



Regione Lombardia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMUNE DI CONSIGLIO DI RUMO

Provincia di Como

Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio - L.R. 12/05 e successive modifiche.

ANALISI DELLA PERICOLOSITA' DEL CONOIDE DEL TORRENTE LIRO

STUDIO IDRAULICO DEL TORRENTE LIRO NEL TRATTO
DI CONOIDE IN COMUNE DI CONSIGLIO DI RUMO



Geo ■ Te ■ Am ■

Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale

Via Villatico 11 - 23823 Colico (Lc)

☎ +39 0341 933011

www.studiogeoteam.com

✉ tecnico@studiogeoteam.com

COLLABORAZIONE IDRAULICA:

Ing. Claudia Anselmini

Dott. Geol. Claudio Depoli

COLLABORAZIONE *Dott.ssa Valentina Pozzi*

DATA:

Ottobre 2010

SCALA:

""

Sindaco

REV.:

ELAB.:

C.4

Segretario



COMUNE DI CONSIGLIO DI RUMO

PROVINCIA DI COMO

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA A
SUPPORTO DEL P.G.T.**

STUDIO IDRAULICO DEL TORRENTE LIRO NEL TRATTO DI CONOIDE IN COMUNE DI CONSIGLIO DI RUMO



1	INTRODUZIONE.....	2
2	INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE LIRO E CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE.....	4
2.1	<i>CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO IDROGRAFICO.....</i>	<i>6</i>
3	STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL TORRENTE LIRO.....	8
3.1	<i>DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PUNTUALE (O DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA)</i>	<i>9</i>
3.2	<i>DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE</i>	<i>13</i>
3.3	<i>CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO.....</i>	<i>13</i>
4	ELABORAZIONI IDRAULICHE.....	16
4.1	<i>GEOMETRIA DEL CORSO D'ACQUA E DELL'ALVEO</i>	<i>16</i>
4.1.1	<i>Schematizzazione delle soglie.....</i>	<i>18</i>
4.1.2	<i>Schematizzazione della briglia selettiva.....</i>	<i>18</i>
4.2	<i>COEFFICIENTI DI SCABREZZA</i>	<i>21</i>
4.3	<i>INDIVIDUAZIONE CARATTERISTICHE DEL MOTO</i>	<i>22</i>
4.4	<i>DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO</i>	<i>23</i>
5	CONCLUSIONI.....	24

ALLEGATO 1: documentazione fotografica

ALLEGATO 2: risultati verifica idraulica per portata di piena centenaria

1 INTRODUZIONE

La presente relazione idraulica riguarda lo studio della dinamica idraulica di un tratto del torrente Liro al fine di fornire una serie di informazioni utili alla delimitazione della pericolosità del conoide nell'ambito più generale dell'analisi della componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Consiglio di Rumo (CO).



Lo studio idraulico è stato redatto secondo le indicazioni riportate nella *“Direttiva sulle piene di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”* in attuazione dell'art.10 del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

La verifica è stata eseguita in riferimento alla portata di piena del corso d'acqua stimata per un tempo di ritorno pari a 100 anni e mediante il tracciamento del profilo idrico in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

Il tratto di corso d'acqua oggetto della verifica è quello compreso tra la briglia selettiva in fase di realizzazione, situata nella zona apicale del conoide, e la seconda soglia a monte del ponte di attraversamento in corrispondenza della S.S.Regina.

La geometria del sistema considerato ai fini della verifica idraulica è stata definita sulla base del rilievo topografico eseguito a supporto della progettazione definitiva/esecutiva degli interventi in corso di realizzazione nell'ambito del "Piano interventi strutturali seconda fase sistemazione idrogeologica dei torrenti Livo e Liro e degli affluenti" - legge 102/90 - "Legge Valtellina", redatto nel 2006 da parte dell'associazione Temporanea di liberi Professionisti con capogruppo Dott. Ing. Sergio Orietti, oltre che delle sezioni di progetto previste.

Al momento della redazione della presente relazione idraulica sono in fase di realizzazione gli interventi previsti nel progetto sopracitato, i quali, nell'ambito della presente verifica idraulica, sono stati considerati come già realizzati.

2 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE LIRO E CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

Il bacino idrografico del T.Liro, sotteso alla zona apicale del conoide, si sviluppa su una superficie complessiva di circa 56 km² ed interessa i territori comunali di Stazzona, Germasino, Gravedona, Peglio, Dosso del Liro e Consiglio di Rumo.

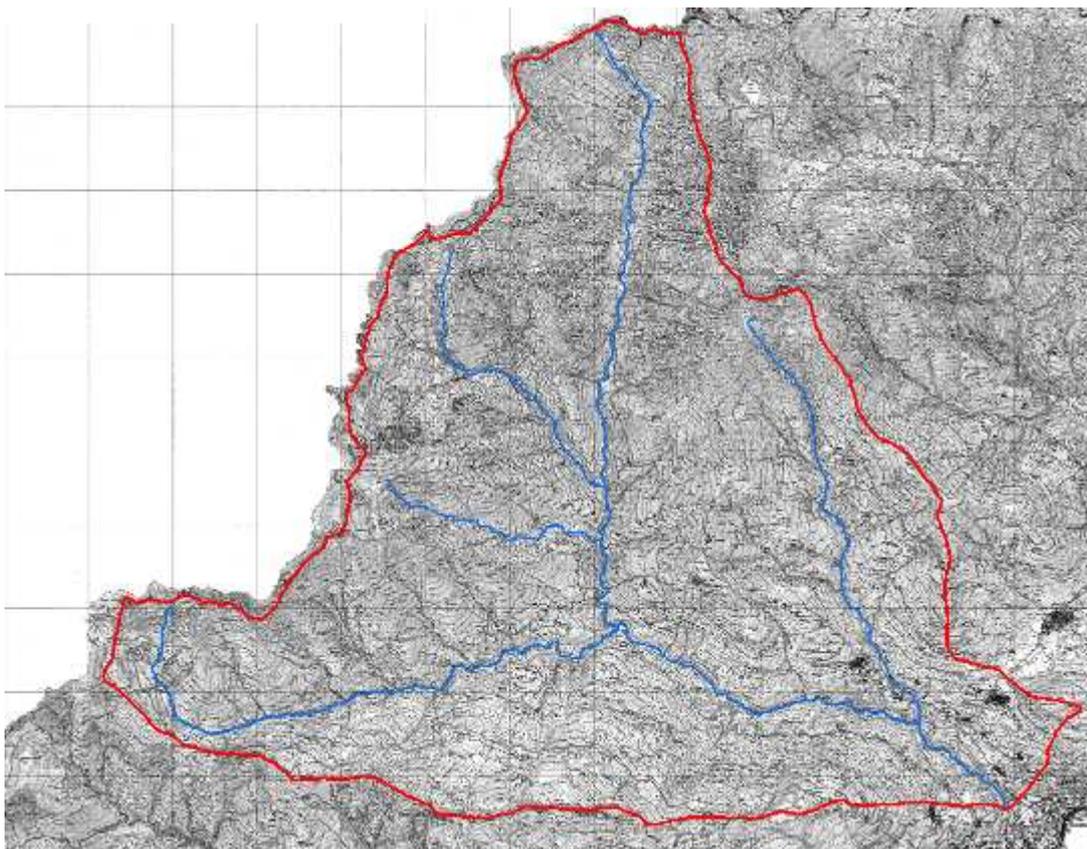
La rete idrografica del torrente Liro risulta essere estremamente ramificata.

Il torrente Liro è costituito principalmente da tre aste principali sulle quali si innestano un gran numero di valli minori: una prima asta lunga circa 8.3 km, che si sviluppa in direzione N-S a partire dal Pizzo Martello ed è la cosiddetta Val di Caurga, una seconda asta (T.Liro), lunga circa 8 km, ha un andamento prevalente W-E e si origina dal monte Marmontana al confine con in territorio svizzero e forma la Val San Iorio e una terza asta costituita dal T.Ronzone che si sviluppa in sinistra idrografica in direzione NW-SE per una lunghezza complessiva di circa 6 km.

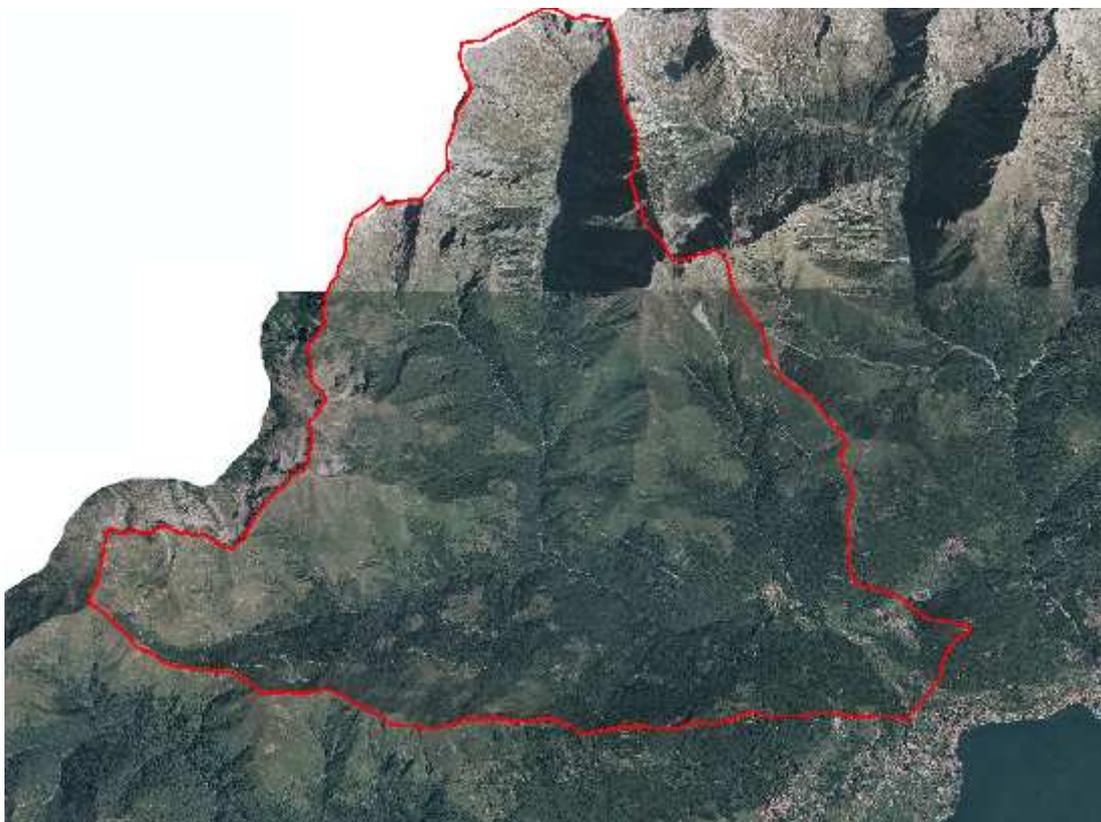
Una prima confluenza tra la Val di Caurga ed il T.Liro, è situata alla quota di circa 650 m s.l.m.; proseguendo verso valle, alla quota di circa 350 m s.l.m., si rileva una seconda confluenza, quella tra il T.Liro ed il T.Ronzone.

A valle di questa seconda confluenza il T.Liro prosegue con un andamento sostanzialmente regolare fino a sfociare nel Lago di Como nel territorio comunale di Gravedona.

Nella pagina seguente si riportano due rappresentazioni del bacino idrografico del T.Liro sotteso alla sezione di chiusura in prossimità dell'apice del conoide: una su un estratto della Carta Tecnica Regionale con la schematizzazione della rete idrografica principale ed una su ortofoto.



Estratto Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione del bacino idrografico del torrente Liro e la schematizzazione della rete idrografica principale



Ortofoto con delimitazione del bacino idrografico del Torrente Liro sotteso alla sezione di chiusura in prossimità dell'apice del conoide

2.1 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

Il bacino idrografico del torrente Liro, sotteso alla sezione di chiusura individuata in corrispondenza della nuova briglia selettiva in progetto (attualmente in fase di realizzazione) situata nella zona apicale del conoide su cui sorge una parte degli abitati di Consiglio di Rumo e di Gravedona, si sviluppa su una superficie complessiva di 56,16 km² compresa tra 2551 m s.l.m. (Pizzo Paglia) e 206 m s.l.m..

L'altitudine media del bacino idrografico in oggetto è stata calcolata suddividendo l'area del bacino in fasce ad intervallo altimetrico costante ed effettuando una media pesata dell'altitudine media di ciascuna fascia rispetto alla superficie corrispondente alla relativa fascia altimetrica, ovvero applicando la seguente relazione:

$$H_{media} = \frac{\sum_i H_i \cdot S_i}{S} \quad [\text{m s.l.m.}]$$

dove:

- Hi altitudine media della fascia altimetrica i-esima
- Si superficie della porzione di bacino idrografico compresa nella fascia altimetrica i-esima
- S superficie complessiva del bacino idrografico

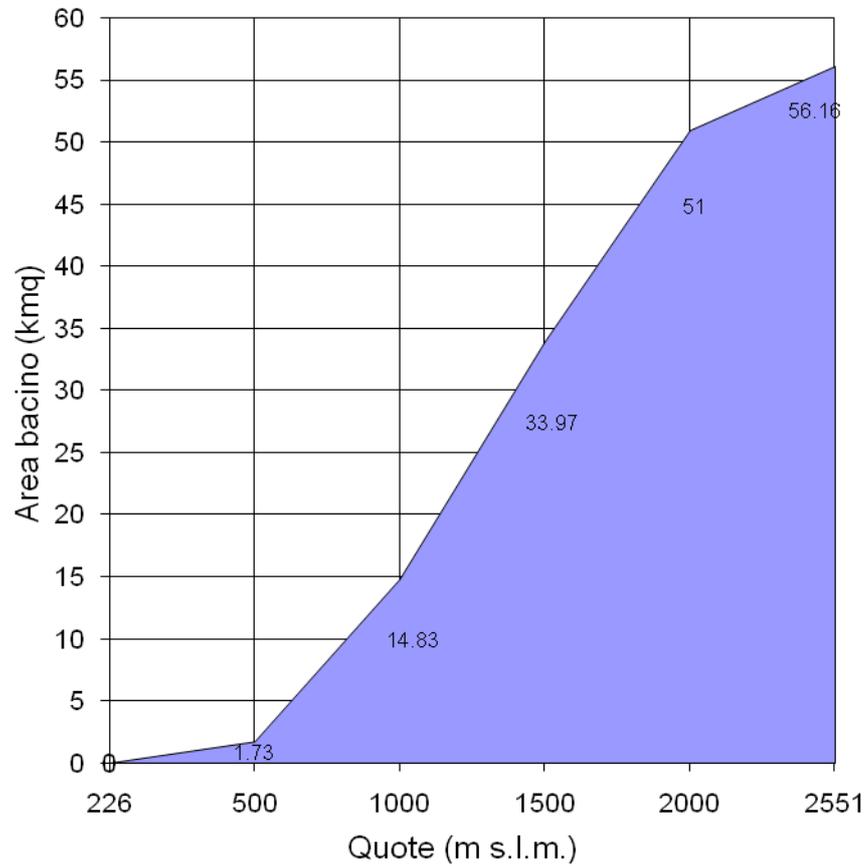
Applicando tale espressione si ottiene un'altitudine media del bacino idrografico del torrente Liro, chiuso alla sezione considerata, pari a 1351,89 m s.l.m..

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche fisiche del bacino idrografico del torrente Liro, utili ai fini della stima della portata di piena del corso d'acqua:

- SUPERFICIE BACINO	56,16 km ²
- QUOTA MASSIMA	2551,00 m s.l.m.
- QUOTA MINIMA	226,00 m s.l.m.
- QUOTA MEDIA	1351,89 m s.l.m.
- LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	14,235 km

Nella figura seguente si riporta la curva ipsometrica del bacino idrografico del torrente Liro.

Curva ipsometrica bacino



Curva ipsometrica del bacino idrografico del torrente Liro

3 STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL TORRENTE LIRO

Non disponendo delle necessarie osservazioni di portata e per superare le difficoltà riscontrate dalla scarsità di dati idrologici di base reperibili, l'analisi è stata condotta utilizzando modelli di trasformazione degli afflussi meteorici (precipitazioni atmosferiche di prefissate caratteristiche) in deflussi alla sezione di chiusura del bacino.

I fondamenti delle procedure utilizzate per la redazione del presente studio sono stati tratti dalla bibliografia, nonché dalle direttive del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) sulle piene di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica recanti le indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni.

Per la determinazione delle portate di progetto si è fatto ricorso all'utilizzo dei metodi di analisi dei deflussi superficiali di tipo approssimato e indiretto.

In mancanza di misure dirette dei valori di portata risulta importante l'utilizzo delle comuni formule per la definizione del valore di massima piena. In questo specifico caso si è utilizzata la FORMULA DEL METODO RAZIONALE.

$$Q = 0,28 \cdot c \cdot i \cdot A$$

In cui c è il coefficiente d'afflusso caratteristico del bacino idrografico, i è l'intensità della pioggia corrispondente alla durata critica, ovvero alla durata che dà luogo al massimo valore della portata al colmo (mm/h), A è la superficie complessiva del bacino idrografico (km²).

Per l'applicazione di tale metodo si è considerato il bacino del torrente come una singola unità basandosi sulle seguenti ipotesi:

- ◆ Distribuzione uniforme della precipitazione su tutto il bacino
- ◆ Linearità del modello A-F impiegato (ingressi e uscite di uguale rarità)
- ◆ Tempo di formazione del colmo di piena pari a quello della fase di riduzione
- ◆ Tempo di ritorno T della portata stimata uguale a quello dell'intensità di pioggia
- ◆ Durata dell'intensità di pioggia uguale al tempo di corrivazione t_c del bacino

3.1 DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PUNTUALE (O DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA)

La curva di possibilità climatica, che rappresenta il legame tra l'altezza di pioggia che può cadere con un assegnato tempo di ritorno T per un'assegnata durata d e la durata d, è rappresentata dall'equazione:

$$h(d,T) = a \cdot d^n$$

dove si assume che la durata sia quella che dà luogo al massimo valore della portata al colmo (durata critica).

Data la scarsa disponibilità di dati pluviometrici e la mancanza di serie storiche di dati di pioggia relativi al bacino in esame che possano giustificare un accurato studio statistico dei dati pluviometrici per ottenere una stima dei parametri il più possibile corretta, il valore di a ed n è stato desunto direttamente da valori stimati dall'Autorità di Bacino ed in particolare dall'allegato 3 alla sopraccitata direttiva: *Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense - Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni relative alle celle del reticolo chilometrico.*

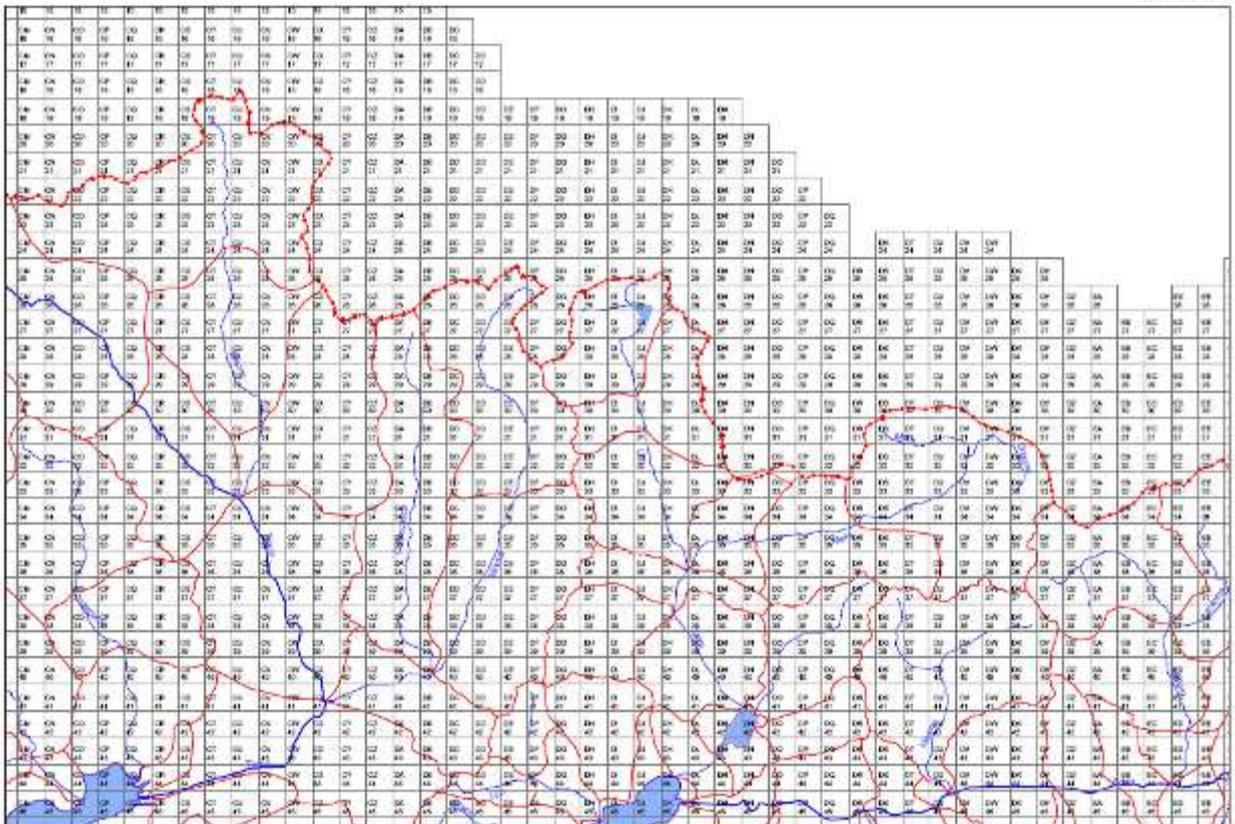
L'individuazione della cella del reticolo chilometrico è stata desunta dallo stesso allegato, di cui di seguito se ne riportano alcuni stralci.

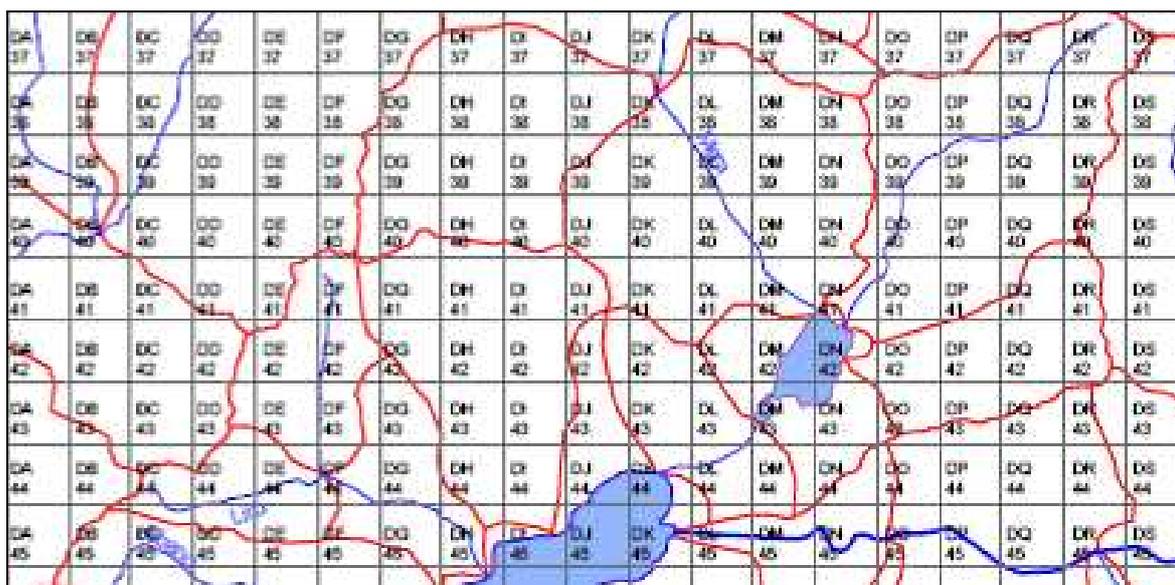
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
COMUNE DI CONSIGLIO DI RUMO (CO)

AdbPo - PAI - Direttiva 2 Allegato 1 - Tavola 04



Tavola 04





Estratto della Tavola 04 del reticolo definito dal PAI in corrispondenza del bacino idrografico

Considerando i valori delle celle del reticolo che risultano, per la maggior parte, comprese all'interno della porzione di bacino idrografico del torrente Liro considerato e che sono riportate nella tabella seguente, si sono stimati i valori medi dei parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica, e successivamente impiegati nella stima della portata di piena centenaria del torrente.

Cella PAI	Tr = 20 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a	n	a	n	a	n	a	n
DE41	46	0.388	58.47	0.388	63.8	0.387	70.81	0.387
DF41	45.58	0.384	57.91	0.383	63.18	0.383	70.13	0.382
DE42	46.81	0.384	59.54	0.383	64.98	0.382	72.15	0.382
DF42	46.43	0.38	59.06	0.378	64.46	0.377	71.56	0.377
DD43	46.78	0.388	59.46	0.387	64.86	0.386	71.99	0.386
DE43	46.71	0.383	59.41	0.381	64.82	0.381	71.97	0.38
DF43	46.67	0.378	59.4	0.376	64.84	0.375	72.01	0.374
DG43	46.25	0.371	58.88	0.368	64.28	0.367	71.39	0.366
DC44	47.67	0.388	60.57	0.387	66.08	0.387	73.34	0.386
DD44	47.73	0.383	60.71	0.382	66.25	0.381	73.55	0.38
DE44	47.75	0.378	60.78	0.376	66.35	0.375	73.68	0.375
DF44	47.78	0.373	60.88	0.37	66.48	0.369	73.86	0.368
DG44	47.45	0.367	60.5	0.363	66.07	0.362	73.42	0.361
DD45	48.85	0.376	62.19	0.374	67.88	0.373	75.39	0.373
DE45	48.92	0.371	62.35	0.369	68.09	0.368	75.64	0.367
DF45	48.92	0.365	62.41	0.362	68.18	0.36	75.78	0.36
DG45	48.67	0.361	62.13	0.358	67.89	0.356	75.47	0.355
DH45	48.51	0.357	61.96	0.353	67.72	0.352	75.29	0.35

Parametri a ed n caratteristici delle celle del reticolo definito dal PAI

I parametri a ed n medi ottenuti ed utilizzati nelle successive elaborazioni sono pertanto i seguenti:

TEMPO DI RITORNO(anni)	a	n
20	42.42	0.376
100	60.37	0.374
200	65.90	0.373
500	73.19	0.373

Dal rapporto tra la curva di possibilità climatica e la durata dell'evento di pioggia, è possibile ricavare il valore dell'INTENSITA' MEDIA DELLA PRECIPITAZIONE:

$$i(d,T) = a \cdot d^{n-1}$$

Noti i valori dei parametri a ed n è possibile ricavare i valori di intensità delle precipitazioni relative a diverse durate; inserendo in un modello afflussi-deflussi tali valori è possibile determinare, oltre che gli idrogrammi di piena, anche le portate di colmo per assegnati tempi di ritorno.

La durata dell'evento da considerare è quella cosiddetta critica, cioè quella che è causa di una portata pari a quella del colmo di piena.

Poiché il tempo di corrivazione del bacino t_c , oltre che il tempo che impiega la precipitazione dalla parte più distante del bacino a raggiungere la sua sezione di chiusura, rappresenta il tempo dall'inizio della precipitazione oltre il quale tutta la precipitazione caduta sul bacino contribuisce alla formazione del deflusso, la formazione del deflusso dipende dal tempo di corrivazione di ciascun bacino. La durata critica dell'evento meteorico è pertanto assunta pari al tempo di corrivazione t_c del bacino.

3.2 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il calcolo del tempo di corrivazione è stato effettuato utilizzando la formula di Giandotti la quale si ritiene meglio si adatti alla valutazione relativa ai bacini montani:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}}$$

A superficie bacino (km²)

L lunghezza asta principale (km)

H_m altitudine media bacino (m s.l.m.)

H_0 altitudine minima bacino (m s.l.m.)

Il tempo di ritorno così calcolato è risultato essere pari a **1,91 ore**.

3.3 CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO

L'analisi qui esposta ha permesso di determinare la trasformazione dell'evento meteorico in afflusso alla sezione di chiusura del bacino attraverso l'applicazione della formula razionale $Q = 0,28 \cdot c \cdot i \cdot A$, dove c rappresenta il coefficiente di deflusso, ovvero il rapporto tra gli afflussi meteorici ed i corrispondenti deflussi superficiali.

La determinazione di tale coefficiente ha tenuto conto in modo implicito di tutti gli elementi che possono determinare la relazione tra portata al colmo e intensità di pioggia.

Esso dipende dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino nonché dalla sua copertura vegetale e la sua determinazione, tra l'altro di difficile stima, è possibile solamente quando si disponga sia di serie storiche di pioggia, ma anche di portata.

La poca disponibilità di dati in tal senso ha reso obbligatoria la determinazione di tale valore facendo riferimento alla bibliografia.

I coefficienti di deflusso sono assegnati a seconda dell'uso del suolo e delle sue caratteristiche geomorfologiche.

Di seguito si riporta la tabella di riferimento tratta da "Handbook of Applied Hydrology", (Ven Te Chow, 1964) che assegna valori di coefficienti di deflusso a seconda dell'uso del suolo utilizzata.

Coefficienti di deflusso c

TIPO DI SUOLO	USO DEL SUOLO	
	COLTIVATO	BOSCO
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

In questo caso, considerando le caratteristiche del bacino idrografico in oggetto, in particolare in relazione alla tipologia di suolo (presenza di substrato roccioso nella porzione alta del bacino e suoli caratterizzati da una scarsa capacità di infiltrazione nella maggior parte del bacino), si stima cautelativamente un valore intermedio tra i due indicati per la categoria di suoli caratterizzati da una **bassa infiltrazione**. In accordo con il valore del coefficiente d'afflusso indicato, specificatamente per il bacino in oggetto, nel database del "Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua" (SIBCA) della Regione Lombardia si è quindi assunto un coefficiente di deflusso pari a 0.42.

Assegnando pertanto un valore del coefficiente d'afflusso medio pari a $c = 0,42$ la portata di progetto stimata per i diversi tempi di ritorno risulta essere:

Tempo di ritorno	Portata Q
20 anni	185,62 mc/s
100 anni	263,82 mc/s
200 anni	287,80 mc/s
500 anni	319,64 mc/s

A seguire si riporta copia delle elaborazioni effettuate per la stima della portata di piena per differenti tempi di ritorno dell'evento.

STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

Direttiva n. 2 Autorità di Bacino del Fiume PO - P.A.I.

"Piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"

Descrizione : T.LIRO in Comune di Consiglio di Rumo

Punto di sezione : apice del conoide - quota 226 m s.l.m.

TEMPO DI CORRIVAZIONE (Giandotti)

DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO		DATI RISULTANTI	
S ⇒ 56.160	[Km ²] Superficie Bacino	$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \Rightarrow 1.91$	[ore]
L ⇒ 14.235	[Km] Lunghezza asta principale		
Hm ⇒ 1351.89	[m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.		
Ho ⇒ 226.00	[m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.		

PREVISIONE QUANTITATIVA DELLE PIOGGE INTENSE

FORMULA	$h_{(t)} = at^n$	h _(t) = massima precipitazione in mm al tempo t
Curva di probabilità pluviometrica		t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrvazione
		a = fattore della curva relativo ad un determinato Tr
		n = esponente della curva relativo ad un determinato Tr
		Tr = tempo di ritorno (20-100-200 anni)

DATI CELLA DELLA GRIGLIA DI DISCRETIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE
(Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)

Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
			42.42	0.376	60.37	0.374	65.9	0.373	73.19	0.373

MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE

Tr	h(t)	
20 ⇒	54.13	h _(t) = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrvazione [ore] 1.91 Tr = tempo di ritorno
100 ⇒	76.93	
200 ⇒	83.93	
500 ⇒	93.21	

PORTATE DI MASSIMA PIENA

FORMULA del METODO RAZIONALE

$$Q_c = 0.278 \frac{c h_{(t)} S}{T_c}$$

Q_c	portata al colmo
c ⇒ 0.42	coefficiente di deflusso
dove h _(t)	massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.)
S ⇒ 56.16	[Km ²] Superficie Bacino
T _c ⇒ 1.91	[ore] Tempo di corrvazione

Tempo di ritorno (anni)	Portate al colmo = Q _c [mc/sec]
20 ⇒	185.619
100 ⇒	263.822
200 ⇒	287.802
500 ⇒	319.639

4 ELABORAZIONI IDRAULICHE

La determinazione delle grandezze idrometriche è stata effettuata con l'ausilio del codice di calcolo **HEC- RAS 4.0 - Hydrologic Engineering Center - River Analysis System (US Army Corps of Engineers)** che risolve le equazioni caratteristiche del moto permanente permettendone il tracciamento del profilo longitudinale.

Il sistema è costituito da moduli di analisi idraulica monodimensionale. Nell'ambito dell'analisi in condizioni di moto permanente il software consente di simulare il profilo del moto all'interno di un'intera rete di canali, di un sistema ad albero o di un singolo ramo e di modellizzare il moto permanente in regime di corrente lenta, di corrente veloce o misto.

La procedura alla base del calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia che tiene conto delle perdite di carico intese come sommatoria tra quelle dovute all'attrito (calcolate con l'equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione/espansione delle sezioni (calcolate attraverso un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto viene utilizzata nei punti in cui il profilo della corrente subisce brusche variazioni, ovvero, in condizione di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta o in corrispondenza di ponti o confluenze di più rami di una rete.

Per un dato valore di portata il modello consente infatti di effettuare delle valutazioni in merito alla definizione delle aree esondabili tenendo conto delle possibili situazioni di interferenza al moto quali: variazioni di pendenza, cambiamenti di sezione, presenza ponti o tombinature, presenza di sistemazioni idrauliche, arginature, analisi delle confluenze, etc.

Di seguito si riportano le elaborazioni idrauliche eseguite ed i risultati ottenuti nel caso in oggetto considerando la portata centenaria precedentemente stimata e pari a 263,82 m³/s.

4.1 GEOMETRIA DEL CORSO D'ACQUA E DELL'ALVEO

Lo studio idraulico è stato eseguito sulla base del rilievo topografico eseguito a supporto della progettazione definitiva/esecutiva di una serie di interventi nell'ambito del "Piano interventi strutturali seconda fase sistemazione idrogeologica dei torrenti Livo e Liro e degli affluenti" - legge 102/90 - "Legge Valtellina" redatto nel 2006 da parte dell'associazione Temporanea di liberi Professionisti con capogruppo Dott. Ing. Sergio Orietti.

In particolare la geometria del tratto di corso d'acqua in oggetto è stata ricostruita mediante le sezioni di progetto previste, ovvero considerando la presenza delle opere di regimazione idraulica indicate nel progetto sopracitato ed attualmente in fase di realizzazione.

Il tratto del torrente Liro oggetto della verifica risulta compreso tra il ponte sulla S.S.Regina e la zona apicale del conoide e si sviluppa su una lunghezza totale di circa 500 metri.

L'intero tratto in oggetto risulta arginato lungo entrambe le sponde e è interessato complessivamente da nove soglie di fondo (quella più a valle è posta a circa 100 m a monte del ponte di attraversamento sulla S.S.Regina) e da una briglia selettiva (attualmente in fase di realizzazione) posta circa 90 m a valle della briglia di derivazione idrica presente nella zona apicale del conoide.

Lungo il tratto di corso d'acqua considerato sono state elaborate complessivamente 50 sezioni trasversali numerate in ordine crescente a partire da valle (sez.0.0 - soglia posta a circa 100 m dal ponte sulla S.S.Regina) verso monte (sez.29.0 posta a circa 15 m a monte della briglia selettiva).

La scelta localizzativa delle sezioni è dovuta principalmente a quelli che si ritiene possano essere i punti più critici per il deflusso. In particolare le sezioni trasversali sono state elaborate in corrispondenza delle opere trasversali presenti lungo l'alveo (soglie e briglia selettiva), dei cambi significativi sia di direzione del corso d'acqua che della geometria delle sezioni e delle discontinuità relativamente alla scabrezza del fondo dell'alveo (fondo naturale in terra, in roccia, con depositi di materiale ghiaioso) e delle sponde (naturali con vegetazione, arginature realizzate con differenti tipologie di materiale).

La geometria delle sezioni si presenta pressoché regolare vista la presenza dei muri d'argine in muratura subverticali lungo quasi tutto il tratto considerato, ad eccezione del tratto a monte della briglia selettiva dove le sponde sono naturali con affioramenti di roccia ed un tratto nella zona a monte della sponda destra dove si osservano affioramenti rocciosi.

L'alveo del tratto del torrente Liro presenta una larghezza variabile da 10-15 a 20 m, crescente procedendo verso valle; le larghezze minori si riscontrano nel tratto in corrispondenza della briglia selettiva dove si osservano affioramenti rocciosi in alveo lungo entrambe le sponde ed in particolare lungo quella destra.

Nella tabella seguente si riportano, in ordine da monte verso valle, le corrispondenze tra la numerazione delle sezioni e le opere trasversali presenti sul tratto di corso d'acqua in oggetto.

CODICE IDENTIFICATIVO DELLA SEZIONE	OPERA
28.1	BRIGLIA SELETTIVA
25.1	SOGLIA N.9
22.1	SOGLIA N.8
19.1	SOGLIA N.7
17.1	SOGLIA N.6
14.1	SOGLIA N.5
11.1	SOGLIA N.4
9.1	SOGLIA N.3
3.1	SOGLIA N.2
0.1	SOGLIA N.1

4.1.1 Schematizzazione delle soglie

Per ciascuna delle soglie di fondo presenti nel tratto di corso d'acqua a monte del ponte di attraversamento della Statale Regina sono state identificate n.3 sezioni al fine di permettere al codice di calcolo, impiegato per la simulazione della propagazione dell'onda di piena, di considerare sia la larghezza della soglia che la sua diversità di scabrezza rispetto a quella del fondo dell'alveo, oltre che la brusca variazione della quota di fondo in funzione dell'altezza della soglia.

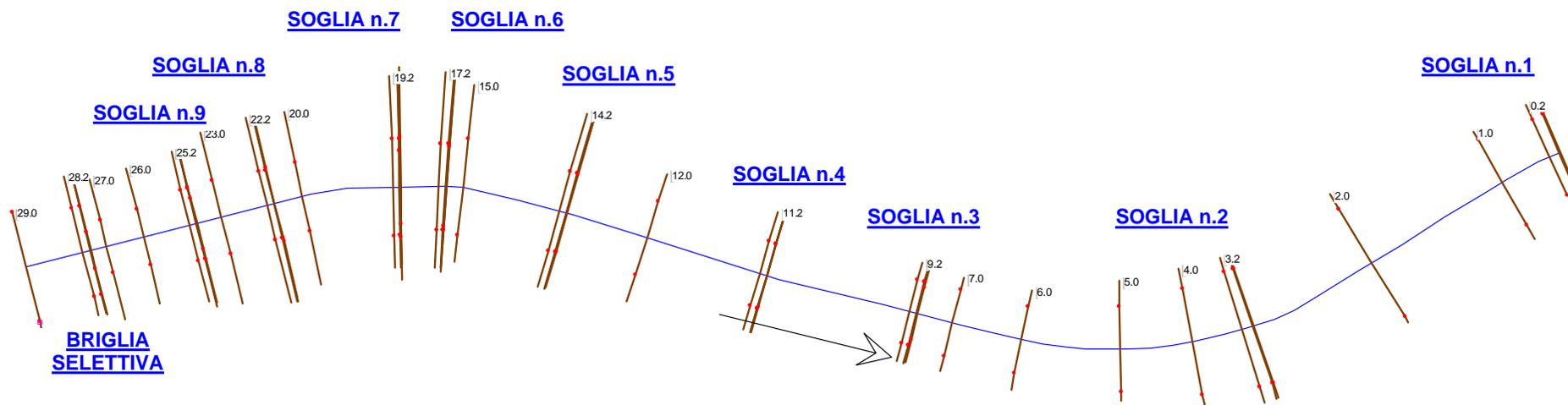
In particolare si sono considerate: la sezione in corrispondenza del lato di monte della soglia (identificata con il numero x.2, dove x è il numero progressivo delle sezioni), la sezione in corrispondenza del lato di valle della soglia (identificata con il numero x.1, dove x è il numero progressivo delle sezioni) ed una sezione immediatamente a valle della soglia (identificata con il numero x.0, dove x è il numero progressivo delle sezioni) al fine di considerare l'altezza della soglia, ovvero la brusca variazione della quota di fondo dell'alveo.

4.1.2 Schematizzazione della briglia selettiva

La briglia selettiva presente nella parte iniziale del tratto considerato è stata schematizzata come una soglia di fondo ipotizzando cautelativamente che il tratto a monte, compreso tra la briglia selettiva e la briglia di derivazione posta circa 90 m a monte, che costituisce una vasca di accumulo dell'eventuale materiale solido trasportato dalla corrente idrica, sia completamente riempito.

Nelle due immagini riportate a seguire è rappresentata la geometria del corso d'acqua con la localizzazione delle sezioni. Nella prima immagine sono indicate le tracce delle sezioni corrispondenti alle principali opere trasversali presenti lungo il tratto considerato; nella seconda l'intera geometria.





Schematizzazione del corso d'acqua con ubicazione delle sezioni (estratto geometria inserita nel software HEC-RAS impiegato per la simulazione della propagazione dell'onda di piena)

4.2 COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Nella modellazione effettuata, per la valutazione della perdita di carico continua, si è utilizzato il coefficiente di scabrezza n di Manning.

Tale coefficiente, misura globale di resistenza al moto, è stato scelto a seguito di un'accurata ricognizione dei luoghi, considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo, le opere trasversali presenti in alveo ed i materiali che rivestono le arginature presenti lungo entrambe le sponde.

L'assegnazione della scabrezza in corrispondenza di ciascuna sezione è stata effettuata considerando gli interventi di regimazione in progetto ed attualmente in fase di realizzazione, a seguito dei quali il corso d'acqua, risulta completamente arginato artificialmente mediante argini in muratura in pietra da taglio. Gli argini sono, per tutta la lunghezza considerata, costituiti da muri di altezza variabile pressoché verticali e realizzati in parte in pietrame e cls ed in parte mediante massi ciclopici intasati in cls.

Nella parte a valle della briglia selettiva l'alveo risulta privo di materiale sovralluvionato e costruito da terra con ghiaia grossolana e ciottoli. In questo tratto si rileva inoltre la presenza di n.9 soglie caratterizzate da una copertura in masselli e cls.

In base alle caratteristiche dei materiali che costituiscono il rivestimento delle sezioni del corso d'acqua nel tratto di alveo considerato, i coefficienti di scabrezza utilizzati sono stati i seguenti:

- | | |
|--|-------------------------------|
| - <i>alvei in roccia regolare</i> | <i>$n = 0.033$</i> |
| - <i>fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi</i> | <i>$n = 0.04$</i> |
| - <i>arginature artificiali in muratura in pietra da taglio</i> | <i>$n = 0.014$</i> |
| - <i>copertura soglie in masselli e cls e/o cls vecchio con superficie pulita</i> | <i>$n = 0.016$</i> |
| - <i>scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea</i> | <i>$n = 0.05$</i> |
| - <i>alveo in terra con ghiaia grossa 50-150 mm</i> | <i>$n = 0.033$</i> |
| - <i>alveo artificiale con pietre grossolanamente squadrate</i> | <i>$n = 0.02$</i> |

Tali coefficienti sono stati applicati sulle sezioni suddividendo ciascuna di esse in tratti omogenei ed assegnando a ciascun tratto il coefficiente di scabrezza specifico.

4.3 INDIVIDUAZIONE CARATTERISTICHE DEL MOTO

A questo punto, definite le principali caratteristiche geometriche dell'alveo, è possibile determinare le principali grandezze idrauliche che caratterizzano il deflusso della portata precedentemente calcolata, nonché tracciare il profilo idrico per tutta la lunghezza del tratto in esame.

Ponendo come condizioni al contorno l'altezza critica sia a monte che a valle del tratto in esame visto sia nella parte iniziale che finale del tratto sono presenti delle opere trasversali in corrispondenza delle quali è ragionevole considerare che la corrente idrica transiti con un'altezza pari a quella critica, si è proceduto ad elaborare dapprima un primo profilo supponendo il transito della portata in regime di corrente lenta (subcritica) e dunque influenzata dalla condizione al contorno di valle, con il tracciamento del profilo a partire da valle.

Questa prima analisi in regime di corrente lenta ha evidenziato anomalie e difficoltà nella determinazione dell'altezza idrica nei tratti in corrispondenza delle soglie. In corrispondenza di una soglia è infatti ragionevole ipotizzare che la corrente debba passare attraverso lo stato critico e quindi passare, anche se per un breve tratto, ad un regime di corrente veloce, per tendere nuovamente al regime di corrente lenta a valle della soglia, ad una distanza tale per cui il moto non è più influenzato dalla presenza della soglia stessa.

Durante le iterazioni standard in regime di corrente lenta il profilo della corrente si mantiene sempre al di sopra dello stato critico nonostante, in corrispondenza delle soglie, la corrente raggiunga comunque l'altezza critica. Questo indica che l'assunzione di una corrente subcritica non è valida per la modellazione del comportamento della corrente nei tratti in corrispondenza ed in prossimità delle soglie.

Pertanto, vista la presenza di numerose soglie lungo il tratto di corso d'acqua considerato, si è proceduto con una simulazione di propagazione dell'onda di piena in ipotesi di corrente mista (mixed).

Questa seconda simulazione evidenzia come in corrispondenza delle soglie, in particolare in quelle caratterizzate da una maggiore altezza, la corrente passi, attraverso lo stato critico, da corrente lenta a corrente veloce e si mantenga in corrente veloce per un breve tratto, per poi riportarsi nuovamente in regime di corrente lenta. Ciò significa che per visualizzare correttamente il comportamento della corrente in corrispondenza delle soglie è necessario effettuare la simulazione in regime di corrente mista.

Per quanto riguarda il numero di Froude esso assume valori sia superiori che inferiori ad 1 indicando che vi è passaggio da una condizione di moto in corrente lenta ad una in corrente veloce o viceversa.

Il tracciamento del profilo in corrente mista richiede la determinazione di due condizioni al contorno, una di valle ed una di monte, essendo il moto influenzato da entrambe.

In questo caso vista la presenza sia all'inizio che alla fine del tratto di opere trasversali, si è scelto di adottare come condizione al contorno sia a monte che a valle, l'altezza critica.

Per quanto riguarda i coefficienti di espansione e contrazione del flusso, non essendo presenti brusche variazioni al moto, ma gradualmente, sono stati utilizzati i valori rispettivamente pari a 0.1 e 0.3

4.4 DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO

Si è dunque proceduto alle elaborazioni per la determinazione del profilo idraulico considerando il valore della portata centenaria precedentemente determinati e calcolati i principali parametri idraulici che si riportano negli allegati a fine testo.

La lettura del profilo evidenzia come la computazione in regime misto abbia dato i risultati ipotizzati e cioè che il valore dell'altezza idrica è superiore o uguale a quello dell'altezza critica, ad eccezione dei tratti in corrispondenza delle soglie dove la corrente passa, attraverso lo stato critico, a corrente veloce.

Negli allegati si riportano le verifiche per ciascuna sezione idraulica considerata, la tabella con le principali grandezze idrauliche ottenute ed il tracciamento del profilo idraulico lungo il corso d'acqua.

Tutte le sezioni appaiono dunque verificate per il valore della portata centenaria precedentemente stimata.

5 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dalle elaborazioni idrauliche evidenziano come la piena del Torrente Liro, anche in caso di un evento centenario, sia sempre contenuta all'interno degli argini.

A conclusione si precisa che le grandezze idrauliche qui determinate potrebbero ovviamente variare in funzione dello stato di manutenzione dell'alveo del torrente.

Le elaborazioni fanno comunque riferimento ad uno stato di progetto degli interventi attualmente in fase di realizzazione ed allo stato di pulizia attuale del fondo alveo che deve essere mantenuto tale affinché simili condizioni restino verificate; la presenza in alveo di vegetazione o di materiali durante i fenomeni di piena può ridurre le capacità di deflusso alle sezioni.

Dervio (Lc), ottobre 2010

Dott. Ing. Claudia Anselmini



The image shows a handwritten signature in cursive that reads "Claudia Anselmini". To the right of the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the text: "ORDINE INGEGNERI" at the top, "Dott. Ing. ANSELMINI CLAUDIA" in the center, and "N. 858" below the name. At the bottom of the stamp, it says "PROV. DI LEGGANO".

ALLEGATO 1

Documentazione fotografica



Foto 1 (066) - Inizio (a valle) del tratto del T.Liro oggetto di verifica



Foto 2 (063) – Vista verso monte dell'alveo del T.Liro: la soglia in primo piano è la soglia n.2



Foto 3 (075) – Vista verso monte del tratto di alveo del T.Liro compreso tra le sezioni 5.0 e 9.0



Foto 4 (056) – Vista verso monte dell'alveo del T.Liro: la soglia in primo piano è la soglia n.2



Foto 5 (050) – Vista verso monte del tratto di alveo del T.Liro: la prima soglia è la n.3



Foto 6 (083) – Vista verso monte dell'alveo del T.Liro: la soglia più a valle è la n.4



Foto 7 (091) – Vista verso monte del tratto di alveo del T.Liro compreso tra la soglia n.8 e la briglia selettiva



Foto 8 (095) – Vista verso valle dell'alveo del T.Liro: la soglia più a monte è la n.8



Foto 9 (096) – Briglia selettiva in costruzione



Foto 10 (113) – Vista verso valle del tratto di alveo del T.Liro a monte della briglia selettiva

ALLEGATO 2

**Risultati verifica idraulica per portata di piena centenaria
($Q_{100} = 263,82 \text{ m}^3/\text{s}$)**

Tabella grandezze idrauliche

Sezioni di verifica idraulica

Profilo idrico della corrente

TABELLA GRANDEZZE IDRULICHE DELLA CORRENTE

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Hydr Radius	Crit W.S.	LOB Elev	ROB Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	
29	263.82	232.56	234.65	1.84	234.65	235.01	234.80	235.62	4.36	60.5	1.00
28.2	263.82	230.7	232.31	1.42	233.19	235.35	234.77	235.24	7.58	34.81	1.98
28.1	263.82	230.7	232.32	1.42	233.19	235.35	234.77	235.22	7.55	34.95	1.96
28	263.82	226.1	228.34	1.56	230.12	235.35	234.77	234.85	11.31	23.33	2.63
27	263.82	223.94	226.22	1.23	227.98	234.75	234.71	234.26	12.56	21.01	3.42
26	263.82	224.93	226.82	1.40	228.33	235.01	234.73	232.43	10.49	25.14	2.65
25.2	263.82	225.44	227.39	1.49	228.41	235.04	233.51	230.91	8.32	31.73	2.05
25.1	263.82	225.44	227.41	1.52	228.4	235.04	233.51	230.82	8.18	32.27	2.00
25	263.82	223.66	229.14	2.96	227.04	235.04	233.51	229.56	2.87	91.95	0.45
24	263.82	224.80	228.76	2.51	227.95	234.97	233.52	229.53	3.88	67.98	0.7
23	263.82	225.23	228.66	2.35	228.1	236.04	233.57	229.48	4.01	65.75	0.77
22.2	263.82	224.95	228.5	2.19	228.16	235.77	232.44	229.38	4.14	63.66	0.84
22.1	263.82	224.95	228.47	2.19	228.16	235.77	232.44	229.37	4.20	62.88	0.85
22	263.82	221.66	228.91	3.04	225.34	235.77	232.44	229.18	2.28	115.47	0.36
21	263.82	221.64	228.71	2.73	227.03	235.77	232.1	229.16	2.97	88.79	0.52
20	263.82	223.72	227.76	2.13	227.76	235.75	230.74	229.03	5.00	52.78	1.01
19.2	263.82	223.66	225.94	1.62	226.72	235.12	229.81	228.49	7.07	37.33	1.70
19.1	263.82	223.66	225.97	1.64	226.7	235.12	229.81	228.44	6.97	37.87	1.66
19	263.82	222.92	227.3	2.84	225.71	235.12	229.81	227.75	2.99	88.34	0.51
18	263.82	223.47	226.47	2.13	226.47	234.08	229.77	227.68	4.88	54.1	1.01
17.2	263.82	223.53	225.84	1.82	226.19	233.62	229.05	227.45	5.62	46.93	1.27
17.1	263.82	223.53	225.93	1.88	226.19	233.62	229.05	227.4	5.38	49.08	1.19
17	263.82	222.41	226.37	2.83	225.00	233.62	229.05	226.85	3.08	85.65	0.52
16	263.82	222.40	226.17	2.57	225.37	233.51	229.01	226.83	3.59	73.42	0.66
15	263.82	222.53	226.05	2.47	225.45	233.15	229.00	226.8	3.82	69.13	0.72
14.2	263.82	222.71	225.53	2.12	225.35	232.66	229.62	226.56	4.49	58.7	0.91
14.1	263.82	222.71	225.34	2.02	225.34	232.66	229.62	226.54	4.85	54.42	1.01
14	263.82	221.33	225.23	2.82	223.81	232.66	229.62	225.73	3.12	84.66	0.52
13	263.82	221.65	224.86	2.42	224.32	232.63	229.8	225.69	4.06	65.03	0.75

12	263.82	221.34	224.36	2.30	224.13	231.23	231.09	225.50	4.71	55.98	0.89
11.2	263.82	220.75	223.95	2.33	223.75	228.62	228.99	225.18	4.91	53.74	0.91
11.1	263.82	220.75	223.77	2.23	223.77	228.62	228.99	225.16	5.24	50.37	1.00
11	263.82	218.05	224.05	3.55	220.93	228.62	228.99	224.37	2.53	104.31	0.34
10	263.82	217.87	223.89	3.26	221.87	228.45	228.84	224.36	3.05	86.63	0.45
9.2	263.82	219.76	222.92	2.33	222.72	225.28	227.57	224.14	4.90	53.87	0.91
9.1	263.82	219.76	222.72	2.21	222.72	225.28	227.57	224.12	5.25	50.29	1.00
9	263.82	216.41	223.13	3.71	219.37	225.28	227.57	223.40	2.30	114.61	0.30
8	263.82	216.36	222.94	3.41	220.60	225.13	227.54	223.38	2.92	90.29	0.42
7	263.82	218.26	222.64	2.85	221.44	224.46	227.35	223.33	3.68	71.64	0.6
6	263.82	218.62	221.74	2.24	221.74	223.81	227.06	223.15	5.26	50.14	1.01
5	263.82	218.34	221.08	2.03	221.39	224.54	226.65	222.76	5.75	45.91	1.21
4	263.82	217.95	220.08	1.63	220.71	226.04	226.31	222.27	6.55	40.28	1.58
3.2	263.82	218.06	219.77	1.47	220.34	226.04	225.92	221.75	6.23	42.31	1.60
3.1	263.82	218.06	219.80	1.49	220.35	226.04	225.92	221.71	6.13	43.05	1.56
3	263.82	217.23	218.59	1.23	219.47	226.04	225.92	221.59	7.68	34.37	2.11
2	263.82	216.91	220.05	2.55	219.14	226.03	223.25	220.53	3.08	85.61	0.59
1	263.82	216.3	219.15	2.21	218.98	224.79	221.62	220.25	4.64	56.81	0.92
0.2	263.82	216.13	219.03	2.22	218.82	224.47	219.54	220.10	4.57	57.67	0.90
0.1	263.82	216.13	218.82	2.08	218.82	224.47	219.54	220.08	4.97	53.1	1.01
0	263.82	214.70	216.21	1.32	217.25	224.47	219.54	219.84	8.44	31.26	2.19

RIVER STATION: SEZIONE

Q TOTAL: PORTATA DEFLUENTE

MIN CH EL: QUOTA MINIMA DELL' ALVEO

W.S. ELEV: QUOTA IDRICA STIMATA

HYDR RADIUS: RAGGIO IDRAULICO

CRIT W.S.: QUOTA ALTEZZA CRITICA

LOB ELEV.: SOMMITÀ' SPONDA SINISTRA

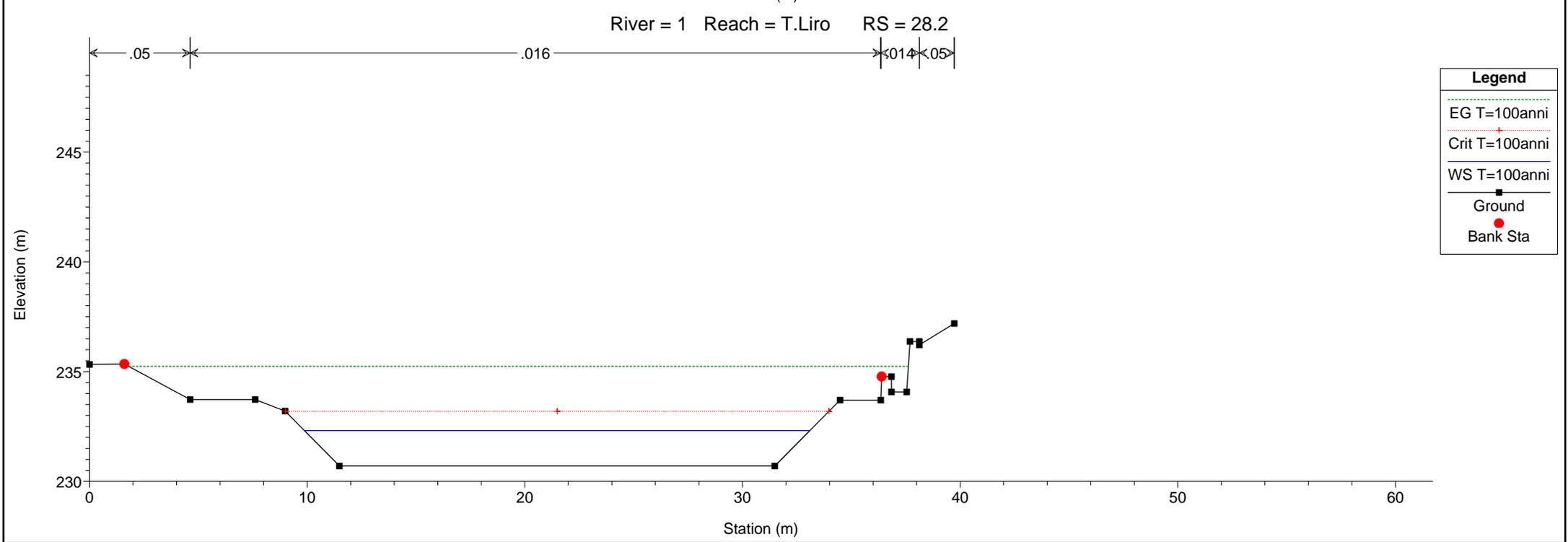
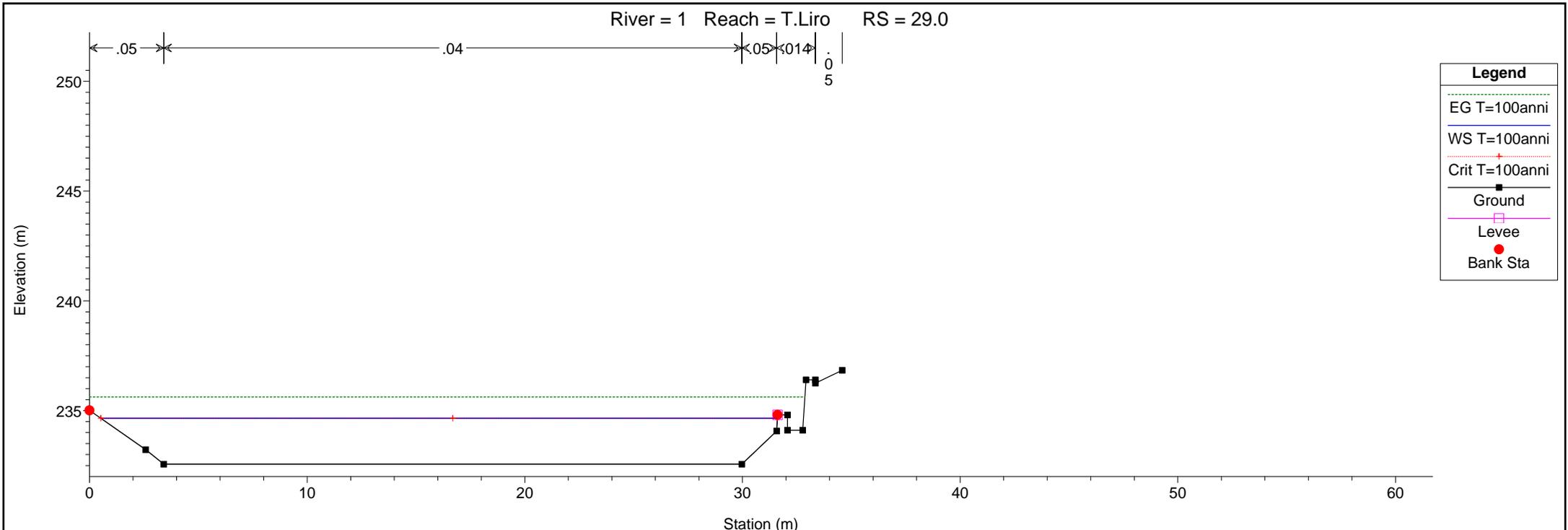
ROB ELEV.: SOMMITÀ' SPONDA DESTRA

E.G. ELEV: ENERGIA

VEL CHNL: VELOCITA' MEDIA DELLA CORRENTE IN ALVEO

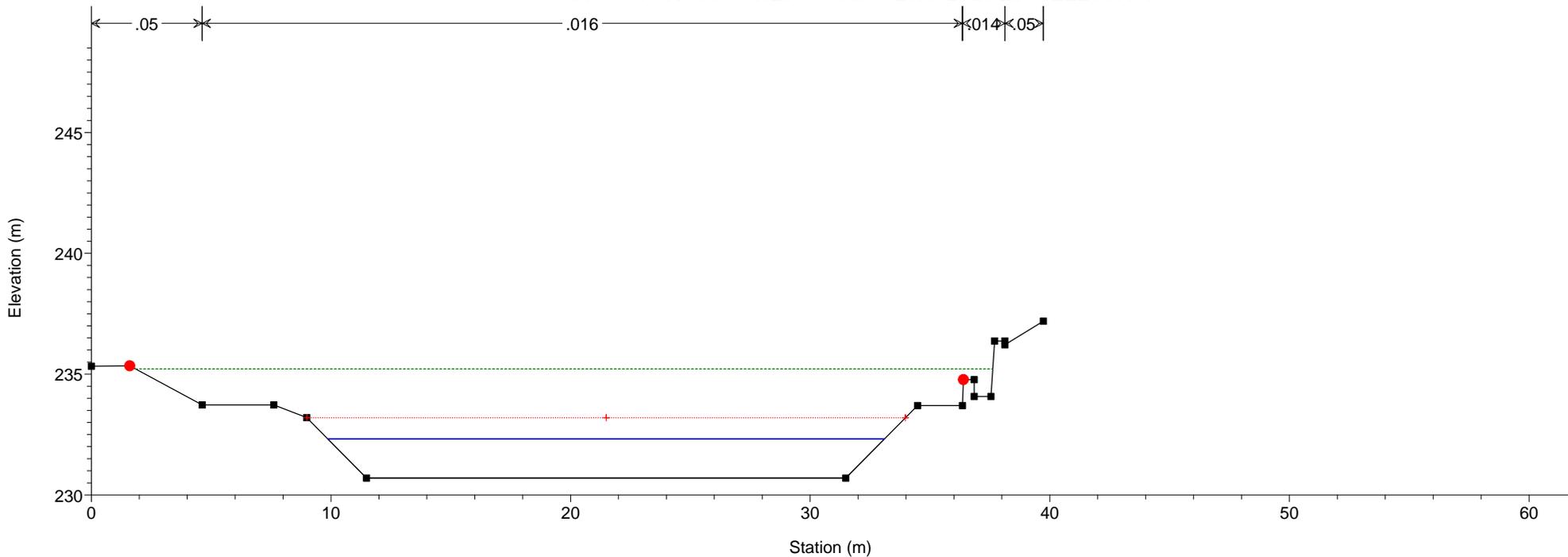
FLOW AREA: AREA TOTALE DELLA SEZIONE INTERESSATA DAL DEFLUSSO

FROUDE # CHL.: NUMERO DI FROUDE

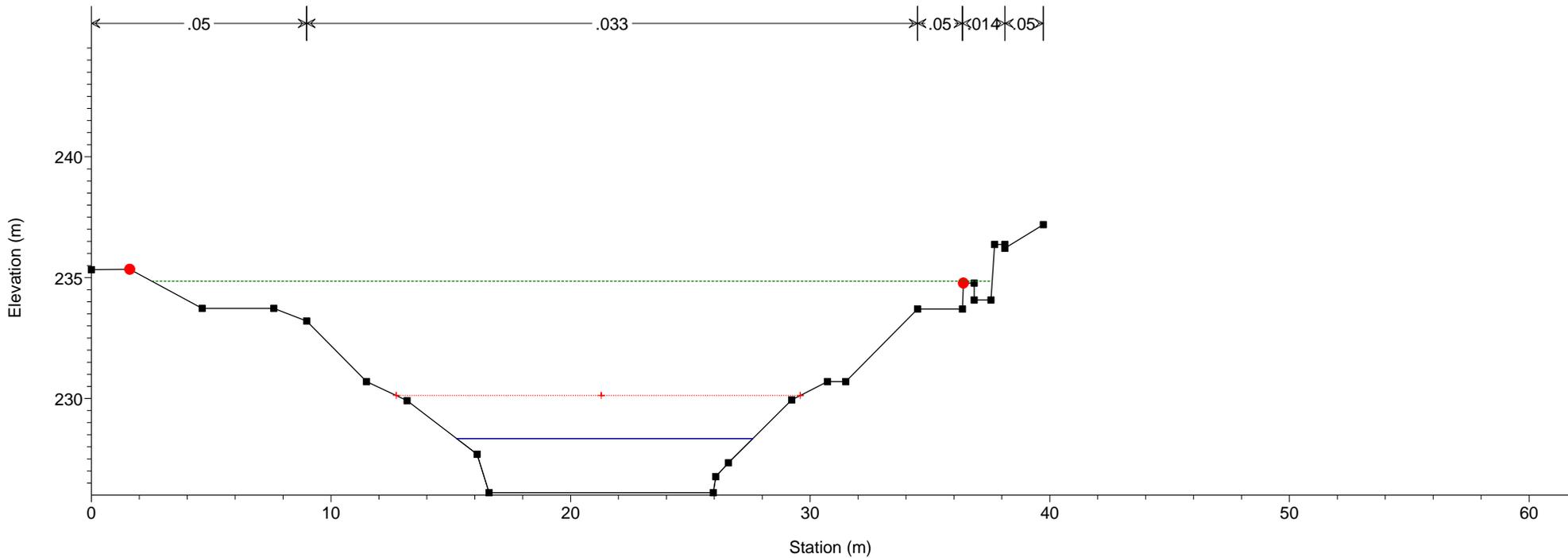


1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m

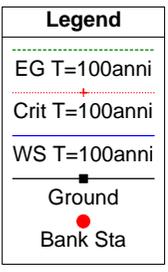
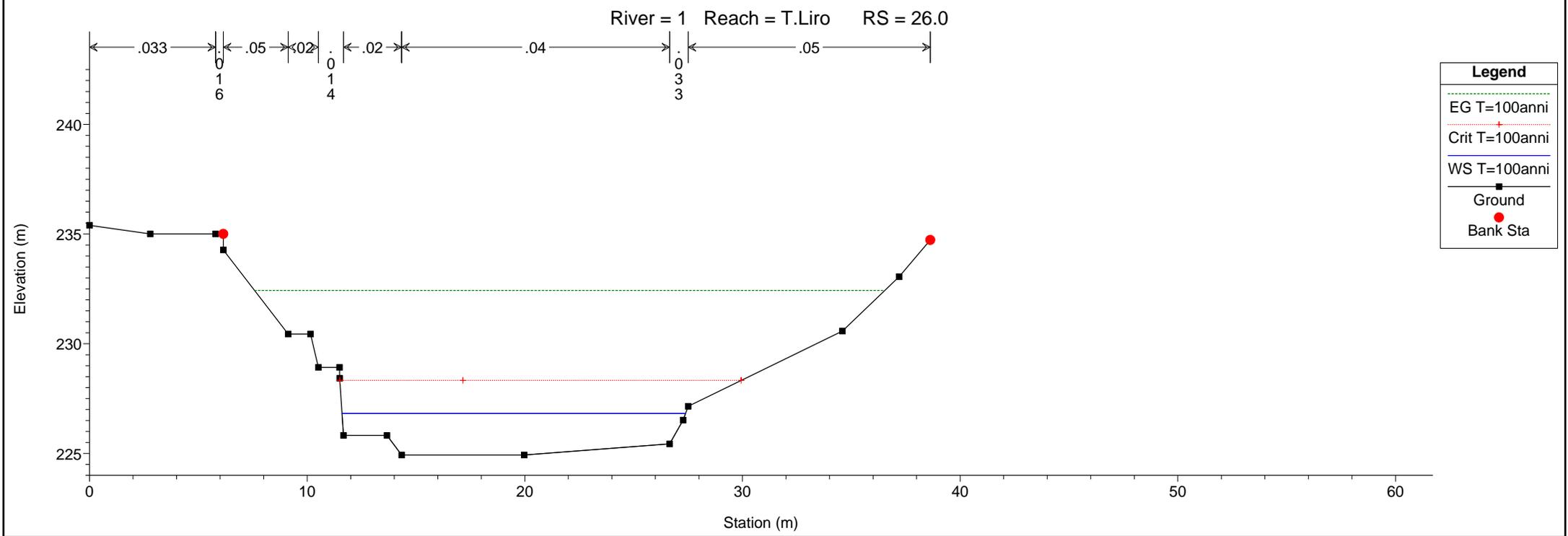
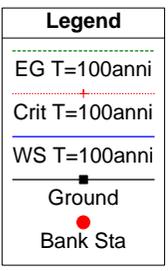
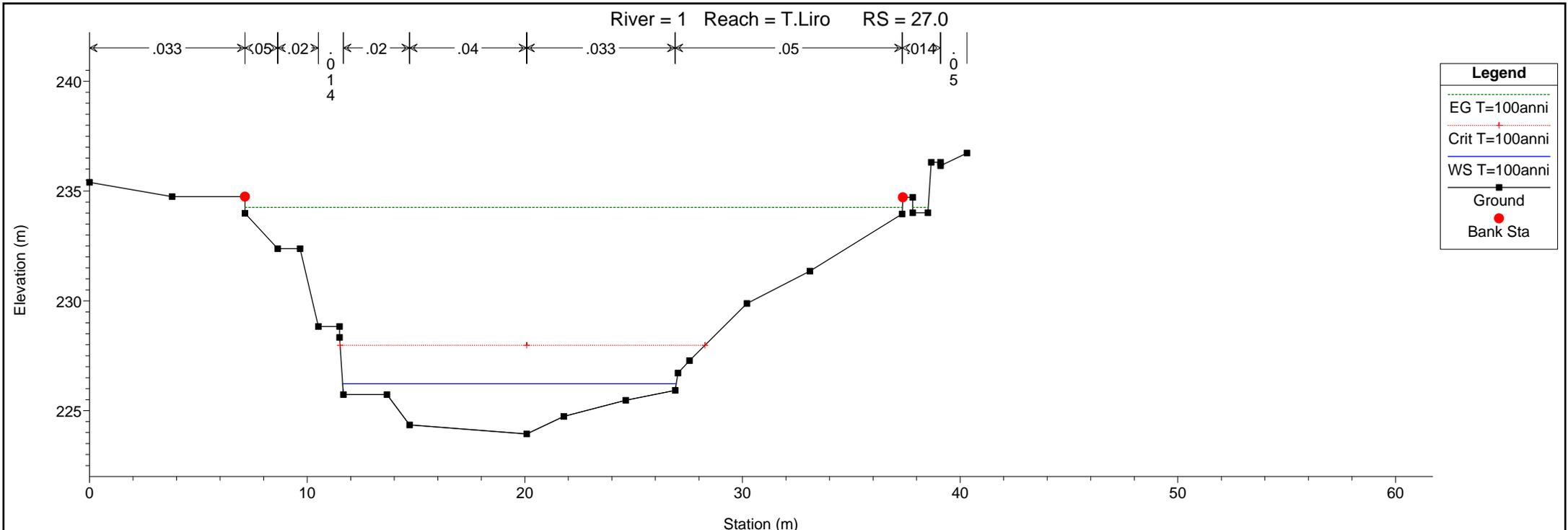
River = 1 Reach = T.Liro RS = 28.1 BRIGLIA SELETTIVA



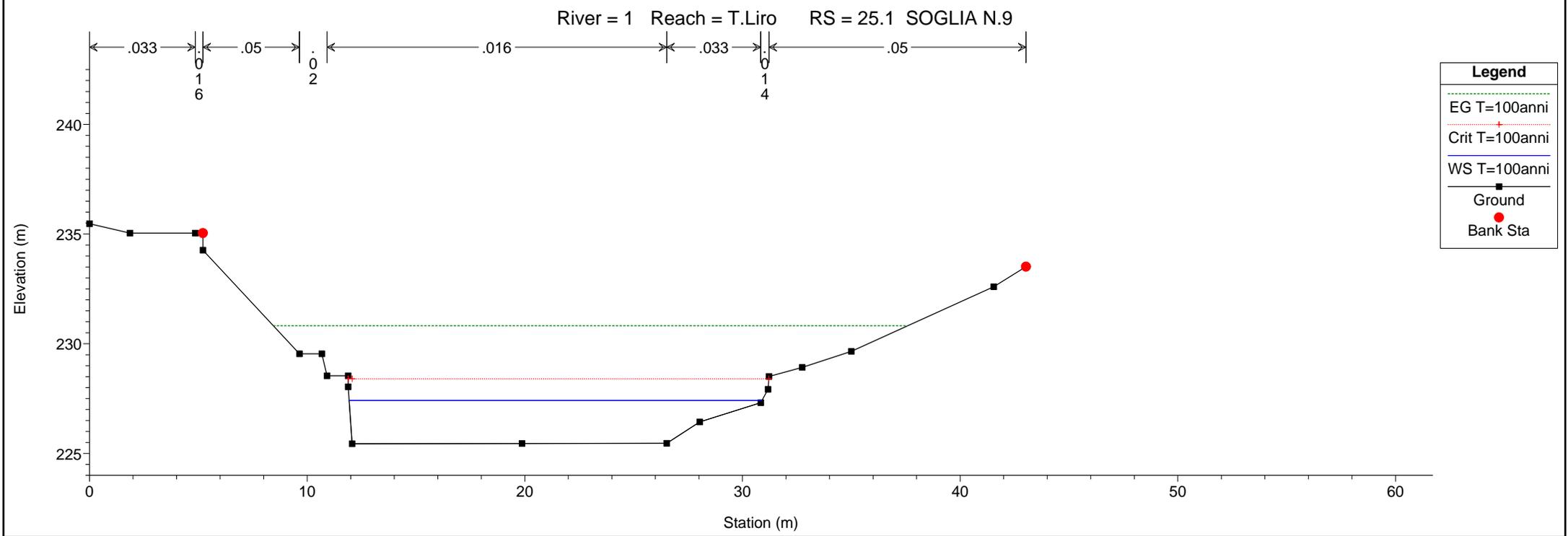
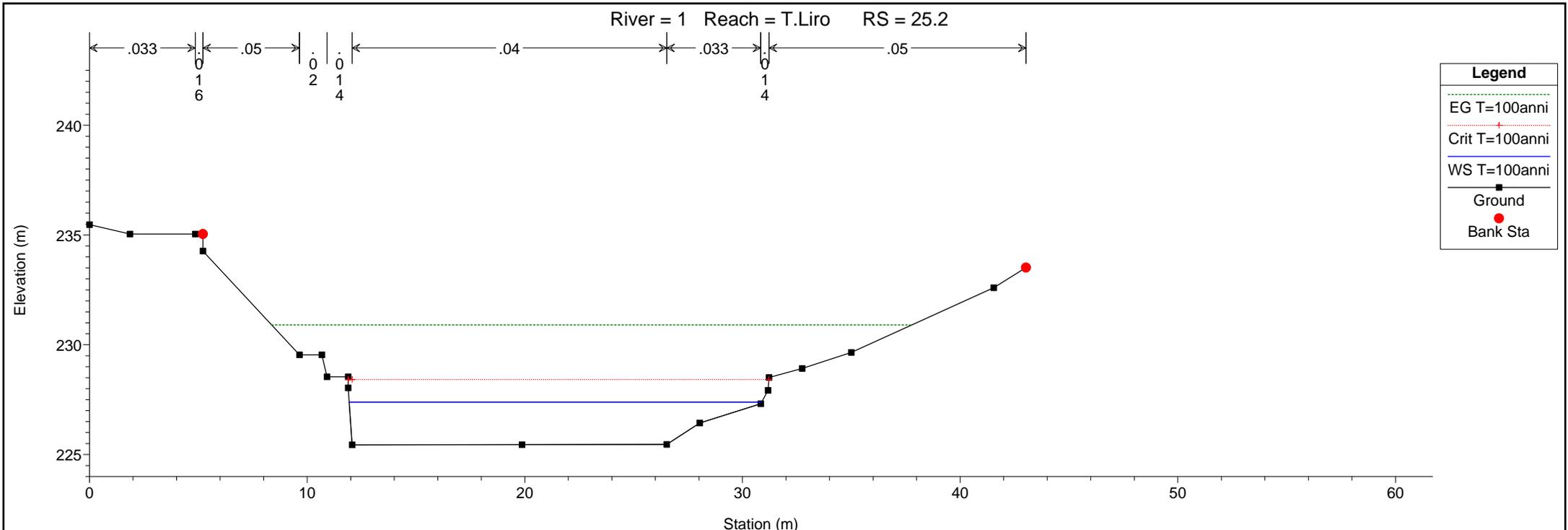
River = 1 Reach = T.Liro RS = 28.0



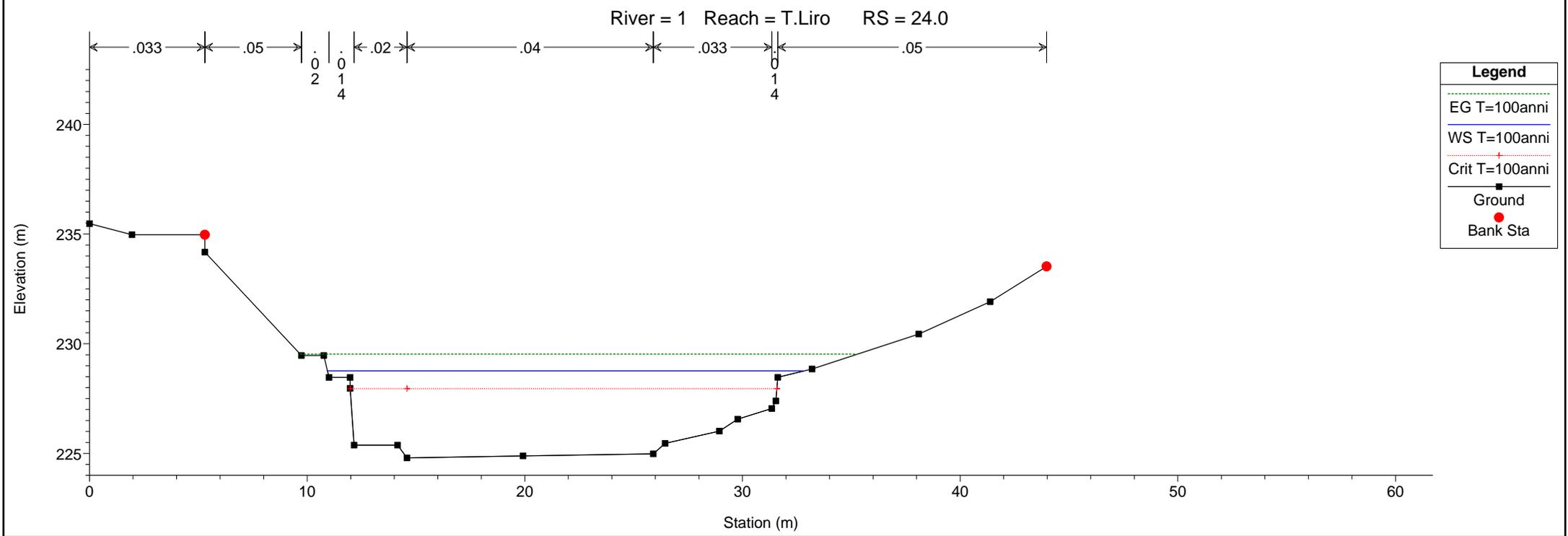
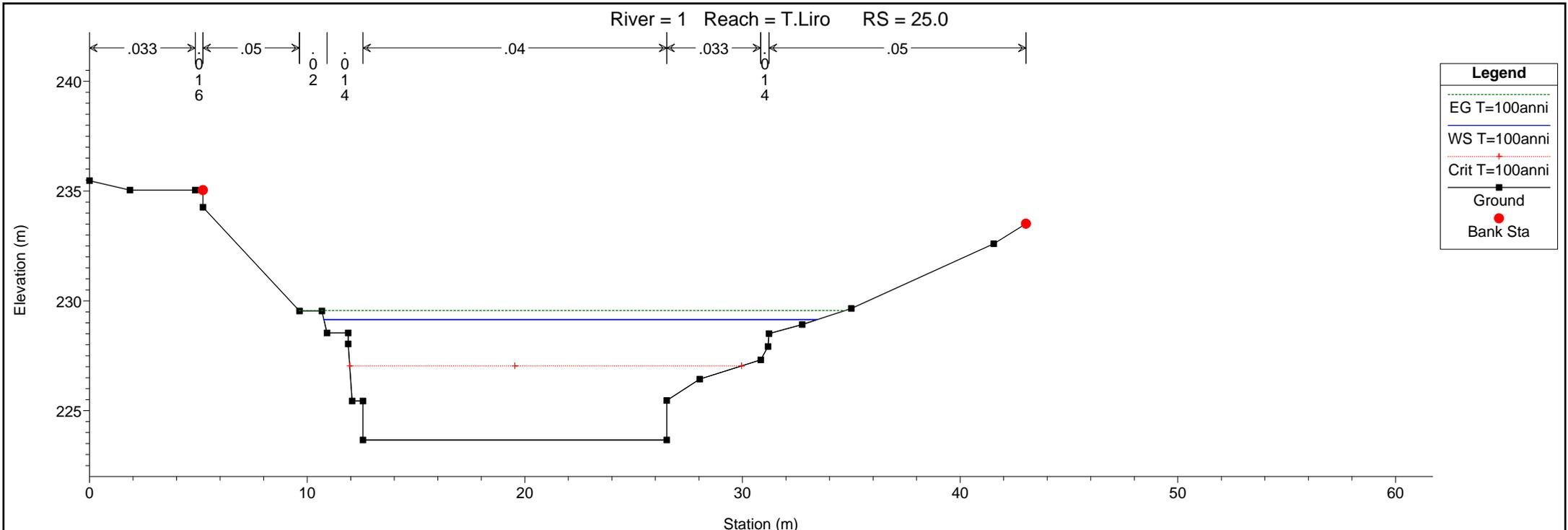
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



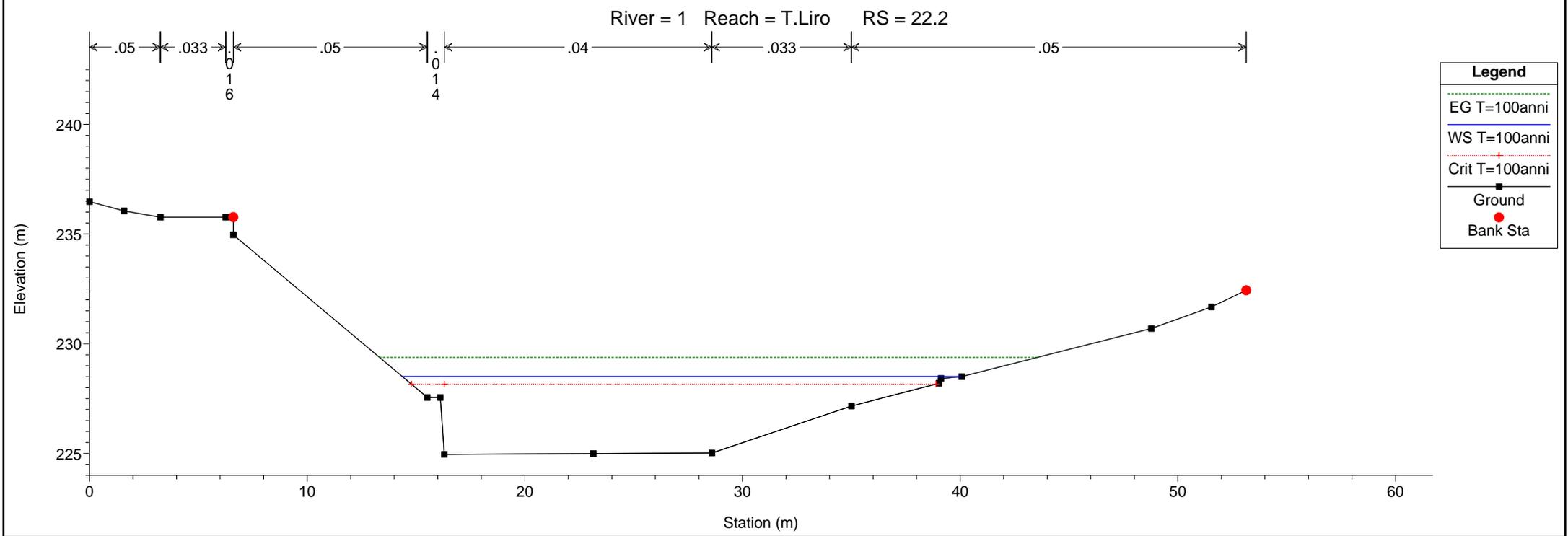
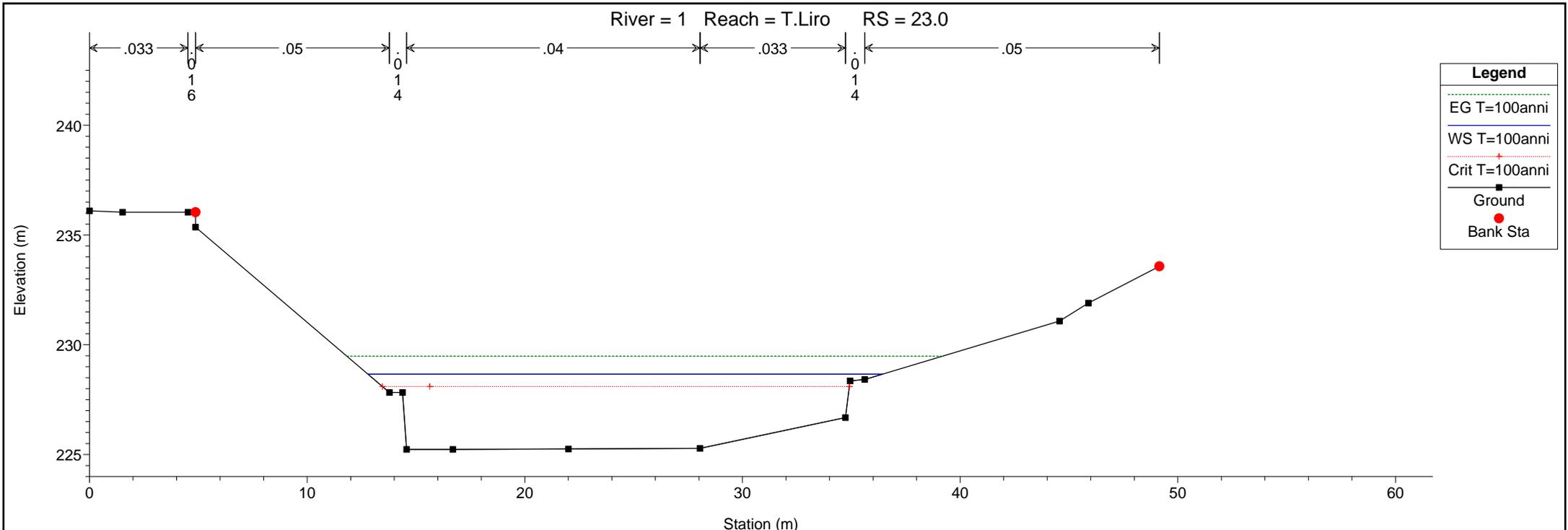
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



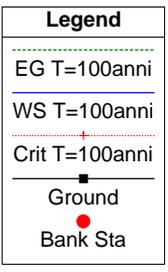
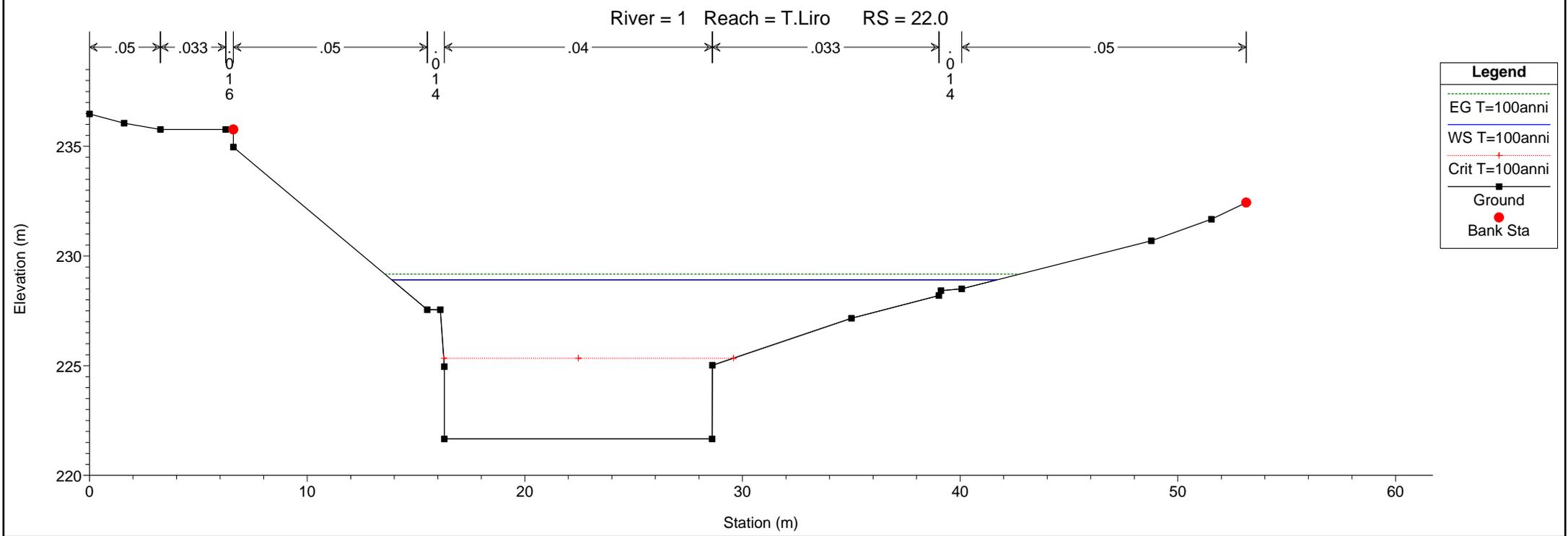
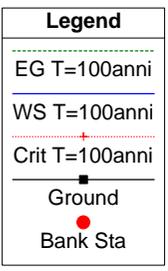
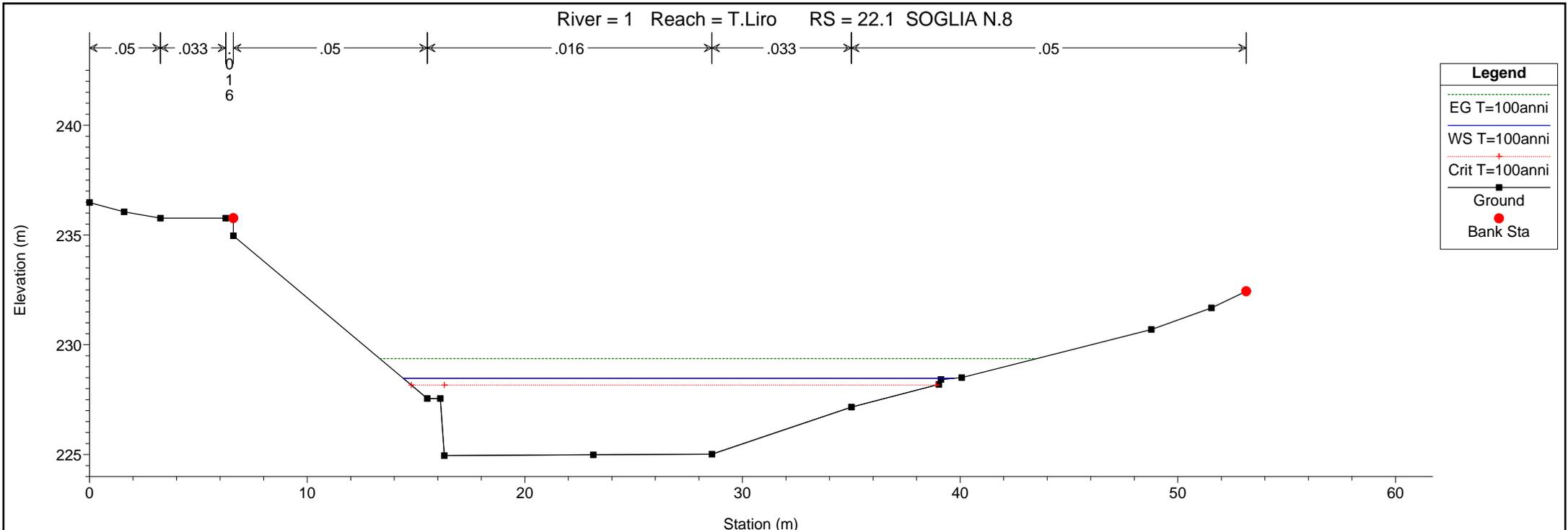
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



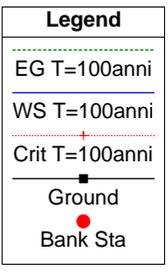
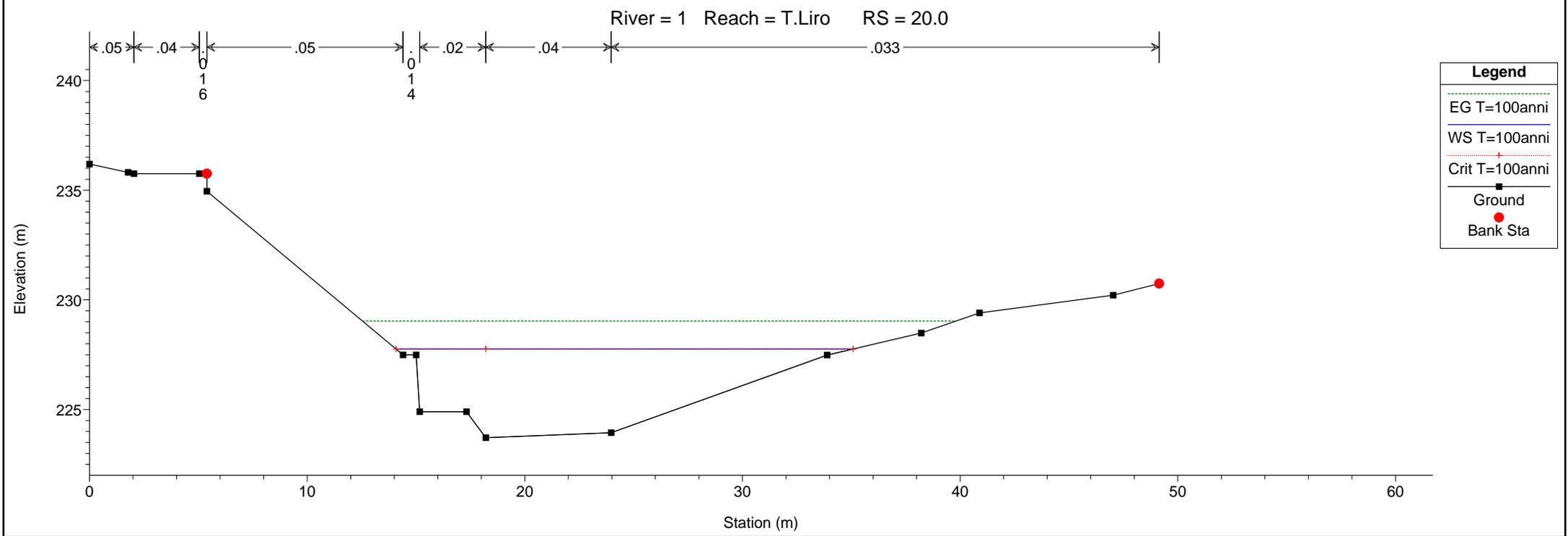
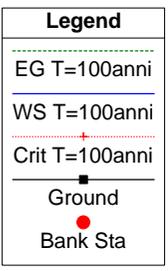
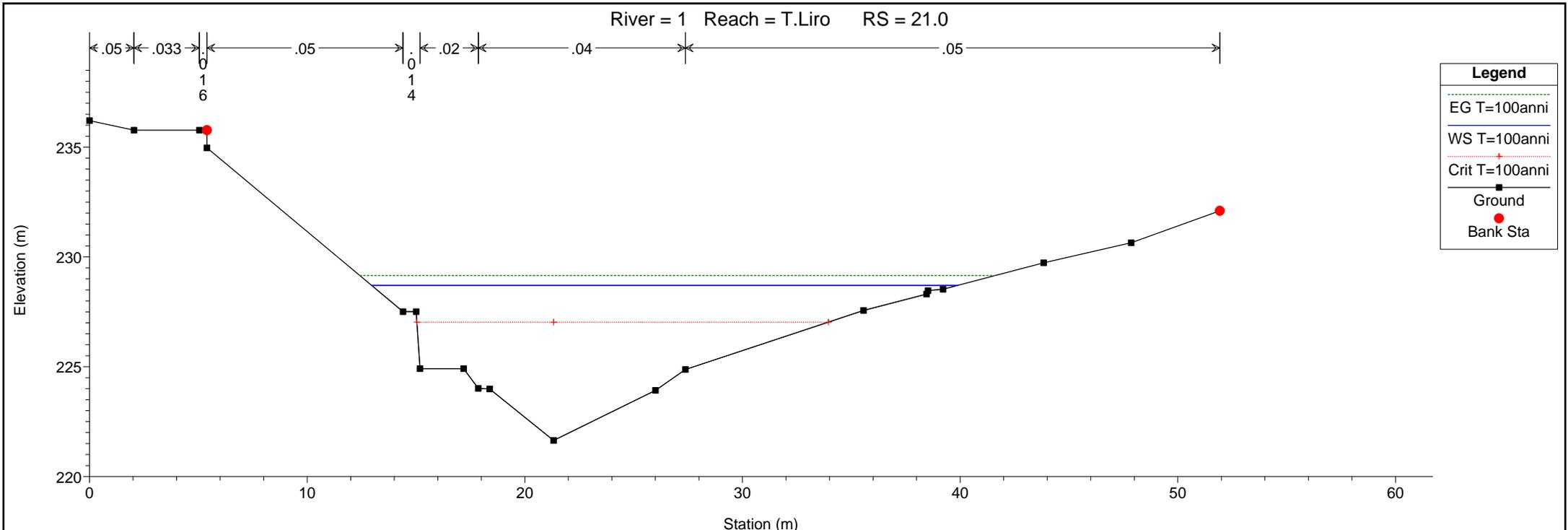
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



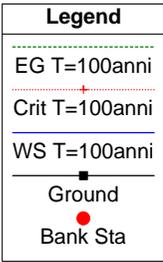
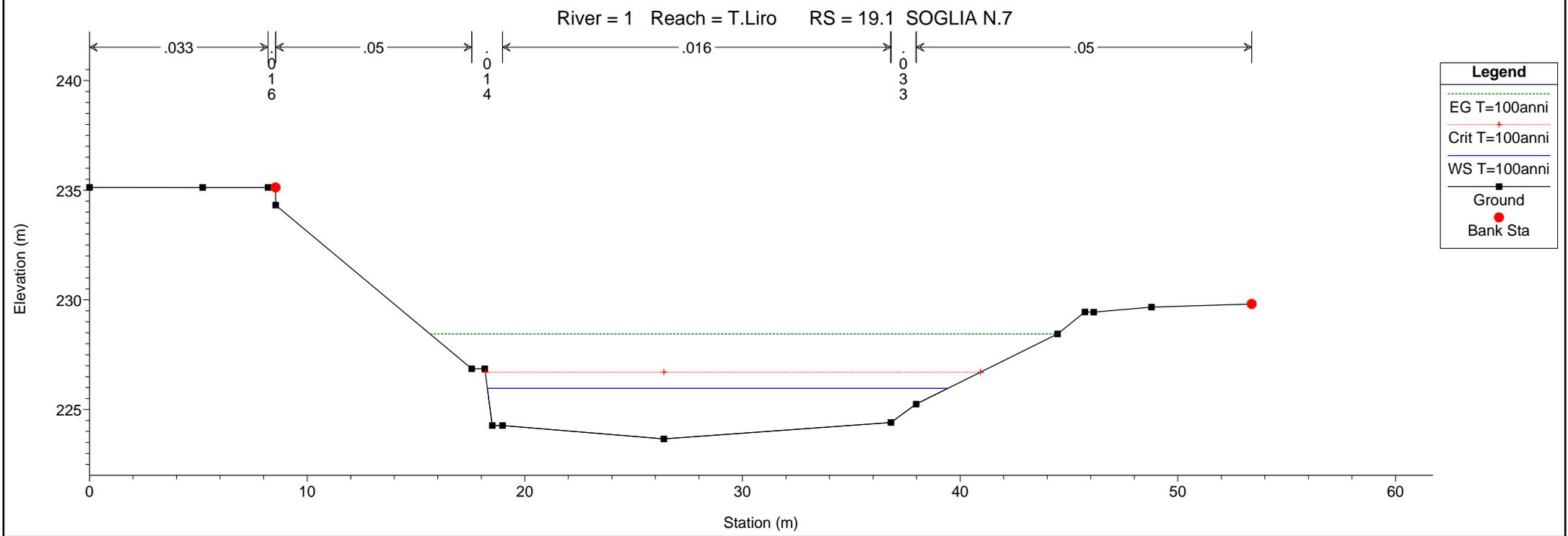
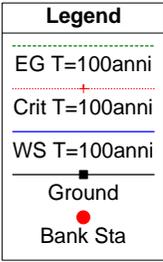
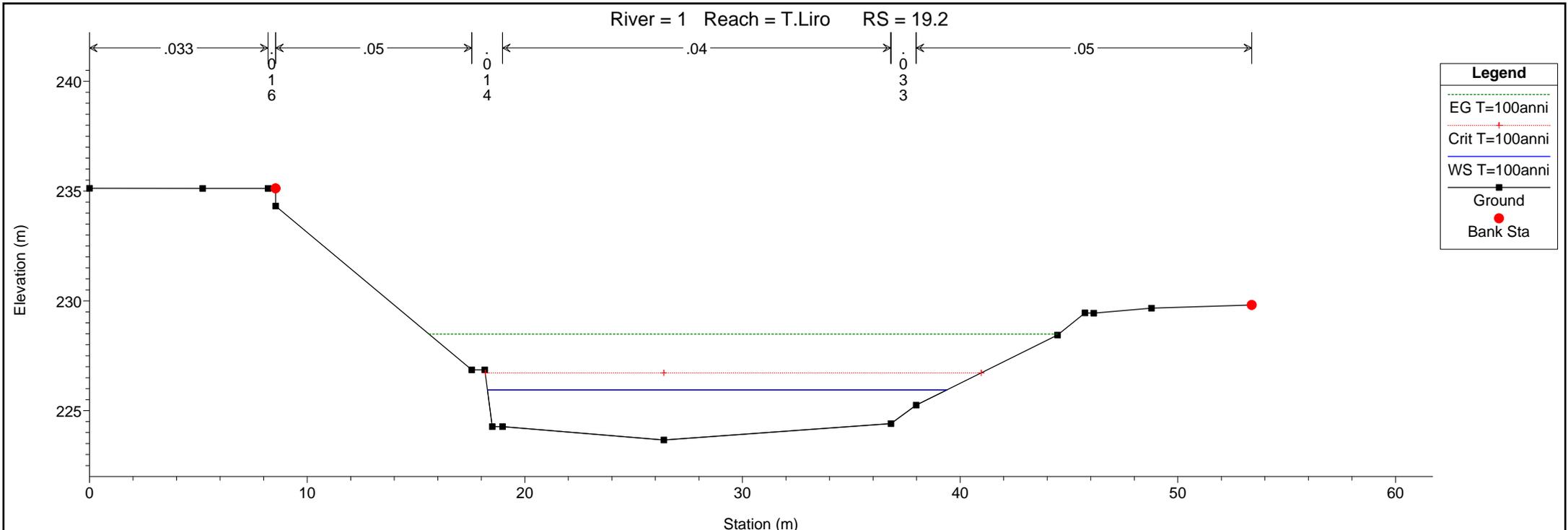
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



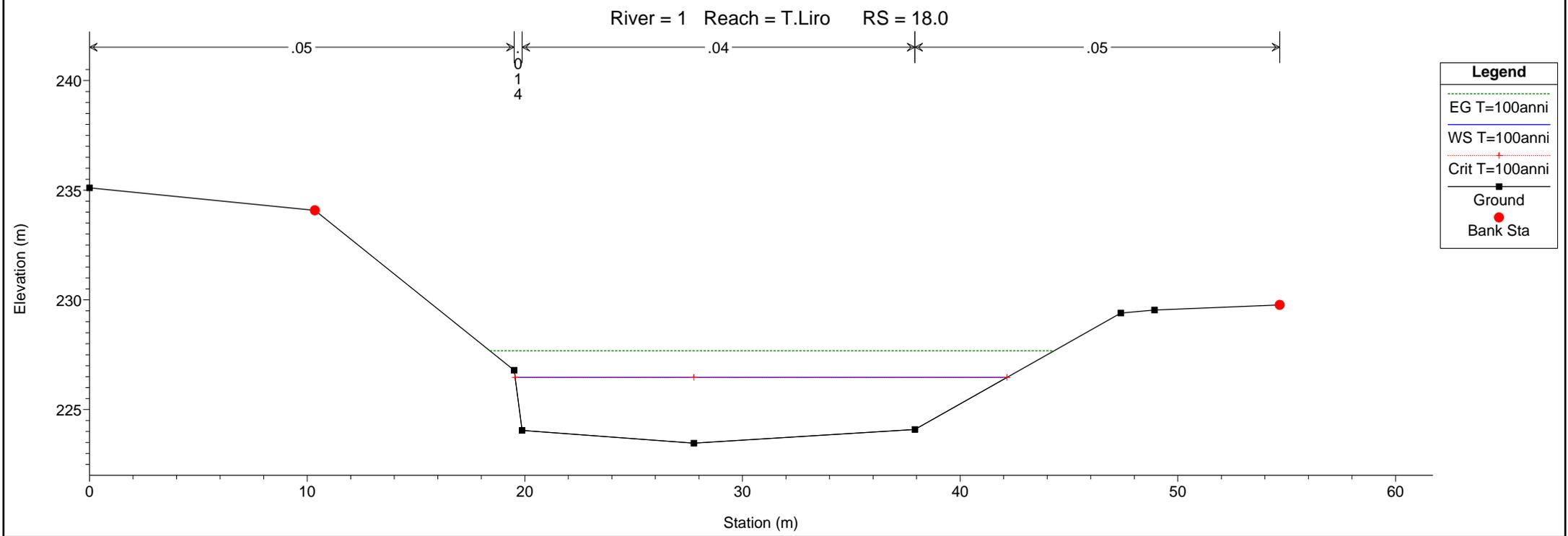
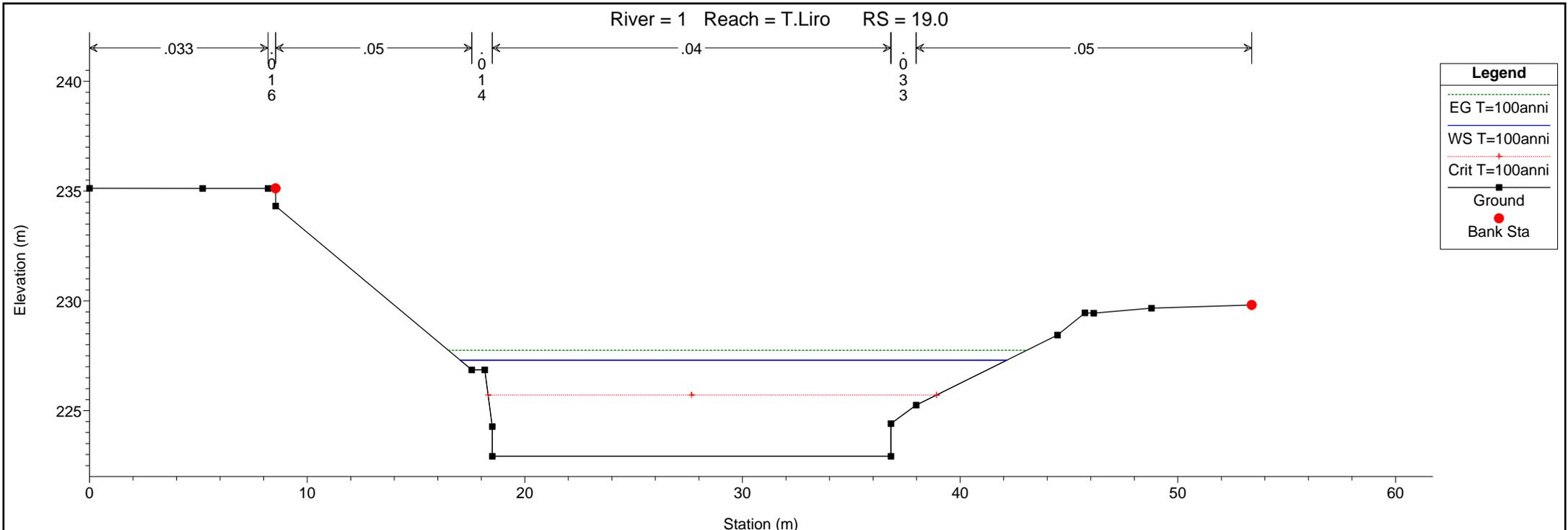
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



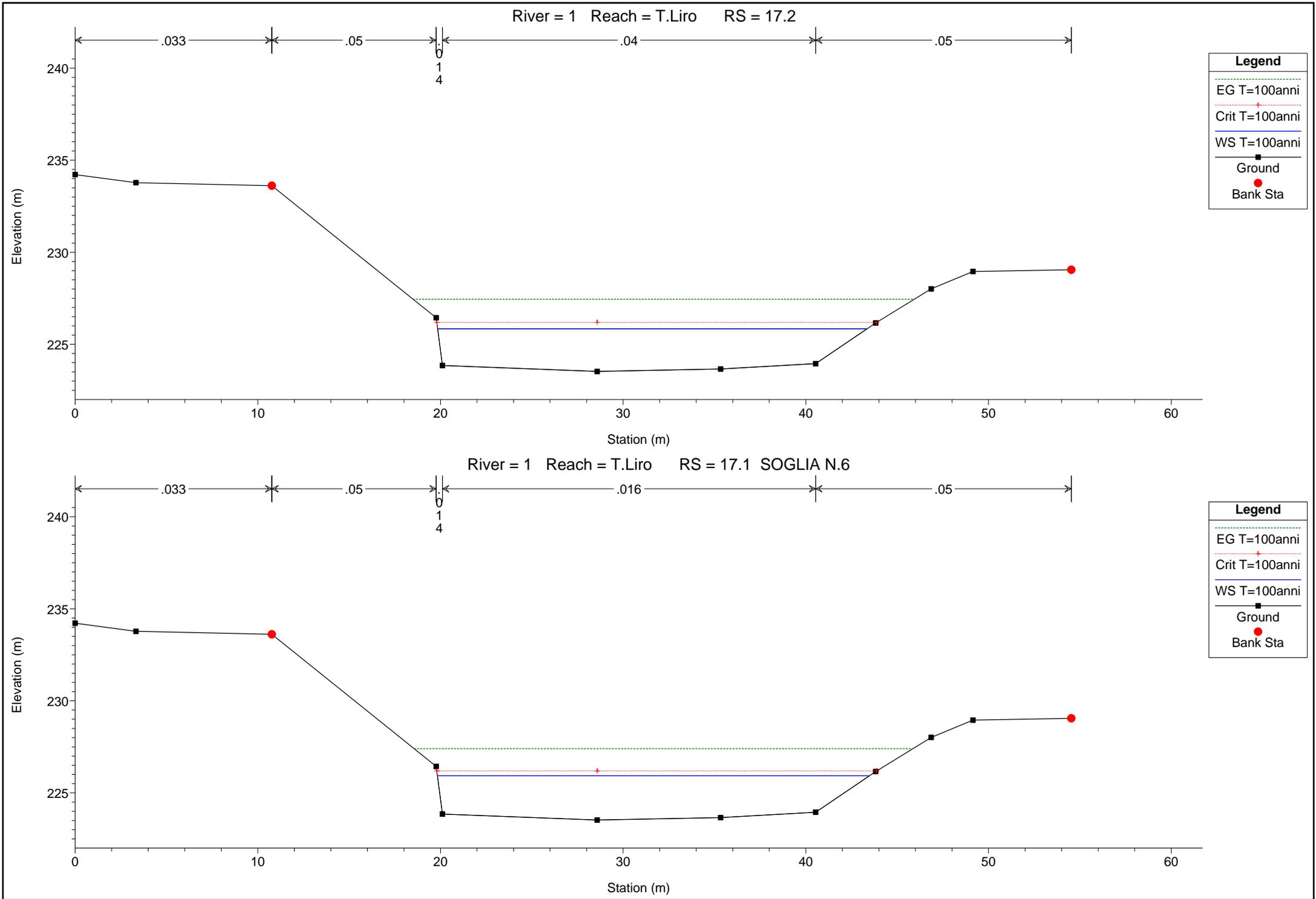
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



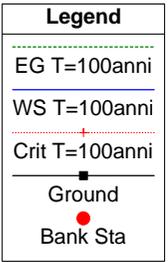
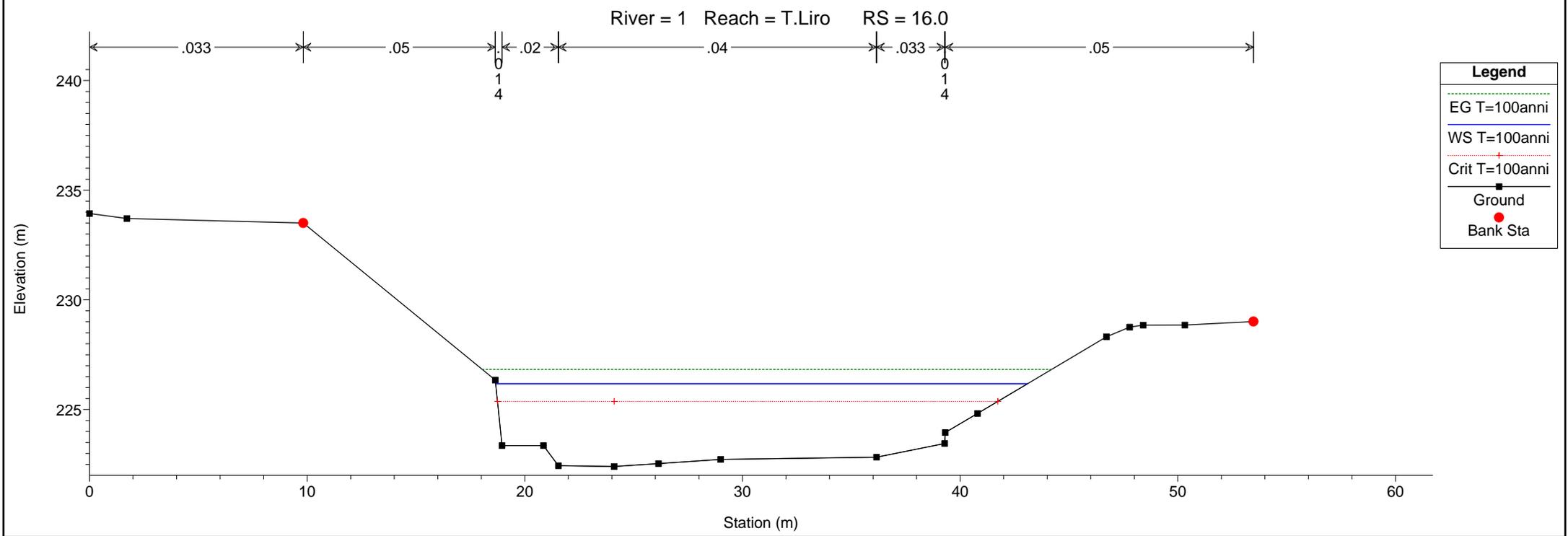
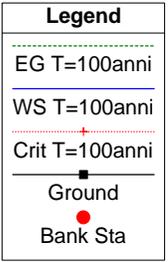
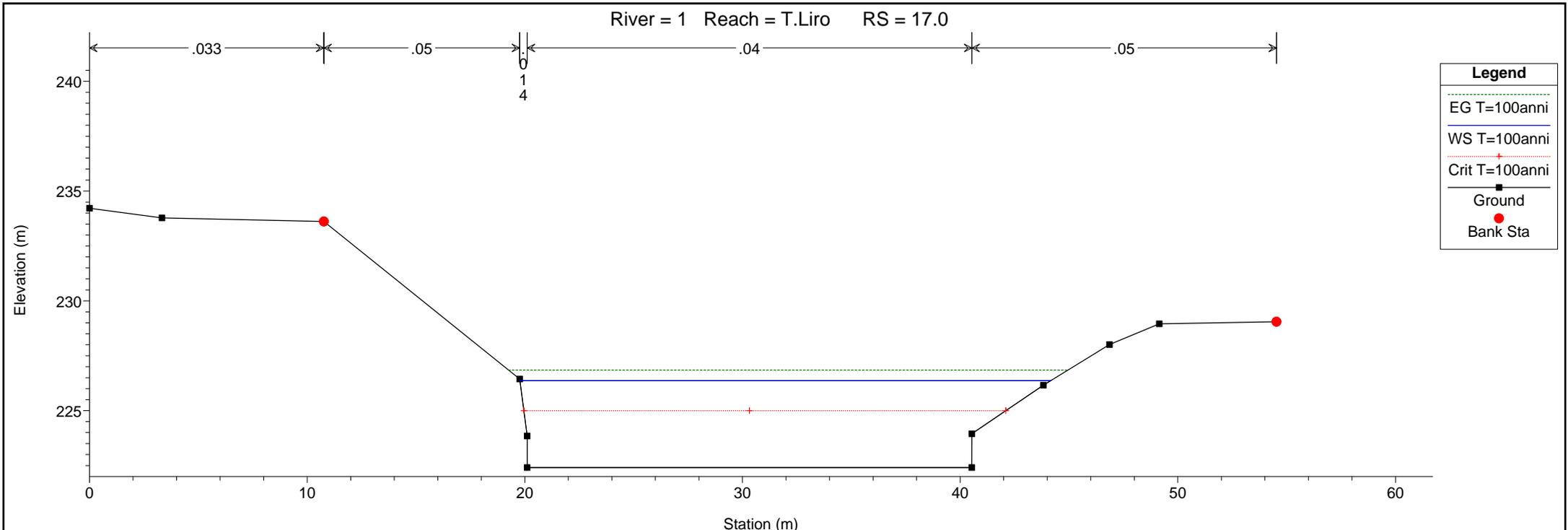
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



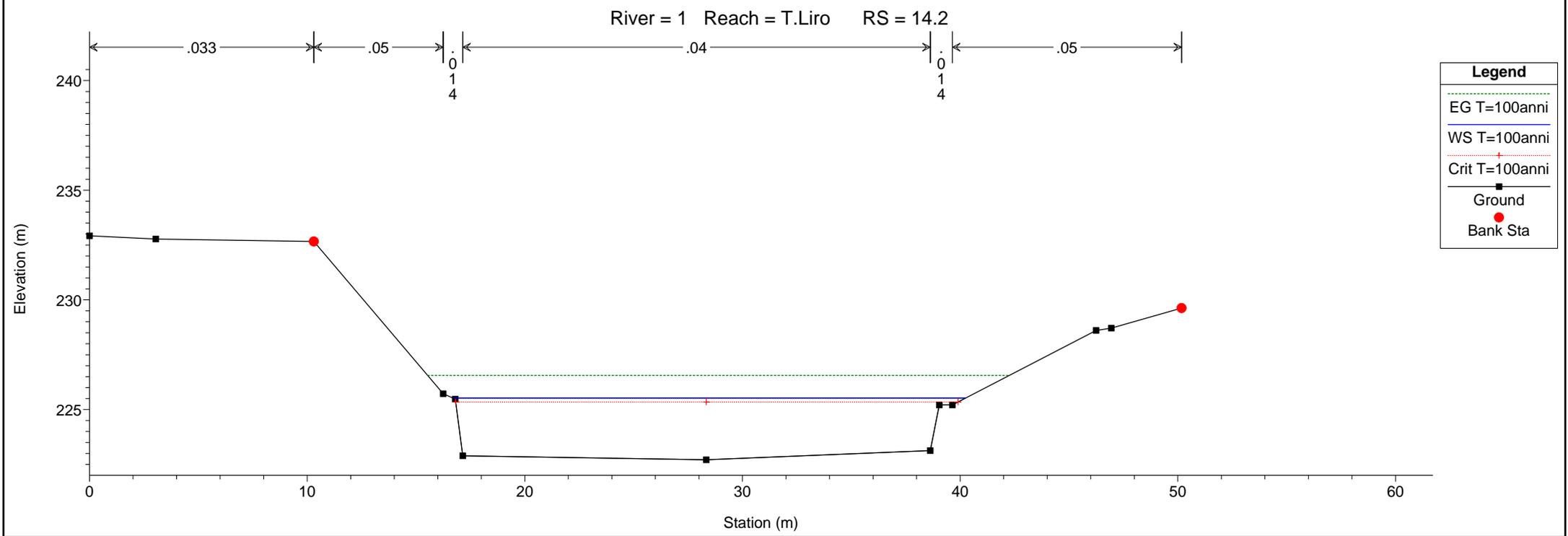
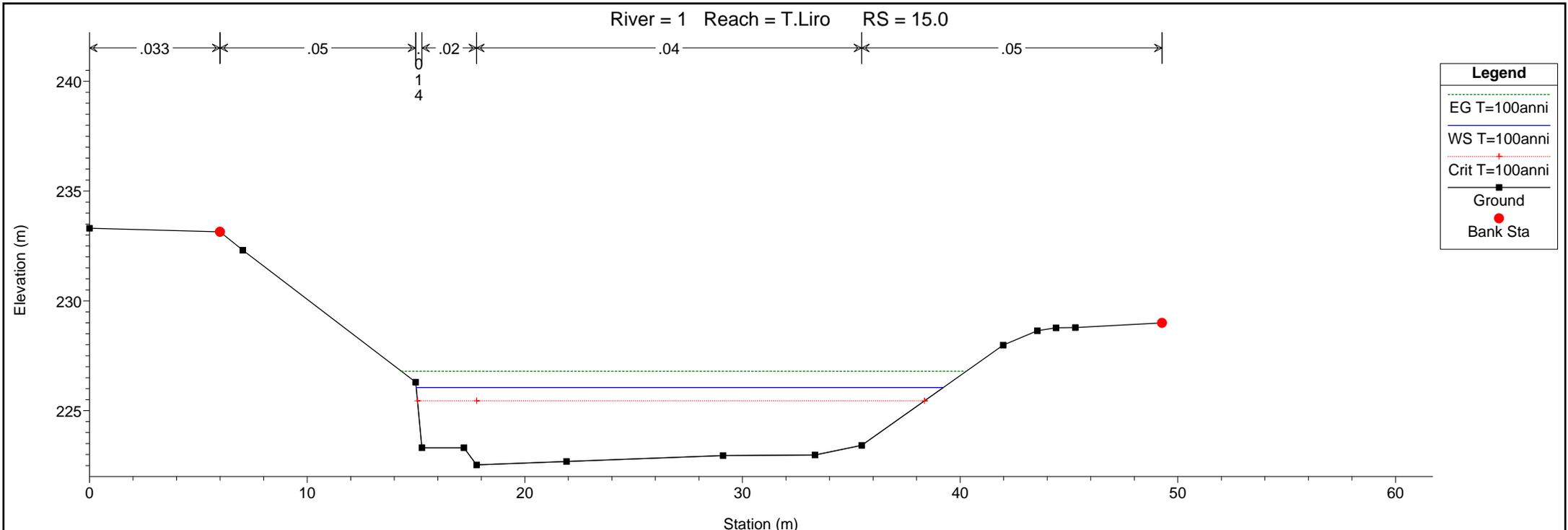
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



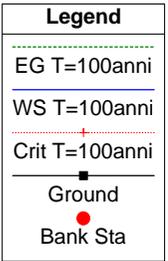
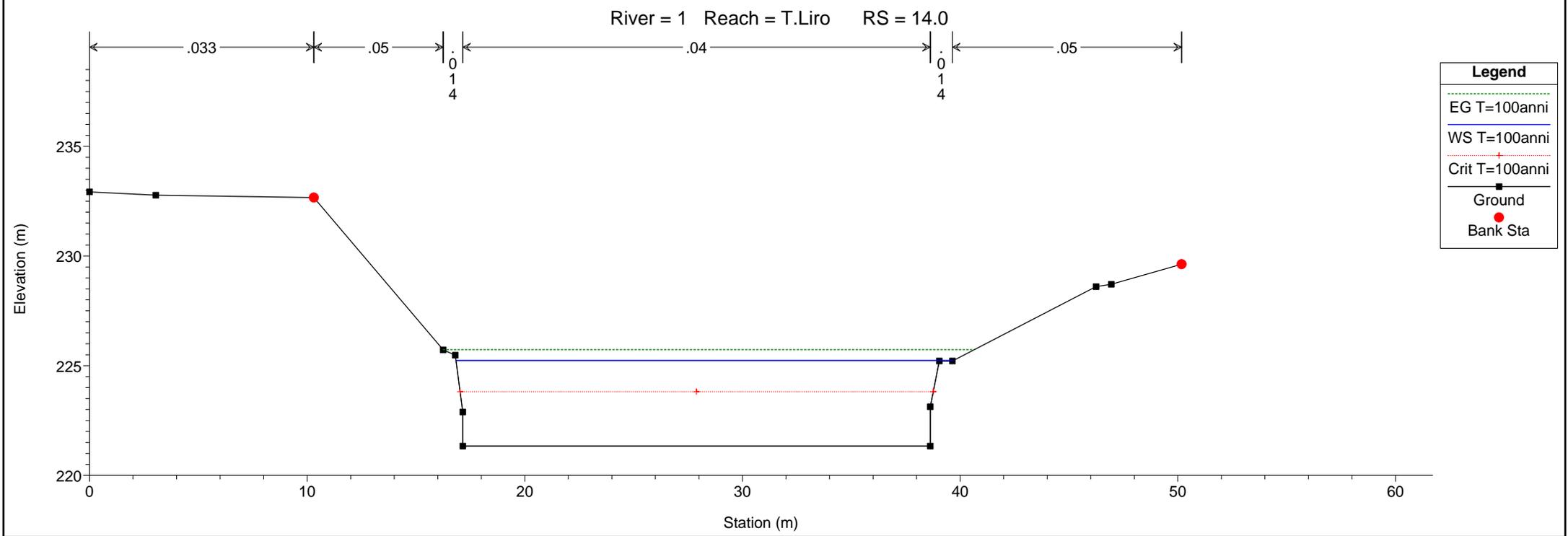
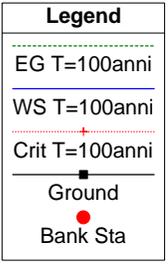
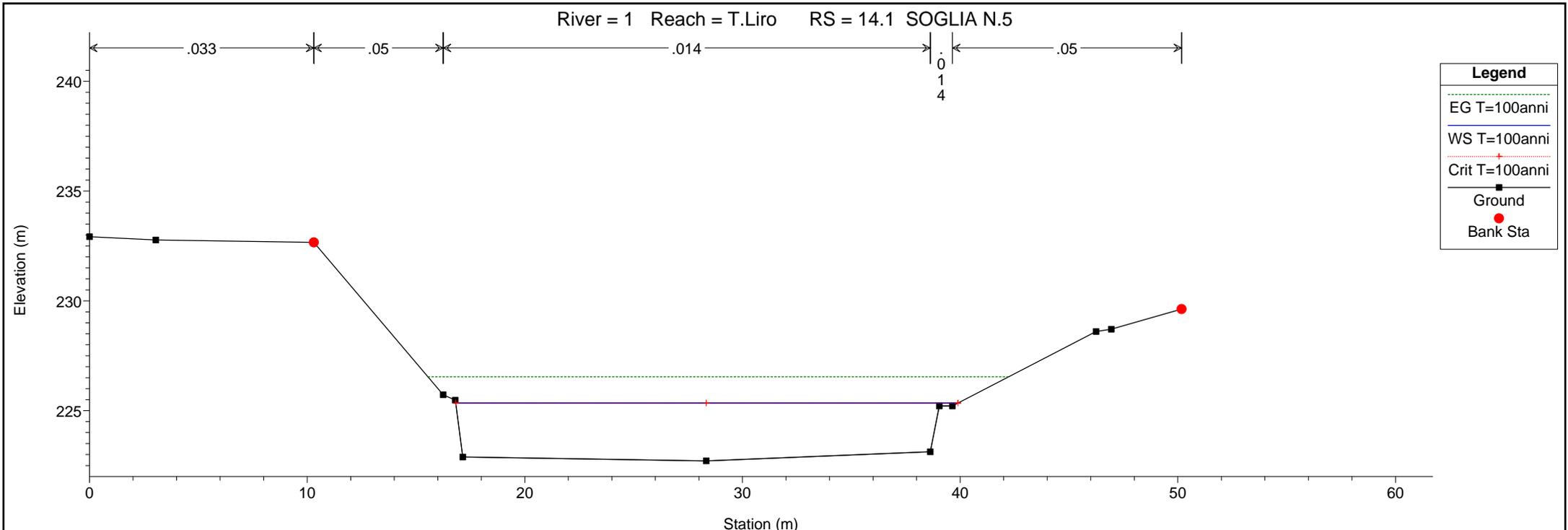
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



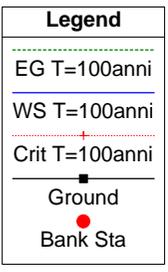
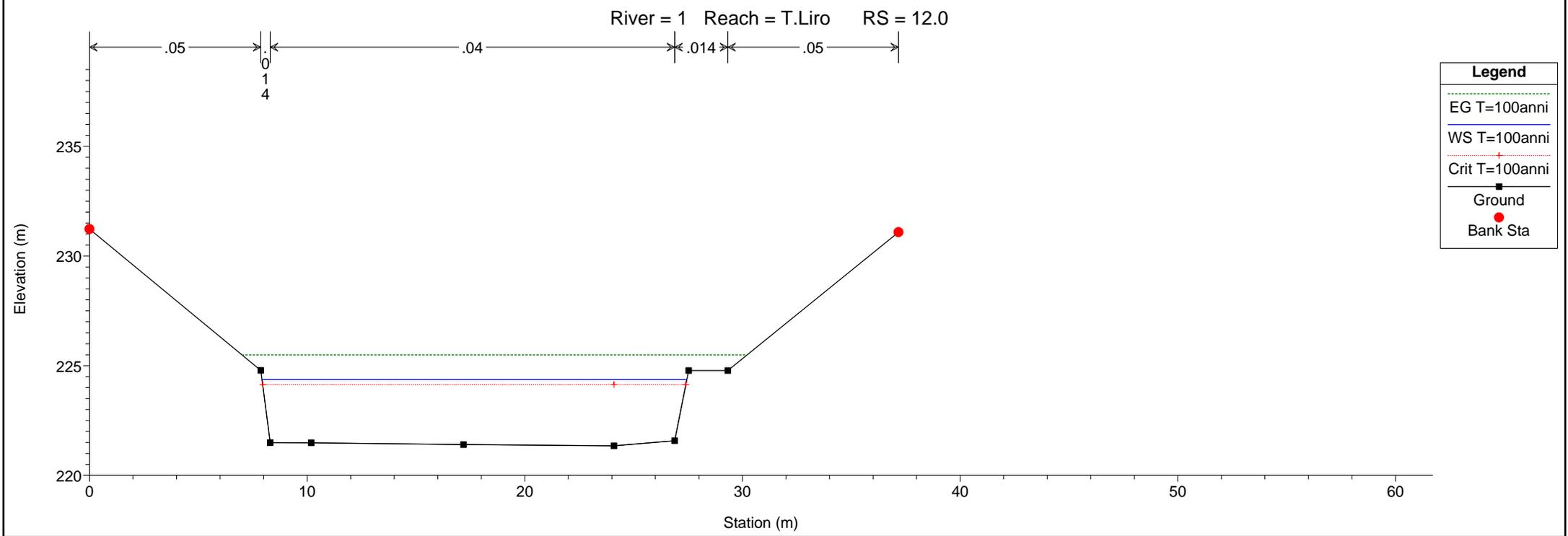
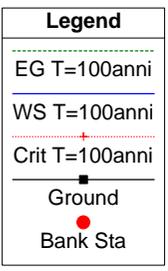
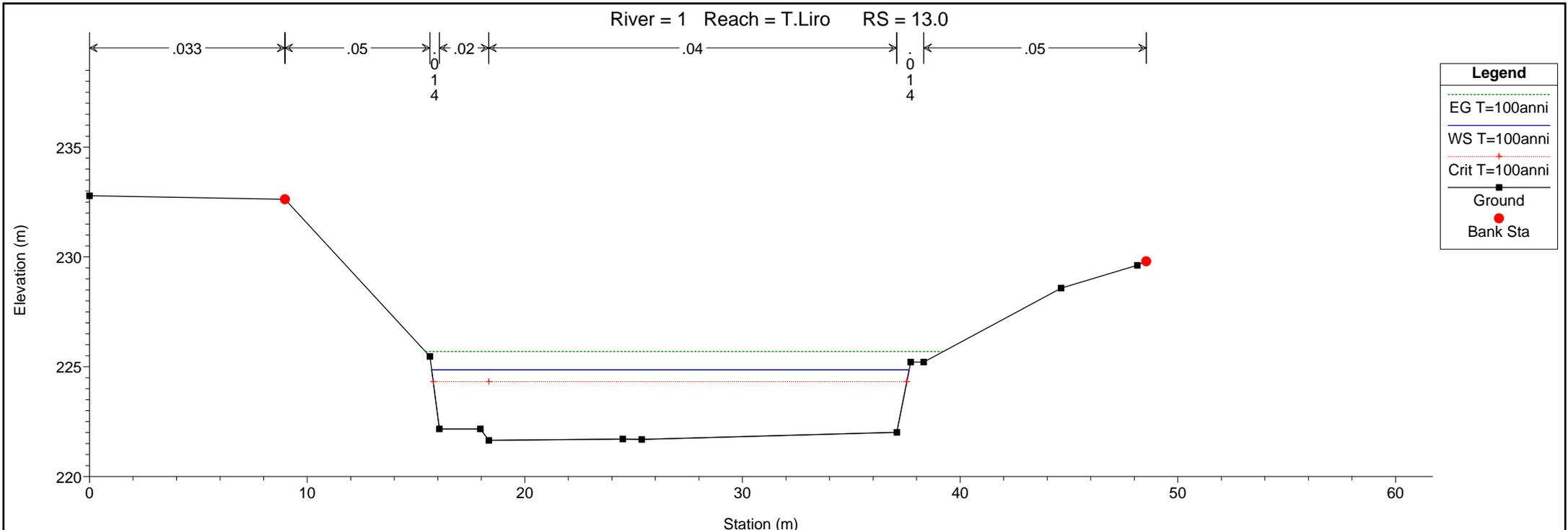
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



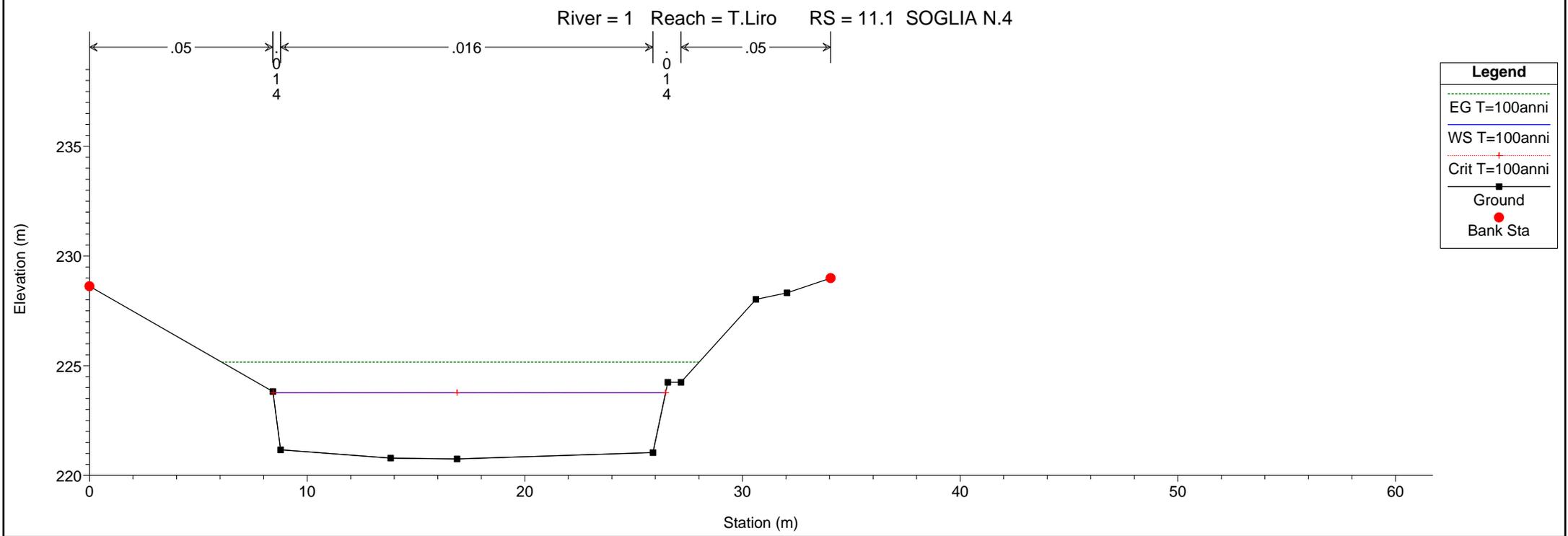
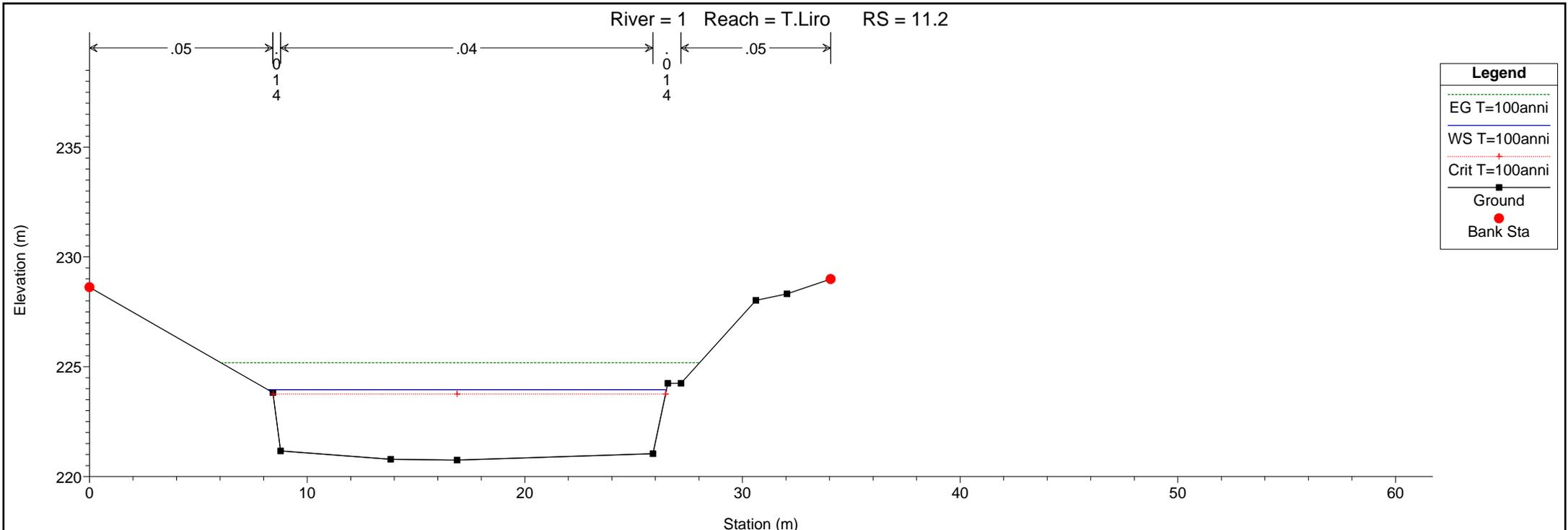
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



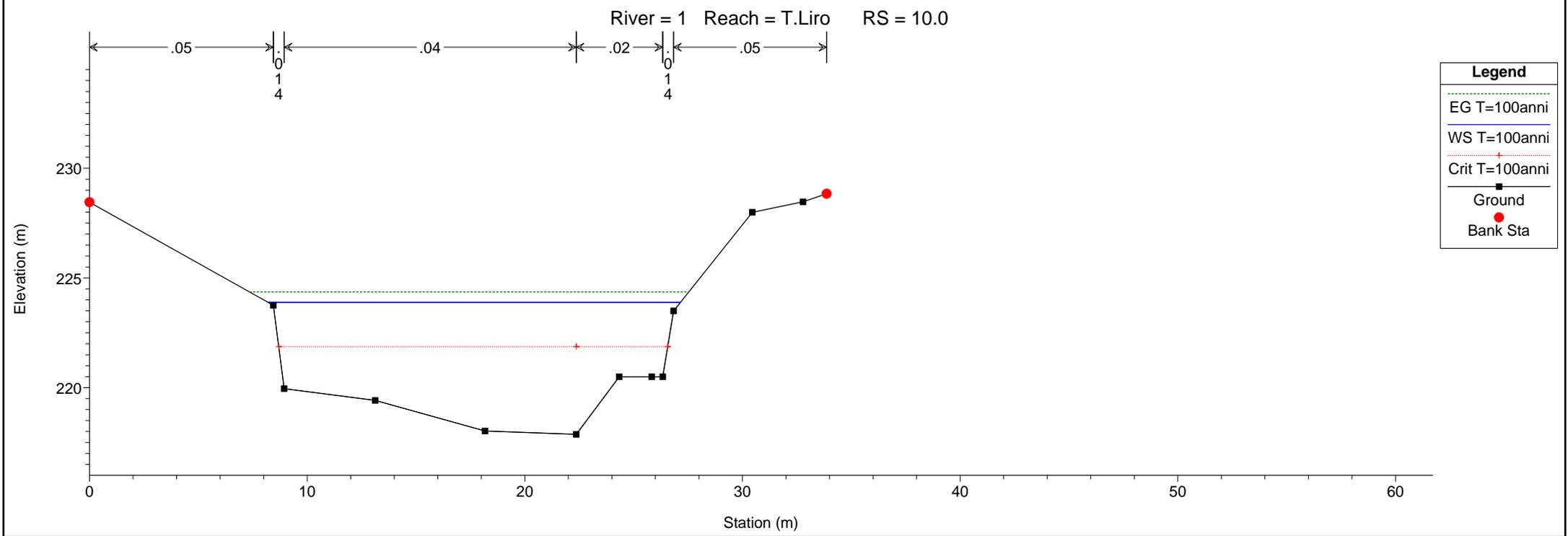
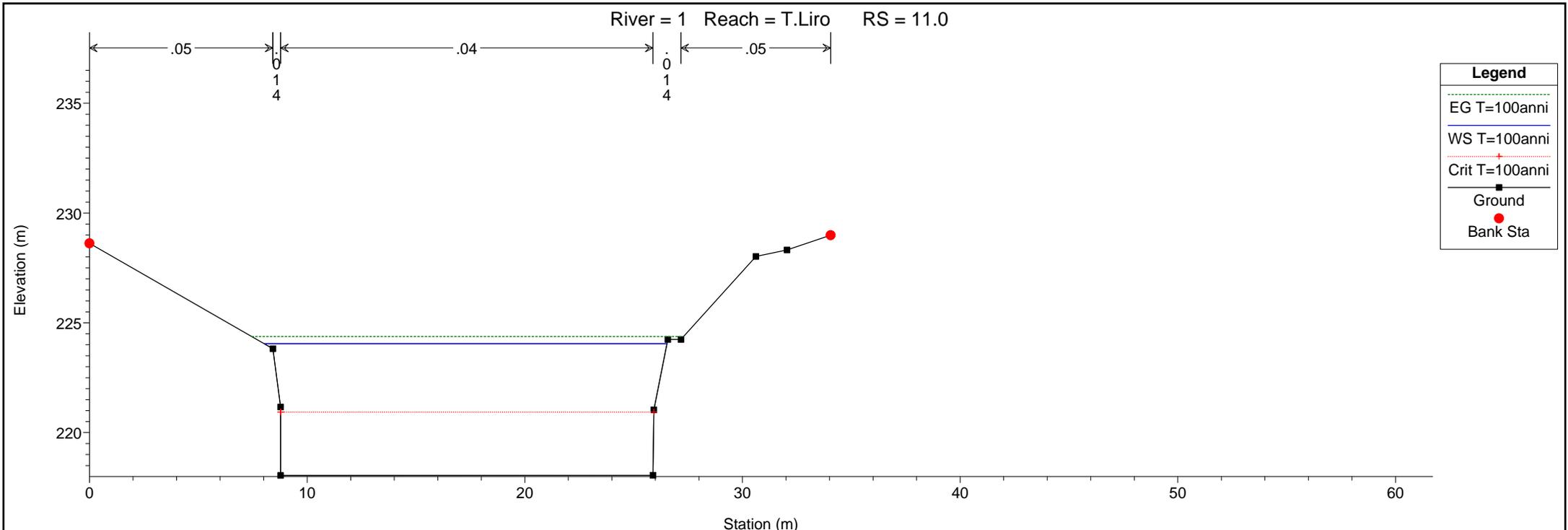
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



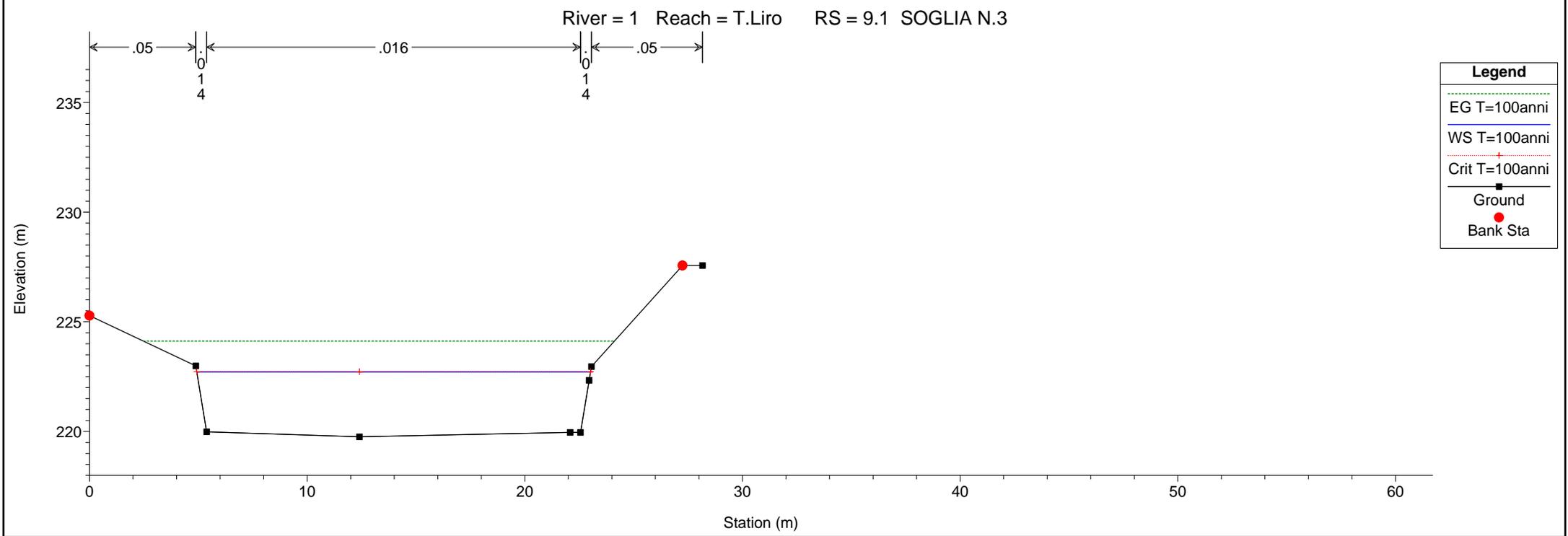
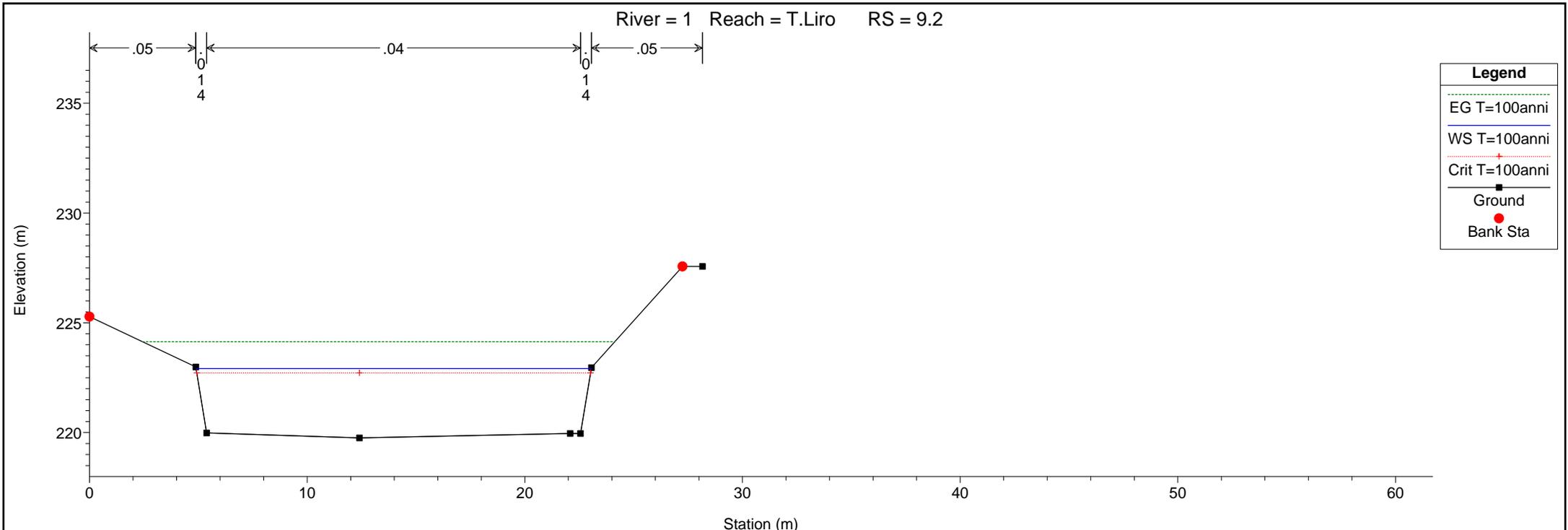
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



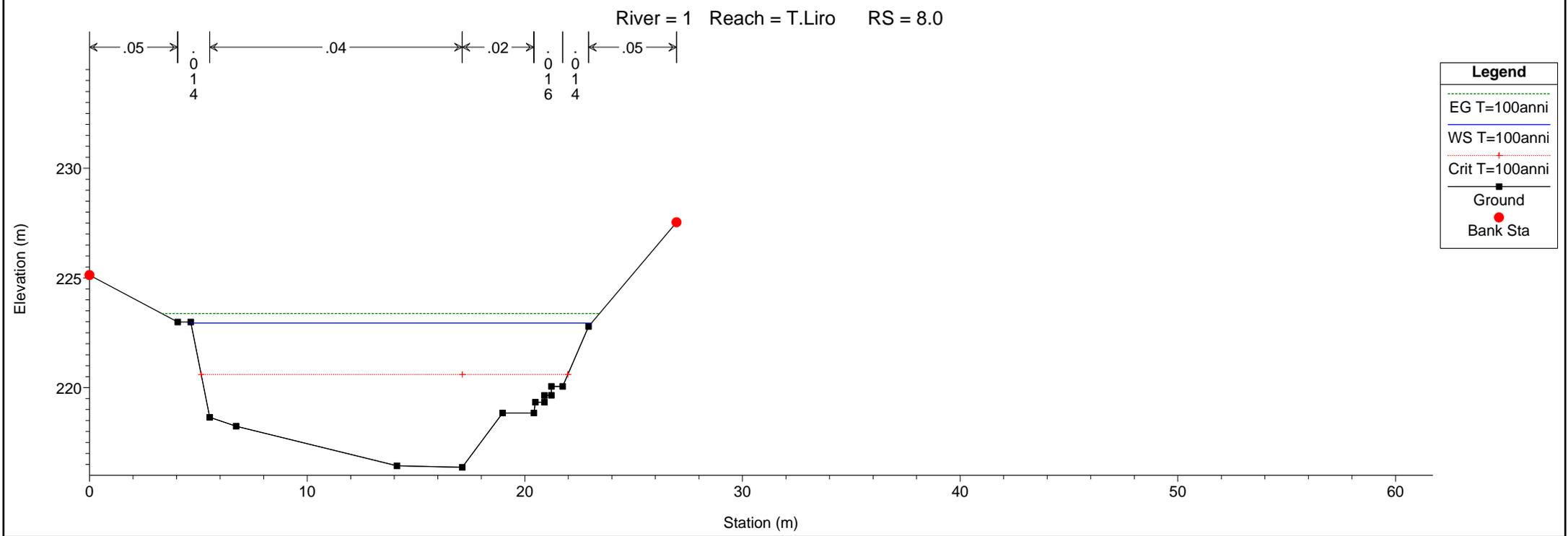
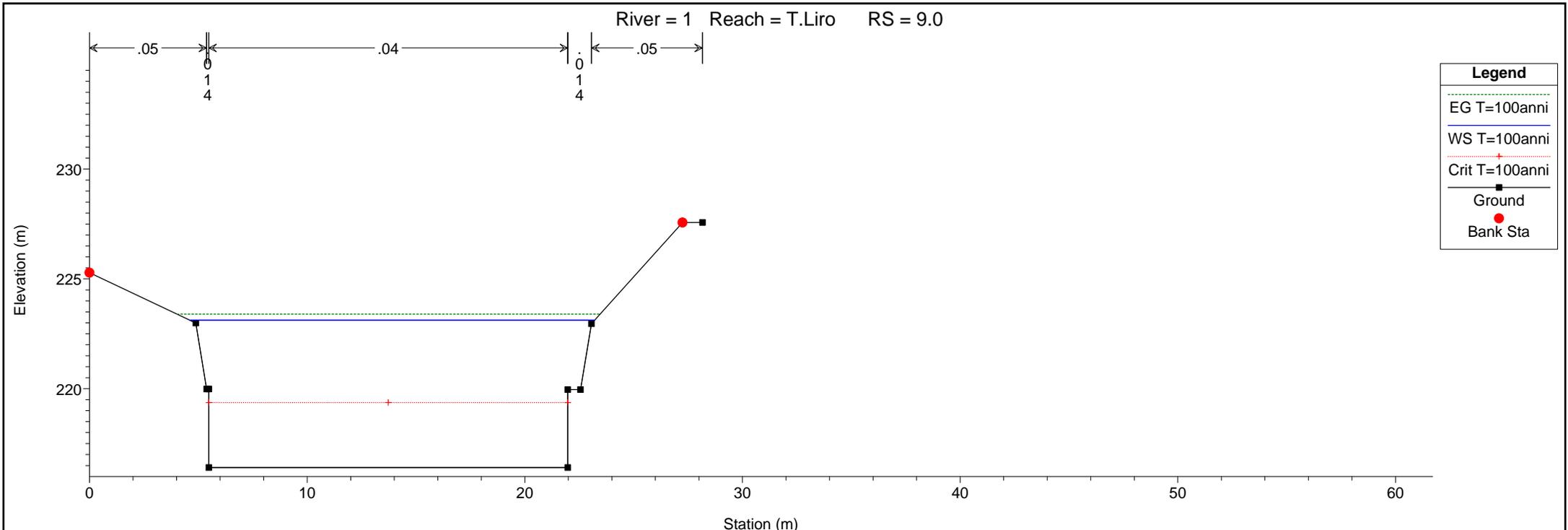
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



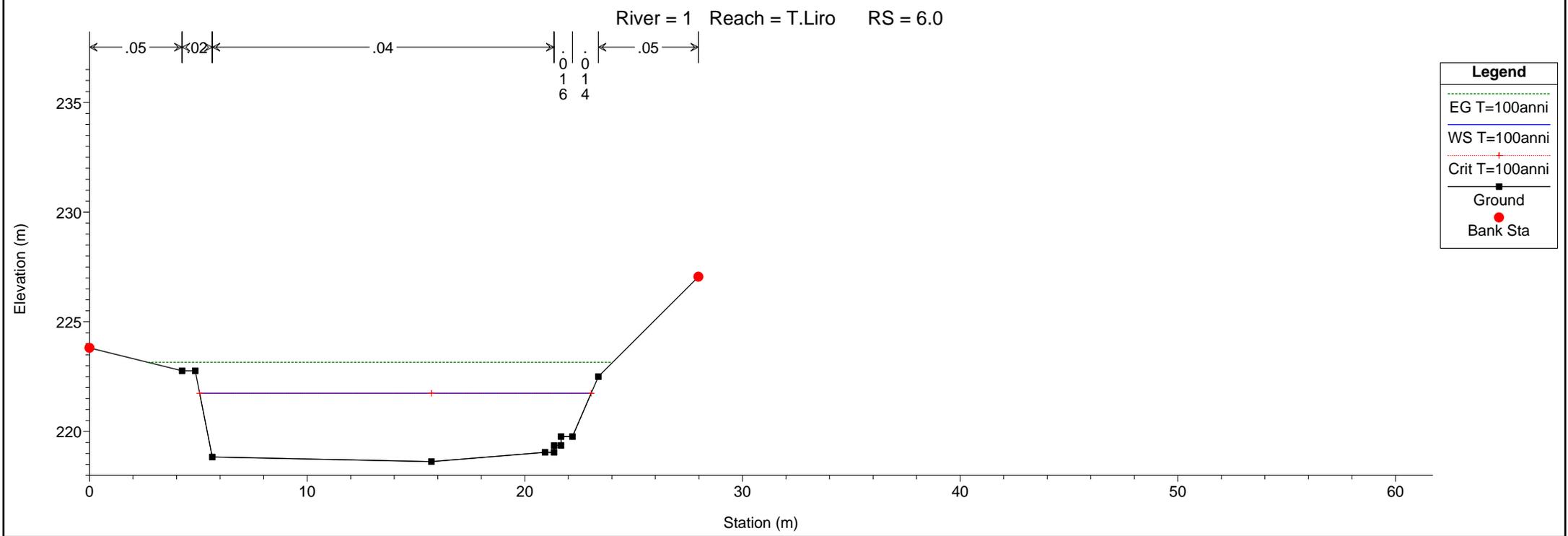
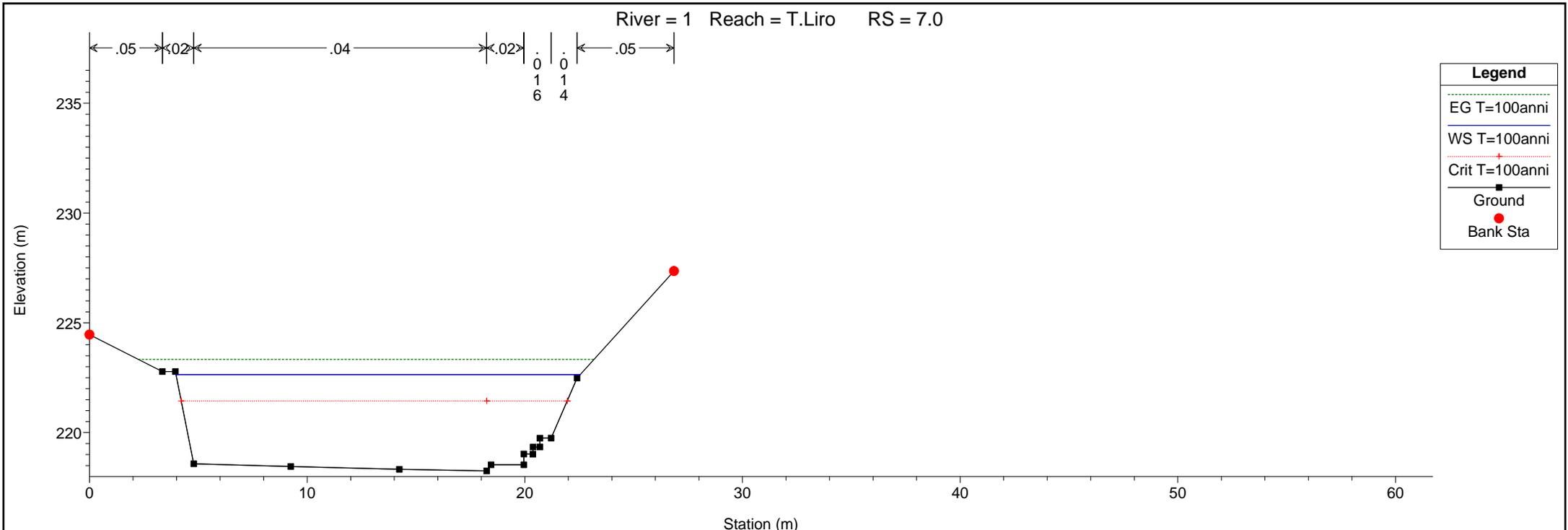
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



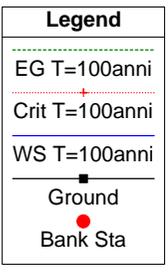
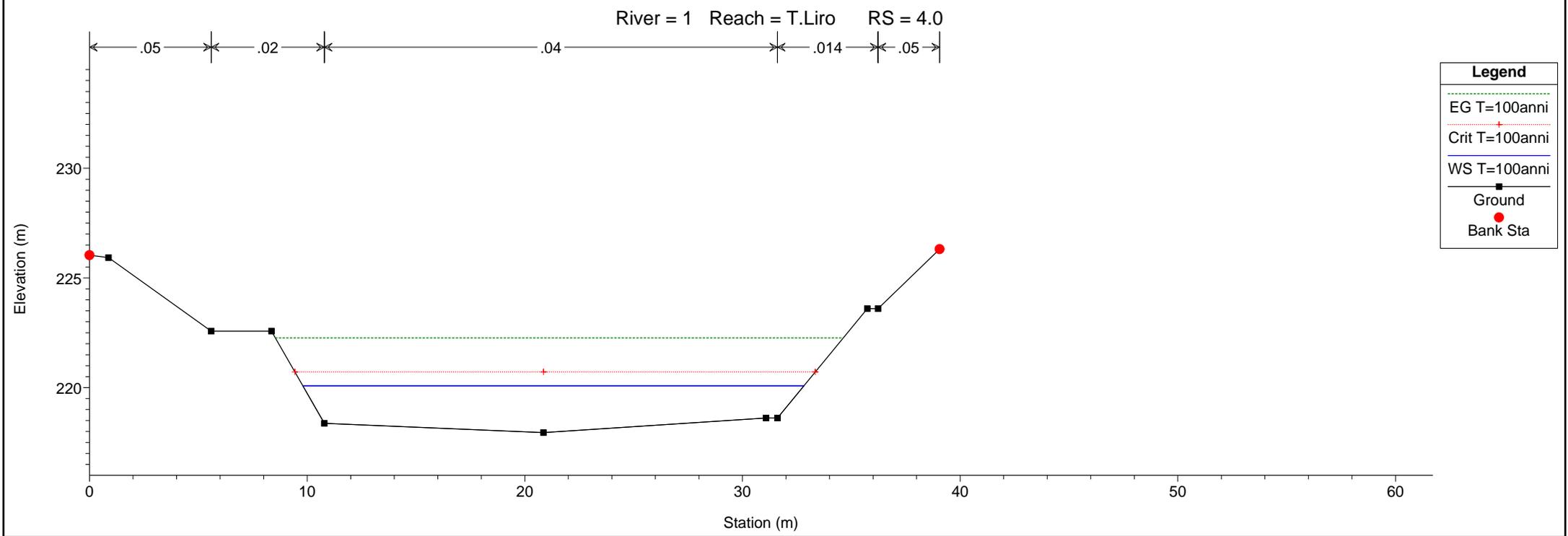
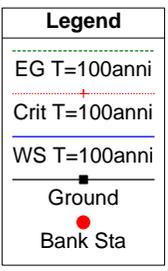
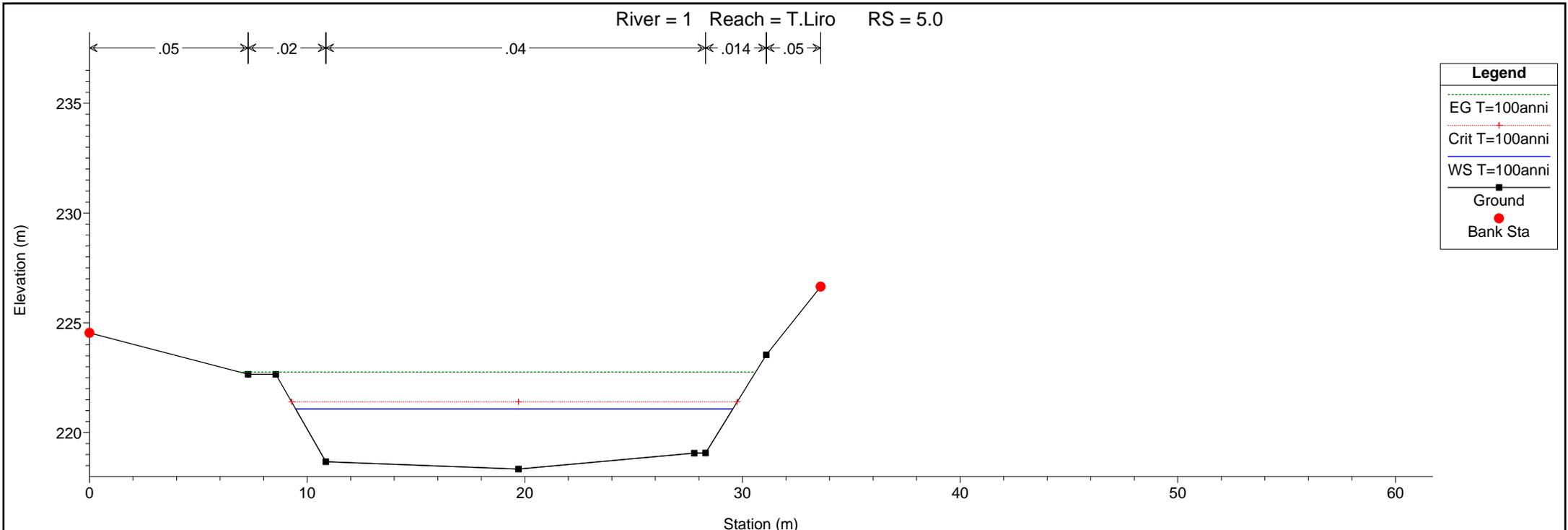
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



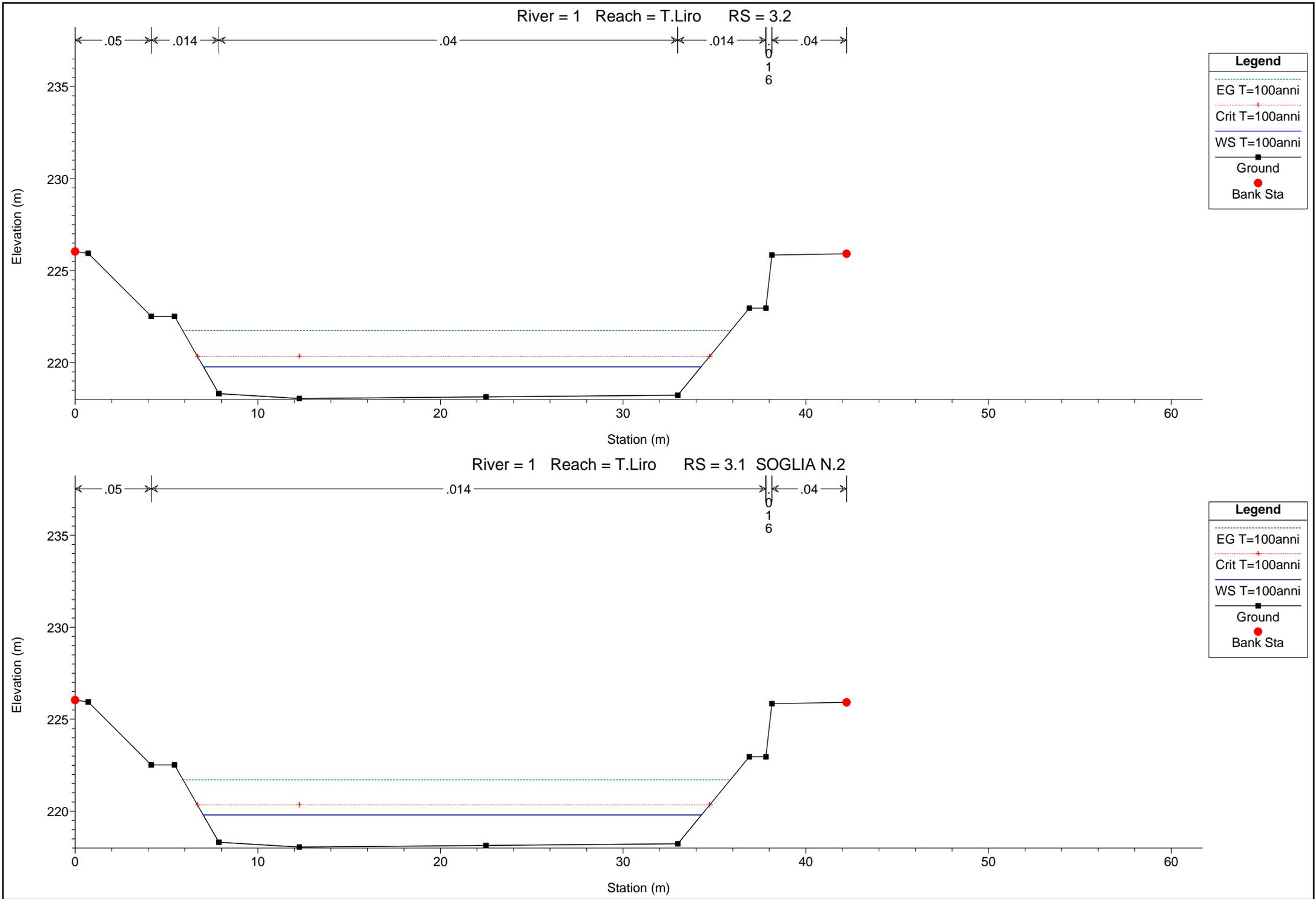
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



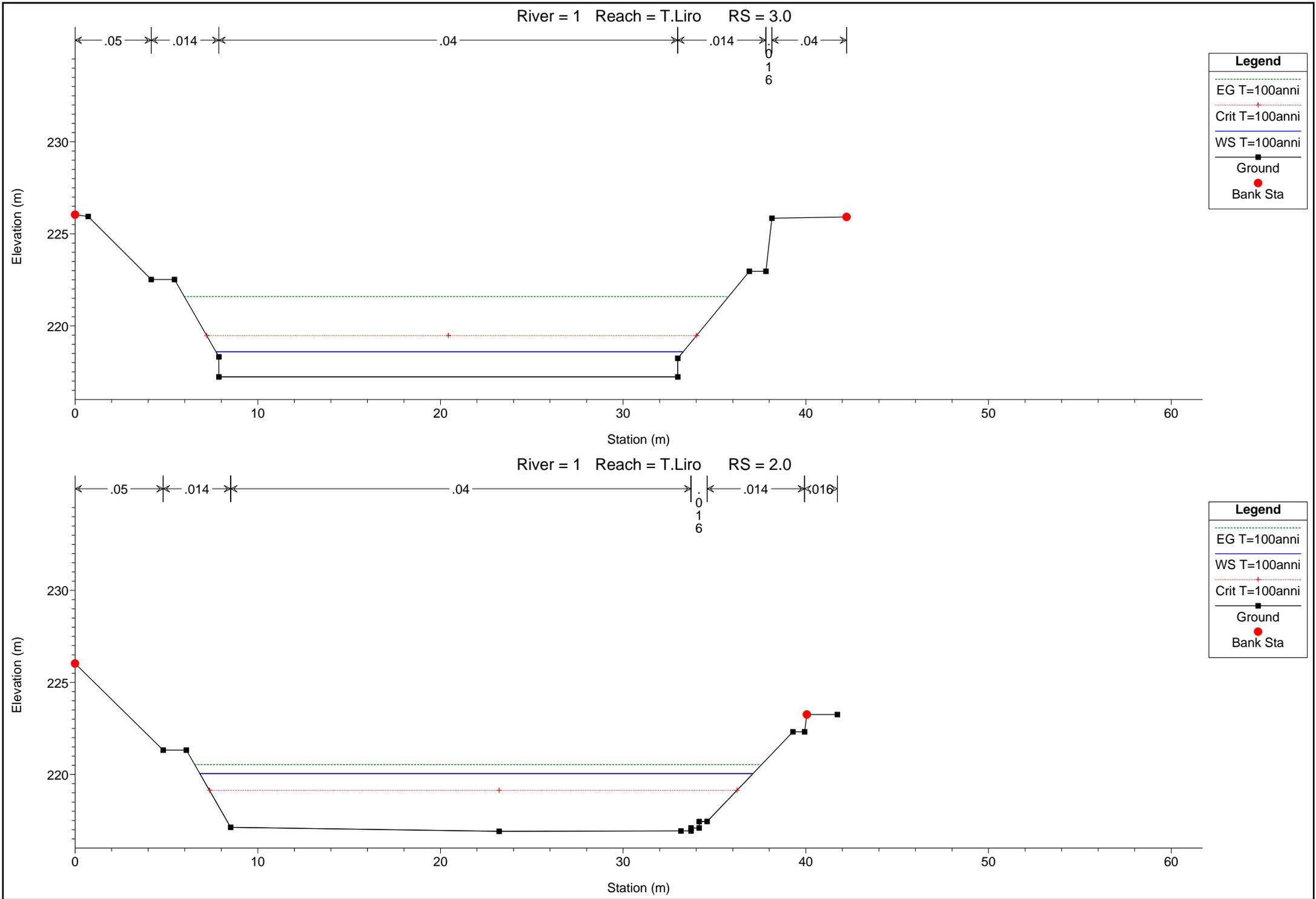
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m

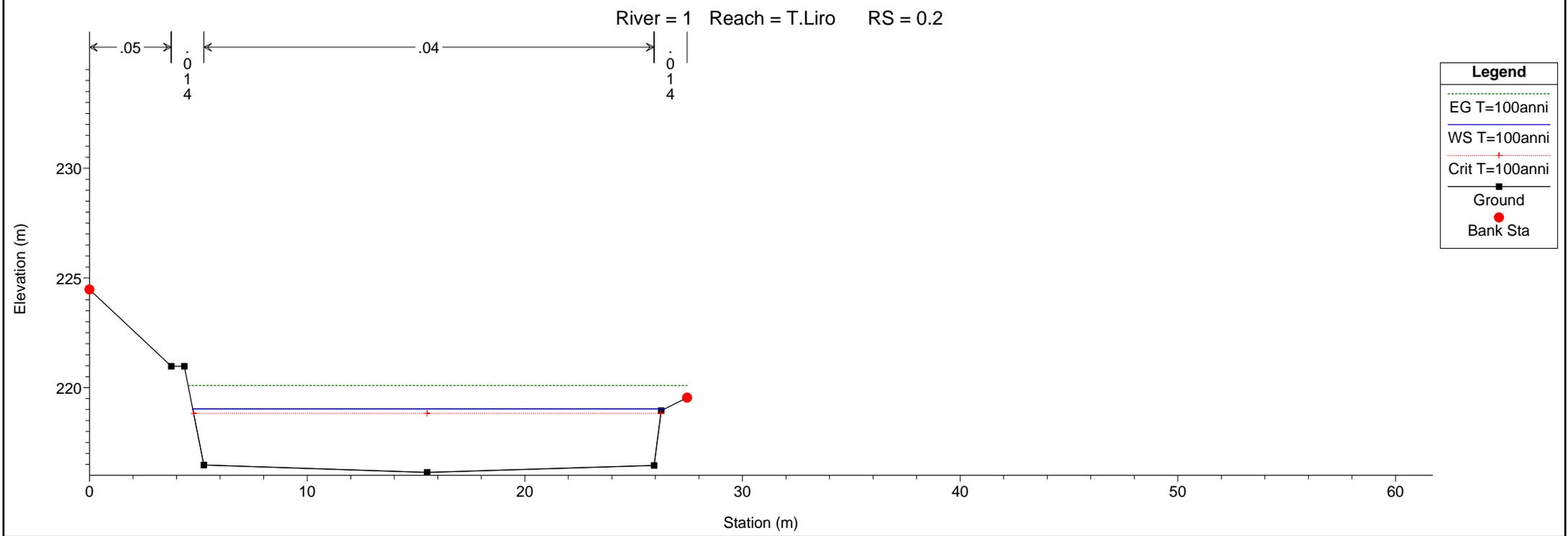
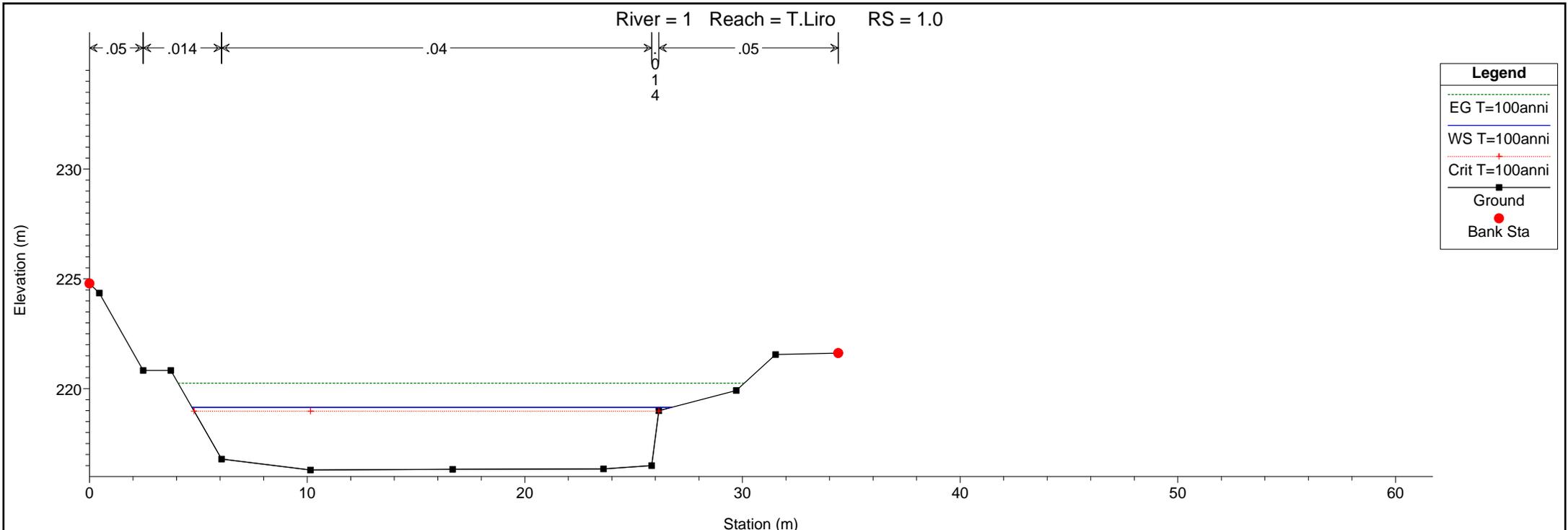


1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m

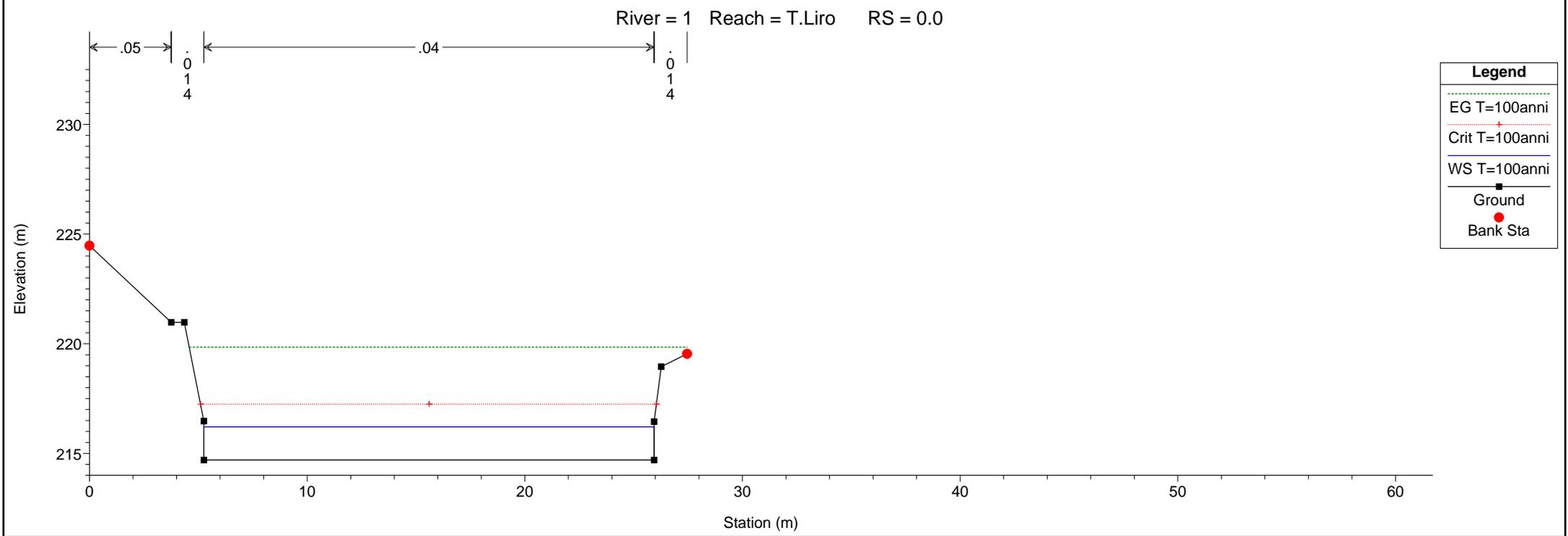
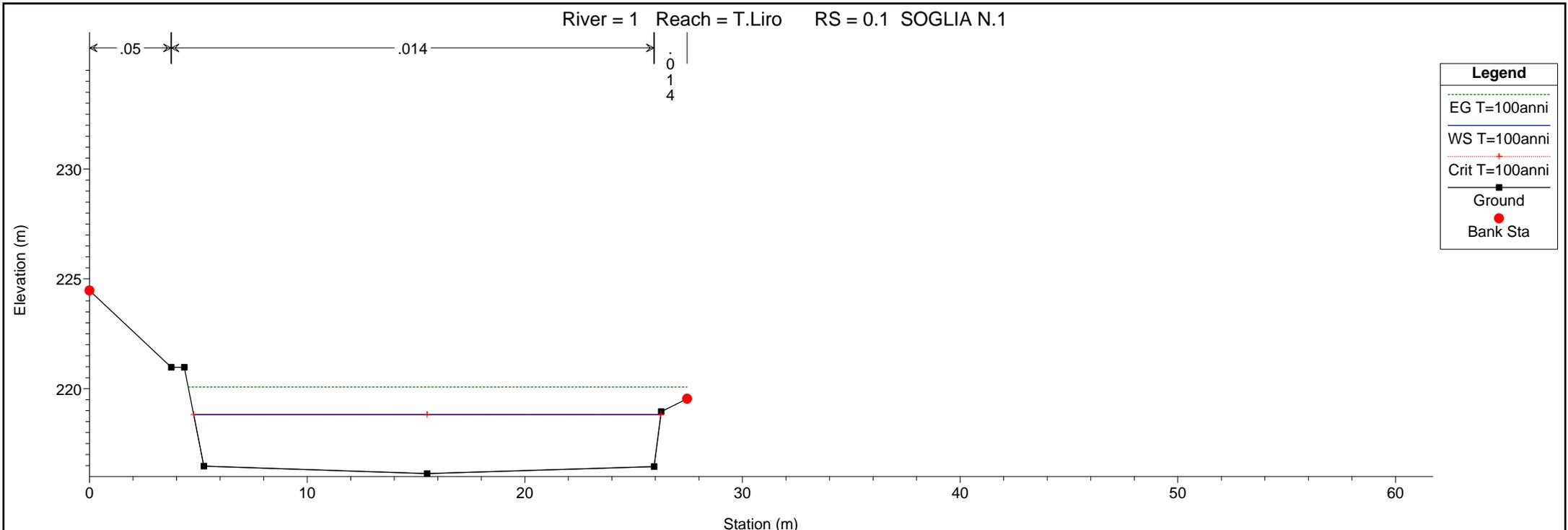


1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m





1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m



1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2.5 m

