



ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI SpA



**COGESI** S.C.R.L.  
consorzio gestori servizi idrici



Comune	CARRU' – LEQUIO TANARO – MONCHIERO – MONFORTE D'ALBA - PIOZZO (CN)
--------	--

Oggetto	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO – ECONOMICA</b> <i>(art. 41 D.Lgs 36/2023)</i> NUOVA CONDOTTA DI ADDUZIONE A SERVIZIO DELLA RETE ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI (COMUNI DI CARRU' - LEQUIO TANARO – MONCHIERO – MONFORTE D'ALBA – PIOZZO)
---------	---

Elaborato	<b>D04.1 – RELAZIONE IDROLOGICO – IDRAULICA ATTRaversAMENTO RIO RORDO O VERNERA</b>
-----------	---

Committente del progetto	 ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI SpA
--------------------------	--

Progettista	dott. ing. Enrico Piovano - ufficio tecnico ALAC
-------------	--

Responsabile Unico del Procedimento	geom. Mario Giraudo – ufficio tecnico ALAC
-------------------------------------	--

Commessa	Livello di progetto	Approvazione	Data approvazione	N° elaborato	Rev.	Data	Scala
2021_01	<b>FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA</b>	CdA	04/08/2022	<b>D04.1</b>	<b>02</b>	08/2023	---

Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
<b>00</b>	Prima emissione	07/2022			
<b>01</b>	Correzione dato pag. 3.	05/2023			
<b>02</b>	Aggiornamento testalino D.Lgs 36/2023	08/2023			
--	Studio di fattibilità	07/2021			26/08/2021

Questo elaborato è di proprietà di ACQUEDOTTO LANGHE e ALPI CUNEESI SpA  
L'elaborato non può essere modificato, copiato, duplicato, riprodotto o divulgato, anche parzialmente, senza autorizzazione scritta del proprietario.

**ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI SpA**  
Corso Nizza 9, 12100 CUNEO – tel. 0171 697550 – e-mail [acquedotto.langhe@legalmail.it](mailto:acquedotto.langhe@legalmail.it) – Capitale Sociale € 5.000.000  
n. iscrizione registro imprese di Cuneo e Codice Fiscale e Partita IVA 00451260046 – n. REA CN - 179339

**CO.GE.S.I. SCRL**  
Corso Nizza 90, 12100 CUNEO – tel. 0171 326771 – e-mail [cogesi@cogesi.it](mailto:cogesi@cogesi.it) – Capitale Sociale € 3.000.000  
n. iscrizione registro imprese di Cuneo e Codice Fiscale e Partita IVA 03434470047 – n. REA CN - 290478

## Indice

<b>1. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO</b> .....	3
<b>2. ATTRAVERSAMENTO RIO RORDO O VERNERA</b> .....	4
2.1 Determinazione delle portate di progetto.....	4
2.2 Verifica idraulica con modello di moto permanente .....	6
2.3 Conclusioni .....	7
<b>3. ALLEGATI</b> .....	8
3.1 Allegato 1 – corografia di bacino .....	9
3.2 Allegato 2 – modellazione idraulica situazione attuale .....	10
3.3 Allegato 3 – modellazione idraulica situazione di progetto .....	16

## 1. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

La presente relazione idrologico – idraulica è redatta in fase di progettazione definitiva dell'intervento "NUOVA CONDOTTA DI ADDUZIONE A SERVIZIO DELLA RETE ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEESI". Il progetto prevede la realizzazione di una nuova condotta di adduzione che si snoderà per una lunghezza complessiva di 16,1 km sul territorio dei comuni di Carrù, Piozzo, Lequio Tanaro, Monchiero e Monforte d'Alba.



Figura 1 - Foto aerea dell'area di intervento

Il progetto complessivo prevede l'attraversamento di n. 6 corsi d'acqua; in particolare:

### attraversamento in subalveo

1. Rio Rordo o Vernera – confine tra i comuni di Piozzo e Lequio Tanaro (località fondovalle Tanaro)
2. Rio Rilavetto – comune di Lequio Tanaro (località fondovalle Tanaro)
3. Fiume Tanaro – comune di Lequio Tanaro (località Vacchetta)
4. Torrente Rea – comune di Monchiero (località Piancerreto)
5. Rivo delle Monache – comune di Monchiero (località Santa Lucia)

### attraversamento aereo

6. Rivo di Monchiero o di Monforte – comune di Monchiero (località Borgonuovo Basso)

Per ogni singolo attraversamento si è eseguito un rilievo planoaltimetrico del tratto di alveo a cavallo dell'attraversamento e all'analisi idrologica dei rispettivi corsi d'acqua con sezione di chiusura nei pressi dell'attraversamento.

Per ogni tratto dei corsi d'acqua considerati si sono quindi implementati i modelli idraulici di moto permanente, si sono analizzati i risultati delle elaborazioni e si è valutato come gli interventi in oggetto influiscono sul deflusso delle portate di piena prese in considerazione.

## 2. ATTRAVERSAMENTO RIO RORDO O VERNERA

### 2.1 Determinazione delle portate di progetto

I dati relativi alle caratteristiche morfologiche del bacino idrografico del Rio Rordo o Vernera, avente sezione di chiusura nei pressi dell'attraversamento in località fondovalle Tanaro al confine tra i comuni di Piozzo e di Lequio Tanaro, sono stati desunti dalla cartografia C.T.R., come riportato nella "Corografia di bacino" in Allegato 1.

Si sono ottenuti i seguenti valori:

- Superficie: 9,41 km<sup>2</sup>,
- Altezza media rispetto alla sezione di chiusura: 332 m s.l.m.,
- Quota alla sezione di chiusura: 265 m s.l.m.
- Lunghezza asta principale: 6,66 km.

Le modalità per la determinazione della portata di progetto sono descritte nel seguito.

Le portate afferenti alla sezione di interesse dipendono dalle precipitazioni localizzate in tutto il bacino; al fine di stimare la portata di pioggia di progetto è necessario pertanto procedere ad indagini sulle piogge intense che caratterizzano l'area di studio.

Tali indagini hanno come scopo l'elaborazione di curve di possibilità pluviometrica, le quali rappresentano la relazione tra le altezze massime di pioggia e le durate di pioggia che si possono verificare in quella determinata zona, per un assegnato valore del tempo di ritorno  $T_r$  :

$$h = a \cdot t^n$$

dove  $h$  è l'altezza di pioggia espressa in millimetri,

$t$  la durata corrispondente in ore;

$a$  e  $n$  sono parametri caratteristici calcolati in funzione di  $T_r$ .

Per la determinazione dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica si è scelto di fare riferimento alla Direttiva del PAI "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", la quale fornisce, sulla base delle elaborazioni puntuali, un'interpretazione della variabilità spaziale dei parametri pluviometrici attraverso il metodo del Kriging dei parametri  $a$  ed  $n$  delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato.

La cella rappresentativa dell'area in esame si trova in posizione baricentrica nel bacino oggetto di studio, pertanto i valori di  $a$  ed  $n$  individuati si considerano quelli medi del bacino:

Cella BD135 di coordinate UTM Est 411000, Nord 4931000

$$h (Tr = 20) = 40,55 \cdot t^{0,276}$$

$$h (Tr = 100) = 53,00 \cdot t^{0,261}$$

$$h (Tr = 200) = 58,32 \cdot t^{0,257}$$

$$h (Tr = 500) = 65,20 \cdot t^{0,253}$$

Nel caso in esame si è scelto di analizzare il deflusso delle portate aventi un tempo di ritorno di 100 e 200 anni.

Fra i metodi analitici per la stima della portata massima conseguente ad un'assegnata precipitazione viene largamente utilizzato il Metodo cinematico o razionale.

Il metodo si basa sul concetto che se in un bacino di superficie  $S$  cade per una durata di pioggia  $\tau$  una precipitazione di intensità costante  $j = h/\tau$  (con  $h$  altezza di pioggia), solo una frazione  $\varphi$  del volume meteorico  $Sh$  risulta efficace agli effetti del deflusso, mentre viene persa la frazione  $(1 - \varphi)$  per evaporazione e filtrazione nel terreno.

Il valore della portata di pioggia  $Q$  viene pertanto determinato come:

$$Q = \frac{\varphi Sh}{\tau}$$

dove  $h = a \cdot t^n$  è l'altezza di pioggia espresso in millimetri;

$t$  è la durata di pioggia espressa in ore;

$\varphi$  è il coefficiente di deflusso per un bacino;

$S$  è la superficie del bacino.

Con il modello adottato la portata massima di pioggia si ottiene per  $\tau = \tau_c$  ovvero per una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione, definito come il tempo teoricamente richiesto a una goccia d'acqua per giungere dal punto più distante alla sezione di chiusura del bacino. La condizione  $\tau = \tau_c$  porta ad un idrogramma di piena avente forma di triangolo isoscele, caratterizzato da un valore massimo della portata doppio di quello medio.

Se la superficie  $S$  è data in  $\text{km}^2$ ,  $h$  in  $\text{m}$  e  $\tau_c$  in ore si ha:

$$Q_{max} = \varphi \frac{10^6}{3600\tau_c} = \frac{278\varphi Sh}{\tau_c} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Il contributo specifico di piena  $u = Q_{max}/S$  è detto coefficiente udometrico ed è espresso in  $\text{l/s} \cdot \text{ha}$ .

Con  $h$  in  $\text{mm}$  e  $\tau_c$  in ore il coefficiente  $u$  viene calcolato come:

$$u = 2,78\varphi \frac{h}{\tau_c} \quad [\text{l/s ha}]$$

Il coefficiente  $\varphi$  è stabilito in funzione della scabrezza della superficie e, tenendo conto della presenza di aree a boschi o prati all'interno del bacino in esame, è stato fissato pari a 0,45.

Per il calcolo del tempo di corrivazione  $\tau_c$  sono disponibili varie formule empiriche.

In Piemonte è ricorrente l'impiego della relazione dovuta a Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A}+1,5L}{0,8\sqrt{H_m-H_0}} [h]$$

con A area del bacino [km<sup>2</sup>], L lunghezza della superficie scolante [km], H<sub>m</sub> e H<sub>0</sub> rispettivamente quota media del bacino e quota della sezione di riferimento [m s.l.m.].

Pertanto, dopo aver definito i dati morfologici e pluviometrici del bacino in esame, si è proceduto al calcolo delle portate con tempo di ritorno 100 e 200 anni.

Nelle seguenti tabelle si riportano i dati utilizzati per il calcolo ed i risultati ottenuti.

Tabella 1 - Calcolo portata di progetto

Tempo di ritorno	Tr = 100	Tr = 200
	<i>DATI</i>	<i>DATI</i>
L [m]	6 660	6 660
S [km <sup>2</sup> ]	9.41	9.41
H <sub>m</sub> [m s.l.m.]	332	332
H <sub>0</sub> [m s.l.m.]	265	265
a [mm/h]	53.00	58.32
n [-]	0.261	0.257
φ [-]	0.45	0.45
	<i>RISULTATI</i>	<i>RISULTATI</i>
T <sub>c</sub> [h]	3.40	3.40
h [mm]	72.94	79.87
u [l/s ha]	26.84	29.39
Q [mc/s]	25.26	27.66

## 2.2 Verifica idraulica con modello di moto permanente

Per la verifica idraulica delle sezioni e la determinazione dei massimi livelli idrici di deflusso si è utilizzato il programma di simulazione di moto permanente "HEC-RAS" River Analysis System dell' "US Army Corps of Engineers", versione 6.3.

Il modello idraulico è stato implementato per la situazione attuale e per la situazione di progetto, con la risagomatura dell'alveo e la realizzazione di nuova scogliera e platea in massi in corrispondenza dell'attraversamento della condotta adduttrice.

Per le scabrezze si sono adottati i valori del coefficiente di Manning:

- 0,05 m<sup>-1/3</sup>s per l'alveo nella situazione attuale (alveo marnoso con depositi di materiale litoide);
- 0,15 m<sup>-1/3</sup>s per le aree golenali con vegetazione arborea e arbustiva;
- 0,03 m<sup>-1/3</sup>s per le difese spondali in massi cementati nella situazione in progetto;
- 0,05 m<sup>-1/3</sup>s per la platea in massi e pietrame nella situazione in progetto.

Si riportano in allegato i risultati della modellazione idraulica, comprensivi di:

- schema planimetrico della rete
- profilo longitudinale con livelli idrici
- sezioni trasversali con livelli idrici
- tabelle dei risultati

## 2.3 Conclusioni

La simulazione idraulica è stata implementata al fine di verificare come la posa della condotta adduttrice ALAC mediante attraversamento in subalveo influisca sul deflusso delle portate di piena.

Dal confronto dei risultati ottenuti nella situazione attuale e in quella di progetto, si evidenzia che la ridefinizione d'alveo in corrispondenza all'attraversamento in generale non determina particolari variazioni delle velocità di deflusso con sostanziale mantenimento delle altezze del tirante idrico.

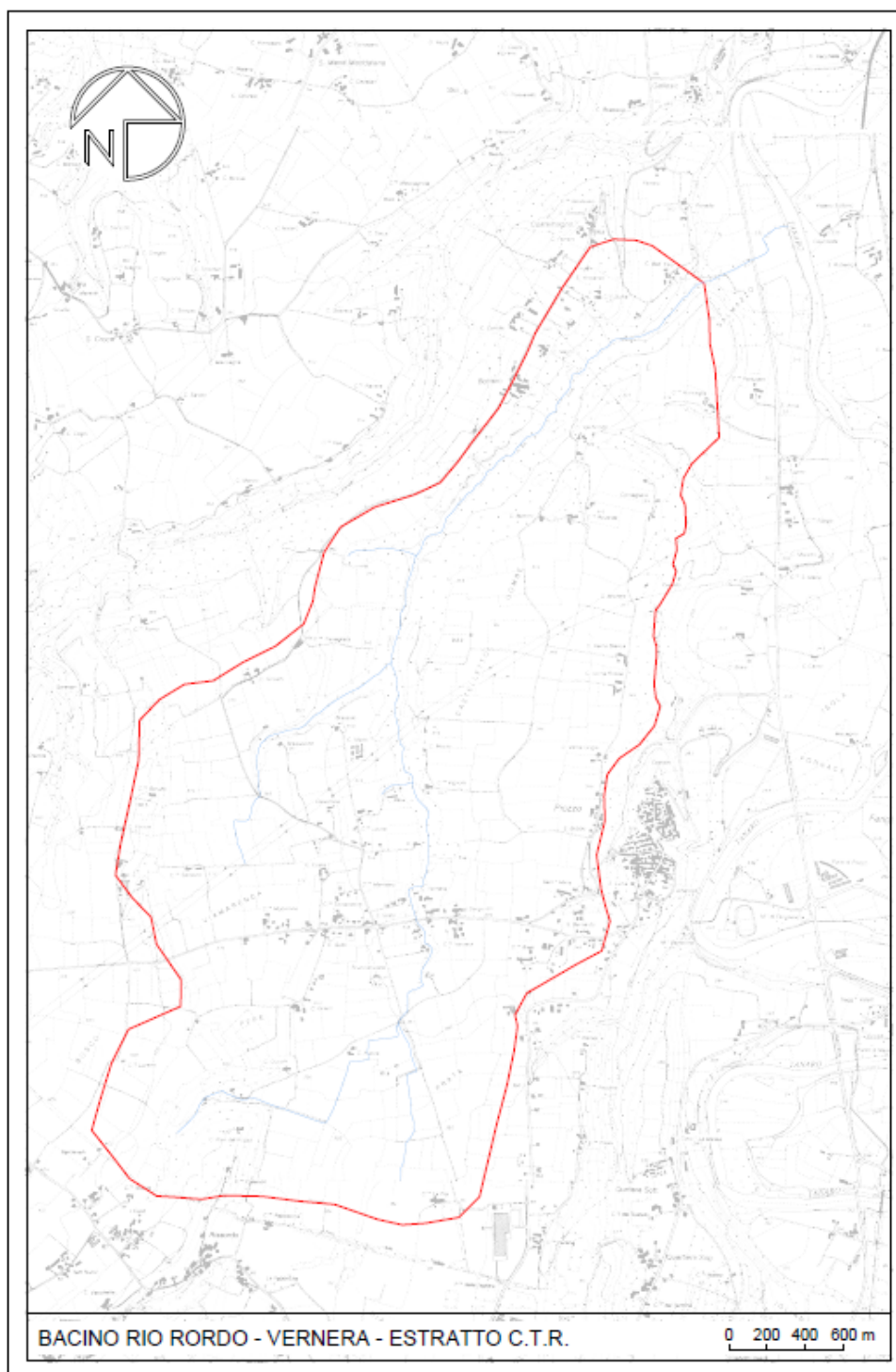
Il progetto non prevede tangibili alterazioni del profilo di fondo alveo che sarà stabilizzato dalla realizzazione di un taglione in calcestruzzo completamente interrato a valle dell'attraversamento.

Gli interventi previsti non determinano ostacolo al deflusso delle piene.

### **3. ALLEGATI**



### 3.1 Allegato 1 – corografia di bacino

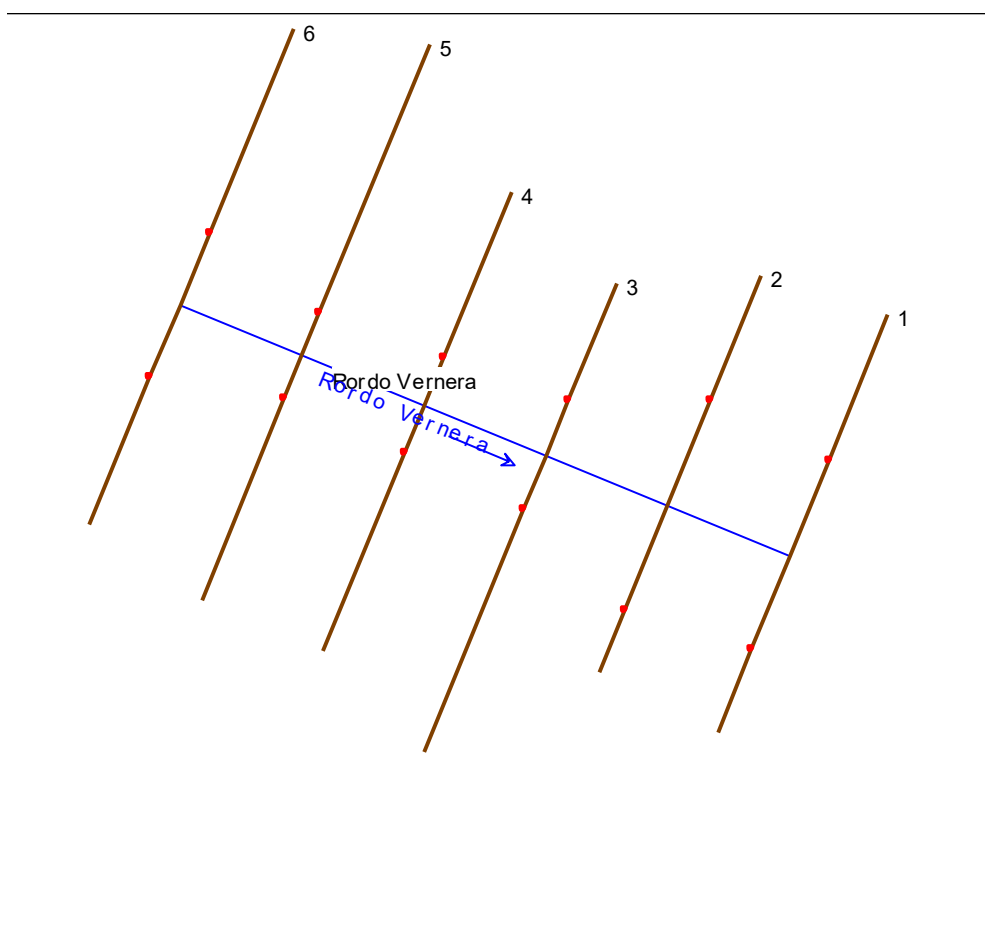


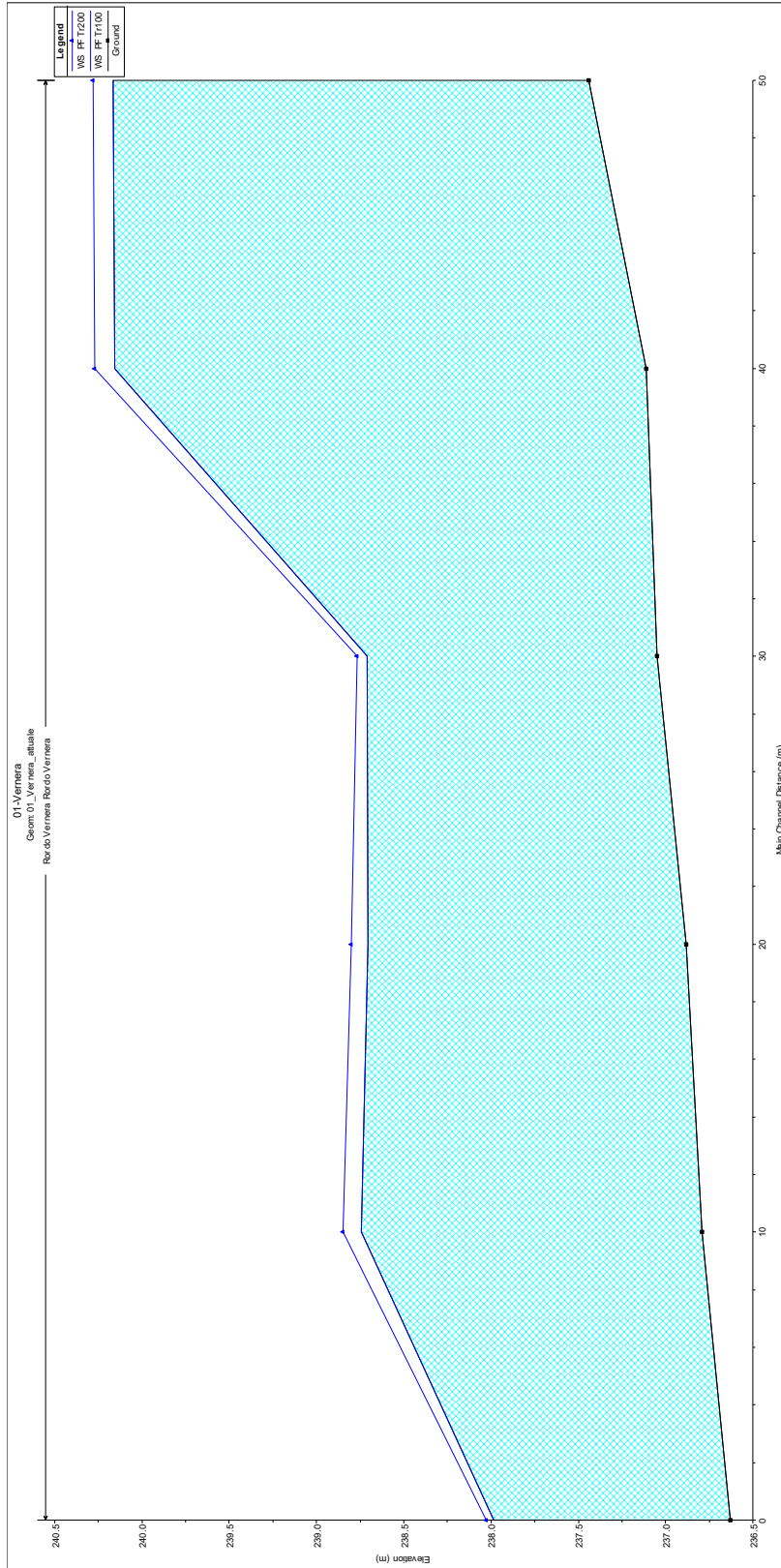
Superficie:	9,41 km <sup>2</sup>
Altezza media rispetto alla sezione di chiusura:	332 m s.l.m.
Quota alla sezione di chiusura:	265 m s.l.m.
Lunghezza asta principale:	6,66 km

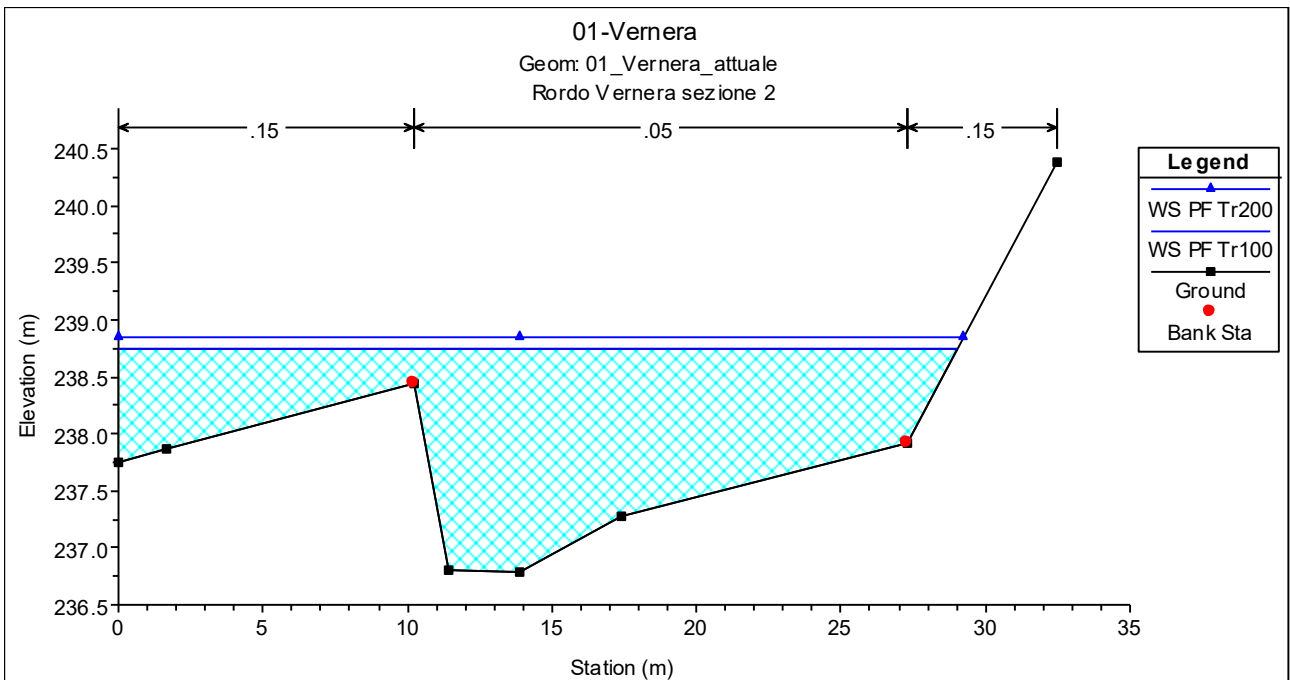
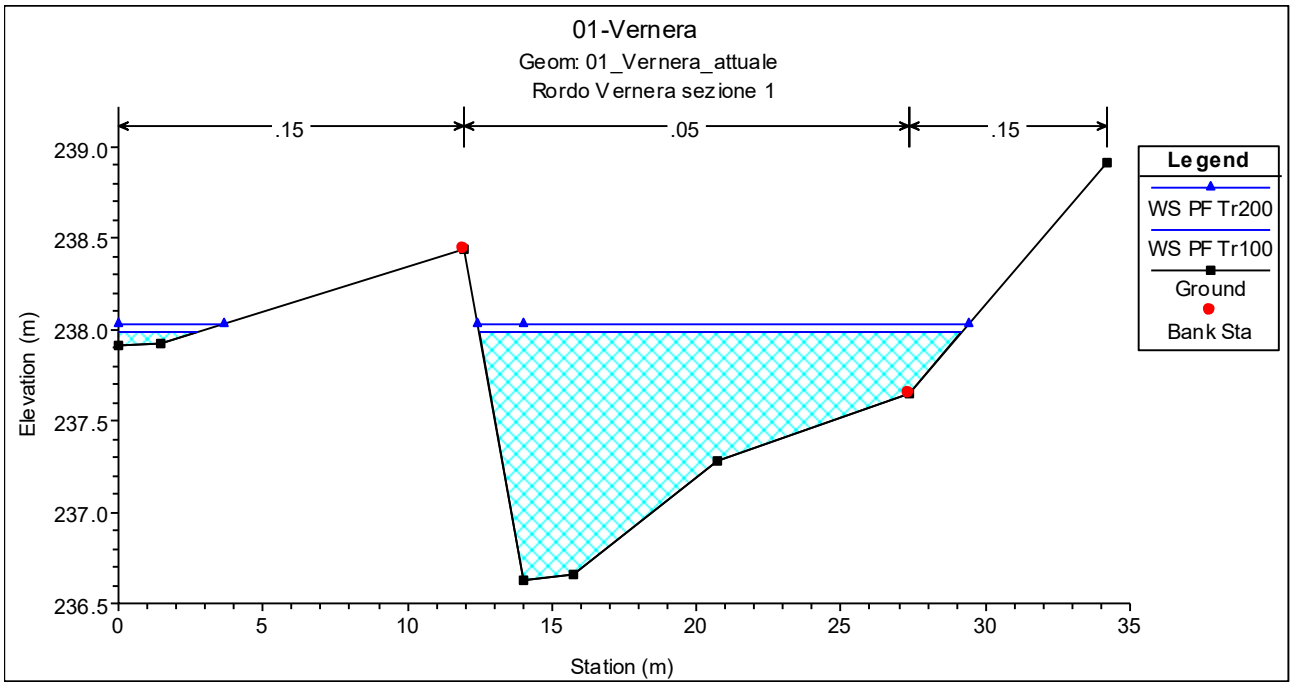
### 3.2 Allegato 2 – modellazione idraulica situazione attuale

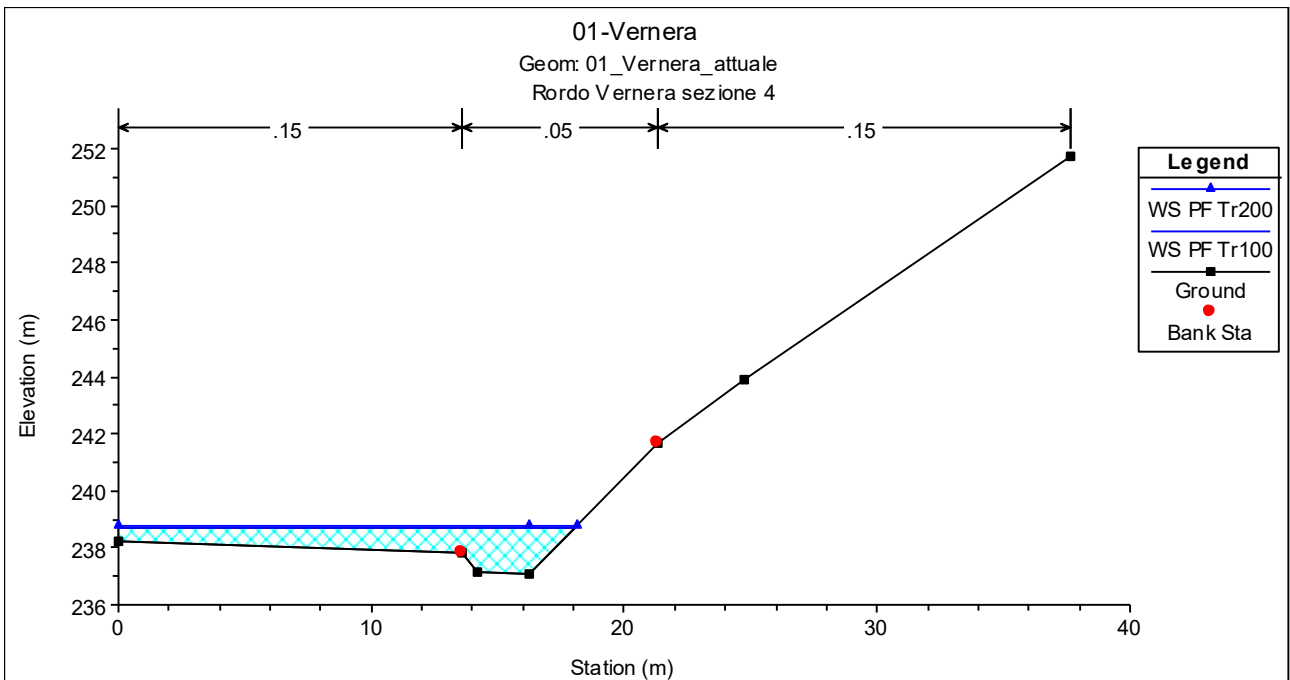
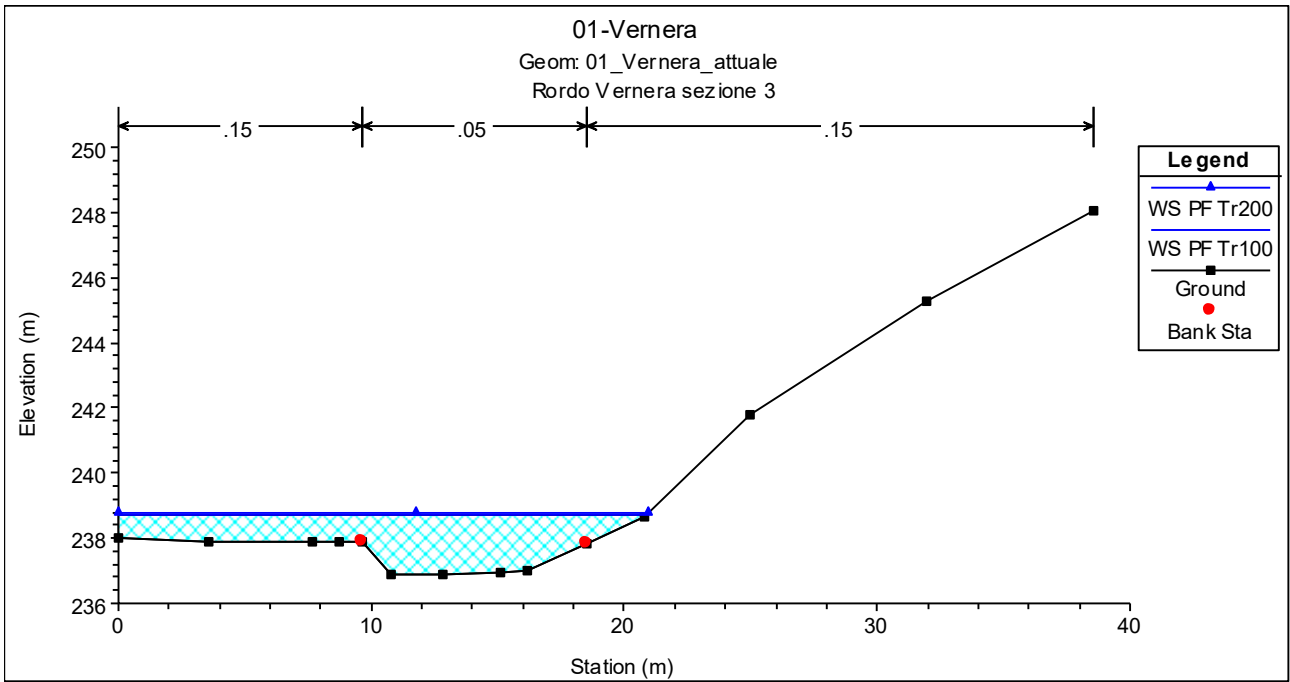
#### SITUAZIONE ATTUALE

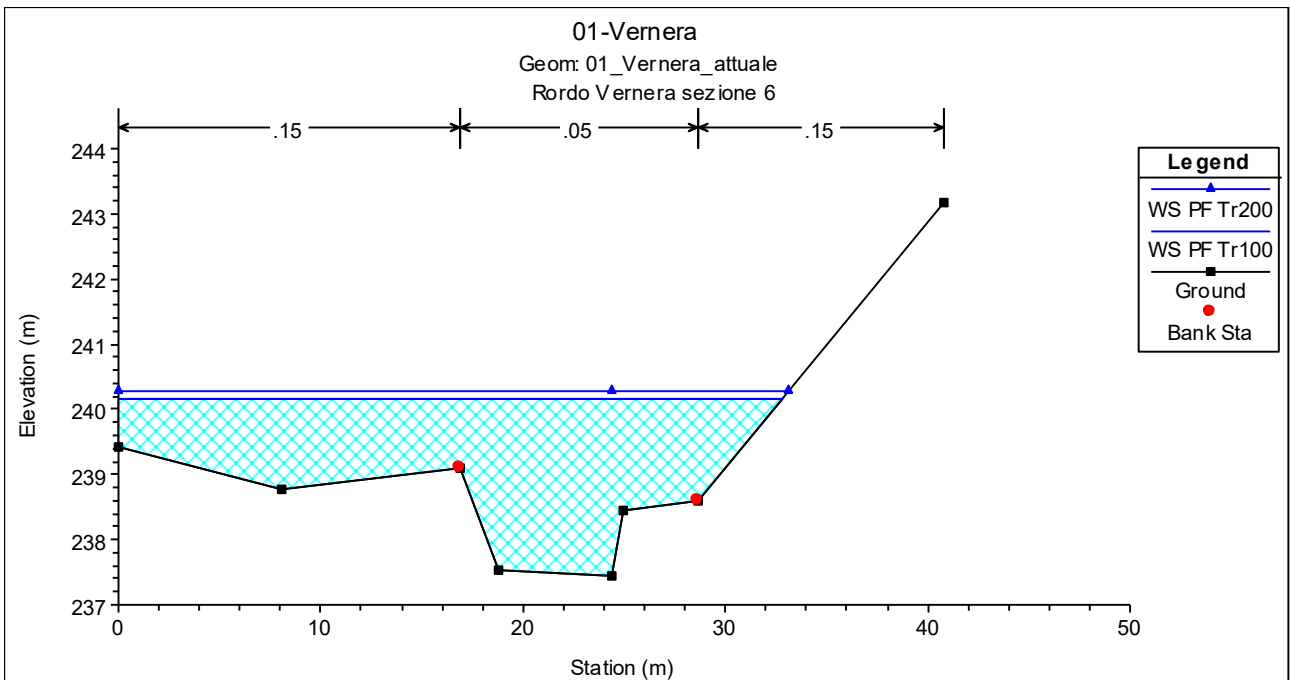
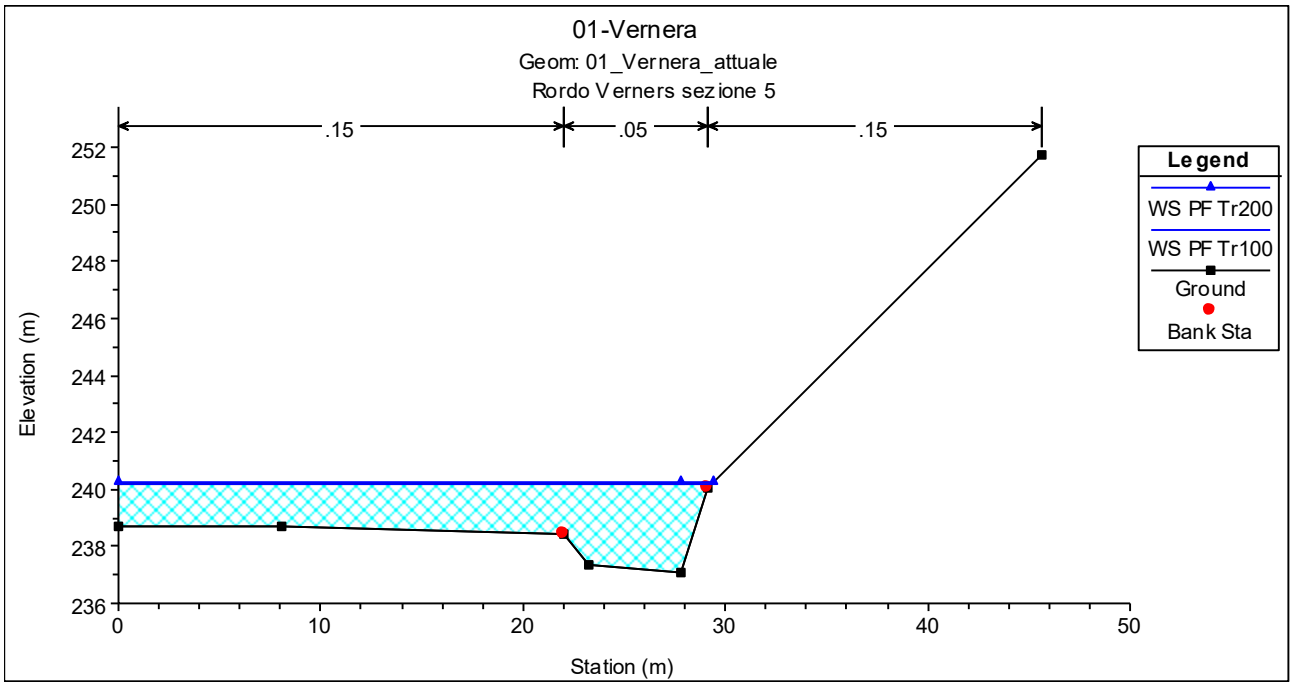
Risultati della modellazione idraulica









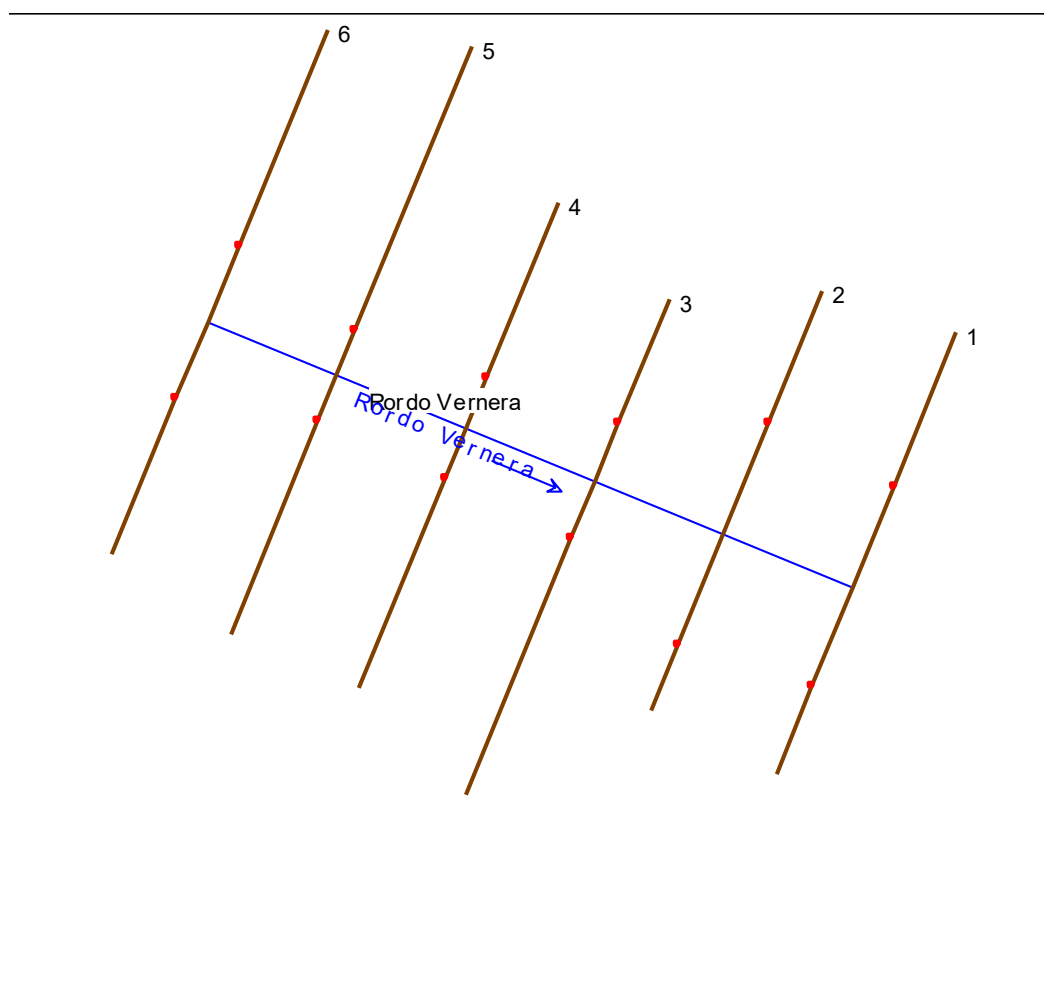


SITUAZIONE ATTUALE												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W. S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E. G. Elev (m)	E. G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rordo Vernera	6	PF Tr100	25.26	237.44	240.17	238.72	240.19	0.000658	0.82	48.73	32.83	0.18
Rordo Vernera	6	PF Tr200	27.66	237.44	240.28	238.77	240.31	0.000649	0.84	52.54	33.13	0.18
Rordo Vernera	5	PF Tr100	25.26	237.11	240.16	238.65	240.19	0.000872	0.92	52.23	29.26	0.18
Rordo Vernera	5	PF Tr200	27.66	237.11	240.27	238.82	240.30	0.000878	0.95	55.59	29.42	0.18
Rordo Vernera	4	PF Tr100	25.26	237.05	238.71	238.71	239.10	0.025134	3.23	14.81	18.05	0.92
Rordo Vernera	4	PF Tr200	27.66	237.05	238.77	238.77	239.17	0.025668	3.32	15.78	18.11	0.94
Rordo Vernera	3	PF Tr100	25.26	236.88	238.70	238.09	238.82	0.003627	1.58	22.89	20.82	0.4
Rordo Vernera	3	PF Tr200	27.66	236.88	238.80	238.15	238.92	0.003491	1.62	24.93	20.96	0.4
Rordo Vernera	2	PF Tr100	25.26	236.79	238.74	237.97	238.79	0.001804	1.02	30.78	29.03	0.28
Rordo Vernera	2	PF Tr200	27.66	236.79	238.85		238.90	0.001679	1.03	33.75	29.24	0.27
Rordo Vernera	1	PF Tr100	25.26	236.63	237.98	237.85	238.21	0.016204	2.13	12.26	19.45	0.76
Rordo Vernera	1	PF Tr200	27.66	236.63	238.03	237.89	238.27	0.016204	2.2	13.16	20.65	0.77

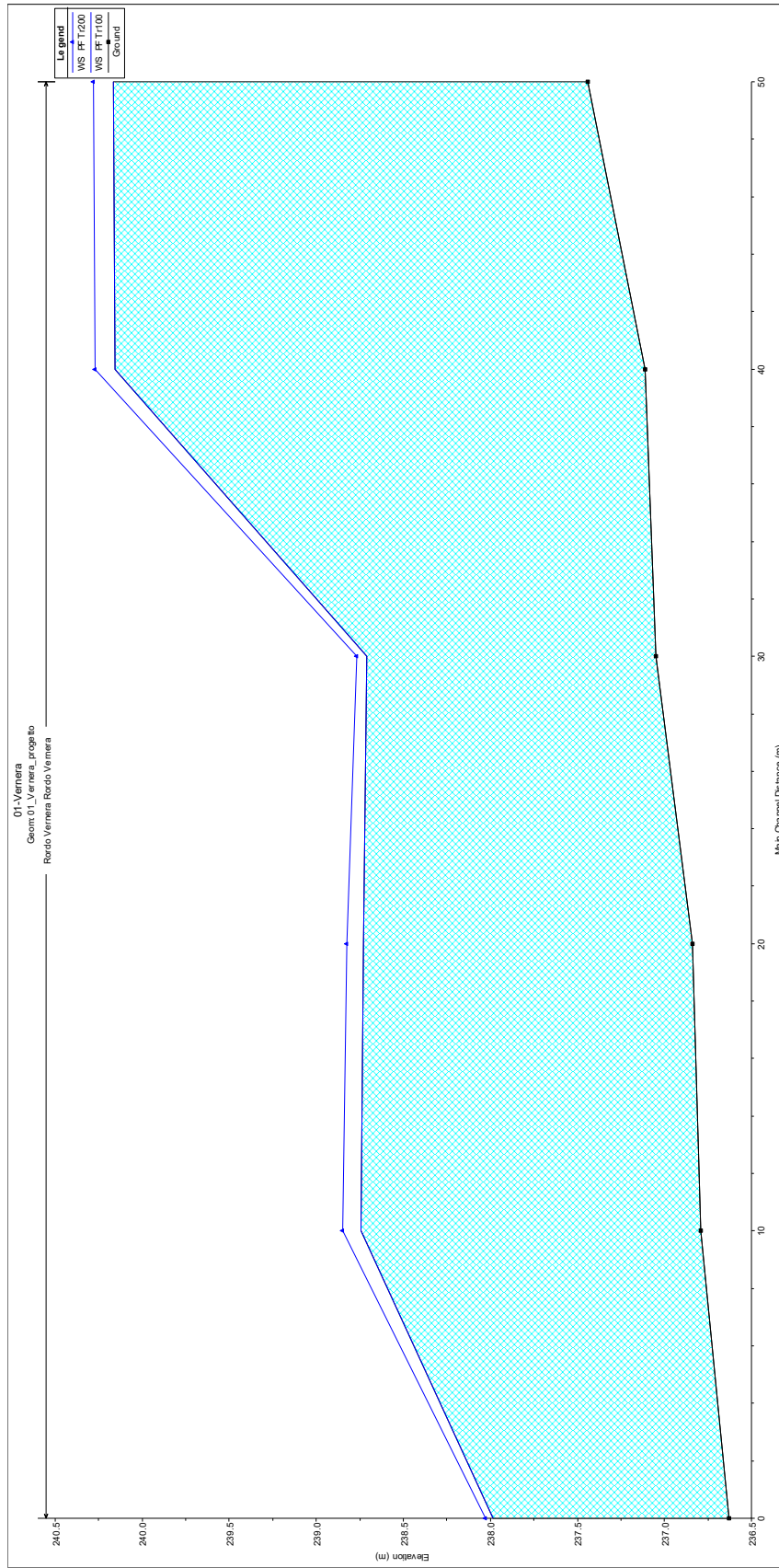
### 3.3 Allegato 3 – modellazione idraulica situazione di progetto

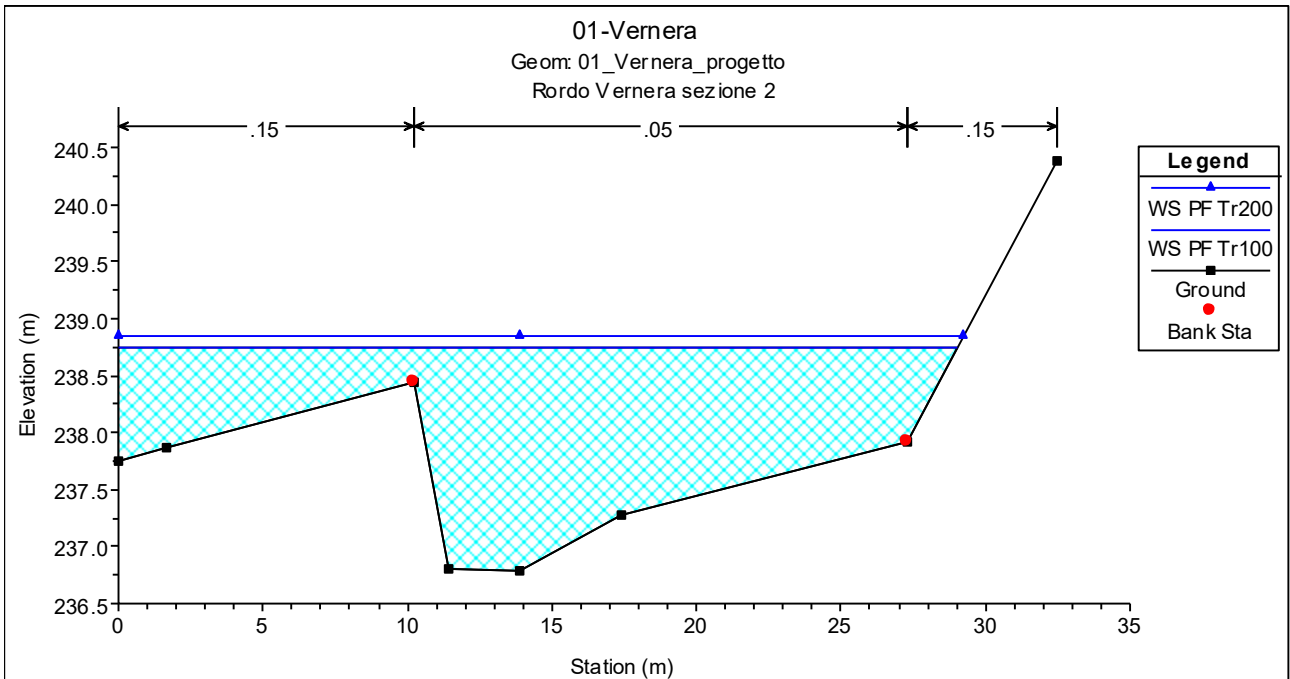
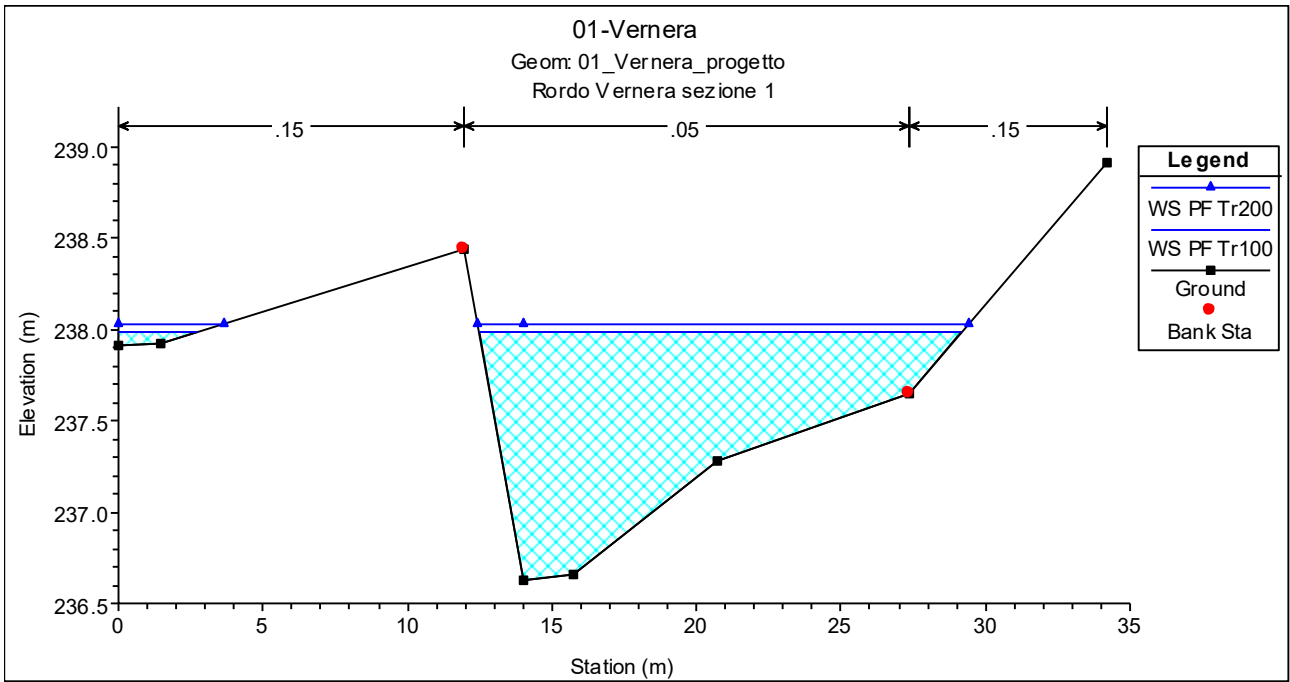
#### SITUAZIONE DI PROGETTO

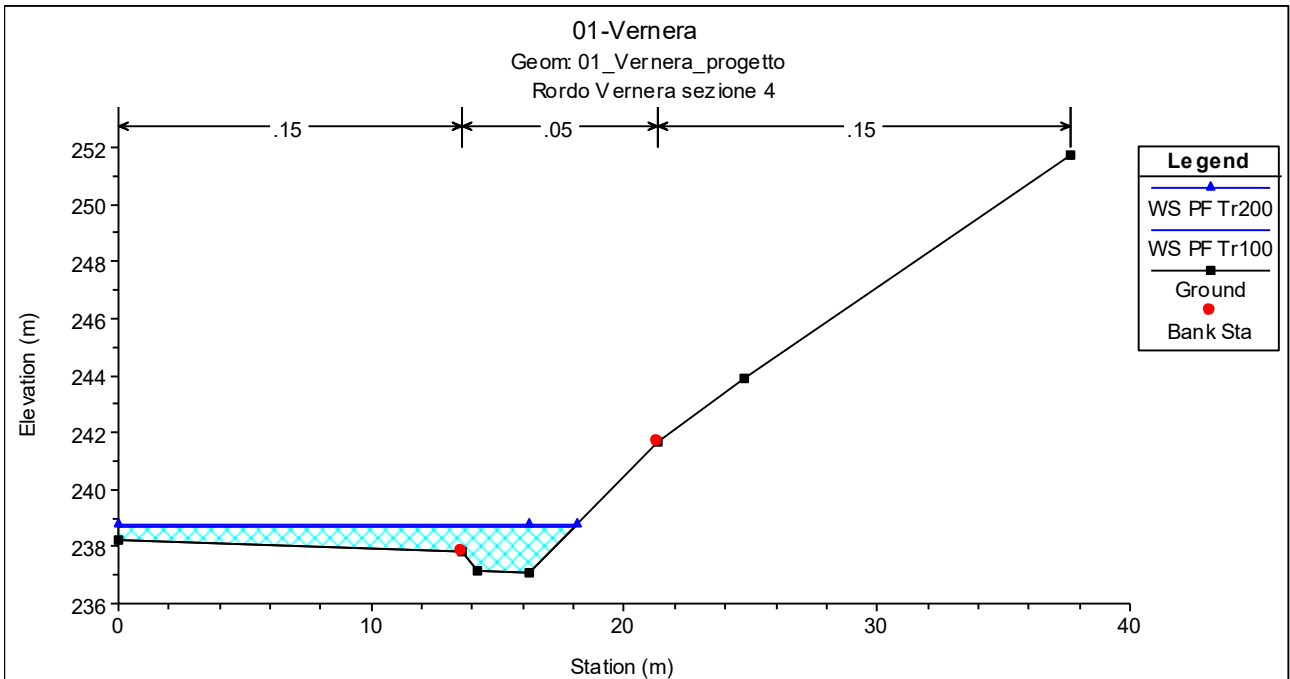
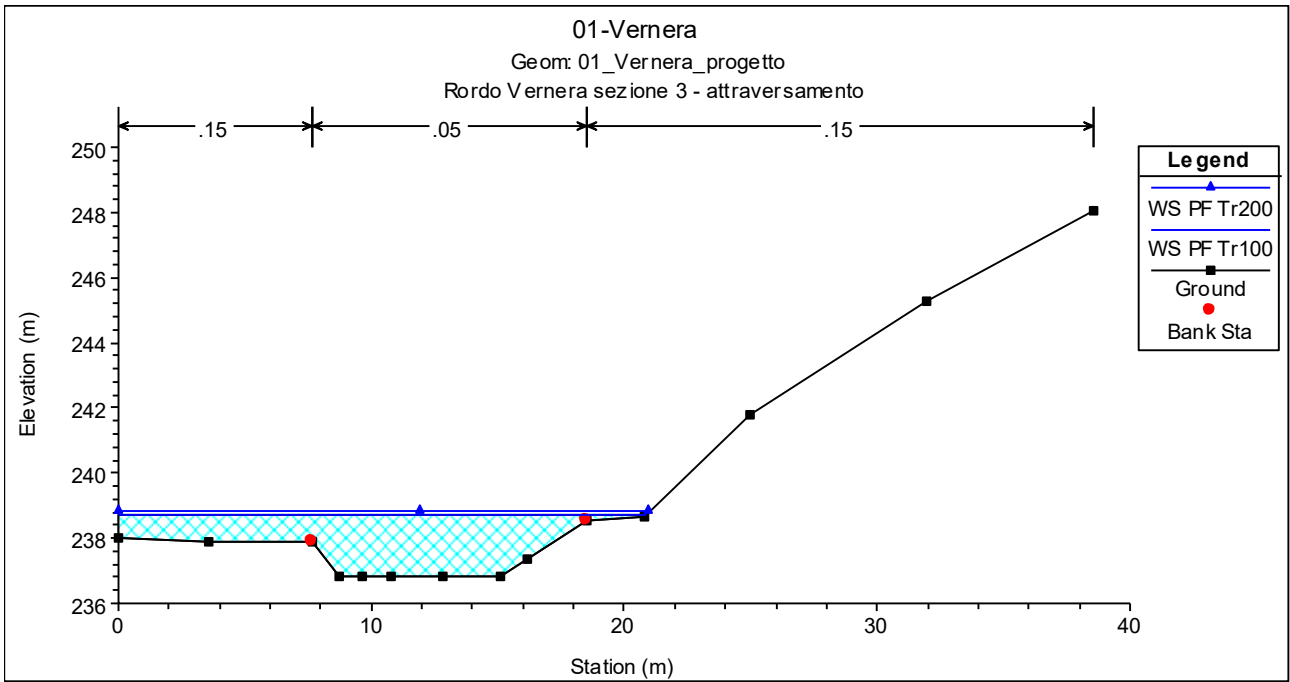
Risultati della modellazione idraulica

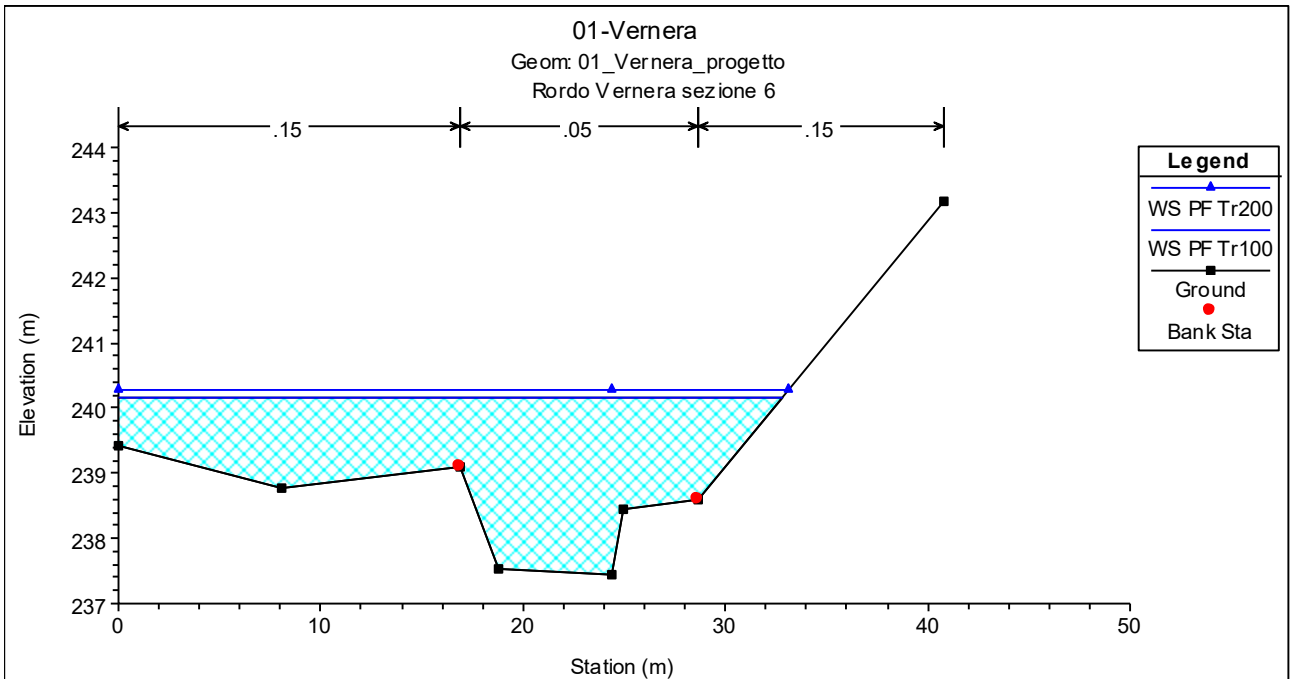
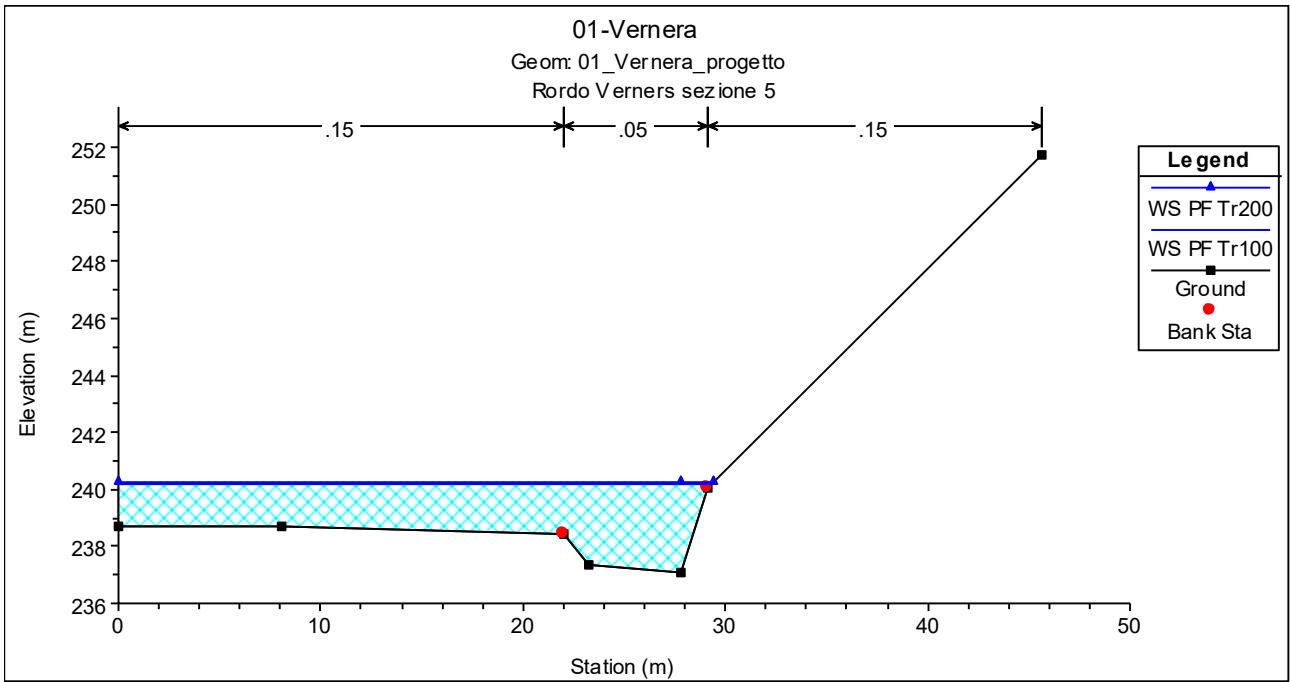












SITUAZIONE DI PROGETTO													
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
Rordo Vernera	6	PF Tr100	25.26	237.44	240.17	238.72	240.19	0.000658	0.82	48.73	32.83	0.18	
Rordo Vernera	6	PF Tr200	27.66	237.44	240.28	238.77	240.31	0.000649	0.84	52.54	33.13	0.18	
Rordo Vernera	5	PF Tr100	25.26	237.11	240.16	238.65	240.19	0.000872	0.92	52.23	29.26	0.18	
Rordo Vernera	5	PF Tr200	27.66	237.11	240.27	238.82	240.30	0.000878	0.95	55.59	29.42	0.18	
Rordo Vernera	4	PF Tr100	25.26	237.05	238.71	238.71	239.10	0.025134	3.23	14.81	18.05	0.92	
Rordo Vernera	4	PF Tr200	27.66	237.05	238.77	238.77	239.17	0.025668	3.32	15.78	18.11	0.94	
Rordo Vernera	3	PF Tr100	25.26	236.84	238.73	237.92	238.82	0.002861	1.38	23.5	20.85	0.35	
Rordo Vernera	3	PF Tr200	27.66	236.84	238.82	237.99	238.92	0.002763	1.41	25.55	20.99	0.35	
Rordo Vernera	2	PF Tr100	25.26	236.79	238.74	237.97	238.79	0.001804	1.02	30.78	29.03	0.28	
Rordo Vernera	2	PF Tr200	27.66	236.79	238.85		238.90	0.001679	1.03	33.75	29.24	0.27	
Rordo Vernera	1	PF Tr100	25.26	236.63	237.98	237.85	238.21	0.016204	2.13	12.26	19.45	0.76	
Rordo Vernera	1	PF Tr200	27.66	236.63	238.03	237.89	238.27	0.016204	2.2	13.16	20.65	0.77	