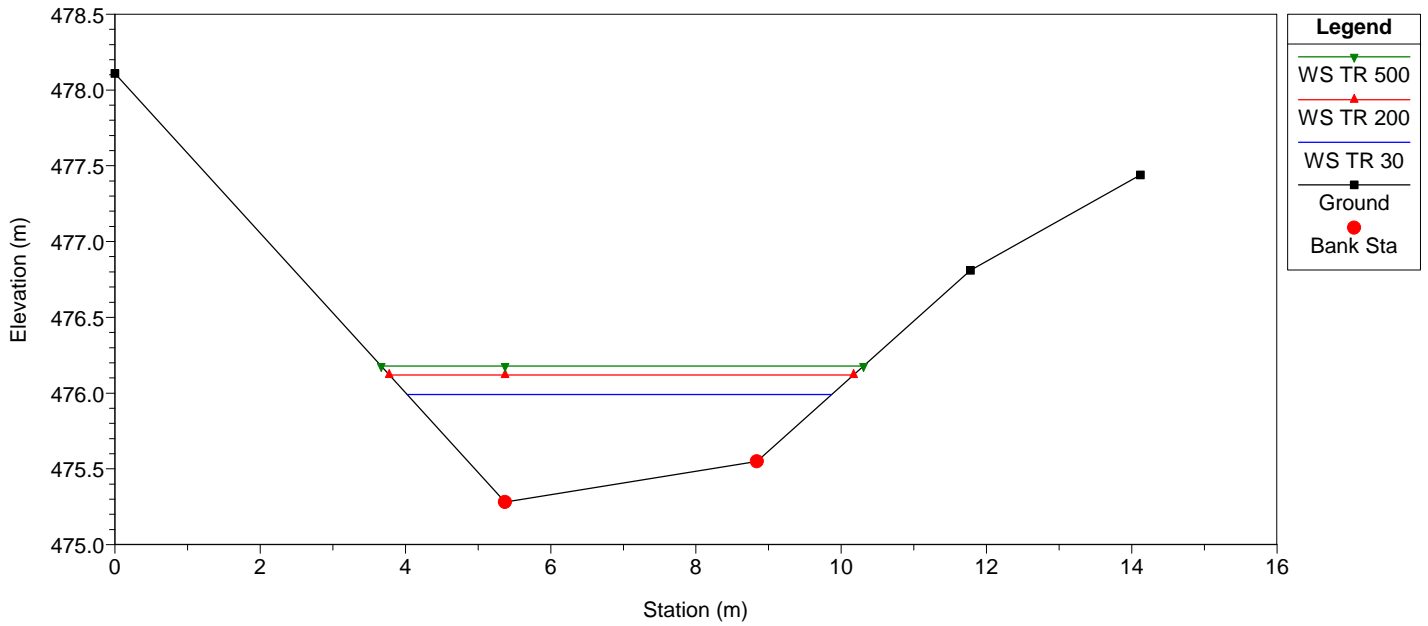
RS = 25 Sezione I-I



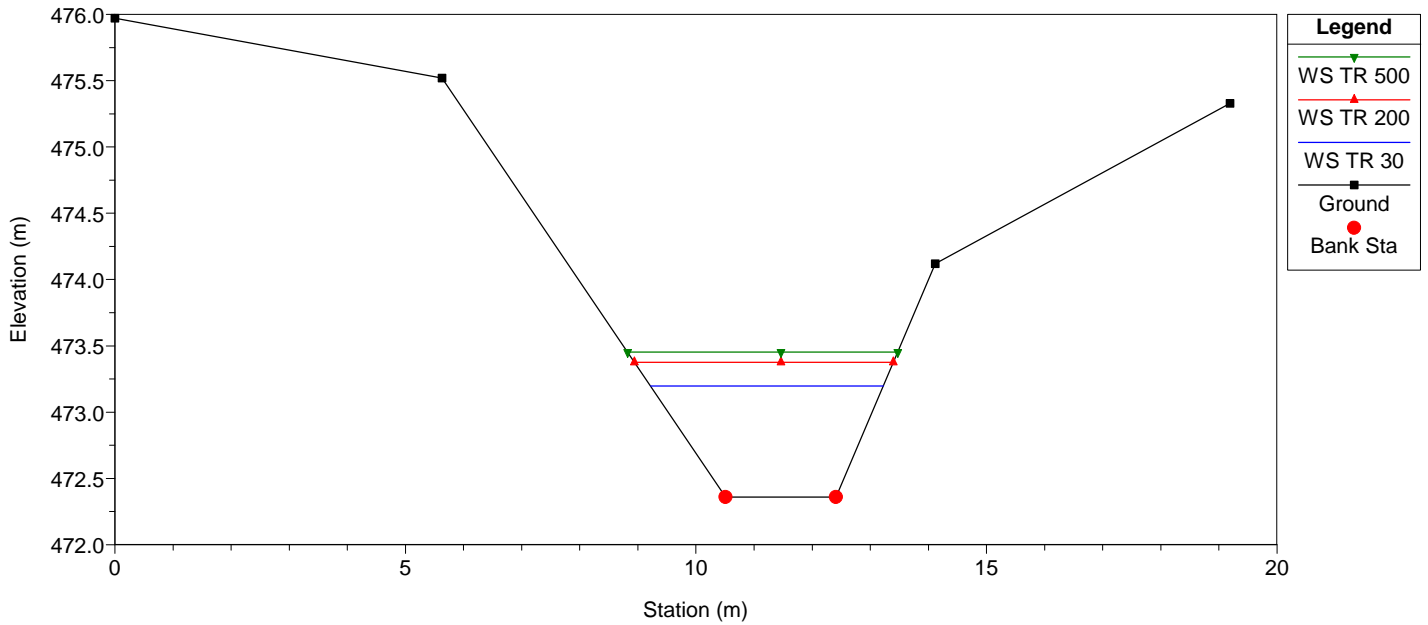
RS = 24 Sezione L-L



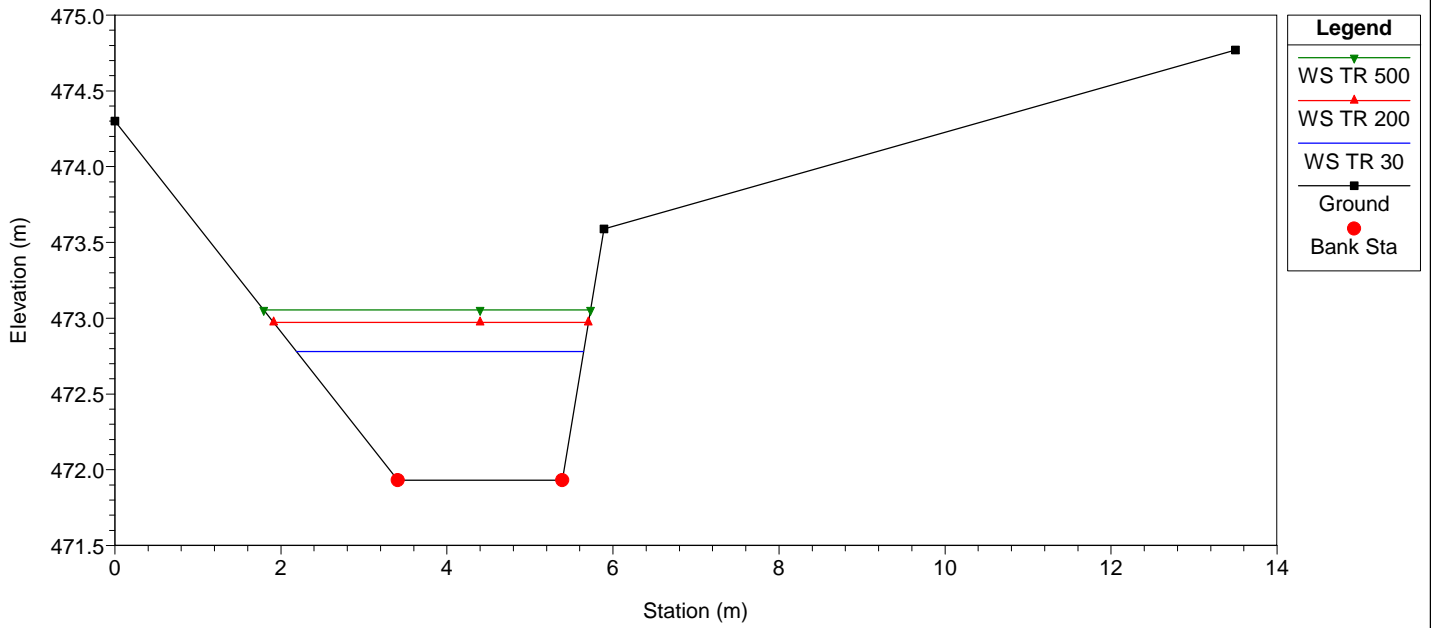
RS = 23 Sezione M-M



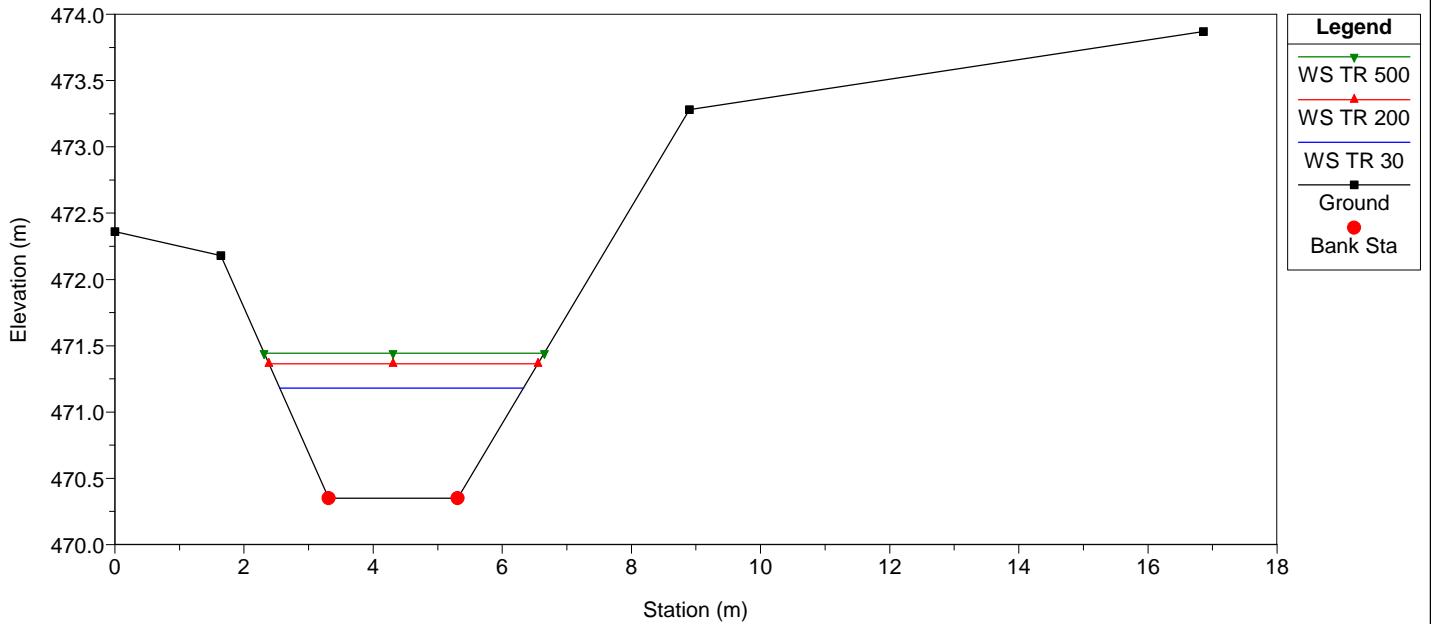
RS = 22 Sezione N-N



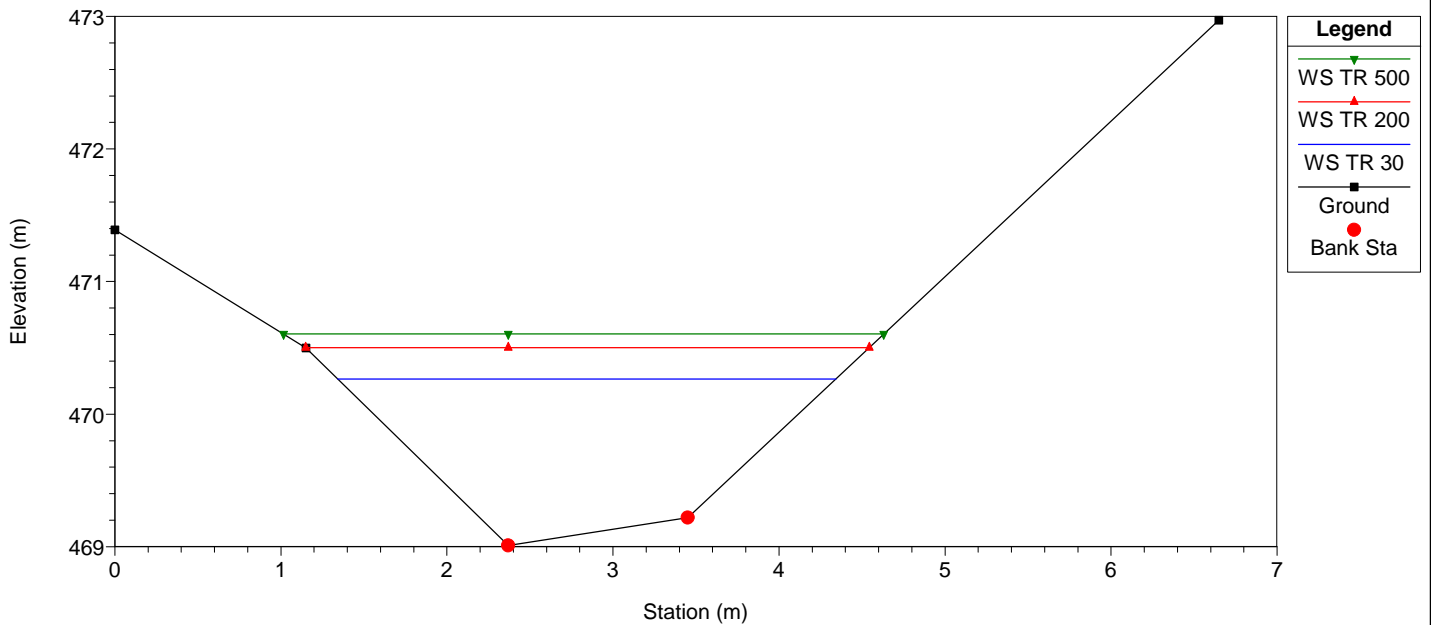
RS = 21 Sezione N1-N1



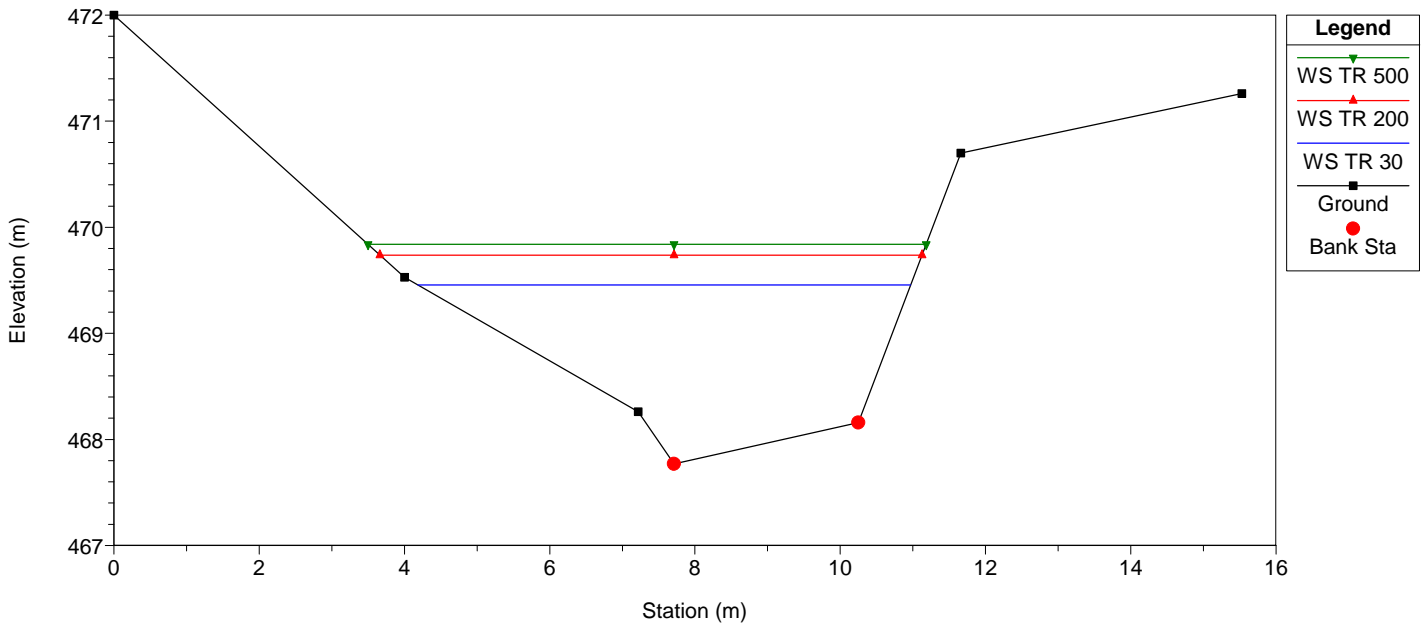
RS = 20 Sezione O-O



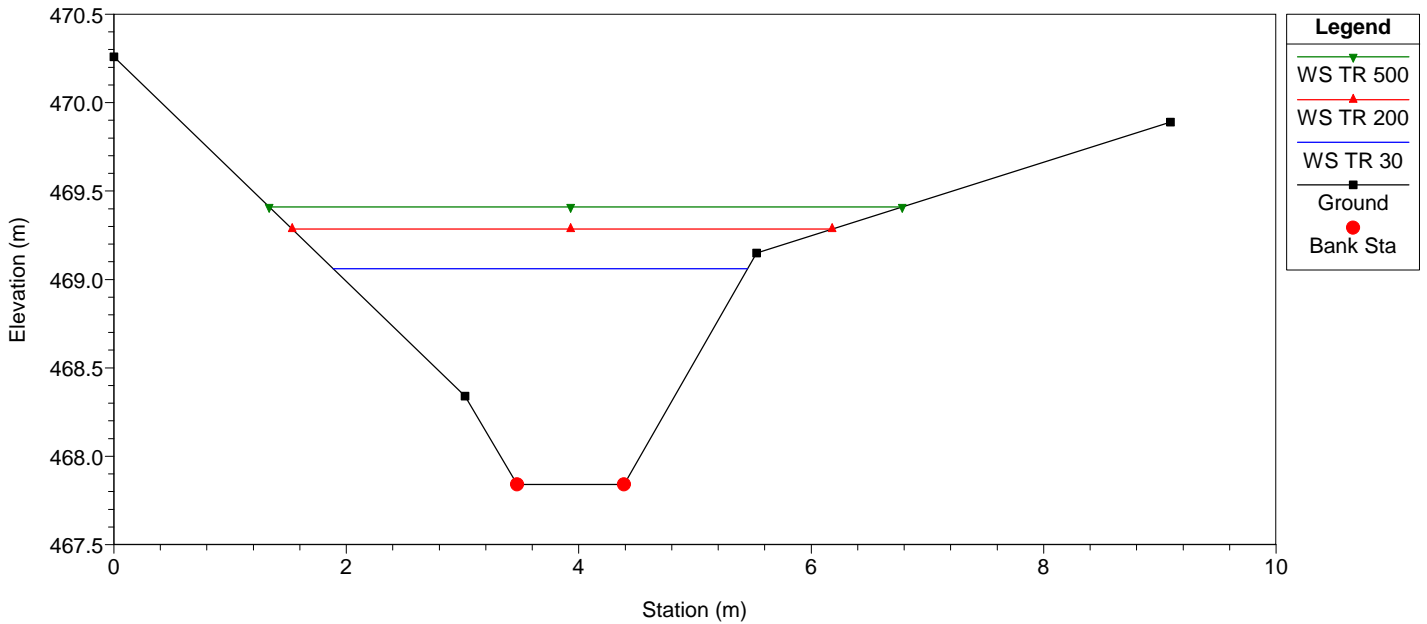
RS = 19 Sezione P-P



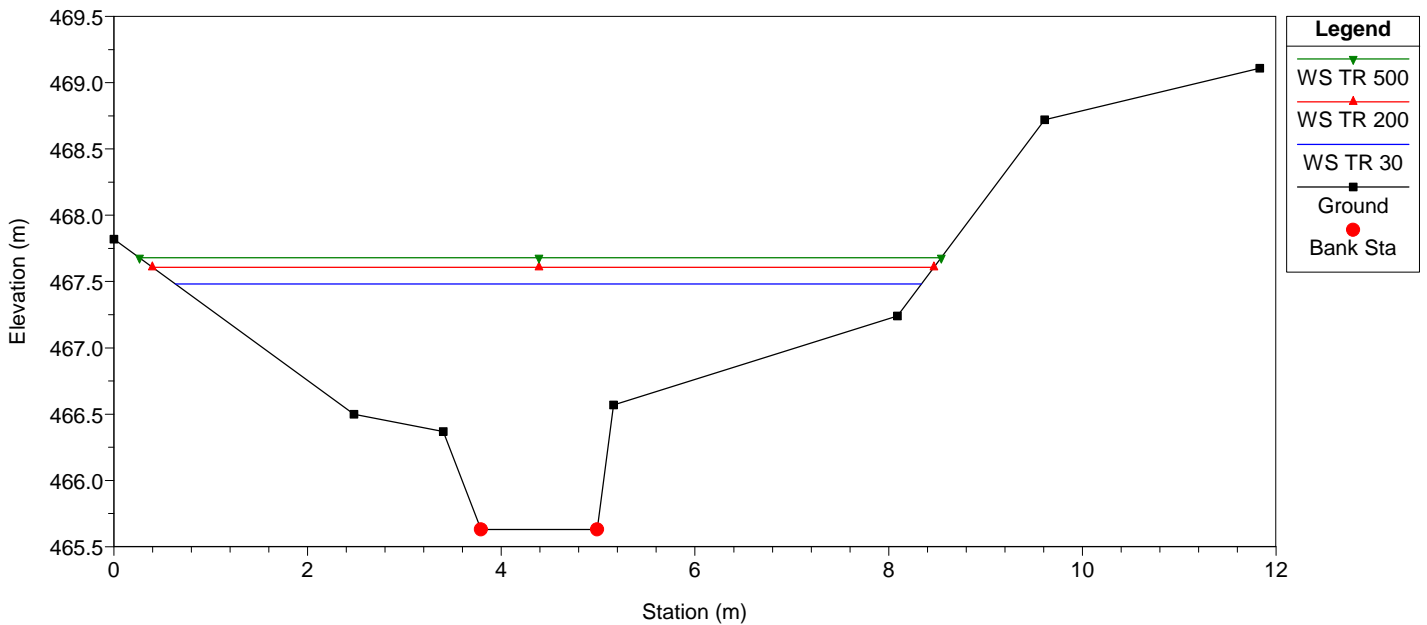
RS = 18 Sezione Q-Q



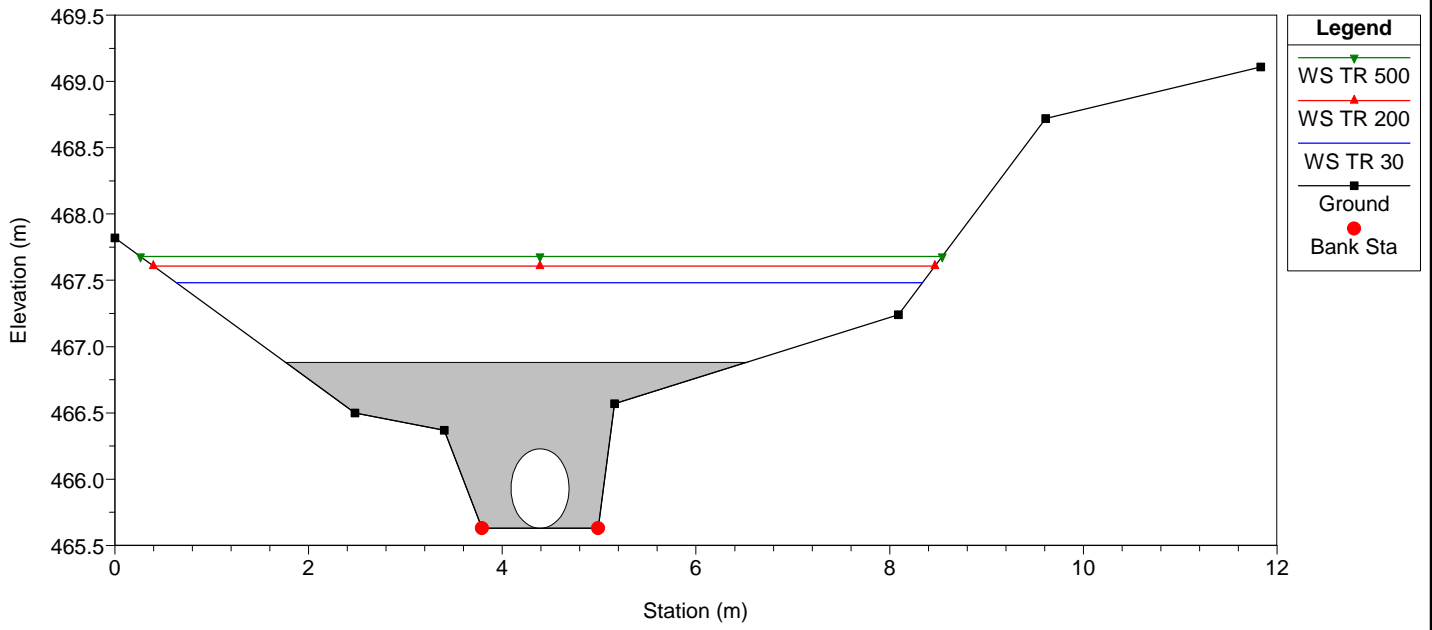
RS = 17 Sezione R-R



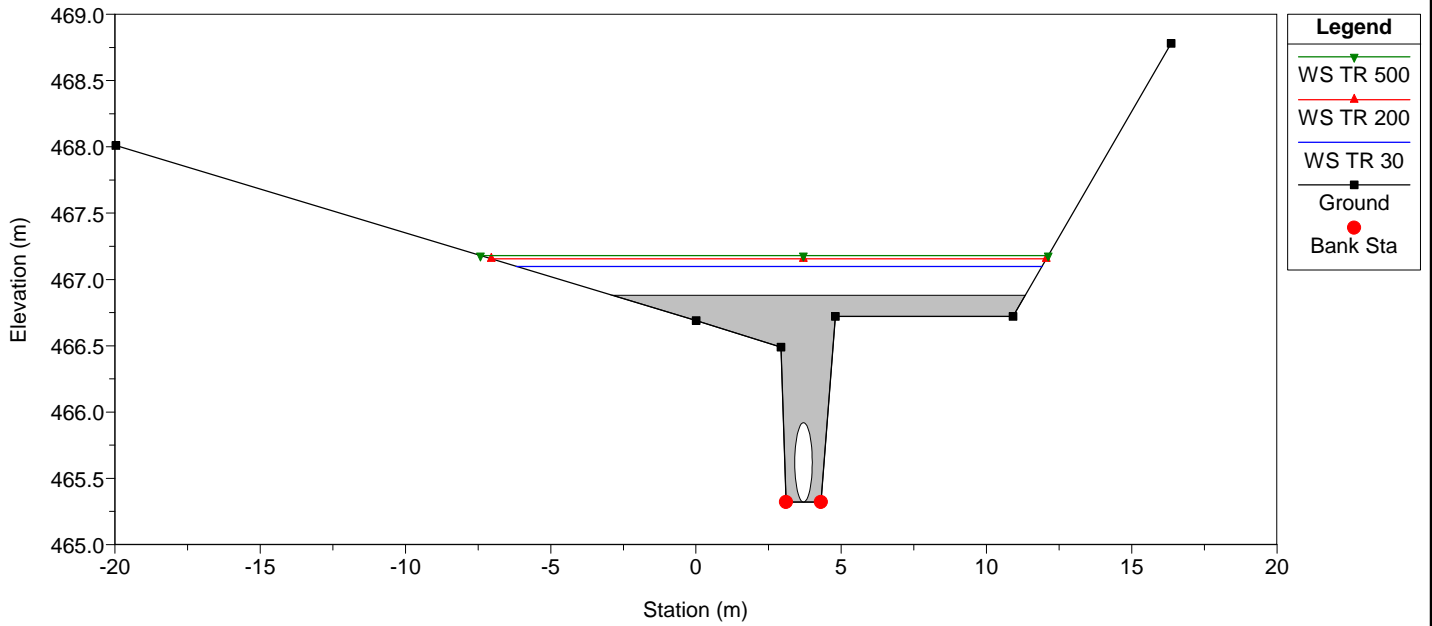
RS = 16 Sezione S-S



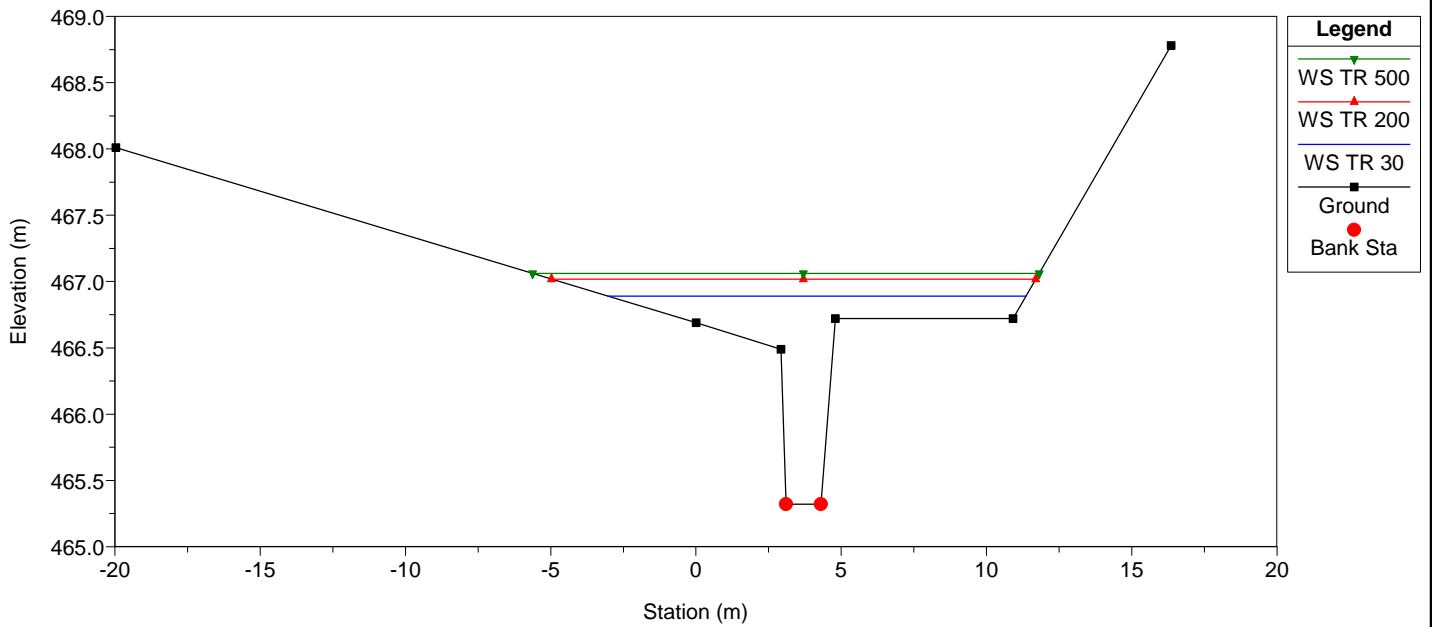
RS = 15.5 Culv Attraversamento privato



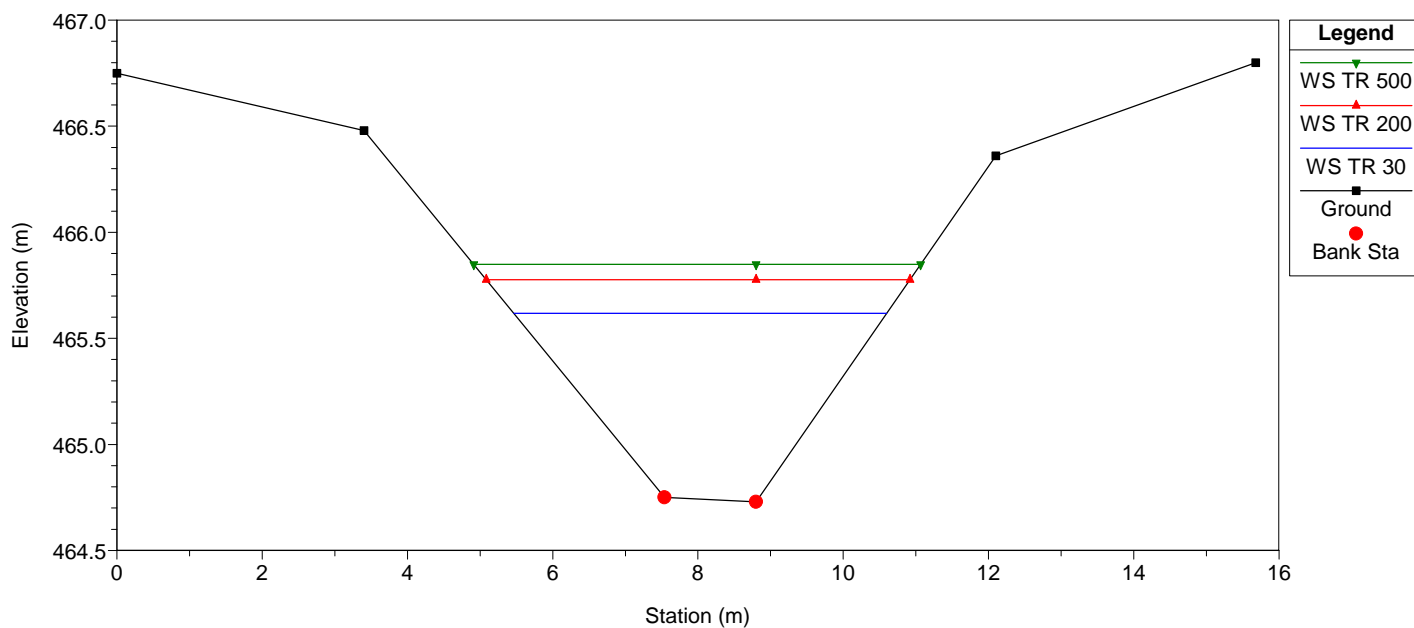
RS = 15.5 Culv Attraversamento privato



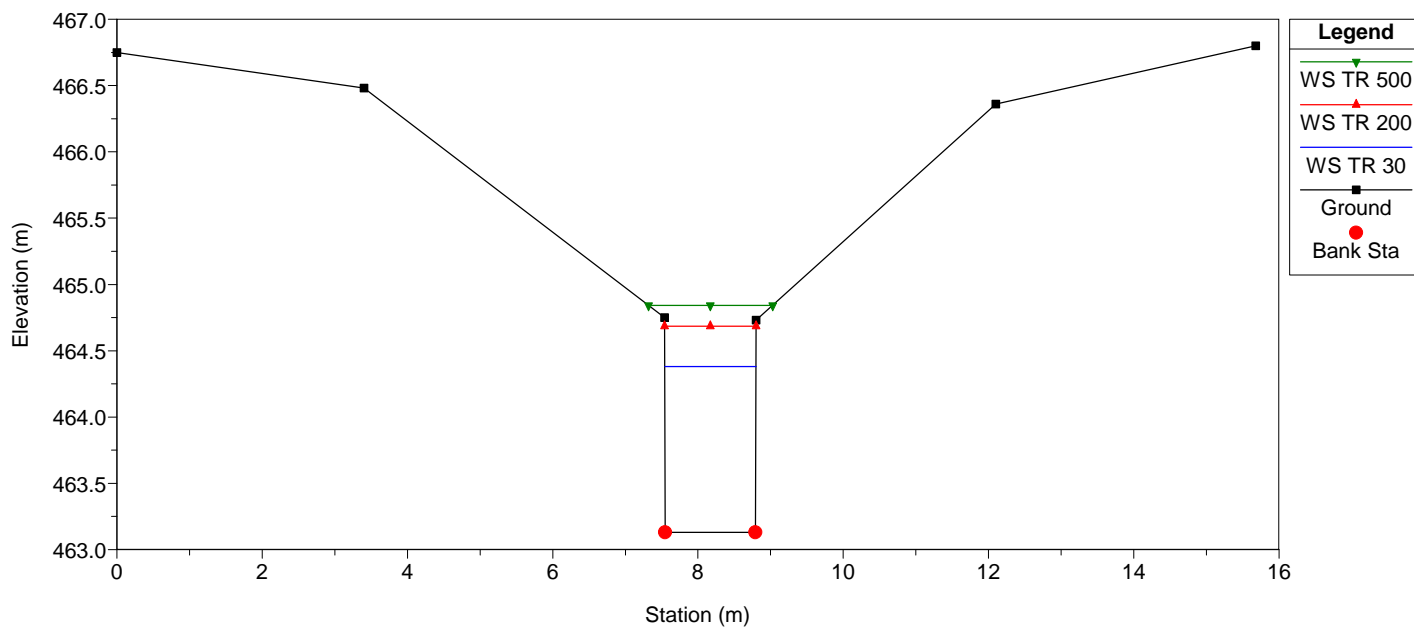
RS = 15 Sezione T-T



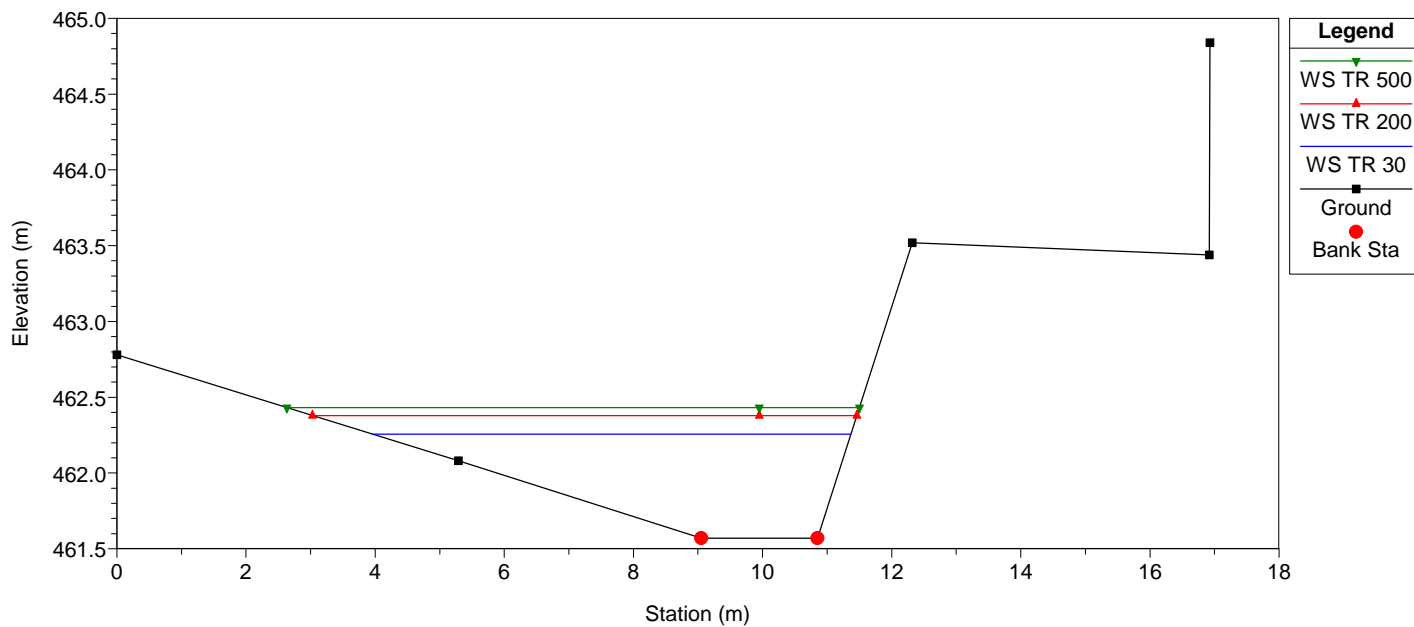
RS = 14 Sezione U-U monte



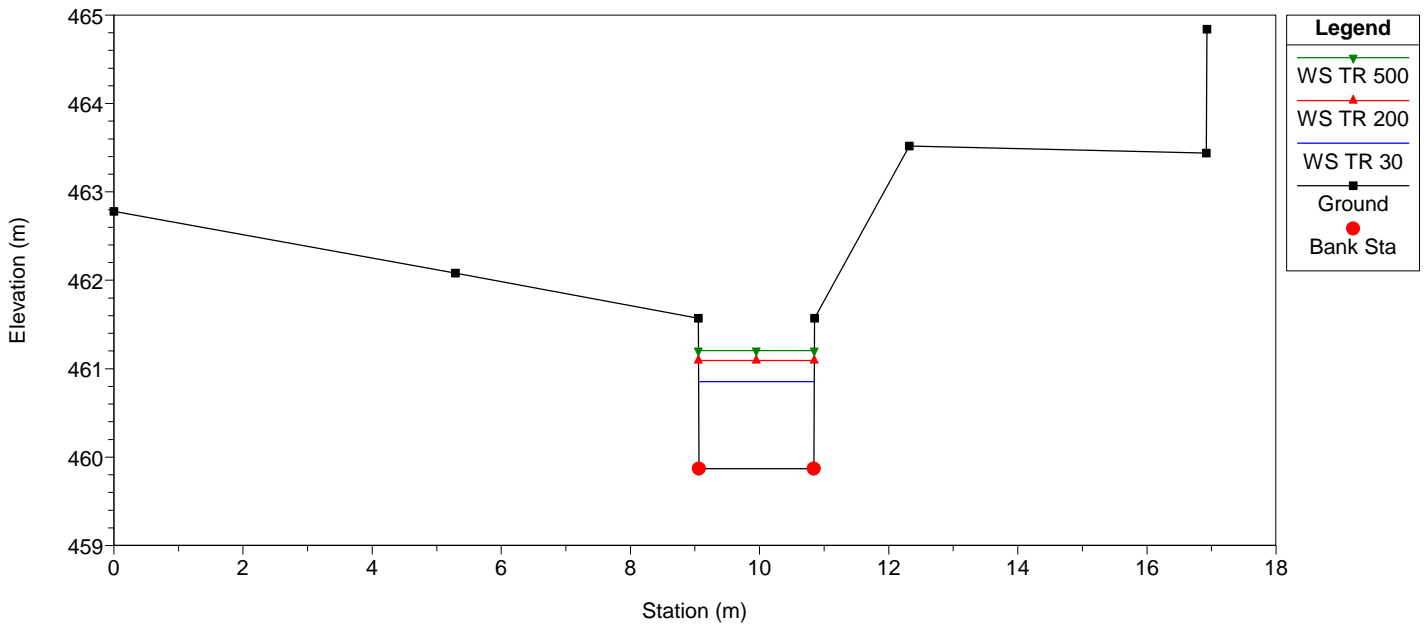
RS = 13 Sezione U-U valle



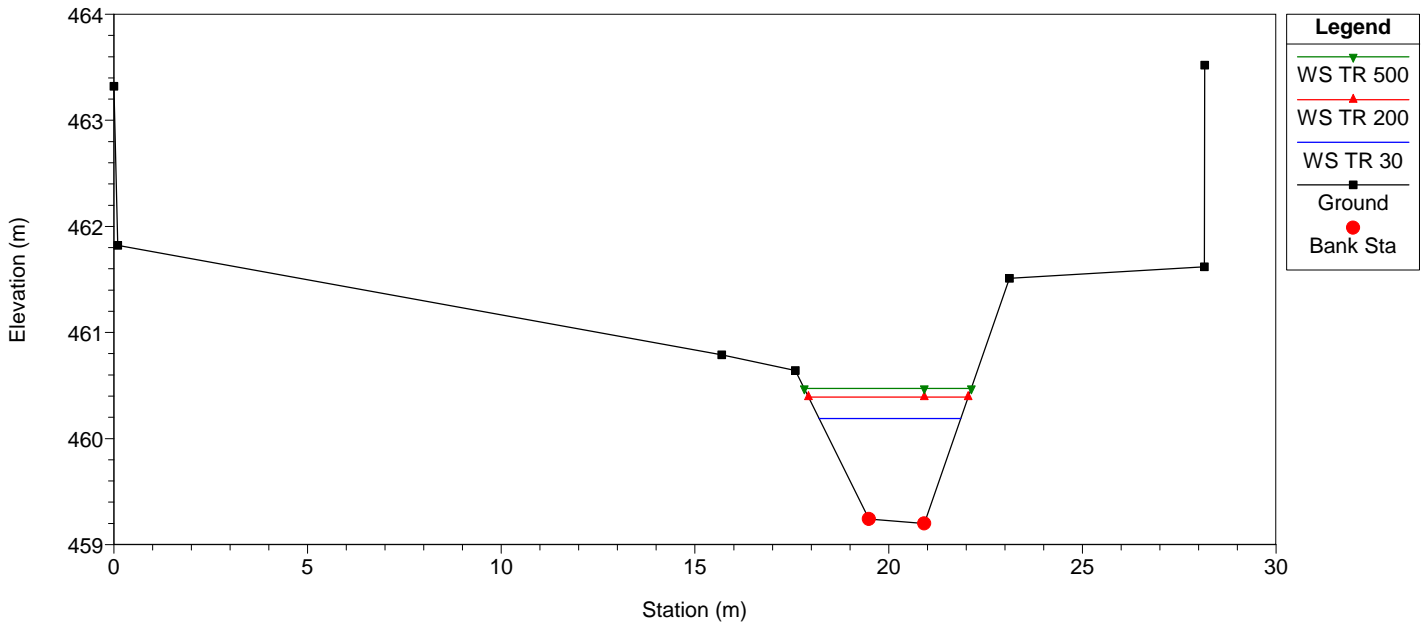
RS = 12 Sezione V-V monte



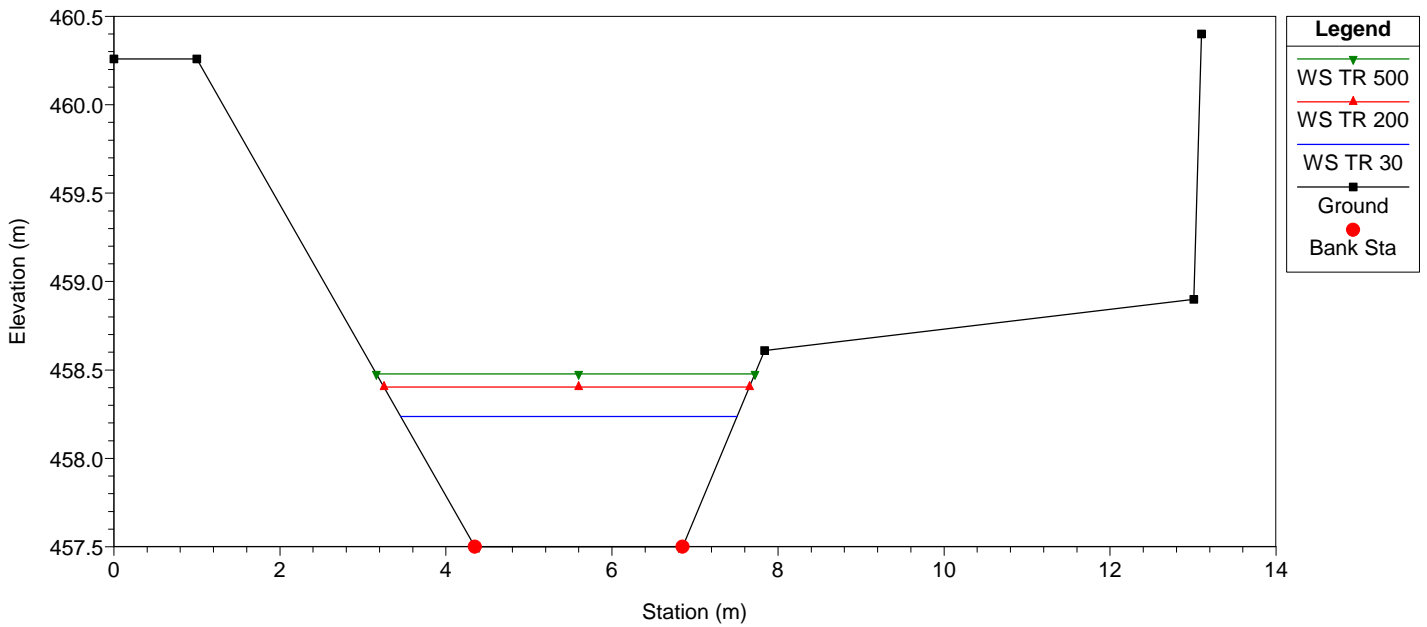
RS = 11 Sezione V-V valle



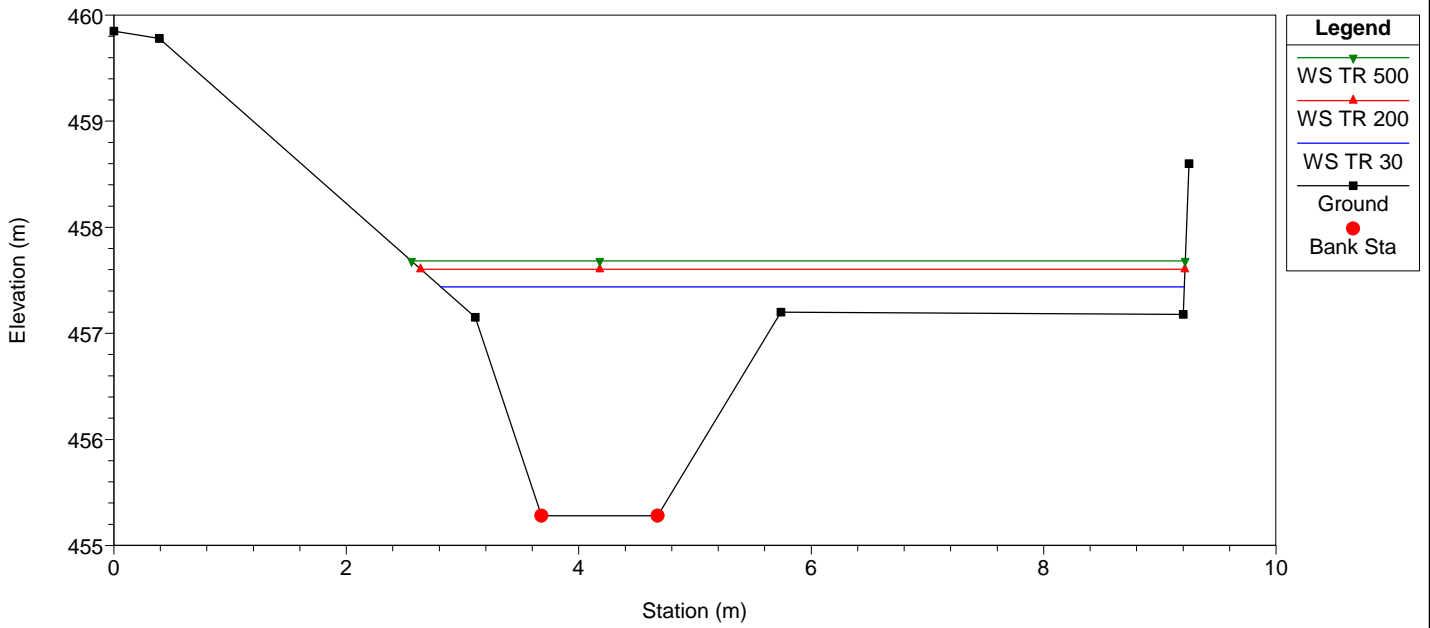
RS = 10 Sezione Z-Z



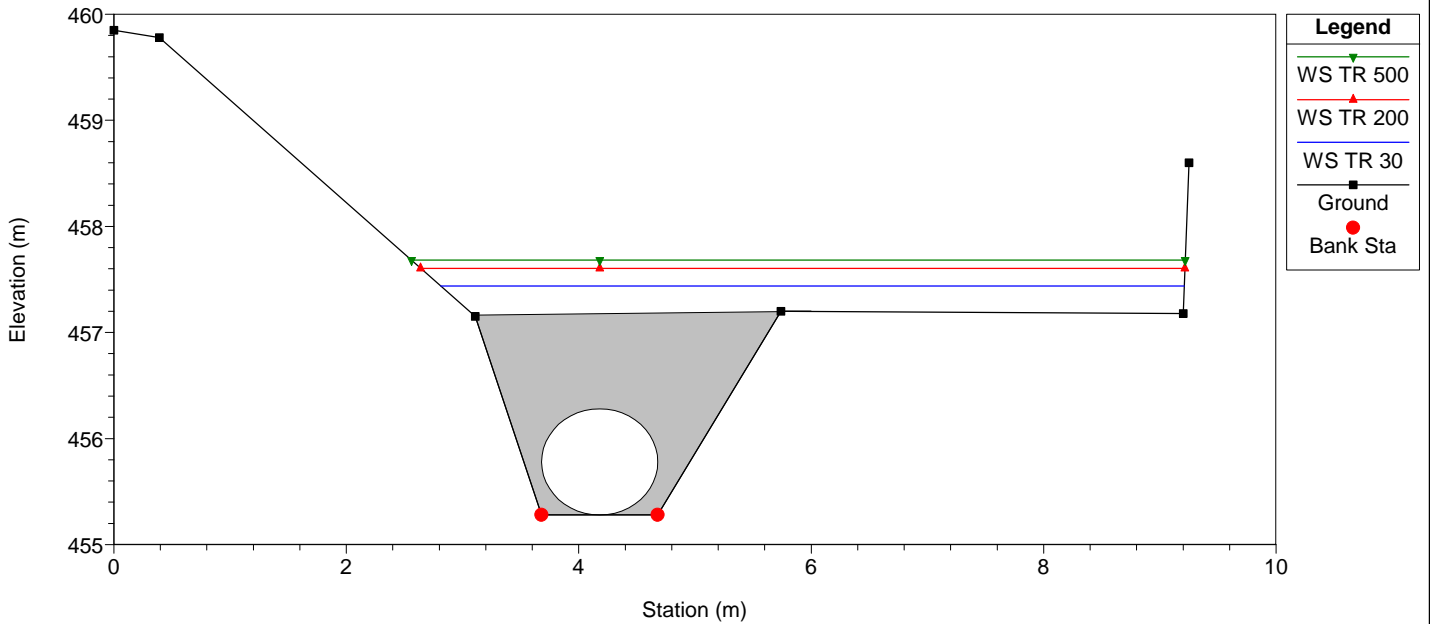
RS = 9 Sezione AA-AA



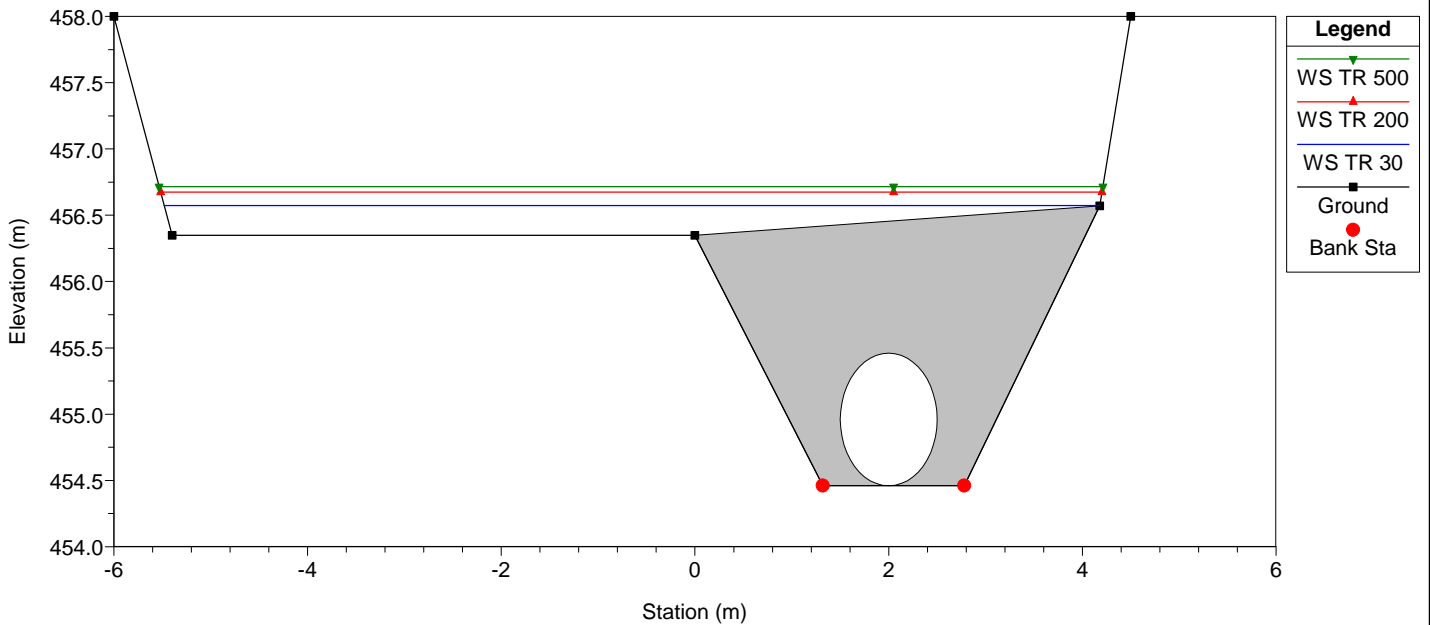
RS = 8 Sezione AB-AB



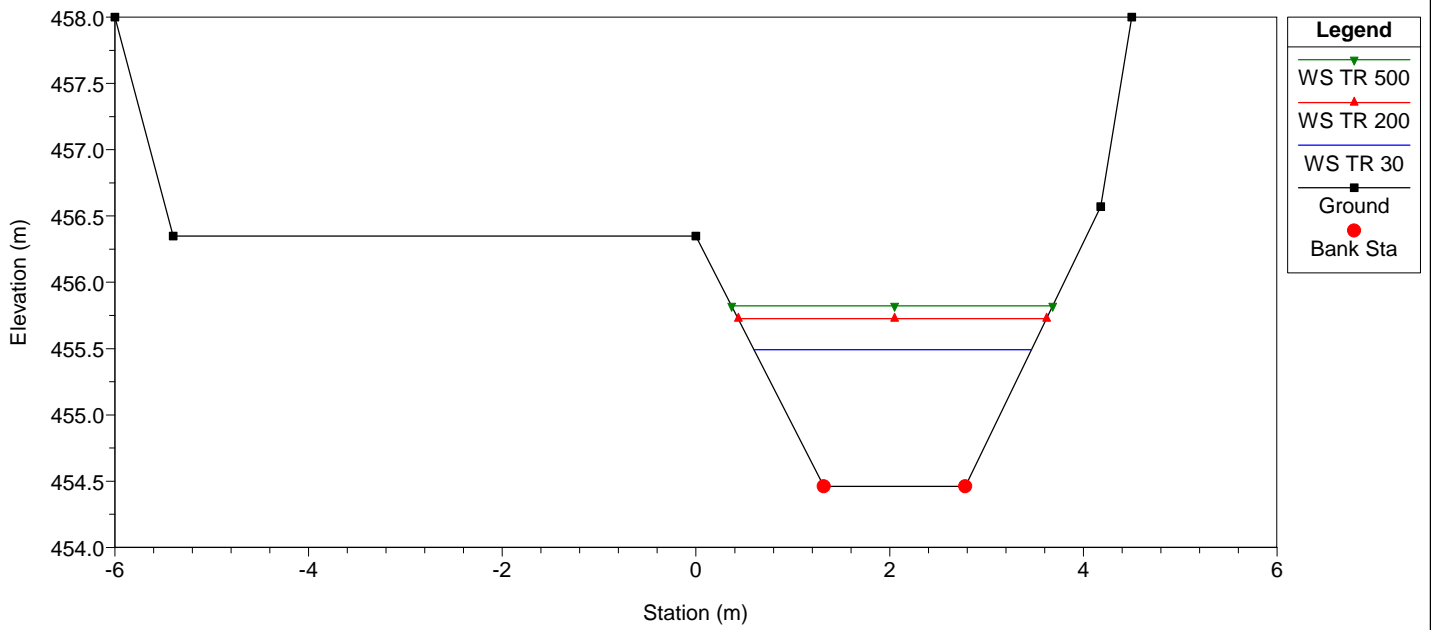
RS = 7 Culv Strada pubblica



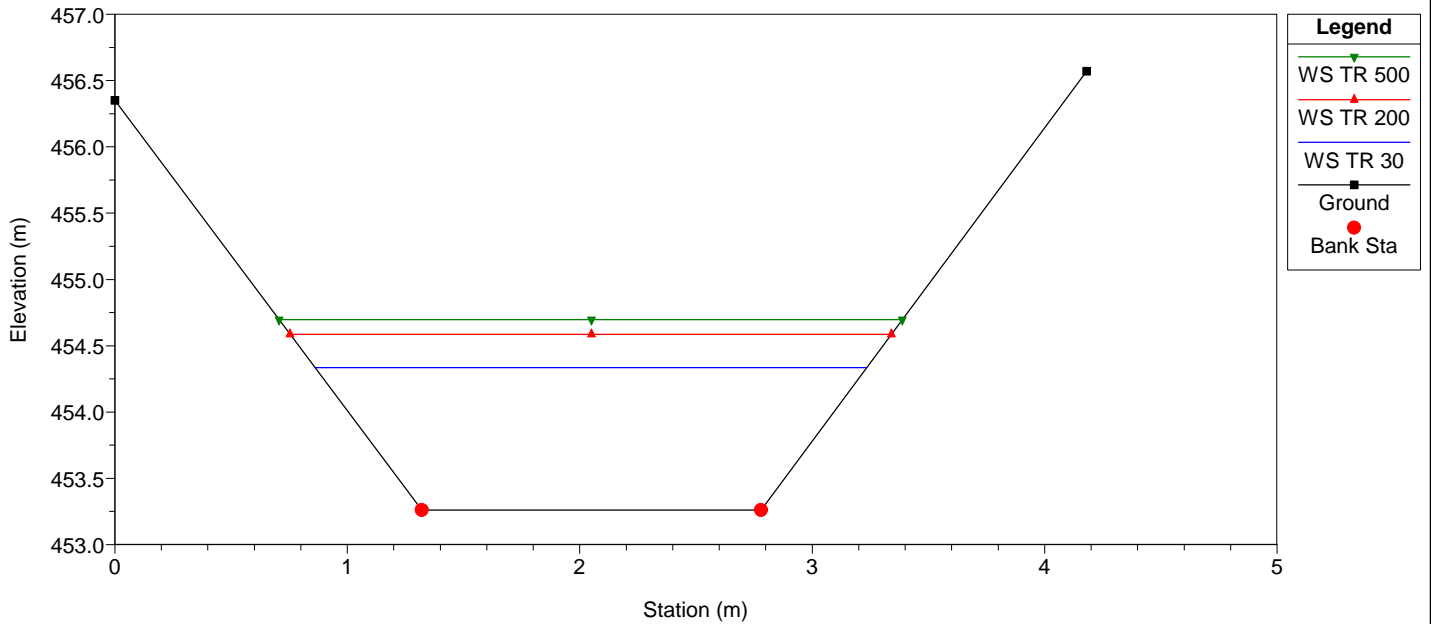
RS = 7 Culv Strada pubblica



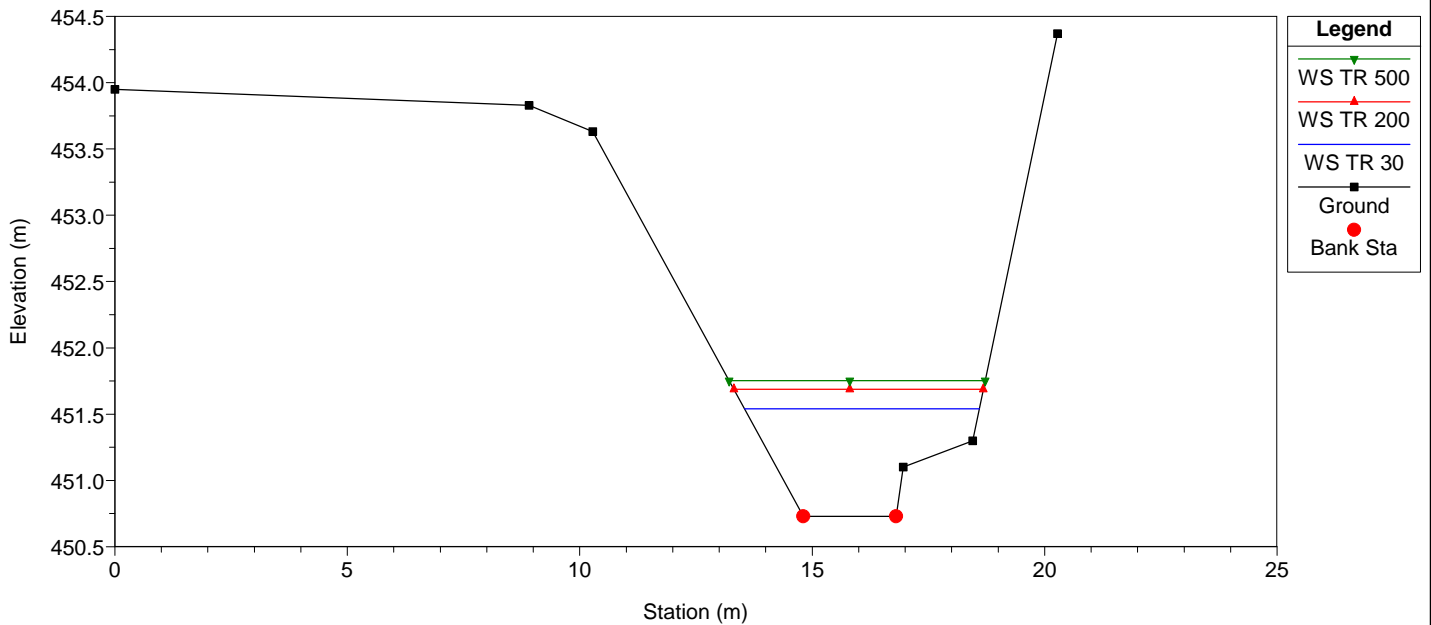
RS = 6 Sezione AC-AC



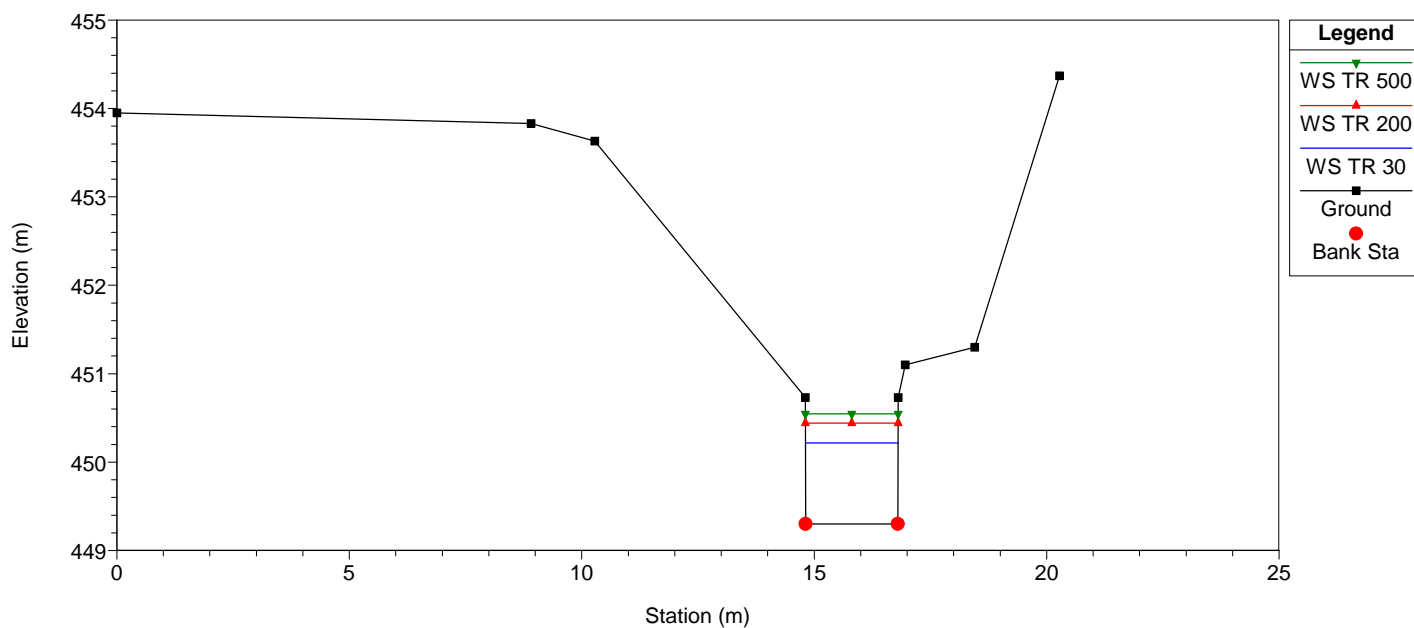
RS = 5 Sezione AC-AC - valle



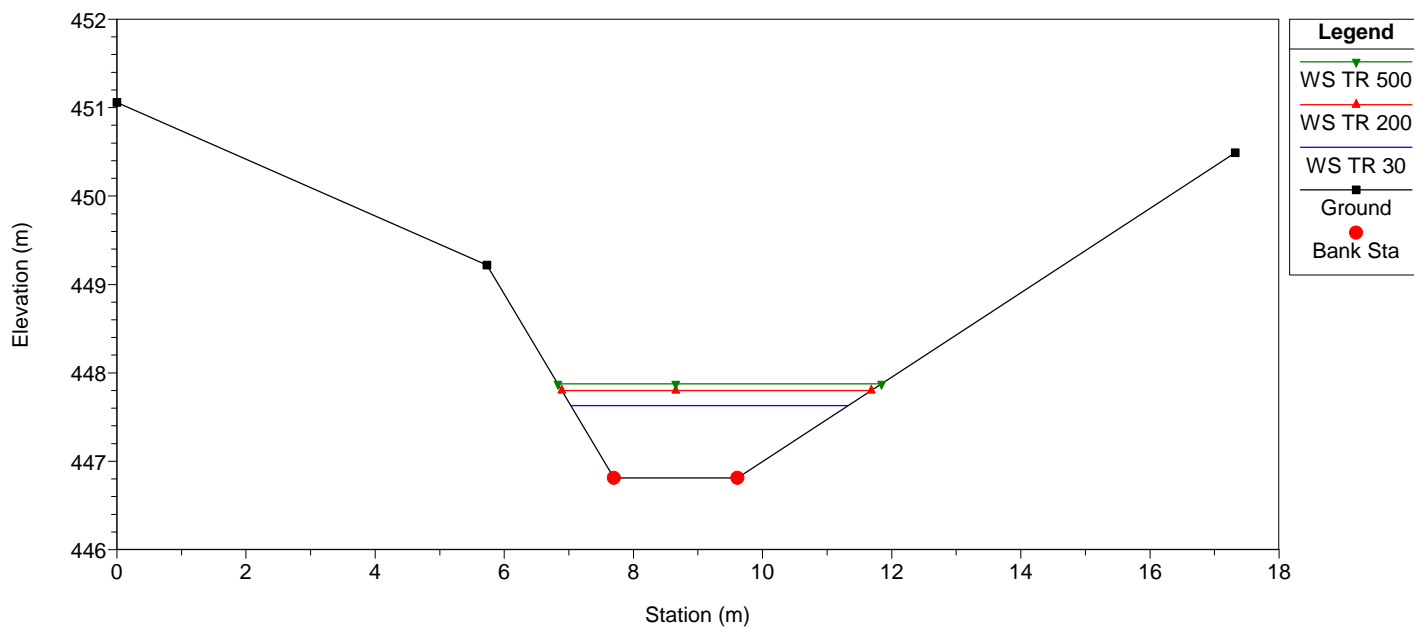
RS = 4 Sezione AD-AD monte



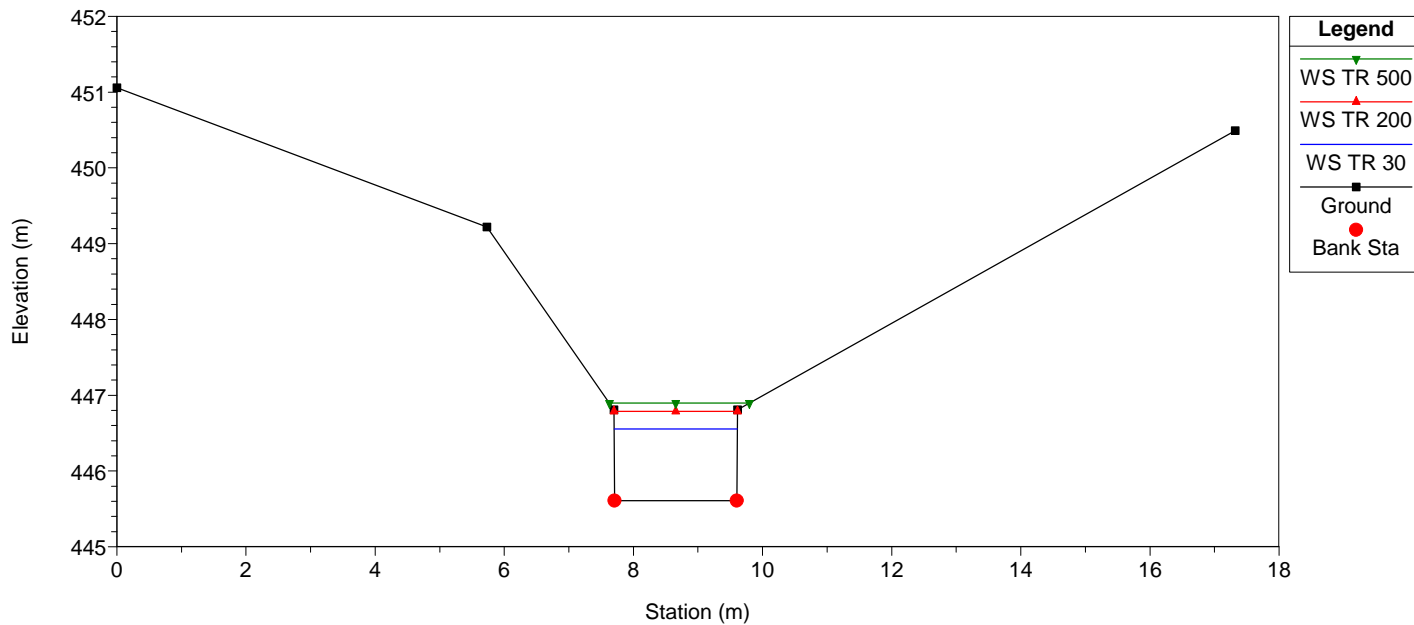
RS = 3 Sezione AD-AD valle



RS = 2 Sezione AE-AE monte



RS = 1 Sezione AE-AE valle



RS = 0 Sezione AF-AF monte

