



Contraente: 	Progetto: RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI - RIETI DN400 (16") DP 75 bar E OPERE CONNESSE		Cliente: 
	N° Contratto : N° Commessa : NR/19094		
N° documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 1 di 94	Data 20-02-2020	N° documento Cliente: AT-RE-108

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI FIUME VELINO**



00	20-02-2020	EMISSIONE	VANNI	STROPPA	CAPRIOTTI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO					
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 2 di 91	Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

INDICE

1	PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI.....	3
2	CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO.....	5
3	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO.....	8
3.1	Individuazione del bacino idrografico.....	8
3.2	Portate di progetto.....	11
3.3	Studio idraulico.....	13
4	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE.....	64
5	VERIFICA DI STABILITÀ DELLA SOGLIA NEI CONFRONTI DELL'AZIONE DELLA CORRENTE.....	71
6	CONCLUSIONI.....	79
	ANNESSO 1: STRALCI PLANIMETRICI DEL TRATTO MODELLATO.....	81
	ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS.....	83
	ANNESSO 3: TABELLE DI LETTERATURA.....	91

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO					
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 3 di 91		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: AT-RE-108	

1 PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche del fiume Velino, necessarie per la verifica della profondità di posa in subalveo della nuova condotta in acciaio DN 400 (16") DP26 bar, finalizzata al rifacimento dell'omonimo metanodotto esistente che attraverserà il corso d'acqua in quattordici punti, individuati con i numeri 35, 38, 41, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56 e 57, come evidenziato nello stralcio planimetrico riportato in Figura 1.

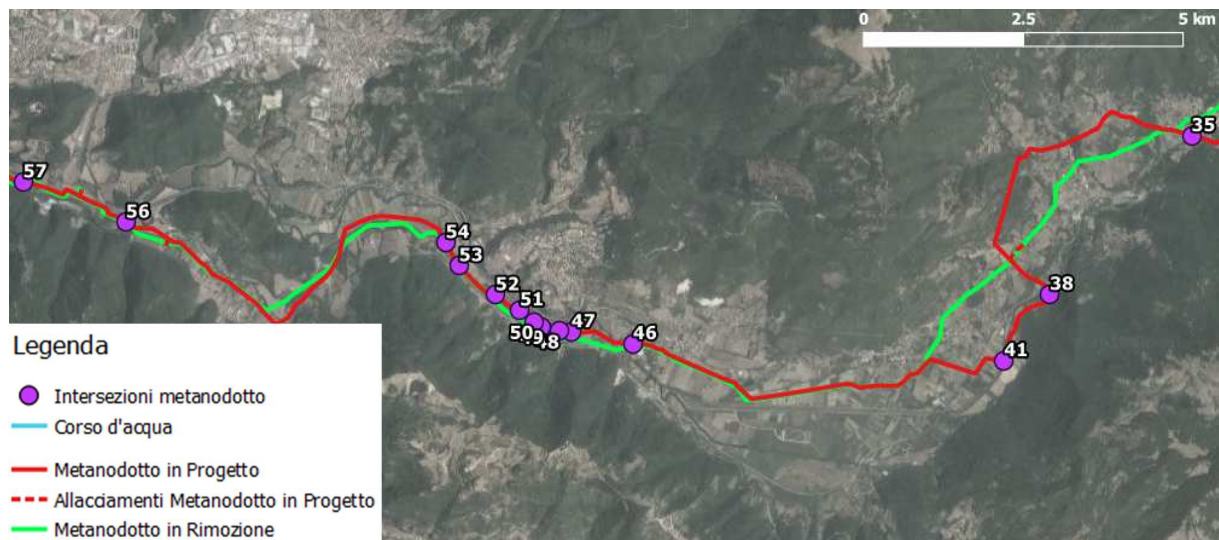


Figura 1: Vista planimetrica della zona dell'attraversamento, del tracciato del metanodotto di progetto ed esistente e del corso d'acqua.

Il fiume Velino, è un corso d'acqua naturale appartenente alla Regione Lazio che, in dettaglio, viene attraversato dall'opera in progetto in quattordici punti ubicati alle progressive riportate nella seguente tabella:

Intersezione	Progressiva Chilometrica
35	112+930
38	117+440
41	118+490
46	123+330
47, 48, 49, 50	Da 124+000 a 124+570
51, 52	Da 124+580 a 125+165

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 4 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

Intersezione	Progressiva Chilometrica
53	esistente ¹
54	esistente ¹
56	130+830
57	132+205

Tabella 1: Progressive chilometriche per le varie intersezioni del fiume Velino

Scopo e finalità del presente studio è pertanto verificare l'idoneità della profondità di posa e delle protezioni adottate rispetto alle possibili dinamiche evolutive del fondo alveo o a possibili fenomeni di dissesto/erosione localizzati in corrispondenza del transito degli eventi di piena.

A tal fine è stata eseguita una specifica modellazione idraulica di un tratto d'alveo significativo per una lunghezza complessiva di circa 20.5 km, utilizzando i valori di portata ricavati secondo la metodologia riportata nel Paragrafo 3, nell'ipotesi di moto permanente, con l'ausilio del programma di calcolo HEC-RAS5.0.7 (per le cui caratteristiche si rimanda all'Annesso 2).

Si è provveduto in tal modo alla determinazione delle grandezze caratteristiche del deflusso in alveo quali: altezza del tirante idrico, velocità della corrente, raggio idraulico, ecc..

I valori così calcolati sono stati poi utilizzati per le verifiche della profondità di posa della nuova condotta eseguite al Paragrafo 4.

¹ Attraversamento esistente non oggetto di rifacimento, interessato esclusivamente dai lavori di posa della polifera portacavi

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 5 di 91		Rev.:			N° documento Cliente: AT-RE-108
			00			

2 CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO

Nella tabella di seguito si riportano le scelte progettuali per le varie intersezioni del fiume Velino.

Intersezione	Scelte progettuali
35, 38	scavo a sezione aperta protezione sponde con gabbionate
41, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 57	trenchless
46	scavo a sezione aperta rivestimento sponde e fondo con massi
53, 54	esistente, posa cavidotti trenchless
56	scavo a sezione aperta rivestimento sponde con massi

Tabella 2: Scelte progettuali per le varie intersezioni del fiume Velino

Nel caso di scavi a sezione aperta, per tutto il tratto posto in subalveo la tubazione verrà protetta con un getto di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata e successivamente rinterrata con il terreno di risulta dagli scavi. La sezione verrà ricostruita con le stesse dimensioni di quella presente ante operam.

In particolare, alla luce delle verifiche condotte al successivo paragrafo 5 i massi da utilizzare per i rivestimenti d'alveo dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- pezzatura > 0,7 mc
- diametro equivalente > 1,1 m

Sempre dalle verifiche condotte, le rocce di riempimento dei gabbioni dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- peso minimo 2,5 t/m³
- diametro medio 0,25 m

Per quanto riguarda i due attraversamenti esistenti oggetto di posa della sola polifera portacavi, si procederà con tecnologia trenchless per non avere interferenze con l'alveo.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

6 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

Per le caratteristiche costruttive di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici di progetto denominati AT-129, AT-132, AT-133, AT-134, AT-141, AT-142, AT-146, AT-147.

A titolo esemplificativo si riportano qui sotto le sezioni schematiche di progetto del primo e dell'ultimo attraversamento del Fiume.

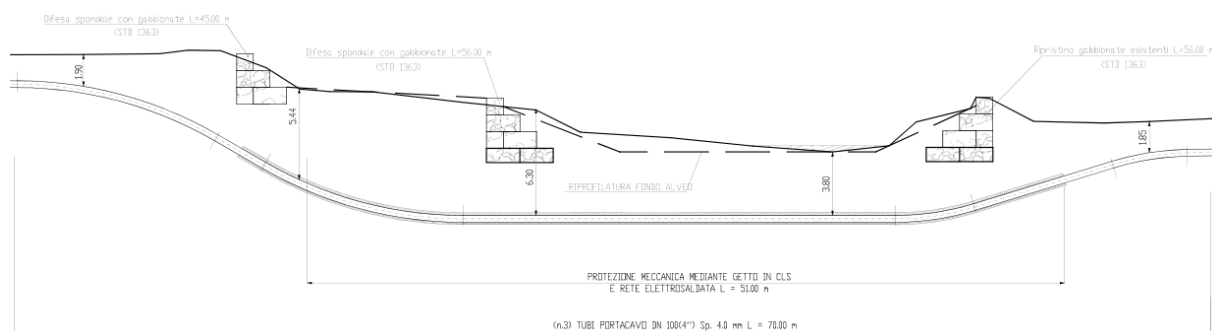


Figura2: Attraversamento del fiume Velino (n. 35) - Sezione schematica di progetto. In questo caso sono previste gabbionate a protezione delle sponde e riprofilatura dell'alveo.

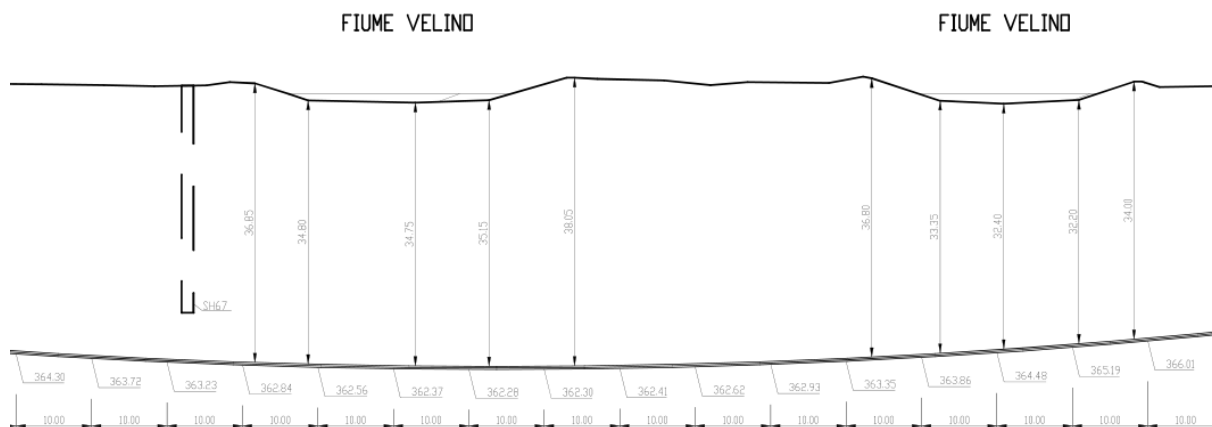


Figura3: Attraversamento del fiume Velino (n. 48 e 49) - Sezione schematica di progetto. L'attraversamento verrà effettuato con TOC

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

7 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

FIUME VELINO

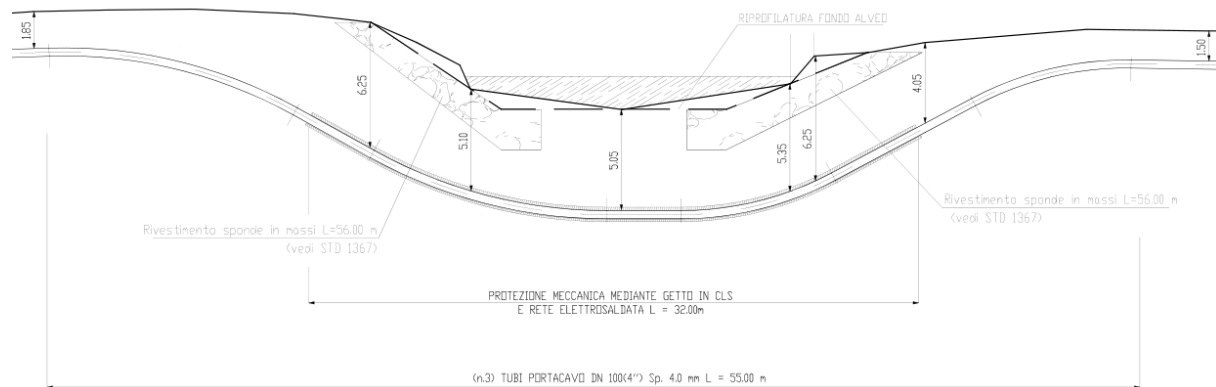


Figura4:Attraversamento del fiume Velino (n. 56) - Sezione schematica di progetto l'attraversamento verrà effettuato con scavo a sezione aperta

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 8 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

3 STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Il fiume Velino è stato studiato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere.

Nelle modellazioni e nei calcoli della presente relazione verranno utilizzati pertanto, valori di portata ricavati in detto studio, ad eccezione dell'ultimo attraversamento (n. 57), ove i valori di portata proposti nello studio ufficiale apparivano sottodimensionati rispetto alle caratteristiche del bacino sotteso. In tale caso si è pertanto preferito assumere valori di portata calcolati appositamente, in quanto ritenuti più cautelativi.

Il procedimento di calcolo è riportato al successivo paragrafo 3.2.

3.1 Individuazione del bacino idrografico

L'identificazione e la generazione grafica del bacino è stata effettuata sulla base del modello digitale del terreno (DEM) a maglia 20x20m fornito dal Geoportale Nazionale (MATTM)² tramite i software QGIS³ e SAGA⁴,

²Catalogo WCS, Geoportale Nazionale, MATTM, http://wms.pcn.minambiente.it/wcs/dtm_20m, il quale è caratterizzato dal seguente abstract: "Il lavoro è partito agli inizi degli anni 80. Il modello numerico del terreno e' stato ottenuto interpolando le curve di livello dell'archivio IGM. Oltre a questi sono state utilizzate le linee di costa dei laghi, aventi quota pari al livello delle acque dei laghi stessi, e del mare (quest'ultima proveniente da cartografia scala 1:100.000) per arrestarne l'interpolazione. La quota, espressa in metri, e' il valore altimetrico medio incontrato nell'area della cella elementare (pixel) riferito al baricentro della cella stessa. Le curve di livello sono state digitalizzate con varie metodologie quindi l'accuratezza del dato dipende dal tipo di terreno (pianura, collina, montagne). L'accuratezza planimetrica mediamente è di circa 3-4 decimi di millimetro grafico."

³QGIS Development Team, 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

⁴Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 9 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

Partendo da questo DEM20, a seguito del pre-processamento tramite il codice di calcolo “fillsinks” (SAGA), è stato possibile determinare il reticolo idrografico principale dei bacini tramite il codice “strahler order” (SAGA) ed è stato inoltre possibile risalire ai bacini sottesi nei vari punti di intersezione tra metanodotto e corpi idrici grazie al codice “upslope area – deterministic 8” (SAGA); il risultato così ottenuto è stato infine validato sulla base delle osservazioni delle linee di livello e degli elementi contenuti nella CTR della Regione Lazio.

A titolo puramente illustrativo in Figura 5 e Figura 6 si riportano le immagini dei bacini del fiume Velino ricavati rispettivamente alla sezione di chiusura dell’intersezione 56 e intersezione 57, prima e dopo la confluenza con il fiume Salto.

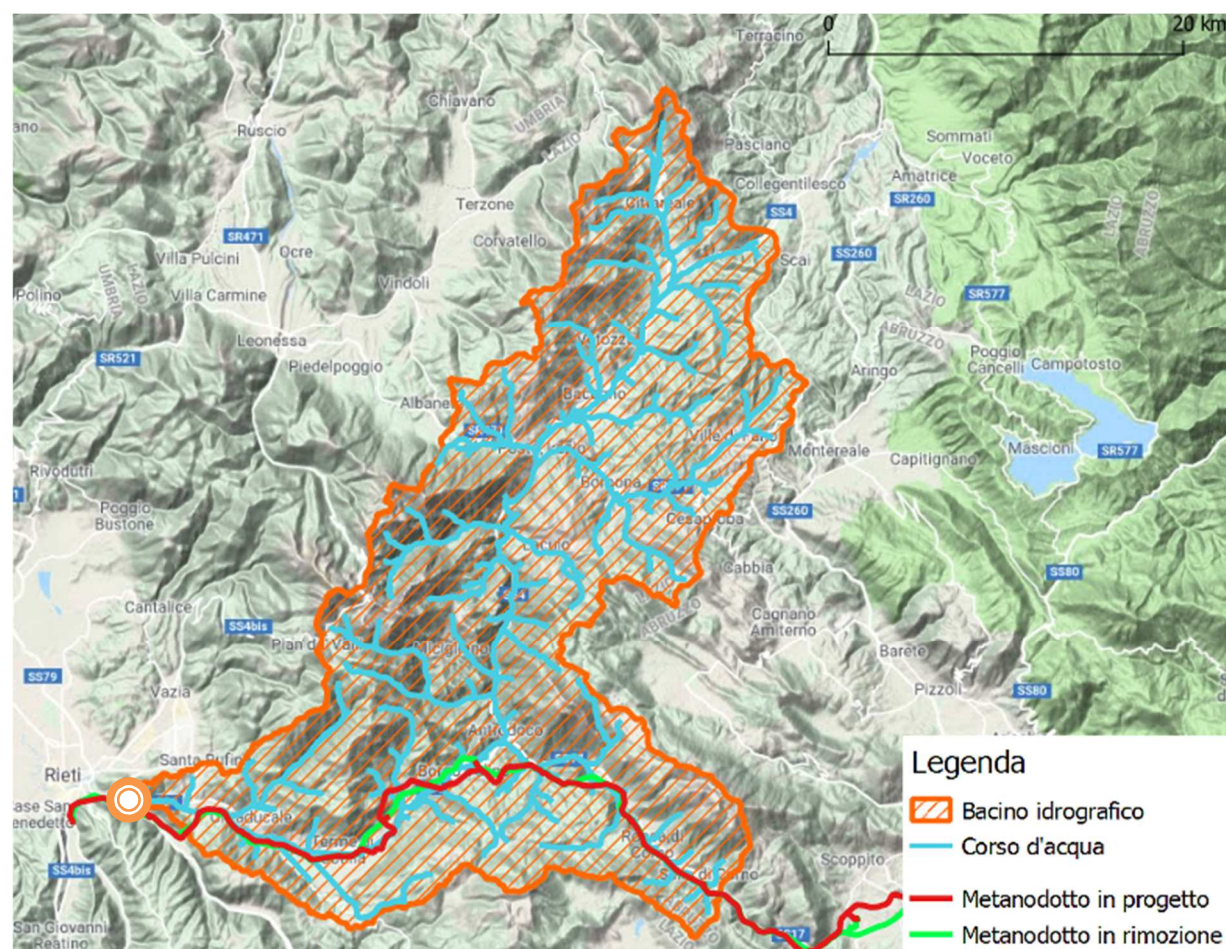


Figura 5: Bacino del fiume Velino alla sezione di chiusura dell’intersezione 56

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO				
N° Documento:	Foglio	Rev.:	N° documento Cliente:	
03857-PPL-RE-101-0108	10 di 91	00	AT-RE-108	

Dal confronto delle due figure si può immediatamente notare come, alla sezione di confluenza, le dimensioni del bacino idrografico del Rio Salto siano circa il doppio di quelle del bacino del Fiume Velino, determinando un aumento della superficie da 410 km² a 1270 km².

Tale circostanza è all'origine delle valutazioni sui valori di portata da assumere nel progetto di cui al paragrafo successivo.

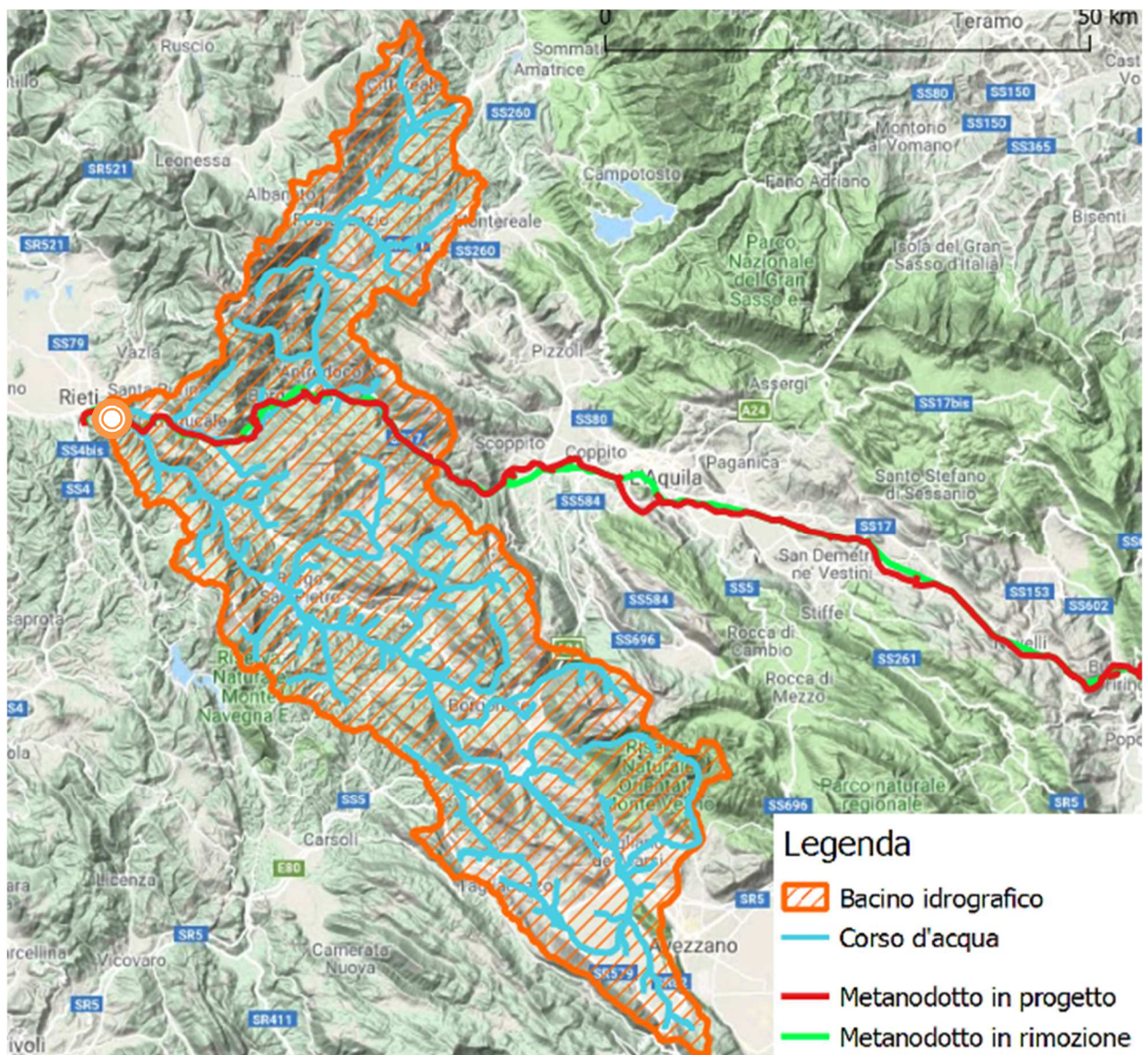


Figura 6: Bacino del fiume Velino alla sezione di chiusura dell'intersezione 57

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 11 di 91	Rev.:	00			N° documento Cliente: AT-RE-108

3.2 Portate di progetto

Come anticipato al paragrafo precedente, le portate considerate nella modellazione di cui alla presente relazione, sono state ricavate dal PSAI, e sono quelle evidenziate in giallo in Tabella 3, ad eccezione del valore di portata relativo all'attraversamento posto a valle della confluenza con il fiume Salto (n. 57).

In tal caso infatti il valore di portata indicato negli strumenti ufficiali è stato considerato troppo basso in relazione all'aumento di superficie del bacino sotteso, che aumenta da 410 km² a 1270 km² in corrispondenza della confluenza. A fronte di tale aumento di superficie (superiore al triplo), nelle tabelle del PSAI si ha un aumento di portata di circa il 50%.

Si è pertanto ritenuto opportuno calcolare il valore di portata da utilizzare nella modellazione del tratto terminale del Velino, raggugiando le portate in funzione del rapporto delle aree dei bacini con la seguente espressione:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

Dove:

Q_1 = portata del Velino calcolato dal PSAI a monte della confluenza con il Rio Salto

Q_2 = portata del Velino da ricavare a valle della confluenza con il Rio Salto

A_1 = superficie bacino idrografico del Velino a monte della confluenza con il Rio Salto

A_2 = superficie bacino idrografico del Velino a valle della confluenza con il Rio Salto

Si ricavano pertanto i seguenti valori di portata: 556 m³/s, 634 m³/s e 726 m³/s, rispettivamente per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 12 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

FIUME VELINO

SEZIONE HEC – RAS	379 - 321	320 - 282	281 - 218	217 - 203.5	203 - 178*	9 - 1*	177.5-156	155-153	152-149.97
PORTATA (mc/s) Tr = 50 ANNI	150	180	265	380	247	133	380	230	130
PORTATA (mc/s) Tr = 100 ANNI	170	205	305	415	257	158	415	265	165
PORTATA (mc/s) Tr = 200 ANNI	200	235	350	450	269	181	450	300	200
PORTATA (mc/s) Tr = 500 ANNI	280	335	415	500	282	218	500	350	250

* RAMO PRINCIPALE

** RAMO SECONDARIO

SEZIONE HEC - RAS	LOCALITA' (TOPONOMASTICA CARTOGRAFIA 1: 25.000)
379	A VALLE DELLA CONFLUENZA CON IL FOSSO DI CERDOLIMOLI
321	A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME PESCHIERA
320	A VALLE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME PESCHIERA
282	A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME SALTO
281	A VALLE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME SALTO
218	A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME TURANO
217	A VALLE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME TURANO
203.5 - 203 - 9	SEZIONI IN PROSSIMITA' DELLA BIFORCAZIONE IN DUE RAMI
178 - 1 - 177.5	SEZIONI IN PROSSIMITA' DEL RICONGIUNGIMENTO DEI DUE RAMI
156	A MONTE DEL CANALE IMMISSARIO DEL LAGO DI PIEDILUCO
155	A VALLE DEL CANALE IMMISSARIO DEL LAGO DI PIEDILUCO
153	A MONTE DEL FOSSO FEROLE
152	A VALLE DEL FOSSO FEROLE
149.97	SEZIONE SUL PONTE IN LOCALITA' PAPIGNO

Tabella 3: Valori di portata disponibili per il fiume Velino nelle varie sezioni considerate dal PSAI [fonte: PSAI, Relazione, Autorità di Bacino del fiume Tevere]

I valori di portata assegnati come condizione al contorno per i vari tratti modellati in HEC-RAS sono quindi quelli riportati in Tabella 4.

Sezione di chiusura	Portate al colmo		
	$Q_{50} [m^3/s]$	$Q_{100} [m^3/s]$	$Q_{200} [m^3/s]$
Intersezione 35-41	150	170	200
Intersezione 46-56	180	205	235
Intersezione 57	556	634	726

Tabella 4: Valori di portata utilizzati nella modellazione

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 13 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

3.3 Studio idraulico

Il calcolo in moto permanente è stato eseguito tramite elaboratore elettronico con l'ausilio del programma di calcolo HEC-RAS 5.0.7, per le cui caratteristiche si rimanda all'Annesso 2, mentre per i dettagli sulla posizione delle sezioni modellate si rimanda all'Annesso 1.

La lunghezza complessiva del tratto modellato è di circa 20.5km.

Come condizioni al contorno rispettivamente a monte e valle del tratto modellato, è stata imposta l'altezza di moto uniforme, calcolata con una pendenza pari a quella media del tratto rilevato immediatamente adiacente.

La modellazione è stata eseguita direttamente nello stato di progetto, essendo previsto il sostanziale ripristino dell'andamento delle sponde esistenti.

Nella fincatura superiore delle sezioni riportate nelle pagine seguenti sono mostrati i valori di scabrezza (secondo Manning) utilizzati per i vari tratti, desunti da valori di letteratura⁵ richiamati in Tabella 6.

I risultati grafici e numerici, sono riportati nelle pagine seguenti, dove il significato delle grandezze in legenda è il seguente:

WS Q50	Quota pelo libero per portata con tempo di ritorno 50 anni
Crit Q50	Altezza critica per portata con tempo di ritorno 50 anni
WS Q100	Quota pelo libero per portata con tempo di ritorno 100 anni
Crit Q100	Altezza critica per portata con tempo di ritorno 100 anni
WS Q200	Quota pelo libero per portata con tempo di ritorno 200 anni
Crit Q200	Altezza critica per portata con tempo di ritorno 200 anni
Ground	Fondo alveo
Levee	Argine
Bank sta	Ciglio alveo

Tabella 5: Significato grandezze in legenda ai grafici di output di HEC-RAS

⁵ Chow, V.T. (1959) Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 14 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

CORSI D'ACQUA MINORI (Larghezza del pelo libero in piena < 30m)	Minimo	Normale	Massimo
Corsi d'acqua di pianura			
1. Pulito, diritto, con la massima portata e senza divisioni o bacini profondi	0.025	0.030	0.033
2. Idem 1, ma con una maggior presenza di pietre ed erba	0.030	0.035	0.040
3. Pulito, meandri forme, alcuni bacini e zone di profondità ridotta	0.033	0.040	0.045
4. Idem 3, ma con erba e pietre	0.035	0.045	0.050
5. Idem 4, ma con portate minori e pendenze e sezioni irrilevanti	0.040	0.048	0.055
6. Idem 5, ma con una maggior presenza di pietre	0.040	0.050	0.060
7. Tratti stagnanti con erba e bacini profondi	0.045	0.070	0.080
8. Tratti con una elevata presenza di erba, con bacini profondi o scolmatori			
ricoperti di ceppi d'albero ed arbusti	0.075	0.100	0.150
Torrenti in montagna senza vegetazione in alveo, sponde generalmente ripide, alberi ed arbusti sulle sponde sommersi durante le piene			
9. Fondo: ghiaia, ciottoli e grosse pietre	0.030	0.040	0.050
10. Fondo: ghiaia e grosse pietre	0.040	0.050	0.070

Tabella 6: Valori caratteristici di scabrezza [$s/m^{1/3}$], (Chow, 1959)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

15 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

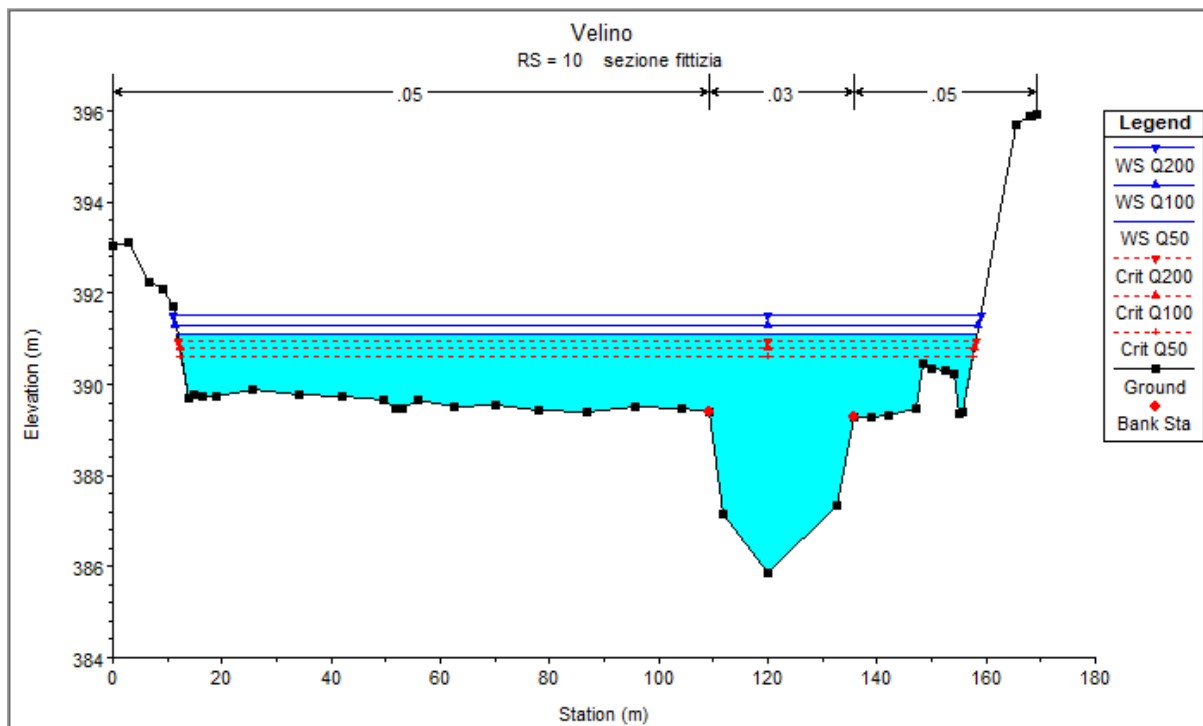


Figura 7: RS=10

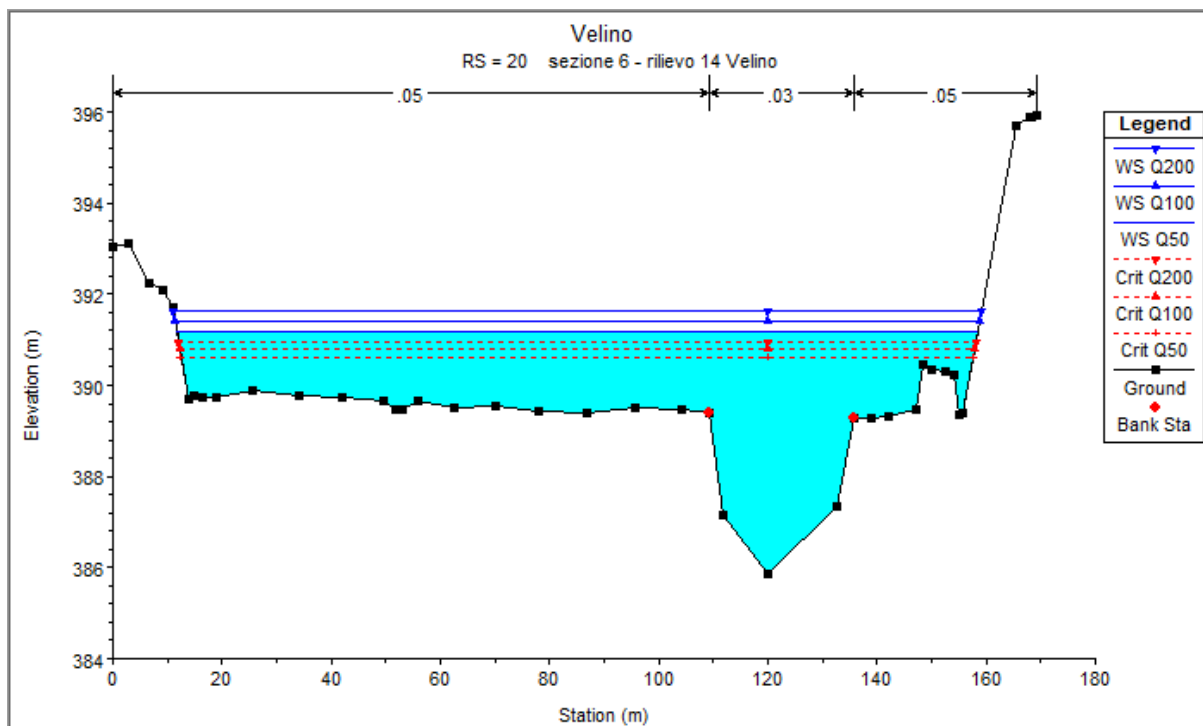


Figura 8: RS=20

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

16 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

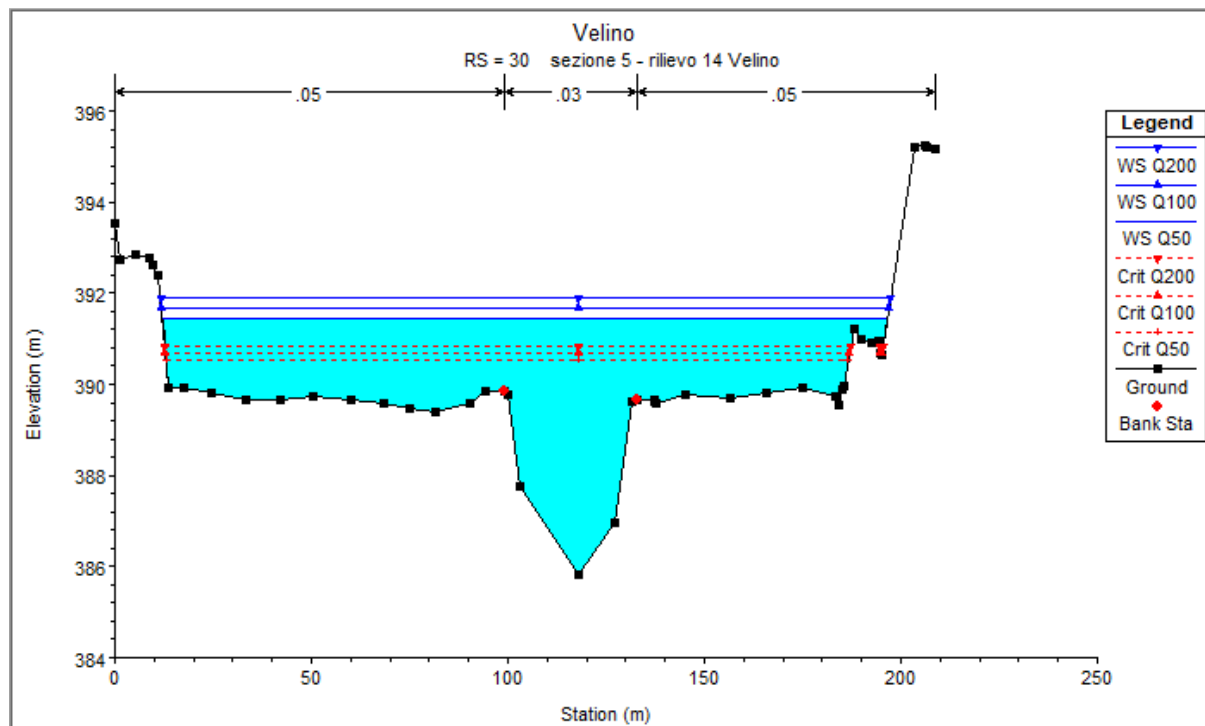


Figura 9: RS=30

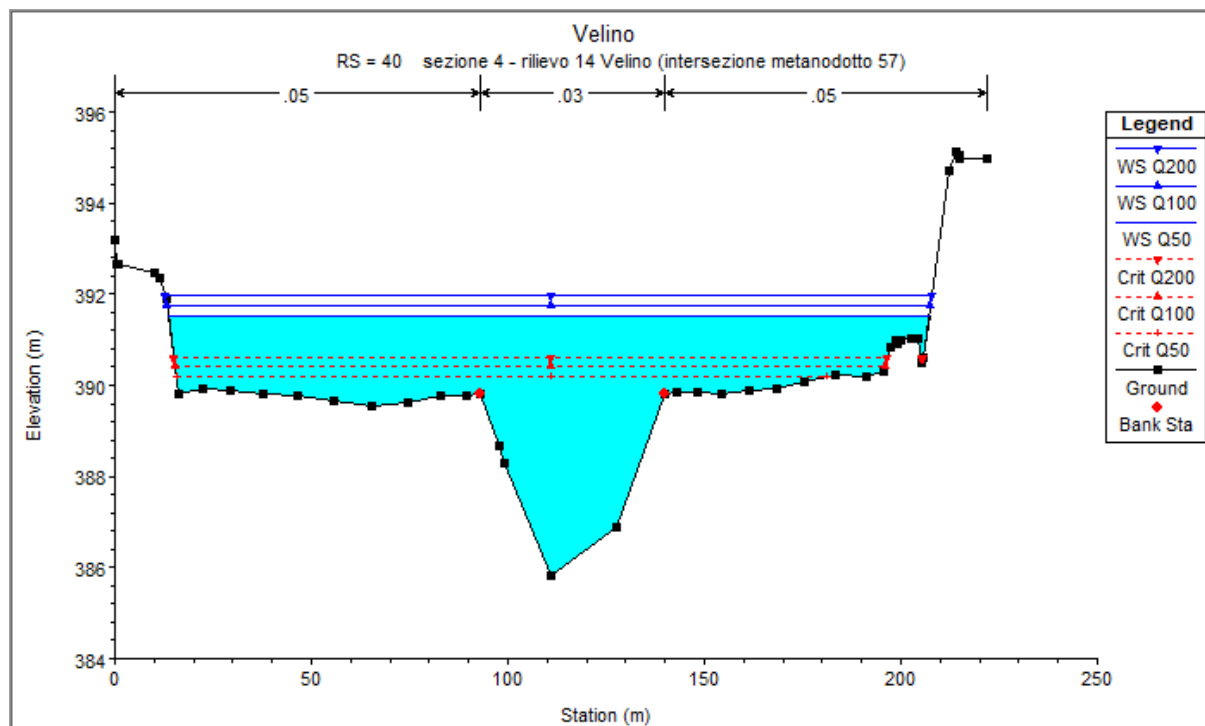


Figura 10: RS=40 (intersezione n. 57)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 17 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

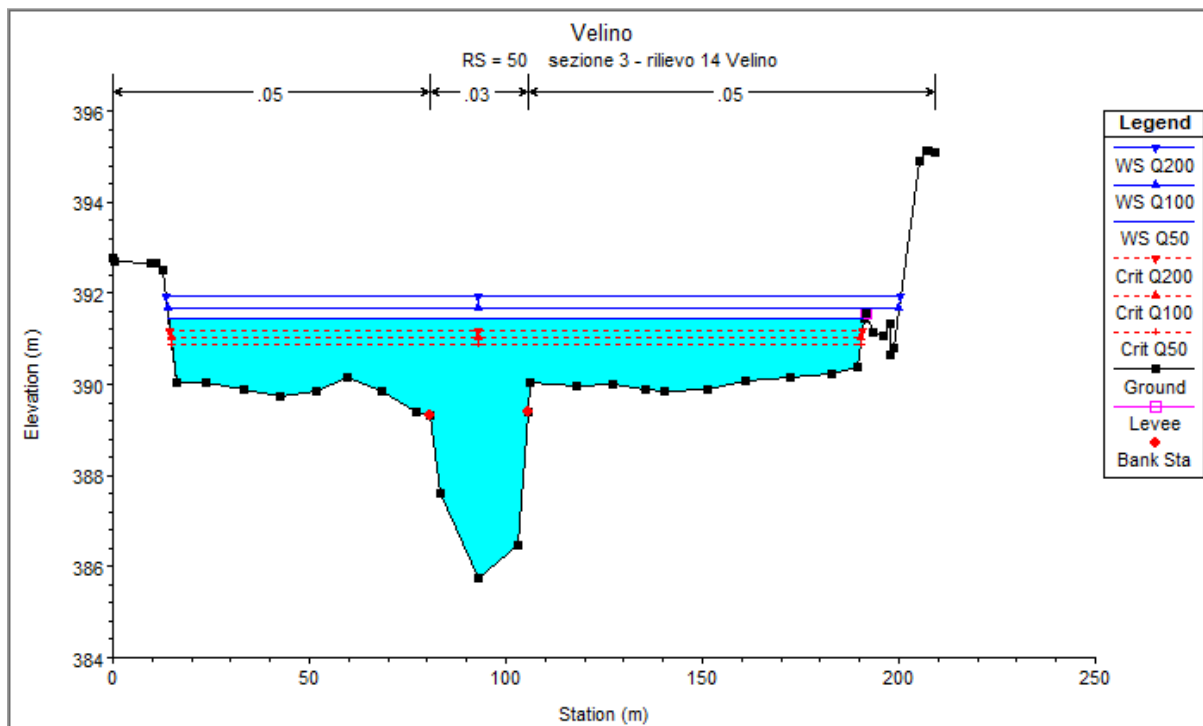


Figura 11: RS=50

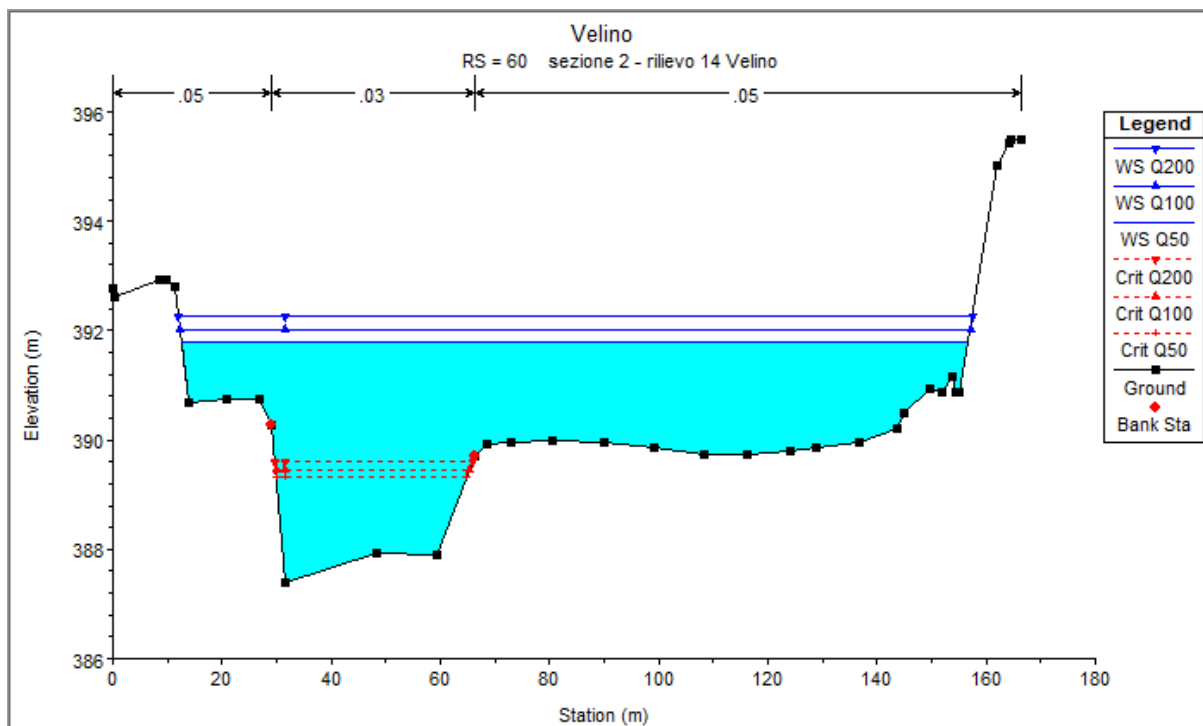


Figura 12: RS=60

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 18 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

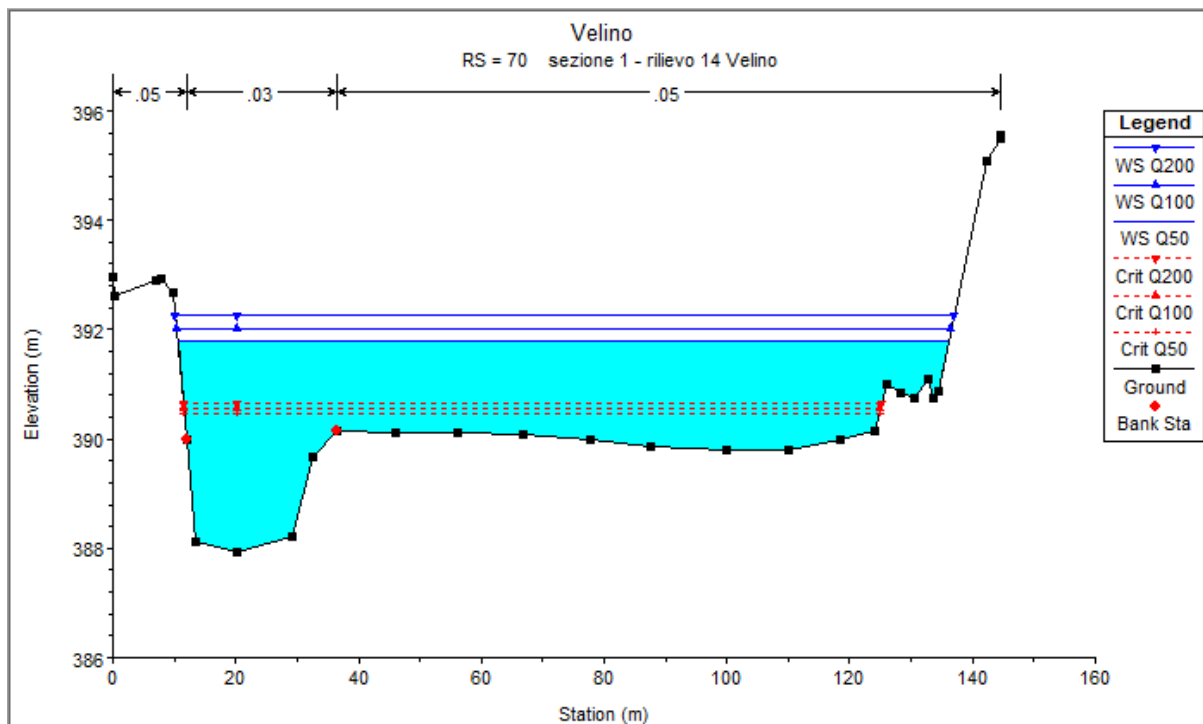


Figura 13: $RS=70$

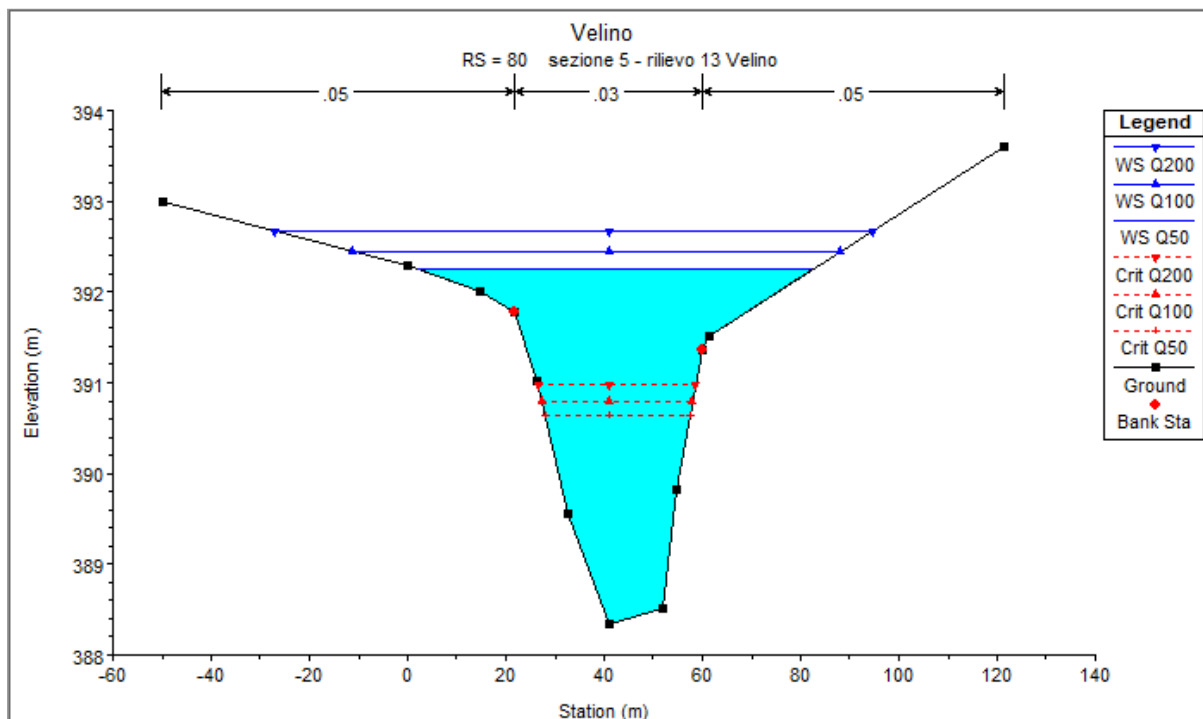


Figura 14: $RS=80$

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 19 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

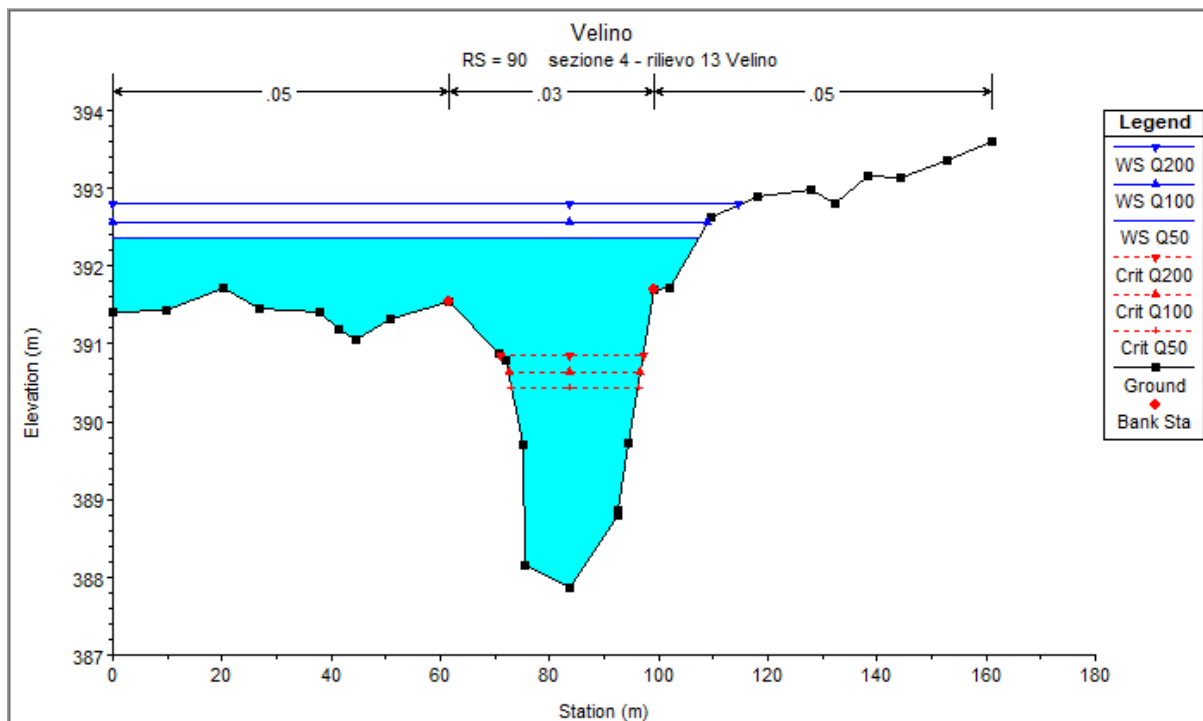


Figura 15: RS=90

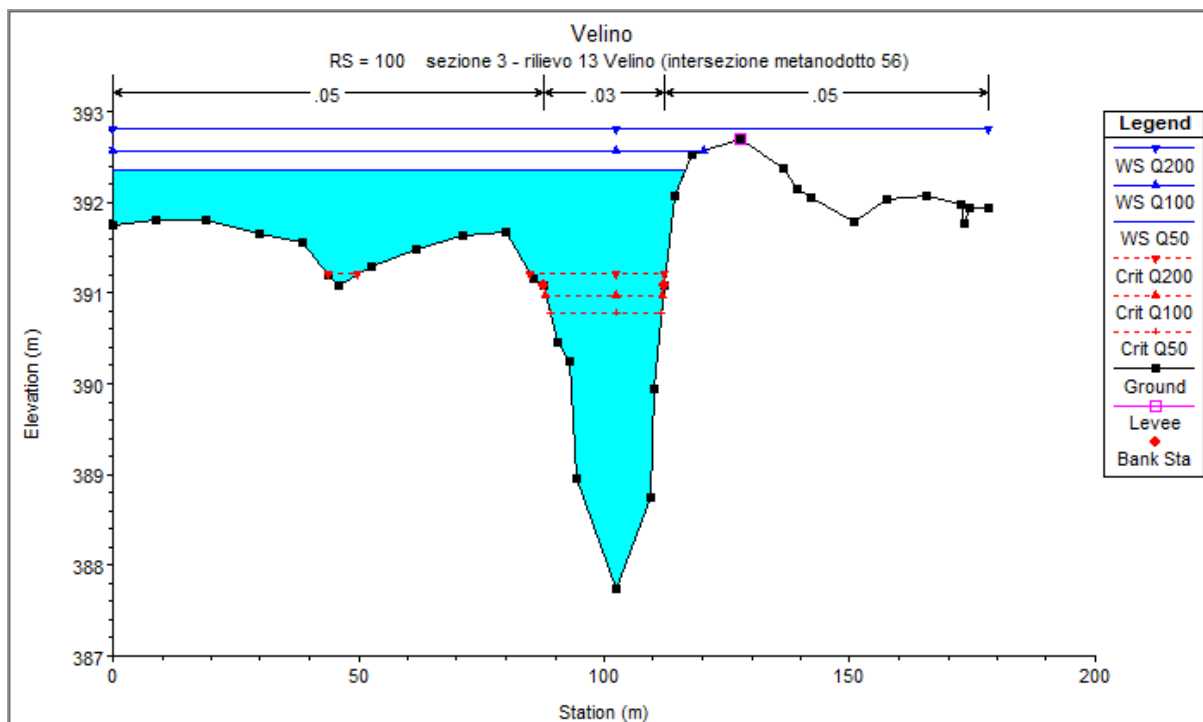


Figura 16: RS=100 (intersezione n. 56)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 20 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

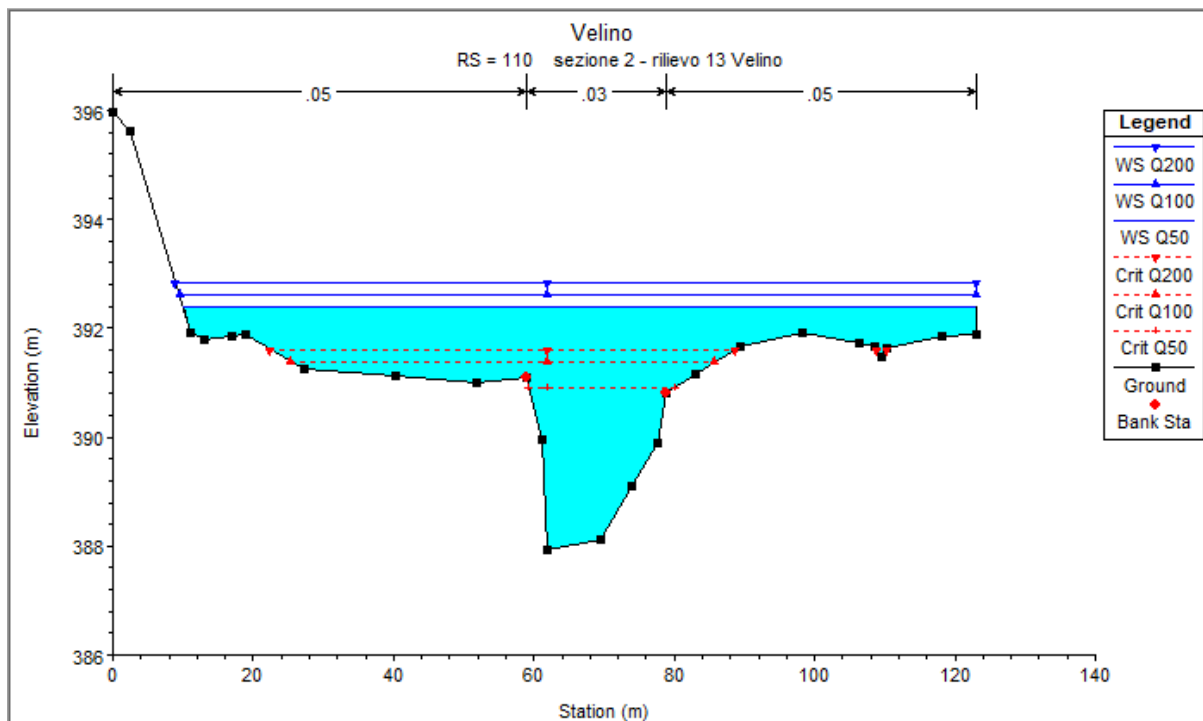


Figura 17: RS=110

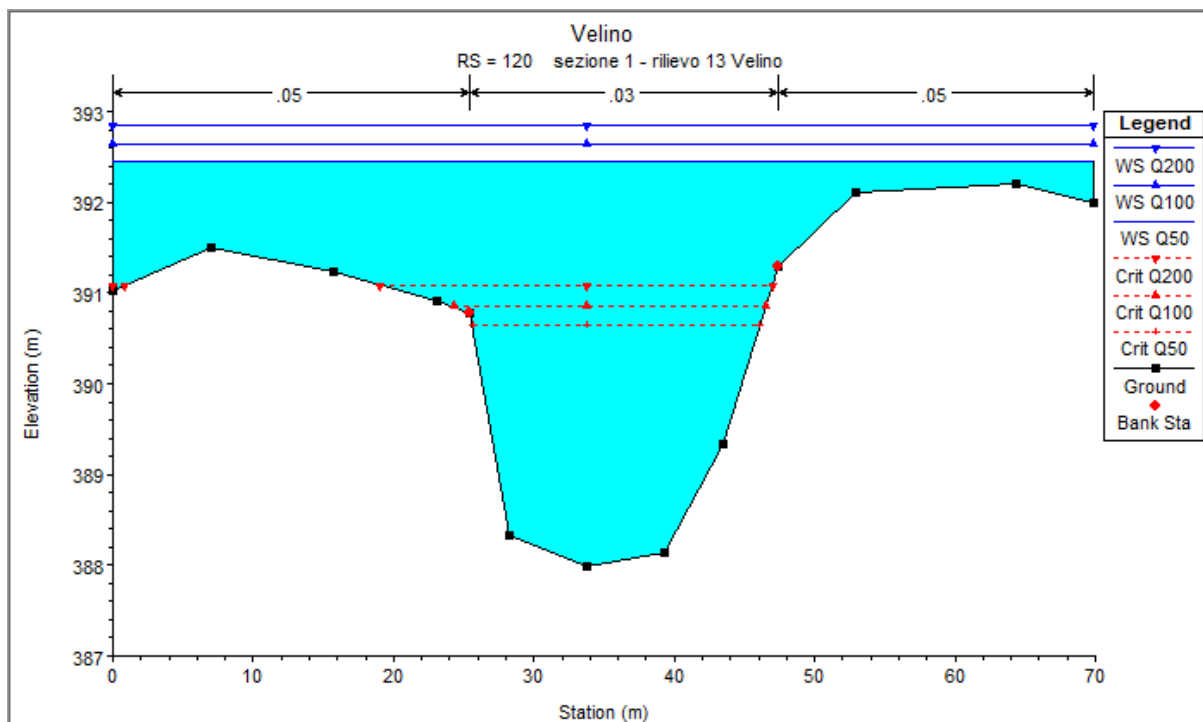


Figura 18: RS=120

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 21 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

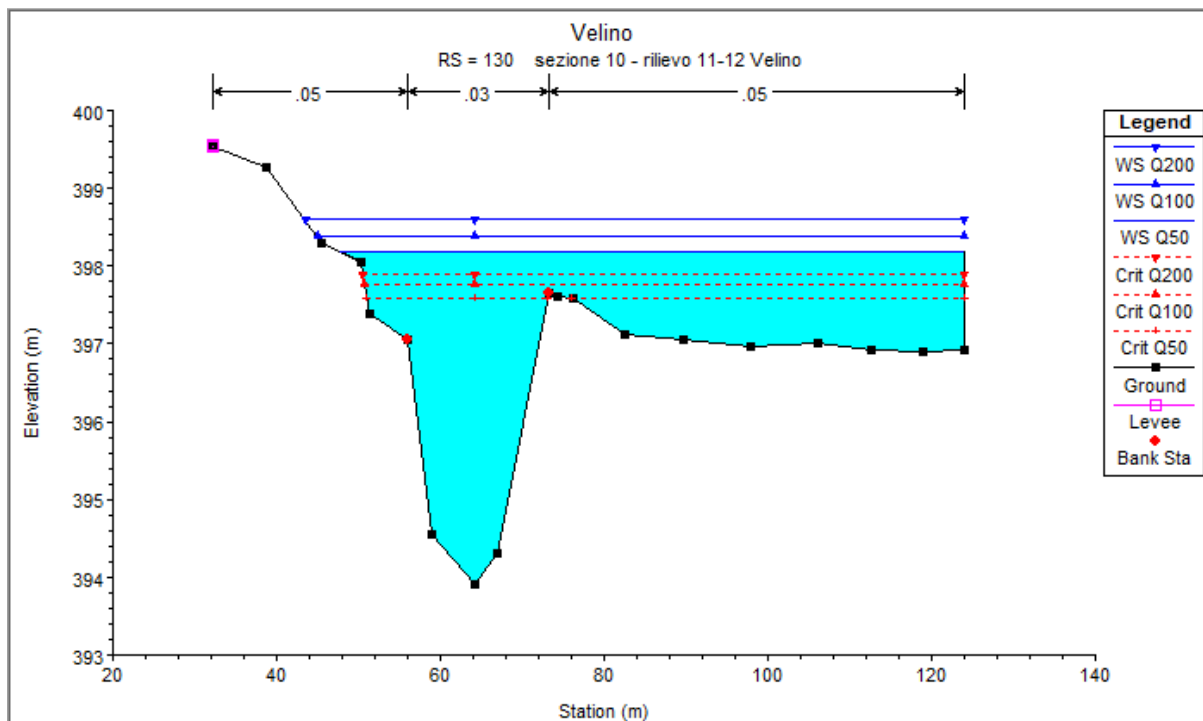


Figura 19: **RS=130**

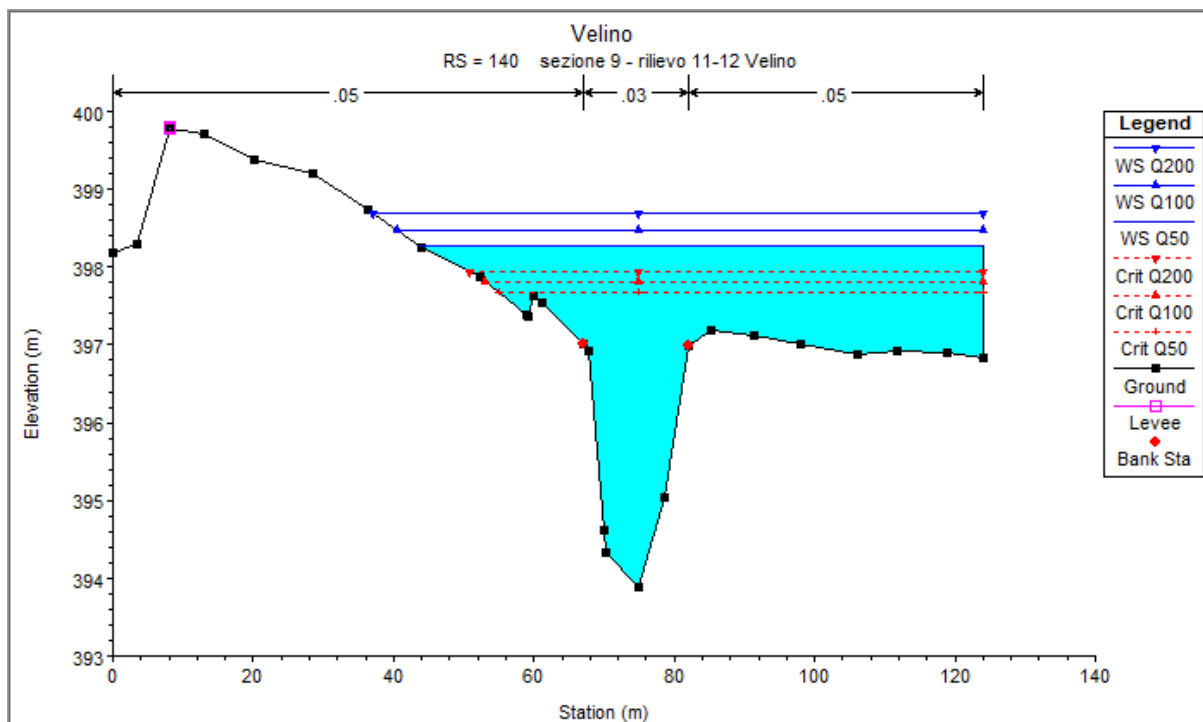


Figura 20: **RS=140**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 22 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

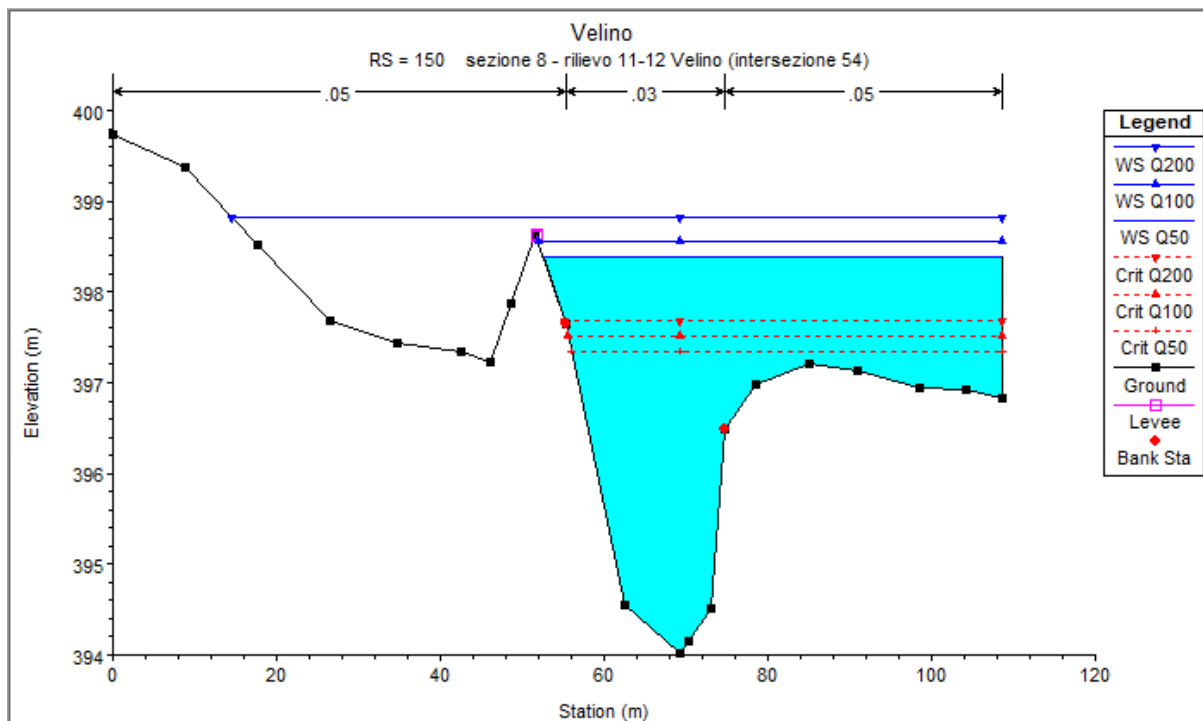


Figura 21: RS=150 (intersezione n. 54)

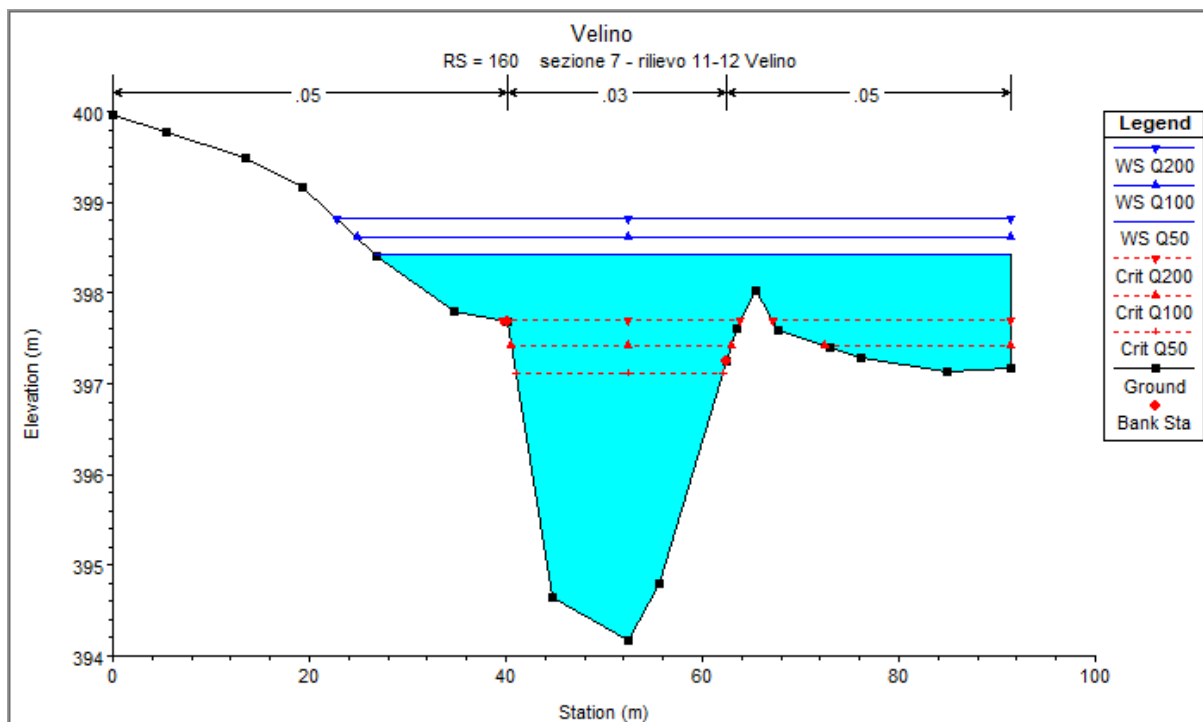


Figura 22: RS=160

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 23 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

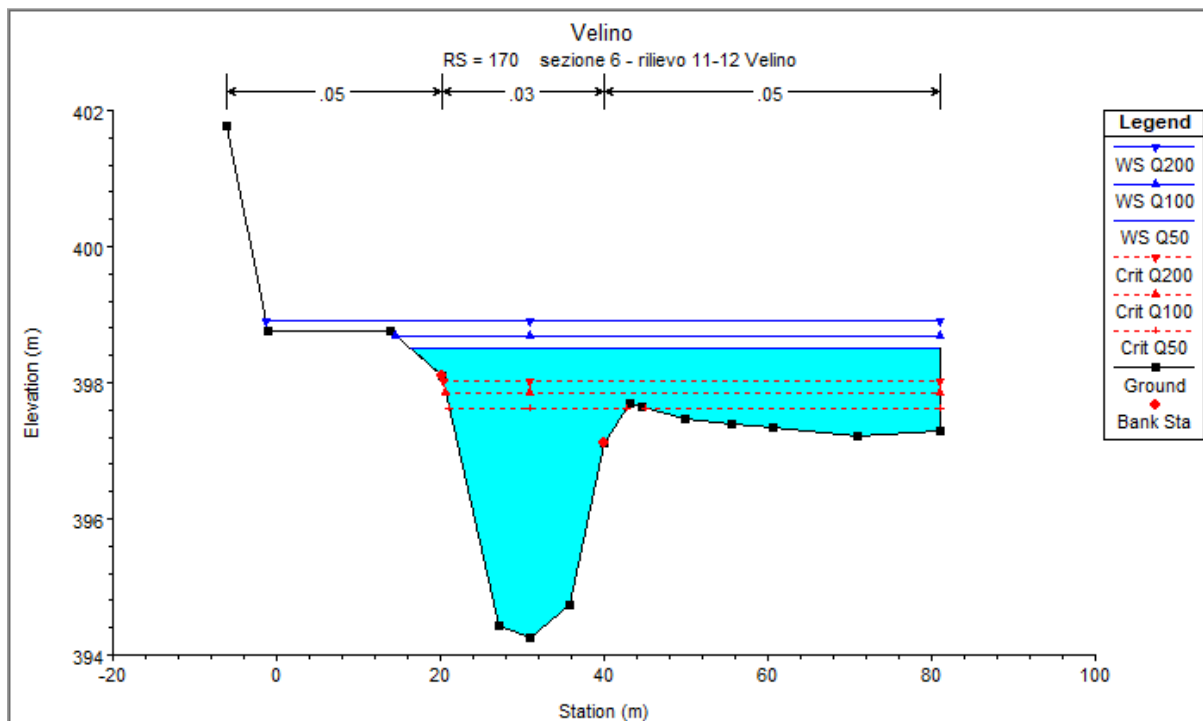


Figura 23: RS=170

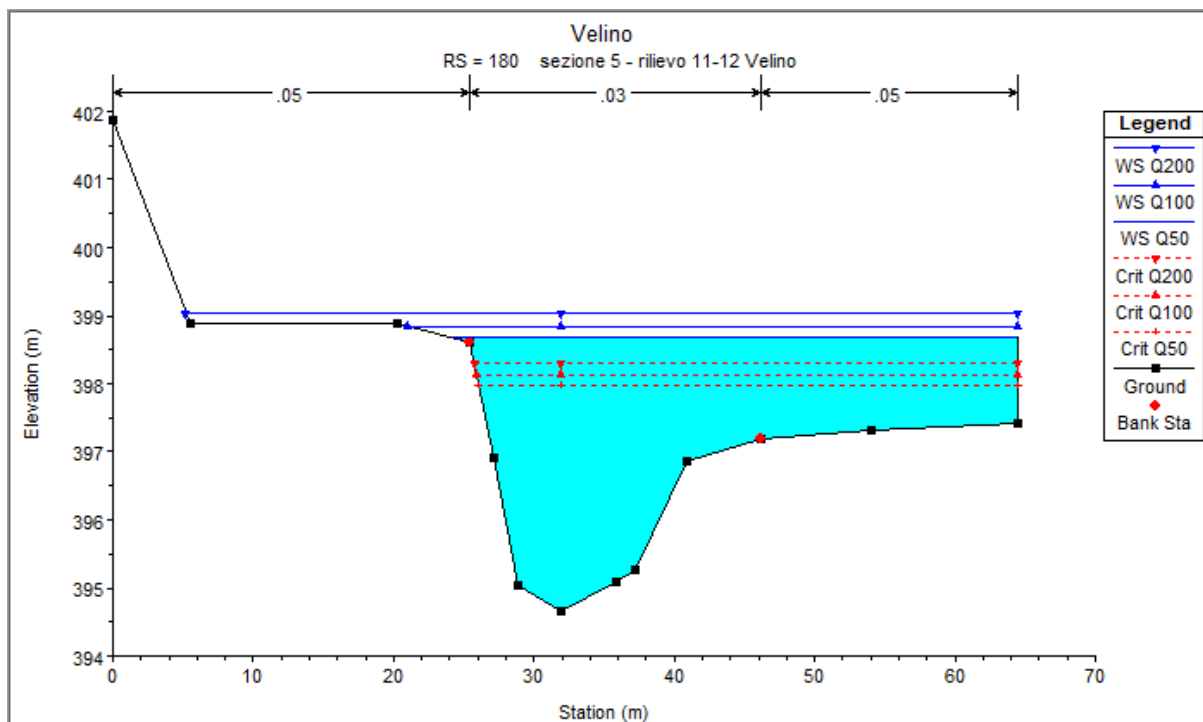


Figura 24: RS=180

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

24 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

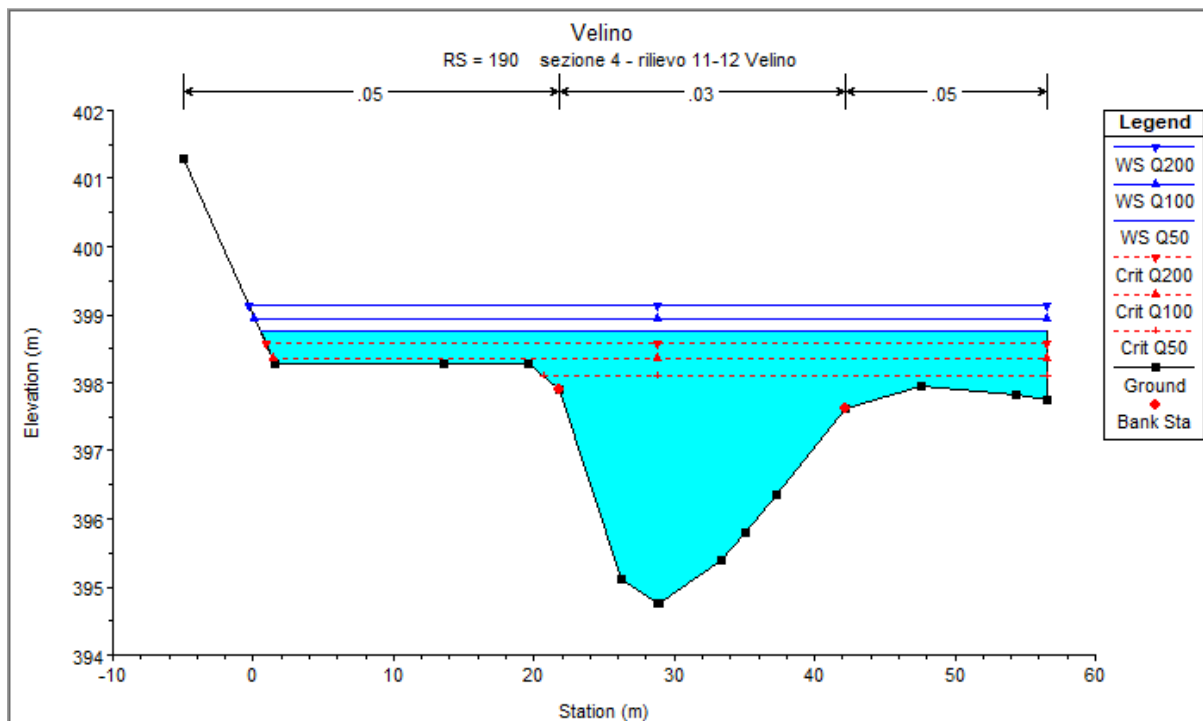


Figura 25: **RS=190**

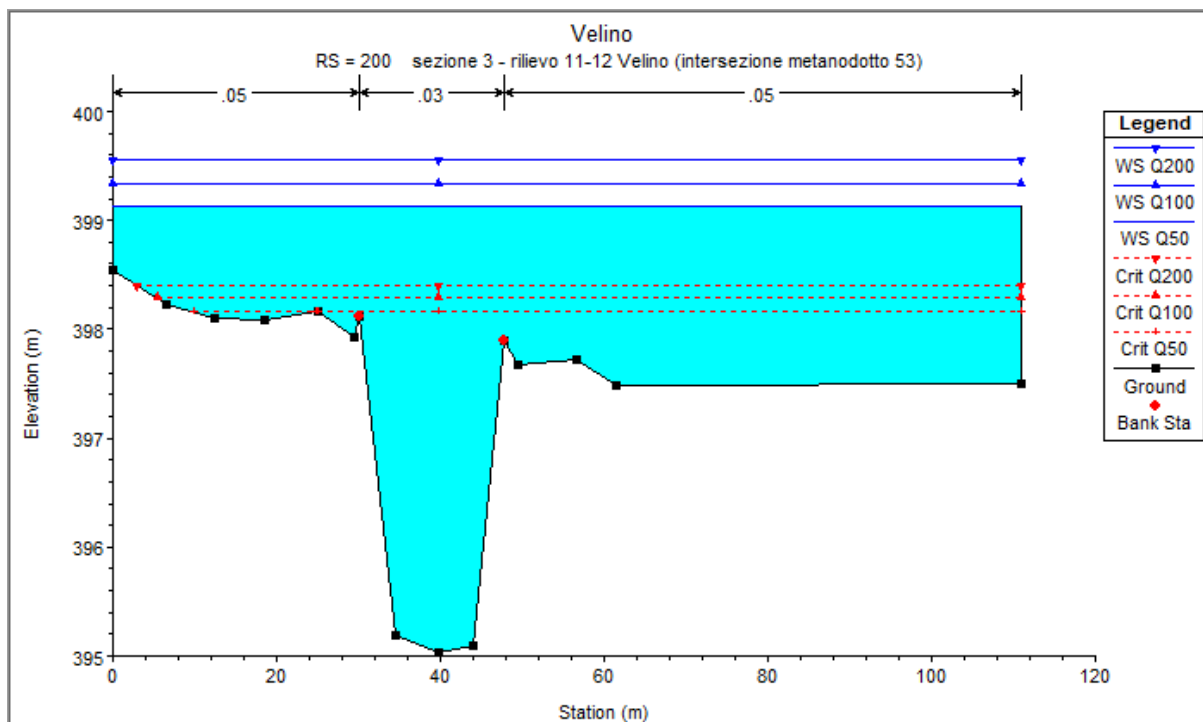


Figura 26: **RS=200 (intersezione n. 53)**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

25 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

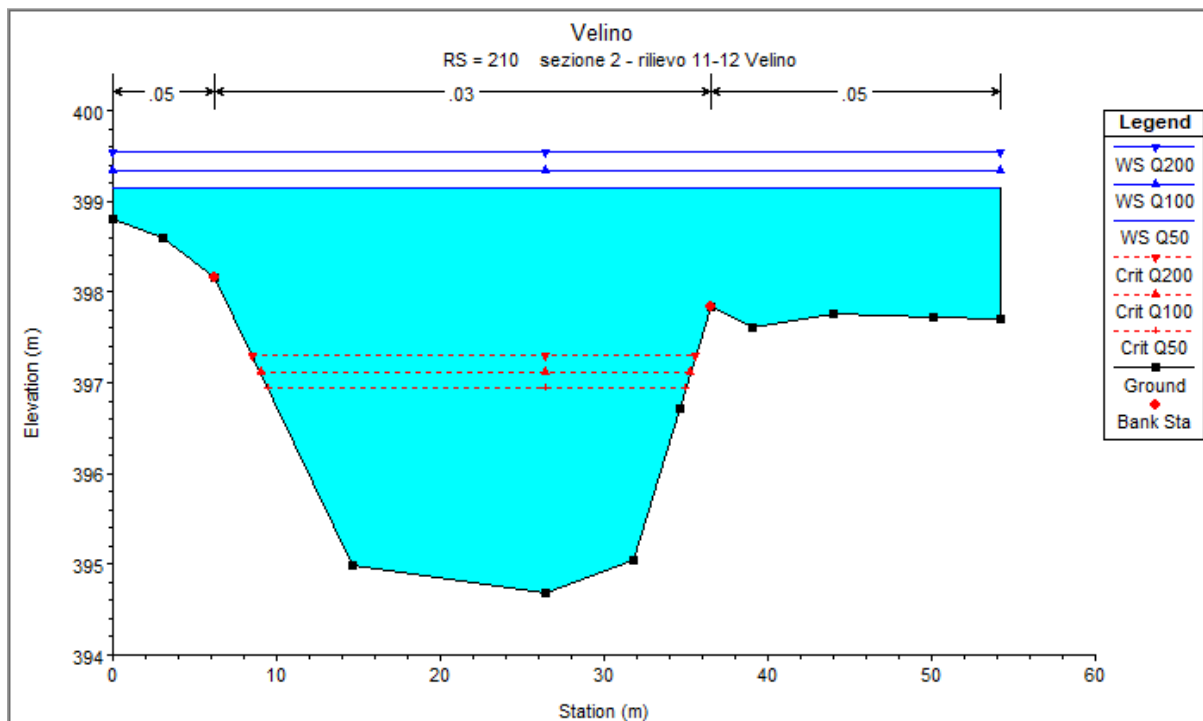


Figura 27: **RS=210**

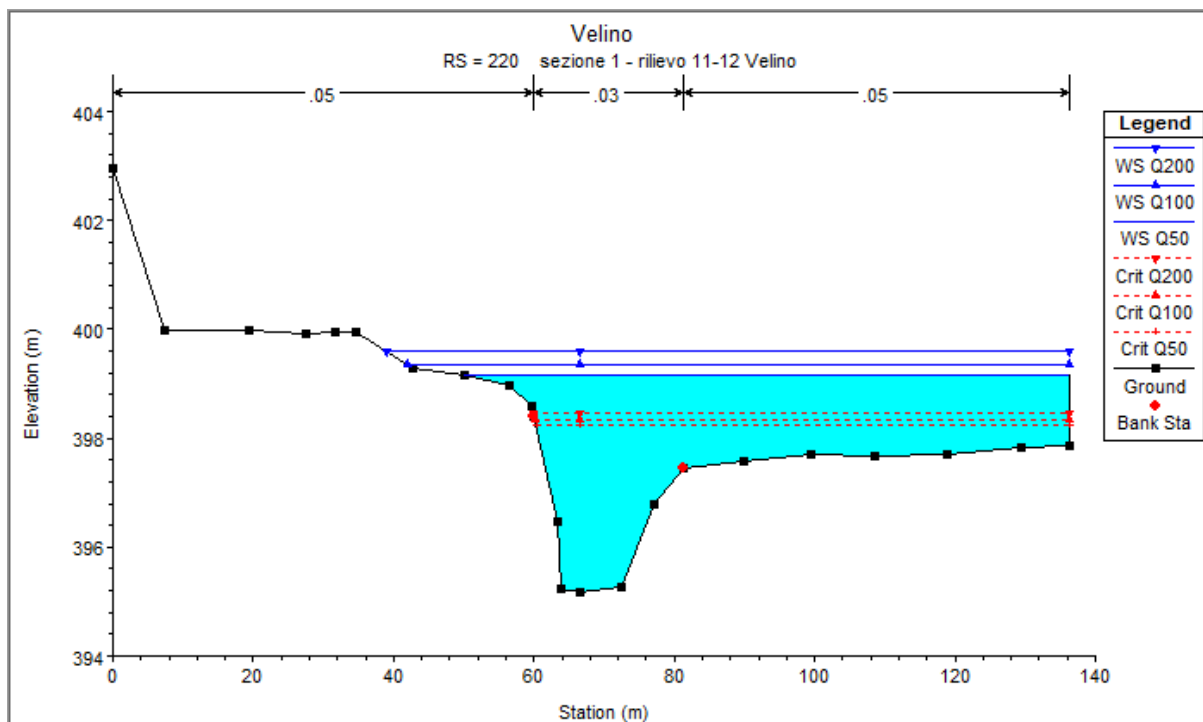


Figura 28: **RS=220**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 26 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

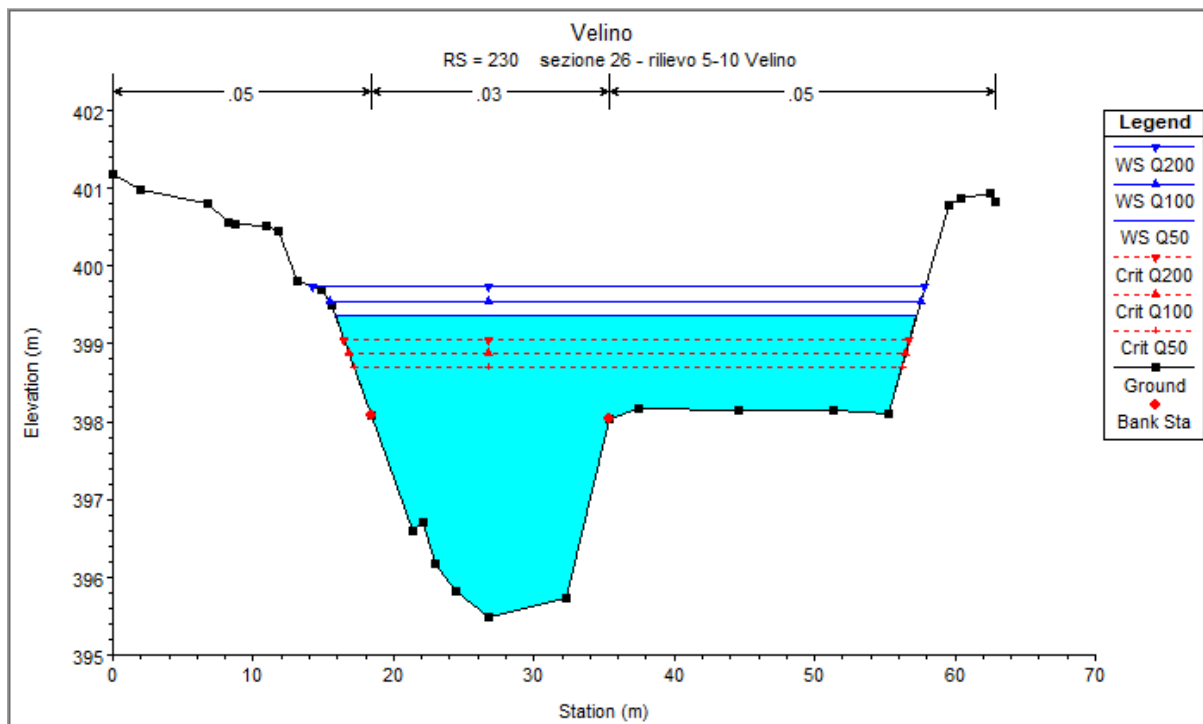


Figura 29: **RS=230**

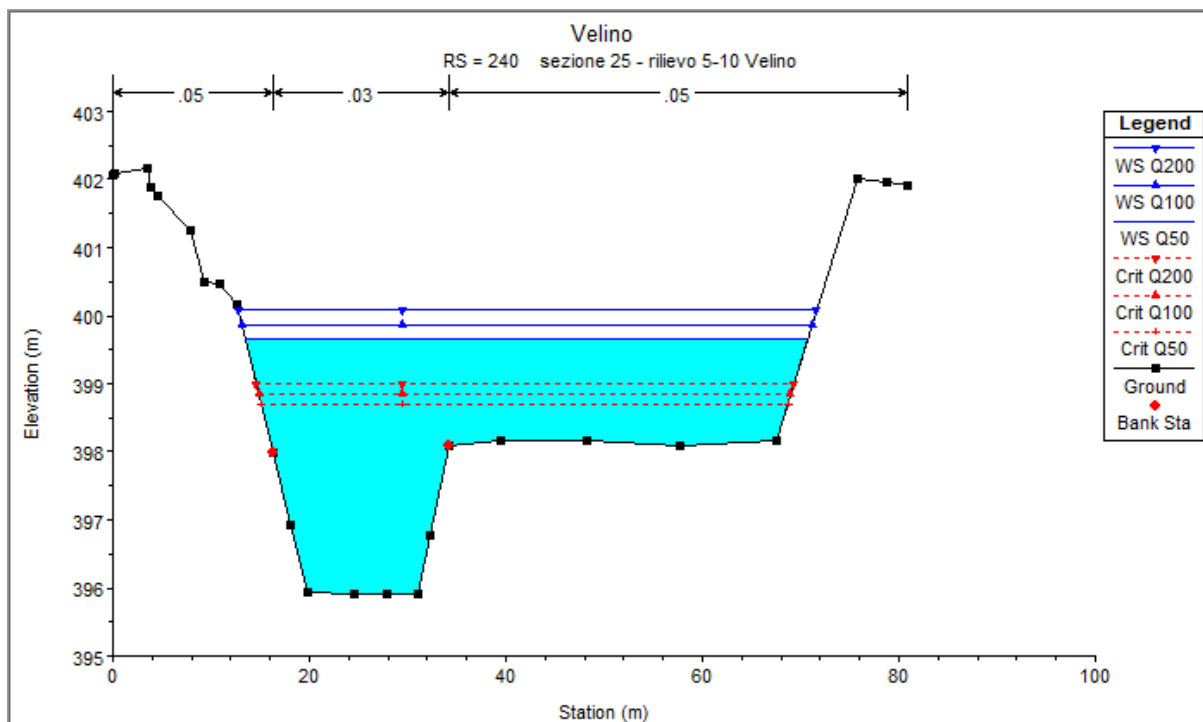


Figura 30: **RS=240**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 27 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

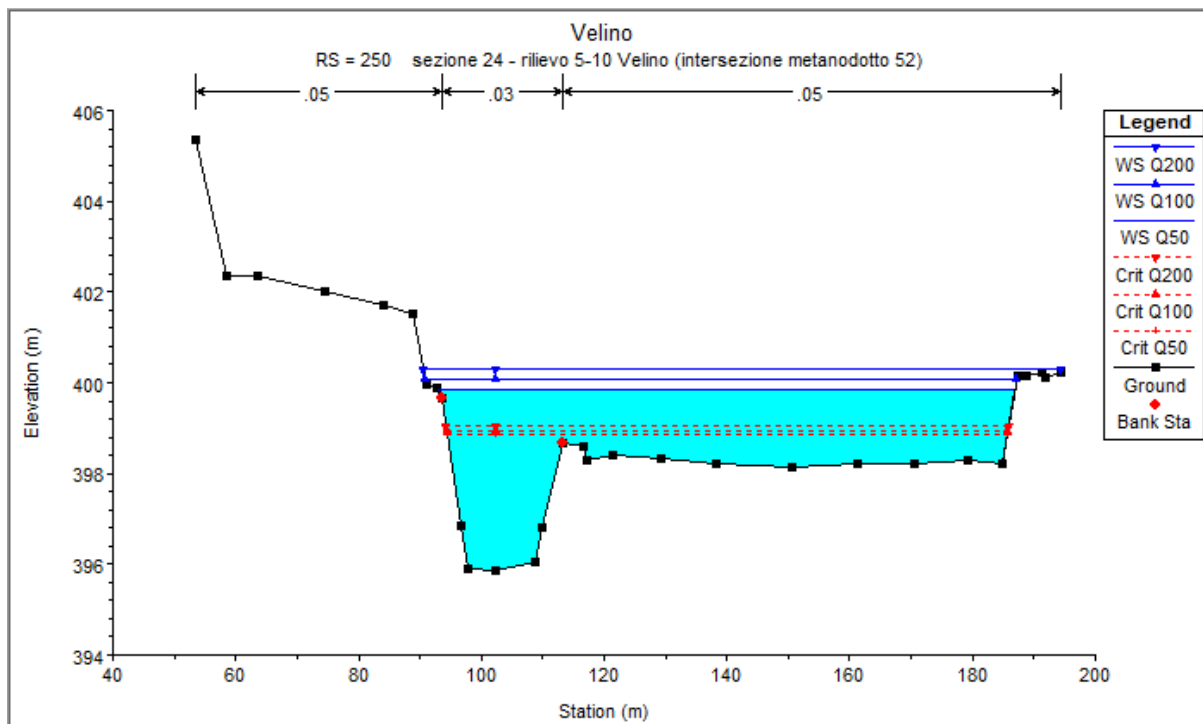


Figura 31: RS=250 (intersezione n. 52)

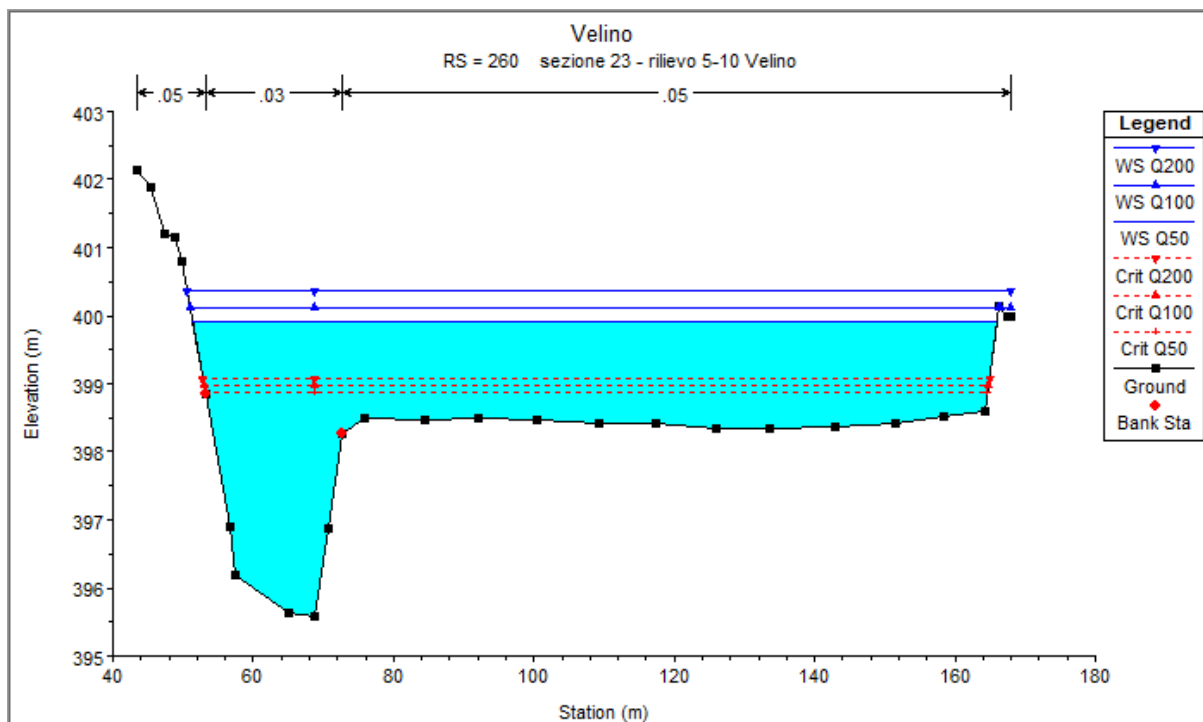


Figura 32: RS=260

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

28 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

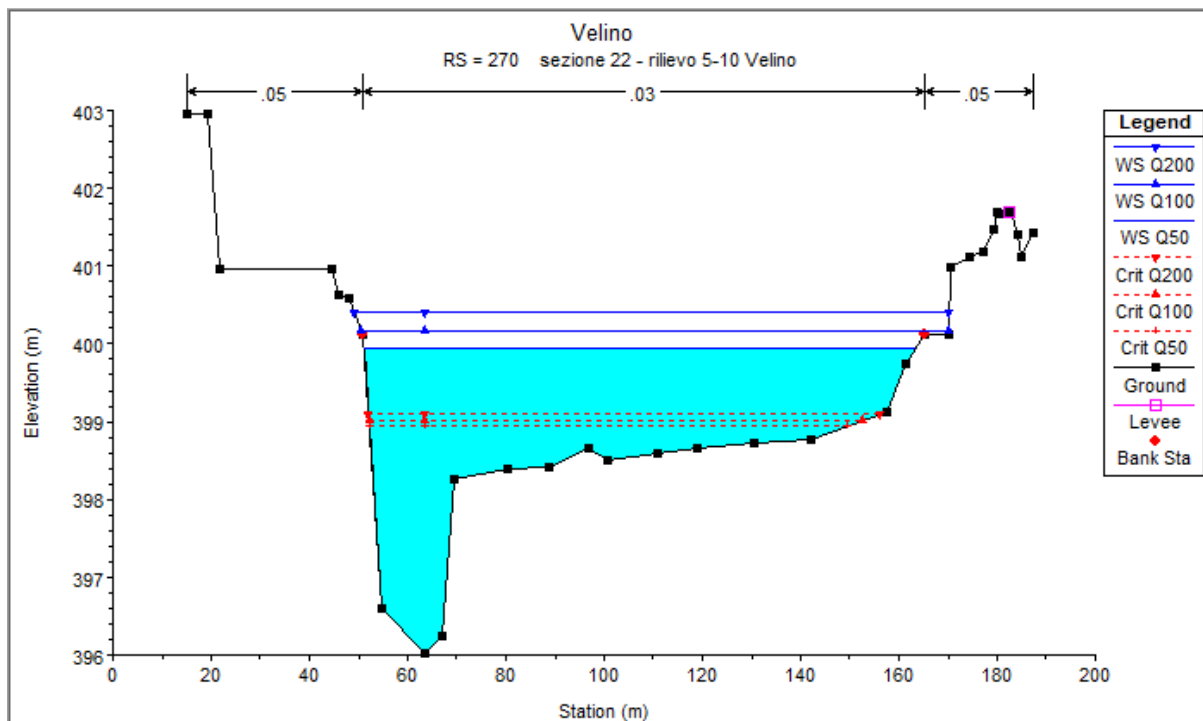


Figura 33: RS=270

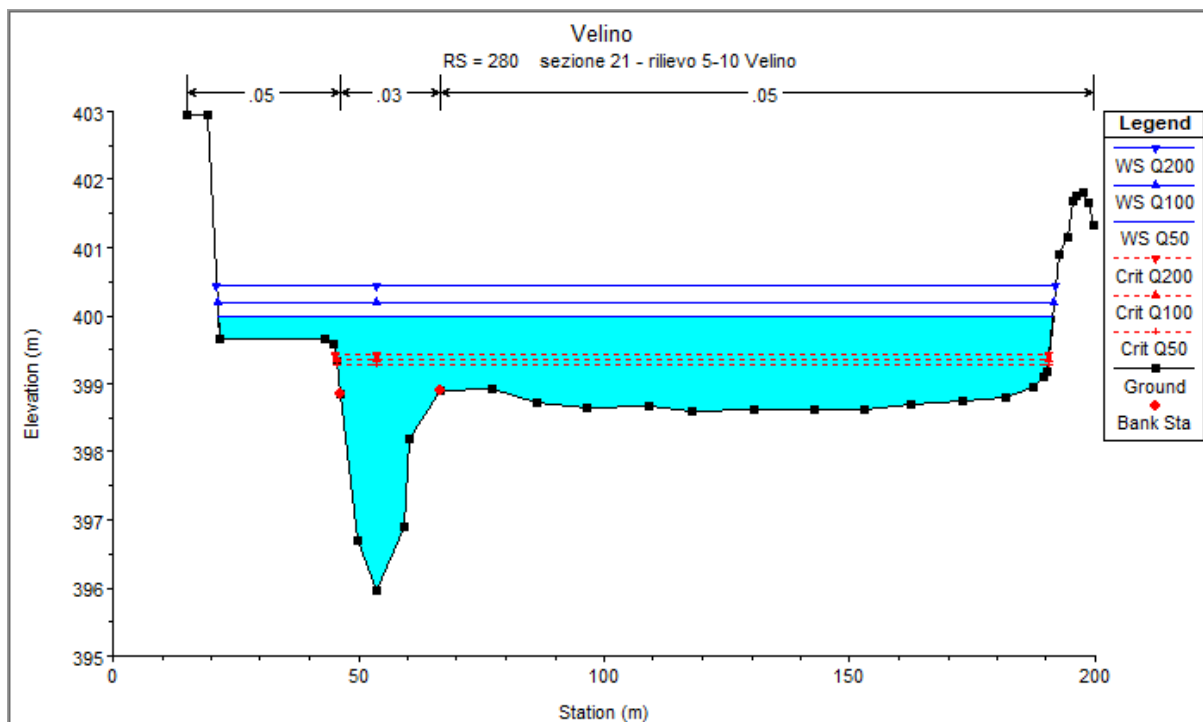


Figura 34: RS=280

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

29 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

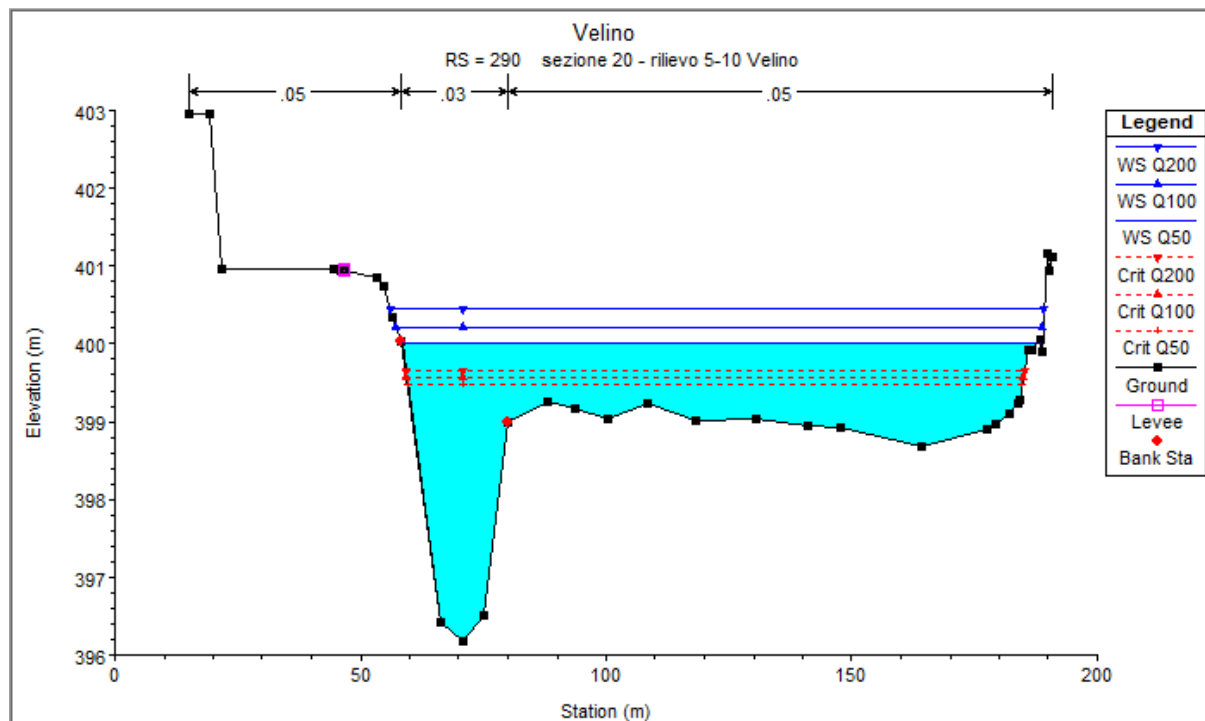


Figura 35: RS=290

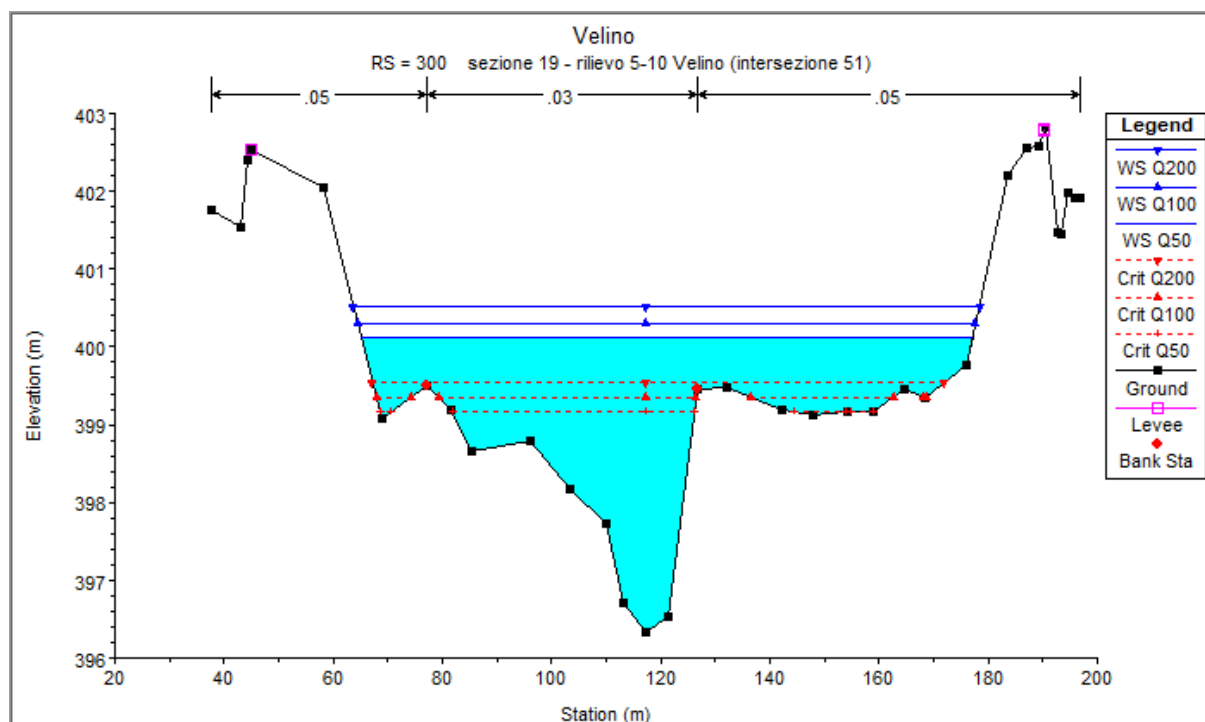


Figura 36: RS=300 (intersezione n. 51)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 30 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

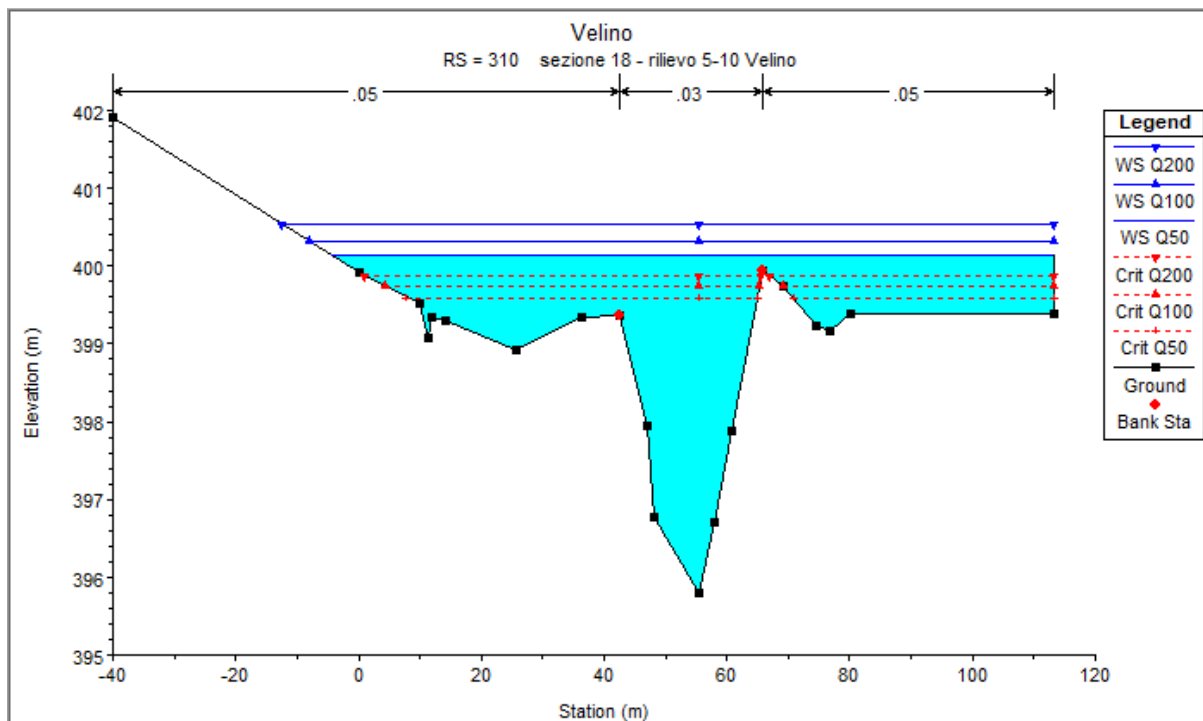


Figura 37: RS=310

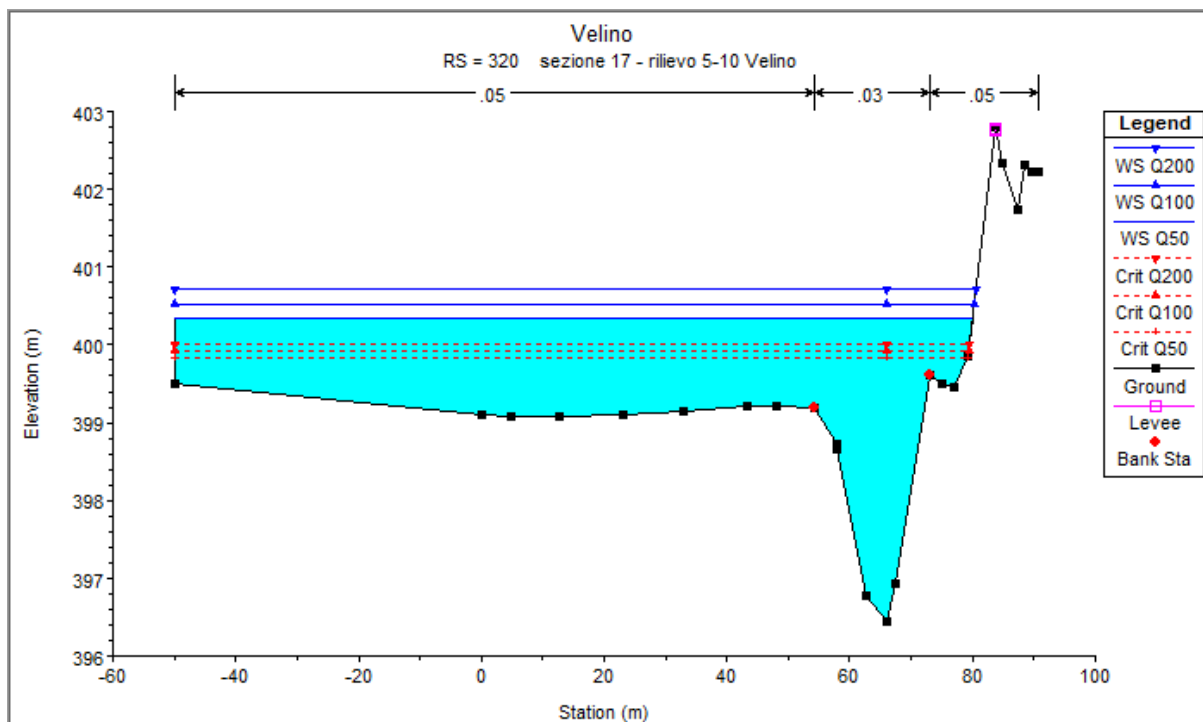


Figura 38: RS=320

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

31 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

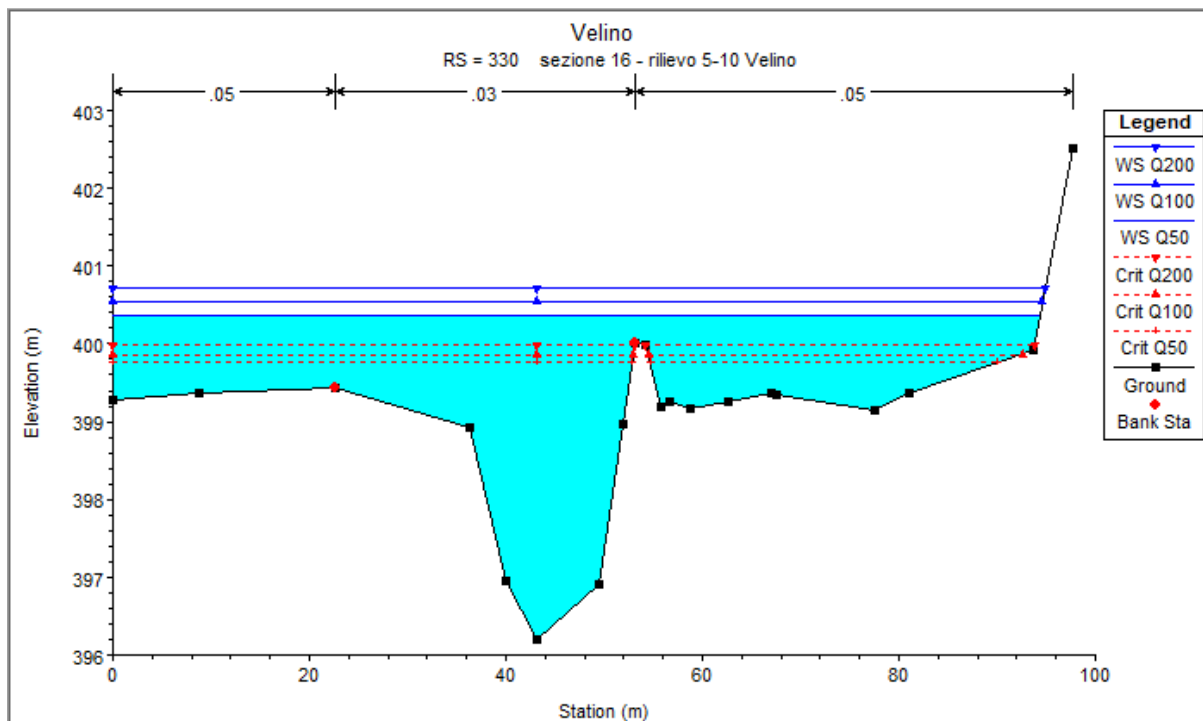


Figura 39: RS=330

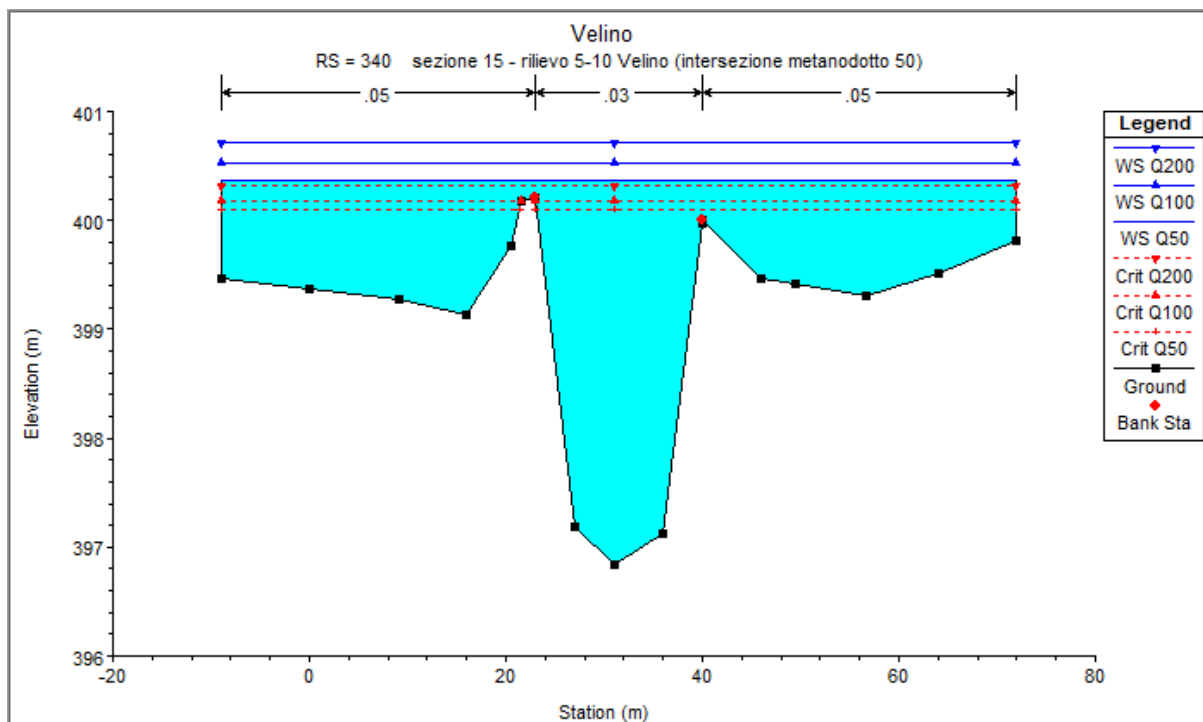


Figura 40: RS=340 (intersezione n. 50)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

32 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

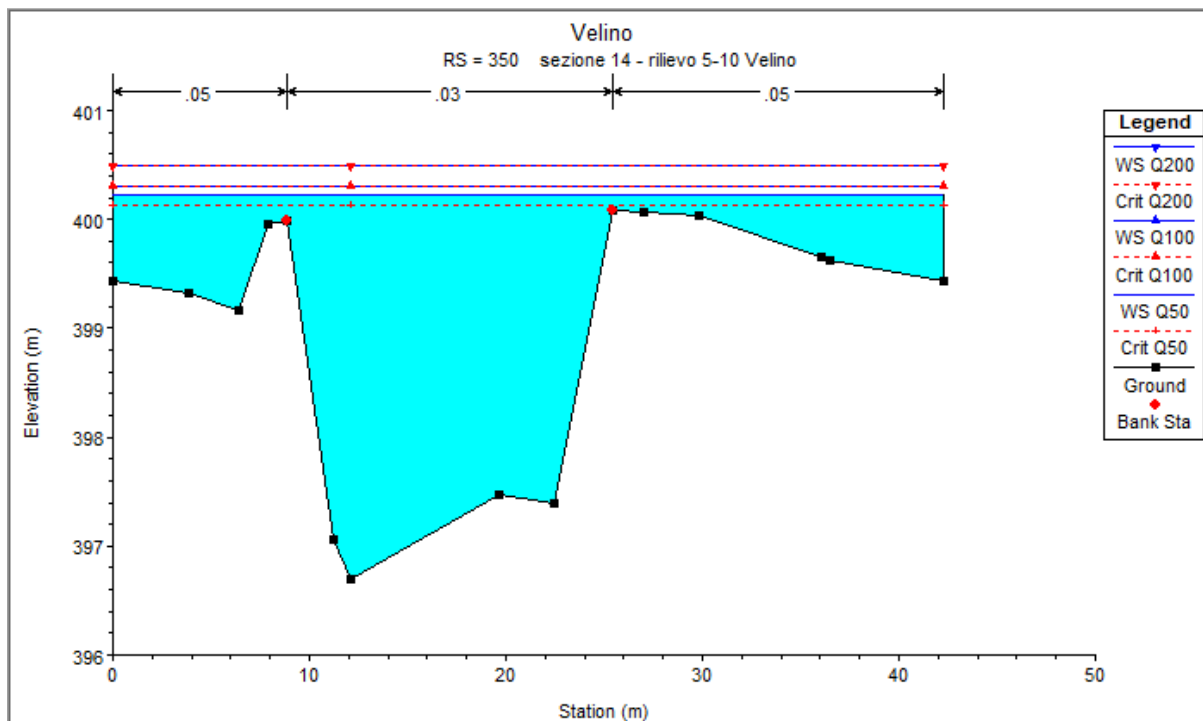


Figura 41: RS=350

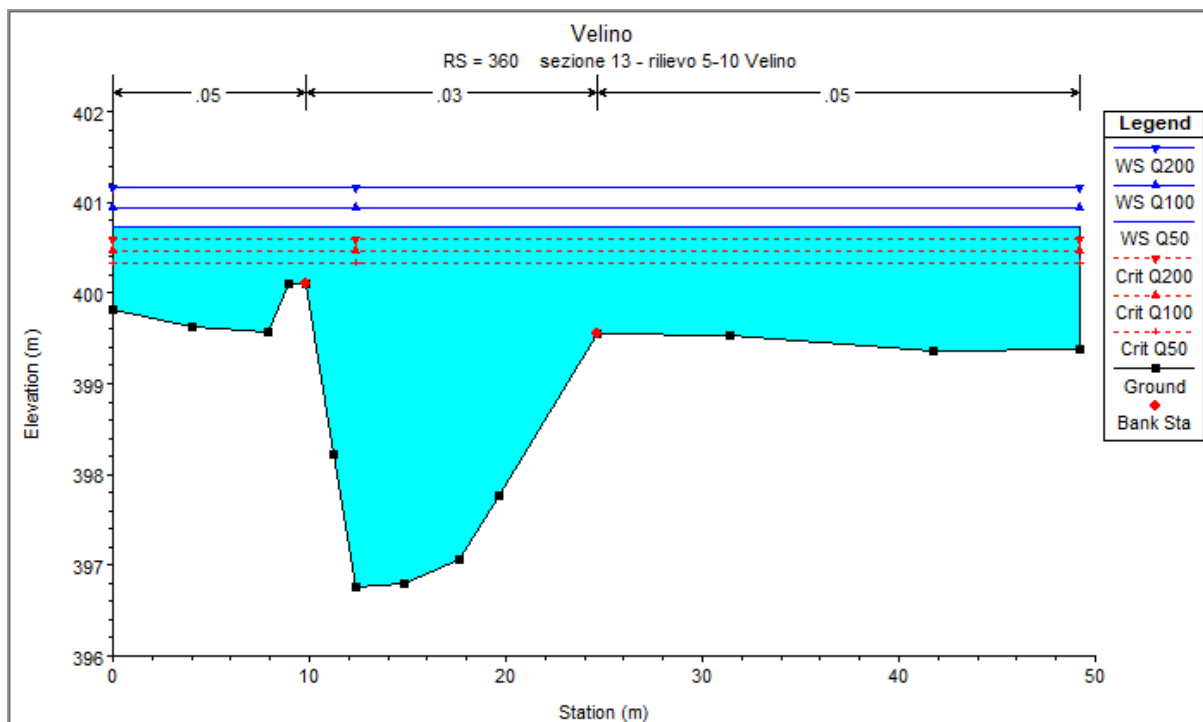


Figura 42: RS=360

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

33 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

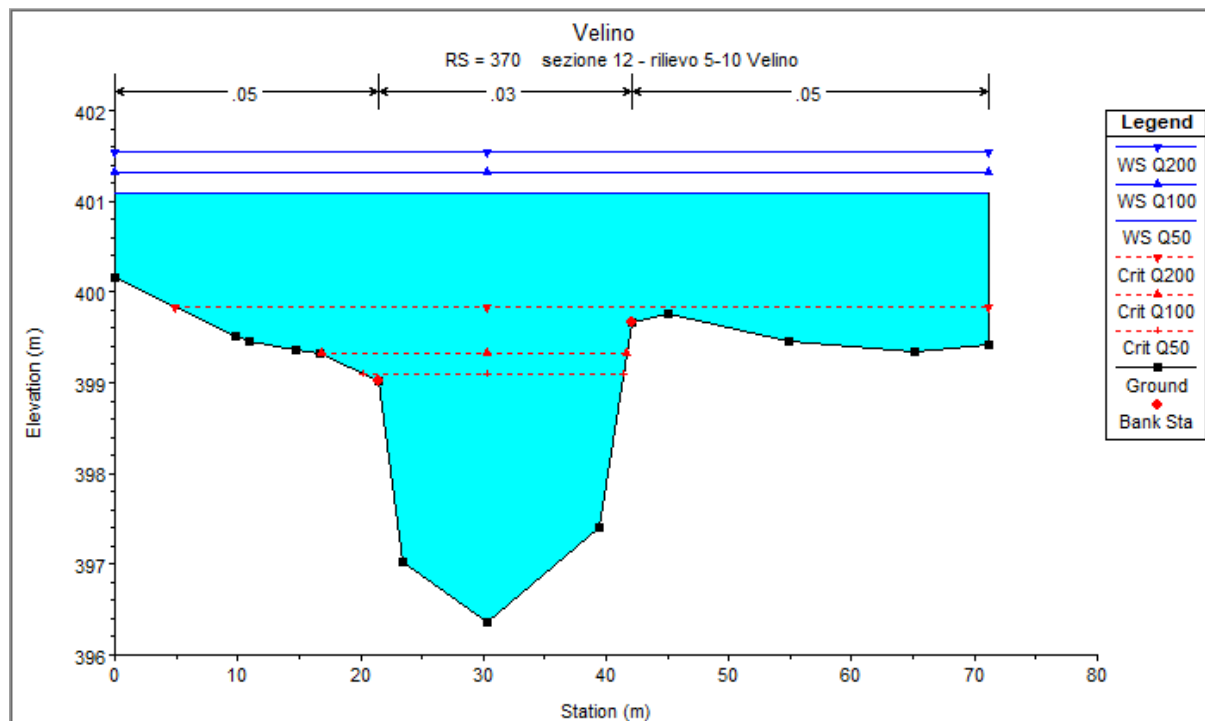


Figura 43: RS=370

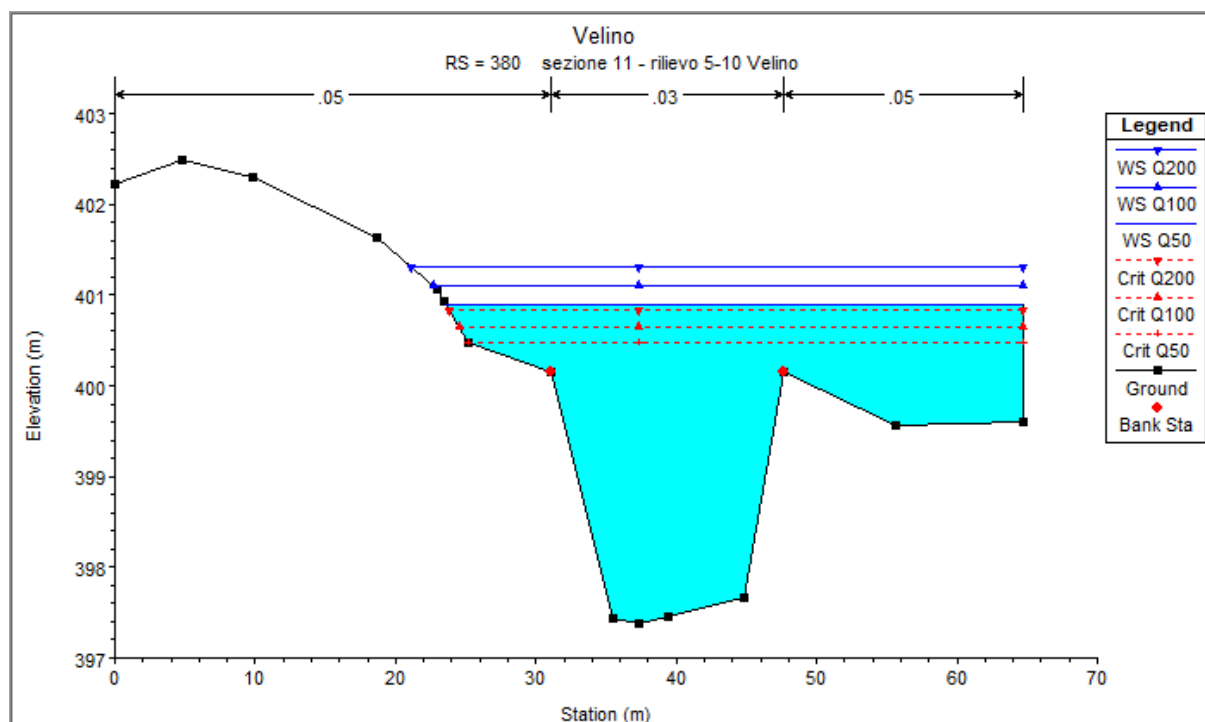


Figura 44: RS=380

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

34 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

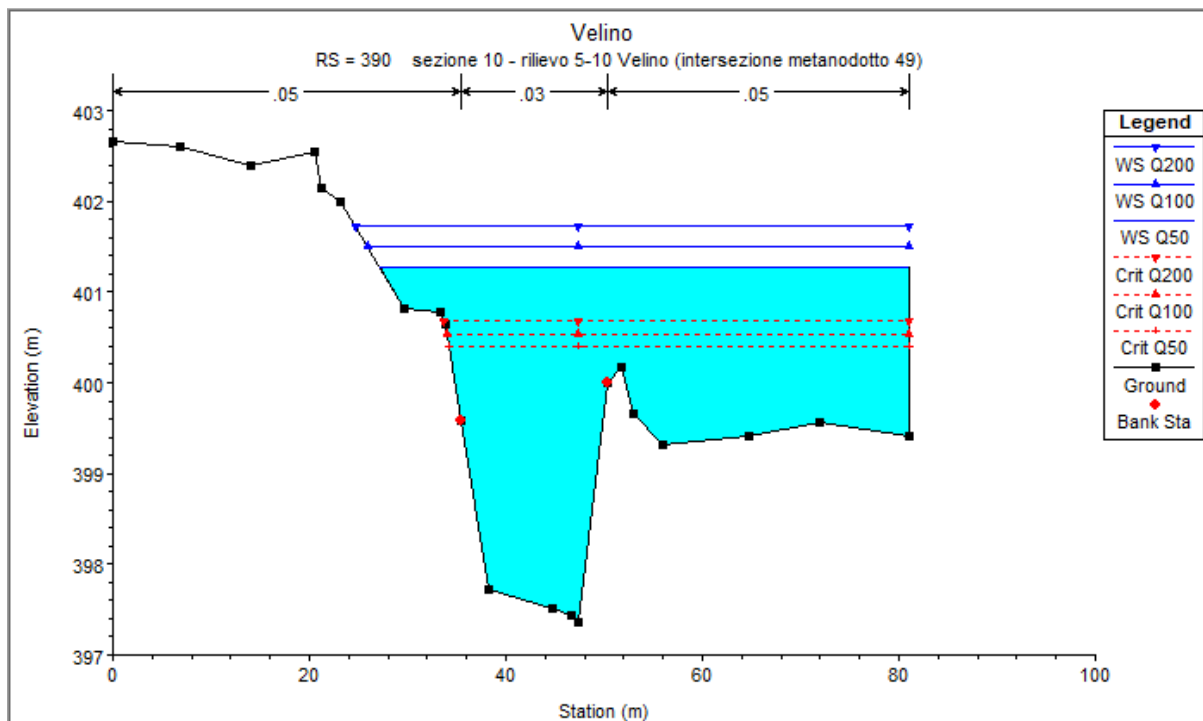


Figura 45: RS=390 (intersezione n. 49)

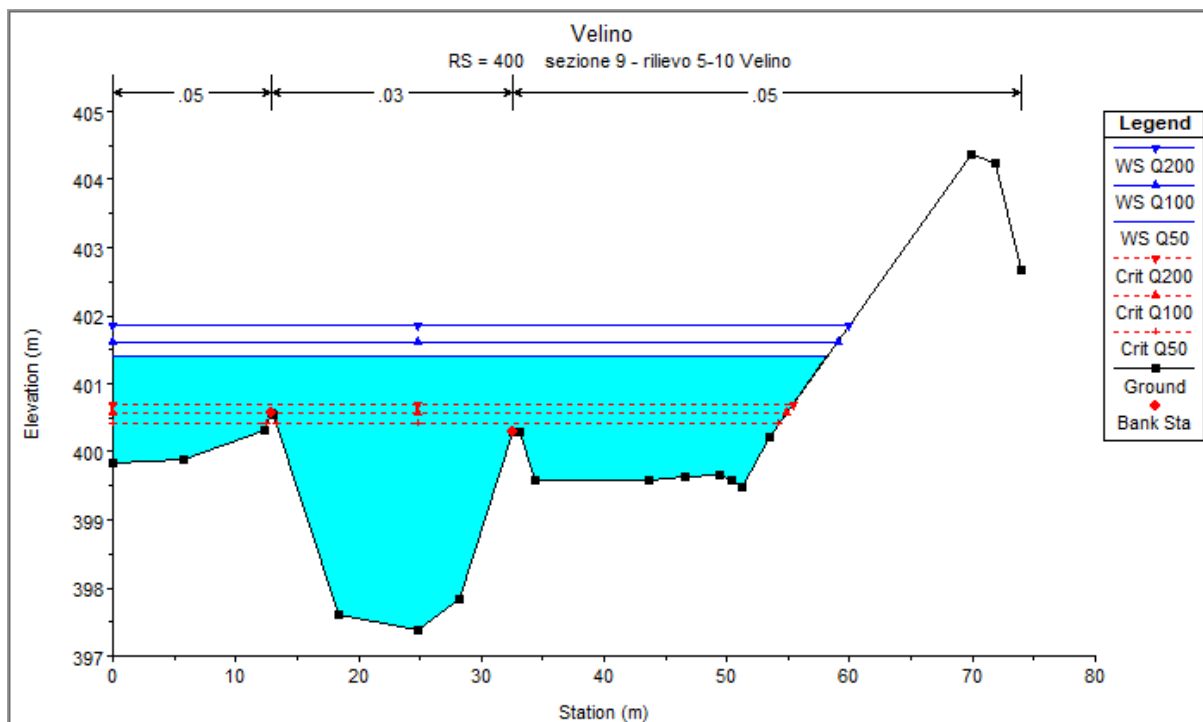


Figura 46: RS=400

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 35 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

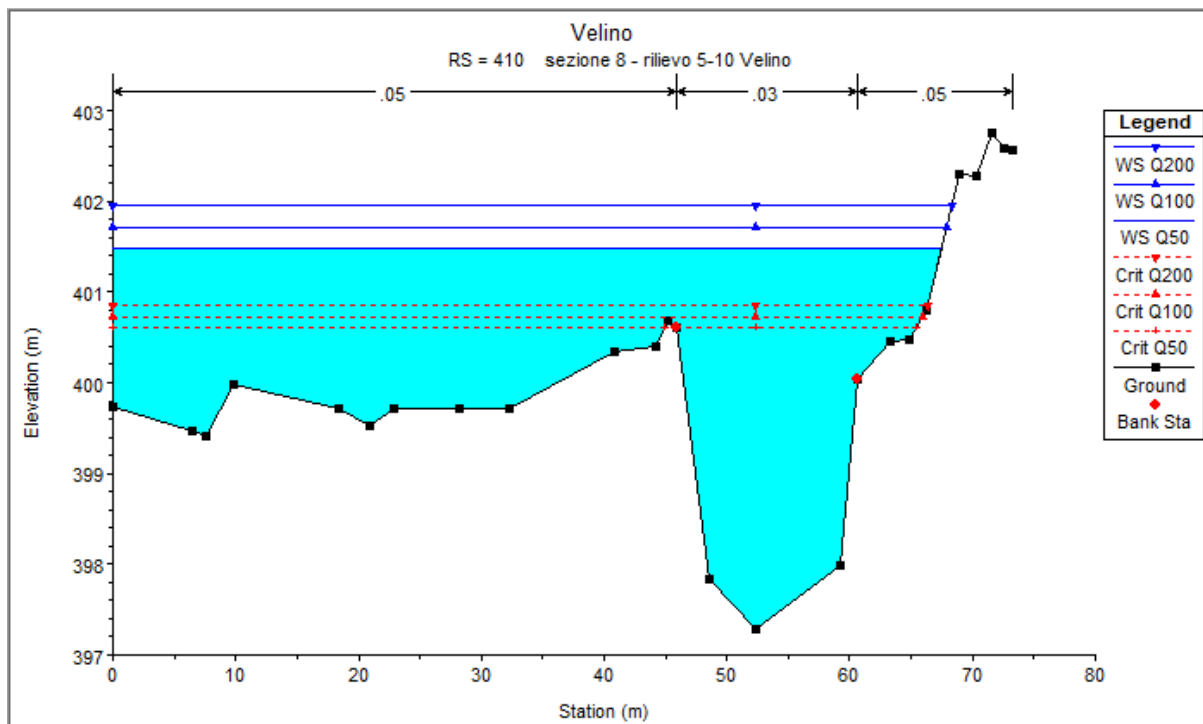


Figura 47: RS=410

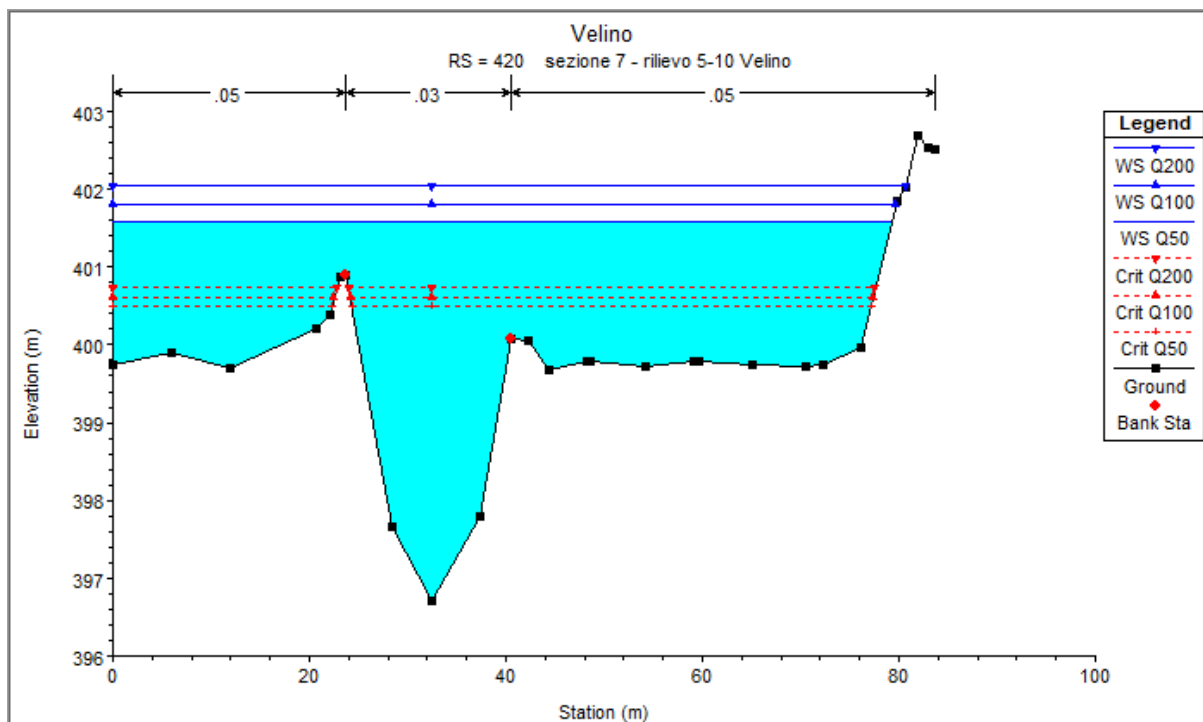


Figura 48: RS=420

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

36 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

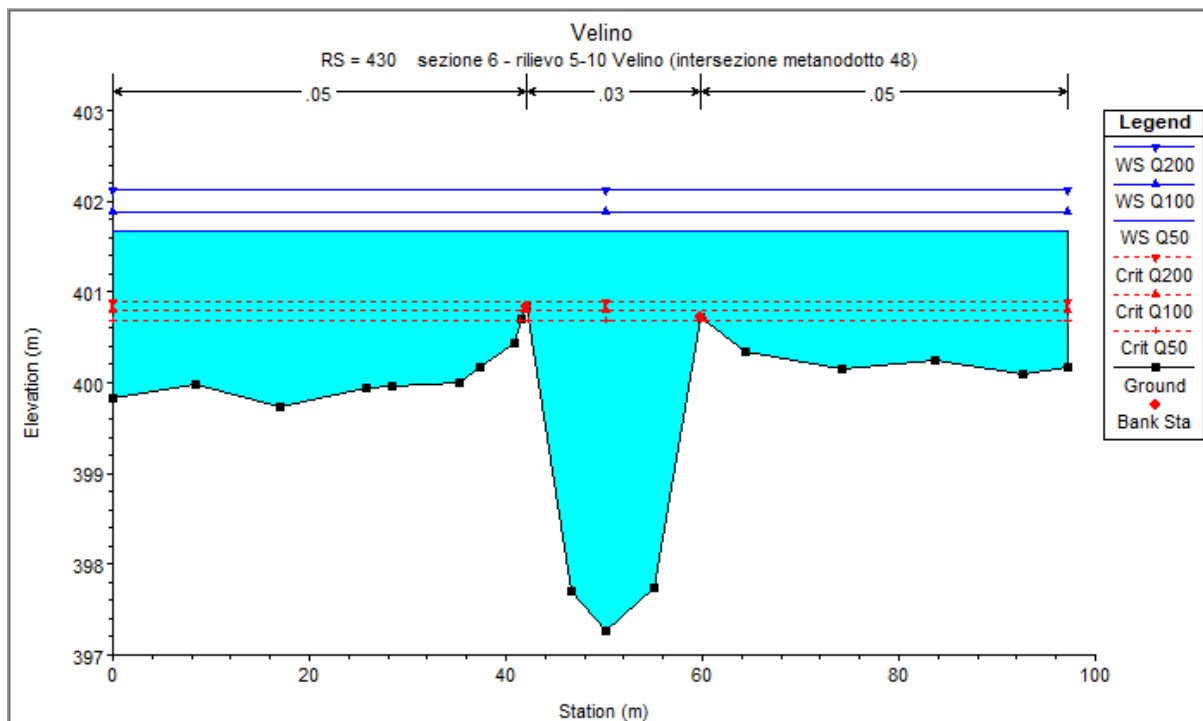


Figura 49: RS=430 (intersezione n. 48)

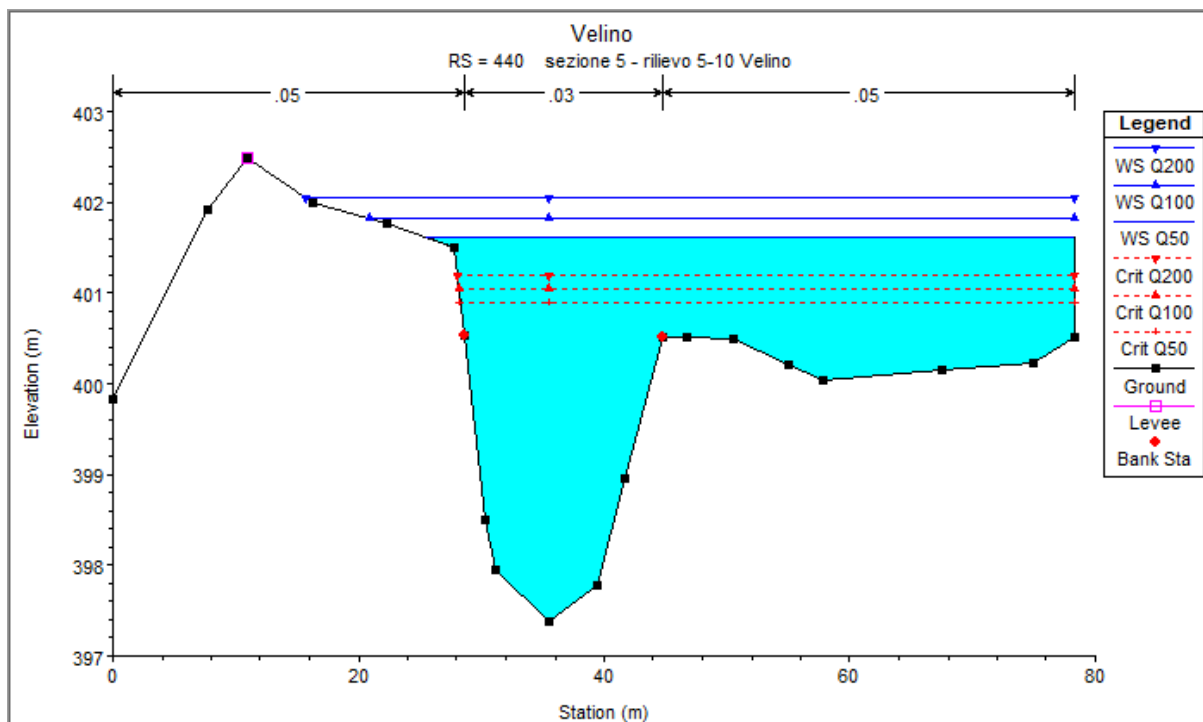


Figura 50: RS=440

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

37 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

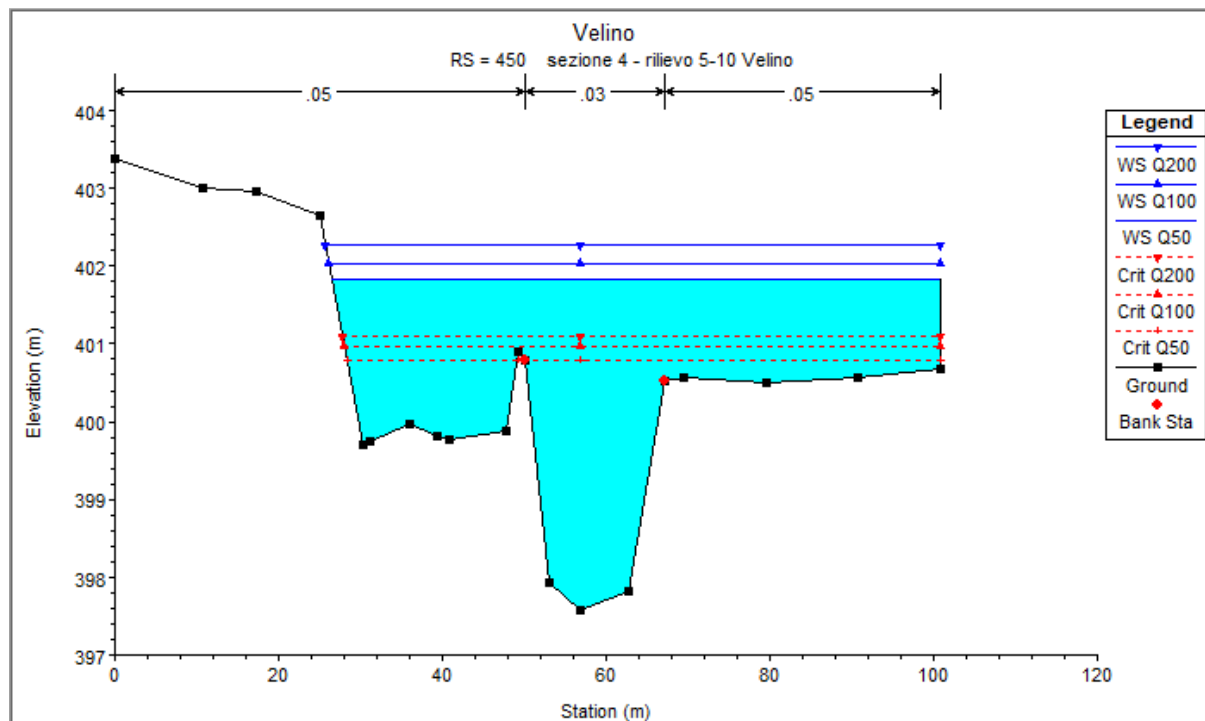


Figura 51: RS=450

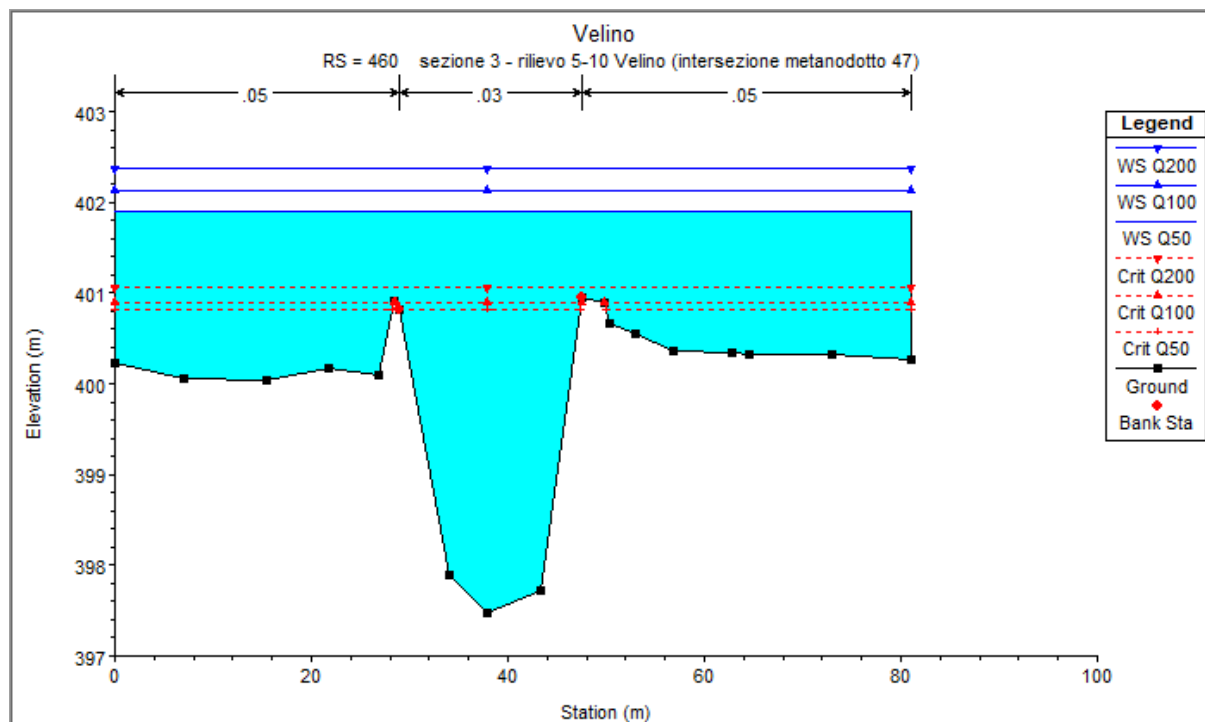


Figura 52: RS=460 (intersezione n. 47)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 38 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

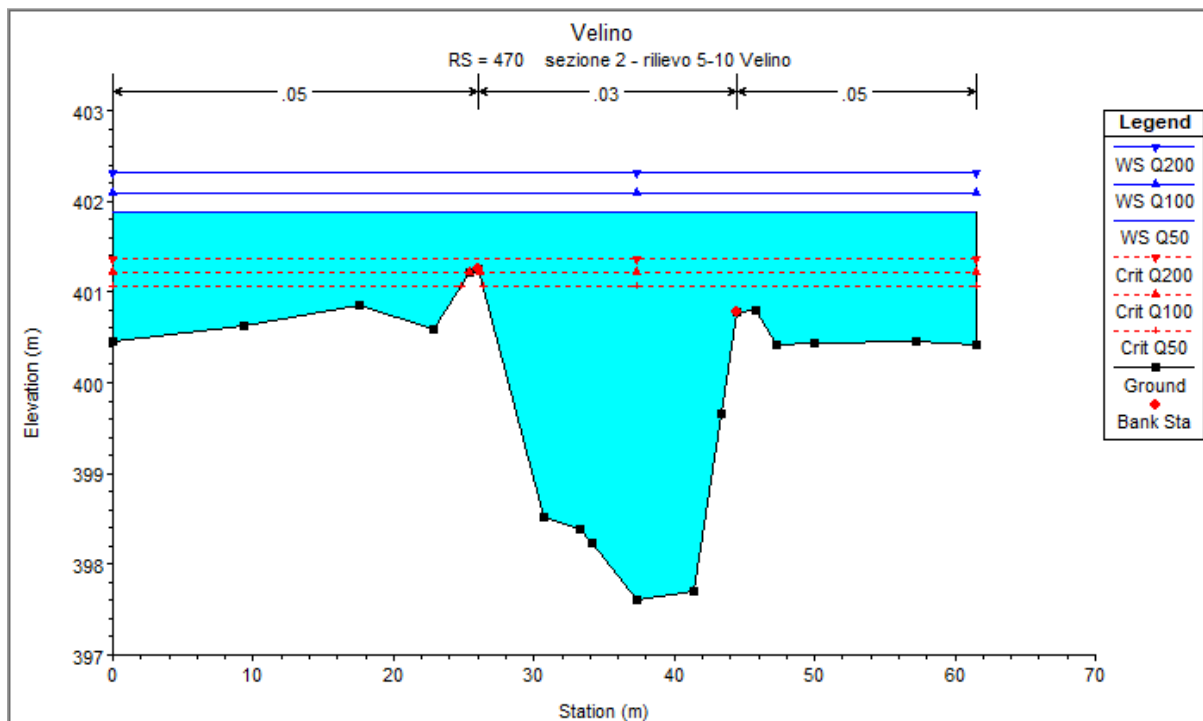


Figura 53: **RS=470**

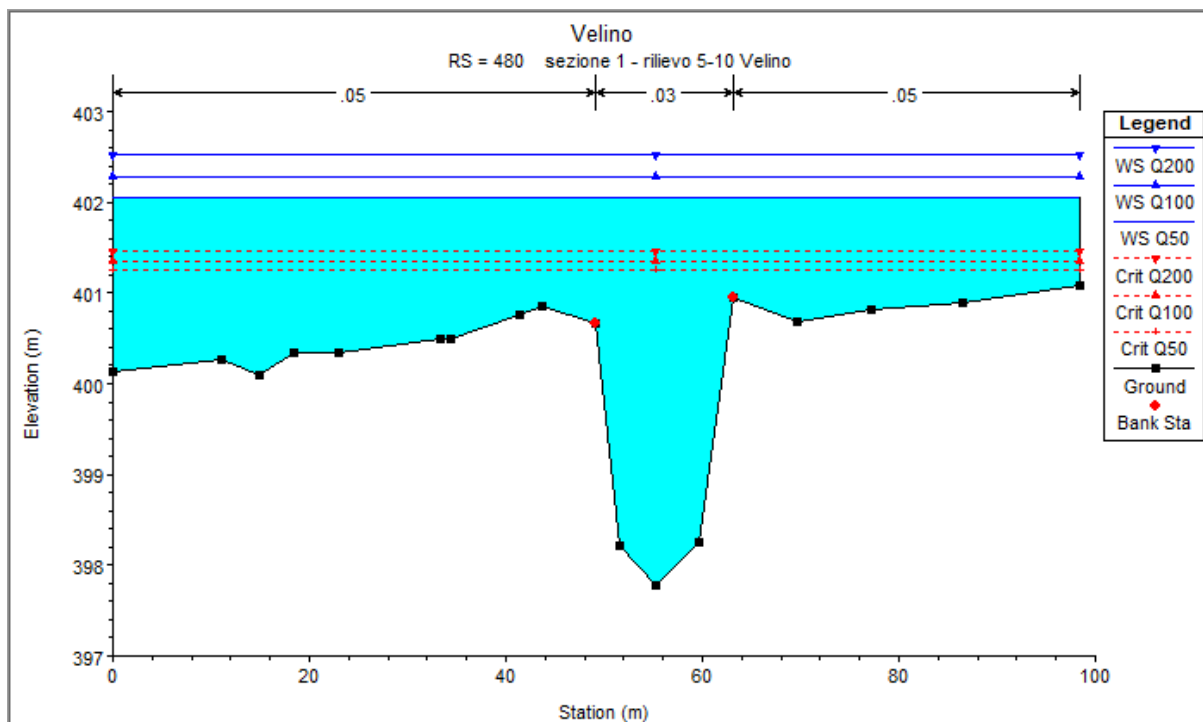


Figura 54: **RS=480**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 39 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

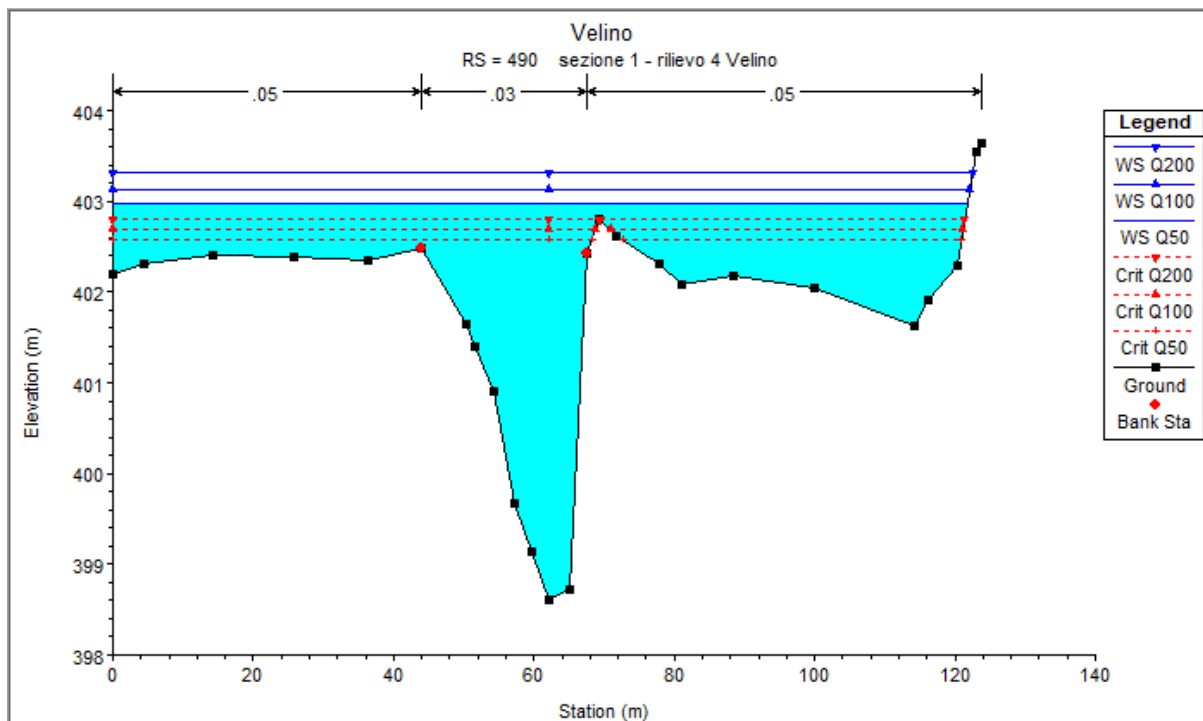


Figura 55: **RS=490**

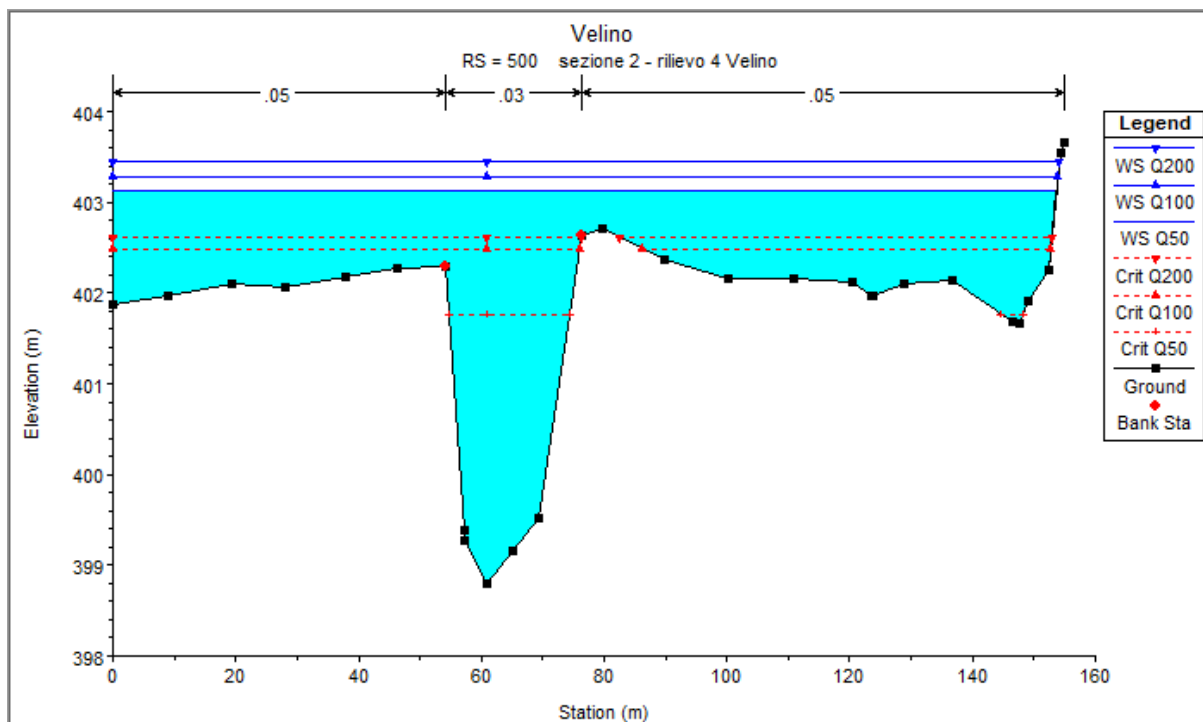


Figura 56: **RS=500**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

40 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

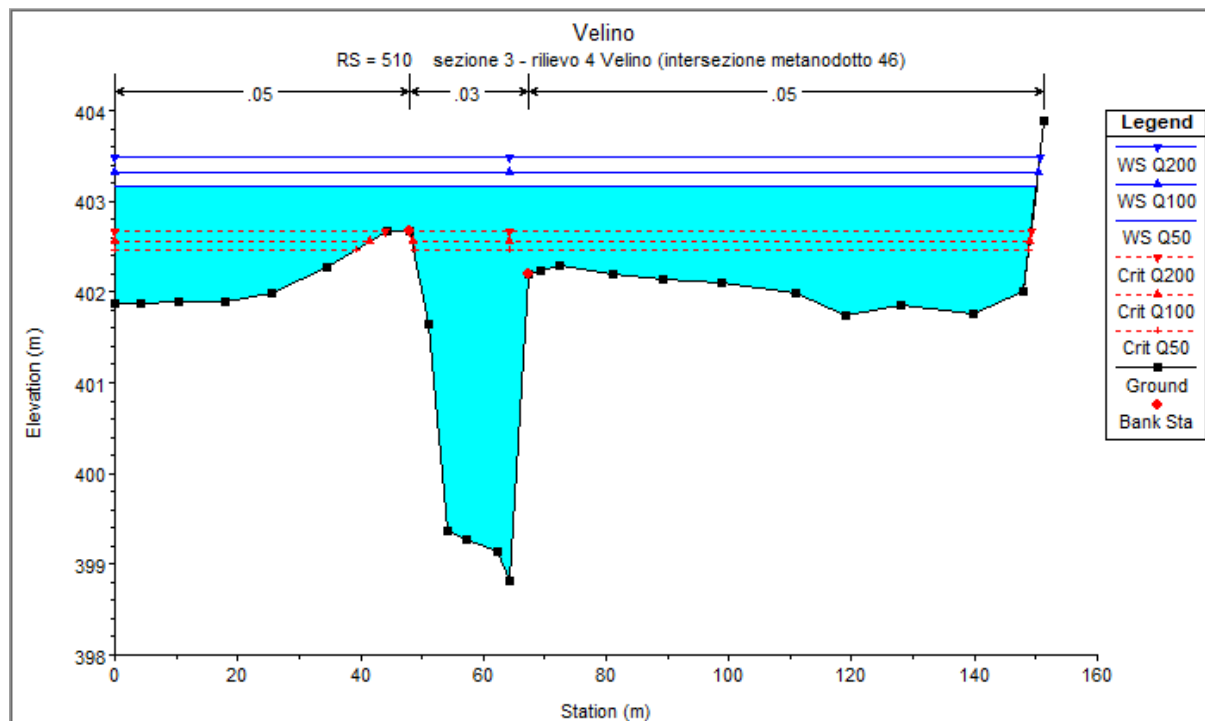


Figura 57: RS=510 (intersezione n. 40)

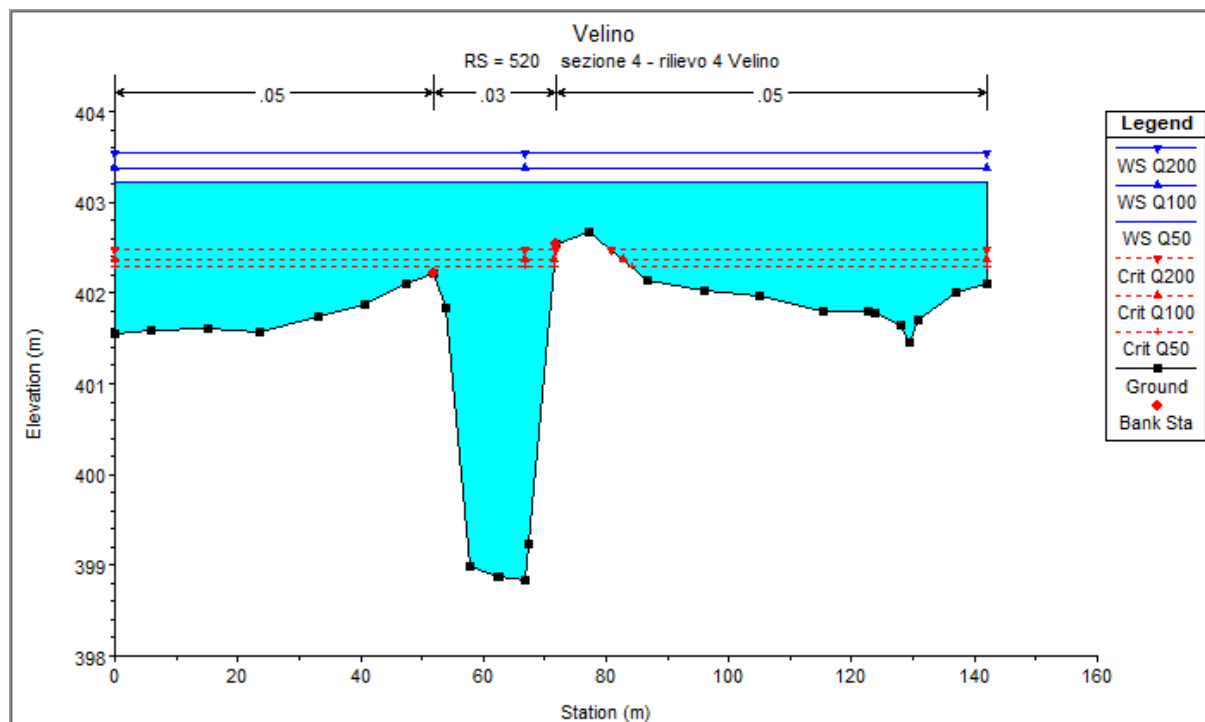


Figura 58: RS=520

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 41 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

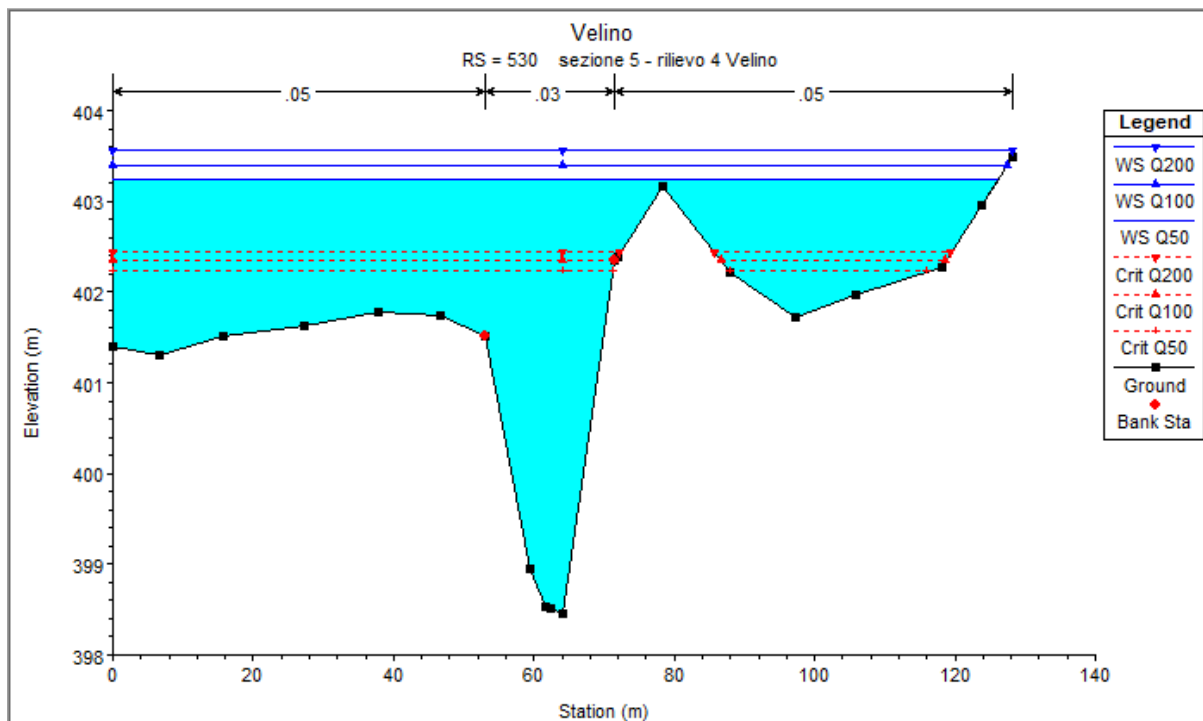


Figura 59: RS=530

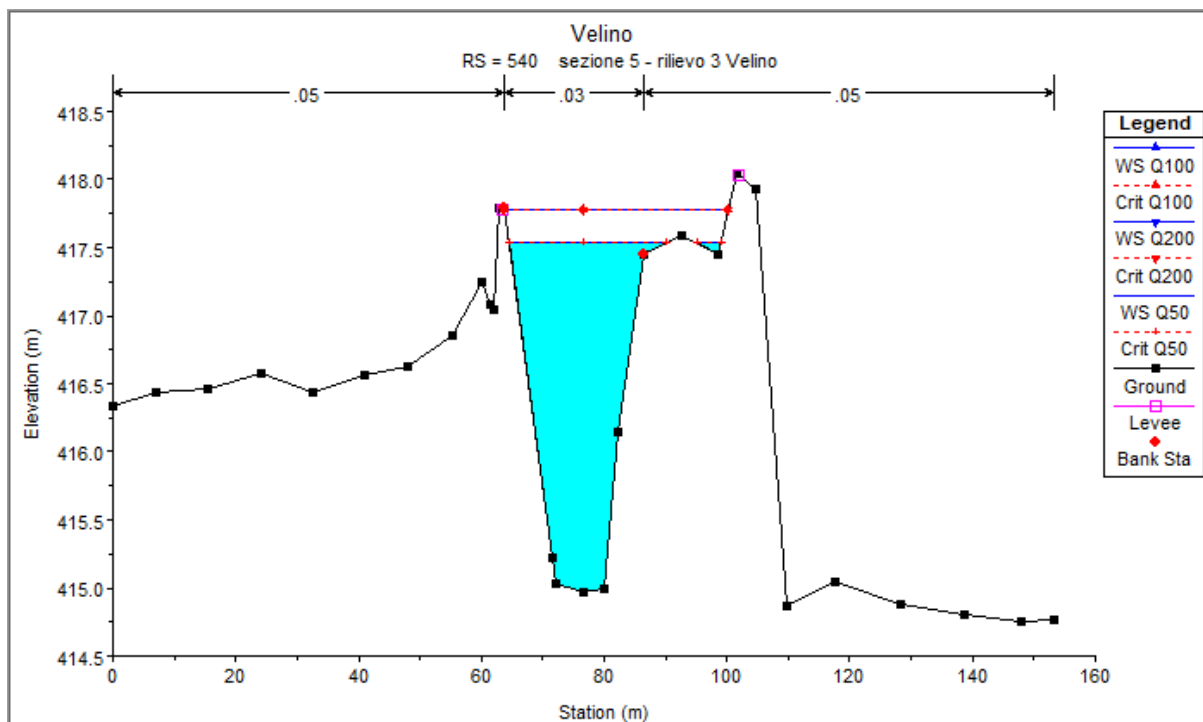


Figura 60: RS=540

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

42 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

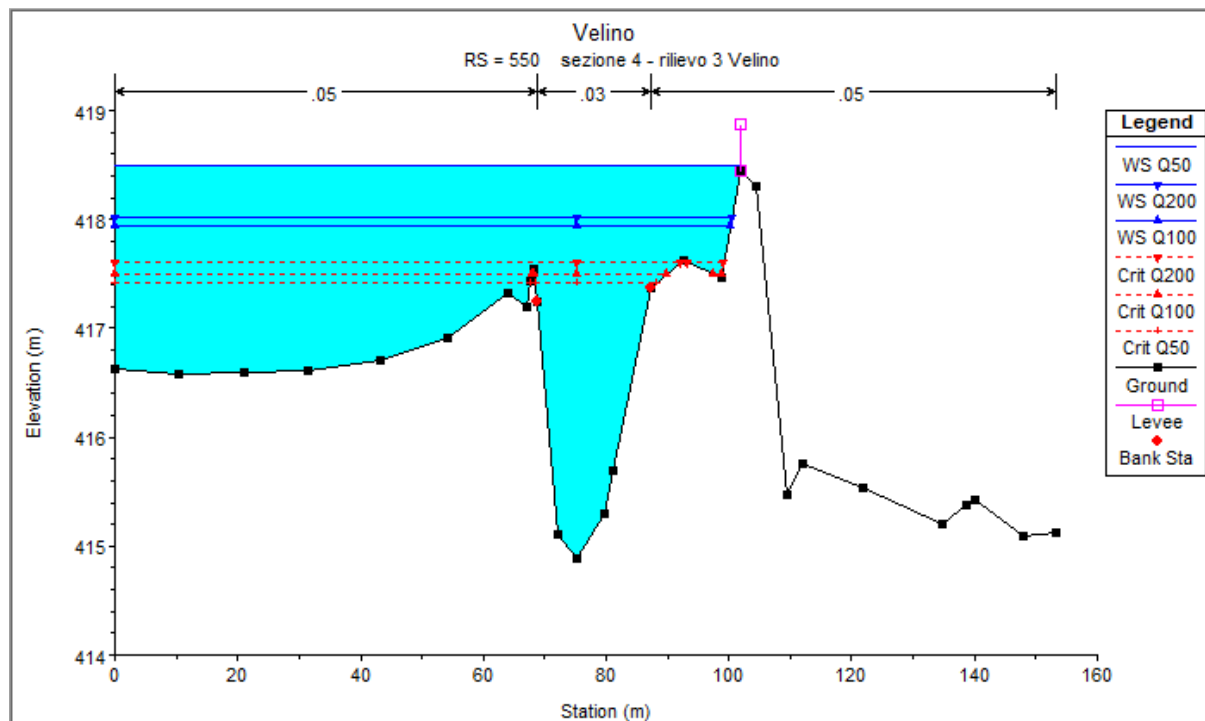


Figura 61: RS=550

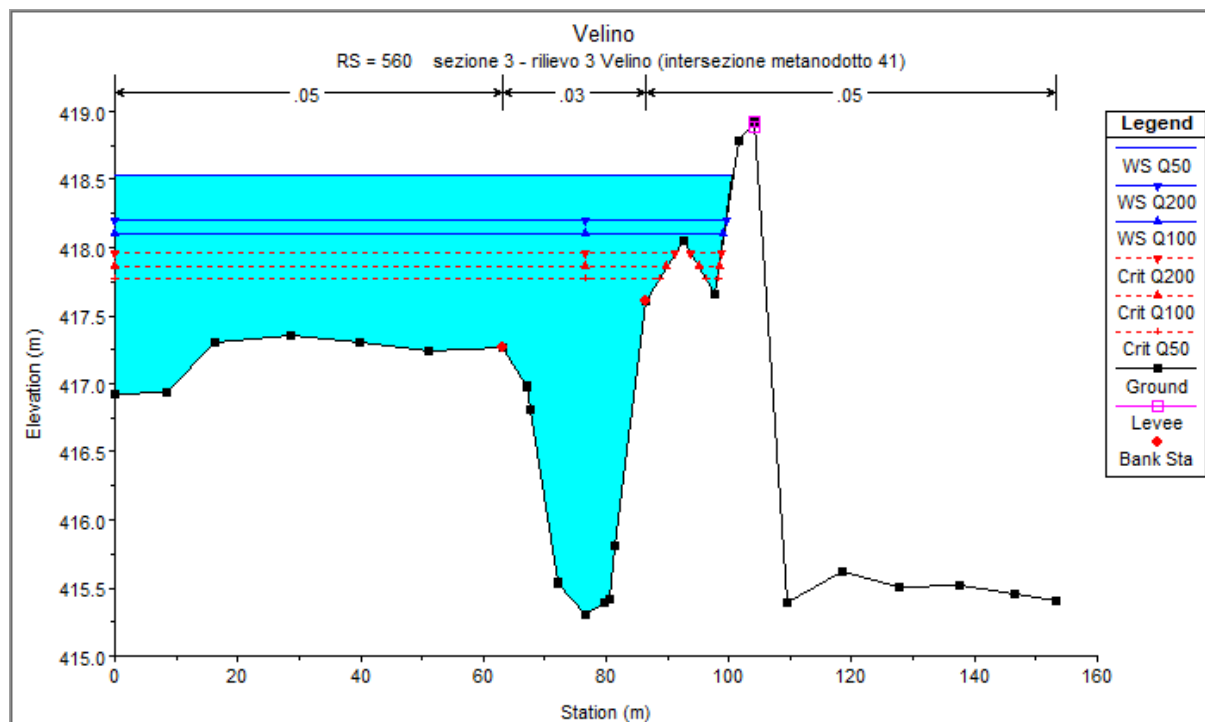


Figura 62: RS=560 (intersezione n. 41)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 43 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

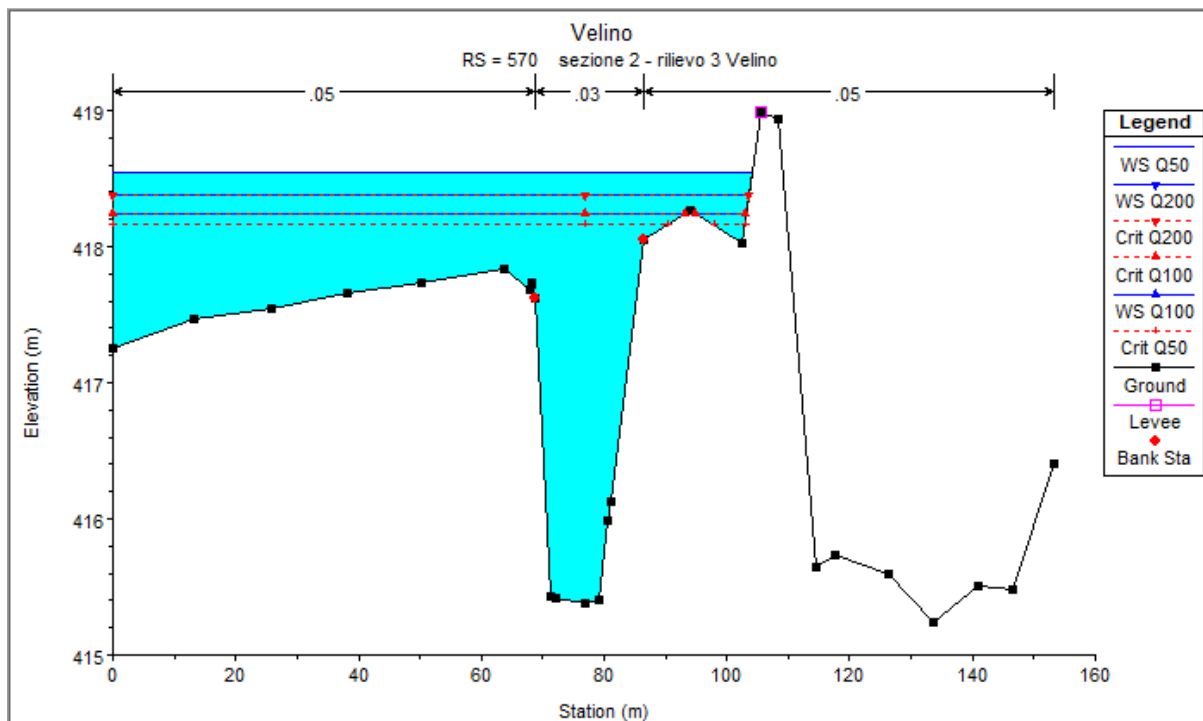


Figura 63: RS=570

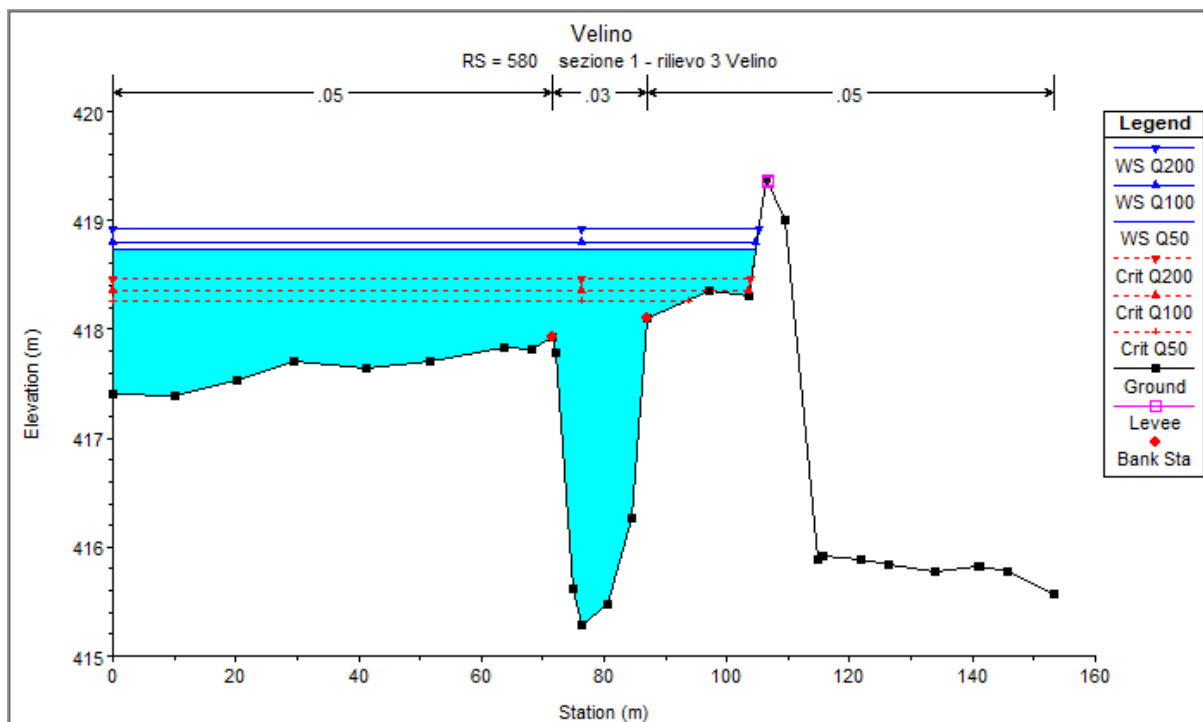


Figura 64: RS=580

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 44 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

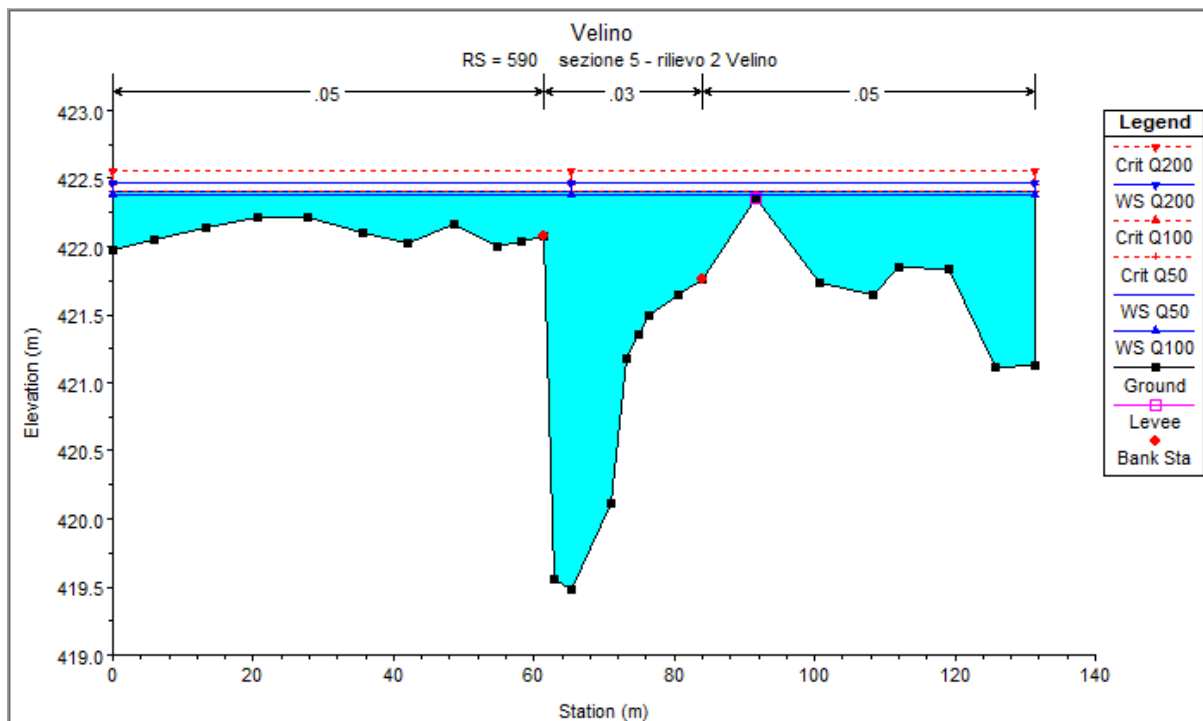


Figura 65: **RS=590**

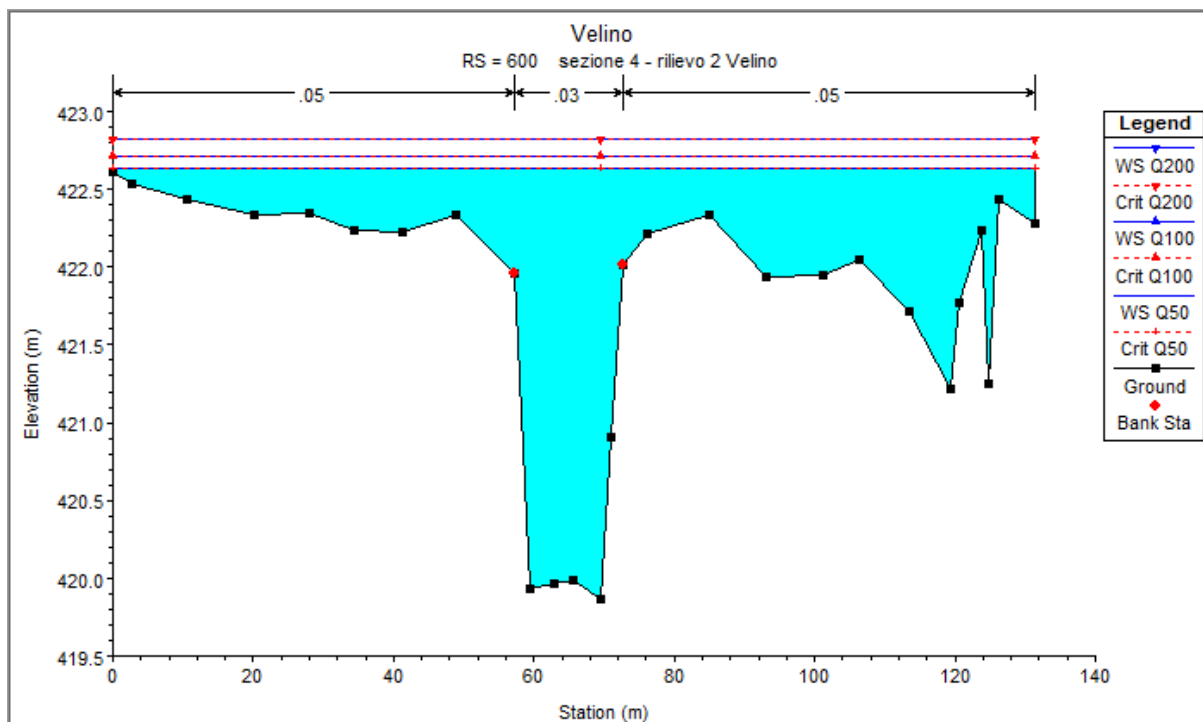


Figura 66: **RS=600**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

45 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

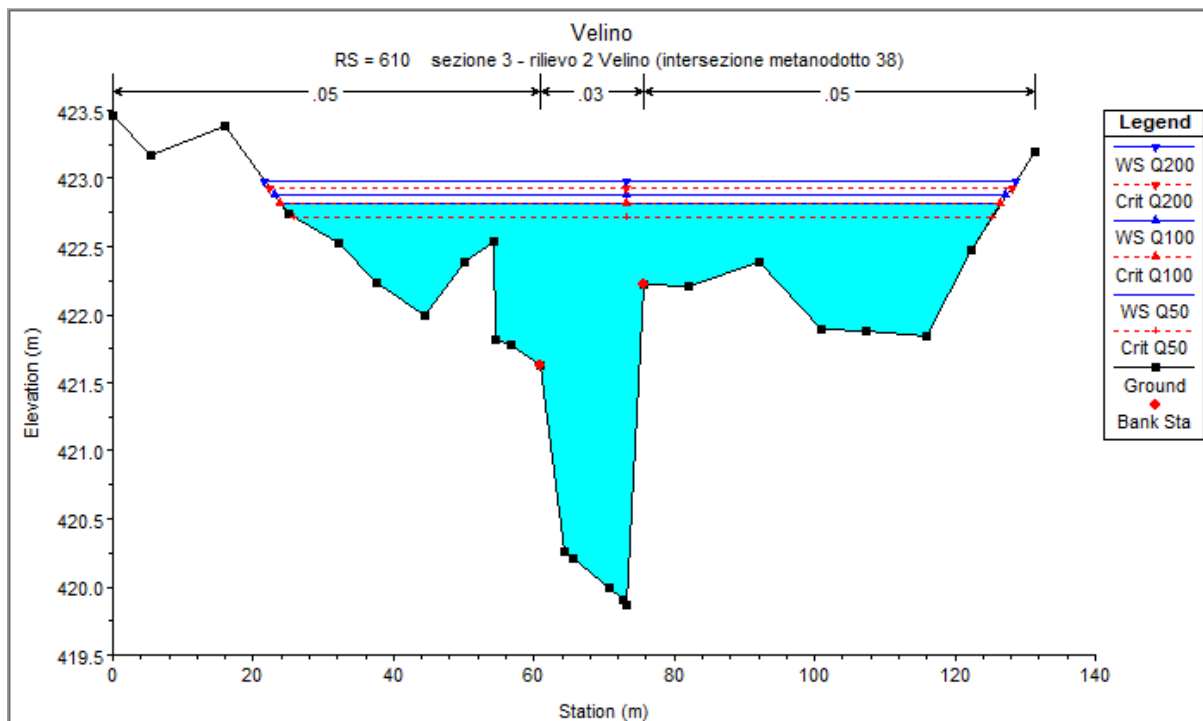


Figura 67: RS=610 (intersezione n. 38)

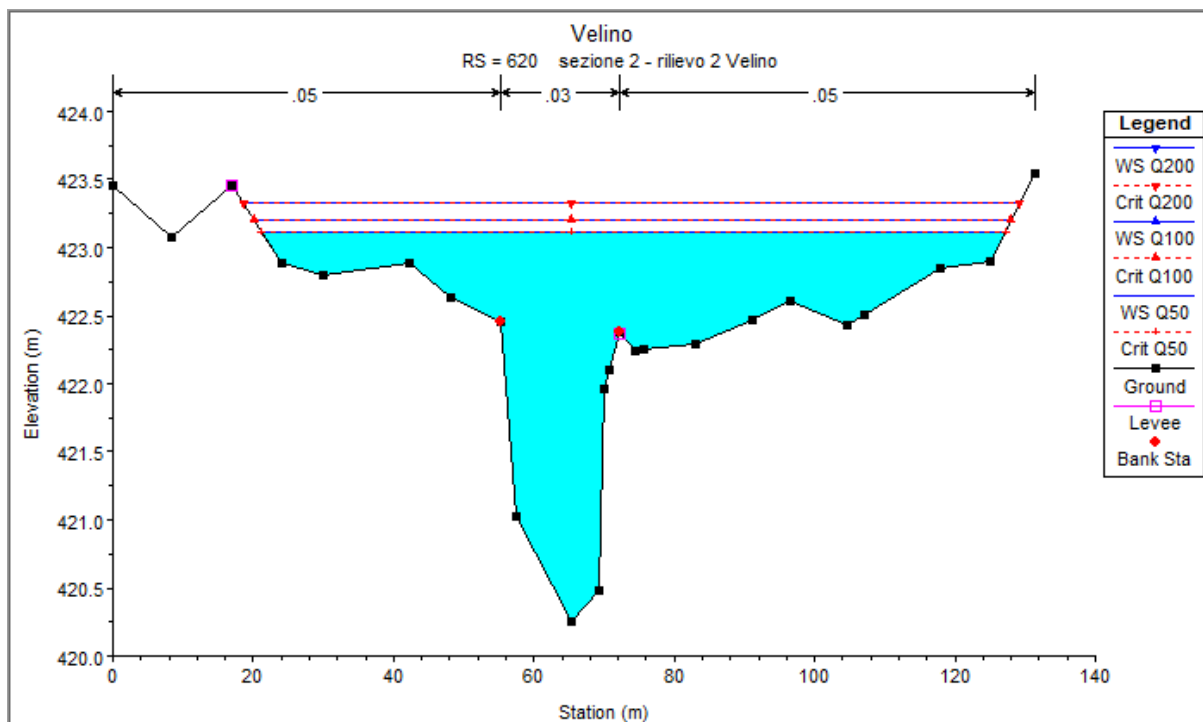


Figura 68: RS=620

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

46 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

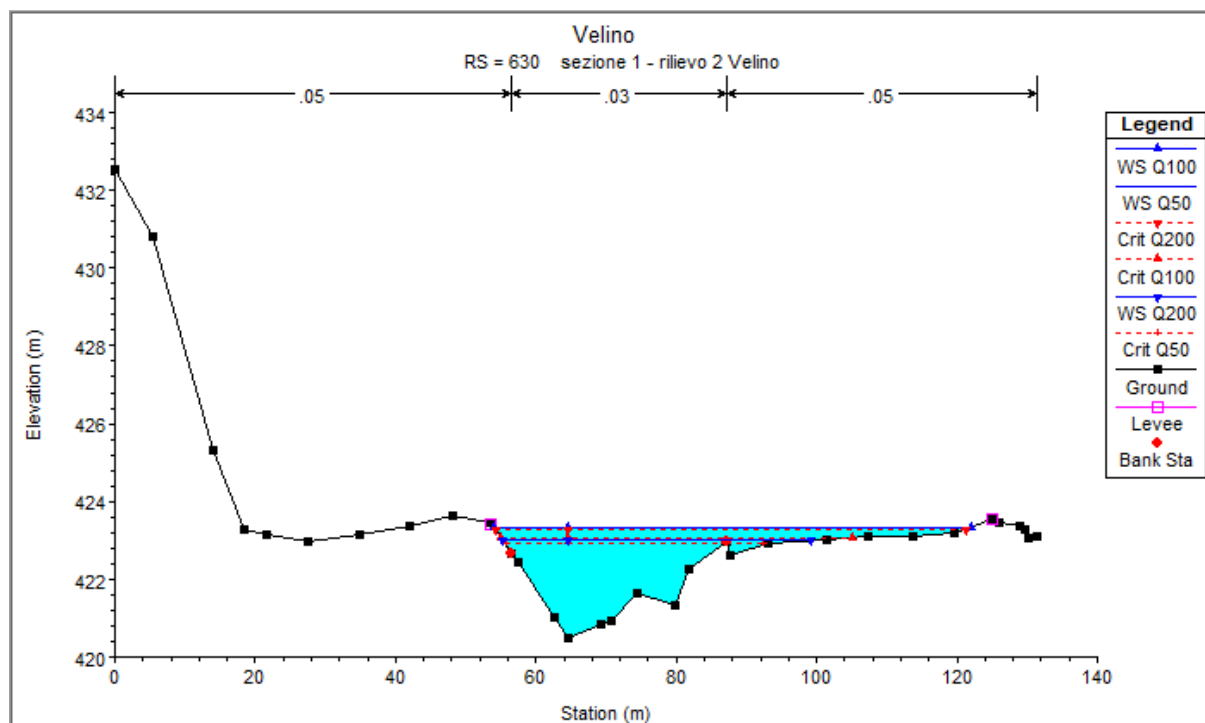


Figura 69: RS=630

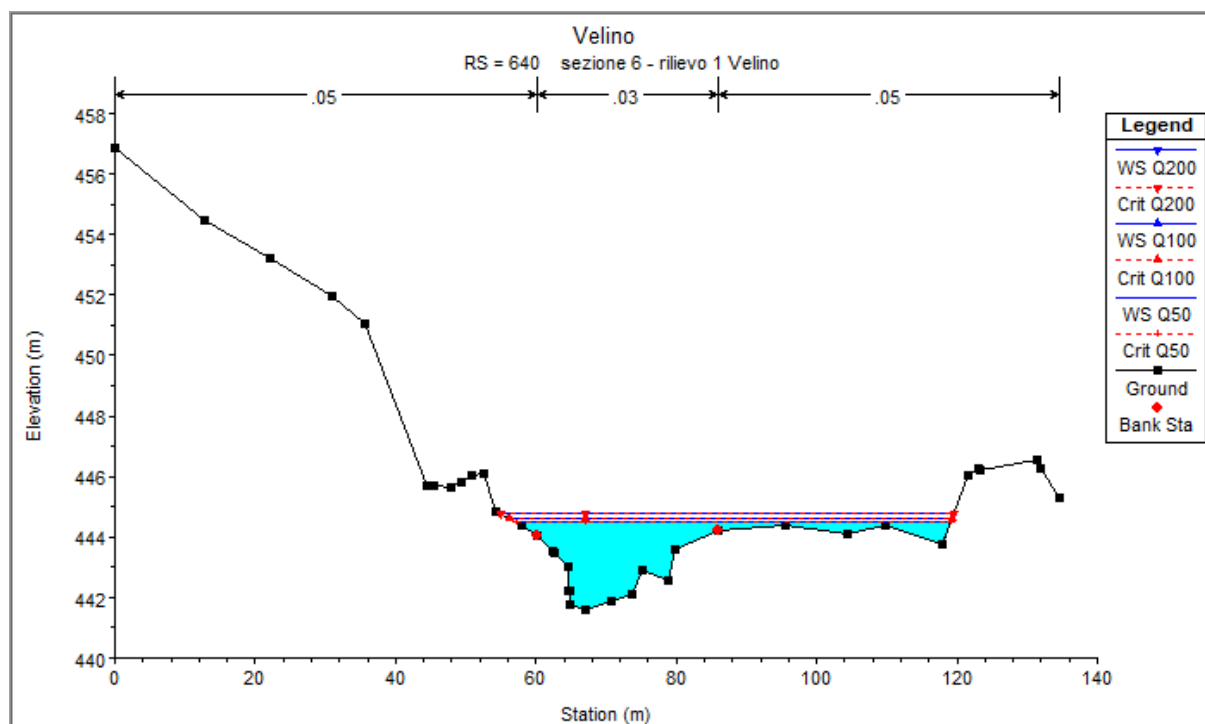


Figura 70: RS=640

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 47 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

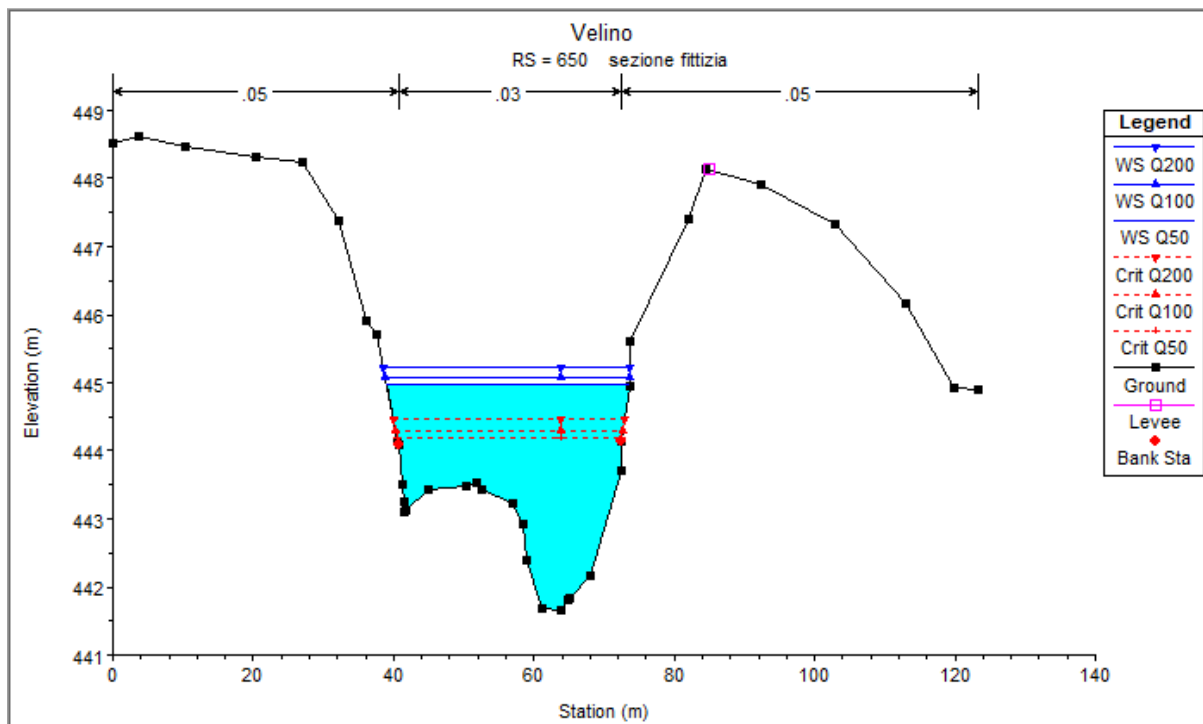


Figura 71: RS=650

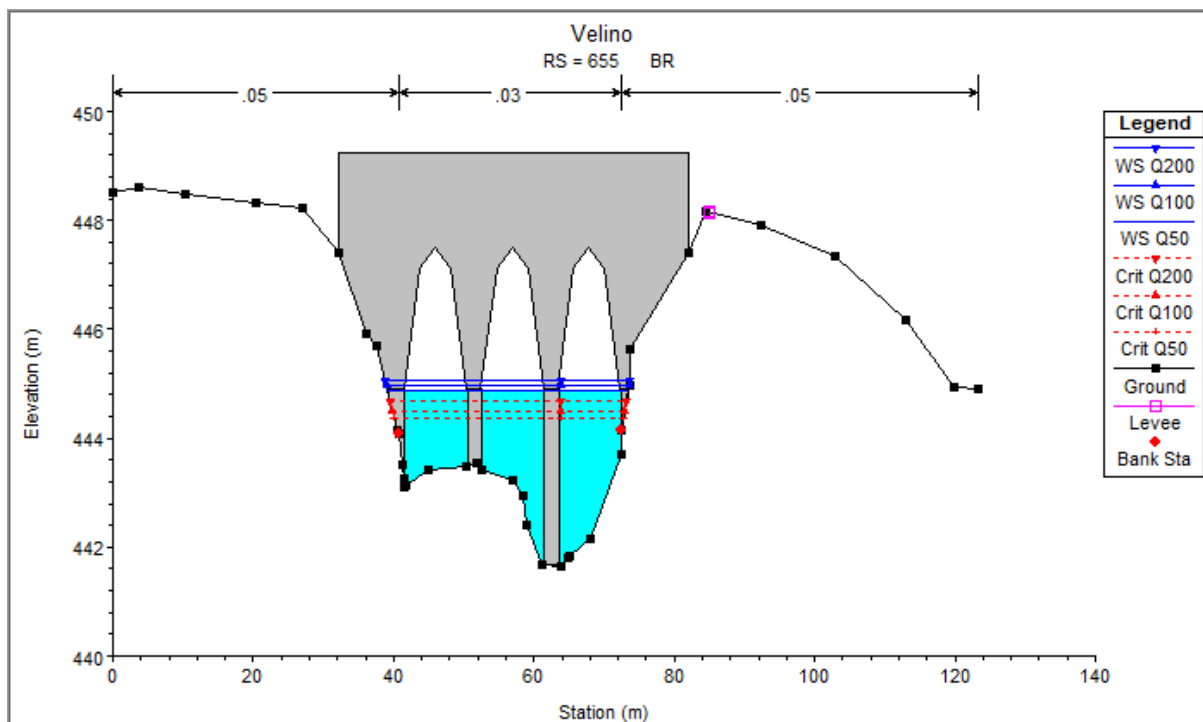


Figura 72: RS=655

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

48 di 91

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

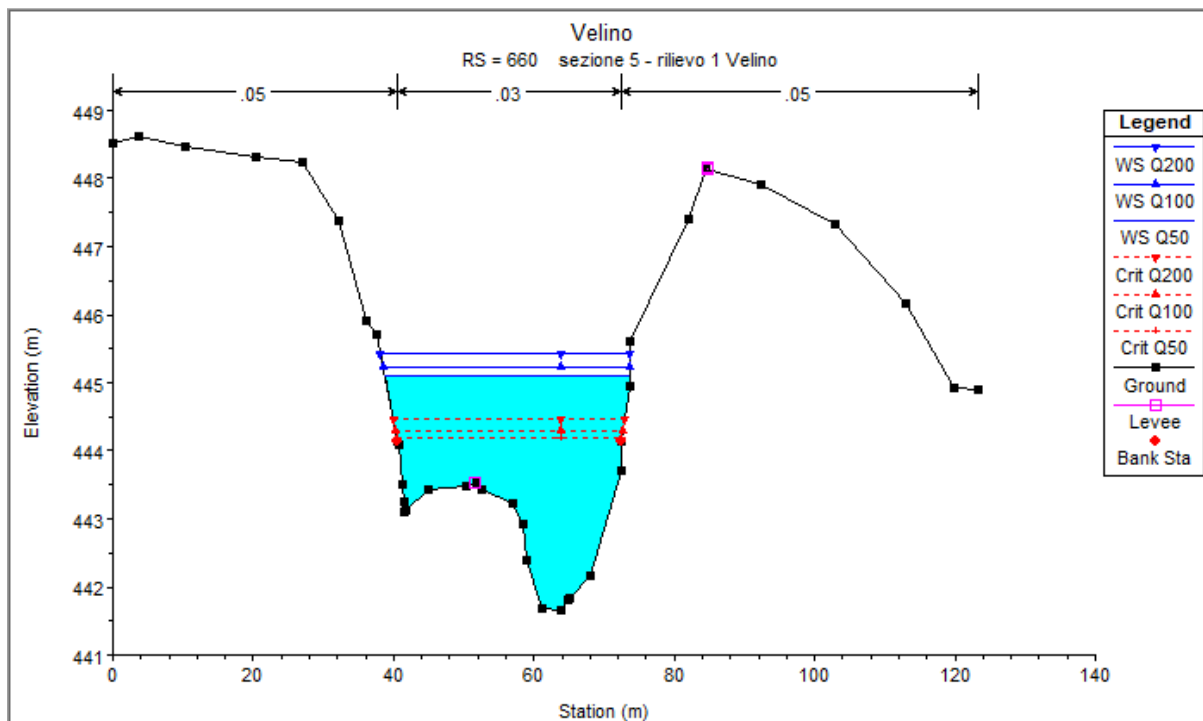


Figura 73: **RS=660**

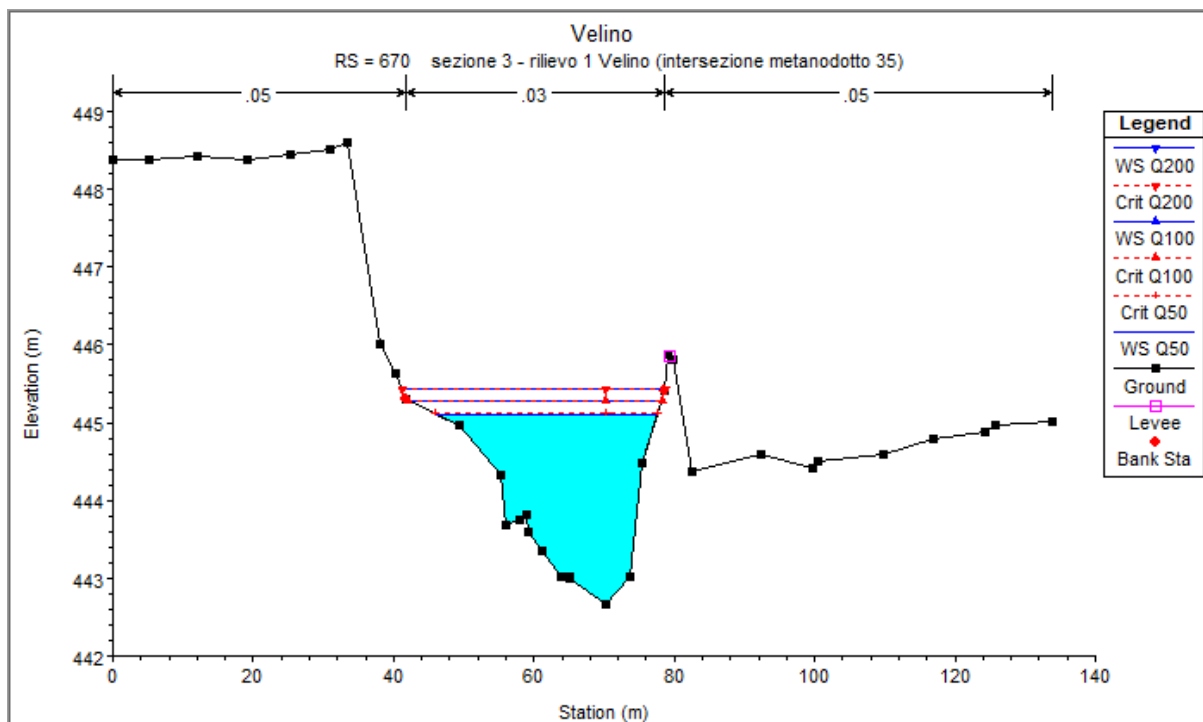


Figura 74: **RS=670 (intersezione n. 35)**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 49 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

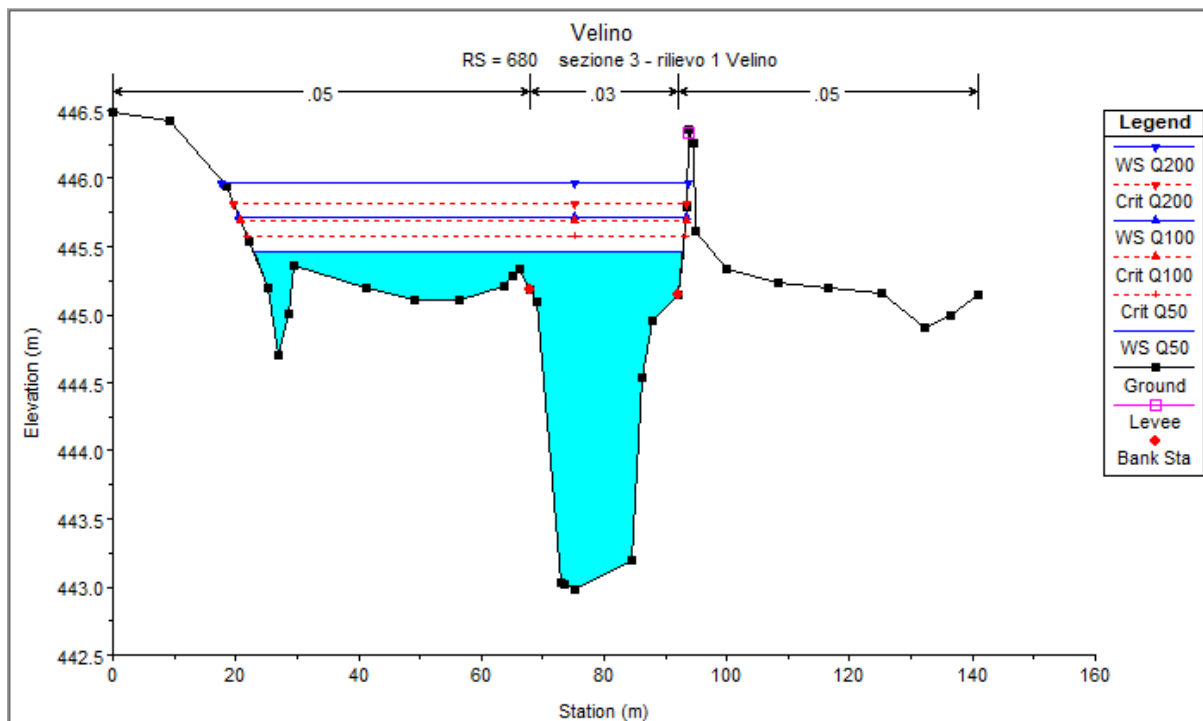


Figura 75: **RS=680**

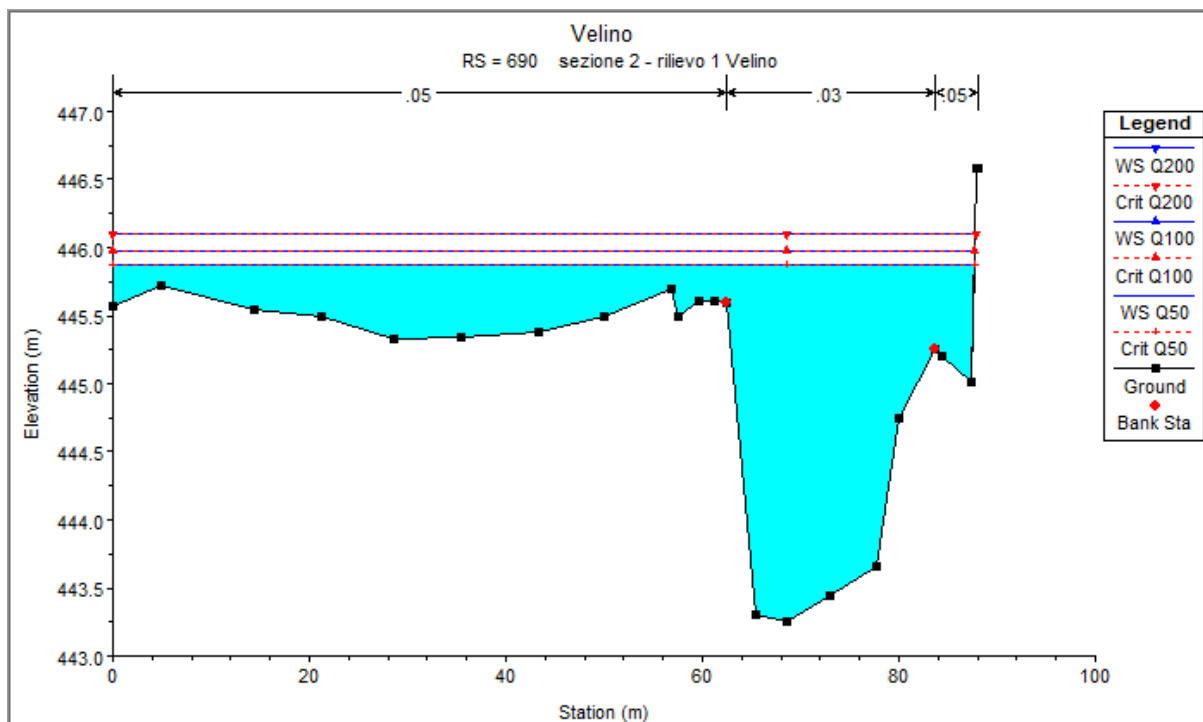


Figura 76: **RS=690**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 50 di 91	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-108
		00				

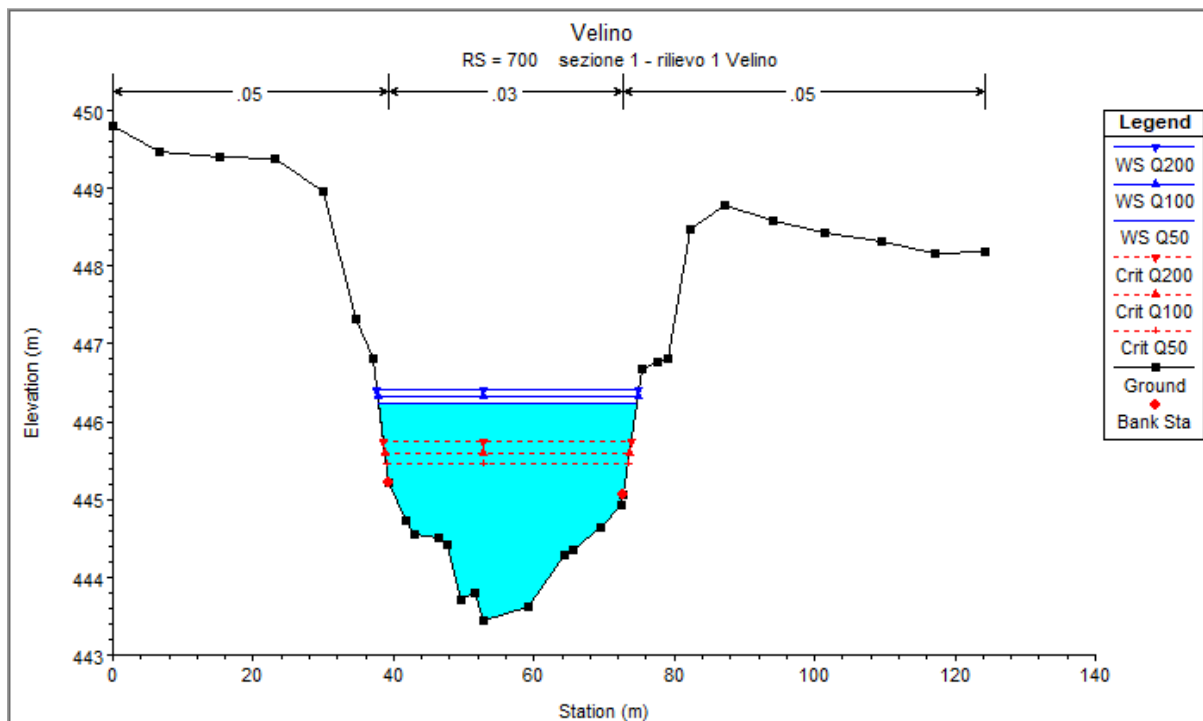


Figura 77: **RS=700**

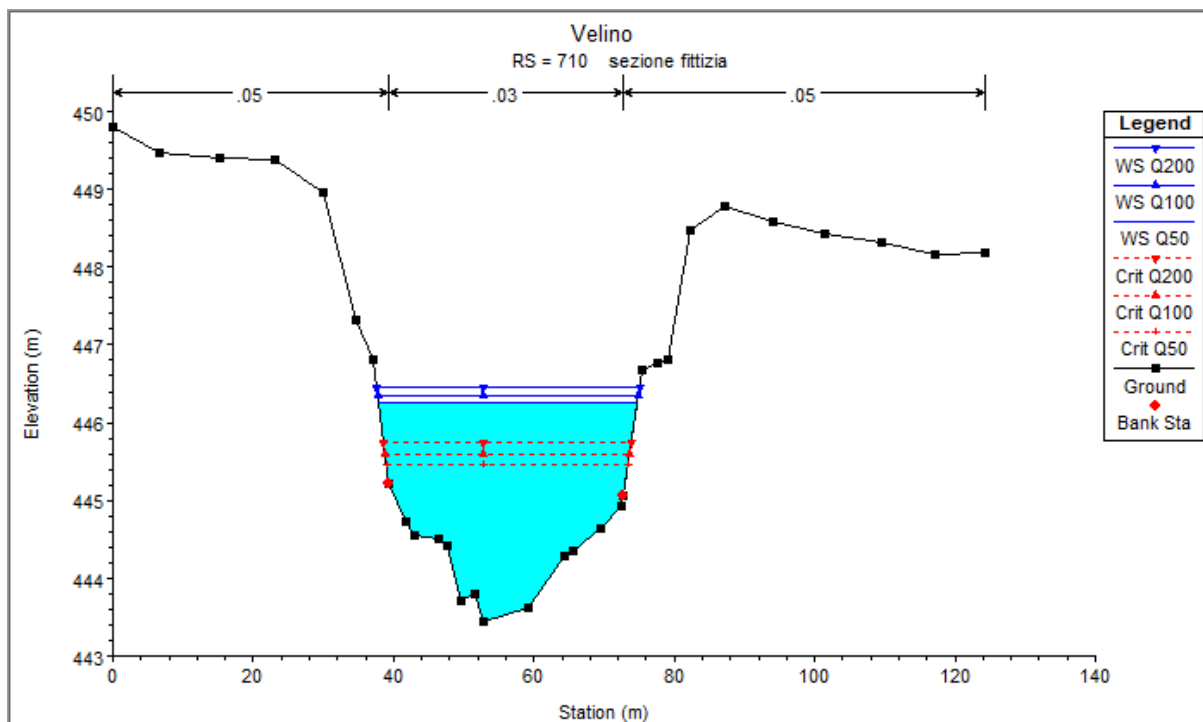


Figura 78: **RS=710**

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO					
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 51 di 91		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: AT-RE-108	

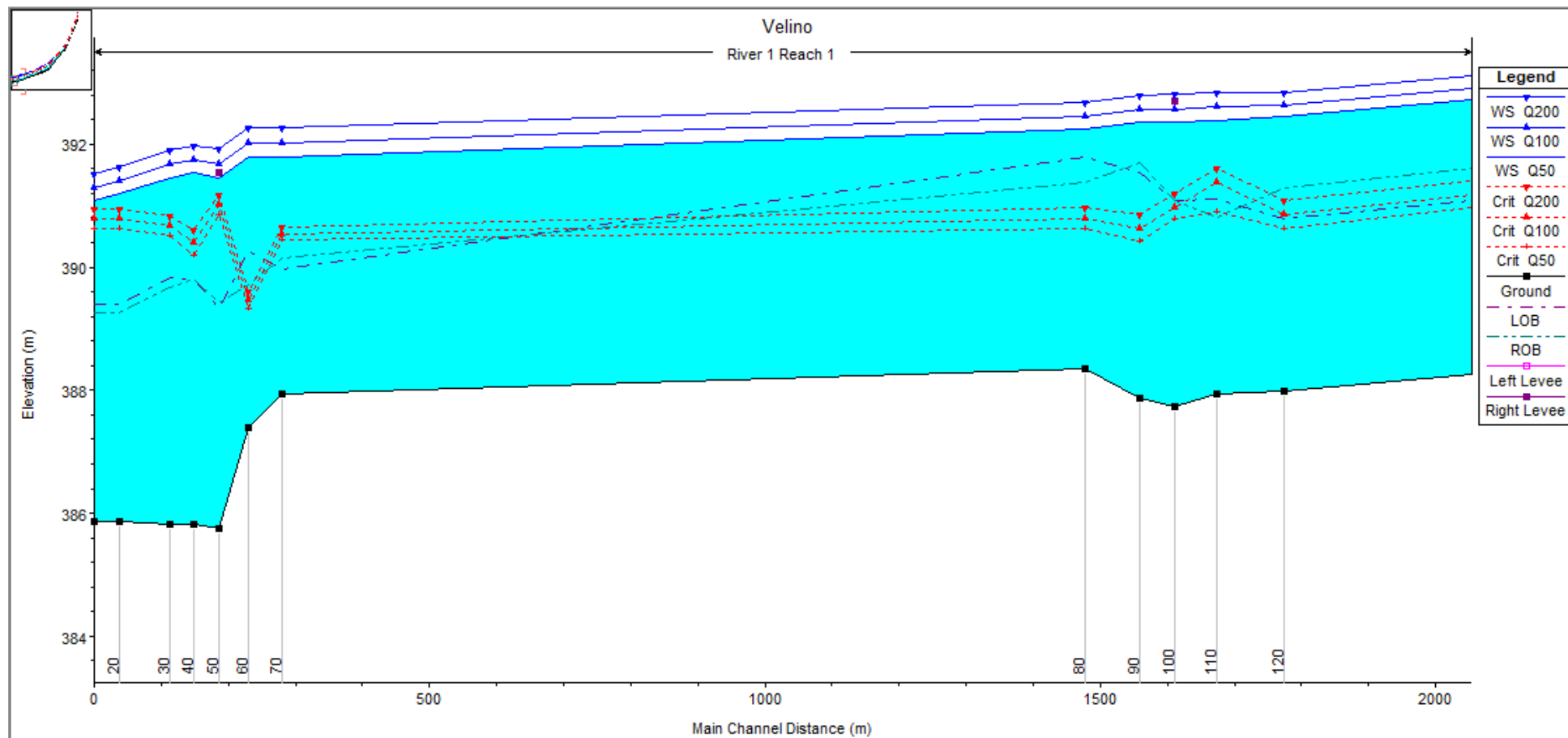


Figura79: Profilo longitudinale del tratto modellato dalla sezione **RS=10** alla **RS=120**– stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO				
N° Documento:	Foglio	Rev.:		N° documento Cliente:
03857-PPL-RE-101-0108	52 di 91	00		AT-RE-108

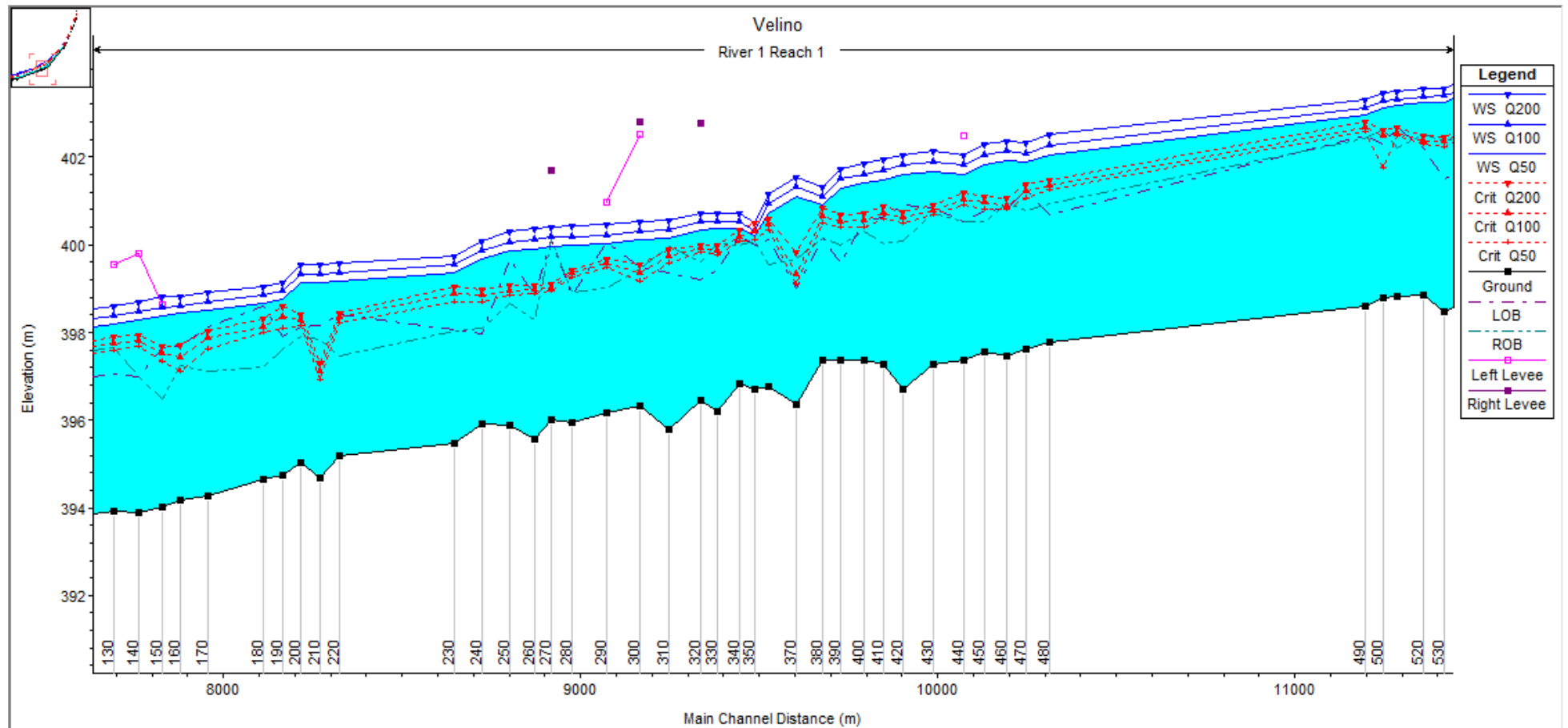


Figura 80: Profilo longitudinale del tratto modellato dalla sezione **RS=130** alla **RS=530**– stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO				
N° Documento:	Foglio	Rev.:		N° documento Cliente:
03857-PPL-RE-101-0108	53 di 91	00		AT-RE-108

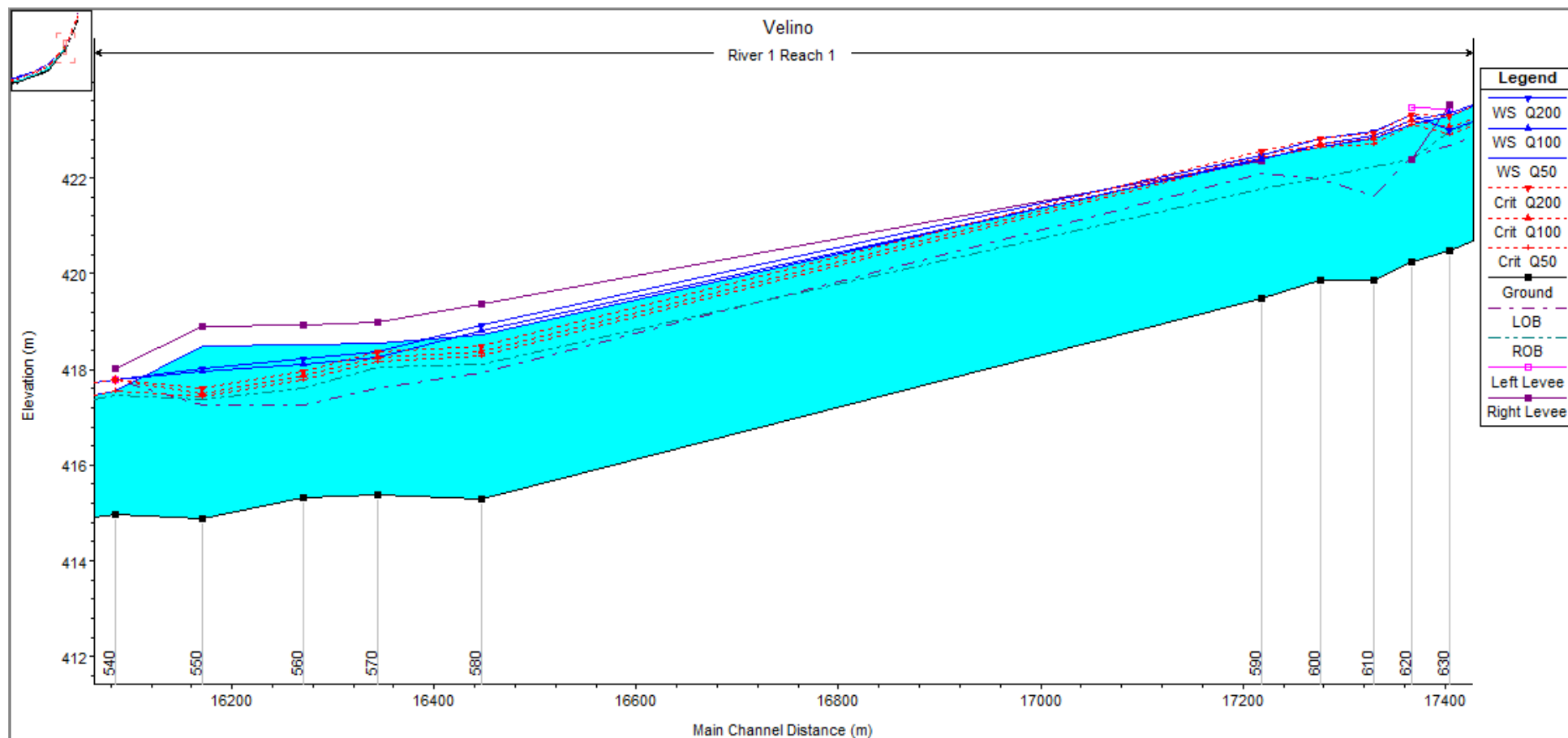


Figura 81: Profilo longitudinale del tratto modellato dalla sezione **RS=540** alla **RS=630**– stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO					
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 54 di 91	Rev.:			N° documento Cliente: AT-RE-108
		00			

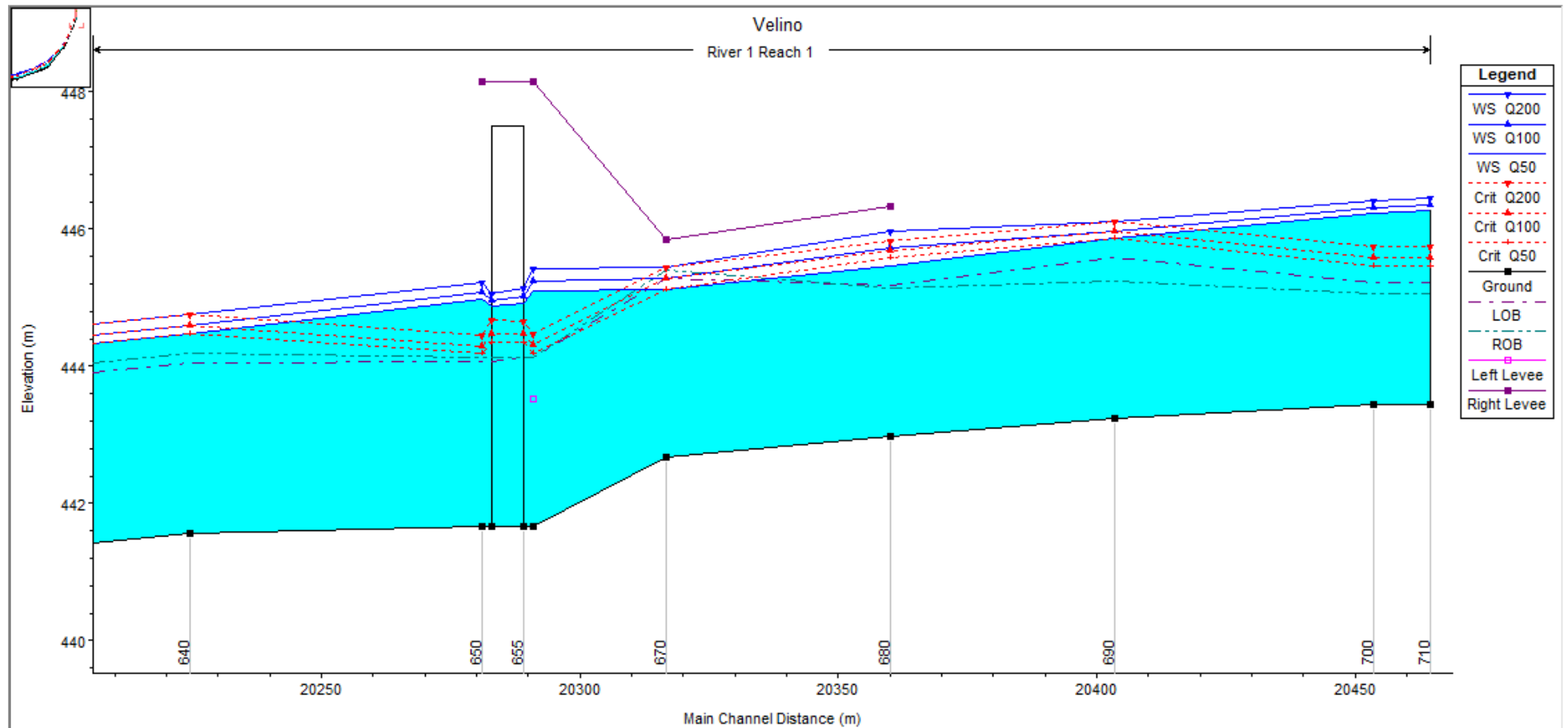


Figura 82: Profilo longitudinale del tratto modellato dalla sezione **RS=640** alla **RS=710**– stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 55 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
710	Q50	150	443.44	446.27	445.47	446.5	0.001601	2.15	71.18	36.87	0.48	1.88	29.5
710	Q100	170	443.44	446.35	445.58	446.63	0.001801	2.35	74.25	37.13	0.51	1.94	34.34
710	Q200	200	443.44	446.45	445.74	446.8	0.002125	2.63	78.15	37.45	0.56	2.03	42.21
700	Q50	150	443.44	446.24	445.47	446.48	0.001668	2.18	70.25	36.79	0.49	1.86	30.41
700	Q100	170	443.44	446.32	445.58	446.61	0.001886	2.38	73.17	37.04	0.52	1.92	35.52
700	Q200	200	443.44	446.42	445.74	446.78	0.002246	2.67	76.77	37.34	0.57	2	43.98
690	Q50	150	443.25	445.87	445.87	446.33	0.004073	3.21	67.2	87.73	0.73	0.75	29.9
690	Q100	170	443.25	445.97	445.97	446.45	0.004076	3.32	76.15	87.76	0.74	0.85	33.83
690	Q200	200	443.25	446.1	446.1	446.61	0.004137	3.49	87.88	87.81	0.75	0.97	39.51
680	Q50	150	442.98	445.46	445.58	446.09	0.006657	3.63	51.5	69.92	0.91	0.72	47.2
680	Q100	170	442.98	445.72	445.68	446.21	0.004474	3.29	70.1	72.94	0.77	0.94	41.38
680	Q200	200	442.98	445.97	445.82	446.41	0.003557	3.19	88.89	75.82	0.7	1.15	40.07
670	Q50	150	442.67	445.11	445.12	445.77	0.008407	3.6	41.71	31.66	1	1.28	105.24
670	Q100	170	442.67	445.28	445.28	445.94	0.008304	3.57	47.57	36.24	1	1.28	103.91
670	Q200	200	442.67	445.44	445.44	446.16	0.007997	3.75	53.44	37.56	0.99	1.38	108.41
660	Q50	150	441.66	445.1	444.19	445.33	0.001447	2.1	72.74	34.86	0.45	1.96	27.83
660	Q100	170	441.66	445.24	444.3	445.49	0.00153	2.24	77.38	35.11	0.47	2.06	30.95
660	Q200	200	441.66	445.43	444.46	445.73	0.001628	2.43	84.13	35.48	0.49	2.21	35.27
655		Bridge											
650	Q50	150	441.66	444.98	444.19	445.23	0.001763	2.23	68.3	34.62	0.49	1.86	32.19
650	Q100	170	441.66	445.08	444.3	445.37	0.001926	2.41	71.91	34.81	0.52	1.94	36.69
650	Q200	200	441.66	445.22	444.46	445.58	0.00218	2.66	76.66	35.07	0.55	2.05	43.77
640	Q50	150	441.57	444.48	444.48	445.03	0.005748	3.37	52.13	61.77	0.84	0.81	45.93
640	Q100	170	441.57	444.6	444.6	445.17	0.005488	3.45	59.97	63.04	0.83	0.92	49.43

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 56 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
640	Q200	200	441.57	444.76	444.76	445.37	0.005381	3.62	69.88	64.6	0.83	1.04	55.11
630	Q50	150	420.49	423.3	422.91	423.66	0.003158	2.69	64.37	67.31	0.65	0.94	29.25
630	Q100	170	420.49	423.34	423.06	423.77	0.003726	2.97	66.99	68.06	0.71	0.97	35.53
630	Q200	200	420.49	422.99	423.3	424.02	0.011376	4.49	46	43.89	1.19	1.03	114.87
620	Q50	150	420.25	423.12	423.12	423.53	0.003539	3.18	79.91	105.88	0.69	0.74	25.85
620	Q100	170	420.25	423.2	423.2	423.63	0.003658	3.32	89.11	107.8	0.7	0.82	29.27
620	Q200	200	420.25	423.32	423.32	423.78	0.0038	3.5	102.1	110.45	0.72	0.91	34
610	Q50	150	419.87	422.81	422.72	423.16	0.002911	3.04	89.63	102.61	0.63	0.86	24.5
610	Q100	170	419.87	422.88	422.82	423.26	0.003214	3.25	96.2	104.29	0.66	0.91	28.57
610	Q200	200	419.87	422.98	422.94	423.41	0.003519	3.49	107.01	106.99	0.7	0.98	33.93
600	Q50	150	419.86	422.64	422.64	423	0.003052	3.07	91.31	131.29	0.64	0.68	20.36
600	Q100	170	419.86	422.72	422.72	423.09	0.003179	3.2	101.53	131.29	0.65	0.76	23.55
600	Q200	200	419.86	422.82	422.82	423.22	0.00338	3.39	114.91	131.29	0.68	0.85	28.3
590	Q50	150	419.48	422.4	422.4	422.73	0.00436	2.93	86.13	131.29	0.73	0.64	27.32
590	Q100	170	419.48	422.38	422.47	422.83	0.006066	3.42	82.95	131.29	0.86	0.62	36.62
590	Q200	200	419.48	422.47	422.56	422.95	0.006198	3.59	95.28	131.29	0.87	0.71	42.91
580	Q50	150	415.28	418.73	418.27	418.88	0.001335	2.15	126.65	104.63	0.43	1.18	15.42
580	Q100	170	415.28	418.79	418.35	418.96	0.00151	2.32	133	104.79	0.46	1.23	18.28
580	Q200	200	415.28	418.93	418.47	419.12	0.001594	2.47	147.32	105.16	0.47	1.36	21.27
570	Q50	150	415.38	418.54	418.16	418.73	0.001589	2.29	114.48	104.09	0.47	1.07	16.7
570	Q100	170	415.38	418.24	418.24	418.69	0.004159	3.39	83.45	101.35	0.74	0.8	32.81
570	Q200	200	415.38	418.38	418.38	418.84	0.004129	3.52	97.35	103.57	0.75	0.92	37.15
560	Q50	150	415.31	418.53	417.77	418.62	0.000817	1.66	146.18	100.6	0.34	1.42	11.37
560	Q100	170	415.31	418.1	417.86	418.35	0.002613	2.6	103.89	99.2	0.6	1.03	26.33

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 57 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
560	Q200	200	415.31	418.21	417.97	418.49	0.002825	2.8	114.32	99.55	0.63	1.13	31.18
550	Q50	150	414.89	418.49	417.42	418.55	0.000506	1.41	180.89	101.86	0.27	1.72	8.54
550	Q100	170	414.89	417.95	417.5	418.11	0.001827	2.31	126.01	100.27	0.5	1.23	21.98
550	Q200	200	414.89	418.02	417.61	418.22	0.002157	2.56	133.42	100.5	0.55	1.29	27.38
540	Q50	150	414.97	417.53	417.53	418.36	0.007587	4.02	37.6	29.68	0.99	1.23	91.6
540	Q100	170	414.97	417.78	417.78	417.94	0.002026	2.23	120.51	99.4	0.52	1.18	23.46
540	Q200	200	414.97	417.78	417.78	418.01	0.002805	2.62	120.51	99.4	0.61	1.18	32.46
530	Q50	150	398.46	403.26	402.05	403.32	0.000368	1.36	201.77	126.29	0.24	1.55	5.61
530	Q100	170	398.46	403.4	402.17	403.46	0.000378	1.42	220.14	127.52	0.24	1.68	6.22
530	Q200	200	398.46	403.57	402.33	403.64	0.000407	1.52	241.88	128.19	0.25	1.83	7.31
520	Q50	150	398.84	403.25	402.05	403.29	0.000312	1.22	230.02	141.97	0.21	1.56	4.79
520	Q100	170	398.84	403.39	402.24	403.44	0.000317	1.26	250.65	141.97	0.22	1.7	5.28
520	Q200	200	398.84	403.56	402.36	403.61	0.000339	1.35	274.74	141.97	0.23	1.86	6.18
510	Q50	180	398.81	403.17	402.47	403.25	0.000663	1.68	205.15	150.12	0.31	1.33	8.65
510	Q100	205	398.81	403.31	402.56	403.4	0.000656	1.72	227.11	150.38	0.31	1.47	9.45
510	Q200	235	398.81	403.49	402.66	403.58	0.000639	1.76	253.3	150.69	0.3	1.63	10.24
500	Q50	180	398.8	403.13	401.77	403.23	0.000614	1.68	198.8	153.66	0.3	1.27	7.62
500	Q100	205	398.8	403.28	402.48	403.38	0.000612	1.73	221.27	153.88	0.3	1.4	8.43
500	Q200	235	398.8	403.45	402.61	403.55	0.000599	1.77	248.22	154.15	0.3	1.57	9.22
490	Q50	180	398.61	402.97	402.57	403.17	0.001644	2.29	129.4	121.77	0.47	1.03	16.65
490	Q100	205	398.61	403.12	402.69	403.32	0.001539	2.31	148.41	122.1	0.46	1.18	17.79
490	Q200	235	398.61	403.31	402.8	403.5	0.001411	2.32	171.2	122.49	0.44	1.35	18.73
480	Q50	180	397.77	402.06	401.25	402.17	0.000791	1.94	170.08	98.37	0.34	1.65	12.77
480	Q100	205	397.77	402.28	401.35	402.39	0.000734	1.95	191.81	98.37	0.33	1.85	13.31

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 58 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
480	Q200	235	397.77	402.52	401.46	402.63	0.000686	1.97	216.14	98.37	0.32	2.07	13.95
470	Q50	180	397.61	401.87	401.06	402.09	0.001202	2.34	113.51	61.51	0.42	1.7	20.08
470	Q100	205	397.61	402.09	401.21	402.31	0.00117	2.41	126.61	61.51	0.42	1.89	21.67
470	Q200	235	397.61	402.32	401.37	402.56	0.001144	2.49	141.25	61.51	0.42	2.09	23.47
460	Q50	180	397.47	401.91	400.81	402.01	0.00062	1.77	165.13	81.06	0.31	1.91	11.61
460	Q100	205	397.47	402.12	400.89	402.23	0.000607	1.82	182.68	81.06	0.3	2.1	12.49
460	Q200	235	397.47	402.37	401.06	402.48	0.000596	1.88	202.31	81.06	0.31	2.31	13.51
450	Q50	180	397.57	401.82	400.8	401.97	0.000812	2.02	142.95	74.3	0.35	1.83	14.53
450	Q100	205	397.57	402.04	400.96	402.19	0.00079	2.07	159.15	74.68	0.35	2.02	15.62
450	Q200	235	397.57	402.28	401.1	402.44	0.000773	2.14	177.32	75.1	0.35	2.23	16.86
440	Q50	180	397.38	401.61	400.89	401.89	0.001491	2.62	98.73	52.9	0.47	1.75	25.63
440	Q100	205	397.38	401.82	401.04	402.11	0.001466	2.71	110.31	57.52	0.47	1.8	25.93
440	Q200	235	397.38	402.06	401.19	402.36	0.001436	2.81	124.58	62.67	0.47	1.87	26.37
430	Q50	180	397.26	401.66	400.68	401.75	0.000619	1.7	182.63	97.28	0.3	1.78	10.8
430	Q100	205	397.26	401.89	400.79	401.98	0.000583	1.72	204.18	97.28	0.3	1.98	11.34
430	Q200	235	397.26	402.13	400.89	402.22	0.000555	1.76	228.18	97.28	0.29	2.2	11.99
420	Q50	180	396.71	401.59	400.5	401.7	0.00065	1.81	163.99	79.25	0.31	1.96	12.49
420	Q100	205	396.71	401.81	400.61	401.92	0.000633	1.86	181.48	79.67	0.31	2.15	13.36
420	Q200	235	396.71	402.05	400.73	402.17	0.000625	1.93	201.01	80.73	0.31	2.35	14.37
410	Q50	180	397.28	401.48	400.6	401.65	0.001016	2.2	132.38	67.52	0.38	1.84	18.32
410	Q100	205	397.28	401.7	400.73	401.87	0.000981	2.25	147.37	67.92	0.38	2.03	19.51
410	Q200	235	397.28	401.95	400.86	402.12	0.000955	2.32	164	68.35	0.37	2.23	20.92
400	Q50	180	397.37	401.4	400.41	401.59	0.001065	2.2	117.54	58.17	0.4	1.91	19.9
400	Q100	205	397.37	401.61	400.57	401.82	0.001047	2.28	130.14	59.02	0.4	2.07	21.28

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 59 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
400	Q200	235	397.37	401.85	400.7	402.07	0.001037	2.38	144.24	59.97	0.4	2.25	22.92
390	Q50	180	397.36	401.28	400.4	401.51	0.001323	2.5	107.95	53.99	0.44	1.86	24.17
390	Q100	205	397.36	401.49	400.53	401.74	0.001305	2.59	119.66	55.16	0.44	2.02	25.81
390	Q200	235	397.36	401.73	400.68	401.99	0.001297	2.7	132.8	56.45	0.45	2.18	27.74
380	Q50	180	397.38	400.9	400.48	401.39	0.002847	3.32	70.5	41.07	0.63	1.6	44.55
380	Q100	205	397.38	401.1	400.65	401.62	0.002785	3.44	78.87	41.99	0.63	1.74	47.53
380	Q200	235	397.38	401.31	400.83	401.86	0.002784	3.59	87.89	43.56	0.64	1.87	50.93
370	Q50	180	396.36	401.1	399.1	401.21	0.000447	1.67	161.15	71.2	0.27	2.13	9.34
370	Q100	205	396.36	401.31	399.32	401.43	0.000458	1.75	176.32	71.2	0.27	2.32	10.42
370	Q200	235	396.36	401.54	399.83	401.67	0.000475	1.85	192.57	71.2	0.28	2.52	11.73
360	Q50	180	396.76	400.72	400.32	401.11	0.002529	3.13	84.24	49.25	0.59	1.57	38.89
360	Q100	205	396.76	400.94	400.46	401.33	0.002379	3.18	95.02	49.25	0.58	1.75	40.93
360	Q200	235	396.76	401.16	400.59	401.57	0.00233	3.3	105.78	49.25	0.58	1.94	44.27
350	Q50	180	396.7	400.22	400.12	400.94	0.00461	3.88	57.33	42.27	0.77	1.23	55.63
350	Q100	205	396.7	400.31	400.31	401.15	0.005221	4.22	60.96	42.27	0.82	1.3	66.75
350	Q200	235	396.7	400.5	400.5	401.38	0.005186	4.4	68.81	42.27	0.83	1.46	74.25
340	Q50	180	396.84	400.37	400.1	400.68	0.002369	2.86	102.8	81	0.57	1.22	28.24
340	Q100	205	396.84	400.53	400.17	400.84	0.002279	2.92	115.63	81	0.56	1.36	30.45
340	Q200	235	396.84	400.72	400.33	401.03	0.002154	2.96	130.99	81	0.55	1.54	32.46
330	Q50	180	396.19	400.37	399.76	400.53	0.00132	2	130.45	94.39	0.43	1.34	17.29
330	Q100	205	396.19	400.53	399.87	400.7	0.001271	2.05	145.53	94.65	0.42	1.48	18.49
330	Q200	235	396.19	400.72	399.99	400.89	0.001203	2.1	163.65	94.95	0.42	1.66	19.58
320	Q50	180	396.45	400.35	399.84	400.46	0.001114	1.97	169.71	130.05	0.4	1.28	14.02
320	Q100	205	396.45	400.52	399.92	400.63	0.001025	1.98	191.66	130.3	0.39	1.44	14.53

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 60 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
320	Q200	235	396.45	400.72	400	400.83	0.000932	1.98	217.78	130.6	0.37	1.63	14.93
310	Q50	180	395.79	400.14	399.59	400.34	0.001326	2.23	132.46	117.75	0.44	1.1	14.31
310	Q100	205	395.79	400.33	399.74	400.52	0.001226	2.24	154.23	121.39	0.42	1.24	14.93
310	Q200	235	395.79	400.54	399.88	400.72	0.001107	2.24	181.11	125.74	0.41	1.41	15.26
300	Q50	180	396.33	400.12	399.17	400.23	0.000896	1.57	147.71	112.05	0.35	1.3	11.45
300	Q100	205	396.33	400.3	399.35	400.41	0.000819	1.59	168.38	113.26	0.34	1.47	11.8
300	Q200	235	396.33	400.52	399.54	400.63	0.000737	1.61	193.27	114.71	0.33	1.66	12.04
290	Q50	180	396.18	400.01	399.47	400.14	0.001004	1.95	164.47	129.71	0.38	1.25	12.33
290	Q100	205	396.18	400.22	399.57	400.34	0.000881	1.92	191.24	131.65	0.36	1.43	12.39
290	Q200	235	396.18	400.45	399.67	400.56	0.000766	1.88	222.61	133.09	0.34	1.65	12.38
280	Q50	180	395.95	399.98	399.28	400.04	0.000666	1.57	218.54	169.98	0.31	1.27	8.3
280	Q100	205	395.95	400.19	399.34	400.25	0.000568	1.53	254.69	170.43	0.29	1.48	8.22
280	Q200	235	395.95	400.43	399.42	400.49	0.000486	1.49	296.21	170.96	0.27	1.71	8.15
270	Q50	180	396.02	399.95	398.94	400.01	0.000519	1.02	177.23	112.45	0.26	1.55	7.87
270	Q100	205	396.02	400.17	399.01	400.22	0.00045	1.02	201.59	119.48	0.24	1.66	7.31
270	Q200	235	396.02	400.41	399.09	400.46	0.000383	1.02	230.9	121.14	0.23	1.87	7.02
260	Q50	180	395.58	399.9	398.87	399.98	0.000465	1.56	203.93	114.64	0.27	1.74	7.95
260	Q100	205	395.58	400.12	398.97	400.19	0.000441	1.58	228.83	116.9	0.26	1.91	8.28
260	Q200	235	395.58	400.36	399.09	400.44	0.00042	1.61	257.65	117.47	0.26	2.14	8.83
250	Q50	180	395.87	399.85	398.84	399.94	0.000611	1.66	177.56	93.88	0.3	1.84	11
250	Q100	205	395.87	400.07	398.95	400.16	0.000582	1.69	198.1	96.26	0.29	2	11.39
250	Q200	235	395.87	400.31	399.06	400.4	0.000583	1.78	222.16	103.76	0.3	2.08	11.88
240	Q50	180	395.92	399.66	398.7	399.87	0.001004	2.26	115.59	57.24	0.39	1.95	19.21
240	Q100	205	395.92	399.87	398.84	400.08	0.001008	2.36	127.35	58.01	0.4	2.12	20.93

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 61 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
240	Q200	235	395.92	400.1	398.99	400.33	0.00101	2.46	140.88	58.88	0.4	2.3	22.82
230	Q50	180	395.48	399.36	398.7	399.75	0.001919	2.95	79.57	41.38	0.53	1.83	34.49
230	Q100	205	395.48	399.54	398.88	399.96	0.001987	3.11	86.89	42.09	0.55	1.97	38.31
230	Q200	235	395.48	399.74	399.05	400.2	0.002058	3.3	95.36	43.66	0.56	2.08	41.97
220	Q50	180	395.18	399.16	398.23	399.29	0.000793	1.87	148.05	86.26	0.34	1.66	12.9
220	Q100	205	395.18	399.36	398.34	399.49	0.000769	1.92	166.4	94.42	0.34	1.7	12.85
220	Q200	235	395.18	399.59	398.45	399.73	0.000737	1.97	188.59	97.37	0.34	1.87	13.53
210	Q50	180	394.68	399.14	396.94	399.26	0.000416	1.54	137	54.2	0.26	2.39	9.75
210	Q100	205	394.68	399.34	397.11	399.46	0.000443	1.65	147.45	54.2	0.27	2.55	11.09
210	Q200	235	394.68	399.55	397.3	399.7	0.000472	1.77	159.19	54.2	0.28	2.74	12.67
200	Q50	180	395.03	399.13	398.16	399.22	0.000591	1.7	189.17	111	0.3	1.64	9.53
200	Q100	205	395.03	399.33	398.29	399.43	0.000565	1.73	211.68	111	0.29	1.83	10.15
200	Q200	235	395.03	399.56	398.4	399.65	0.000541	1.76	236.99	111	0.29	2.04	10.85
190	Q50	180	394.75	398.75	398.1	399.14	0.002095	2.9	79.59	56.01	0.56	1.37	28.05
190	Q100	205	394.75	398.93	398.36	399.34	0.002076	3.01	89.82	56.41	0.56	1.52	31.03
190	Q200	235	394.75	399.14	398.58	399.57	0.002041	3.12	101.62	56.86	0.56	1.7	34.11
180	Q50	180	394.66	398.68	397.98	399.01	0.002026	2.74	80.92	40.25	0.53	1.86	37
180	Q100	205	394.66	398.85	398.13	399.22	0.002086	2.9	88.03	43.5	0.55	1.88	38.42
180	Q200	235	394.66	399.05	398.3	399.45	0.002108	3.05	99.37	59.25	0.56	1.58	32.68
170	Q50	180	394.26	398.51	397.63	398.74	0.001188	2.34	109.98	64.66	0.42	1.63	18.98
170	Q100	205	394.26	398.69	397.86	398.94	0.001201	2.44	121.8	66.39	0.43	1.75	20.65
170	Q200	235	394.26	398.91	398.03	399.16	0.00119	2.53	138.33	82.35	0.43	1.61	18.84
160	Q50	180	394.17	398.43	397.11	398.65	0.00105	2.23	107.8	64.87	0.4	1.59	16.39
160	Q100	205	394.17	398.61	397.43	398.85	0.00108	2.34	119.36	66.61	0.41	1.71	18.14

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 62 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
160	Q200	235	394.17	398.82	397.7	399.08	0.001089	2.45	133.69	68.72	0.42	1.86	19.83
150	Q50	180	394.02	398.39	397.35	398.6	0.000984	2.21	113.09	56.07	0.39	1.91	18.39
150	Q100	205	394.02	398.56	397.52	398.79	0.001029	2.34	122.81	56.7	0.4	2.04	20.6
150	Q200	235	394.02	398.83	397.69	399	0.00081	2.18	177.06	94.19	0.36	1.8	14.31
140	Q50	180	393.88	398.28	397.68	398.52	0.001411	2.55	116.95	80.28	0.45	1.4	19.35
140	Q100	205	393.88	398.47	397.82	398.71	0.001363	2.61	132.77	83.41	0.45	1.53	20.41
140	Q200	235	393.88	398.69	397.95	398.93	0.001313	2.67	151.3	86.92	0.44	1.67	21.48
130	Q50	180	393.91	398.17	397.58	398.42	0.001462	2.51	113.82	76.05	0.46	1.43	20.57
130	Q100	205	393.91	398.37	397.75	398.62	0.001395	2.56	129.22	78.88	0.45	1.57	21.46
130	Q200	235	393.91	398.6	397.89	398.84	0.001327	2.61	146.94	80.44	0.45	1.75	22.71
120	Q50	180	387.99	392.44	390.64	392.62	0.000697	1.99	120.69	69.92	0.33	1.64	11.23
120	Q100	205	387.99	392.64	390.85	392.83	0.000719	2.09	134.29	69.92	0.34	1.82	12.83
120	Q200	235	387.99	392.85	391.09	393.06	0.000746	2.21	149.06	69.92	0.35	2.01	14.69
110	Q50	180	387.93	392.39	390.9	392.54	0.00074	1.94	154.7	113.02	0.33	1.33	9.67
110	Q100	205	387.93	392.6	391.39	392.75	0.000697	1.96	178.39	113.51	0.33	1.53	10.44
110	Q200	235	387.93	392.83	391.61	392.97	0.000664	1.99	204.03	114.03	0.32	1.74	11.31
100	Q50	180	387.74	392.35	390.78	392.5	0.000691	1.84	152.19	116.65	0.32	1.27	8.63
100	Q100	205	387.74	392.56	390.97	392.7	0.00065	1.86	177.03	120.37	0.32	1.43	9.14
100	Q200	235	387.74	392.81	391.21	392.92	0.000534	1.76	244.51	178.29	0.29	1.34	7.01
90	Q50	180	387.87	392.36	390.43	392.45	0.000525	1.46	166.38	107.28	0.28	1.51	7.76
90	Q100	205	387.87	392.56	390.62	392.66	0.000499	1.5	188.98	109.07	0.28	1.68	8.22
90	Q200	235	387.87	392.79	390.85	392.89	0.000478	1.54	214.55	114.77	0.27	1.81	8.51
80	Q50	180	388.35	392.25	390.63	392.39	0.000729	1.72	115.85	80.18	0.33	1.43	10.22
80	Q100	205	388.35	392.45	390.8	392.61	0.000722	1.79	133.73	99.19	0.34	1.34	9.47

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE												
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO												
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108			Foglio 63 di 91		Rev.: 00				N° documento Cliente: AT-RE-108			

Sezione	TR	Q (m³/s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p. l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
80	Q200	235	388.35	392.67	390.98	392.84	0.000705	1.86	158.53	121.5	0.34	1.3	8.96
70	Q50	180	387.94	391.79	390.46	391.84	0.000295	1.22	250.4	125.57	0.22	1.95	5.65
70	Q100	205	387.94	392.02	390.55	392.06	0.00028	1.24	278.81	126.17	0.21	2.16	5.94
70	Q200	235	387.94	392.26	390.64	392.31	0.000269	1.27	309.96	126.83	0.21	2.39	6.31
60	Q50	180	387.4	391.79	389.33	391.82	0.000127	0.88	317.19	144.19	0.15	2.16	2.69
60	Q100	205	387.4	392.02	389.46	392.05	0.000126	0.92	349.76	144.83	0.15	2.37	2.94
60	Q200	235	387.4	392.26	389.61	392.3	0.000127	0.96	385.49	145.53	0.15	2.6	3.23
50	Q50	556	385.76	391.45	390.86	391.77	0.00118	3.04	341.68	176.91	0.45	1.9	21.97
50	Q100	634	385.76	391.67	391.01	392	0.001186	3.14	384.51	186.09	0.45	2.02	23.53
50	Q200	726	385.76	391.92	391.17	392.24	0.001169	3.22	430.4	186.85	0.45	2.25	25.83
40	Q50	556	385.82	391.53	390.19	391.69	0.000597	2.07	425.82	193.68	0.33	2.18	12.75
40	Q100	634	385.82	391.74	390.41	391.92	0.00061	2.17	467.72	194.37	0.33	2.38	14.24
40	Q200	726	385.82	391.98	390.6	392.17	0.000622	2.27	514.29	195.33	0.34	2.61	15.9
30	Q50	556	385.83	391.45	390.52	391.66	0.000862	2.49	391.02	184.58	0.39	2.09	17.63
30	Q100	634	385.83	391.67	390.67	391.89	0.000865	2.58	431.29	185.18	0.39	2.29	19.45
30	Q200	726	385.83	391.91	390.82	392.14	0.000869	2.67	475.97	185.85	0.39	2.52	21.46
20	Q50	556	385.86	391.2	390.62	391.56	0.001476	3.24	299.91	146.86	0.5	2	28.91
20	Q100	634	385.86	391.4	390.79	391.79	0.001493	3.36	330.66	147.47	0.51	2.19	32.09
20	Q200	726	385.86	391.64	390.95	392.04	0.00151	3.5	364.8	148.15	0.51	2.4	35.61
10	Q50	556	385.86	391.08	390.62	391.5	0.001701	3.41	283.36	146.53	0.54	1.89	31.57
10	Q100	634	385.86	391.29	390.79	391.72	0.0017	3.53	314.47	147.15	0.54	2.09	34.84
10	Q200	726	385.86	391.53	390.95	391.97	0.0017	3.65	348.91	147.83	0.54	2.31	38.45

Tabella 7: Grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto modellato nello stato di progetto (evidenziate in verde le sezioni interessate dagli attraversamenti)

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 64	di	91	Rev.:	00	N° documento Cliente: AT-RE-108

4 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE

Per la determinazione della profondità di posa della condotta sono stati valutati gli effetti del transito dell'evento di piena duecentennale considerato nella modellazione idraulica.

Esistono vari studi, per lo più sperimentali, per la determinazione della massima profondità di erosione di un fondo d'alveo in corrispondenza di piene eccezionali, dovuta principalmente alla presenza di:

- Caso 1: discontinuità di fondo
- Caso 2: manufatti in alveo (pile, pennelli, briglie, ecc.)
- Caso 3: propagazione di barre alterne
- Caso 4: curve

Di seguito si riportano le equazioni considerate per il calcolo della profondità di erosione per i quattro casi sopra citati:

Caso 1

Per valutare la profondità di erosione S_{max} connessa alla presenza di discontinuità di fondo, che nel caso in esame si può correlare al diverso grado di compattazione tra i terreni dell'alveo indisturbato e quelli interessati dalle operazioni di scavo e rinterro⁶, si utilizzeranno due formulazioni alternative, assumendo poi il valore più cautelativo tra i due calcolati:

a) espressione di Schoklitsch:

$$S_{max} = 0.378 \cdot H^{0.5} \cdot q^{0.35}$$

⁶ A favore di sicurezza, si applicherà tale casistica anche nel caso degli attraversamenti effettuati con tecnologia no-dig, che in realtà lascia l'alveo indisturbato.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 65 di 91		Rev.: 00		N° documento Cliente: AT-RE-108

con H carico totale, $q = \frac{Q}{A/y_u}$ portata specifica, A area bagnata della sezione trasversale, y_u altezza di moto uniforme

b) espressione in funzione dell'altezza idrica di moto uniforme:

$$S_{max} = \frac{y_u}{2}$$

Caso 2

Si valuteranno caso per caso, se presenti, i manufatti in alveo.

Caso 3

Le barre alterne sono onde di sedimenti che si propagano molto lentamente sul fondo di corsi d'acqua dando luogo a sequenza di zone di scavo e di deposito; ipotizzando che l'evento di piena abbia una durata temporale abbastanza lunga da instaurare condizioni di moto assimilabili a quelle di moto permanente e uniforme, il criterio per l'esistenza di barre alterne, in moto permanente uniforme in un alveo rettilineo, è che:

$$\beta > \beta_c$$

dove il parametro β è definito come:

$$\beta = \frac{B_f}{2Y}$$

con B_f larghezza del fondo e Y profondità media della corrente.

I valori di β_c si trovano rappresentati in un grafico sperimentale in funzione della scabrezza relativa D/Y (intesa come rapporto tra il diametro medio dei sedimenti D e la profondità media della corrente Y) e della tensione $\theta = \frac{i_f \cdot R_H}{D \cdot (s-1)}$ di Shields (riportato in Annesso 3), con i_f pendenza di fondo, R_H è il raggio idraulico, s parametro pari a 2.5.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 66 di 91		Rev.: 00		N° documento Cliente: AT-RE-108

Esistono poi espressioni empiriche per il calcolo della massima altezza di deposito rispetto al fondo della buca di erosione; utilizzando l'espressione di Ikeda:

$$H_{b\ max} = 0.18 \cdot Y \cdot \left(\frac{D}{Y}\right)^{0.45} \cdot \beta^{1.45}$$

nota la quale è possibile ricavare la massima profondità di erosione come:

$$\eta_{max} = (0.50 \div 0.57) \times H_{b\ max}$$

Caso 4

In presenza di una curva pronunciata si possono innescare erosioni di fondo sul lato più esterno della curva. Per valutarne la profondità si utilizzeranno due formulazioni sperimentali, assumendo poi un valore pari alla media dei due calcolati:

a) espressione di Seminara e Tubino (1989): nell'ipotesi di trasporto al fondo dominante, sedimenti omogenei e raggio di curvatura costante, la profondità massima di scavo η_{max} si può ricavare dall'espressione:

$$\eta_{max} = Y d_0 \frac{B_f}{4 r_c}$$

dove B_f è la larghezza del fondo alveo; Y il tirante idrico della sezione all'inizio della curva, r_c è il raggio di curvatura, d_0 è il coefficiente ottenuto dal grafico sperimentale riportato in Annesso 3 in funzione del numero di Shields θ e del rapporto D/Y , con D diametro rappresentativo del sedimento.

b) espressione di Galay et al. (1987): per alvei in ghiaia ed angolo interno intorno tra 60° e 100° pone il tirante idraulico in corrispondenza del gorgo h_g pari a:

$$h_g = Y \cdot \left(0.9 + 3.7 \frac{B_f}{r_c}\right)$$

mentre per angoli al centro inferiori a 60° risulta:

$$h_g = Y \cdot \left(1.2 + \frac{B}{r_c}\right)$$

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 67 di 91	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-108
		00	

dove, oltre ai simboli già visti in precedenza, Y è il tirante idrico medio nella sezione di attacco della curva calcolato come rapporto tra l'area bagnata della sezione e la larghezza del pelo libero B .

Da cui la profondità di scavo risulta:

$$h_{scavo} = Y - h_g$$

Il valore di erosione finale da considerare sarà quello maggiore tra i quattro casi sopra descritti.

Su tale valore tuttavia è bene tenere presente che le formule utilizzate, essendo di tipo sperimentale, consentono di determinare l'ordine di grandezza del fenomeno e che pertanto vanno utilizzate con cautela ed opportuni coefficienti di sicurezza.

Per tali motivi, in considerazione delle caratteristiche dell'alveo fluviale e dei materiali presenti in sito, si ritiene opportuno considerare un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.30

Alla luce di quanto sopra esposto, in considerazione delle caratteristiche di progetto, per tutti gli attraversamenti si può escludere la casistica di cui al punto 2, in quanto nelle sezioni in esame non sono presenti manufatti in alveo.

Si procede quindi ad analizzare i casi 1, 3 e 4.

Caso 1

Utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate al Paragrafo 3.3 e sintetizzate in Tabella 8, per il tempo di ritorno di 200 anni e considerando il fattore di sicurezza pari a 1.30, con riferimento ai simboli sopra esplicitati, si ottiene:

Intersezione	y_u [m]	$S_{max,buche (a)} \times 1.3$ [m]	$S_{max,buche (b)} \times 1.3$ [m]
35	2.77	2.08	1.8
38	3.11	1.71	2.02
41	2.9	1.6	1.88
46	4.68	1.79	3.04

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 68 di 91	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-108
		00	

Intersezione	y_u [m]	$S_{max,buche (a)} \times 1.3$ [m]	$S_{max,buche (b)} \times 1.3$ [m]
47	4.9	2.02	3.18
48	4.87	1.92	3.17
49	4.37	2.16	2.84
50	3.88	1.98	2.52
51	4.19	1.8	2.72
52	4.43	1.8	2.88
53	4.53	1.79	2.94
54	4.8	2.1	3.12
56	5.09	1.95	3.31
57	6.16	2.64	4

Tabella 8: risultati relativi al calcolo dell'erosione causata da discontinuità di fondo

Caso 3

Con riferimento alle grandezze caratteristiche calcolate per le sezioni in corrispondenza dei vari attraversamenti, riportate in Tabella 7, si ricavano quindi i risultati riportati nella seguente tabella:

Intersezione	B_f [m]	Y [m]	D [m]	β	β_c	$\beta > \beta_c$	erosione massima
35	24.29	2.77	0.01	3.5	9	NO	-
38	9.48	3.11	0.01	1.4	11	NO	-
41	8.71	2.9	0.01	1.5	10	NO	-
46	10.11	4.68	0.01	5.8	8	NO	-
47	10.7	4.9	0.01	4.2	12	NO	-
48	9.13	4.87	0.01	4.8	12	NO	-
49	14.71	4.37	0.01	3.5	12	NO	-
50	9.05	3.88	0.01	4.3	12.5	NO	-
51	13.34	4.19	0.01	1	9	NO	-
52	10.67	4.43	0.01	1.2	9	NO	-
53	9.5	4.53	0.01	1	9	NO	-
54	10.5	4.8	0.01	1.1	12	NO	-
56	15.99	5.09	0.01	1.2	12.5	NO	-
57	60.65	6.16	0.01	6.8	11	NO	-

Tabella 9: Profondità di scavo prevedibile per la presenza di barre alterne

Poiché $\beta < \beta_c$ per tutte le intersezioni considerate, non si ha la formazione di barre alterne.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 69 di 91	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------	------------------------------------

Caso 4

Alcuni degli attraversamenti in progetto cadono in corrispondenza di una curva del fiume, risultano quindi applicabili le formule empiriche per la determinazione dell'erosione in curva; dall'applicazione delle formule suddette, utilizzando i dati di Tabella 7 per le sezioni di progetto si sono ottenuti i risultati riportati nella seguente Tabella 10 (in cui il significato e le unità di misura dei vari simboli utilizzato è indicato in precedenza):

Intersezione	B_f [m]	Y [m]	D [m]	r_c [m]	d_0	η_{max} (eq. a) [m]	h_{scavo} (eq. b) [m]	Profondità di scavo media $\times 1.3$ [m]
35	24.29	2.77	0.01	-	-	-	-	-
38	9.48	3.11	0.01	136	9	0.49	0.49	0.64
41	8.71	2.9	0.01	300	14	0.30	0.02	0.21
46	10.11	4.68	0.01	-	-	-	-	-
47	10.7	4.9	0.01	-	-	-	-	-
48	9.13	4.87	0.01	-	-	-	-	-
49	14.71	4.37	0.01	-	-	-	-	-
50	9.05	3.88	0.01	-	-	-	-	-
51	13.34	4.19	0.01	290	9	0.43	0.29	0.47
52	10.67	4.43	0.01	290	10	0.41	0.16	0.37
53	9.5	4.53	0.01	100	17	1.83	1.14	1.93
54	10.5	4.8	0.01	75	17	2.90	2.05	3.22
56	15.99	5.09	0.01	244	7	0.58	0.73	0.85
57	60.65	6.16	0.01	-	-	-	-	-

Tabella 10: Profondità di scavo prevedibile per la presenza di curve

Definizione della profondità di posa per gli attraversamenti in. 35, 38, 41, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56 e 57

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, si riporta in Tabella 11 la profondità minima di posa della condotta (già comprensiva del fattore di sicurezza pari a 1.3) e il caso più gravoso a cui essa è riferita.

Intersezione	Profondità minima di posa [m]	CASO più gravoso
35	2.08	1
38	2.02	1
41	1.88	1

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 70 di 91	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-108
		00					

Intersezione	Profondità minima di posa [m]	CASO più gravoso
46	3.04	1
47	3.18	1
48	3.17	1
49	2.84	1
50	2.52	1
51	2.72	1
52	2.88	1
53	2.94	1
54	3.22	4
56	3.31	1
57	4.00	1

Tabella 11: Profondità minima di posa relativa al caso più gravoso per ogni intersezione

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 71 di 91		Rev.: 00		N° documento Cliente: AT-RE-108

5 VERIFICA DI STABILITÀ DELLA SOGLIA NEI CONFRONTI DELL'AZIONE DELLA CORRENTE

La verifica viene condotta secondo due diverse modalità, ed in particolare utilizzando la teoria di Shields per la verifica della stabilità del rivestimento sul fondo alveo (considerato in piano) e considerando invece l'azione delle tensioni di trascinamento (ricavate dalla modellazione e riportate in Tabella 7) sui singoli elementi in pietra disposti in inclinato, trascurando, a favore di sicurezza, l'azione di mutuo incastro tra i massi stessi.

Verifica di stabilità del materiale di rivestimento sul fondo alveo

Le formule che mettono in relazione la portata idraulica del corso d'acqua, le sue caratteristiche fisiche e geometriche con le caratteristiche del materiale di fondo in moto incipiente, ovvero quello che si trova in condizioni di equilibrio limite, sono le seguenti:

$$\Phi_{crit} = \gamma h_u i / (\gamma_s - \gamma) d = 0,056 \quad \text{formula di Shields per } Re > 400$$

$$Q_u = K_s (Bh) h_u^{2/3} i \quad \text{formula di Gauckler Strickler per moto uniforme}$$

Dove:

Φ_{crit} tensione tangenziale critica

γ peso specifico del liquido (acqua) = 1000 kg/mc

γ_s peso specifico del sedimento/masso = 2200 kg/mc

i pendenza del fondo alveo

h_u altezza di moto uniforme

d diametro del materiale costituente il fondo alveo ovvero costituente il rivestimento in massi di progetto

Q_u portata di moto uniforme

n coefficiente di scabrezza di Gauckler Strickler = 0.03

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE								
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO								
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 72 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108	

B larghezza del fondo alveo

Mettendo a sistema le due equazioni si può ottenere una qualsiasi delle variabili in funzione delle altre grandezze. In particolare, nel caso in esame, vogliamo pertanto ricavare il diametro del masso che si trova nella condizione di moto incipiente con la portata di progetto.

La formula diventa:

$$d = (Q^{6/7} i_c)^{7/10} / (0.056 (B K_s)^{3/5} (\gamma_s - \gamma) / \gamma)$$

Da cui, per l'attraversamento n. 46, unico interessato dall'opera di rivestimento del fondo, si ricavano il diametro limite e il diametro minimo di progetto (con un fattore di sicurezza pari a 1,4) relativi ai massi costituenti il rivestimento di fondo:

intersezione	Q [mc/s]	Bf [m]	Y [m]	V [m/s]	i [m/m]	Diametro limite [m]	Fs	Diametro min. pr. [m]
46	235	10.11	4.68	1.76	0.0008	0.08	1.4	0.11

Tabella 12: Verifica del diametro limite dei massi da utilizzare per il rivestimento di fondo alveo

Verifica di stabilità del materiale di rivestimento delle sponde

Per la verifica della pezzatura degli elementi costituenti la scogliera, assunti pari ad un volume non inferiore a 0,7 m³, corrispondente ad un diametro della sfera equivalente di 1,1 m, si procede, in funzione della pendenza della sponda, con i criteri dell'equilibrio limite, tenendo conto della correzione per la stabilità su sponda inclinata.

Il diametro equivalente così calcolato deve essere aumentato per ottenere un coefficiente di sicurezza sufficiente, tenendo comunque presente che la formula non tiene conto dell'effetto stabilizzante dovuto al mutuo incastro degli elementi in pietra.

Stevens et al. (1976), dall'analisi dei momenti delle forze agenti sull'elemento solido, giungono alle seguenti espressioni utili per la determinazione del diametro

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 73 di 91	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------	------------------------------------

d'equilibrio su sponda inclinata e quindi per la valutazione dell'opportunità di realizzare scogliere in massi di forma tondeggiante alla rinfusa.

$$\sigma = \frac{21 \tau}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1\right) \gamma d_m} = \frac{0.3 u_r^2}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1\right) g d_m}$$

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{\cos \lambda}{\frac{2 \sin \theta}{\sigma \tan \phi} + \sin \lambda} \right)$$

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{1 + \sin(\lambda + \beta)}{2}$$

$$C_s = \frac{\cos \theta \tan \phi}{\sigma' \tan \phi + \sin \theta \cos \beta}$$

in cui:

d_m è il diametro del masso;

C_s è il coefficiente di sicurezza al ribaltamento del masso rispetto al punto P di rotazione (rapporto tra il momento risultante delle forze stabilizzanti e il momento risultante delle forze ribaltanti);

θ è l'angolo della pendenza adottata per la scarpata;

ϕ è l'angolo di riposo in acqua dei massi;

β è l'angolo che la direzione di caduta del masso forma con la linea di massima pendenza della scarpata;

λ è l'angolo diedro tra il piano orizzontale e il piano inclinato costituente il fondo dell'alveo ($\tan \lambda = i$, pendenza del fondo);

σ e σ' sono i cosiddetti numeri di stabilità del masso rispettivamente su sponda inclinata ed orizzontale ($\theta = 0$);

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 74 di 91		Rev.: 00		N° documento Cliente: AT-RE-108

τ è l'azione di trascinamento sul masso;

u_r è la velocità della corrente contro il masso.

La velocità u_r può essere desunta dalla legge logaritmica di distribuzione della velocità sulla verticale y in un moto assolutamente turbolento (Keulegan, 1938):

$$u(y) = 2.5 u^* \ln \left(30.2 \frac{y}{d_m} \right)$$

in cui $u^* = \sqrt{\tau/\rho}$

Integrando l'equazione precedente sulla verticale si ottiene per la velocità media \bar{u} della corrente:

$$\bar{u} = 2.5 u^* \ln \left(12.3 \frac{y_0}{d_m} \right)$$

in cui y_0 è il tirante idrico.

Ammettendo che la velocità u_r sia corrispondente alla profondità $y = d_m$, dalle formulazioni si ottiene l'espressione:

$$\frac{u_r}{\bar{u}} = \frac{3.4}{\ln(12.3 \frac{y_0}{d_m})}$$

da utilizzare per il calcolo di u_r , avendo precedentemente determinato, con i criteri esposti, la velocità media \bar{u} e la profondità y_0 .

È però importante ricordare che le equazioni in oggetto valgono per profondità relative $y_0/d_m > 6$;

nel caso invece in cui la scabrezza sia macroscopica ($y_0/d_m < 6$) e conseguentemente molto alta la turbolenza e l'aerazione della corrente, si può assumere in via pratica:

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE								
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO								
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 75 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108	

$$u_r = \bar{u}$$

In definitiva, le espressioni precedenti consentono di verificare la stabilità di una scogliera. Dati infatti la dimensione d_m dei massi, l'angolo di scarpata θ , l'angolo di riposo ϕ , calcolata la velocità u_r e la sua direzione, applicando in successione le formulazioni elencate si giunge a calcolare il coefficiente di sicurezza C_S .

Se $C_S > 1$ la scogliera ha sufficiente stabilità; se $C_S = 1$ l'equilibrio è al limite; se $C_S < 1$, la scogliera è soggetta a franamento.

Per una buona sicurezza si assume che C_S sia almeno pari a 1.1.

Per le scogliere alle intersezioni del fiume Velino dove ve ne è la necessità, supponendo cautelativamente una scarpata inclinata di 45° , un rapporto tra i pesi specifici dei massi e dell'acqua pari a 2.5 e un angolo di riposo in acqua dei massi pari a 55° , si ottengono i risultati di Tabella 13

intersezione	Q [m ³ /s]	y_0 [m]	v_0 [m/s]	i [m/m]	θ [°]	Diametro di progetto [m]	Fs (verifica)
46	235	4.68	1.76	0.0008	45	1.1	1.3
56	235	5.09	1.76	0.0003	45	1.1	1.3

Tabella 13: Verifica secondo Stevens del dimetro limite dei massi da utilizzare per il rivestimento delle sponde

Dove il significato dei simboli utilizzati è descritto in precedenza. Come si può vedere le scogliere risultano verificate.

In alternativa, per la verifica della stabilità dei massi sulle sponde si può procedere considerando invece l'azione delle tensioni di trascinamento ricavate dalla modellazione e riportate in Tabella 7 sui singoli elementi in pietra, trascurando, a favore di sicurezza, l'azione di mutuo incastro tra i massi stessi.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 76	di 91	Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

Il progetto prevede l'utilizzo di massi di natura "calcarea, basaltica, granitica o trachitica" con una pezzatura non inferiore a 0,7 mc, corrispondente ad un peso indicativo (minimo):

$$P = 0,7 * 2200 = 1540 \text{ kg}$$

In caso di piena, il peso immerso risulta:

$$P_i = 1540 - 1000 * 0,7 = 840 \text{ kg}$$

L'inclinazione di progetto della sponda in massi sull'orizzontale risulta non superiore a 45° per cui la forza ortogonale al piano di appoggio⁷ risulterà:

$$P_i \cos 45^\circ = 593,90 \text{ kg}$$

Assumendo un coefficiente di attrito massa/terreno pari a 0,7 (corrispondente ad un angolo di 35°) la forza d'attrito stabilizzante (tangente al piano di appoggio) risulterà:

$$F_s = 593,9 * 0,7 = 415,77 \text{ kg} = 4157,7 \text{ N}$$

La forza destabilizzante è data dalla tensione tangenziale prodotta dalla corrente sulla superficie esposta del singolo elemento lapideo.

Il diametro della sfera equivalente al volume di progetto è $d = 1,11 \text{ m}$, la corrispondente superficie esposta all'acqua risulterà quindi $S = \pi * d^2 = 3,87 \text{ mq}$.

Moltiplicando tale valore per la tensione tangenziale massima desumibile dalla Tabella 6 (si assume a favore di sicurezza la tensione tangenziale della massima dell'intero tratto modellato, corrispondente a quella della sez. 670 per Tr200 anni, pari a 108,41 N/mq) risulta:

⁷L'altra componente della forza peso, parallela al piano inclinato, tenderebbe a fare scivolare i massi lungo il piano inclinato stesso, tale forza viene tuttavia scaricata da ciascun elemento lapideo su quello sottostante, fino allo strato di base, appoggiato sullo strato di fondazione, pertanto si annulla.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento:	Foglio		Rev.:			N° documento Cliente:
03857-PPL-RE-101-0108	77	di 91	00			AT-RE-108

$$F_d = \tau \cdot S = 108,41 \cdot 3,87 = 419,54 \text{ N}$$

Poiché $F_s \gg 1,4 F_d$ la verifica è soddisfatta.

Alla luce delle verifiche sopra riportate, a favore di sicurezza e per facilitare le attività di cantiere tutto il rivestimento verrà realizzato con massi di pezzatura non inferiore a 0,7 mc.

Verifica di stabilità dei gabbioni

Per i due attraversamenti interessati dalla predisposizione di gabbioni a protezione delle sponde, le verifiche idrauliche vengono effettuate sulla base del confronto tra la tensione tangenziale τ_w che l'acqua imprime sui gabbioni e la tensione ammissibile da parte della struttura stessa τ_{amm} .

Affinchè la verifica sia superata deve risultare che:

$$\tau_{amm} \geq FS \cdot \tau_w$$

La tensione tangenziale τ_w viene determinata a partire dai risultati che il modello fornisce per la sezione in corrispondenza della quale si predispongono i gabbioni.

La tensione ammissibile τ_{amm} viene calcolata sulla base della seguente formula⁸:

$$\tau_{amm} = K_S \cdot C^* \cdot (\gamma_S - \gamma_W) \cdot d_m$$

dove

$$K_S = \sqrt{1 - \sin^2 \theta / \sin^2 \varphi} = 0,57, \text{ con } \theta \text{ angolo delle sponde pari a } 45^\circ \text{ e } \varphi \text{ angolo di risposta a taglio del materiale di riempimento, supposto pari a } 60^\circ$$

$$C^* = 0,14, \text{ coefficiente di Shields}$$

⁸ D.B. SIMONS, Y. H. CHEN, L. J. SWENSON, Hydraulic test to develop design criteria for the use of Reno mattresses, Fort Collins, Colorado, 1984.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 78 di 91	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-108
		00					

$\gamma_S = 25 \text{ kN/m}^3$ peso specifico delle rocce di riempimento

$\gamma_W = 10 \text{ kN/m}^3$ peso specifico dell'acqua

$d_m = 0,25 \text{ m}$ diametro medio delle rocce di riempimento

Ottenendo:

$$\tau_{amm} = 300 \text{ N/m}^2$$

Utilizzando poi un fattore di sicurezza FS pari a 1,4 si ottiene che:

intersezione	$FS \cdot \tau_w$ [N/m ²]	τ_{amm} [N/m ²]	$\tau_{amm} > FS \cdot \tau_w$
35	$1,4 \cdot 108,4 = 152$	300	sì
38	$1,4 \cdot 33,9 = 47,5$	300	sì

Tabella 14: verifica delle gabbionate

Perciò le verifiche si reputano soddisfatte.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 79 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

6 CONCLUSIONI

Il presente studio ha lo scopo di valutare l' idoneità della profondità di posa della nuova condotta in corrispondenza dei dodici attraversamenti in subalveo del fiume Velino che, si ricorda, verranno eseguiti in massima parte con tecnica trenchless ad eccezione degli attraversamenti n. 35, 38, 46 e 56, che verranno eseguiti con scavo a sezione aperta.

La profondità di posa di progetto misurata dalla quota di fondo alveo in corrispondenza dei vari attraversamenti è riportata in Tabella 15.

Intersezione	Profondità di posa [m]
35	3.80
38	3.80
41	3.55
46	4.80
47	11.05
48	34.75
49	32.40
50	11.40
51	21.00
52	20.35
53	esistente ⁹
54	esistente ⁷
56	5.05
57	8.60

Tabella 15: Profondità di posa della condotta dalla quota più depressa di fondo alveo per i vari attraversamenti

Le verifiche condotte hanno evidenziato che le profondità di posa previste sono idonee a garantire il corretto ricoprimento delle condotte per un tempo superiore alla vita utile delle opere.

In conclusione preme sottolineare che le diverse valutazioni effettuate in merito alla natura dei terreni in fase di scavo e a cantiere ultimato saranno tanto più rispettate

⁹ Attraversamento esistente non oggetto di rifacimento, interessato esclusivamente dai lavori di posa della polifera portacavi

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 80 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

quanto più sarà presa ogni più opportuna azione per il corretto ripristino delle aree scavate.

A tal fine occorrerà in particolare:

- assicurare una perfetta compattazione dei terreni utilizzati per il rinterro della condotta ed il ripristino delle sponde, procedendo alla costipazione per strati di spessore massimo 30 - 50 cm;
- verificare in corso d'opera il raggiungimento di un buon grado di compattazione per ciascuno strato.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

81 di 91

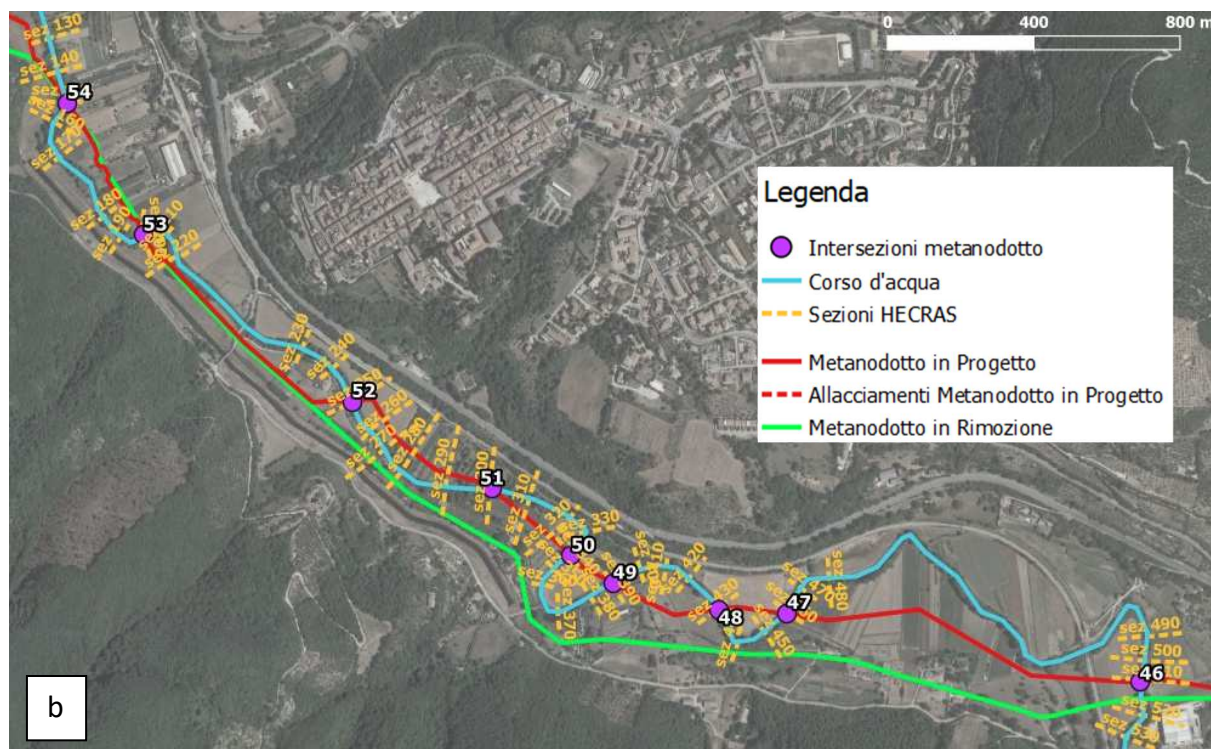
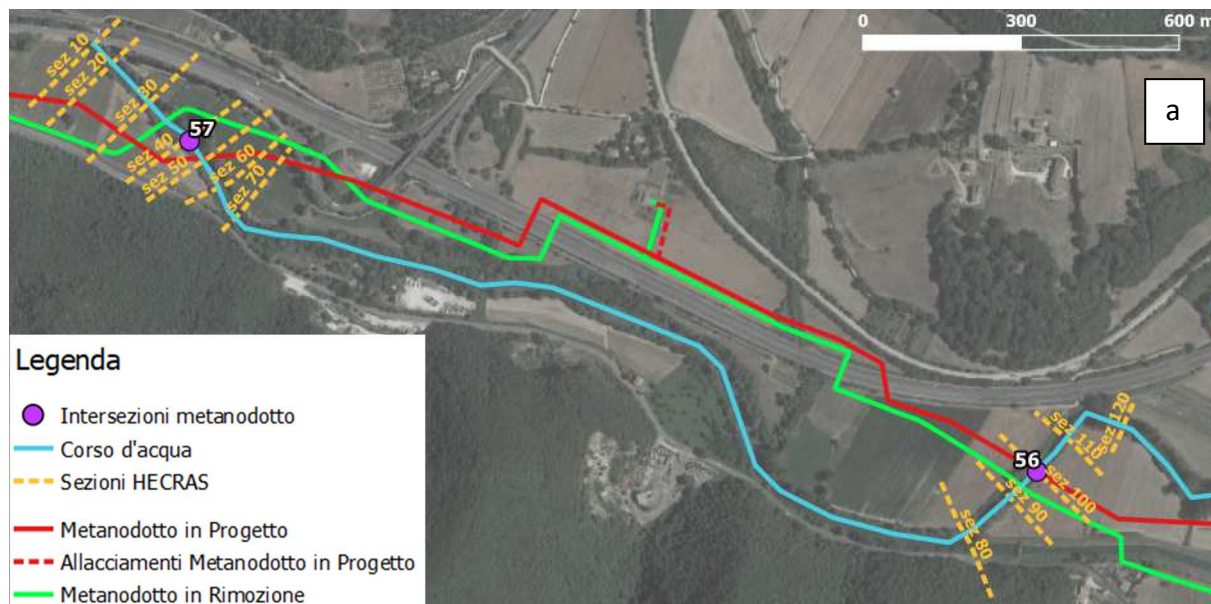
Rev.:

00

N° documento Cliente:

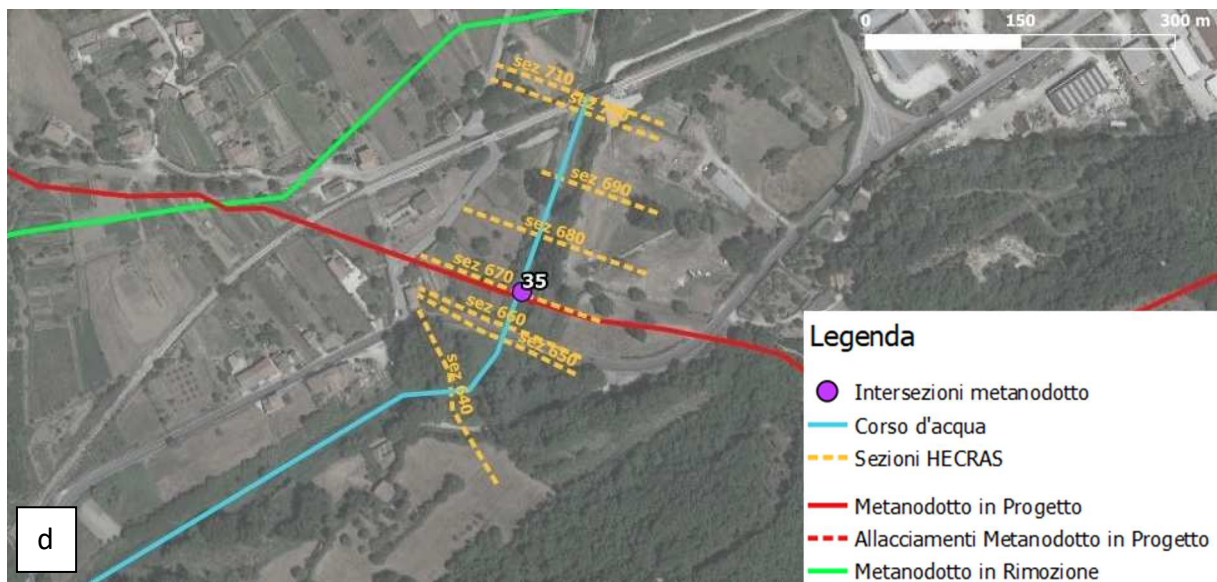
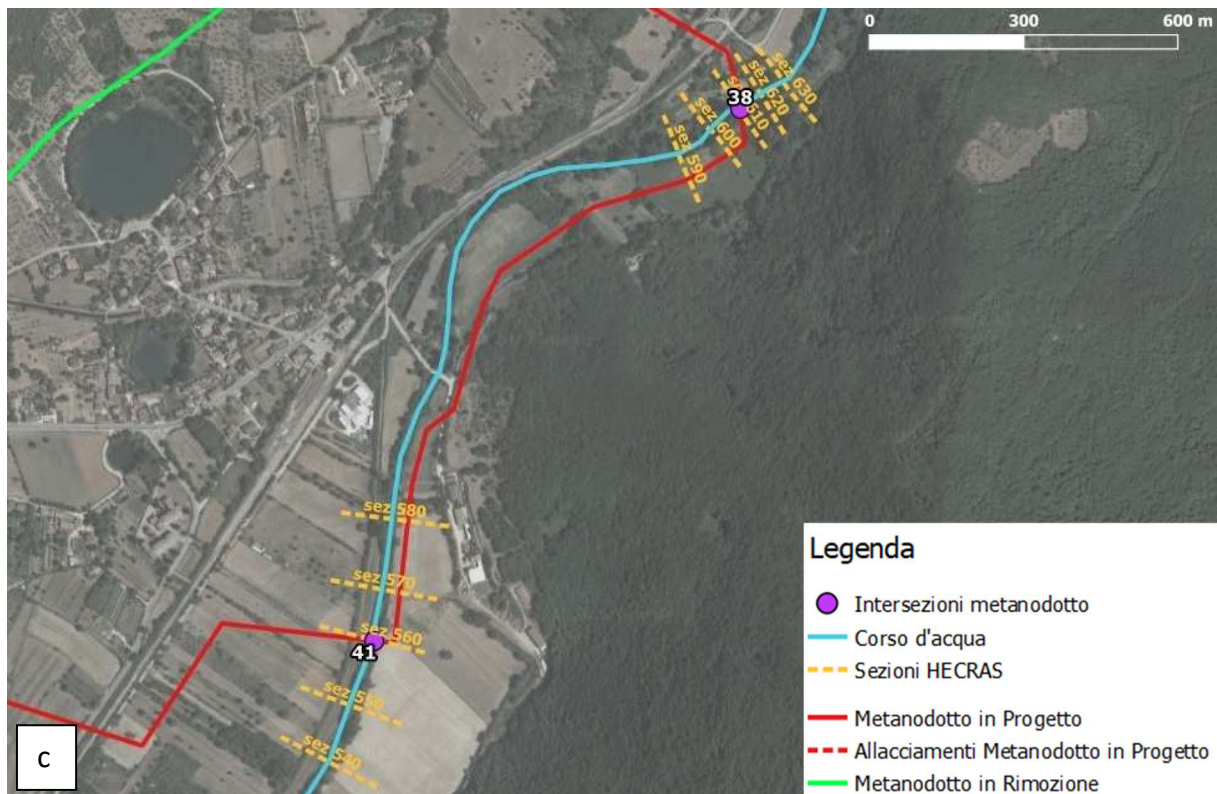
AT-RE-108

ANNESSO 1: STRALCI PLANIMETRICI DEL TRATTO MODELLATO



RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 82 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------



(a), (b), (c), (d): Tratti modellati in HEC-RAS, con relativi codici numerici delle sezioni trasversali inserite

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 83	di	91	Rev.:	00	N° documento Cliente: AT-RE-108

ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS(versione 5.0.7) ed è stato sviluppato dall'HydrologicEngineering Center dell'U.S. ArmyCorps of Engineers (California).

Descrizione del modello di simulazione idraulica

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

- Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:
- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

È rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108		Foglio 84 di 91		Rev.: 00		N° documento Cliente: AT-RE-108

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala, ecc.) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO						
N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 85 di 91		Rev.: 00			N° documento Cliente: AT-RE-108

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al torrente principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e torrente principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

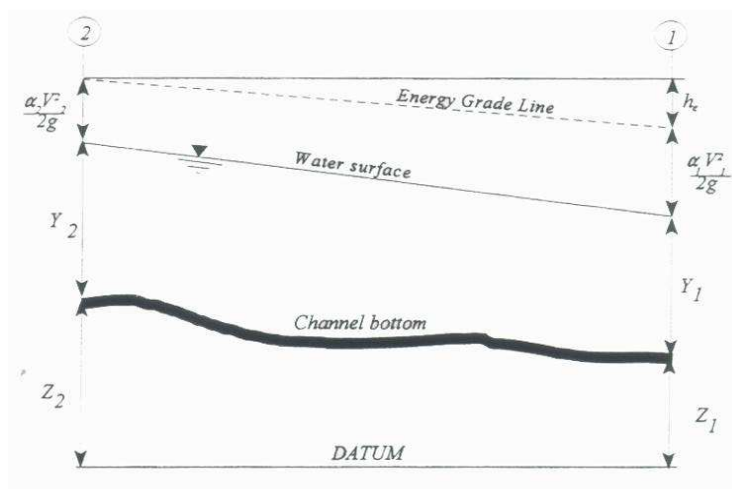
Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 86 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.



Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS1, WS2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

V1, V2 : velocità media;

α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

h_e : perdita di carico;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 87 di 91	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-108
		00	

L : distanza fra le sezioni trasversali;

Sf : pendenza media;

C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione.

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

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

Dove

L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la gola di sinistra, il torrente di magra e la gola di destra;

$\overline{Q_{lob}}$, $\overline{Q_{ch}}$, $\overline{Q_{rob}}$: sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice Sf viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$Sf = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

TRANSITION CLASS	CONTRACTION	EXPANSION
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa x = 0) e y (quote m s.l.m. relative ai punti

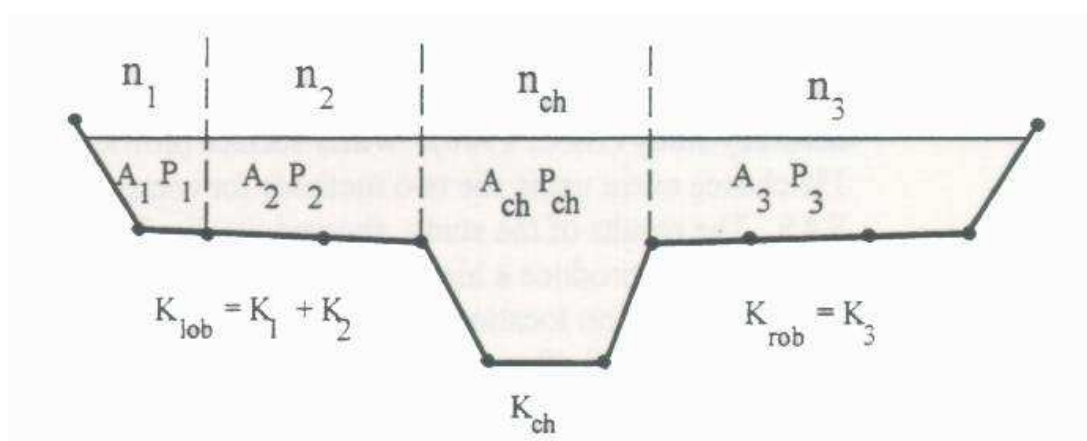
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 88 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------

definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel torrente principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.



Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove

Q : portata per unità elementare;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 89 di 91	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-108
		00	

K : capacità di deflusso per unità elementare;

n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;

a : area di deflusso dell'unità elementare;

R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente α , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

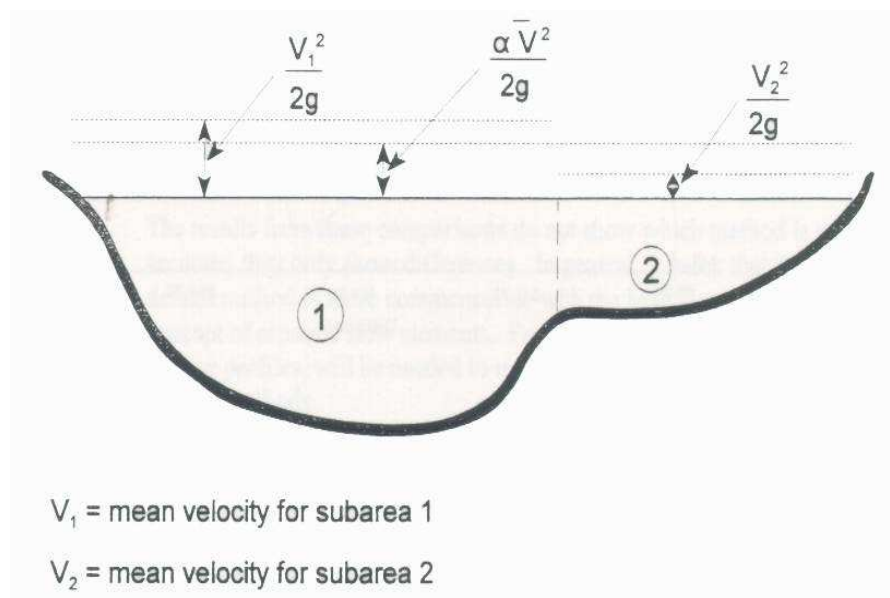
A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, torrente principale, golena destra;

K_t : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : capacità di deflusso di golena sinistra, torrente principale e golena destra.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento: 03857-PPL-RE-101-0108	Foglio 90 di 91	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-108
--	--------------------	-------------	------------------------------------



Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale

Il coefficiente α si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice S_f e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.

Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME VELINO**

N° Documento:

03857-PPL-RE-101-0108

Foglio

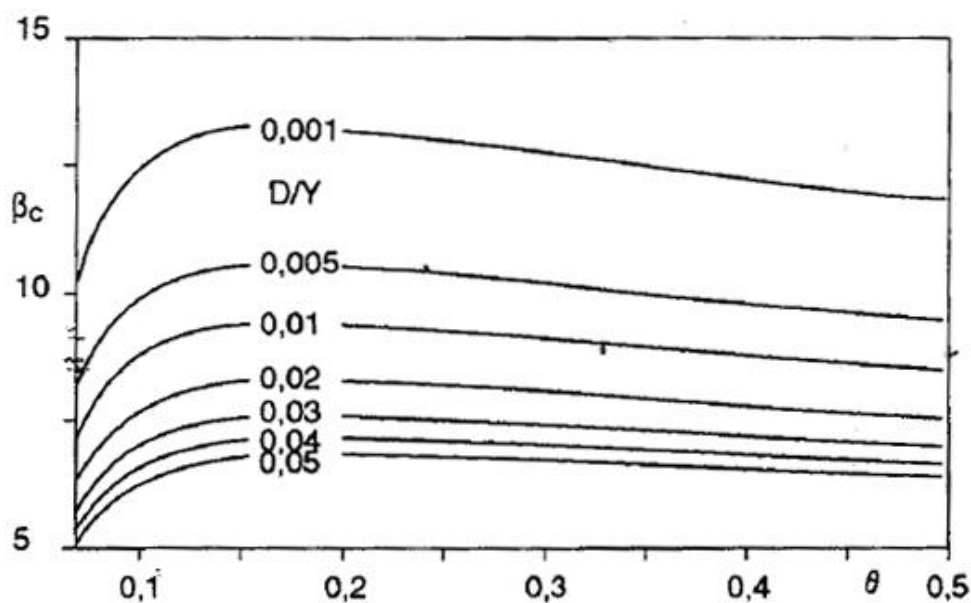
91 di 91

Rev.:

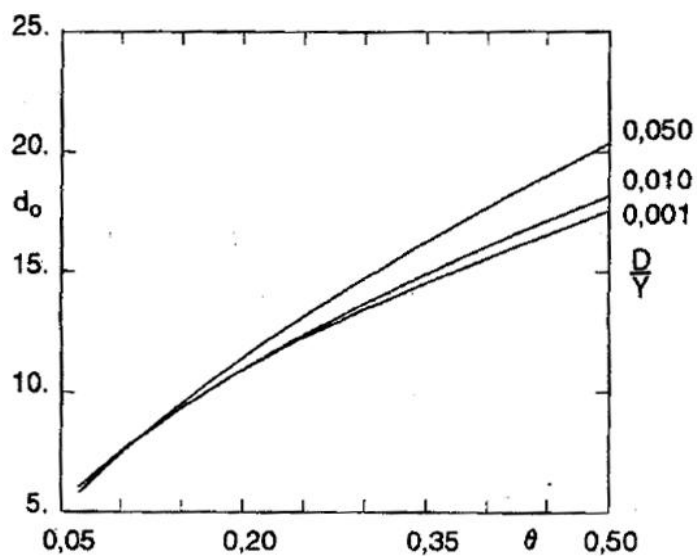
00

N° documento Cliente:

AT-RE-108

ANNESSE 3: TABELLE DI LETTERATURA
Grafico per il calcolo del parametro β_c per l'erosione da barre alterne


con β_c valore critico del parametro β , D diametro dei sedimenti, Y altezza idrica media, θ parametro di Shields

Grafico per il calcolo del coefficiente d_0 per l'erosione in curva


con D diametro dei sedimenti, Y altezza idrica media, θ parametro di Shields