

Contraente: 	Progetto: RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE		Cliente: 
	N° Contratto : N° Commessa : NR/19094		
N° documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 1 di 173	Data 31-05-2023	N° documento Cliente: REL-CI-09106

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

00	31-05-2023	EMISSIONE	VANNI	STROPPIA	MONTONI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 2 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

INDICE

1	PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI.....	4
2	CARATTERISTICHE DELLE OPERE IN PROGETTO	9
3	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	15
3.1	Individuazione del bacino idrografico.....	15
3.2	Analisi idrologica e determinazione della portata al colmo di piena.....	21
3.3	Studio idraulico	31
	Modellazione attraversamenti n. da 1 a 5.....	34
	Modellazione attraversamento n. 6.....	73
	Modellazione attraversamenti n. 7 e 8.....	96
	Modellazione attraversamento n. 9.....	113
4	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE	136
5	VERIFICA DI STABILITÀ DELLA SOGLIA NEI CONFRONTI DELL'AZIONE DELLA CORRENTE.....	142
6	CONCLUSIONI.....	146
	ANNESSO 1: STRALCIO PLANIMETRICO DEI TRATTI MODELLATI.....	147
	ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS.....	151
	Descrizione del modello di simulazione idraulica.....	151
	Calcolo del profilo di moto permanente.....	153
	ANNESSO 3: TABELLE DI LETTERATURA	158
	Grafico per il calcolo del parametro β_c per l'erosione da barre alterne	158
	Grafico per il calcolo del coefficiente d_0 per l'erosione in curva	158
	ANNESSO 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	159
	ANNESSO 5: MAPPE USO SUOLO PER IL CALCOLO DI CN	164

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 3 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

ANNESSO 6: MAPPE GRUPPI IDROLOGICI PER IL CALCOLO DI CN.....169

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
4 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

1 PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologico-idrauliche del torrente Staggia, necessarie per la verifica della profondità di posa in subalveo della nuova condotta in acciaio DN 400 (16") DP75 bar, finalizzata al rifacimento del metanodotto esistente DN 200 MDP70 bar, che attraverserà il corso d'acqua in otto punti, come evidenziato negli stralci planimetrici riportati di seguito.

È inoltre previsto un ulteriore punto di attraversamento (n. 9) del torrente Staggia necessario per la posa della tubazione DN 100 (4") DP 75 bar di allaccio al comune di Monteriggioni 1° presa, in sostituzione dell'esistente DN 100 (4") MOP 70 bar.

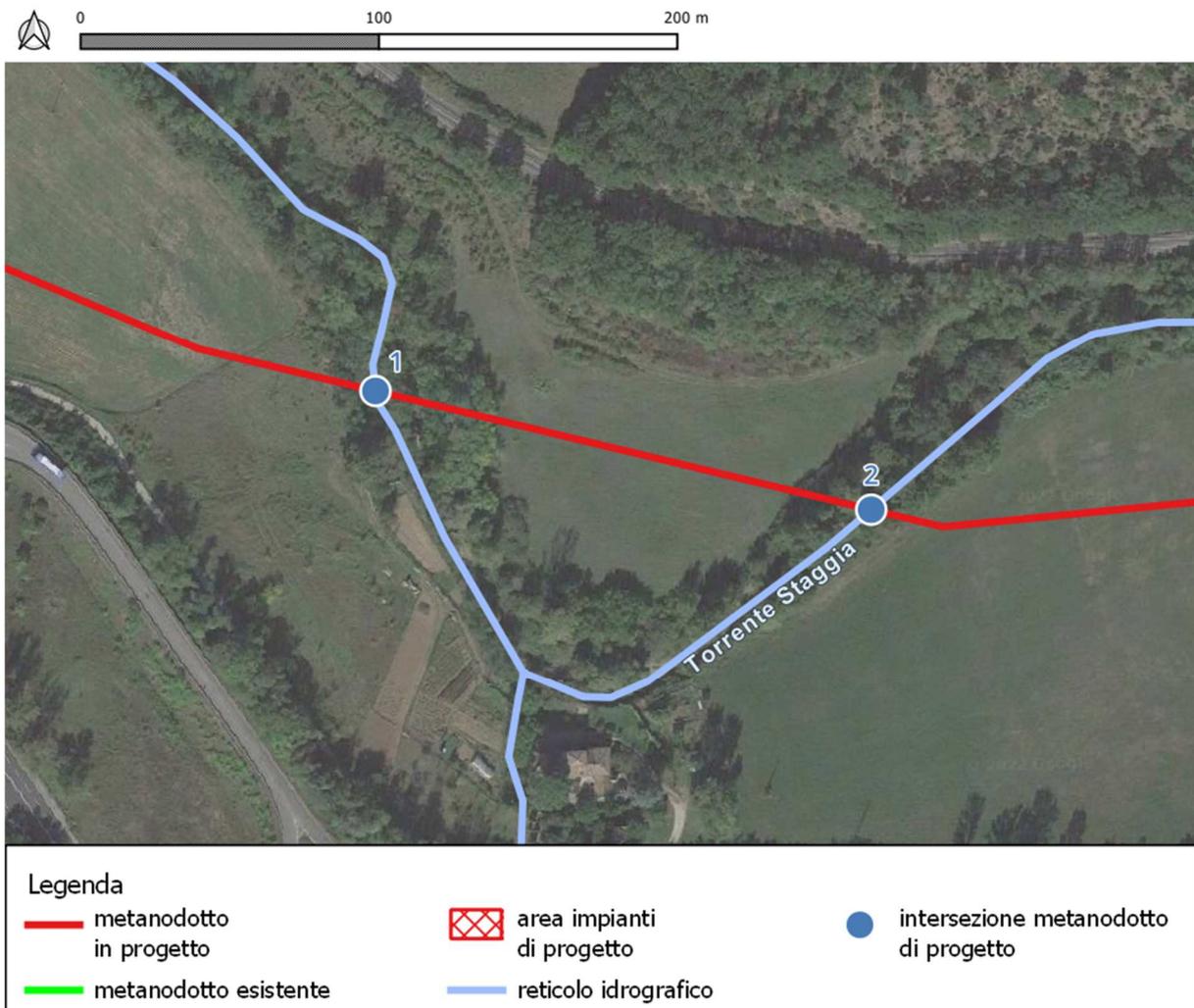


Figura 1: Planimetria della zona degli attraversamenti n. 1 e 2 del torrente Staggia.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	------------------	-------------	---------------------------------------

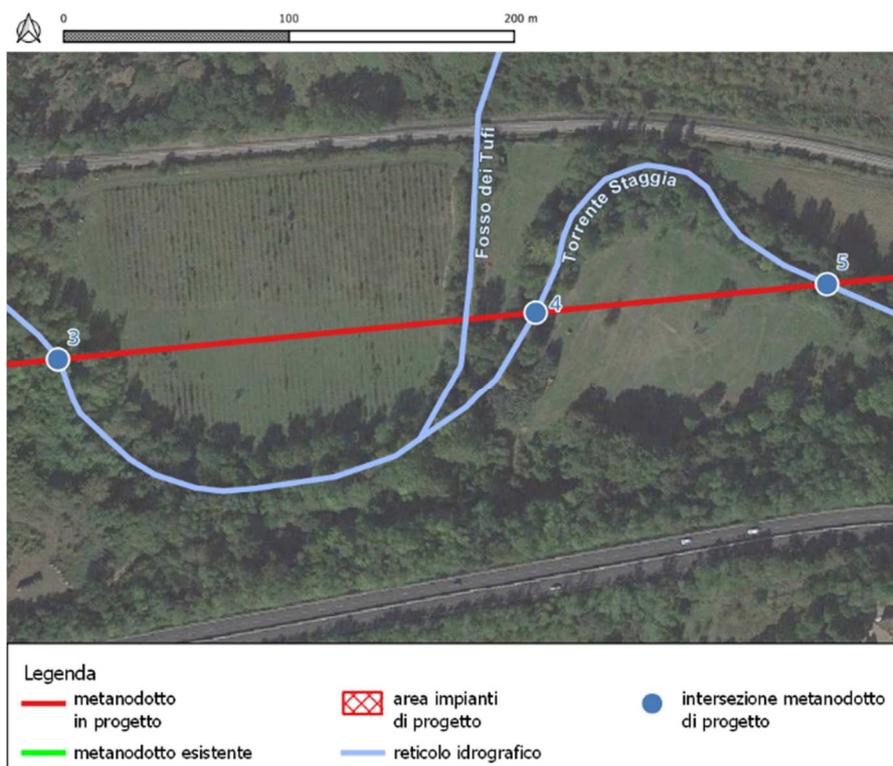


Figura 2: Planimetria della zona degli attraversamenti n. 3, 4 e 5 del torrente Staggia.

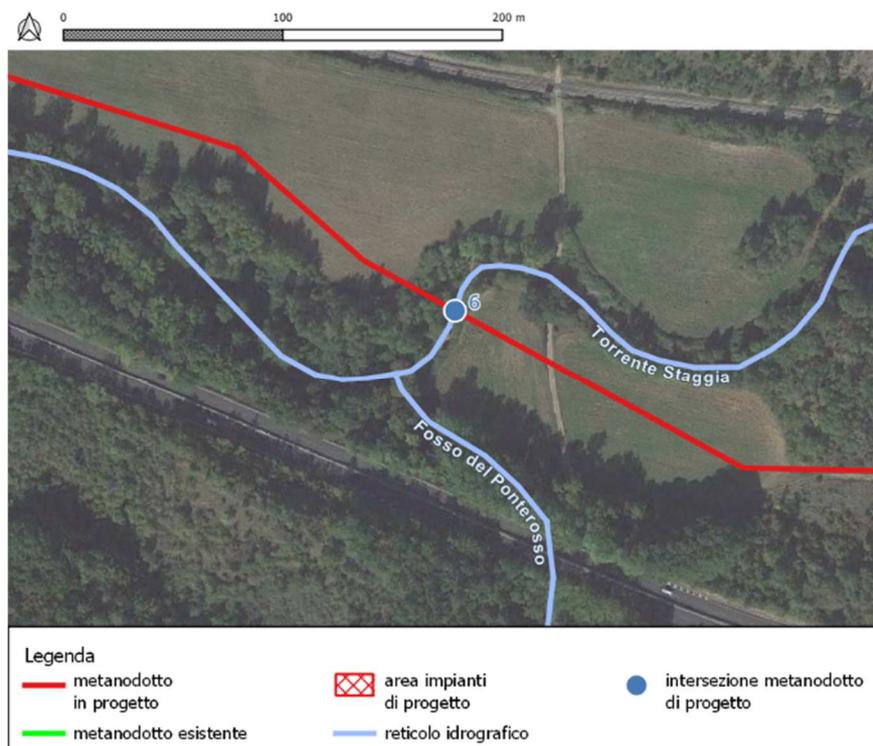


Figura 3: Planimetria della zona dell'attraversamento n. 6 del torrente Staggia.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 6 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	--------------------	-------------	---------------------------------------

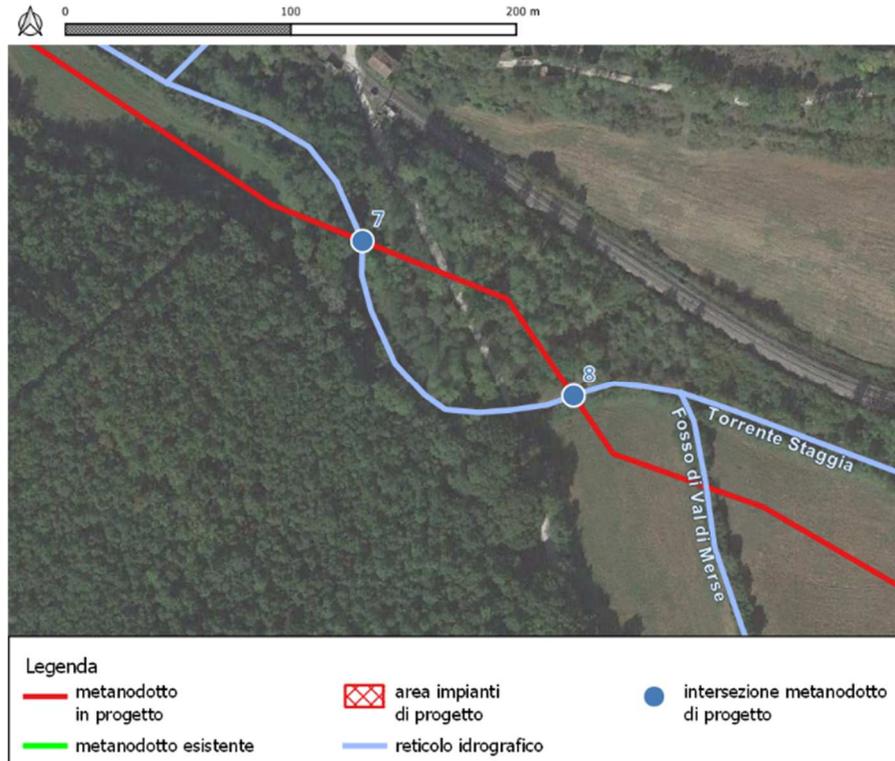


Figura 4: Planimetria della zona degli attraversamenti n. 7 e 8 del torrente Staggia.

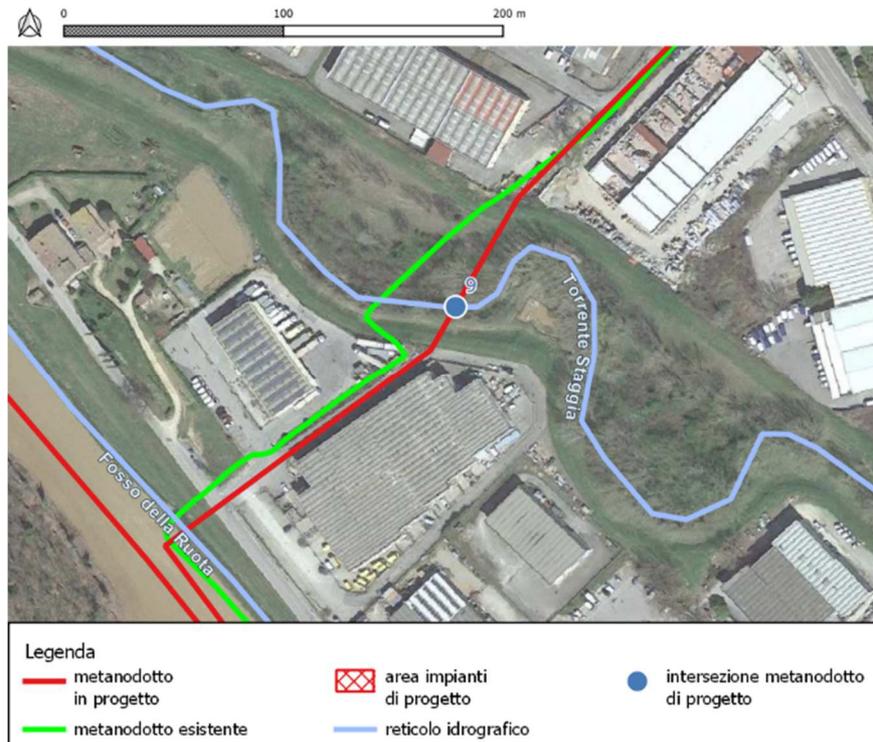


Figura 5: Planimetria della zona dell'attraversamento n. 9 (allacciamento) del torrente Staggia.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 7 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

In annesso 4 sono riportate le immagini dell'alveo nelle sezioni di attraversamento interessate dalle opere.

Il torrente Staggia viene attraversato dalle opere in progetto (interventi n. 8a e 8n) alle seguenti progressive chilometriche:

intervento	numero attraversamento	progressiva chilometrica
8a	1	24+110
8a	2	24+267
8a	3	24+488
8a	4	24+704
8a	5	24+849
8a	6	25+438
8a	7	26+544
8a	8	26+662
8n	9	0+488

Tabella 1: Progressive chilometriche associate agli attraversamenti del metanodotto di progetto, evidenziato in verde l'attraversamento dell'allacciamento.

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 sono state eseguite specifiche modellazioni idrauliche di vari tratti d'alveo per le seguenti lunghezze ritenute significative in considerazione delle dimensioni dell'alveo inciso nelle varie sezioni di attraversamento:

numero attraversamento	lunghezza di modellazione (m)
1, 2, 3, 4 e 5	1000
6	500
7 e 8	200
8	290
9	200

Tabella 2: Lunghezza dei tratti modellati idraulicamente.

Per le modellazioni sono stati utilizzati i valori di portata ricavati secondo la metodologia riportata al successivo Paragrafo 3, nell'ipotesi di moto permanente, con l'ausilio del programma di calcolo HEC-RAS 5.0.7 (per le cui caratteristiche si rimanda all'Annesso 2).

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 8 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

Si è provveduto in tal modo alla determinazione delle grandezze caratteristiche del deflusso in alveo riportate nelle tabelle riepilogative da 13 a 16.

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

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 9 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

2 CARATTERISTICHE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nella seguente tabella si riassumono le modalità e le profondità di posa della nuova condotta rispetto al punto più depresso del fondo alveo, oltre che le opere di ripristino previste, con i relativi standard illustrativi e gli elaborati grafici di progetto:

N.	Modalità di attraversamento	Profondità di posa della tubazione * (m)	Opere di ripristino (**)	Codifica standard illustrativi	Elaborati grafici di progetto
1	Scavo a cielo aperto	3,90	ricostruzione spondale con rivestimento in massi + ricostruzione alveo con massi	ST-000-367; ST-000-368	DIS-AT-09123
2	Scavo a cielo aperto	4,05	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09124
3	Scavo a cielo aperto	4,55	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09125
4	Scavo a cielo aperto	4,15	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09126
5	Scavo a cielo aperto	4,15	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09127
6	Scavo a cielo aperto	3,85	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09128
7	Scavo a cielo aperto	3,25	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09130
8	Scavo a cielo aperto	3,40	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09131
9	Scavo a cielo aperto e no dig (trivellazione orizzontale controllata)	3,05	ricostruzione spondale con rivestimento in massi	ST-000-367	DIS-AT-09155

Nota:

(*) rispetto al punto più depresso dell'alveo

(**) l'alveo risulterà sempre rivestito in massi, sia laddove è espressamente indicato il ripristino ST-000-368, sia laddove è indicato il solo ST-000-367; in quest'ultimo caso la geometria dell'alveo e del piede della ricostruzione spondale (desunta dallo standard ST-000-367) sono tali da assicurare comunque la ricostruzione in massi anche dell'alveo.

Tabella 3: Modalità di attraversamento dei corpi idrici e profondità di posa.

Come si può notare, in tutti i casi, a meno dell'attraversamento n.9 in cui la modalità è mista con TOC e scavo a sezione aperta, è prevista la posa della condotta ai valori di profondità minima calcolati al Paragrafo 4, con l'ulteriore protezione costituita da il rivestimento dell'alveo in massi.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
10 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

Nel tratto posto in subalveo la tubazione verrà posata e successivamente rinterrata con il terreno di risulta dagli scavi; la sezione verrà ricostruita con le stesse dimensioni di quella presente ante operam con inserimento di un rivestimento di fondo e delle sponde in massi per proteggere le zone più esposte all'azione di dilavamento della corrente.

La pezzatura minima di progetto dei massi del rivestimento è stata calcolata nel successivo paragrafo 5 e varia da 0,3 a 0,7 mc a seconda dell'attraversamento considerato e delle condizioni morfologiche ed idrauliche del corso d'acqua in quel tratto, così come visibile negli elaborati di progetto e come dettagliato nella tabella 23.

Per il dettaglio degli interventi e delle caratteristiche costruttive si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

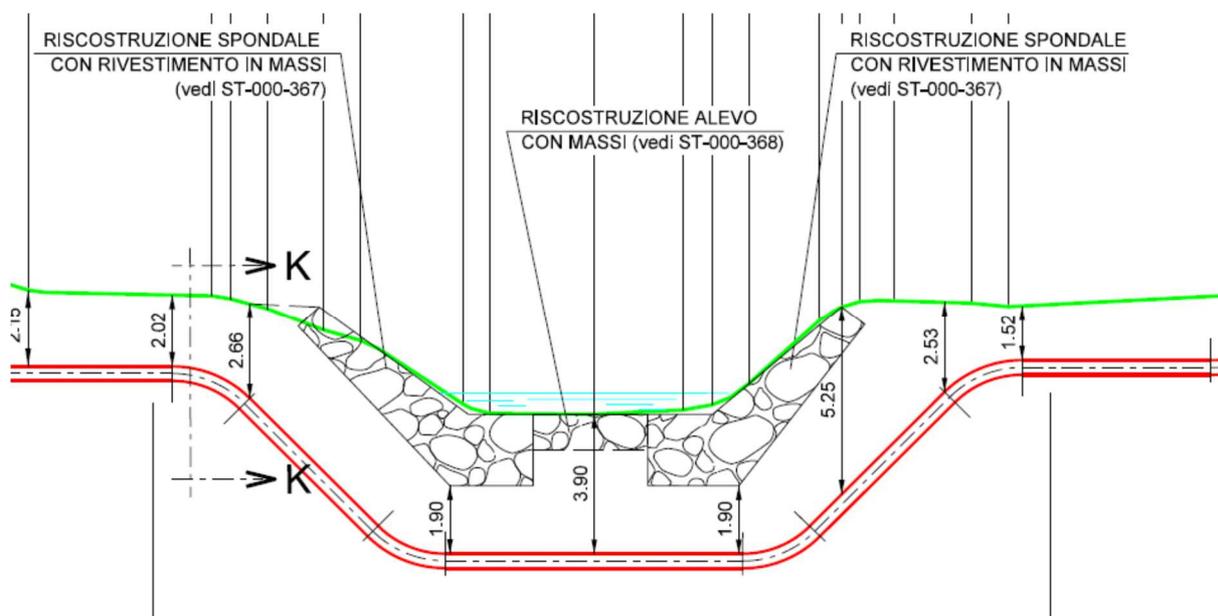


Figura 6: Attraversamento torrente Staggia (n.1) - Sezione schematica di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 11 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

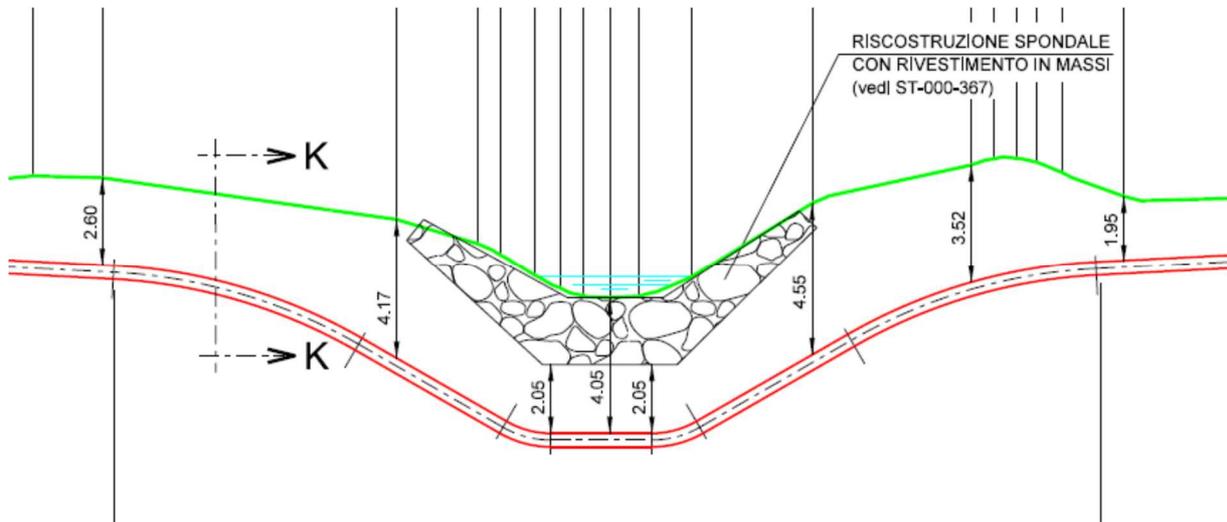


Figura 7: Attraversamento torrente Staggia (n.2) - Sezione schematica di progetto.

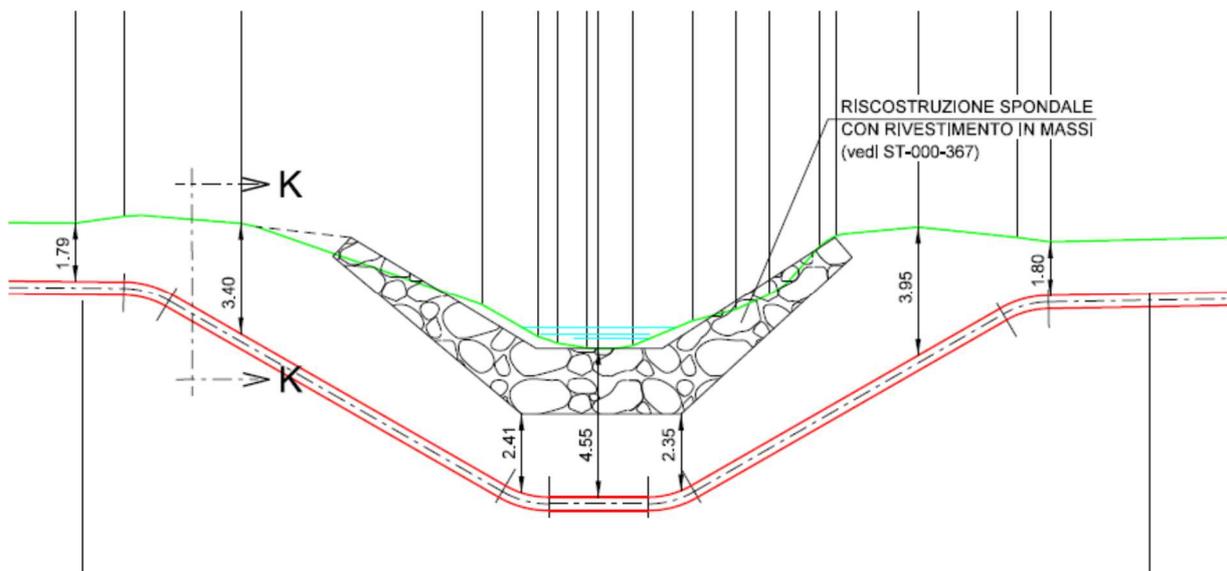


Figura 8: Attraversamento torrente Staggia (n.3) - Sezione schematica di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 12 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

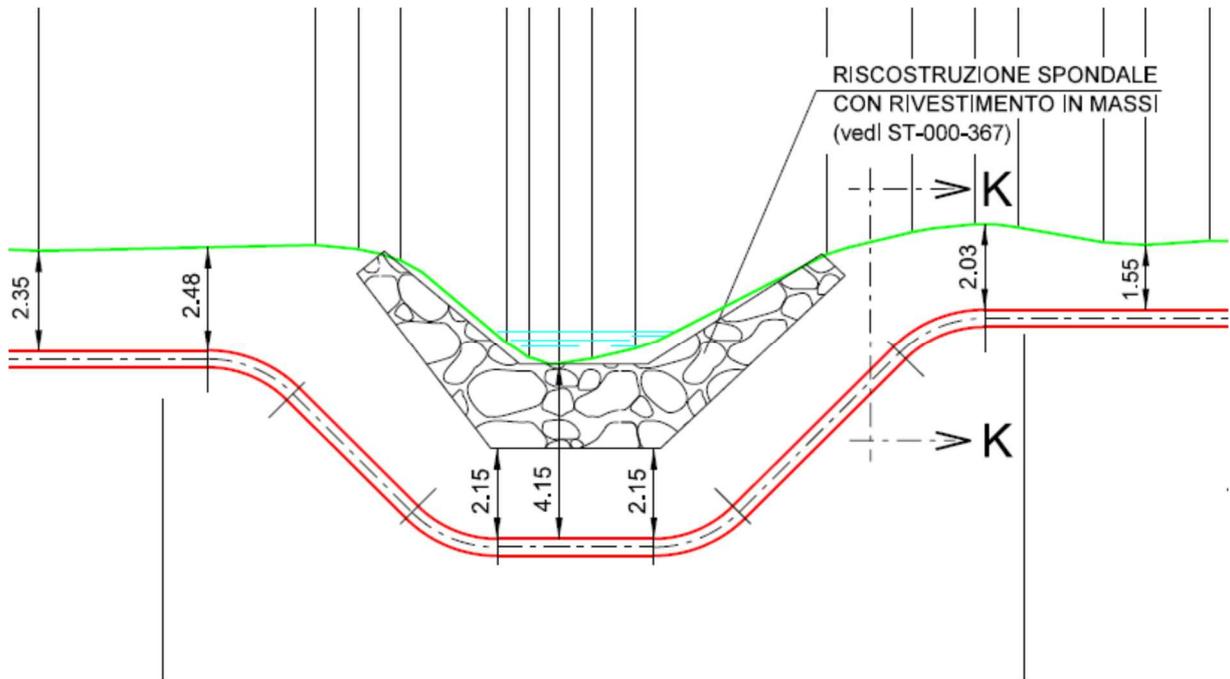


Figura 9: Attraversamento torrente Staggia (n.4) - Sezione schematica di progetto.

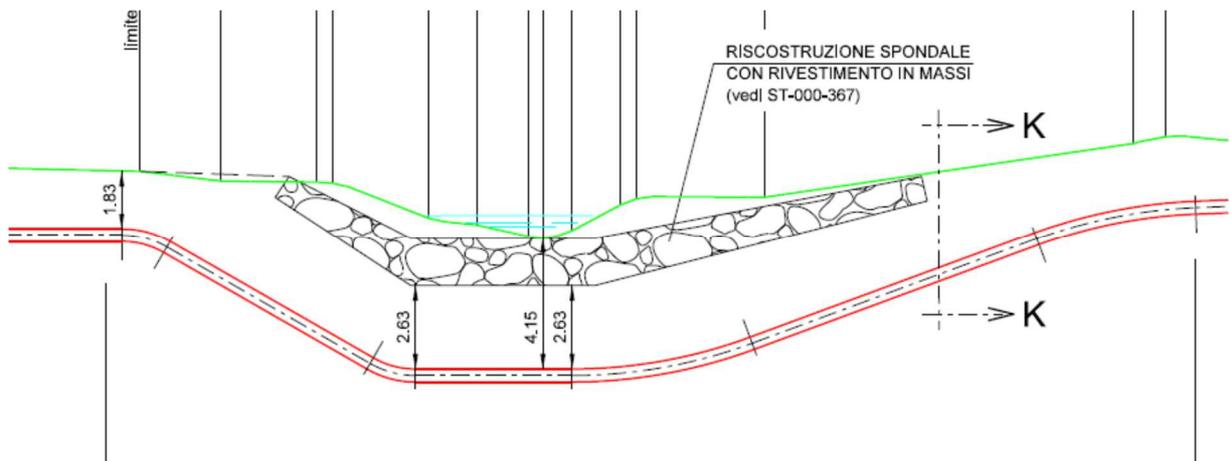


Figura 10: Attraversamento torrente Staggia (n.5) - Sezione schematica di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 13 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

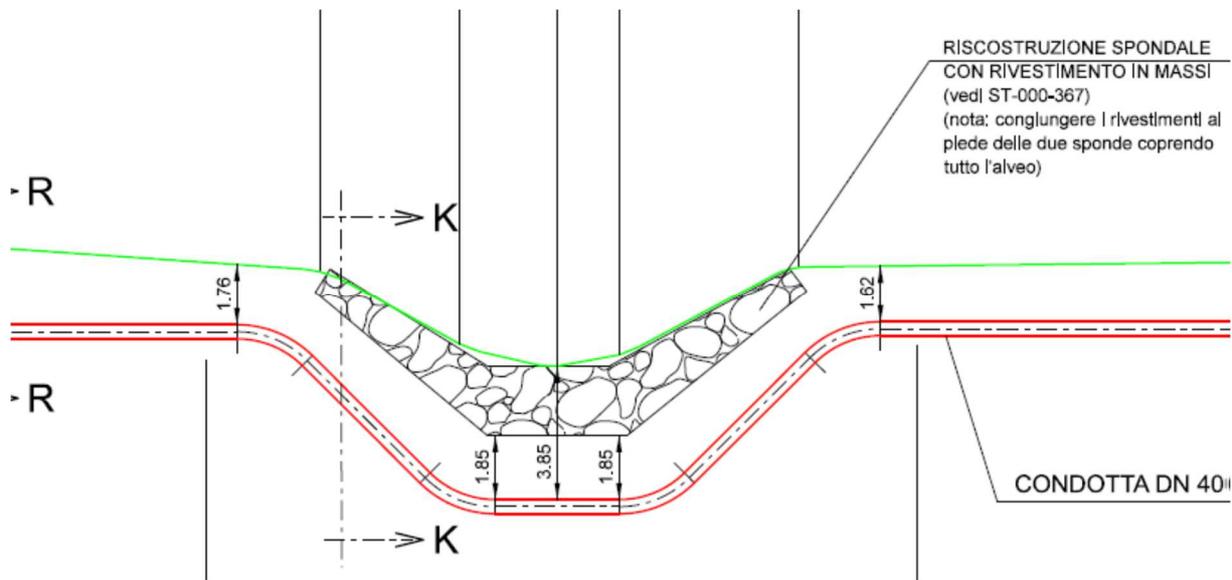


Figura 11: Attraversamento torrente Staggia (n.6) - Sezione schematica di progetto.

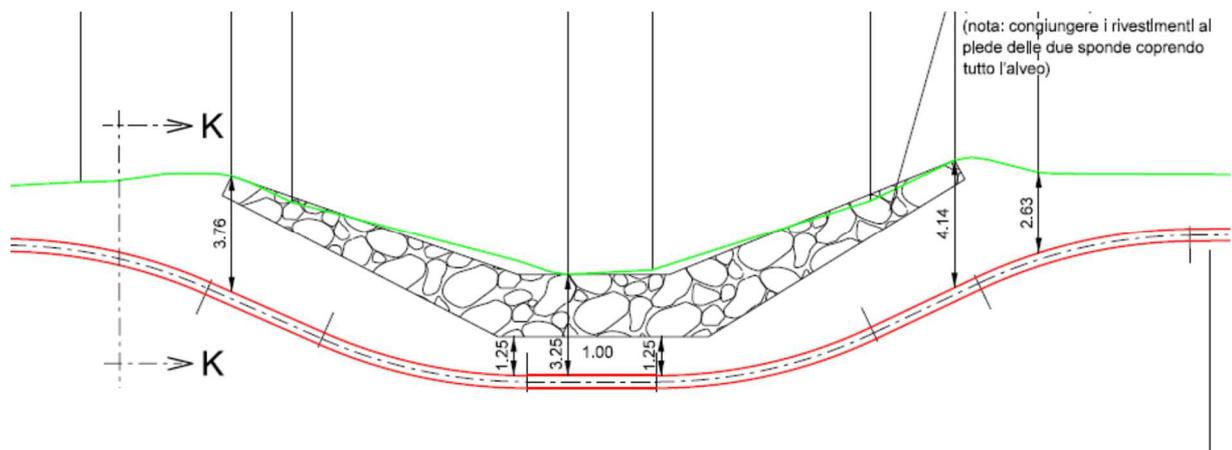


Figura 12: Attraversamento torrente Staggia (n.7) - Sezione schematica di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 14 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

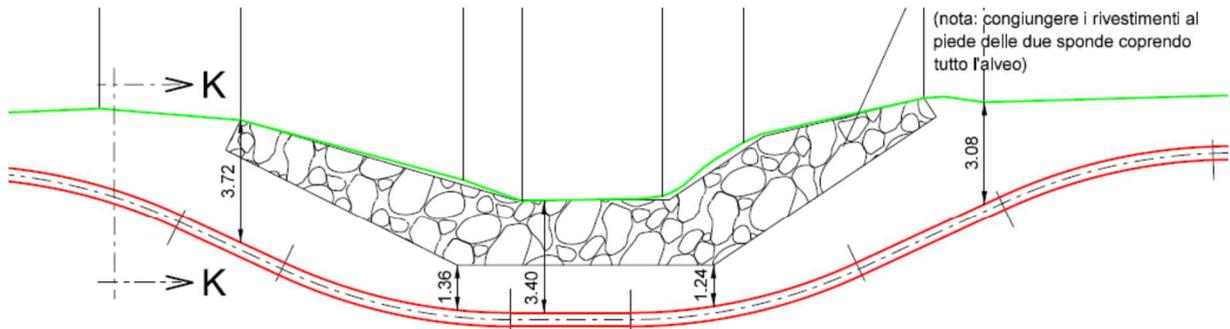


Figura 13: Attraversamento torrente Staggia (n.8) - Sezione schematica di progetto.

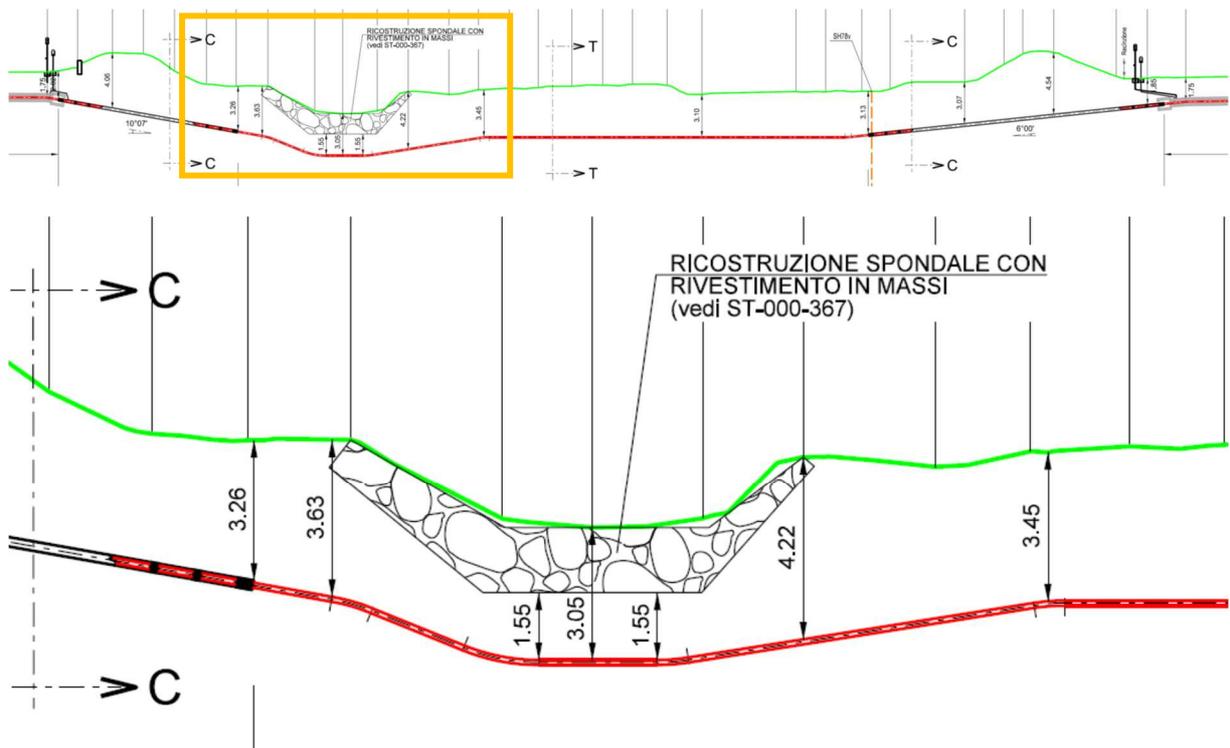


Figura 14: Attraversamento torrente Staggia (n.9) - Sezione schematica di progetto.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 15 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

3 STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Poichè il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) non fornisce le portate al colmo di piena per il torrente Staggia, si è proceduto calcolando i valori di portata alla sezione di interesse utilizzando il metodo del *Curve Number*.

È stato innanzi tutto definito il bacino idrografico secondo la metodologia riportata al successivo paragrafo 3.1 ed utilizzando il procedimento di calcolo indicato 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 20×20m fornito dal Geoportale Nazionale (MATTM)^[1] tramite i software QGIS^[2] e SAGA^[3].

Partendo da questo DEM, 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 "strahlerorder" (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 cartografia di base IGM 1:25.000^[4].

Nelle figure seguenti si riportano i bacini idrografici così ottenuti, con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento di progetto.

¹ MATTM, Geoportale Nazionale, http://wms.pcn.minambiente.it/wcs/dtm_20m

² QGIS Development Team, 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

³ Conrad, 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.

⁴ Ministero dell'Ambiente, Geoportale Nazionale, WMS Cartografia di base IGM scala 1:25.000, http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=ms_ogc/WMS_v1.3/raster/IGM_25000.map

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 16 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

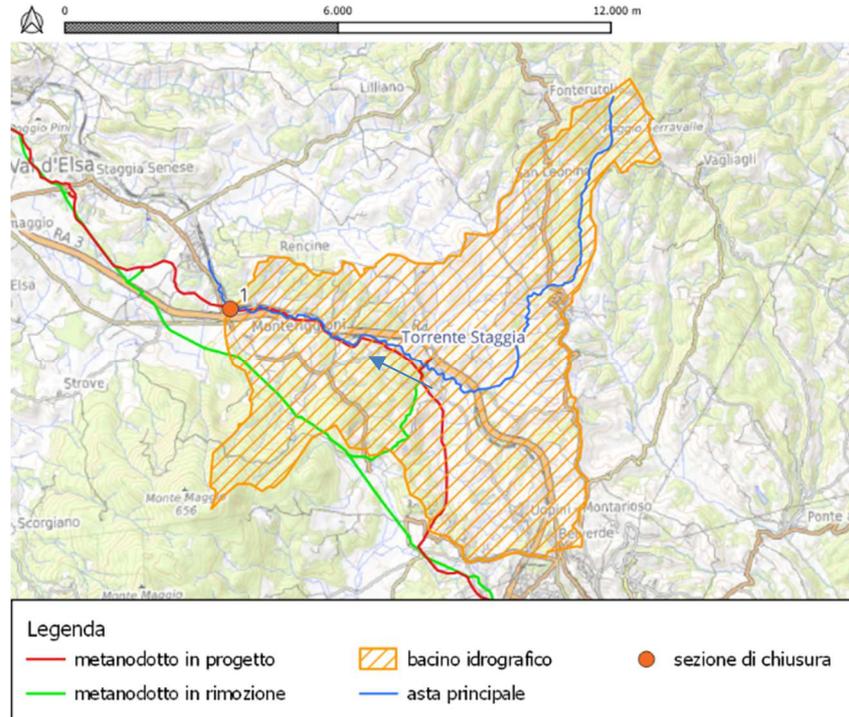


Figura 15: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 1 del met. di progetto.

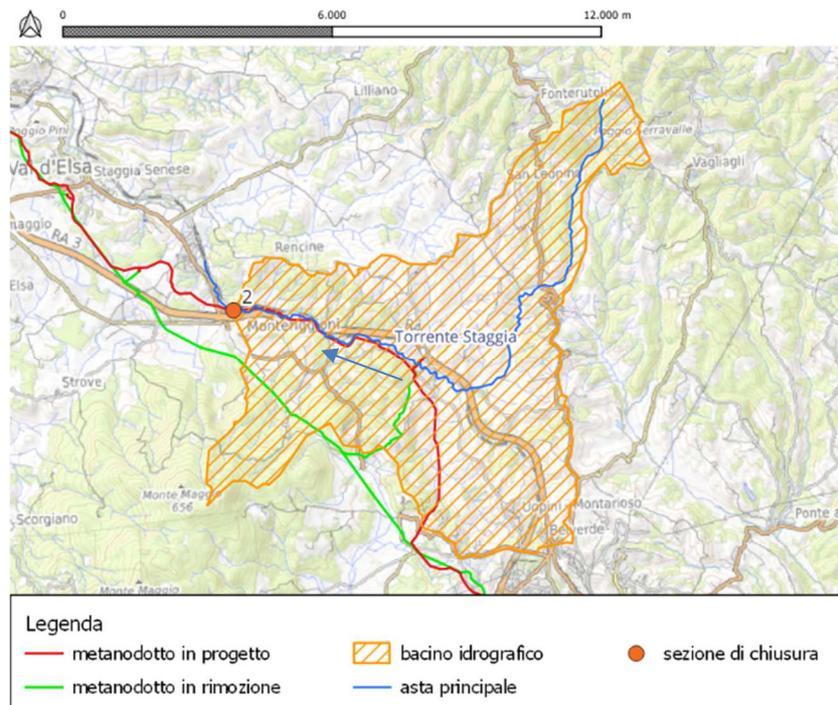


Figura 16: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 2 del met. di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 17 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

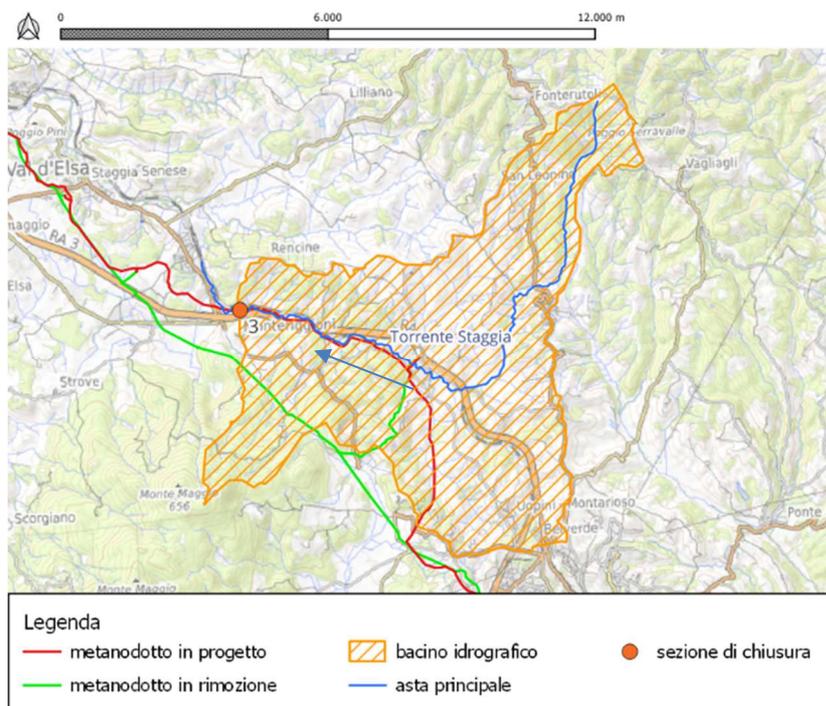


Figura 17: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 3 del met. di progetto.

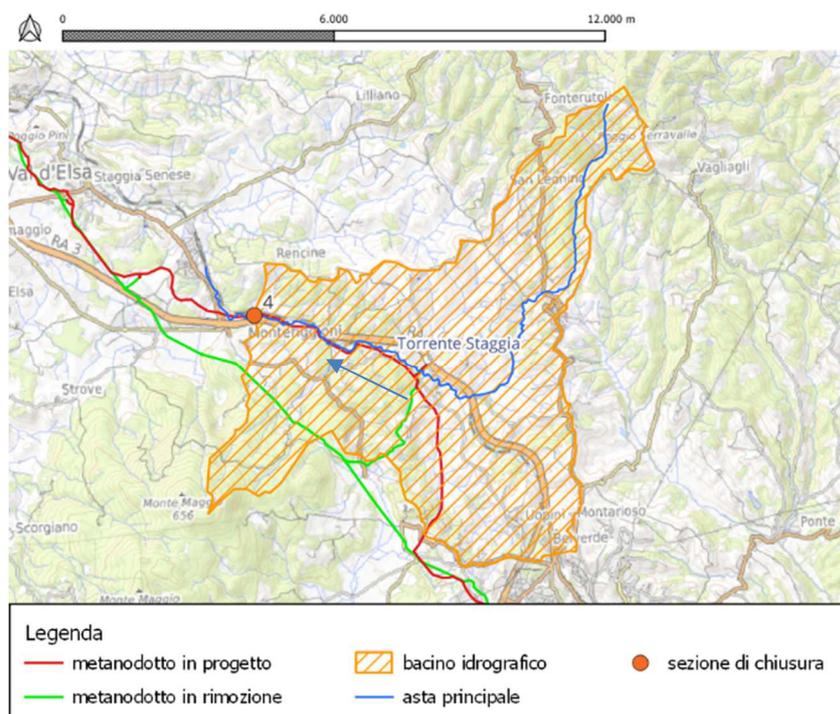


Figura 18: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 4 del met. di progetto.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 18 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

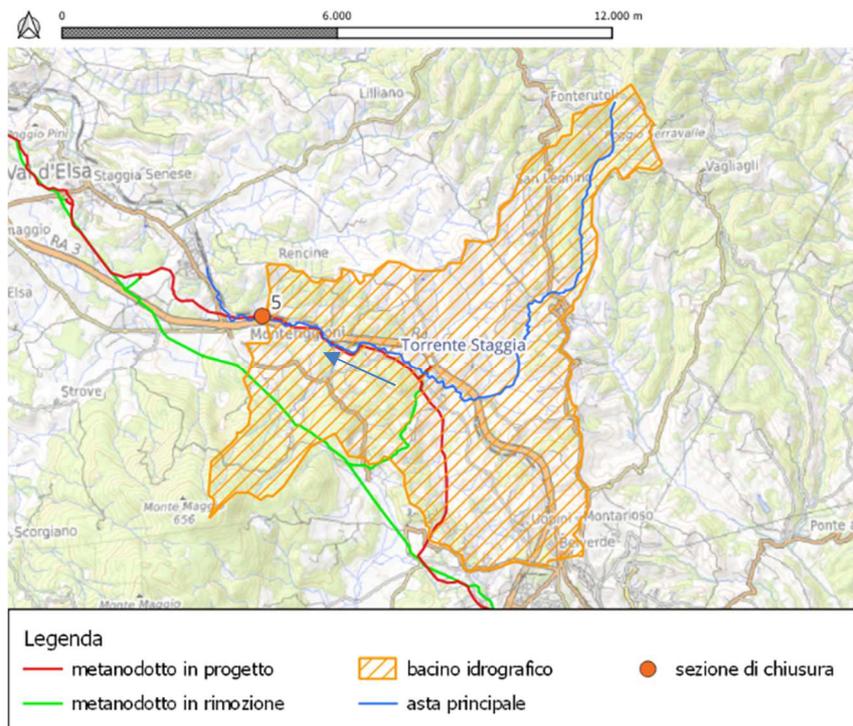


Figura 19: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 5 del met. di progetto.

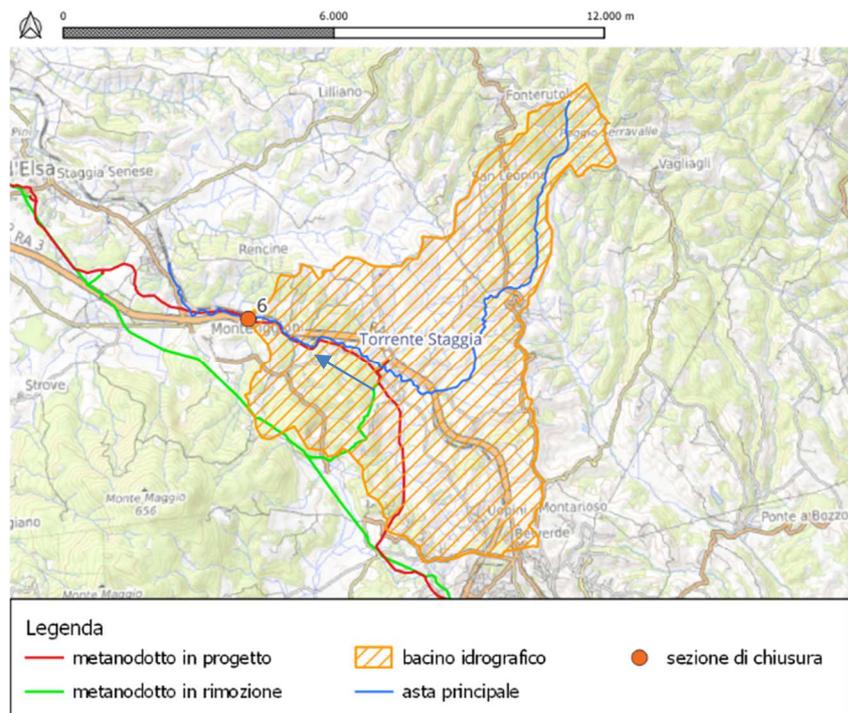


Figura 20: Bacino idrografico del torrente Staggia chiuso all'intersezione n. 6 del met. di progetto.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 19 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

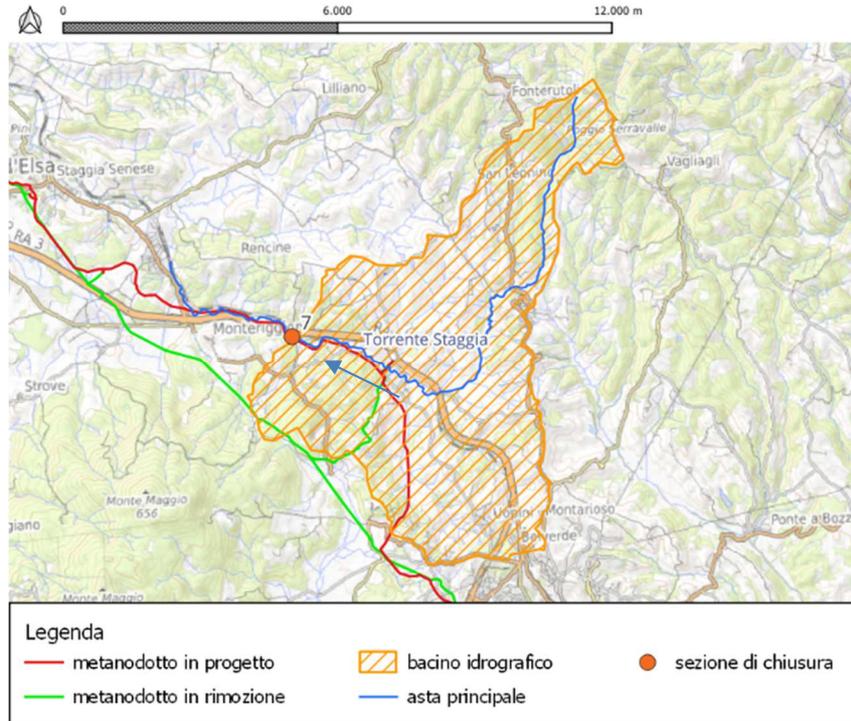


Figura 21: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 7 del met. di progetto.

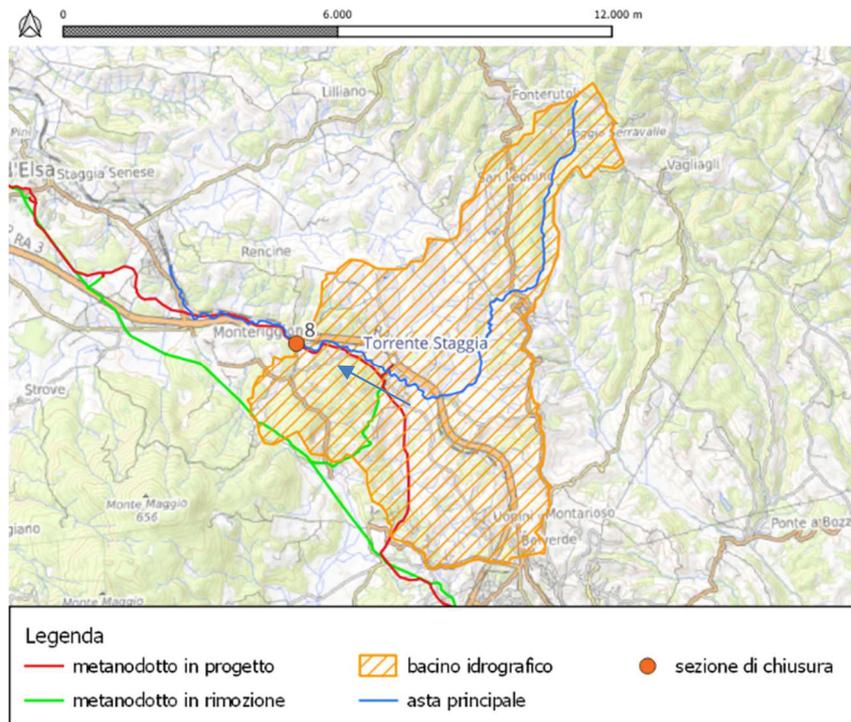


Figura 22: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 8 del met. di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
20 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

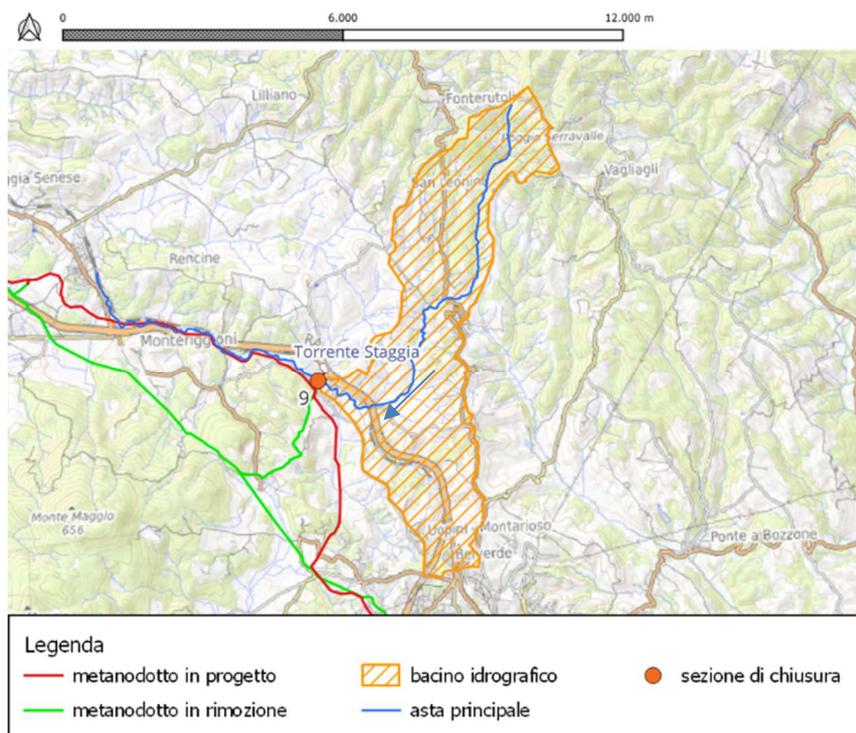


Figura 23: Bacino idrografico del torrente Staggia con sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento n. 9 del met. di progetto.

Per determinare le portate da inserire nei modelli di calcolo, si sono generati i bacini idrografici sottesi dalle sezioni di attraversamento e da questo sono stati ricavate le caratteristiche geometriche (superficie, quota massima, media e minima e lunghezza dell'asta principale), riportate in Tabella 4.

Numero intersezione	Lunghezza asta principale [km]	Superficie [km ²]	Quota minima [m s.l.m.]	Quota media [m s.l.m.]	Quota massima [m s.l.m.]
1	15,45	47,75	201,6	304,6	627,0
2	15,28	47,16	201,8	305,4	627,0
3	15,06	47,07	211,0	305,6	627,0
4	14,85	46,60	215,1	305,9	627,0
5	14,64	46,36	215,7	306,7	627,0
6	13,85	40,52	220,6	302,7	620,0
7	12,83	38,93	224,8	304,8	620,0
8	12,72	38,75	225,0	305,1	620,0
9	10,49	20,21	229,0	332,0	620,0

Tabella 4: Caratteristiche geomorfologiche dei bacini relativi alle sezioni di chiusura.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 21 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

3.2 Analisi idrologica e determinazione della portata al colmo di piena

La portata al colmo di piena è stata determinata tramite il metodo del *curve number* (CN) sviluppato dall'United States Department of Agriculture (USDA) e definito nel National Engineering Handbook^[5]; tale metodo, nonostante sia stato ideato con riferimento al calcolo per i bilanci idrologici giornalieri, viene ampiamente usato nei modelli afflussi-deflussi anche per l'interpretazione della dinamica temporale delle perdite;^[6] esso si basa sull'approssimazione della curva afflussi-deflussi e sulla conservazione della massa, tramite la formula:

$$\begin{cases} Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} & \text{se } P > I_a \\ Q = 0 & \text{se } P \leq I_a \end{cases}$$

dove:

- Q è l'altezza di deflusso cumulata dall'inizio dell'evento (mm)
- P è l'altezza di pioggia cumulata dall'inizio dell'evento (mm)
- I_a è l'altezza di estrazione iniziale (mm)
- S è il massimo potenziale di ritenzione (mm)

L'estrazione iniziale I_a consiste principalmente nell'intercettazione, nell'infiltrazione durante i momenti iniziali dell'evento di pioggia e negli accumuli delle depressioni territoriali presenti. Per la difficoltà di determinazione sperimentale del parametro I_a , viene consigliato di assumerlo come funzione del massimo potenziale di ritenzione S tramite la seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

Quindi si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} & \text{se } P > 0,2 \cdot S \\ Q = 0 & \text{se } P \leq 0,2 \cdot S \end{cases}$$

⁵ USDA-NRCS, National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, 2004
<https://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=21422>

⁶ Becciu Gianfranco, Paoletti Alessandro, Fondamenti di costruzioni idrauliche, UTET, 2010, p. 288

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 22 di 173	Rev.:	N° documento Cliente: REL-CI-09106
		00	

Il massimo potenziale di ritenzione S viene poi definito (in mm) in funzione del parametro CN secondo la seguente relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il parametro CN viene fornito in letteratura da tabelle che incrociano l'uso del suolo con il gruppo idrologico del suolo nell'area oggetto di studio.

L'uso del suolo è stato ricavato dall'elaborazione dell'ISPRA,^[7] che sul portale SINAnet ha reso disponibile una carta in formato raster 10x10 m che deriva dall'integrazione dei dati di monitoraggio del servizio Corine Land Cover, riferiti al 2012 e dalle banche dati regionali disponibili riferite al periodo 2011-2013. I dati sono stati successivamente aggregati per poter ricavare il CN dalla Tabella 6, le relative immagini sono riportate in annesso 5

Tipo di copertura per calcolo del CN	Condizione idrologica	Uso del suolo da Corine Land Cover
Colture a filari	Buona	Vigneti
Piccolo grano	Buona	Seminativi
Pascolo, prato o foraggio continuo per allevamento	Media	Foraggiere
Erba di prato continua, protetta da pascoli e generalmente falciata per fieno	Buona	Erbaceo non agricolo
Cespugli e erba, con prevalenza cespugli	Media	Cespuglieti
Combinazione bosco-erba (frutteti o alberi da legno)	Media	Colture permanenti (frutteti, oliveti, arboricoltura da legno)
Boschi	Media	Latifoglie
		Conifere
Distretti residenziali con dimensione media dei lotti di 1335 m ²	30 % di area impermeabile	Superfici artificiali ed edifici
Incolto	-	Suolo nudo, rocce, falesie, rupi, affioramenti
		Corpi idrici permanenti

Tabella 5: Corrispondenza tra uso del suolo determinato tramite elaborazione ISPRA del Corine Land Cover e tipo di copertura presente nella tabella per il calcolo del CN dell'USDA.

⁷ ISPRA, Copertura e uso suolo 2012, <https://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/copertura-del-suolo/carta-di-copertura-del-suolo/versioni-precedenti/ucs/>

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 23 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

I gruppi idrologici dei suoli sono divisi in quattro, noti con le sigle A, B, C e D:

- i suoli del gruppo A hanno un potenziale di deflusso basso quando completamente bagnati, l'acqua è trasmessa liberamente attraverso il suolo, e hanno tipicamente meno del 10% di argilla e più del 90% di sabbia o ghiaia, con tessitura di ghiaia o sabbia;
- i suoli del gruppo B hanno un potenziale di deflusso moderatamente basso quando completamente bagnati, la trasmissione dell'acqua attraverso il suolo non è impedita, e hanno una percentuale di argilla compresa tra il 10% e 20% e una percentuale di sabbia tra il 90% e 50%, con tessitura di sabbia limosa o di limo sabbioso;
- i suoli del gruppo C hanno un potenziale di deflusso moderatamente alto quando completamente bagnati, la trasmissione dell'acqua attraverso il suolo è in qualche modo impedita, e hanno una percentuale di argilla compresa tra il 20% e 40% e una percentuale di sabbia inferiore al 50%, con tessitura di limo o limo argilloso;
- i suoli del gruppo D hanno un potenziale di deflusso alto quando completamente bagnati, la trasmissione dell'acqua attraverso il suolo è ridotta o molto ridotta, e hanno una percentuale di argilla superiore al 40% e una percentuale di sabbia inferiore al 50%, con tessitura argillosa.

I gruppi idrologici dei suoli nel territorio in esame sono stati ottenuti dal file reso disponibile dalla Regione Toscana sull'applicativo webGIS^[8], le aree in assenza di dato, corrispondenti alle aree urbanizzate, sono state supposte appartenenti al gruppo D. Le relative immagini sono riportate in annesso 6.

La Tabella 6 è stata utilizzata per la determinazione del CN, sulla base dell'uso del suolo e del gruppo idrologico di suolo, adattata sulla base dell'originale riportato nel National Engineering Handbook dell'USDA^[9].

⁸ Regione Toscana, Gruppo idrologico USDA,
<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/pedologia.html>

⁹ USDA-NRCS, National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, 2004
<https://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=21422>

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 24 di 173	Rev.:	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------	---------------------------------------

Tipo di copertura	Condizione idrologica	CN per il gruppo idrologico di suolo			
		A	B	C	D
Incolto (suolo nudo)	–	77	86	91	94
Colture a filari	Buona	67	78	85	89
Piccolo grano	Buona	63	75	83	87
Pascolo, prato o foraggio continuo per allevamento	Media	49	69	79	84
Erba di prato continua, protetta da pascoli e generalmente falciata per fieno	Buona	30	58	71	78
Cespugli e erba, con prevalenza cespugli	Media	35	56	70	77
Combinazione bosco-erba (frutteti o alberi da legno)	Media	43	65	76	82
Boschi	Media	36	60	73	79
Distretti residenziali con dimensione media dei lotti di 1335 m ²	30 % di area impermeabile	57	72	81	86

Tabella 6: Tabella per il calcolo del curve number (CN) in funzione del gruppo idrologico di suolo e dell'uso del suolo.

Nelle successive figure si riporta il valore del CN sui bacini oggetto di studio, e il relativo valore mediato.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 25 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

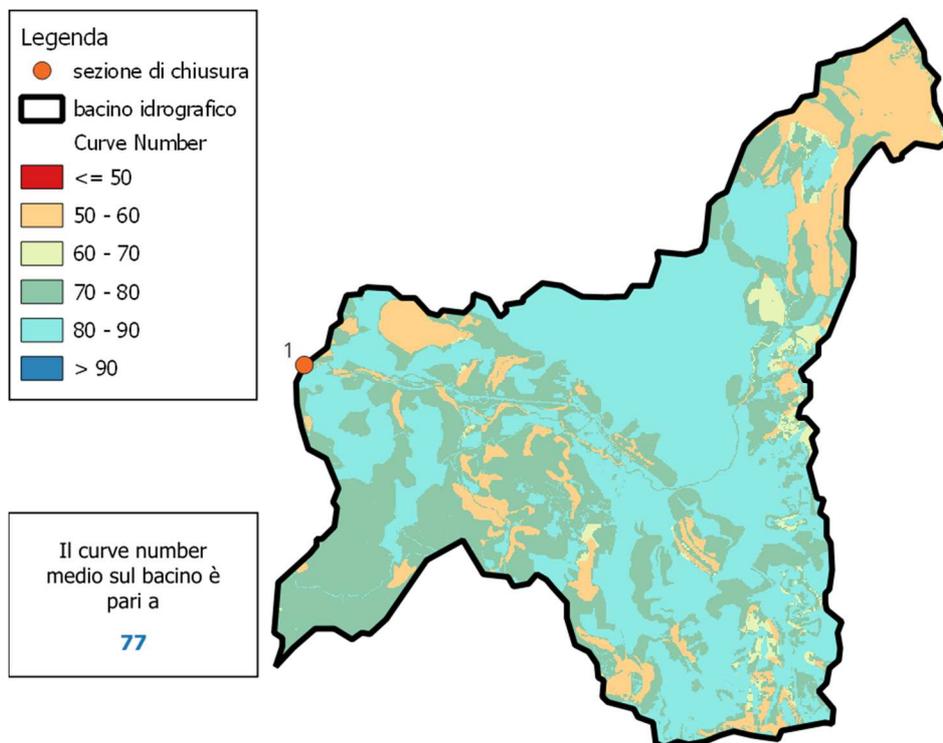


Figura 24: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 1.

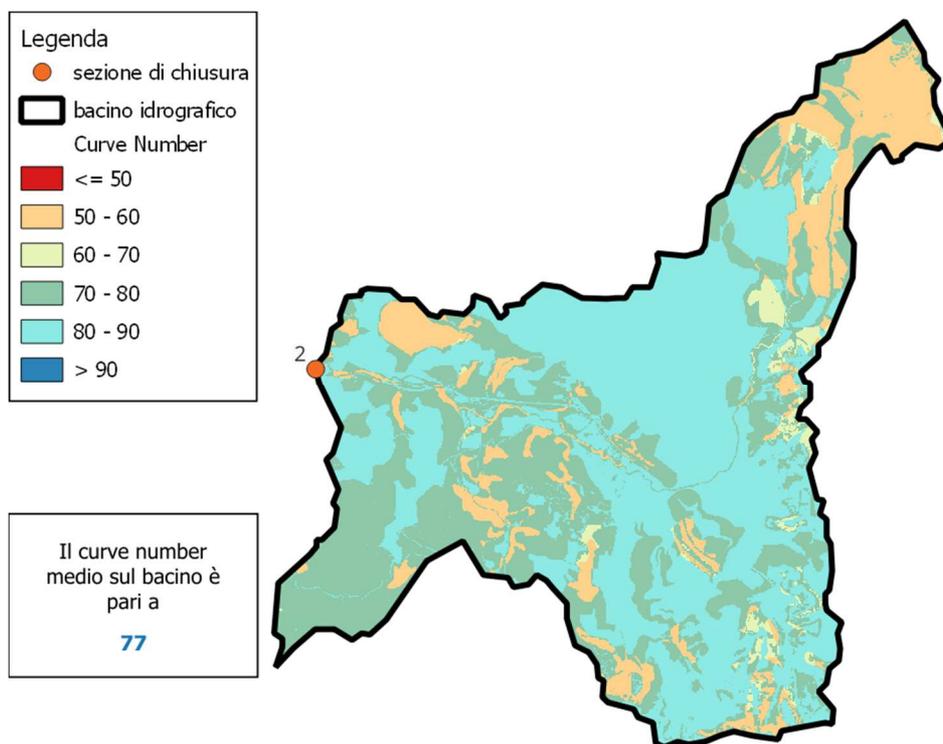


Figura 24: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 2.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 26 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

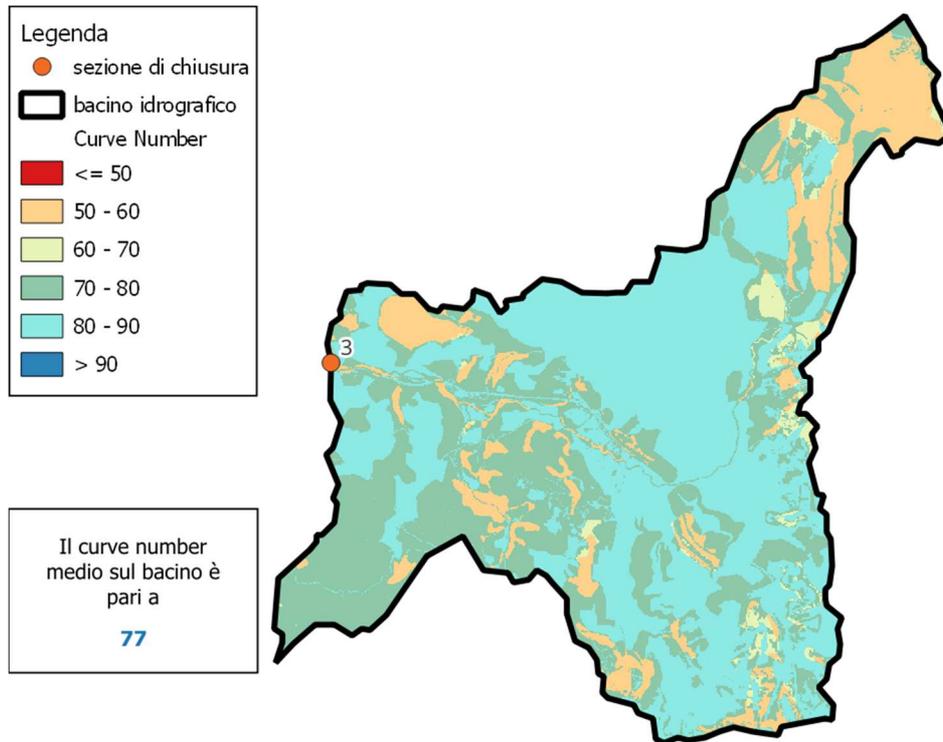


Figura 25: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 3.

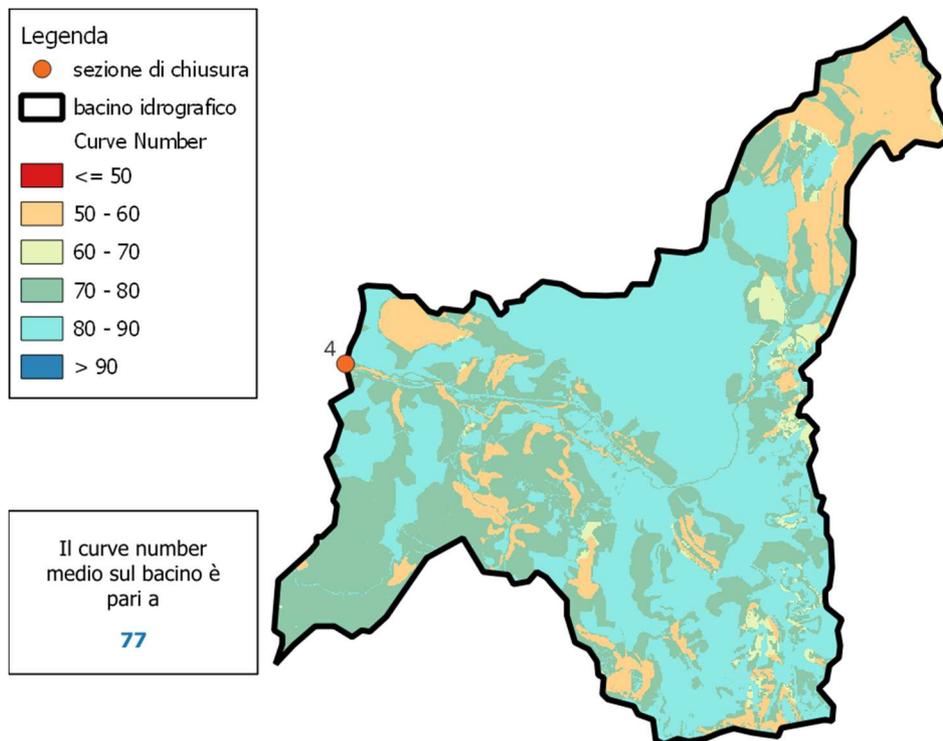


Figura 26: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 4.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 27 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

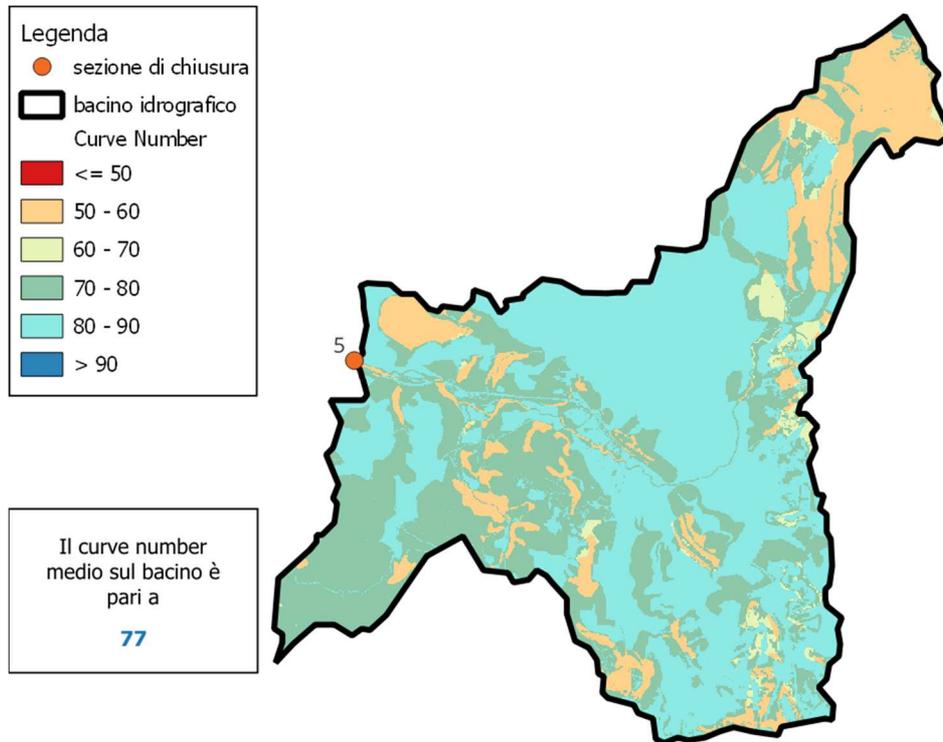


Figura 27: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 5.

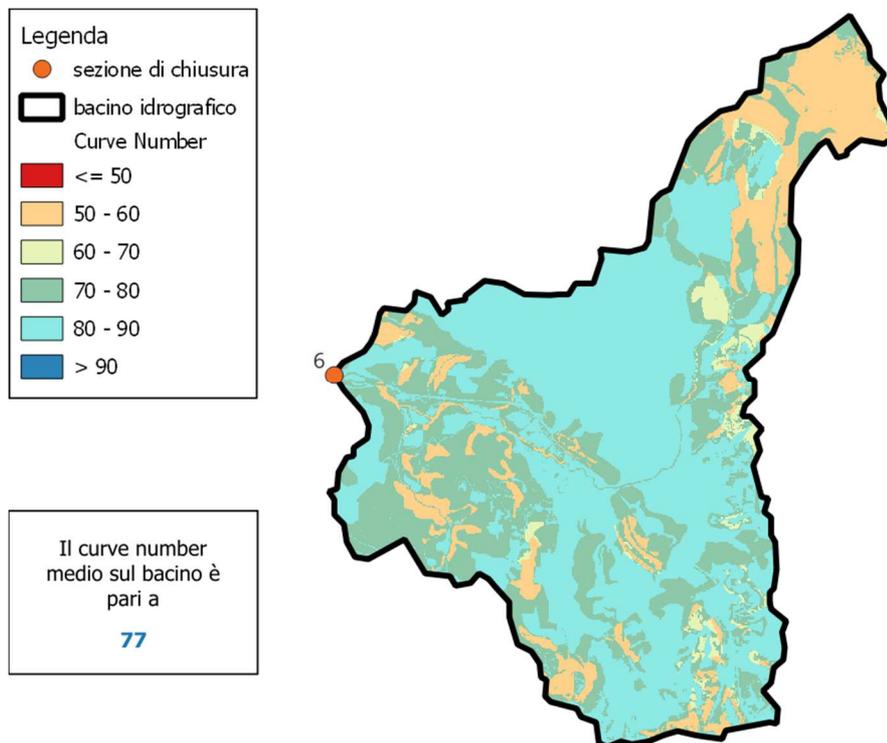
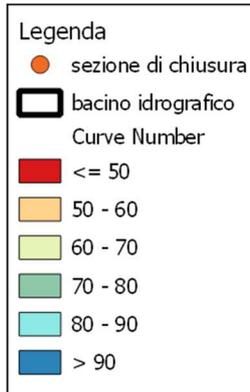


Figura 28: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 6.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 28 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------



Il curve number medio sul bacino è pari a

77

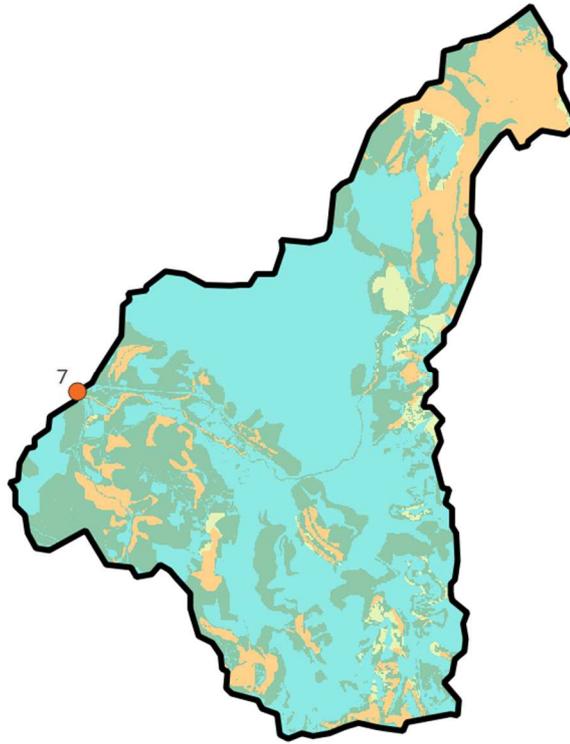
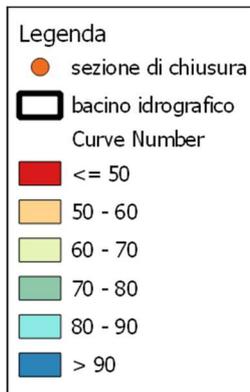


Figura 29: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 7.



Il curve number medio sul bacino è pari a

77

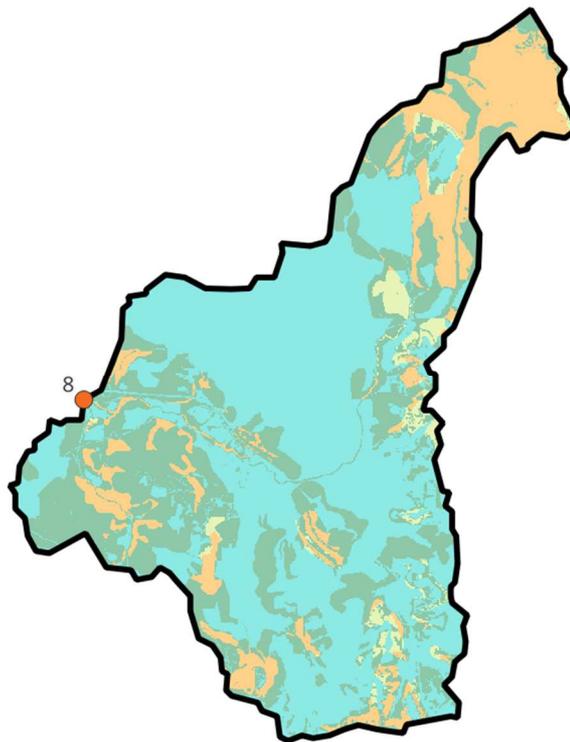


Figura 30: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 8.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA				
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 29 di 173	Rev.:		N° documento Cliente: REL-CI-09106
		00		

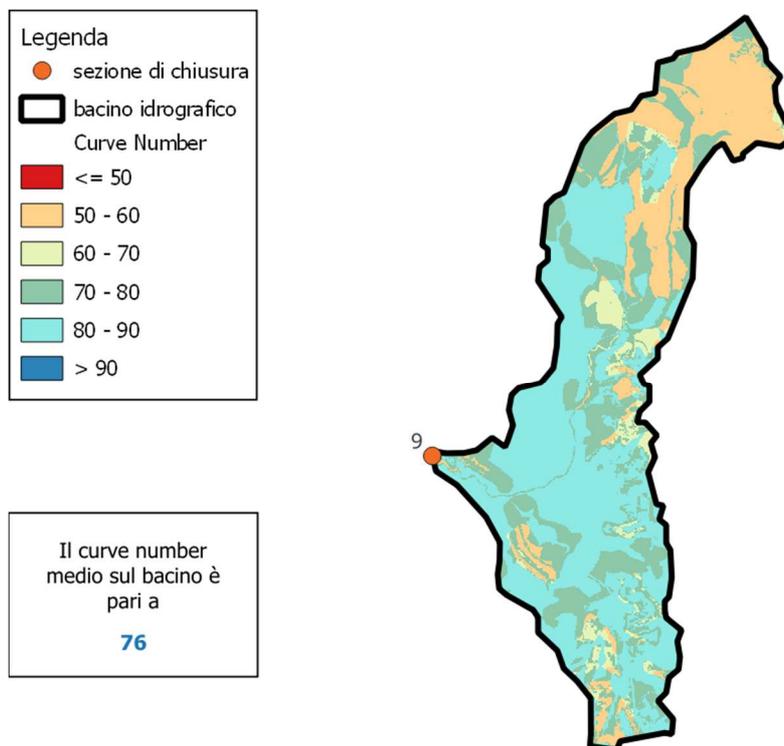


Figura 31: Mappa dei valori del curve number nel bacino chiuso all'intersezione n. 9.

L'altezza di pioggia P di progetto per il tempo di ritorno TR è stata valutata tramite l'espressione monomia del tipo:

$$P = a_{TR} \cdot d^{n_{TR}}$$

dove:

- a_{TR} e n_{TR} sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica assegnato il tempo di ritorno TR ;
- d è la durata dell'evento meteorico.

I parametri a_{TR} e n_{TR} per il territorio in esame sono stati desunti dall'elaborazione fornita della Regione Toscana di concerto con il dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze,^[10] cioè file raster con maglia 1x1 km; successivamente, per ottenere i valori dei parametri da assegnare al bacino idrografico

¹⁰ Regione Toscana, Nuovi dati sulla regionalizzazione delle precipitazioni, 2014
<https://www.regione.toscana.it/-/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni>

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA						
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 30 di 173		Rev.:		N° documento Cliente: REL-CI-09106

oggetto di studio, è stata effettuata la media dei valori delle singole celle contenute nell'area del bacino.

Numero intersezione	a			n		
	TR=50	TR=100	TR=200	TR=50	TR=100	TR=200
1	56,15	63,39	70,74	0,29	0,3	0,308
2	56,17	63,4	70,75	0,29	0,3	0,308
3	56,17	63,4	70,76	0,29	0,3	0,308
4	56,17	63,41	70,76	0,29	0,3	0,308
5	56,18	63,42	70,77	0,29	0,3	0,308
6	56,21	63,45	70,81	0,29	0,3	0,308
7	56,25	63,49	70,85	0,29	0,3	0,308
8	56,25	63,5	70,86	0,29	0,3	0,308
9	56,44	63,71	71,1	0,286	0,296	0,304

Tabella 7: Parametri di possibilità pluviometrica mediati sui bacini oggetto di studio.

Nella tabella seguente si riportano i valori di altezza di pioggia per i vari tempi di ritorno, calcolati per i bacini d'interesse.

Numero intersezione	h_{50} [mm]	h_{100} [mm]	h_{200} [mm]
1	91,06	104,53	118,22
2	90,79	104,18	117,81
3	90,86	104,26	117,92
4	90,67	104,07	117,67
5	90,45	103,80	117,36
6	88,42	101,38	114,56
7	87,13	99,84	112,77
8	86,97	99,66	112,56
9	77,00	87,86	98,91

Tabella 8: Valori di altezze di pioggia calcolati nelle sezioni di interesse.

Per la determinazione della durata critica dell'evento per il presente progetto si è scelto di calcolare il tempo di corrivazione del bacino T_c , con la formula di Ventura in quanto $A < 100 \text{ km}^2$ in tutti i casi; cioè, per T_c in ore si ha:

$$\left\{ \begin{array}{lll} T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_{med}}} & \text{per } A < 100 \text{ km}^2 \\ & A \text{ in km}^2 & \text{formula di Ventura} \\ \\ T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{z_{med} - z_{min}}} & \text{per } A \geq 100 \text{ km}^2 \\ & A \text{ in km}^2, L \text{ in km, } z \text{ in m slm} & \text{formula di Giandotti} \end{array} \right.$$

dove i_{med} è la pendenza media del bacino, cioè $i_{med} = \frac{z_{max} - z_{min}}{L}$

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE									
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA									
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 31 di 173		Rev.: 00				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

Con riferimento alla precedente Tabella 4, essendo la superficie dei sottobacini del torrente Staggia alla sezione dell'attraversamento in progetto sempre inferiore a 100 km², si è proceduto con l'espressione di Ventura.

I tempi di corrivazione per i vari bacini sono riportati nella seguente tabella.

Numero intersezione	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tempo di corrivazione (h)	5,30	5,24	5,25	5,21	5,17	4,77	4,52	4,49	2,96

Tabella 9: Tempi di corrivazione per i bacini alle varie sezioni di chiusura.

La portata di progetto Q_{TR} , associata al tempo di ritorno TR, è stata infine ottenuta tramite la relazione:

$$Q_{TR} = 0,278 \cdot Q \cdot \frac{A}{T_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

con A in m², T_c in ore, Q in mm

Con i valori sopra calcolati si è pertanto proceduto alla determinazione delle portate di progetto nella sezione di interesse, riportate in Tabella 10.

Numero intersezione	Q_{50} [m ³ /s]	Q_{100} [m ³ /s]	Q_{200} [m ³ /s]
1	95,4	121,4	149,0
2	94,6	120,5	147,9
3	94,3	120,0	147,4
4	93,7	119,2	146,4
5	93,5	119,1	146,3
6	85,9	109,3	134,3
7	84,9	108,0	132,7
8	84,7	107,9	132,5
9	50,3	64,8	80,3

Tabella 10: Valori di portata calcolati nelle sezioni di interesse.

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.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA				
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 32 di 173		Rev.: 00
				N° documento Cliente: REL-CI-09106

Per la modellazione geometrica del corpo idrico è stato utilizzato il rilievo topografico di dettaglio dell'alveo e delle fasce laterali allo stesso (per un estensione di circa 10 m per ciascun lato) appositamente eseguito, integrato nei casi in cui si è reso necessario valutare l'andamento dei livelli al di fuori di tale fascia, con il rilievo Lidar, disponibile lungo il tracciato del metanodotto o con la CTR 1:5.000 della Regione Toscana.

Si è provveduto ad implementare quattro modelli idraulici, rispettivamente per gli attraversamenti n. da 1 a 5 (sezioni RS da 10 a 300), n. 6 (sezioni RS da 310 a 410), n. 7 e 8 (sezioni RS da 420 a 477), n. 9 (sezioni RS 480 da 580) in quanto solo gli attraversamenti n. da 1 a 5 e gli attraversamenti n. 7 e 8 erano sufficientemente ravvicinati e corredati di sezioni rilevate del fondo da consentire l'elaborazione di un unico modello idraulico locale.

Come condizioni al contorno rispettivamente a monte e valle dei tratti modellati, 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 in considerazione del fatto che è stato previsto il sostanziale ripristino dell'andamento delle sponde esistenti. Tale ipotesi è ulteriormente rafforzata del fatto che i valori di scabrezza delle sponde, sia che si trovino in condizioni naturali che rivestite in massi, sono sostanzialmente coincidenti, come si può rilevare dalla successiva Tabella 12.

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 letteratura^[11] richiamati in Tabella 12.

In alcune delle sezioni seguenti è inoltre presente un tratteggio verde che indica l'area ineffettiva ai fini del deflusso. Vengono utilizzate per descrivere con maggior precisione possibile il comportamento dei deflussi in alveo in corrispondenza del rilevato della strada in attraversamento al fiume (vedere stralcio planimetrico in annesso 1), area caratterizzate da velocità pressochè nulle che, pertanto, rappresenta una zona di non-convogliamento di flussi.

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

¹¹ Chow, V.T. (1959) Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 33 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

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
Ineff	Area allagata non contribuente ai fini del deflusso
Bank sta	Ciglio alveo

Tabella 11: Significato grandezze in legenda ai grafici di output di HEC-RAS.

CORSI D'ACQUA MINORI (larghezza del pelo libero in piena < 30 m)	minimo	normale	massimo
Corsi d'acqua di pianura			
1. pulito, dritto, 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, meandriforme, 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 elevata presenza di erba, con bacini profondi o scolmatori ricoperti di ceppi d'albero o 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 12: Valori caratteristici di scabrezza [$s/m^{1/3}$], (Chow, 1959).

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 34 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

Modellazione attraversamenti n. da 1 a 5

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 35 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

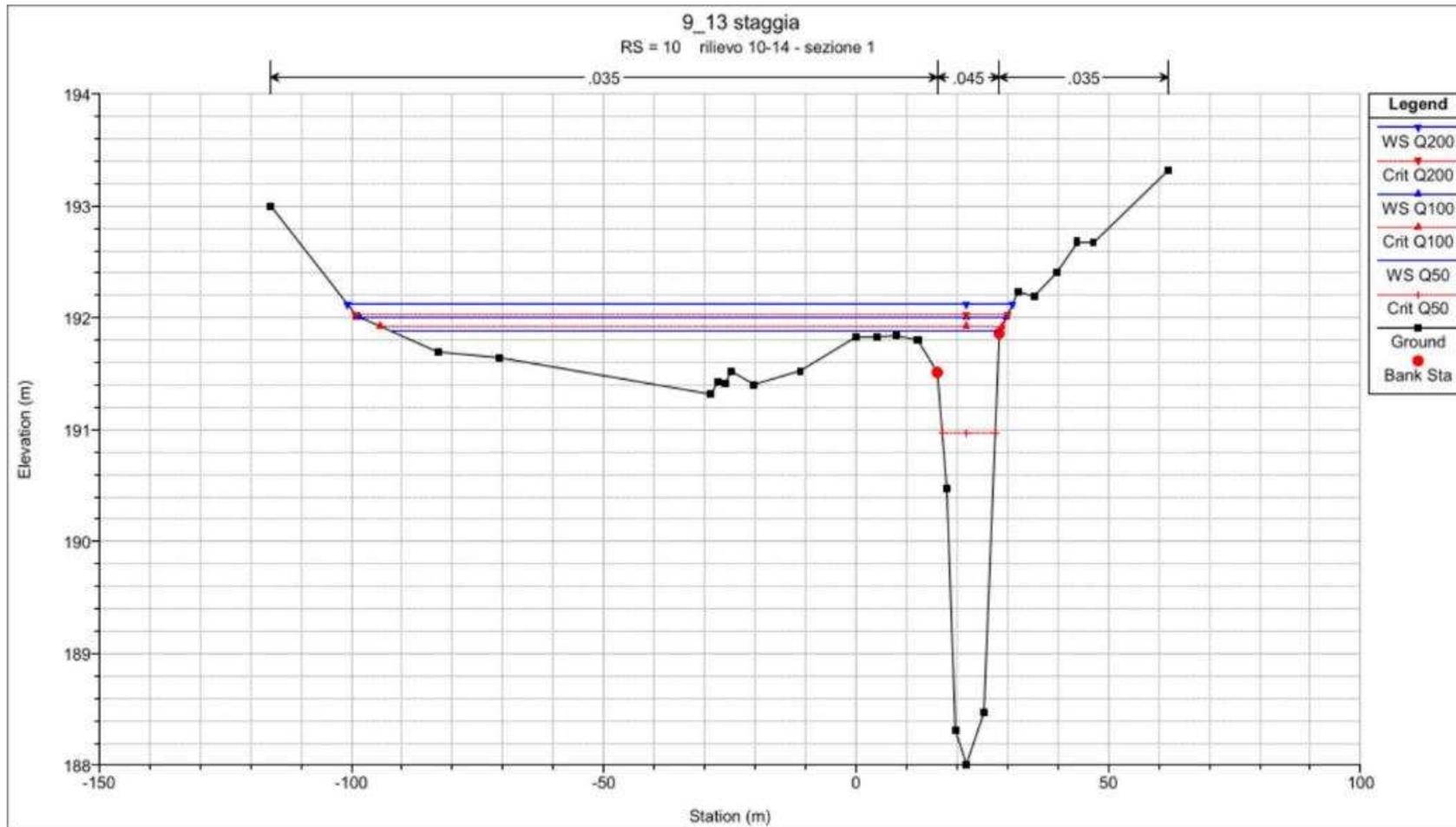


Figura 32: **RS=10** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 36 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

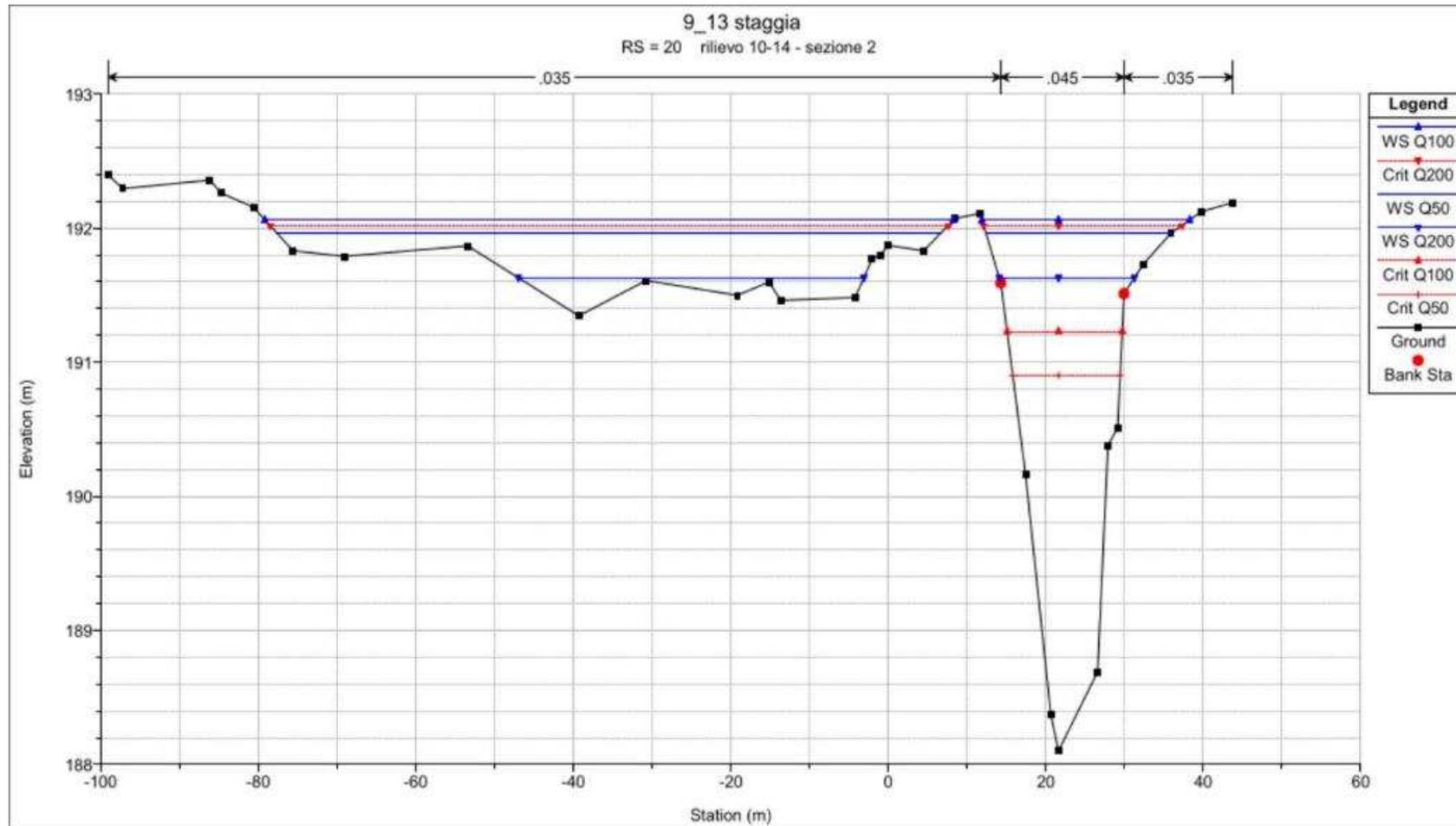


Figura 33: **RS=20** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio di 37 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------------	-------------	---------------------------------------

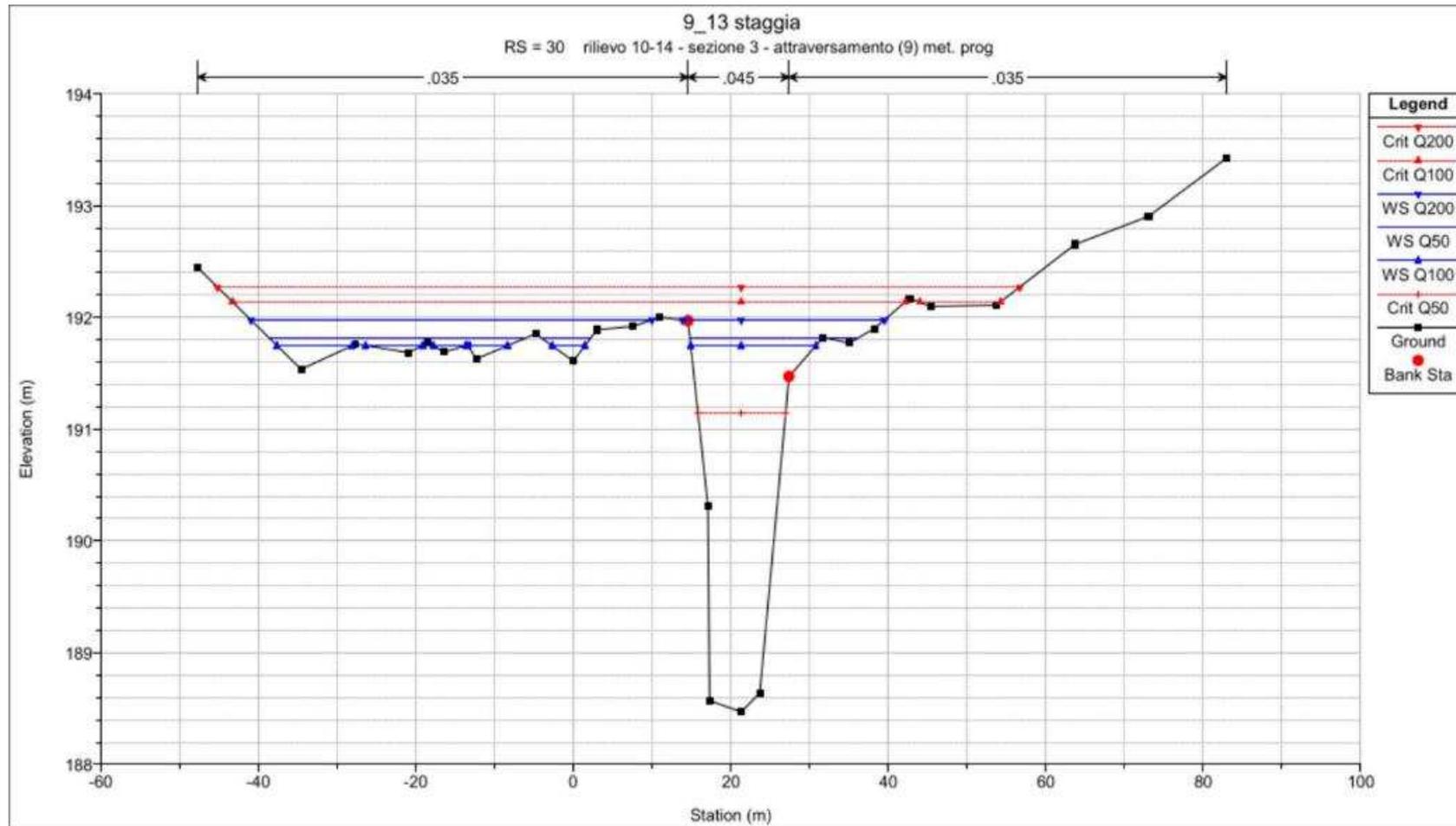


Figura 34: **RS=30** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 38 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

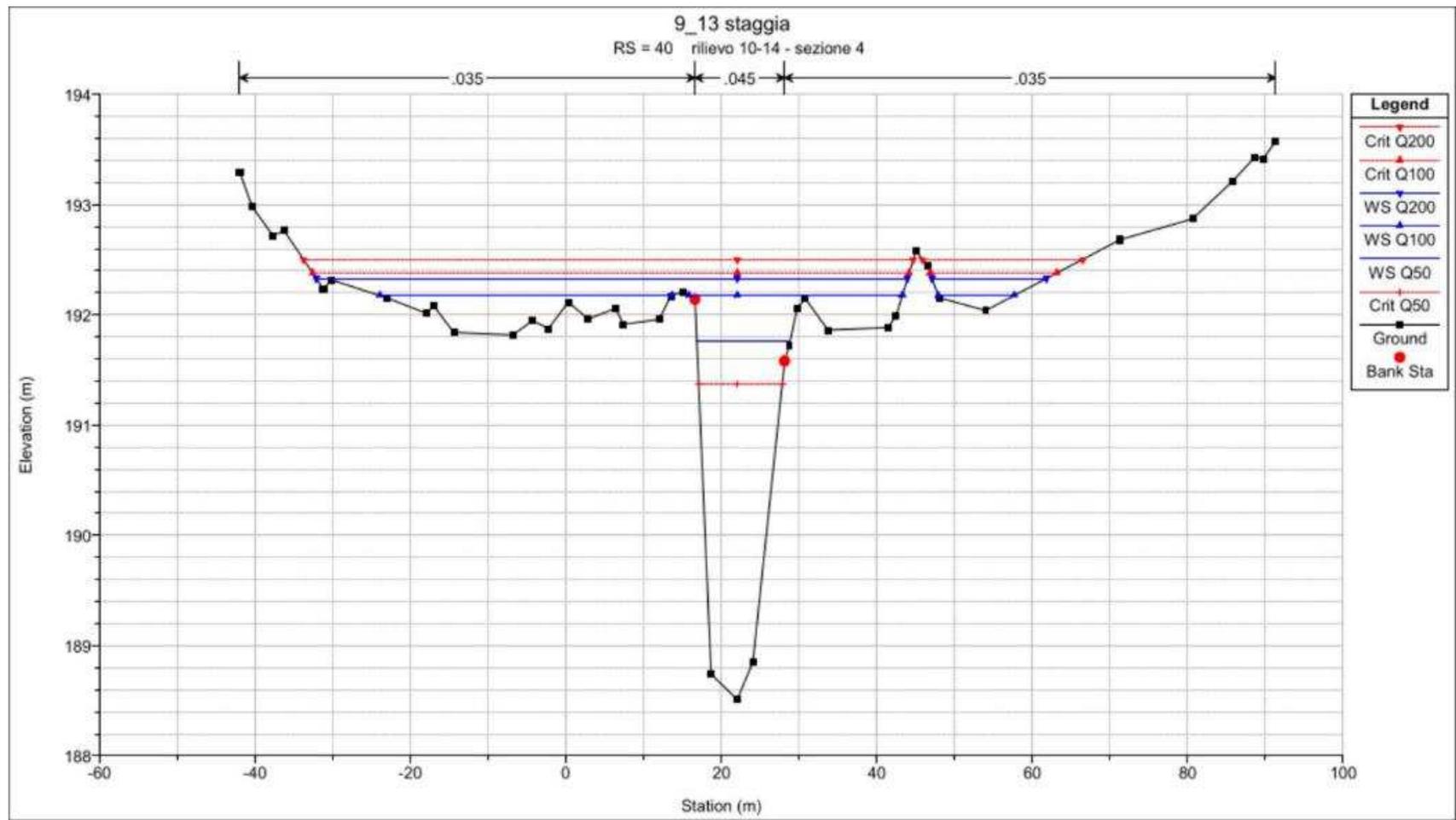


Figura 35: **RS=40** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 39 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

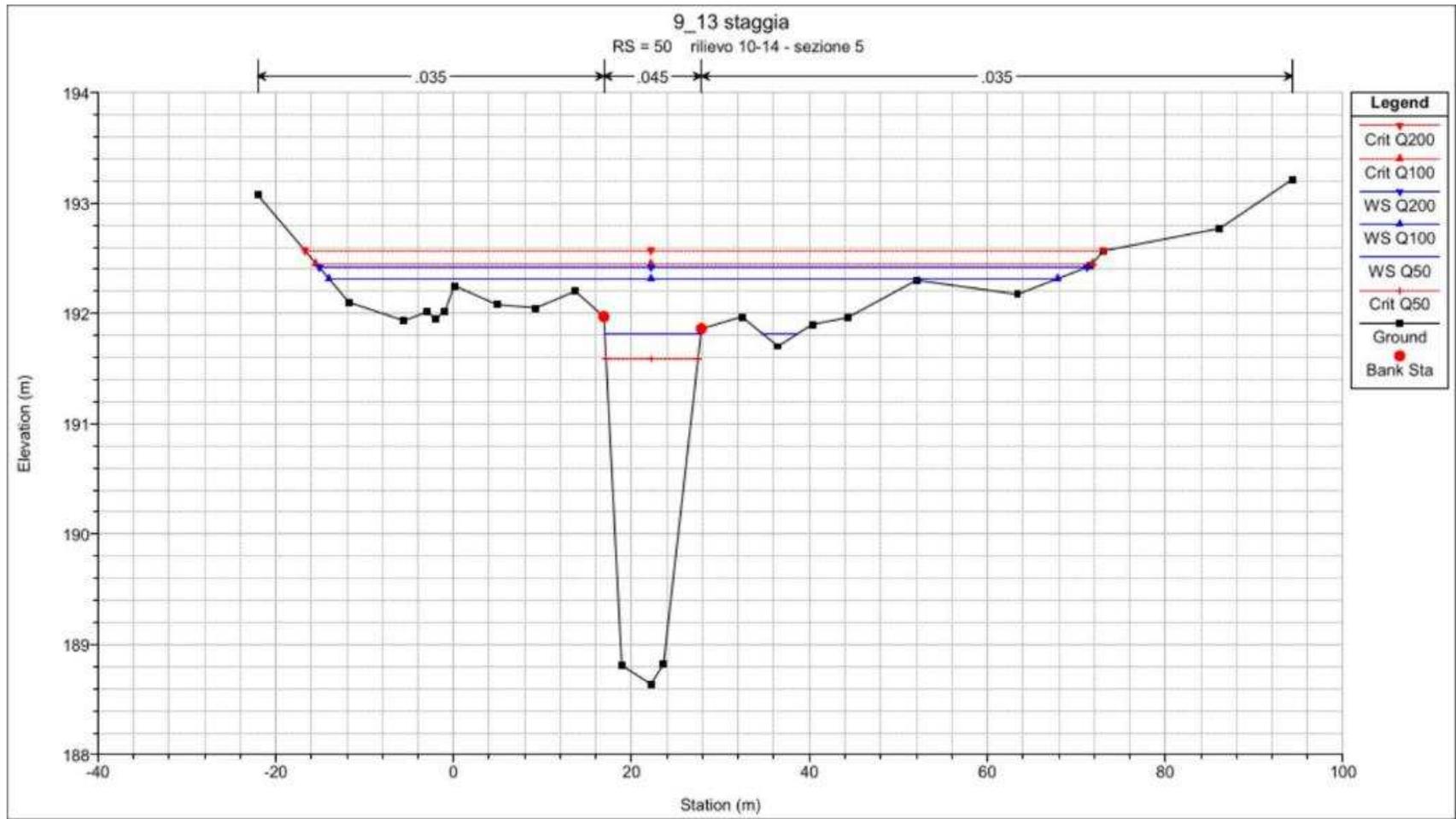


Figura 36: **RS=50** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 40 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

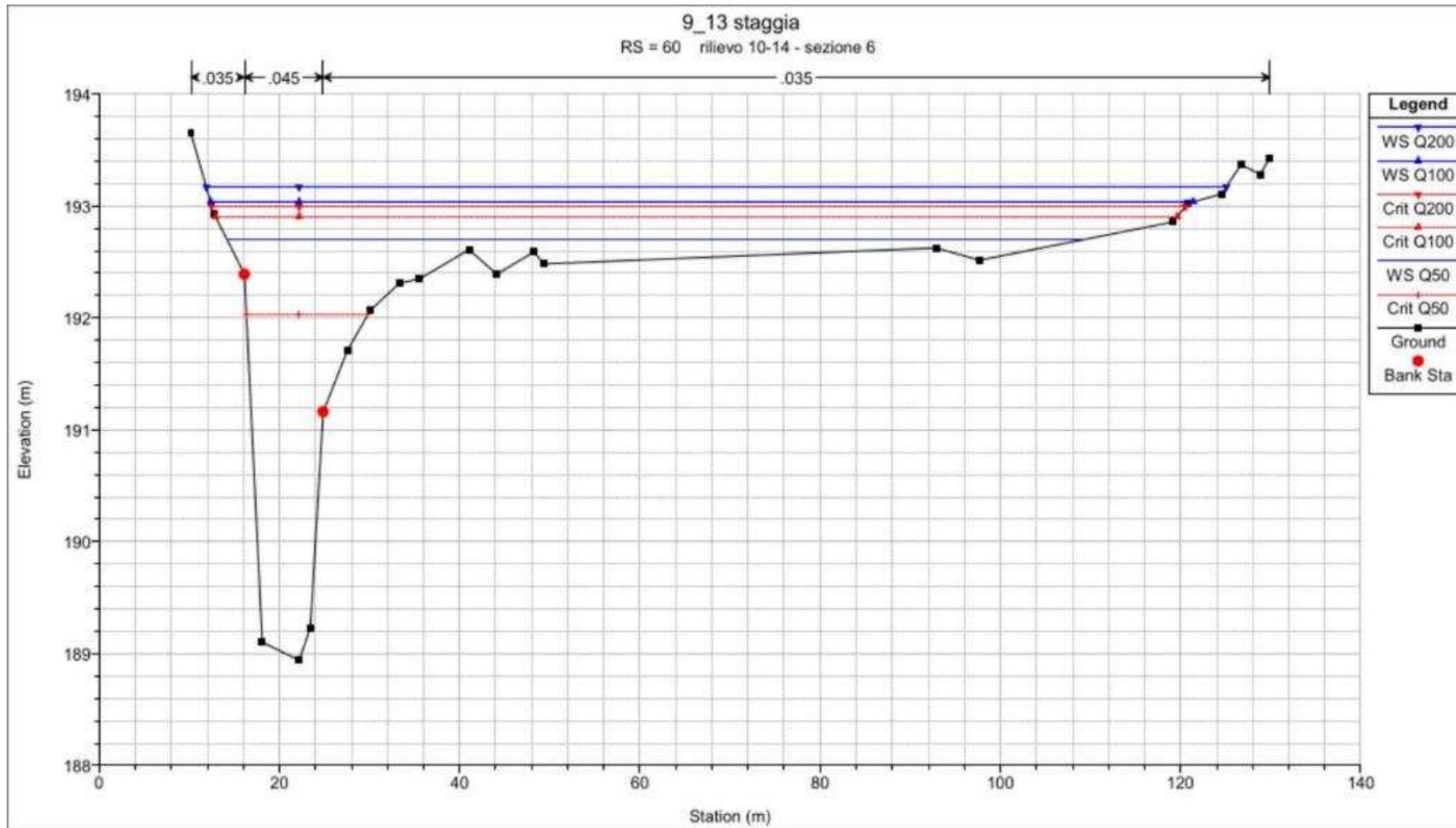


Figura 37: **RS=60** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 41 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

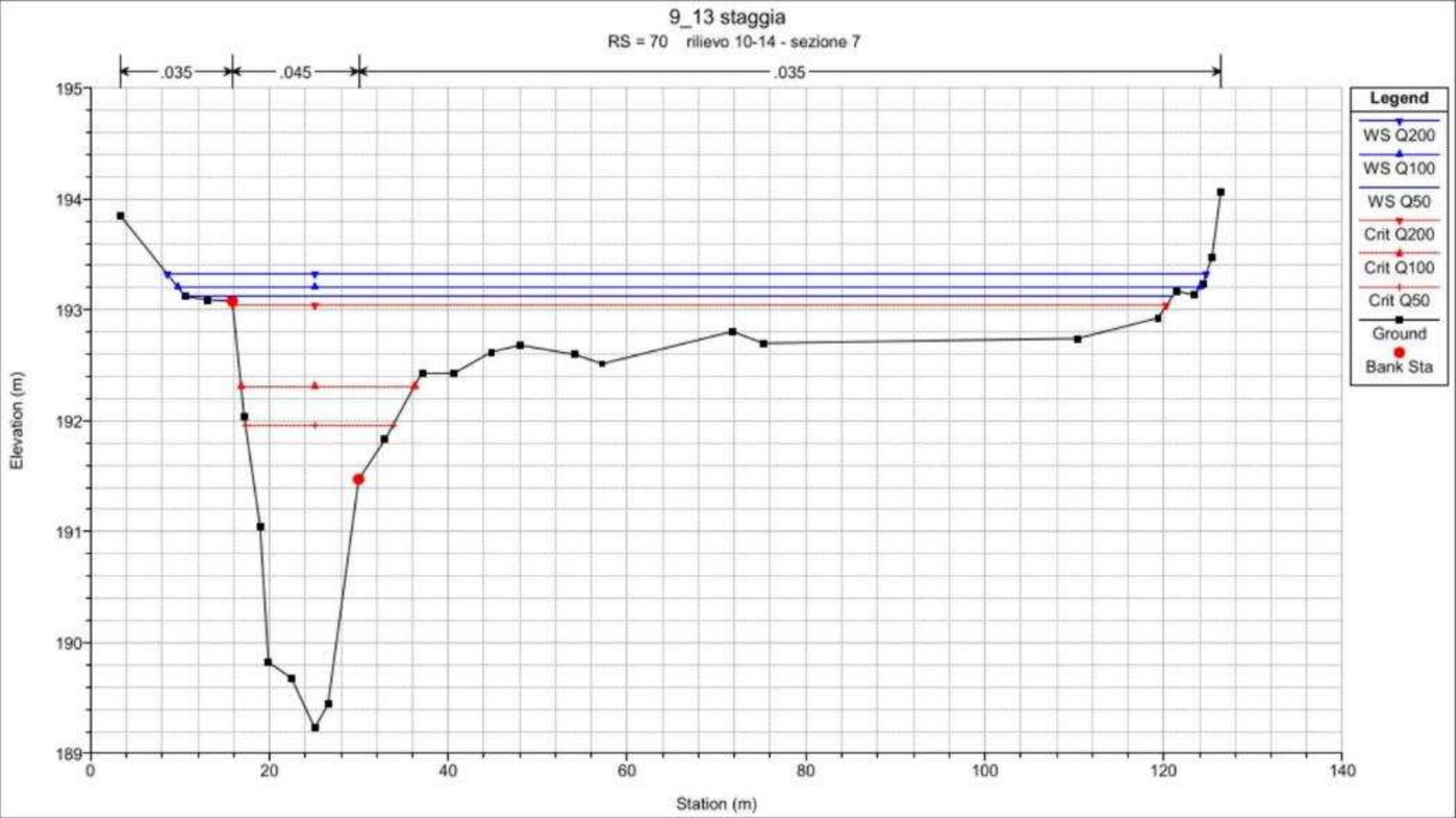


Figura 38: **RS=70** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 42 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

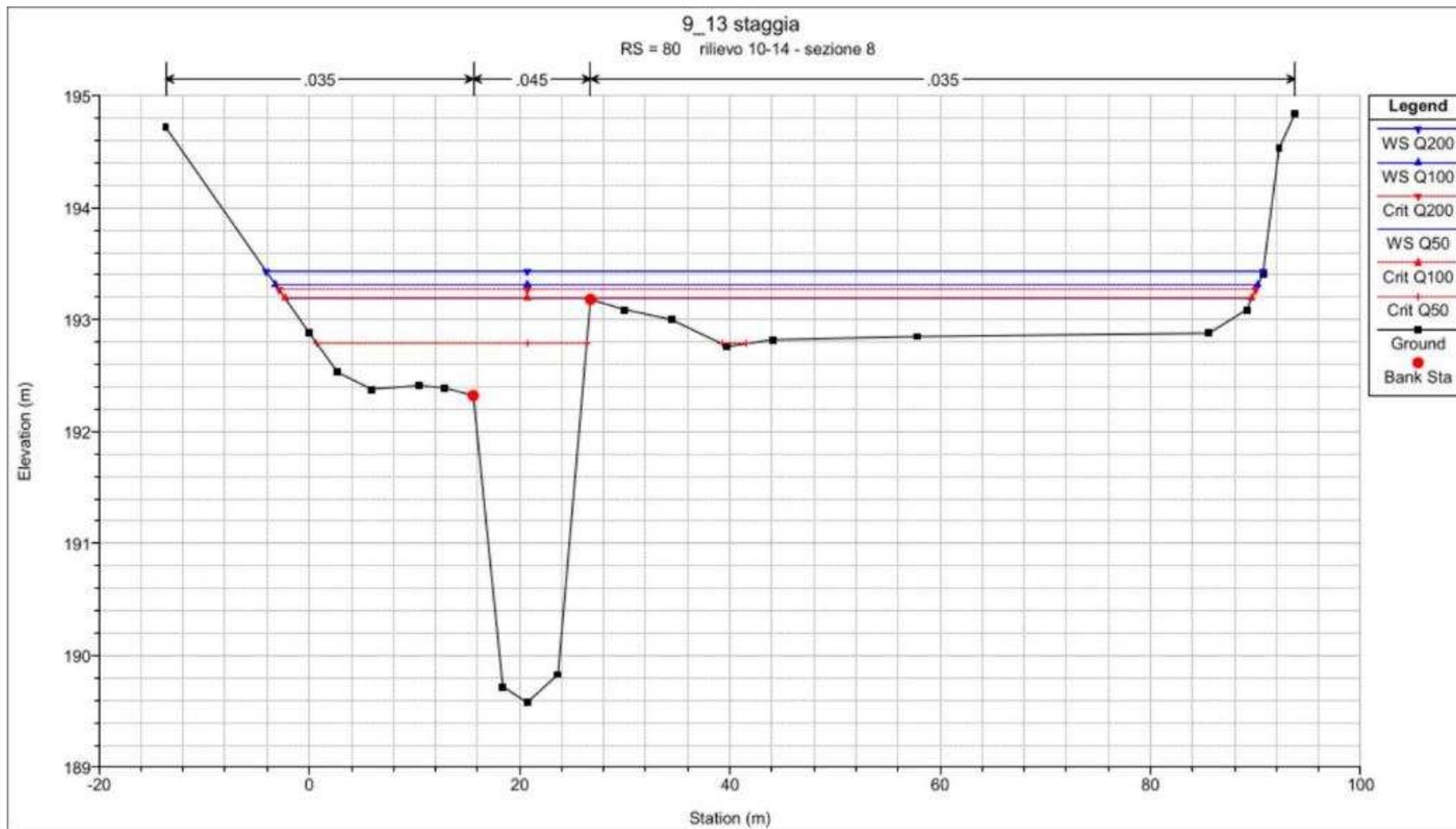


Figura 39: **RS=80** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 1 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 43 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

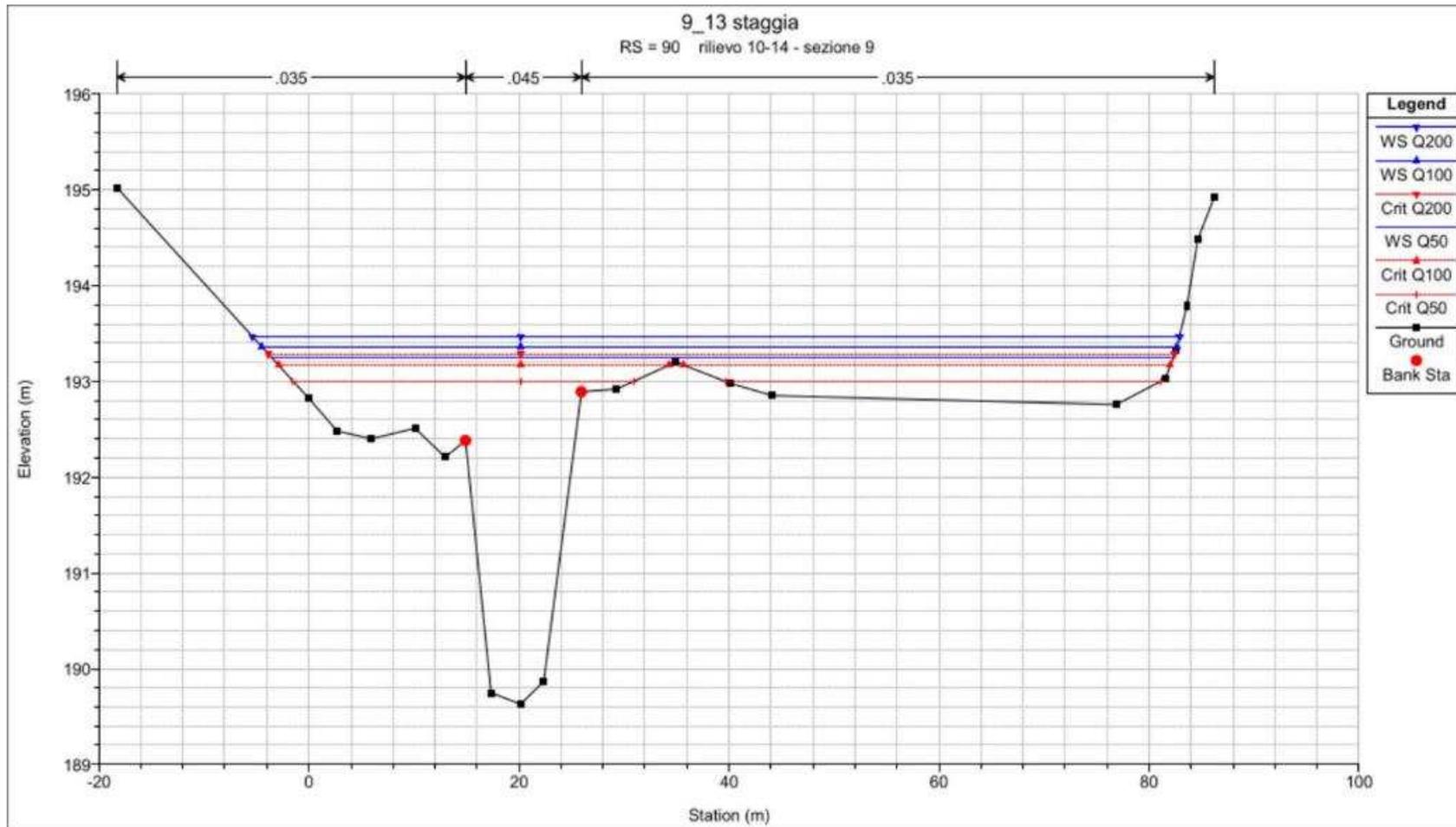


Figura 40: **RS=90** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 2 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 44 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

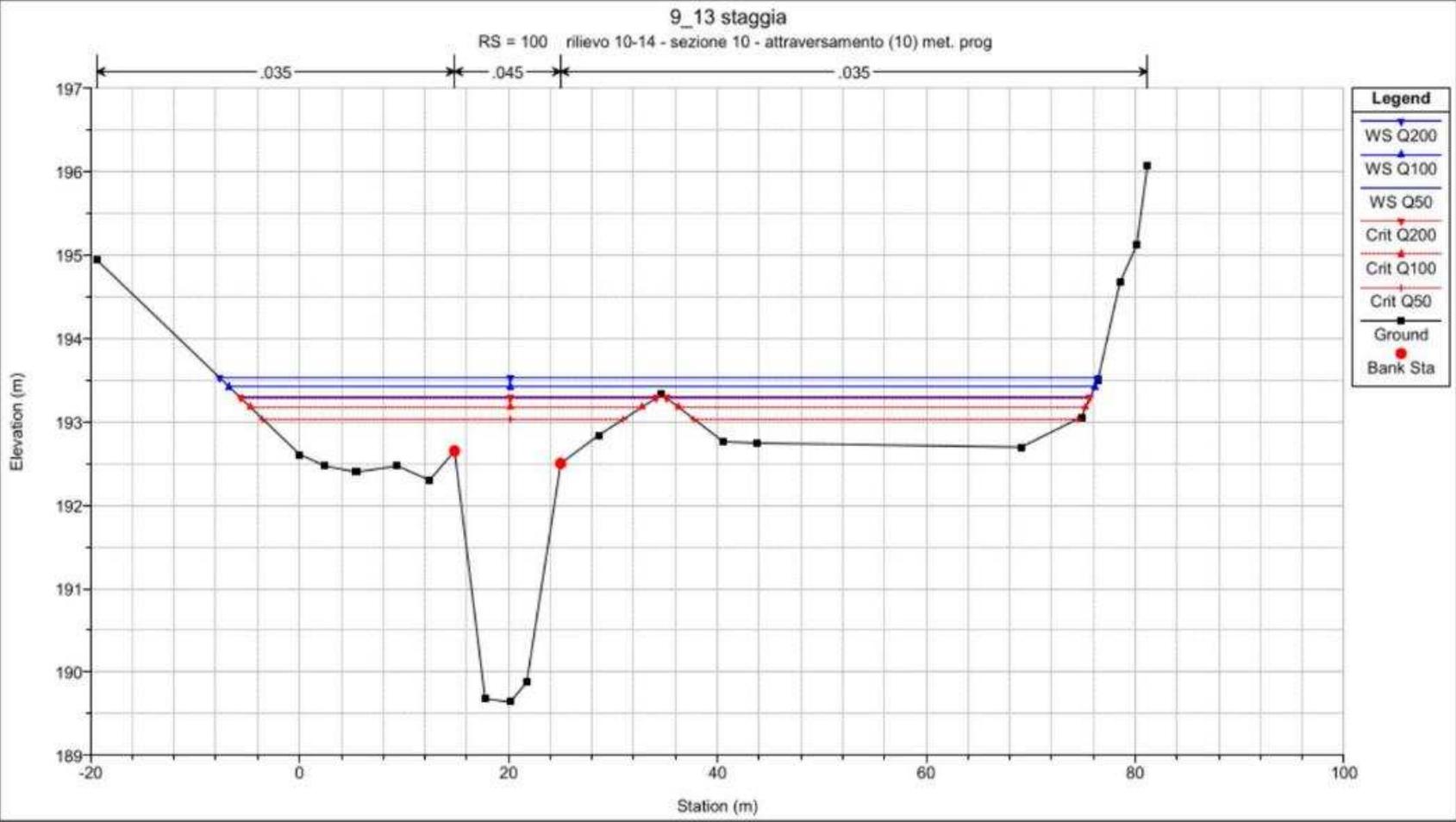


Figura 41: **RS=100** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 2 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio di 45 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	------------------------	-------------	---------------------------------------

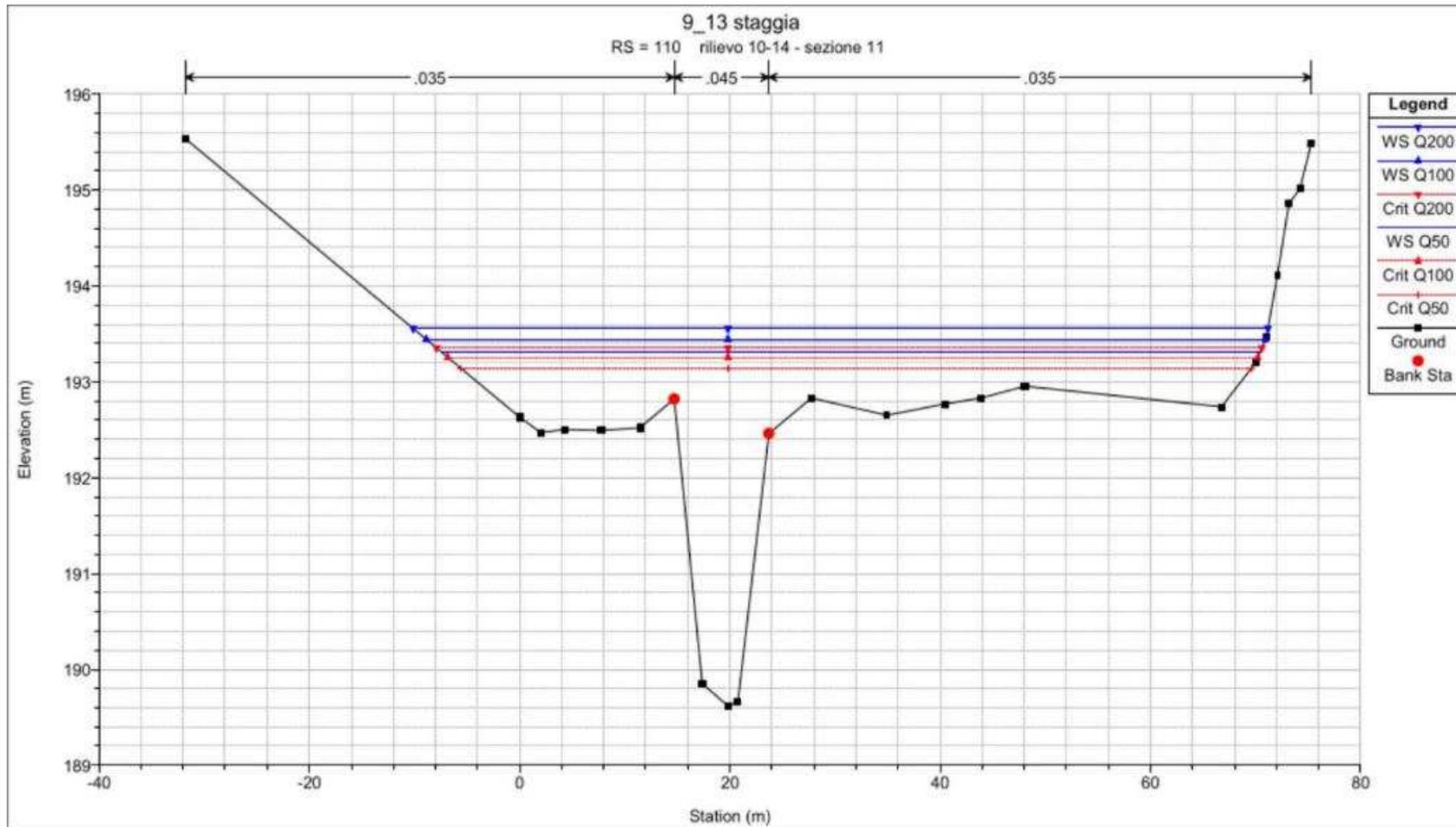


Figura 42: **RS=110** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 2 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 46 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

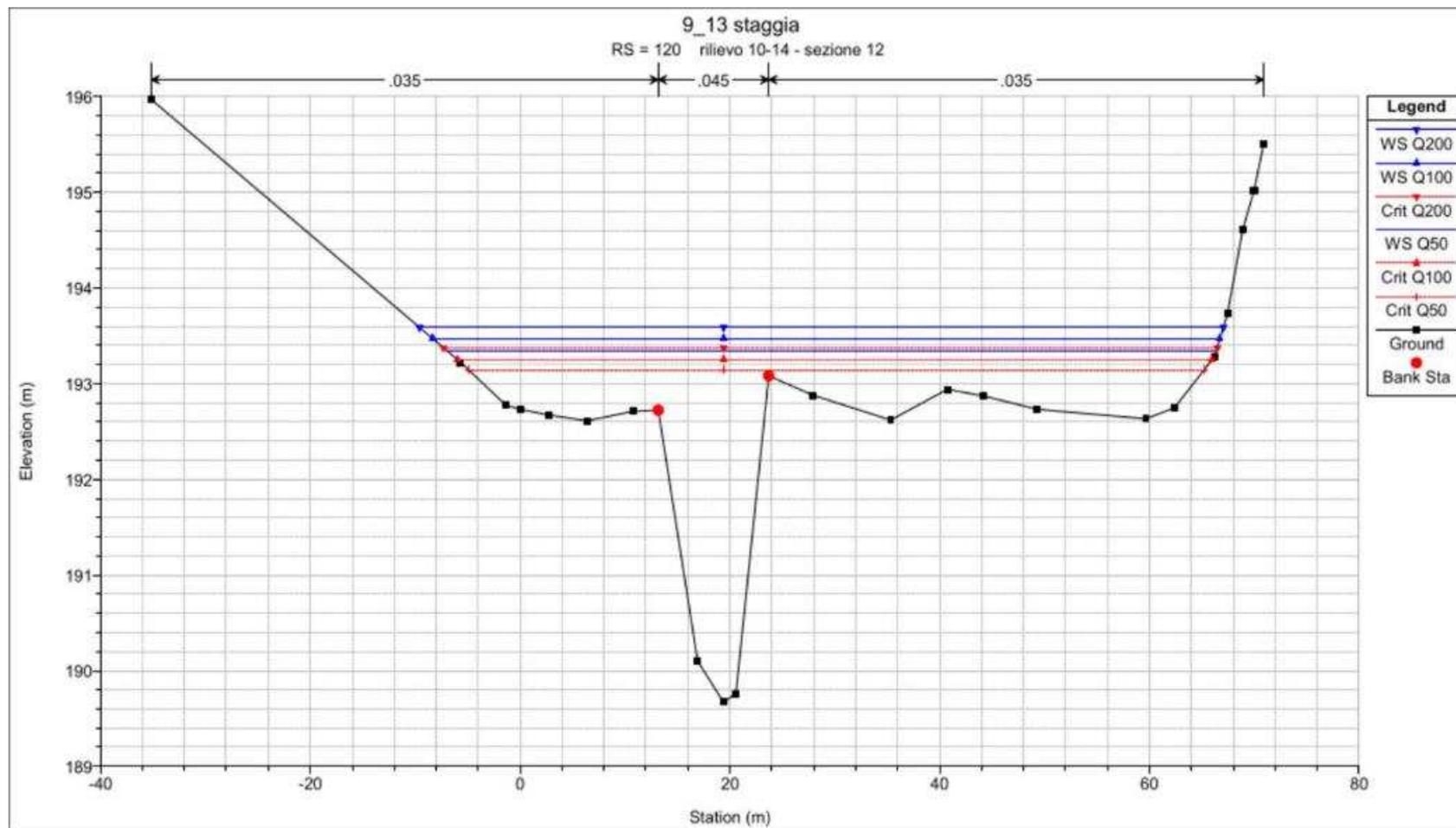


Figura 43: **RS=120** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 2 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 47 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

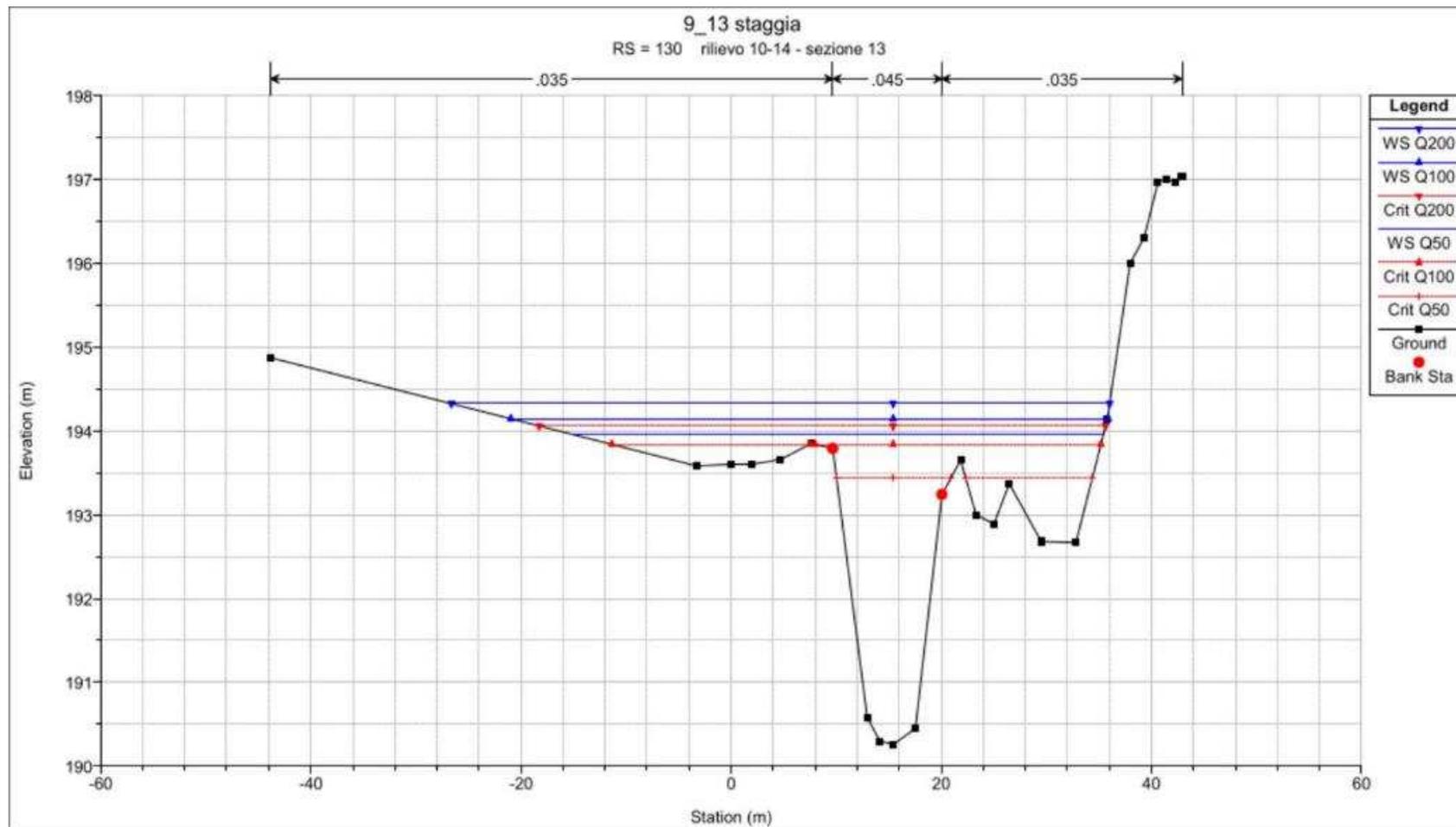


Figura 44: **RS=130** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 2 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 48 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

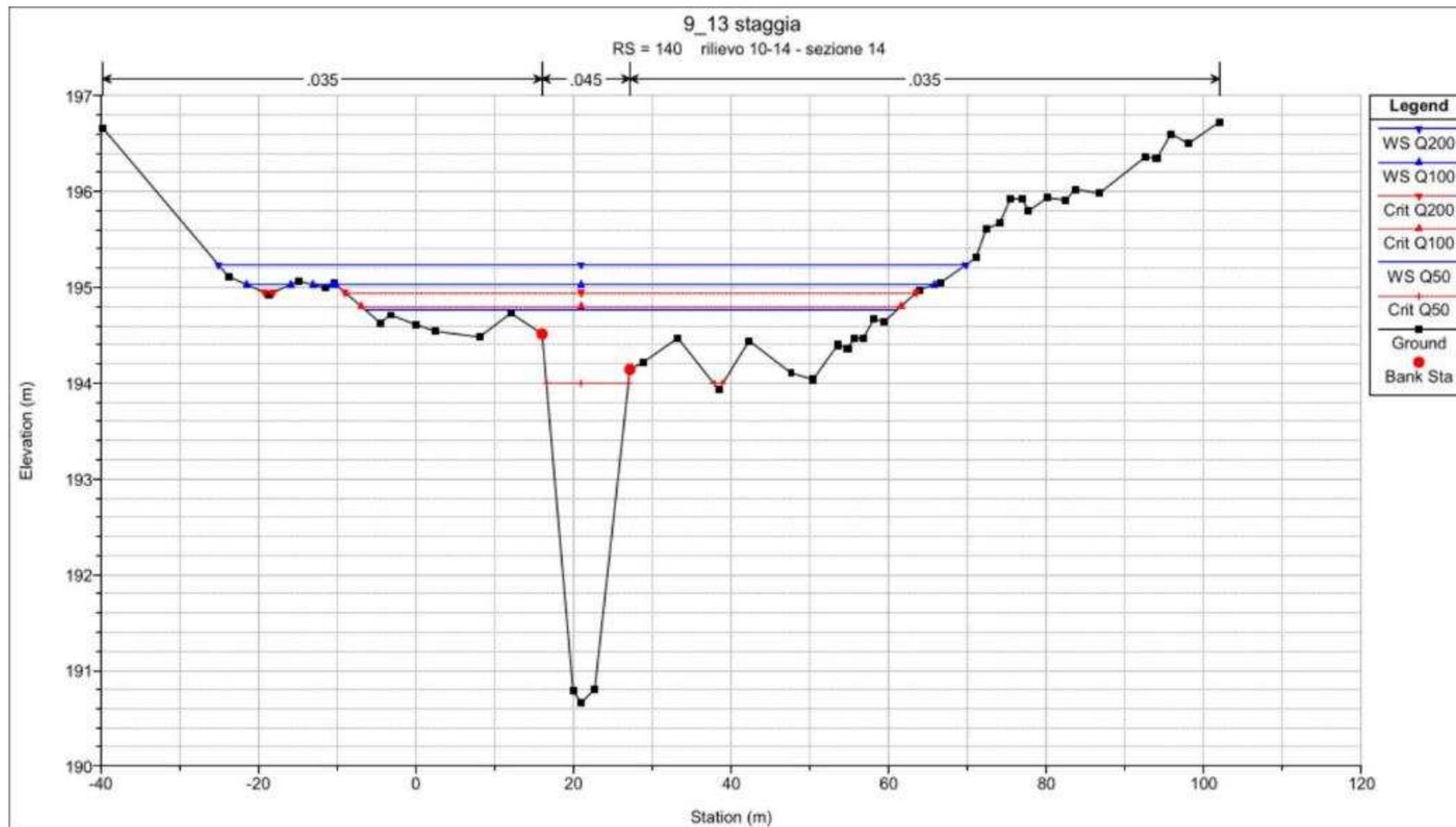


Figura 45: **RS=140** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 2 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio di 49 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	------------------------	-------------	---------------------------------------

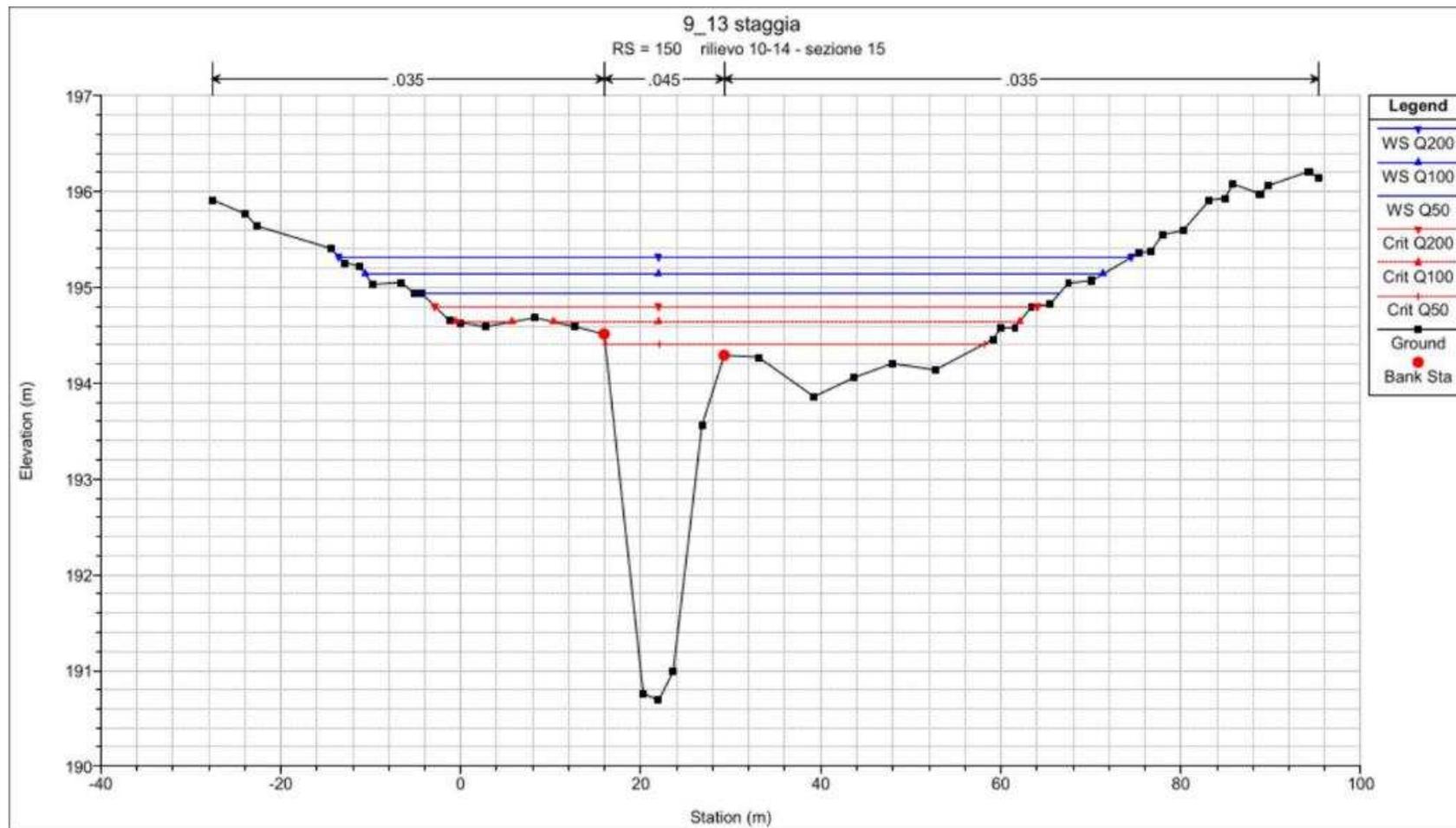


Figura 46: **RS=150** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 50 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

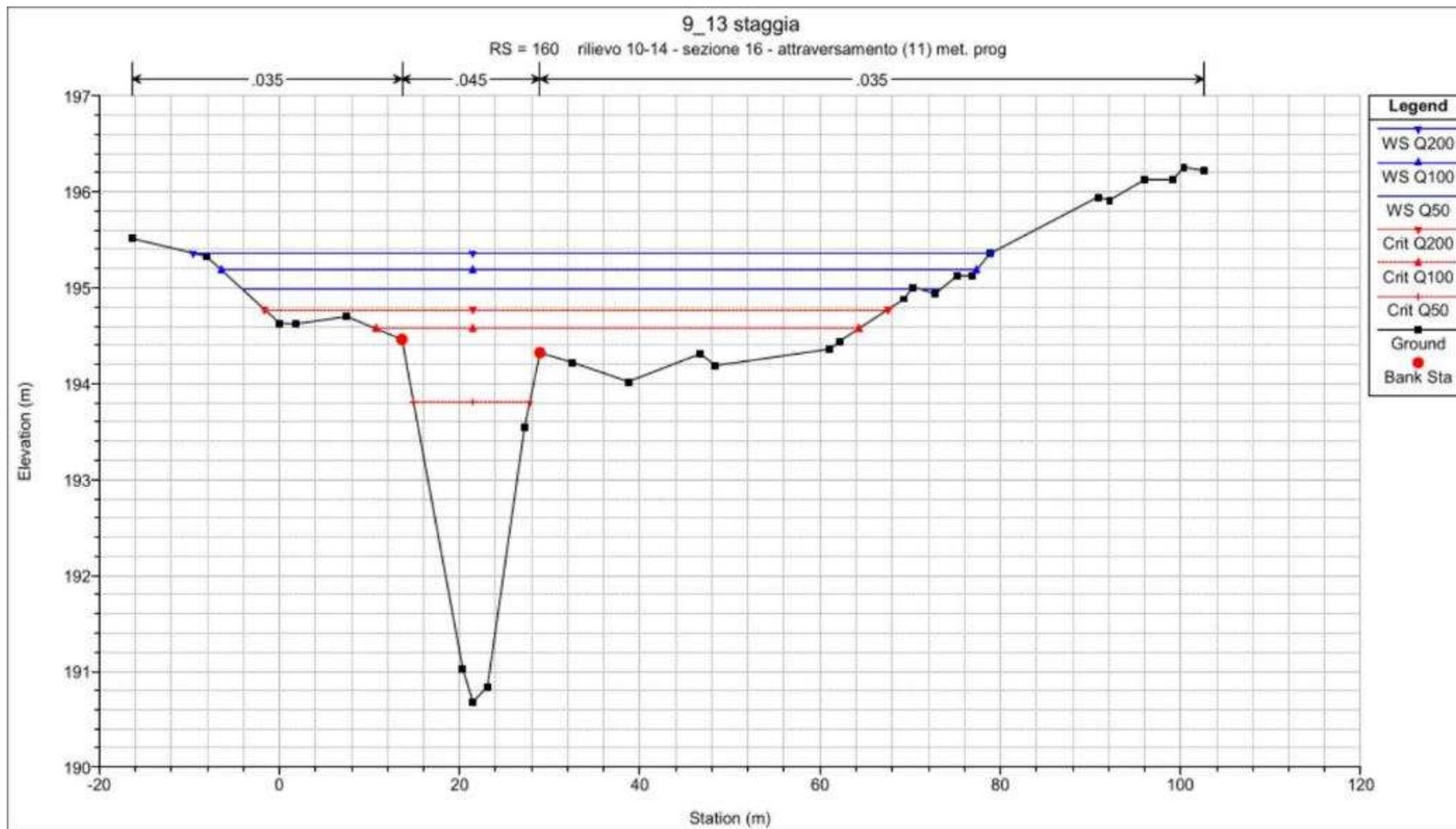


Figura 47: **RS=160** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 51 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

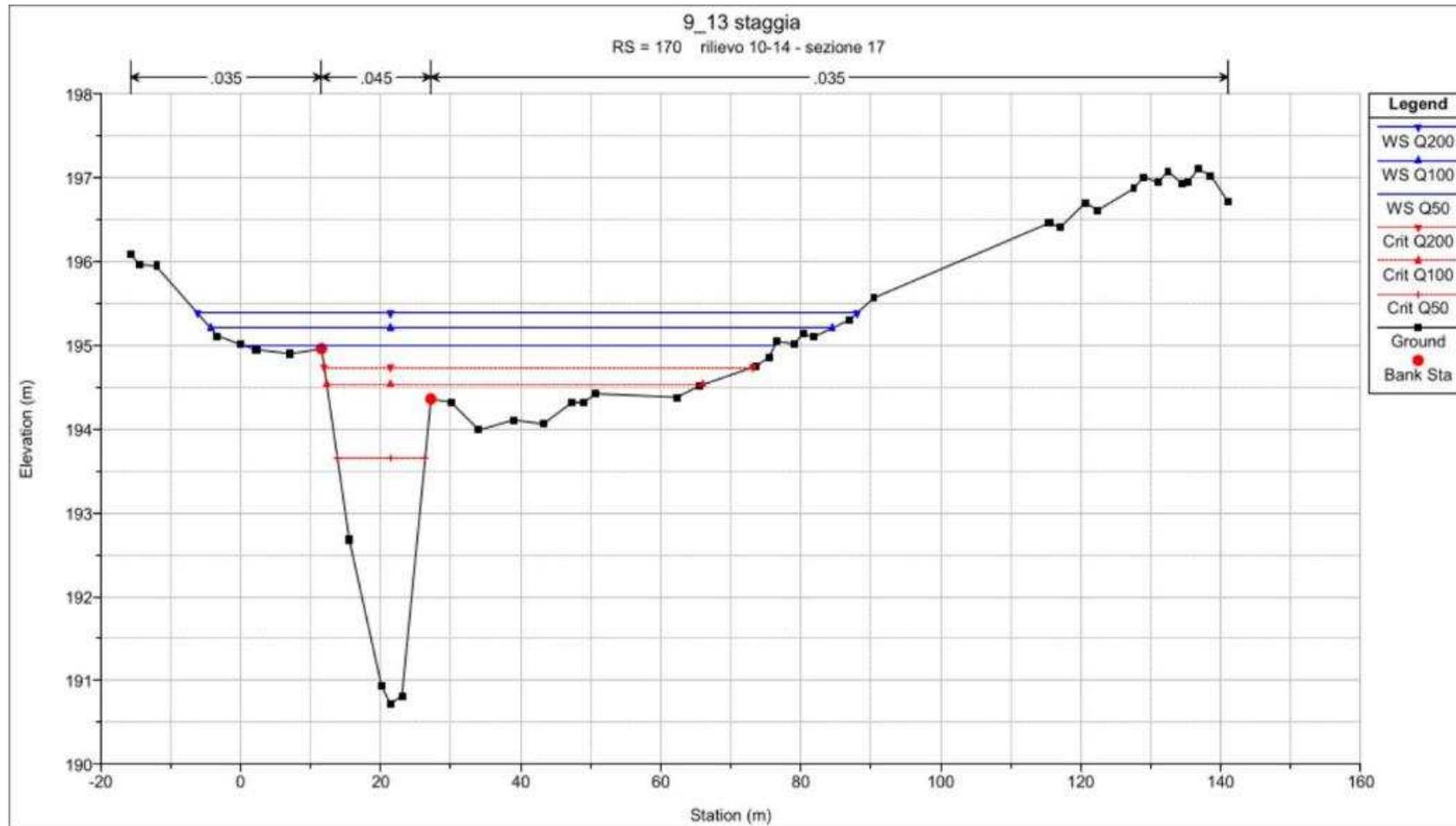


Figura 48: **RS=170** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 52 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

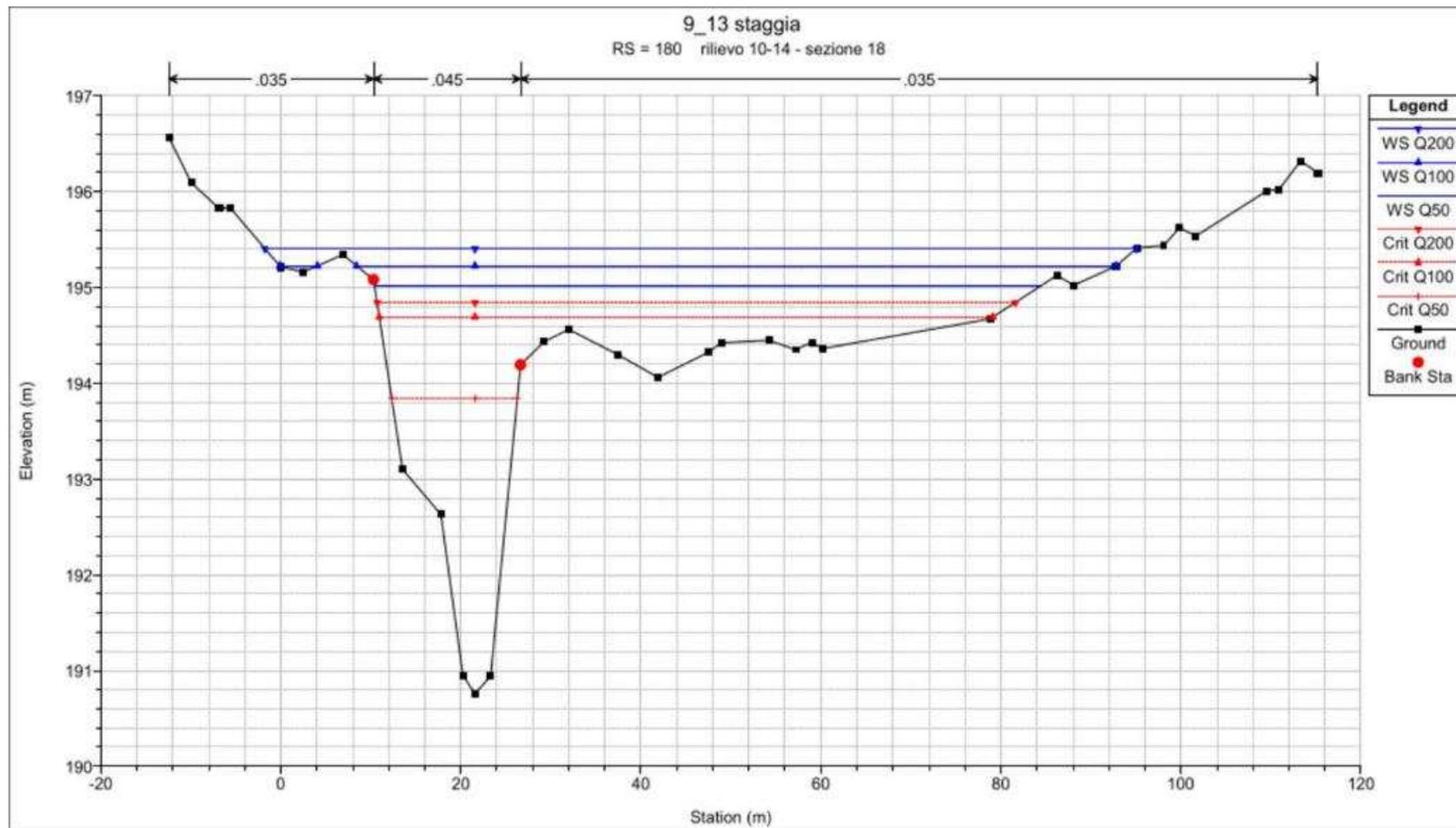


Figura 49: **RS=180** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 53 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

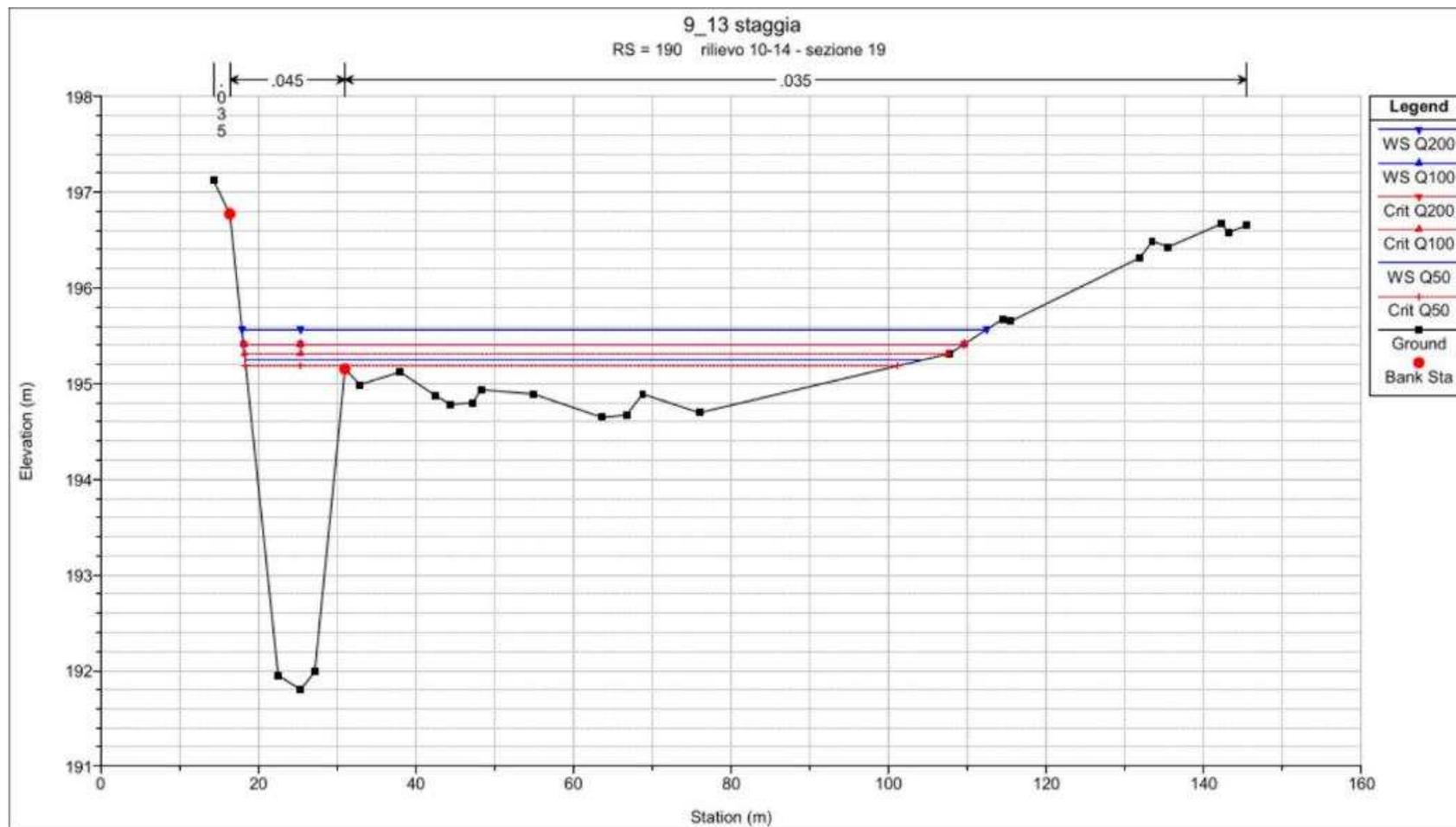


Figura 50: **RS=190** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 54 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

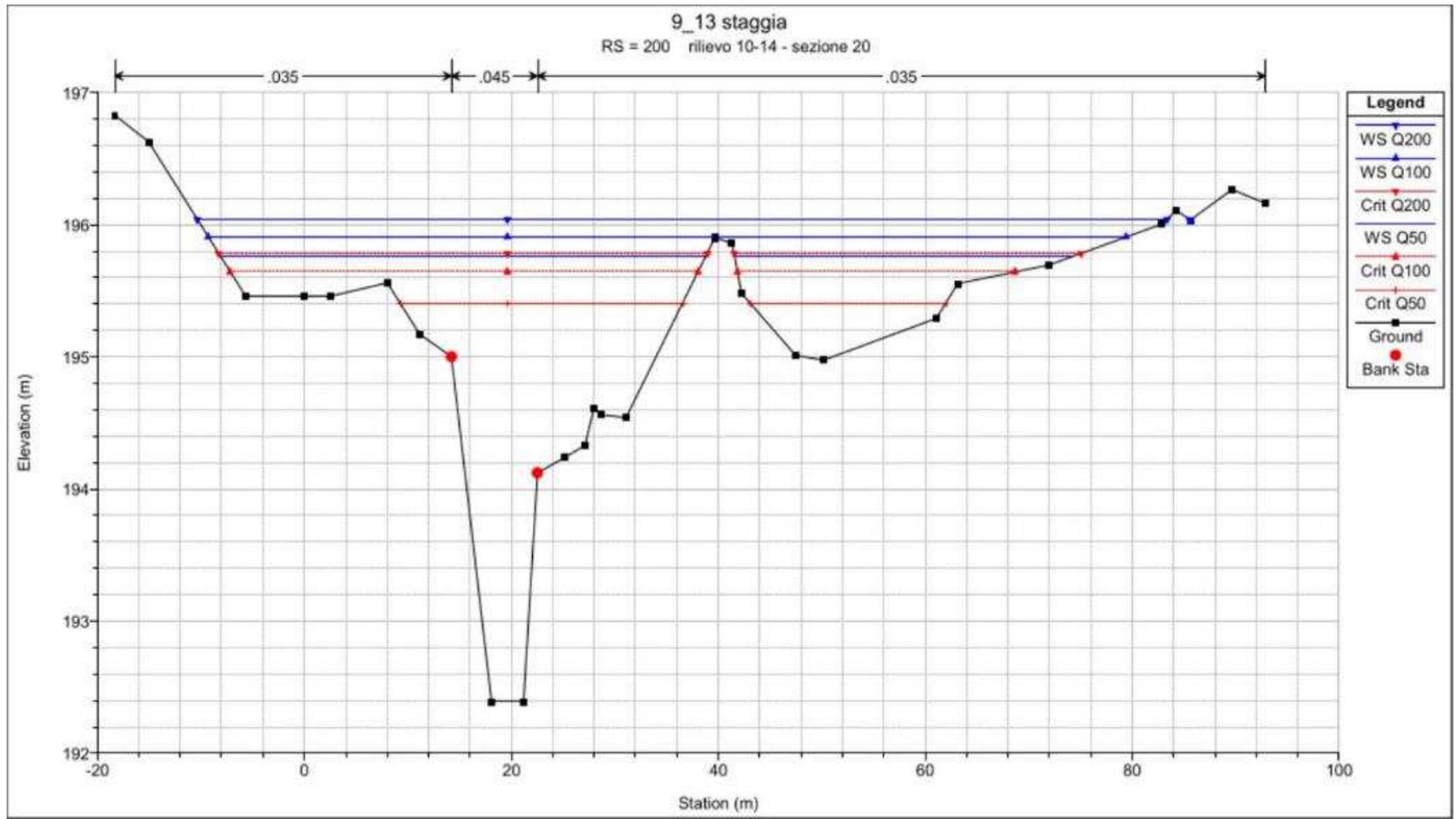


Figura 51: **RS=200** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio di 55 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------------	-------------	---------------------------------------

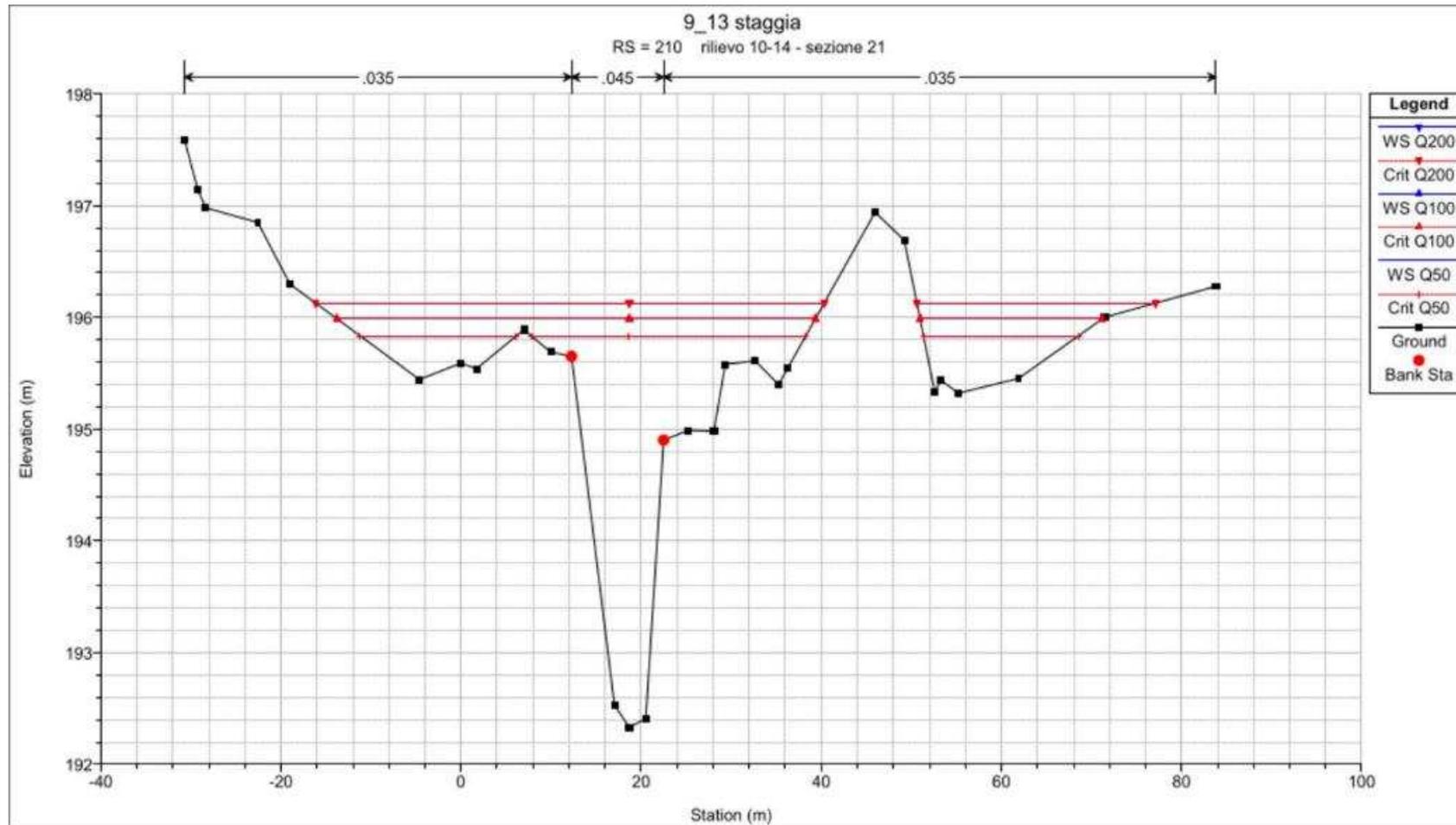


Figura 52: **RS=210** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 di 56 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

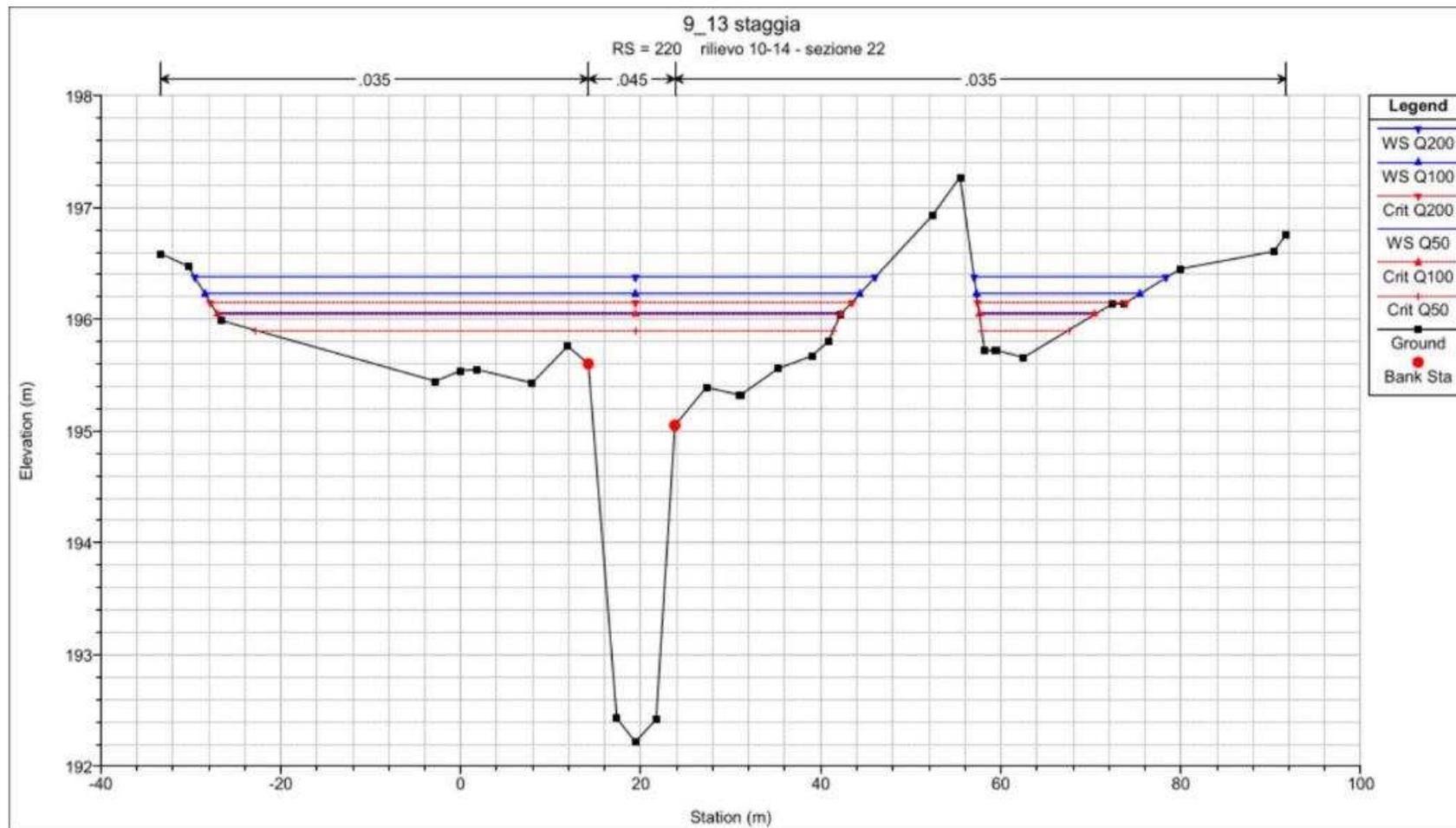


Figura 53: **RS=220** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 3 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 57 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

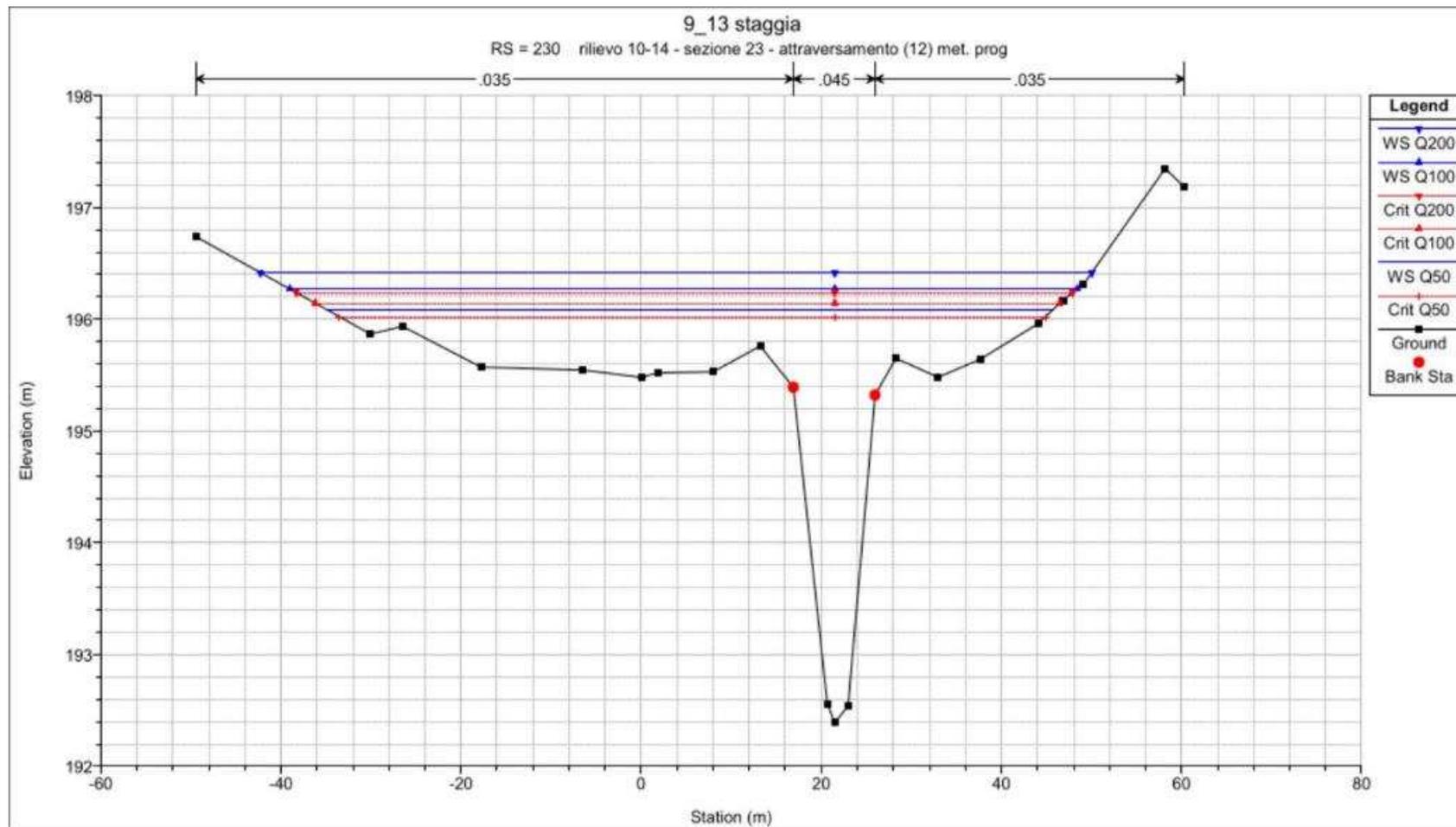


Figura 54: **RS=230** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 4 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 58 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

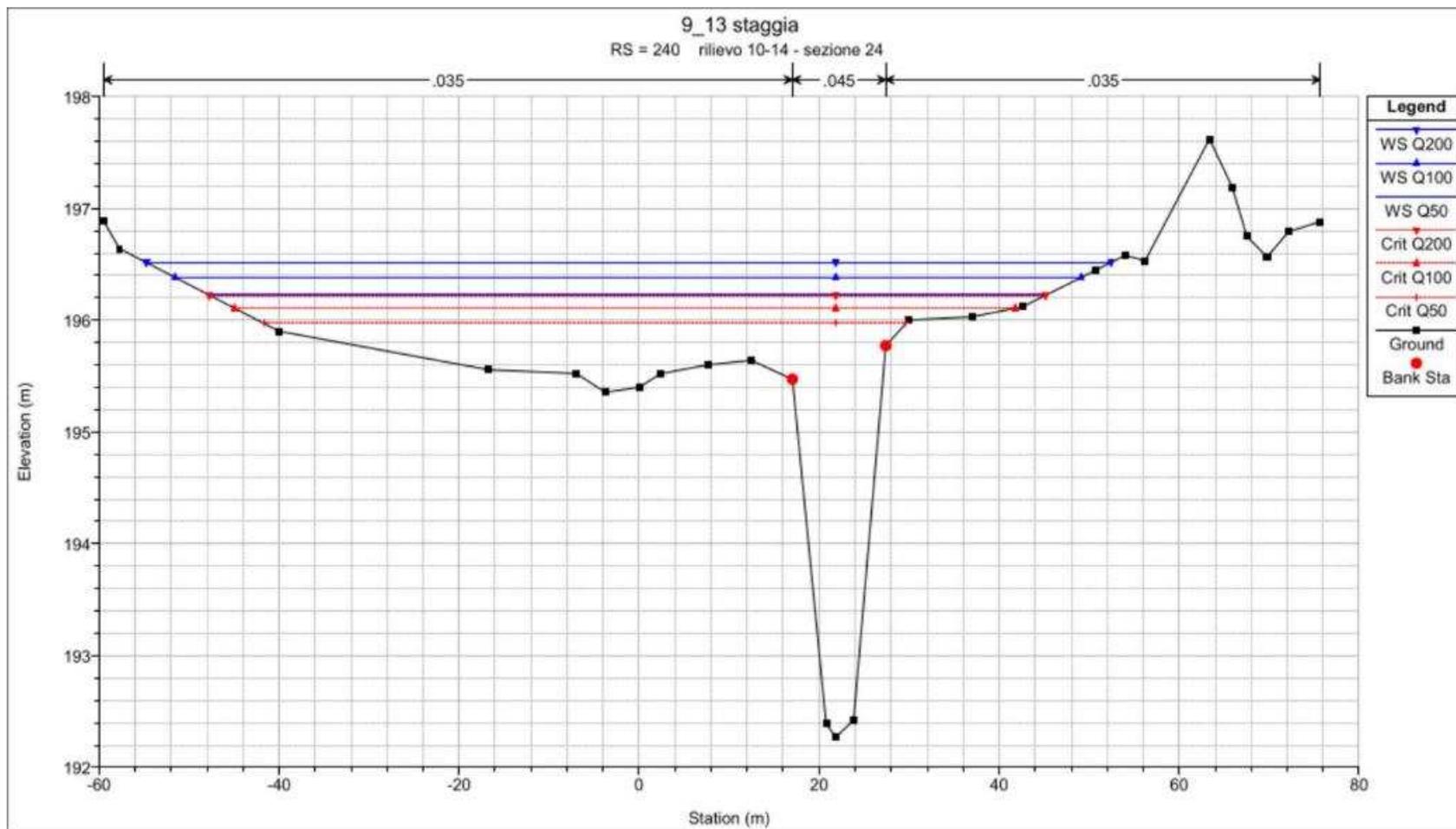


Figura 55: **RS=240** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 4 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 59 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

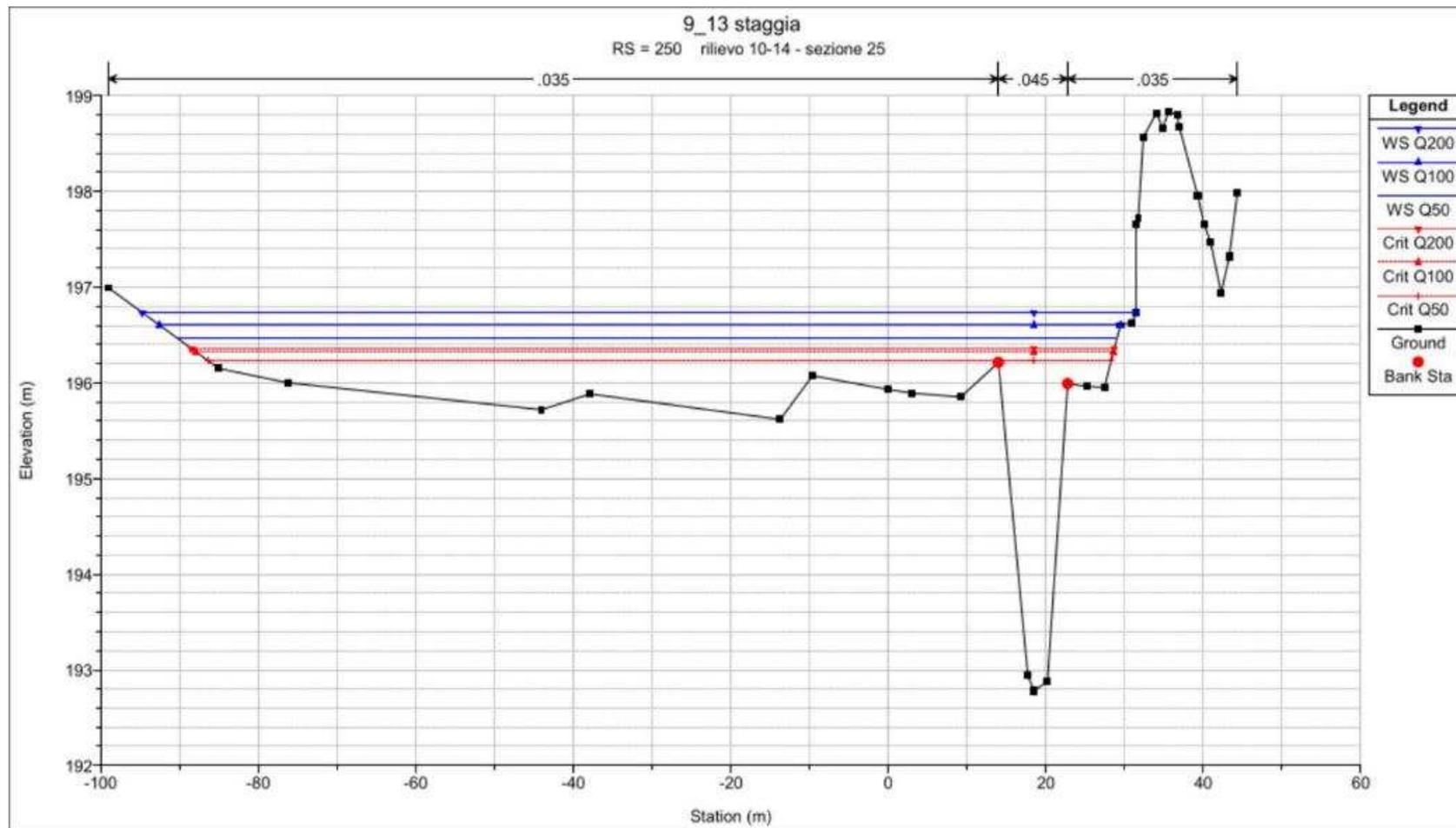


Figura 56: **RS=250** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 5 del nuovo met. in corrispondenza della fine del rivestimento in massi- SDP.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

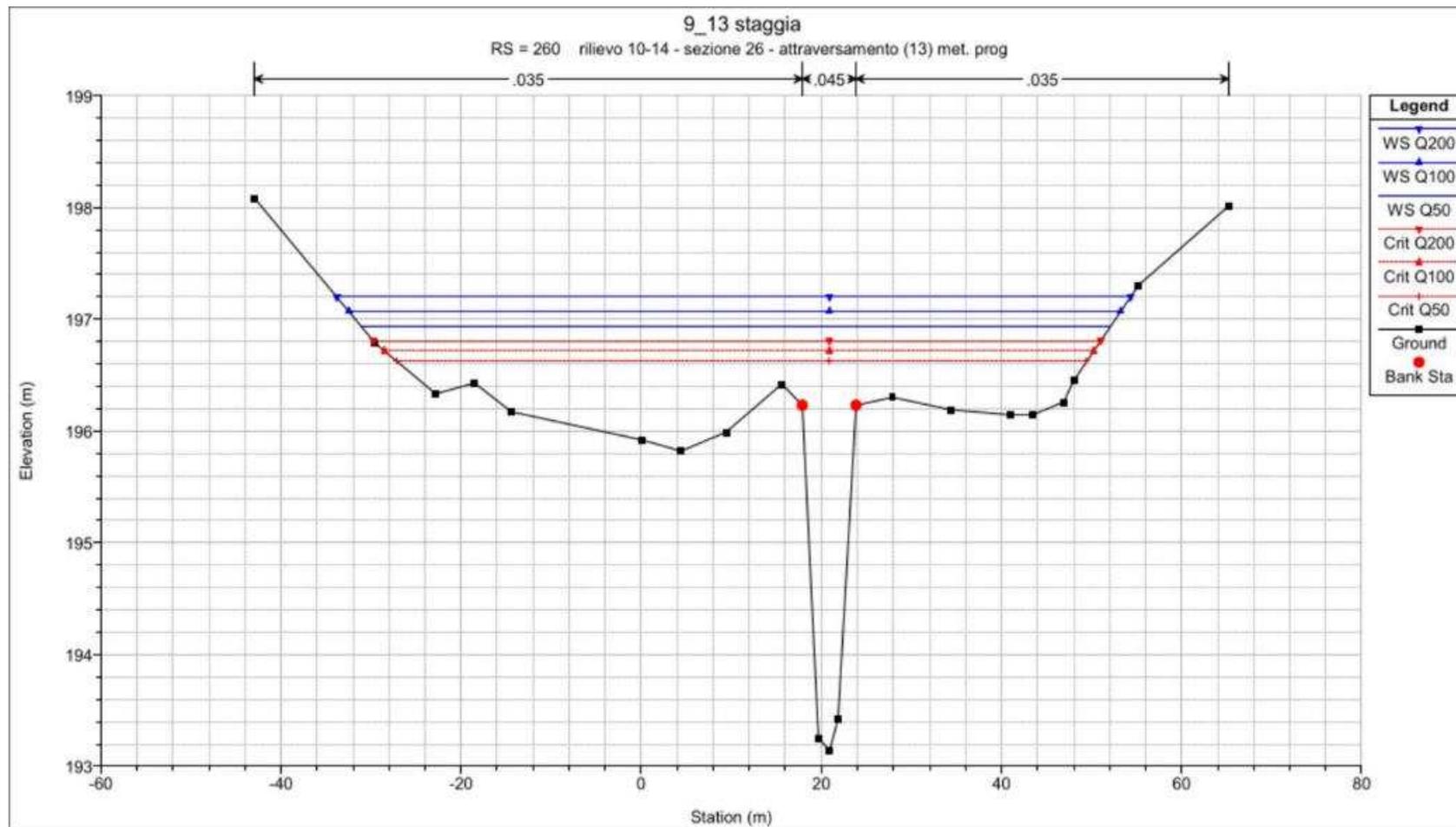


Figura 57: **RS=260** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 5 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 61 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

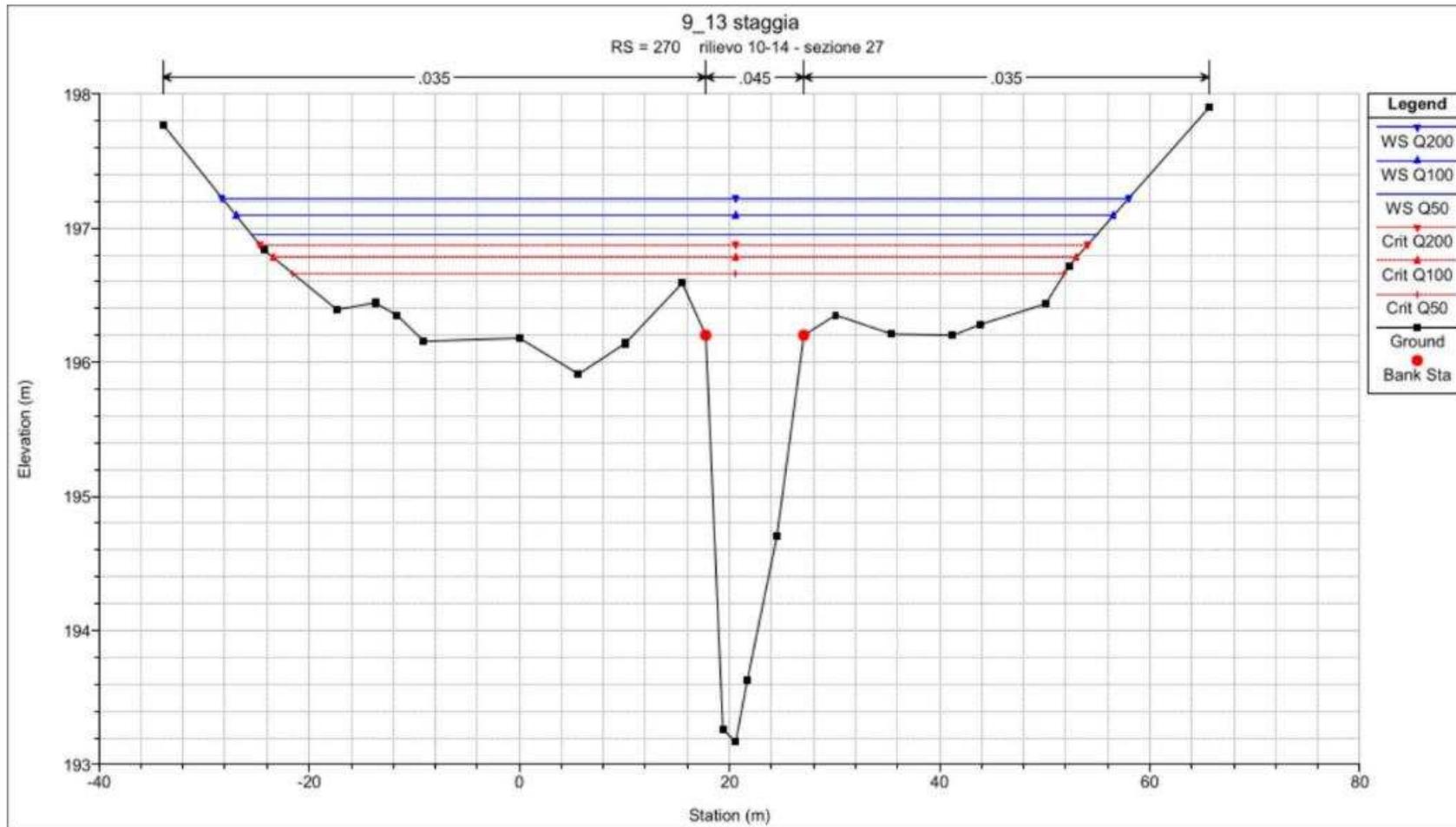


Figura 58: **RS=270** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 5 del nuovo met. in corrispondenza del tratto rivestito in massi.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 62 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

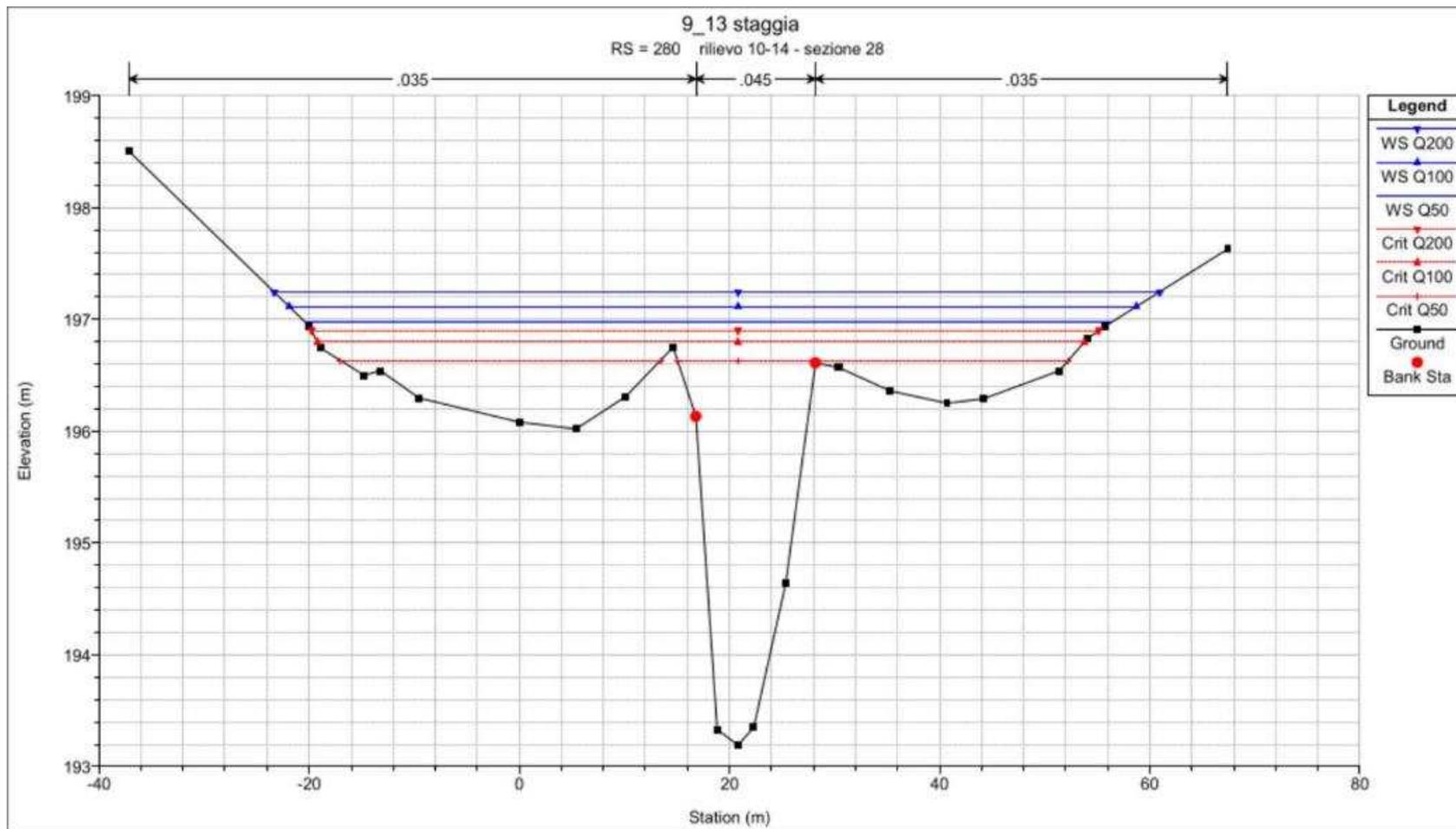


Figura 59: **RS=280** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 5 del nuovo met. in corrispondenza del tratto rivestito in massi.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 63 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

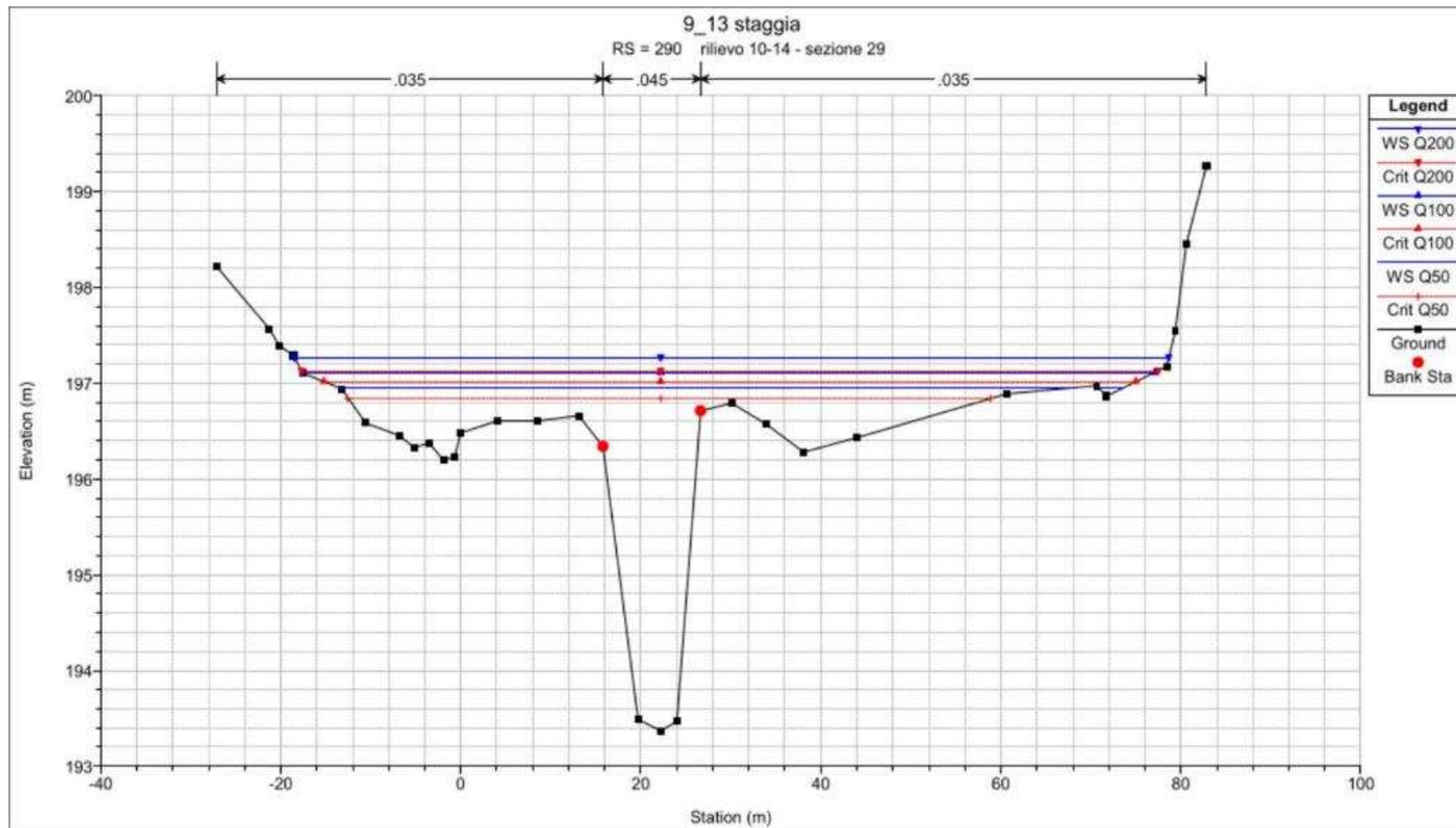


Figura 60: **RS=290** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 5 del nuovo met. in corrispondenza dell'inizio del rivestimento d'alveo in massi- SDP.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 64 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	---------------------	-------------	---------------------------------------

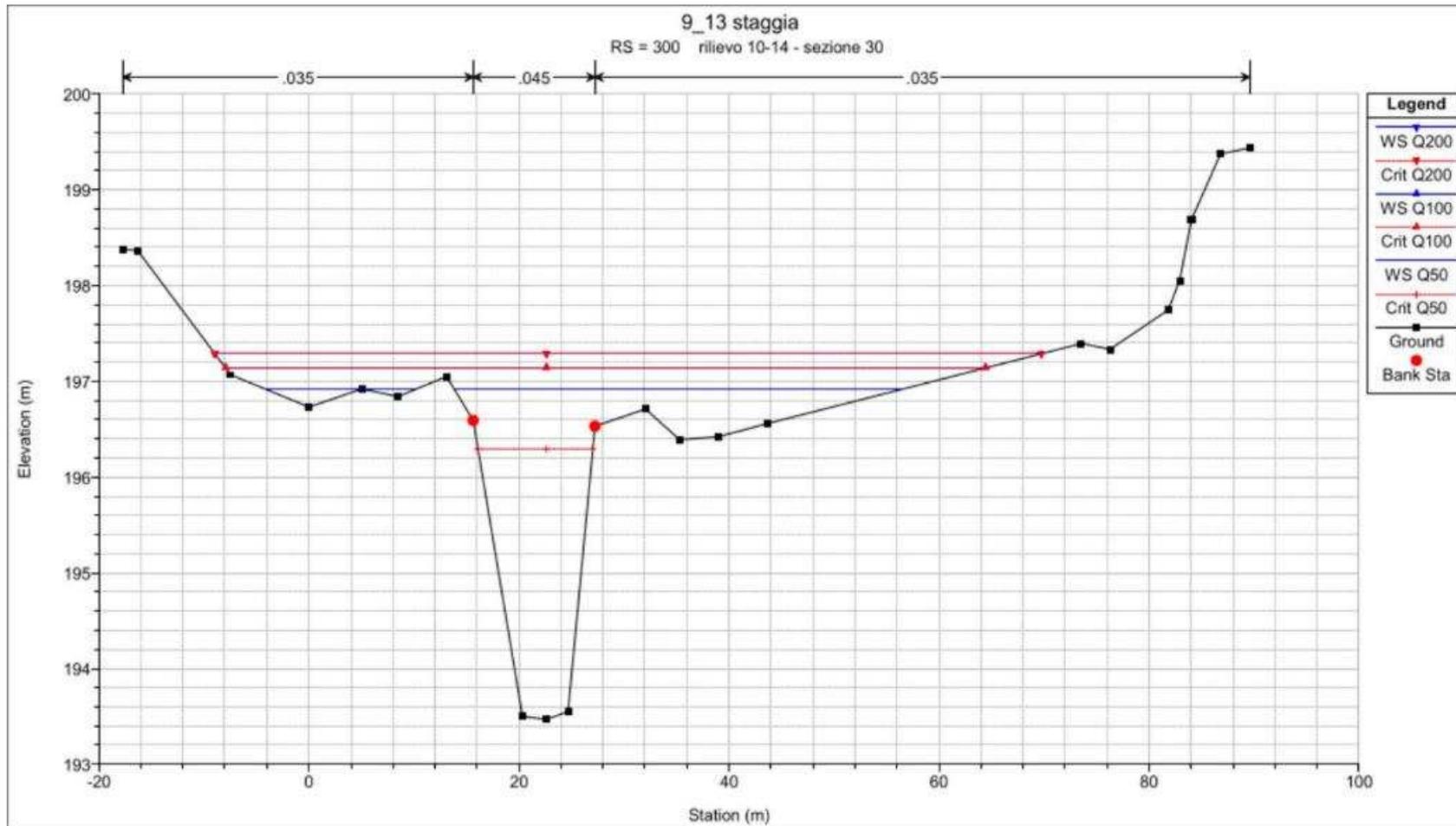


Figura 61: **RS=300** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 5 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	------------------	-------------	---------------------------------------

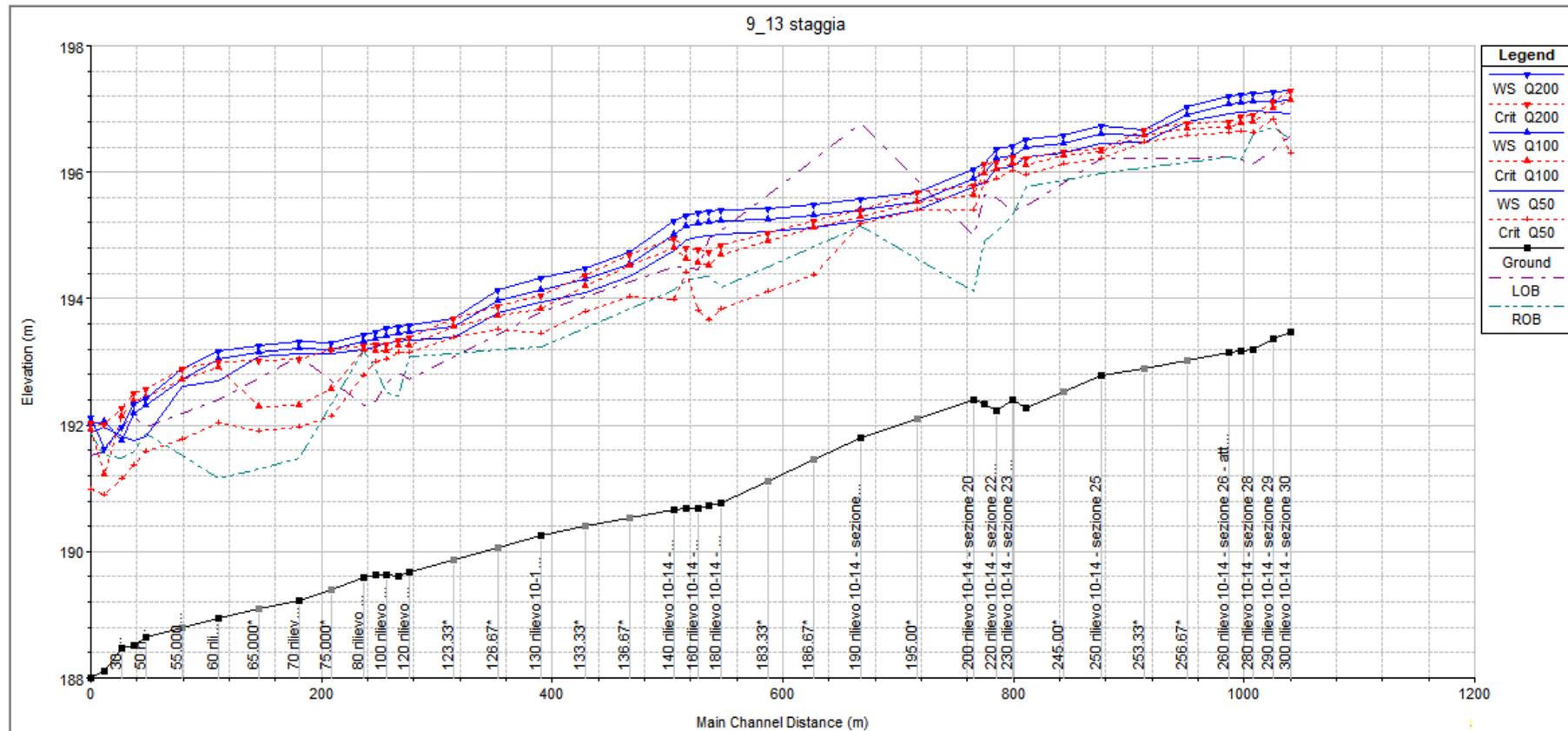


Figura 62: Profilo longitudinale del tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 1, 2, 3, 4 e 5 del torrente Staggia. Le variazioni delle quote del ciglio di sponda in sinistra e destra (LOB/ROB) sono legate alla conformazione geometrica delle sezioni d'alveo esistenti.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
66 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

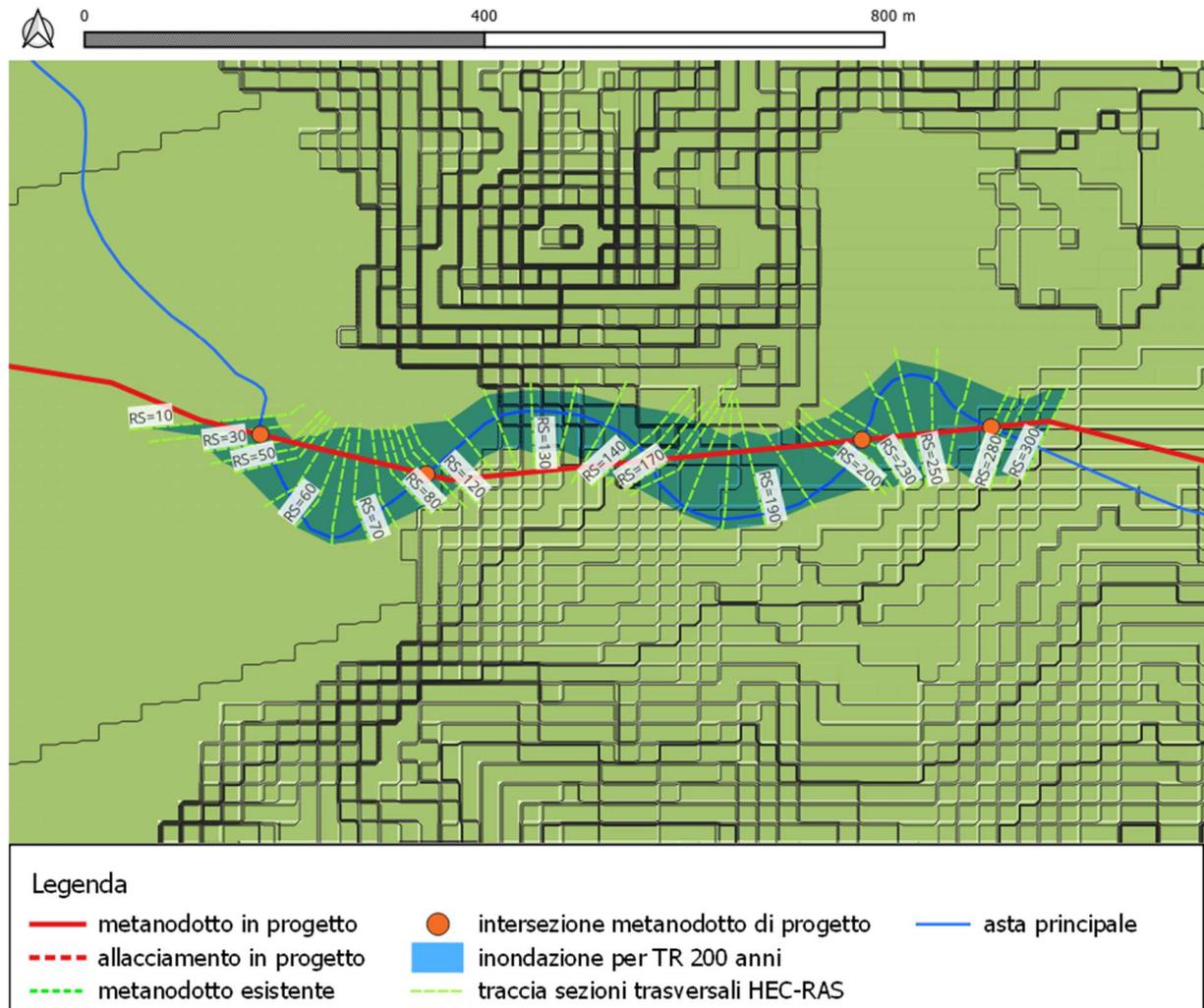


Figura 64: Area esondabile per Tr200 in corrispondenza dell'attraversamento n. 1, 2, 3, 4 e 5 su DTM.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
67 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

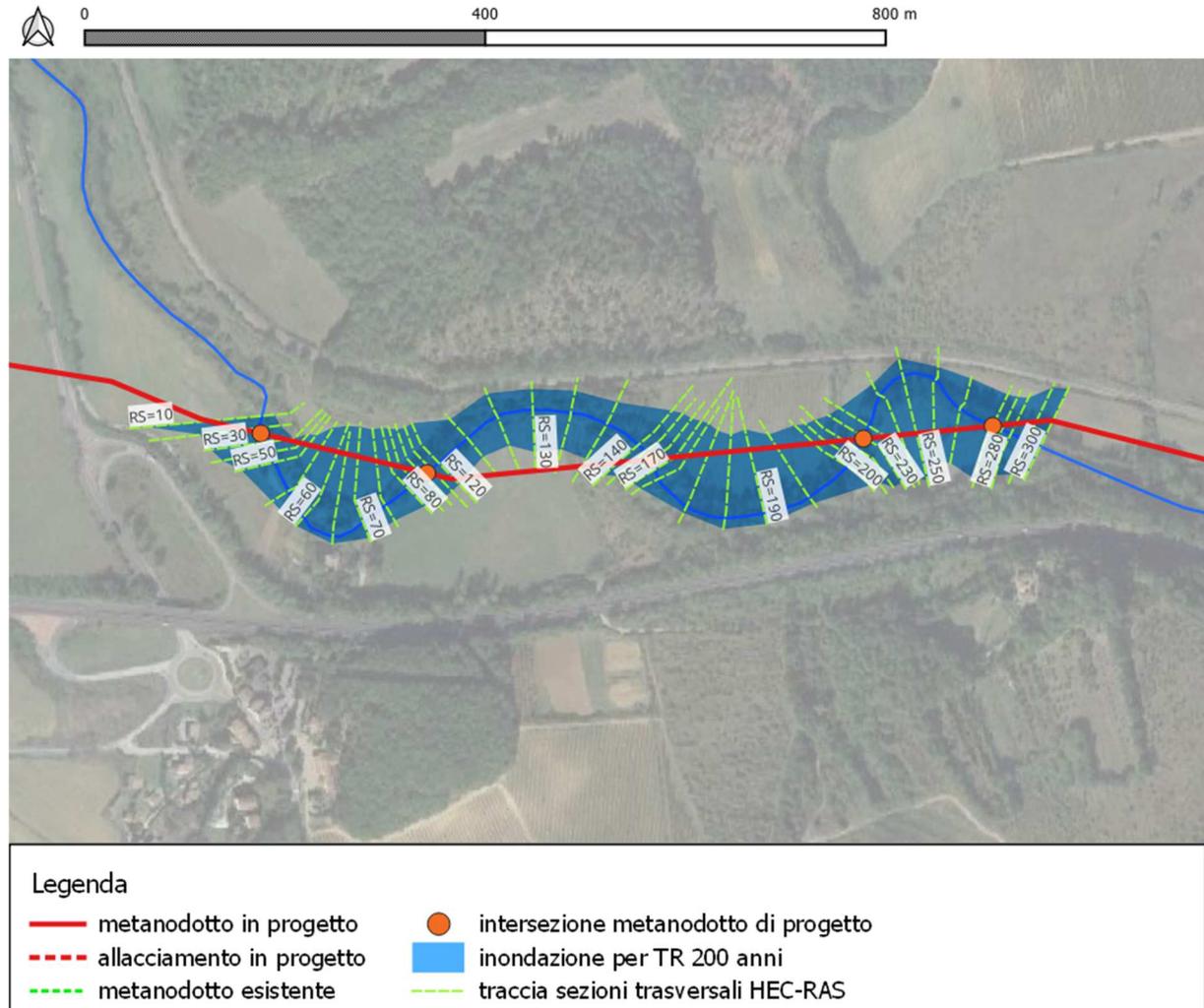


Figura 65: Area esondabile per Tr200 in corrispondenza dell'attraversamento n. 1, 2, 3, 4 e 5 su DTM.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 di 68 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

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.)	Pend. tratto (m/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)
300	Q50	93.5	193.47	196.92	196.29	197.32	0.0068	0.00662	2.92	38.98	57.57	0.59	0.65	133.4
300	Q100	119.1	193.47	197.14	197.14	197.51	0.0068	0.00622	2.99	53.17	72.36	0.58	0.71	136.14
300	Q200	146.3	193.47	197.29	197.29	197.67	0.0068	0.00631	3.13	64.42	78.71	0.59	0.79	145.81
290	Q50	93.5	193.37	196.96	196.84	197.2	0.01	0.00452	2.46	53.34	84.9	0.49	0.61	93.48
290	Q100	119.1	193.37	197.11	197.01	197.35	0.01	0.00449	2.55	67.71	94.69	0.49	0.7	98.68
290	Q200	146.3	193.37	197.27	197.13	197.49	0.01	0.00409	2.52	82.93	97.16	0.47	0.83	94.94
280	Q50	93.5	193.19	196.98	196.63	197.1	0.0019	0.00236	1.84	68.82	76.84	0.36	0.87	51.48
280	Q100	119.1	193.19	197.11	196.79	197.26	0.0019	0.00265	2.01	79.54	80.63	0.38	0.96	60.69
280	Q200	146.3	193.19	197.25	196.9	197.41	0.0019	0.00286	2.16	90.41	84.29	0.4	1.04	68.56
270	Q50	93.5	193.17	196.96	196.66	197.07	0.003	0.00271	1.85	68.86	80.51	0.37	0.83	53.87
270	Q100	119.1	193.17	197.09	196.78	197.22	0.003	0.00290	1.98	80.06	83.46	0.39	0.93	60.76
270	Q200	146.3	193.17	197.22	196.88	197.37	0.003	0.00303	2.1	91.22	86.29	0.4	1.03	66.63
260	Q50	93.5	193.14	196.94	196.62	197.03	0.0032	0.00279	1.72	70.88	83.18	0.33	0.82	48.54
260	Q100	119.1	193.14	197.07	196.72	197.18	0.0032	0.00292	1.82	82.21	85.7	0.34	0.92	53.4
260	Q200	146.3	193.14	197.2	196.81	197.33	0.0032	0.00301	1.9	93.46	88.14	0.35	1.02	57.56
250	Q50	93.5	192.78	196.46	196.23	196.54	0.0078	0.00239	1.64	83.07	119.23	0.34	0.68	43.3
250	Q100	119.1	192.78	196.6	196.32	196.68	0.0078	0.00225	1.65	100.1	122.08	0.33	0.8	43.27
250	Q200	146.3	192.78	196.74	196.36	196.82	0.0078	0.00217	1.67	116.78	126.2	0.33	0.9	43.8
240	Q50	93.5	192.27	196.24	195.97	196.37	-0.0098	0.00260	1.92	69.09	93.59	0.37	0.72	56.29
240	Q100	119.1	192.27	196.38	196.11	196.52	-0.0098	0.00272	2.03	83.16	100.65	0.38	0.81	61.9
240	Q200	146.3	192.27	196.52	196.22	196.66	-0.0098	0.00279	2.12	97.19	107.22	0.39	0.89	66.48

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 di 69 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

Sezione	TR	Q (m ³ /s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p.l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m ²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m ²)
230	Q50	93.5	192.39	196.09	196.02	196.32	0.0124	0.00506	2.55	53.46	80.64	0.51	0.65	101.58
230	Q100	119.1	192.39	196.27	196.14	196.47	0.0124	0.00444	2.5	68.83	87.42	0.49	0.77	95.75
230	Q200	146.3	192.39	196.42	196.24	196.62	0.0124	0.00426	2.54	82.21	96.4	0.48	0.83	96.73
220	Q50	93.5	192.22	196.05	195.9	196.25	-0.011	0.00362	2.3	57.86	82.42	0.43	0.68	80.25
220	Q100	119.1	192.22	196.23	196.04	196.42	-0.011	0.00349	2.35	73.1	90.93	0.43	0.78	81.91
220	Q200	146.3	192.22	196.37	196.15	196.57	-0.011	0.00347	2.42	86.83	96.88	0.43	0.87	85.51
210	Q50	93.5	192.33	195.83	195.83	196.18	-0.0059	0.00689	2.92	42.55	64.93	0.6	0.63	134.43
210	Q100	119.1	192.33	195.99	195.99	196.35	-0.0059	0.00707	3.08	53.3	73.38	0.61	0.7	146.66
210	Q200	146.3	192.33	196.13	196.13	196.5	-0.0059	0.00717	3.21	64.22	82.93	0.62	0.75	156.97
200	Q50	93.5	192.39	195.76	195.4	195.92	0.006	0.00332	2.16	59.75	79.72	0.43	0.73	71.45
200	Q100	119.1	192.39	195.91	195.64	196.09	0.006	0.00392	2.43	71.73	88.66	0.47	0.79	88.93
200	Q200	146.3	192.39	196.04	195.78	196.24	0.006	0.00394	2.52	84.11	93.92	0.47	0.88	93.87
190	Q50	94.3	191.8	195.24	195.18	195.48	0.0086	0.00492	2.42	53.81	85.82	0.51	0.61	93.35
190	Q100	120	191.8	195.41	195.31	195.62	0.0086	0.00457	2.42	68.87	91.46	0.5	0.73	91.63
190	Q200	147.4	191.8	195.57	195.41	195.77	0.0086	0.00425	2.41	83.3	94.54	0.48	0.86	89.27
180	Q50	94.3	190.76	195.02	193.85	195.13	0.0039	0.00184	1.61	74.23	74.12	0.32	0.97	39.74
180	Q100	120	190.76	195.22	194.69	195.33	0.0039	0.00186	1.7	90.58	88.61	0.33	0.99	43.23
180	Q200	147.4	190.76	195.4	194.84	195.52	0.0039	0.00182	1.76	107.31	96.77	0.33	1.08	45.2
170	Q50	94.3	190.72	195.01	193.66	195.11	0.004	0.00166	1.6	74.2	76.21	0.31	0.94	38.15
170	Q100	120	190.72	195.2	194.53	195.32	0.004	0.00175	1.72	90.83	88.79	0.32	1	43.09
170	Q200	147.4	190.72	195.38	194.74	195.5	0.004	0.00176	1.79	107.13	94.12	0.33	1.11	46.13

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
di 70 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

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.)	Pend. tratto (m/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	Q50	94.3	190.68	194.98	193.81	195.09	-0.001	0.00177	1.64	73.28	76.45	0.33	0.94	40.5
160	Q100	120	190.68	195.18	194.57	195.3	-0.001	0.00183	1.75	89.39	83.8	0.33	1.04	44.91
160	Q200	147.4	190.68	195.36	194.77	195.48	-0.001	0.00184	1.83	104.5	88.5	0.34	1.16	48.08
150	Q50	94.3	190.69	194.94	194.41	195.07	0.003	0.00237	1.84	65.86	71.73	0.36	0.89	51.4
150	Q100	120	190.69	195.14	194.64	195.28	0.003	0.00238	1.93	81.33	81.93	0.37	0.96	55.63
150	Q200	147.4	190.69	195.32	194.8	195.46	0.003	0.00236	2	96.53	88.05	0.37	1.07	58.6
140	Q50	94.3	190.66	194.76	193.99	195.02	0.0035	0.00453	2.5	49.08	67.46	0.49	0.7	95.8
140	Q100	120	190.66	195.03	194.8	195.24	0.0035	0.00367	2.39	68.21	83.98	0.45	0.79	85.21
140	Q200	147.4	190.66	195.24	194.95	195.43	0.0035	0.00325	2.36	87.35	94.92	0.43	0.89	81.05
130	Q50	94.3	190.26	193.95	193.44	194.21	0.0052	0.00439	2.44	46.91	50.4	0.48	0.87	91.76
130	Q100	120	190.26	194.15	193.84	194.42	0.0052	0.00458	2.61	57.18	56.8	0.49	0.95	102.57
130	Q200	147.4	190.26	194.33	194.06	194.62	0.0052	0.00462	2.73	67.93	62.65	0.5	1.03	110.05
120	Q50	94.3	189.67	193.35	193.15	193.51	0.005	0.00346	2.1	60.87	73.4	0.43	0.8	69.31
120	Q100	120	189.67	193.47	193.25	193.66	0.005	0.00384	2.29	70.07	75.08	0.45	0.9	80.7
120	Q200	147.4	189.67	193.59	193.38	193.8	0.005	0.00418	2.46	78.82	76.65	0.48	1	91.61
110	Q50	94.3	189.62	193.32	193.14	193.48	-0.002	0.00345	2.15	61.83	77.98	0.42	0.77	71.34
110	Q100	120	189.62	193.44	193.25	193.62	-0.002	0.00378	2.32	71.61	79.81	0.44	0.87	81.9
110	Q200	147.4	189.62	193.56	193.35	193.76	-0.002	0.00407	2.47	80.87	81.3	0.46	0.96	91.82
100	Q50	94.3	189.64	193.3	193.03	193.44	0.001	0.00278	2	65.95	80.74	0.39	0.79	60.6
100	Q100	120	189.64	193.42	193.18	193.58	0.001	0.00317	2.19	75.69	82.85	0.42	0.89	72.15
100	Q200	147.4	189.64	193.53	193.29	193.72	0.001	0.00348	2.36	85.05	84.14	0.44	0.98	82.49

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
 di 71 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

Sezione	TR	Q (m ³ /s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p.l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m ²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m ²)
90	Q50	94.3	189.63	193.24	193	193.41	0.005	0.00307	2.1	62.66	85.8	0.41	0.71	67.33
90	Q100	120	189.63	193.36	193.17	193.55	0.005	0.00352	2.31	72.54	87.1	0.44	0.81	80.25
90	Q200	147.4	189.63	193.47	193.28	193.68	0.005	0.00384	2.48	82.29	88.27	0.46	0.91	91.22
80	Q50	94.3	189.58	193.2	192.79	193.38	0.0062	0.00335	2.17	61.19	92.04	0.42	0.65	71.83
80	Q100	120	189.58	193.31	193.19	193.52	0.0062	0.00377	2.36	71.82	93.44	0.45	0.75	84.29
80	Q200	147.4	189.58	193.43	193.27	193.65	0.0062	0.00395	2.49	83.16	94.83	0.47	0.85	92.14
70	Q50	94.3	189.23	193.13	191.96	193.22	0.0042	0.00156	1.6	84.32	110.51	0.31	0.75	37.58
70	Q100	120	189.23	193.21	192.31	193.33	0.0042	0.00202	1.85	93.09	114.34	0.35	0.8	50.03
70	Q200	147.4	189.23	193.32	193.04	193.46	0.0042	0.00217	1.97	106.49	116.16	0.37	0.9	55.91
60	Q50	95.4	188.94	192.7	192.03	193.08	0.0048	0.00572	2.95	46.5	95.31	0.54	0.47	130.7
60	Q100	121.4	188.94	193.04	192.9	193.22	0.0048	0.00307	2.32	81.2	109.02	0.4	0.72	77.8
60	Q200	149	188.94	193.17	193	193.35	0.0048	0.00306	2.37	96.17	113.16	0.4	0.83	80.54
50	Q50	95.4	188.64	191.82	191.58	192.64	0.0122	0.01525	4.01	24	14.94	0.86	1.37	264.19
50	Q100	121.4	188.64	192.31	192.45	192.87	0.0122	0.00927	3.54	46.22	81.9	0.69	0.55	193.54
50	Q200	149	188.64	192.42	192.57	193.01	0.0122	0.01014	3.8	55.02	86.33	0.73	0.62	220.16
40	Q50	95.4	188.51	191.76	191.37	192.46	0.0039	0.01195	3.68	25.96	12.03	0.78	1.78	218.86
40	Q100	121.4	188.51	192.17	192.38	192.76	0.0039	0.00936	3.57	43.04	74.81	0.7	0.55	196.33
40	Q200	149	188.51	192.33	192.5	192.9	0.0039	0.00925	3.68	56.01	90.8	0.7	0.6	205.29
30	Q50	95.4	188.47	191.81	191.15	192.29	0.0236	0.00826	3.11	34.75	59.25	0.65	0.56	154.72
30	Q100	121.4	188.47	191.75	192.14	192.61	0.0236	0.01514	4.15	31.26	46.05	0.87	0.64	277.62
30	Q200	149	188.47	191.98	192.27	192.76	0.0236	0.01375	4.14	45.86	76.54	0.84	0.58	270.39

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA										
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio 72 di 173		Rev.: 00			N° documento Cliente: REL-CI-09106		

Sezione	TR	Q (m ³ /s)	Quota di fondo (m s.m.)	Quota p.l. (m s.m.)	Quota idr. critica (m s.m.)	Carico totale (m s.m.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m ²)	Larghezza p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m ²)
20	Q50	95.4	188.1	191.96	190.9	192.13	0.0078	0.00271	1.96	66.85	107.93	0.4	0.61	58.62
20	Q100	121.4	188.1	192.06	191.23	192.25	0.0078	0.00325	2.2	77.6	113.81	0.44	0.67	73.19
20	Q200	149	188.1	191.63	192.02	192.52	0.0078	0.01537	4.24	39.43	61.04	0.92	0.62	288.1
10	Q50	95.4	188.01	191.88	190.97	192.08		0.00380	2.25	62.96	120.54	0.45	0.51	78.26
10	Q100	121.4	188.01	192.01	191.92	192.2		0.00380	2.32	79.32	128.4	0.45	0.6	82.26
10	Q200	149	188.01	192.12	192.03	192.31		0.00380	2.38	94.12	131.82	0.45	0.7	85.61

Tabella 13: Grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 1, 2, 3, 4 e 5 del torrente Staggia nello stato di progetto (evidenziate in verde le sezioni interessate dall'attraversamento).

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 73 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

Modellazione attraversamento n. 6

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 74 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

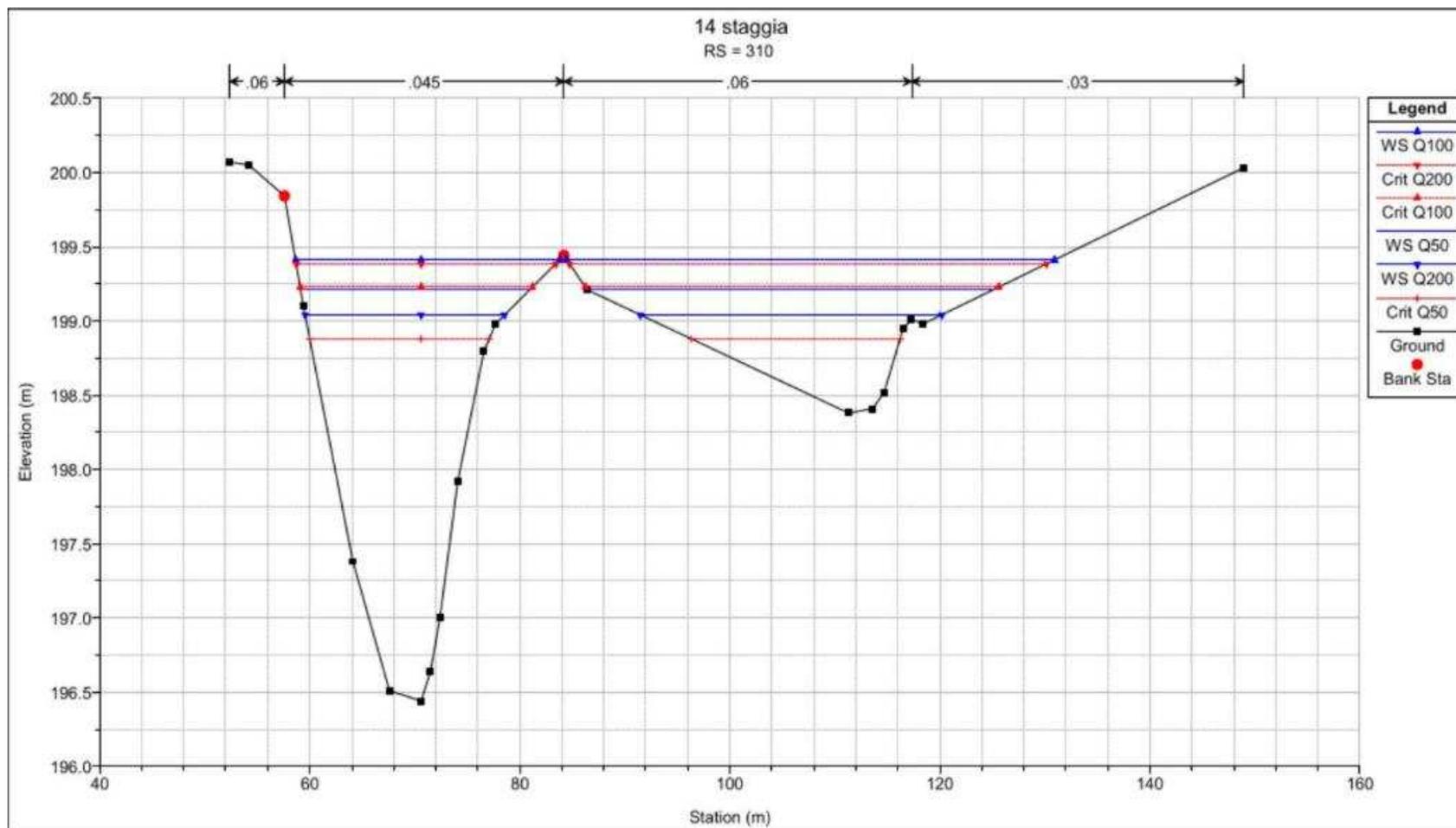


Figura 66: **RS=310** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 75 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

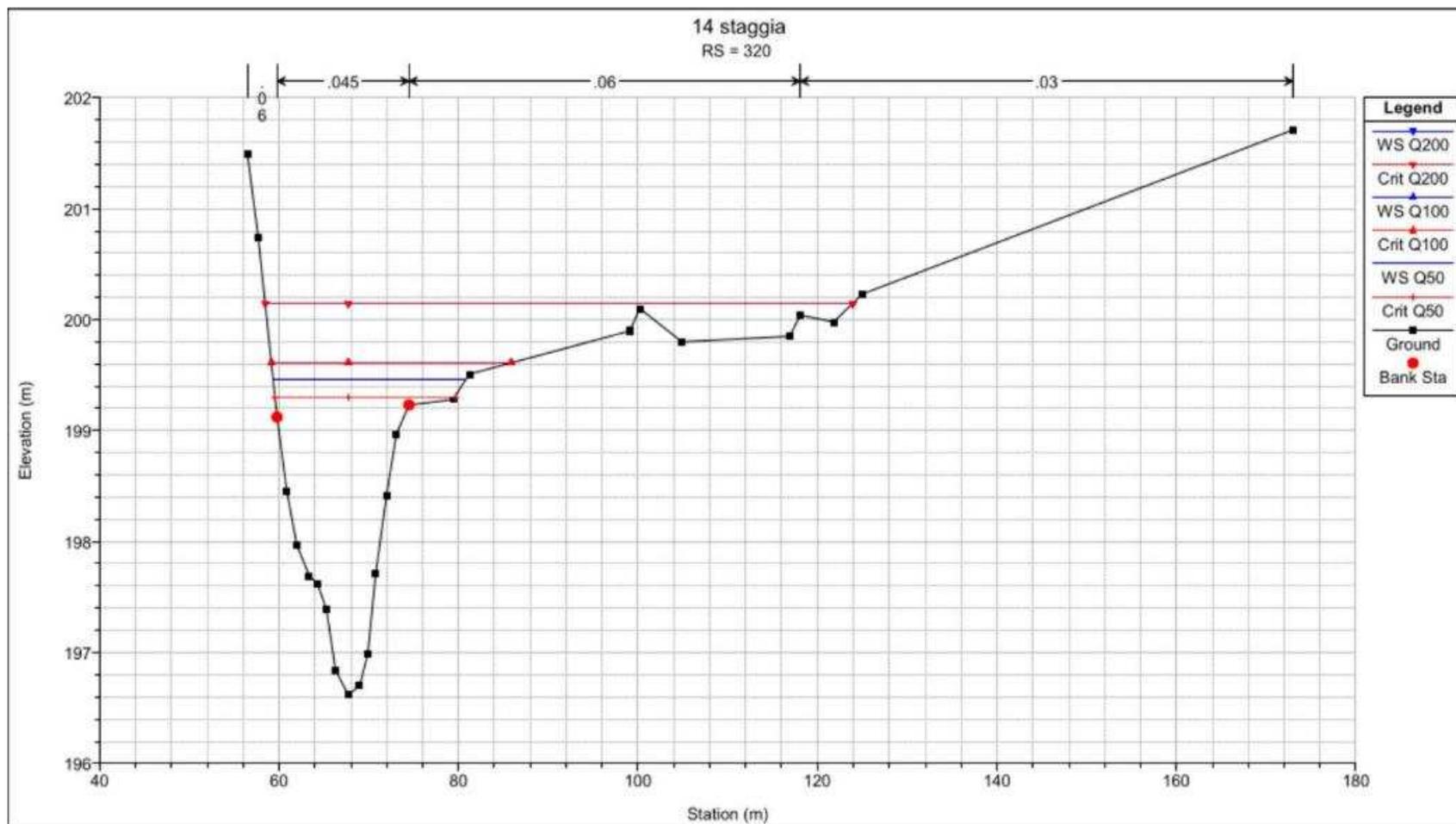


Figura 67: **RS=320** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 76 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

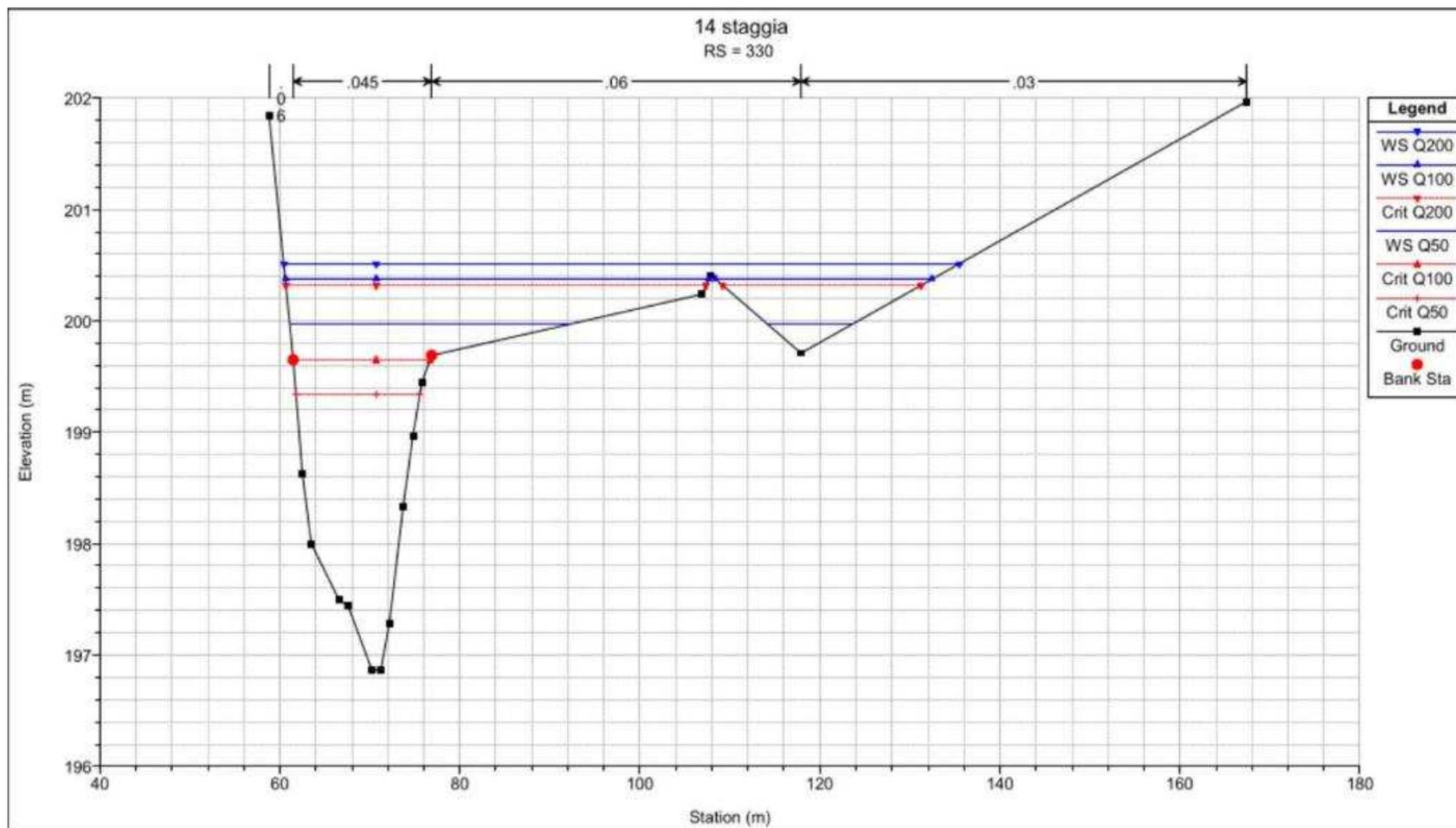


Figura 68: **RS=330** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 77 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

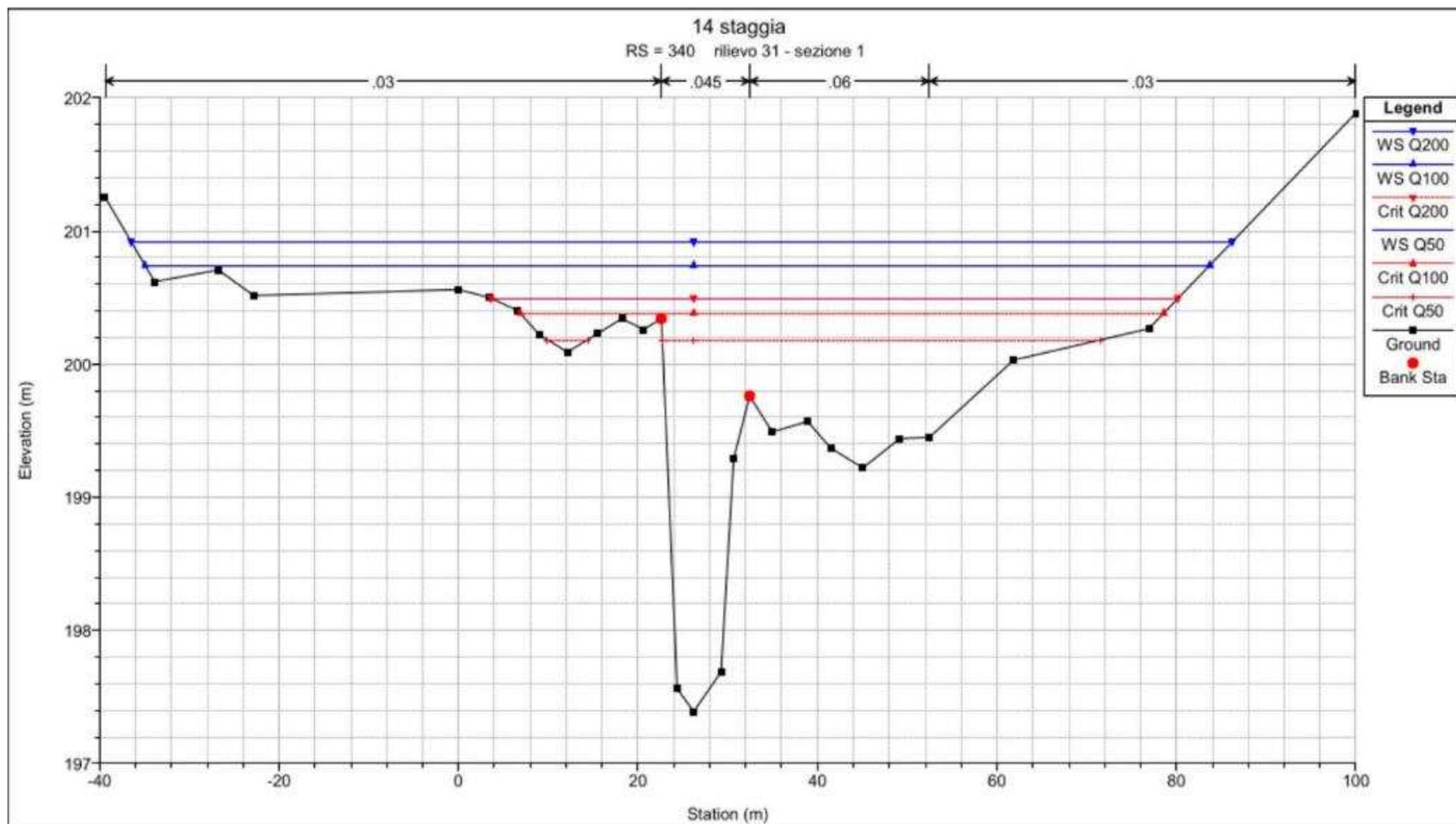


Figura 69: **RS=340** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 78 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

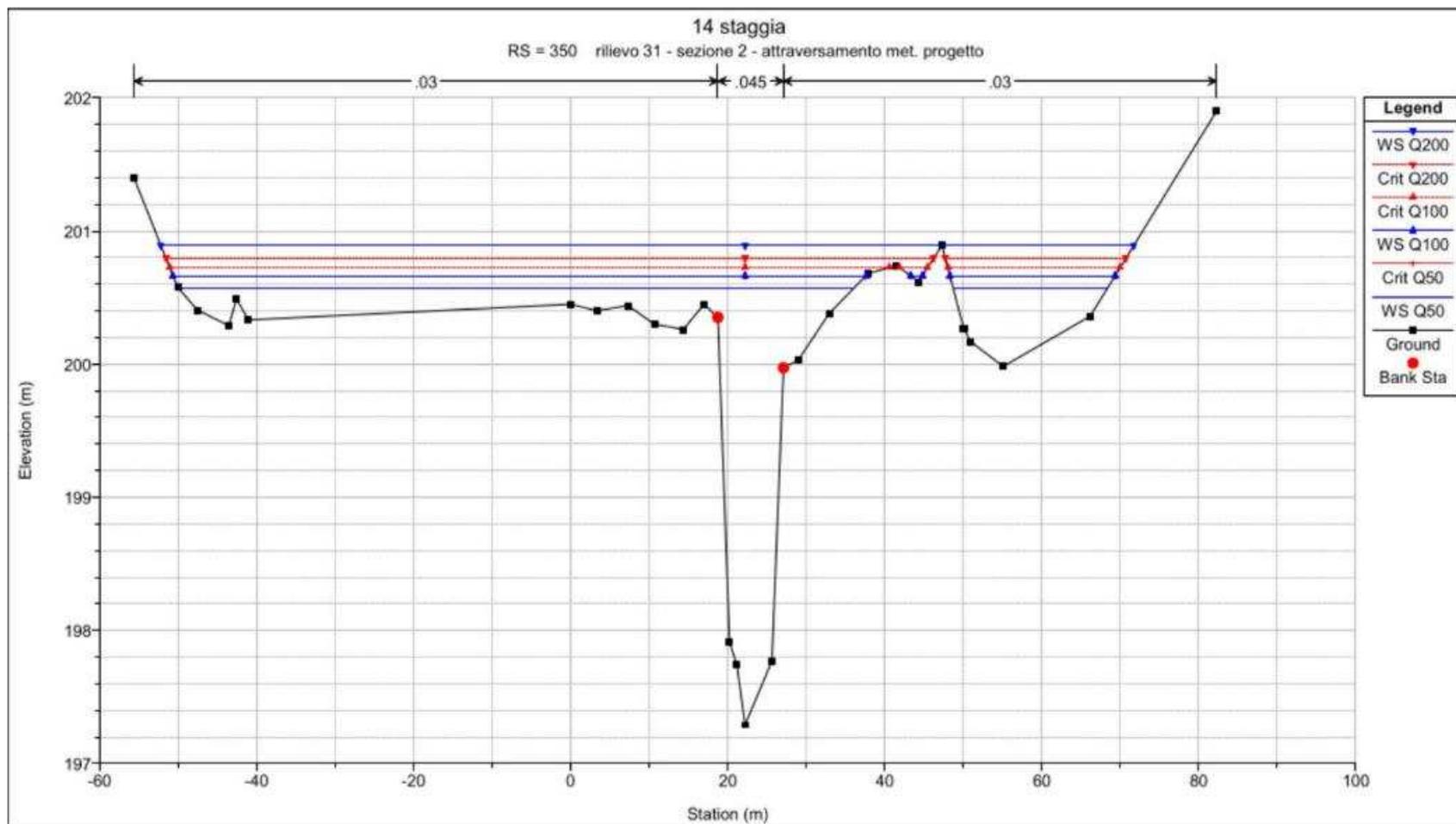


Figura 70: **RS=350** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 79 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

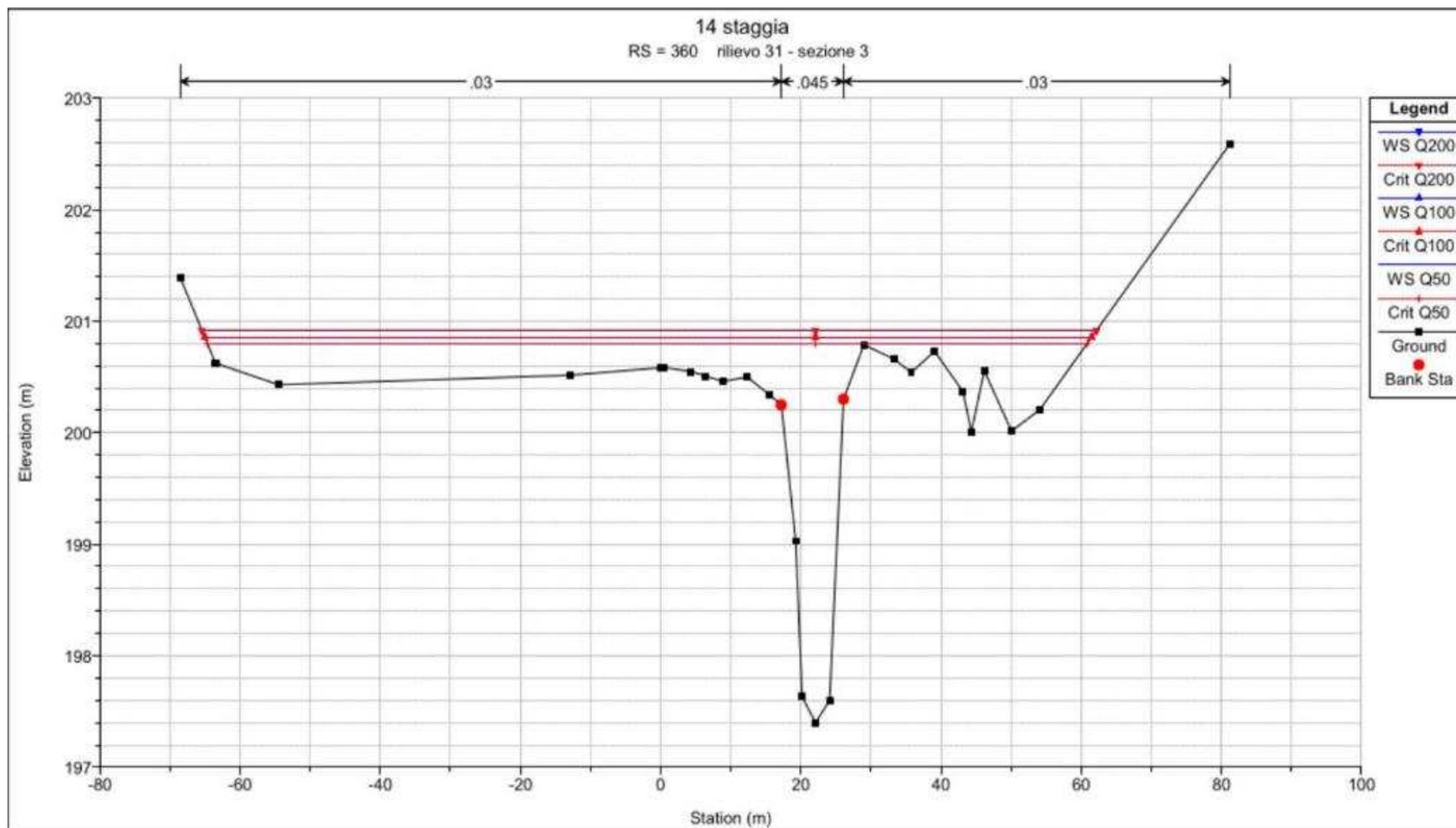


Figura 71: **RS=360** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 80 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

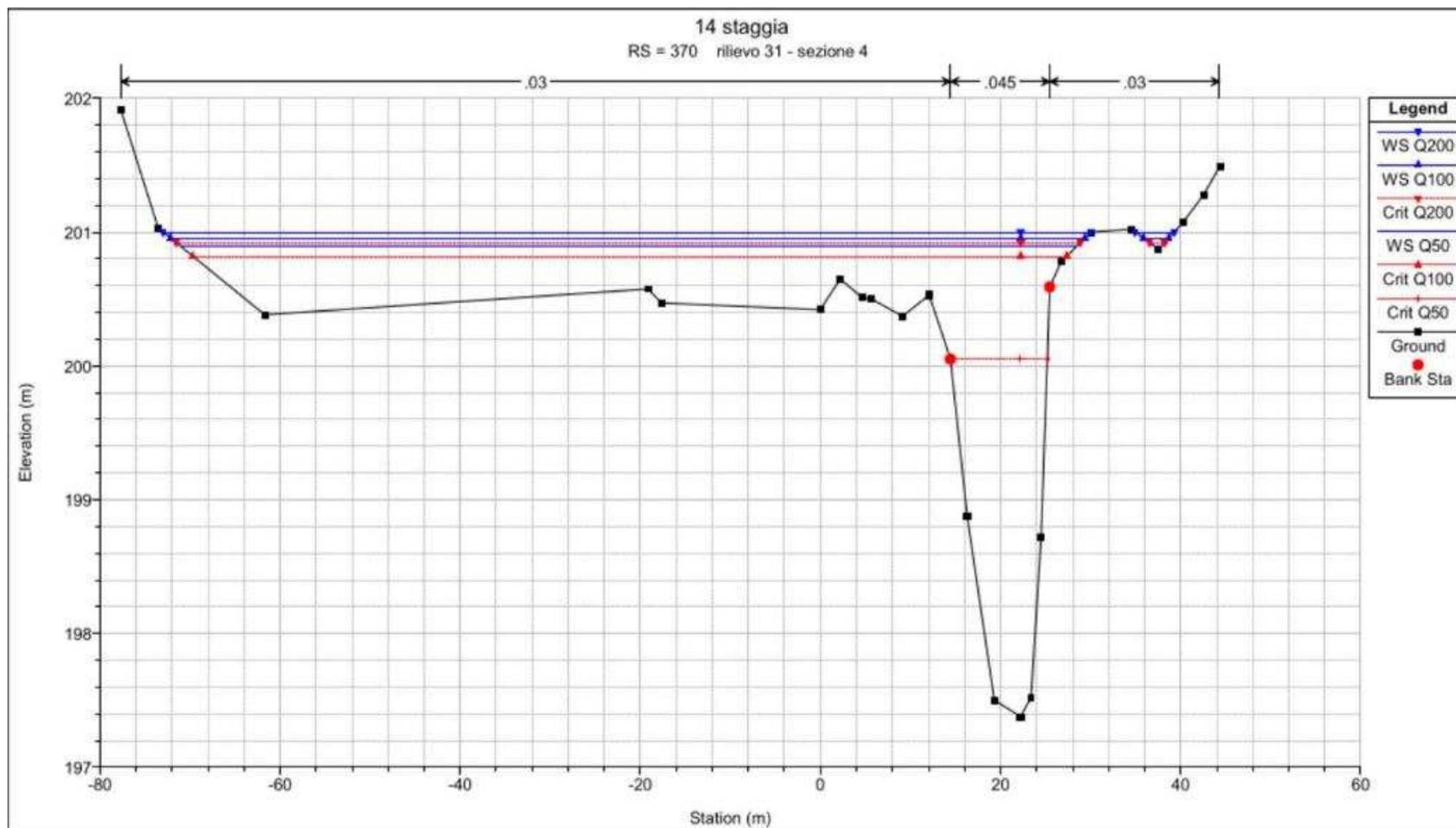


Figura 72: **RS=370** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 81 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

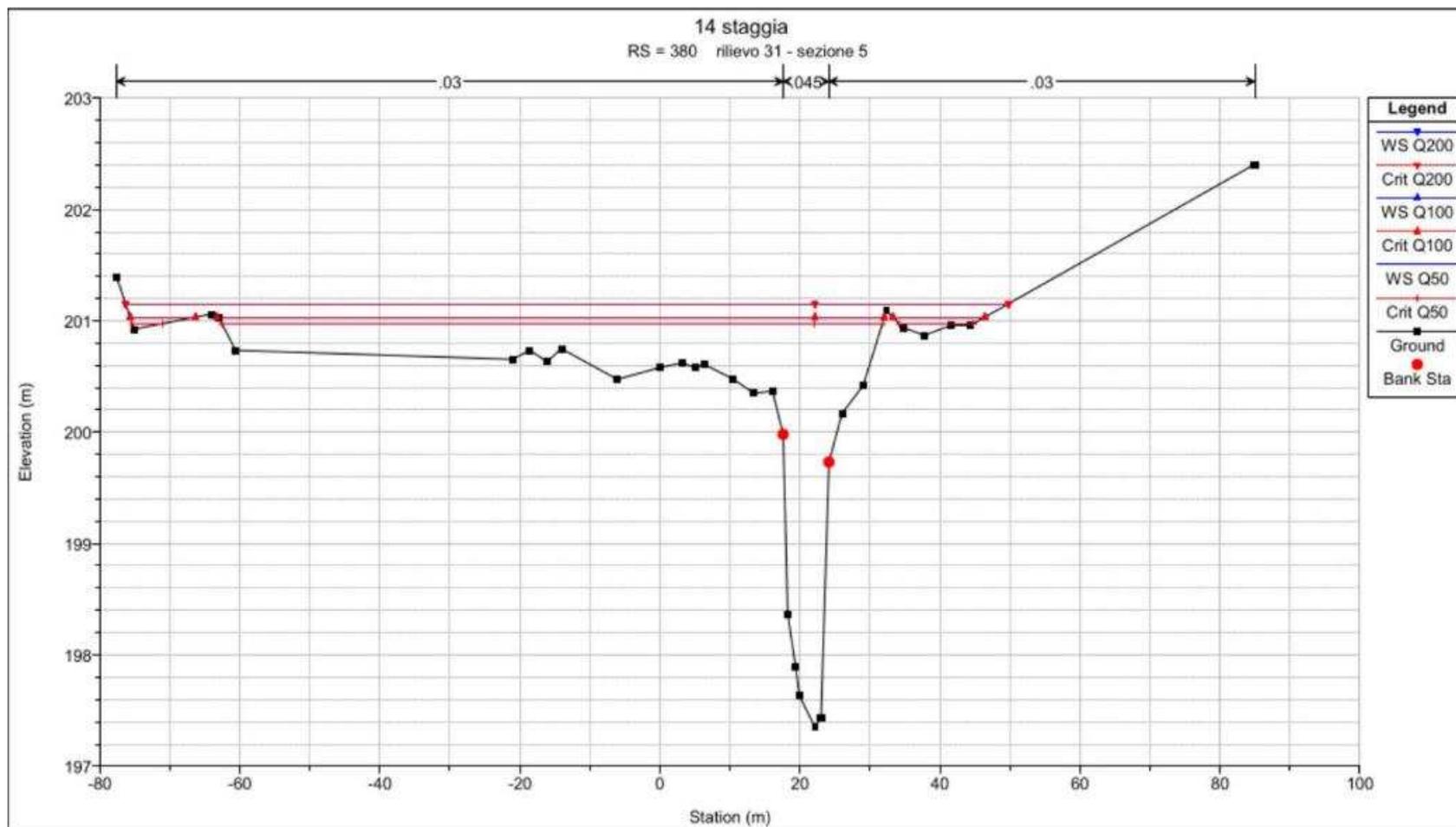


Figura 73: **RS=380** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 82 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

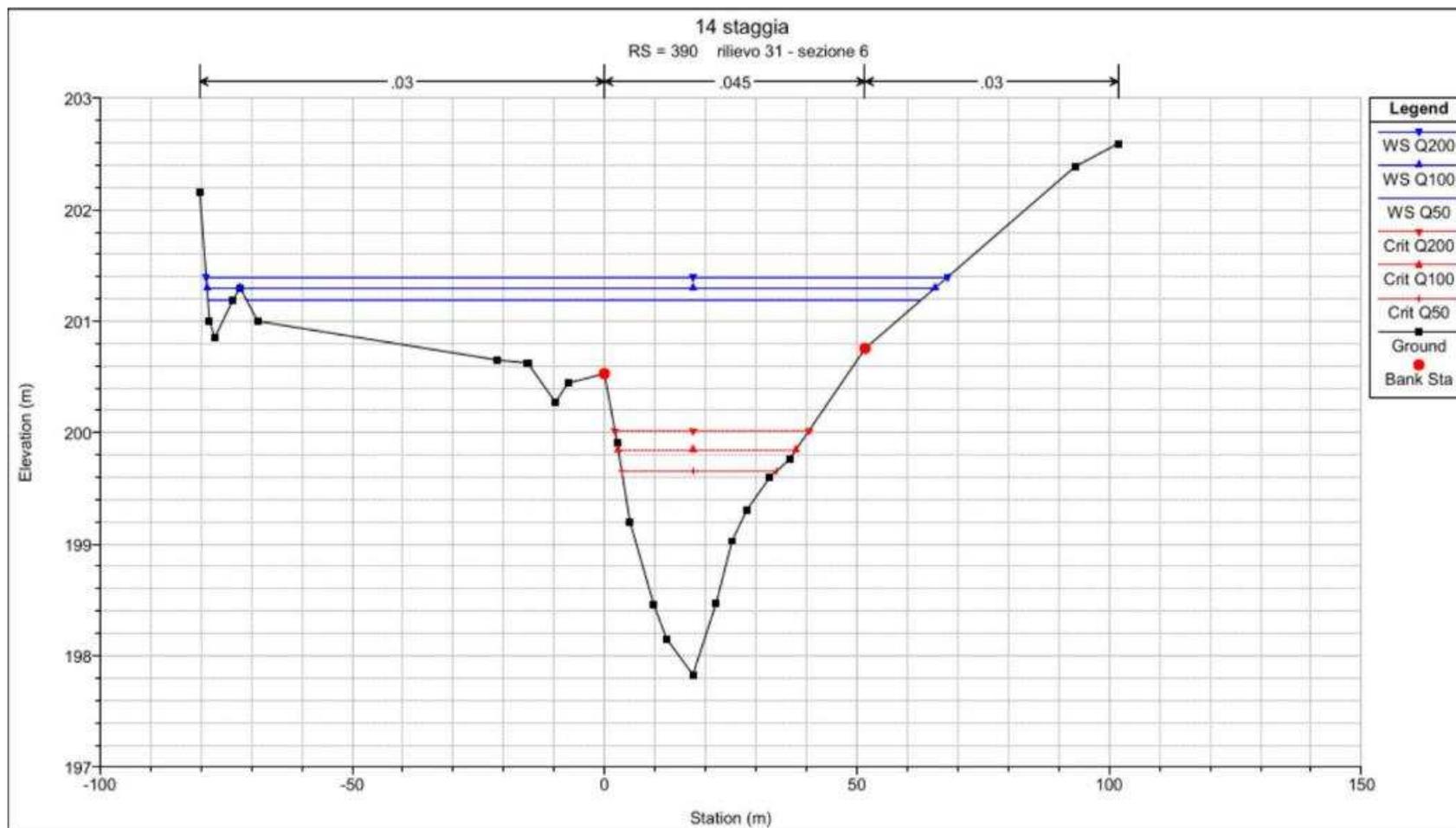


Figura 74: **RS=390** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 83 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

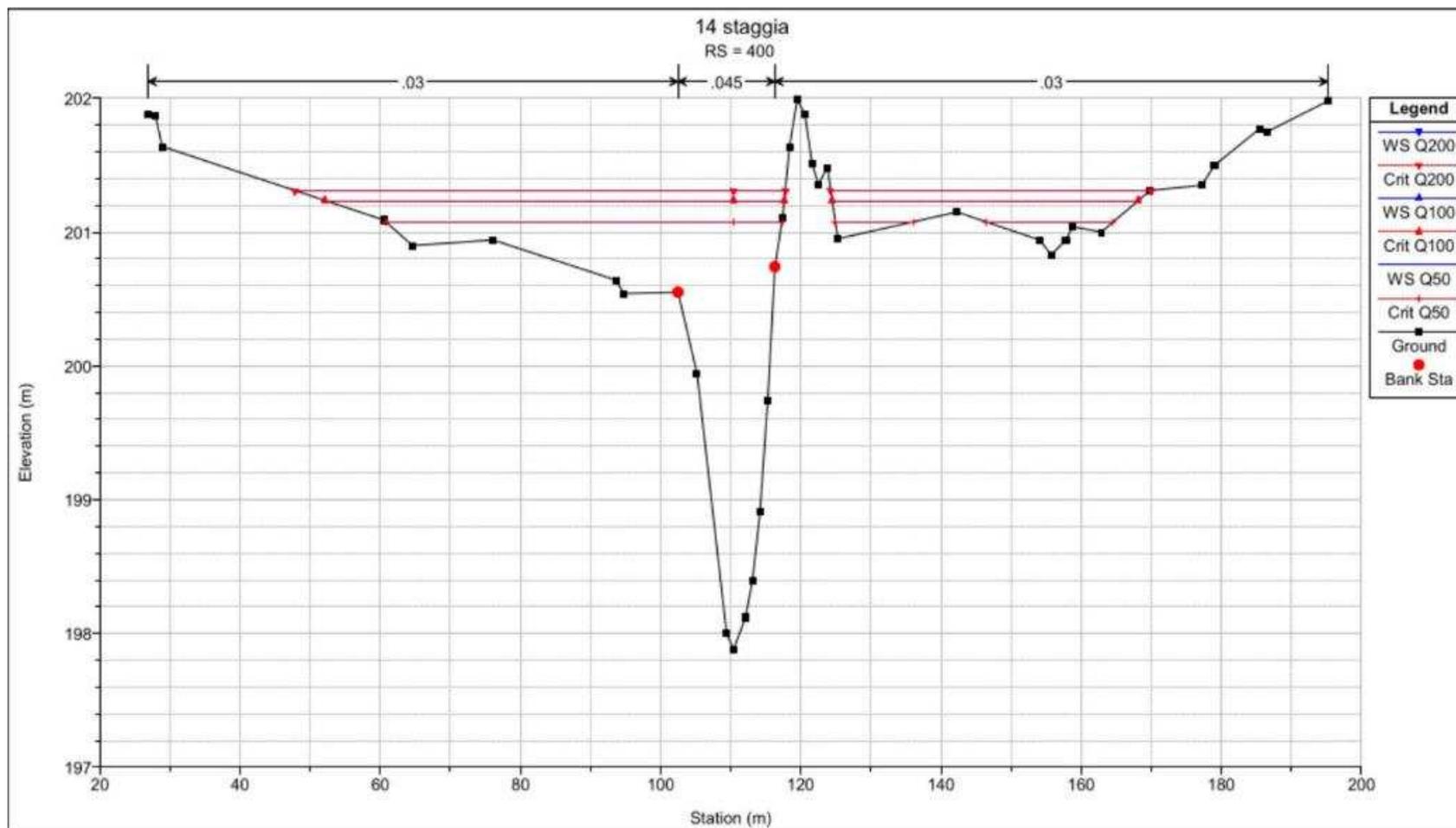


Figura 75: **RS=400** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 84 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

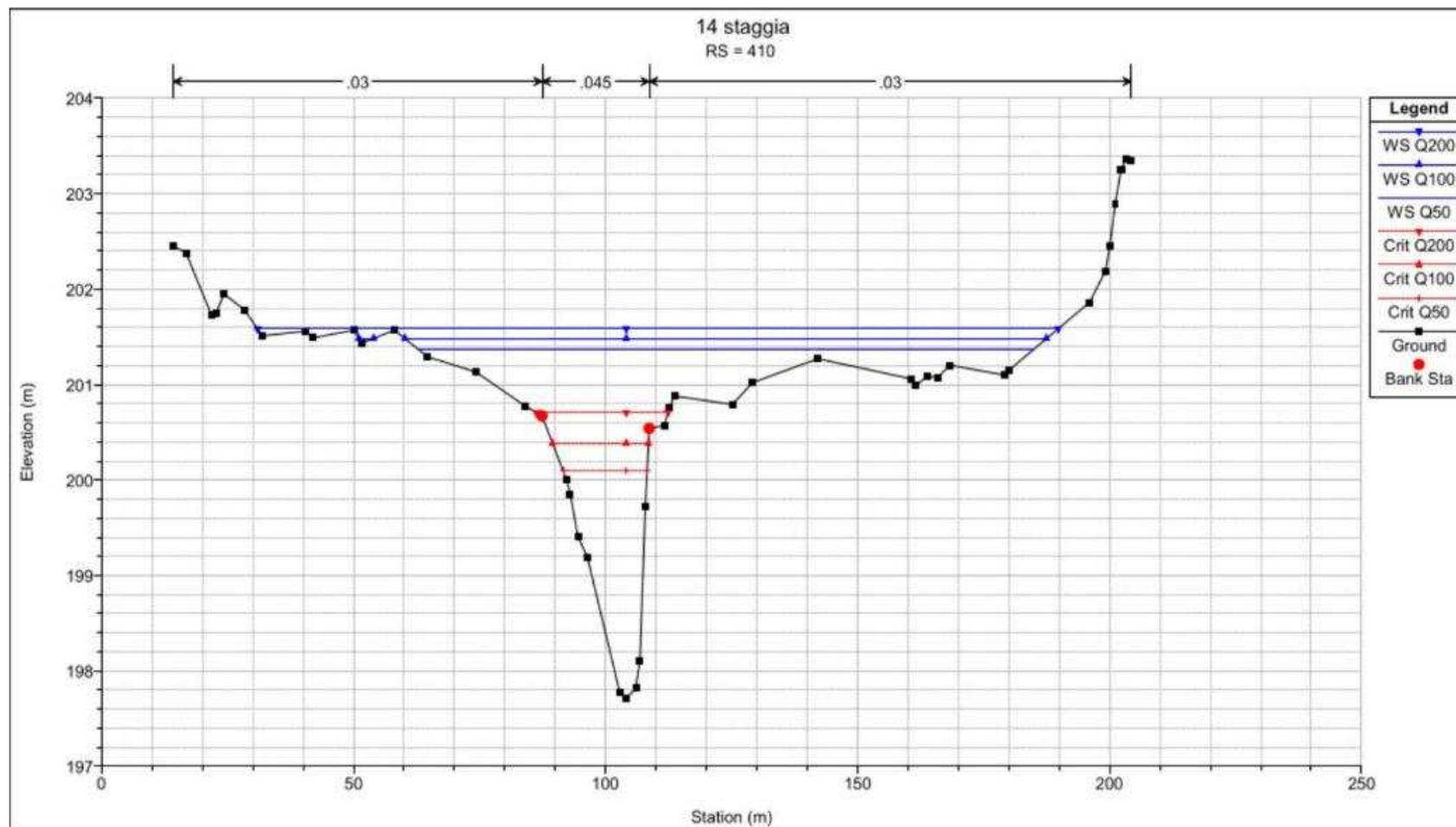


Figura 76: **RS=410** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 85 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

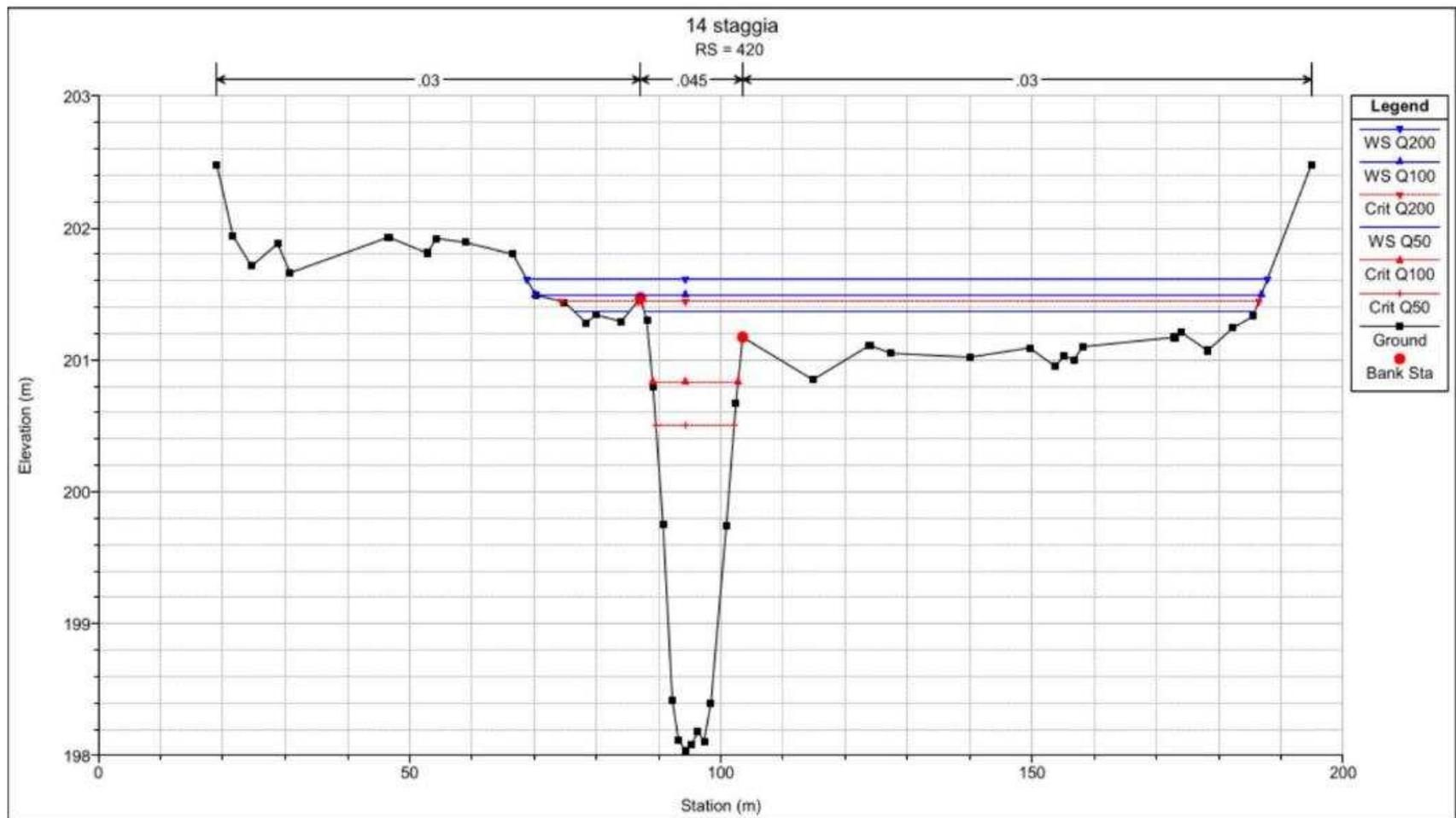


Figura 77: **RS=420** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 86 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

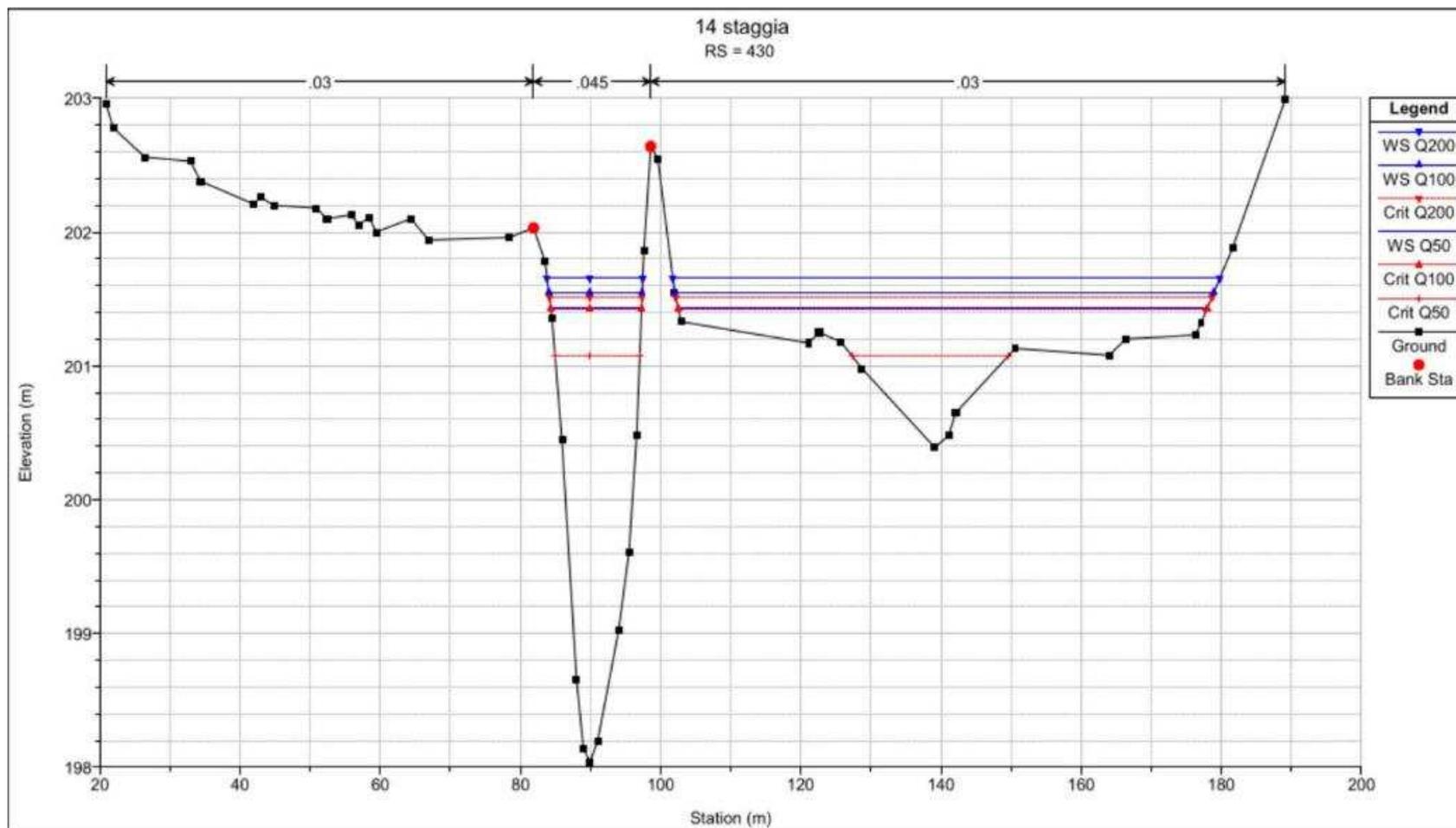


Figura 78: **RS=430** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 87 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

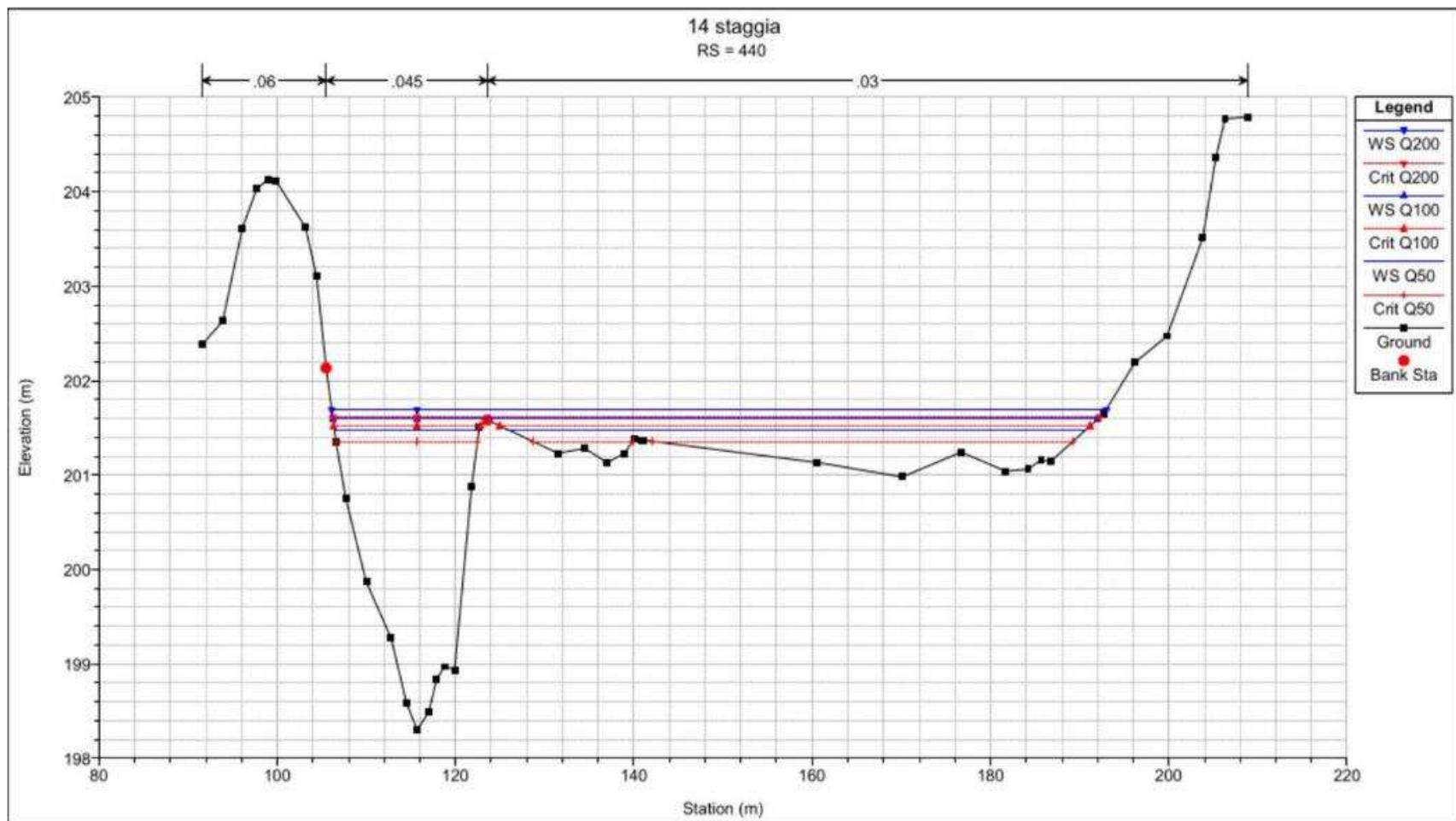


Figura 79: **RS=440** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 88 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

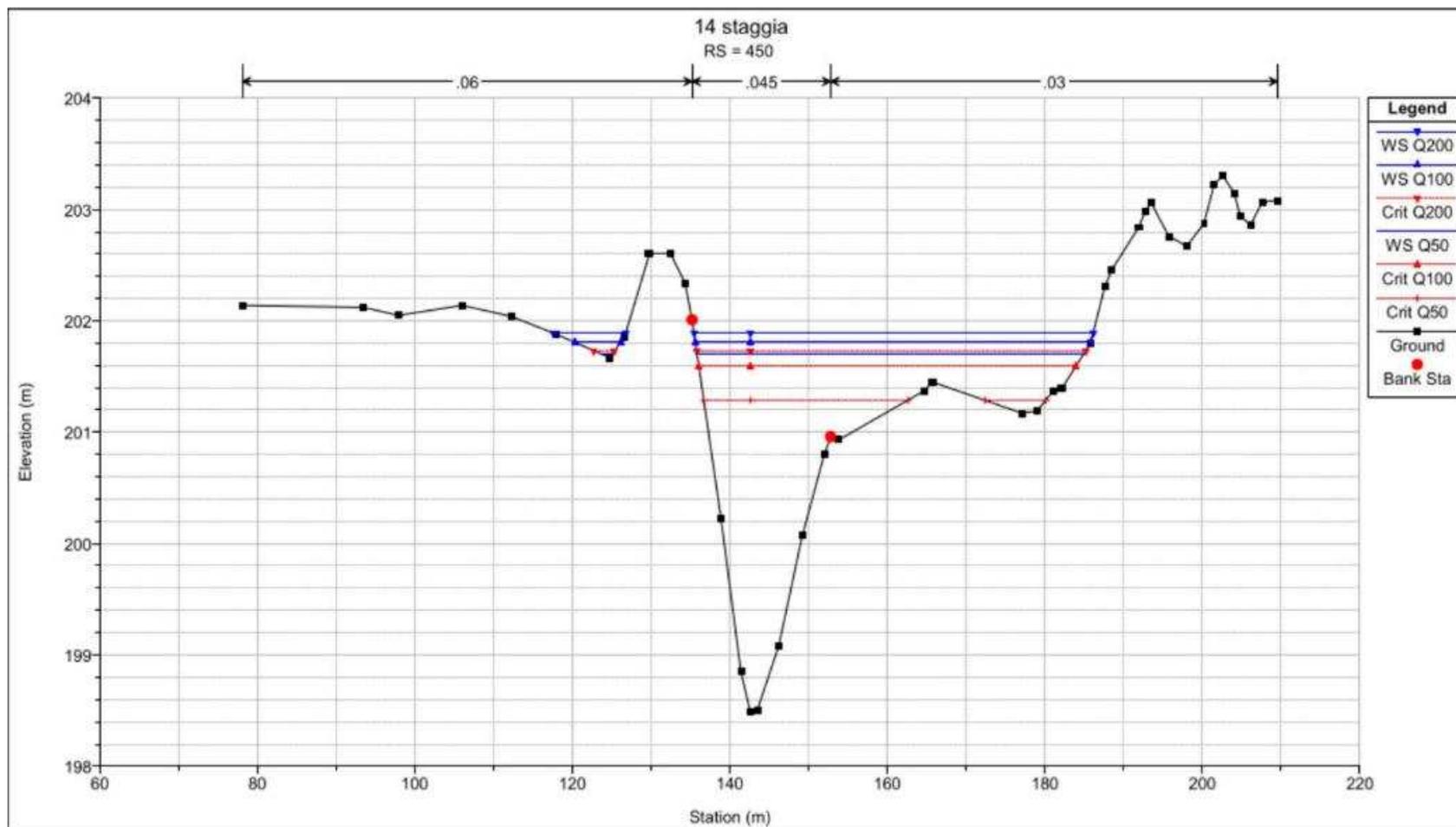


Figura 80: **RS=450** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 89 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

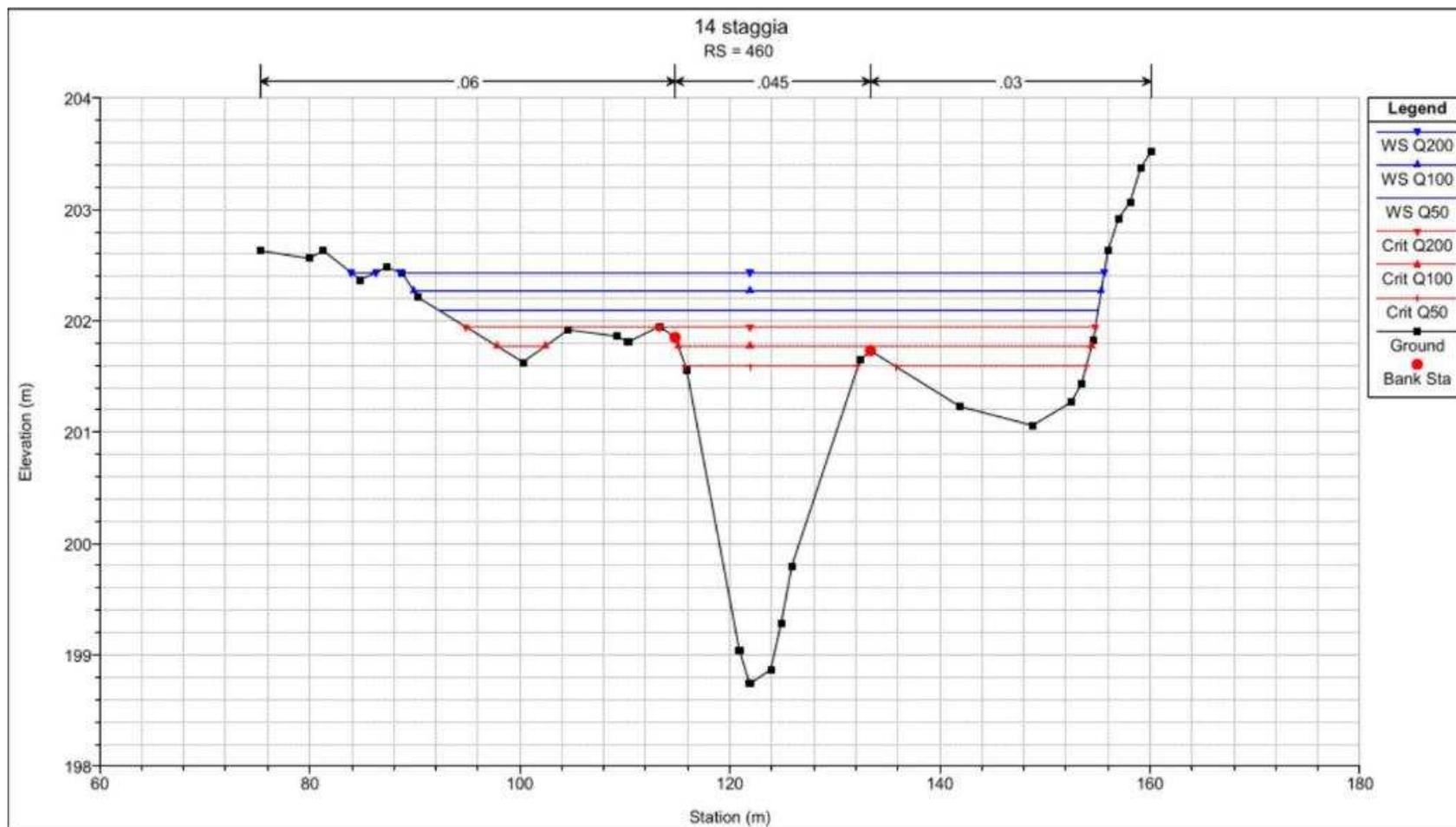


Figura 81: **RS=460** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 6 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA				
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 90 di 173		Rev.: 00
				N° documento Cliente: REL-CI-09106

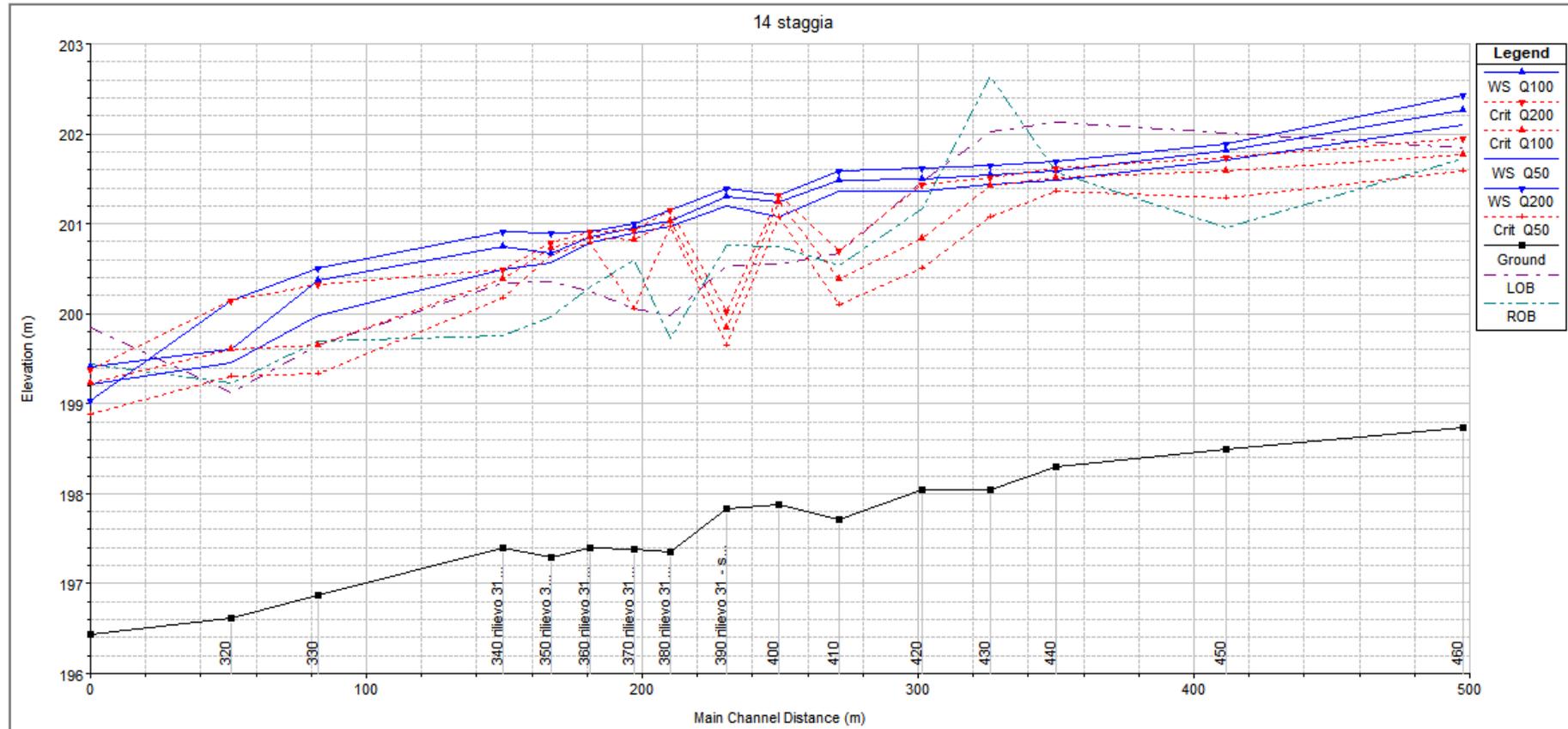


Figura 82: profilo longitudinale del tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 6 del torrente Staggia. Le variazioni delle quote del ciglio di sponda in sinistra e destra (LOB/ROB) sono legate alla conformazione geometrica delle sezioni d'alveo esistenti.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
91 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

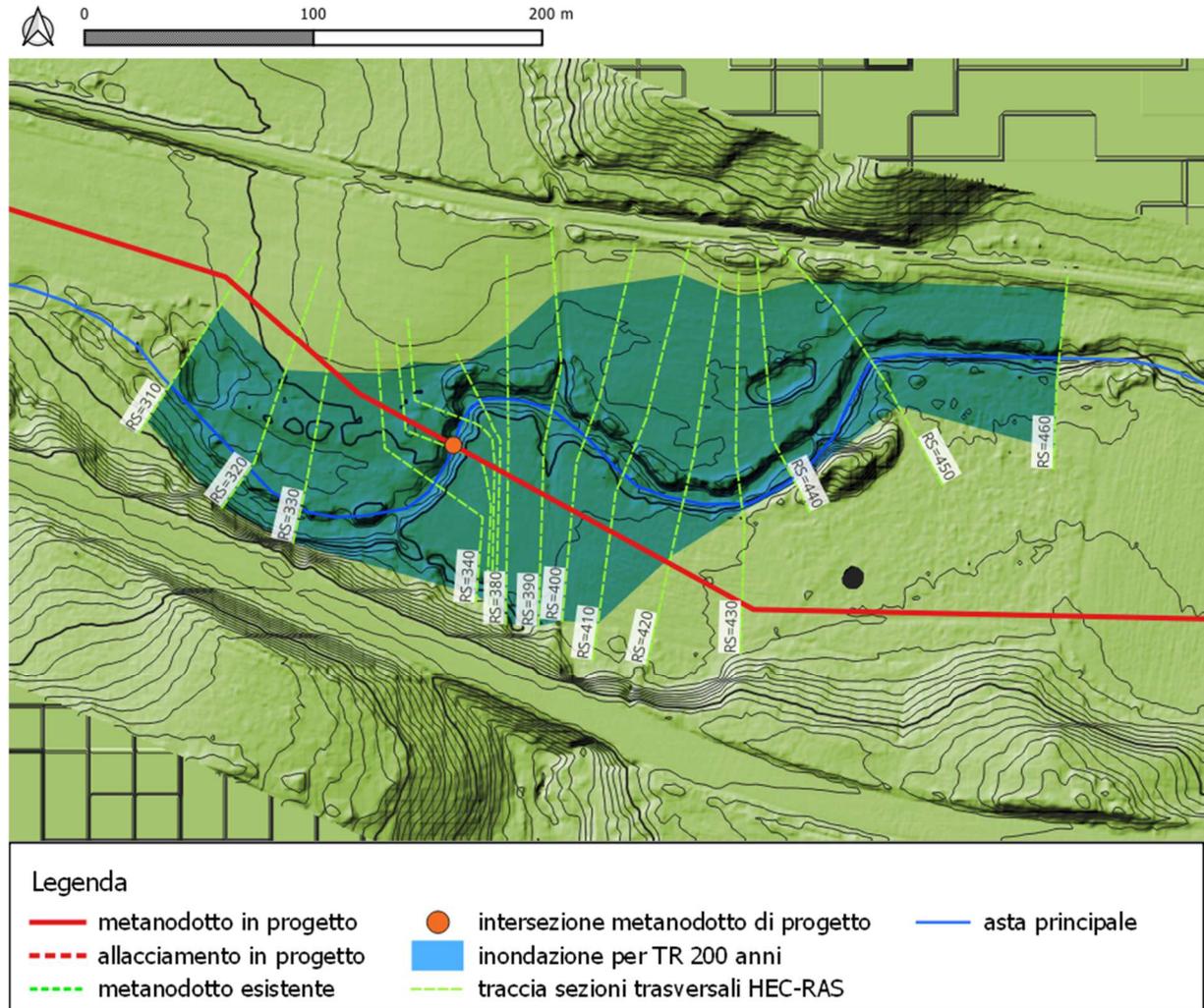


Figura 83: Area esondabile per Tr200 anni su DTM in corrispondenza dell'attraversamento n. 6.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
92 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

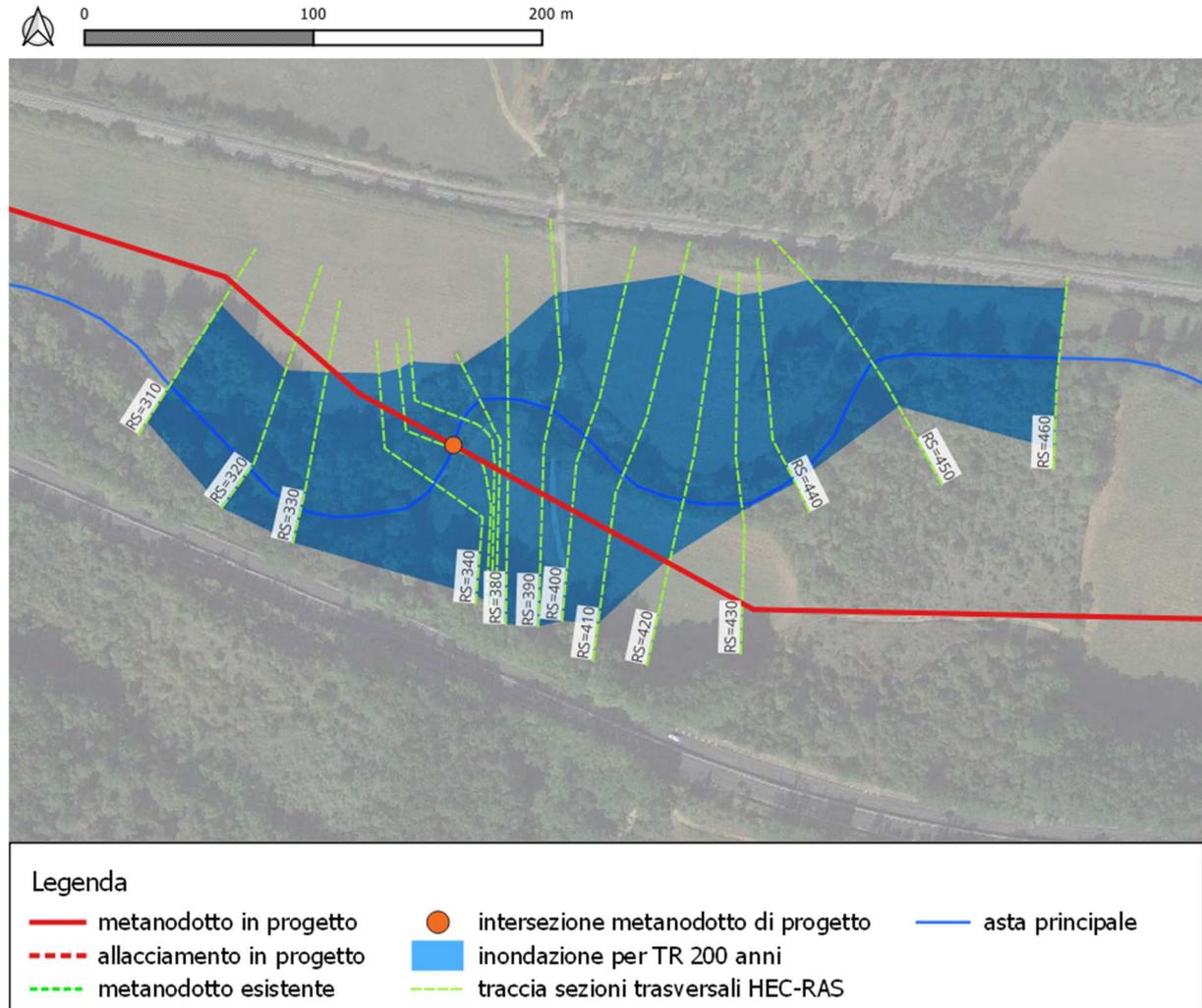


Figura 84: Area esondabile per Tr200 anni su ortofoto in corrispondenza dell'attraversamento n. 6.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA										
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio 93 di 173		Rev.:			N° documento Cliente: REL-CI-09106		

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
460	Q50	85.9	198.74	202.09	201.59	202.23	0.0029	0.00296	1.74	55.87	62.74	0.41	0.87	50.14
460	Q100	109.3	198.74	202.27	201.77	202.43	0.0029	0.00301	1.86	67.25	65.48	0.42	1.01	55.77
460	Q200	134.3	198.74	202.44	201.95	202.62	0.0029	0.00305	1.98	78.29	69.4	0.43	1.1	61.17
450	Q50	85.9	198.49	201.7	201.29	201.9	0.0031	0.00403	2.1	46.89	50.54	0.48	0.91	71.58
450	Q100	109.3	198.49	201.81	201.59	202.06	0.0031	0.00494	2.39	52.43	56.06	0.54	0.92	91.46
450	Q200	134.3	198.49	201.89	201.73	202.2	0.0031	0.00599	2.68	57.29	59.86	0.6	0.94	114.28
440	Q50	85.9	198.3	201.48	201.36	201.68	0.0109	0.00451	2.17	49.78	81.13	0.5	0.6	77.58
440	Q100	109.3	198.3	201.59	201.52	201.81	0.0109	0.00515	2.31	59.13	85.78	0.53	0.68	88.27
440	Q200	134.3	198.3	201.69	201.61	201.93	0.0109	0.00545	2.45	67.68	86.86	0.55	0.76	97.35
430	Q50	85.9	198.04	201.44	201.07	201.59	0	0.00362	2.02	56.25	88.53	0.44	0.62	65.87
430	Q100	109.3	198.04	201.55	201.43	201.72	0	0.00385	2.12	66.47	90.27	0.45	0.72	71.78
430	Q200	134.3	198.04	201.65	201.51	201.83	0	0.00407	2.21	75.84	91.67	0.47	0.81	77.47
420	Q50	85.9	198.04	201.37	200.5	201.52	0.011	0.00323	1.94	58.53	107.14	0.43	0.54	60.37
420	Q100	109.3	198.04	201.5	200.83	201.65	0.011	0.00328	1.99	72.61	116.73	0.43	0.61	63.01
420	Q200	134.3	198.04	201.61	201.44	201.76	0.011	0.00320	2.04	86.21	119.02	0.43	0.71	64.69
410	Q50	85.9	197.71	201.36	200.09	201.45	-0.0077	0.00141	1.39	80.06	121.9	0.29	0.65	29.76
410	Q100	109.3	197.71	201.48	200.38	201.57	-0.0077	0.00157	1.51	94.68	130.21	0.31	0.72	34.77
410	Q200	134.3	197.71	201.59	200.71	201.69	-0.0077	0.00177	1.66	109.97	158.93	0.33	0.68	40.94
400	Q50	85.9	197.88	201.08	201.08	201.37	0.0027	0.00603	2.58	42	85.78	0.58	0.48	108.06
400	Q100	109.3	197.88	201.24	201.24	201.5	0.0027	0.00543	2.58	58.01	109.22	0.56	0.52	105.25
400	Q200	134.3	197.88	201.31	201.31	201.61	0.0027	0.00618	2.81	66.4	115.68	0.6	0.57	123.8

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE													
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA													
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006				Foglio 94 di 173		Rev.:				N° documento Cliente: REL-CI-09106			
						00							

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
390	Q50	85.9	197.83	201.19	199.65	201.22	0.0238	0.00047	0.73	132.78	138.7	0.17	0.95	8.66
390	Q100	109.3	197.83	201.3	199.85	201.33	0.0238	0.00057	0.84	147.61	144.06	0.19	1.02	11.18
390	Q200	134.3	197.83	201.4	200.02	201.44	0.0238	0.00067	0.94	162.08	146.91	0.21	1.1	13.74
380	Q50	85.9	197.35	200.98	200.98	201.18	-0.0022	0.00441	2.45	52.64	109.15	0.45	0.47	92.3
380	Q100	109.3	197.35	201.03	201.03	201.28	-0.0022	0.00551	2.77	59.29	117.85	0.5	0.49	117.47
380	Q200	134.3	197.35	201.15	201.15	201.39	-0.0022	0.00532	2.79	74.17	126.1	0.5	0.57	118
370	Q50	85.9	197.38	200.9	200.05	201.02	-0.0013	0.00244	1.85	64.53	100.39	0.36	0.63	52.41
370	Q100	109.3	197.38	200.95	200.82	201.12	-0.0013	0.00317	2.14	70.63	104.38	0.42	0.66	69.67
370	Q200	134.3	197.38	201	200.92	201.21	-0.0013	0.00407	2.45	75.43	107.41	0.47	0.69	90.87
360	Q50	85.9	197.4	200.79	200.79	200.97	0.0079	0.00468	2.31	56.92	125.38	0.48	0.44	85.72
360	Q100	109.3	197.4	200.86	200.86	201.06	0.0079	0.00546	2.53	64.82	126.5	0.52	0.5	102.5
360	Q200	134.3	197.4	200.92	200.92	201.15	0.0079	0.00606	2.71	72.71	127.61	0.55	0.56	116.71
350	Q50	85.9	197.29	200.57	200.66	200.89	-0.0058	0.00730	2.9	43.33	105.61	0.59	0.4	134.89
350	Q100	109.3	197.29	200.66	200.73	200.98	-0.0058	0.00757	3.02	53.56	110.83	0.6	0.47	145.29
350	Q200	134.3	197.29	200.89	200.8	201.07	-0.0058	0.00426	2.4	80.75	123.9	0.46	0.64	88.92
340	Q50	85.9	197.39	200.49	200.18	200.63	0.0077	0.00393	2.05	59.38	76.29	0.44	0.75	69.02
340	Q100	109.3	197.39	200.74	200.38	200.85	0.0077	0.00274	1.84	85.93	118.65	0.38	0.71	53.71
340	Q200	134.3	197.39	200.92	200.49	201.01	0.0077	0.00229	1.77	106.97	122.65	0.35	0.86	48.08
330	Q50	85.9	196.87	199.97	199.34	200.34	0.008	0.00654	2.71	34.67	40.82	0.61	0.82	118.68
330	Q100	109.3	196.87	200.37	199.65	200.66	0.008	0.00451	2.54	57.95	71.11	0.52	0.8	98.24

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA										
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio 95 di 173		Rev.:			N° documento Cliente: REL-CI-09106		

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezza a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tensione tan. (N/m²)
330	Q200	134.3	196.87	200.51	200.32	200.84	0.008	0.00496	2.76	68.19	75.06	0.55	0.89	114.03
320	Q50	85.9	196.62	199.46	199.31	200.04	0.0035	0.01269	3.4	26.28	21.46	0.83	1.16	196.87
320	Q100	109.3	196.62	199.61	199.61	200.39	0.0035	0.01521	3.94	29.83	26.73	0.92	1.06	256.85
320	Q200	134.3	196.62	200.15	200.15	200.65	0.0035	0.00779	3.34	55.43	65.48	0.69	0.83	169.53
310	Q50	85.9	196.44	199.21	198.88	199.46		0.00741	2.36	46.17	60.5	0.63	0.75	99.3
310	Q100	109.3	196.44	199.41	199.23	199.64		0.00740	2.36	59.42	71.58	0.63	0.82	99.58
310	Q200	134.3	196.44	199.04	199.39	199.95		0.02536	4.41	37.03	47.73	1.17	0.76	345.57

Tabella 14: Grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 6 del torrente Staggia nello stato di progetto (evidenziata in verde la sezione interessata dall'attraversamento).

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 96 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

Modellazione attraversamenti n. 7 e 8

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 97 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

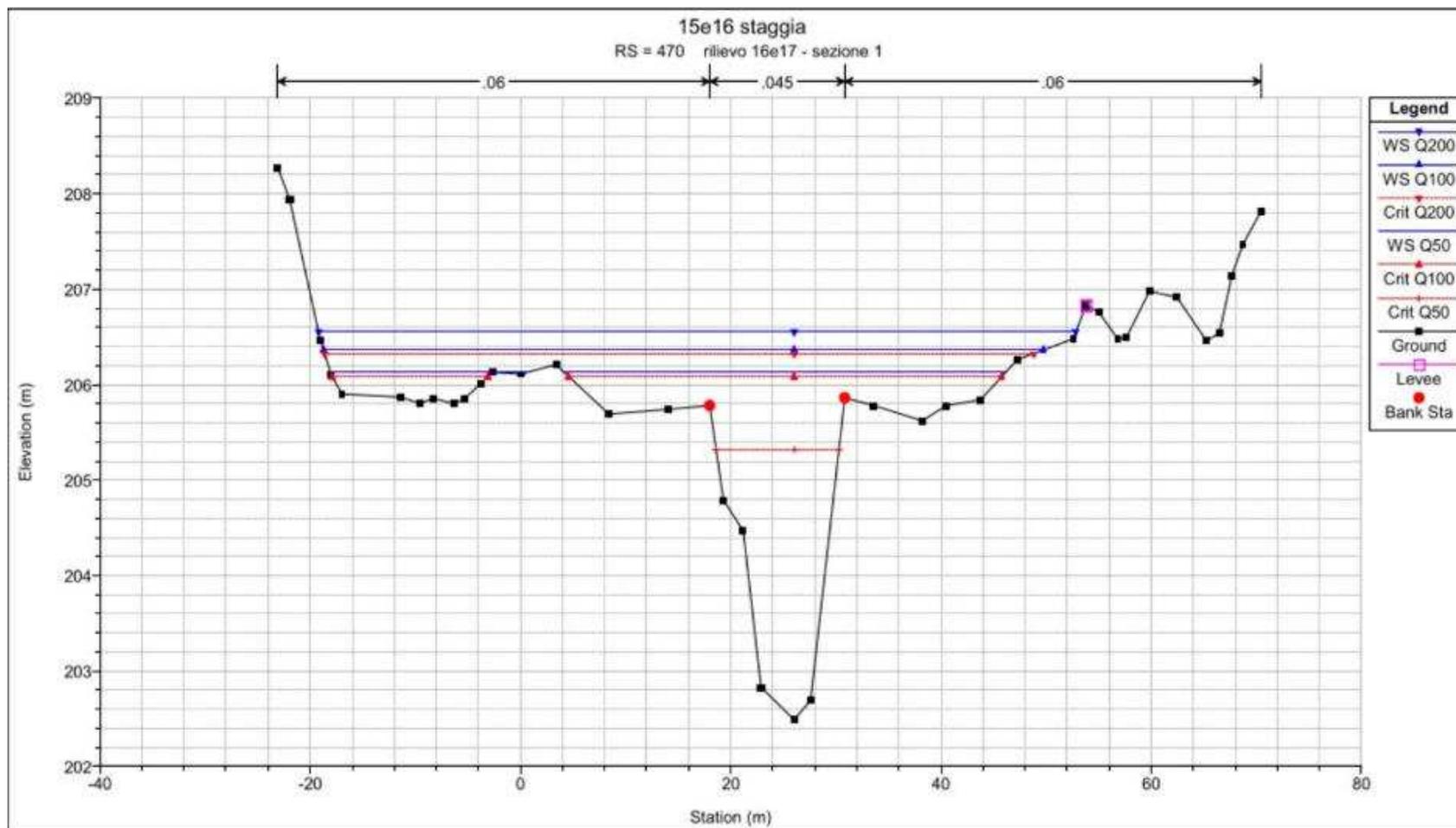


Figura 85: **RS=470** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 98 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

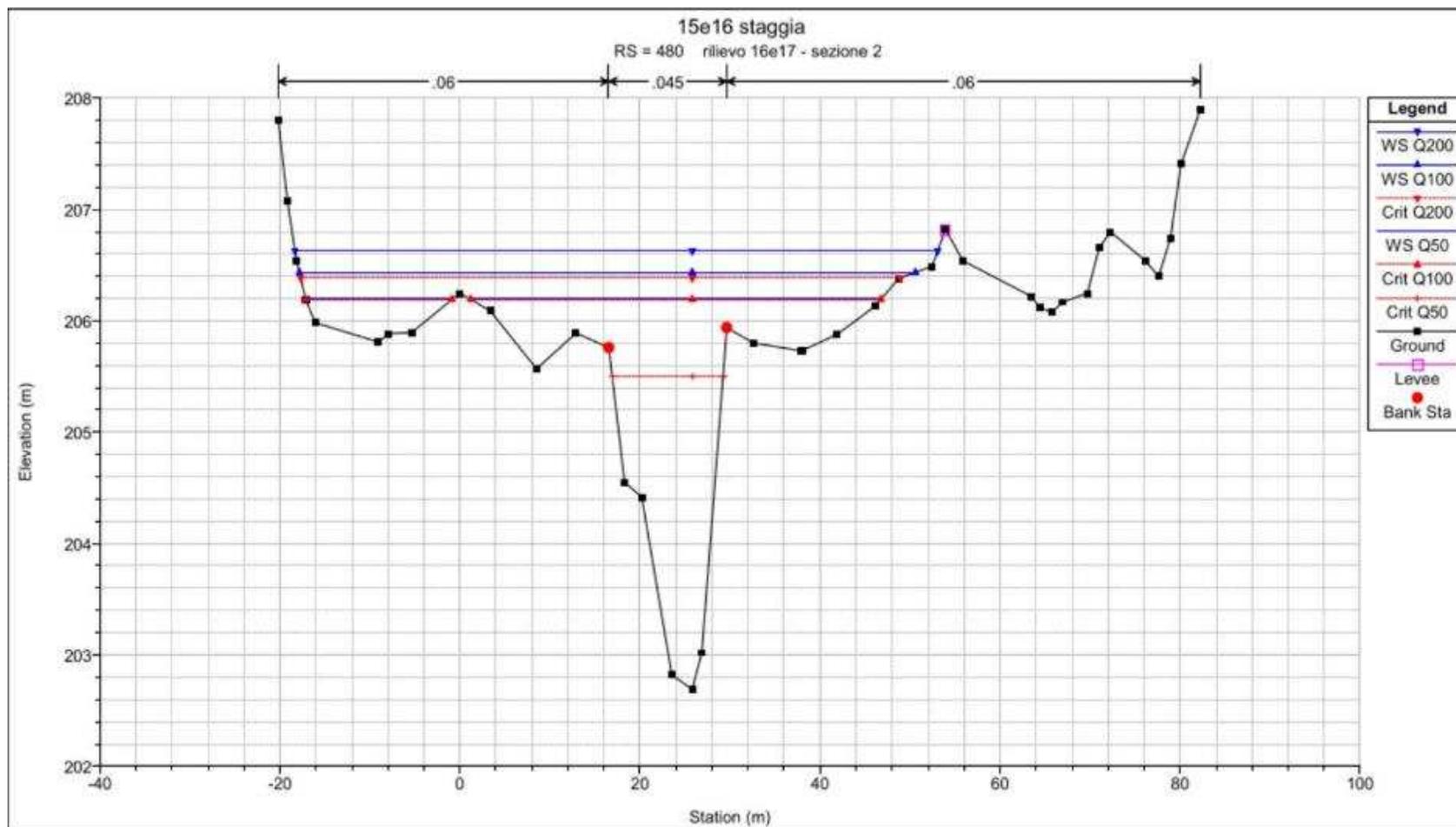


Figura 86: **RS=480** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 99 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

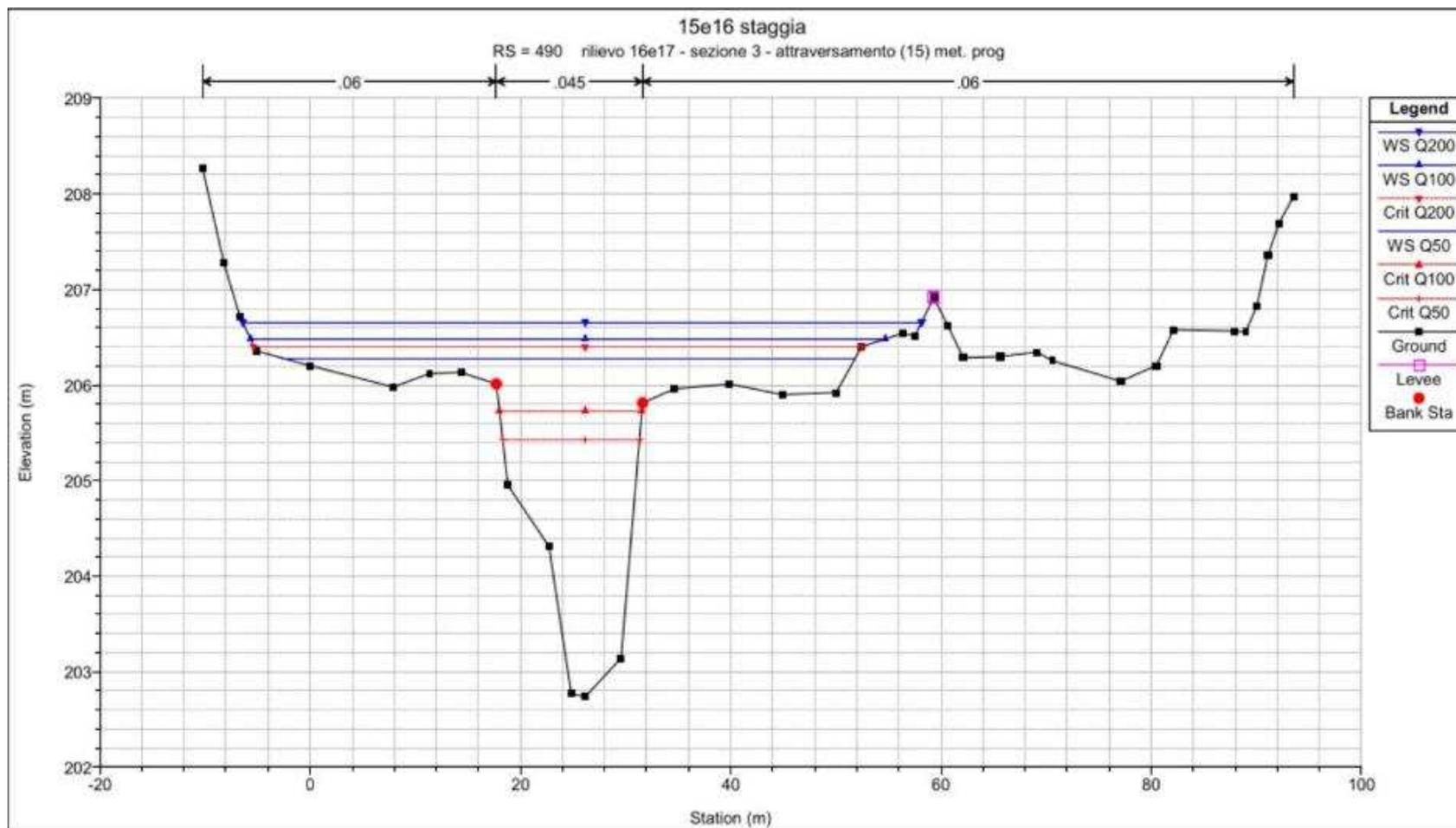


Figura 87: **RS=490** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 100 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

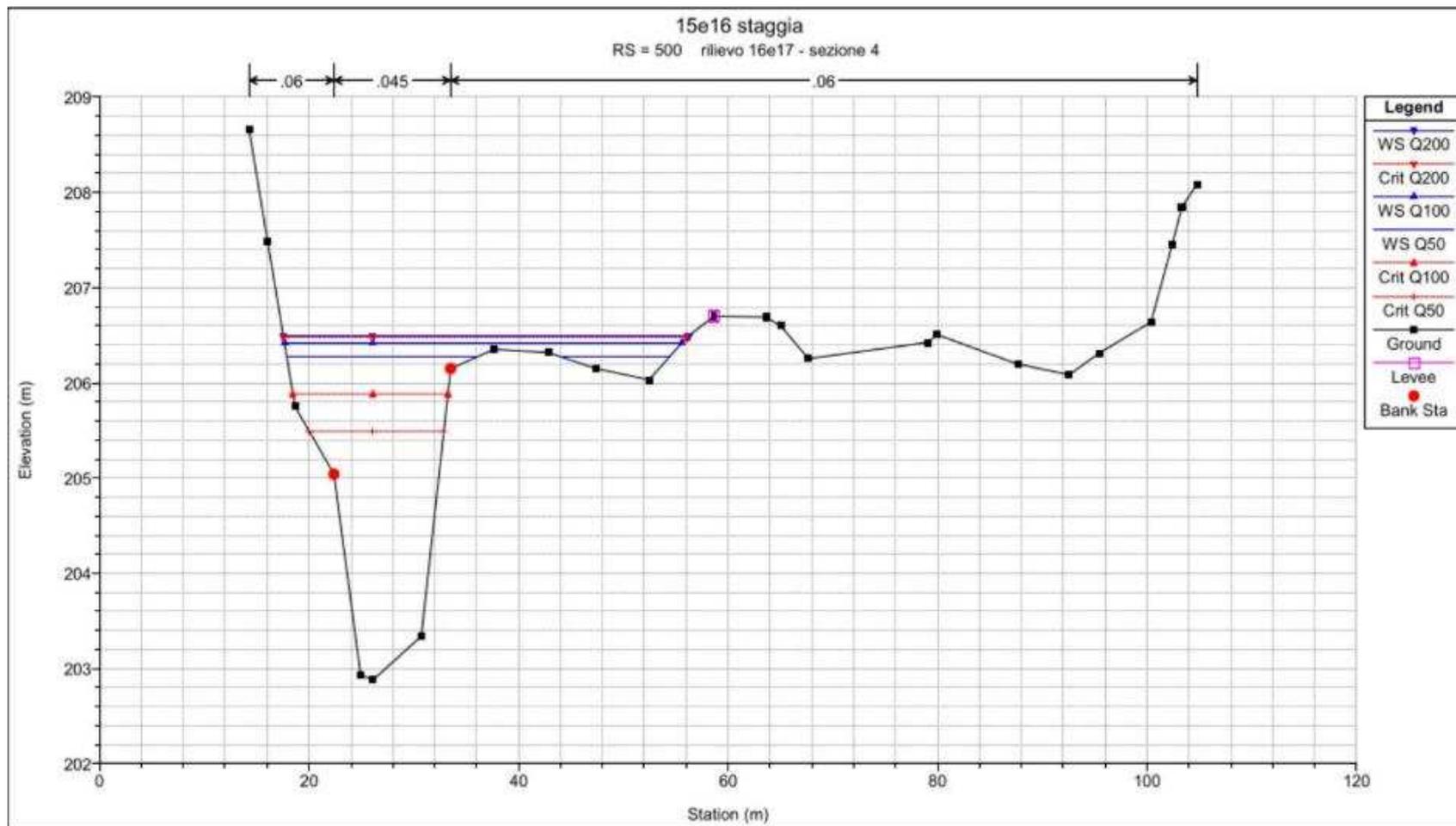


Figura 88: **RS=500** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 101 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

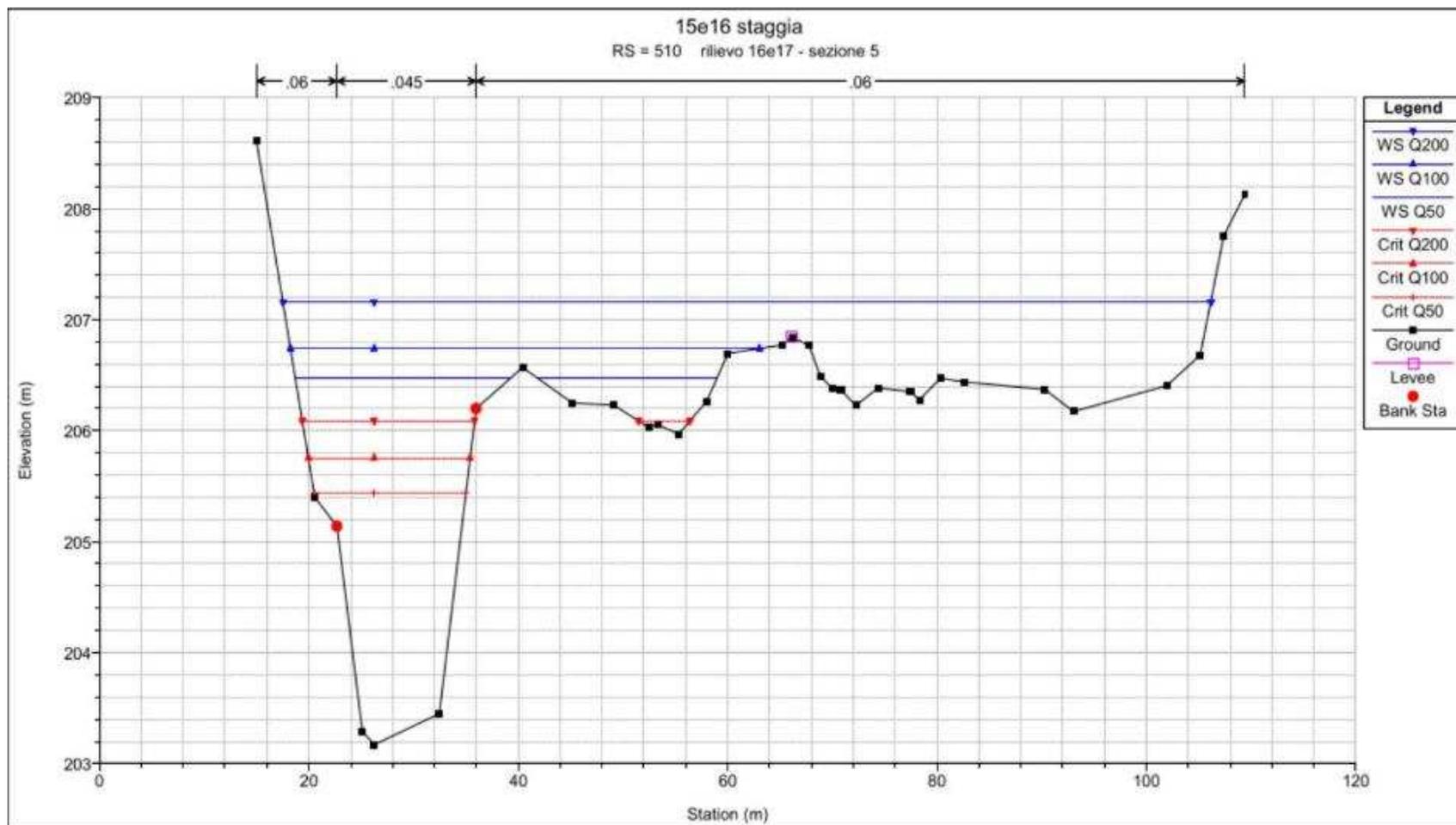


Figura 89: **RS=510** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 102 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

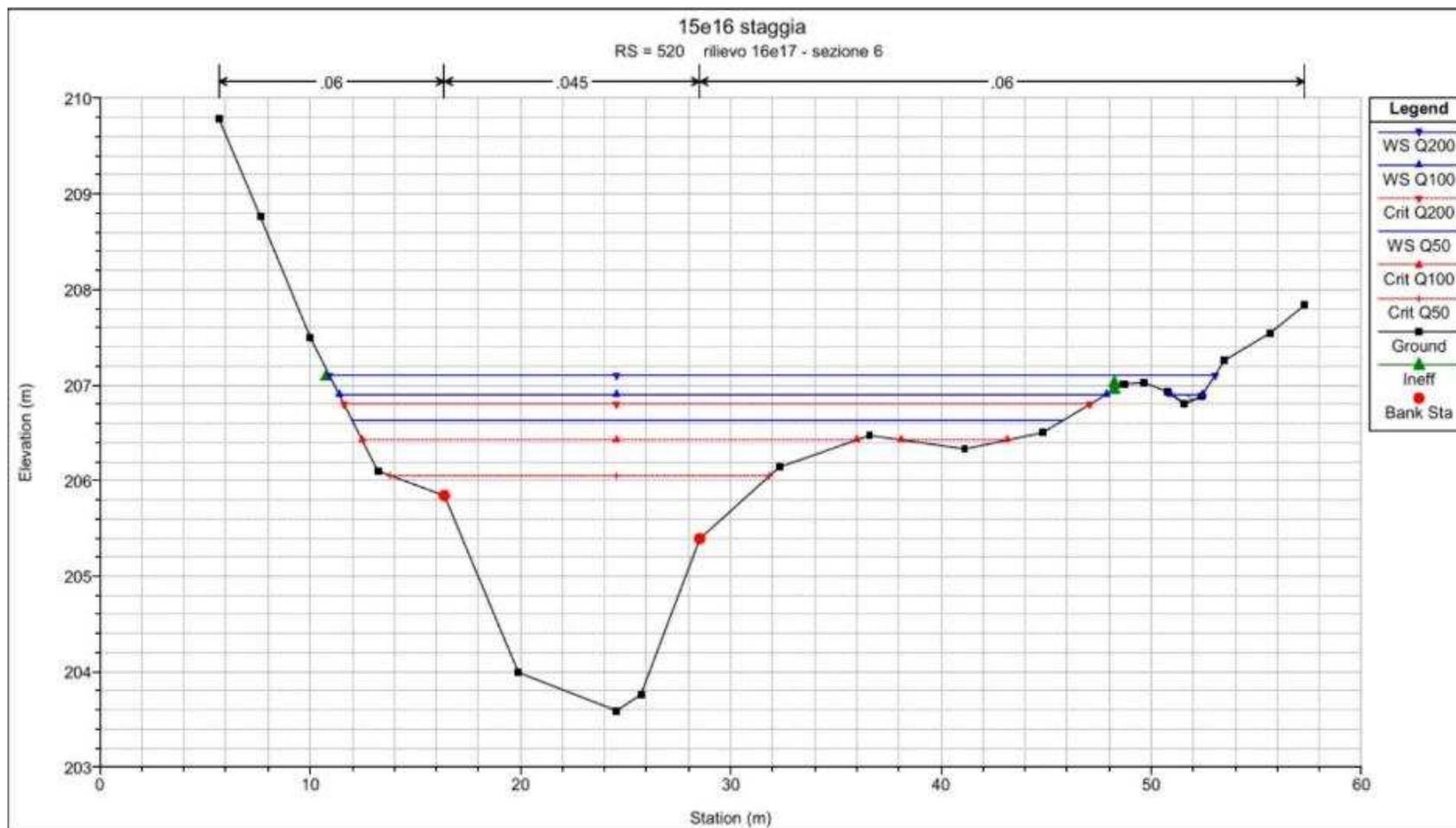


Figura 90: **RS=520** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 103 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

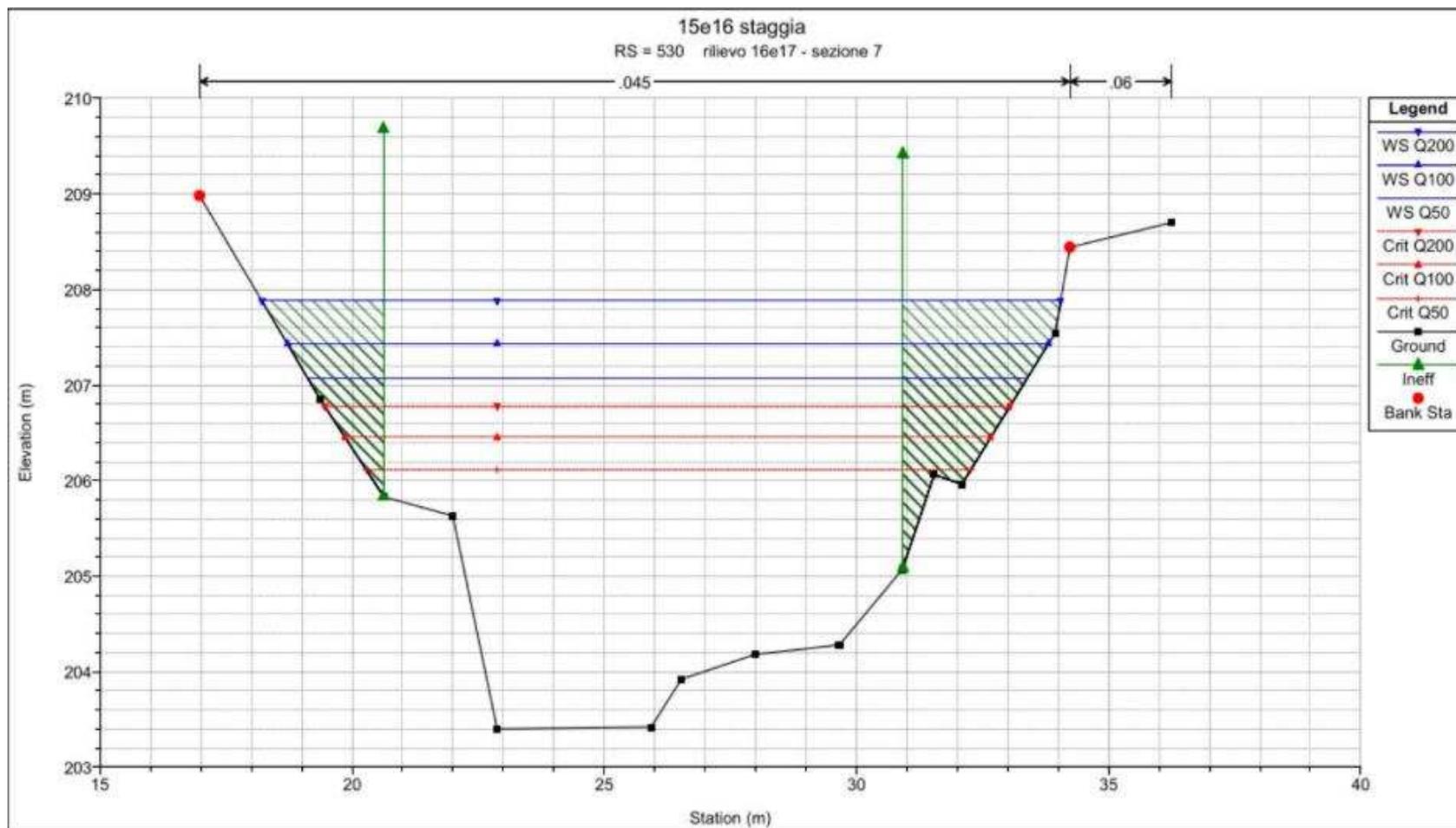


Figura 91: **RS=530** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 7 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 104 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

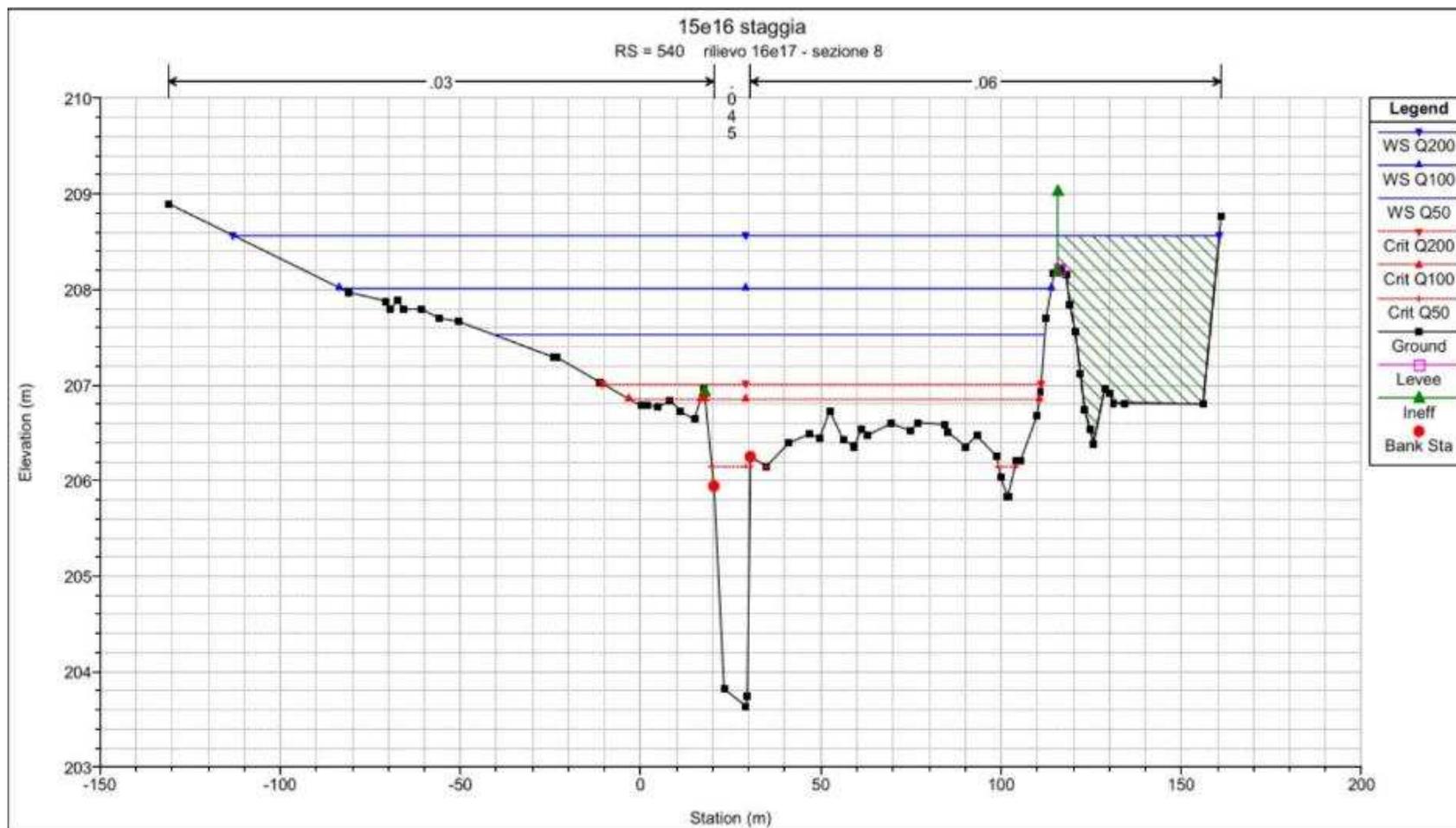


Figura 92: **RS=540** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 8 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 105 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

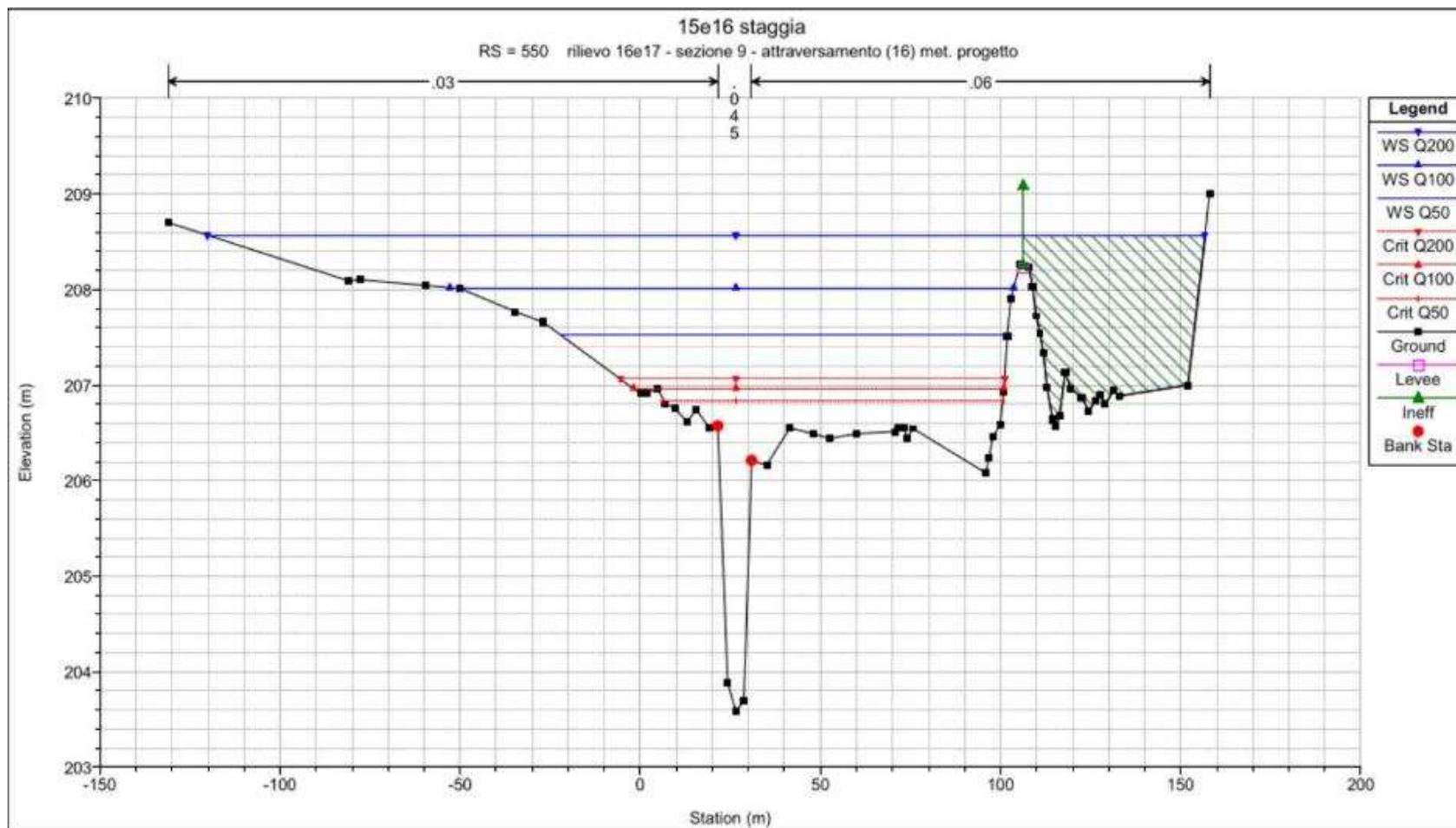


Figura 93: **RS=550** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 8 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 106 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

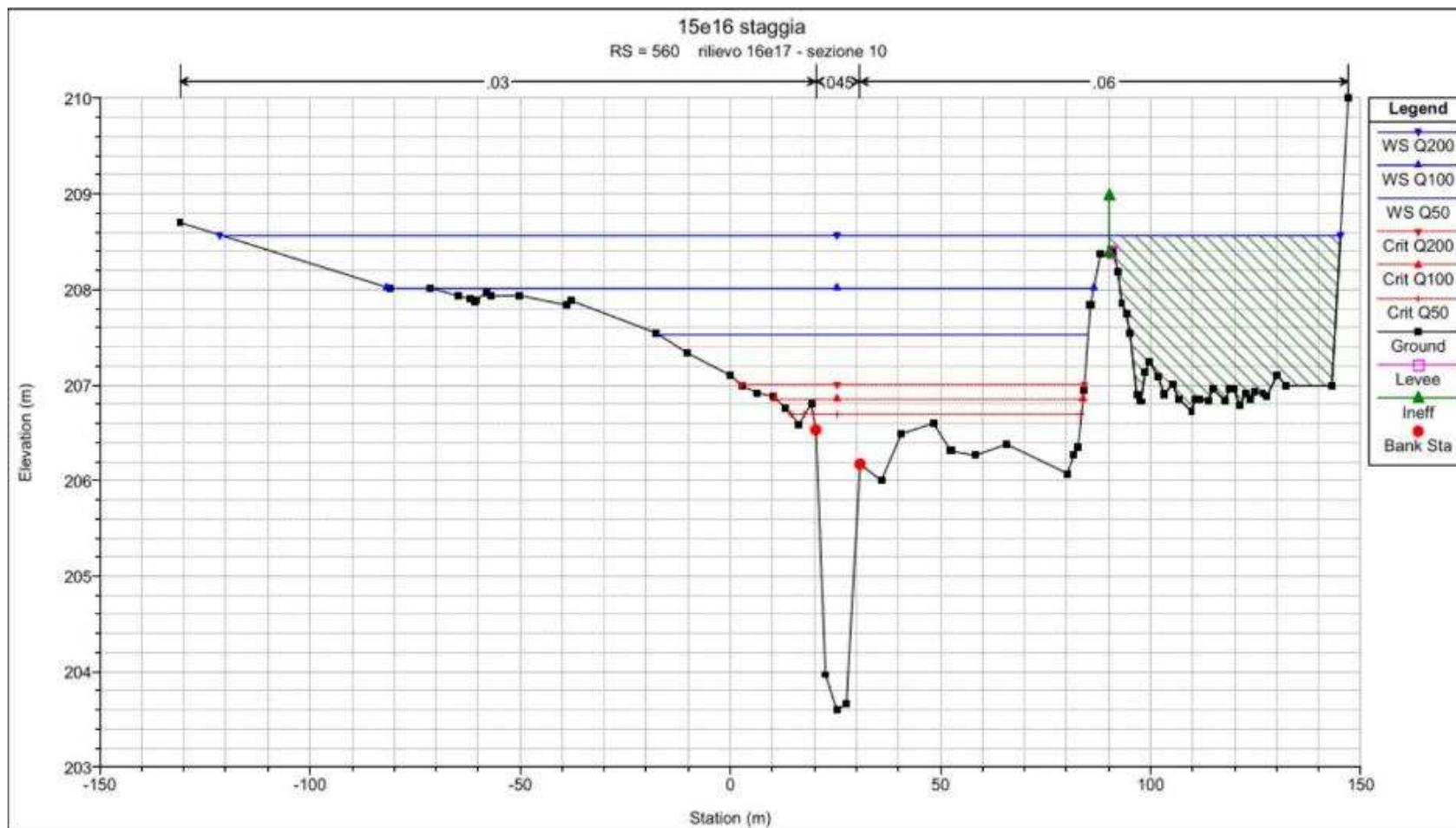


Figura 94: **RS=560** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 8 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 107 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

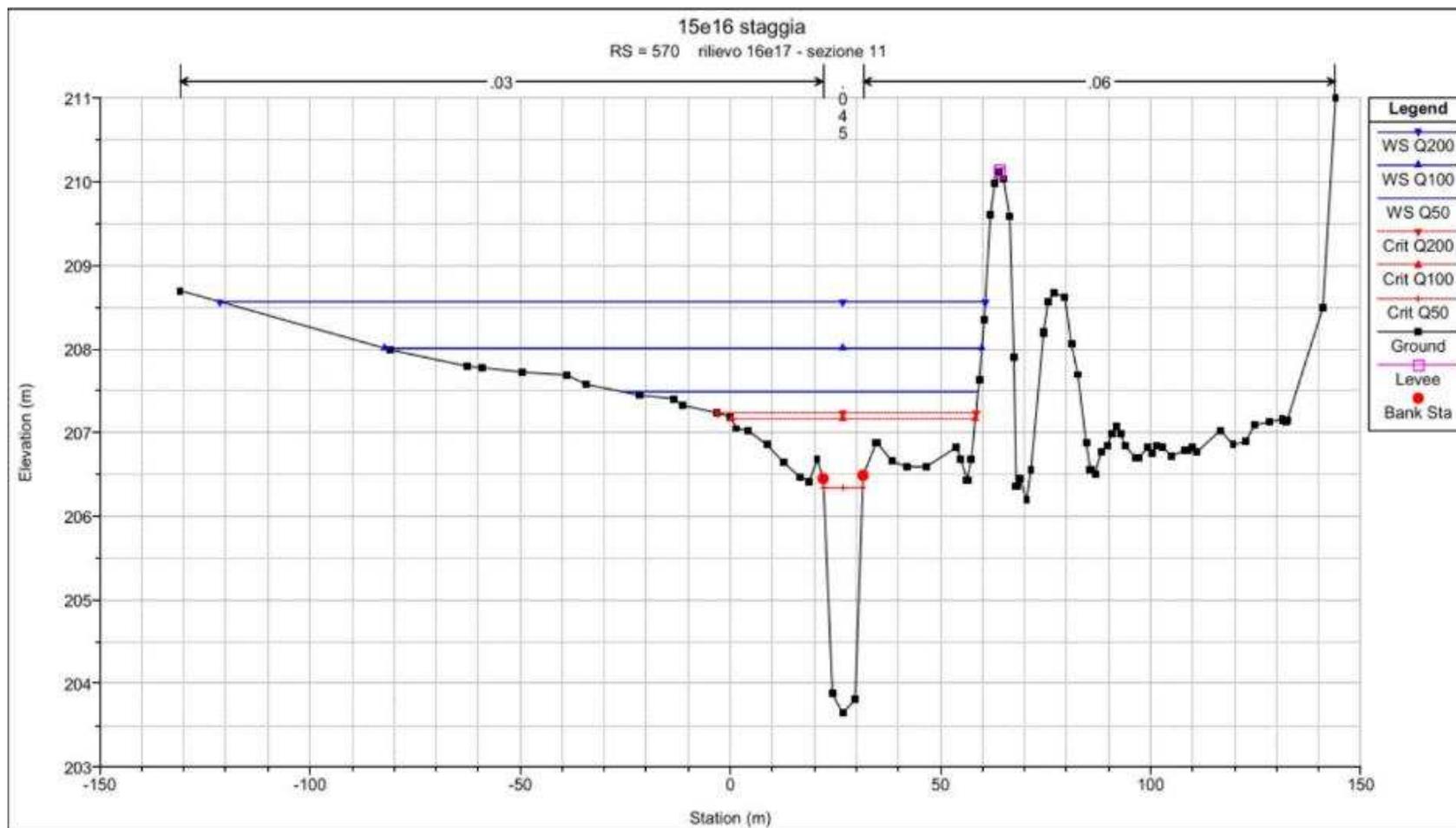


Figura 95: **RS=570** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 8 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA				
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 108 di 173		Rev.: 00
				N° documento Cliente: REL-CI-09106

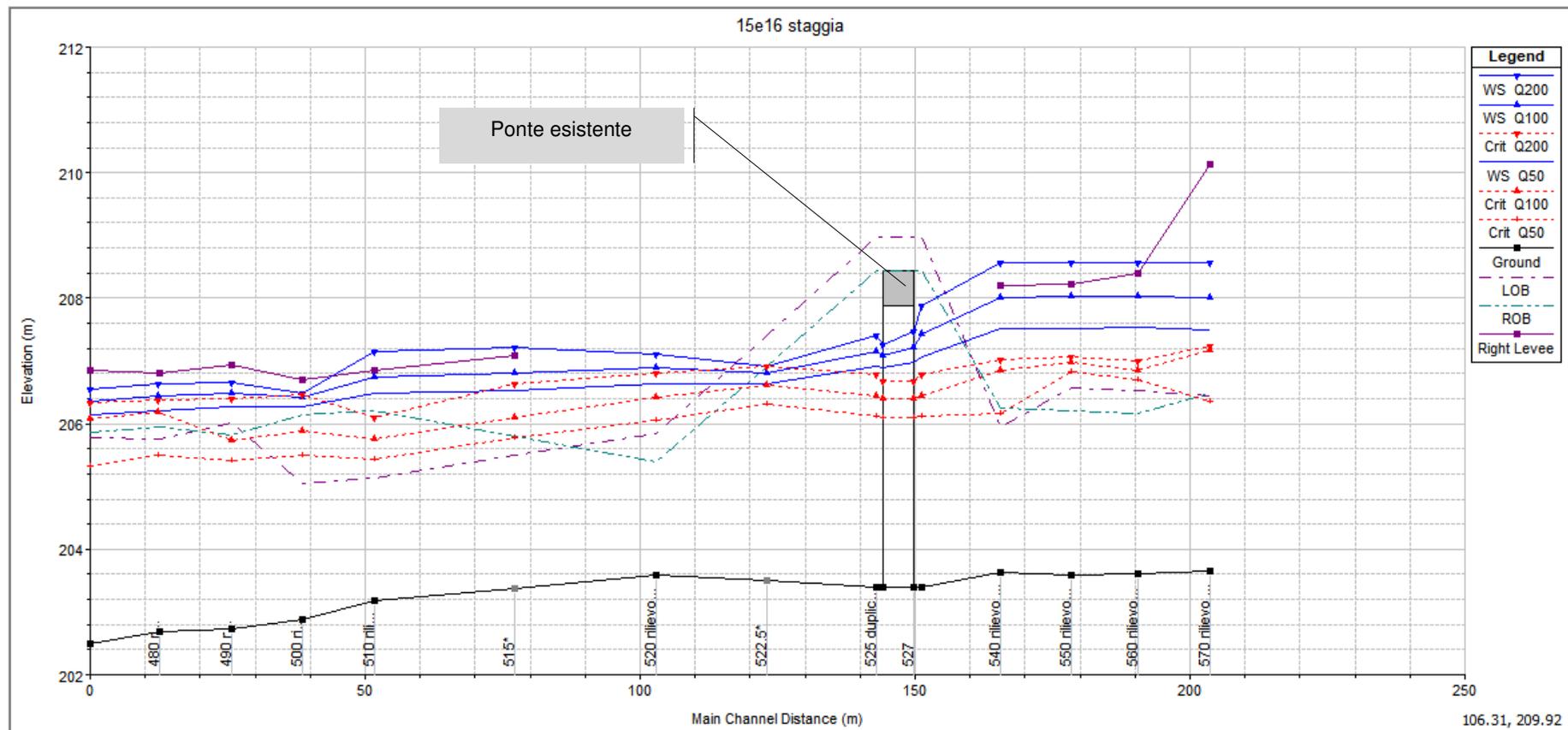


Figura 96: Profilo longitudinale del tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 7 e 8 del torrente Staggia.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
109 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

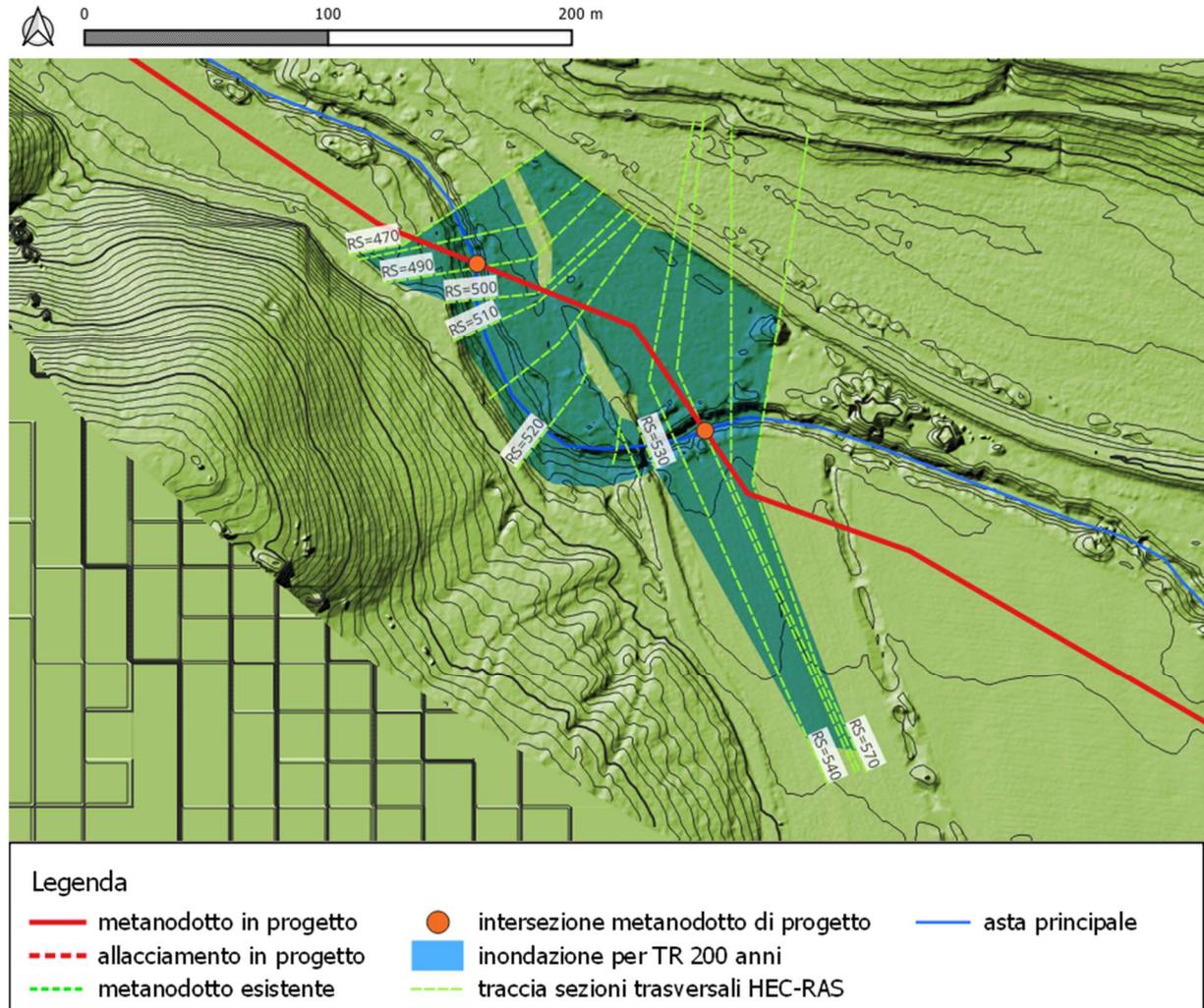


Figura 97: Area esondabile per Tr200 anni su DTM in corrispondenza dell'attraversamento n. 7 e 8.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
110 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

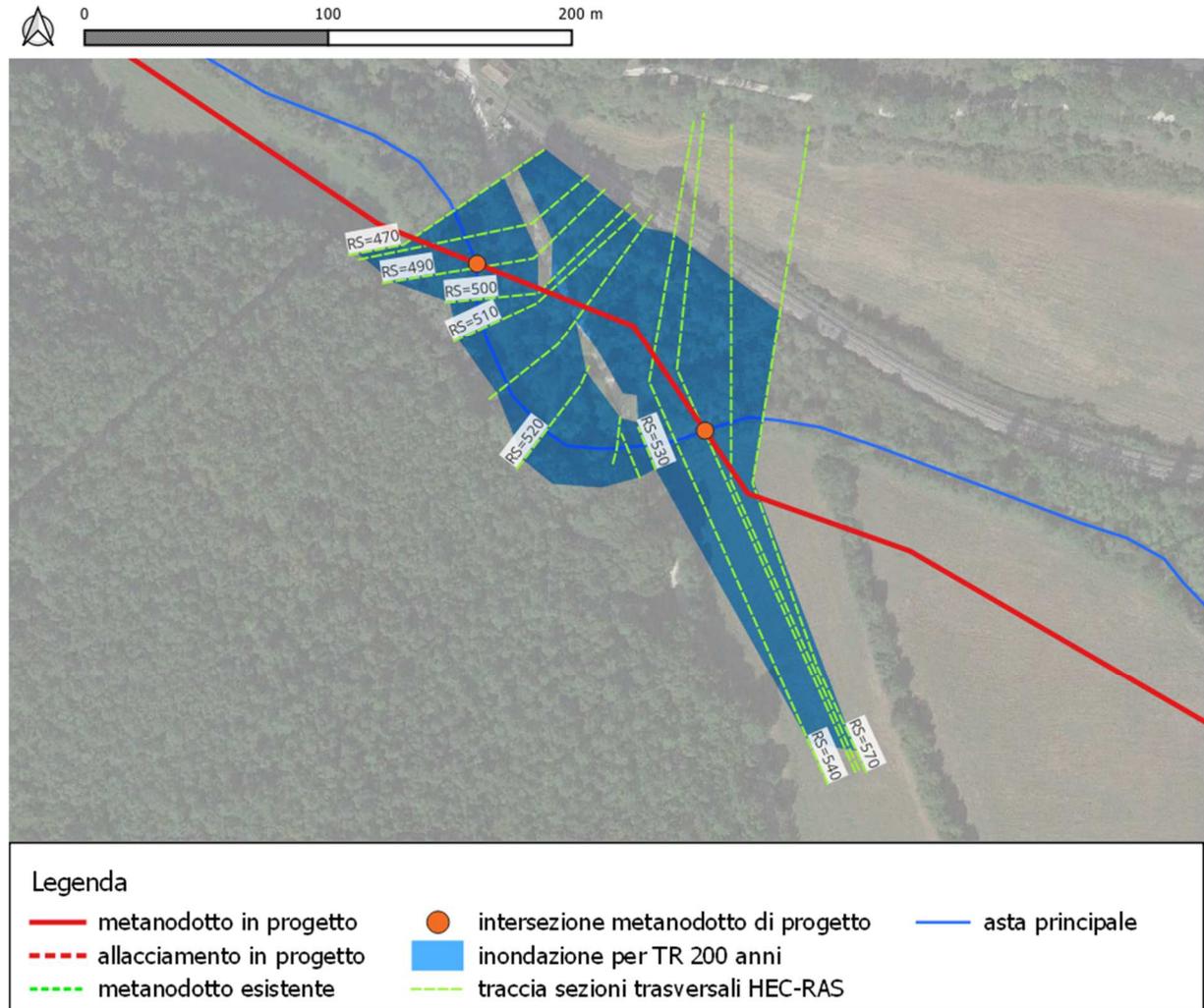


Figura 98: Area esondabile per Tr200 anni su ortofoto in corrispondenza dell'attraversamento n. 7 e 8.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE											
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA											
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio 111 di 173		Rev.: 00			N° documento Cliente: REL-CI-09106			

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
570	Q50	84.9	203.65	207.49	206.35	207.61	0.0038	0.00203	1.83	71.23	84.64	0.33	0.81	49.19
570	Q100	108	203.65	208.01	207.16	208.06	0.0038	0.00089	1.34	129.94	142.13	0.22	0.89	25.22
570	Q200	132.7	203.65	208.56	207.24	208.59	0.0038	0.00034	0.91	219.77	182.06	0.14	1.19	11.11
560	Q50	84.9	203.6	207.53	206.69	207.57	0.0016	0.00081	1.2	115.96	102.38	0.22	1.11	20.91
560	Q100	108	203.6	208.02	206.86	208.05	0.0016	0.00050	1.04	176.31	168.35	0.18	1.03	14.94
560	Q200	132.7	203.6	208.57	207.01	208.58	0.0016	0.00022	0.77	280.35	266.54	0.12	1.31	7.74
550	Q50	84.9	203.58	207.52	206.84	207.56	-0.0047	0.00075	1.12	130.81	123.98	0.2	1.03	18.41
550	Q100	108	203.58	208.02	206.97	208.04	-0.0047	0.00039	0.9	198.99	156.5	0.15	1.25	11.3
550	Q200	132.7	203.58	208.57	207.07	208.58	-0.0047	0.00019	0.7	309.24	276.84	0.11	1.35	6.46
540	Q50	84.9	203.64	207.52	206.15	207.55	0.0168	0.00054	1.01	152.2	152.5	0.18	0.98	14.47
540	Q100	108	203.64	208.02	206.86	208.03	0.0168	0.00027	0.78	239.02	197.55	0.13	1.19	8.28
540	Q200	132.7	203.64	208.57	207.01	208.58	0.0168	0.00013	0.59	356.13	273.6	0.09	1.54	4.54
530	Q50	84.9	203.4	207.07	206.12	207.49	0	0.00526	2.89	29.42	14.26	0.55	2.4	123.62
530	Q100	108	203.4	207.43	206.45	207.97	0	0.00570	3.26	33.17	15.09	0.58	2.7	151.09
530	Q200	132.7	203.4	207.88	206.78	208.51	0	0.00556	3.51	37.81	15.84	0.58	3.08	168.11
525	Q50	84.9	203.4	206.91	206.12	207.38	-0.0047	0.00634	3.05	27.81	13.9	0.59	2.27	140.93
525	Q100	108	203.4	207.15	206.45	207.8	-0.0047	0.00771	3.56	30.3	14.45	0.66	2.47	186.67
525	Q200	132.7	203.4	207.41	206.78	208.24	-0.0047	0.00880	4.03	32.95	15.04	0.72	2.68	231.77
520	Q50	84.9	203.59	206.63	206.05	207	0.0082	0.00544	2.76	37.59	33.86	0.57	1.07	116.42
520	Q100	108	203.59	206.9	206.42	207.3	0.0082	0.00546	2.97	47	38.01	0.59	1.25	130.3
520	Q200	132.7	203.59	207.1	206.8	207.57	0.0082	0.00600	3.27	55.03	42.1	0.62	1.27	153.87

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE													
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA													
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio 112 di 173		Rev.:				N° documento Cliente: REL-CI-09106				
					00								

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
510	Q50	84.9	203.17	206.48	205.44	206.73	0.0225	0.00344	2.29	43.66	37.91	0.45	1.1	78.74
510	Q100	108	203.17	206.74	205.75	207.04	0.0225	0.00371	2.54	54.3	44.78	0.48	1.16	93.29
510	Q200	132.7	203.17	207.16	206.09	207.32	0.0225	0.00212	2.1	104.55	88.62	0.37	1.15	61.36
500	Q50	84.9	202.88	206.28	205.49	206.66	0.0109	0.00564	2.82	33.75	28.67	0.56	1.09	121.31
500	Q100	108	202.88	206.41	205.88	206.95	0.0109	0.00736	3.33	38.55	37.92	0.65	0.96	166.87
500	Q200	132.7	202.88	206.49	206.47	207.22	0.0109	0.00978	3.92	41.57	38.72	0.75	1.01	228.11
490	Q50	84.9	202.74	206.28	205.42	206.57	0.0038	0.00466	2.43	43.11	54.51	0.5	0.76	92.82
490	Q100	108	202.74	206.48	205.73	206.81	0.0038	0.00506	2.68	54.67	60.4	0.53	0.87	109.26
490	Q200	132.7	202.74	206.66	206.4	207.02	0.0038	0.00541	2.89	65.7	64.57	0.56	0.98	124.72
480	Q50	84.9	202.69	206.2	205.5	206.5	0.016	0.00534	2.55	45.14	62.13	0.54	0.7	103.23
480	Q100	108	202.69	206.44	206.19	206.73	0.016	0.00505	2.65	60.6	68.42	0.53	0.86	107.72
480	Q200	132.7	202.69	206.63	206.39	206.93	0.016	0.00494	2.76	74.4	71.39	0.53	1.01	113.56
470	Q50	84.9	202.49	206.14	205.32	206.43		0.00500	2.52	44.88	61.28	0.52	0.7	99.34
470	Q100	108	202.49	206.36	206.08	206.67		0.00500	2.67	59.5	68.48	0.53	0.84	108.57
470	Q200	132.7	202.49	206.55	206.33	206.87		0.00500	2.8	73.04	72.04	0.53	0.98	116.5

Tabella 15: Grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 7 e 8 del torrente Staggia nello stato di progetto (evidenziata in verde le sezioni interessate dall'attraversamento).

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 113 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

Modellazione attraversamento n. 9

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 114 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

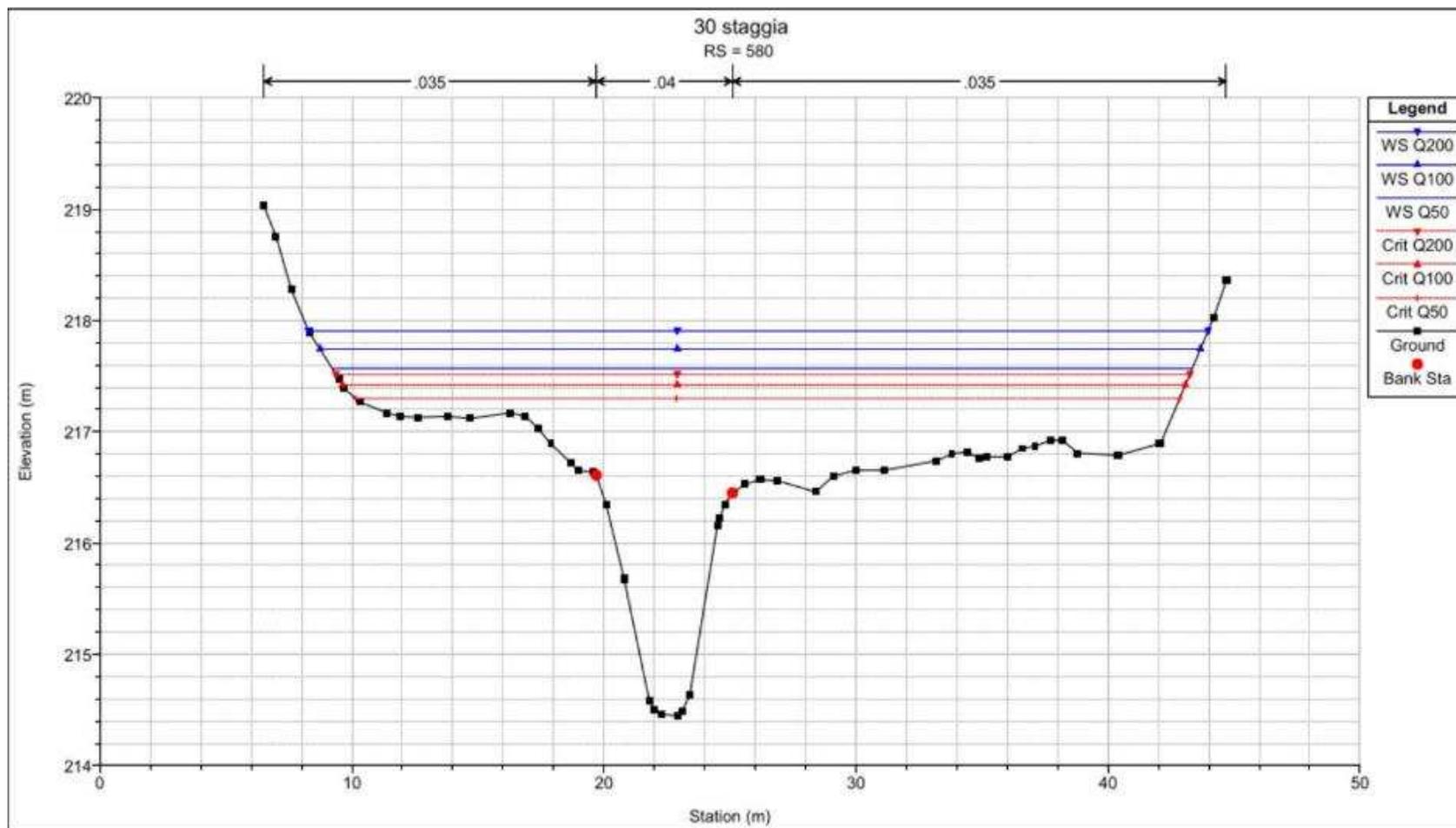


Figura 99: **RS=580** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 115 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

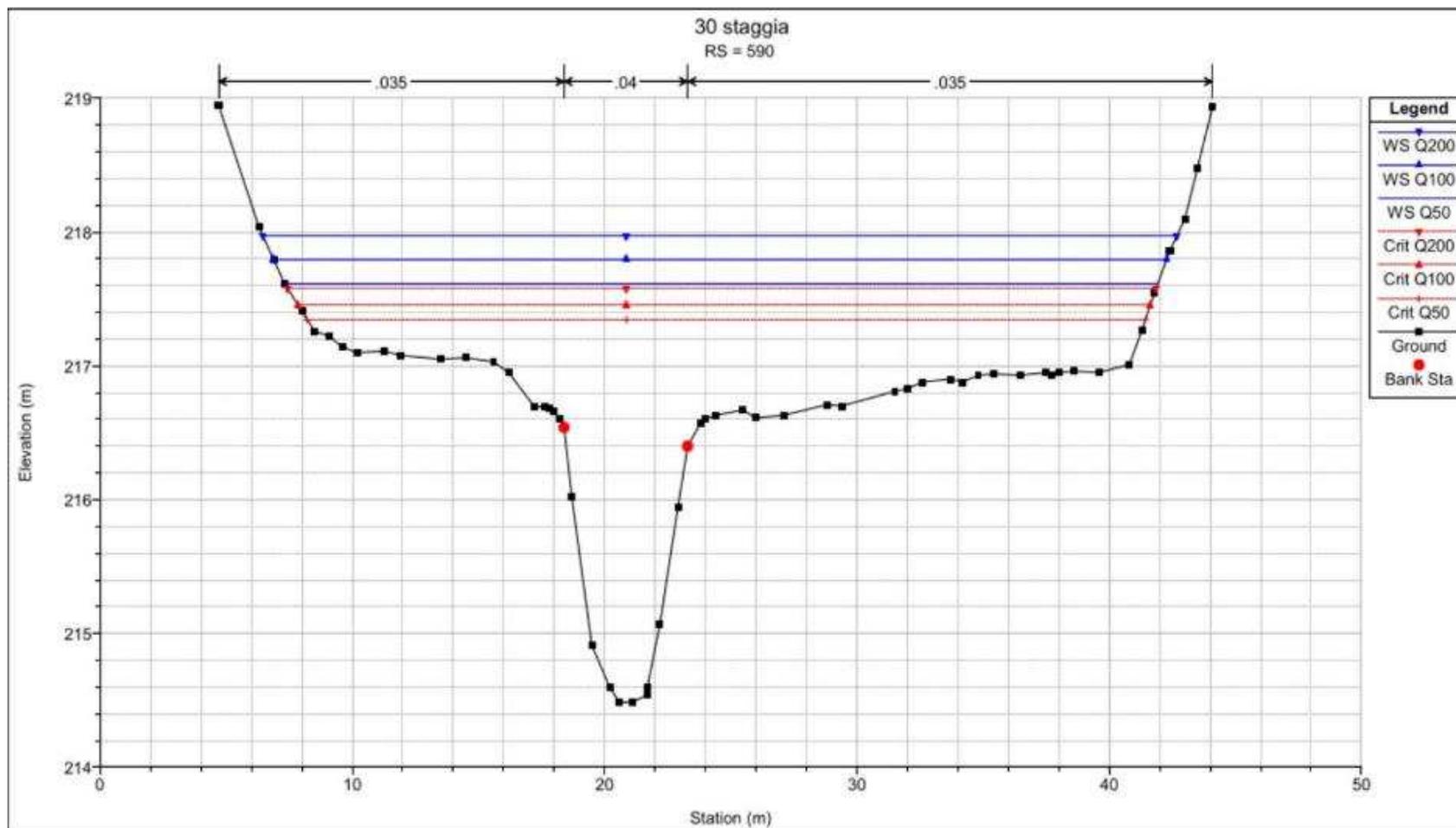


Figura 100: **RS=590** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 116 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

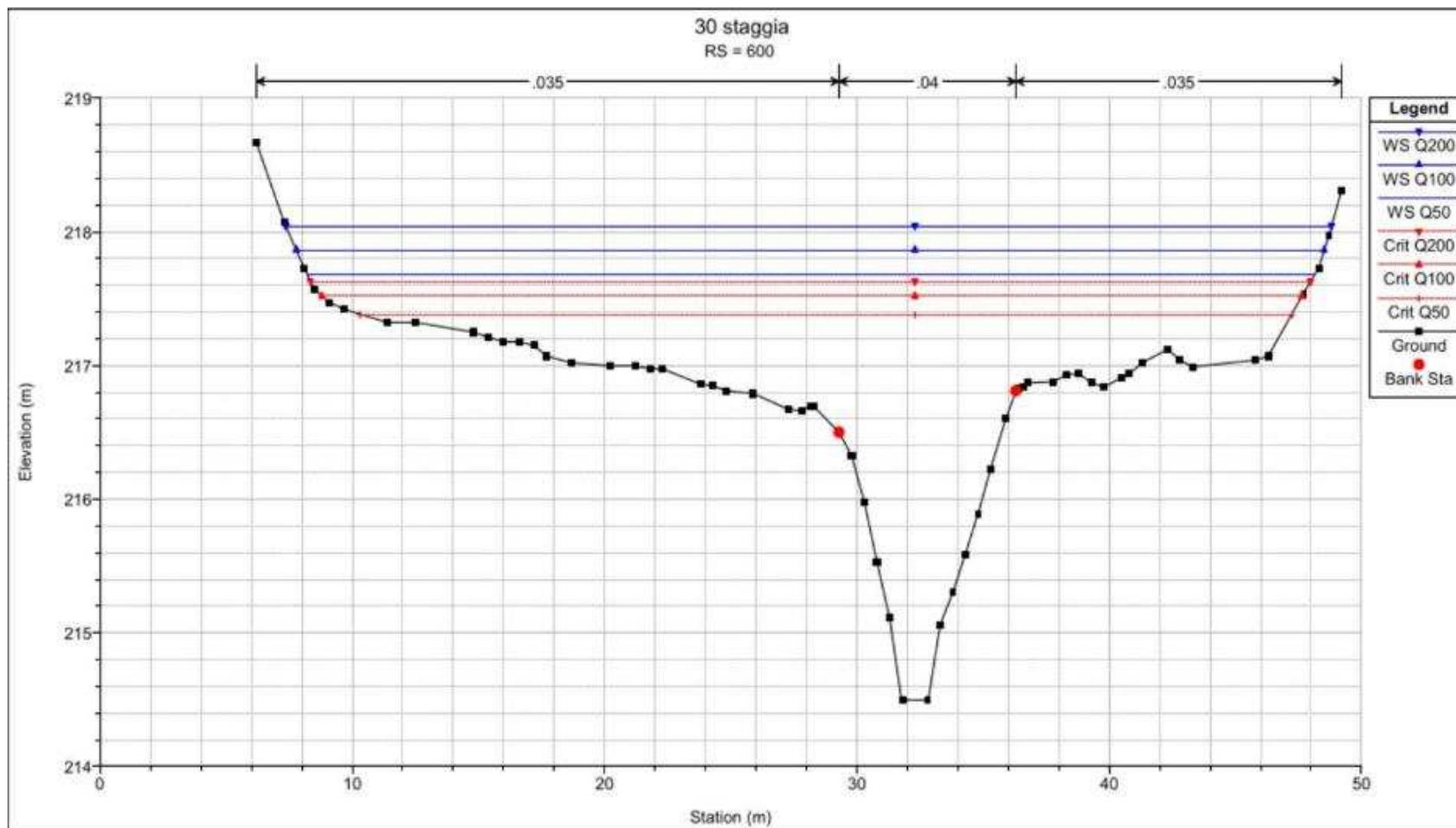


Figura 101: **RS=600** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 117 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

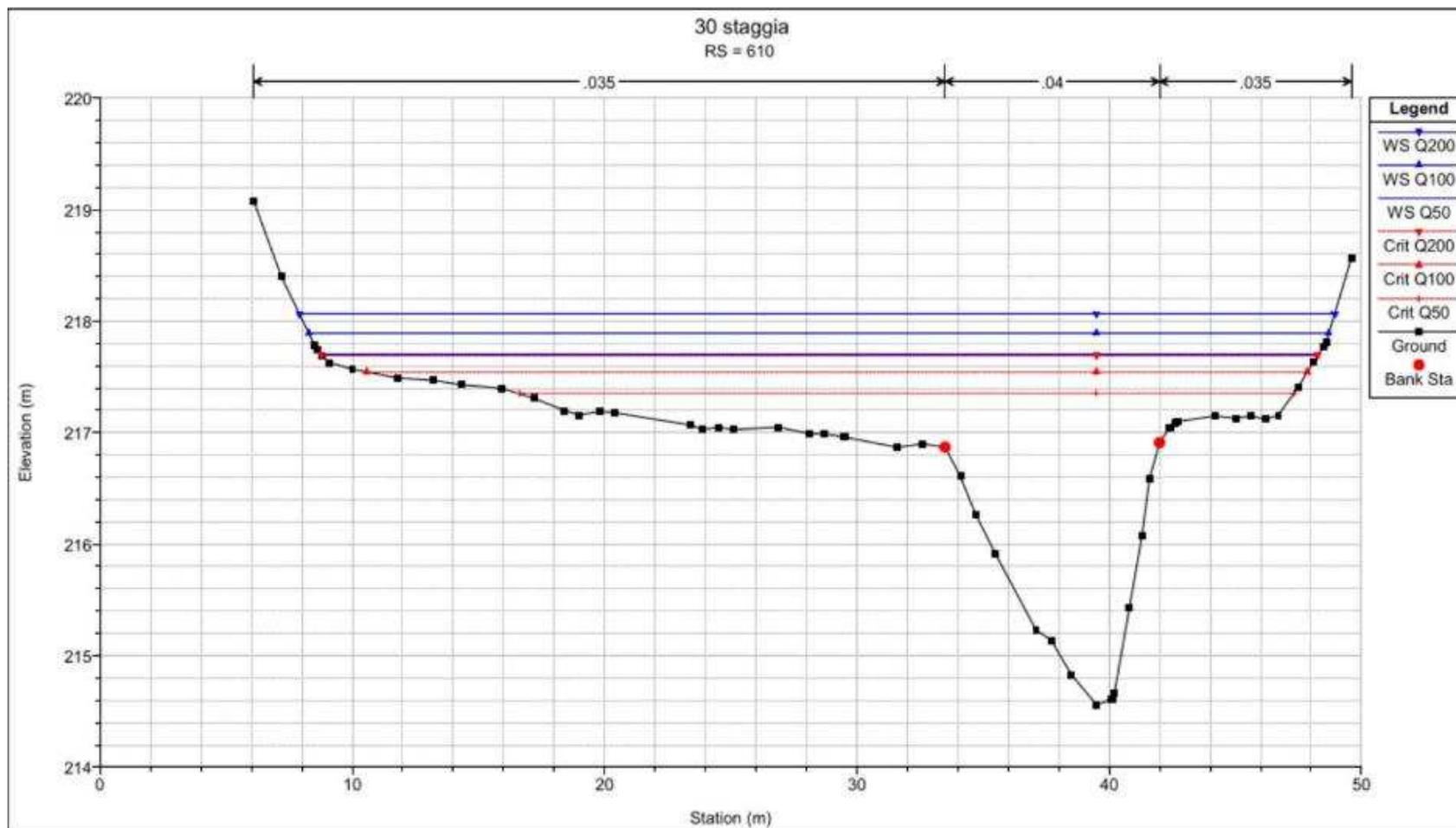


Figura 102: **RS=610** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 118 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

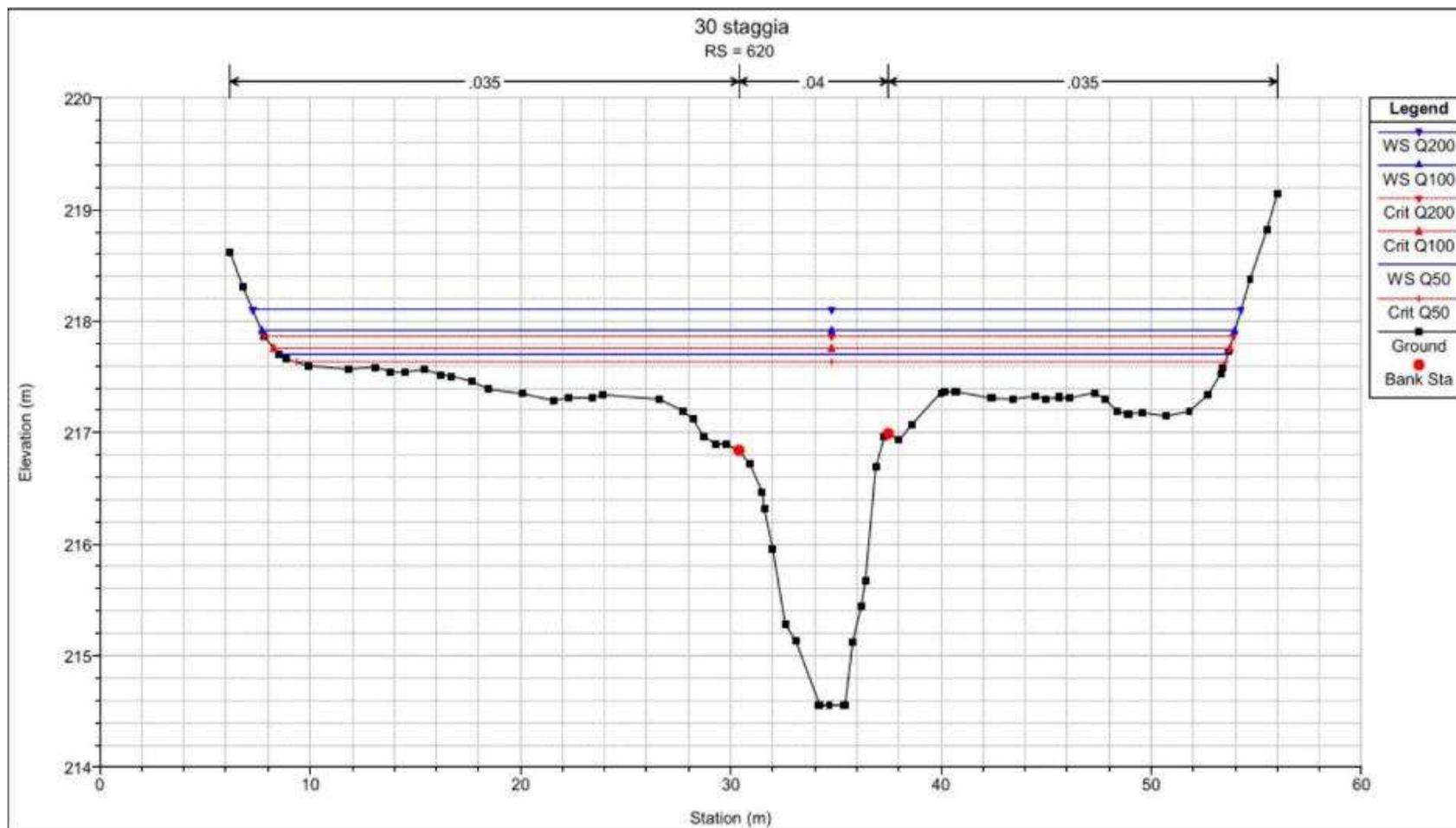


Figura 103: **RS=620** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 119 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

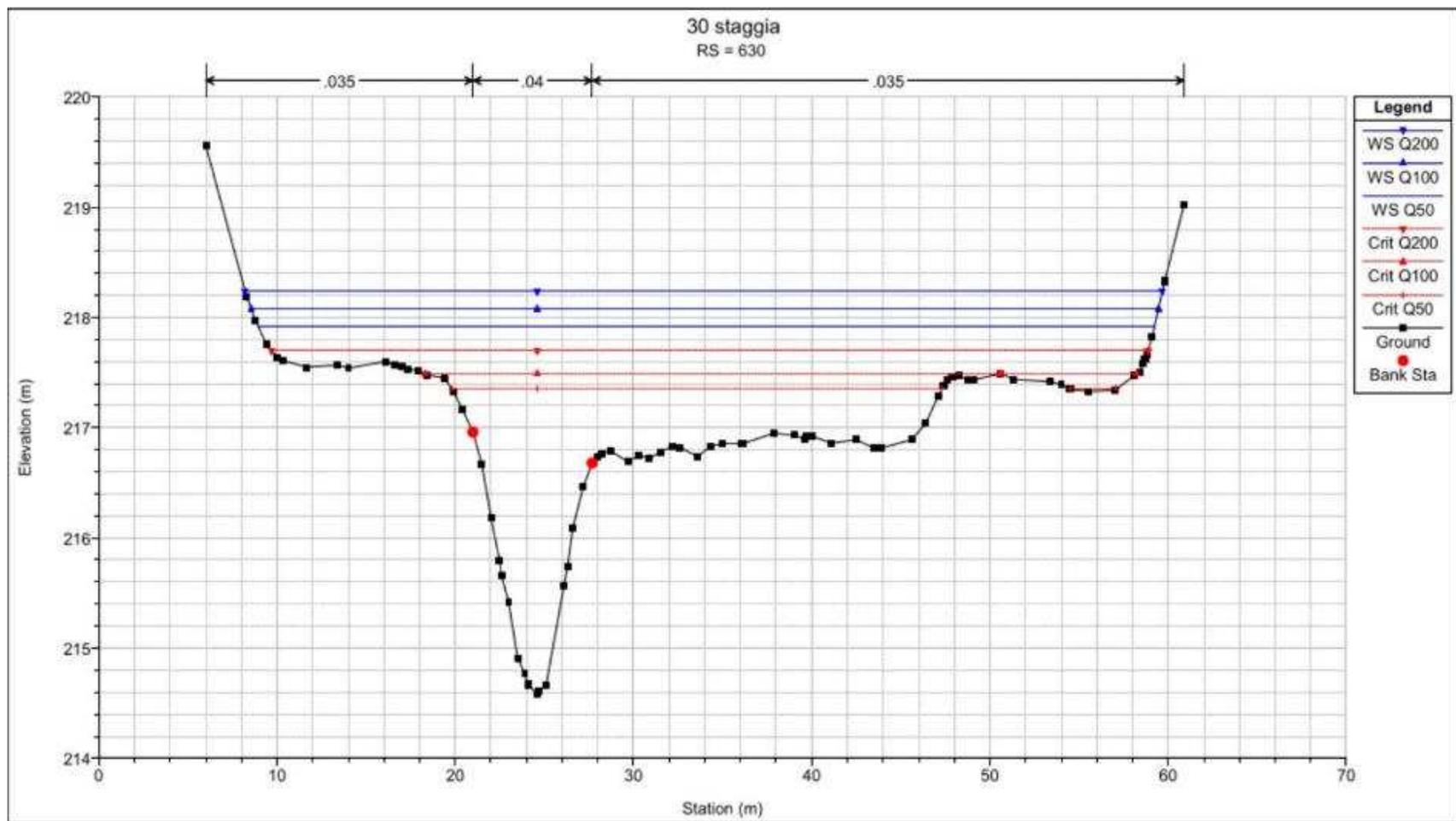


Figura 104: **RS=630** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 120 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

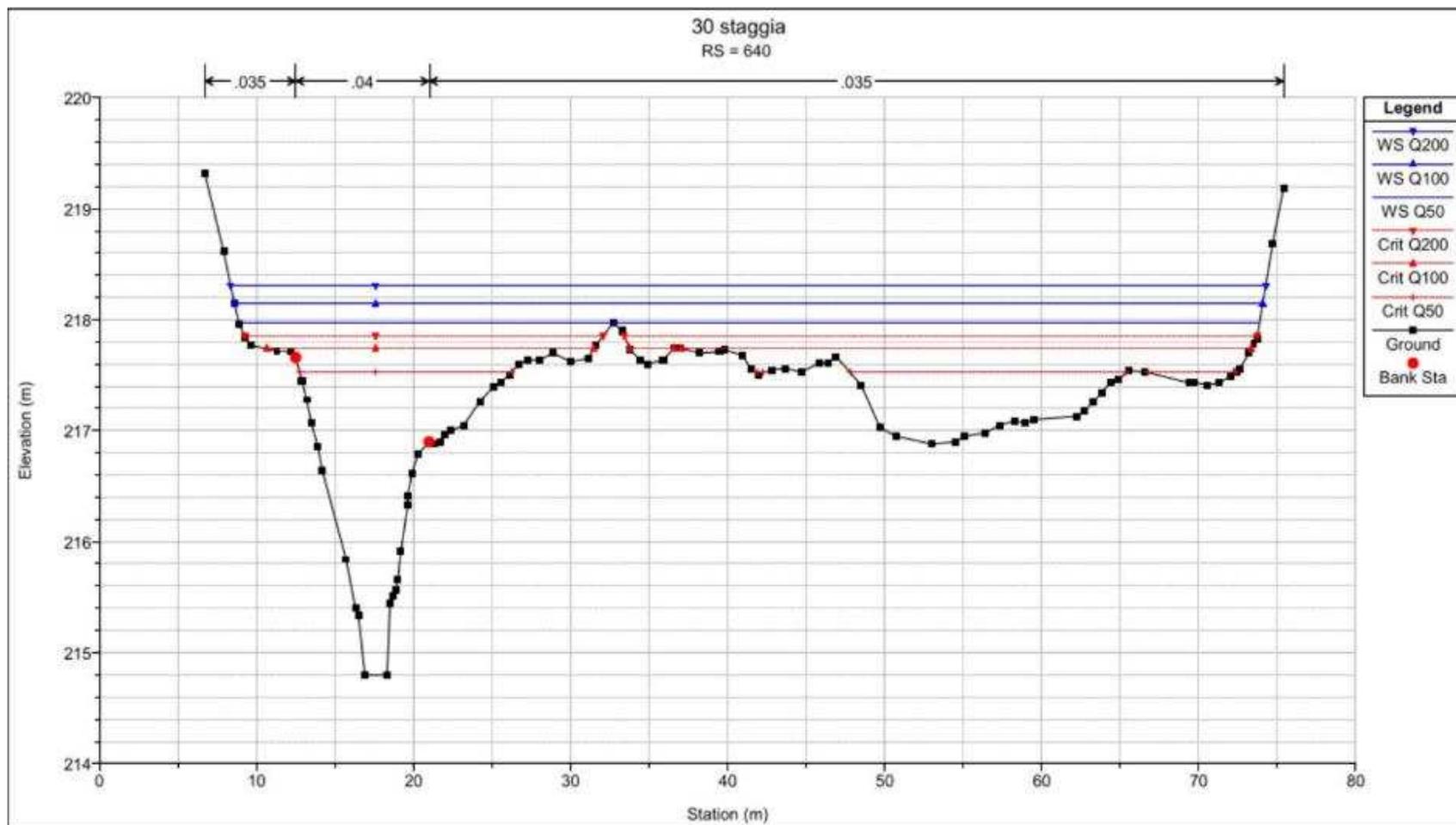


Figura 105: **RS=640** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 121 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

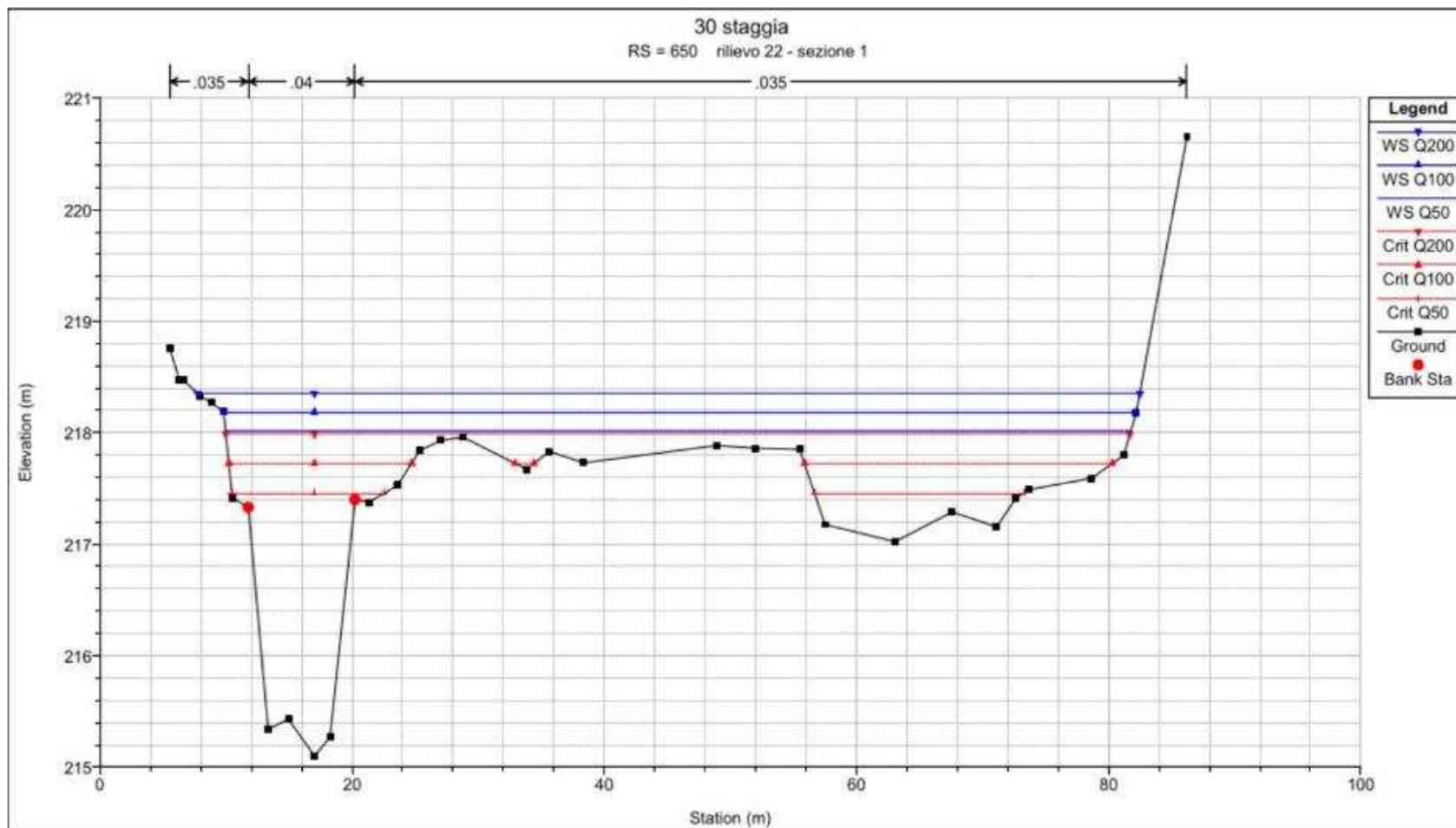


Figura 106: **RS=650** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 122 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

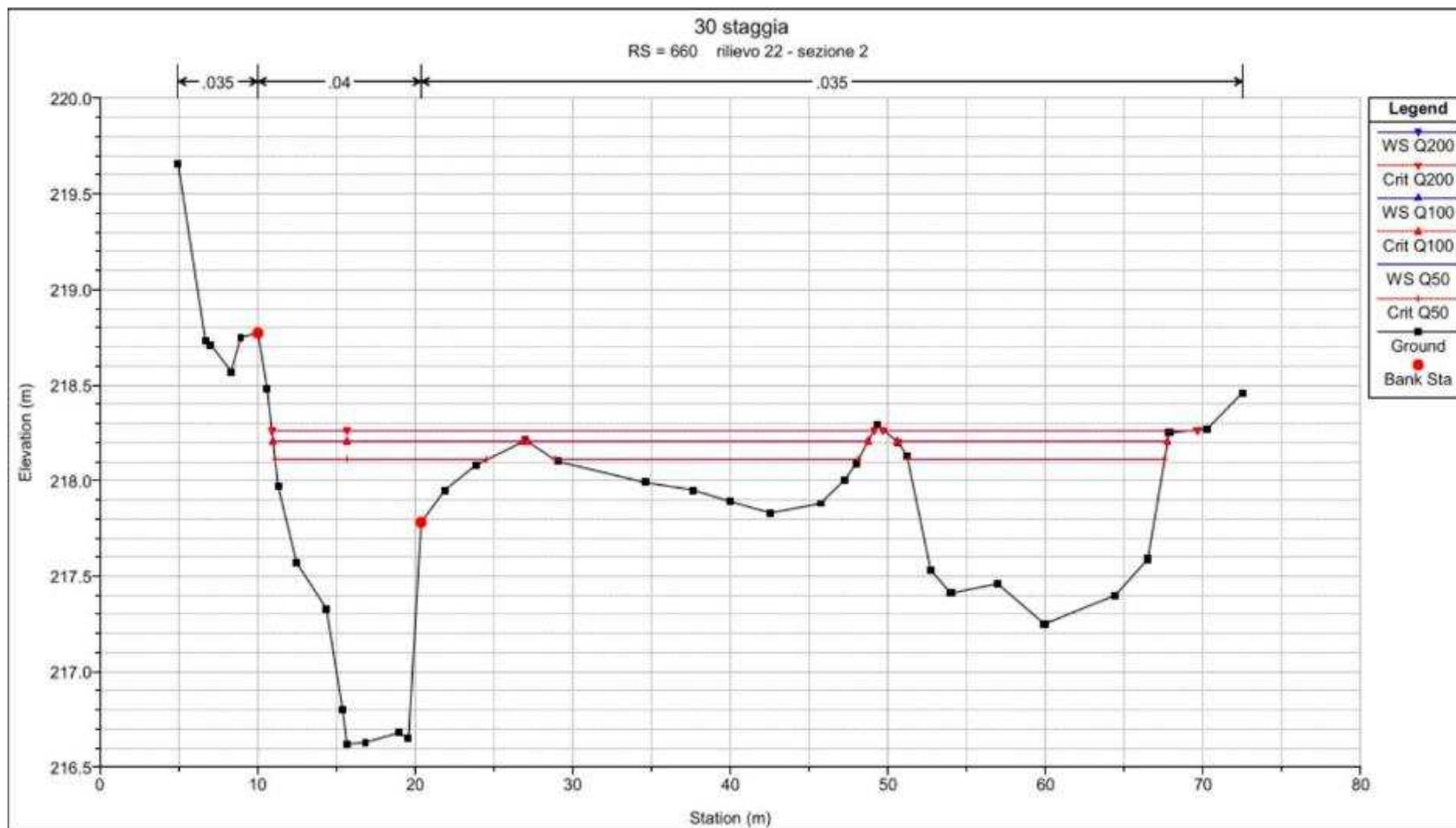


Figura 107: **RS=660** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 123 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

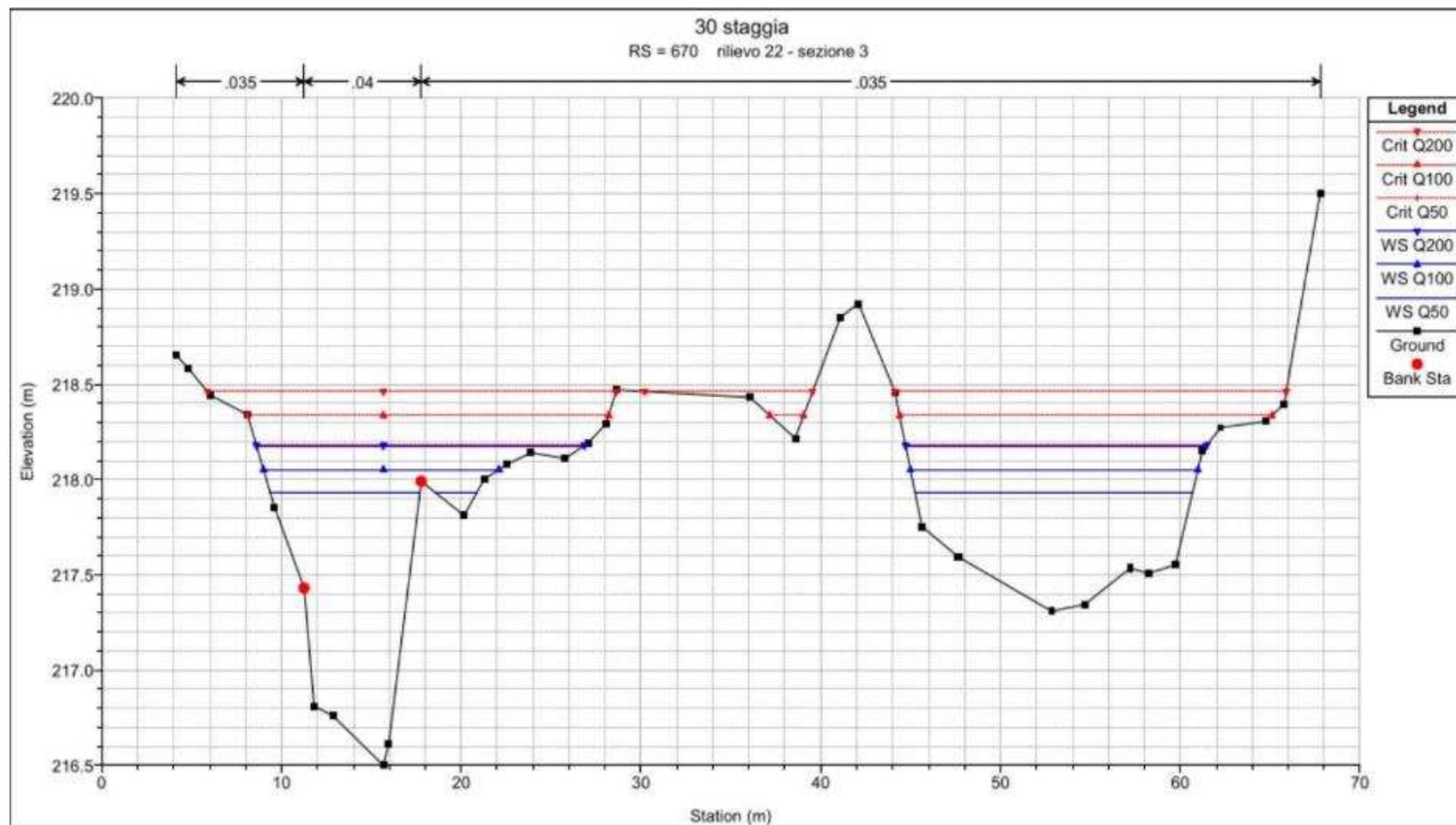


Figura 108: **RS=670** - Sezione trasversale a valle dell'attraversamento n. 9 del nuovo met. in corrispondenza della fine del rivestimento in massi di entrambe le sponde.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 124 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

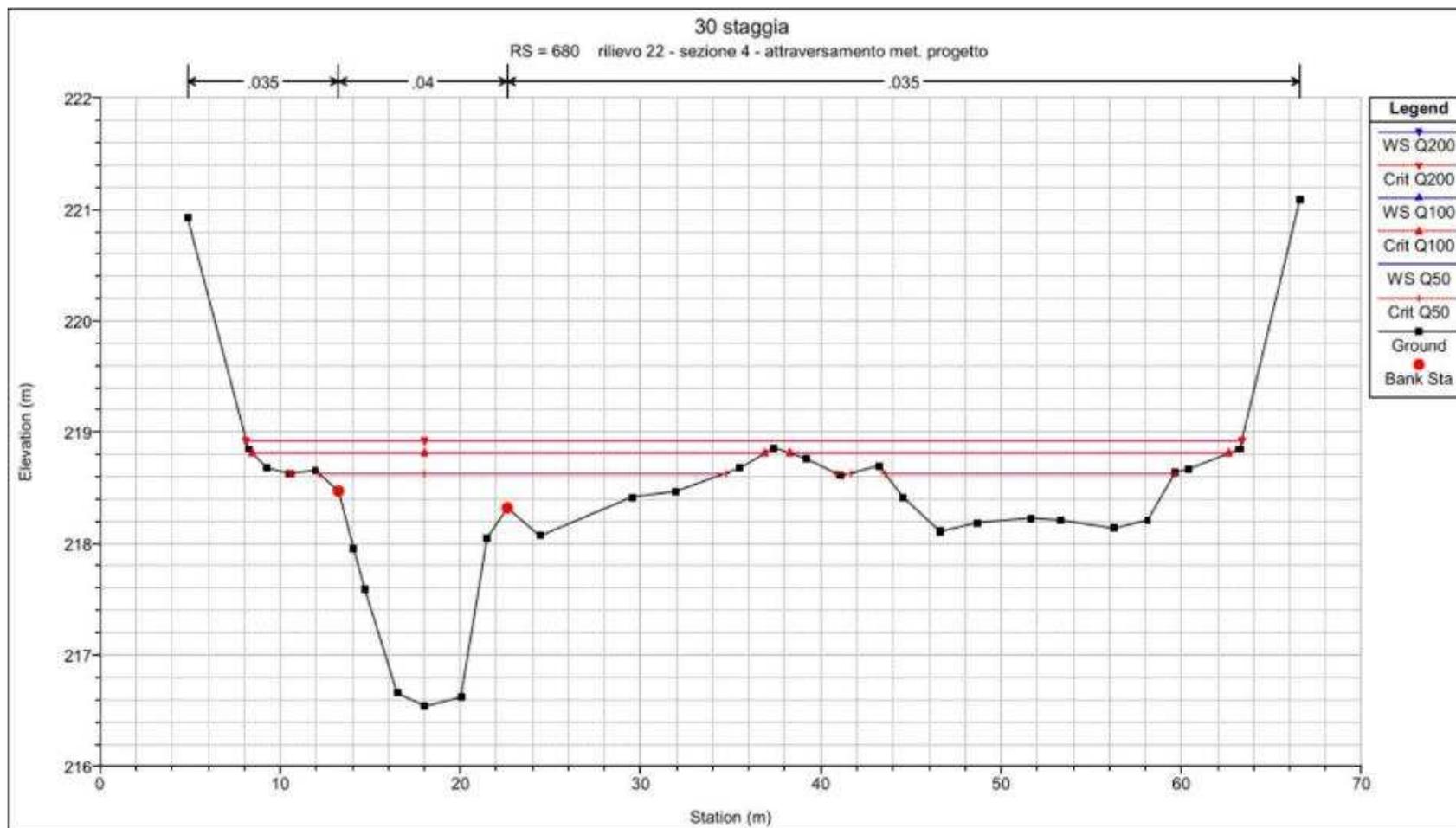


Figura 109: **RS=680** - Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 125 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

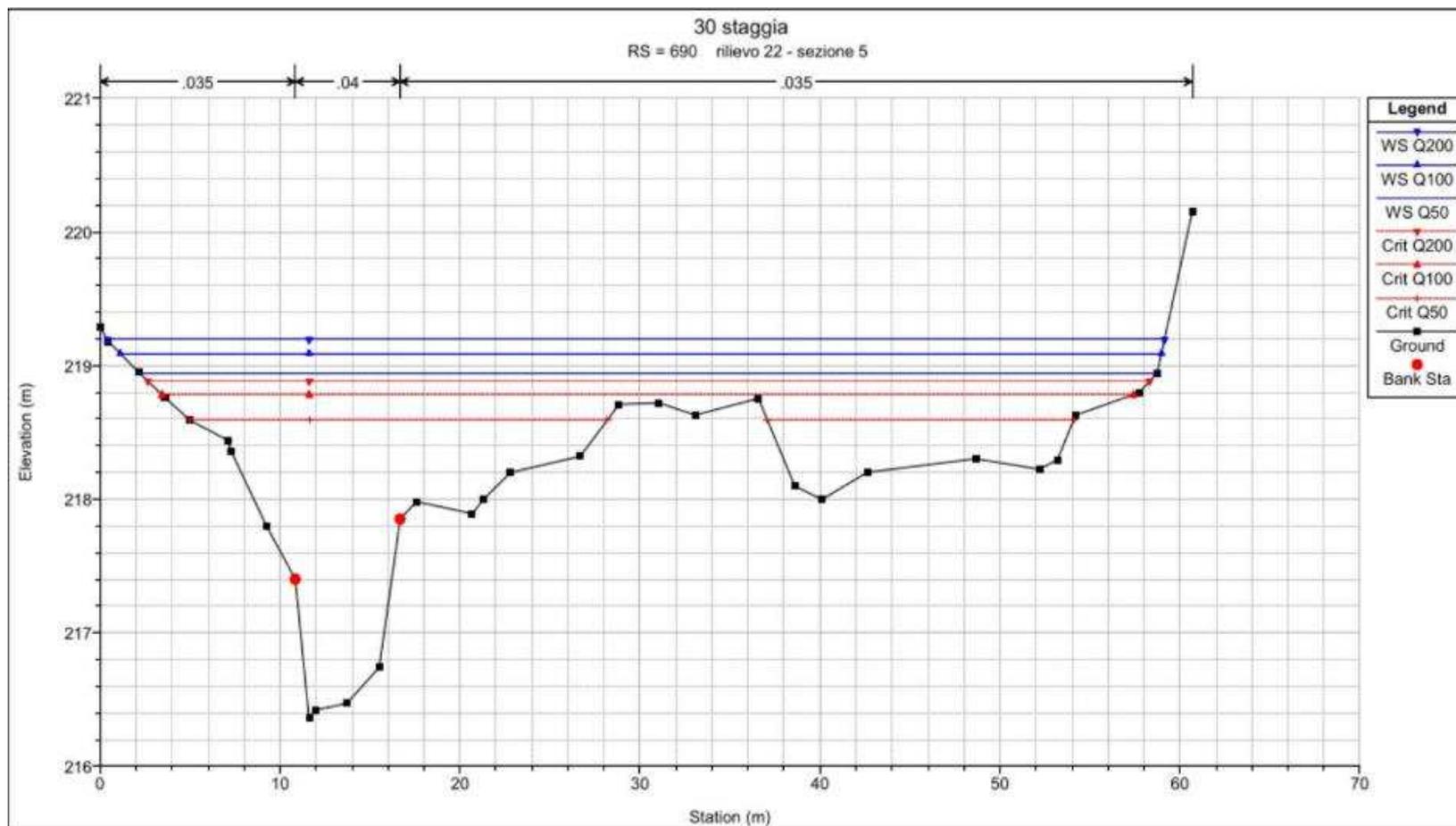


Figura 110: **RS=690** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 9 del nuovo met. In corrispondenza dell'inizio del rivestimento in massi in sponda destra.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 126 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

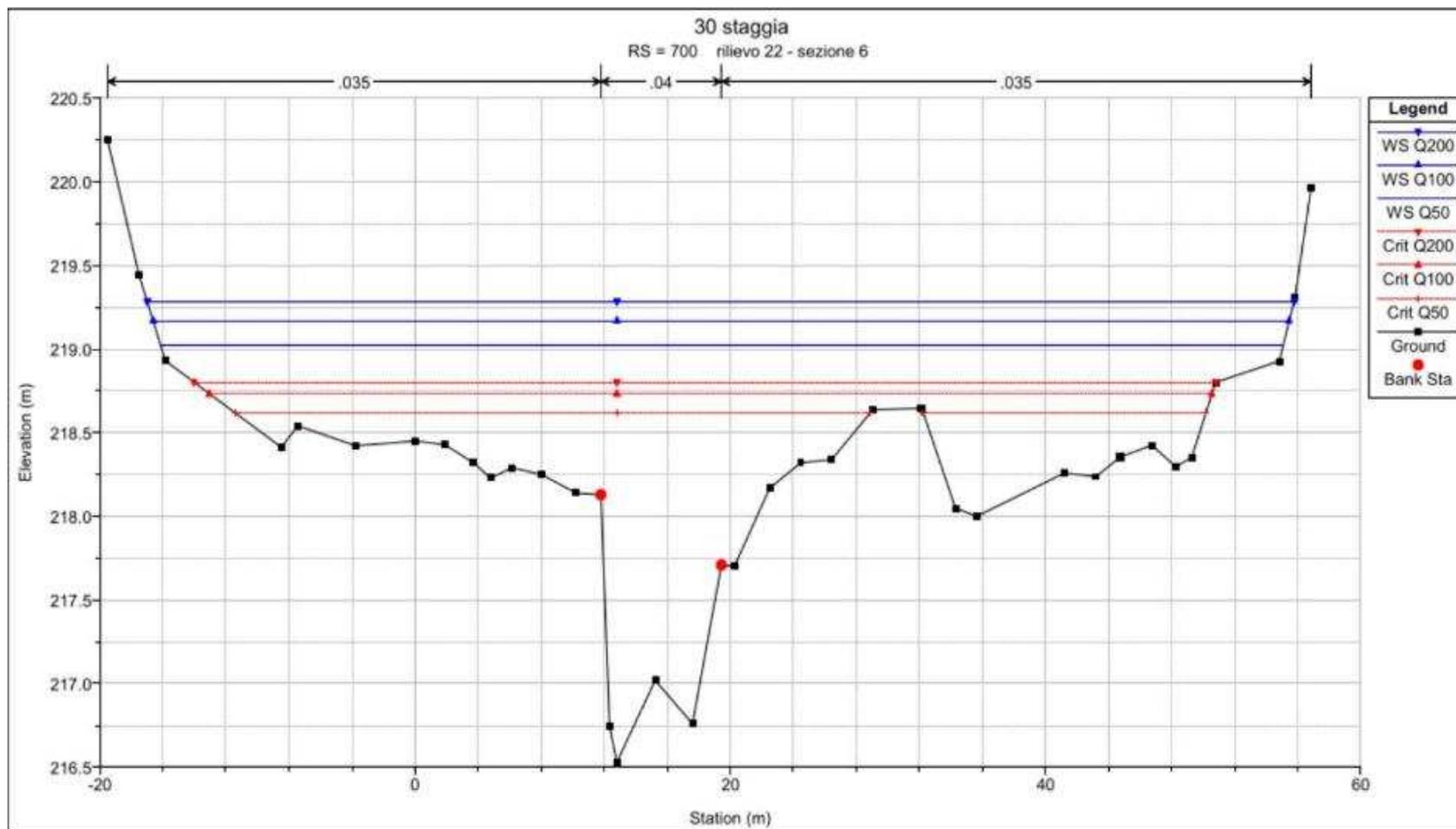


Figura 111: **RS=700** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 9 del nuovo met. Tratto con rivestimento in massi in sponda destra.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 127 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

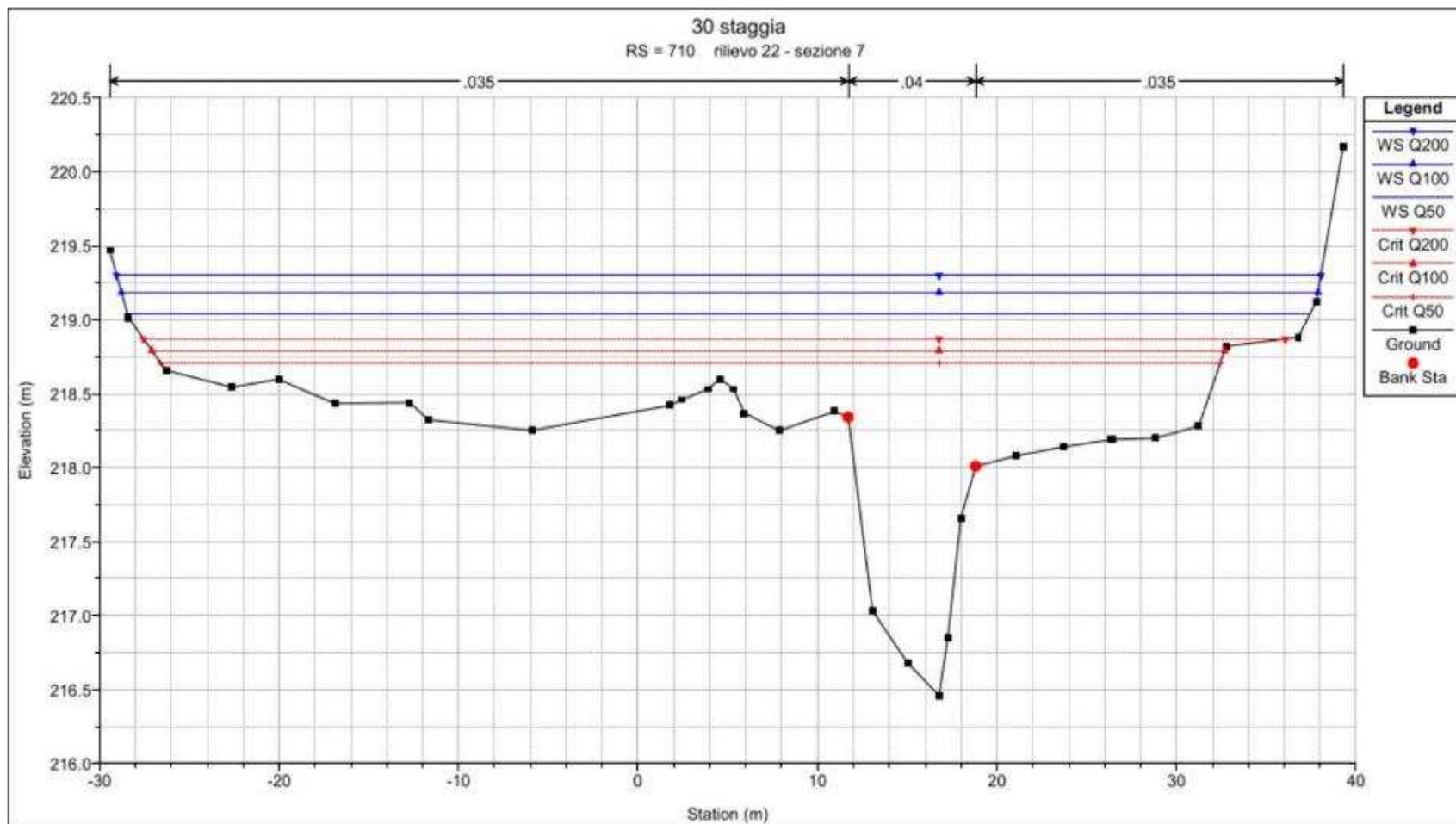


Figura 112: **RS=710** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 9 del nuovo met. Tratto con rivestimento in massi in sponda destra.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 128 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

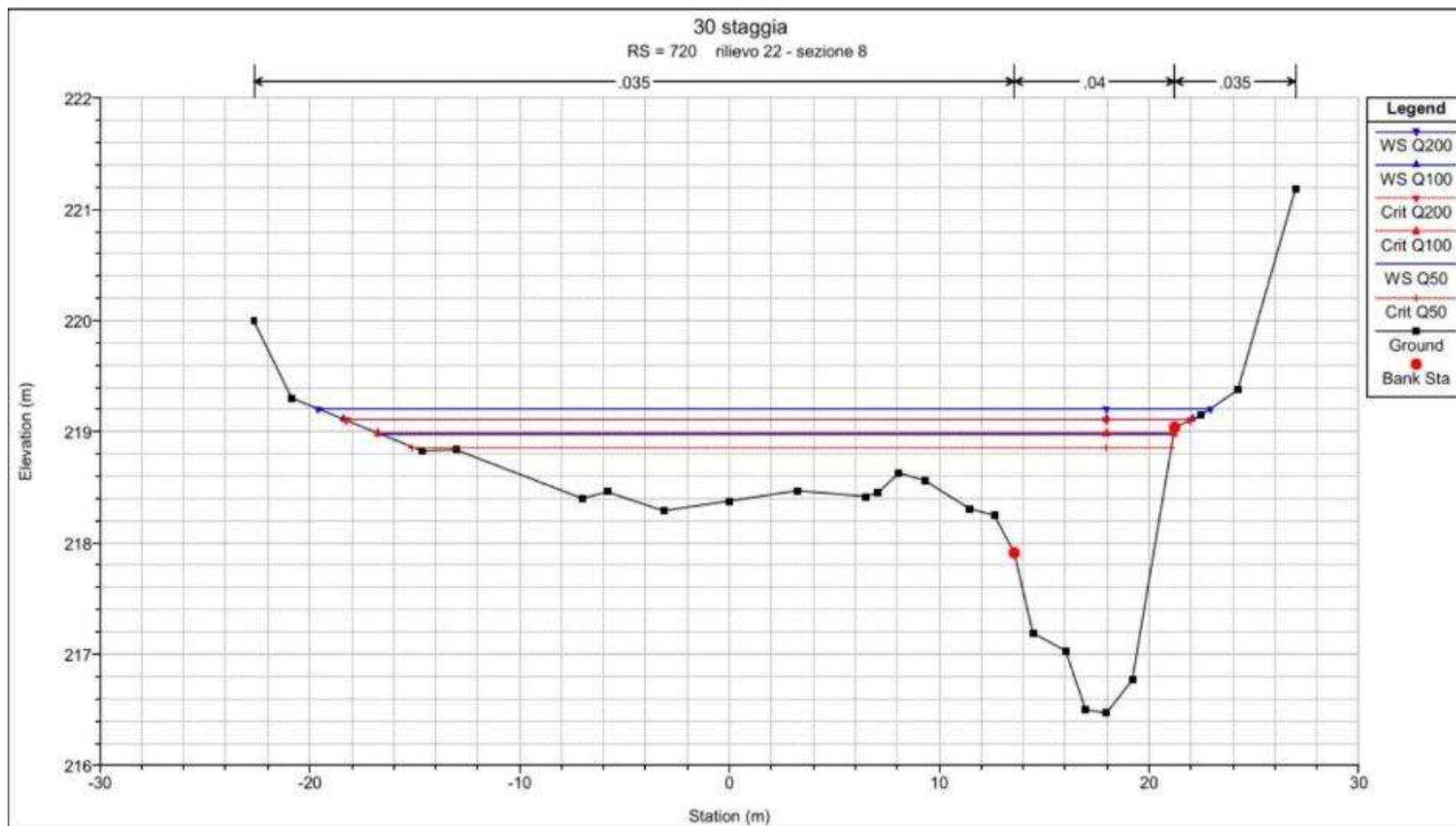


Figura 113: **RS=720** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 9 del nuovo met. In corrispondenza dell'inizio del rivestimento in massi in sponda destra.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 129 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

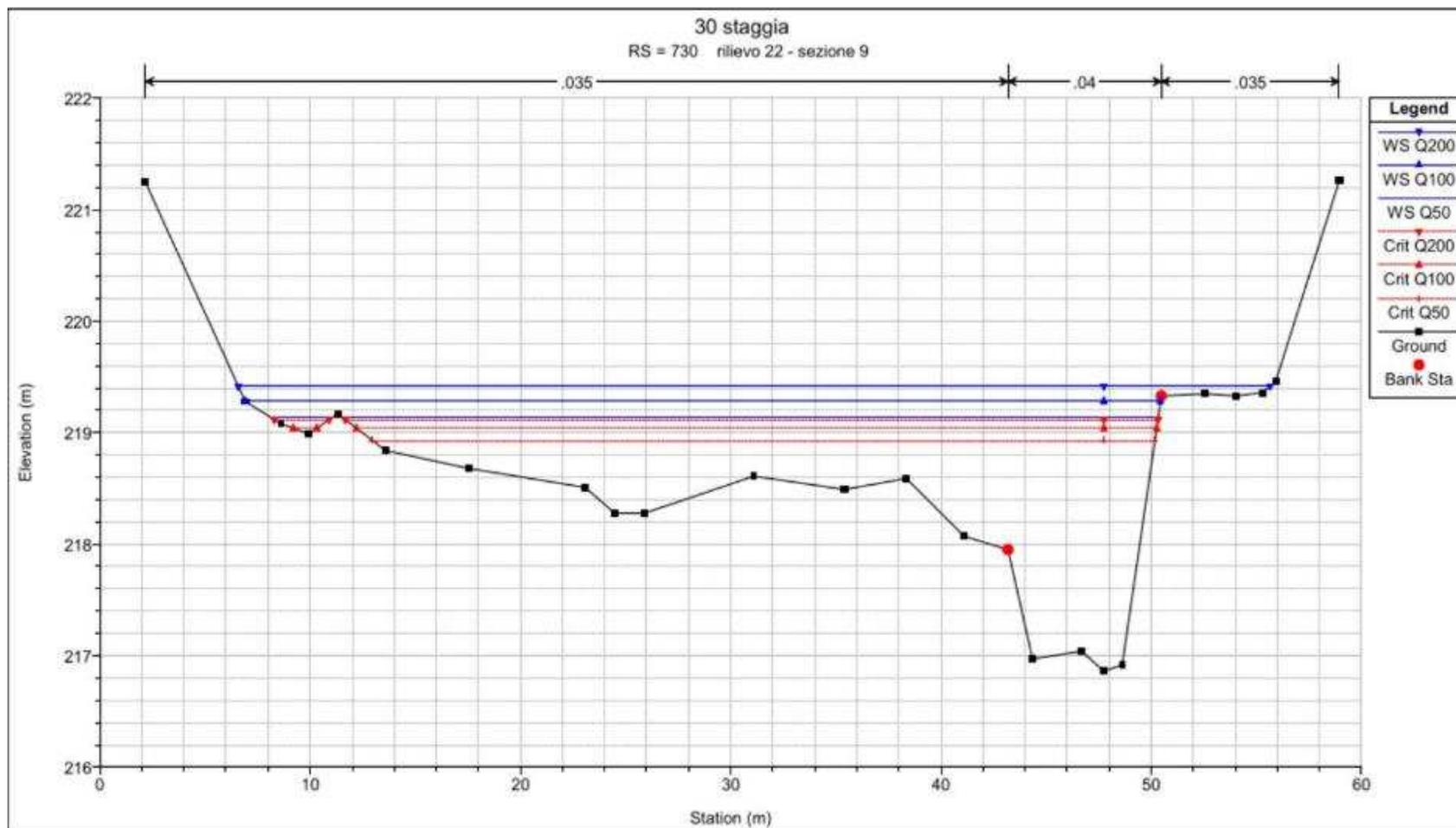


Figura 114: **RS=730** - Sezione trasversale a monte dell'attraversamento n. 9 del nuovo met.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE				
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA				
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 130 di 173	Rev.:	N° documento Cliente: REL-CI-09106	
		00		

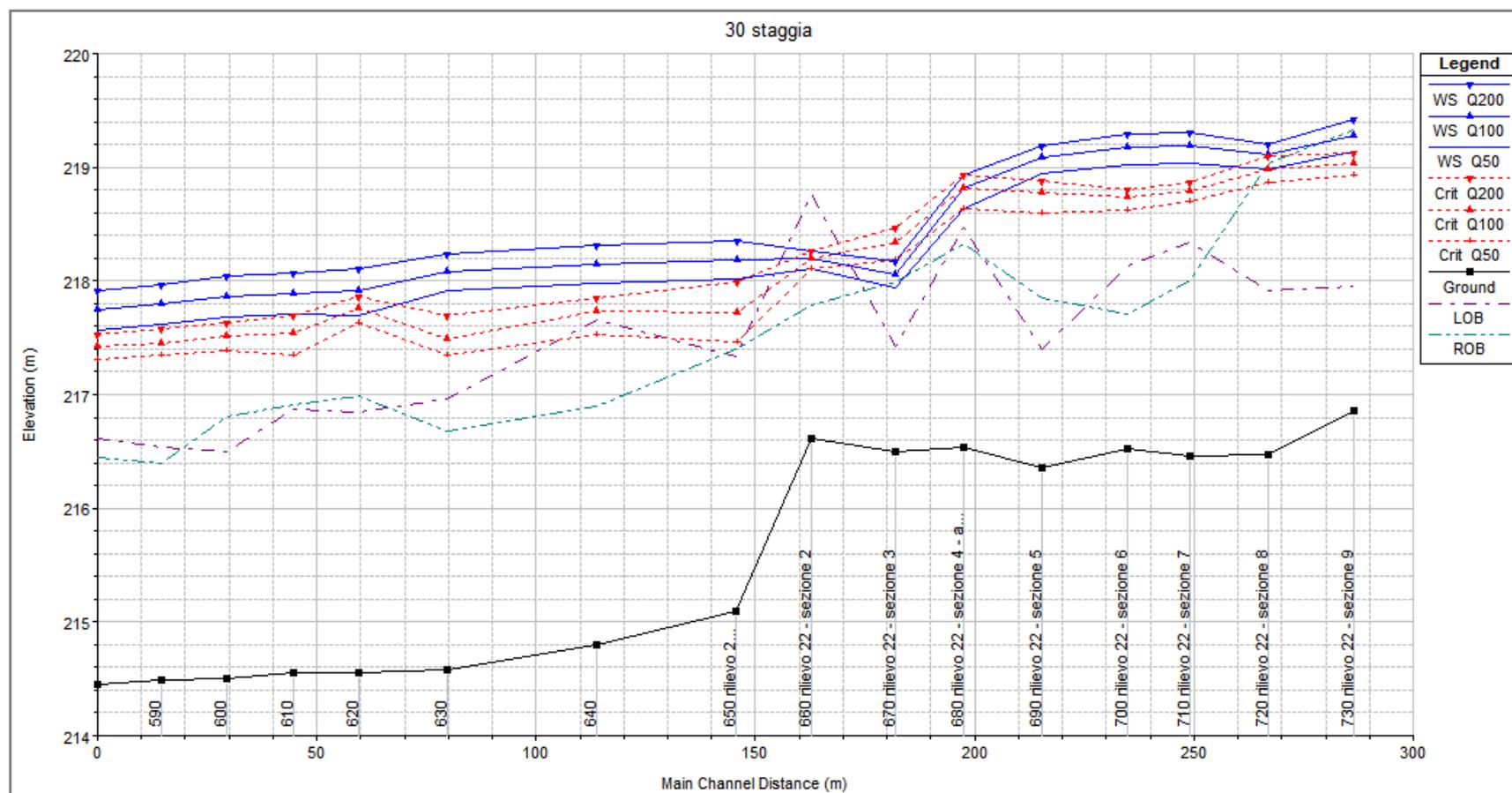


Figura 115: Profilo longitudinale del tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 9 del torrente Staggia. Il salto di fondo tra le RS650 e 660 è dovuto alla presenza di una soglia esistente. Le variazioni delle quote del ciglio di sponda in sinistra e destra (LOB/ROB) sono legate alla conformazione geometrica delle sezioni d'alveo esistenti.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
131 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

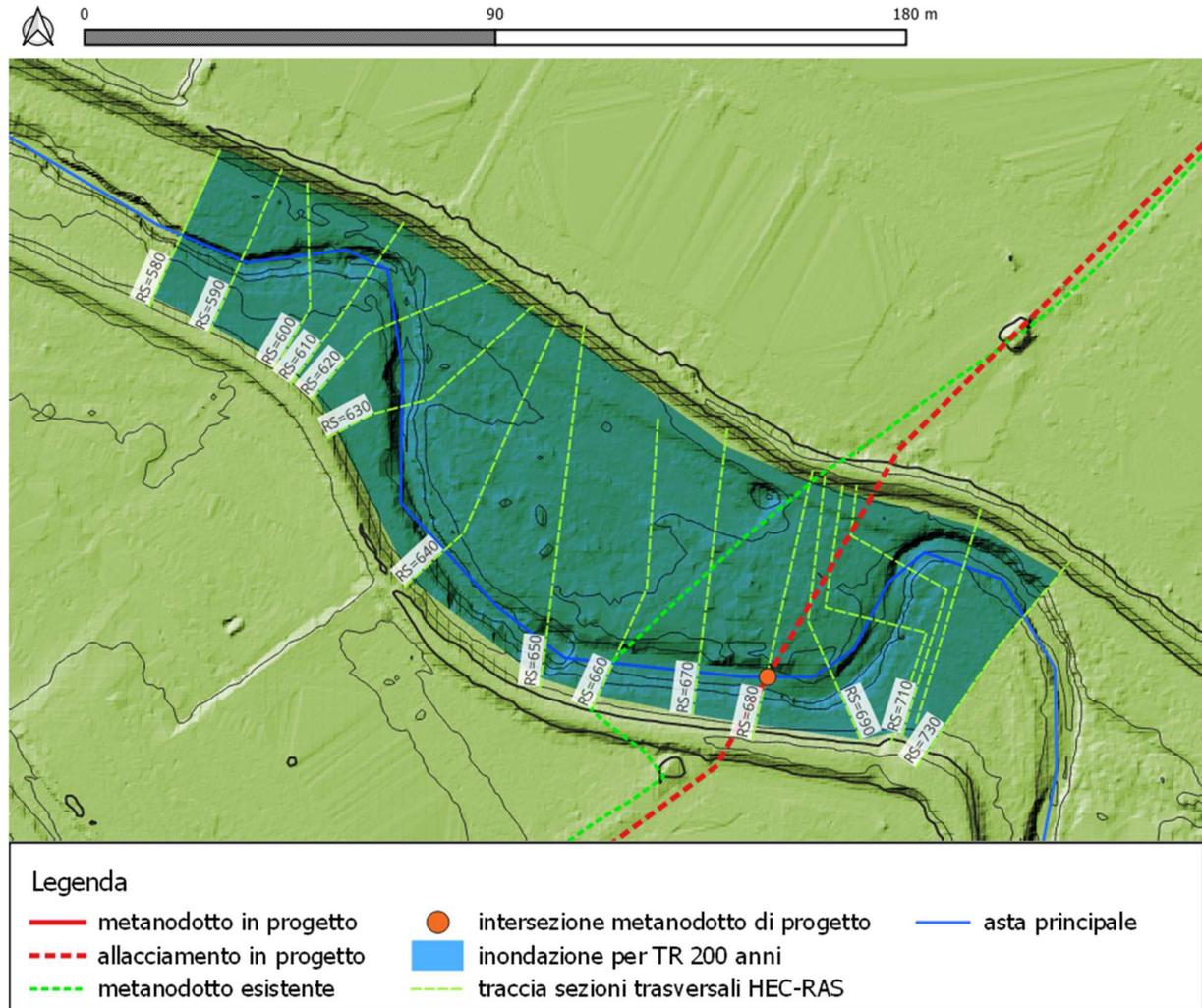


Figura 116: Area esondabile per Tr200 anni su DTM in corrispondenza dell'attraversamento n. 9.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
132 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

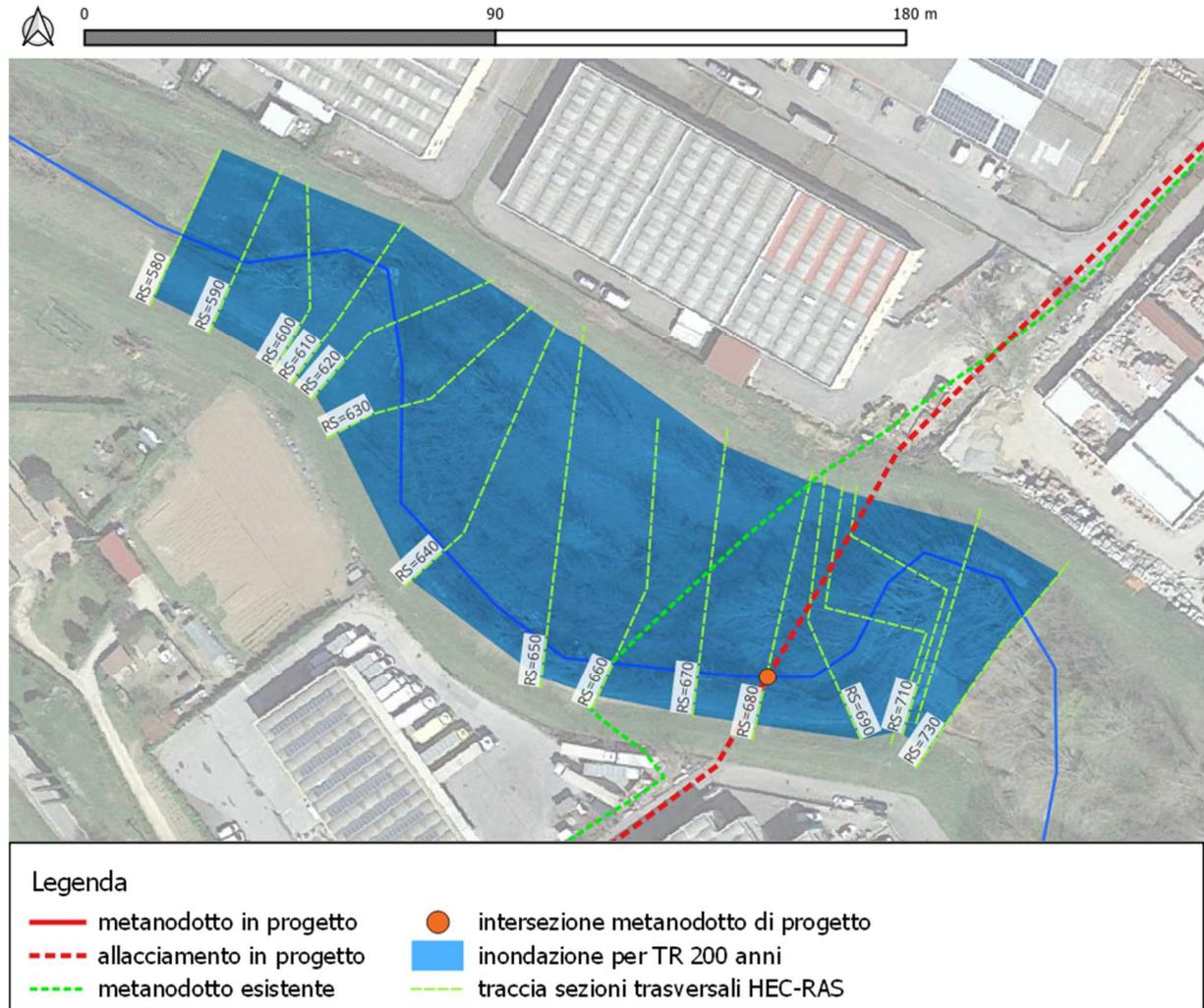


Figura 117: Area esondabile per Tr200 anni su ortofoto in corrispondenza dell'attraversamento n. 9.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE													
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA													
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006				Foglio 133 di 173		Rev.: 00				N° documento Cliente: REL-CI-09106			

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
730	Q50	50.3	216.86	219.14	218.93	219.28	0.02	0.00361	1.99	32.81	41.71	0.47	0.76	53.98
730	Q100	64.8	216.86	219.28	219.04	219.44	0.02	0.00387	2.14	39.14	43.54	0.49	0.87	61.14
730	Q200	80.3	216.86	219.42	219.12	219.6	0.02	0.00389	2.23	45.39	49.08	0.49	0.89	65.38
720	Q50	50.3	216.47	218.98	218.86	219.19	0.0006	0.00490	2.33	28.49	37.86	0.55	0.72	73.93
720	Q100	64.8	216.47	219.11	218.99	219.35	0.0006	0.00534	2.54	33.53	40.45	0.58	0.8	85.66
720	Q200	80.3	216.47	219.21	219.1	219.49	0.0006	0.00614	2.8	37.45	42.54	0.63	0.85	103.13
710	Q50	50.3	216.46	219.04	218.71	219.1	-0.0048	0.00160	1.41	50.61	65.88	0.32	0.75	26.41
710	Q100	64.8	216.46	219.18	218.79	219.25	-0.0048	0.00158	1.48	60.2	66.65	0.33	0.88	28.04
710	Q200	80.3	216.46	219.3	218.87	219.38	-0.0048	0.00167	1.57	68.04	67.09	0.34	0.99	31.25
700	Q50	50.3	216.53	219.02	218.62	219.08	0.0087	0.00126	1.3	55.7	71.22	0.29	0.77	21.99
700	Q100	64.8	216.53	219.17	218.73	219.23	0.0087	0.00126	1.36	66.12	72.08	0.29	0.9	23.54
700	Q200	80.3	216.53	219.29	218.8	219.35	0.0087	0.00135	1.46	74.6	72.77	0.31	1	26.45
690	Q50	50.3	216.36	218.95	218.59	219.04	-0.01	0.00207	1.75	43.14	56.58	0.37	0.74	38.72
690	Q100	64.8	216.36	219.09	218.78	219.19	-0.01	0.00212	1.84	51.26	57.84	0.38	0.86	42.11
690	Q200	80.3	216.36	219.19	218.88	219.31	-0.01	0.00234	2	57.39	58.73	0.41	0.95	48.71
680	Q50	50.3	216.54	218.63	218.63	218.95	0.0026	0.00915	2.79	23.1	39.77	0.75	0.56	113.37
680	Q100	64.8	216.54	218.81	218.81	219.11	0.0026	0.00789	2.81	31.64	52.77	0.71	0.59	110.07
680	Q200	80.3	216.54	218.93	218.93	219.23	0.0026	0.00759	2.89	38.07	55.25	0.71	0.67	113.73
670	Q50	50.3	216.5	217.94	218.18	218.67	-0.0062	0.03199	4.34	14.19	26.19	1.34	0.52	299.79
670	Q100	64.8	216.5	218.05	218.34	218.84	-0.0062	0.03092	4.53	17.41	29.09	1.34	0.58	317.63
670	Q200	80.3	216.5	218.18	218.46	218.97	-0.0062	0.02799	4.62	21.43	34.98	1.29	0.59	318.49

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA										
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio 134 di 173		Rev.:			N° documento Cliente: REL-CI-09106		

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
660	Q50	50.3	216.62	218.11	218.11	218.36	0.0899	0.01098	2.51	23.6	48.95	0.79	0.47	101.14
660	Q100	64.8	216.62	218.2	218.2	218.49	0.0899	0.01185	2.74	28.51	54.6	0.83	0.51	117.4
660	Q200	80.3	216.62	218.27	218.27	218.62	0.0899	0.01474	3.15	31.95	58.19	0.93	0.54	152.73
650	Q50	50.3	215.1	218.02	217.46	218.11	0.0094	0.00183	1.63	46.53	71.8	0.34	0.63	33.66
650	Q100	64.8	215.1	218.19	217.72	218.27	0.0094	0.00168	1.63	58.57	72.39	0.33	0.78	32.99
650	Q200	80.3	215.1	218.35	217.99	218.44	0.0094	0.00152	1.62	70.92	74.72	0.32	0.92	31.99
640	Q50	50.3	214.8	217.97	217.52	218.05	0.0064	0.00191	1.47	47.38	64.99	0.34	0.7	29.23
640	Q100	64.8	214.8	218.14	217.74	218.21	0.0064	0.00172	1.48	58.3	65.45	0.33	0.86	28.68
640	Q200	80.3	214.8	218.31	217.86	218.39	0.0064	0.00156	1.48	69.41	65.9	0.31	1.01	28
630	Q50	50.3	214.58	217.92	217.35	217.99	0.001	0.00141	1.43	46.81	50.29	0.3	0.9	26.11
630	Q100	64.8	214.58	218.08	217.49	218.16	0.001	0.00149	1.54	54.79	50.9	0.31	1.04	29.41
630	Q200	80.3	214.58	218.24	217.7	218.33	0.001	0.00150	1.61	63.17	51.46	0.32	1.18	31.57
620	Q50	50.3	214.56	217.7	217.63	217.93	0	0.00466	2.4	29.08	45.15	0.52	0.61	76.03
620	Q100	64.8	214.56	217.91	217.76	218.1	0	0.00377	2.3	38.8	46.28	0.48	0.8	67.63
620	Q200	80.3	214.56	218.1	217.87	218.28	0	0.00328	2.26	47.66	47.01	0.45	0.97	63.61
610	Q50	50.3	214.56	217.7	217.35	217.85	0.0039	0.00270	1.93	34.11	39.55	0.42	0.83	48.09
610	Q100	64.8	214.56	217.89	217.54	218.05	0.0039	0.00264	2.02	41.62	40.42	0.42	0.99	51.14
610	Q200	80.3	214.56	218.07	217.7	218.23	0.0039	0.00257	2.1	48.9	41.04	0.42	1.14	53.67
600	Q50	50.3	214.5	217.68	217.38	217.8	0.0007	0.00268	1.89	35.49	39.9	0.41	0.85	46.23
600	Q100	64.8	214.5	217.87	217.52	218	0.0007	0.00255	1.95	43.11	40.75	0.41	1.01	47.96

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA										
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006			Foglio di 173		Rev.:			N° documento Cliente: REL-CI-09106		
					00					

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.)	Pend. tratto (m/m)	P. linea carichi (m/m)	Velocità (m/s)	Area bagnata (m²)	Larghezz a p.l. (m)	n. Froude	Raggio idr. (m)	Tension e tan. (N/m²)
600	Q200	80.3	214.5	218.04	217.63	218.19	0.0007	0.00246	2.01	50.47	41.45	0.41	1.17	49.85
590	Q50	50.3	214.49	217.62	217.34	217.76	0.0028	0.00293	2.02	33.09	34.63	0.41	0.9	52.31
590	Q100	64.8	214.49	217.8	217.45	217.96	0.0028	0.00295	2.12	39.41	35.4	0.41	1.05	56.46
590	Q200	80.3	214.49	217.97	217.58	218.15	0.0028	0.00296	2.22	45.55	36.21	0.42	1.18	60.46
580	Q50	50.3	214.45	217.57	217.3	217.72		0.00330	2.03	31.77	34.1	0.44	0.88	54.49
580	Q100	64.8	214.45	217.74	217.42	217.91		0.00330	2.14	37.92	34.93	0.44	1.02	58.8
580	Q200	80.3	214.45	217.91	217.52	218.1		0.00330	2.24	43.87	35.7	0.45	1.16	62.98

Tabella 16: Grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto modellato per il calcolo della profondità di erosione in corrispondenza dell'attraversamento n. 9 del torrente Staggia nello stato di progetto (evidenziata in verde le sezioni interessate dall'attraversamento).

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 136 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

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 rinterro, si utilizzeranno due formulazioni alternative, assumendo poi il valore più cautelativo tra i due calcolati:

a) espressione di Schoklitsch:

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

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

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 137 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

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.

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

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

è poi possibile ricavare la massima profondità di erosione come:

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

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.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 138 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

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:

$$h_g = Y_m \cdot \left(0,9 + 3,7 \frac{B_f}{r_c} \right)$$

mentre per angoli al centro inferiori a 60° risulta:

$$h_g = Y_m \cdot \left(1,2 + \frac{B}{r_c} \right)$$

dove, oltre ai simboli già visti in precedenza, Y_m 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:

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

Il valore di erosione finale da considerare nella definizione della profondità di posa della condotta 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 questo attraversamento si può escludere la casistica di cui al punto 2 in quanto, anche se nel tratto d'alveo studiato sono presenti alcuni manufatti in alveo (quali una briglia trasversale posta a valle dell'attraversamento 9 per cui con effetto stabilizzante, ed un ponte stradale collocato tra l'attraversamento 7 ed 8), in tutti i casi tuttavia le distanze esistenti tra i suddetti manufatti e le sezioni di intervento sono tali che gli eventuali effetti erosivi ad essi correlabili non risultano incidere sulla zona ove è prevista la realizzazione dell'opera in progetto.

Si procede quindi ad analizzare il caso 1, 3 e 4.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA						
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 139 di 173		Rev.:		N° documento Cliente: REL-CI-09106
				00		

Caso 1

Utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate al Paragrafo 3.3 e sintetizzate in Tabella 13, Tabella 14, Tabella 15 e Tabella 16 per il tempo di ritorno di 200 anni e considerando il fattore di sicurezza pari a 1,30, dall'espressione (a) di Schoklitsch e dall'espressione (b) si ottiene:

Numero attraversamento	Profondità di erosione* (m)		
	Espressione (a)	Espressione (b)	Massimo tra (a) e (b)
1	2,39	2,28	2,39
2	1,94	2,53	2,53
3	2,08	3,04	3,04
4	2,01	2,62	2,62
5	1,92	2,64	2,64
6	1,79	2,34	2,34
7	1,75	1,71	1,75
8	1,88	1,87	1,88
9	1,42	1,55	1,55

Nota: (*) valori comprensivi del fattore di sicurezza pari a 1,30

Tabella 17: Valori di profondità di erosione per gli attraversamenti del torrente Staggia per il caso di discontinuità di fondo.

Caso 3

Con riferimento alle grandezze caratteristiche calcolate in Tabella 13, Tabella 14, Tabella 15 e Tabella 16, si ricavano i seguenti risultati (in cui il significato dei vari simboli utilizzato è indicato in precedenza):

N. attraversamento	B_f [m]	Y [m]	D [mm]	β	β_c	erosione $\beta > \beta_c$
1	6,5	3,51	10	0,93	10,2	NO
2	4,1	3,89	10	0,53	9,3	NO
3	3,3	4,68	10	0,35	11,5	NO
4	3,4	4,03	10	0,42	10,4	NO
5	2,2	4,06	10	0,27	11,7	NO
6	5,2	3,6	10	0,72	11,0	NO
7	5,4	2,63	10	1,03	11,0	NO
8	4,7	2,87	10	0,82	9,9	NO
9	3,5	2,39	10	0,73	10,4	NO

Tabella 18: Profondità di scavo prevedibile per la presenza di barre alterne.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE								
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA								
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 140 di 173		Rev.:			N° documento Cliente: REL-CI-09106	
				00				

Poiché $\beta < \beta_c$ non si ha la formazione di barre alterne in nessuno degli attraversamenti considerati.

Caso 4

Gli attraversamenti 1, 3, 4, 6, 7, 8 e 9 del torrente Staggia cadono in corrispondenza di curve del fiume, trovano perciò applicazione le formule empiriche per la determinazione dell'erosione in curva; dall'applicazione delle formule suddette, si sono ottenuti i risultati riportati nella seguente Tabella 19 (in cui il significato dei vari simboli utilizzato è indicato in precedenza).

N. attraversamento	B_f [m]	r_c [m]	Y_m [m]	D [mm]	d_0	Profondità di erosione* (m)		
						η_{max} (eq. a)	h_{scavo} (eq. b)	media (a) e (b)
1	6,5	40	3,51	10	17,7	3,29	0,39	1,84
3	3,3	225	4,68	10	13,9	0,31	-	0,31
4	3,4	225	4,03	10	17,7	0,35	-	0,35
6	5,2	50	3,6	10	14,6	1,78	0,24	1,01
7	5,4	150	2,63	10	11,2	0,34	0,08	0,21
8	4,7	100	2,87	10	17,8	0,78	0,15	0,47
9	3,5	50	2,39	10	8,1	0,44	0,14	0,29

Nota: (*) valori comprensivi del fattore di sicurezza pari a 1,30

Tabella 19: Profondità di scavo prevedibile per la presenza di curve.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 141 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

Definizione della profondità di posa per gli attraversamenti

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, la condizione più gravosa per tutti gli attraversamenti è quella relativa al Caso 1, erosione dovuta alla presenza di discontinuità di fondo, pertanto la profondità minima di posa della condotta dovrebbe risultare non inferiore ai valori riportati in Tabella 20, comprensivi di un coefficiente di sicurezza di 1,30; a tale valore di profondità andrebbe poi aggiunto il valore del ricoprimento minimo da assicurare alla condotta per ragioni di sicurezza, stabilito in 1,50 m.

Numero attraversamento	Profondità massima di erosione* (m)	Profondità minima di posa** (m)	Profondità di posa di progetto della tubazione*** (m)
1	2,39	3,89	3,90
2	2,53	4,03	4,05
3	3,04	4,54	4,55
4	2,62	4,12	4,15
5	2,64	4,14	4,15
6	2,34	3,84	3,85
7	1,75	3,25	3,25
8	1,88	3,38	3,40
9	1,55	3,05	3,05

Note:

(*) valori comprensivi del fattore di sicurezza pari a 1,30

(**) distanza dal fondo alveo alla generatrice superiore del tubo, con ricoprimento minimo stabilito di 1,50 m

(***) rispetto al punto più depresso dell'alveo

Tabella 20: Profondità massime di erosione per i vari attraversamenti del torrente Staggia.

Pertanto la profondità minima di posa della condotta dovrà risultare non inferiore ai valori riportati precedente Tabella 20, comprensivi già di un coefficiente di sicurezza di 1,30 e del ricoprimento minimo da assicurare alla condotta per ragioni di sicurezza, stabilito in 1,50 m.

Ad ulteriore garanzia per la stabilità della condotta, è stato previsto di realizzare una soglia protettiva in massi sul fondo e sulle sponde dell'alveo inciso, in modo da proteggere la condotta dall'azione erosiva delle correnti (si veda Tabella 3).

Il dimensionamento dei massi risulta dalle verifiche effettuate al successivo Paragrafo 5.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 142 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

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

La verifica viene condotta secondo due diverse modalità, in particolare utilizzando la teoria di Shields per la verifica della stabilità del rivestimento sul fondo alveo (considerato in piano) e con l'espressione ricavata da Stevens per quanto riguarda la verifica di stabilità di quello posto sulla sponda.

Con il valore di portata sopra calcolato si può pertanto procedere ad alcune verifiche di massima sulla capacità erosiva della corrente in considerazione delle caratteristiche dei materiali presenti in sito e delle pendenze del fondo alveo, al fine di valutarne l'equilibrio globale.

Verifica di stabilità del materiale di rivestimento sul fondo alveo

La formula di Shields fornisce la relazione tra le caratteristiche del materiale di fondo con le condizioni di moto incipiente, ovvero quello che si trova in condizioni di equilibrio limite:

$$\phi_c = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0,06 \quad \text{formula di Shields valida per } Re > 400$$

dove:

- ϕ_c parametro di Shields critico
- $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$ peso specifico del liquido (acqua)
- $\gamma_s = 24 \text{ kN/m}^3$ peso specifico del sedimento
- d diametro del materiale costituente il fondo alveo, in questo caso costituente il rivestimento in massi di progetto
- τ_c tensione tangenziale al fondo critica

Sostituendo i termini dell'equazione si può ottenere il diametro del masso che si trova nella condizione di moto incipiente in funzione della tensione di trascinamento presente in una data sezione per un determinato valore di portata:

$$d = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot 0,06}$$

Imponendo tale valore pari a quello massimo ottenuto dalla simulazione in HEC-RAS per la sezione oggetto d'intervento, come riportato nelle tabelle da 13 a 16, si ricava il diametro limite del sedimento in moto incipiente:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 143 di 173	Rev.:	N° documento Cliente: REL-CI-09106
		00	

N. attraversamento	τ_c (N/m ²)	diametro limite (cm)	diametro di progetto * (cm)
1	288,1	32,6	42.38
2	110,05	12,5	16.25
3	110,05	12,5	16.25
4	156,97	17,8	23.14
5	145,81	16,5	21.45
6	169,53	19,2	24.96
7	231,77	26,3	34.19
8	152,54	17,3	22.49
9	113,73	12,9	16.77

Note:

(*) valori comprensivi del fattore di sicurezza pari a 1,3

Tabella 21: Verifica del diametro limite dei massi da utilizzare per il rivestimento di fondo alveo.

Il progetto prevede l'utilizzo di massi di natura "calcarea, basaltica, granitica o trachitica" con una pezzatura non inferiore a 0,3 mc, corrispondente ad un diametro equivalente pari a 83 cm; l'ipotesi di regime turbolento è verificata poichè il numero di Reynolds associato a tali massi, considerando il valore di τ_c minimo tra quelli riportati in tabella 21, risulta pari a:

$$Re = \frac{u^* \cdot d}{\nu} = \frac{\sqrt{\tau_c / \rho} \cdot d}{\nu} = \frac{\sqrt{\frac{110,05 \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3}} \cdot 0,83 \text{ m}}{8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 309.373 > 400$$

Verifica di stabilità del materiale di rivestimento delle sponde

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 13, Tabella 14, Tabella 15 e Tabella 16 sui singoli elementi in pietra, trascurando, a favore di sicurezza, l'azione di mutuo incastro tra i massi stessi.

Il progetto prevede l'utilizzo di massi di natura "calcarea, basaltica, granitica o trachitica"; considerando una generica pezzatura minima V (m³), il peso corrispondente è:

$$P = V \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$$

In caso di piena, il peso immerso risulta:

$$P_i = P - V \cdot 1000 \text{ kg/m}^3$$

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 144 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

Dato che l'inclinazione di progetto della sponda in massi sull'orizzontale risulta non superiore a 60° per cui la forza ortogonale al piano di appoggio¹², 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:

$$F_s = P_i \cos 60^\circ * 0,7$$

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

Posto che il diametro della sfera equivalente al volume di progetto è d, la corrispondente superficie esposta all'acqua risulterà quindi $S = \pi * d^2$.

Moltiplicando tale valore per la tensione tangenziale presente nel tratto, desumibile dalle tabelle dei risultati di HEC-RAS riportate al Paragrafo 3.3, si ottiene la forza destabilizzante F_d della corrente per ogni attraversamento, che moltiplicata a sua volta per il fattore di sicurezza 1,3 fornisce la forza destabilizzante di progetto.

Con la metodologia sopra descritta si procede pertanto in modo iterativo arrivando ad individuare, tra gli standard tipologici previsti dalle specifiche Snam ST-000-367, la pezzatura di massi che garantisce il soddisfacimento della condizione di equilibrio.

I risultati dei calcoli eseguiti sono riportati nella seguente tabella:

¹² L'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.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA						
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 145 di 173		Rev.: 00		N° documento Cliente: REL-CI-09106

N. attraversamento	Pezzatura (m³)	F _s (N)	τ (N/m²)	F _d (N)	F _{dp} * (N)	VERIFICA F _s > F _{dp}
1	0,7	3365	288,10	1115	1449,5	sì
2	0,5	2403	110,05	426	553,8	sì
3	0,7	3365	110,05	426	553,8	sì
4	0,3	1442	156,97	607	789,1	sì
5	0,3	1442	145,81	564	733,2	sì
6	0,5	2403	169,53	656	852,8	sì
7	0,7	3365	231,77	897	1166,1	sì
8	0,7	3365	152,54	590	767	sì
9	0,3	1442	113,73	440	572	sì

Note: (*) forza destabilizzante di progetto, comprensiva del fattore di sicurezza pari a 1,3

Tabella 22: Verifica di stabilità dei massi di sponda.

Poiché $F_s > F_{dp}$ le verifiche sono soddisfatte.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 146 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

6 CONCLUSIONI

Il presente studio ha lo scopo di valutare l' idoneità delle profondità di posa della nuova condotta in corrispondenza degli attraversamenti in subalveo del torrente Staggia che, si ricorda, verranno eseguiti con scavo a sezione obbligata con profondità dalla quota di fondo alveo riportate in Tabella 3 con le modalità di ripristino indicate nella medesima tabella.

Le verifiche condotte hanno evidenziato che la profondità di posa prevista è idonea a garantire il corretto ricoprimento della condotta 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 quanto più sarà presa ogni più opportuna azione per il corretto ripristino delle aree scavate che, nel caso specifico, possono sintetizzarsi in:

- 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
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

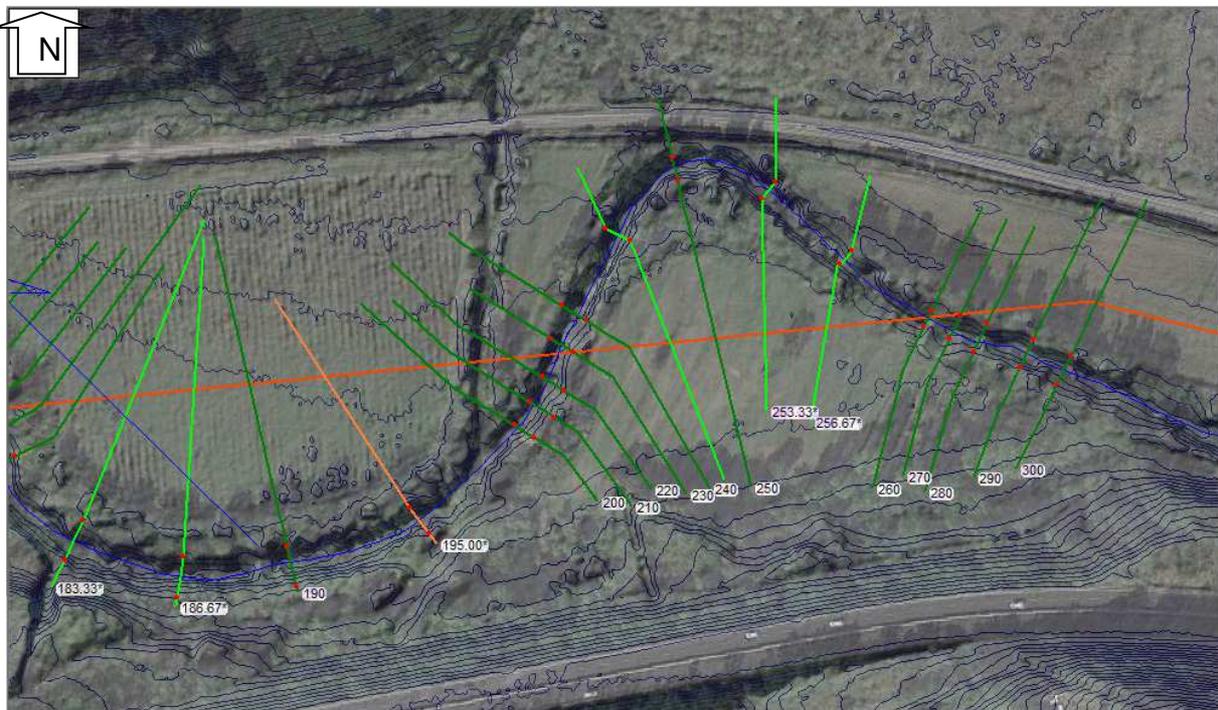
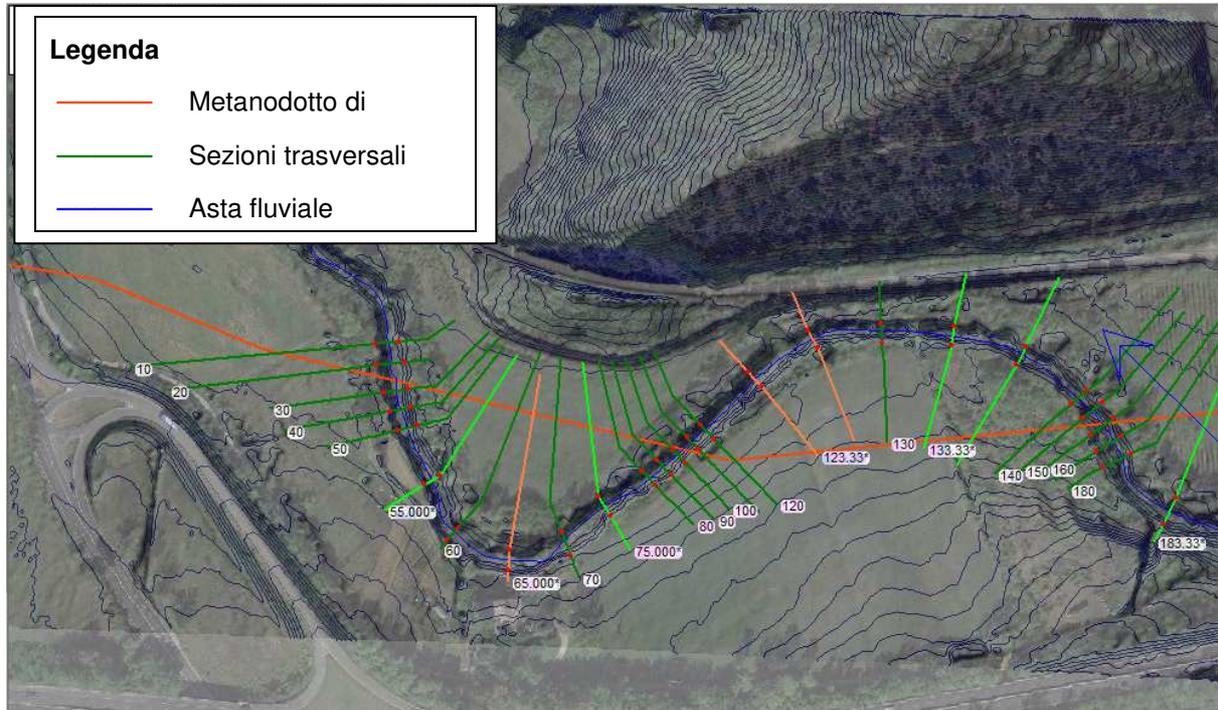
N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
147 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

ANNESSO 1: STRALCIO PLANIMETRICO DEI TRATTI MODELLATI



Primo tratto modellato in HEC-RAS (attraversamenti da n. 1 a n. 5), con relativi codici numerici delle sezioni trasversali inserite

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

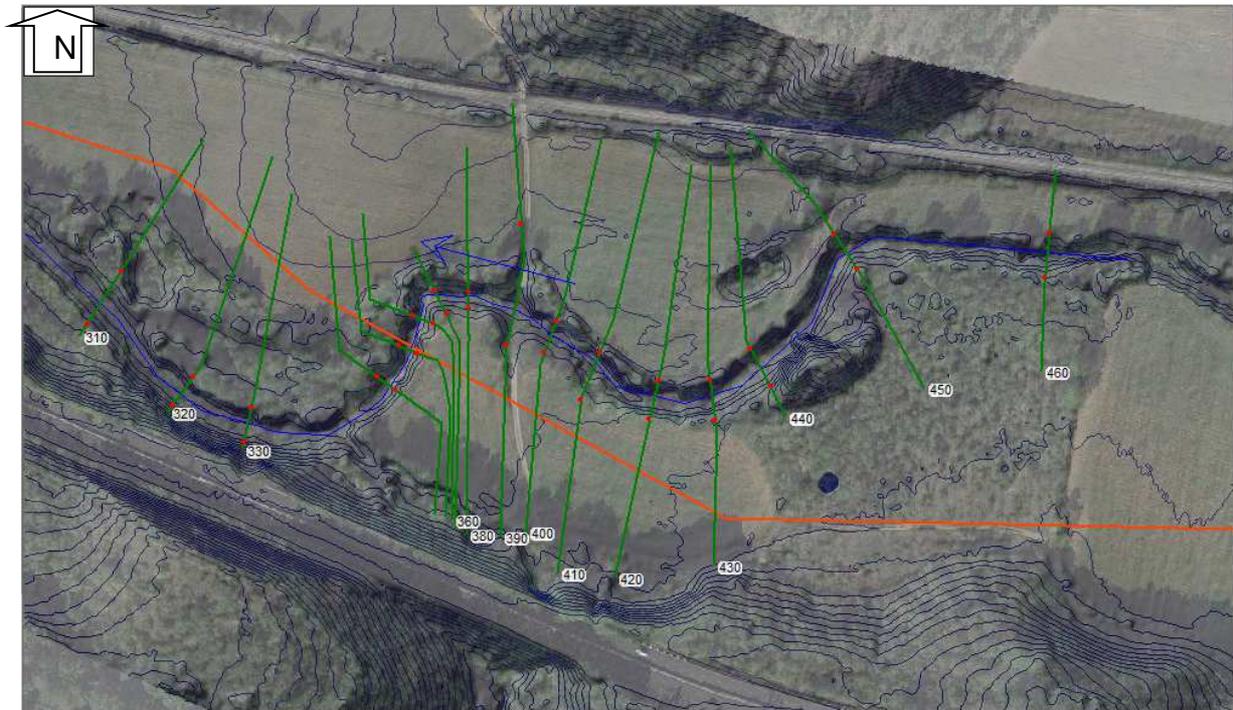
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
148 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106



Secondo tratto modellato in HEC-RAS (attraversamento n. 6), con relativi codici numerici delle sezioni trasversali inserite

Legenda

- Metanodotto di progetto
- Sezioni trasversali
- Asta fluviale

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

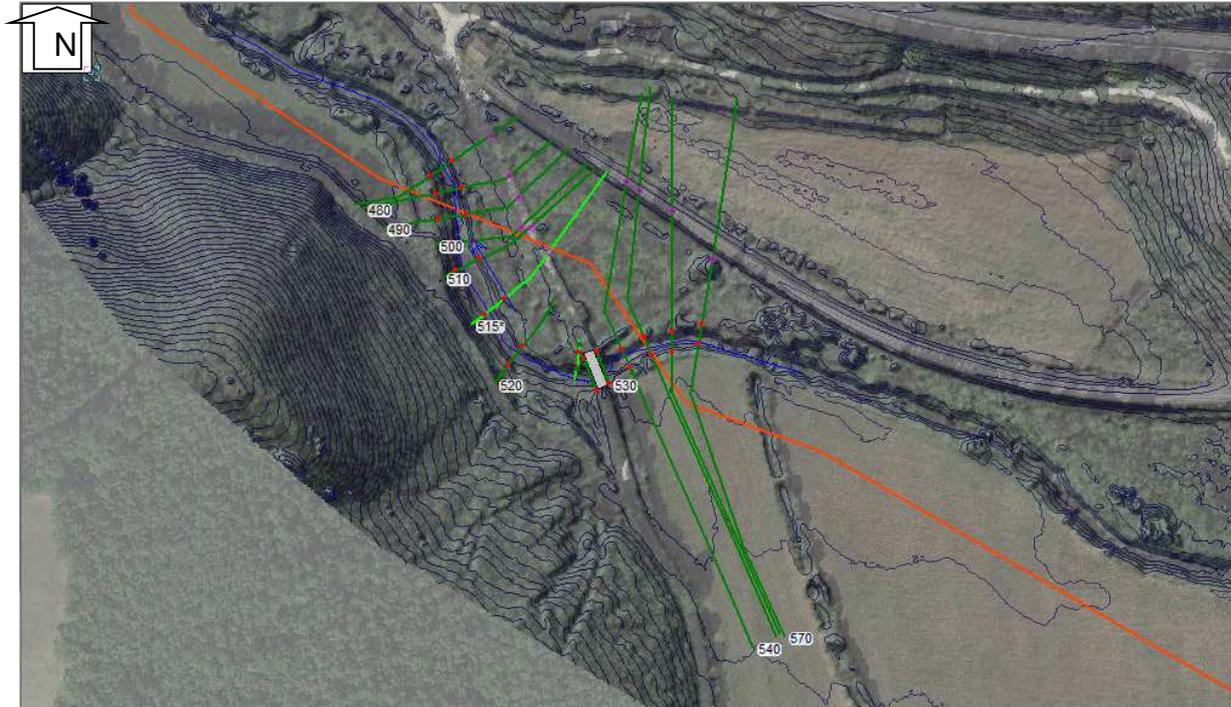
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
149 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106



Terzo tratto modellato in HEC-RAS (attraversamento n. 7 e 8), con relativi codici numerici delle sezioni trasversali inserite

Legenda

- Metanodotto di progetto
- Sezioni trasversali
- Asta fluviale

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106



Quarto tratto modellato in HEC-RAS (attraversamento n. 9), con relativi codici numerici delle sezioni trasversali inserite

Legenda

- Metanodotto di progetto
- Sezioni trasversali
- Asta fluviale

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 151 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

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'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps 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.

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.

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 152 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

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.

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;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

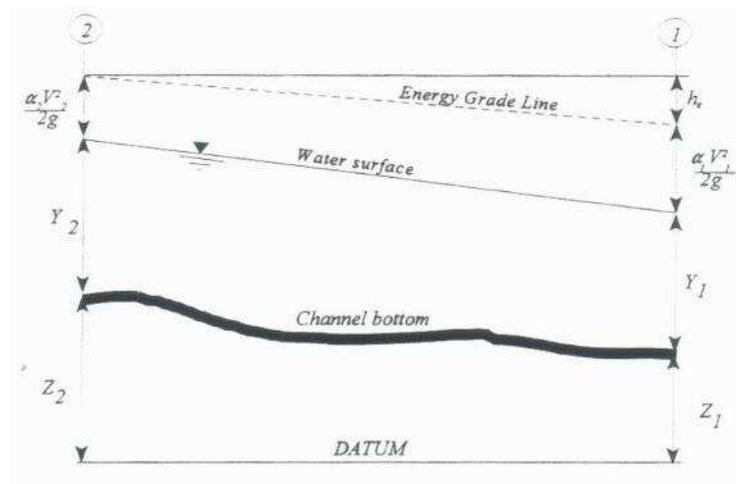
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 153 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------

- 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 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;

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA			
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 154 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106

- V1, V2 : velocità media;
- α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;
- g : accelerazione gravitazionale;
- h_e : perdita di carico;
- 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
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

Foglio
di 155 di 173

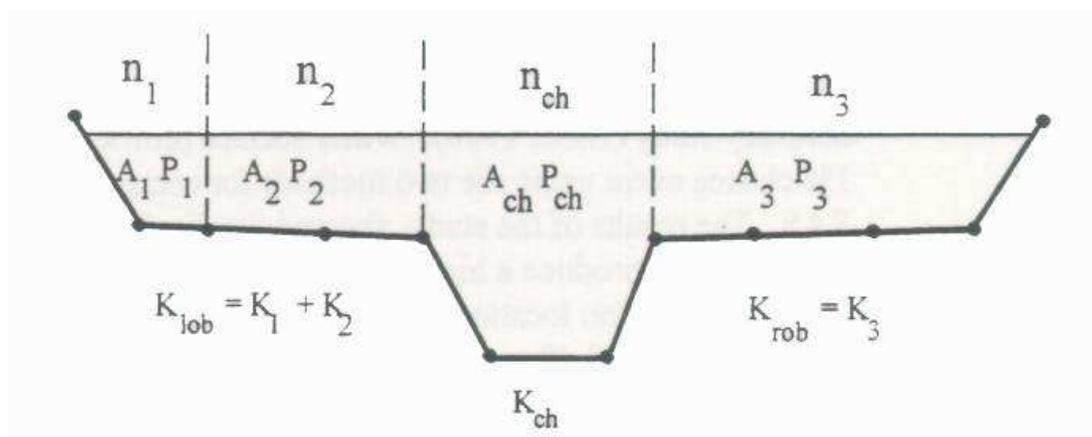
Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106

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;
- 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.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

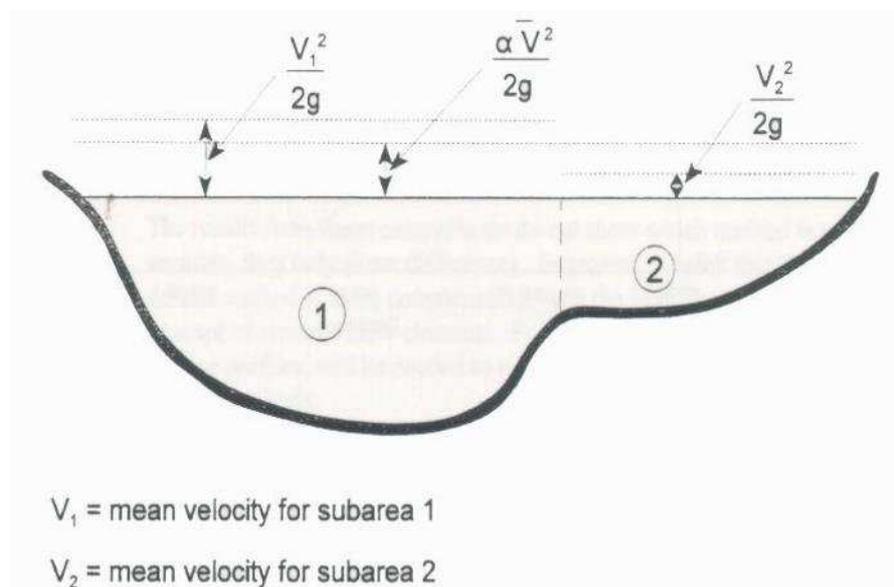
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 156 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------

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.



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:

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA						
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 157 di 173		Rev.:		N° documento Cliente: REL-CI-09106
				00		

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

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento:
 P22IT04321-PPL-RE-100-006

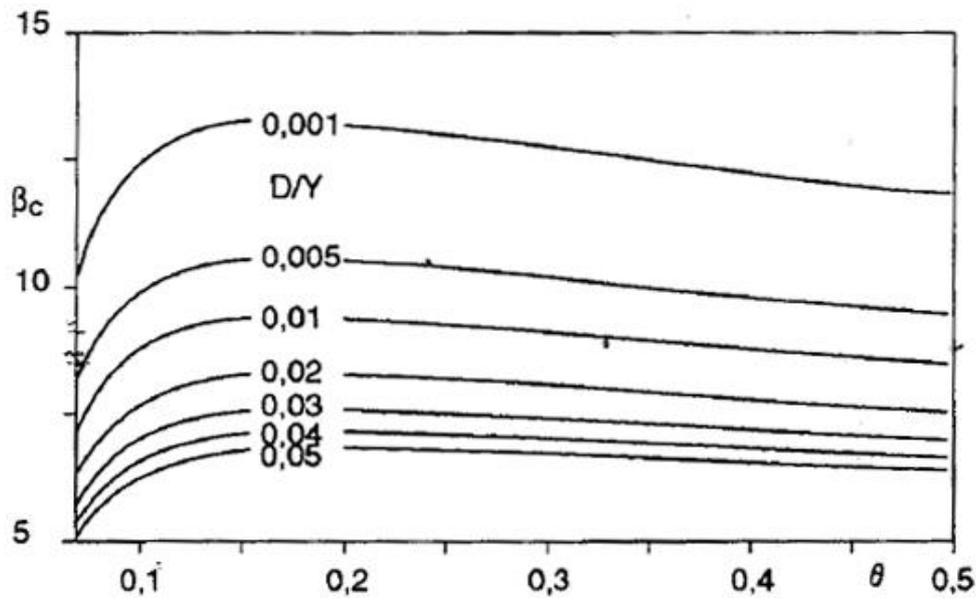
Foglio
 158 di 173

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 REL-CI-09106

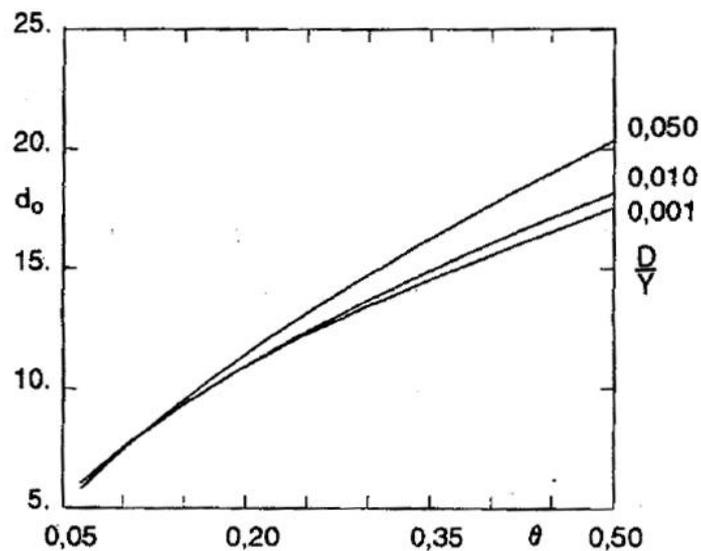
ANNESSE 3: TABELLE DI LETTERATURA

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



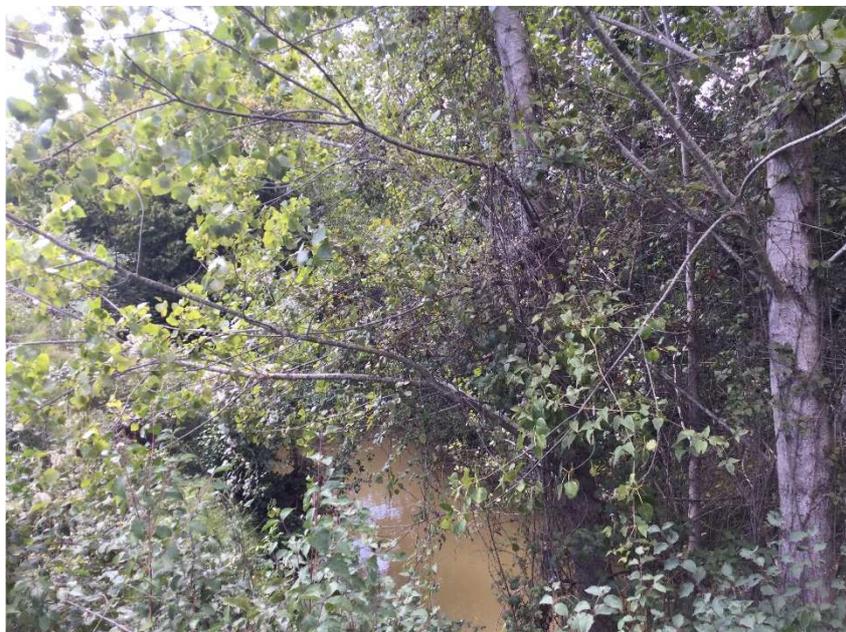
con D diametro dei sedimenti, Y altezza idrica media, θ parametro di Shields

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA					
N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006		Foglio 159 di 173		Rev.: 00	
				N° documento Cliente: REL-CI-09106	

ANNESSO 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Attraversamento 1



Attraversamento 2

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 160 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



Attraversamento 3



Attraversamento 4

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 161 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



Attraversamento 5



Attraversamento 6

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 162 di 173	Rev.:	N° documento Cliente: REL-CI-09106
		00	



Attraversamento 7



Attraversamento 8

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 163 di 173	Rev.:	N° documento Cliente: REL-CI-09106
		00	

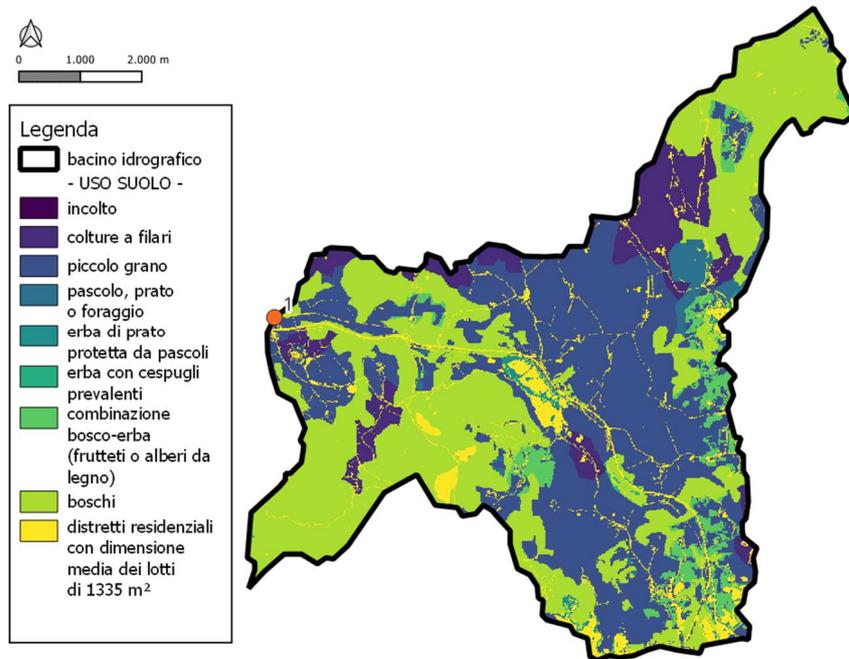


Attraversamento 9 (Allacciamento)

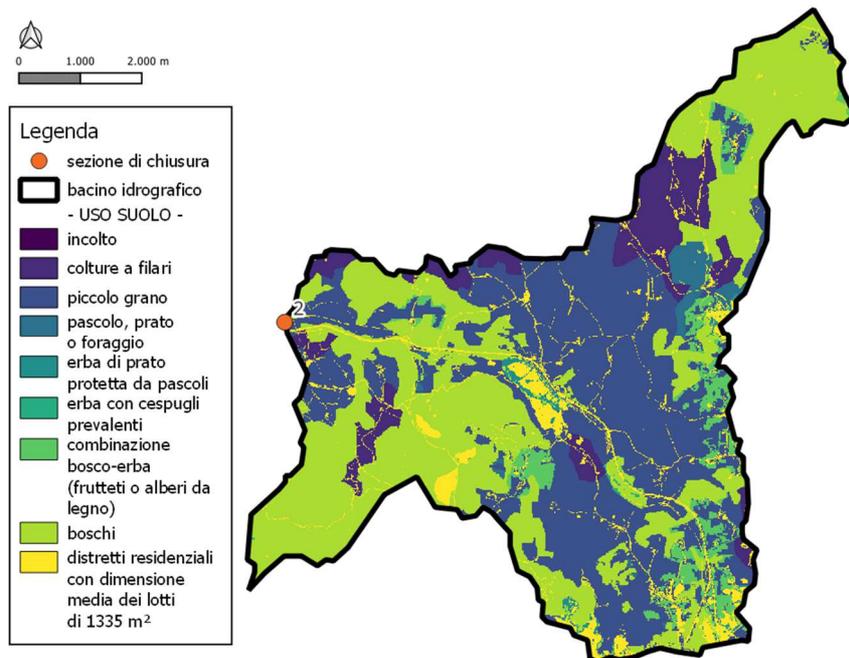
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 164 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------

ANNESNO 5: MAPPE USO SUOLO PER IL CALCOLO DI CN



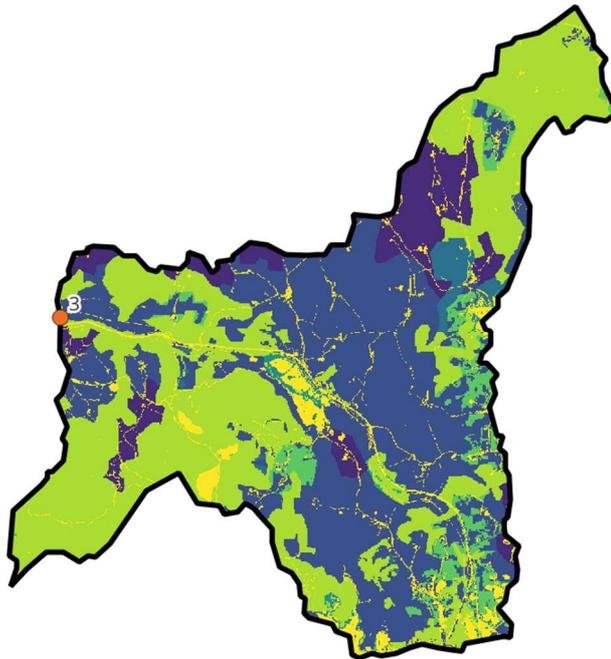
1° bacino del Torrente Staggia



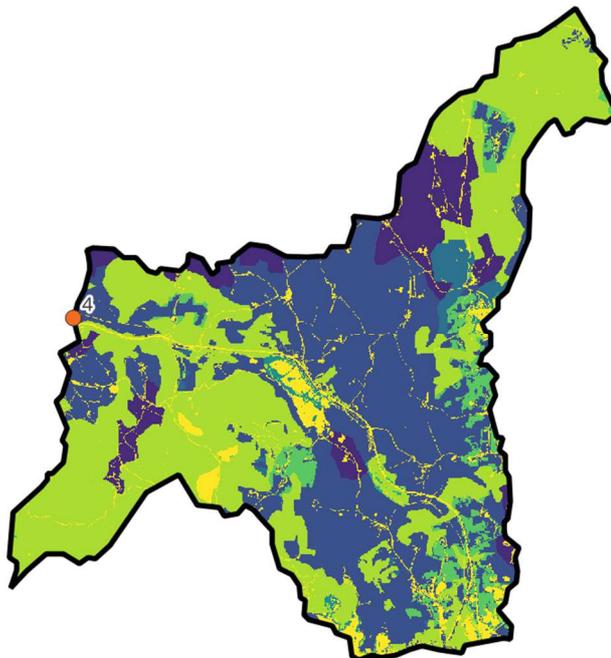
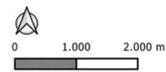
2° bacino del Torrente Staggia

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 165 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



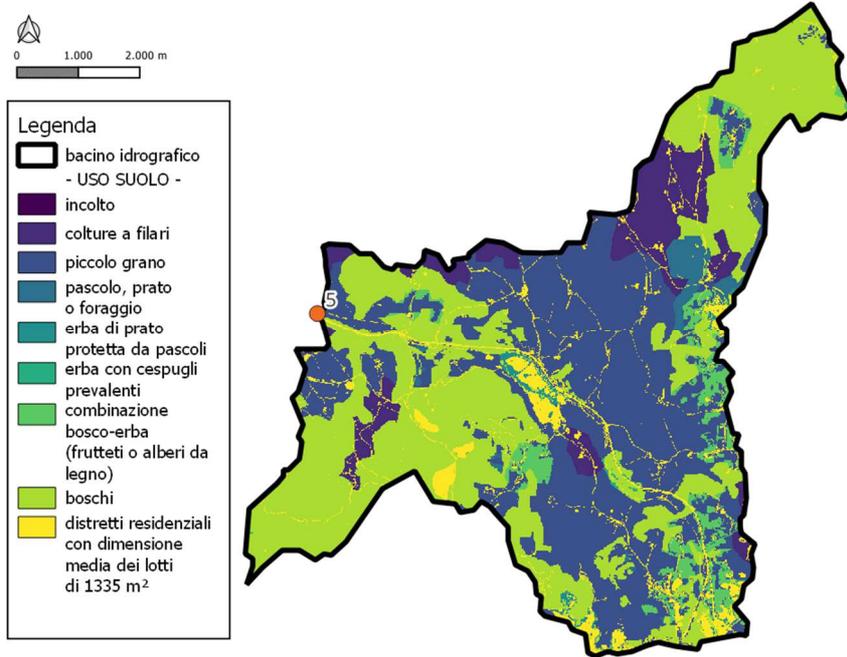
3° bacino del Torrente Staggia



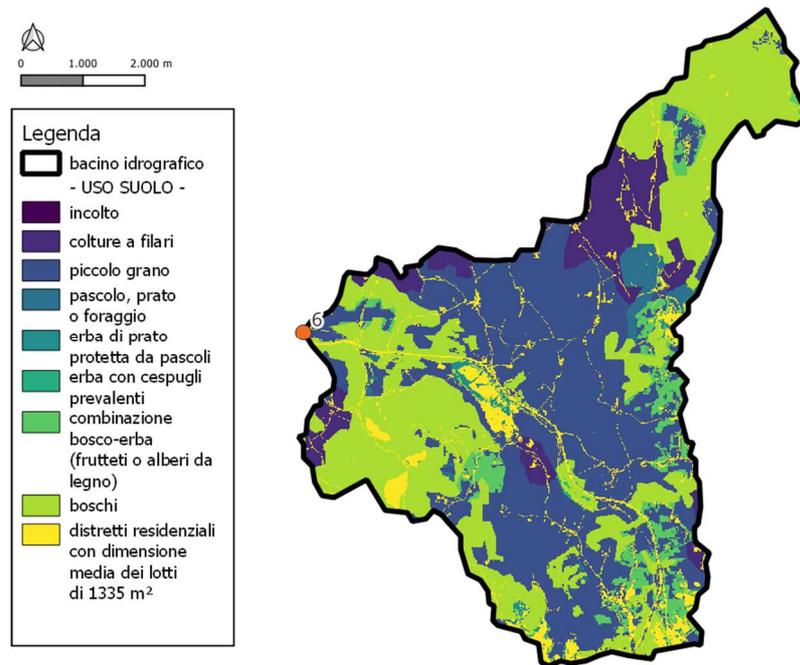
4° bacino del Torrente Staggia

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 166 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



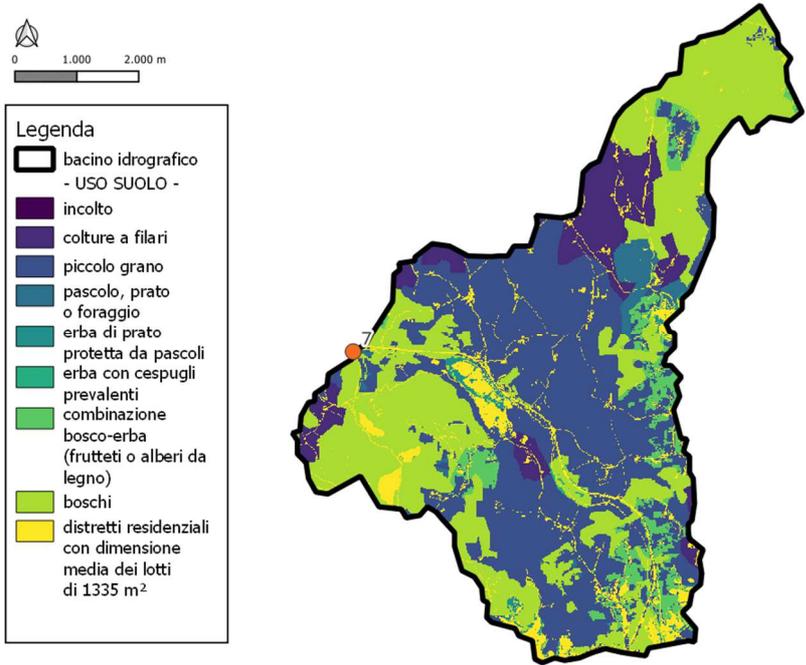
5° bacino del Torrente Staggia



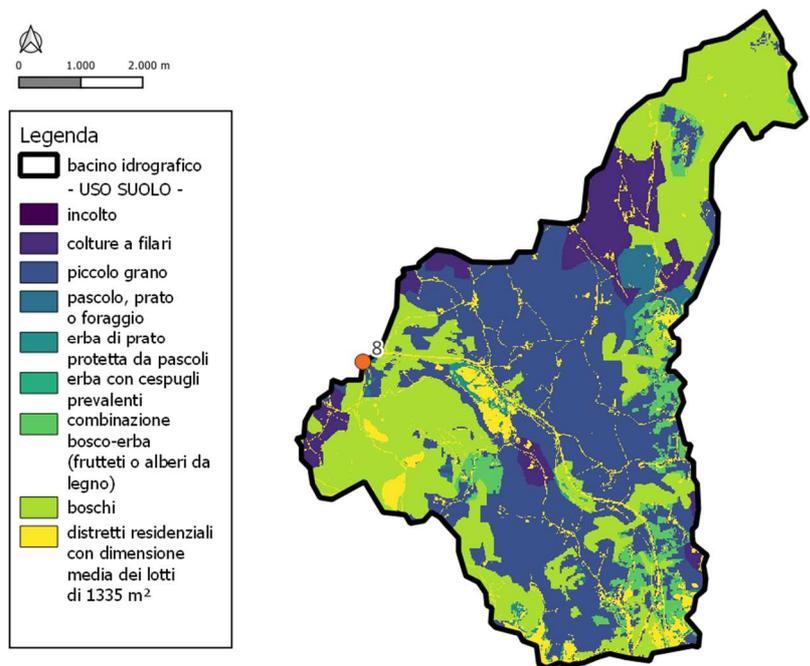
6° bacino del Torrente Staggia

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 167 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



7° bacino del Torrente Staggia



8° bacino del Torrente Staggia

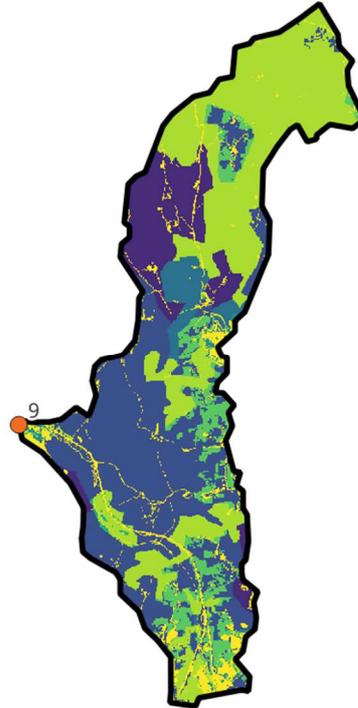
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 168 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



Legenda

	bacino idrografico
	- USO SUOLO -
	incolto
	colture a filari
	piccolo grano
	pascolo, prato o foraggio
	erba di prato protetta da pascoli
	erba con cespugli prevalenti
	combinazione bosco-erba (frutteti o alberi da legno)
	boschi
	distretti residenziali con dimensione media dei lotti di 1335 m ²

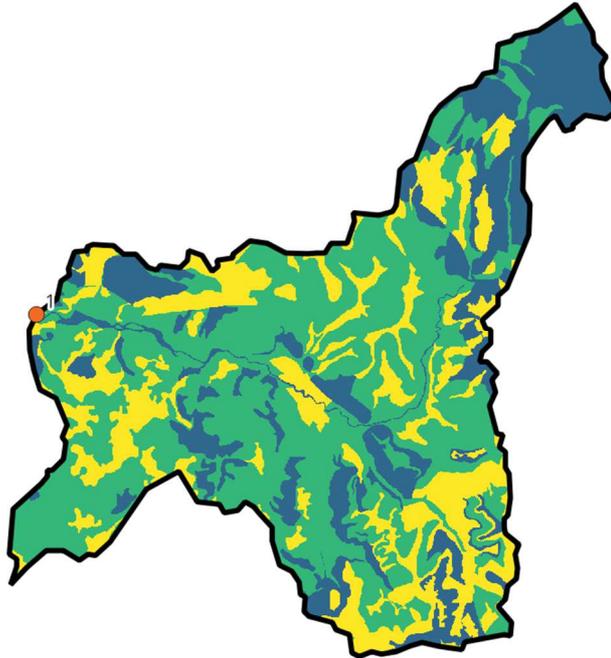


9° bacino del Torrente Staggia

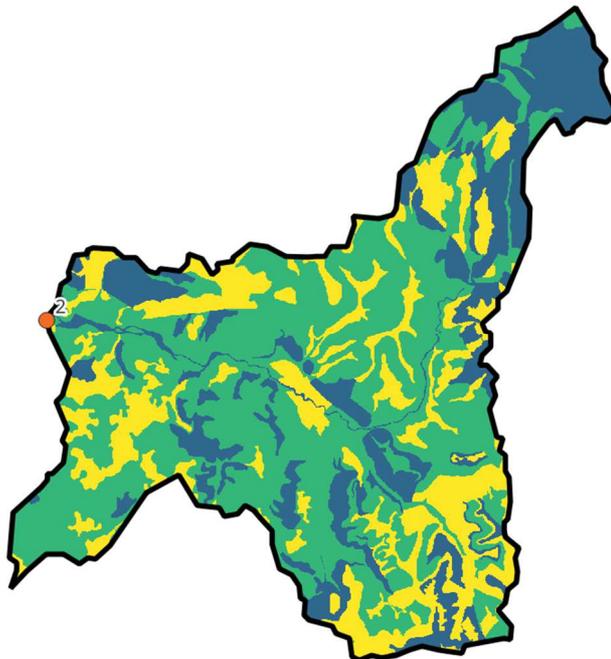
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 169 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------

ANNESSE 6: MAPPE GRUPPI IDROLOGICI PER IL CALCOLO DI CN



1° bacino del Torrente Staggia

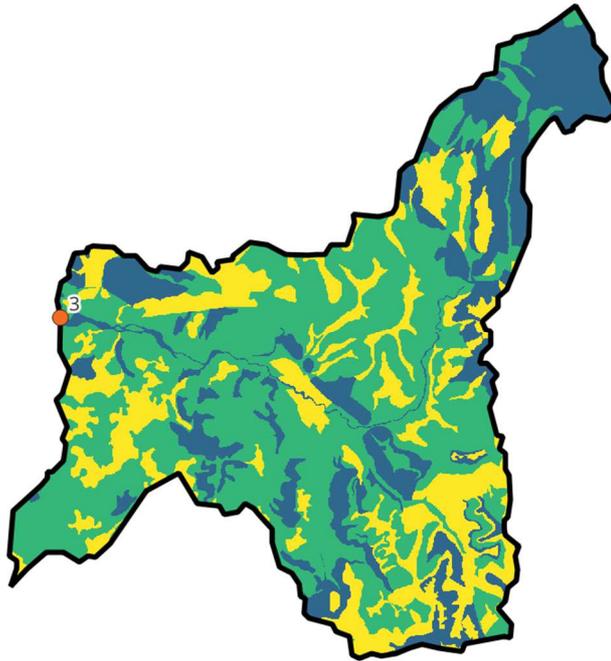


2° bacino del Torrente Staggia

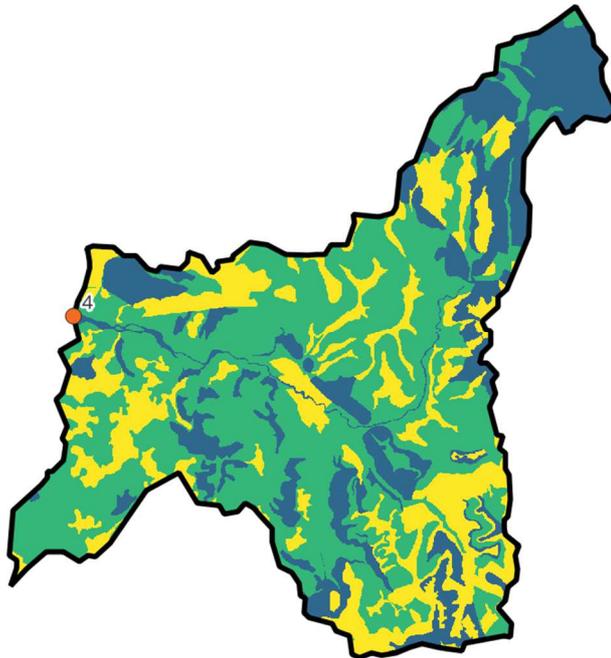
RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 170 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



3° bacino del Torrente Staggia



4° bacino del Torrente Staggia

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

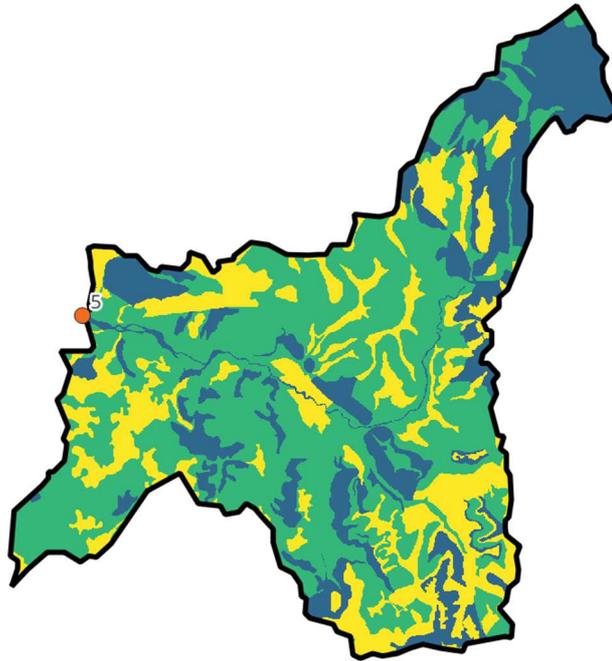
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento:
P22IT04321-PPL-RE-100-006

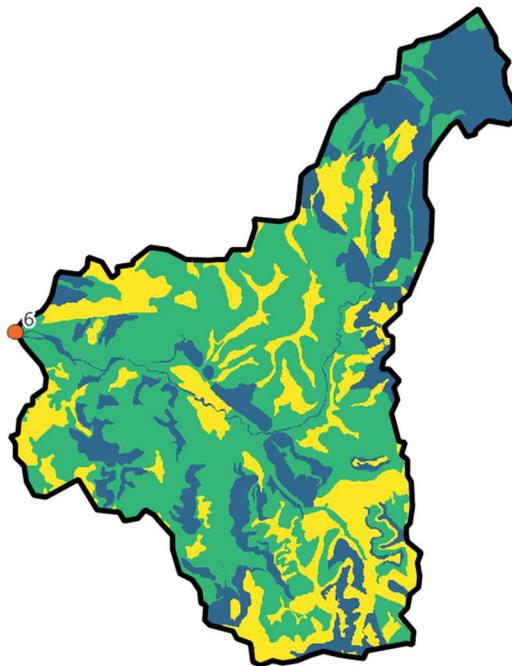
Foglio
171 di 173

Rev.:
00

N° documento Cliente:
REL-CI-09106



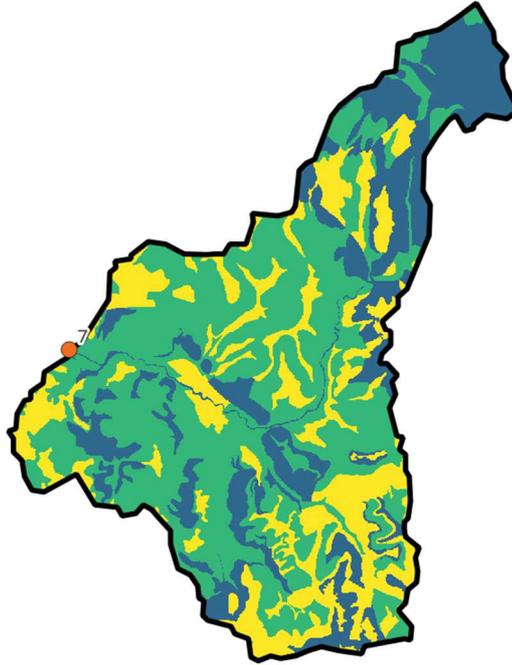
5° bacino del Torrente Staggia



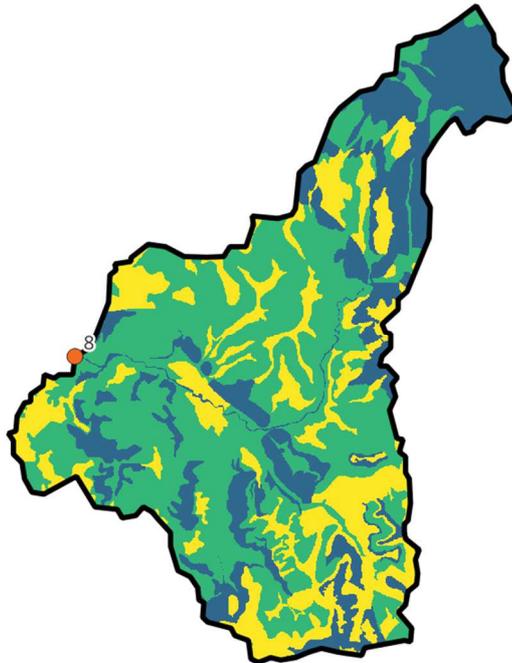
6° bacino del Torrente Staggia

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 172 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



7° bacino del Torrente Staggia

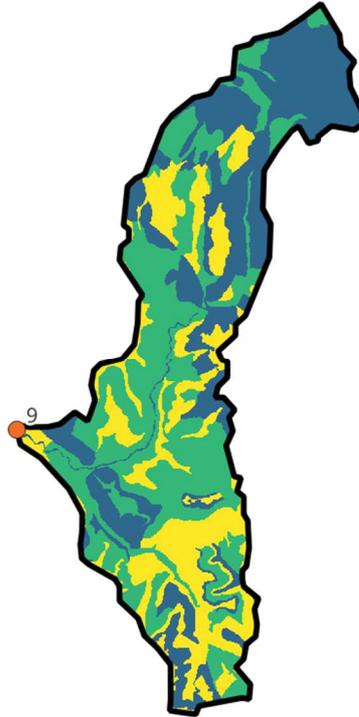


8° bacino del Torrente Staggia

RIF. MET. DER. PER SIENA DN400 (16"), DP 75 BAR E PIGGABILITÀ MET. DER. PER SIENA-TORRENIERI DN200 (8"), DP 75 BAR E MET. CHIUSI-TORRENIERI DN250 (10"), DP 75 BAR ED OPERE CONNESSE

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI TORRENTE STAGGIA**

N° Documento: P22IT04321-PPL-RE-100-006	Foglio 173 di 173	Rev.: 00	N° documento Cliente: REL-CI-09106
--	----------------------	-------------	---------------------------------------



9° bacino del Torrente Staggia