

**E 78 GROSSETO - FANO**  
**TRATTO SELCI - LAMA (E 45) - S.STEFANO DI GAIFA**  
**Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest -  
Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**AN 245**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35114</p> <p><i>Ing. Moreno Panfilì</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. David Cremonesi</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Frosinone n. A1762</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p><b>coopprogetti</b></p> <p><b>engeko</b></p> <p><b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>	<p>Sezione A N. A2657</p> <p>SETTORE CIVILE E AMBIENTALE SETTORE INDUSTRIALE SETTORE DELL'INFORMAZIONE</p>	<p>(Mandante)</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

**STUDI ED INDAGINI**  
**IDROLOGIA E IDRAULICA**  
**Relazione idraulica attraversamenti minori (tombini)**

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO      LIV.PROG      ANNO</p> <p><b>D</b> <b>TAN</b> <b>245</b>      <b>D</b>      <b>22</b></p>	<p>NOME FILE</p> <p><b>T00ID00IDRRE03B</b></p> <p>CODICE ELAB.      <b>T 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 3</b></p>	<p>REVISIONE</p> <p><b>B</b></p>	<p>SCALA</p> <p><b>-</b></p>
<p><b>D</b></p> <p><b>C</b></p> <p><b>B</b></p> <p><b>A</b></p> <p>REV.</p>	<p>DESCRIZIONE</p> <p>Revisione a seguito istruttoria U.0030221 del 16.01.2023</p> <p>Emissione</p>	<p>DATA</p> <p>Febbraio '23</p> <p>Ottobre '22</p>	<p>REDATTO</p> <p>Capponi</p> <p>Capponi</p> <p>VERIFICATO</p> <p>Panfilì</p> <p>Panfilì</p> <p>APPROVATO</p> <p>Guiducci</p> <p>Guiducci</p> <p>Guiducci</p>

## INDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI MINORI .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>4.</b>	<b><u>METODOLOGIA E VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
4.1.	VERIFICA MOTO UNIFORME .....	3
4.1.	VERIFICA MOTO PERMANENTE.....	5
4.1.1.	<i>Modello idraulico tombino TO.12 su VS01C.....</i>	6
4.1.2.	<i>Modello idraulico tombino TO.03 progr. Km 0+320.....</i>	13
4.1.3.	<i>Modello idraulico tombino TO.05 progr. Km 1+636.....</i>	20
4.1.4.	<i>Modello idraulico tombino TO.09 progr. Km 3+453.....</i>	26
4.1.5.	<i>Modello idraulico tombino TO.10 progr. Km 3+773.....</i>	33
4.1.6.	<i>Verifiche tombini TO.01, TO.02, TO.04, TO.11, TO.06, TO.07 e TO.08.....</i>	43
<b>5.</b>	<b><u>VERIFICA A TRASCINAMENTO DELLE PROTEZIONI ALL'IMBOCCO E SBOCCO DEI TOMBINI E DEGLI ELEMENTI DI RIPROFILAZIONE DELLE INALVEAZIONI DEI FOSSI.....</u></b>	<b><u>64</u></b>

## 1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva degli Interventi di "Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest – Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)" (S.G.C. E78 GROSSETO – FANO. Tratto Selci Lama (E45) – S.Stefano di Gaifa.), è stato redatto il presente studio idraulico teso a fornire un'analisi delle interazioni tra le opere viarie e i corsi d'acqua secondari con esse interferenti, valutando l'adeguatezza dei manufatti di attraversamento, in progetto, sia in termini di sezione idraulica sia di franco di sicurezza rispetto all'intradosso del manufatto.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'infrastruttura stradale oggetto del presente studio idraulico deve soddisfare le prescrizioni previste dalle diverse normative vigenti; in particolare gli strumenti normativi a cui si fa riferimento sono:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17 gennaio 2018;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019\_ Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018\_C 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica;

## 3. ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI MINORI

L'infrastruttura in progetto prevede l'attraversamento del reticolo idrografico interferente mediante, tombini scatolari e circolari, che sono stati dimensionati ai sensi delle NTC2018 con riferimento a portate di picco duecentennali.

Sono stati inoltre dimensionati gli attraversamenti minori posti lungo i fossi di guardia di progetto, questi ultimi con riferimento a portate di picco cinquantennali.

Per quanto riguarda le verifiche idrauliche sul reticolo idrografico interferente esse sono state condotte con riferimento alla piena con tempo di ritorno duecentennale, in accordo a quanto prescritto dalle Norme Tecniche Costruttive 2018 al punto 5.1.2.3.

In particolare per i tombini si fa riferimento alla Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento NTC 2018 DM 17 gennaio 2018 ove si specifica che:

*"nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;*

*[...] - il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso a d'acqua valle del tombino;*

*[...] - il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso a d'acqua a monte;*

*- nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva [...]*

*- i tratti del corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto devono essere protetti da fenomeni di scalzamento e/o erosione, e opportune soluzioni tecniche sono da adottare per evitare i fenomeni di sifonamento.*

#### 4. METODOLOGIA E VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI

Le verifiche delle opere di risoluzione tra le interferenze idrauliche e l'infrastruttura stradale di progetto sono state condotte in funzione della finalità dell'opera di attraversamento.

Nello specifico, per i tombini atti a ripristinare il reticolo idraulico regionale esistente e che contemporaneamente sia presente a livello catastale, la verifica è stata eseguita sotto l'ipotesi di moto permanente con l'ausilio del programma di calcolo HEC RAS, quando invece non sono presenti catastalmente si è proceduto con l'analisi tramite il programma di calcolo HY-8, mentre per gli attraversamenti minori posti lungo i fossi di guardia di progetto si è proceduto con un approccio in moto uniforme, basato sull'equazione di Chezy.

##### 4.1. VERIFICA MOTO UNIFORME

Viene di seguito riportata l'equazione di Chezy risolvibile per via iterativa una volta noti i dati fondamentali di progetto:

$$Q = K_S R_H^{2/3} A i^{1/2} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

dove:

- $Q$  =portata di progetto (m<sup>3</sup>/s);
- $K_S$  =coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (m<sup>1/3</sup>/s);
- $A$  =area della sezione bagnata (m<sup>2</sup>);
- $R_H$  =raggio idraulico (m);
- $i$  =pendenza motrice coincidente con la pendenza del fondo (m/m).

Dato che i tombini previsti sono in C.A.V. per il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler si è considerato il valore di 77 m<sup>1/3</sup>/s (Manning = 0.013).

La verifica è stata eseguita garantendo un riempimento massimo inferiore al 70% rispetto alla portata TR = 50 anni per gli attraversamenti minori posti lungo i fossi di guardia di progetto.

Codice	Tipo	Diametro (mm)	Superficie bacini affidenti (ha)	Pendenza (%)	Lunghezza (m)	Portata (m3/s)	Tirante (m)	Velocità (m/s)	Riempimento (%)
SL1-T-0+175	circolare	800	0.67	0.2%	20.06	0.1227	0.25	0.93	31%
SL1-T-0+200	circolare	800	0.46	0.2%	14.67	0.0690	0.18	0.77	23%
SL9-T-0+317	circolare	800	0.21	0.2%	14.67	0.0545	0.06	2.99	7%
SL2-T 0+625	circolare	800	0.30	0.2%	17.87	0.0541	0.16	0.73	20%
SL2-T 0+950	circolare	1000	9.44	0.5%	15.59	1.1472	0.60	2.32	60%
SL3-T 0+900	circolare	800	0.48	5.0%	34.9	0.1967	0.13	3.22	17%
SL3-T 1+025	circolare	800	0.18	8.6%	23.13	0.0750	0.08	2.98	9%
SL3-T 1+050	circolare	800	1.26	3.7%	16.83	0.2546	0.17	3.21	21%
SL6-T 1+150	circolare	800	1.00	6.4%	27.1	0.2969	0.16	4.10	20%
SL6-T 1+144	circolare	800	2.87	5.0%	22.25	0.7247	0.27	4.83	33%
SL7-T 1+675	circolare	800	0.46	0.5%	20.18	0.5281	0.43	1.91	54%
SL4-T1 2+575	circolare	800	0.29	8.2%	13.6	0.0419	0.06	2.35	7%
SL4-T2 2+575	circolare	800	0.24	10.0%	11.66	0.0334	0.09	1.09	11%
SL5-T 3+725	circolare	1000	5.77	5.0%	10.11	0.8447	0.26	4.91	26%
SL5-T 3+725- 3+800	circolare	1000	6.67	0.5%	73.99	1.0149	0.56	2.25	56%
RSS73_EST_T1	circolare	1000	4.63	0.2%	20.22	0.6494	0.56	1.43	56%
RSS73_EST_T2	circolare	800	0.41	0.2%	9.59	0.0574	0.17	0.74	21%
RSS73_OVEST_T	circolare	800	0.86	0.2%	19.45	0.1199	0.24	0.92	30%
SL8-T 1	circolare	800	1.06	13.0%	16.74	0.2453	0.12	4.73	15%
SL8-T 2	circolare	800	1.63	0.2%	16.67	0.4116	0.49	1.27	61%

#### 4.1. VERIFICA MOTO PERMANENTE

La verifica in moto permanente è stata effettuata con l'ausilio del software HEC-RAS (v.6.2) per gli attraversamenti TO.12, TO.03, TO.05, TO.09 e TO.10, e con l'ausilio del software HY-8 per i tombini TO.01, TO.02, TO.04, TO.06, TO.07, TO.08 e TO.11.

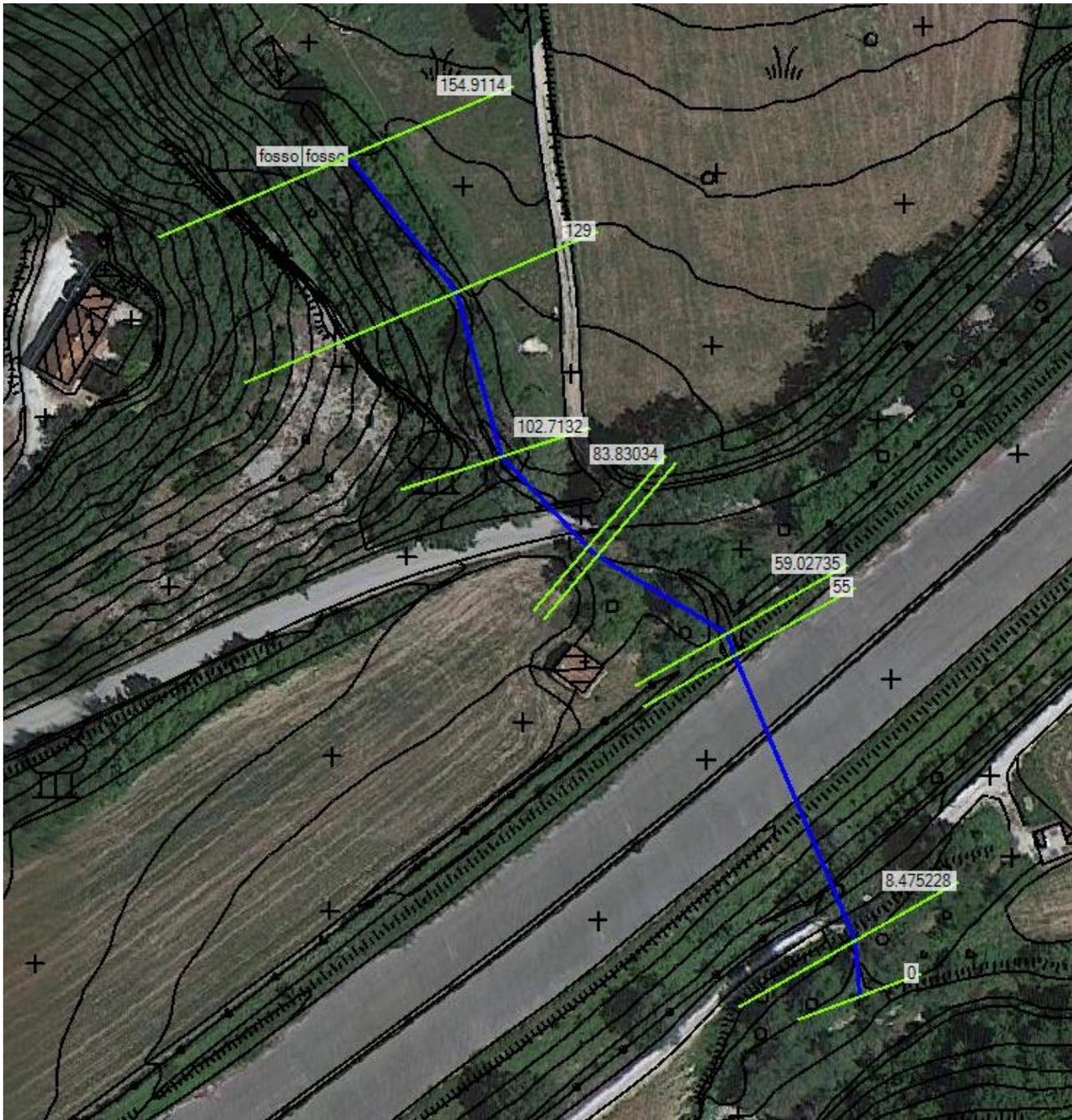
Per quanto concerne il software HEC-RAS, per l'esauritiva trattazione dei principi teorici sui quali si basa la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto si rimanda al sito <http://www.hec.usace.army.mil> (in particolare alle pubblicazioni "*Hydraulic Reference Manual*" e "*User's Manual*").

Per quanto concerne invece il software HY-8 si rimanda invece al sito <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>.

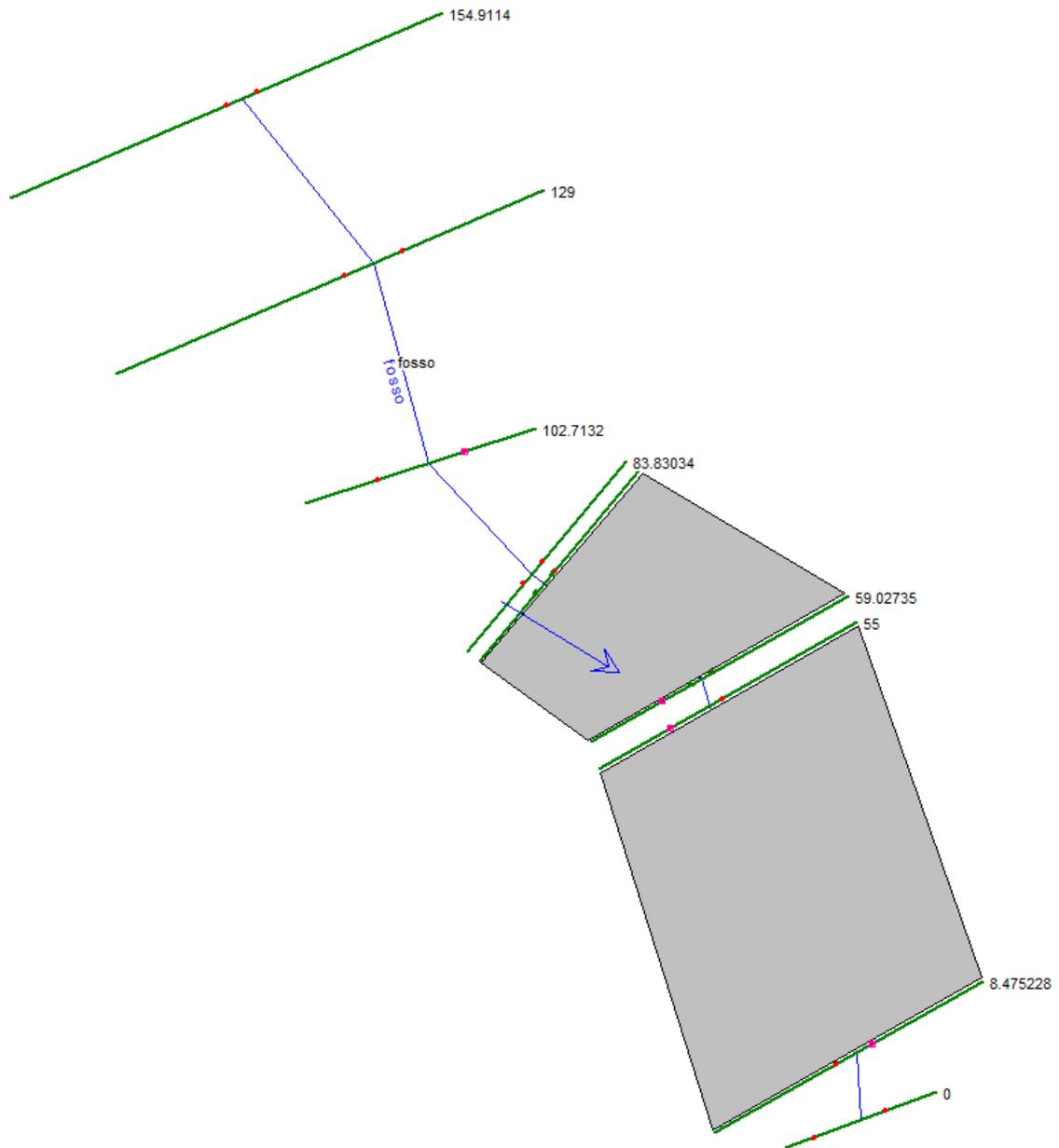
Di seguito si riportano gli outputs grafici e numerici delle analisi condotte. I risultati mostrano il soddisfacimento della prescrizione di legge circa la sussistenza di un franco maggiore di 50 cm e/o di un terzo dell'altezza rispetto alla portata TR = 200 anni.

#### 4.1.1. MODELLO IDRAULICO TOMBINO TO.12 SU VS01C

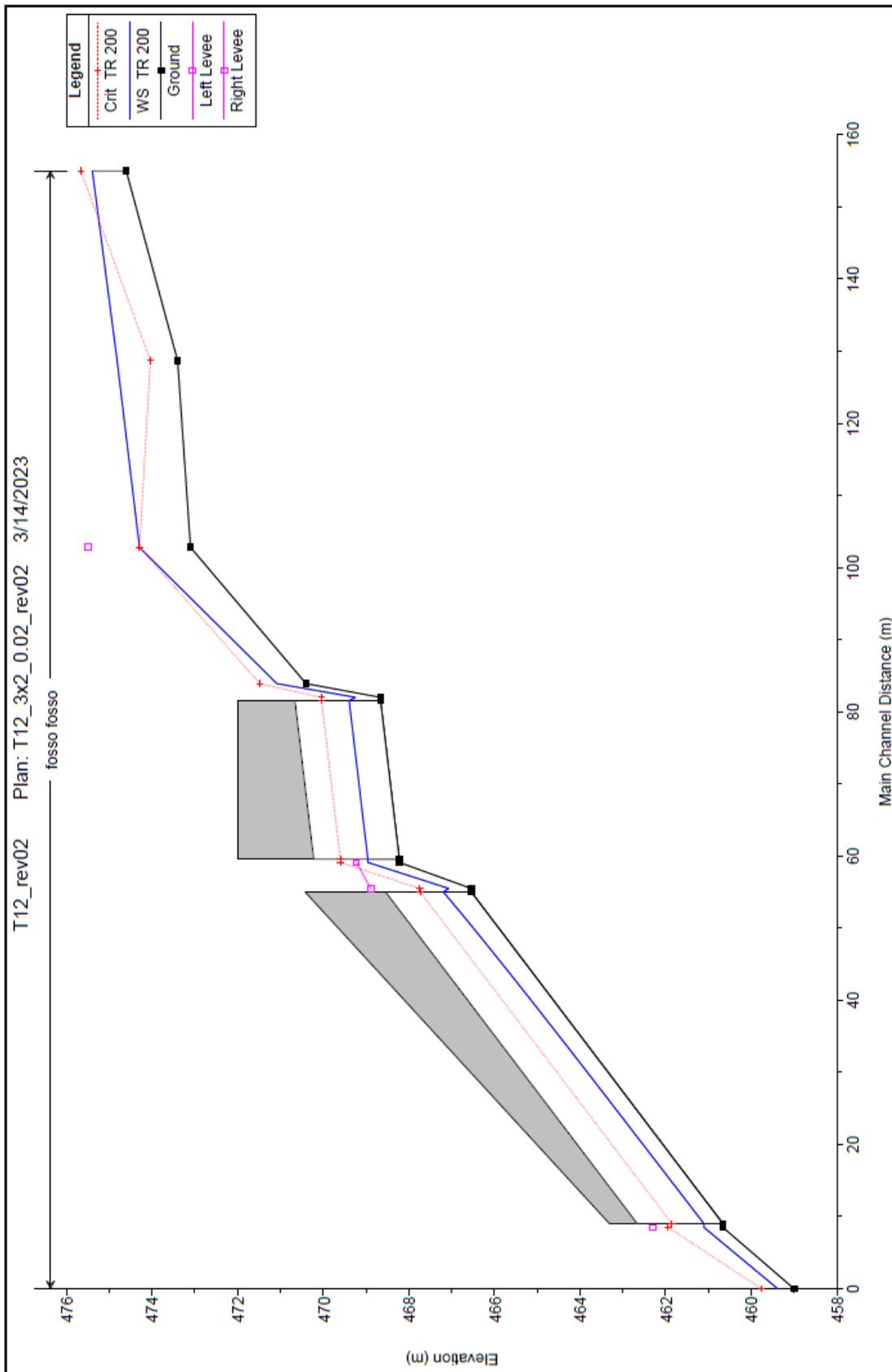
##### 4.1.1.1. Planimetrie, profili e sezioni



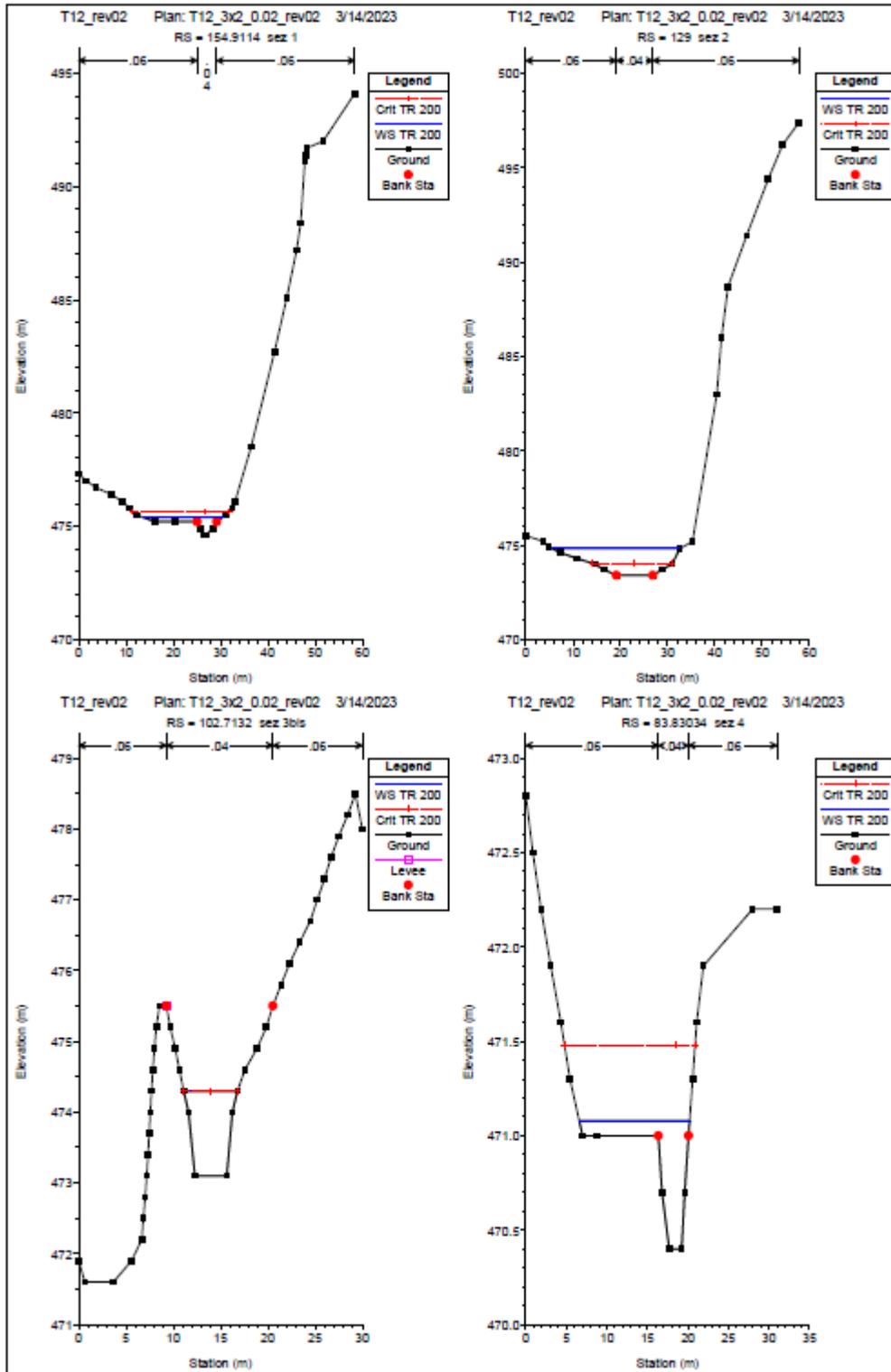
PROGETTAZIONE ATI:



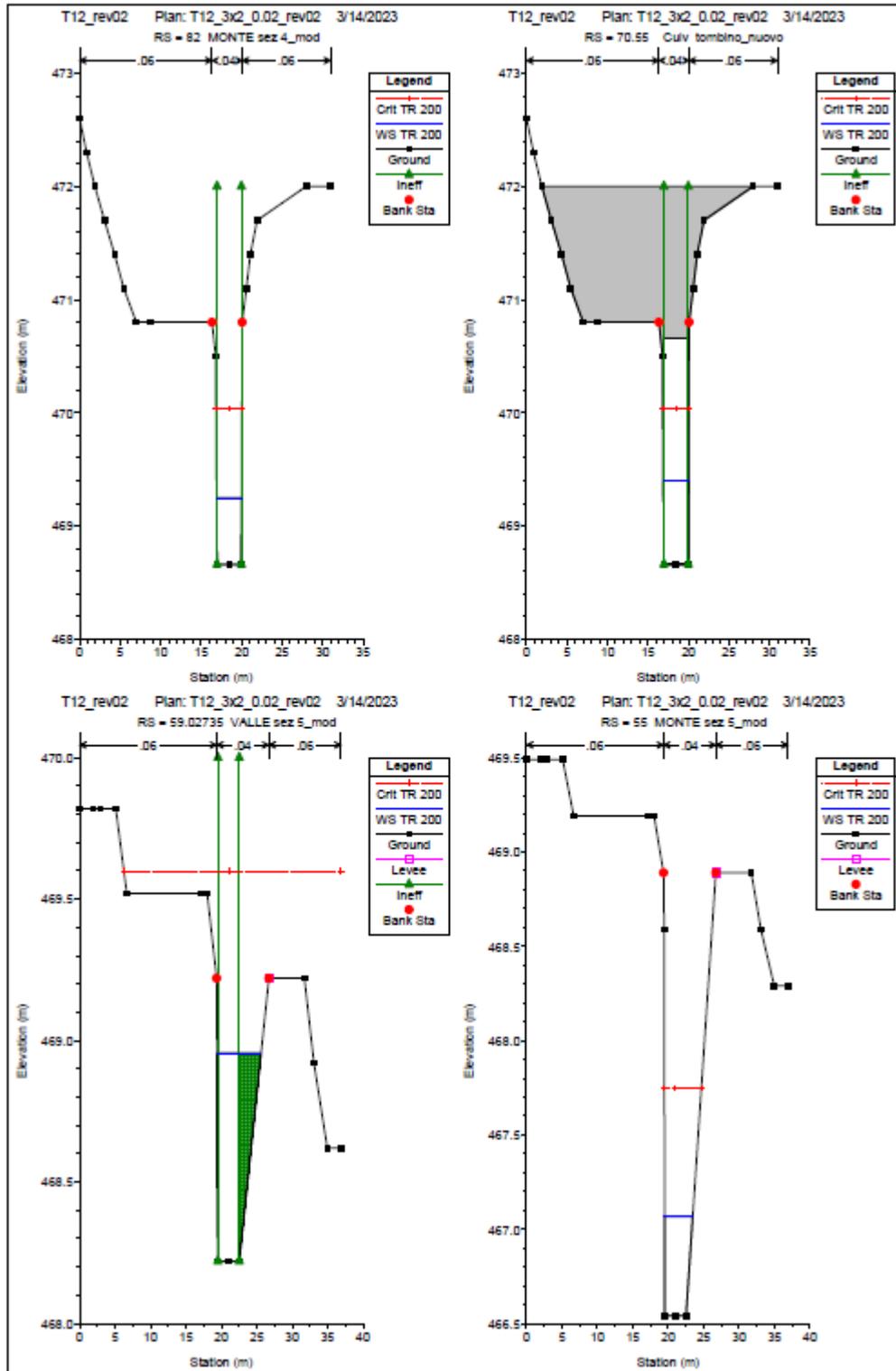
PROGETTAZIONE ATI:



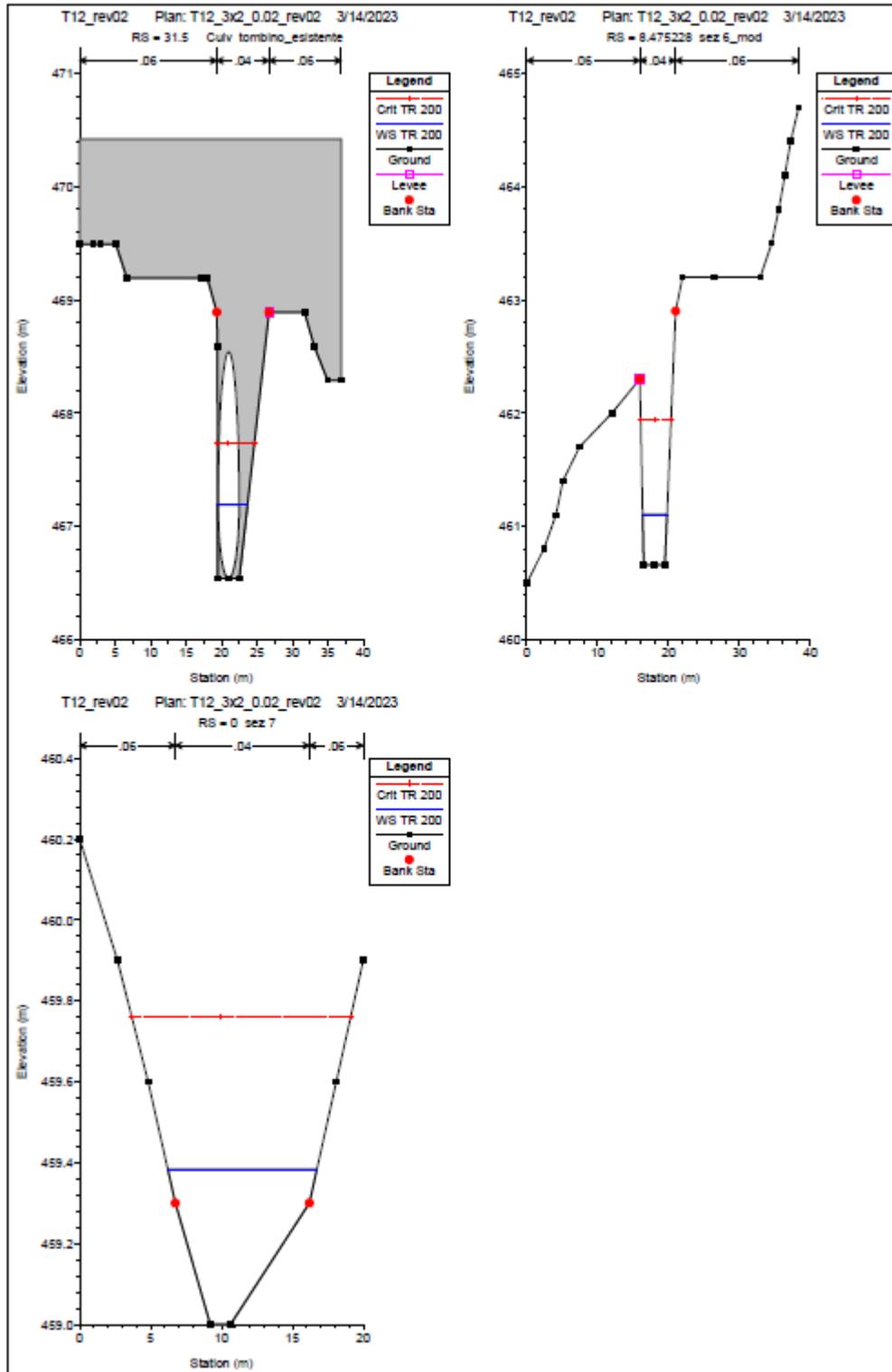
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

### 4.1.1.2. Outputs numerici

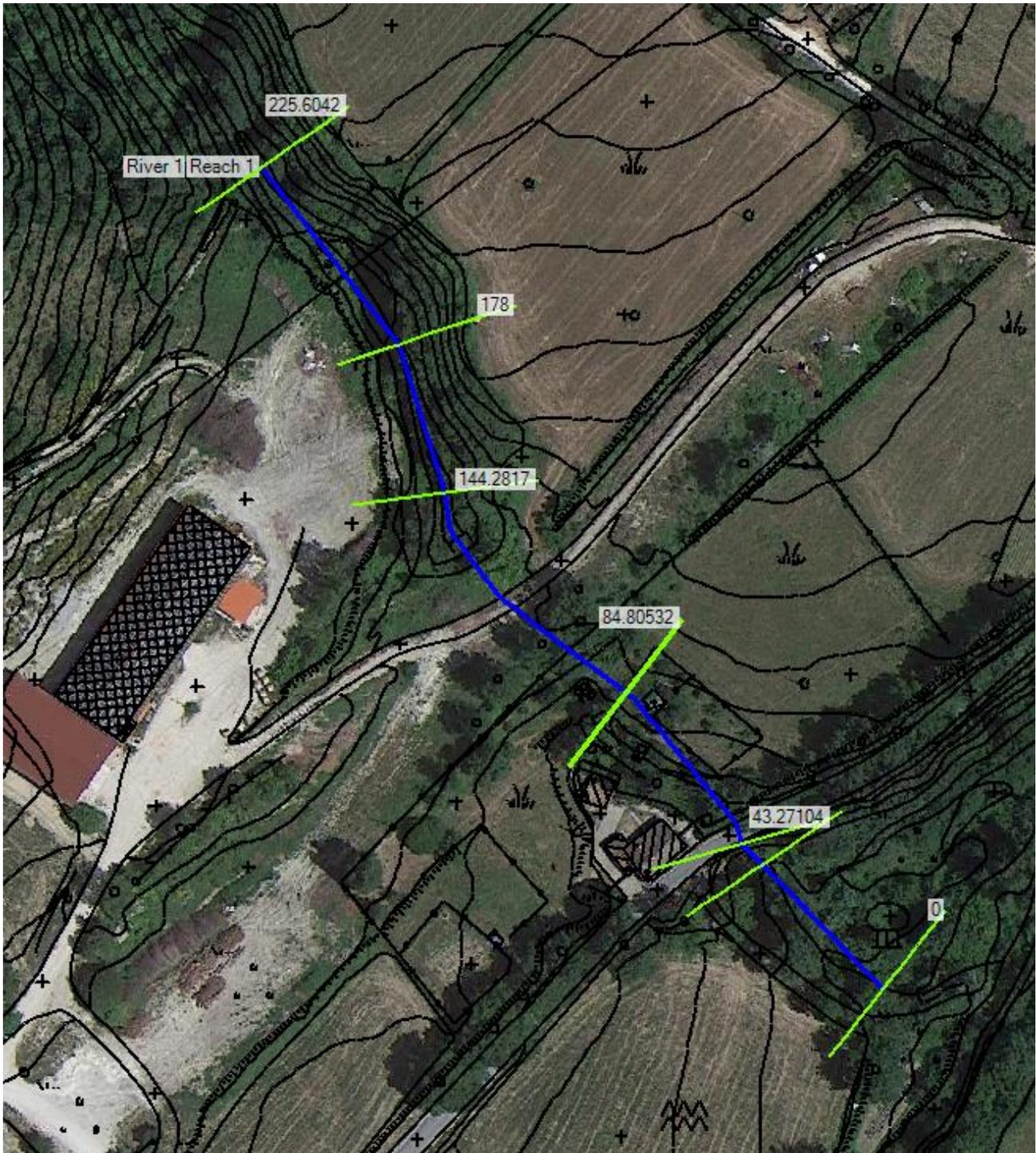
HEC-RAS Plan: T12\_3x2\_0.02\_rev02 River: fosso Reach: fosso Profile: TR 200

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
fosso	154.9114	TR 200	15.19	474.60	475.39	475.66	476.49	0.100616	5.18	4.36	16.74	2.22
fosso	129	TR 200	15.19	473.40	474.81	474.04	474.84	0.000792	0.89	25.31	27.11	0.24
fosso	102.7132	TR 200	15.19	473.10	474.29	474.29	474.74	0.020518	2.97	5.11	5.66	1.00
fosso	83.83034	TR 200	15.19	470.40	471.08	471.48	473.61	0.230581	7.31	2.69	13.63	3.24
fosso	82	TR 200	15.19	468.66	469.25	470.04	473.04	0.242065	8.62	1.76	3.08	3.59
fosso	70.55			Culvert								
fosso	59.02735	TR 200	15.19	468.22	468.96	469.60	471.37	0.113948	6.88	2.21	6.22	2.56
fosso	55	TR 200	15.19	466.54	467.07	467.75	470.58	0.376611	8.30	1.83	3.96	3.90
fosso	31.5			Culvert								
fosso	8.475228	TR 200	15.19	460.66	461.10	461.94	466.84	0.709283	10.61	1.43	3.45	5.26
fosso	0	TR 200	15.19	459.00	459.38	459.76	461.37	0.386154	6.25	2.46	10.51	3.95

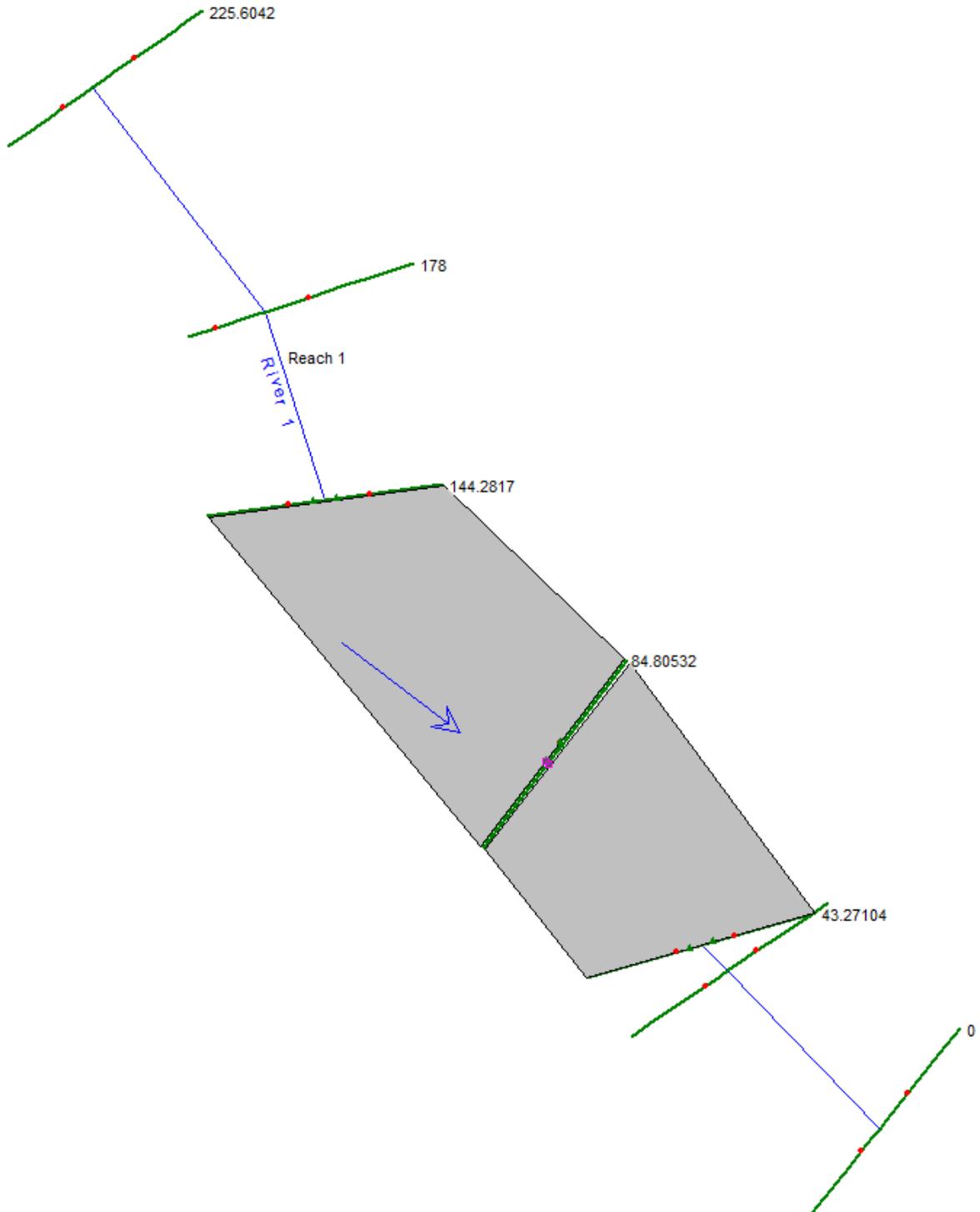
PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.2. MODELLO IDRAULICO TOMBINO TO.03 Progr. KM 0+320

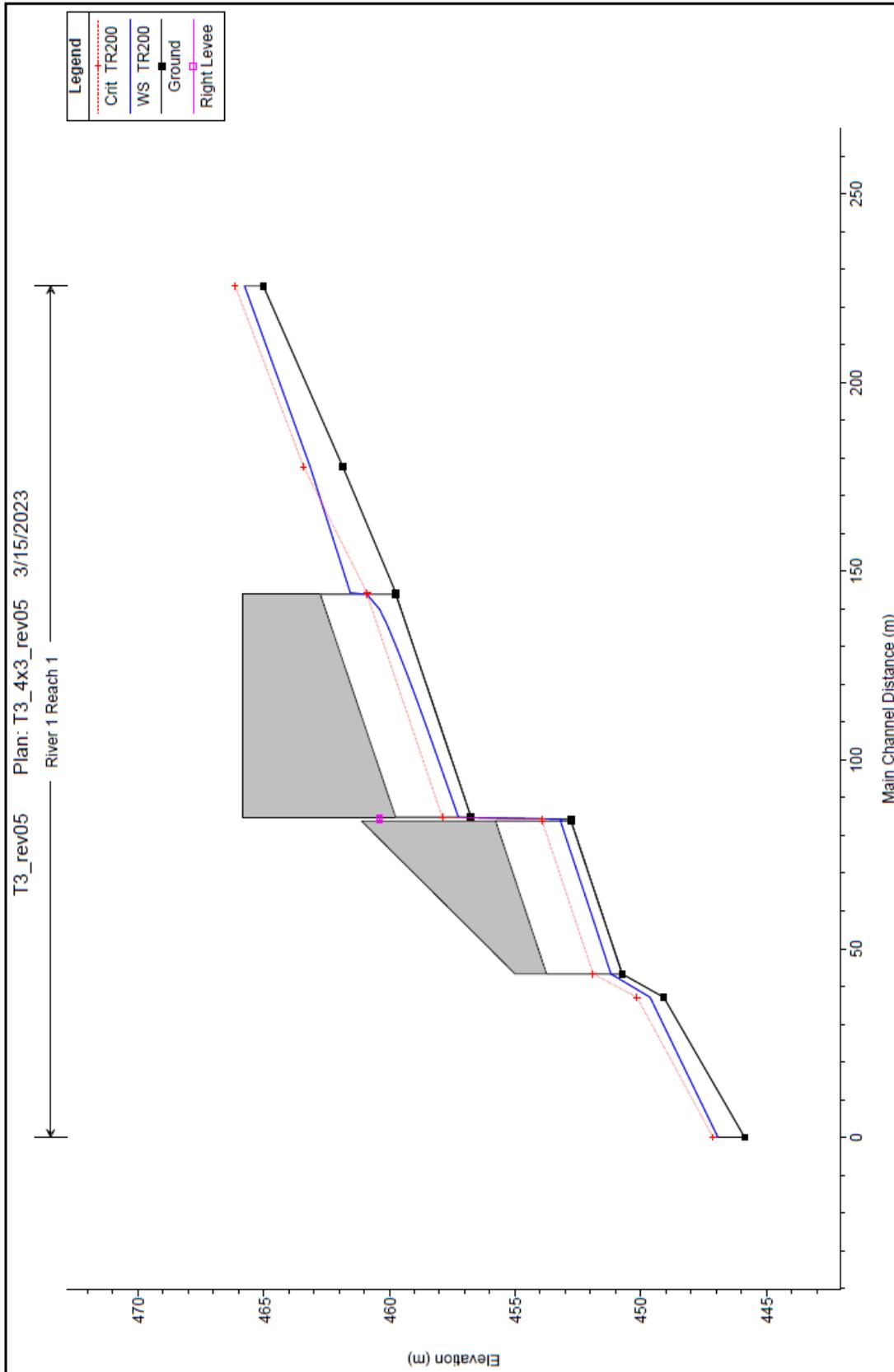
##### 4.1.2.1. Planimetrie, profili e sezioni



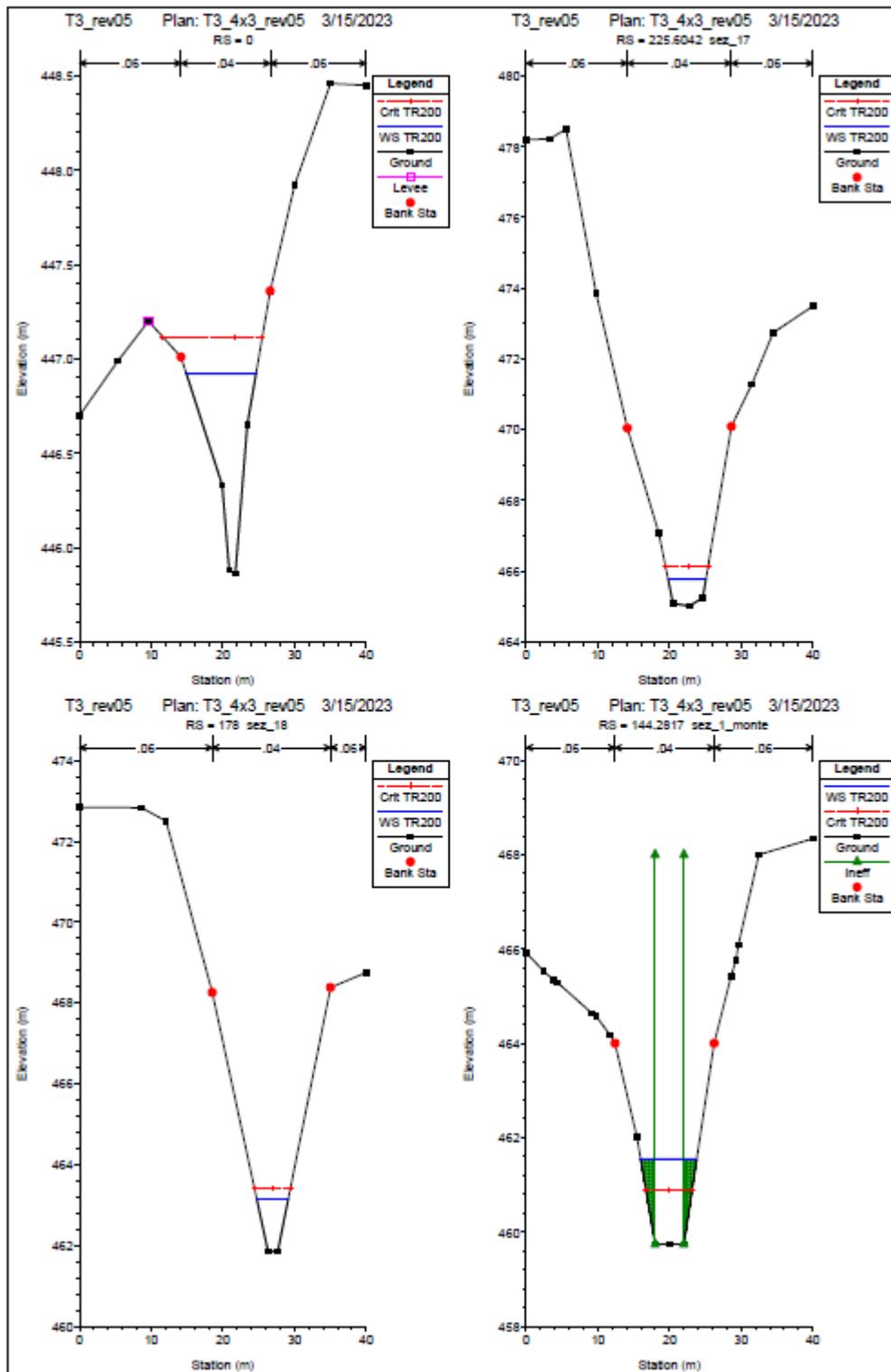
PROGETTAZIONE ATI:



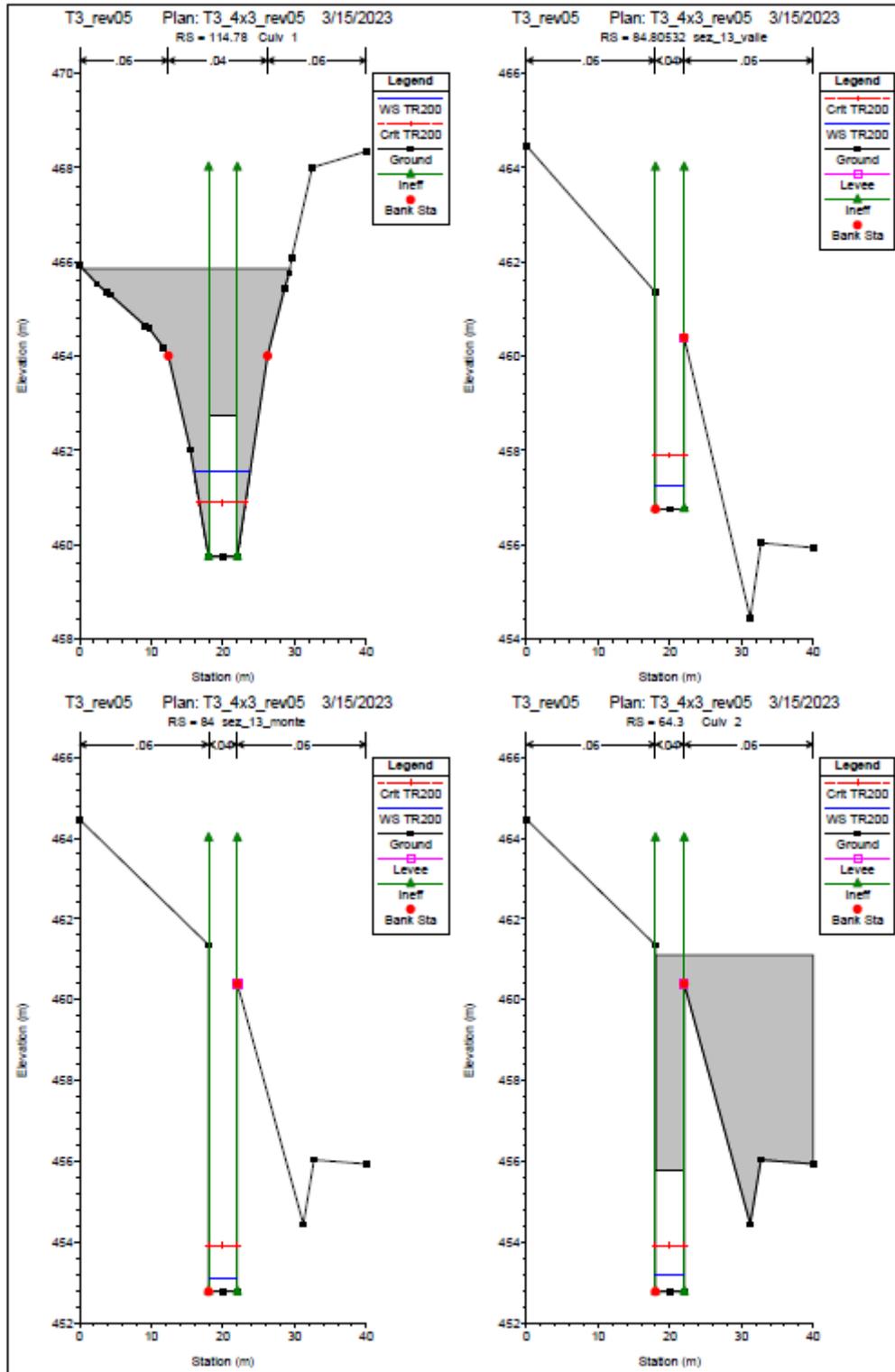
PROGETTAZIONE ATI:



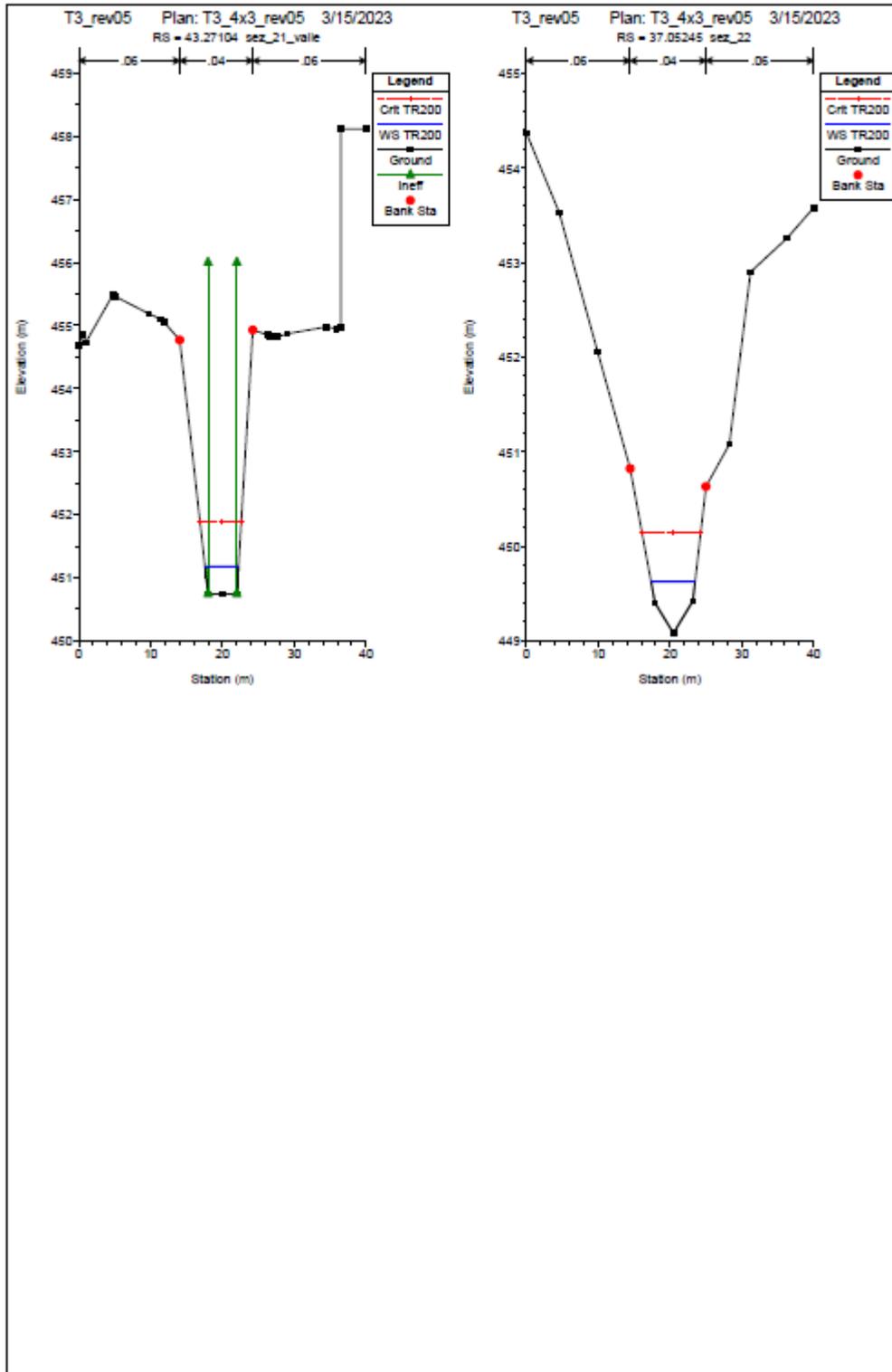
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

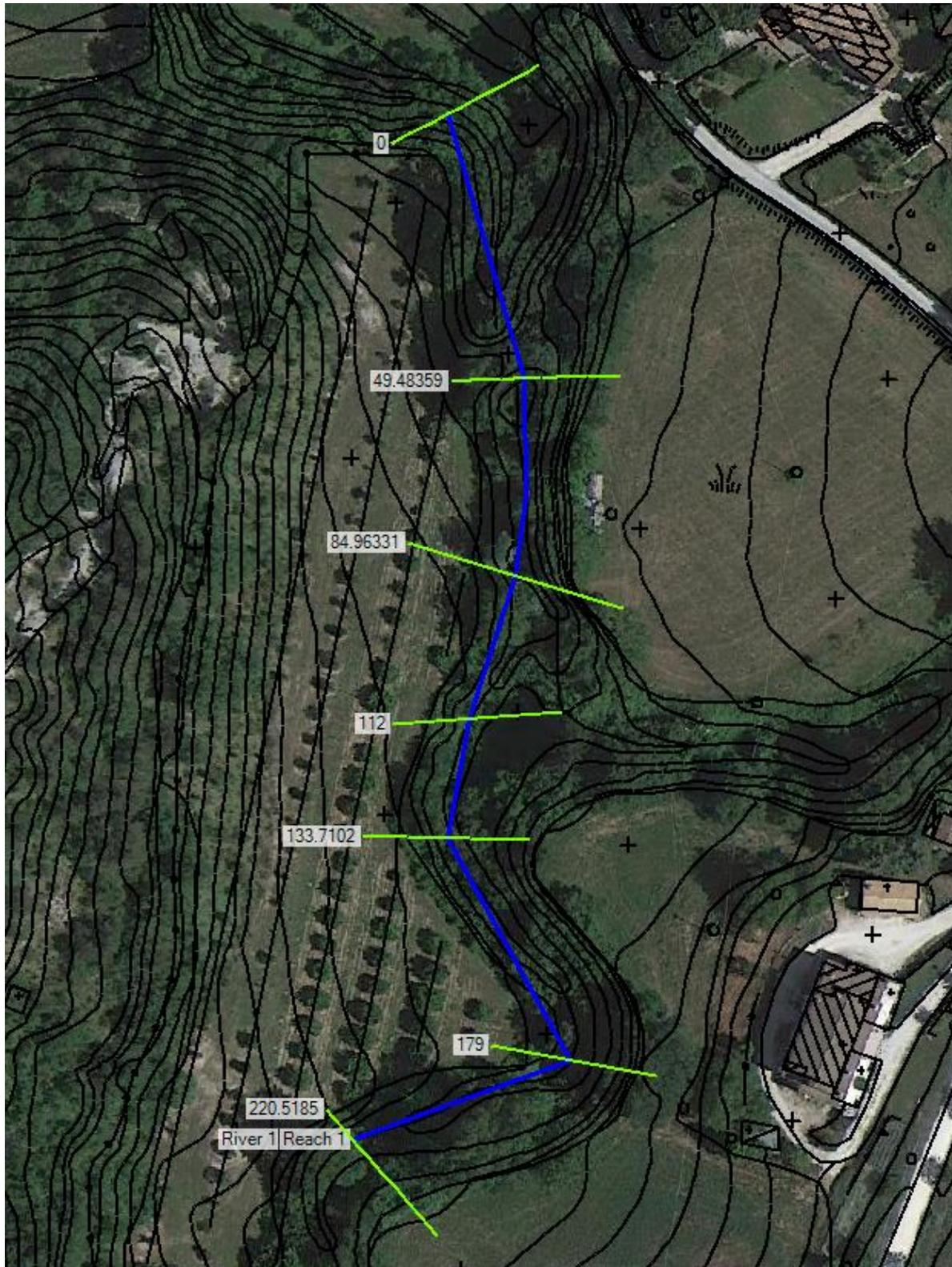
### 4.1.2.2. Outputs numerici

HEC-RAS Plan: T3\_rev05 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: TR200

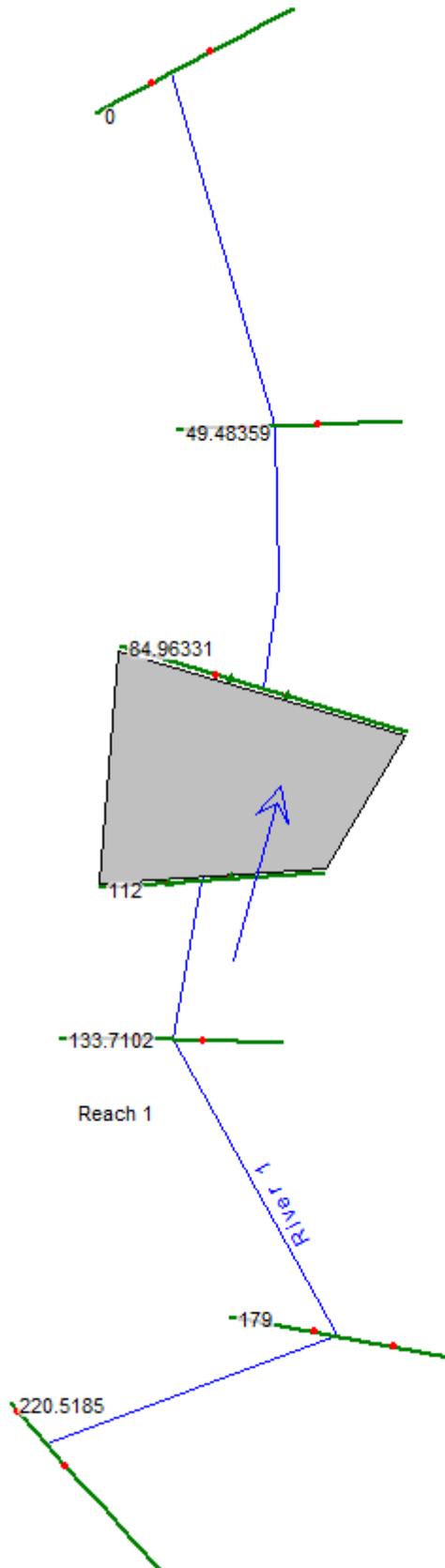
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	225.6042	TR200	15.38	465.01	465.76	466.13	466.97	0.085204	4.87	3.16	5.26	2.01
Reach 1	178	TR200	15.38	461.85	463.15	463.41	464.01	0.043843	4.12	3.74	4.40	1.43
Reach 1	144.2817	TR200	15.38	459.74	461.55	460.89	461.78	0.003256	2.12	7.25	7.82	0.50
Reach 1	114.78		Culvert									
Reach 1	84.80532	TR200	15.38	456.75	457.25	457.90	460.23	0.233724	7.64	2.01	4.00	3.44
Reach 1	84	TR200	15.38	452.77	453.11	453.92	459.67	0.871213	11.34	1.36	4.00	6.22
Reach 1	64.3		Culvert									
Reach 1	43.27104	TR200	15.38	450.74	451.18	451.89	455.05	0.361201	8.71	1.77	4.67	4.19
Reach 1	37.05245	TR200	15.38	449.08	449.62	450.14	452.42	0.383436	7.41	2.07	6.11	4.06
Reach 1	0	TR200	15.38	445.86	446.92	447.12	447.49	0.054463	3.38	4.88	13.77	1.60

#### 4.1.3. MODELLO IDRAULICO TOMBINO TO.05 PROGR. KM 1+636

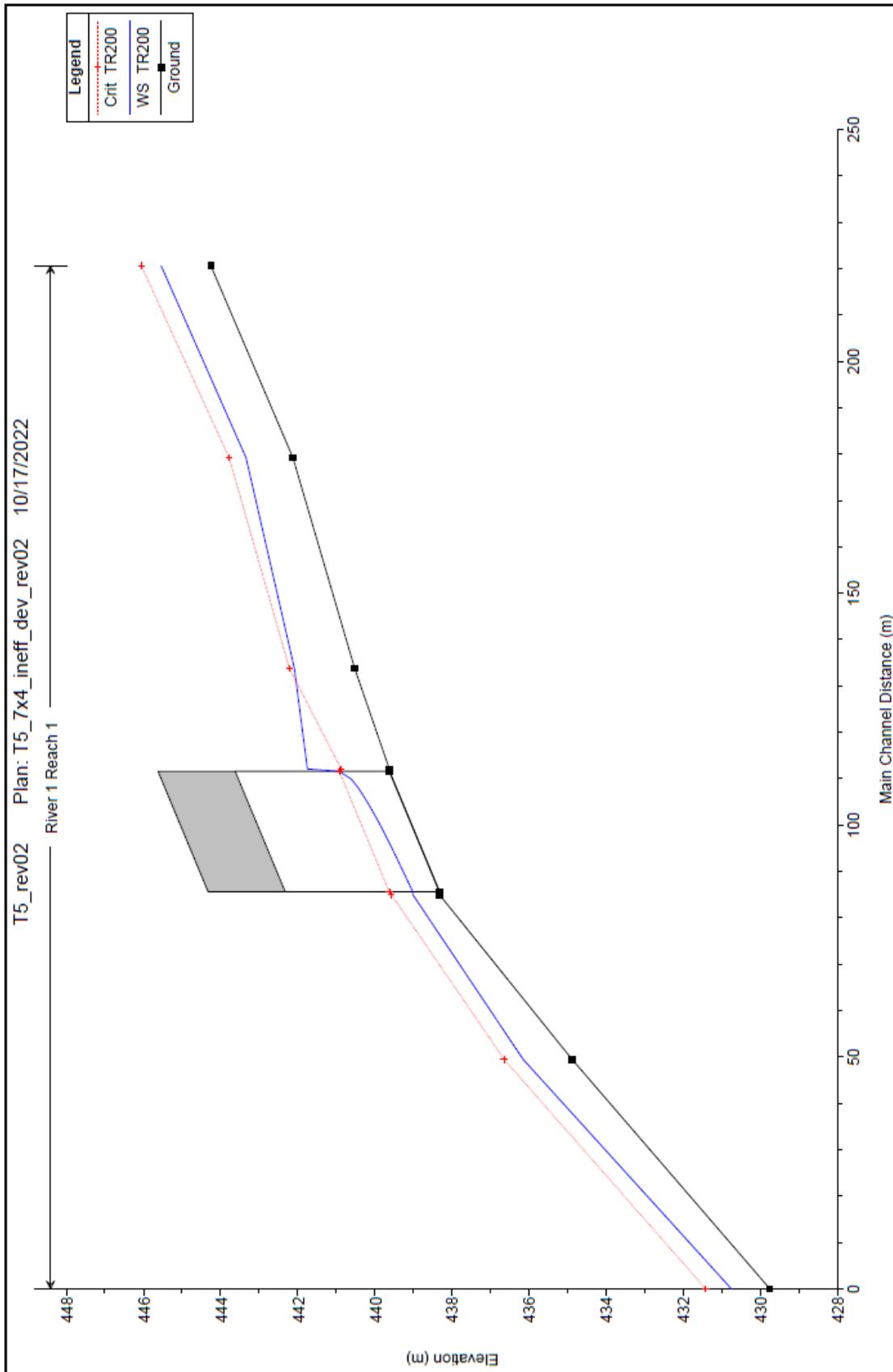
##### 4.1.3.1. Planimetrie, profili e sezioni



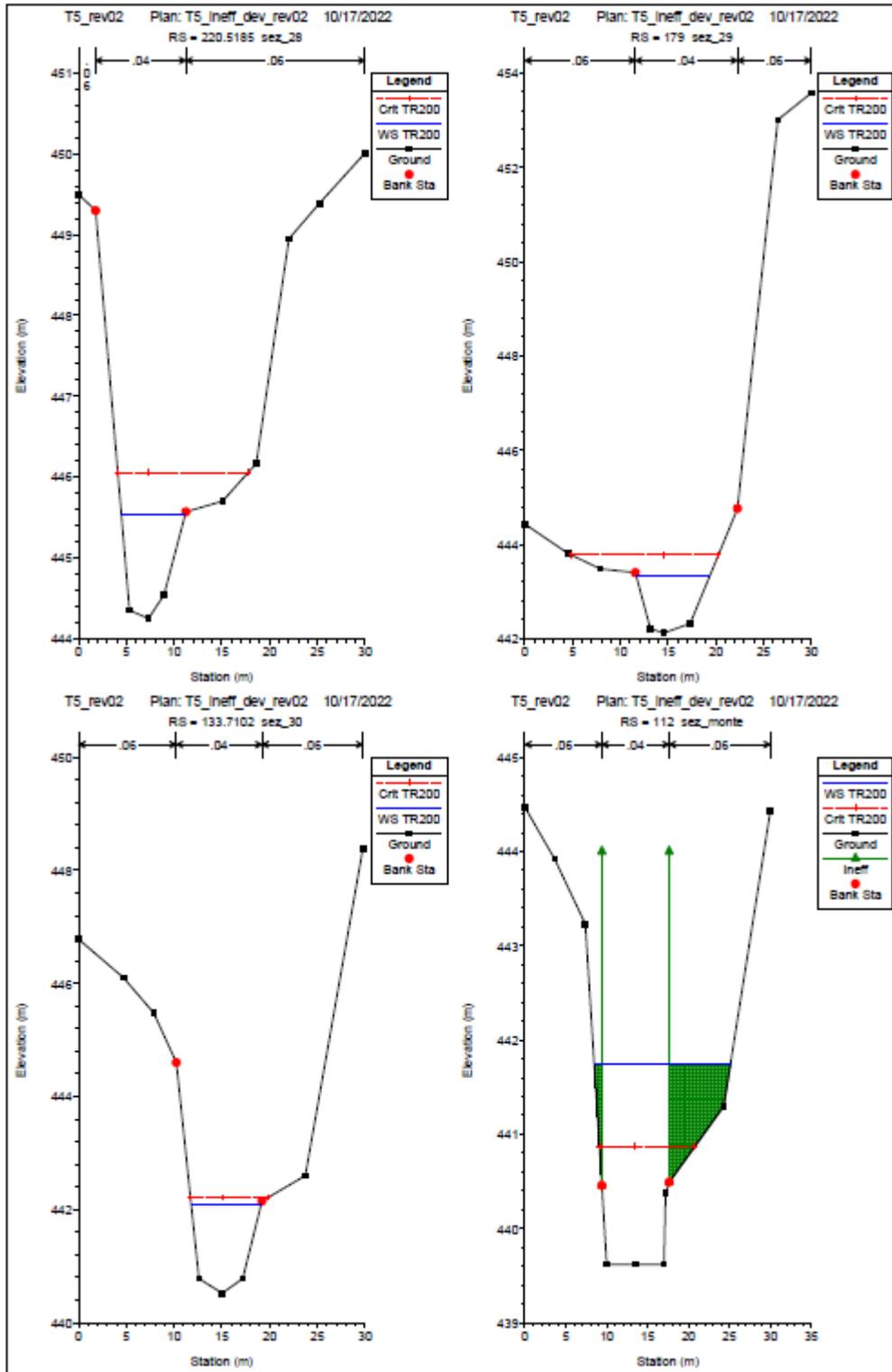
PROGETTAZIONE ATI:



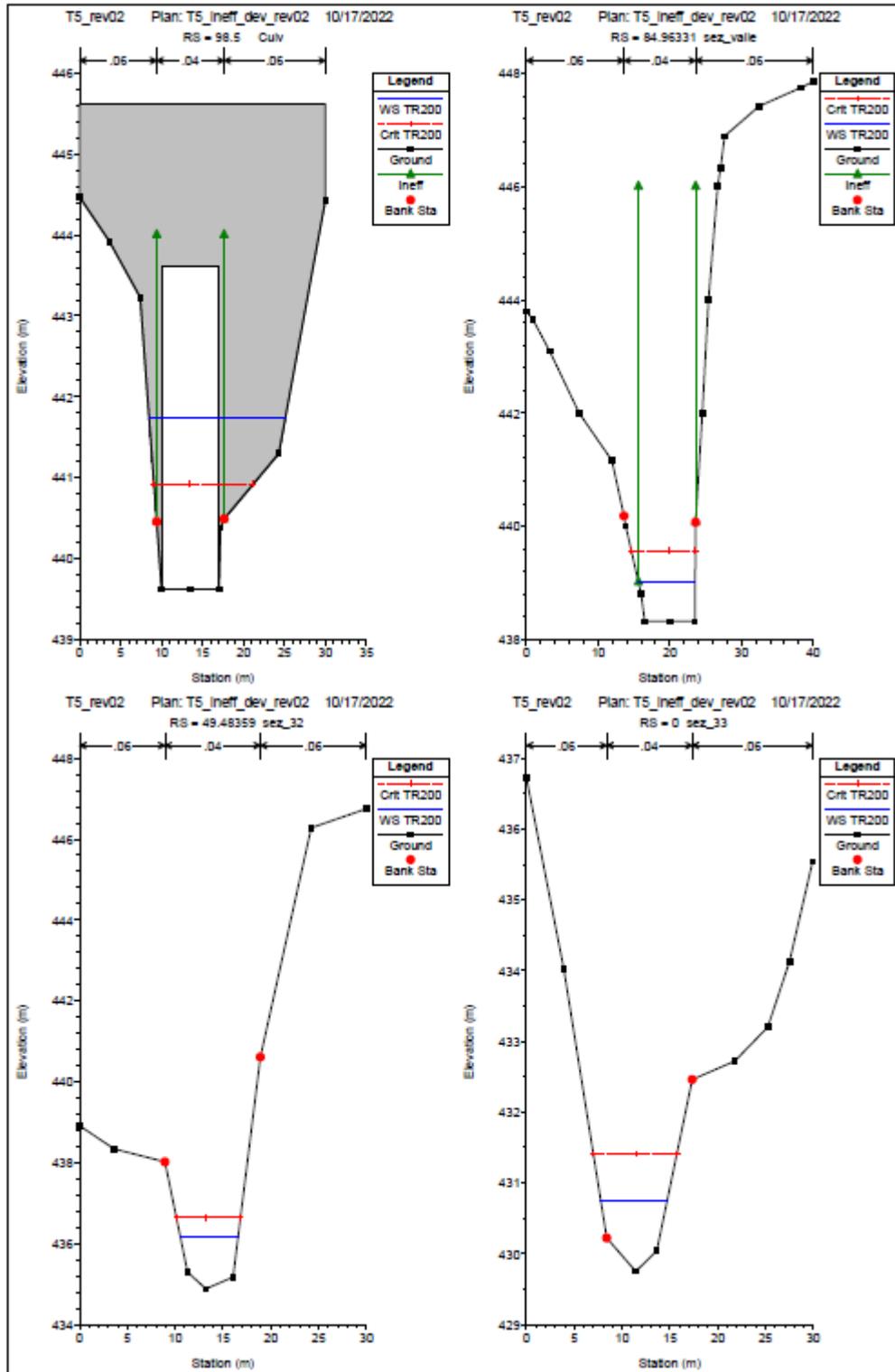
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

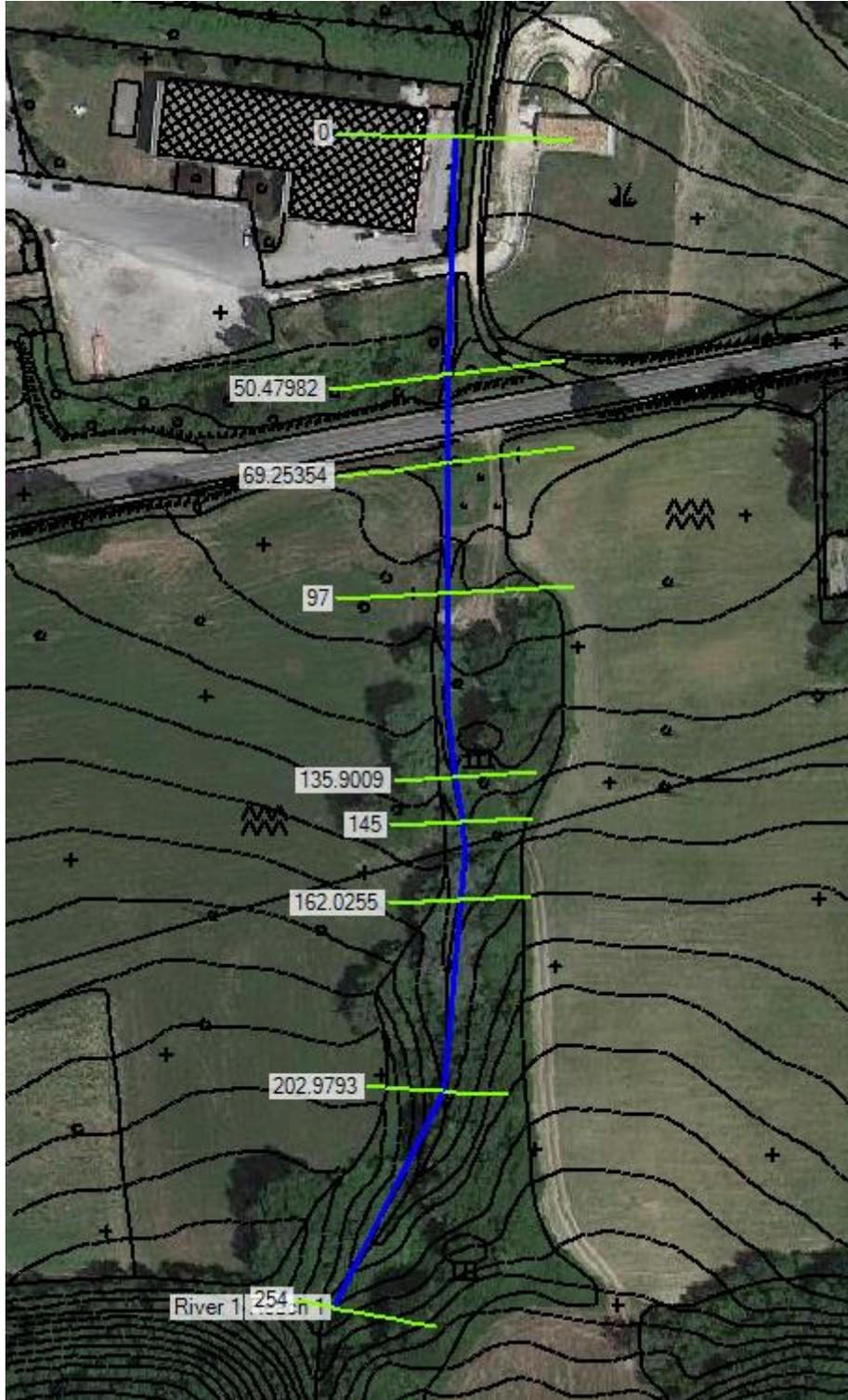
### 4.1.3.2. Outputs numerici

HEC-RAS Plan: T5\_ineff\_dev\_rev02 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: TR200

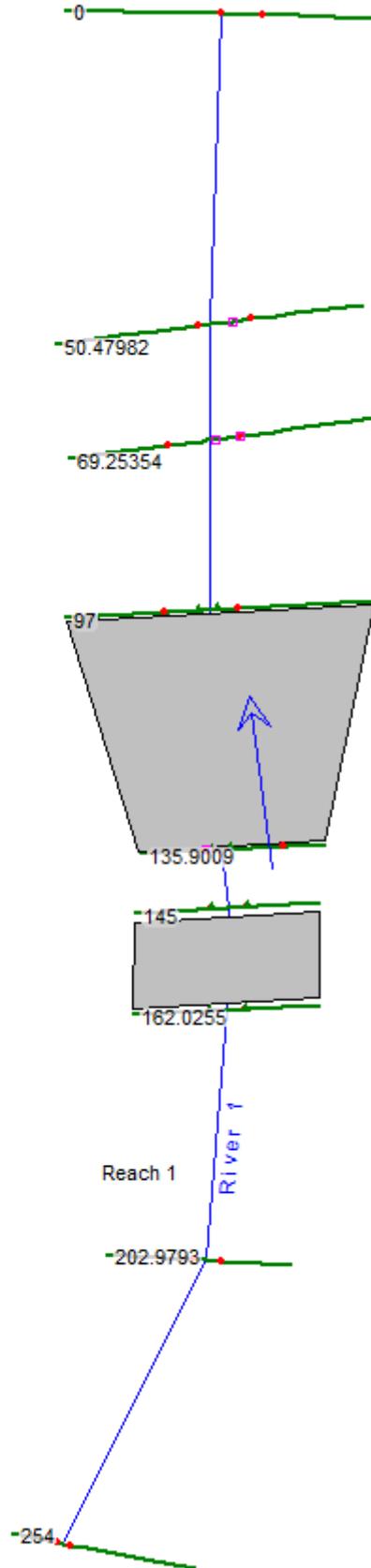
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	220.5185	TR200	32.50	444.25	445.54	446.05	447.05	0.065126	5.45	5.97	6.71	1.84
Reach 1	179	TR200	32.50	442.12	443.34	443.78	444.56	0.052188	4.90	6.64	7.73	1.69
Reach 1	133.7102	TR200	32.50	440.52	442.08	442.21	442.86	0.024610	3.89	8.36	7.31	1.16
Reach 1	112	TR200	32.50	439.62	441.74	440.87	441.94	0.002705	1.94	16.79	16.66	0.43
Reach 1	98.5	Culvert										
Reach 1	84.96331	TR200	32.50	438.32	439.01	439.57	441.07	0.133237	6.35	5.12	7.91	2.52
Reach 1	49.48359	TR200	32.50	434.88	436.15	436.64	437.74	0.064603	5.58	5.82	6.02	1.81
Reach 1	0	TR200	32.50	429.75	430.75	431.41	433.26	0.129519	7.05	4.73	6.94	2.65

#### 4.1.4. MODELLO IDRAULICO TOMBINO TO.09 Progr. KM 3+453

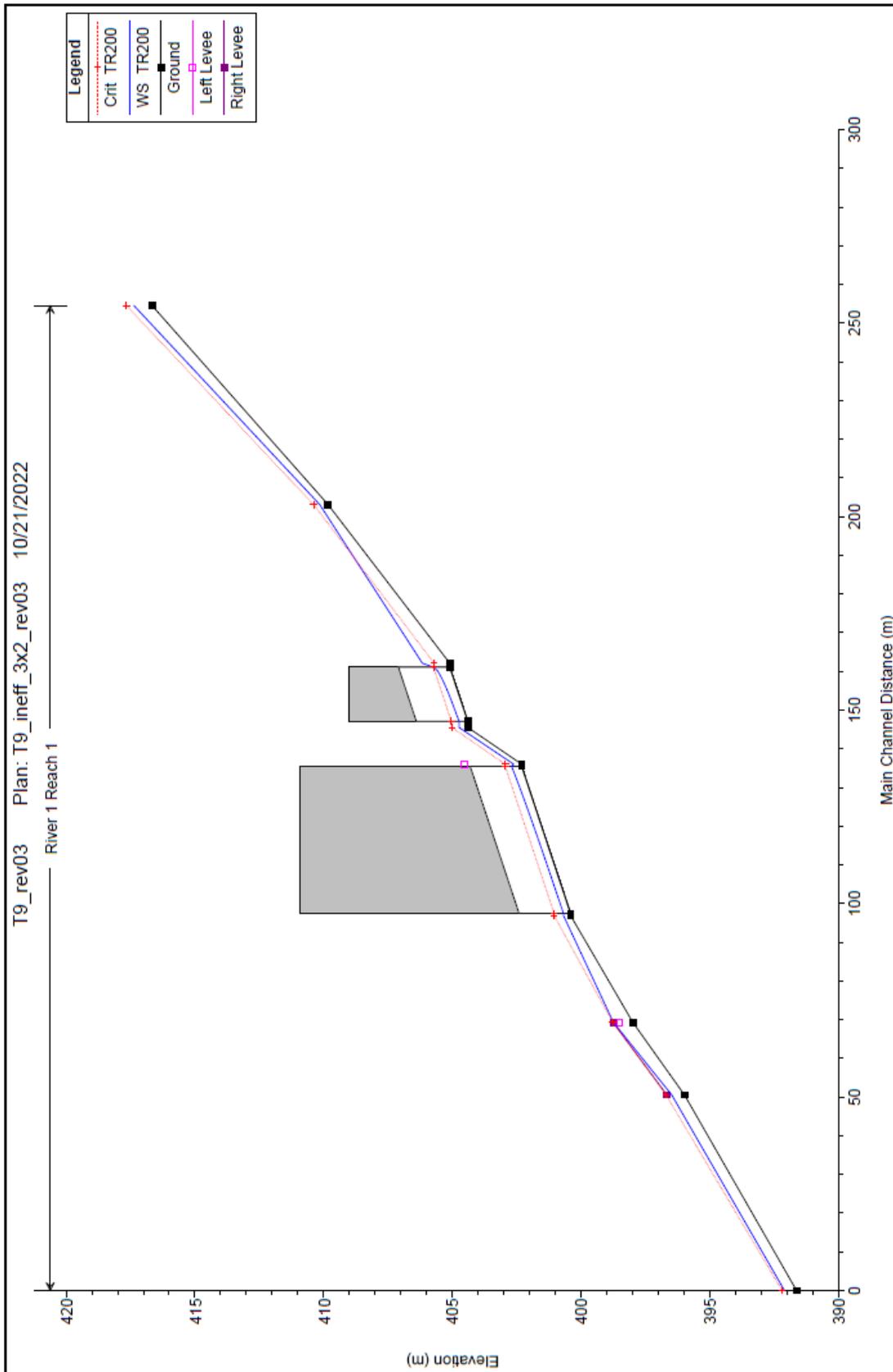
##### 4.1.4.1. Planimetrie, profili e sezioni



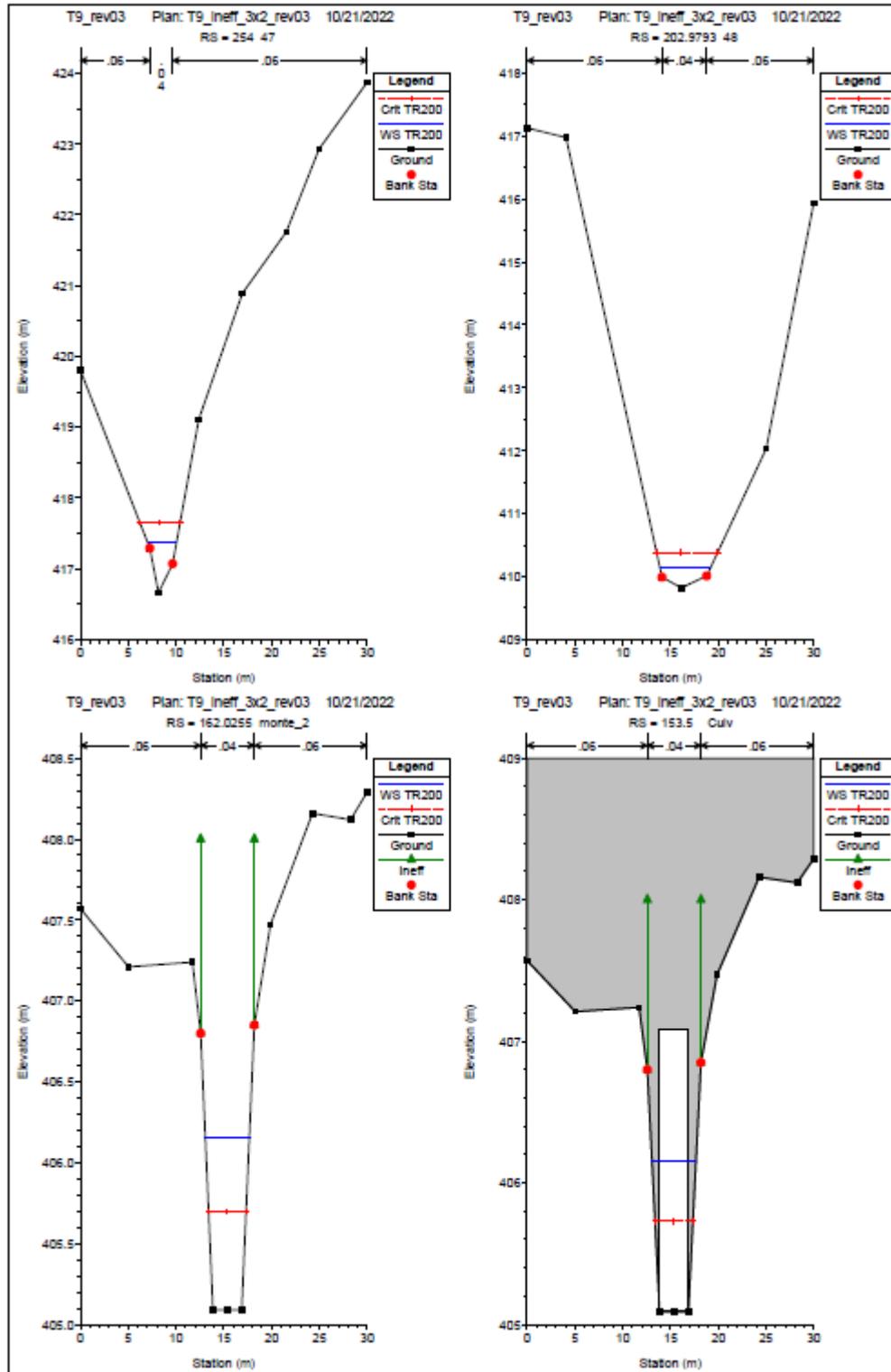
PROGETTAZIONE ATI:



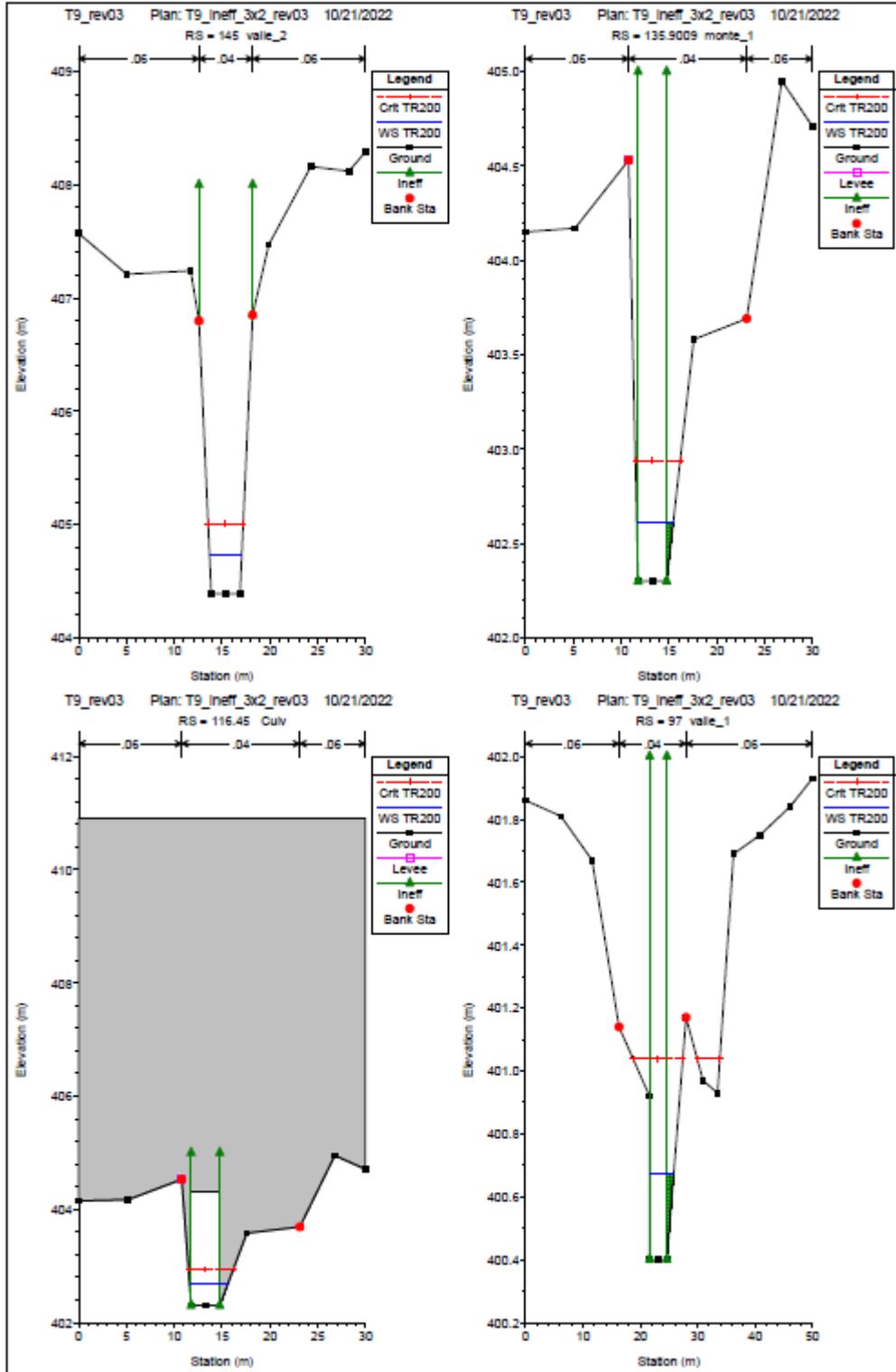
PROGETTAZIONE ATI:



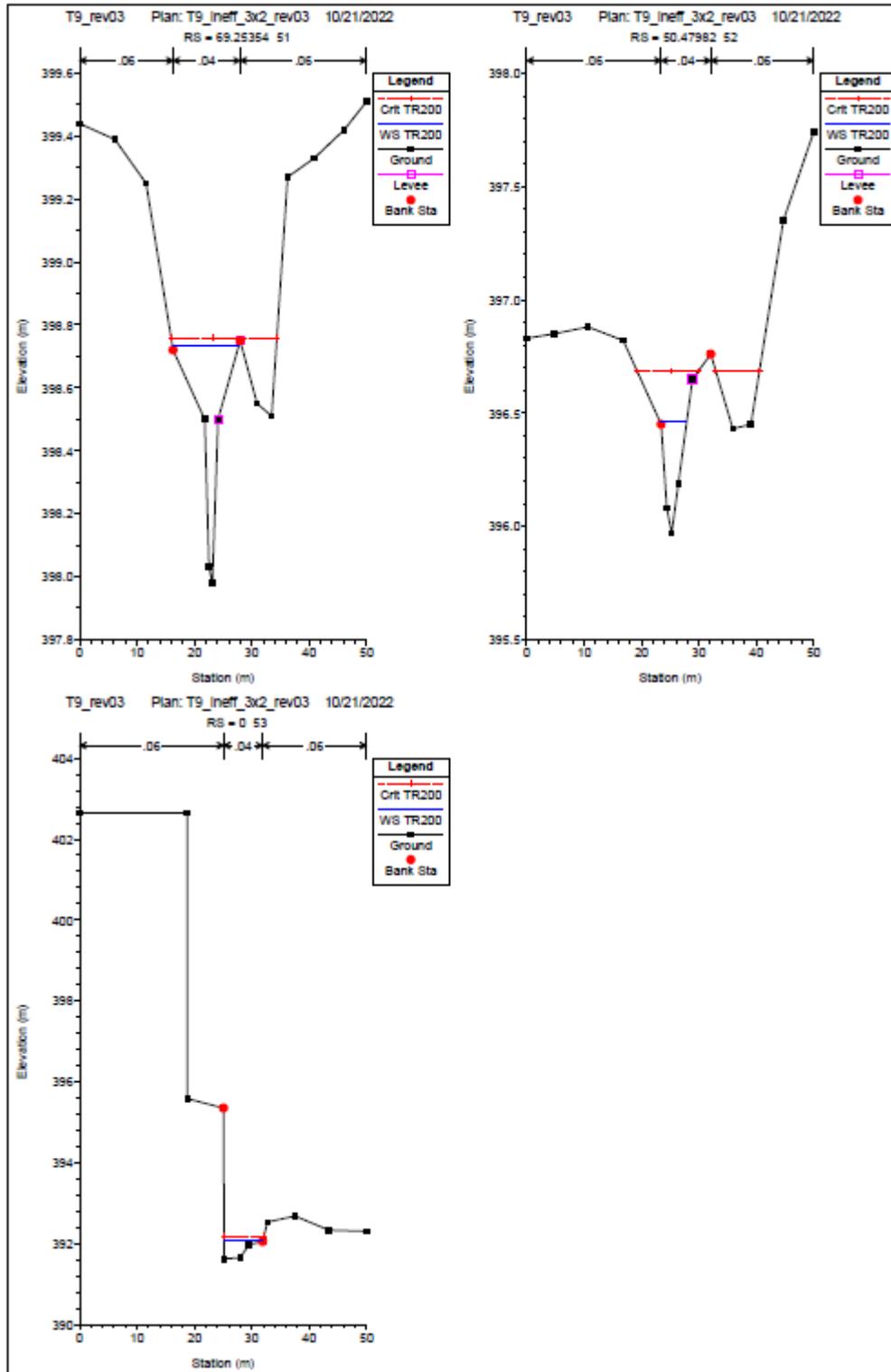
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.4.2. Outputs numerici

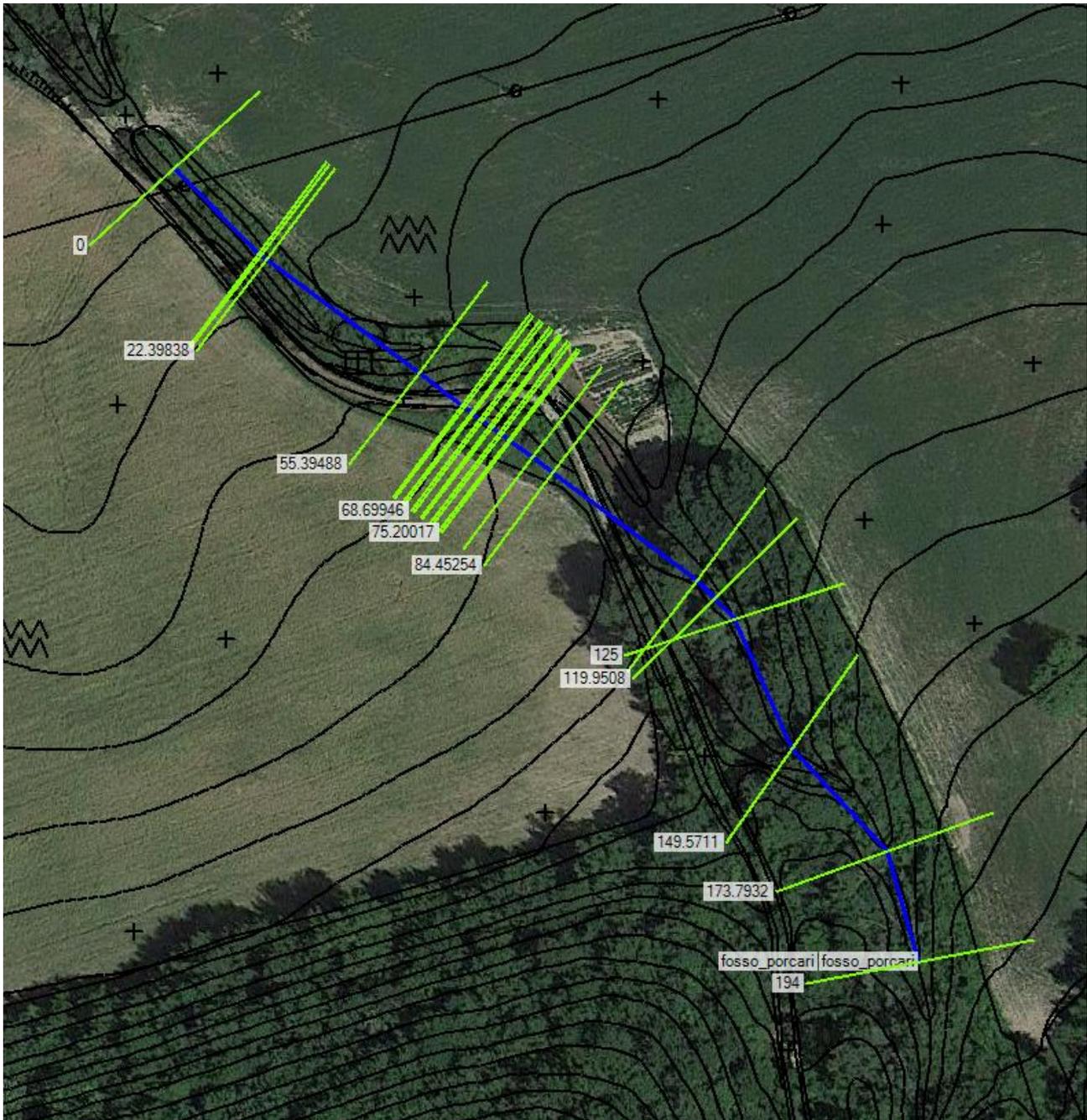
HEC-RAS Plan: T9\_ineff\_3x2\_rev03 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: TR200

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
Reach 1	254	TR200	4.81	416.66	417.36	417.66	418.31	0.098413	4.34	1.15	2.99	2.05
Reach 1	202.9793	TR200	4.81	409.82	410.14	410.38	411.11	0.215248	4.37	1.13	5.31	2.90
Reach 1	162.0255	TR200	4.81	405.09	406.16	405.70	406.23	0.003489	1.18	4.07	4.61	0.40
Reach 1	153.5	Culvert										
Reach 1	145	TR200	4.81	404.39	404.73	405.01	405.73	0.166094	4.44	1.08	3.37	2.50
Reach 1	135.9009	TR200	4.81	402.30	402.61	402.94	403.97	0.201491	5.15	0.93	3.82	2.98
Reach 1	116.45	Culvert										
Reach 1	97	TR200	4.81	400.40	400.67	401.04	402.41	0.304034	5.83	0.83	4.21	3.55
Reach 1	69.25354	TR200	4.81	397.98	398.73	398.76	398.94	0.055489	2.03	2.37	11.56	1.42
Reach 1	50.47982	TR200	4.81	395.97	396.46	396.69	397.27	0.149941	3.98	1.21	4.65	2.44
Reach 1	0	TR200	4.81	391.62	392.09	392.18	392.42	0.063450	2.56	1.88	6.79	1.55

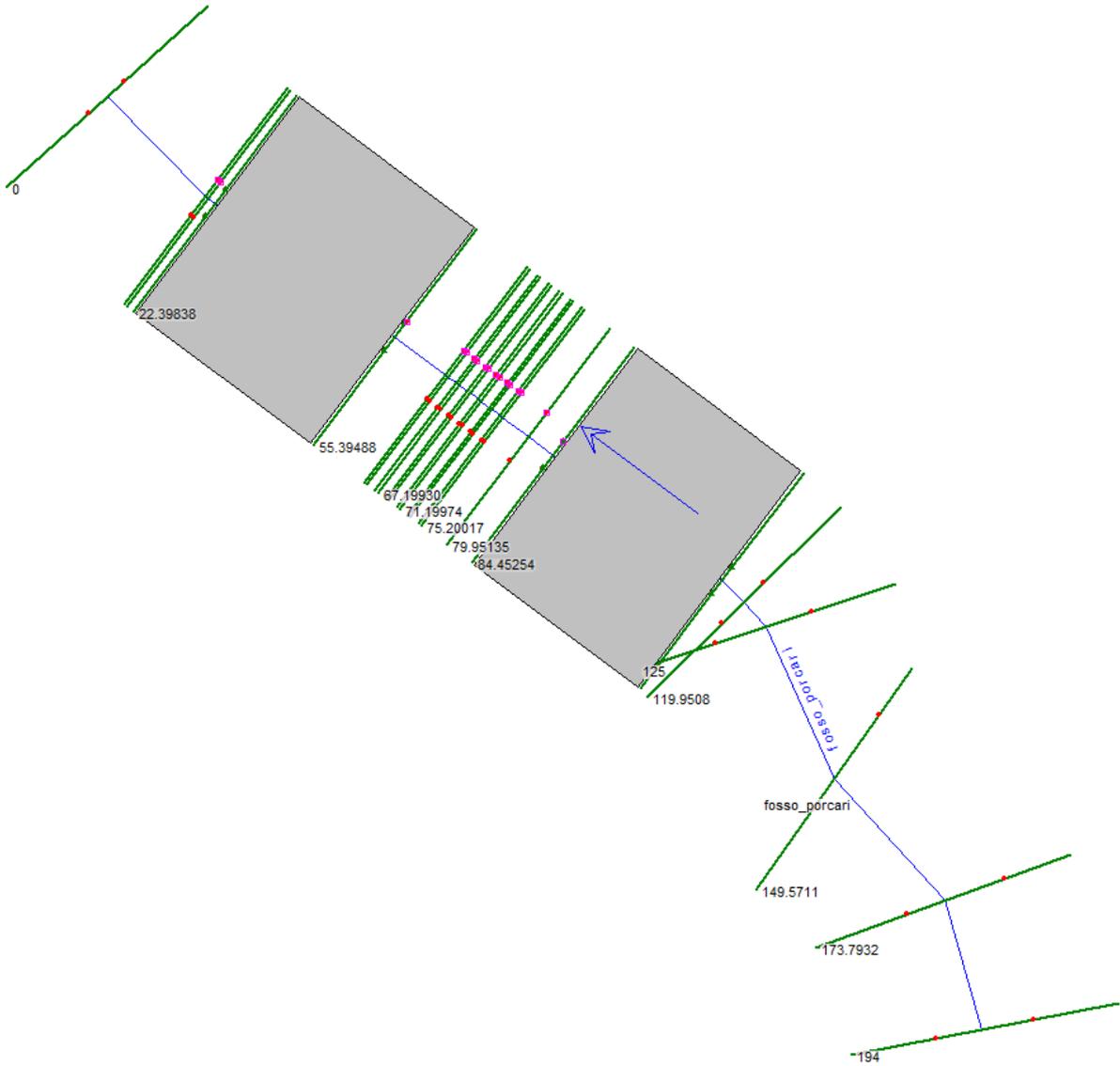
PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.5. MODELLO IDRAULICO TOMBINO TO.10 PROGR. KM 3+773

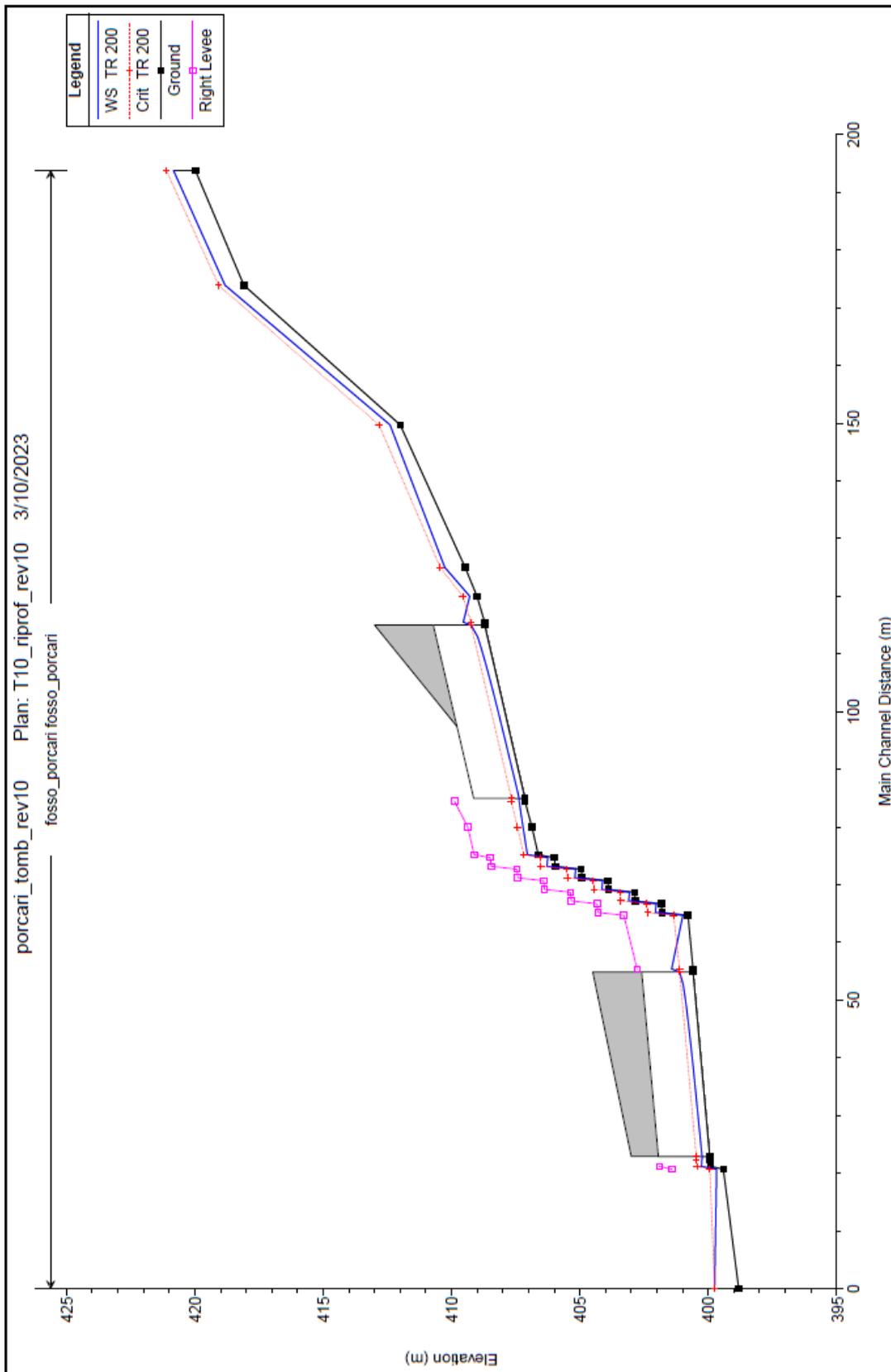
##### 4.1.5.1. Planimetrie, profili e sezioni



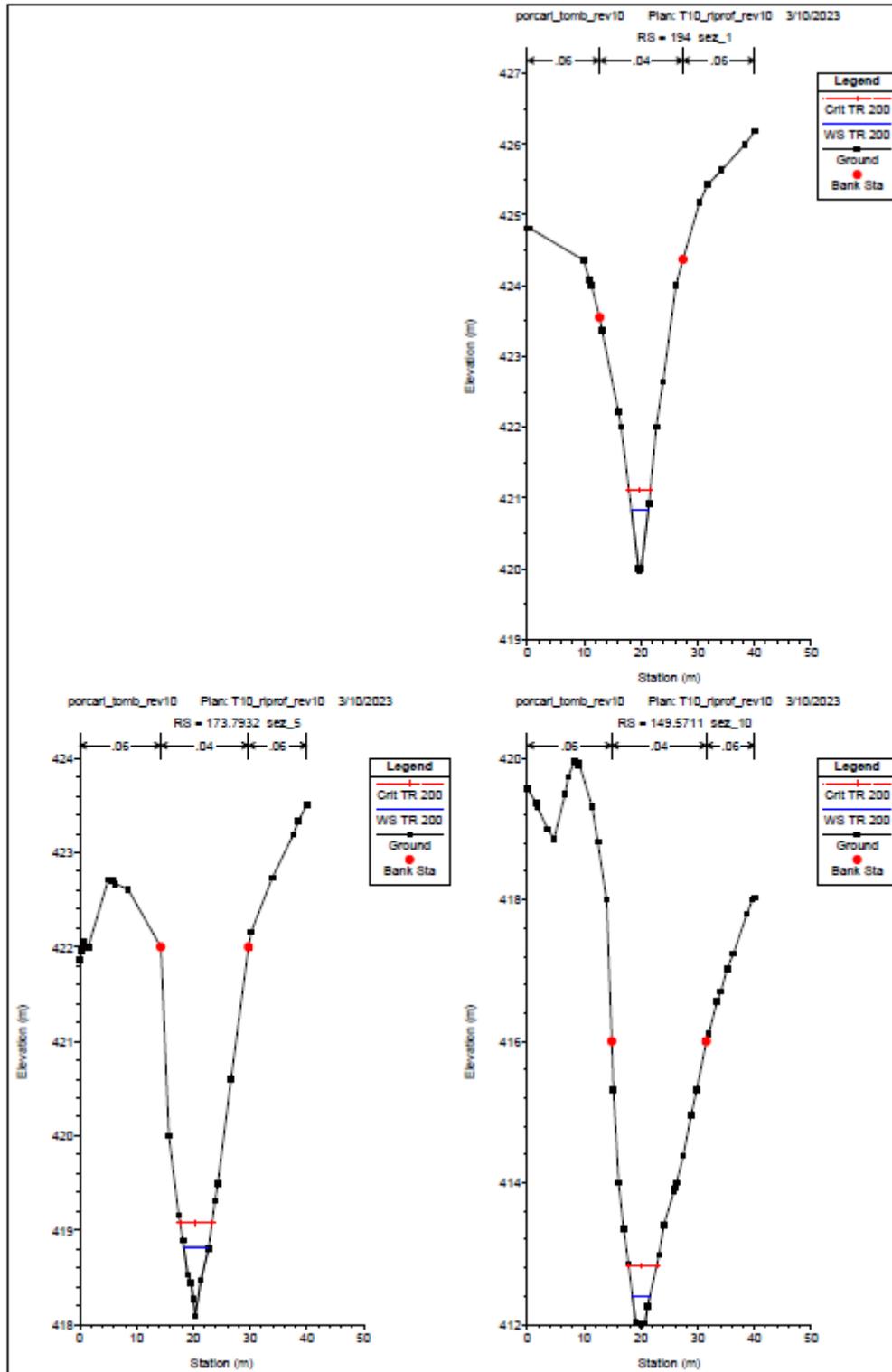
PROGETTAZIONE ATI:



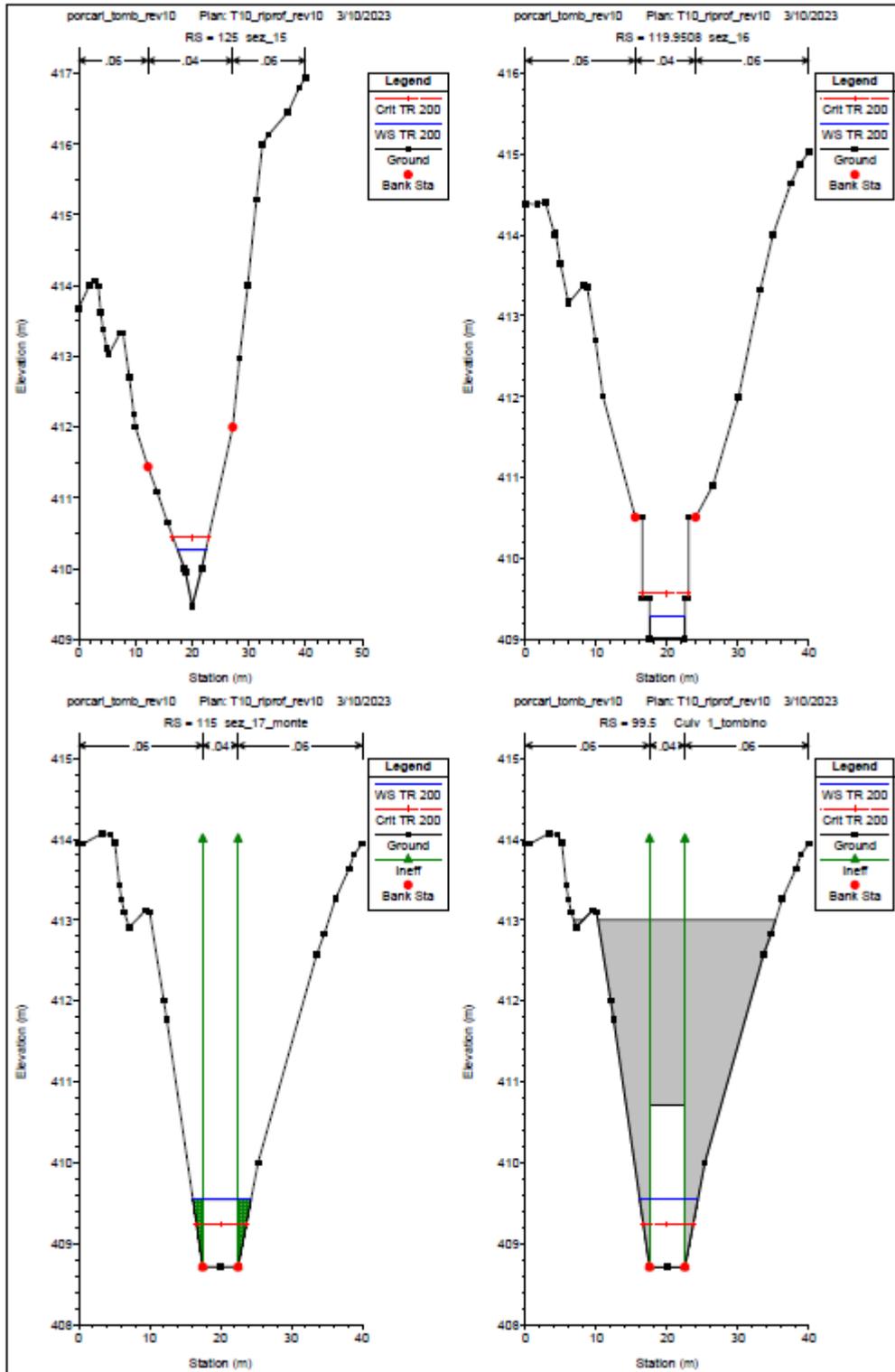
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

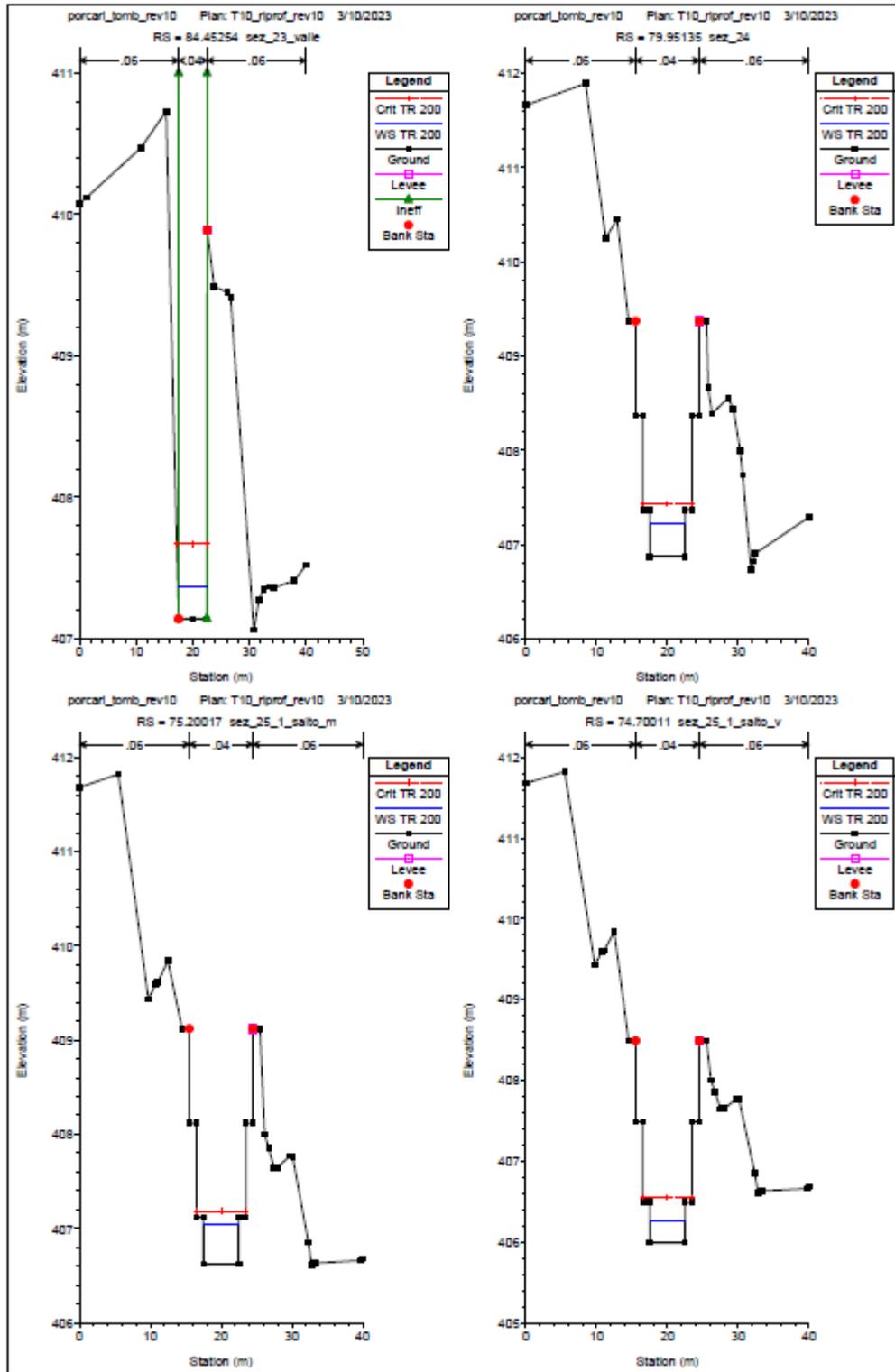


PROGETTAZIONE ATI:

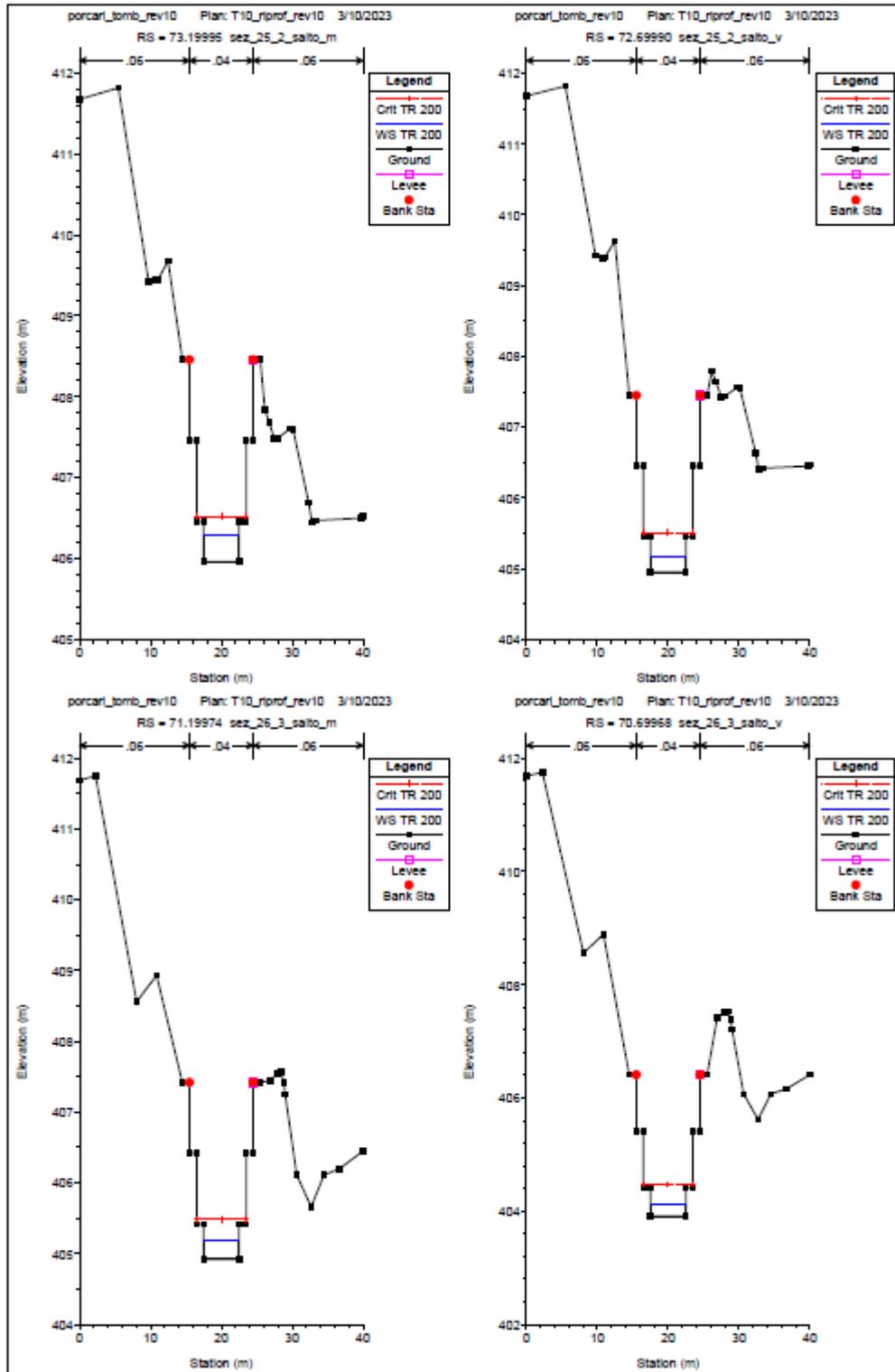


PROGETTAZIONE ATI:

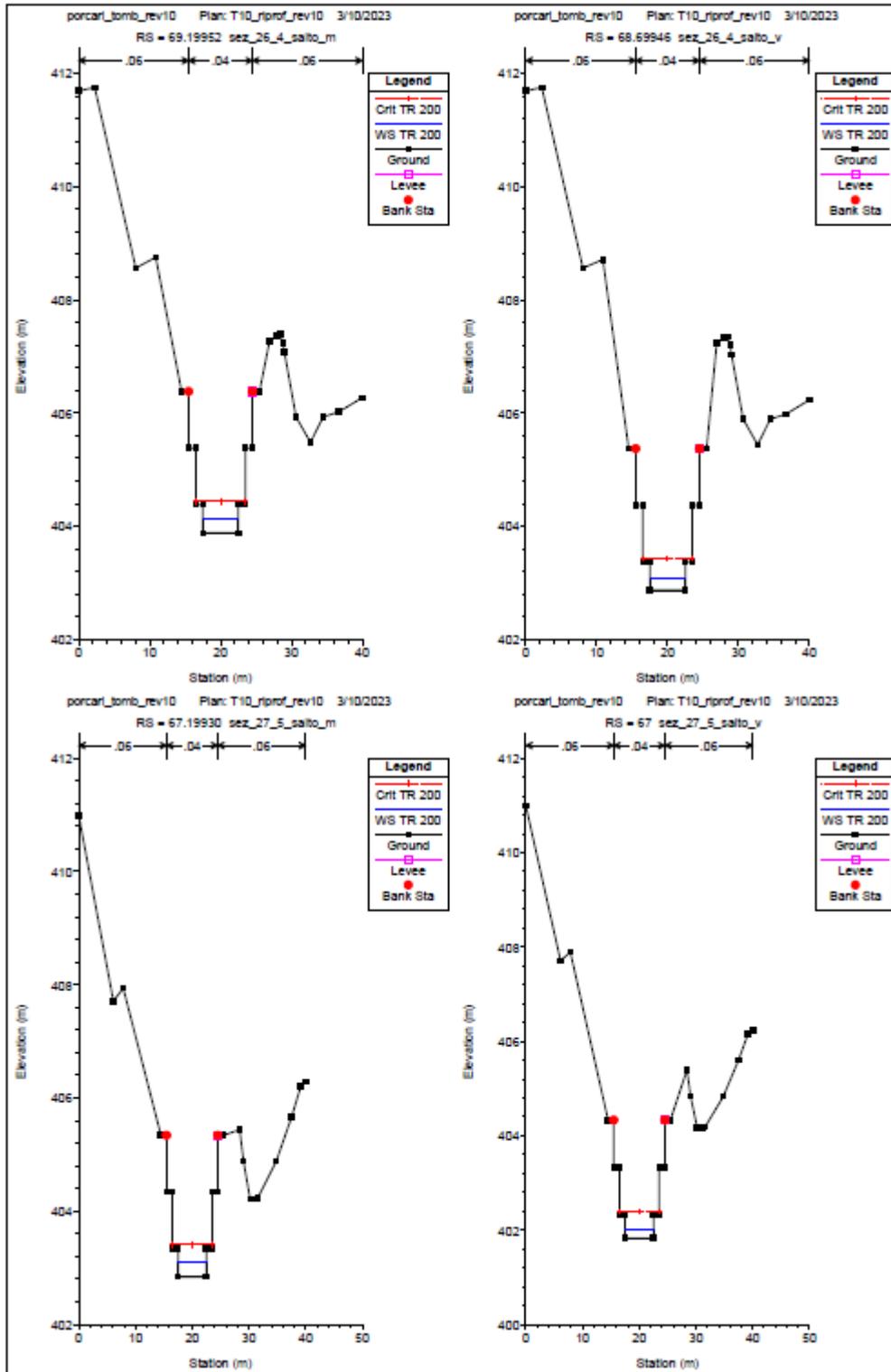
IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)



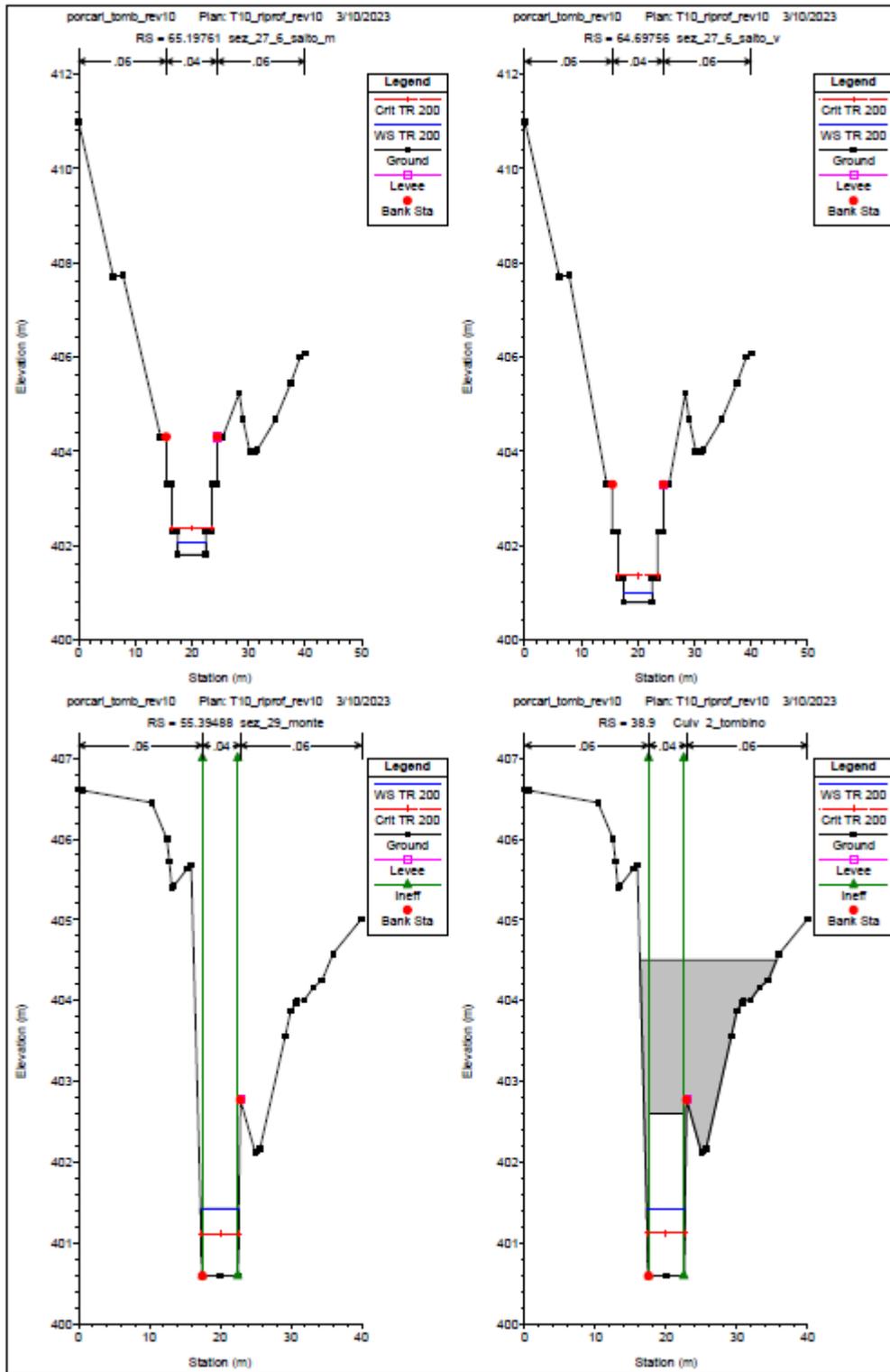
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

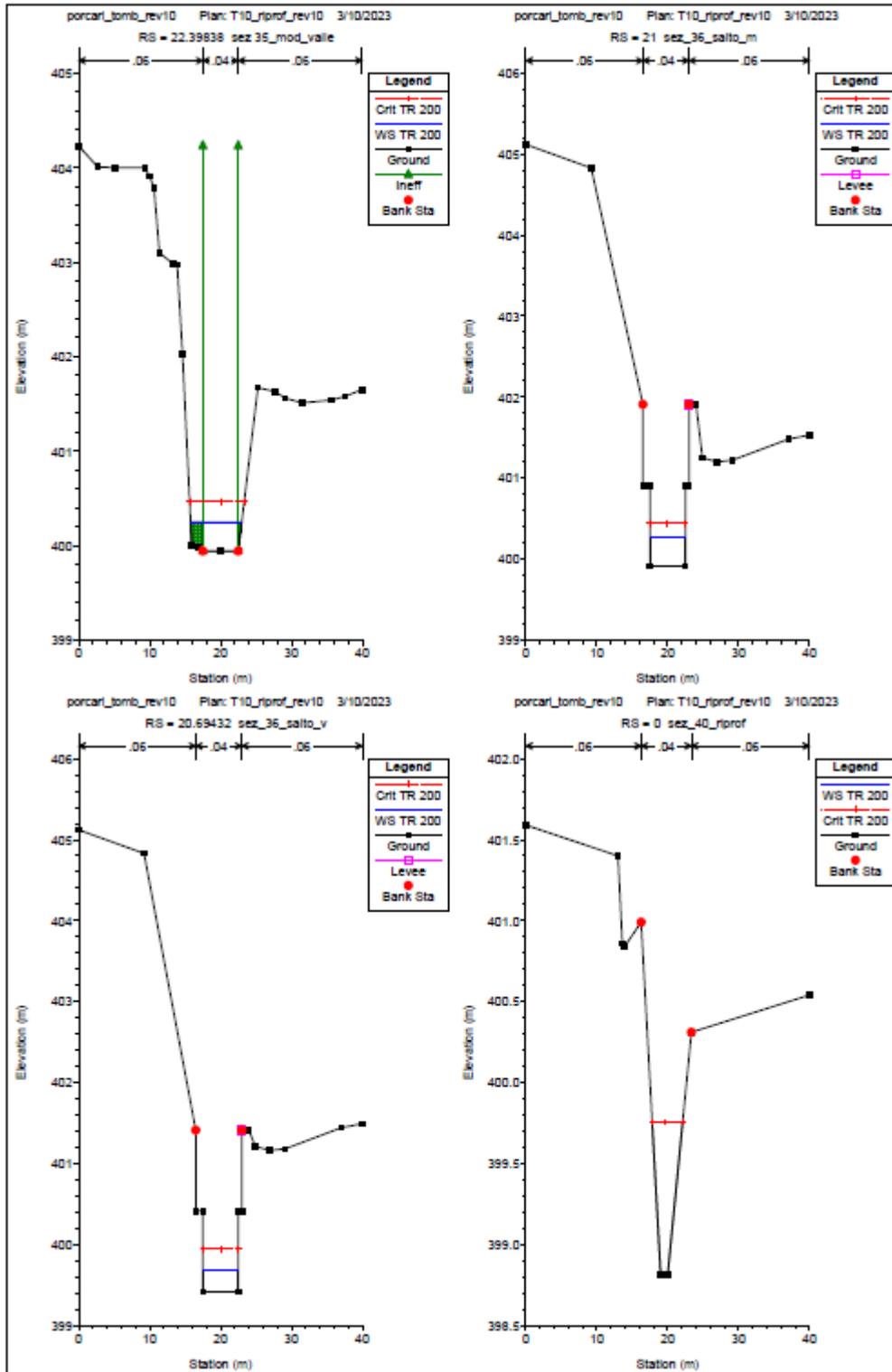


PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)



PROGETTAZIONE ATI:

### 4.1.5.2. Outputs numerici

HEC-RAS Plan: T10\_riprof\_rev10 River: fosso\_porcari Reach: fosso\_porcari Profile: TR 200

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
fosso_porcari	194	TR 200	6.01	419.98	420.83	421.11	421.73	0.091429	4.18	1.44	2.99	1.93
fosso_porcari	173.7932	TR 200	6.01	418.09	418.82	419.07	419.65	0.117896	4.02	1.49	4.40	2.20
fosso_porcari	149.5711	TR 200	6.01	412.00	412.40	412.83	414.69	0.403613	6.71	0.90	3.06	3.96
fosso_porcari	125	TR 200	6.01	409.47	410.26	410.44	410.80	0.067534	3.25	1.85	4.97	1.70
fosso_porcari	119.9508	TR 200	6.01	409.01	409.29	409.57	410.24	0.187468	4.31	1.40	5.00	2.60
fosso_porcari	115	TR 200	6.01	408.71	409.54	409.24	409.65	0.004220	1.44	4.17	8.21	0.50
fosso_porcari	99.5	Culvert										
fosso_porcari	84.45254	TR 200	6.01	407.14	407.37	407.67	408.78	0.317172	5.26	1.14	5.14	3.52
fosso_porcari	79.95135	TR 200	6.01	406.87	407.22	407.43	407.83	0.094474	3.47	1.73	5.00	1.89
fosso_porcari	75.20017	TR 200	6.01	406.62	407.05	407.18	407.45	0.048836	2.82	2.13	5.00	1.38
fosso_porcari	74.70011	TR 200	6.01	405.99	406.25	406.55	407.34	0.234160	4.62	1.30	5.00	2.89
fosso_porcari	73.19995	TR 200	6.01	405.96	406.28	406.52	406.98	0.115532	3.70	1.62	5.00	2.07
fosso_porcari	72.69990	TR 200	6.01	404.95	405.16	405.51	406.79	0.448656	5.65	1.06	5.00	3.91
fosso_porcari	71.19974	TR 200	6.01	404.92	405.20	405.48	406.17	0.195951	4.37	1.38	5.00	2.66
fosso_porcari	70.69968	TR 200	6.01	403.91	404.11	404.47	405.93	0.536899	5.97	1.01	5.00	4.25
fosso_porcari	69.19952	TR 200	6.01	403.88	404.14	404.44	405.21	0.225572	4.56	1.32	5.00	2.84
fosso_porcari	68.69946	TR 200	6.01	402.87	403.07	403.43	404.95	0.569272	6.08	0.99	5.00	4.37
fosso_porcari	67.19930	TR 200	6.01	402.84	403.10	403.40	404.19	0.235994	4.63	1.30	5.00	2.90
fosso_porcari	67	TR 200	6.01	401.83	402.03	402.39	403.93	0.579803	6.12	0.98	5.00	4.41
fosso_porcari	65.19761	TR 200	6.01	401.80	402.06	402.36	403.16	0.239388	4.65	1.29	5.00	2.92
fosso_porcari	64.69756	TR 200	6.01	400.79	400.99	401.35	402.90	0.583370	6.13	0.98	5.00	4.42
fosso_porcari	55.39488	TR 200	6.01	400.59	401.42	401.12	401.53	0.004220	1.44	4.17	5.40	0.50
fosso_porcari	38.9	Culvert										
fosso_porcari	22.39838	TR 200	6.01	399.94	400.24	400.46	401.04	0.122201	3.95	1.52	7.20	2.29
fosso_porcari	21	TR 200	6.01	399.91	400.26	400.44	400.86	0.089112	3.41	1.76	5.00	1.83
fosso_porcari	20.69432	TR 200	6.01	399.41	399.67	399.94	400.74	0.227112	4.57	1.31	5.00	2.85
fosso_porcari	0	TR 200	6.01	398.81	399.75	399.75	400.05	0.022277	2.41	2.50	4.30	1.01

### 4.1.6. VERIFICHE TOMBINI TO.01, TO.02, TO.04, TO.11, TO.06, TO.07 E TO.08

Tombino TO.01 progr. Km 0+018

Design Flow: 1.91 cms

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.01

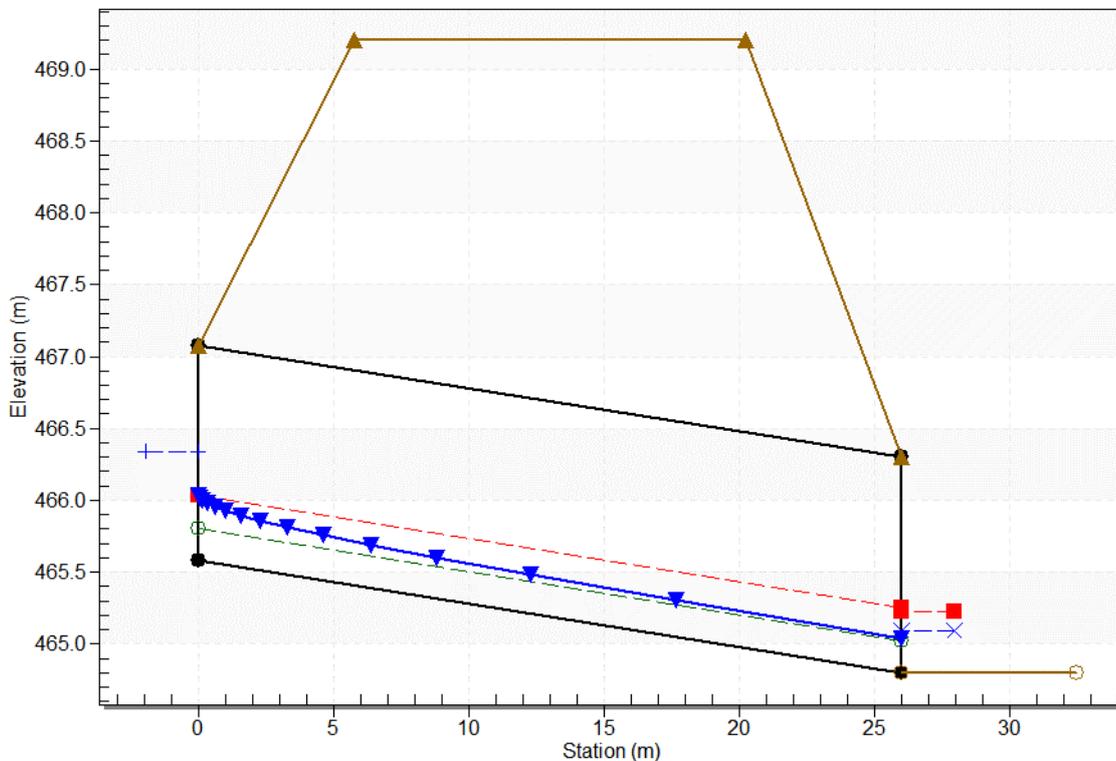
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
466.33	1.91	1.91	0.00	1
469.20	12.96	12.96	0.00	Overtopping

Table 2 - Culvert Summary Table: Culvert 1

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
1.91 cms	1.91 cms	466.33	0.75	0.0*	1-S2n	0.22	0.45	0.24	0.29	3.95	2.84

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 465.58 m,  
 Outlet Elevation (invert): 464.80 m  
 Culvert Length: 26.01 m,  
 Culvert Slope: 0.0300

Crossing - T1, Design Discharge - 1.91 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.91 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 465.58 m  
 Outlet Station: 26.00 m  
 Outlet Elevation: 464.80 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Concrete Box  
 Barrel Span: 2000.00 mm  
 Barrel Rise: 1500.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall (Ke=0.5)  
 Inlet Depression: None

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.01)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
1.91	465.09	0.29	2.84	98.34	1.78

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Slope: 0.0342  
 Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 464.80 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 7.50 m  
 Crest Elevation: 469.20 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 14.50 m

Tombino TO.02 progr. Km 0+158

Design Flow: 3.03 cms

Table 4 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.02

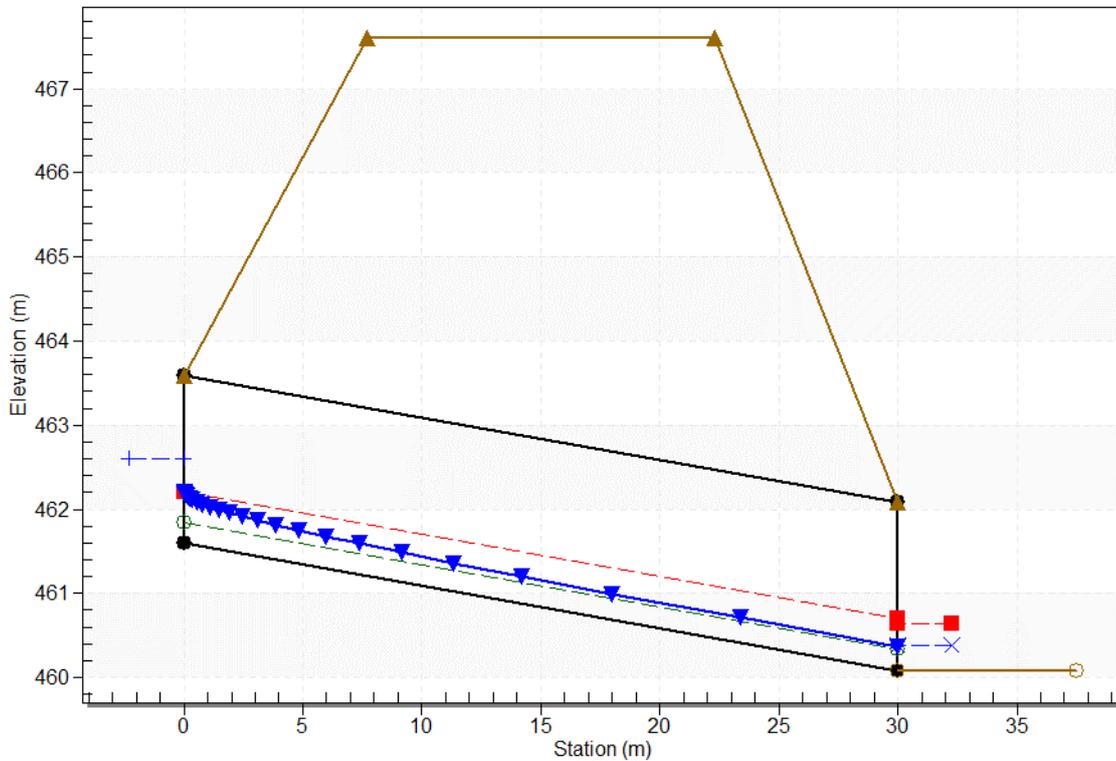
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
462.60	3.03	3.03	0.00	1
467.60	23.24	23.24	0.00	Overtopping

Table 5 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
3.03 cms	3.03 cms	462.60	1.01	0.0*	1-S2n	0.25	0.62	0.28	0.30	5.33	4.45

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 461.59 m,  
 Outlet Elevation (invert): 460.08 m  
 Culvert Length: 30.04 m,  
 Culvert Slope: 0.0503

Crossing - T2, Design Discharge - 3.03 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 3.03 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 461.59 m  
 Outlet Station: 30.00 m  
 Outlet Elevation: 460.08 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Concrete Box  
 Barrel Span: 2000.00 mm  
 Barrel Rise: 2000.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall  
 Inlet Depression: None

Table 6 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.02)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
3.03	460.38	0.30	4.45	241.45	2.77

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)  
 Channel Slope: 0.0831

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 460.08 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 7.50 m  
 Crest Elevation: 467.60 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 14.60 m

Tombino TO.04 progr. Km 0+762

Design Flow: 3.44 cms

Table 7 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.04

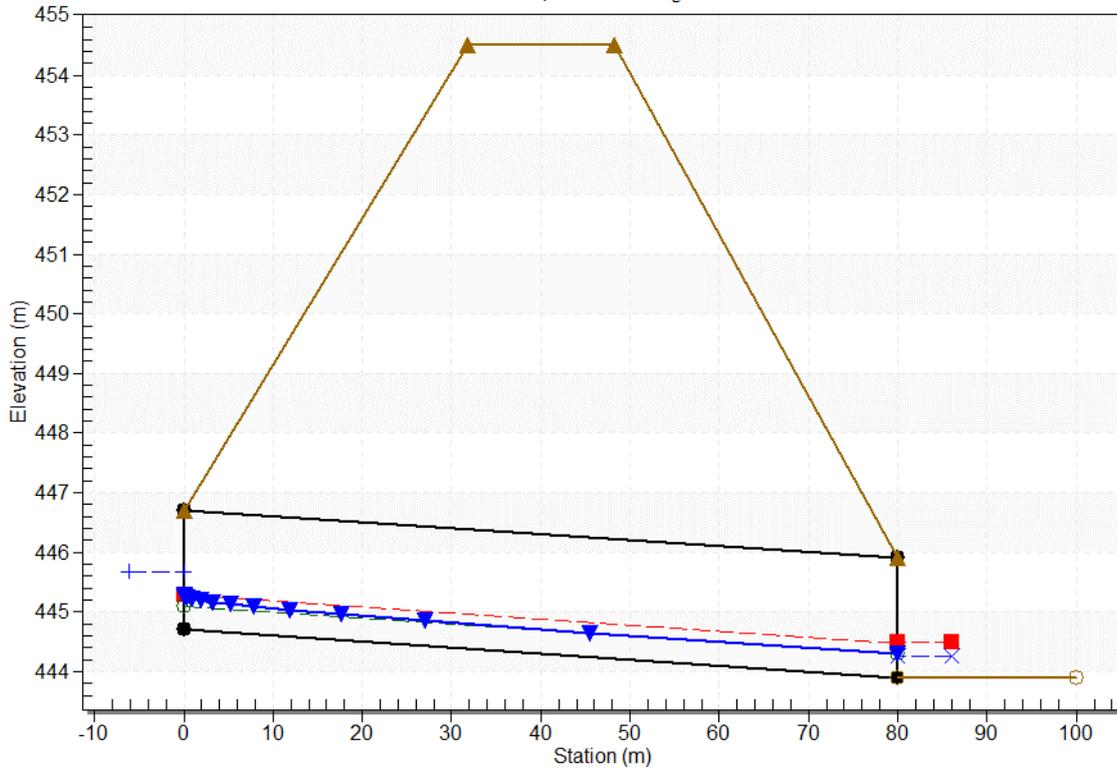
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
445.55	3.44	3.44	0.00	1
454.50	38.33	38.33	0.00	Overtopping

Table 8 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
3.44 cms	3.44 cms	445.68	0.98	0.0*	1-S2n	0.40	0.58	0.40	0.37	3.40	3.94

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 444.70 m,  
 Outlet Elevation (invert): 443.90 m  
 Culvert Length: 80.00 m,  
 Culvert Slope: 0.0100

Crossing - T4, Design Discharge - 3.44 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 3.44 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 444.70 m  
 Outlet Station: 80.00 m  
 Outlet Elevation: 443.90 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Concrete Box  
 Barrel Span: 2500.00 mm  
 Barrel Rise: 2000.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall  
 Inlet Depression: None

Table 9 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.04)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
3.44	444.27	0.37	3.94	185.05	2.23

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Slope: 0.0512  
 Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 443.90 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 7.50 m  
 Crest Elevation: 454.50 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 16.50 m

Tombino TO.04 bis progr. Km 0+762

Design Flow: 3.44 cms

Table 10 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.04 bis

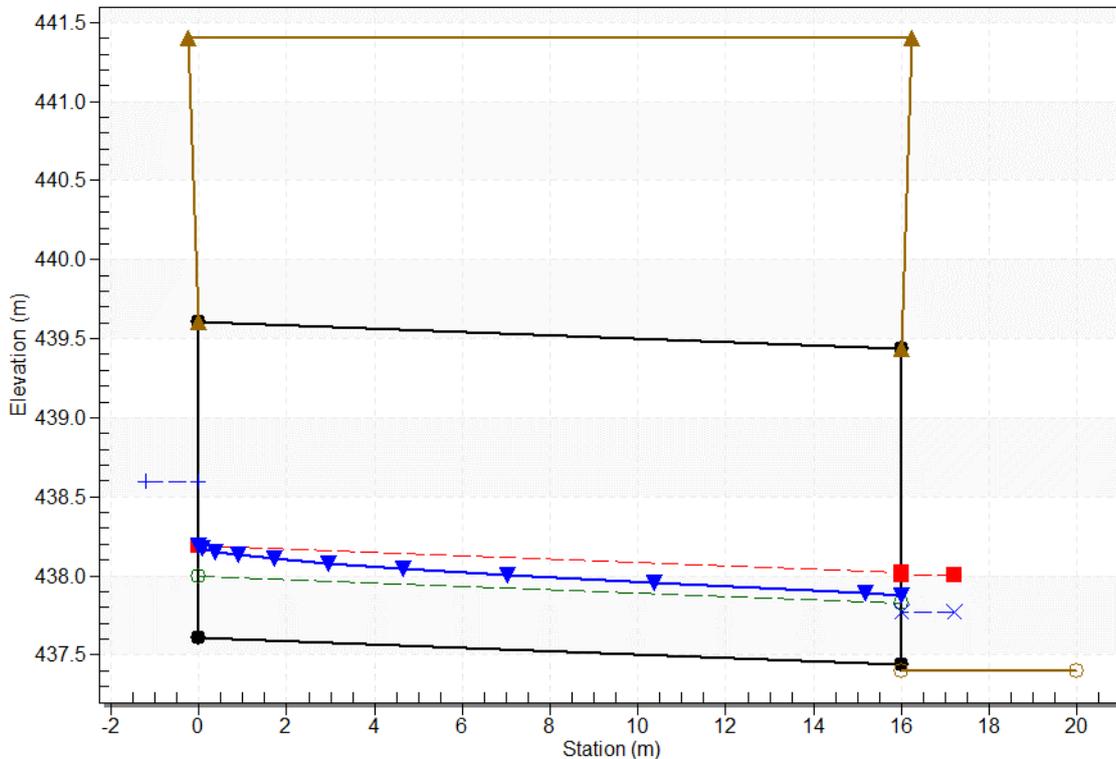
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
437.61	3.44	3.44	0.00	1
441.40	20.60	20.60	0.00	Overtopping

Table 11 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
3.44 cms	3.44 cms	438.59	0.98	0.447	1-S2n	0.39	0.58	0.44	0.37	3.13	3.94

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 437.61 m,  
 Outlet Elevation (invert): 437.44 m  
 Culvert Length: 16.00 m,  
 Culvert Slope: 0.0106

Crossing - T4\_sec, Design Discharge - 3.44 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 3.44 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 437.61 m

Outlet Station: 16.00 m

Outlet Elevation: 437.44 m

Number of Barrels: 1

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2500.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0130

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Table 12 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.04 bis)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
3.44	437.77	0.37	3.94	185.05	2.23

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.0512

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 437.40 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 7.50 m  
 Crest Elevation: 441.40 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 16.50 m

Tombino TO.11 progr. Km 1+714

Design Flow: 4.39 cms

Table 13 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.11

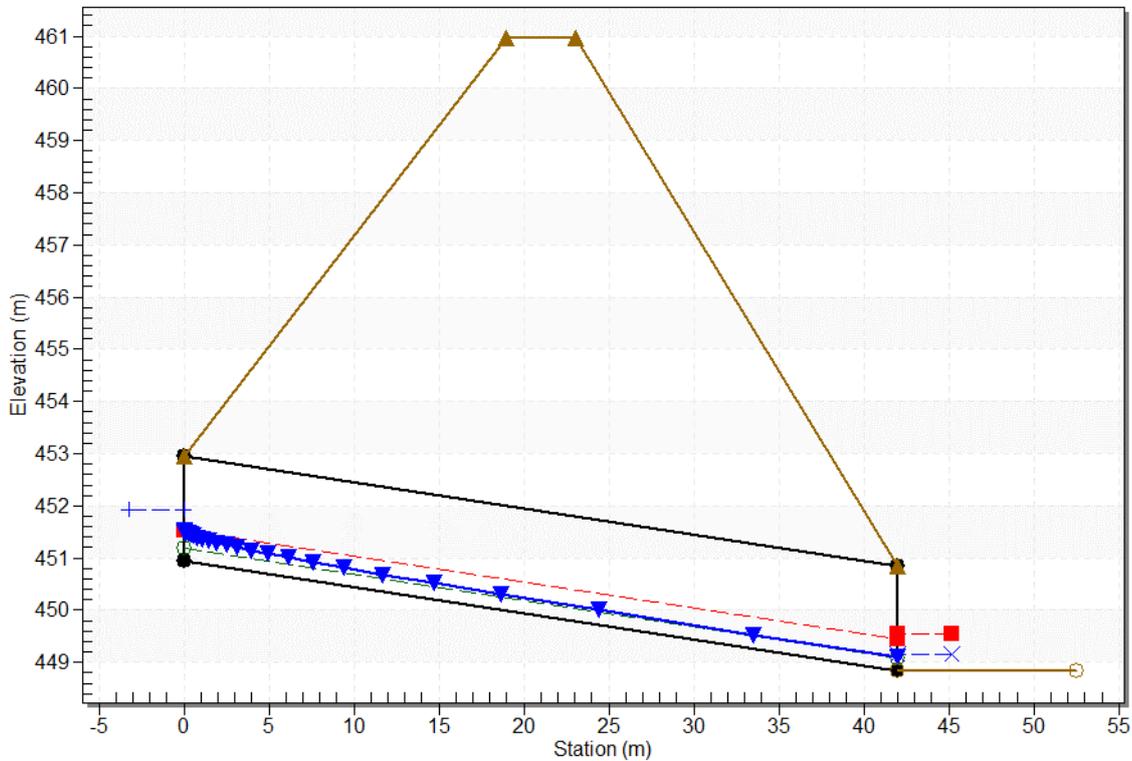
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
451.92	4.39	4.39	0.00	1
460.96	46.77	46.77	0.00	Overtopping

Table 14 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
4.39 cms	4.39 cms	451.92	0.98	0.0*	1-S2n	0.24	0.60	0.26	0.32	5.63	5.81

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 450.94 m,  
 Outlet Elevation (invert): 448.84 m  
 Culvert Length: 42.05 m,  
 Culvert Slope: 0.0500

Crossing - deviazione\_fosso, Design Discharge - 4.39 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 4.39 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 450.94 m  
 Outlet Station: 42.00 m  
 Outlet Elevation: 448.84 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Concrete Box  
 Barrel Span: 3000.00 mm  
 Barrel Rise: 2000.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall  
 Inlet Depression: None

Table 15 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.11)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
4.39	449.16	0.32	5.81	407.65	3.47

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Slope: 0.1280  
 Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 448.84 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 4.00 m  
 Crest Elevation: 460.96 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 4.09 m

Tombino TO.11 (imbocco) progr. Km 1+714

Design Flow: 4.39 cms

Table 16 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.11 (imbocco)

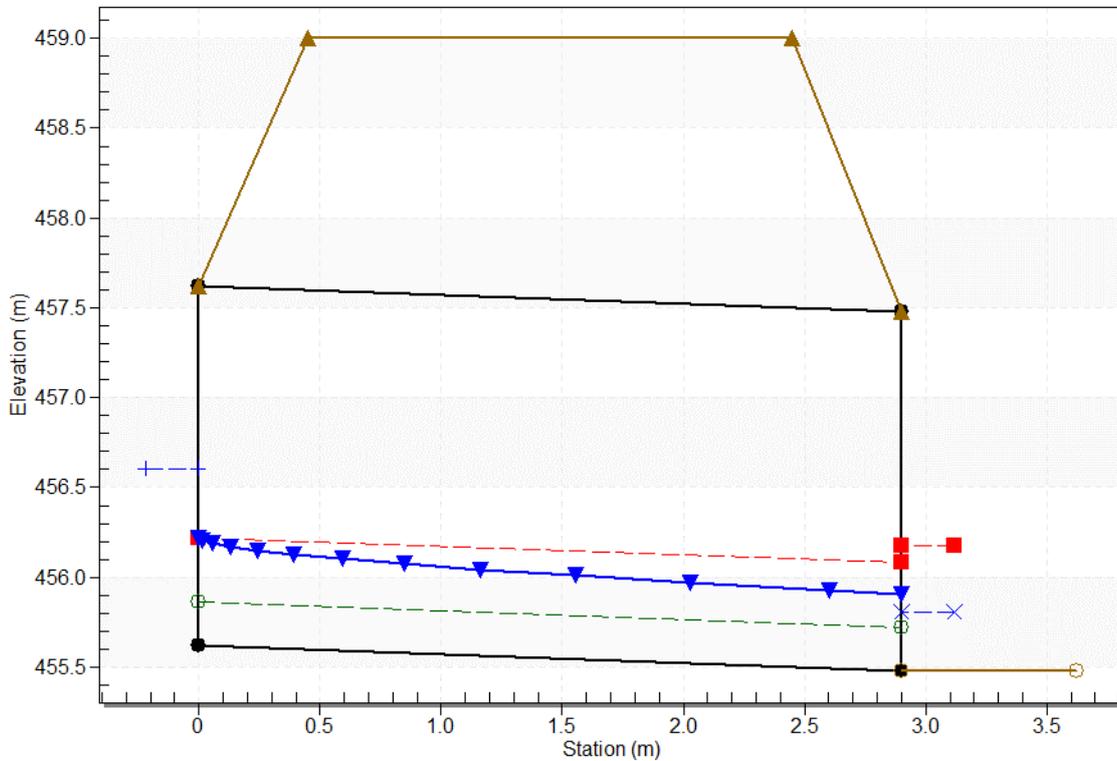
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
456.60	4.39	4.39	0.00	1
459.00	46.77	46.77	0.00	Overtopping

Table 17 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
4.39 cms	4.39 cms	456.60	0.98	0.0503	1-S2n	0.24	0.60	0.34	0.32	3.42	5.81

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 455.62 m,  
 Outlet Elevation (invert): 455.48 m  
 Culvert Length: 2.90 m,  
 Culvert Slope: 0.0483

Crossing - deviazione\_fosso\_imbocco, Design Discharge - 4.39 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 4.39 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 455.62 m  
 Outlet Station: 2.90 m  
 Outlet Elevation: 455.48 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Concrete Box  
 Barrel Span: 3000.00 mm  
 Barrel Rise: 2000.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall  
 Inlet Depression: None

Table 18 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.11 imbocco)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
4.39	455.80	0.32	5.81	407.65	3.47

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Slope: 0.1280  
 Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 455.48 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 2.00 m  
 Crest Elevation: 459.00 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 2.00 m

Tombino TO.06 progr. Km 2+783

Design Flow: 0.80 cms

Table 19 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.06

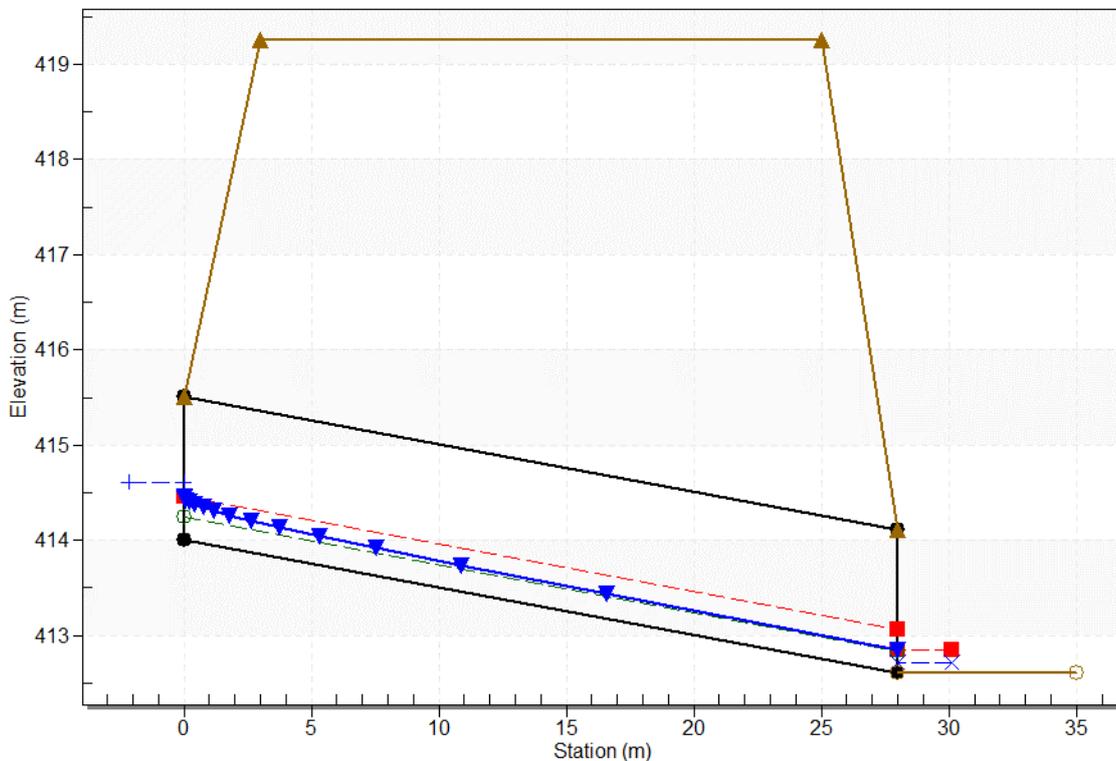
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
414.61	0.80	0.80	0.00	1
419.25	10.07	10.07	0.00	Overtopping

Table 20 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.80 cms	0.80 cms	414.61	0.60	0.0*	1-S2n	0.23	0.45	0.24	0.10	4.39	3.73

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 414.01 m,  
 Outlet Elevation (invert): 412.61 m  
 Culvert Length: 28.03 m,  
 Culvert Slope: 0.0500

Crossing - T6, Design Discharge - 0.80 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.80 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data  
 Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 414.01 m  
 Outlet Station: 28.00 m  
 Outlet Elevation: 412.61 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Circular  
 Barrel Diameter: 1500.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge with Headwall  
 Inlet Depression: None

Table 21 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.06)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.80	412.71	0.10	3.73	204.80	3.82

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel  
 Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)  
 Channel Slope: 0.2050

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Manning's n: 0.0250  
Channel Invert Elevation: 412.61 m  
Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
Crest Length: 7.50 m  
Crest Elevation: 419.25 m  
Roadway Surface: Paved  
Roadway Top Width: 22.00 m

Tombino TO.07 progr. Km 3+102

Design Flow: 2.34 cms

Table 22 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.07

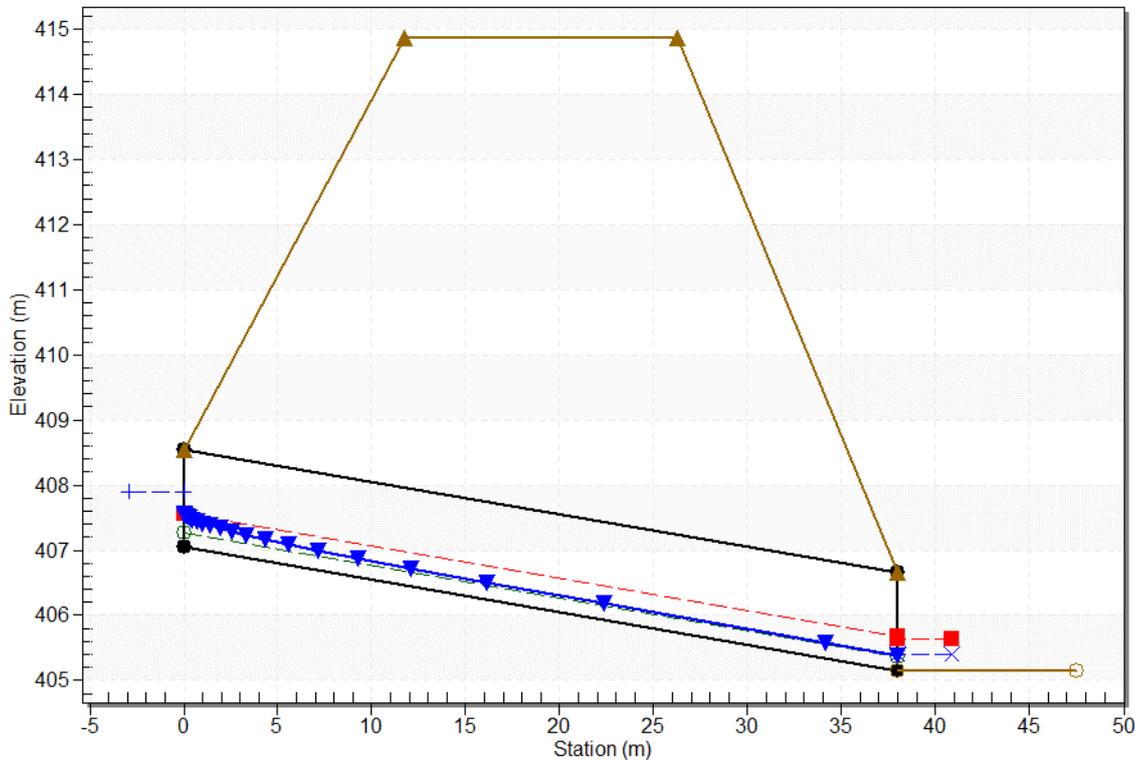
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
407.90	2.34	2.34	0.00	1
414.86	20.69	20.69	0.00	Overtopping

Table 23 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
2.34 cms	2.34 cms	407.90	0.85	0.0*	1-S2n	0.21	0.52	0.23	0.25	5.13	4.22

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
Inlet Elevation (invert): 407.05 m,  
Outlet Elevation (invert): 405.15 m  
Culvert Length: 38.05 m,  
Culvert Slope: 0.0500

Crossing - T7, Design Discharge - 2.34 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 2.34 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m  
 Inlet Elevation: 407.05 m  
 Outlet Station: 38.00 m  
 Outlet Elevation: 405.15 m  
 Number of Barrels: 1  
 Barrel Shape: Concrete Box  
 Barrel Span: 2000.00 mm  
 Barrel Rise: 1500.00 mm  
 Barrel Material: Concrete  
 Embedment: 0.00 mm  
 Barrel Manning's n: 0.0130  
 Culvert Type: Straight  
 Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall  
 Inlet Depression: None

Table 24 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.07)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
2.34	405.40	0.25	4.22	221.53	2.85

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m  
 Side Slope (H:V): 1.00 (┘:1)  
 Channel Slope: 0.0915

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 405.15 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 7.50 m  
 Crest Elevation: 414.86 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 14.50 m

Tombino TO.08 progr. Km 3+250

Design Flow: 4.42 cms

Table 25 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.08

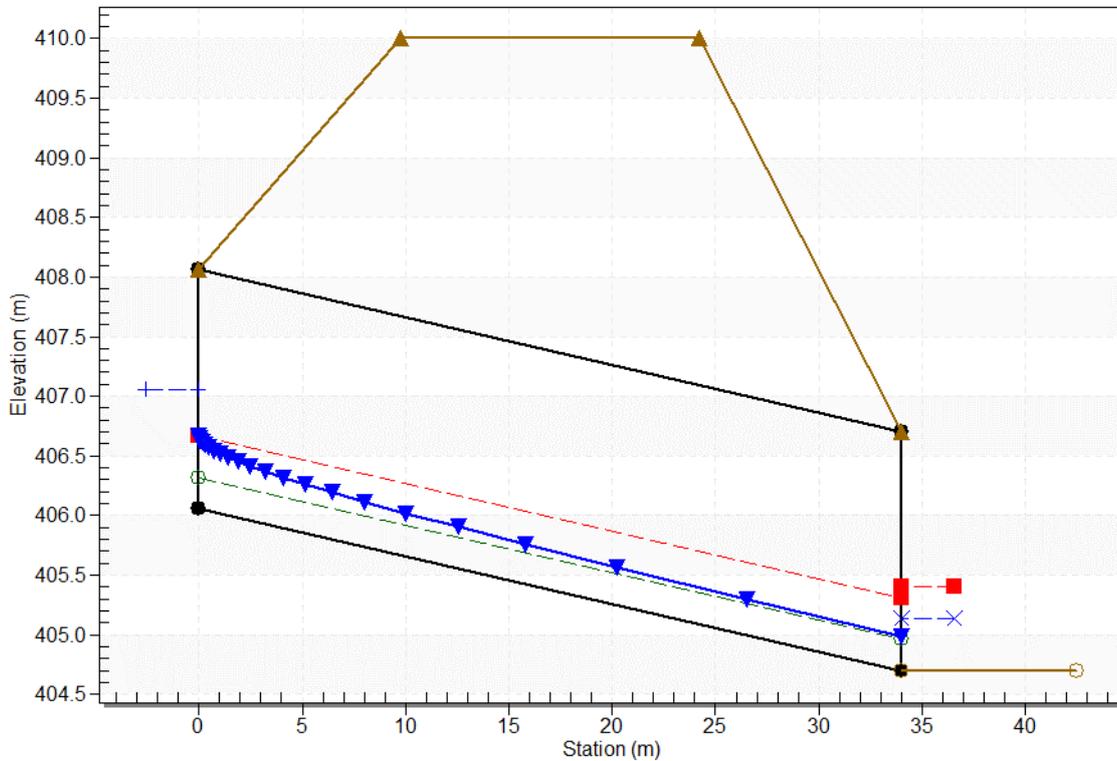
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
407.06	4.42	4.42	0.00	1
410.00	25.68	25.68	0.00	Overtopping

Table 26 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
4.42 cms	4.42 cms	407.06	1.00	0.0*	1-S2n	0.26	0.60	0.29	0.44	5.10	4.42

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 406.06 m,  
 Outlet Elevation (invert): 404.70 m  
 Culvert Length: 34.03 m,  
 Culvert Slope: 0.0400

Crossing - T8, Design Discharge - 4.42 cms  
Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 4.42 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 406.06 m

Outlet Station: 34.00 m

Outlet Elevation: 404.70 m

Number of Barrels: 1

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0130

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Table 27 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.08)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
4.42	405.14	0.44	4.14	201.80	2.17

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.0470

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Manning's n: 0.0250  
 Channel Invert Elevation: 404.70 m  
 Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
 Crest Length: 7.50 m  
 Crest Elevation: 410.00 m  
 Roadway Surface: Paved  
 Roadway Top Width: 14.50 m

Tombino TO.08 bis progr. Km 3+250

Design Flow: 4.42 cms

Table 28 - Summary of Culvert Flows at Crossing: TO.08 bis

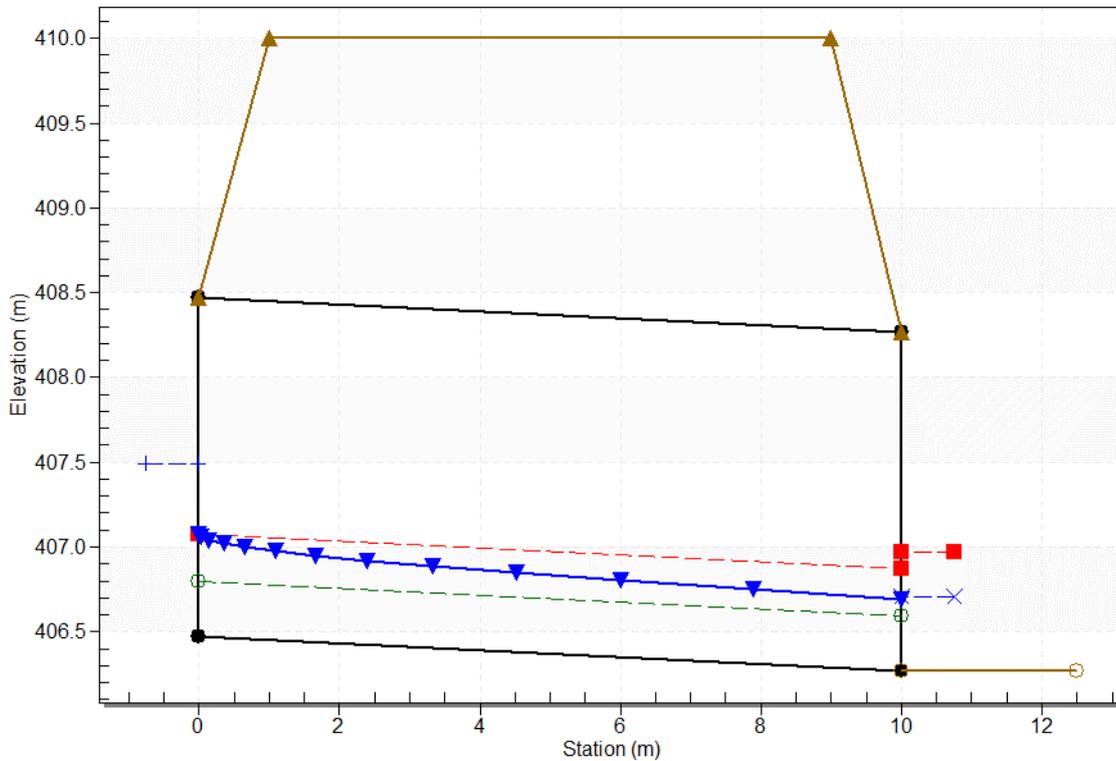
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	1 Roadway Discharge (cms)	Iterations
407.49	4.42	4.42	0.00	1
410.00	23.29	23.29	0.00	Overtopping

Table 23 - Culvert Summary Table: Culvert

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
4.42 cms	4.42 cms	407.49	1.02	0.448	1-S2n	0.33	0.60	0.42	0.44	3.48	4.14

Culvert Barrel Type Straight Culvert  
 Inlet Elevation (invert): 406.47 m,  
 Outlet Elevation (invert): 406.27 m  
 Culvert Length: 10.00 m,  
 Culvert Slope: 0.0200

Crossing - T8\_sec, Design Discharge - 4.42 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 4.42 cms



Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 406.47 m

Outlet Station: 10.00 m

Outlet Elevation: 406.27 m

Number of Barrels: 1

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0130

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Table 29 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: TO.08 bis)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
4.42	406.71	0.44	4.14	201.80	2.17

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.0470

PROGETTAZIONE ATI:

Channel Manning's n: 0.0250  
Channel Invert Elevation: 406.27 m  
Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
Crest Length: 7.50 m  
Crest Elevation: 410.00 m  
Roadway Surface: Paved  
Roadway Top Width: 8.00 m

PROGETTAZIONE ATI:

## 5. VERIFICA A TRASCINAMENTO DELLE PROTEZIONI ALL'IMBOCCO E SBOCCO DEI TOMBINI E DEGLI ELEMENTI DI RIPROFILAZIONE DELLE INALVEAZIONI DEI FOSSI

Nel presente paragrafo viene verificata l'idoneità dei materiali utilizzati per le protezioni all'imbocco e allo sbocco degli attraversamenti minori e le riprofilature delle inalveazioni dei fossi (gabbioni) nei confronti dell'azione di trascinamento della corrente in corrispondenza dell'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

Per tale verifica, effettuata nell'alveo dei singoli fossi, la letteratura suggerisce di confrontare le tensioni tangenziali massime nel punto di verifica con quelle massime ammissibili per il materiale utilizzato. Ciò consente di tenere in considerazione fattori idraulici e geometrici che influiscono sul trascinamento quali profondità dell'acqua, pendenza delle sponde, andamento planimetrico e durata dell'evento di piena.

Ovvero:

$$\tau_f < \tau_s$$

dove:

$\tau_f$  = è la tensione tangenziale sul fondo e nel caso di corsi d'acqua naturali, a titolo cautelativo, si può porre:

$$\tau_f = \gamma_w * y_m * i_f$$

dove:

$\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua      1.00 t  
 $y_m$  = tirante idraulico massimo  
 $i_f$  = pendenza di fondo

Per i materiali impiegati nel rivestimento occorre calcolare la tensione massima ammissibile, che può essere fatto attraverso la funzione di Shields ovvero:

$$\tau_s = F * (\gamma_s - \gamma_w) * d_m$$

dove:

F = parametro sperimentale ricavato dalla letteratura (per pietrame  $C' = 0.058 - 0.060$  valida in moto turbolento  $Re^* > 1000$  e con diametro medio del materiale molto inferiore del tirante idrico mentre per materassi reno e gabbioni  $C' = 0.116$ ;

$\gamma_s$  = peso specifico del materiale in esame;

$d_m$  = diametro corrispondente al passante 50% dell'assortimento granulometrico costituente il materiale.

Per la traduzione della condizione di equilibrio suddetta in termini empirici ed ingegneristici sono state proposte varie formulazioni, derivanti da osservazioni sperimentali, ciascuna caratterizzata da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo alla preventiva definizione della tipologia dei substrati naturali o artificiali e del comportamento idraulico dell'alveo.

In particolare alcuni autori hanno individuato valori empirici specifici del parametro di Shields:

$F = 0.058 \div 0.060$  nell'espressione originale di Shields, valida in moto turbolento  $Re^* > 1000$  e con diametro medio del materiale molto inferiore del tirante idrico;

$F = 0,116$  nell'espressione di Kalinske, che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante l'effetto di mutuo incastro delle particelle;

$$F = 0,06 \left[ 1 + 0,67 \left( \frac{d}{h} \right)^{0,5} \right]$$

nella formulazione di Armanini, valida per diametri comparabili con il tirante idrico h.

**Risulta pertanto, nel caso di gabbioni:**

Il diametro equivalente medio  $d_m = 0.19$  m;

$$\gamma_s = 2.600 \text{ t/ m}^3$$

$$\tau_s = 0.035 \text{ t/ m}^2$$

Di seguito si riportano le verifiche al trascinamento effettuate.

TO.12 MONTE		tf<ts	TO.05 MONTE		tf<ts
ym	0.59 m	OK	ym	2.12 m	OK
if	0.02 m/m		if	0.01 m/m	
τf	0.0118 t/m2		τf	0.0212 t/m2	
TO.12 VALLE		tf<ts	TO.05 VALLE		tf<ts
ym	0.74 m	OK	ym	0.69 m	OK
if	0.05 m/m		if	0.01 m/m	
τf	0.0333 t/m2		τf	0.0069 t/m2	
TO.01 MONTE		tf<ts	TO.06 MONTE		tf<ts
ym	0.75 m	OK	ym	0.6 m	OK
if	0.03 m/m		if	0.05 m/m	
τf	0.0225 t/m2		τf	0.03 t/m2	
TO.01 VALLE		tf<ts	TO.07 MONTE		tf<ts
ym	0.249 m	OK	ym	0.85 m	OK
if	0.03 m/m		if	0.03 m/m	
τf	0.0075 t/m2		τf	0.0255 t/m2	
TO.02 MONTE		tf<ts	TO.07 VALLE		tf<ts
ym	1.01 m	OK	ym	0.25 m	OK
if	0.03 m/m		if	0.03 m/m	
τf	0.0303 t/m2		τf	0.0075 t/m2	
TO.02 VALLE		tf<ts	TO.08 MONTE		tf<ts
ym	0.3 m	OK	ym	1.00 m	OK
if	0.03 m/m		if	0.01 m/m	
τf	0.009 t/m2		τf	0.01 t/m2	
TO.03 MONTE		tf<ts	TO.08 VALLE		tf<ts
ym	1.81 m	OK	ym	0.44 m	OK
if	0.02 m/m		if	0.01 m/m	
τf	0.0272 t/m2		τf	0.0044 t/m2	
TO.03 VALLE		tf<ts	TO.08 BIS MONTE		tf<ts
ym	0.44 m	OK	ym	1.02 m	OK
if	0.05 m/m		if	0.02 m/m	
τf	0.0220 t/m2		τf	0.0204 t/m2	
TO.04 MONTE		tf<ts	TO.08 BIS VALLE		tf<ts
ym	0.98 m	OK	ym	0.44 m	OK
if	0.01 m/m		if	0.02 m/m	
τf	0.0098 t/m2		τf	0.0088 t/m2	
TO.04 VALLE		tf<ts	TO.09 MONTE		tf<ts
ym	0.40 m	OK	ym	0.31 m	OK
if	0.01 m/m		if	0.05 m/m	
τf	0.004 t/m2		τf	0.0155 t/m2	
TO.04 BIS VALLE		tf<ts	TO.09 VALLE		tf<ts
ym	0.44 m	OK	ym	0.27 m	OK
if	0.01 m/m		if	0.05 m/m	
τf	0.004 t/m2		τf	0.0135 t/m2	

PROGETTAZIONE ATI:

TO.09 BIS MONTE		tf<ts
ym	1.07 m	OK
if	0.03 m/m	
τf	0.0321 t/m2	
TO.09 BIS VALLE		tf<ts
ym	0.34 m	OK
if	0.05 m/m	
τf	0.017 t/m2	
TO.10.1 MONTE		tf<ts
ym	0.83 m	OK
if	0.04 m/m	
τf	0.0332 t/m2	
TO.10.1 VALLE		tf<ts
ym	0.23 m	OK
if	0.05 m/m	
τf	0.0120 t/m2	
TO.10.2 MONTE		tf<ts
ym	0.83 m	OK
if	0.02 m/m	
τf	0.0166 t/m2	
TO.10.2 VALLE		tf<ts
ym	0.3 m	OK
if	0.02 m/m	
τf	0.006 t/m2	
TO.11 MONTE (IMBOCCO)		tf<ts
ym	0.98 m	OK
if	0.03 m/m	
τf	0.0294 t/m2	
TO.11 VALLE		tf<ts
ym	0.32 m	OK
if	0.05 m/m	
τf	0.016 t/m2	

PROGETTAZIONE ATI: