

REGIONE AUTONOMA
VALLE D'AOSTA

COMUNE DI
VALTOURNENCHE



REGION AUTONOME
VALLEE D'AOSTE

COMMUNE DE
VALTOURNENCHE

PROGETTO:
LAVORI DI RIFACIMENTO DEL TRATTO DI TUBAZIONE DEL COLLETTORE
FOGNARIO IN LOC. PERRERES NEL COMUNE DI VALTOURNENCHE.



PROJET

Committente:

Comune di Valtournenche

Progettista

Dott. Ing. Perret Riccardo

Frazione Champoluc, Rue des Guides
n°2 - 11020 - AYAS(AO)

Cell: 3333615011

E-mail: vdaprojet@libero.it

Elaborato

Relazione Idraulica

OPERA

V01004

ARGOMENTO

PP

DOC. E PROG.

RI01

FASE

0

REV.

3

FILE NAME:

NOTE:

SCALA:

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
4					
3					
2	Progetto Preliminare Rev03	Ottobre 2018	PERRET	PERRET	PERRET
1	Progetto Preliminare Rev02	Settembre 2017	PERRET	PERRET	PERRET
0	Progetto Preliminare	Febbraio 2017	PERRET	PERRET	PERRET

TIMBRO E FIRMA:

INDICE GENERALE

Sommario

1.	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DI STUDIO.....	2
2.	MODELLO IDRAULICO.....	6
2.1.	Ipotesi adottate nella modellazione idraulica.....	8
3.	RISULTATI.....	10
4.	CONCLUSIONI.....	13
	BIBLIOGRAFIA.....	13

1. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DI STUDIO.

Scopo del presente studio è valutare se, in caso del passaggio di un'onda di piena associata ad un periodo di ritorno elevato, esiste la possibilità che i livelli idrici che si instaurano nel torrente Marmore, posto in Valtournenche, possano lambire l'area di interesse posta nelle immediate vicinanze del torrente in sponda sinistra orografica.

Viene quindi analizzato un tratto di torrente, della lunghezza di circa 100 m, posto a monte del Lago Perreres nell'alta Valtournenche. L'area oggetto di studio è visualizzata nella Figura 1 successiva in cui è visibile una veduta d'insieme dell'area.

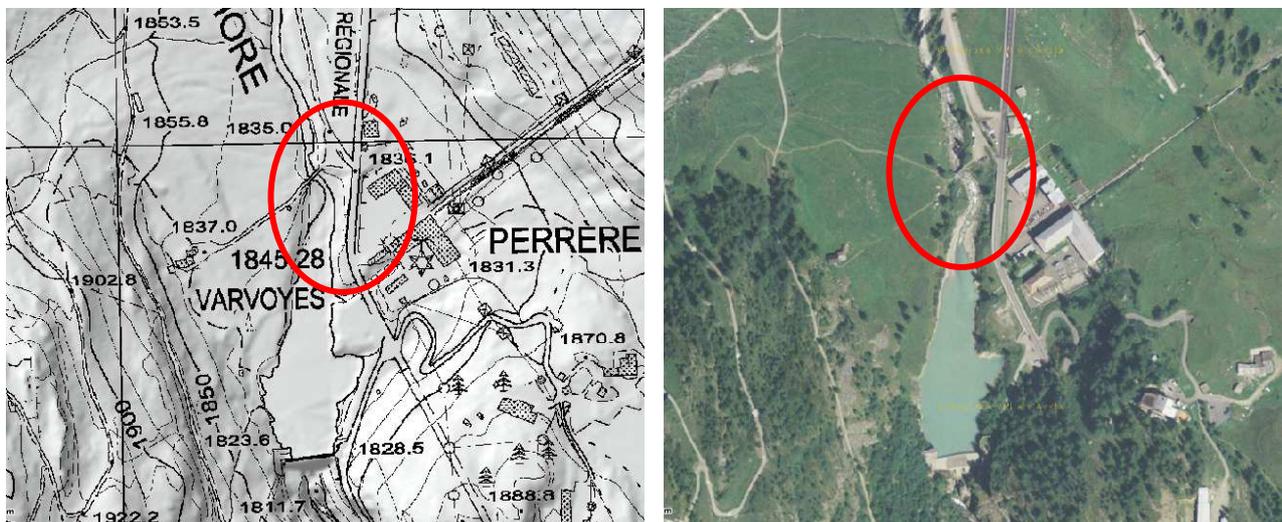


Figura 1. Caratteristiche altimetriche della zona e immagine satellitare. Area oggetto di studio posta nel tratto a monte del lago evidenziata nell'area cerchiata in rosso.

In Figura 2 viene riportata un'immagine aerea più dettagliata della zona, con evidenziata l'area oggetto della simulazione.

Come si può notare dalla Figura 3, il torrente scorre in un alveo piuttosto confinato da sponde a pendenza elevata e con zone di espansione laterale a pendenza meno rilevante. Il fondo alveo è caratterizzato dalla presenza di massi e pietre di dimensioni anche importanti, superiore a 0.50 cm. Al di fuori dell'alveo sono presenti aree caratterizzate dalla presenza di vegetazione sia a di tipo erbaceo sia ad alto fusto, con una densità comunque tale da non ostacolare il flusso dell'acqua



Figura 2. Immagine satellitare dell'area oggetto di studio.



Figura 3. Il torrente Marmore in prossimità del fabbricato oggetto di indagine.

L'alveo è caratterizzato da numerosi piccoli salti di fondo, dovuti alla presenza di massi e affioramenti in roccia che permettono però di mantenere un fondo alveo piuttosto regolare e con pendenze piuttosto elevate, dell'ordine di circa il 4%-7%.

In sponda orografica sinistra è presente l'area oggetto di intervento rispetto alla quale verranno valutati i livelli idrici nel corso d'acqua e come questi possano influenzare o interessare l'area oggetto di intervento (Figura 4). In quest'area, attualmente sono presenti alcune strade e delle aree destinate a posteggio.

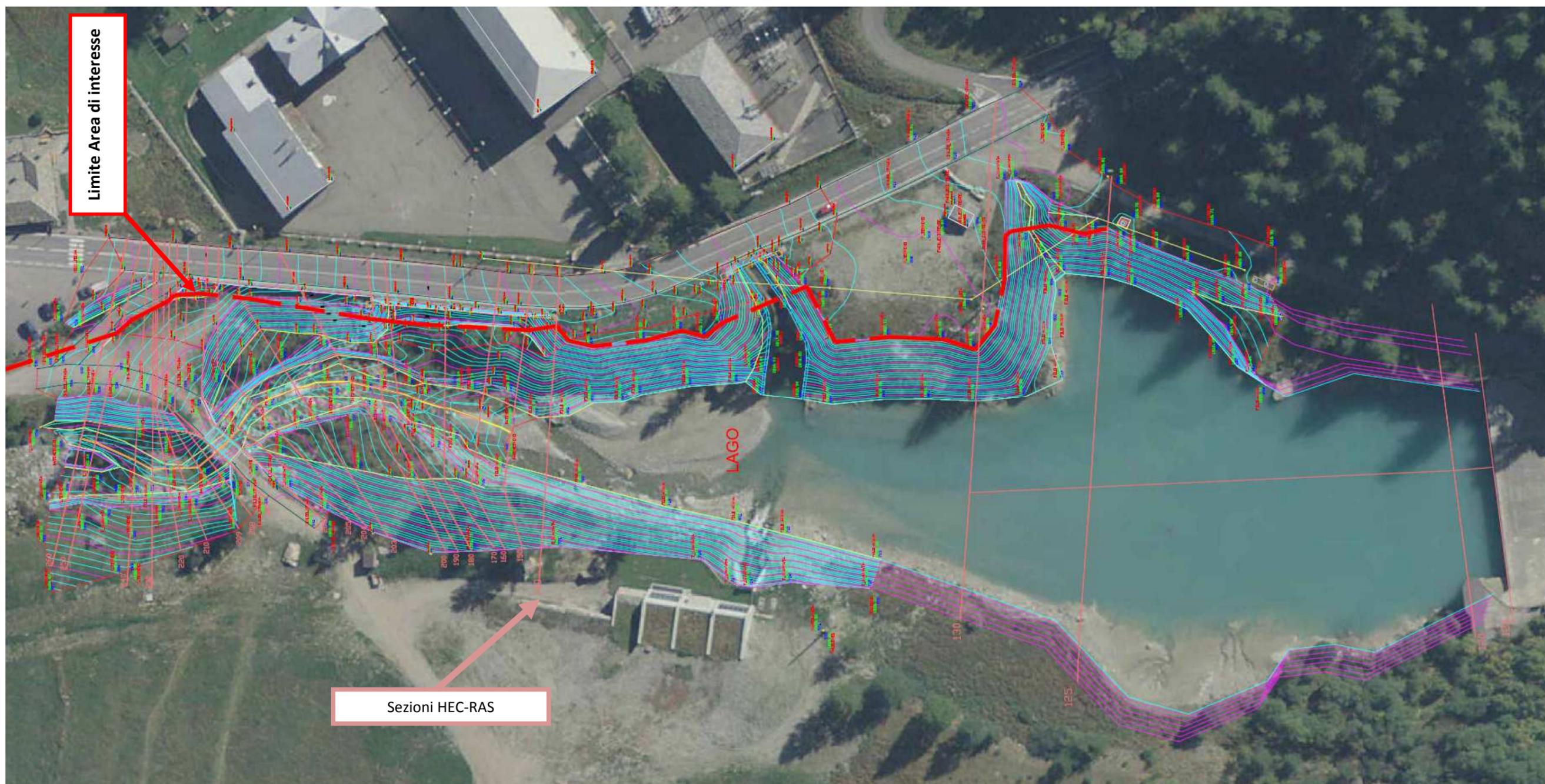


Figura 4. Rilievo eseguito sovrapposto all'immagine satellitare dell'area di interesse.

2. MODELLO IDRAULICO.

Lo studio dei livelli idrici che si possono instaurare all'interno del torrente è eseguito grazie al software USACE HEC-RAS, distribuito gratuitamente tramite download dal sito internet

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/> .

al quale si rimanda per i dettagli relativi all'applicabilità del software e alla tipologia di algoritmo di calcolo che adotta. Nel seguito si indicano nello specifico solo le opzioni di calcolo scelte per effettuare la modellazione.

Il software HEC-RAS ha una validità ormai riconosciuta a livello mondiale. È usato dai professionisti di tutto il mondo ormai da alcuni decenni, permettendo una elevata affidabilità.

Il software permette di realizzare una modellazione idraulica di un torrente in condizioni di moto monodimensionale, permettendo il trattamento di tre tipologie di moto:

- Permanente (steady flow), in cui sia le caratteristiche idrauliche dell'alveo sia la portata non varia nel tempo;
- Quasi-permanente (quasi-unsteady flow), ideale per studiare il trasporto solido, in cui le variazioni di portata vengono gestite come un susseguirsi di moti permanenti, ciascuno caratterizzato da una variazione di portata;
- Vario (unsteady flow), in cui la portata può variare nel tempo.

Per gli scopi del presente studio si è ritenuto opportuno e sufficiente valutare le condizioni di regime di piena nella condizione "steady flow", ossia in condizioni di moto permanente. I valori di portata Q_T adottati per la verifica dei livelli sono riportati nella Tabella 1 seguente, in cui si riportano i valori di portata idrologica Q_C e di portata totale Q_T , comprendente l'incremento del 5% dovuto al trasporto solido, ottenuti dall'analisi idrologica.

Tabella 1. Portata idrologica e portata con incremento per trasporto solido valutate per il tratto di torrente in esame.

Tempo di ritorno	Portata di piena	Portata con incremento per trasporto solido (105%)
T_R [anni]	$Q_C(T_R)$ [m ³ /s]	$Q_T(T_R)$ [m ³ /s]
5	22.9	27.5
10	34.7	41.6
20	40.8	49.0
50	57.0	68.4
100	65.4	78.5
200	75.5	90.6
500	90.0	108.0

I valori di portata sopra riportati sono stati ricavati utilizzando i parametri forniti dallo studio di regionalizzazione delle portate della Regione Autonoma della Valle d'Aosta. Nel seguito si riportano i calcoli effettuati.

CALCOLO PORTATE DI PIENA					
<u>Calcolo tempo di corrivazione Metodo Pezzoli</u>					
Superficie bacino		[kmq]	A		43,00
Altezza massima		[m s.l.m.]	Hmax		4.400,00
Altezza media		[m s.l.m.]	Hm		3.000,00
Lungh.percorso idraulic. più lungo		[km]	L		8,53
Altitudine sezione di chiusura		[m s.l.m.]	Ho		1.823,00
Pendenza media		[-]	p		0,30
Tempo di corrivazione con formula Pezzoli		[h]	tc		0,85
<u>Verifica correttezza tc</u>					
Tempo di percorrenza		3073	[s]	1.50 [m/s]<v<3.00 [m/s]	
Velocità		2,78	[m/s]		
<u>Calcolo portate di piena</u>					
Coord. Baricentro Bacino		X	405165	[m]	E
		Y	5077111	[m]	N
R _{i1}	10,53653	[mm]	Valore di pioggia Indice		
n	0,54816848	[-]	Esp. di scala n		
Tr	0,43	[h]	Tempo di ritardo = (Tempo di Corrivazione)/2		
Cd	0,3	[-]	Coefficiente di deflusso		
<u>Calcolo curva di possibilità pluviometrica. Metodo della Regione Autonoma della Valle d'Aosta</u>			<u>Calcolo portate di piena con il Metodo Razionale</u>		
$h(d, T_R) = K_T * R_{i1} * T_R^n$			$Q_c(T_R) = 0.28 * C_d * (h(d, T_R) / t_c) * A$		
Tempo di ritorno	Fattore di crescita delle precipitazioni	Curva di possibilità pluviometrica	Tempo di ritorno	Portata di piena	Incremento per trasporto solido
					[%]
T _R	K _T	h(d, T _R) [mm]	T _R	Q _c (T _R) [mc/s]	20
5	0,82	5,4	5	22,9	27,5
10	1,24	8,2	10	34,7	41,6
20	1,46	9,6	20	40,8	49,0
25	1,69	11,2	25	47,2	56,7
50	2,04	13,5	50	57,0	68,4
100	2,34	15,5	100	65,4	78,5
200	2,7	17,8	200	75,5	90,6
500	3,22	21,3	500	90,0	108,0

2.1. Ipotesi adottate nella modellazione idraulica

Per realizzare correttamente la modellazione idraulica sono state fatte varie ipotesi di natura strettamente idraulica, descritte compiutamente nel seguito.

Estensione del tratto oggetto di modellazione.

Il tratto fluviale oggetto di modellazione è stato sottoposto ad un rilievo di dettaglio. Si è deciso, una volta effettuati i sopralluoghi e una volta ottenute le prime misure tramite il rilievo topografico, di rilevare e modellare un tratto di torrente della lunghezza complessiva di circa 100 m. Il tratto si estende a monte del del Lago formato dall'invaso di Perrères, interessando anche un ponte destinato all'attraversamento della strada diretta ad un piccolo insediamento abitativo.

Le sezioni fluviali e il rilievo in generale sono estesi in particolar modo sulla sponda sinistra dove sono presenti alcune infrastrutture viarie, dei posteggi, e dove è presente l'area di interesse verso la quale si richiede lo studio delle possibili interferenze con i livelli di piena.

Geometria del modello.

La geometria caricata nel modello è stata ottenuta da un rilievo topografico di dettaglio. Per garantire una migliore risoluzione numerica del modello, alcune sezioni sono state interpolate tramite la routine apposita presente all'interno del software stesso. Si è cercato di mantenere una buona perpendicolarità delle sezioni in prossimità dell'alveo fluviale, variando la loro inclinazione nella parte esterna all'alveo stesso. Grazie al tool operativo di HEC-RAS, grazie al quale è possibile interpolare le sezioni fluviali, si è ricostruita la geometria generale dell'area oggetto di studio infittendo a passo inferiore ad 1 metro le sezioni fluviali. Ciò ha permesso, in seguito ad alcuni test preliminari, di ottenere un modello con risultati poco sensibili alla variazione del passo tra le sezioni stesse.

Condizione al contorno di monte.

Il tratto di alveo analizzato presenta dal punto di vista planimetrico un andamento piuttosto regolare, fattore che, in teoria, dovrebbe permettere l'adozione di una condizione al contorno di monte tale che la pendenza motrice che caratterizza la corrente sia pari ad una pendenza prefissata, definita "normal depth". In realtà le simulazioni condotte evidenziano che questa condizione genera delle instabilità numeriche in quanto l'alveo è a forte pendenza, con un'interferenza possibile generata dalla presenza del ponte che determina un restringimento dell'alveo fluviale. Data la pendenza elevata è più logico quindi attendersi come condizione di monte il passaggio per l'altezza critica, condizione plausibile in quanto, se a monte si genera un disturbo della corrente di qualsiasi tipo, essendo l'alveo a pendenza elevata, è possibile che si generi il passaggio per l'altezza critica (condizione "critical depth" in HEC-RAS). Sotto queste condizioni si è inoltre notato una migliore stabilità numerica della corrente al variare della portata di simulazione.

Condizione al contorno di valle.

Il tratto in esame termina all'interno di un Lago. Dal punto di vista idraulico ne risulta quindi che il livello di valle può ritenersi fisso al variare della portata in arrivo, lasciando presupporre che la condizione migliore sia

quella individuabile con l'opzione "known WS". Per migliorare comunque i risultati della simulazione, tenendo conto delle variazioni del livello di sfioro all'invaso, si è ricostruita la geometria della soglia di sfioro. Adottando questo accorgimento, dato che la soglia di sfioro è ad efflusso libero su profilo sagomato con scivolo di valle senza possibilità di rigurgito, si è deciso di adottare la condizione "critical depth" anche a valle, rispettando così la condizione idraulica effettiva allo sfioro. In questo modo, inoltre, il livello idrico risulta dipendere dalla portata in transito permettendo un'ottimizzazione dei risultati. Il livello imposto risulta essere pari alla soglia di sfioro risulta essere pari a 1814 m s.l.m..

Coefficiente di scabrezza di Manning.

L'alveo principale è caratterizzato dalla presenza di massi, anche di dimensioni notevoli, e da affioramenti di roccia che determinano irregolarità di fondo.

Le sponde, pur caratterizzate dalla presenza di massi, hanno un andamento più regolare, ma hanno al loro interno degli alberi ad alto fusto e della vegetazione sia di tipo erbaceo, piuttosto rada, e alcuni cespugli.

Tenendo conto dei valori suggeriti dal manuale di HEC-RAS, si è deciso di adottare per la modellazione un valore di $0.050 \text{ s/m}^{1/3}$ per la parte dell'alveo inciso, mentre un valore di $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ per la parte delle sponde.

Tipologia di moto.

La modellazione viene condotta nella condizione "steady flow", corrispondente alla condizione di moto permanente. Le portate di verifica sono quelle ottenute nelle valutazioni di tipo idrologico descritte precedentemente.

Identificazione dell'area di interesse.

L'area di interesse è posta in sponda orografica sinistra e si sviluppa lungo tutte le sezioni caricate in HEC-RAS. Per garantire una loro identificazione all'interno dei profili idraulici ottenuti e rappresentati tramite l'applicazione presente nel software, si è deciso di utilizzare l'artificio di rappresentare l'edificio all'interno del modello posizionando in corrispondenza del lato verso l'alveo un "levee". I "levees" identificano in realtà in HEC-RAS gli argini. Operando in questo modo il "levee" che identifica il bordo dell'area è rappresentabile graficamente nei modelli e quindi è facilmente identificabile se le portate caratterizzate dai vari periodi di ritorno interessano l'area oggetto di studio. Da un punto di vista numerico, finché il livello idrico non giunge al livello di inizio del "levee"/area di studio, il modello non subisce influenze dal punto di vista del calcolo e dei risultati.

Altre caratteristiche del modello.

All'interno del tratto di alveo oggetto di simulazione è presente un ponte stradale che permette l'attraversamento del torrente e il raggiungimento di un piccolo nucleo abitato. Il ponte è caratterizzato dalla presenza di un impalcato di spessore ridotto, appoggiato su due sponde laterali artificiali che modificano completamente la sagoma del corso d'acqua in prossimità del ponte citato (Figura 5). Tale struttura è stata inserita nel software tramite l'apposita funzione "Bridge-Culvert Data", in cui è possibile descrivere la geometria del ponte. L'impalcato e le spalle laterali verticali sono stati inseriti come "Deck/Roadway".

Dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dei ponti rilevati sono disponibili nelle tavole dedicate al rilievo topografico.



Figura 5. Ponte di attraversamento posto nel tratto oggetto di simulazione.

3. RISULTATI.

La modellazione condotta evidenzia che l'area di interesse non viene lambita o coperta dai profili della corrente valutati con periodo di ritorno $T = 200$ anni.

Come risulta evidente dalla Figura 6, in cui è visibile il profilo longitudinale dei livelli idrici, l'area di interesse, identificabile nella quota a livello terreno dai "levees" adotta un franco di circa 2m dal livello idrico che si instaura nell'alveo in seguito ad una piena con periodo di ritorno $T = 200$ anni.

Tra la sezione 190 e la sezione 150 il profilo del pelo libero si avvicina all'area di interesse che mantiene comunque un franco superiore a 1 m.

Le velocità dell'acqua (Tabella 2) risultano piuttosto elevate, con valori medi nella sezione anche superiori a 5 m/s. In realtà la distribuzione delle velocità all'interno della sezione risulta molto variabile, con velocità più ridotta in corrispondenza delle sponde che man mano cresce spostandosi verso la zona centrale di ogni sezione dove il battente idrico risulta più elevato. Nella Tabella 2 si nota, infatti, che la velocità nelle aree laterali, identificate come "Vel Left" e come "Vel Right", indicanti rispettivamente la velocità al di fuori del "Main Channel" in sponda sinistra e destra, risultano essere circa la metà della velocità attribuita al canale centrale dove il battente idrico risulta più elevato. Con riferimento al progetto in analisi, la velocità di riferimento in prossimità del limite dell'area di interesse è quella riferita al lato sinistro, ossia la "Vel Left".

Il dettaglio di ogni sezione è riportato nell'allegato 1. Si ricorda che l'indicazione del "levee" permette di identificare la posizione del limite, lato torrente, dell'area di interesse che non deve venir interessata dalle onde di piena con $T = 200$ anni.

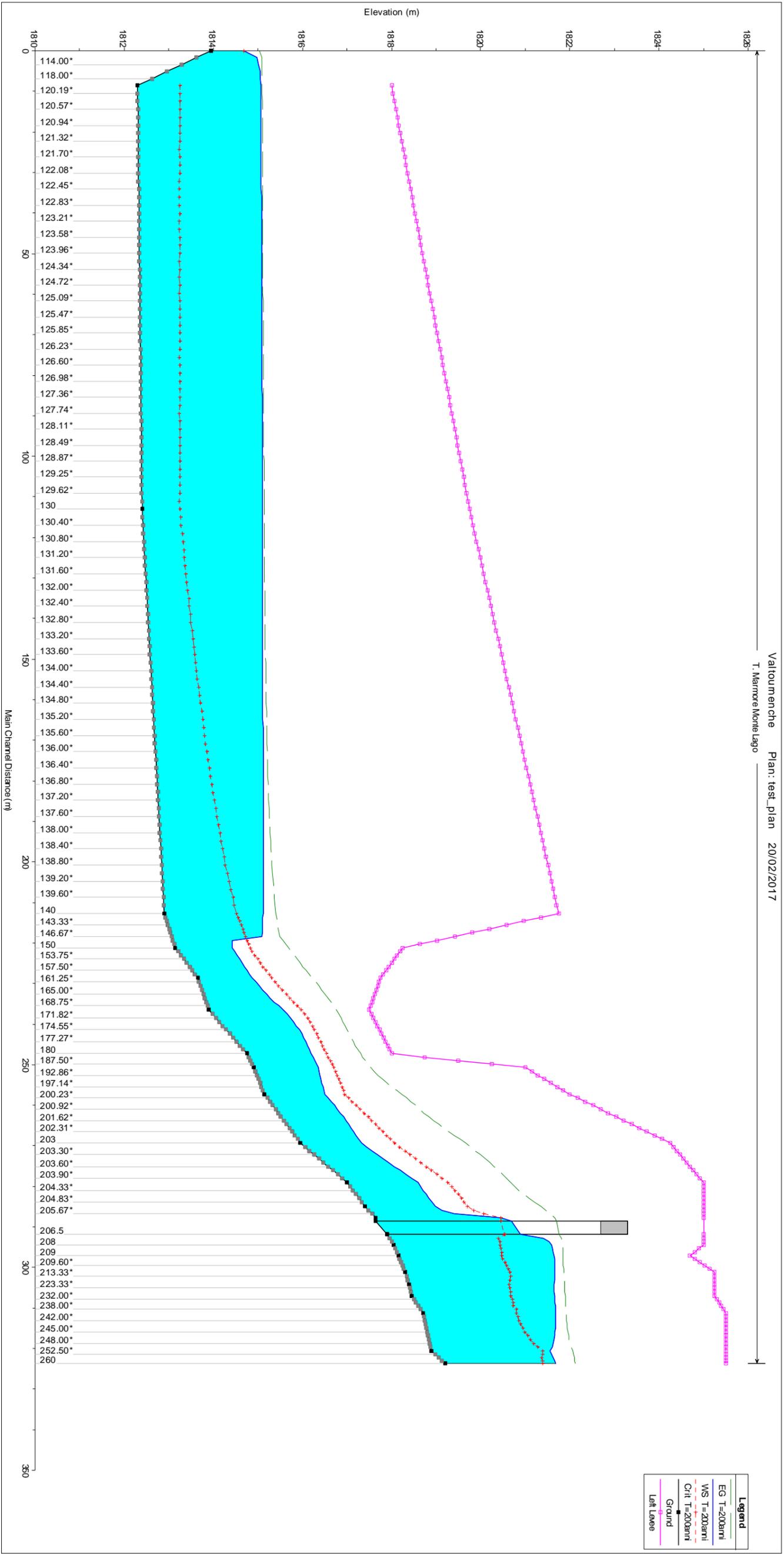


Figura 6. Modello sviluppato in HEC-RAS: Profilo longitudinale ottenuto per la piena con periodo di ritorno T = 200 anni. L'area di interesse è identificata, nel suo margine lato alveo, come "Left Levee".

Tabella 2. Risultati principali ottenuti dalla modellazione per un periodo di ritorno T = 200 anni, rispetto alle sezioni principali individuate.

River Station	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Left	Vel Chnl	Vel Right	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m2)	(m)	
260	90.6	1819.20	1821.69	1821.40	1822.12	0.0123	1.3	2.9	1.3	31.13	20.2	0.73
250	90.6	1818.90	1821.55	1821.39	1822.07	0.0153	1.9	3.2	1.4	28.81	20.1	0.81
240	90.6	1818.70	1821.69	1820.80	1821.92	0.0043	0.8	2.1	1.1	43.84	24.37	0.46
230	90.6	1818.45	1821.66	1820.67	1821.90	0.0041	0.7	2.2	0.9	42.45	21.38	0.45
220	90.6	1818.40	1821.65	1820.64	1821.88	0.0037	1.0	2.2	1.1	43.24	21.68	0.44
210	90.6	1818.30	1821.67	1820.66	1821.86	0.0030	1.2	2.0	1.4	48.02	23.4	0.4
209	90.6	1818.15	1821.65	1820.47	1821.85	0.0027	1.2	2.0	1.3	47.63	22.93	0.38
208	90.6	1818.05	1821.59	1820.44	1821.84	0.0033	1.2	2.2	1.4	42.18	17.95	0.42
207	90.6	1817.90	1820.90	1820.54	1821.76	0.0115	1.2	4.1	0.9	22.57	8.71	0.8
206.5	Bridge											
206	90.6	1817.65	1820.46	1820.46	1821.67	0.0183	1.3	4.9	0.7	18.91	7.92	0.99
205	90.6	1817.40	1818.99	1819.71	1821.34	0.1283		6.8		13.34	13.88	2.21
204	90.6	1817.00	1818.59	1819.27	1820.66	0.0810	2.6	6.4	2.7	14.52	14.8	1.84
203	90.6	1815.95	1817.32	1818.06	1819.66	0.1176	2.3	6.8		13.41	13.55	2.15
200	90.6	1815.15	1816.50	1816.95	1818.24	0.1014		6.0	2.3	16.38	31.33	1.98
190	90.6	1814.90	1816.36	1816.71	1817.53	0.0584	2.6	5.1	3.6	19.56	28.84	1.56
180	90.6	1814.75	1816.20	1816.53	1817.30	0.0559		4.9	3.6	19.92	27.6	1.51
170	90.6	1813.90	1815.57	1815.98	1816.76	0.0489	0.7	4.9	1.9	19.04	19.77	1.43
160	90.6	1813.65	1814.87	1815.31	1816.22	0.0749		5.1		17.65	19.14	1.71
150	90.6	1813.15	1814.44	1814.83	1815.70	0.0560	2.4	5.0	2.3	18.35	18.41	1.52
140	90.6	1812.90	1815.12	1814.51	1815.41	0.0072	0.3	2.4	0.3	37.85	22.03	0.58
130	90.6	1812.40	1815.11	1813.24	1815.14	0.0004	0.5	0.8	0.5	117.09	47.49	0.15
120	90.6	1812.30	1815.07	1813.25	1815.10	0.0004	0.4	0.7	0.4	126.72	51.91	0.14
110	90.6	1813.95	1814.69	1814.69	1815.04	0.0281	0.9	2.6	0.9	34.35	49.14	1

4. CONCLUSIONI.

La modellazione condotta sul torrente Marmore ha permesso di evidenziare i livelli idrici raggiunti durante un ipotetico evento di piena caratterizzato da un periodo di ritorno $T = 200$ anni. Questi livelli risultano non interessare una fascia spondale, posta in sponda orografica sinistra, in cui saranno realizzati i lavori. La modellazione idraulica monodimensionale, condotta con il software USACE HEC-RAS, ha infatti evidenziato dei franchi comunque superiori ad 1 metro. I risultati mostrano velocità della corrente, in prossimità della sponda orografica sinistra inferiori a 2.5 m/s.

Si ritiene che pertanto le opere di fondazione della scogliera in progetto, caratterizzate dalla posa di massi ciclopici di dimensioni superiore al metro cubo, e l'approfondimento della stessa rispetto al piano campagna, siano sufficienti a garantire la stabilità dell'infrastruttura in progetto anche in caso di piena $T=200$.

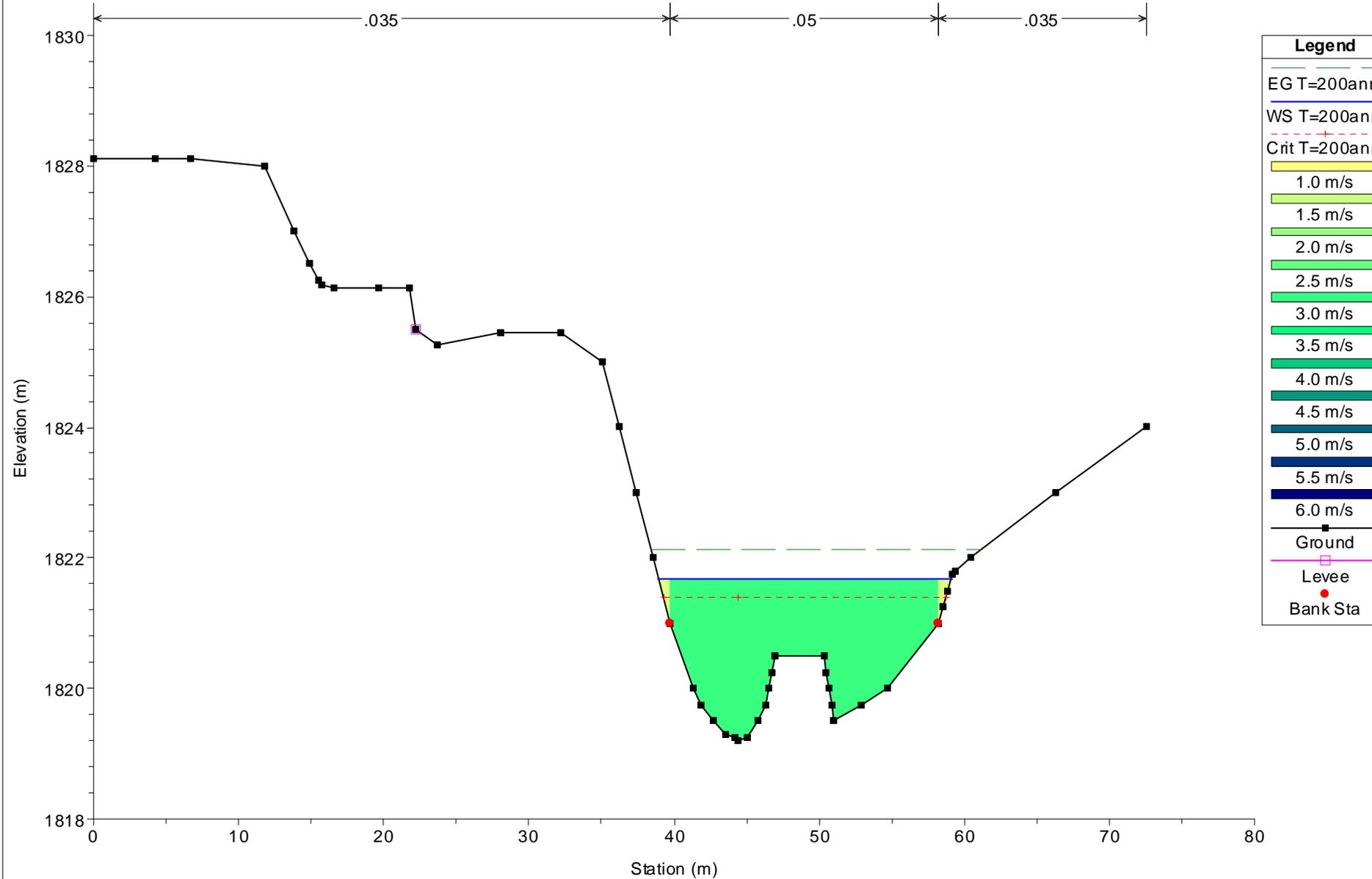
BIBLIOGRAFIA.

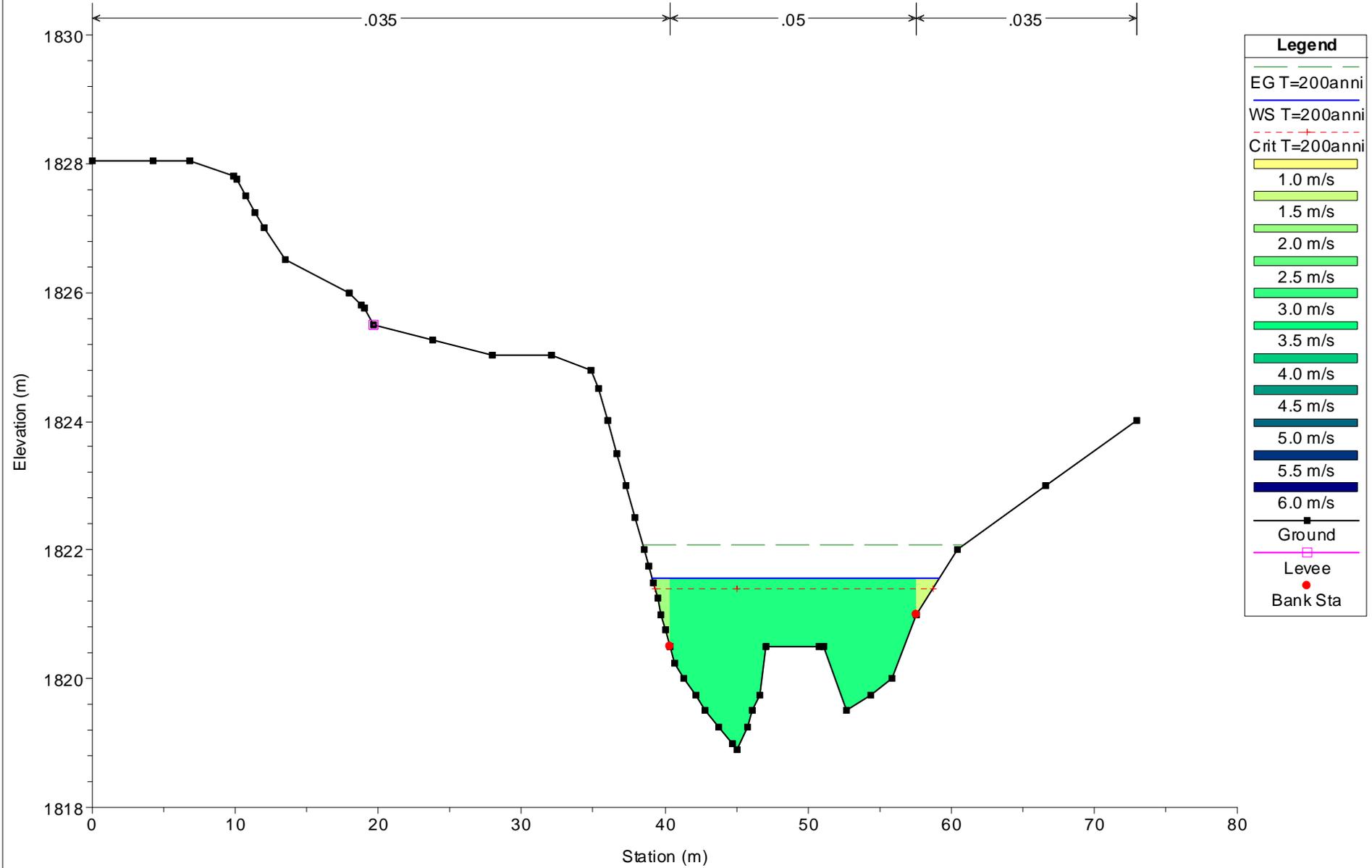
Software USACE HEC-RAS:

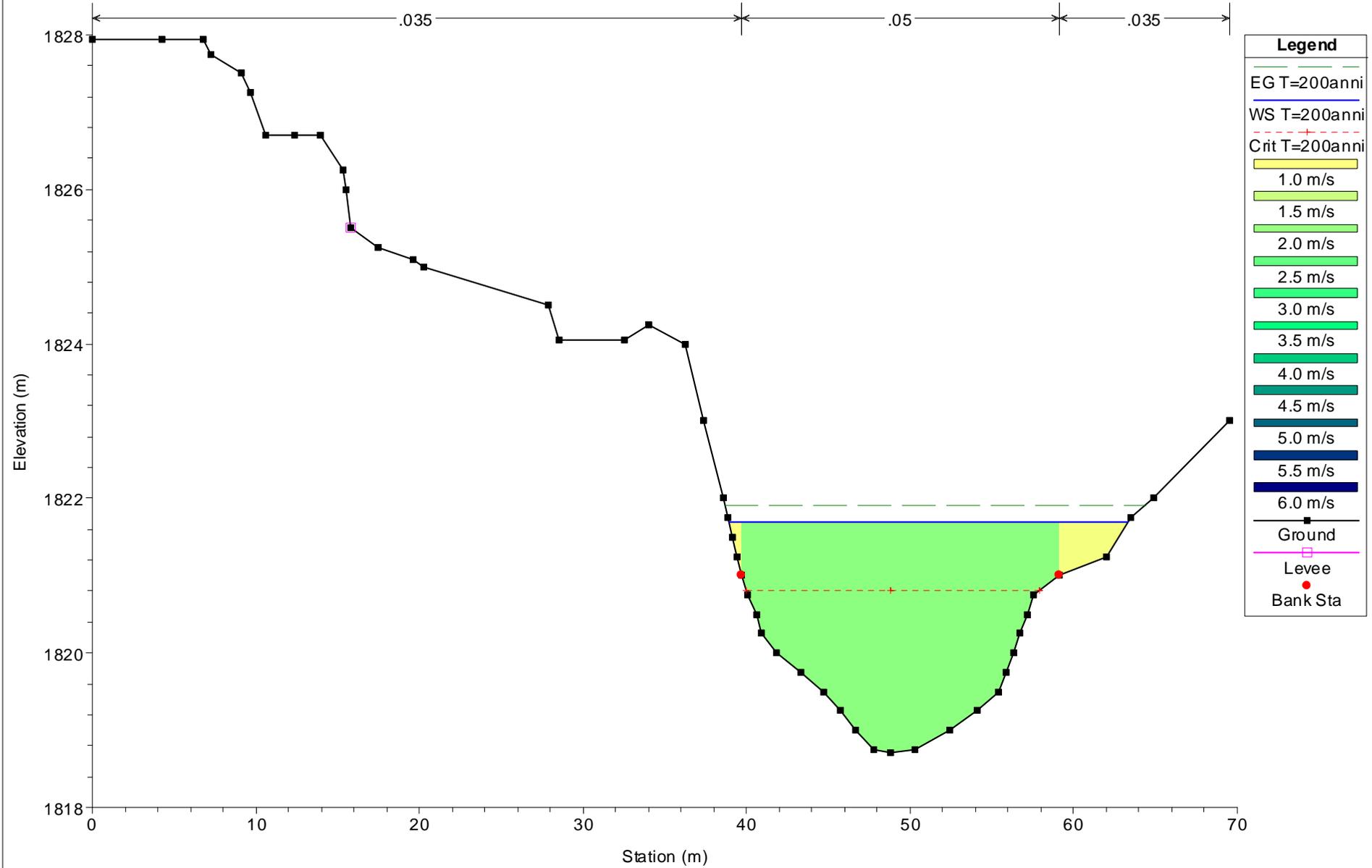
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

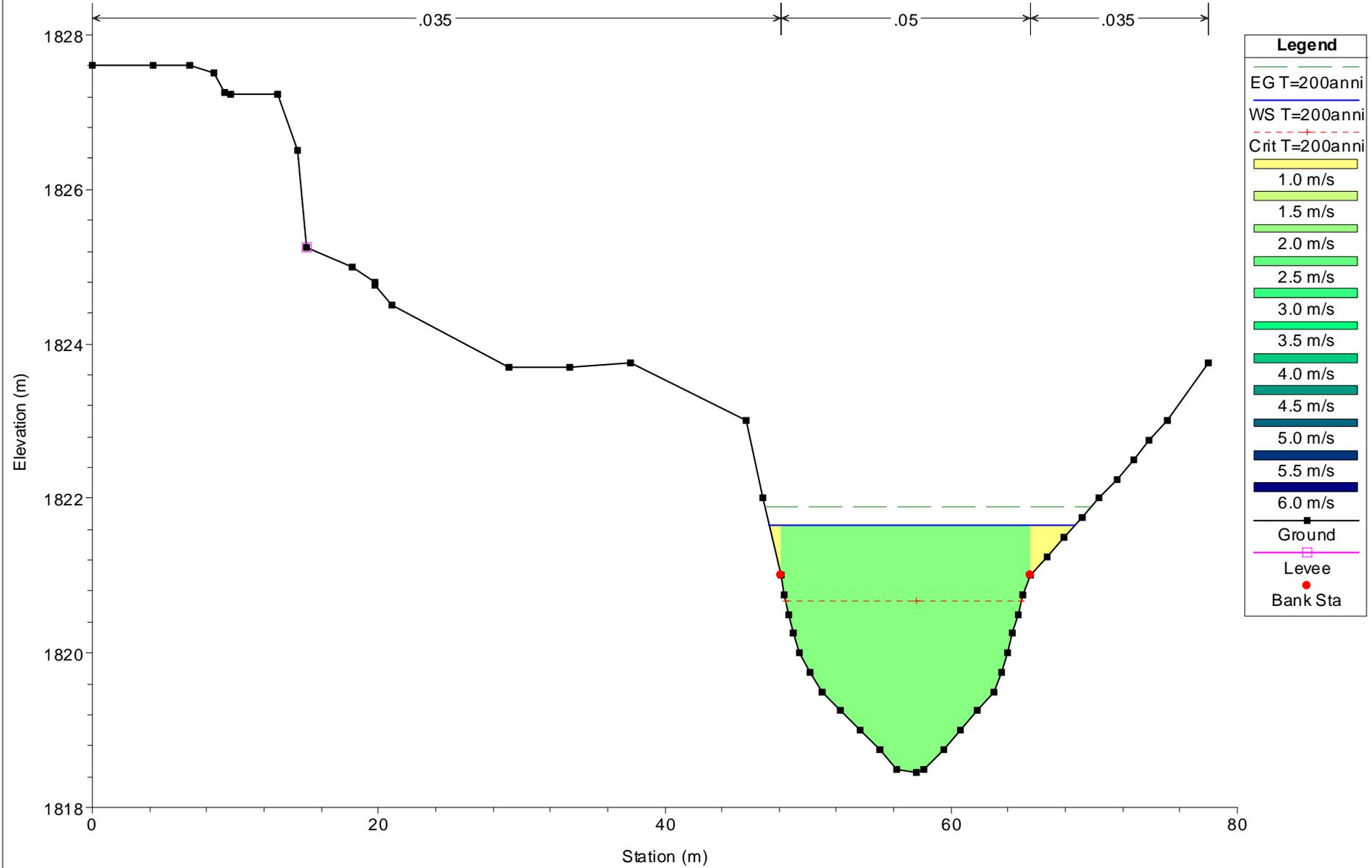
ALLEGATO 1: Risultati simulazione HEC-RAS.

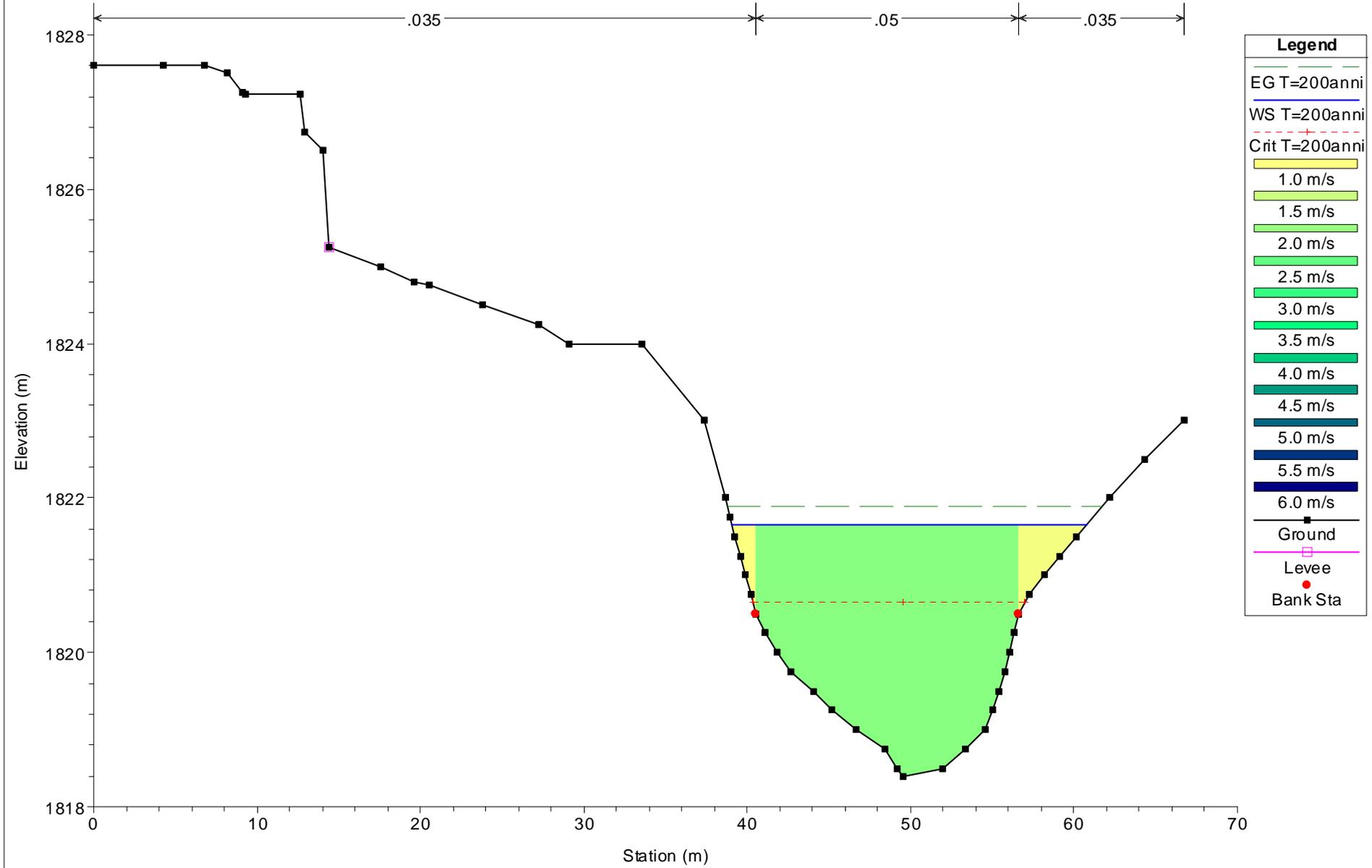
Valtournenche Plan: test_plan 09/03/2017
 RS = 260 Sezione di inizio modellazione

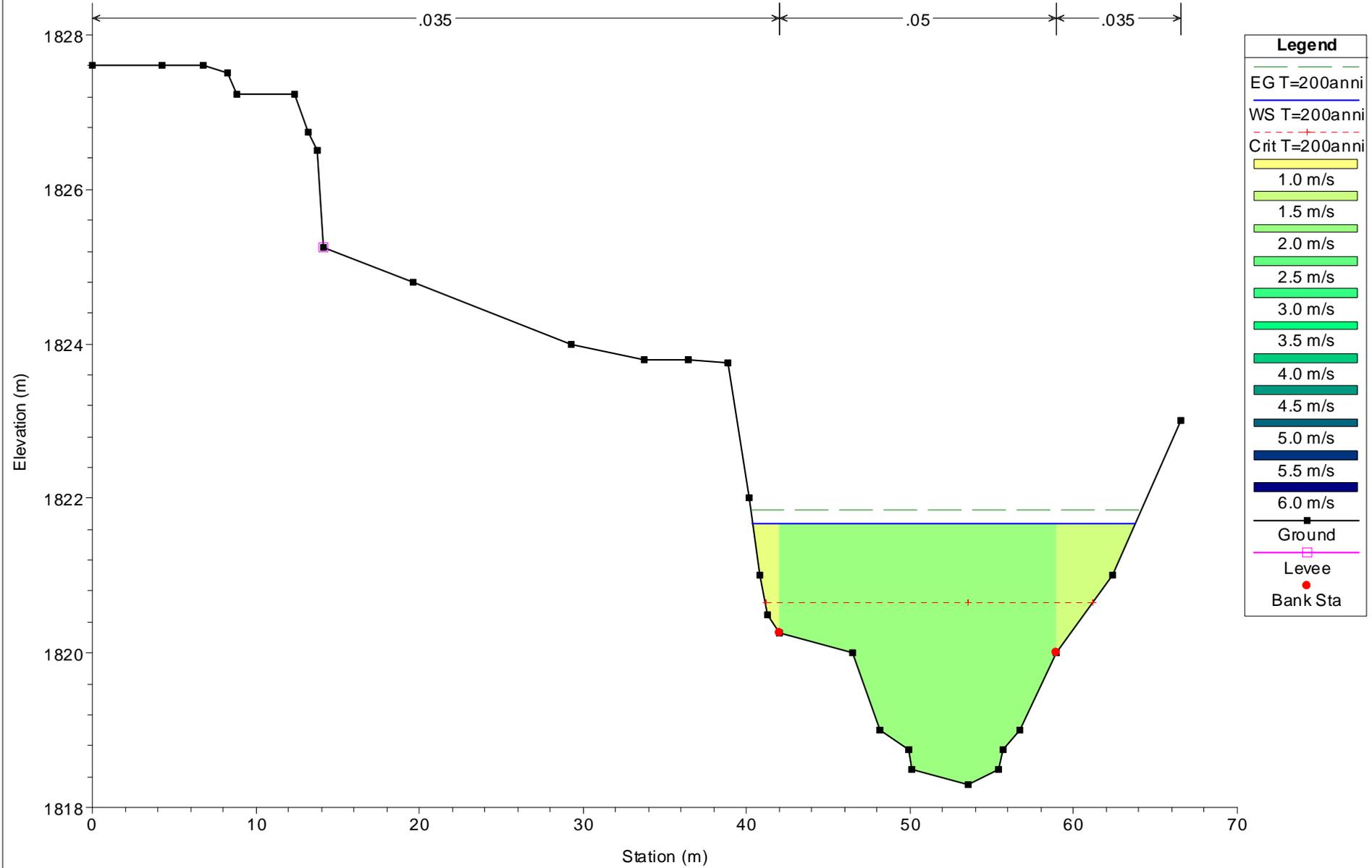


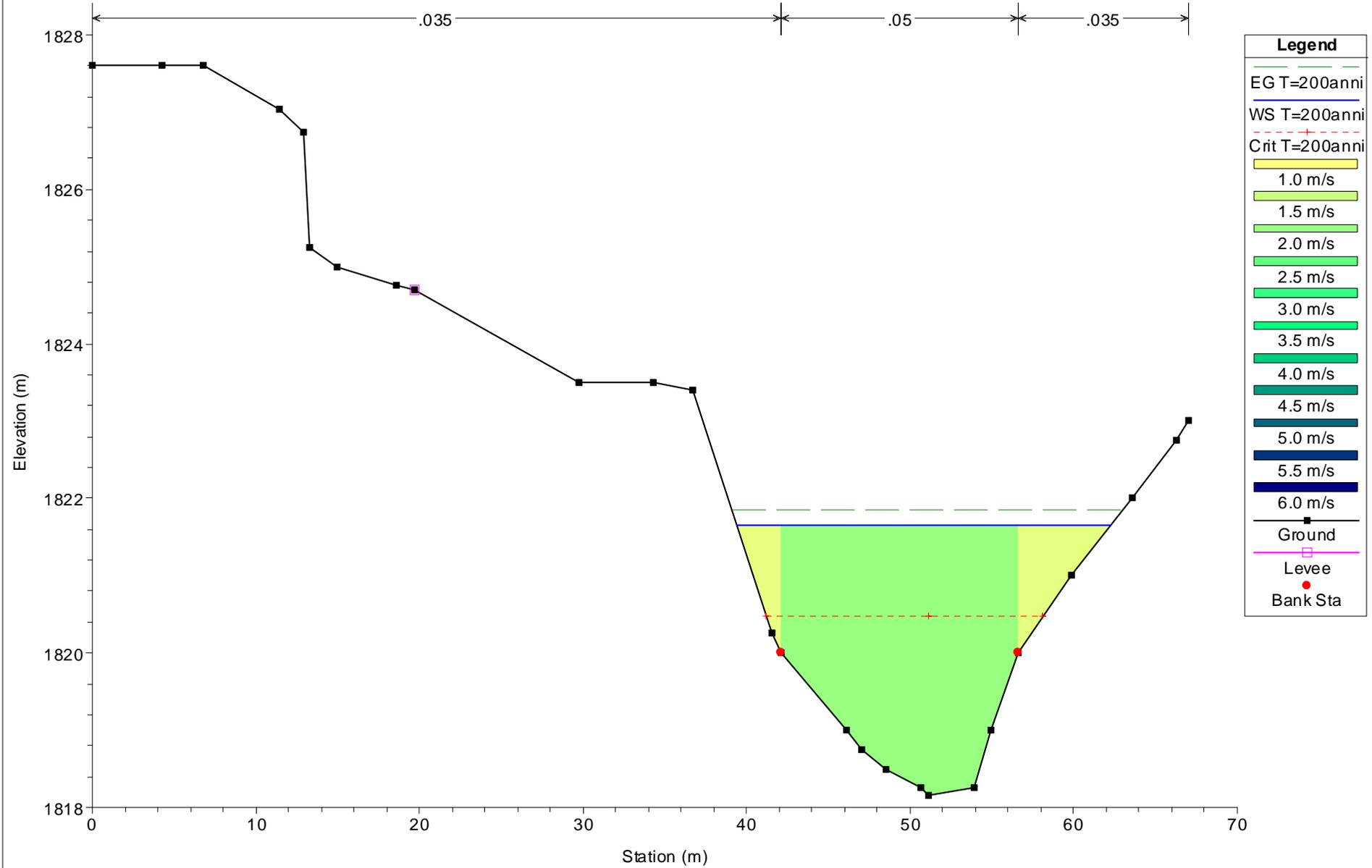


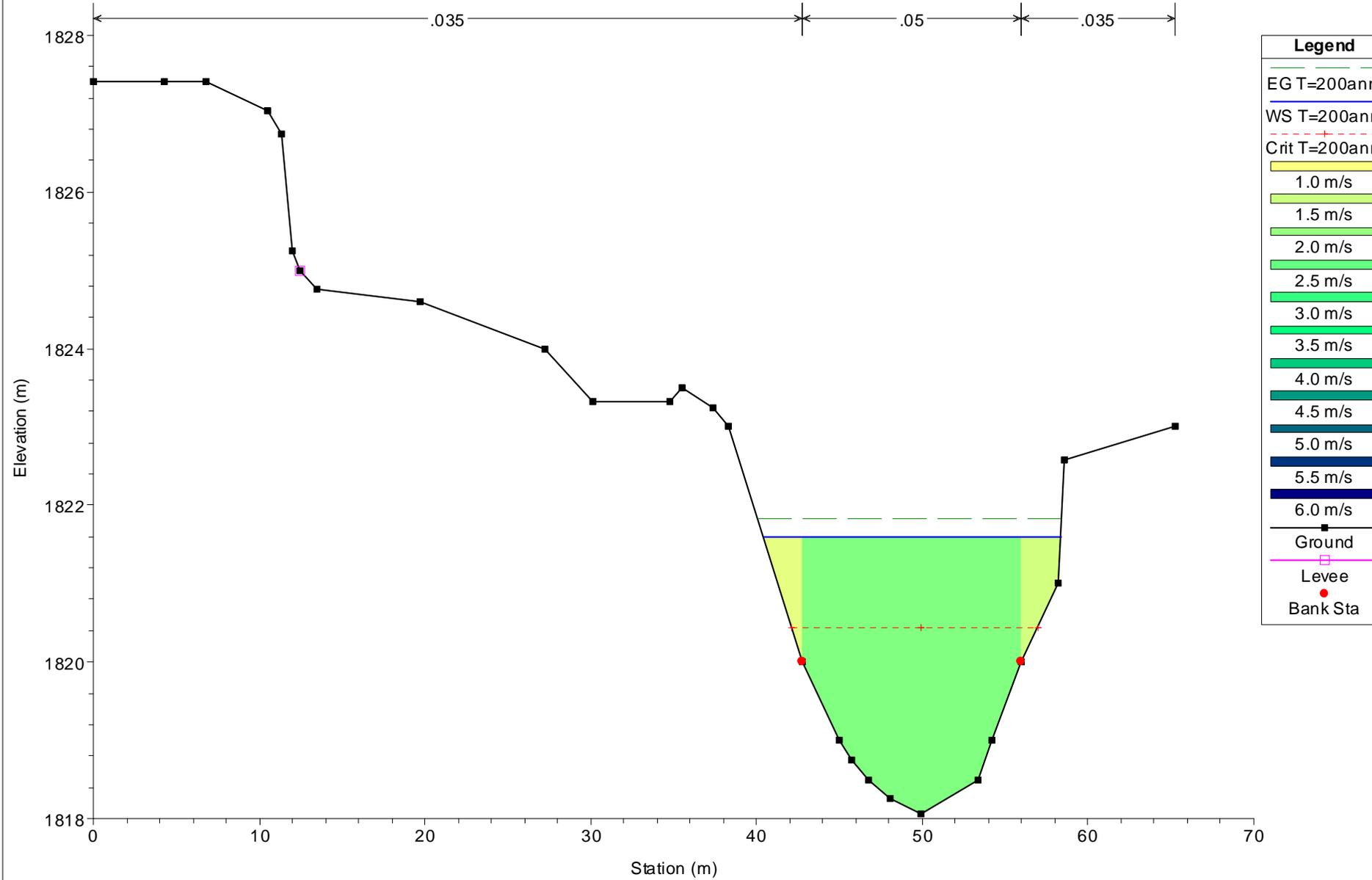




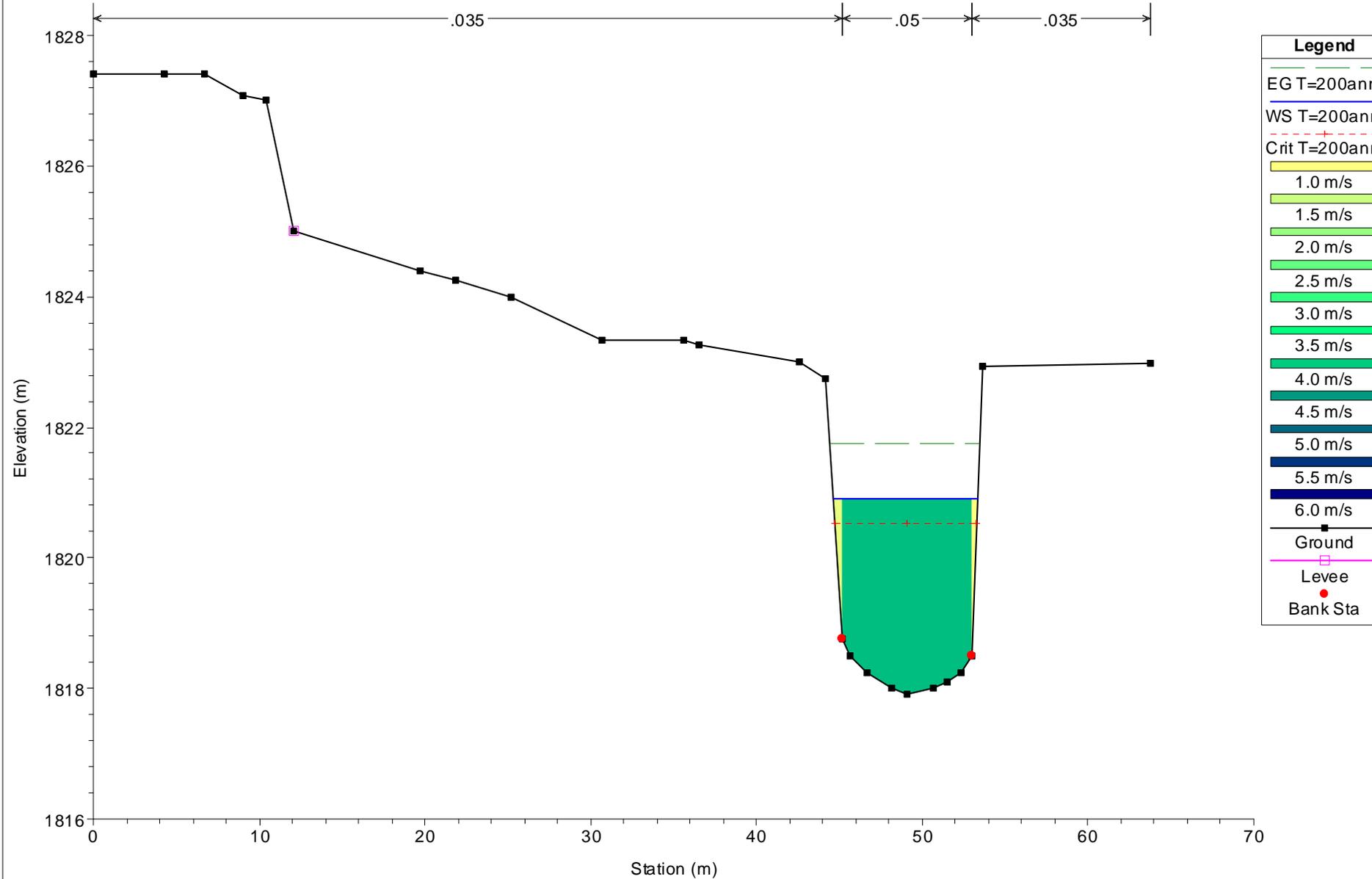




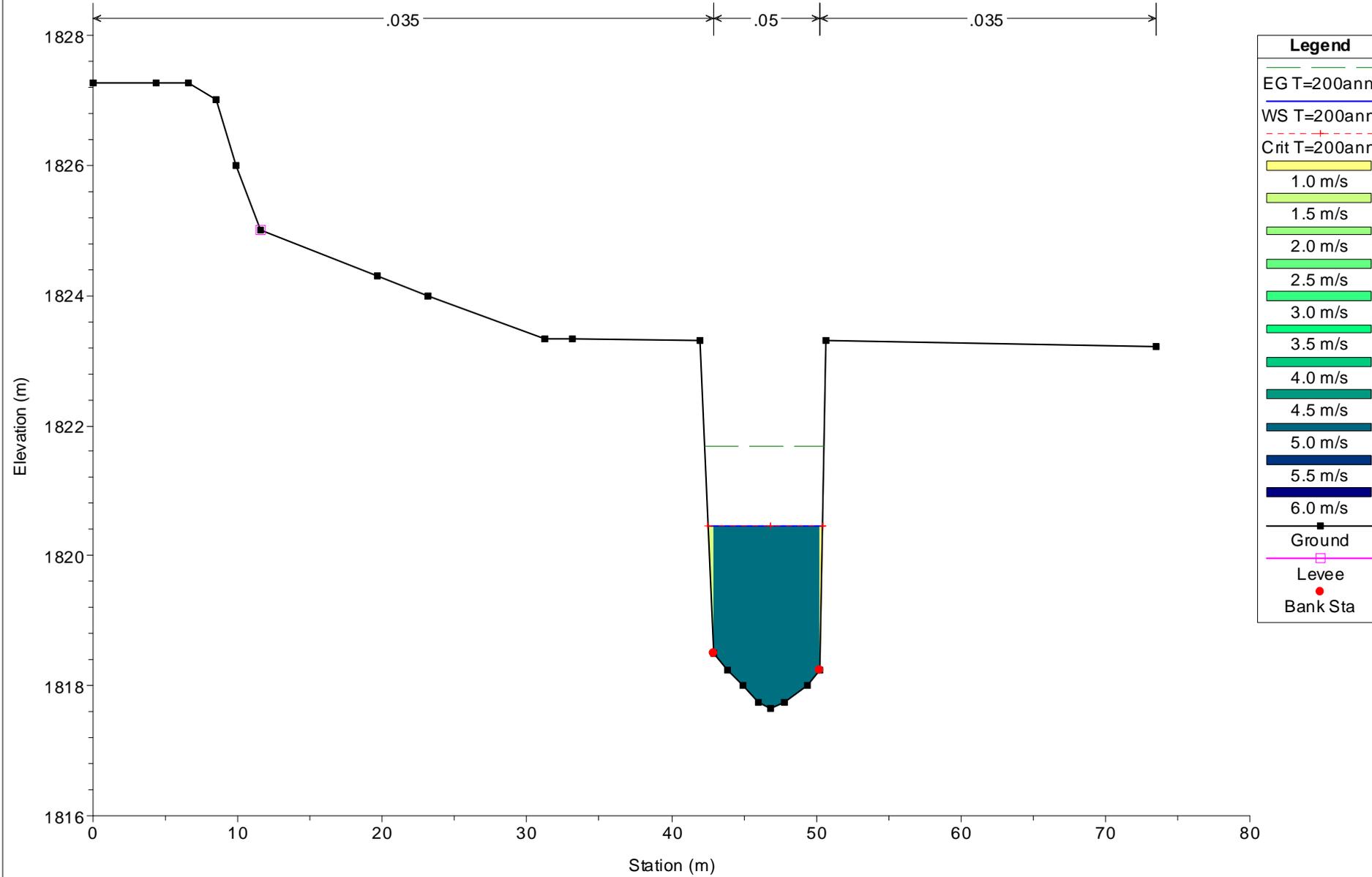


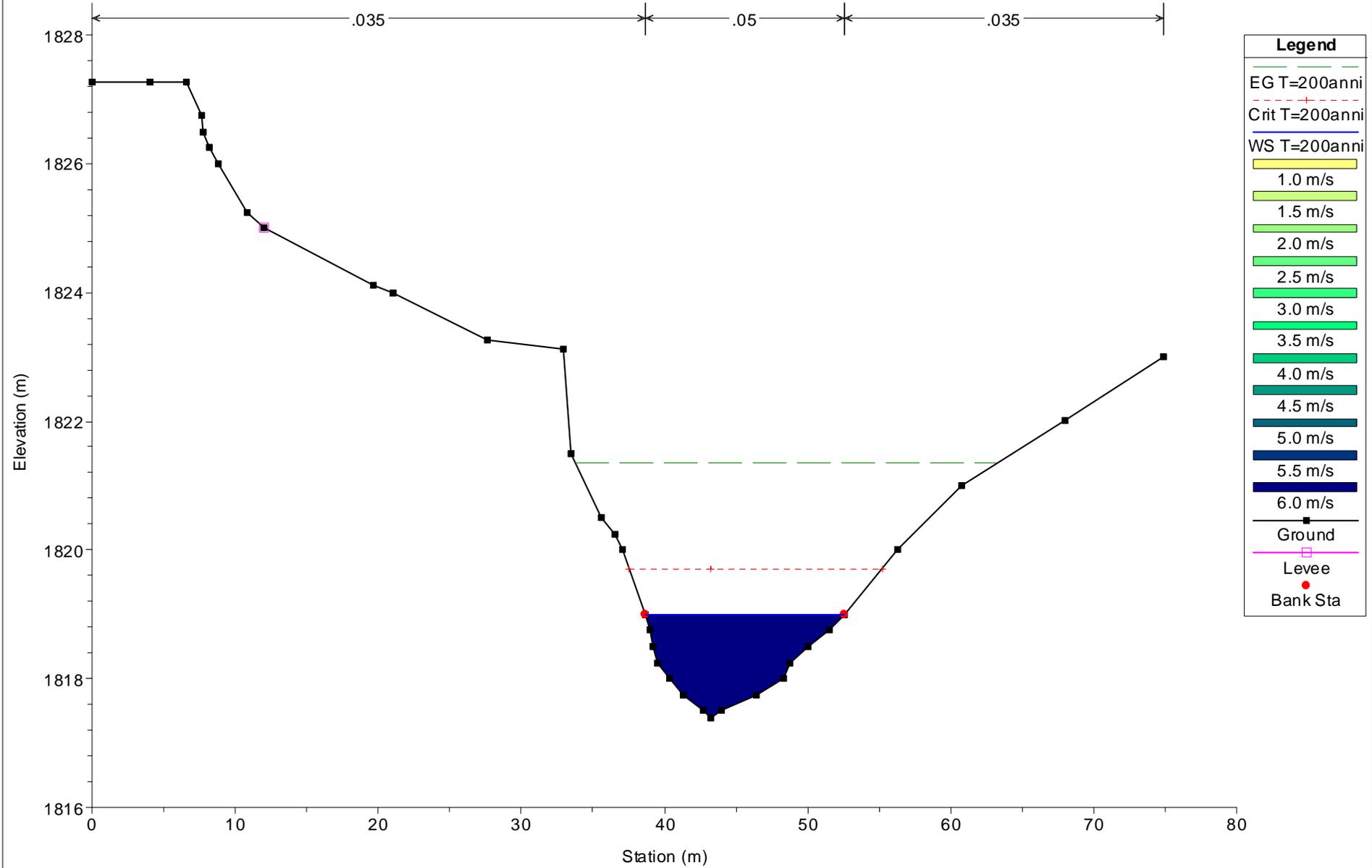


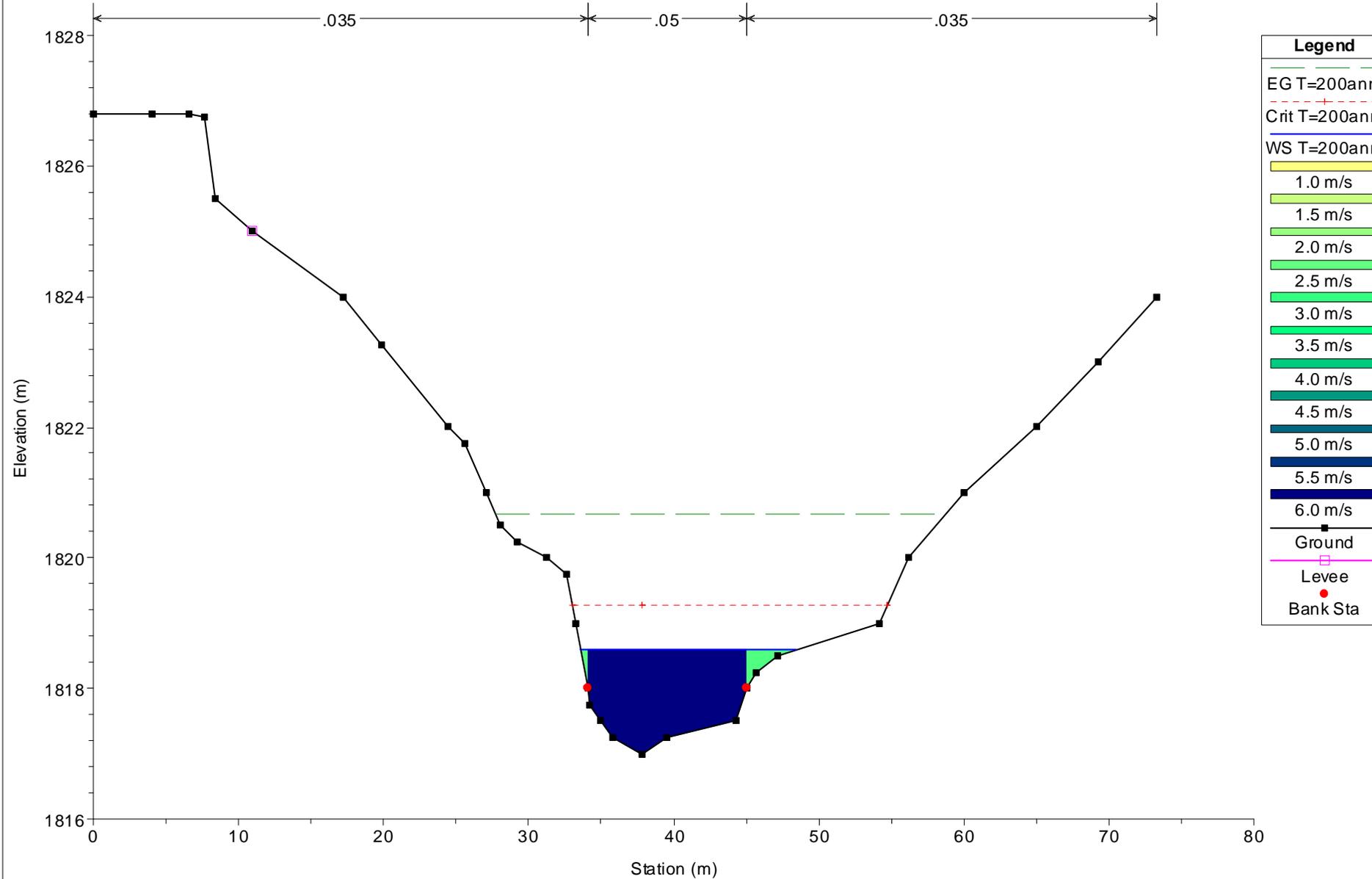
Valtournenche Plan: test_plan 09/03/2017
 RS = 207 Sezione a Monte del Ponte

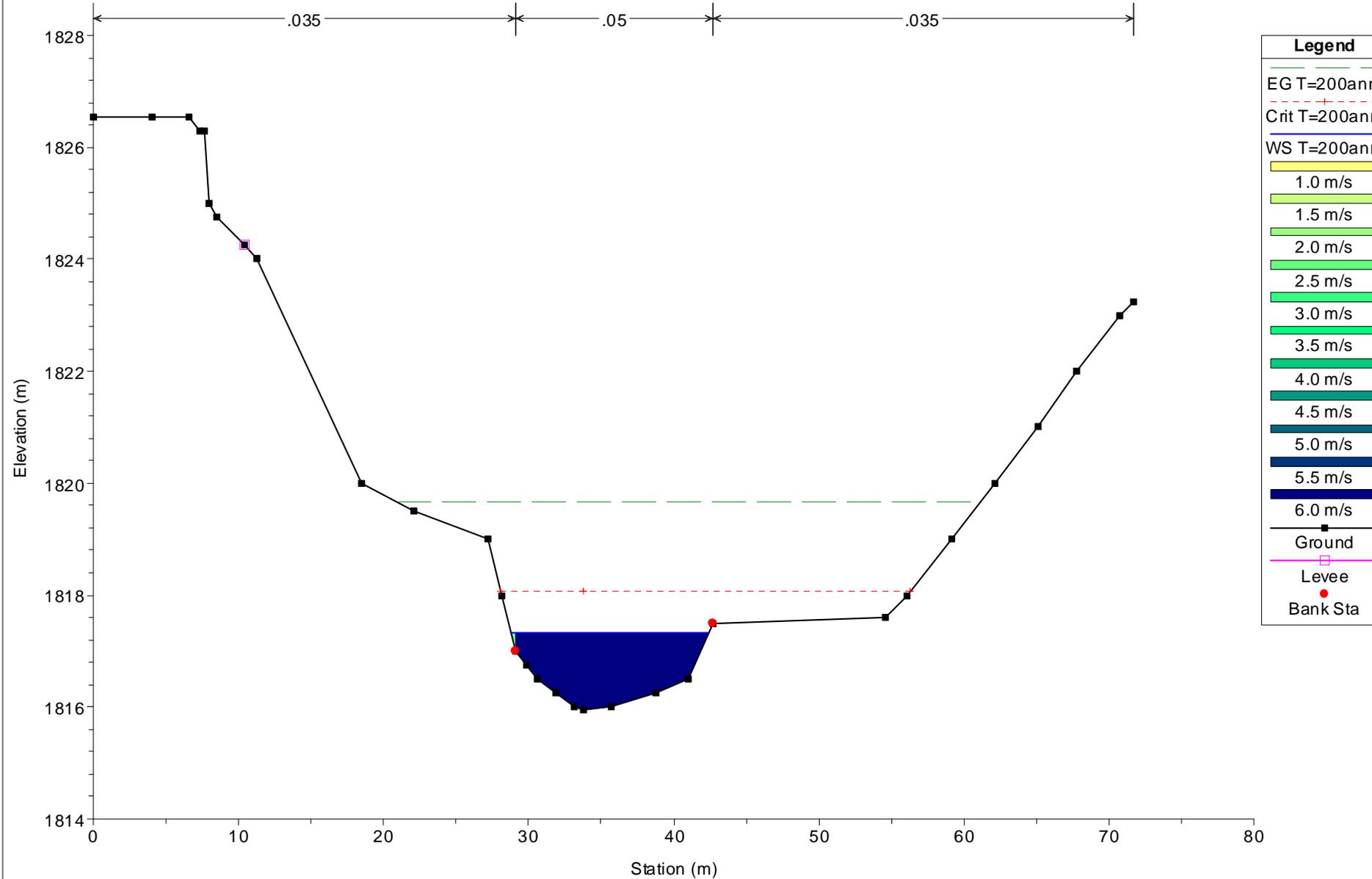


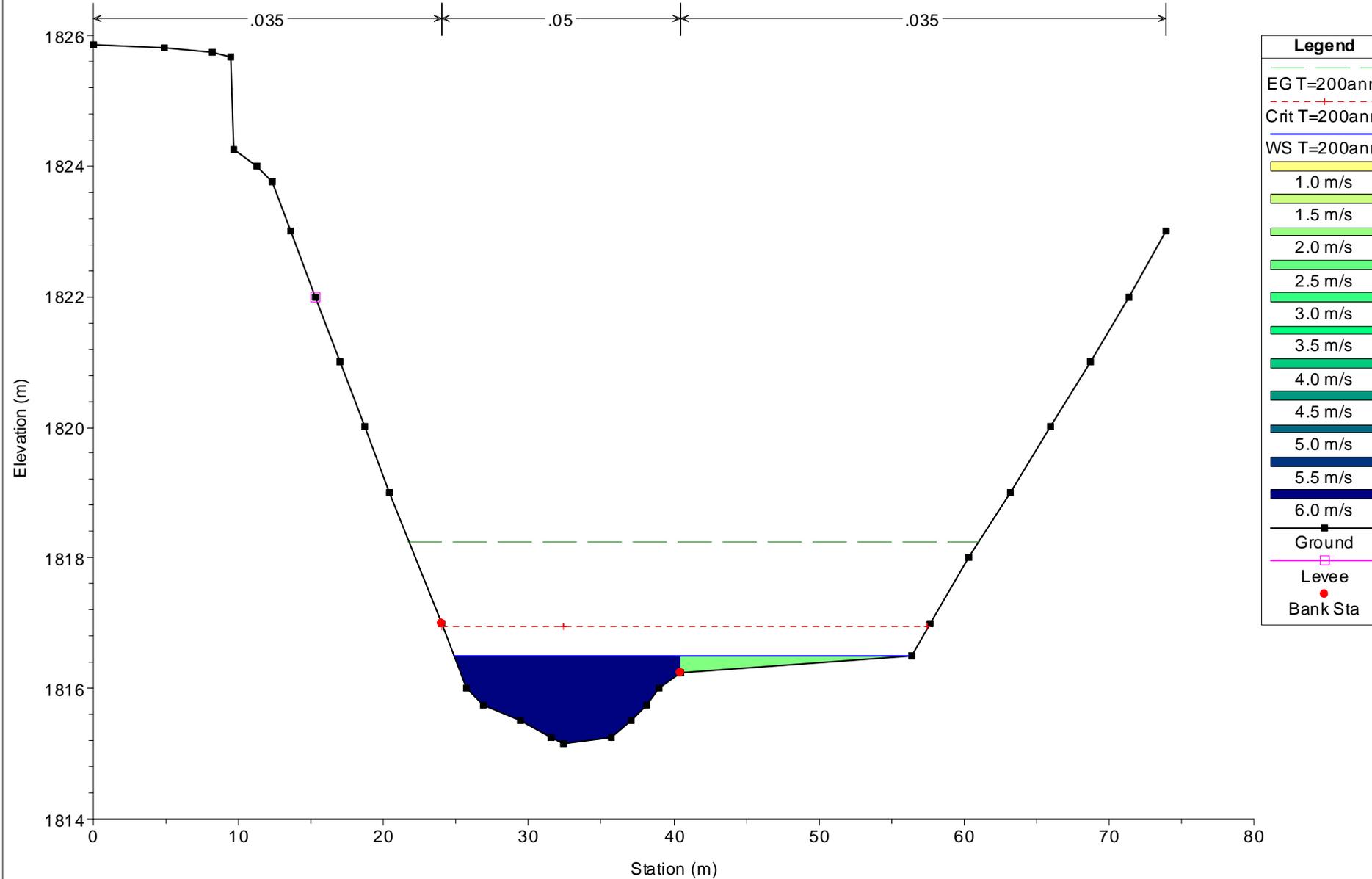
Valtournenche Plan: test_plan 09/03/2017
 RS = 206 Sezione a valle del ponte





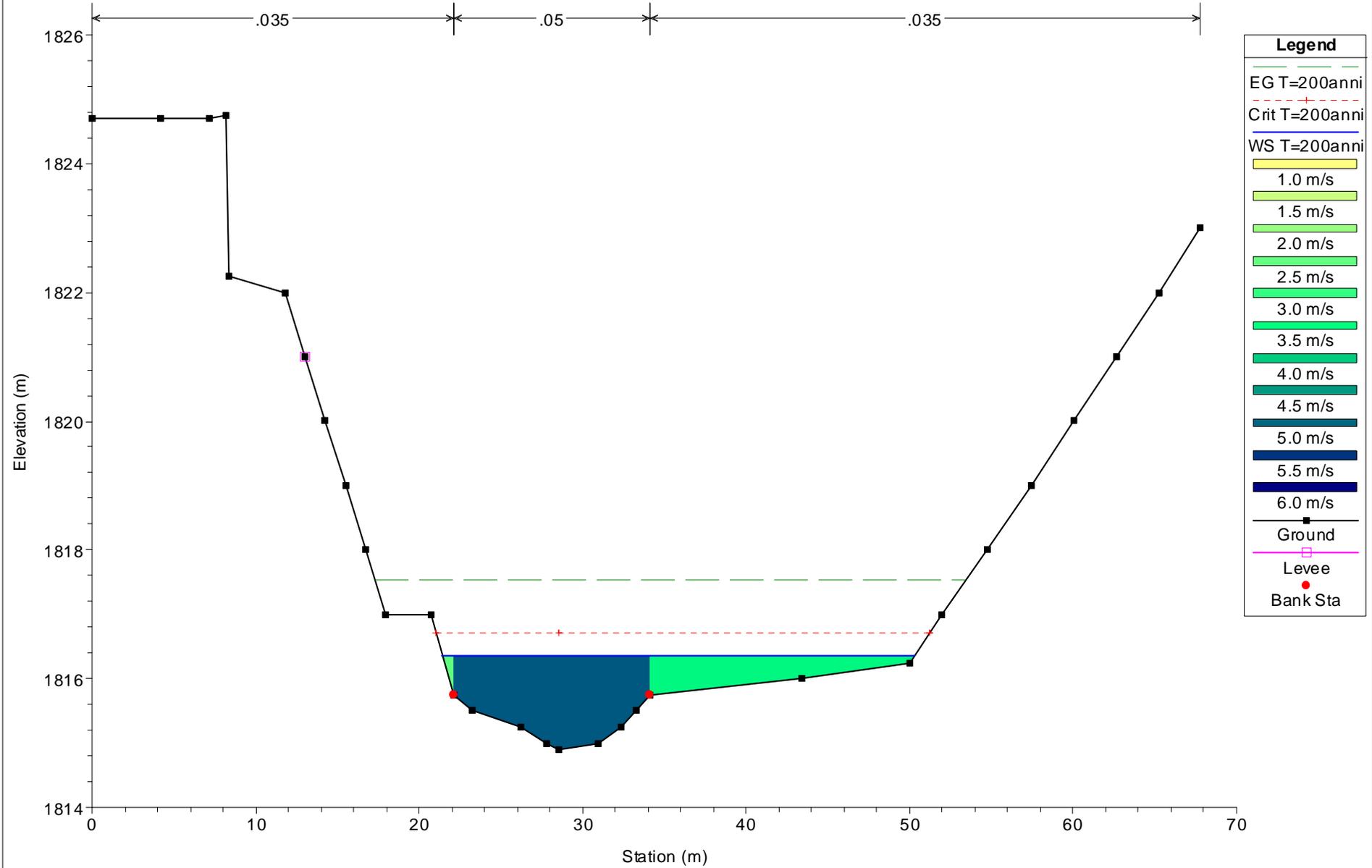


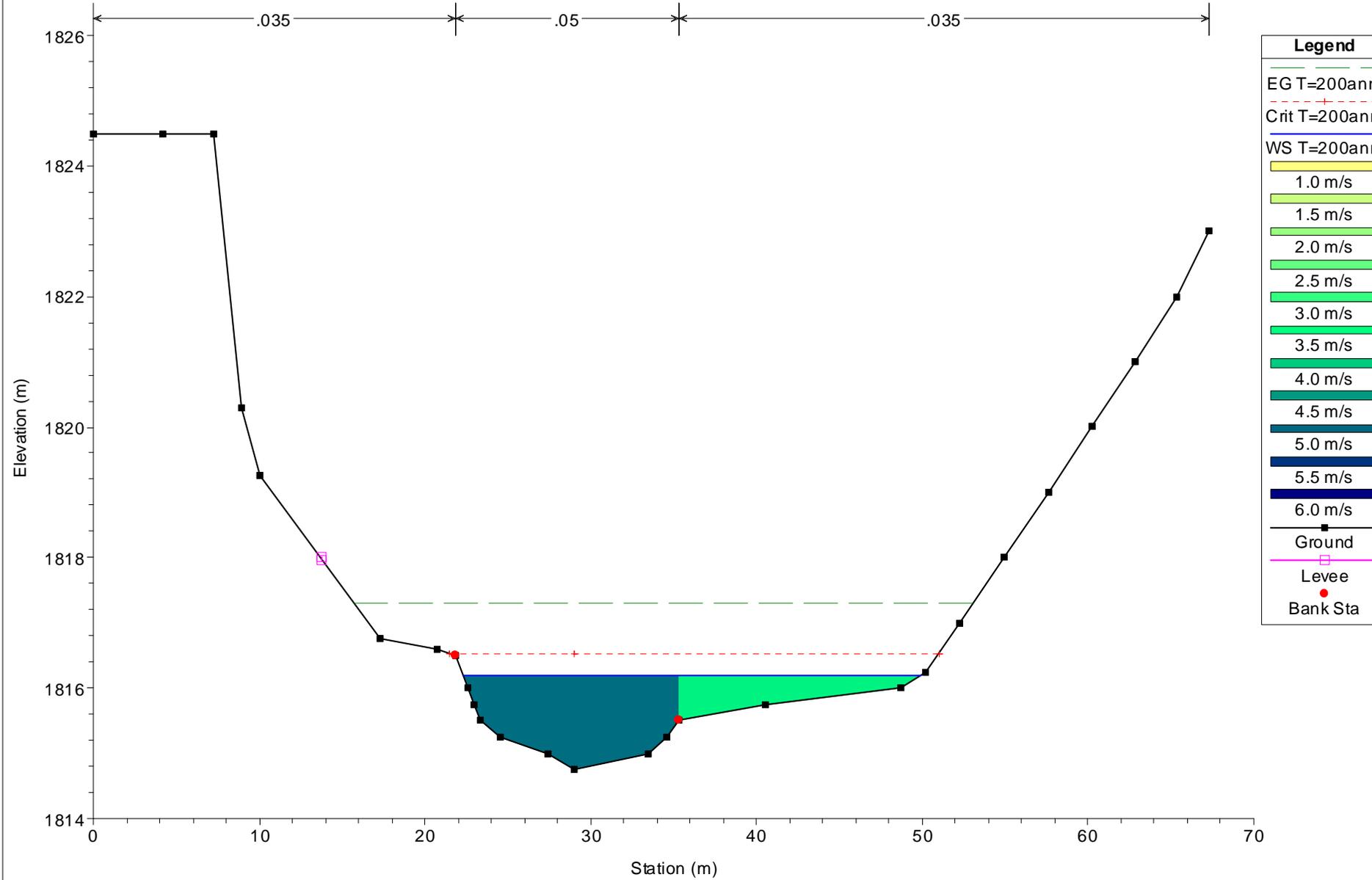


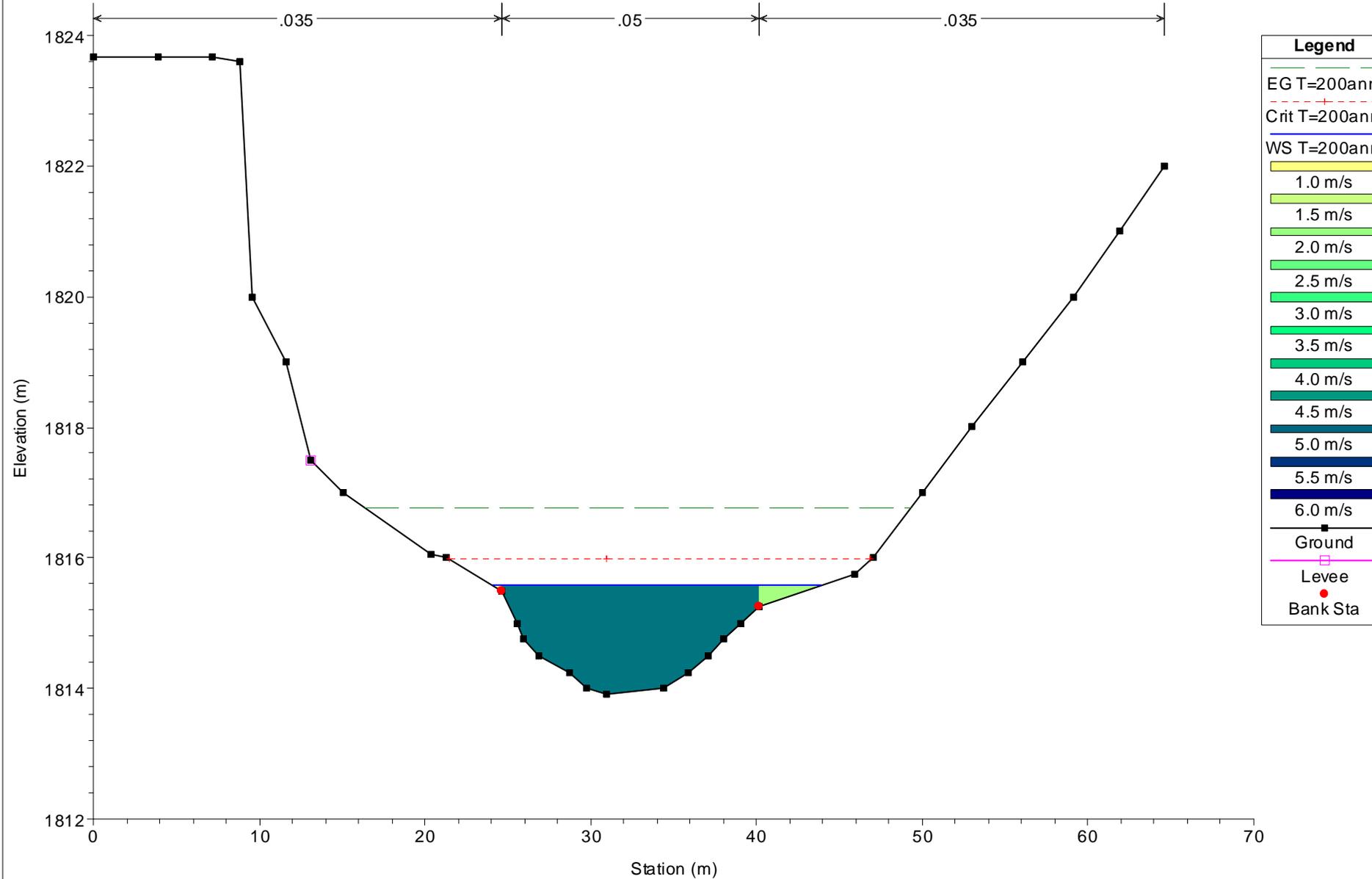


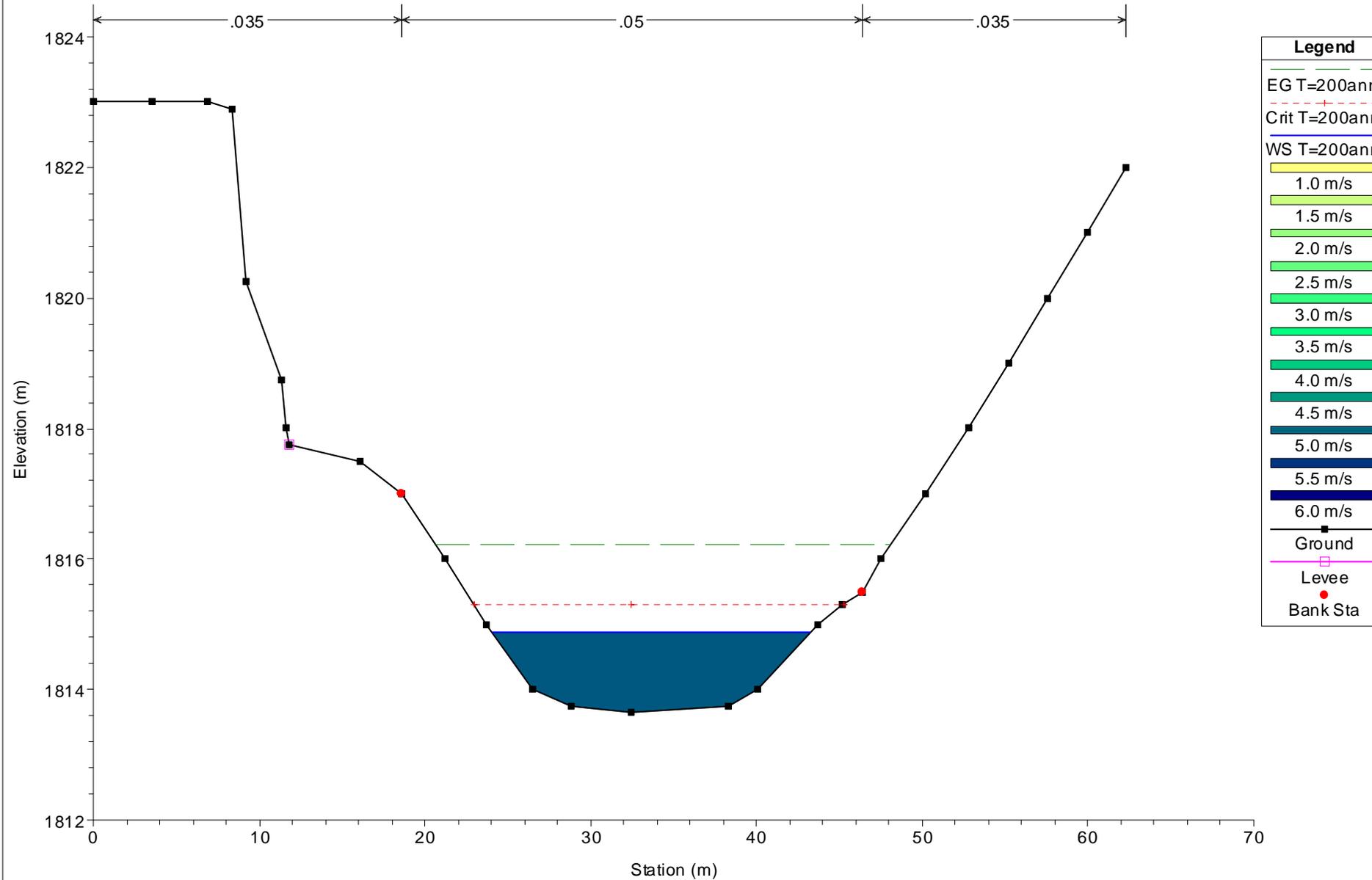
Legend

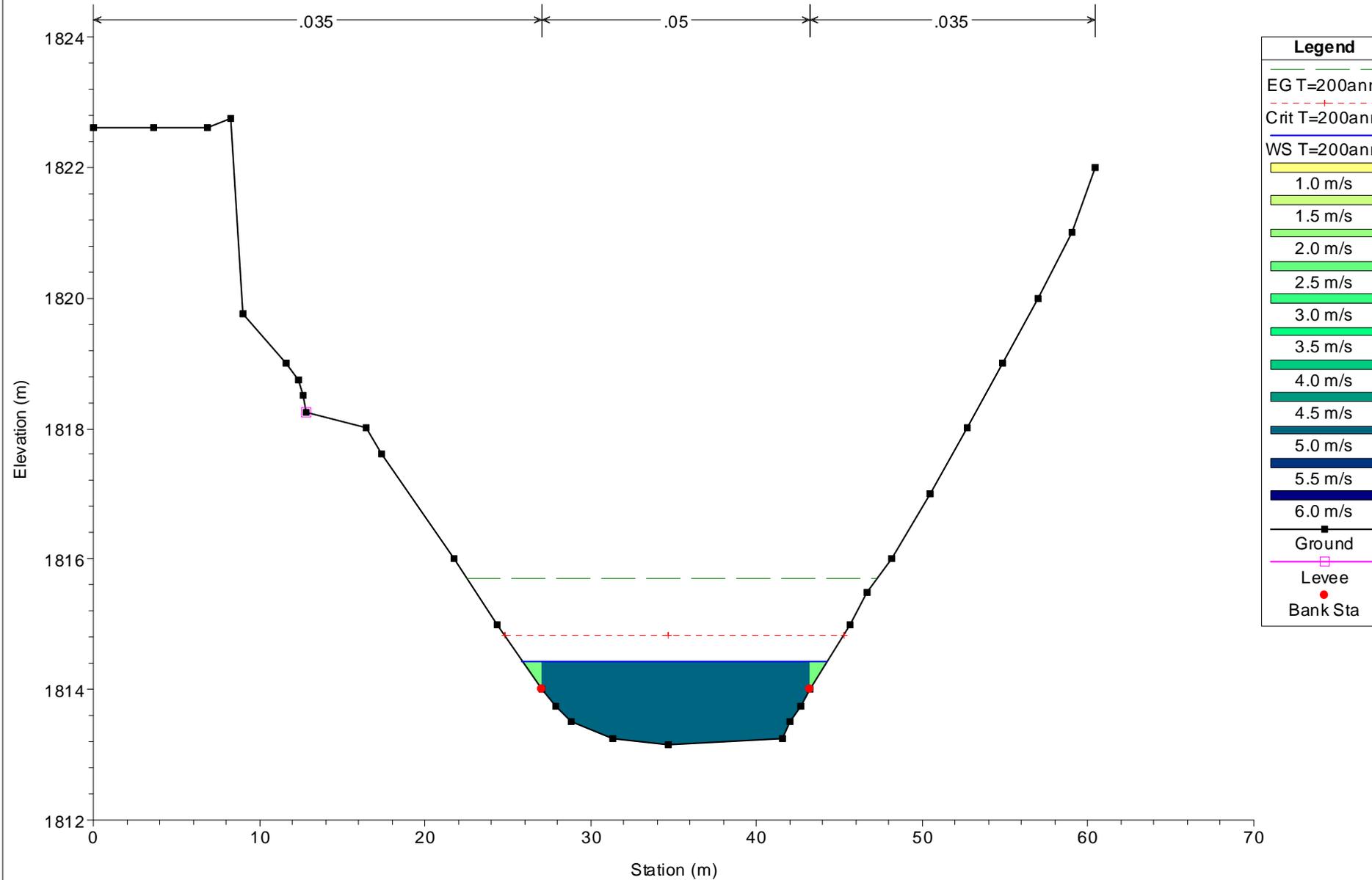
- EG T=200anni
- Crit T=200anni
- WS T=200anni
- 1.0 m/s
- 1.5 m/s
- 2.0 m/s
- 2.5 m/s
- 3.0 m/s
- 3.5 m/s
- 4.0 m/s
- 4.5 m/s
- 5.0 m/s
- 5.5 m/s
- 6.0 m/s
- Ground
- Levee
- Bank Sta

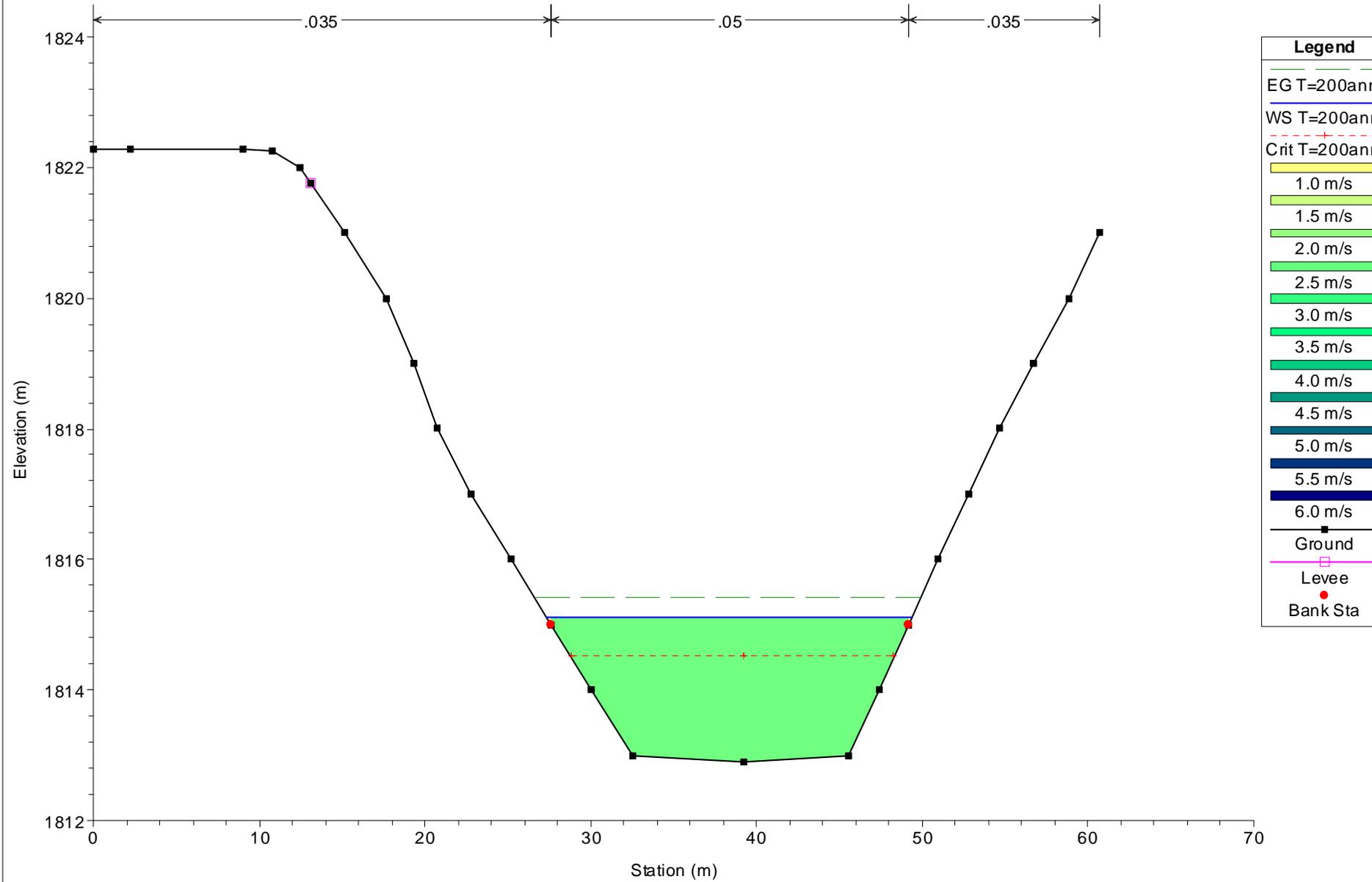












Valtournenche Plan: test_plan 09/03/2017
RS = 130

