



Contraente: 	Progetto: RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE		Cliente: 
	N° Contratto : N° Commessa :		
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Foglio 1 di 40	Data 11-01-2019	N° Documento Cliente: AT-RE-102-222

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI VALLONE RIO VIVO**



Alberto Vanni

00	11-01-2019	EMMISSIONE PER INTEGRAZIONI SIA	VANNI	STROPPA	CAPRIOTTI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26”) DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 2 di 40				

INDICE

1	PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI.....	3
1.1	Inquadramento territoriale, descrizione dell’ambito d’intervento, documentazione fotografica e indagini geognostiche	5
2	CARATTERISTICHE OPERA IN PROGETTO	7
3	STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO	11
4	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE	29
5	CONCLUSIONI	32
ANNESSO 1.1: STRALCIO PLANIMETRICO DEL TRATTO MODELLATO ATTR. 1 CON SEZIONI (KM 32+675)		
		33
ANNESSO 1.2: STRALCIO PLANIMETRICO DEL TRATTO MODELLATO ATTR. 2 CON SEZIONI (KM 33+020)		
		34
ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS		
		35

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
	Foglio 3 di 40					

1 PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche del Vallone Rio Vivo (km 32+675 e km 33+020), necessarie per la verifica della profondità di posa in subalveo della nuova condotta in acciaio DN 650 (26") DP75 bar, finalizzata al rifacimento dell'omonimo metanodotto esistente il cui attraversamento è ubicato circa 60 m a valle di quello oggetto del presente progetto.

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.

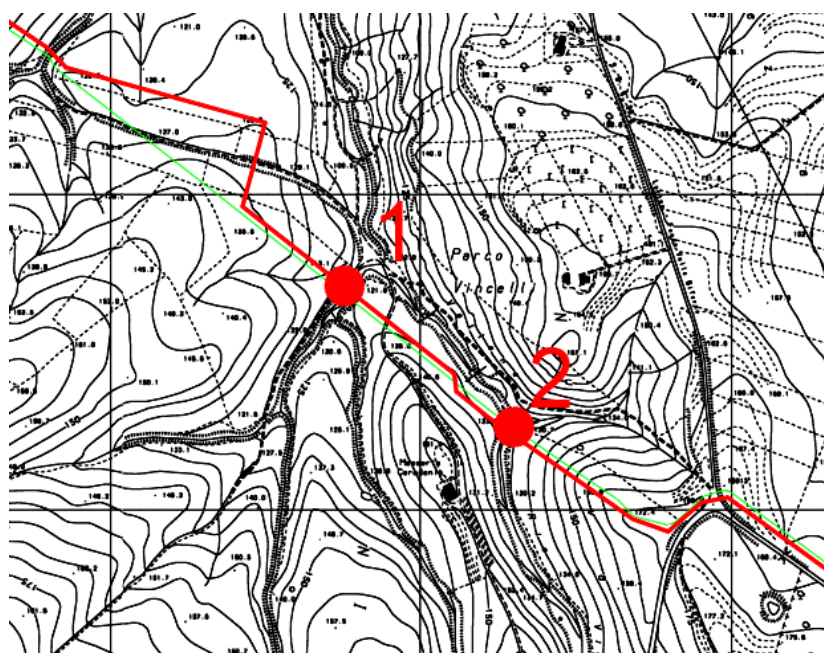


Figura 1: Stralcio cartografia CTR della zona dei due attraversamenti. In rosso il nuovo metanodotto (km 32+675 e km 33+020). In verde la condotta esistente da rimuovere (km 29+715 e km 30+045)

A tal fine, per ciascuno dei due attraversamenti, è stata eseguita una specifica modellazione idraulica di un tratto d'alveo significativo posto a cavallo della zona di intervento utilizzando i valori di portata calcolati sulla base della metodologia proposta dal PAI di riferimento, nell'ipotesi di moto permanente, mediante

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 4 di 40				

elaboratore elettronico, con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras (per le cui caratteristiche si rimanda all'annesso 2).

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

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

Per il reperimento dei dati necessari all'inquadramento dell'asta ed allo studio in oggetto si è fatto riferimento in particolare a *Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore.*

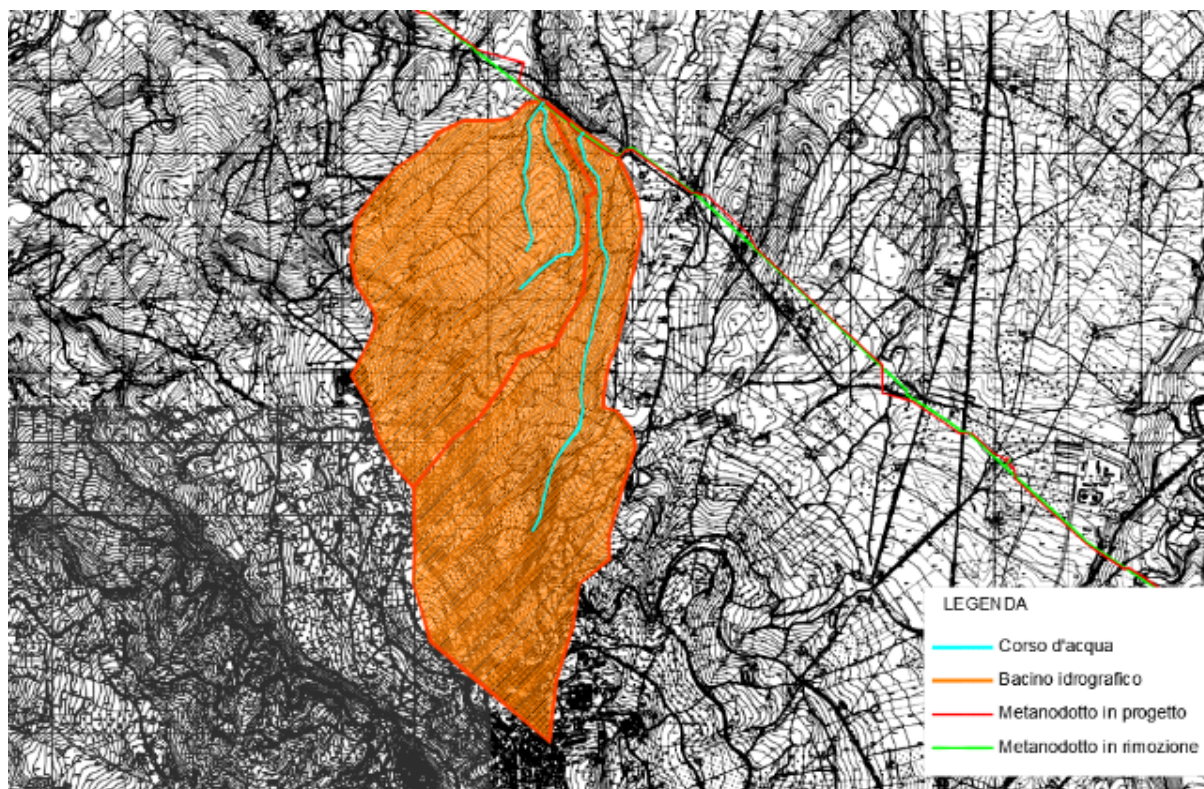


Figura 2: bacino idrografico Rio Vivo alle sezioni di interesse

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 5 di 40				

1.1 Inquadramento territoriale, descrizione dell'ambito d'intervento, documentazione fotografica e indagini geognostiche

Il Vallone Rio Vivo è un importante affluente in destra idraulica del Fiume Biferno, e viene interessato dalle opere in progetto nella parte apicale del bacino ove è previsto l'attraversamento sia dell'alveo principale (denominato attraversamento 2 nel seguito, posto alla chilometrica 33+020) che di un affluente in sinistra idraulica (denominato attraversamento 1 nel seguito, posto alla chilometrica 32+675). I due attraversamenti ricadono nel territorio del Comune Larino, (CB) in una zona distinta ai F. 18 e 19 (attraversamento 1) e 19 (attraversamento 2) del NCT (Nuovo Catasto Terreni) del comune.

In corrispondenza di entrambi gli attraversamenti il Rio Vivo presenta un'ampiezza di circa 3 m, una profondità di circa 1 m e presenta, nel primo attraversamento, una fitta vegetazione ripariale su ambo i lati mentre in corrispondenza del secondo attraversamento non si evidenzia vegetazione significativa.

Gli attraversamenti interesseranno, sulla base delle informazioni bibliografiche in possesso e delle indagini effettuate in aree limitrofe, dei depositi prevalentemente limoso-argillosi con livelli sabbiosi; per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione sulle indagini geognostiche e geofisiche (Rif. Doc. n. RE-GEO-030) e al relativo allegato cartografico (Doc. n. PG-TPSG-122 "Carta delle indagini geotecniche e geofisiche").

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	6	di	40	

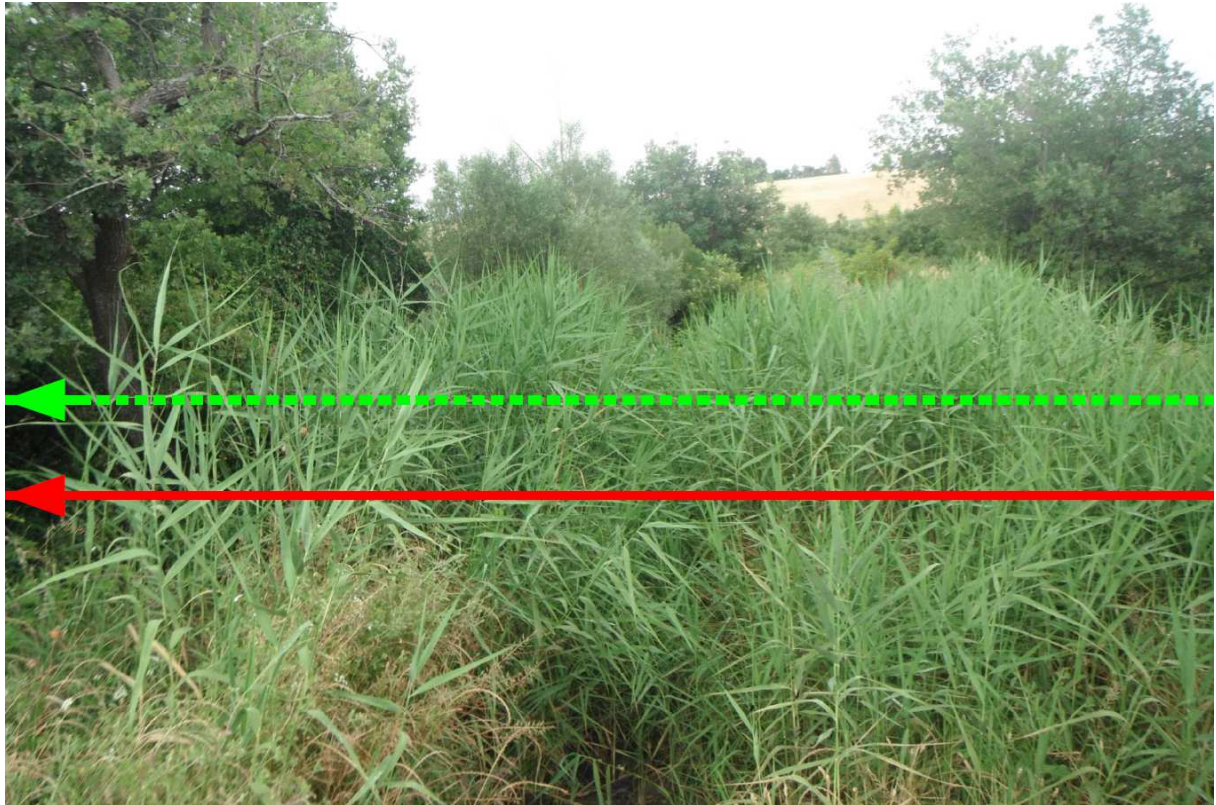


Figura 3: immagine fotografica del punto d'attraversamento del Vallone Rio Vivo (1° attraversamento)



Figura 4: immagine fotografica del punto d'attraversamento del Vallone Rio Vivo (2° attraversamento)

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 7 di 40				

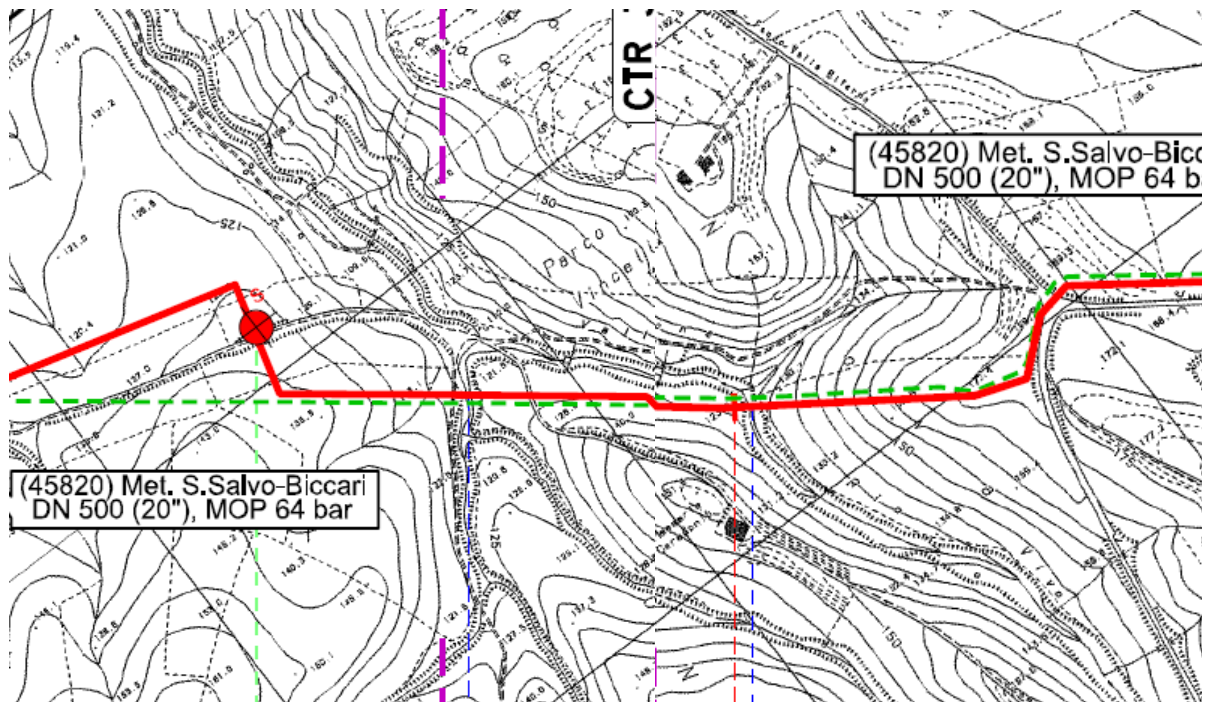
2 CARATTERISTICHE OPERA IN PROGETTO

L'attraversamento del corso d'acqua verrà eseguito tramite scavo a cielo aperto ad una profondità variabile dalla quota di fondo alveo avente un minimo di 2,50 m in corrispondenza dell'alveo di magra del torrente.






Il ripristino degli scavi sul fondo è previsto con il materiale di risulta mentre in corrispondenza delle sponde sono previste opere di difesa spondale realizzate in pali di castagno, come da sezione schematica riportata in figg. 6.1 e 6.2.

Per il dettaglio dell'intervento e le caratteristiche costruttive dello stesso si rimanda all'elaborato grafico di progetto Tav. AT-102-222 e AT-102-223.

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE			
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO			
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00	Foglio 8 di 40	N° Documento Cliente: AT-RE-102-222



INDAGINI PUNTUALI

-  S_n Sondaggio a carotaggio continuo
-  S_n^S Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
-  $CPTU_n$ Prova penetrometrica statica con piezometro
-  $DPSH_n$ Prova penetrometrica dinamica super pesante
-  T_n Trincea o pozzetto esplorativo

INDAGINI LINEARI





-  R_n Profilo sismico a rifrazione
-  M_n MASW
-  ERT_n Tomografia elettrica
-  GPR/R Georadar

Figura 5: attraversamenti Vallone Rio - Stralcio planimetrico scala 1:10.000 con ubicazione indagini

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26'') DP 75 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO					
N° Documento:	Rev.:	00			N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222	Foglio 10 di 40			AT-RE-102-222	

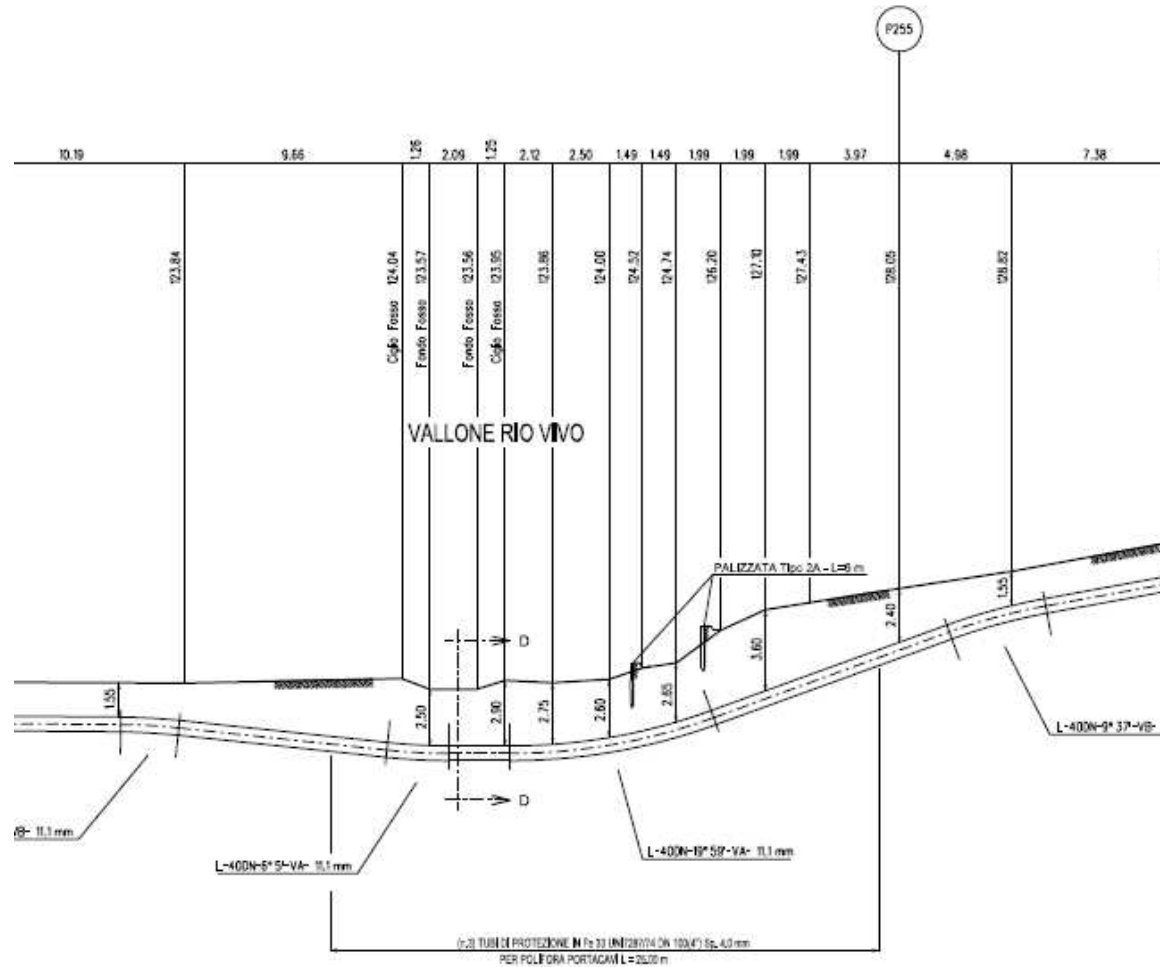


Figura 6.2: attraversamento Vallone Rio Vivo progressiva 33+020 - Sezione schematica di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 11 di 40				

3 STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

Come anticipato al paragrafo 1, nell'ambito del "Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dei Fiumi Biferno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore" sono stati eseguiti specifici studi idrologici-idraulici e modellazioni sul Vallone Rio Vivo, finalizzate alla definizione delle aree potenzialmente esondabili per vari tempi di ritorno, sulla base delle quali sono poi state redatte le relative perimetrazioni. I risultati di tali modellazioni, in termini di portate, tiranti idrici e velocità, calcolati in corrispondenza di specifiche sezioni di riferimento, sono stati quindi riepilogati in forma tabellare sulle stesse tavole ove è altresì riportata la perimetrazione delle aree esondabili. Tuttavia, nel caso specifico, il tratto d'alveo ove è previsto l'attraversamento in progetto non è stato interessato dalla modellazione suddetta in quanto ubicato nel tratto apicale del corso d'acqua stesso. Non sono pertanto presenti sezioni modellate utili per le finalità del presente studio.

In tali casi le Norme Tecniche di Attuazione del PAI forniscono delle formule speditive per la determinazione della portata di riferimento, per vari tempi di ritorno, in funzione del bacino idrografico principale in cui ricade l'opera e della superficie del bacino in corrispondenza della sezione di interesse.

Come anticipato, il Vallone Rio Vivo è un affluente in destra idraulica del Fiume Biferno Biferno, per tale bacino il PAI riporta in particolare la seguente espressione per il calcolo della portata:

Bacino Biferno

$$Q_{30} = 10 \cdot A^{0,72}$$

$$Q_{200} = 17 \cdot A^{0,72}$$

Dove A è la superficie in kmq del bacino sotteso dalla sezione.

La superficie del bacino sotteso dall'attraversamento della linea in esame è stata calcolata sulla base della cartografia CTR, si sono pertanto ottenuti i seguenti valori:

- Attraversamento 1 (km 32+650), superficie bacino 2,83 kmq

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 12 di 40				

Tr	Portata
30	21,16
200	35,98

- Attraversamento 2 (33+020), superficie bacino 3,09 kmq

Tr	Portata
30	22,54
200	38,32

Il calcolo in moto permanente è stato eseguito tramite elaboratore elettronico con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras, per le cui caratteristiche si rimanda all'Annesso 2 (Generalità sul modello Hec-Ras), mentre per i dettagli sulla posizione delle sezioni modellate si rimanda all'Annesso 1 (Stralcio planimetrico del tratto modellato con sezioni).

La lunghezza complessiva del tratto modellato è di circa 180 m. per entrambi gli attraversamenti.

Sono state imposte come condizioni al contorno, a monte e valle del tratto modellato, l'altezza di moto uniforme, calcolata con una pendenza pari a quella media del tratto rilevato immediatamente successivo o precedente.

La modellazione è stata eseguita direttamente nello stato di progetto, essendo previsto esclusivamente una regolarizzazione del fondo ed il sostanziale ripristino dell'andamento delle sponde esistenti.

Allo stesso modo, l'inserimento delle difese spondali in pali di castagno è tale da non modificare i coefficienti di scabrezza rispetto alla situazione esistente, alla luce di quanto riportato nella sottostante tabella.

Nella fincatura superiore delle sezioni allegare sono riportati i valori di scabrezza utilizzati per i vari tratti (secondo Manning), che sono riassunti nella sottostante tabella (dati desunti dalla letteratura):

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
Foglio 13 di 40						

CORSI D'ACQUA MINORI (Larghezza del pelo libero in piena < 30m)	Minimo	Normale	Massimo
Corsi d'acqua di pianura			
1. Pulito, diritto, con la massima portata e senza divisioni o bacini profondi	0.025	0.030	0.033
2. Idem 1, ma con una maggior presenza di pietre ed erba	0.030	0.035	0.040
3. Pulito, 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 una elevata presenza di erba, con bacini profondi o scolmatori			
ricoperti di ceppi d'albero ed arbusti	0.075	0.100	0.150
Torrenti in montagna senza vegetazione in alveo, sponde generalmente ripide, alberi ed arbusti sulle sponde sommersi durante le piene			
9. Fondo: ghiaia, ciottoli e grosse pietre	0.030	0.040	0.050
10. Fondo: ghiaia e grosse pietre	0.040	0.050	0.070

Tabella 1: valori caratteristici di scabrezza

I risultati, grafici e numerici, sono riportati nelle pagine seguenti.

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222	Foglio 14 di 40				AT-RE-102-222	

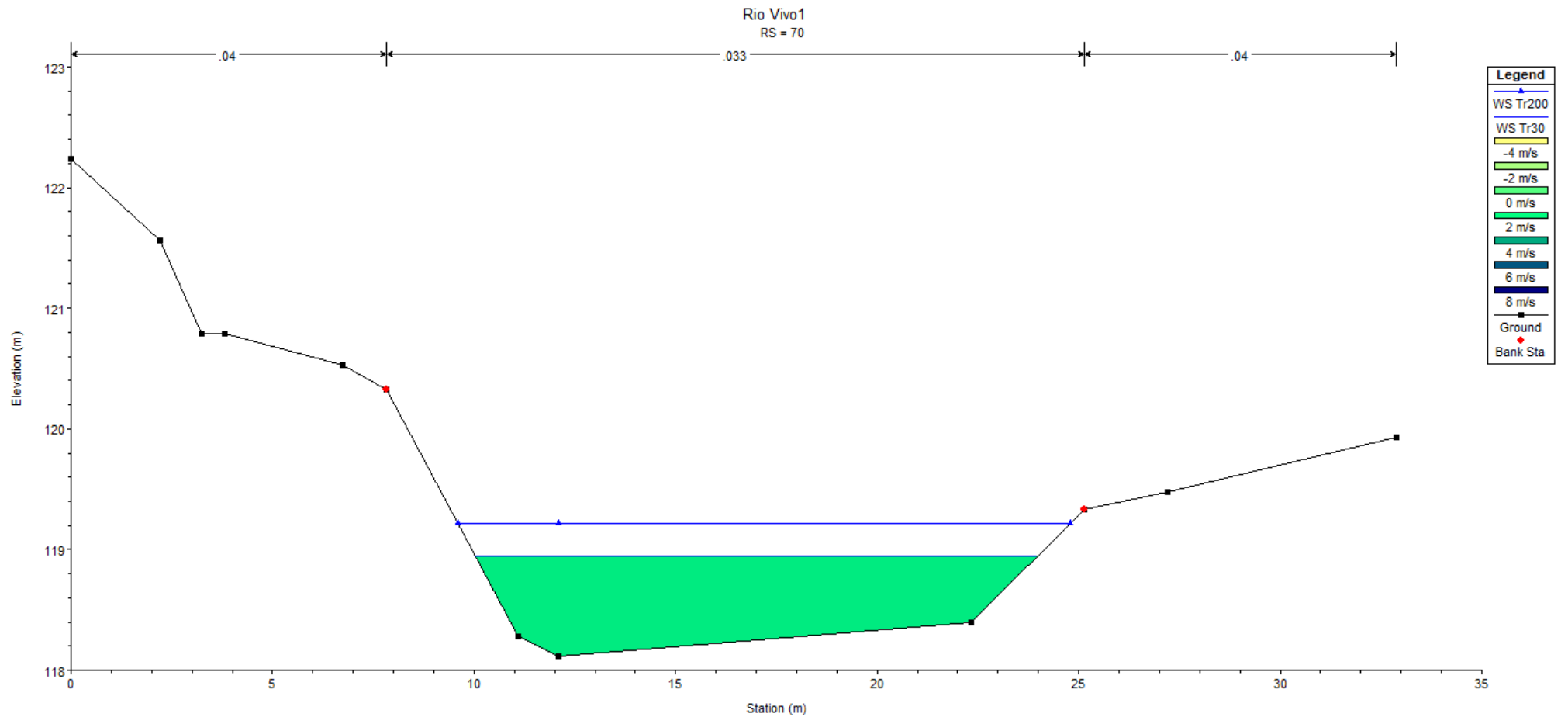


Figura 7.1: Rio Vivo attraversamento 1, sezione trasversale all'inizio del tratto modellato – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222		Foglio 15 di 40				AT-RE-102-222

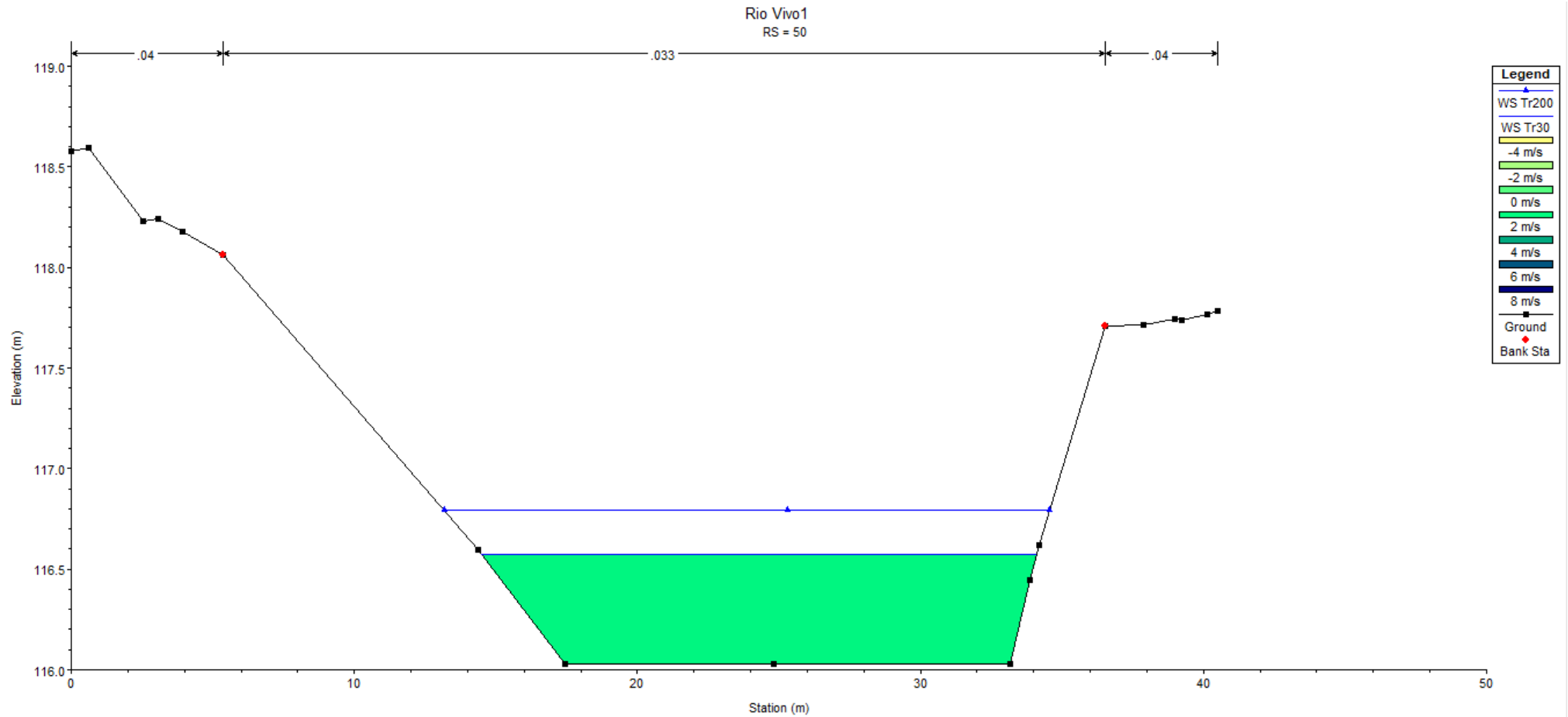


Figura 7.2: Rio Vivo attraversamento 1, sezione trasversale a monte del metanodotto in rimozione esistente – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222		Foglio 16 di 40				AT-RE-102-222

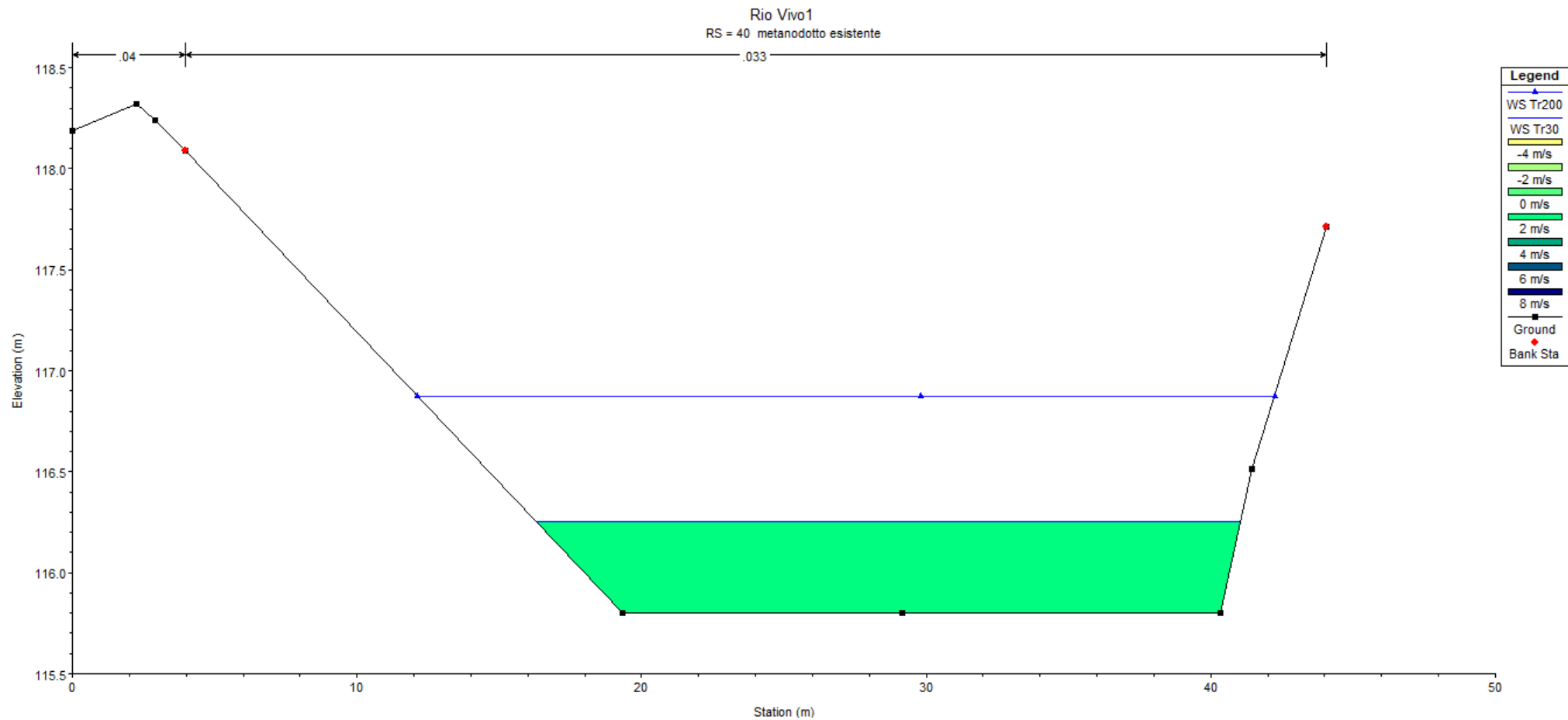


Figura 7.3: Rio Vivo attraversamento 1, sezione trasversale in corrispondenza del metanodotto in rimozione – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222		Foglio 17 di 40				AT-RE-102-222

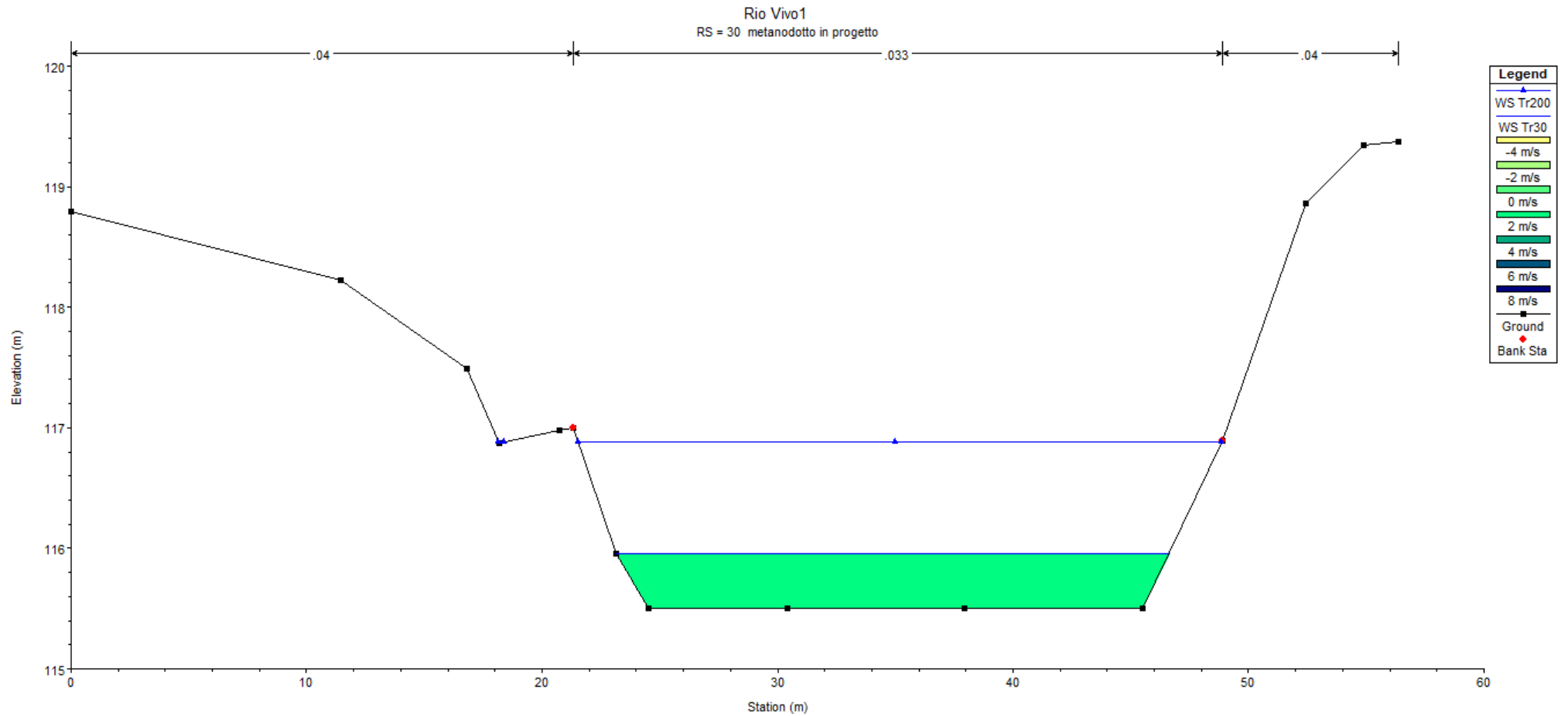


Figura 7.4: Rio Vivo attraversamento 1, sezione trasversale in corrispondenza del nuovo metanodotto – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222		Foglio 18 di 40				AT-RE-102-222

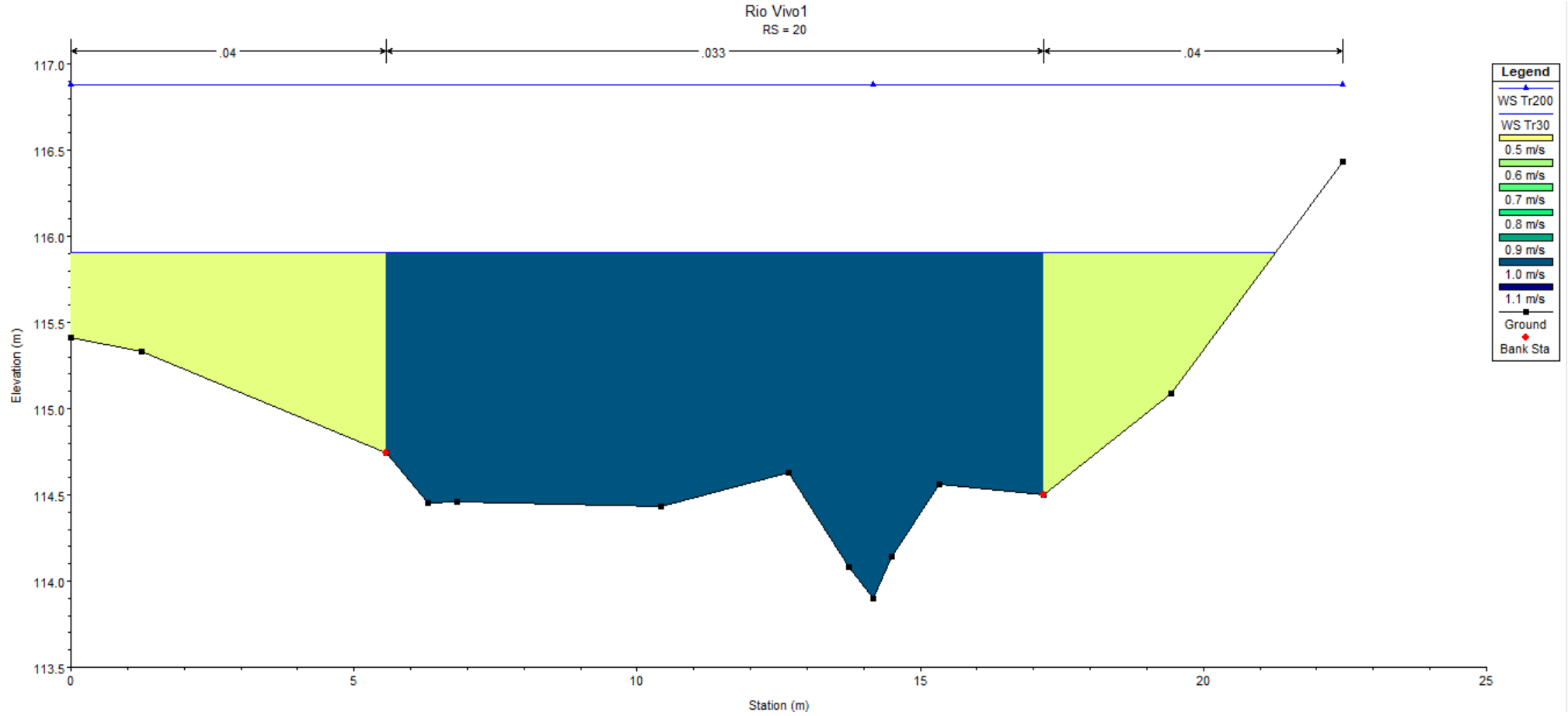


Figura 7.5: Rio Vivo attraversamento 1, sezione trasversale a valle del nuovo metanodotto – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222		Foglio 19 di 40				AT-RE-102-222

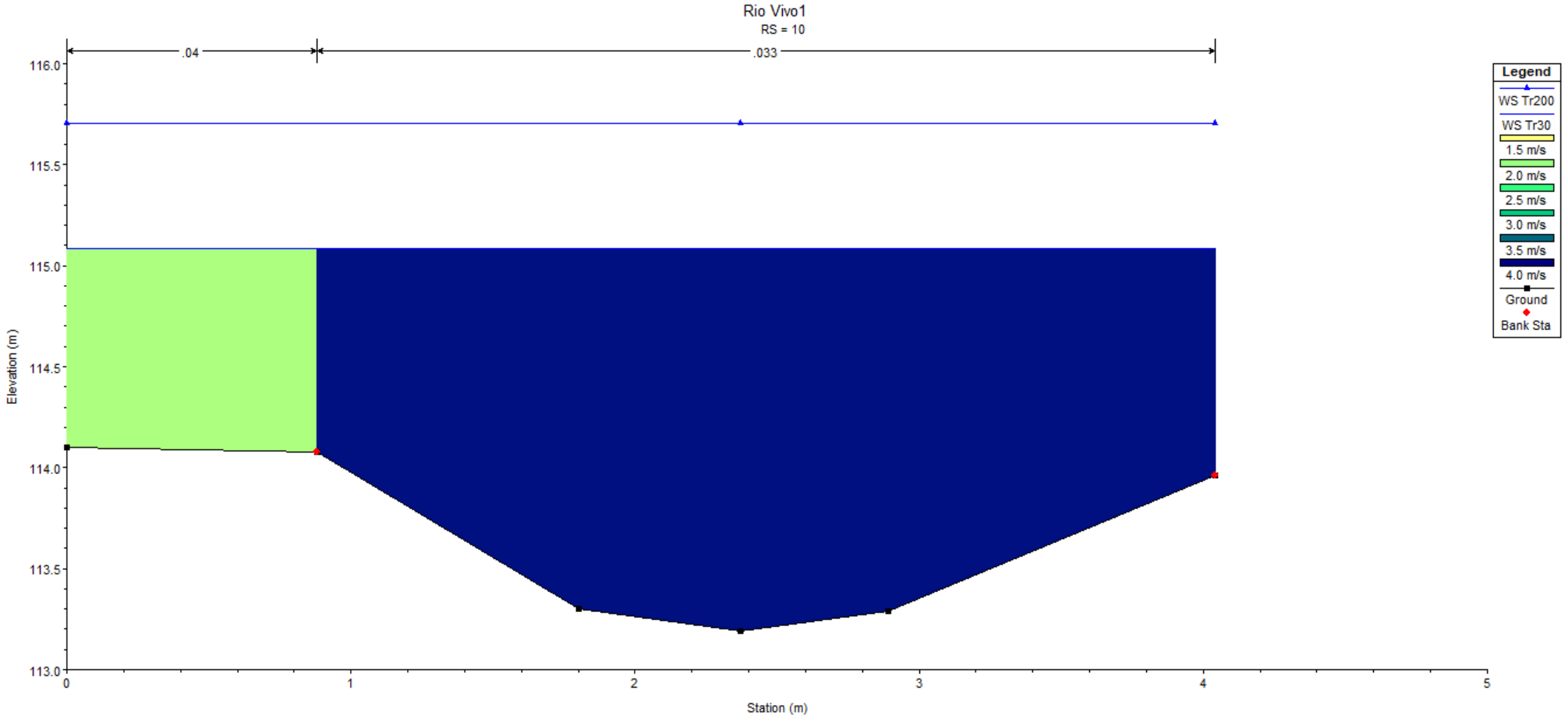


Figura 7.6: Rio Vivo attraversamento 1, sezione trasversale al termine del tratto modellato – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 20 di 40				

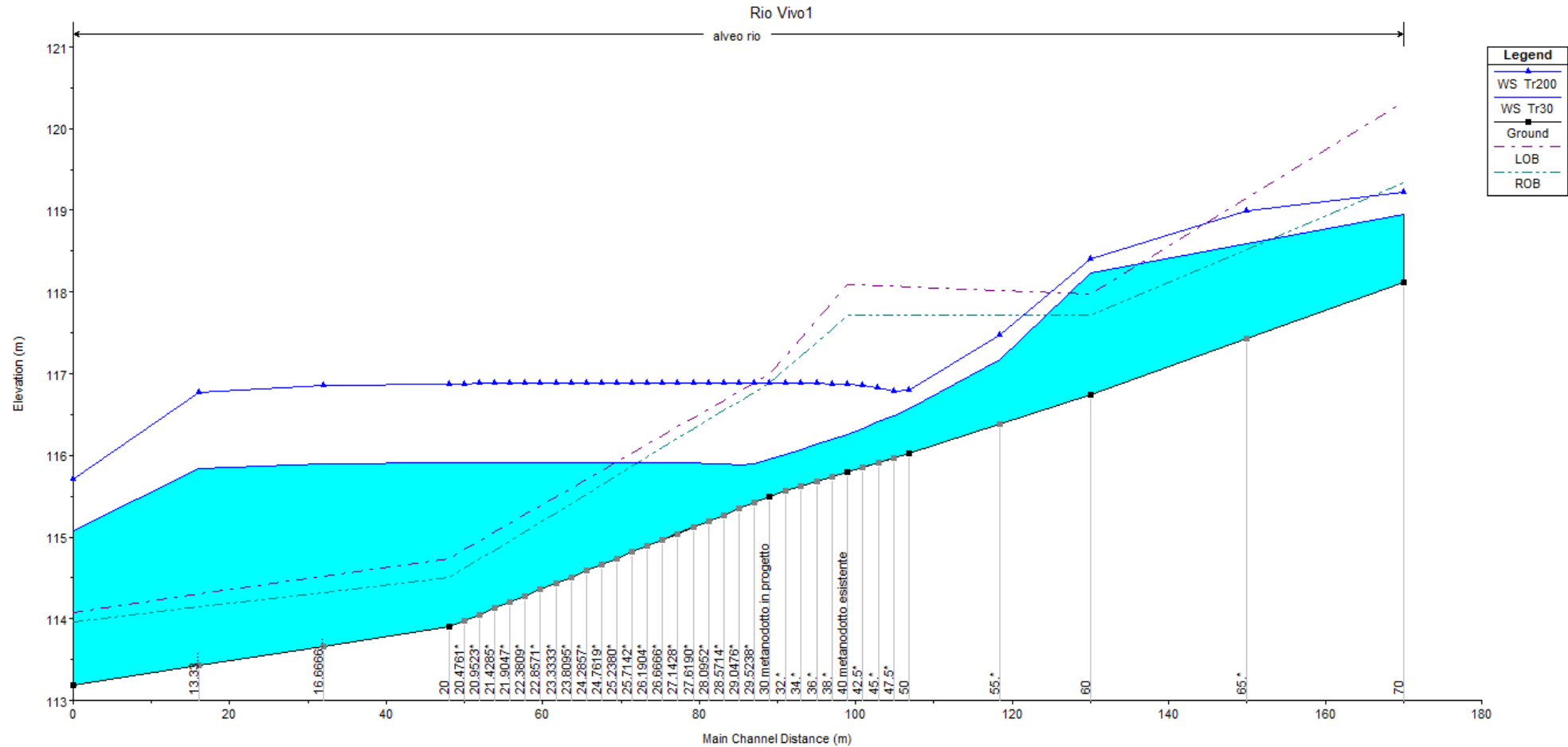


Figura 7.7: Rio Vivo attraversamento 1, profilo longitudinale del tratto d'alveo modellato – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO										
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222			Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222		
			Foglio 21 di 40							

Sez.	Tr	Q [mc/sec]	Quota fondo [m.s.m.]	Quota acqua [m.s.m.]	Alt. Crit. [m.s.m.]	Carico Totale [m.s.m.]	P. linea carichi [m]	Velocità [m/sec]	Area [mq]	Larg. p. l. [m]	N. Froude	Raggio i. [m]	Tens. Tang [n/m2]
70	Tr30	21.16	118.12	118.95	118.95	119.26	0.013103	2.47	8.56	13.94	1.01	0.6	77.26
70	Tr200	35.98	118.12	119.22	119.22	119.64	0.011969	2.87	12.56	15.21	1.01	0.8	94.31
60	Tr30	21.16	116.74	118.23	118.23	118.45	0.00836	2.57	12.46	25.65	0.82	0.47	73.3
60	Tr200	35.98	116.74	118.41	118.41	118.72	0.009937	3.12	17.03	26	0.91	0.63	102.37
50	Tr30	21.16	116.03	116.57	116.57	116.82	0.013918	2.21	9.59	19.6	1.01	0.48	66.14
50	Tr200	35.98	116.03	116.79	116.79	117.13	0.012559	2.55	14.11	21.4	1	0.65	80.18
40	Tr30	21.16	115.8	116.25	116.25	116.47	0.014595	2.04	10.37	24.76	1.01	0.42	59.55
40	Tr200	35.98	115.8	116.87		116.96	0.002178	1.32	27.35	30.11	0.44	0.9	19.16
30	Tr30	21.16	115.5	115.96	115.96	116.18	0.014385	2.08	10.2	23.46	1	0.43	60.88
30	Tr200	35.98	115.5	116.88		116.94	0.000978	1.07	33.57	27.54	0.31	1.19	11.54
20	Tr30	21.16	113.9	115.91		115.95	0.000687	1	24.72	21.28	0.26	1.1	9.54
20	Tr200	35.98	113.9	116.88		116.91	0.000304	0.93	46.16	22.46	0.19	1.83	7.01
10	Tr30	21.16	113.19	115.09	115.09	115.82	0.015835	3.92	5.85	4.04	1	0.88	161.81
10	Tr200	35.98	113.19	115.71	115.71	116.76	0.017385	4.72	8.35	4.04	1.02	1.06	219.17

Tabella 2: Rio Vivo attraversamento 1, grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto d'alveo modellato nello stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222	Foglio 23 di 40				AT-RE-102-222	

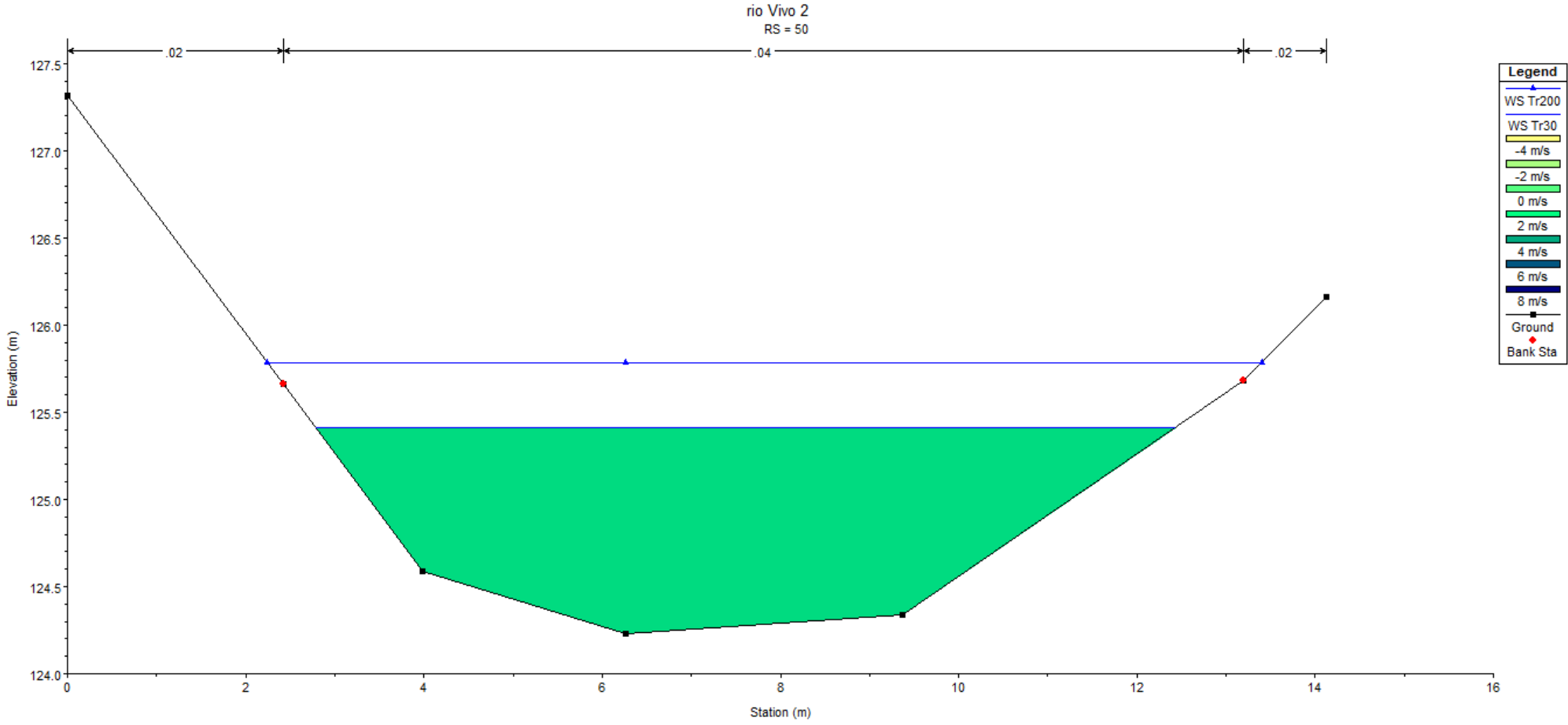


Figura 8.2: Rio Vivo attraversamento 2, sezione trasversale a monte del nuovo attraversamento – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO					
N° Documento:	Rev.:	00			N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222		Foglio	26	di	40
					AT-RE-102-222

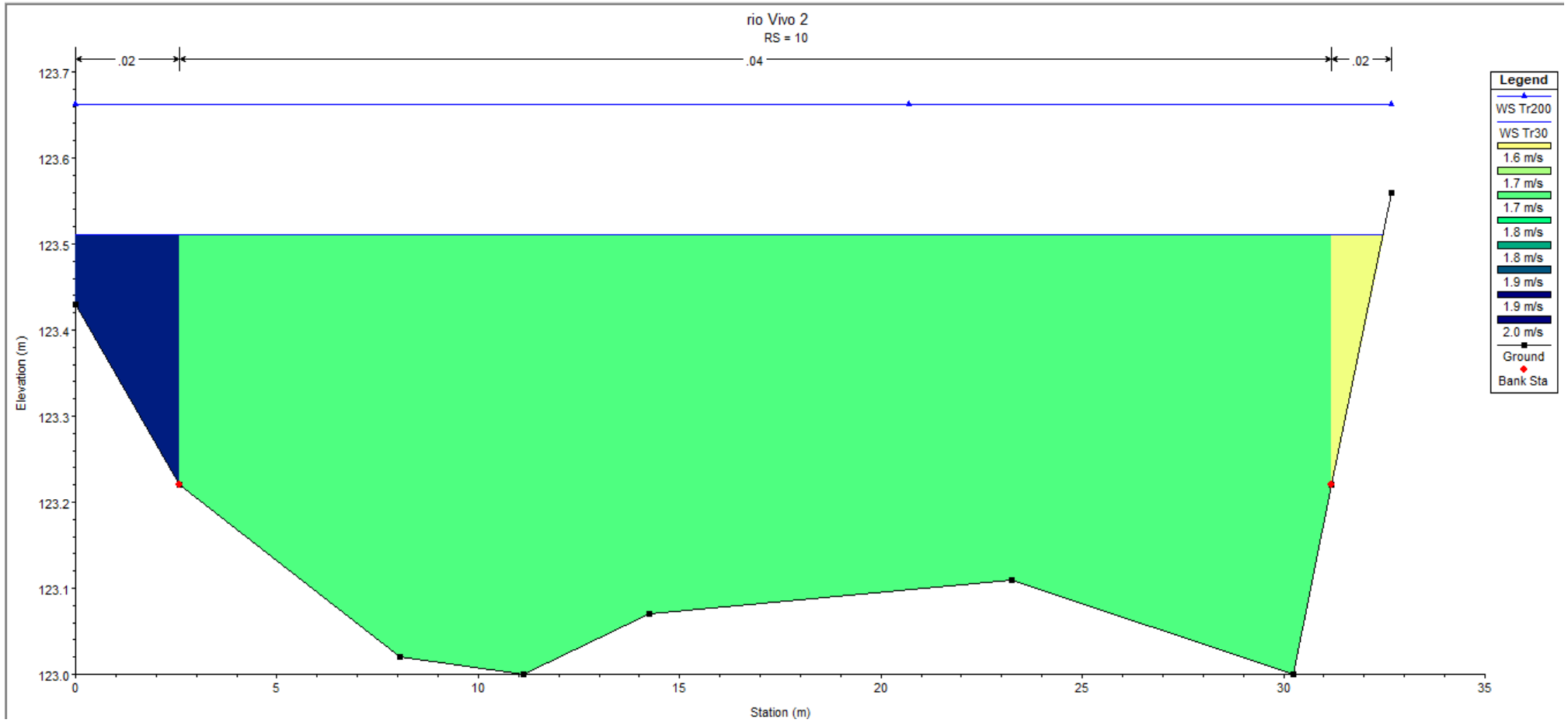


Figura 8.5: Rio Vivo attraversamento 2, sezione trasversale al termine del tratto modellato – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento:	Rev.:	00				N° Documento Cliente:
03492-PPL-RE-102-0222	Foglio 27 di 40				AT-RE-102-222	

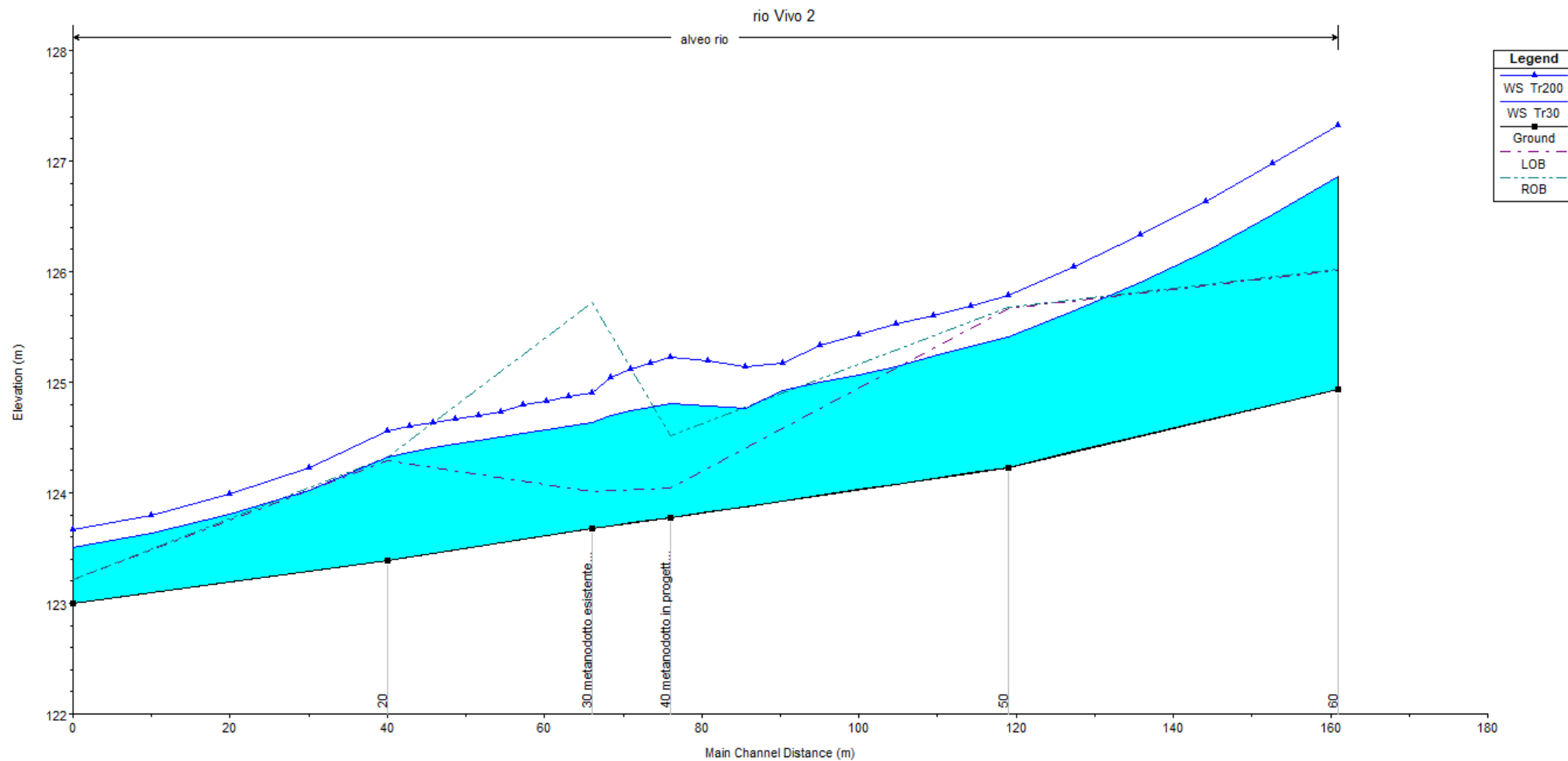


Figura 8.6: Rio Vivo attraversamento 2, profilo longitudinale del tratto d'alveo modellato – stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE										
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO										
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222			Rev.: 00			Foglio 28 di 40			N° Documento Cliente: AT-RE-102-222	

Sez.	Tr	Q [mc/sec]	Quota fondo [m.s.m.]	Quota acqua [m.s.m.]	Alt. Crit. [m.s.m.]	Carico Totale [m.s.m.]	P. linea carichi [m]	Velocità [m/sec]	Area [mq]	Larg. p. l. [m]	N. Froude	Raggio id. [m]	Tens. Tang [n/m2]
60	Tr30	22.53	124.94	126.86	126.86	127.35	0.012166	3.15	7.27	7.35	0.82	0.84	145.47
60	Tr200	38.32	124.94	127.33	127.33	127.93	0.009973	3.4	11.14	9.3	0.77	1.03	155.67
50	Tr30	22.53	124.23	125.41	125.41	125.82	0.017887	2.84	7.93	9.65	1	0.78	137.44
50	Tr200	38.32	124.23	125.78	125.78	126.32	0.016153	3.25	11.8	11.15	0.99	1	164.07
40	Tr30	22.53	123.78	124.81		124.91	0.001401	0.89	18.7	21.91	0.29	0.81	12.69
40	Tr200	38.32	123.78	125.22		125.34	0.001147	1.02	27.78	22.48	0.28	1.15	14.94
30	Tr30	22.53	123.68	124.63		124.86	0.005785	1.7	11.43	13.8	0.58	0.76	47.8
30	Tr200	38.32	123.68	124.9		125.29	0.006711	2.14	15.22	14.06	0.64	0.97	70.09
20	Tr30	22.53	123.39	124.32	124.32	124.61	0.014451	2.4	9.39	16.05	0.89	0.55	101.29
20	Tr200	38.32	123.39	124.56	124.56	124.99	0.013199	2.77	13.3	16.61	0.89	0.75	122.28
10	Tr30	22.53	123	123.51	123.47	123.66	0.014015	1.7	13.18	32.46	0.82	0.4	60.05
10	Tr200	38.32	123	123.66	123.62	123.89	0.014007	2.08	18.13	32.68	0.86	0.55	80.83

Tabella 3: Rio Vivo attraversamento 2, grandezze caratteristiche dei deflussi nel tratto d'alveo modellato nello stato di progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 29 di 40				

4 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE

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

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, dovute principalmente:

1. alla presenza di discontinuità di fondo;
2. alla presenza di manufatti in alveo (pile, pennelli, briglie, ecc.);
3. alla presenza di curve;
4. alla propagazione di barre alterne;

Si possono fin da subito escludere la casistica di cui ai punti 2, 3 infatti nei due tratti in esame non sono presenti manufatti in alveo o curve.

Inoltre, in entrambi i casi, trattandosi canali appartenenti al reticolo secondario, per di più interferiti nel tratto apicale degli stessi, è naturale attendersi che la durata degli eventi di piena sia di poco superiore alla durata dell'evento che li ha generati, pertanto non sussistono le condizioni per l'innescarsi di fenomeni di propagazione di barre alterne.

Procediamo pertanto ad analizzare il solo caso 1.

Rio Vivo attraversamento 1 (km32+675)

Nel caso in esame la possibile discontinuità di fondo si può correlare al diverso grado di compattazione tra i terreni dell'alveo indisturbato e quelli interessati dalle operazioni di scavo e rinterro.

Dall'espressione di Shoklitsch¹, utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate ai paragrafi precedenti, assumendo come portata specifica

$q = Q/(\Omega/yu)$, per Tr 200 anni, risulta:

$$S_{\max Tr200} = 0,52 \text{ m}$$

¹ $S_{\max prog} = 0,378 * H^{0,5} * q^{0,35}$ con H= carico totale

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26'') DP 75 bar E OPERE CONNESSE							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO							
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 30		di 40			

Su tale valore tuttavia è bene considerare che formule utilizzate consentono di determinare l'ordine di grandezza dei valori in gioco che pertanto vanno utilizzati con notevole cautela ed opportuni coefficienti di sicurezza. Per tali motivi, in considerazione delle modeste dimensioni dell'alveo fluviale e dei materiali presenti in sito, si ritiene opportuno considerare un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,40 risulta pertanto:

$$S_{\max \text{ buche (a)}} = 0,52 * 1,40 = 0,728 \text{ m}$$

Esistono poi altre formule empiriche che mettono in correlazione la massima profondità di erosione localizzata in caso di discontinuità di fondo all'altezza d'acqua generata dalla piena.

In tal caso la profondità di erosione risulterebbe:

$$\text{Altezza acqua sez. 30: } 116,88 - 115,50 = 1,38 \text{ m}$$

Da cui risulta, applicando lo stesso coefficiente di sicurezza visto in precedenza:

$$S_{\max \text{ buche (b)}} = (1,38 / 2) * 1,40 = 0,966 \text{ m}$$

Rio Vivo attraversamento 2 (km 33+020)

Nel caso in esame la possibile discontinuità di fondo si può correlare al diverso grado di compattazione tra i terreni dell'alveo indisturbato e quelli interessati dalle operazioni di scavo e rinterro.

Dall'espressione di Shoklitsch², utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate ai paragrafi precedenti, assumendo come portata specifica

$q = Q/(\Omega/yu)$, per Tr 200 anni, risulta:

$$S_{\max \text{ Tr200}} = 0,60 \text{ m}$$

² $S_{\max \text{ prog}} = 0,378 * H^{0,5} * q^{0,35}$ con H= carico totale

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 31 di 40				

Su tale valore tuttavia è bene considerare che formule utilizzate consentono di determinare l'ordine di grandezza dei valori in gioco che pertanto vanno utilizzati con notevole 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 1,40 risulta pertanto:

$$S_{\max \text{ buche (a)}} = 0,60 * 1,40 = 0,84 \text{ m}$$

Esistono poi altre formule empiriche che mettono in correlazione la massima profondità di erosione localizzata in caso di discontinuità di fondo all'altezza d'acqua generata dalla piena.

In tal caso la profondità di erosione risulterebbe:

$$\text{Altezza acqua sez. 40: } 125,22 - 123,78 = 1,44 \text{ m}$$

Da cui risulta, applicando lo stesso coefficiente di sicurezza visto in precedenza:

$$S_{\max \text{ buche (b)}} = (1,44 / 2) * 1,40 = 1,01 \text{ m}$$

Definizione della profondità di posa

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, la profondità minima del ricoprimento della condotta dovrebbe risultare per entrambi gli attraversamenti non inferiore a 1,00 m, con un coefficiente di sicurezza di 1,40.

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	32	di	40	

5 CONCLUSIONI

Il presente studio ha lo scopo di valutare l' idoneità della profondità di posa della nuova condotta di attraversamento in subalveo del Vallone Rio Vivo realizzata in acciaio DN 650 (26") DP75 bar che, si ricorda, verrà eseguita in entrambi i casi con scavo a sezione retta obbligata con una profondità di 2,50 m dal punto più depresso del fondo alveo, con successivo ripristino dello scavo con terreno di risulta e realizzazione palizzate in legno per assicurare la stabilità delle sponde nel breve periodo.

Alla luce di quanto esposto ai punti precedenti

Le verifiche condotte hanno evidenziato:

- che ricoprimento della condotta risulta in entrambi i casi verificato rispetto alle massime profondità di scavo localizzato prevedibili in occasione delle piene con Tr 200 anni con un coefficiente di sicurezza superiore a 1,40.

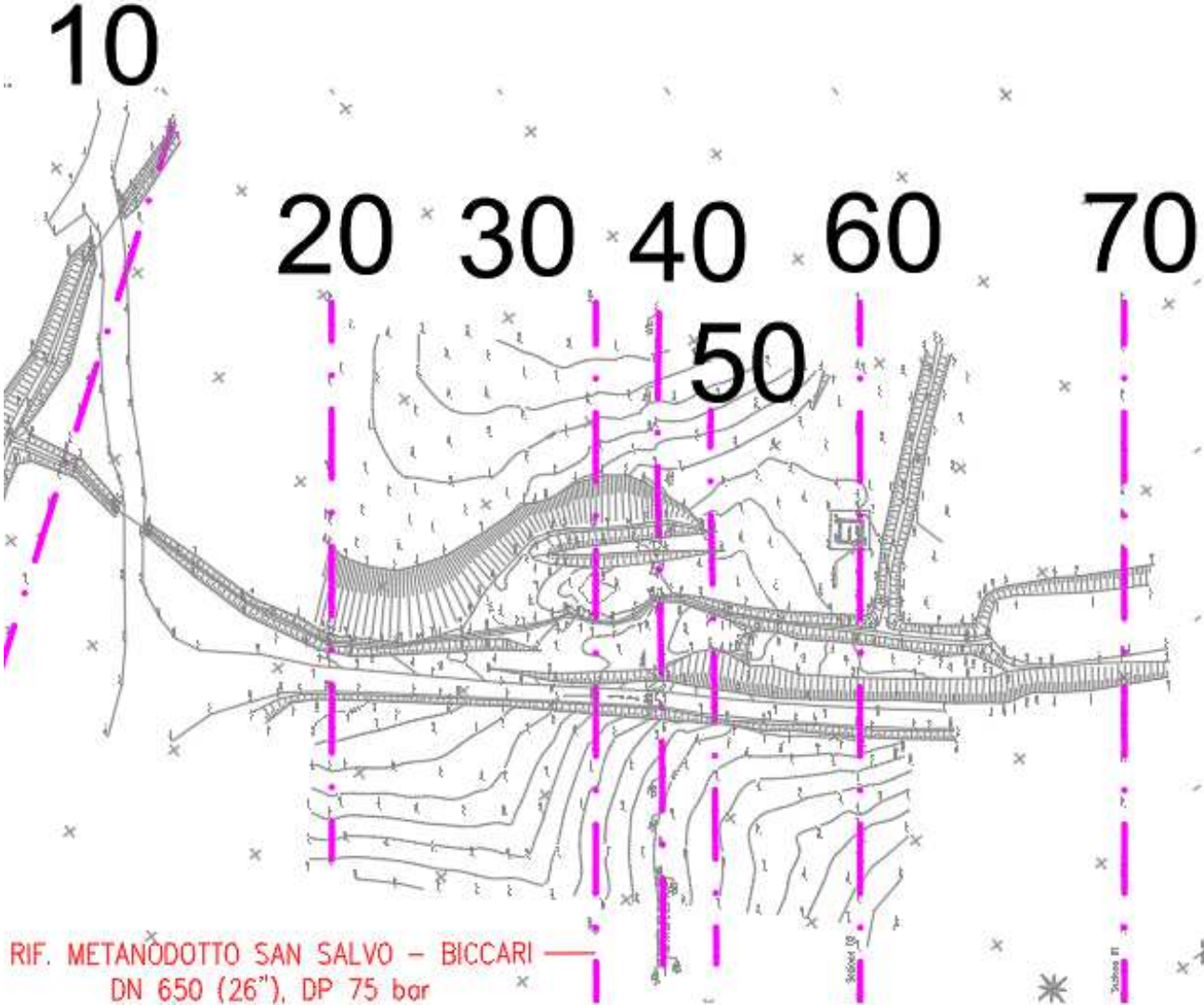
Si ritiene pertanto che la profondità di posa prevista da progetto risulta idonea a garantire il corretto ricoprimento della condotta per un tempo superiore alla vita utile dell'opera.

Allo stesso modo le verifiche condotte hanno consentito di dimostrare la compatibilità delle opere in progetto nei confronti dei vincoli imposti dal Piano Stralcio, come meglio dettagliato nella specifica Verifica di Compatibilità Idraulica (Doc. n. RE-CIMO-036) cui si rimanda per maggiori dettagli. 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. A tal fine occorrerà in particolare:

- assicurare una perfetta compattazione dei terreni utilizzati per il rinterro della condotta ed il ripristino delle sponde, procedendo alla costipazione per strati di spessore massimo 30 - 50 cm;
- verificare in corso d'opera il raggiungimento di un buon grado di compattazione per ciascuno strato;
- assicurare il ripristino del fondo alveo con materiale di granulometria conforme a quella attualmente in sito per una profondità di almeno 1,50/2,00 m.

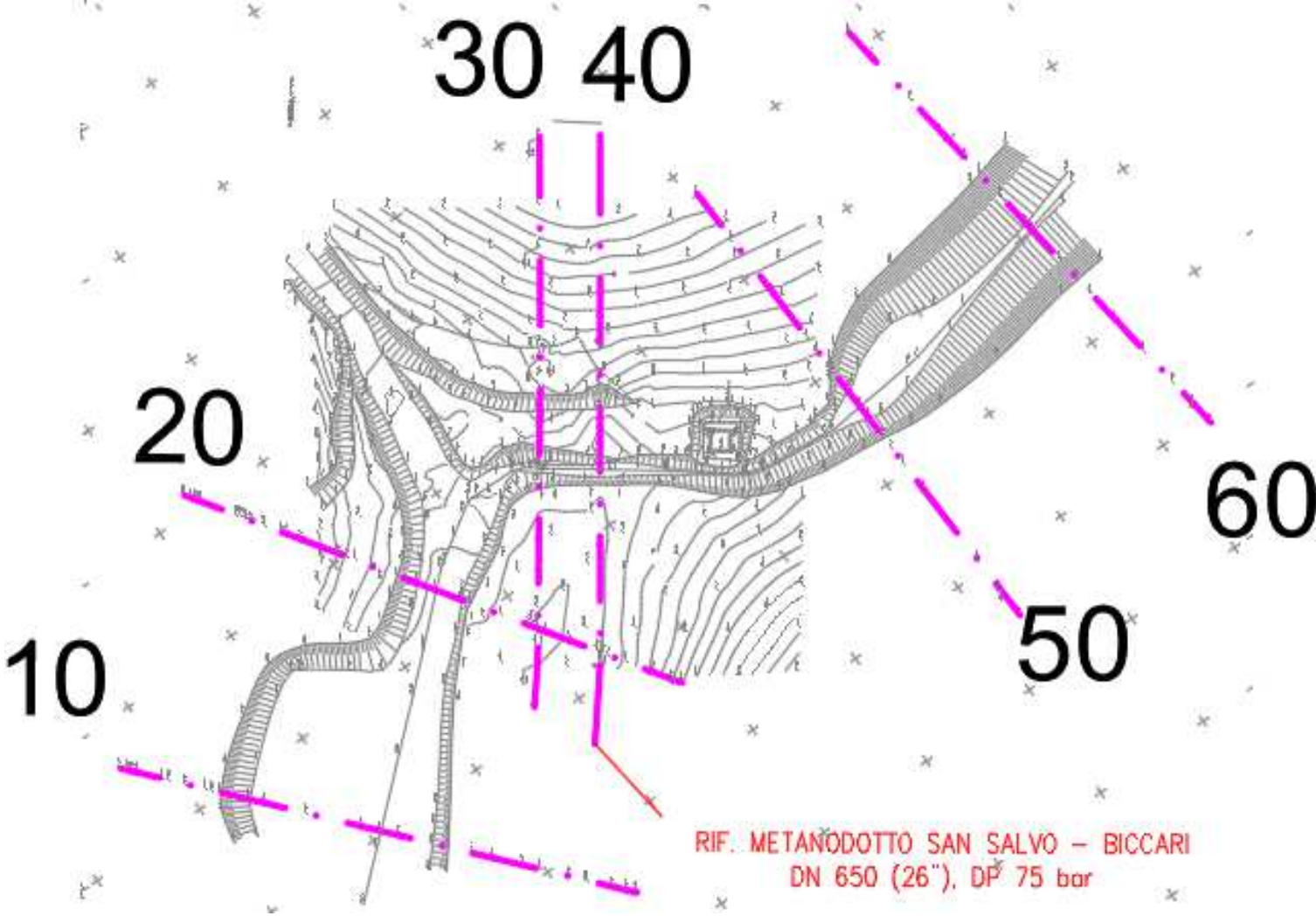
RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO					
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 33 di 40			

ANNESSO 1.1: STRALCIO PLANIMETRICO DEL TRATTO MODELLATO ATTR. 1 CON SEZIONI (KM 32+675)



RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO					
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	34	di	40

ANNESSO 1.2: STRALCIO PLANIMETRICO DEL TRATTO MODELLATO ATTR. 2 CON SEZIONI (KM 33+020)



RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26'') DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	35	di	40	

ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® 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.

E' 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.

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

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.:	00				N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio 36 di 40				

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....) 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 canale 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 canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;

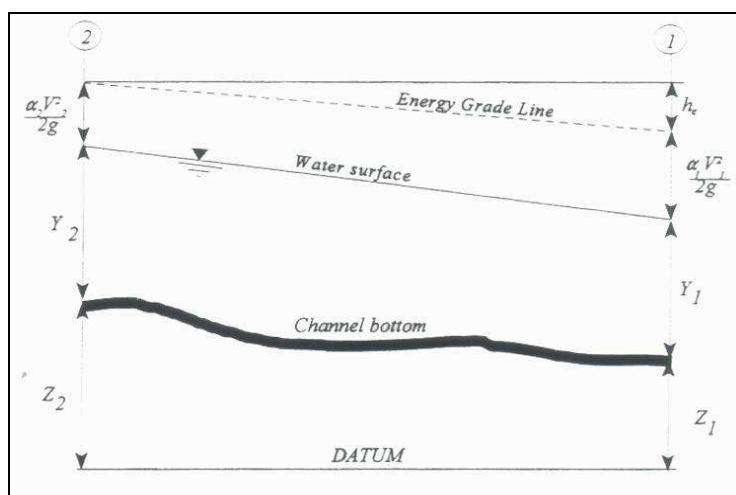
RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26'') DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	37	di	40	

- 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;

V1, V2 : velocità media;

α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	38	di	40	

h_e : perdita di carico;

L : distanza fra le sezioni trasversali;

S_f : 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 canale 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 S_f viene calcolata con l'equazione di Manning:

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

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	CONTRACTIO N	EXPANSIO N
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

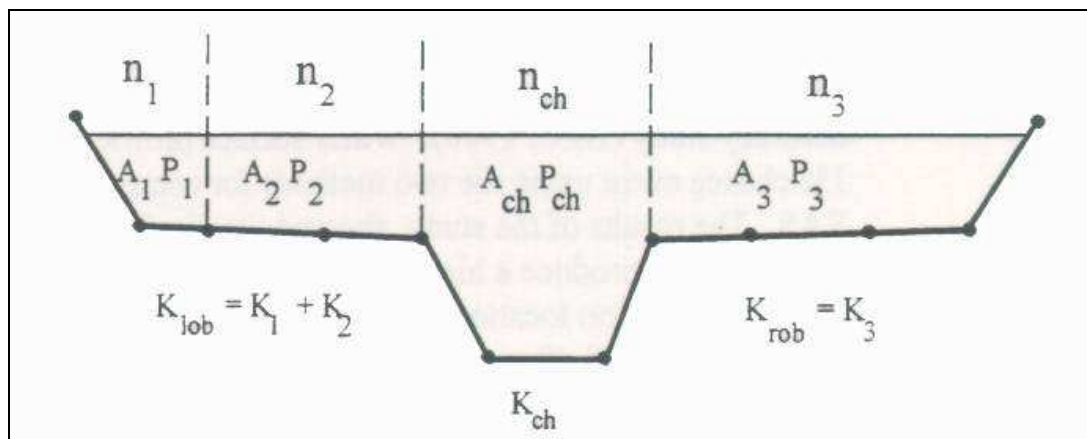
Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione

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

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26") DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00					N° Documento Cliente: AT-RE-102-222
		Foglio	39	di	40	

Nel canale 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.

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

RIFACIMENTO METANODOTTO SAN SALVO – BICCARI DN650 (26'') DP 75 bar E OPERE CONNESSE						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA VALLONE RIO VIVO						
N° Documento: 03492-PPL-RE-102-0222	Rev.: 00	Foglio 40	di 40	N° Documento Cliente: AT-RE-102-222		

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

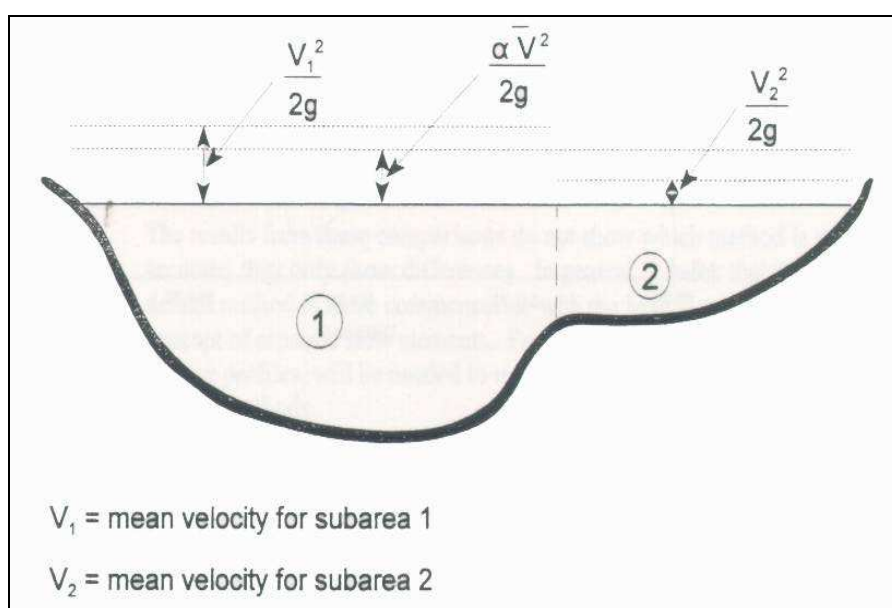
dove:

A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, canale 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, canale 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:

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

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione