

VARIANTE ADEGUAMENTO P.A.I. COMUNE DI BRONDELLO

ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

PROPOSTA TECNICA DEL PROGETTO PRELIMINARE ADOTTATA CON D.C. NR. 10 DEL 24/04/2024

PROGETTO PRELIMINARE ADOTTATO CON D.C. NR. 28 DEL 08/11/2024

PROPOSTA TECNICA DEL PROGETTO DEFINITIVO ADOTTATA CON D.G. NR. DEL

PROGETTO DEFINITIVO APPROVATO CON D.C. NR. DEL

Sindaco:

Segretario Comunale:

Responsabile del Procedimento:

PROGETTISTA

ing. Mauro Dematteis

Sommario

1 PREMESSE.....	3
2 IDROGRAFIA.....	3
3 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA AL COLMO.....	5
3.1 Stima della portata con il metodo cinematico (formula razionale).....	6
3.2 Tempo di corrivazione.....	6
3.3 La pioggia critica determinante l'evento di massima piena.....	7
3.4 Risultati ottenuti con l'applicazione del metodo razionale.....	8
4 TRASPORTO SOLIDO.....	10
4.1 Metodo di Pezzoli.....	10
4.2 Metodo di Meyer-Peter e Muller.....	15
4.3 Portate utilizzate nelle simulazioni idrauliche.....	15
5 PROFILO DEL PELO LIBERO DELLA CORRENTE IN CONDIZIONI DI PORTATA MASSIMA AL COLMO.....	16
5.1 Caratteristiche geometriche dell'alveo.....	16
5.2 Morfologia dell'alveo di piena.....	17
5.3 Analisi dei risultati.....	18
6 OSSERVAZIONI SUI RII MINORI.....	21
7 CONSIDERAZIONI FINALI.....	23
8 ALLEGATI.....	23
8.1 Planimetria con sezioni del modello idraulico.....	23
8.2 Profili, sezioni e tabelle della simulazione idraulica con portate con TR 50, 200 e 500 anni.....	23
8.3 Documentazione fotografica.....	23
8.4 Schede SICOD.....	23

1 PREMESSE

Il "*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico*" (PAI) rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante dei due strumenti di pianificazione parziale: il "*Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione*" e il "*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*" (PSFF).

La presente relazione è stata elaborata nel contesto del PAI al fine di valutare il rischio idraulico al quale sono soggetti i territori attraversati dal torrente Bronda e dai suoi affluenti principali compresi nel territorio comunale di Brondello.

Per il torrente Bronda ed il C.le Rocchierosa si determinano:

1. le portate massime prevedibili per tempi di ritorno di 50 anni, 200 anni e 500 anni;
2. la verifica idraulica con simulazione in moto permanente;
3. le aree di esondazione, definite in funzione delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche, geometriche e idrauliche degli alvei.

Per gli altri corpi idrici minori si riportano delle valutazioni della situazione del rischio idraulico sulla base dei sopralluoghi effettuati.

2 IDROGRAFIA

Il Comune di Brondello è situato nella zona nord-occidentale della Provincia di Cuneo, circa 40 km a Nord-ovest del capoluogo. Il suo territorio si estende a partire da 400 m s.l.m. fino a raggiungere i 1.154 m s.l.m. di B.c Tuch sullo spartiacque con la Valle Varaita. Il sistema idrografico è costituito da un corso d'acqua principale, il Torrente Bronda, nel quale confluiscono oltre a diversi rii minori, il C.le Rocchierosa e il Rio Traversere.

Il T. Bronda nasce nel Comune di Brondello dalla collina che divide la Valle Bronda dalla Valle Varaita e confluisce nel Fiume Po poco a valle dell'abitato di Saluzzo, con un percorso di circa 12 km ed una pendenza media del 3,7%.

Il bacino imbrifero sotteso alla sezione di chiusura al confine del Comune di Brondello ha una forma pseudo-circolare e copre una superficie di 6,84 km². Il perimetro dell'area drenata segue la linea di cresta che parte dalla Punta S. Michele (949 m s.l.m.) al confine con il Comune di Martiniana Po, prosegue con le punte al confine con Isasca (Madonna del Carmine – 970 m s.l.m. - Colletto Alto – 876 m s.l.m. - Bric. Tre Fini – 878 m s.l.m. - M. Colletta – 883 m s.l.m.) e con Venasca fino al Bric Truch (1.154 m s.l.m.).

A monte dell'abitato di Brondello sono presente due immissioni significative, il C.le Rocchierosa in sponda idrografica sinistra ed il Rio Traversere che proviene dalla sponda idrografica destra. A valle dell'abitato invece è presente una sola immissione significativa in sponda destra, il C.le Folatera, oltre a piccoli impluvi presenti su entrambe le sponde del corso d'acqua principale che sottendono bacini estremamente ridotti.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali dei bacini descritti.

Bacino	R	B1	B2	B3	B4	B5	B6
S (km ²)	1,50	2,94	4,67	4,81	5,32	6,68	6,84
L (km)	1,93	1,86	2,01	2,38	2,64	3,13	3,31
H _{max} (m s.l.m.)	970	1.094	1.094	1.094	1.094	1.154	1.154
H _{min} (m s.l.m.)	455	460	450	440	425	405	400
H _{media} (m s.l.m.)	664	722	717	712	705	722	719

Tab. 2.1

LEGENDA

S Superficie del bacino

L Percorso del punto idrologicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino

H_{max} altitudine massima del bacino

H_{min} altitudine della sezione di chiusura del bacino

H_{med} altitudine media riferita alla sezione di chiusura

R: bacino del C.le Rocchierosa alla confluenza nel Bronda;

B1: bacino del Torrente Bronda all'ingresso dell'abitato di Brondello;

B2: bacino del Torrente Bronda alla confluenza con il C.le Rocchierosa;

B3: bacino del Torrente Bronda all'uscita dell'abitato di Brondello (località San Sebastiano);

B4: bacino del Torrente Bronda alla sezione di località Rua Beltrendi;

B5: bacino del Torrente Bronda alla sezione di località C.na Arnaudo;

B6: bacino del Torrente Bronda alla sezione di località Tetti Boglio.

Oltre ai corpi idrici principali sopra descritti, sono stati oggetto di un'analisi del rischio idraulico anche il Rio Traversere ed un piccolo rio minore che confluisce nel T. Bronda nel concentrico di Brondello, nei pressi dell'area del cimitero, entrambi situati sulla sponda idrografica destra. Nella tabella seguente le caratteristiche dei bacini sottesi da rii nelle loro sezioni in cui interessano un attraversamento stradale.

Bacino	Rio Traversere	Rio S.N.
S (km ²)	1,55	0,05
L (km)	1,900	0,335
H _{max} (m s.l.m.)	1.094	615
H _{min} (m s.l.m.)	483	460
H _{media} (m s.l.m.)	734	507

Tab. 2.2

3 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA AL COLMO

Secondo quanto indicato nella *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”* in base all'art.10 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), il calcolo delle portate di piena sul bacino idrografico in esame è effettuato mediante l'impiego di modelli cinematici afflussi-deflussi, trattandosi di un bacino per il quale non si hanno a disposizione valori di portata per un periodo di osservazione sufficientemente lungo.

Le portate di piena, con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, sono determinate con il metodo razionale.

3.1 Stima della portata con il metodo cinematico (formula razionale)

Le portate di piena sono determinate con il metodo razionale:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{3,6}$$

dove i è l'intensità di pioggia espressa in mm/h, ed S è la superficie espressa in km².

La formula razionale assume che la portata di massima piena sia correlata essenzialmente con la precipitazione di massima intensità che ha durata pari al tempo di corrivazione (t_c), cioè il tempo che impiega la particella liquida più lontana per raggiungere la sezione alla quale si riferisce la portata massima. Essendo la pioggia critica riferita al punto della stazione pluviometrica, si introduce un coefficiente di ragguaglio correttivo dell'intensità di pioggia i (la quale pertanto è da intendersi come intensità di pioggia ragguagliata) per tenere conto della distribuzione di pioggia nell'intero bacino imbrifero sotteso dalla sezione, coefficiente che è tanto più prossimo all'unità quanto più è ridotta la superficie del bacino anzidetto.

La portata di massima piena dipende anche dalla capacità del bacino di trattenere la pioggia, cioè dalla sua permeabilità, che si esprime col coefficiente di deflusso (φ), rapporto cioè tra l'altezza del deflusso e quella del corrispondente afflusso meteorico.

3.2 Tempo di corrivazione

Per il calcolo di t_c si applica la formula del Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m - H_o}}$$

in cui

- S superficie del bacino in km²
- L lunghezza dell'asta principale in Km
- H_m altitudine media del bacino in m s.l.m.
- H_o quota della sezione di chiusura in m s.l.m.

3.3 La pioggia critica determinante l'evento di massima piena

All'interno del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) di cui alla Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter, adottato con deliberazione n. 18 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in data 26 aprile 2001 è contenuta una Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette, nella Direttiva si forniscono i valori dei parametri "a" ed "n" della curva di possibilità pluviometrica, ricavati mediante un'interpolazione spaziale con il metodo di kriging in base a un reticolo di 2 km di lato.

L'equazione monomia

$$h = a t^n$$

correla l'altezza della precipitazione massima h (espressa in mm) alla durata t (espressa in ore) con riferimento a diversi tempi di ritorno (Tr).

I parametri a ed n utilizzati per i bacini considerati sono:

Bacino	$Tr = 50$		$Tr = 200$		$Tr = 500$	
	a	n	a	n	a	n
R	51,98	0,414	63,45	0,413	71,00	0,412
B1	51,15	0,413	62,44	0,412	69,87	0,412
B2	51,15	0,413	62,44	0,412	69,87	0,412
B3	51,40	0,410	62,81	0,408	70,32	0,408
B4	51,40	0,410	62,81	0,408	70,32	0,408
B5	51,40	0,410	62,81	0,408	70,32	0,408
B6	51,40	0,410	62,81	0,408	70,32	0,408

Tab. 3.1 – Parametri "a" e "n" per il calcolo della pioggia critica nei bacini oggetto della simulazione in moto permanente

Bacino	<i>Tr</i> = 50		<i>Tr</i> = 200		<i>Tr</i> = 500	
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
Rio Traversere	50,68	0,410	61,96	0,408	69,38	0,408
Rio S.N.	51,39	0,407	62,82	0,405	70,36	0,405

Tab. 3.2 – Parametri “a” e “n” per il calcolo della pioggia critica nei bacini dei rii minori

3.4 Risultati ottenuti con l'applicazione del metodo razionale

Di seguito si riporta la tabella che riassume per ogni bacino in esame i risultati ottenuti sostituendo nelle formule su riportate i valori caratteristici.

Bacino	R	B1	B2	B3	B4	B5	B6
t_c (ore)	0,674	0,745	0,891	0,935	0,985	1,056	1,079
$Kr^{(1)}$	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94
$\phi^{(2)}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
$h_{c(50)}$ (mm)	42,86	43,43	46,26	47,38	48,27	49,30	49,70
$h_{c(200)}$ (mm)	52,34	53,04	56,47	57,91	58,99	60,24	60,73
$h_{c(500)}$ (mm)	58,59	59,35	63,20	64,83	66,04	67,44	67,99
$i_{r(50)}$ (mm/h)	63,60	58,32	51,89	50,67	48,98	46,69	46,06
$i_{r(200)}$ (mm/h)	77,67	71,23	63,36	61,93	59,86	57,05	56,27
$i_{r(500)}$ (mm/h)	86,95	79,70	70,89	69,34	67,02	63,88	63,00
Q_{50} (m ³ /s)	10,60	19,05	26,93	27,08	28,96	34,66	35,01
Q_{200} (m ³ /s)	12,95	23,27	32,87	33,10	35,39	42,35	42,77
Q_{500} (m ³ /s)	14,49	26,04	36,79	37,06	39,62	47,41	47,88

Tab. 3.3 – Risultati ottenuti per i bacini oggetto della simulazione in moto permanente

¹ - Il coefficiente di ragguaglio Kr è stato calcolato con la relazione proposta da Merlo (1973) sulla base di osservazioni di eventi significativamente gravosi in Piemonte: $Kr = 1 - 0,0236 A^{0,5084}$

² - Per la scelta di ϕ si è fatto riferimento alla tabella, contenente i coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology (Ven Te Chow, 1964), riportata nella Direttiva già citata.

Bacino	Rio Traversere	Rio S.N.
t_c (ore)	0,62	0,26
Kr	0,97	0,99
φ	0,4	0,4
$h_{c(50)}$ (mm)	40,38	29,31
$h_{c(200)}$ (mm)	49,41	35,96
$h_{c(500)}$ (mm)	55,33	40,27
$i_{(50)}$ (mm/h)	65,34	114,79
$i_{(200)}$ (mm/h)	79,95	140,79
$i_{(500)}$ (mm/h)	89,53	157,69
Q_{50} (m ³ /s)	11,25	0,64
Q_{200} (m ³ /s)	13,77	0,78
Q_{500} (m ³ /s)	15,42	0,88

Tab. 3.4 – Risultati ottenuti per i bacini dei rii minori

L'intensità di pioggia i da inserire nella formula razionale si ottiene dall'espressione $i = (h_c/t_c)$.

4 TRASPORTO SOLIDO

La stima della componente di trasporto solido che viene trasportata in alveo nel corso di un evento di piena è caratterizzata da un notevole grado di incertezza a causa dei numerosi fattori che ne condizionano il funzionamento. Il trasporto di materiale è funzione sia della capacità di trasporto della corrente che della disponibilità di materiale proveniente dalla degradazione del bacino imbrifero sotteso.

Il trasporto solido si suddivide in trasporto solido in sospensione e trasporto solido di fondo. Nel primo caso le particelle più fini e leggere sono trasportate in sospensione dalla corrente, senza interagire con il fondo alveo; nel secondo caso, invece, le particelle solide sono trascinate sul fondo per effetto della tensione tangenziale.

Il trasporto solido che caratterizza il bacino oggetto di studio è stato stimato sulla base di due differenti metodi, con l'obiettivo, visto l'elevato grado di incertezza, di individuarne almeno l'ordine di grandezza.

4.1 Metodo di Pezzoli

Il metodo di calcolo proposto da Pezzoli consente di calcolare la capacità di trasporto della corrente e la componente solida derivante dall'effettiva erodibilità del bacino.

$$Q_s = 5 \cdot \alpha \cdot \left(\frac{Q}{c}\right)^{21/25} \cdot b^{4/25} \cdot d^{1/10} \cdot g^{1/2} \cdot i^{-49/50}$$

$$Q_{sv} = \delta \cdot Q^{2/5} \cdot (c_v \cdot L)^{3/5} \cdot d \cdot i^{3/10}$$

dove:

- Q_s = portata solida trasportata dalla corrente [m^3/s];
- Q_{sv} = portata solida attribuibile all'erosione dei versanti [m^3/s];
- Q = portata liquida [m^3/s];
- b = larghezza media dell'alveo [m];
- d = diametro medio dei sedimenti in alveo [m];
- g = accelerazione di gravità [m/s^2];

- i = pendenza del corso d'acqua [m/m];
- i_v = pendenza dei versanti [m/m];
- c = scabrezza di Gauckler-Strickler relativo in alveo [$m^{1/3}/s$];
- c_v = scabrezza di Gauckler-Strickler relativa ai versanti [$m^{1/3}/s$];
- L = lunghezza dei versanti [m];
- α = coefficiente di erodibilità;
- δ = $f(\alpha)$ in base alla tabella seguente

Caratteristiche del bacino (H = quota media s.m.)	δ
Pianura ($H < 100$ m)	$0.001 \cdot \alpha \div 0.002 \cdot \alpha$
Precollina ($100 \text{ m s.m.} \leq H \leq 250 \text{ m s.m.}$)	$0.002 \cdot \alpha \div 0.003 \cdot \alpha$
Collina ($250 \text{ m s.m.} \leq H \leq 700 \text{ m s.m.}$)	$0.003 \cdot \alpha \div 0.004 \cdot \alpha$
Montagna ($700 \text{ m s.m.} \leq H \leq 1500 \text{ m s.m.}$)	$0.004 \cdot \alpha \div 0.005 \cdot \alpha$
Alta montagna ($H \geq 1500 \text{ m s.m.}$)	$0.005 \cdot \alpha \div 0.006 \cdot \alpha$

Tab. 4.1 - Determinazione del parametro δ della formula di Pezzoli in funzione di α .

<i>Classe</i>	<i>Livello di erosione delle formazioni rocciose o del suolo</i>	<i>Formazioni rocciose</i>	<i>Suoli</i>	<i>Coefficient e di erodibilità (α)</i>
<i>A</i>	<i>Basso</i>	arenarie più o meno cementate brecce calcaree brecce e conoidi anche cementate calcareniti calcari avana o nocciola calcari dolomitici calcari bianchi o grigio biancastri calcari organogeni giallastri dolomie graniti marne puddinghe con cemento arenaceo grossolano molto tenace o con cemento calcareo-sabbioso travertini concrezionari tenaci o vacuolari	bosco chiuso: grado di copertura del 90 - 100 %	0 - 0,24
<i>B</i>	<i>Medio basso</i>	limi argilloso - calcarei	praterie con grado di copertura del 90 - 100 %	0,24 - 0,36
<i>C</i>	<i>Medio</i>	puddinghe fluvio lacustri con cemento sabbioso calcareo giallastro		
<i>D</i>	<i>Moderato</i>	alluvioni anche terrazzate costituite da ciottoli prevalentemente calcarei arrotondati e scarsamente cementati da matrice sabbiosa basalto fessurato ed alterato complessi caotici calcareo-dolomitici di probabile origine tettonica formati da blocchi carbonatici di svariatissime dimensioni e da tritume calcareo	bosco aperto: grado di copertura del 60 - 90 %	0,36 - 0,48
<i>E</i>	<i>Moderatamente alto</i>	fillade fessurata ed alterata lenti di sabbia e limi argillosi intercalati al ciottolame micasisti fessurati ed alterati tufo calcareo		
<i>F</i>		alluvioni recenti terrazzate e alluvioni attuali e sub-attuali costituite da ghiaie e sabbie sciolte e sabbie sciolte o debolmente legate da limi sabbiosi	bosco rado: grado di copertura minore del 60 %	0,48 - 0,80
<i>G</i>		detriti di falda e conoidi di deiezione con legante terroso gessi ghiaie travertini spugnosi vacuolari tufo caotico, lapideo	praterie con grado di copertura compreso tra 60 - 90 %	
<i>H</i>		argille verdi e grigie in lenti conoidi di deiezione incoerenti detriti di falda incoerenti formazioni lacustri antiche costituite da limi e argille verdi o giallastre lenti torbose e ciottolame sciolto o scarsamente cementato sabbie fini	praterie con grado di copertura inferiore al 60 %	0,80 - 1,00

Tab. 4.2 - Determinazione del coefficiente di erodibilità α .

Le portate considerate per il calcolo del trasporto solido nelle sezioni di interesse sono quelle con tempo di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni. I parametri considerati sono riportati nella tabella seguente:

Bacino	R	B1	B2	B3	B4	B5	B6
b [m]	5	5	5	5	5	5	5
d [m]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
i [m/m]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
c [m^{1/3}/s]	40	40	40	40	40	40	40
c_v [m^{1/3}/s]	40	40	40	40	40	40	40
L [m]	1.930	1.860	2.010	2.380	2.640	3.130	3.310
α [-]	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
δ [-]	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014

Tab. 4.3 - Parametri utilizzati per il calcolo della portata solida.

Le portate solide ottenute, compresa quella totale e quella liquida di partenza, sono riportate nella tabella seguente:

	Portate	R	B1	B2	B3	B4	B5	B6
TR50	Q_I [m³/s]	10,60	19,05	26,93	27,08	28,96	34,66	35,01
	Q_s [m³/s]	0,20	0,32	0,43	0,43	0,45	0,53	0,53
	Q_{SV} [m³/s]	0,69	0,86	1,03	1,14	1,25	1,49	1,54
	Q_{S TOT} [m³/s]	11,49	20,23	28,38	28,65	30,66	36,67	37,08
TR200	Q_I [m³/s]	12,95	23,27	32,87	33,10	35,39	42,35	42,77
	Q_s [m³/s]	0,23	0,38	0,50	0,51	0,54	0,62	0,63
	Q_{SV} [m³/s]	0,75	0,93	1,12	1,24	1,35	1,61	1,67
	Q_{S TOT} [m³/s]	13,93	24,57	34,49	34,84	37,27	44,58	45,07
TR500	Q_I [m³/s]	14,49	26,04	36,79	37,06	39,62	47,41	47,88
	Q_s [m³/s]	0,25	0,41	0,55	0,56	0,59	0,69	0,69
	Q_{SV} [m³/s]	0,79	0,97	1,17	1,30	1,42	1,69	1,75
	Q_{S TOT} [m³/s]	15,53	27,42	38,51	38,91	41,62	49,78	50,32

Tab. 4.4 - Portate solide calcolate con il metodo di Pezzoli.

Per i rii minori i parametri considerati e le corrispondenti portate solide ottenute, compresa quella totale e quella liquida di partenza, sono riportate nella tabella seguente:

Bacino	Rio Traversere	Rio S.N.
b [m]	2	1
d [m]	0,25	0,25
i [m/m]	0,07	0,1
c [m^{1/3}/s]	28,57	33,33
c_v [m^{1/3}/s]	22,22	20
L [m]	1.900	335
α [-]	0,40	0,40
δ [-]	0,0014	0,0014
Q_I [m³/s] - TR50	11,25	0,64
Q_S [m³/s] - TR50	0,21	0,02
Q_{SV} [m³/s] - TR50	0,49	0,05
Q_{S TOT} [m³/s] - TR50	11,95	0,71
Q_I [m³/s] - TR200	13,77	0,78
Q_S [m³/s] - TR200	0,24	0,02
Q_{SV} [m³/s] - TR200	0,54	0,06
Q_{S TOT} [m³/s] - TR200	14,55	0,86
Q_I [m³/s] - TR500	15,42	0,88
Q_S [m³/s] - TR500	0,27	0,03
Q_{SV} [m³/s] - TR500	0,56	0,06
Q_{S TOT} [m³/s] - TR500	16,25	0,96

Tab. 4.5: Portate solide calcolate con il metodo di Pezzoli per i rii minori

4.2 Metodo di Meyer-Peter e Muller

La formula di Meyer-Peter e Muller mette in correlazione la portata liquida per unità di larghezza q ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$) ed il peso dei sedimenti trasportati ($\text{kg}/\text{s}/\text{m}$) sulla base della seguente espressione:

$$G_s = (2,5 \cdot q^{2/3} \cdot i - 42,5 \cdot d)^{3/2}$$

Nei calcoli eseguiti per passare da G alla portata solida si è considerato $\gamma_s = 2.600 \text{ kg}/\text{m}^3$. I parametri utilizzati per il calcolo della portata solida di massa sono i medesimi evidenziati in tabella 4.3. Le portate solide totali ottenute sono riportate in tabella seguente:

Bacino	$Q_s [\text{m}^3/\text{s}]$		
	TR 50 anni	TR 200 anni	TR 500 anni
R	0,04	0,05	0,06
B1	0,09	0,12	0,13
B2	0,14	0,18	0,20
B3	0,14	0,18	0,20
B4	0,15	0,19	0,22
B5	0,19	0,24	0,27
B6	0,19	0,24	0,27

Tab. 4.6 - Portate solide calcolate con il metodo di Meyer-Petter e Muller.

4.3 Portate utilizzate nelle simulazioni idrauliche

I due metodi analizzati conducono a valori differenti di portata solida. In realtà, il metodo di Meyer-Peter e Muller (solo trasporto in alveo) nato dallo studio soprattutto dei fiumi, per i torrenti risulta meno attendibile mentre il metodo di Pezzoli risulta anche in buon rapporto con l'evidenza sperimentale del territorio prealpino piemontese, dove si ipotizza generalmente che il trasporto solido ipotizzare corrisponda a circa il 5-10% della massa d'acqua in peso.

Si sceglie pertanto di considerare unicamente i risultati ottenuti dalla formula di Pezzoli; le portate considerate sono pertanto quelle riportate in Tab. 4.4 e 4.5.

5 PROFILO DEL PELO LIBERO DELLA CORRENTE IN CONDIZIONI DI PORTATA MASSIMA AL COLMO

I valori di portata calcolati sono utilizzati per effettuare la verifica idraulica del Torrente Bronda.

Il profilo della corrente è determinato mediante l'utilizzo del codice numerico "*HEC-RAS River Analysis System*" versione 4.1.0.

5.1 Caratteristiche geometriche dell'alveo

Le caratteristiche geometriche dell'alveo e delle aree potenzialmente soggette ad inondazione sono state definite mediante rilievo topografico diretto. Per tutta la zona geografica considerata nello studio, la base cartografica di riferimento è la Carta Tecnica Regionale³ in scala 1:10.000.

Il rilievo è stato rivolto anche alla definizione geometrica delle infrastrutture in alveo che possono interferire con il deflusso naturale o assumere un ruolo di controllo delle piene.

La metodologia adottata consiste nel rilievo di sezioni successive tramite la "battitura" di punti allineati in direzioni perpendicolari alla direzione della corrente. La spaziatura fra le sezioni è stata scelta in base alle caratteristiche di variabilità dell'alveo e della presunta situazione di rischio delle aree limitrofe. Il numero di punti rilevati per ogni sezione è, analogamente, dipendente dalla forma delle sezioni stesse: una sezione prismatica per essere definita richiede, a parità di grado di dettaglio, la conoscenza di un minor numero di punti rispetto ad una sezione di forma più complessa.

Il rilievo è stato condotto seguendo con la stazione topografica una poligonale subparallela al torrente, con "ribattitura" di controllo ad ogni cambio di stazione a garanzia di migliore precisione dei risultati ottenuti.

La strumentazione utilizzata è una stazione topografica totale Leica TPS300 che permette di avere una precisione dello ordine del centimetro, e quindi ampiamente sufficiente per lo scopo del rilievo, disponendo di un sistema di

³ L'andamento dell'alveo del torrente rappresentato sulla Carta Tecnica Regionale è stato confrontato con quello più recente riportato sulle Ortofotocarte, per tenere conto delle variazioni verificatesi negli ultimi anni.

compensazione biassale, un piombo laser e della possibilità di misura senza prisma riflettore.

Per i corpi idrici considerati i tratti verificati con simulazione in moto permanente sono:

- C.le Rocchierosa: tratto di circa 100 m di lunghezza a monte della confluenza con il T. Bronda. Sono state rilevate 4 sezioni, oltre al ponte della Strada Provinciale n. 180. Il tratto indagato è caratterizzato da avere sezioni regolari con muretto in calcestruzzo in sponda sinistra e leggera scarpata a cui seguono mura di edifici sulla sponda destra.
- T. Bronda: a partire da 150 m a monte dell'abitato di Brondello fino al termine del confine comunale, in località Tetti Boglio. Sono state rilevate 39 sezioni in un tracciato di circa 1,70 km. La spaziatura fra le sezioni è minore nelle aree preventivamente valutate maggiormente critiche (centro abitato e ponti) e nei tratti in cui la morfologia del torrente è particolarmente variabile. Il rilievo è stato esteso oltre l'alveo inciso in maniera da comprendere ogni possibile area di esondazione.

5.2 Morfologia dell'alveo di piena

Il tratto di torrente Bronda indagato segue un percorso abbastanza rettilineo, con sezioni d'alveo inciso di larghezza compresa fra 3 e 6 m circa, e pendenza media pari al 3% (il tratto di monte ha pendenza maggiore, fino a circa l'8% nel tratto a monte dell'abitato di Brondello, mentre il tratto conclusivo ha una pendenza di circa l'1%).

Le sponde sono per la maggior parte costituite da muretti realizzati in cemento armato di altezza variabile tra 3 e 5 m (nei tratti del concentrico la sponda sinistra, mentre a valle la sponda idrografica destra); a tratti sono costituite da scogliere in massi a secco o costipati con calcestruzzo, e in parte minore sono in terreno naturale.

Un parametro che riveste notevole importanza nella propagazione di un'onda di piena è la scabrezza del terreno. Tale valore non è facilmente determinabile, in quanto variabile da sezione a sezione, all'interno di ogni sezione, a seconda delle caratteristiche idrauliche dell'onda di piena in arrivo, e persino in funzione

del periodo dell'anno in cui accade l'evento; e questa indeterminatezza si ripercuote sui risultati del calcolo.

Da queste premesse si comprende la difficoltà di fornire i parametri di resistenza del terreno con precisione. Pertanto la scabrezza di ogni sezione, espressa tramite il coefficiente di Manning, viene stimata a partire da un rilievo diretto volto (secondo la metodologia proposta da Cowan e dall'U.S. Soil Conservation Service) a specificare le caratteristiche qualitative dell'alveo che hanno influenza sulla scabrezza.

Sulla base di queste rilevazioni è stato stimato il coefficiente di Manning sezione per sezione seguendo la classificazione proposta da V.T. Chow⁴, e mediante confronto con casi reali osservati e presentati dall'U.S. Geological Survey.

Al termine di questo lavoro si sono definiti i seguenti valori di scabrezza:

- tra 0,020 e 0,030 s/m^{1/3} per la porzione centrale dell'alveo;
- tra 0,030 e 0,040 s/m^{1/3} per le sponde con vegetazione erbacea e arbustiva;
- 0,025 s/m^{1/3} per le scogliere in massi;
- 0,02 s/m^{1/3} per i muri in c.a. e le strade asfaltate;

5.3 Analisi dei risultati

Tramite le sezioni rilevate si sono definiti gli alvei dei corpi idrici in esame. Inserendo tali sezioni nel codice di calcolo e immettendo le portate di piena relative ai tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, risultate al paragrafo 4, si sono determinati i livelli idrici corrispondenti.

Secondo quanto contenuto all'Art. 9 delle Norme di Attuazione del PAI si sono delimitate le aree di esondazione suddivise in:

- Ee, area potenzialmente coinvolta dai fenomeni con pericolosità molto elevata o elevata (Tr = 50 anni);
- Eb, area potenzialmente coinvolta dai fenomeni con pericolosità

⁴ Il metodo è stato preso come riferimento anche dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nella Deliberazione 2/99 citata.

moderata o media ($Tr = 200$ anni);

- Em, area potenzialmente coinvolta dai fenomeni con pericolosità bassa ($Tr = 500$ anni).

Alla presente relazione è allegata la planimetria con l'ubicazione delle sezioni rilevate e la delimitazione delle tre classi di pericolosità.

Lo studio del Torrente Bronda e del Rio Rocchierosa ha evidenziato nessuna esondazione dei corsi d'acqua con le portate di piena di considerate.

Le sponde naturali e artificiali presenti nei tratti indagati hanno un'altezza tale da contenere, con un buon franco di sicurezza, la portata di piena con tempo di ritorno di 500 anni.

Per quanto riguarda i ponti presenti nella zona di studio, si è effettuata la verifica di compatibilità idraulica in base a quanto definito dalla Direttiva del Piano stralcio delle Fasce Fluviali *“Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B”*.

Secondo quanto dettato dalla direttiva citata al punto 3.3.1, *“Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0,5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1,00 m (che con l'aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” del 2018 è diventato pari a 1,50 m) ; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.”*

Nelle tabelle sottostanti si riportano i valori dei parametri necessari alla verifica per ciascuno dei ponti presenti sul Torrente Bronda ed il suo principale affluente di sinistra (C.le Rocchierosa).

Ponte sul C.le Rocchierosa						
	Nome	Ponte Rocchierosa	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)
1	Sezione di monte	4R				
	Quota intradosso (m s.l.m.)	454,5				
	Livello Q50 (m s.l.m.)	453,48	2,84	0,41	1,50	1,02
	Livello Q200 (m s.l.m.)	453,62	3,04	0,47	1,50	0,88
	Livello Q500 (m s.l.m.)	453,82	2,87	0,42	1,50	0,68

Tabella 1: Parametri caratteristici per la verifica di compatibilità idraulica dei ponti sul Rocchierosa

Ponti sul T. Bronda							
1	Nome	Ponte Via Colletta	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)	2/3 luce
	Sezione di monte	20					
	Quota intradosso (m s.l.m.)	459,11					
	Livello Q50 (m s.l.m.)	456,86	3,64	0,68	1,50	2,25	OK
	Livello Q200 (m s.l.m.)	457,06	3,89	0,77	1,50	2,05	OK
	Livello Q500 (m s.l.m.)	457,20	4,03	0,83	1,50	1,91	OK
2	Nome	Ponte Via Pasca	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)	2/3 luce
	Sezione di monte	13					
	Quota intradosso (m s.l.m.)	452,79					
	Livello Q50 (m s.l.m.)	450,55	3,34	0,57	1,50	2,24	
	Livello Q200 (m s.l.m.)	450,72	3,55	0,64	1,50	2,07	
	Livello Q500 (m s.l.m.)	450,82	3,70	0,70	1,50	1,97	
3	Nome	Ponte S. Sebastiano	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)	2/3 luce
	Sezione di monte	3					
	Quota intradosso (m s.l.m.)	437,09					
	Livello Q50 (m s.l.m.)	433,19	3,75	0,72	1,50	3,90	OK
	Livello Q200 (m s.l.m.)	433,37	3,99	0,81	1,50	3,72	OK
	Livello Q500 (m s.l.m.)	433,51	4,13	0,87	1,50	3,58	OK
4	Nome	Ponte Rua Beltrendi	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)	2/3 luce
	Sezione di monte	4					
	Quota intradosso (m s.l.m.)	425,98					
	Livello Q50 (m s.l.m.)	423,98	3,51	0,63	1,50	2,00	OK
	Livello Q200 (m s.l.m.)	424,18	3,38	0,58	1,50	1,80	OK
	Livello Q500 (m s.l.m.)	424,36	3,35	0,57	1,50	1,62	OK
5	Nome	Ponte C.na Arnaudo	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)	2/3 luce
	Sezione di monte	3					
	Quota intradosso (m s.l.m.)	407,37					
	Livello Q50 (m s.l.m.)	405,62	3,90	0,78	1,50	1,75	OK
	Livello Q200 (m s.l.m.)	405,90	4,11	0,86	1,50	1,47	NO
	Livello Q500 (m s.l.m.)	406,07	4,25	0,92	1,50	1,30	NO
6	Nome	Ponte Tetti Boglio	V (m/s)	H cinetica (m)	Franco min (m)	Franco (m)	2/3 luce
	Sezione di monte	3					
	Quota intradosso (m s.l.m.)	403,89					
	Livello Q50 (m s.l.m.)	402,35	3,92	0,78	1,50	1,54	OK
	Livello Q200 (m s.l.m.)	402,89	4,19	0,89	1,50	1,00	NO
	Livello Q500 (m s.l.m.)	403,14	4,37	0,97	1,50	0,75	NO

Tabella 2: Parametri caratteristici per la verifica di compatibilità idraulica dei ponti sul T. Bronda

La maggior parte dei ponti soddisfa la norma imposta dalla direttiva citata (e l'aggiornamento del franco delle NTC2018). Sul T. Bronda solamente sui due ponti posti più a valle, il ponte in prossimità dei Cascina Arnaudo ed il ponte in località Tetti Boglio, non viene verificato il franco di 1,5 m con le piene con TR 200 e 500 anni. Entrambi i ponti sono ad arco (come visibile dalla

documentazione fotografica allegata) e, anche se non verificati idraulicamente, non creano alcun rigurgito a monte e permettono il passaggio dell'acqua attraverso le rispettive luci, senza essere sommersi dall'onda di piena; le piene di riferimento vengono contenute interamente nelle sponde dell'alveo.

Il ponte sul C.le Rocchierosa è di tipo misto, con un vecchio ponte arco nella parte centrale che è stato successivamente allargata con delle travi. Non risulta verificato idraulicamente con nessuna portata portata di piena considerata, avendo un franco che varia da 1,02 m in caso di portata con TR 50 anni a 0,68 m in caso di portata con TR 500 anni. Come per i due ponti sul T. Bronda sopra descritti, questa infrastruttura non crea alcun rigurgito a monte e consente il passaggio dell'intera portata di piena all'interno della propria luce.

6 OSSERVAZIONI SUI RII MINORI

Per quanto riguarda l'impluvio situato nei pressi del cimitero (senza nome sulla CTR) si osserva che il bacino estremamente contenuto (0,05 km²) dà origine a portate di piena inferiori ad 1 m³/s che possono essere agevolmente smaltite dall'alveo inciso e mediante la tubazione in cemento di 80 cm di diametro che passa sotto l'area del cimitero e convoglia la portata direttamente nel T. Bronda, sulla sua sponda destra.

Per la verifica della tubazione esistente è stata utilizzata la formula di Chezy, valida per correnti a pelo libero in moto uniforme:

$$Q = A \times c \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

dove:

A: sezione bagnata (m²);

c: coefficiente di scabrezza del tubo (m^{1/3}/s);

R: raggio idraulico (m);

i : pendenza del tubo.

Utilizzando un coefficiente di scabrezza pari a 75 m^{1/3}/s (valore valido per tubi in cemento non perfettamente liscio) e nota la pendenza dello stesso pari al 4%, si ottiene che la portata con TR200 anni viene trasportata con un'altezza d'acqua di 32 cm (percentuale di riempimento del tubo pari al 40%), mentre la portata con TR500 anni con un'altezza d'acqua di 34 cm (percentuale di

riempimento del tubo pari a 42%).

Pertanto la tubazione esistente risulta pienamente verificata.

La tubazione tuttavia, visto il suo diametro ridotto, potrebbe essere soggetta a situazione di rischio per effetto di ostruzione ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena o di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido.

Il Rio Traversere, alla sezione in esame, drena un bacino di dimensioni decisamente superiori (1,55 km²) che contribuisce alla formazione di portate di piena comprese tra 10 e 16 m³/s a seconda del tempo di ritorno considerato, che non danno luogo ad esondazioni. L'attraversamento di Via Chiabrera avviene tramite una tubazione in acciaio ondulato del diametro di 1,50 m, della lunghezza di 11 m e dotata di una pendenza del 9%.

Come per la tubazione presente nei pressi del cimitero la verifica viene effettuata con la formula di Chezy.

Considerando un coefficiente di scabrezza di 55 m^{1/3}/s, si ottiene che la portata con TR200 anni viene trasportata con un'altezza d'acqua di 1,18 m (percentuale di riempimento del tubo pari al 79%), mentre la portata con TR500 anni con un'altezza d'acqua di 1,37 m (percentuale di riempimento del tubo pari al 92%).

Pertanto la tubazione esistente risulta verificata, anche se con un franco ridotto. Come per il rio sopra analizzato la tubazione, visto il diametro e la presenza di vegetazione a monte dell'attraversamento, potrebbe essere soggetta a situazione di rischio per effetto di ostruzione ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena (tronchi e parti di essi).

Tubazione Via Chiabrera su Rio Traversere
Verificata con Q500, con 23 cm di franco

Tubazione Cimitero su Rio S.N.
Verificata con Q500, con oltre 40 cm di franco

Tabella 3: Parametri caratteristici per la verifica di compatibilità idraulica delle tubazioni sui Rii minori

7 CONSIDERAZIONI FINALI

La situazione di rischio idraulico all'interno del Comune di Brondello è limitata. Il Torrente Bronda ha un alveo inciso parecchio incassato, con muri di sponda e scogliere in massi lungo la maggior parte del suo tracciato ed in particolare a ridosso del centro abitato ed a fianco della Strada Provinciale nei tratti in cui lo costeggia.

I rii laterali drenano bacini ridotti ed anch'essi hanno alvei incisi approfonditi.

Non si rilevano dunque aree di esondazione e le portate di piena considerate vengono contenute all'interno dei rispettivi alvei incisi.

Sul T. Bronda sono inoltre presenti numerosi ponti che risultano per la maggior parte idraulicamente verificati, mentre quelli non verificati non creano rigurgiti o esondazioni e permettono il libero deflusso della piena nelle loro luci libere.

In allegato alla presente relazione, oltre alla planimetrie in scala 1:5.000 dell'area in esame, per ogni corso d'acqua verificato sono riportati:

- i profili del pelo libero per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni;
- le tabelle contenenti i parametri caratteristici nelle diverse sezioni (velocità, altezza, etc.);
- la rappresentazione grafica di ogni sezione, con indicati i livelli di piena corrispondenti alle portate relative ai diversi tempi di ritorno;
- una documentazione fotografica dei ponti e degli attraversamenti.

8 ALLEGATI

8.1 Planimetria con sezioni del modello idraulico

8.2 Profili, sezioni e tabelle della simulazione idraulica con portate con TR 50, 200 e 500 anni

8.3 Documentazione fotografica

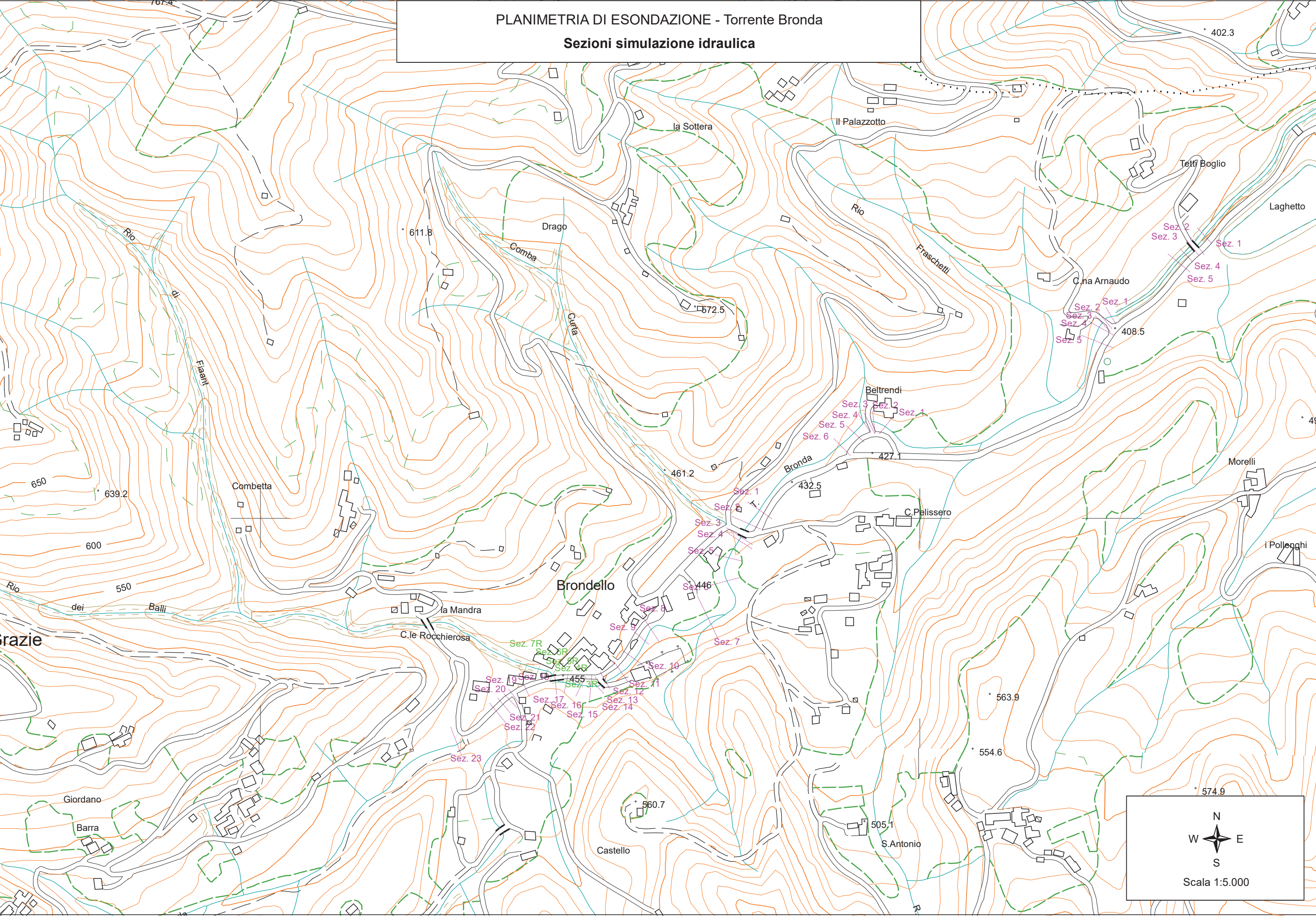
8.4 Schede SICOD

ALLEGATI

**PLANIMETRIA CON SEZIONI
DEL MODELLO IDRAULICO
Scala 1:5.000**

PLANIMETRIA DI ESONDAZIONE - Torrente Bronda

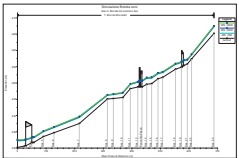
Sezioni simulazione idraulica

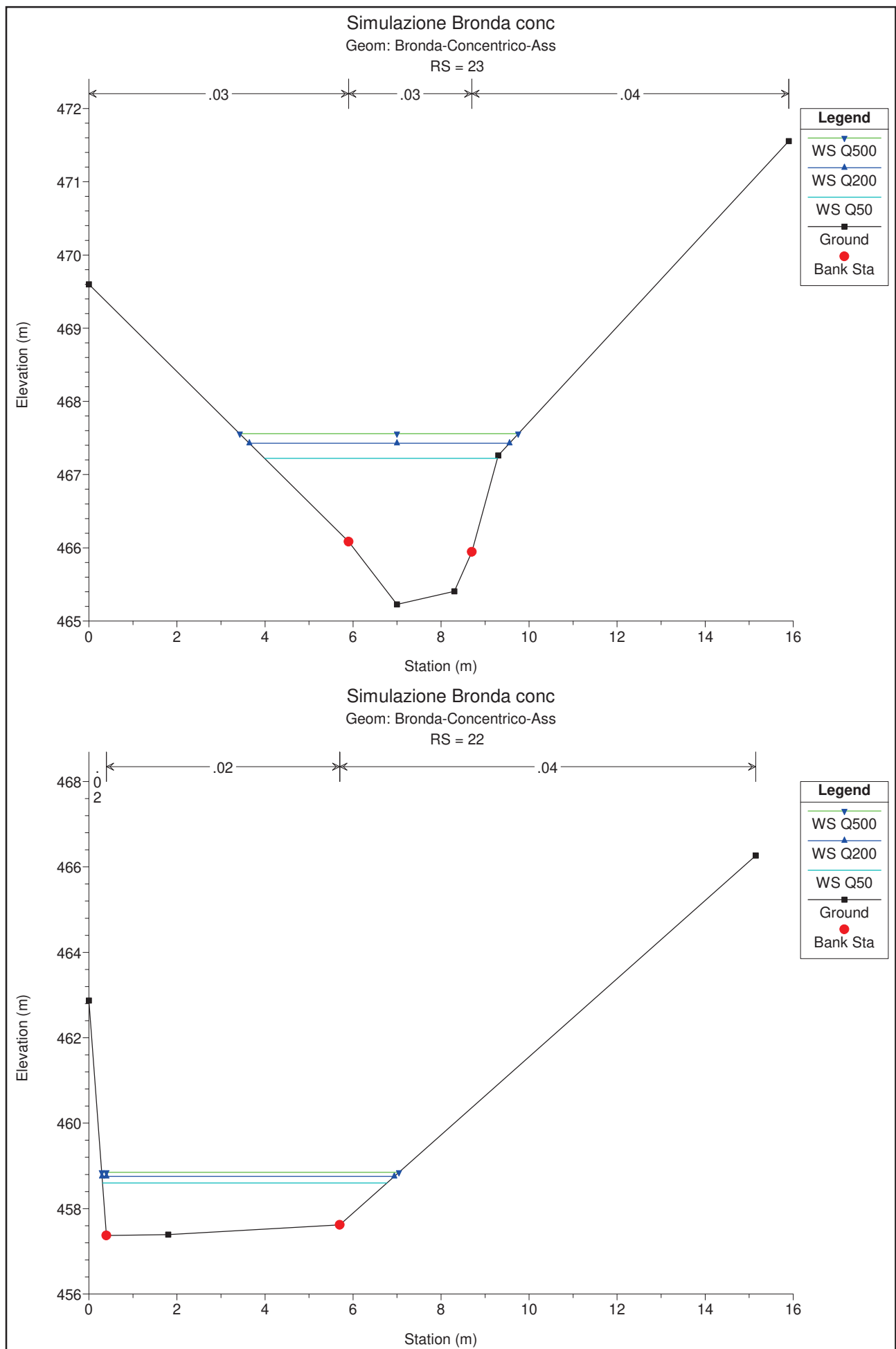


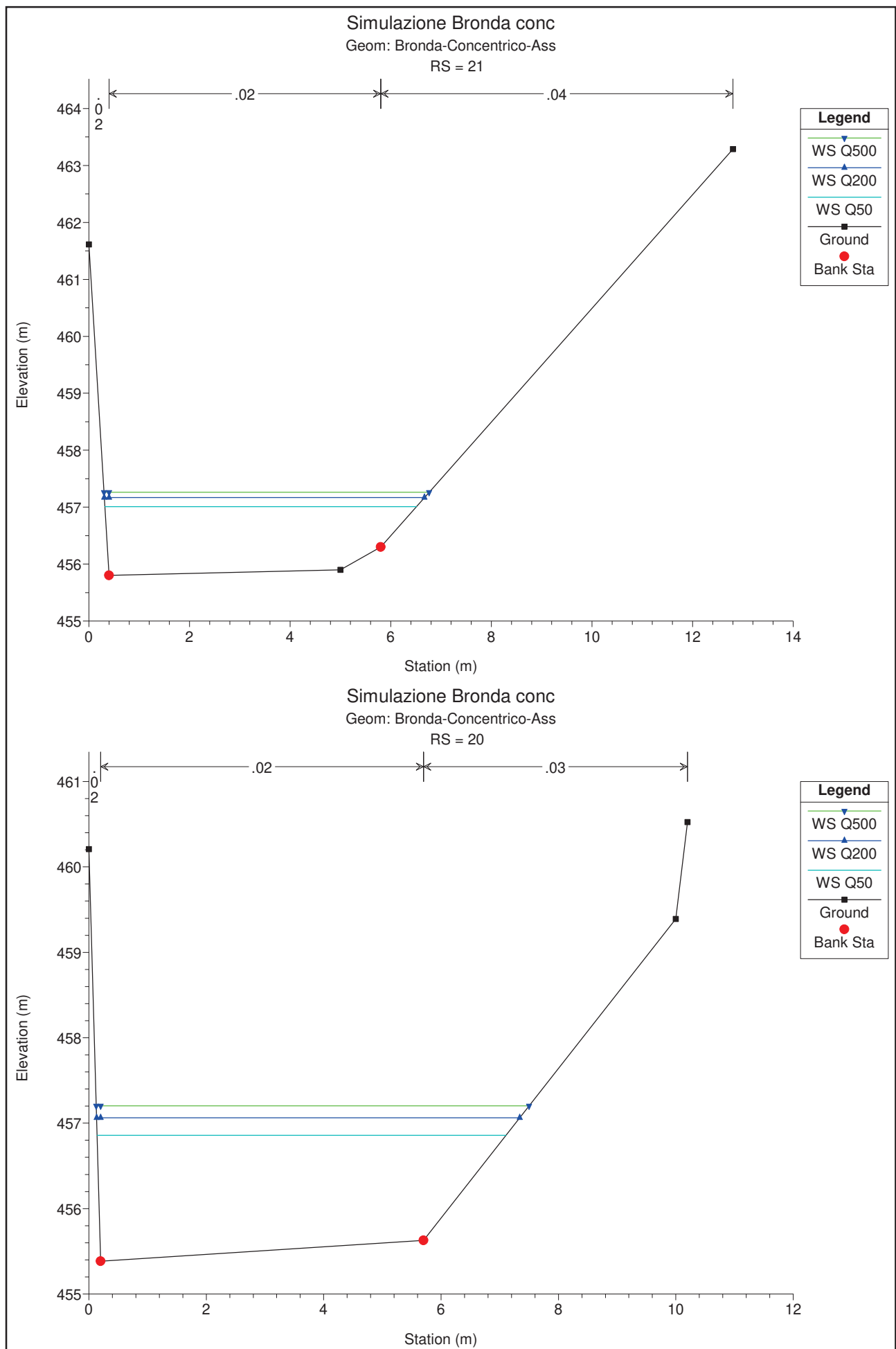
SIMULAZIONE IDRAULICA

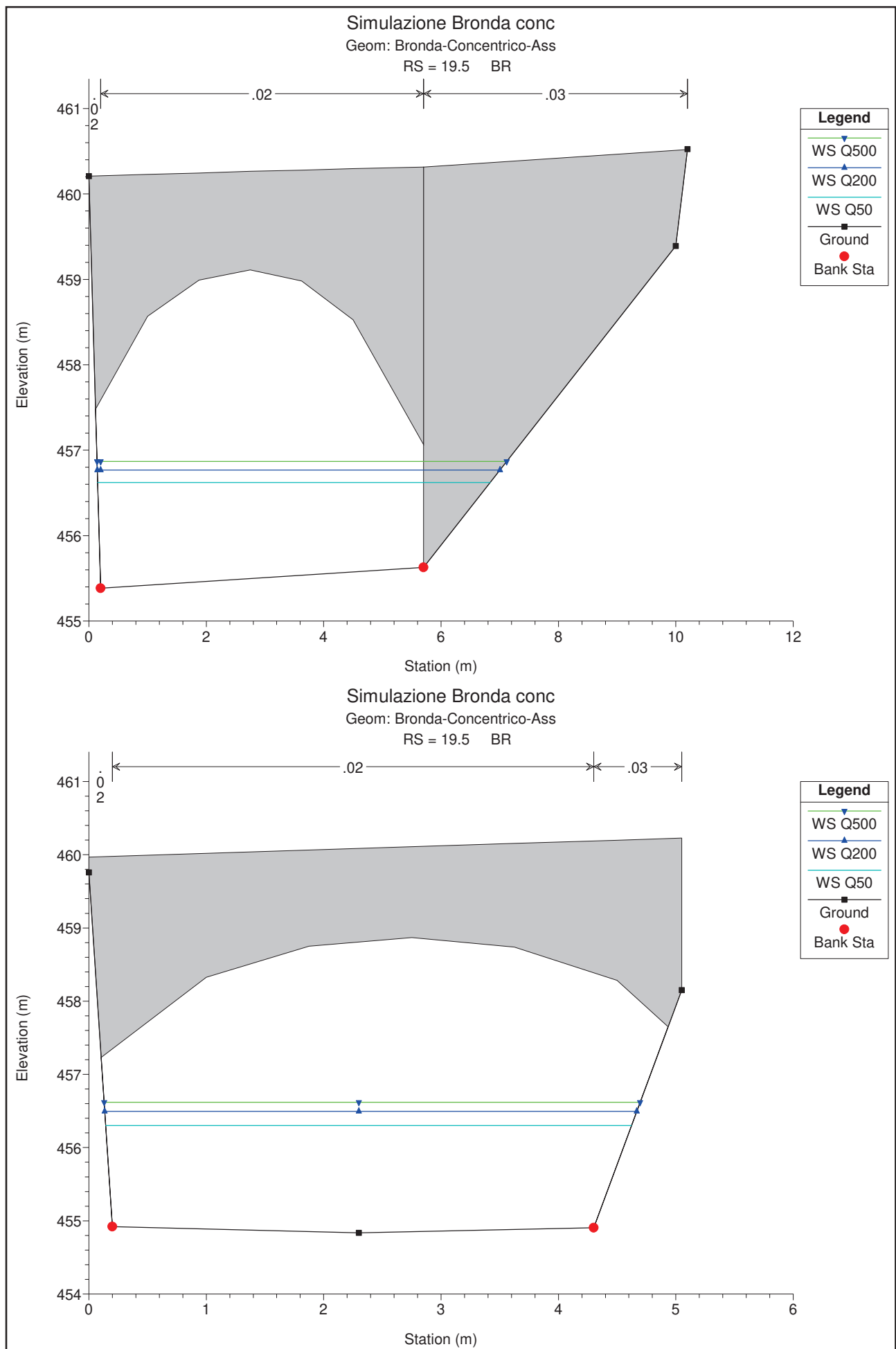
Profili, sezioni e tabelle

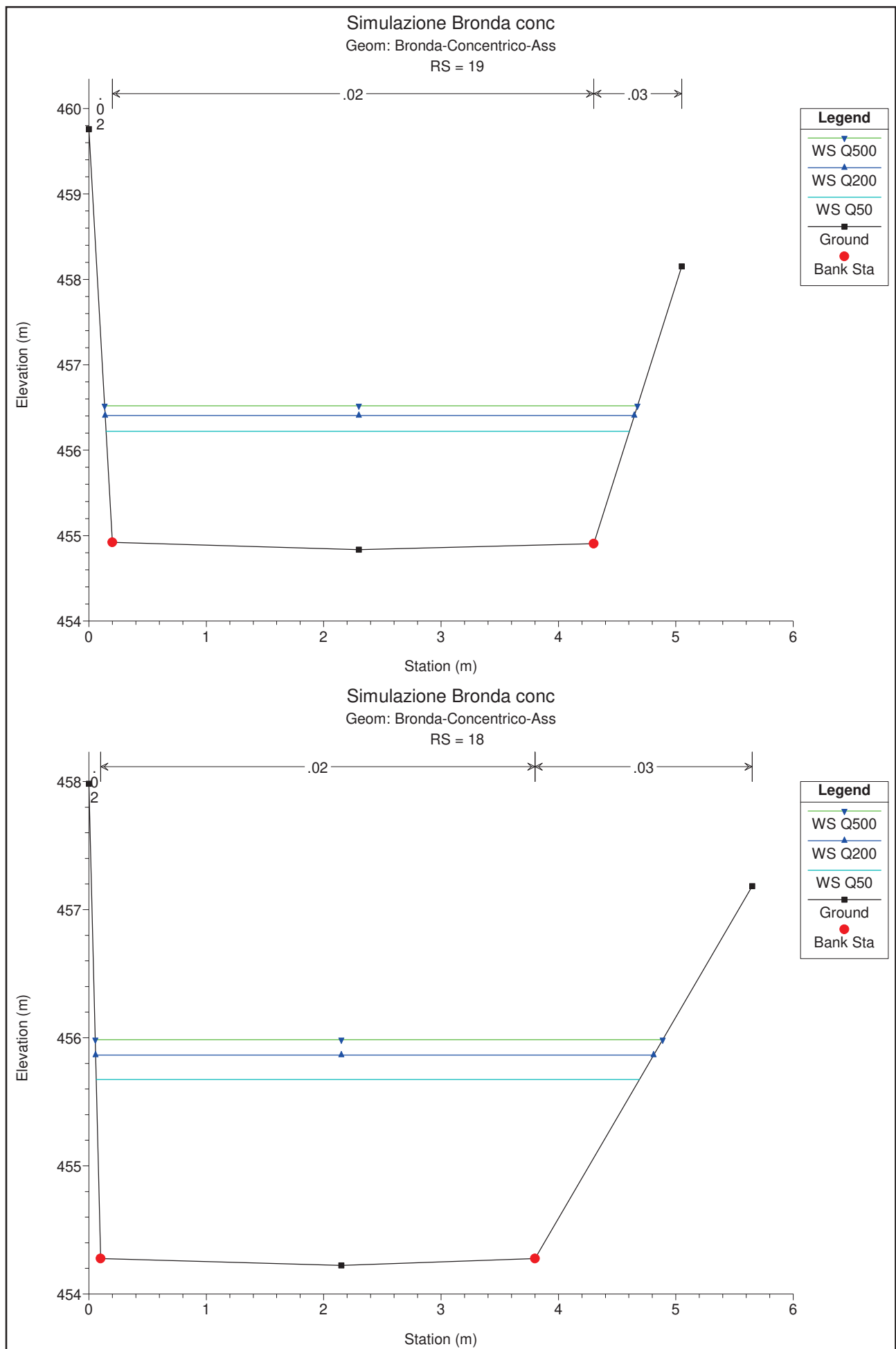
Torrente Bronda

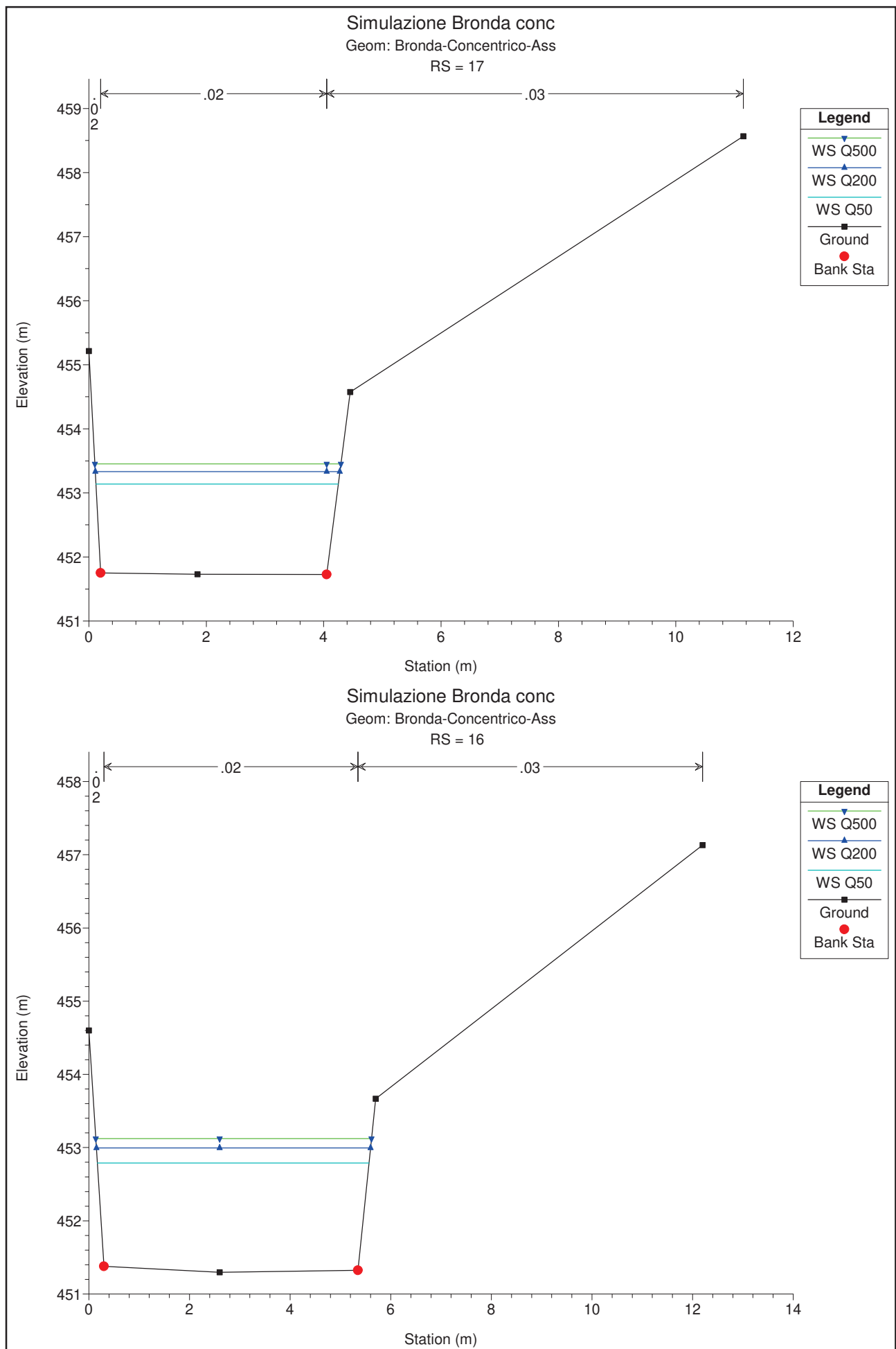


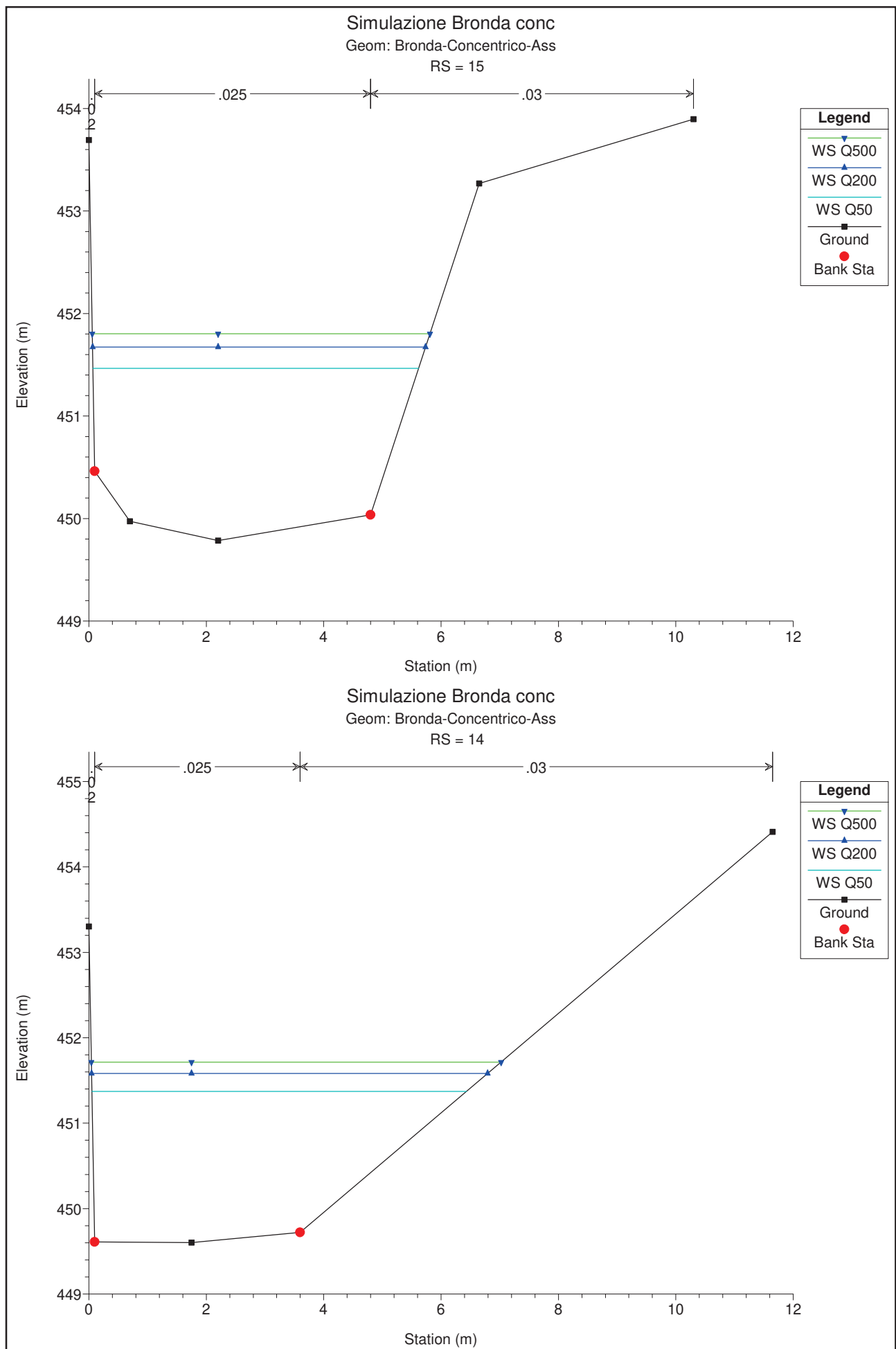


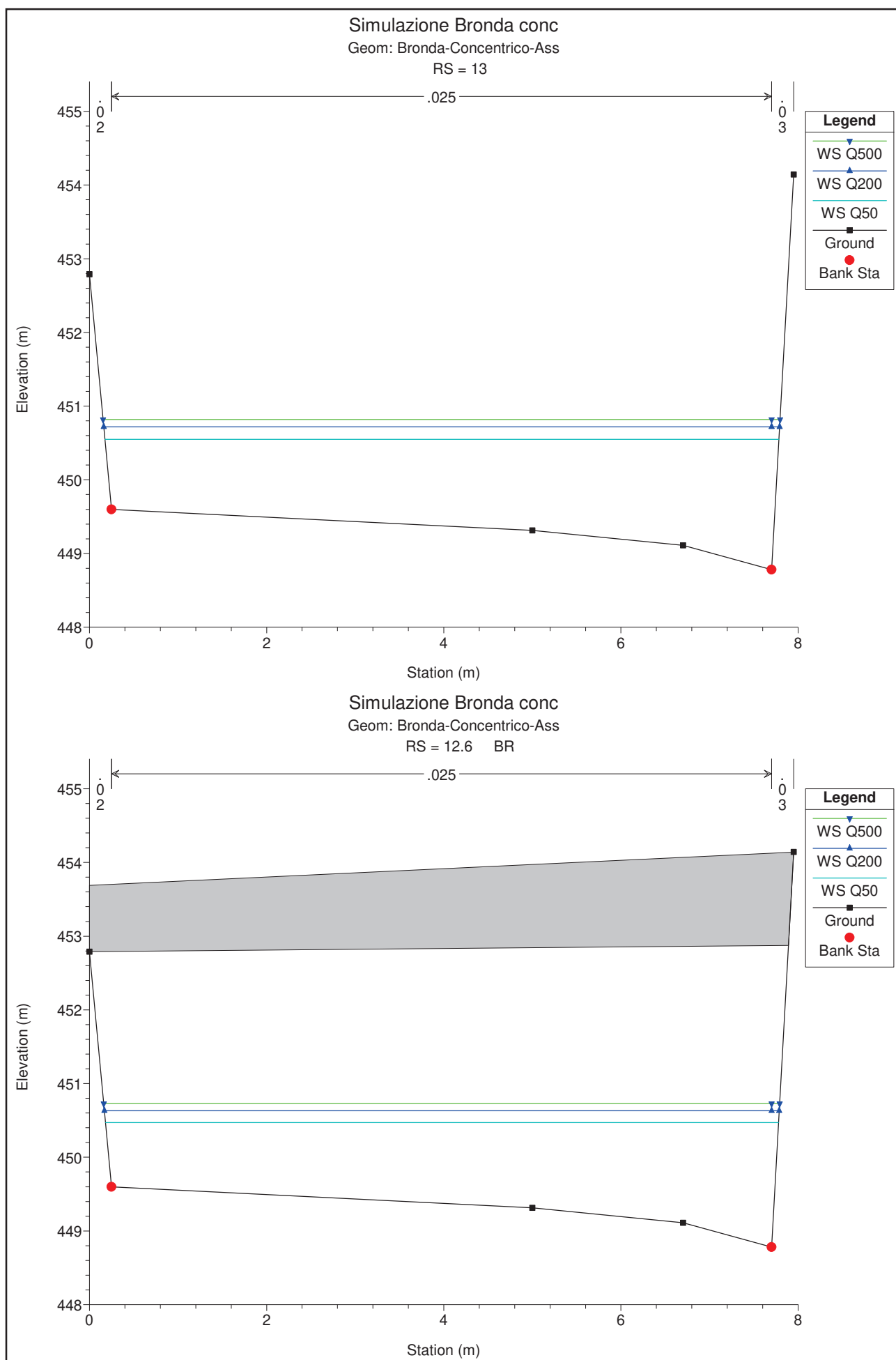


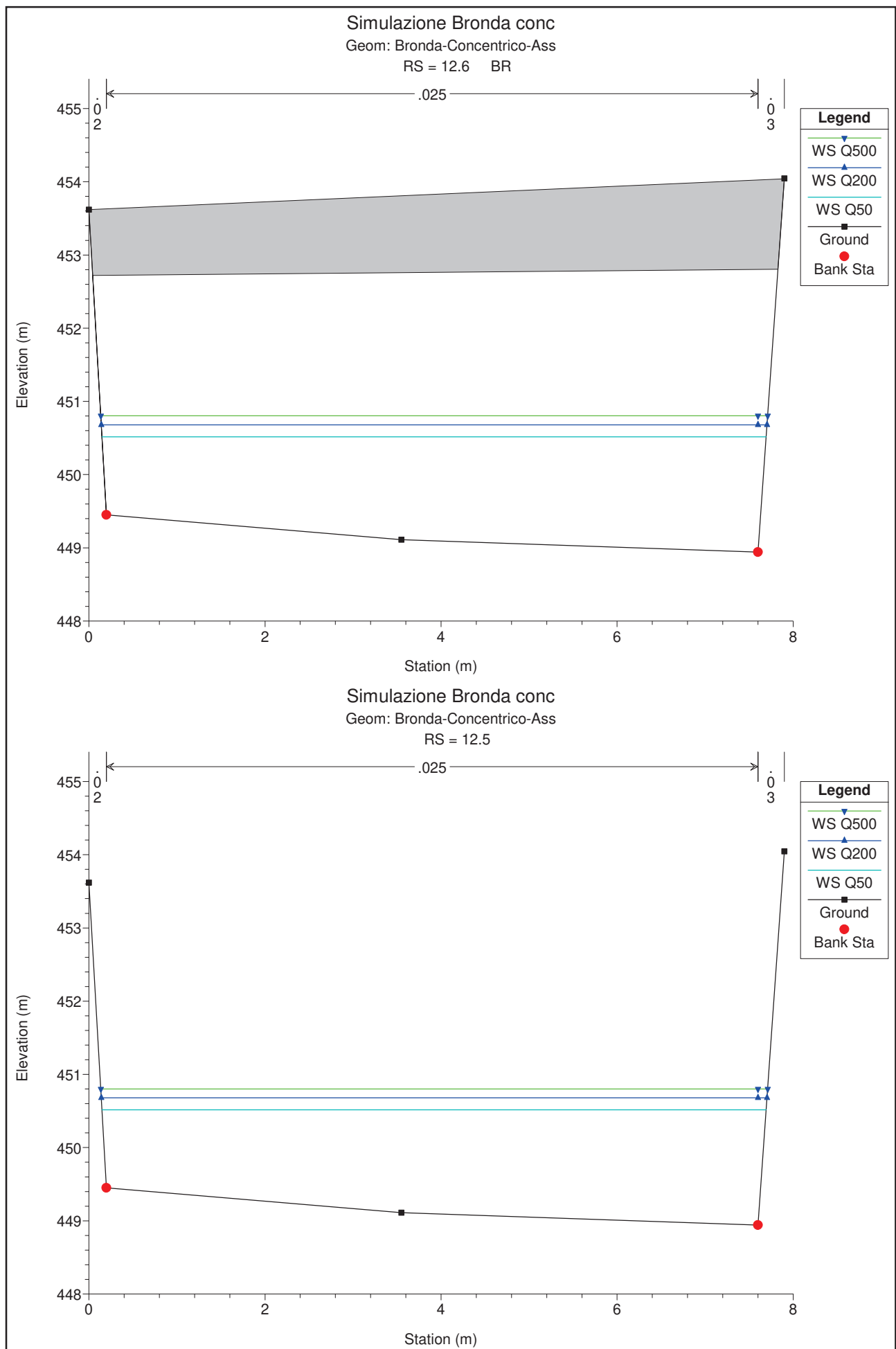


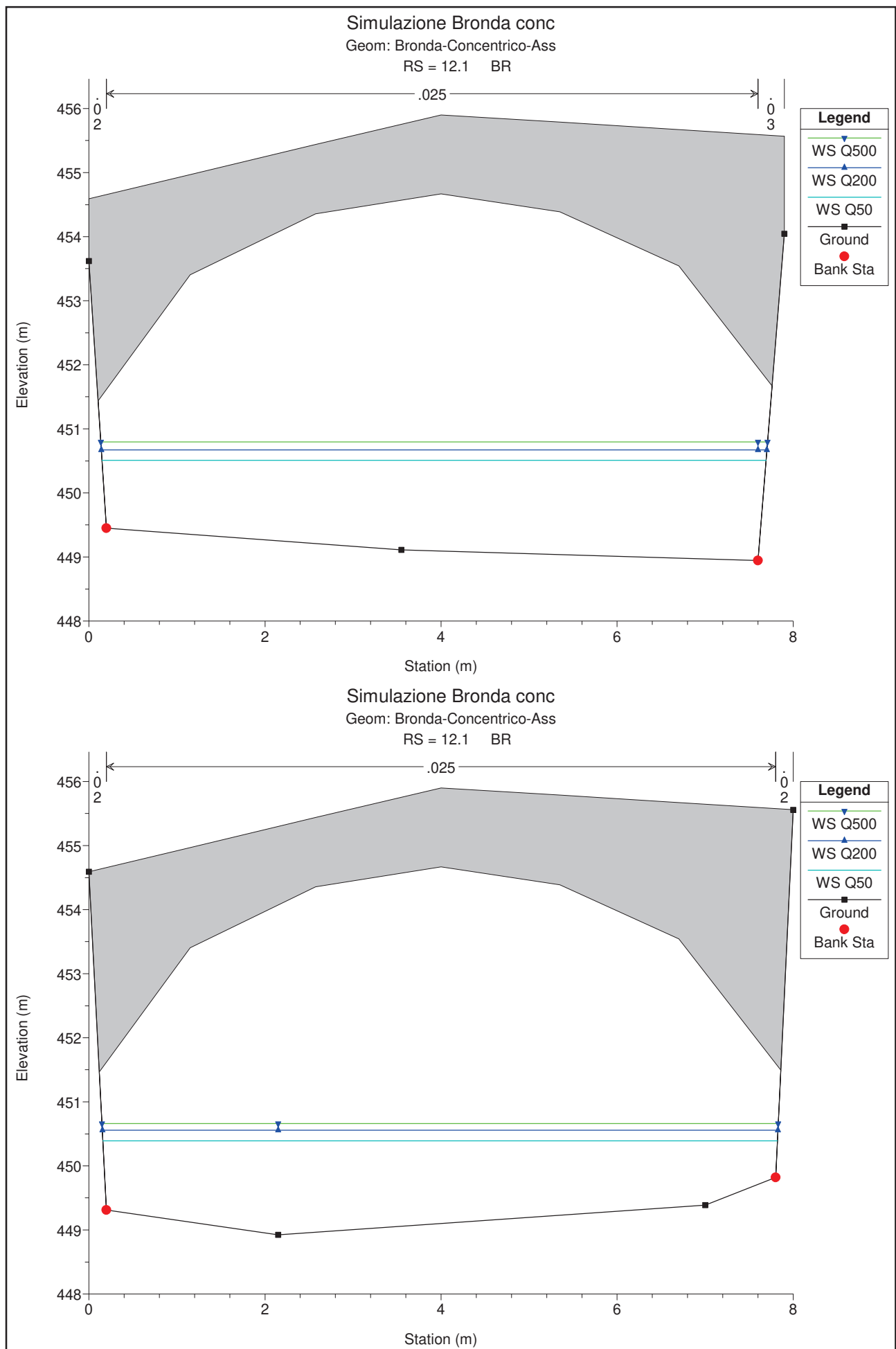


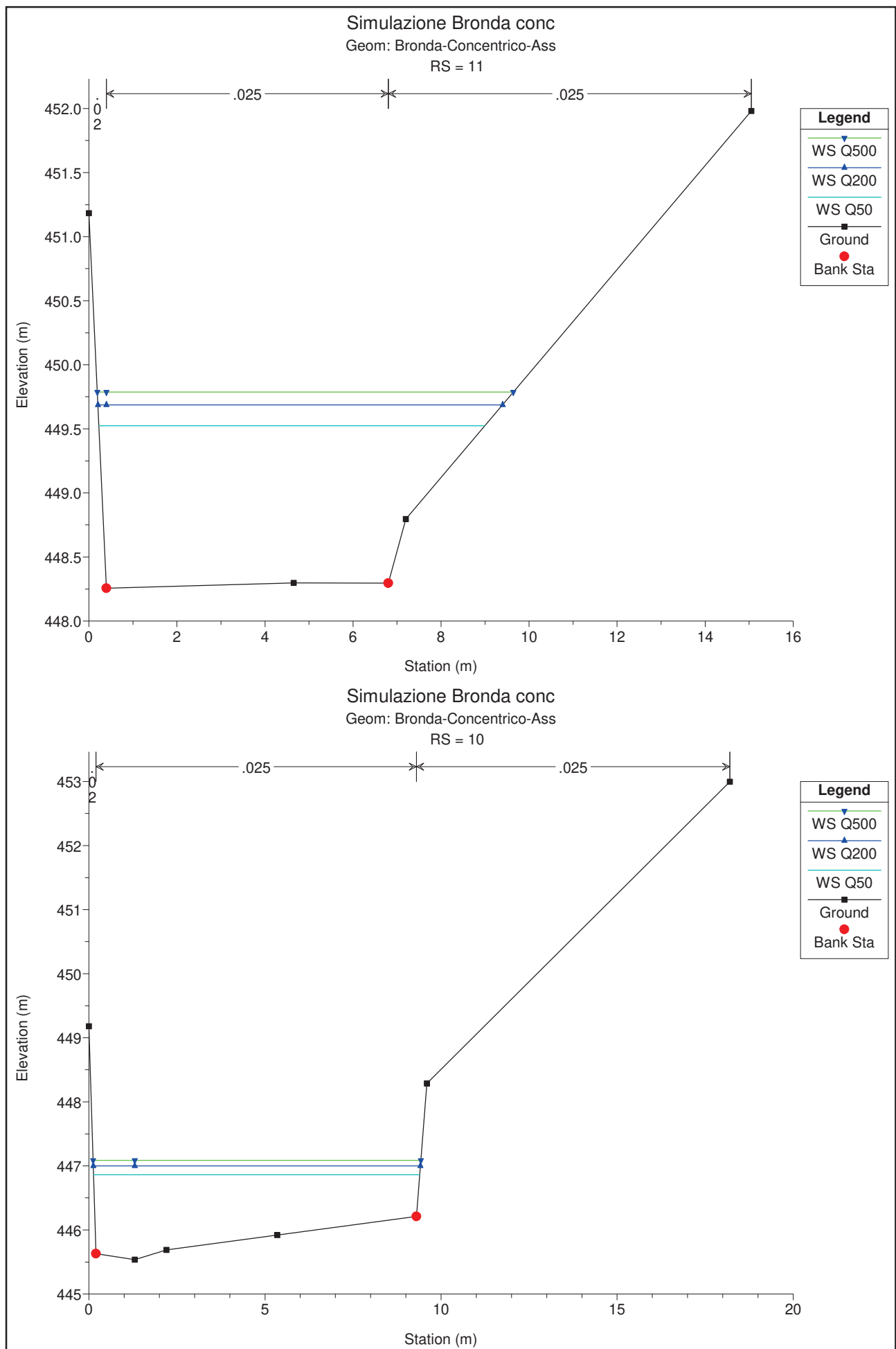


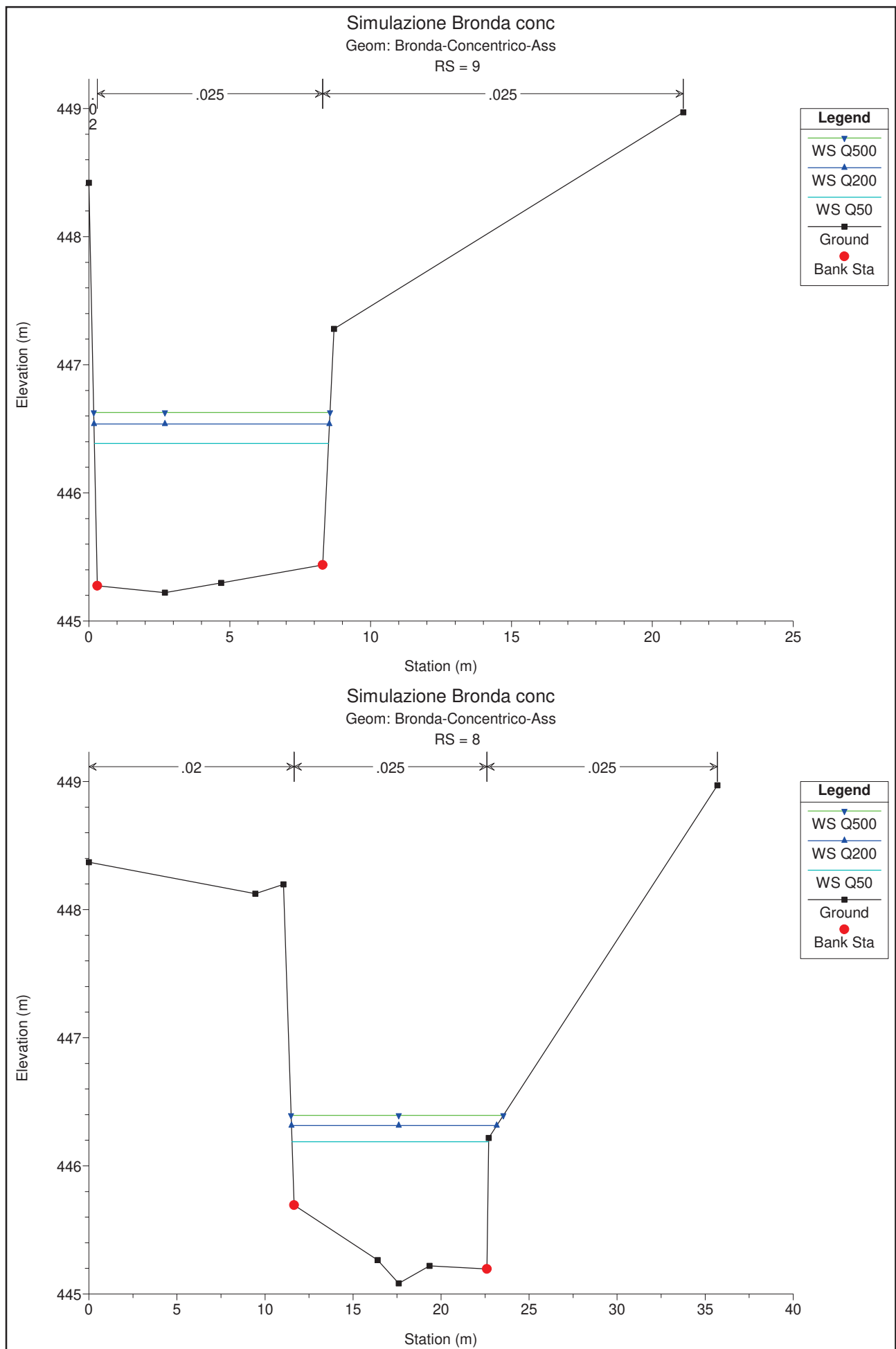


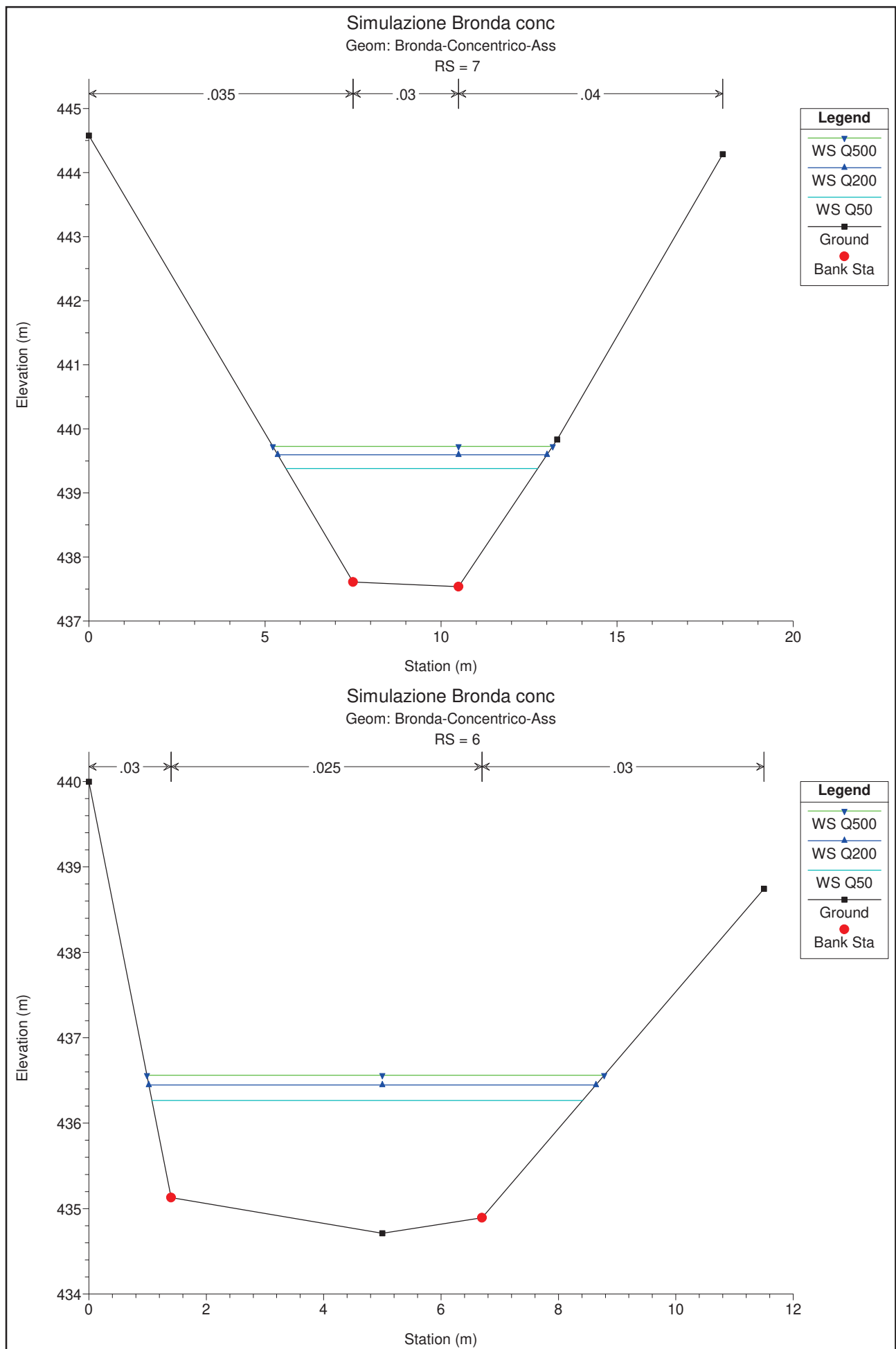


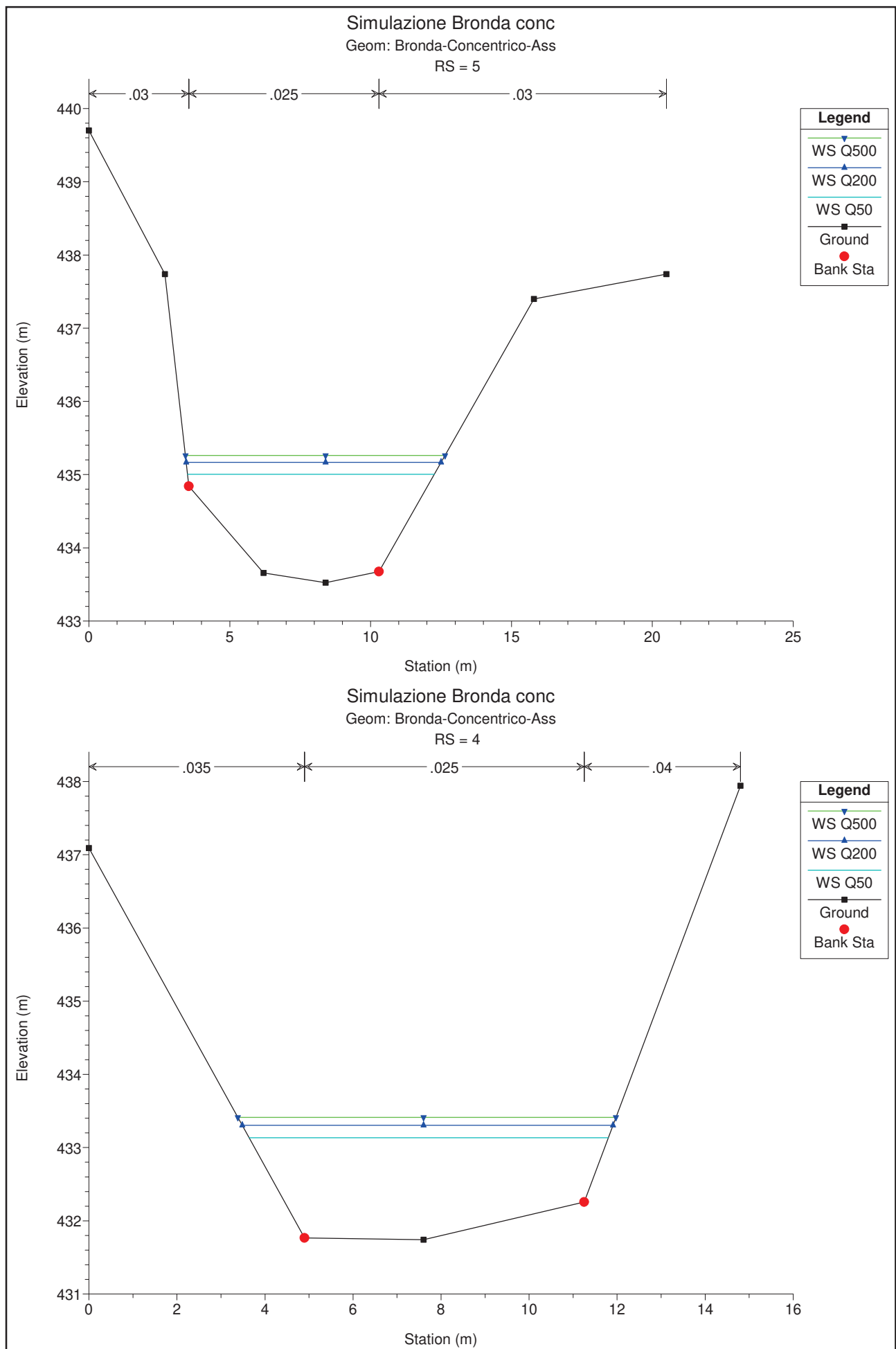


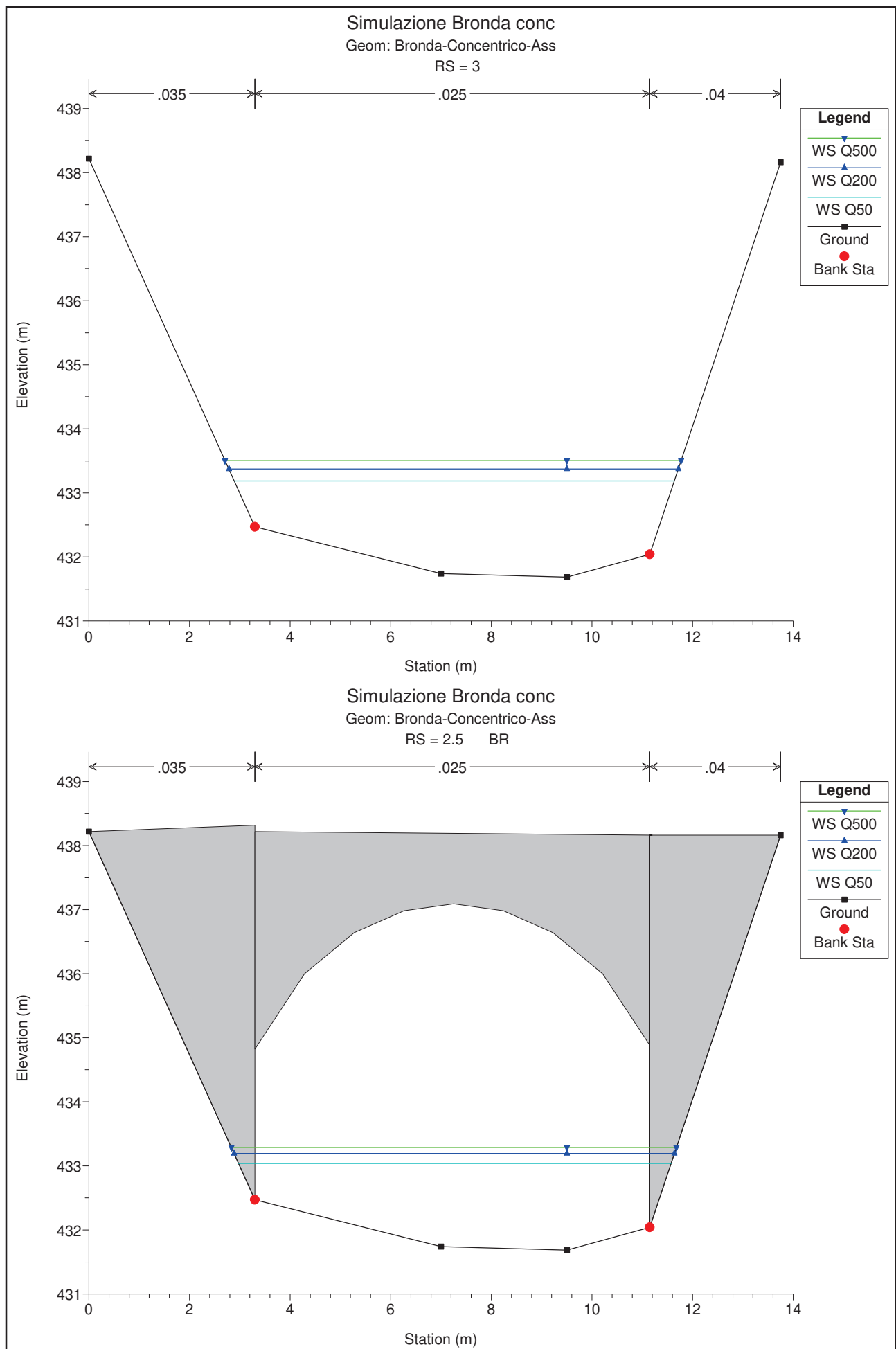


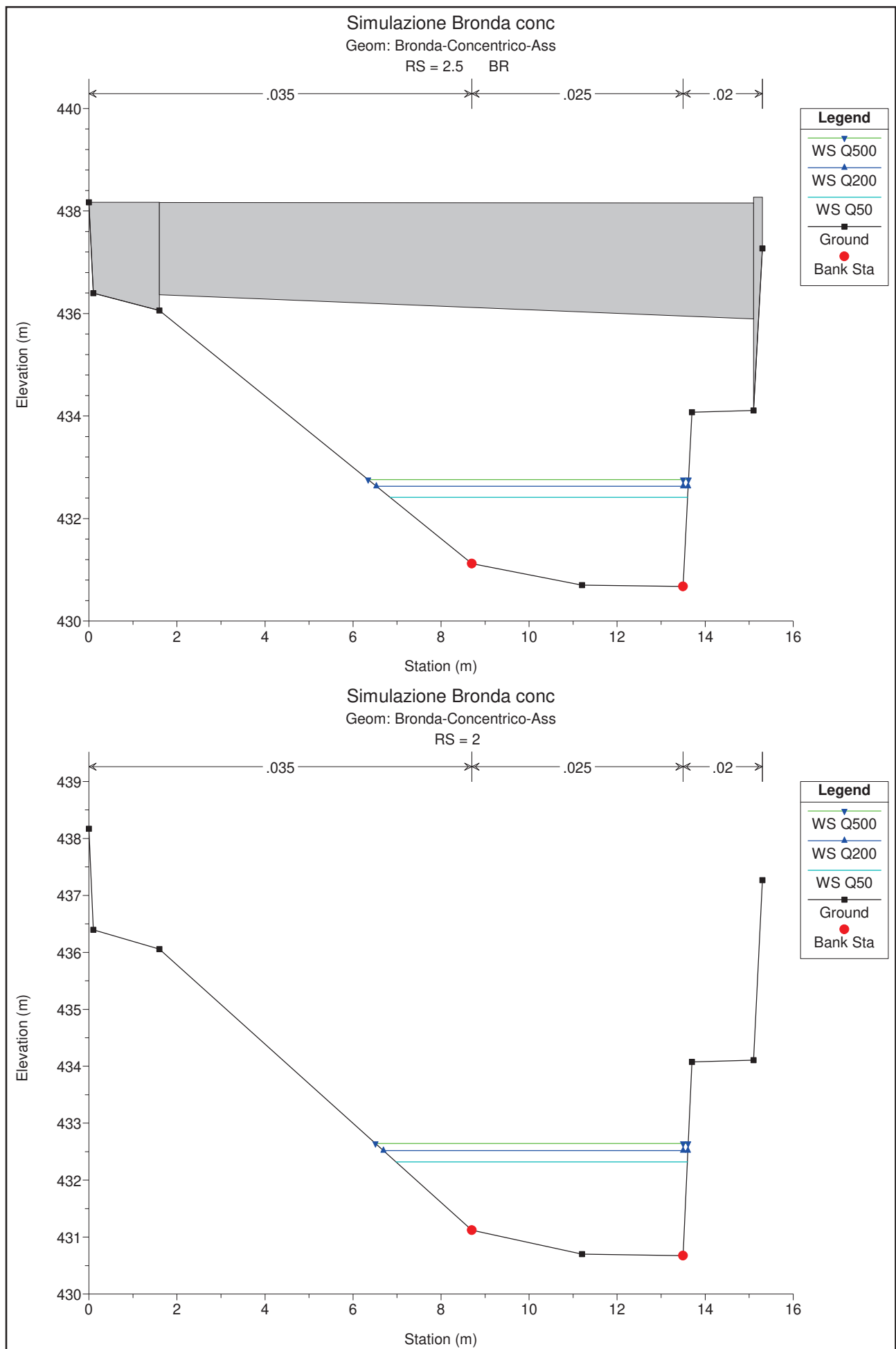




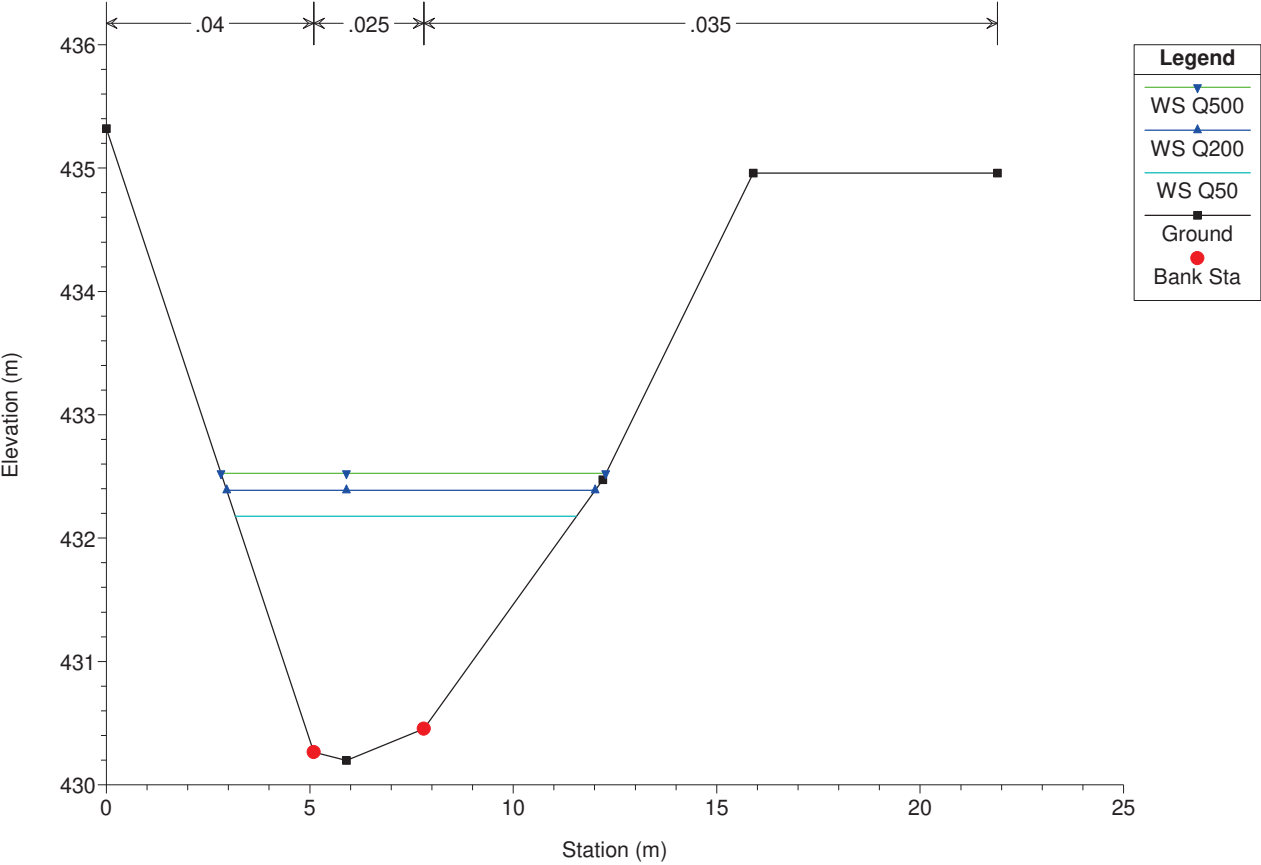








Simulazione Bronda conc
Geom: Bronda-Concentrico-Ass
RS = 1

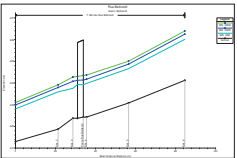


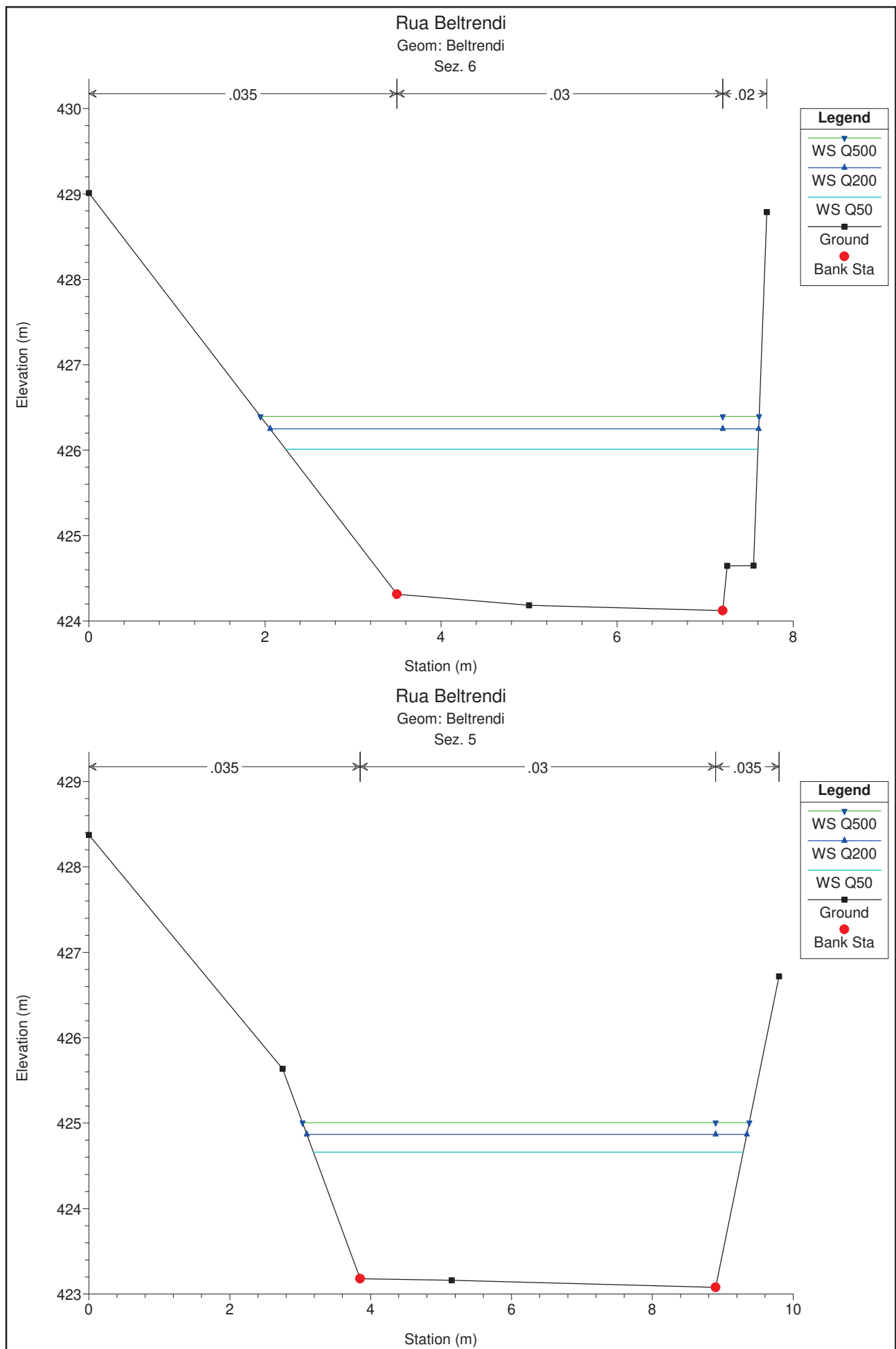
HEC-RAS Plan: Pien River: T. Bronda Reach: Brondello

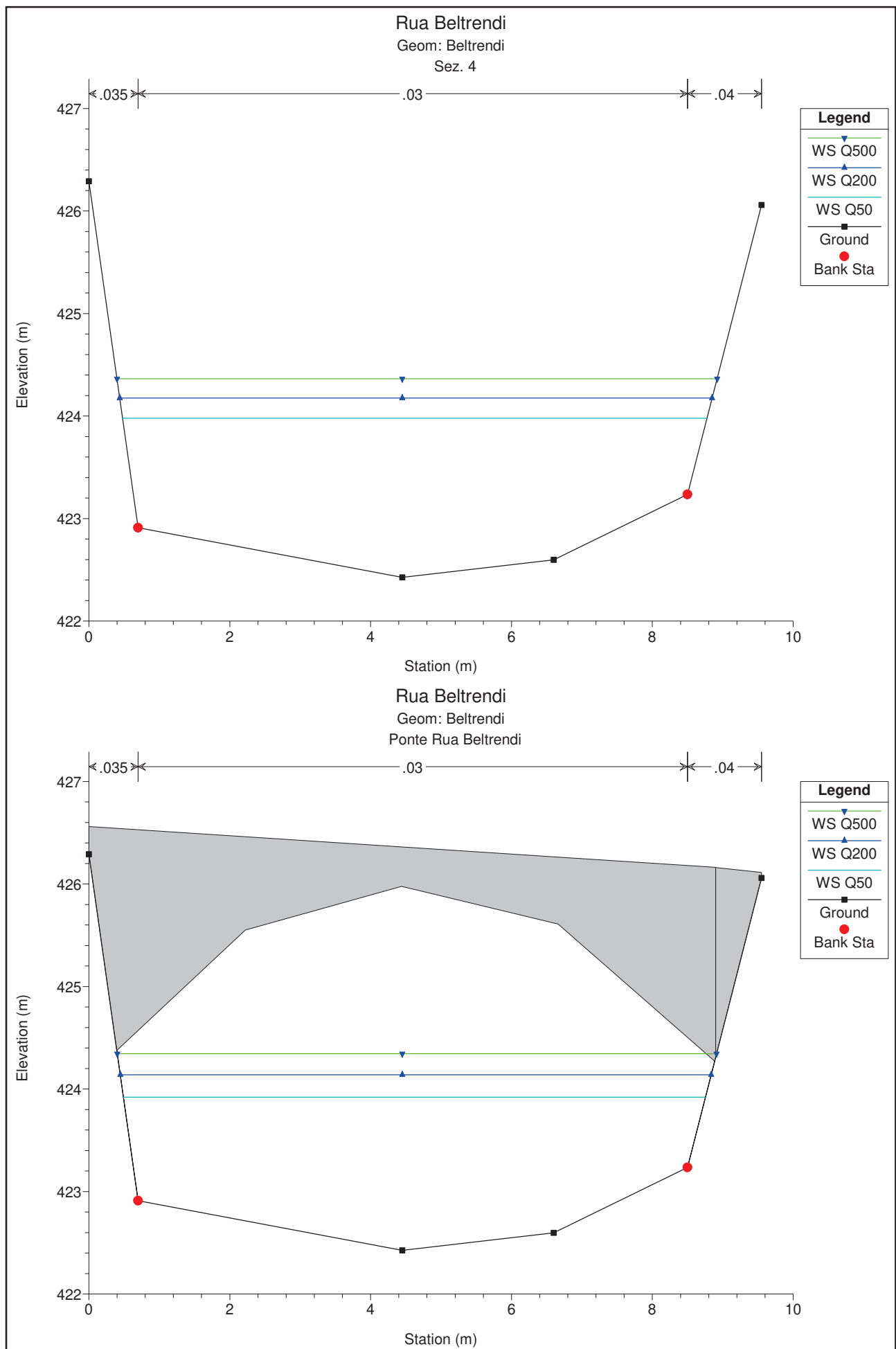
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Brondello	23	Q50	20.23	465.23	467.22	467.22	467.86	0.007764	3.72	6.27	5.29	0.91
Brondello	23	Q200	24.57	465.23	467.43	467.43	468.12	0.007349	3.91	7.43	5.91	0.90
Brondello	23	Q500	27.42	465.23	467.56	467.56	468.27	0.007070	4.00	8.22	6.33	0.89
Brondello	22	Q50	20.23	457.37	458.60	458.60	459.15	0.003735	3.31	6.56	6.46	0.99
Brondello	22	Q200	24.57	457.37	458.75	458.75	459.37	0.003579	3.53	7.57	6.64	0.99
Brondello	22	Q500	27.42	457.37	458.85	458.85	459.51	0.003492	3.65	8.20	6.75	0.99
Brondello	21	Q50	20.23	455.80	457.01	457.01	457.56	0.003837	3.31	6.37	6.20	1.00
Brondello	21	Q200	24.57	455.80	457.17	457.17	457.79	0.003630	3.51	7.36	6.36	0.99
Brondello	21	Q500	27.42	455.80	457.26	457.26	457.93	0.003560	3.65	7.96	6.46	0.99
Brondello	20	Q50	20.23	455.38	456.86	456.86	457.20	0.001837	2.62	8.35	6.97	0.72
Brondello	20	Q200	24.57	455.38	457.06	456.75	457.43	0.001672	2.74	9.80	7.21	0.70
Brondello	20	Q500	27.42	455.38	457.20	456.84	457.58	0.001547	2.80	10.82	7.38	0.69
Brondello	19.5		Bridge									
Brondello	19	Q50	20.23	454.84	456.22	456.22	456.89	0.003572	3.64	5.76	4.46	1.00
Brondello	19	Q200	24.57	454.84	456.40	456.40	457.17	0.003432	3.89	6.58	4.51	1.00
Brondello	19	Q500	27.42	454.84	456.52	456.52	457.34	0.003351	4.03	7.10	4.54	1.00
Brondello	18	Q50	20.23	454.22	455.67	455.67	456.36	0.003451	3.72	5.92	4.63	0.99
Brondello	18	Q200	24.57	454.22	455.86	455.86	456.64	0.003323	3.97	6.81	4.75	1.00
Brondello	18	Q500	27.42	454.22	455.99	455.99	456.81	0.003239	4.11	7.39	4.83	1.00
Brondello	17	Q50	20.23	451.73	453.14	453.14	453.84	0.003528	3.73	5.60	4.13	1.00
Brondello	17	Q200	24.57	451.73	453.33	453.33	454.13	0.003382	3.98	6.41	4.17	1.00
Brondello	17	Q500	27.42	451.73	453.45	453.45	454.32	0.003308	4.13	6.91	4.19	1.00
Brondello	16	Q50	28.38	451.30	452.79	452.79	453.53	0.003490	3.81	7.66	5.40	1.00
Brondello	16	Q200	34.49	451.30	453.00	453.00	453.83	0.003327	4.06	8.78	5.45	1.00
Brondello	16	Q500	38.51	451.30	453.12	453.12	454.02	0.003253	4.22	9.47	5.48	1.00
Brondello	15	Q50	28.38	449.78	451.47	451.47	452.20	0.005583	3.85	7.77	5.55	1.00
Brondello	15	Q200	34.49	449.78	451.67	451.67	452.51	0.005354	4.11	8.93	5.67	1.00
Brondello	15	Q500	38.51	449.78	451.80	451.80	452.70	0.005211	4.25	9.68	5.75	0.99
Brondello	14	Q50	28.38	449.60	451.37	451.37	452.08	0.004713	3.96	8.46	6.38	0.96
Brondello	14	Q200	34.49	449.60	451.58	451.58	452.37	0.004567	4.21	9.84	6.75	0.96
Brondello	14	Q500	38.51	449.60	451.71	451.71	452.54	0.004456	4.35	10.75	6.98	0.96
Brondello	13	Q50	28.38	448.78	450.55	450.46	451.05	0.004754	3.12	9.18	7.61	0.90
Brondello	13	Q200	34.49	448.78	450.72	450.62	451.28	0.004555	3.33	10.47	7.63	0.90
Brondello	13	Q500	38.51	448.78	450.82	450.72	451.43	0.004481	3.47	11.24	7.64	0.91
Brondello	12.6		Bridge									
Brondello	12.5	Q50	28.38	448.94	450.52	450.28	450.91	0.003198	2.79	10.26	7.54	0.76
Brondello	12.5	Q200	34.49	448.94	450.68	450.44	451.15	0.003248	3.03	11.50	7.56	0.78
Brondello	12.5	Q500	38.51	448.94	450.80	450.54	451.30	0.003131	3.13	12.43	7.57	0.78
Brondello	12.1		Bridge									
Brondello	12.05	Q50	28.38	448.93	450.31	450.31	450.88	0.006184	3.34	8.52	7.66	1.01
Brondello	12.05	Q200	34.49	448.93	450.47	450.47	451.11	0.005857	3.55	9.74	7.67	1.00
Brondello	12.05	Q500	38.51	448.93	450.57	450.57	451.26	0.005771	3.70	10.46	7.67	1.01
Brondello	12	Q50	28.38	448.74	450.17	450.17	450.68	0.005695	3.19	9.29	9.59	0.97
Brondello	12	Q200	34.49	448.74	450.32	450.32	450.89	0.005478	3.40	10.69	9.91	0.97
Brondello	12	Q500	38.51	448.74	450.41	450.41	451.01	0.005321	3.51	11.61	10.12	0.97
Brondello	11	Q50	28.38	448.26	449.53	449.53	450.07	0.005267	3.35	9.10	8.77	0.96
Brondello	11	Q200	34.49	448.26	449.69	449.69	450.29	0.005014	3.55	10.56	9.19	0.96
Brondello	11	Q500	38.51	448.26	449.79	449.79	450.43	0.004884	3.67	11.49	9.45	0.96
Brondello	10	Q50	28.38	445.54	446.86	446.86	447.37	0.006295	3.15	9.09	9.26	1.01
Brondello	10	Q200	34.49	445.54	447.00	447.00	447.57	0.006009	3.35	10.37	9.29	1.01
Brondello	10	Q500	38.51	445.54	447.09	447.09	447.70	0.005882	3.48	11.16	9.31	1.01
Brondello	9	Q50	28.38	445.22	446.39	446.39	446.93	0.006035	3.27	8.80	8.31	1.00
Brondello	9	Q200	34.49	445.22	446.54	446.54	447.15	0.005717	3.48	10.08	8.36	1.00
Brondello	9	Q500	38.51	445.22	446.63	446.63	447.29	0.005641	3.62	10.83	8.39	1.00
Brondello	8	Q50	28.38	445.08	446.19	446.19	446.63	0.006540	2.95	9.67	11.17	1.01
Brondello	8	Q200	34.49	445.08	446.31	446.31	446.82	0.006169	3.14	11.10	11.66	1.00
Brondello	8	Q500	38.51	445.08	446.39	446.39	446.93	0.005939	3.24	12.05	12.05	0.99
Brondello	7	Q50	28.65	437.54	439.38	439.38	440.08	0.006880	4.10	9.18	7.15	0.97
Brondello	7	Q200	34.84	437.54	439.59	439.59	440.36	0.006638	4.34	10.77	7.64	0.97
Brondello	7	Q500	38.91	437.54	439.73	439.73	440.53	0.006489	4.48	11.80	7.95	0.97
Brondello	6	Q50	28.65	434.71	436.27	436.27	436.90	0.005382	3.63	8.70	7.34	0.98
Brondello	6	Q200	34.84	434.71	436.45	436.45	437.16	0.005168	3.86	10.06	7.62	0.98
Brondello	6	Q500	38.91	434.71	436.56	436.56	437.32	0.005045	4.00	10.93	7.79	0.98

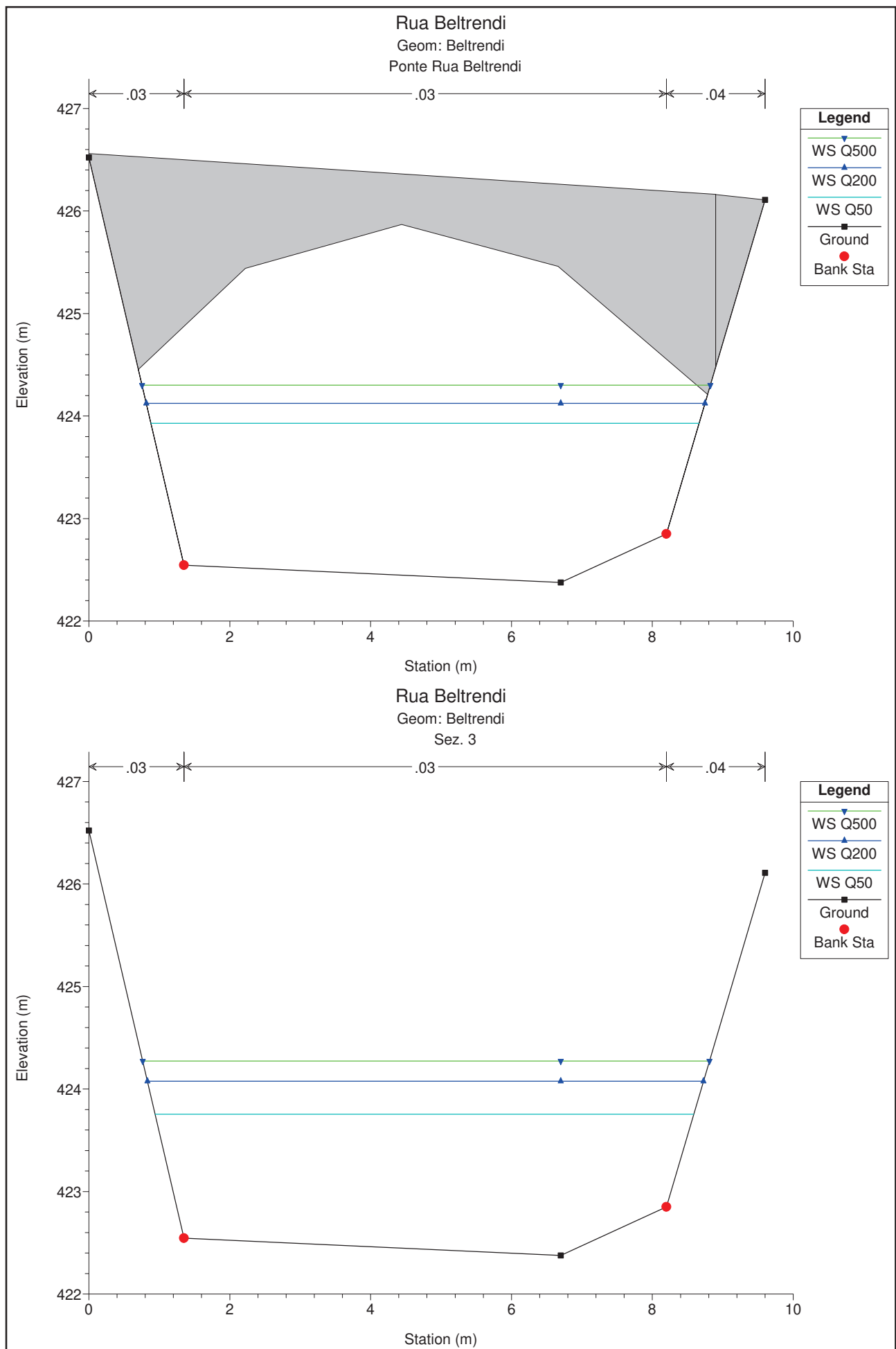
HEC-RAS Plan: Pien River: T. Bronda Reach: Brondello (Continued)

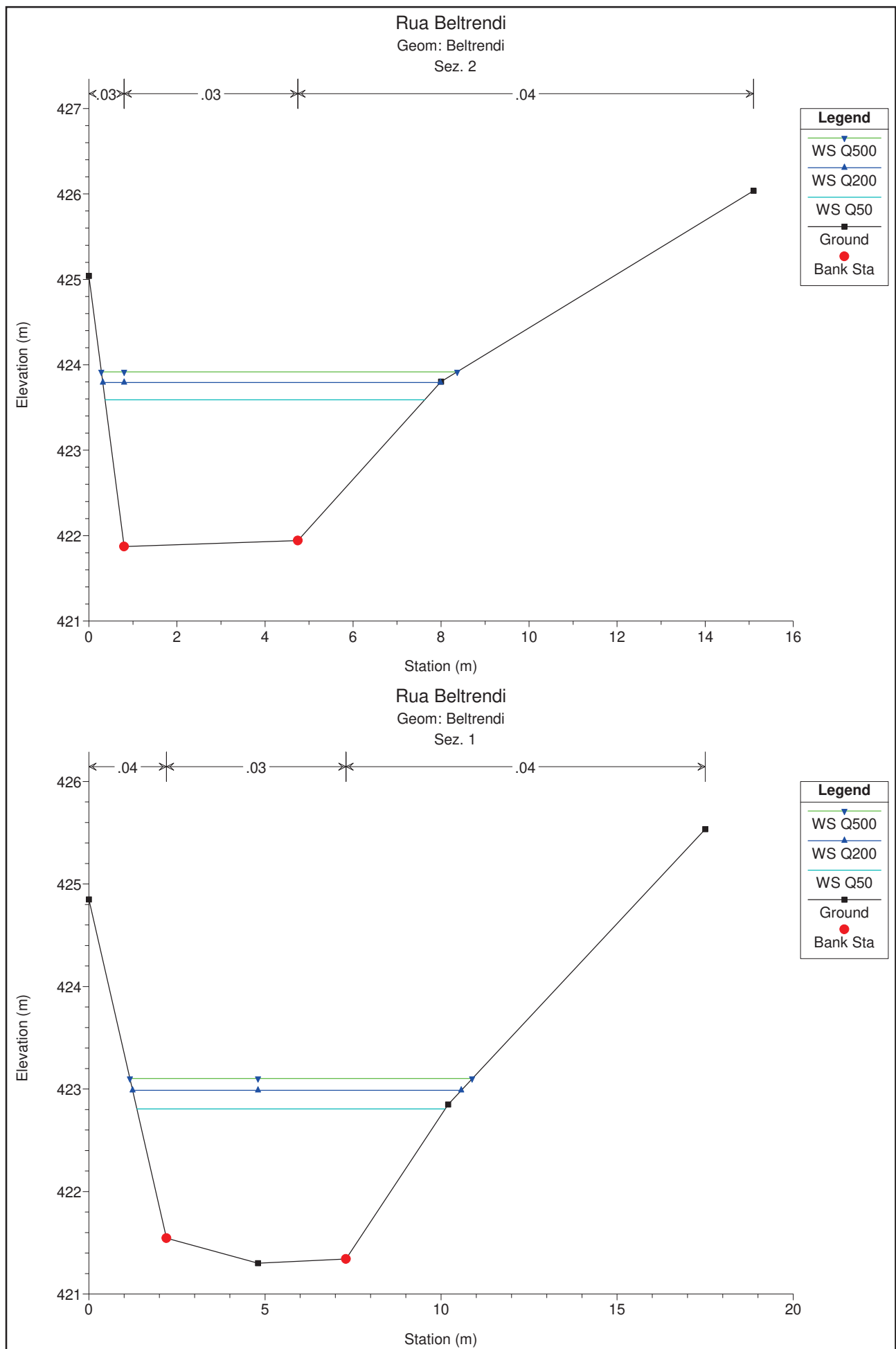
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Brondello	5	Q50	28.65	433.52	435.01	435.01	435.55	0.006210	3.38	9.10	8.76	1.00
Brondello	5	Q200	34.84	433.52	435.17	435.17	435.78	0.005851	3.58	10.54	9.05	1.00
Brondello	5	Q500	38.91	433.52	435.26	435.26	435.92	0.005740	3.71	11.40	9.22	1.00
Brondello	4	Q50	28.65	431.74	433.13	433.13	433.73	0.005730	3.48	8.97	8.16	1.00
Brondello	4	Q200	34.84	431.74	433.31	433.31	433.97	0.005449	3.70	10.38	8.42	0.99
Brondello	4	Q500	38.91	431.74	433.41	433.41	434.12	0.005271	3.82	11.30	8.59	0.99
Brondello	3	Q50	28.65	431.69	433.19	433.03	433.61	0.003893	2.88	10.29	8.75	0.82
Brondello	3	Q200	34.84	431.69	433.37	433.18	433.84	0.003610	3.04	11.94	8.93	0.81
Brondello	3	Q500	38.91	431.69	433.51	433.28	433.99	0.003350	3.11	13.13	9.07	0.79
Brondello	2.5		Bridge									
Brondello	2	Q50	28.65	430.68	432.32	432.32	433.01	0.005095	3.75	8.39	6.62	0.97
Brondello	2	Q200	34.84	430.68	432.52	432.52	433.29	0.004894	3.99	9.74	6.92	0.97
Brondello	2	Q500	38.91	430.68	432.64	432.64	433.46	0.004765	4.13	10.61	7.11	0.97
Brondello	1	Q50	28.65	430.20	432.18	432.18	432.84	0.004624	4.12	10.15	8.38	0.96
Brondello	1	Q200	34.84	430.20	432.39	432.39	433.11	0.004473	4.35	11.99	9.05	0.96
Brondello	1	Q500	38.91	430.20	432.52	432.52	433.27	0.004318	4.46	13.25	9.46	0.95





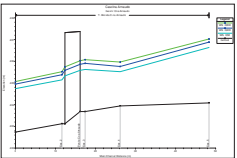




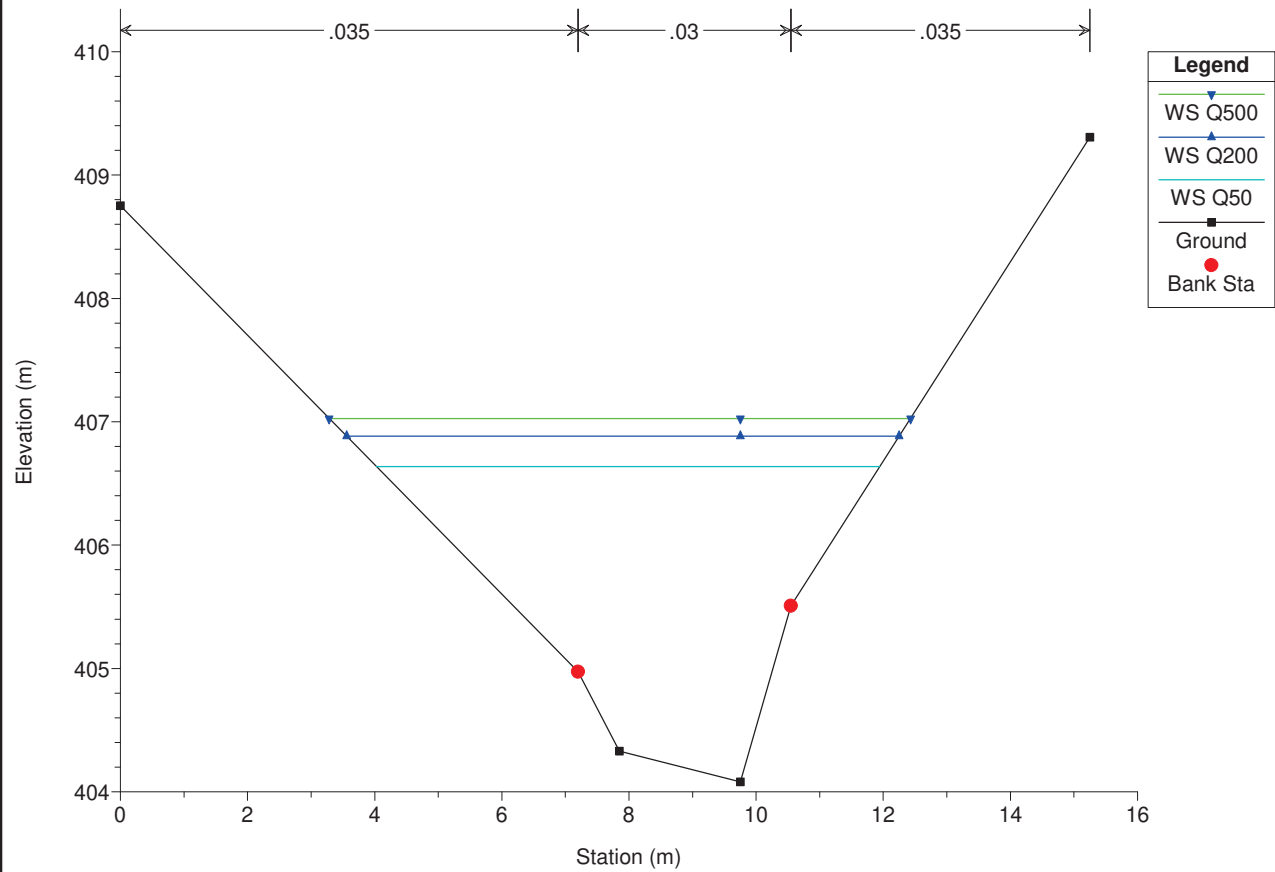


HEC-RAS Plan: Piena River: T. Bronda Reach: Rua Beltrendi

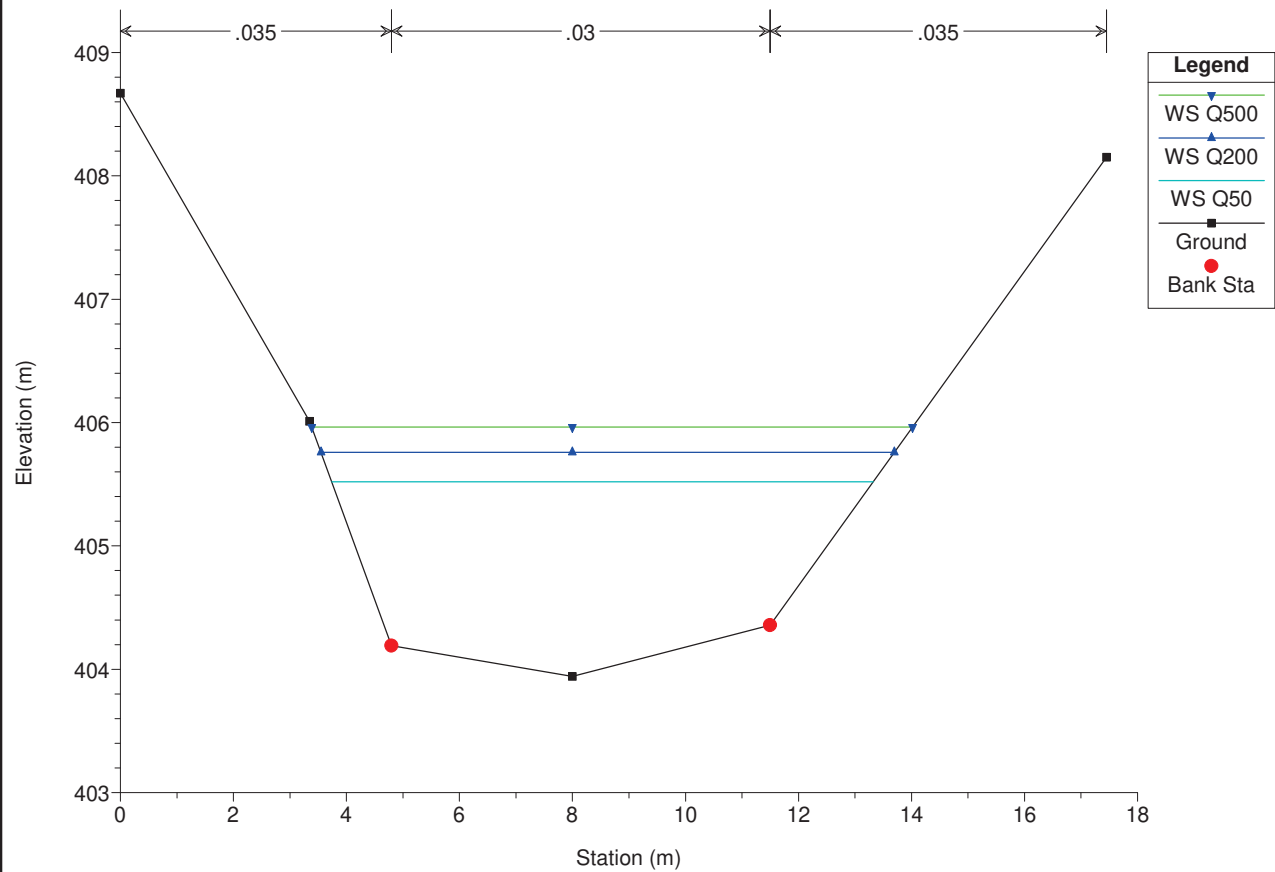
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rua Beltrendi	6	Q50	30.66	424.12	426.01	426.01	426.84	0.007125	4.19	8.32	5.36	0.99
Rua Beltrendi	6	Q200	37.27	424.12	426.25	426.25	427.19	0.006862	4.46	9.62	5.55	0.99
Rua Beltrendi	6	Q500	41.62	424.12	426.40	426.40	427.40	0.006739	4.63	10.44	5.66	1.00
Rua Beltrendi	5	Q50	30.66	423.08	424.66	424.66	425.40	0.007644	3.87	8.52	6.10	1.00
Rua Beltrendi	5	Q200	37.27	423.08	424.87	424.87	425.71	0.007309	4.12	9.81	6.25	1.00
Rua Beltrendi	5	Q500	41.62	423.08	425.01	425.01	425.90	0.007058	4.26	10.67	6.34	0.99
Rua Beltrendi	4	Q50	30.66	422.43	423.98	423.84	424.44	0.006006	3.03	10.31	8.30	0.85
Rua Beltrendi	4	Q200	37.27	422.43	424.18	424.00	424.69	0.005519	3.19	11.95	8.41	0.83
Rua Beltrendi	4	Q500	41.62	422.43	424.36	424.11	424.87	0.004613	3.16	13.55	8.52	0.78
Rua Beltrendi	3.5	Bridge										
Rua Beltrendi	3	Q50	30.66	422.38	423.75	423.75	424.37	0.008270	3.51	9.05	7.65	1.00
Rua Beltrendi	3	Q200	37.27	422.38	424.08	423.93	424.65	0.005673	3.38	11.55	7.90	0.86
Rua Beltrendi	3	Q500	41.62	422.38	424.27		424.83	0.004744	3.35	13.13	8.05	0.80
Rua Beltrendi	2	Q50	30.66	421.87	423.59	423.59	424.29	0.007041	3.96	9.39	7.26	0.97
Rua Beltrendi	2	Q200	37.27	421.87	423.79	423.79	424.58	0.006868	4.22	10.91	7.67	0.98
Rua Beltrendi	2	Q500	41.62	421.87	423.92	423.92	424.76	0.006826	4.39	11.88	8.08	0.99
Rua Beltrendi	1	Q50	30.66	421.30	422.81	422.81	423.42	0.007484	3.66	9.90	8.75	0.98
Rua Beltrendi	1	Q200	37.27	421.30	422.99	422.99	423.67	0.007212	3.89	11.54	9.34	0.98
Rua Beltrendi	1	Q500	41.62	421.30	423.10	423.10	423.82	0.007034	4.02	12.63	9.72	0.98

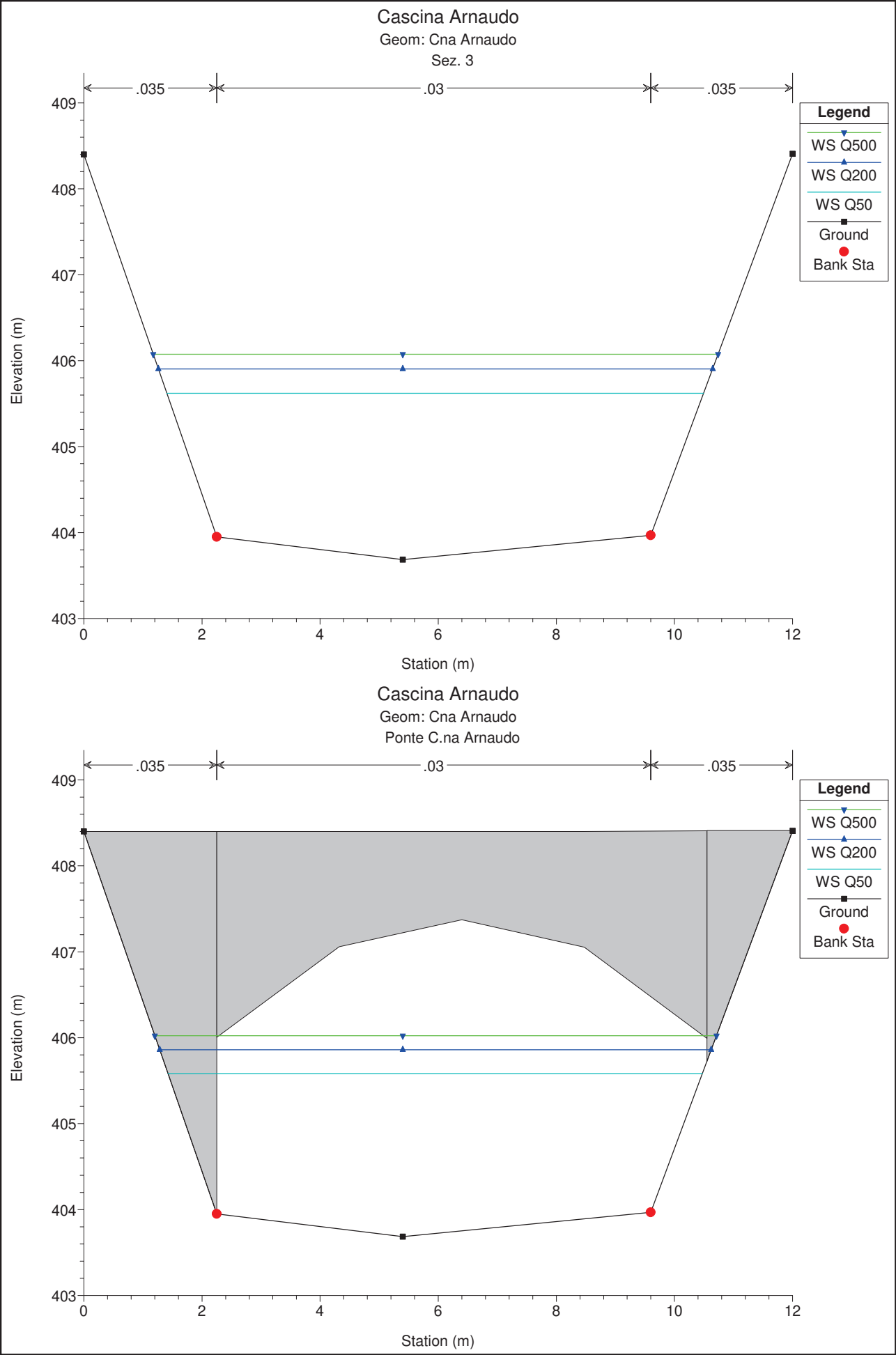


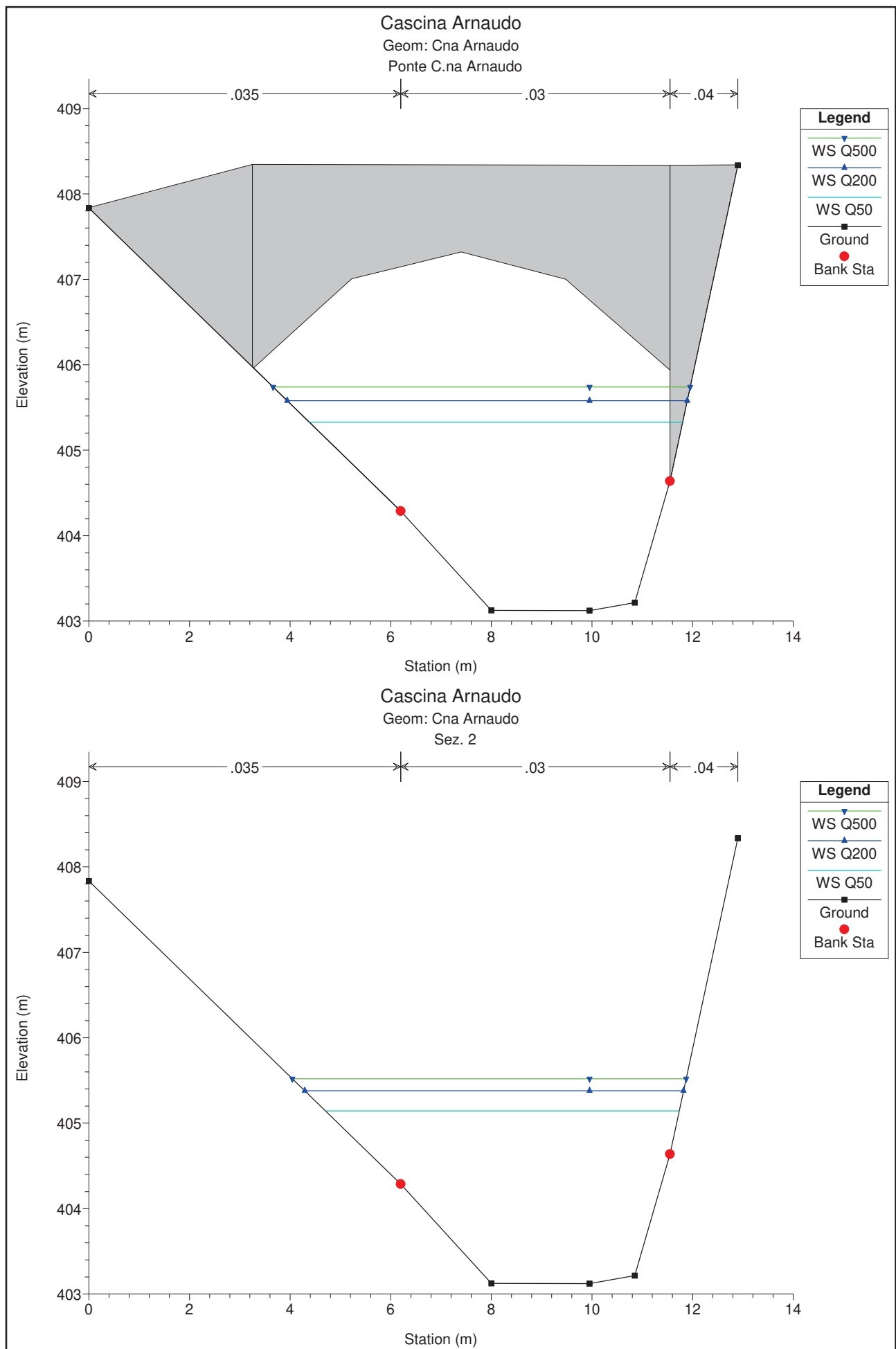
Cascina Arnaudo
Geom: Cna Arnaudo
Sez. 5



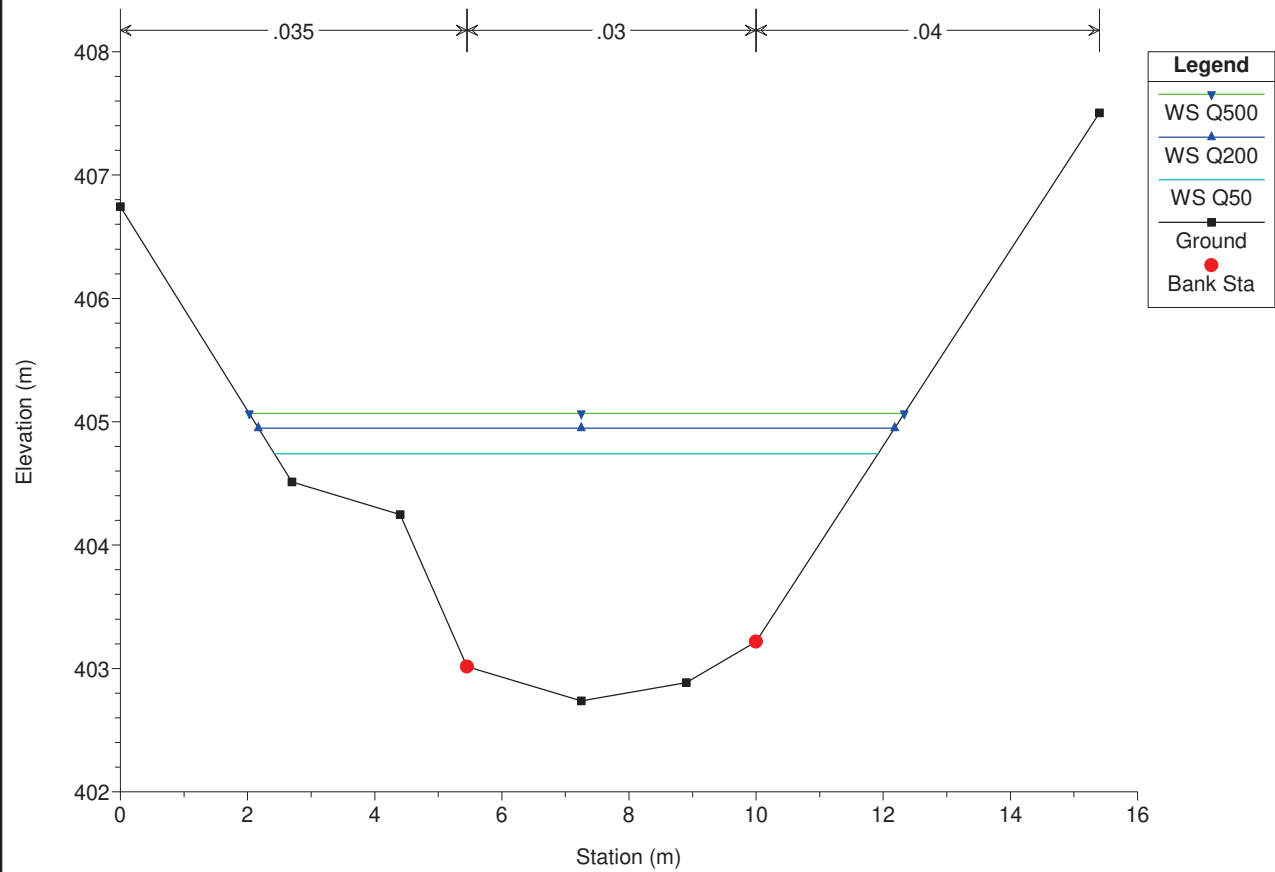
Cascina Arnaudo
Geom: Cna Arnaudo
Sez. 4





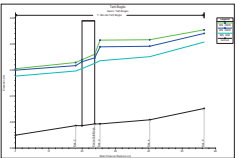


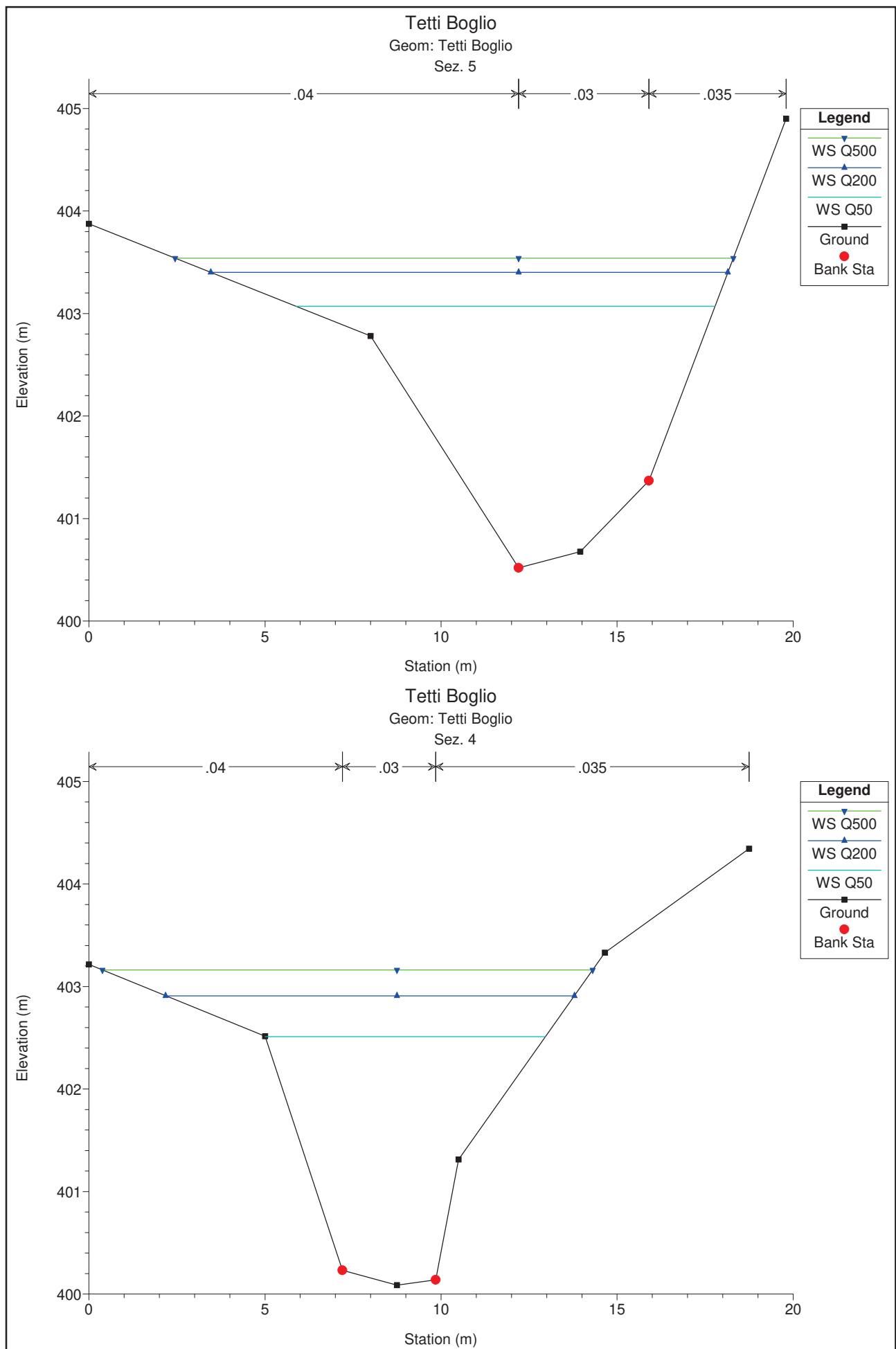
Cascina Arnaudo
Geom: Cna Arnaudo
Sez. 1

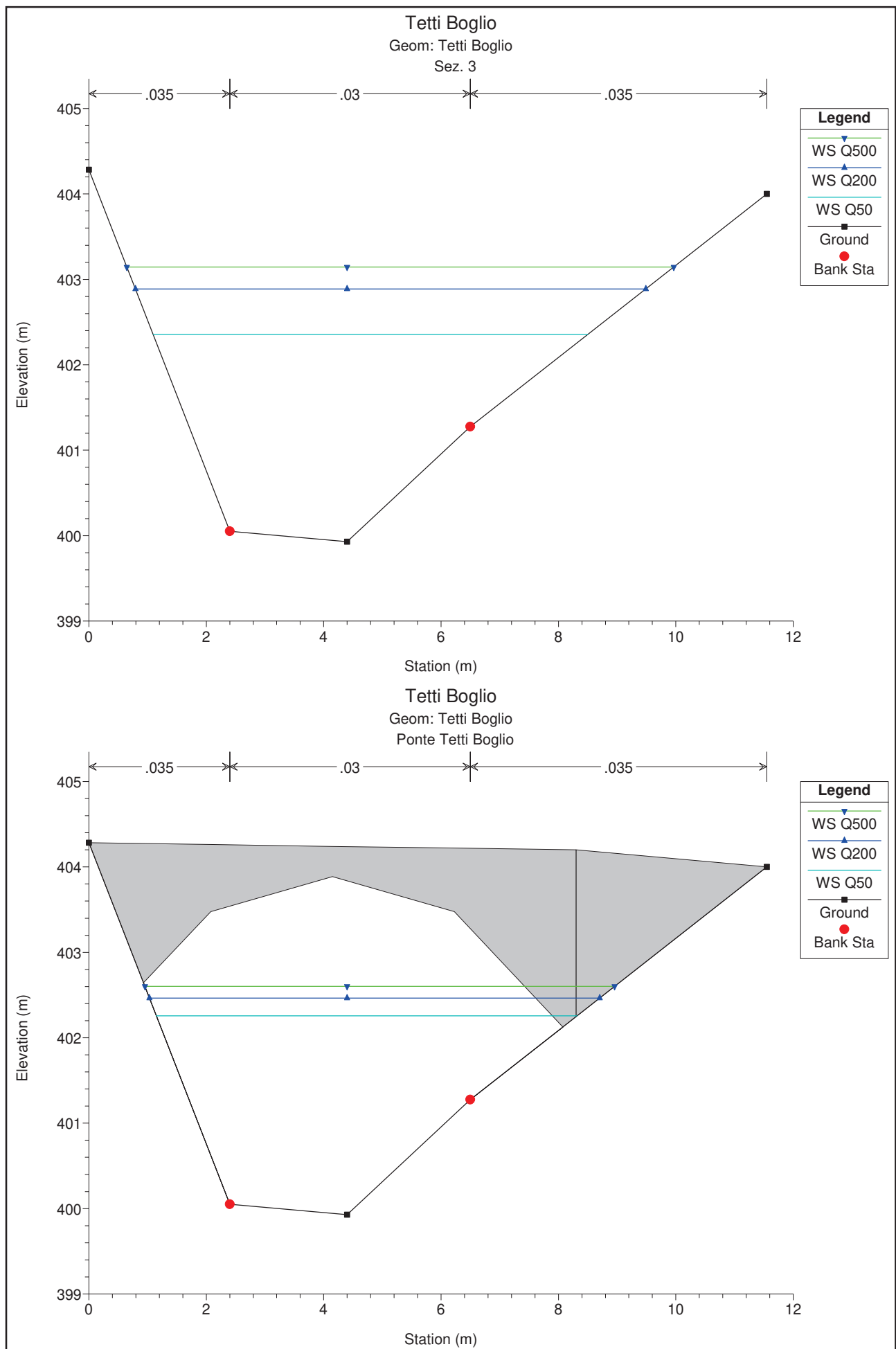


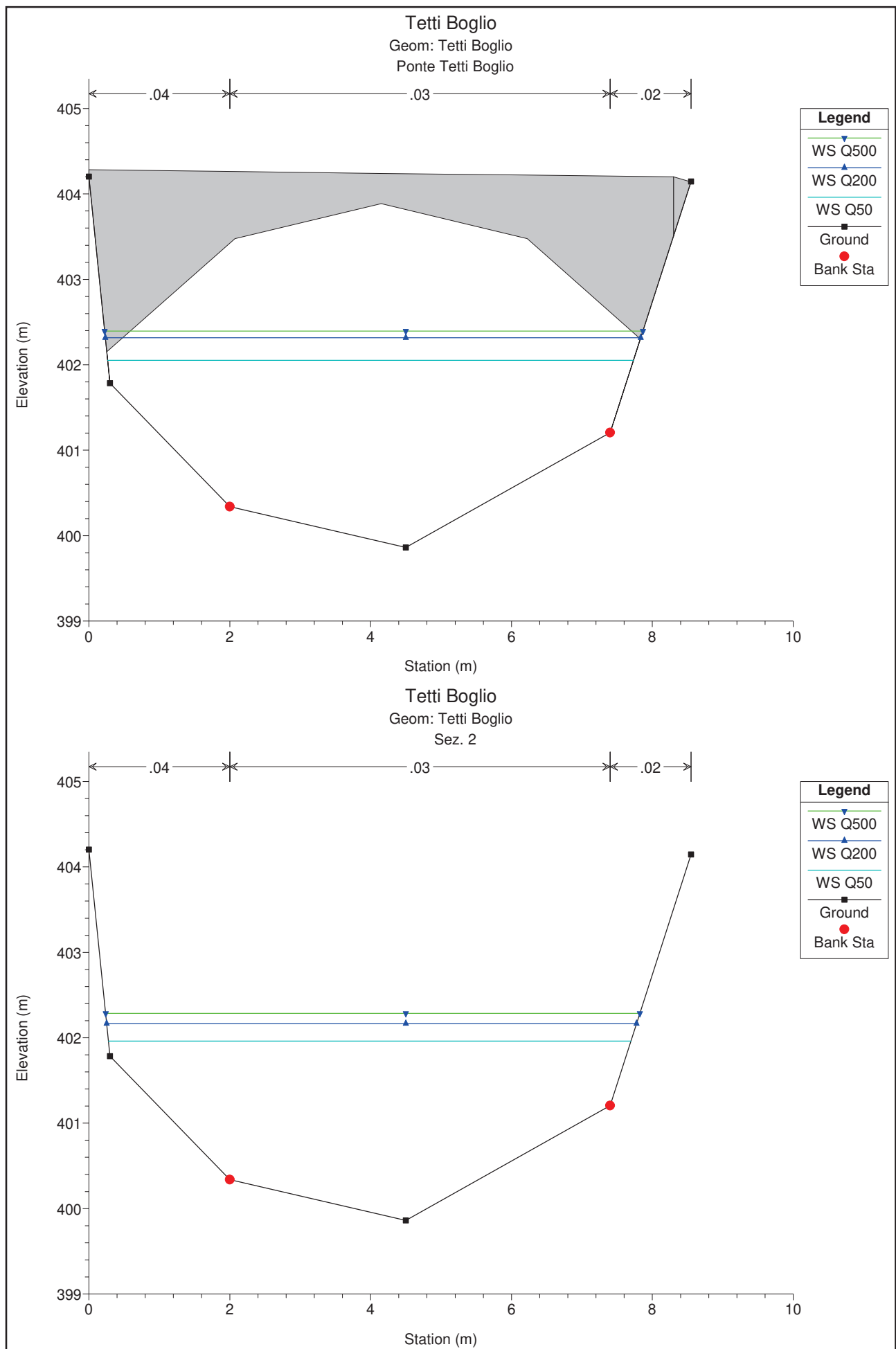
HEC-RAS Plan: Piena River: T. Bronda Reach: C.na Arnaudo

Reach	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
C.na Arnaudo	5	Q50	36.67	404.08	406.64	406.64	407.37	0.007678	4.08	10.81	7.92	0.88
C.na Arnaudo	5	Q200	44.58	404.08	406.88	406.88	407.66	0.007304	4.28	12.86	8.69	0.87
C.na Arnaudo	5	Q500	49.78	404.08	407.03	407.03	407.84	0.007163	4.40	14.14	9.14	0.87
C.na Arnaudo	4	Q50	36.67	403.94	405.52	405.52	406.14	0.007460	3.61	11.21	9.58	0.97
C.na Arnaudo	4	Q200	44.58	403.94	405.76	405.71	406.40	0.006332	3.69	13.56	10.15	0.92
C.na Arnaudo	4	Q500	49.78	403.94	405.96	405.82	406.57	0.005186	3.61	15.69	10.63	0.85
C.na Arnaudo	3	Q50	36.67	403.68	405.62	405.17	405.98	0.002965	2.68	14.68	9.09	0.64
C.na Arnaudo	3	Q200	44.58	403.68	405.90	405.35	406.29	0.002663	2.80	17.29	9.39	0.62
C.na Arnaudo	3	Q500	49.78	403.68	406.07	405.47	406.48	0.002539	2.88	18.89	9.56	0.61
C.na Arnaudo	2.5	Bridge										
C.na Arnaudo	2	Q50	36.67	403.12	405.14	405.14	405.90	0.008836	3.90	9.85	7.03	0.95
C.na Arnaudo	2	Q200	44.58	403.12	405.38	405.38	406.21	0.008246	4.11	11.57	7.53	0.94
C.na Arnaudo	2	Q500	49.78	403.12	405.52	405.52	406.40	0.008015	4.25	12.65	7.83	0.94
C.na Arnaudo	1	Q50	36.67	402.74	404.74	404.74	405.41	0.005981	3.83	11.66	9.49	0.90
C.na Arnaudo	1	Q200	44.58	402.74	404.95	404.95	405.68	0.005805	4.06	13.70	10.01	0.90
C.na Arnaudo	1	Q500	49.78	402.74	405.07	405.07	405.85	0.005796	4.21	14.91	10.30	0.91

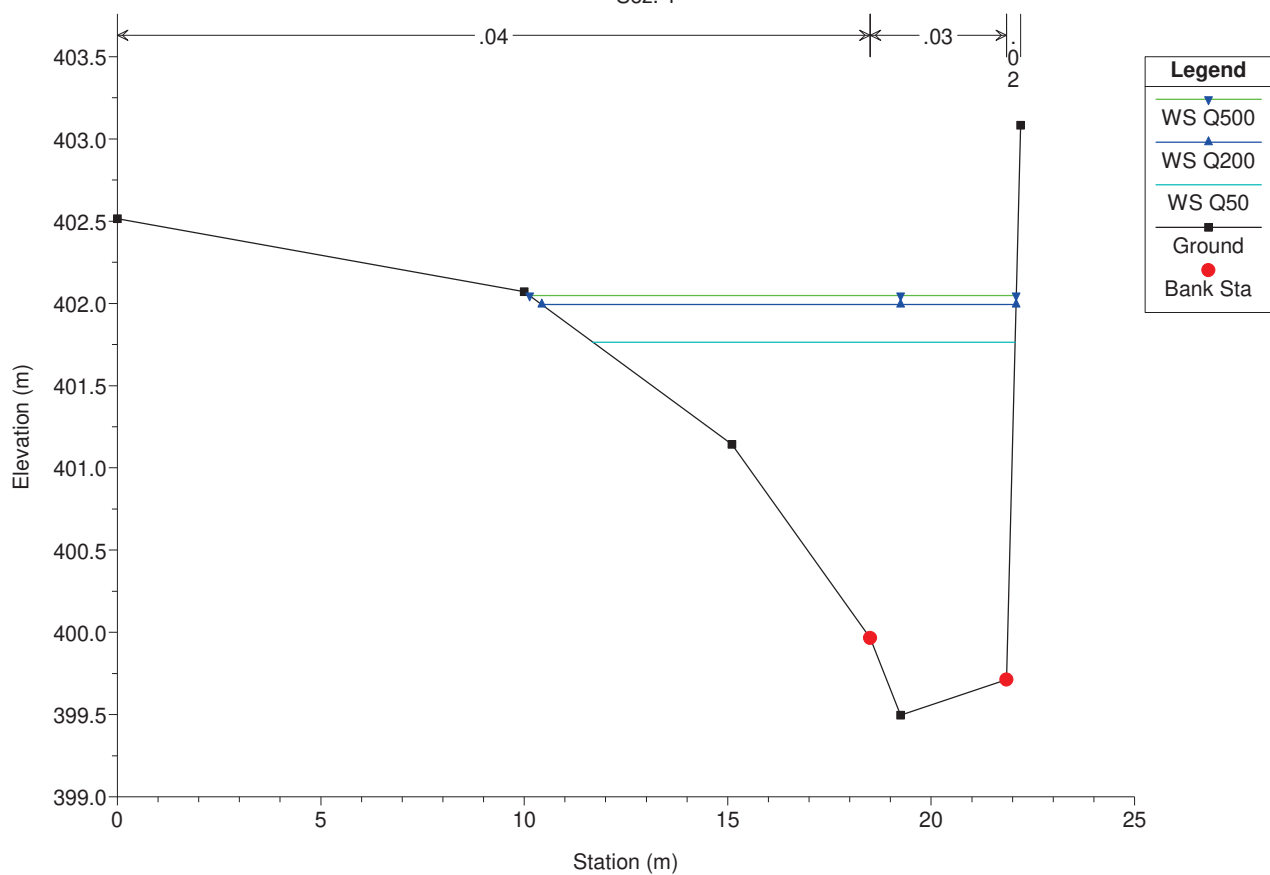








Tetti Boglio
Geom: Tetti Boglio
Sez. 1



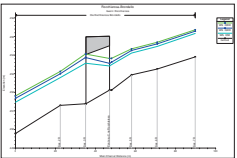
HEC-RAS Plan: Piena River: T. Bronda Reach: Tetti Boglio

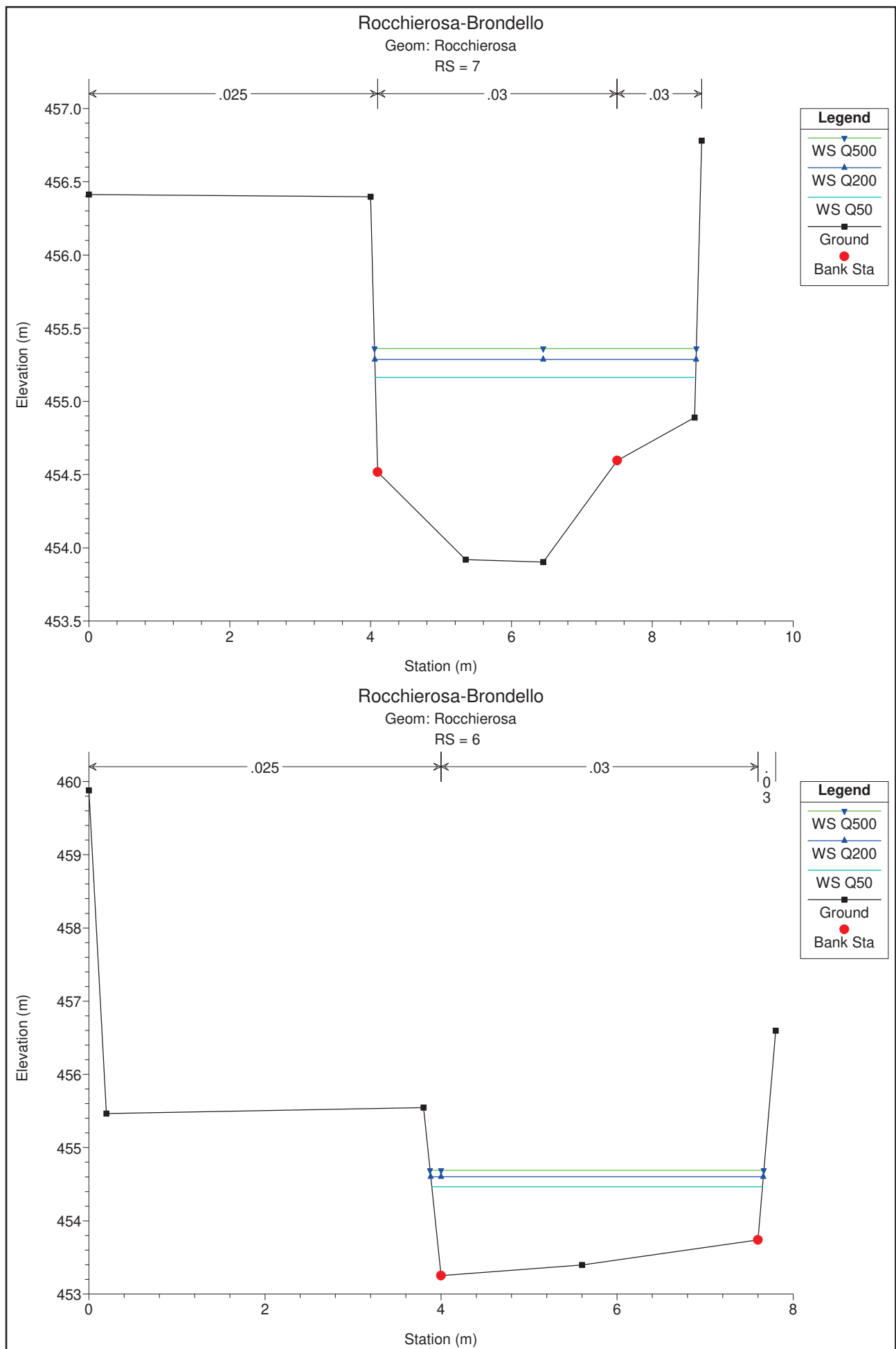
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tetti Boglio	5	Q50	37.08	400.52	403.07		403.47	0.003293	3.21	16.19	11.90	0.68
Tetti Boglio	5	Q200	45.07	400.52	403.40		403.80	0.002816	3.25	20.60	14.69	0.65
Tetti Boglio	5	Q500	50.32	400.52	403.54		403.96	0.002812	3.37	22.71	15.85	0.65
Tetti Boglio	4	Q50	37.08	400.09	402.51	402.51	403.36	0.005938	4.56	11.42	7.96	0.94
Tetti Boglio	4	Q200	45.07	400.09	402.91	402.91	403.70	0.004718	4.51	15.32	11.61	0.86
Tetti Boglio	4	Q500	50.32	400.09	403.16	403.16	403.87	0.003953	4.37	18.53	13.92	0.80
Tetti Boglio	3	Q50	37.08	399.93	402.35	402.28	403.08	0.006125	3.96	11.00	7.41	0.88
Tetti Boglio	3	Q200	45.07	399.93	402.89	402.54	403.48	0.003792	3.63	15.29	8.70	0.72
Tetti Boglio	3	Q500	50.32	399.93	403.14	402.68	403.71	0.003285	3.60	17.60	9.32	0.68
Tetti Boglio	2.5		Bridge									
Tetti Boglio	2	Q50	37.08	399.86	401.96	401.96	402.70	0.007843	3.92	10.43	7.42	0.98
Tetti Boglio	2	Q200	45.07	399.86	402.17	402.17	403.00	0.007644	4.19	11.97	7.52	0.99
Tetti Boglio	2	Q500	50.32	399.86	402.29	402.29	403.19	0.007644	4.37	12.88	7.59	1.00
Tetti Boglio	1	Q50	37.08	399.50	401.76	401.76	402.44	0.005705	4.06	12.54	10.38	0.89
Tetti Boglio	1	Q200	45.07	399.50	401.99	401.99	402.72	0.005483	4.25	15.05	11.66	0.88
Tetti Boglio	1	Q500	50.32	399.50	402.05	402.05	402.88	0.006195	4.59	15.70	11.96	0.94

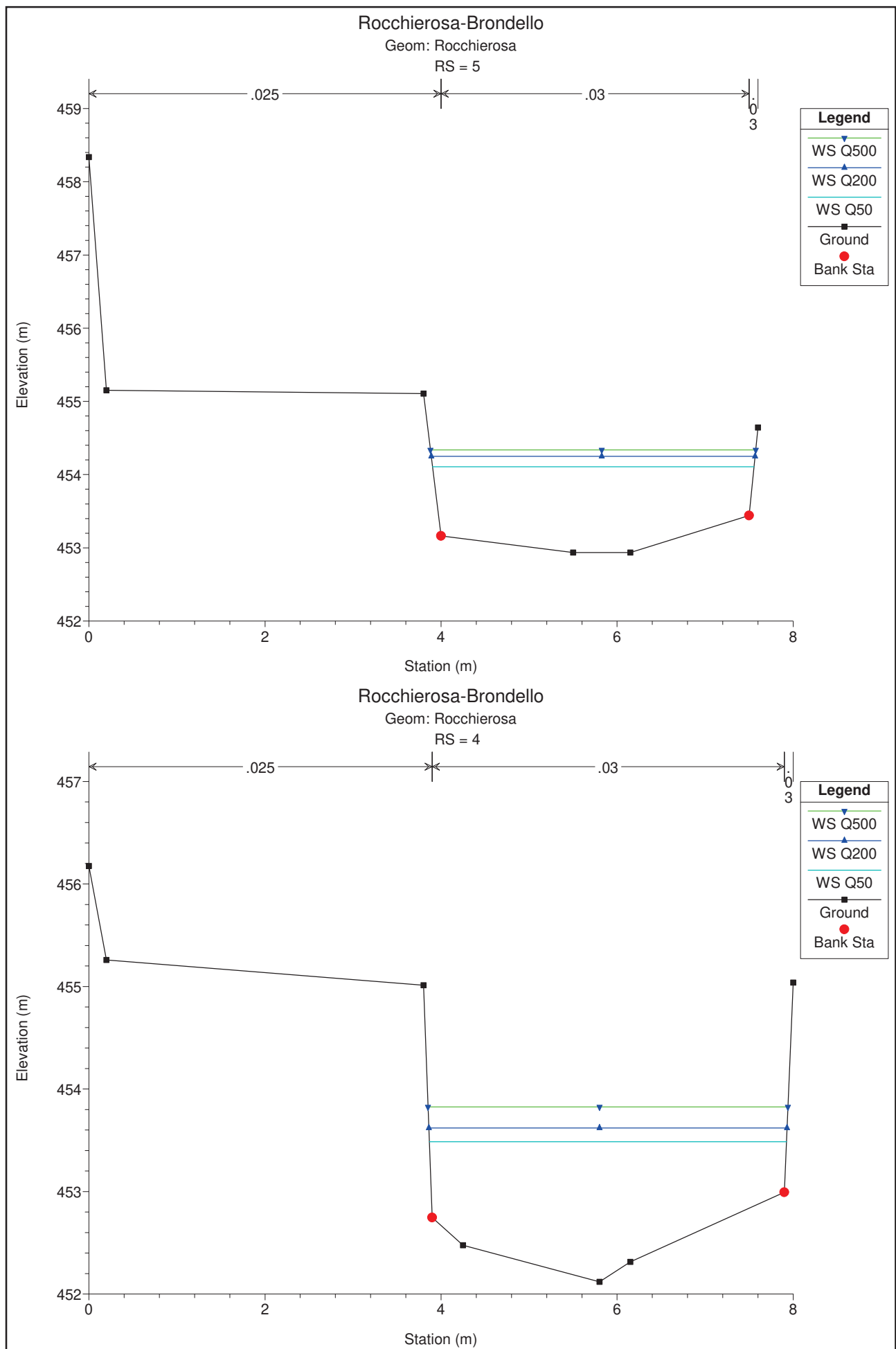
SIMULAZIONE IDRAULICA

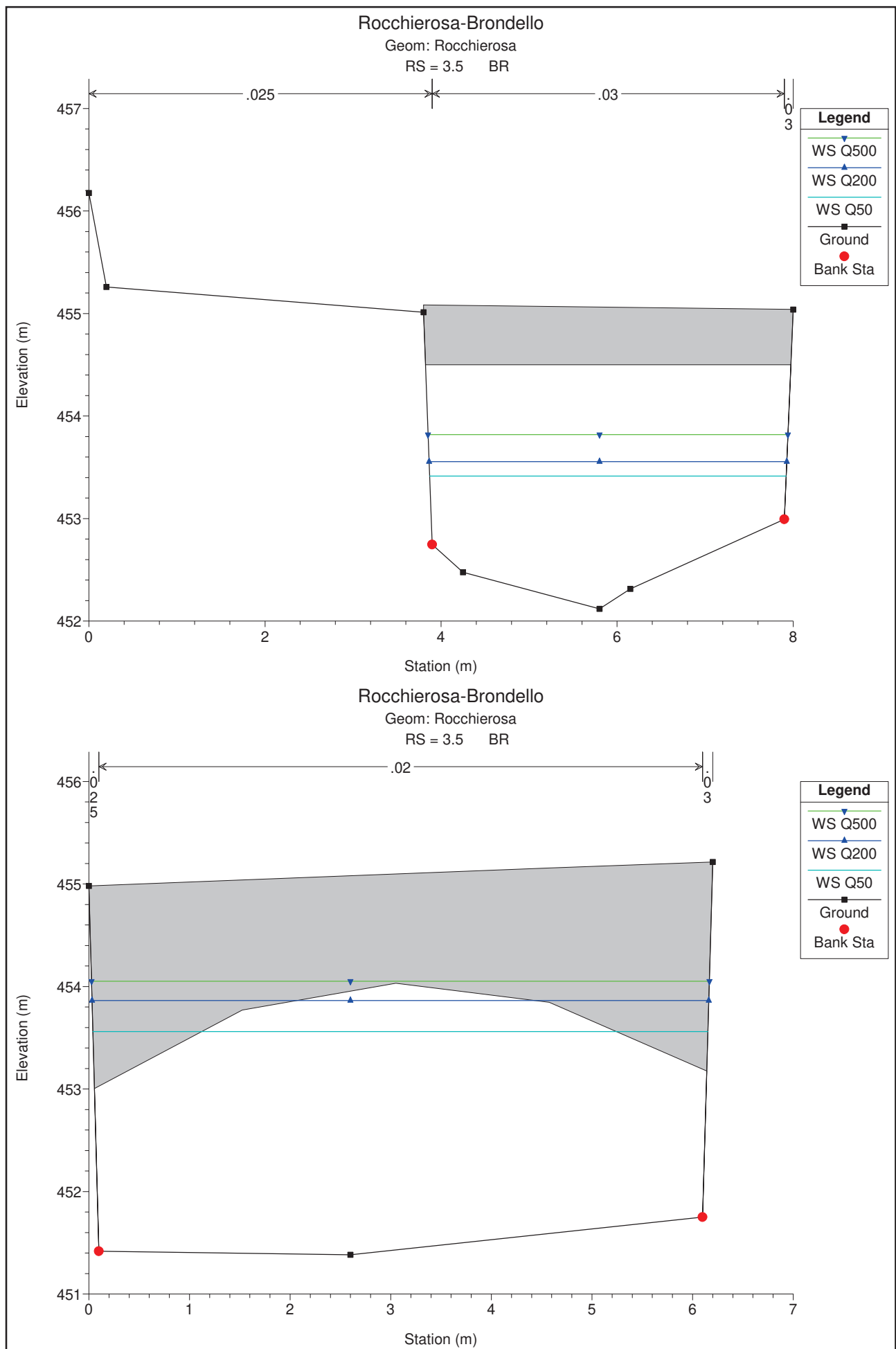
Profili, sezioni e tabelle

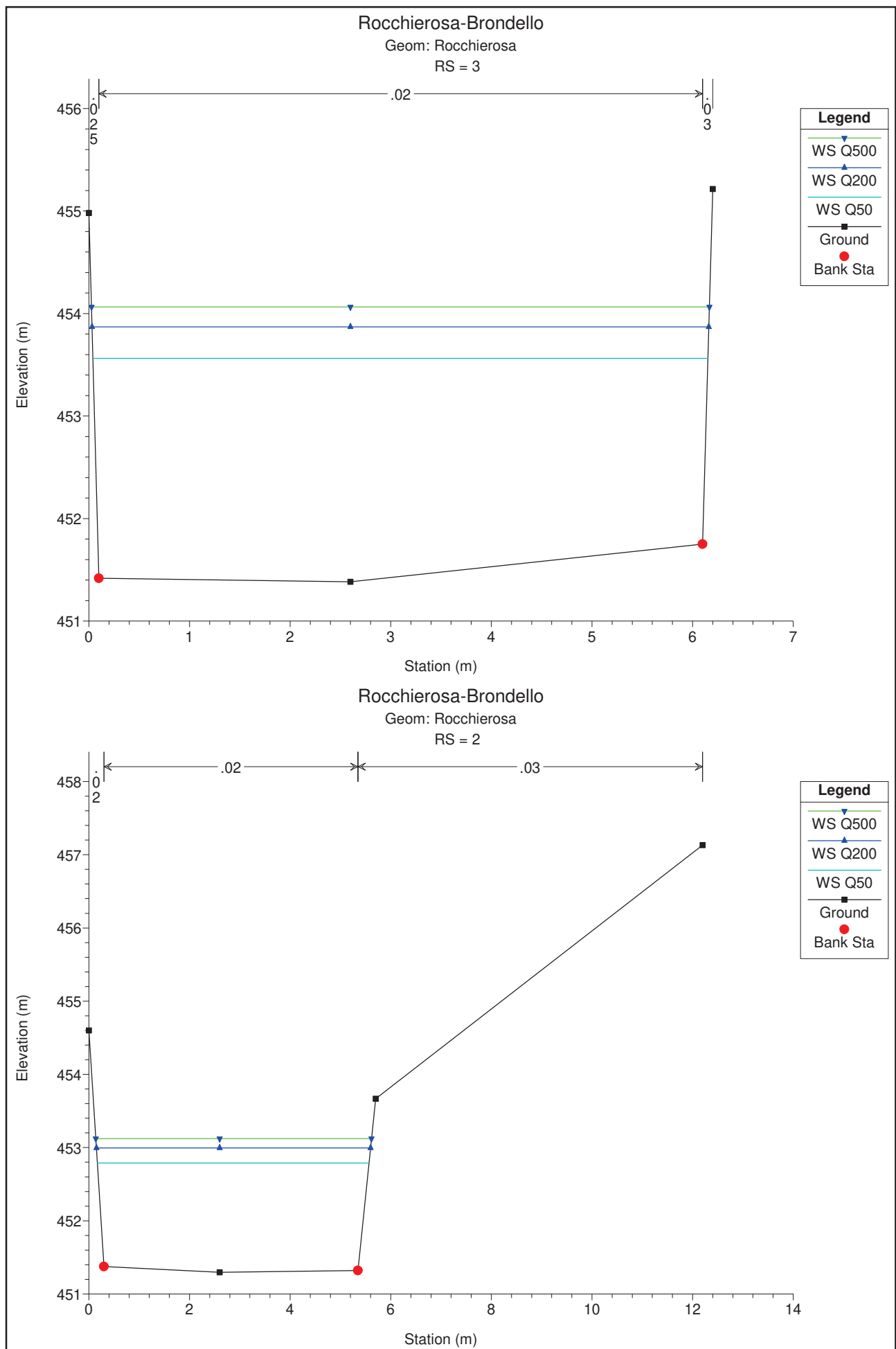
C.le Rocchierosa



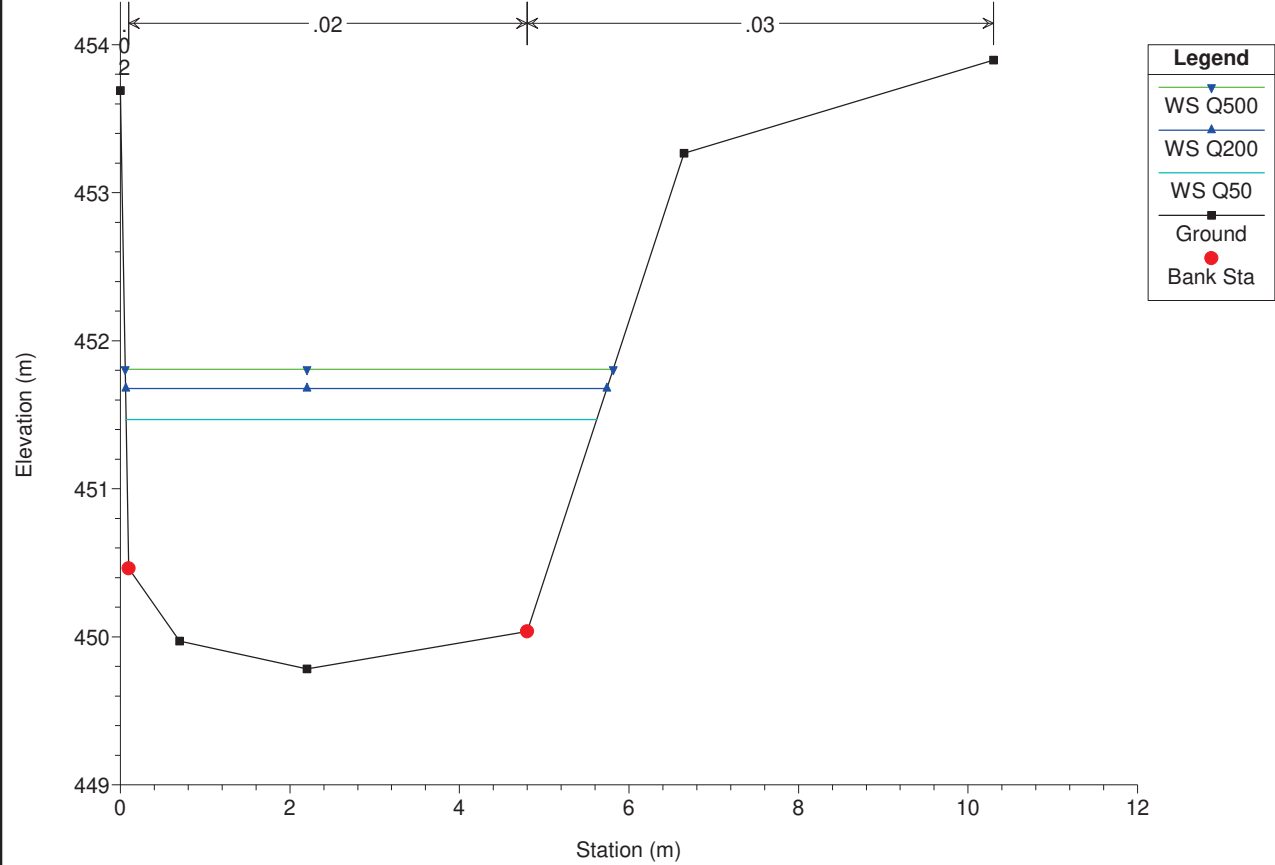








Rocchierosa-Brondello
Geom: Rocchierosa
RS = 1



HEC-RAS Plan: Pien River: Cle Rochhierosa Reach: Brondello

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Brondello	7	Q50	11.49	453.90	455.16	455.16	455.62	0.009158	3.06	4.00	4.55	0.96
Brondello	7	Q200	13.93	453.90	455.29	455.29	455.80	0.009059	3.28	4.55	4.56	0.97
Brondello	7	Q500	15.53	453.90	455.36	455.36	455.92	0.009024	3.41	4.89	4.57	0.98
Brondello	6	Q50	11.49	453.25	454.46	454.46	454.97	0.009064	3.16	3.70	3.76	1.01
Brondello	6	Q200	13.93	453.25	454.60	454.60	455.18	0.008692	3.37	4.22	3.78	1.01
Brondello	6	Q500	15.53	453.25	454.69	454.69	455.31	0.008460	3.50	4.55	3.79	1.01
Brondello	5	Q50	11.49	452.93	454.11	454.11	454.63	0.009223	3.19	3.66	3.65	1.01
Brondello	5	Q200	13.93	452.93	454.25	454.25	454.84	0.008821	3.40	4.17	3.68	1.00
Brondello	5	Q500	15.53	452.93	454.34	454.34	454.97	0.008621	3.53	4.49	3.70	1.01
Brondello	4	Q50	11.49	452.12	453.48	453.41	453.90	0.007882	2.84	4.07	4.06	0.90
Brondello	4	Q200	13.93	452.12	453.62	453.54	454.09	0.007654	3.04	4.61	4.07	0.91
Brondello	4	Q500	15.53	452.12	453.82	453.62	454.24	0.005483	2.87	5.45	4.09	0.79
Brondello	3.5		Bridge									
Brondello	3	Q50	11.49	451.38	453.56		453.61	0.000131	0.93	12.50	6.11	0.21
Brondello	3	Q200	13.93	451.38	453.87		453.92	0.000121	0.98	14.39	6.13	0.20
Brondello	3	Q500	15.53	451.38	454.06		454.12	0.000116	1.01	15.58	6.14	0.20
Brondello	2	Q50	28.38	451.30	452.79	452.79	453.53	0.003486	3.81	7.67	5.40	1.00
Brondello	2	Q200	34.49	451.30	452.99	452.99	453.83	0.003327	4.06	8.78	5.45	1.00
Brondello	2	Q500	38.51	451.30	453.12	453.12	454.02	0.003250	4.22	9.47	5.48	1.00
Brondello	1	Q50	28.38	449.78	451.47	451.47	452.21	0.003591	3.87	7.79	5.55	1.00
Brondello	1	Q200	34.49	449.78	451.68	451.68	452.52	0.003433	4.12	8.96	5.68	1.00
Brondello	1	Q500	38.51	449.78	451.81	451.81	452.71	0.003348	4.27	9.71	5.76	1.00

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PONTI SUL TORRENTE BRONDA



Fig. 1: Ponte Via Colletta – Vista da monte verso valle – Codice PO-01



Fig. 2: Ponte Via Pasca – Vista da monte verso valle – Codice PO-02



Fig. 3: Ponte Via Pasca e Ponte romanico – Vista da valle verso monte



Fig. 4: Ponte S. Sebastiano – Vista da monte verso valle – Codice PO-03



Fig. 5: Ponte Rua Beltrendi – Vista da monte verso valle – Codice PO-04



Fig. 6: Ponte C.na Arnaudo – Vista da monte verso valle – Codice PO-05



Fig. 7: Ponte Tetti Boglio – Vista da monte verso valle - PO-06

PONTE SU C.LE ROCCHIEROSA



Fig. 8: Ponte su C.le Rocchierosa – Vista da monte verso valle – Codice PO-07

ATTRAVERSAMENTI DEI RII CON TUBAZIONI



Fig. 1: Tubazione in acciaio ondulato su Via Chiabrera per attraversamento del Rio Traversere – Vista da monte verso valle. Codice opera AG-01



Fig. 2: Tubazione in cemento sotto cimitero, su un piccolo rio laterale – Vista della sua confluenza con il T. Bronda. Codice opera AG-02

SCHEDE SICOD

[illegible]

SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE									
FICHA DE REGISTO DE AVALIAÇÃO DE RISCO									
1. IDENTIFICAÇÃO DO RISCO									
Nº	Descrição do Risco	Impacto	Probabilidade	Gravidade	Classificação	Medidas de Mitigação	Responsável	Data	Assinatura
001									
002									
003									
004									
005									
006									
007									
008									
009									
010									
011									
012									
013									
014									
015									
016									
017									
018									
019									
020									
021									
022									
023									
024									
025									
026									
027									
028									
029									
030									
031									
032									
033									
034									
035									
036									
037									
038									
039									
040									
041									
042									
043									
044									
045									
046									
047									
048									
049									
050									
051									
052									
053									
054									
055									
056									
057									
058									
059									
060									
061									
062									
063									
064									
065									
066									
067									
068									
069									
070									
071									
072									
073									
074									
075									
076									
077									
078									
079									
080									
081									
082									
083									
084									
085									
086									
087									
088									
089									
090									
091									
092									
093									
094									
095									
096									
097									
098									
099									
100									

[illegible]