

CITTA' METROPOLITA DI REGGIO CALABRIA
REGGIO CALABRIA



VARIANTE TECNICA E SUPPLETIVA

Completamento della Sistemazione Idraulica del Torrente Salice nel Comune di Ardore (RC)

Elaborati:

1	- RELAZIONE TECNICA	
2	- COROGRAFIA	Scala 1:25000
3	- PLANIMETRIA GENERALE	Scala 1:1000
4	- PLANIMETRIE CATASTALI (Intervento n. 1 e Intervento n.2)	Scala 1:2000
5a	- RILIEVO PLANIMETRICO E SEZIONI (Intervento n. 1 dalla Sez. 1 alla Sez. 20)	Scala 1:500
5b	- RILIEVO PLANIMETRICO E SEZIONI (Intervento n. 2 dalla Sez. 34 alla Sez. 46)	Scala 1:500
6a	- PLANIMETRIA E SEZIONI DI PROGETTO (Intervento n. 1 dalla Sez. 1 alla Sez. 20)	Scala 1:500
6b	- PLANIMETRIA E SEZIONI DI PROGETTO (Intervento n. 2 dalla Sez 34 alla Sez. 46)	Scala 1:500
7a	- PROFILO STATO DI FATTO E DI PROGETTO (Intevento n. 1 sez 1-20)	Scala 1:1000
7b	- " " " " (Intervento n. 2 sez 34 - 46)	Scala 1:500
8a	- PLANIMETRIA PARTICOLAREGGIATA (Intervento n. 1)	Scala 1:200
8b	- PLANIMETRIA PARTICOLAREGGIATA (Intervento n. 2)	Scala 1:200
9	- RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA	
9b	- VISTA AEREA (intervento n. 1 e n.2)	Scala 1:2000
10	- SEZIONI - Muro Argine e Collettore a cielo aperto - Intevento n. 1	Scala 1:50
11	- SEZIONE TIPO Intervento N. 2	Scala 1:50
12	- CALCOLI STATICI (Muro d'argine Intervento n. 1)	
13	- " " (Collettore Aperto in C.A. Intervento n. 1))	
14	- ESECUTIVI CANTIERE (Muro d'Argine Intervento n. 1))	Scala 1:50
15	- " " (Collettore Aperto Intervento n.1)	Scala 1:50
16	- CALCOLO E VERIFICHE IDRAULICHE TORRENTE SALICE	
17	- RELAZIONE SUI MATERIALI	
18	- RELAZIONE GEOTECNICA	
19	- RELAZIONE SULLE FONDAZIONI	
20	- ELENCO PREZZI UNITARI DI PERIZIA	
21	- COMPUTO METRICO DI PERIZIA	
22	- QUADRO COMPARATIVO	
23	- QUADRO ECONOMICO	
24	- SCHEMA ATTO DI SOTTOMISSIONE	
25	- PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA	
28	- PIANO SICUREZZA CANTIERE	
29	- ELENCO PREZZI DELLA SICUREZZA DI VARIANTE	
30	- COMPUTO SICUREZZA DI VARIANTE	
31	- CRONOPROGRAMMA DI VARIANTE	

Progettista: Dott.Ing. Francesco OLIVA

Direttore dei Lavori: Dott.Ing. Francesco OLIVA

Reggio Calabria li':

Responsabile Unico del Procedimento:
Geom. Saverio CALAFIORE

Torrente Salice

1. Premessa

Il Bacino idrografico del *Torrente Salice* ricade nel territorio del comune di *Ardore* (RC).

Il corso d'acqua ha origine ad Ovest, dalla cresta in cui è situato il centro abitato di *Ardore* (250 m. s.l.m.m.), prosegue in direzione NO-SE per affluire nel mare Ionio.

Si è *delimitato il bacino* e individuata la *rete idrografica* su una base topografica in scala 1:5.000 (Tav. allegata), completata per una definizione di maggior dettaglio da una indagine conoscitiva in sito.

Il bacino del *Torrente Salice* confina a SW con il bacino Idrografico del *Torrente Schiavo* e a Nord con il bacino del *Torrente Condoianni*.

Il *Torrente Salice* ha l'alveo incassato, unicursale e presenta un discreto trasporto di materiale solido; l'asta principale nella parte terminale a circa 500 mt. dalla battigia è stata canalizzata e coperta per un tratto di circa 350 mt.

La *sezione di chiusura*, in corrispondenza della quale è stata calcolata la portata di progetto è lo sbocco del ponte di attraversamento sul lungomare a quota 2,50 m s.l.m.m.

2. Caratteristiche morfologiche del bacino idrografico

Le caratteristiche morfologiche del bacino idrografico del *Vallone Inerà*, sotteso dalla sezione di chiusura, sono le seguenti:

$A = 2,695 \text{ kmq}$

Area

$P = 10,699 \text{ km}$

Perimetro

$H_{\max} = 250 \text{ m}$ s.l.m.m	<i>Altitudine massima</i>
$H_{\min} = 2,50 \text{ m}$ s.l.m.m	<i>Altitudine minima (quota della sezione di chiusura)</i>
$H_{\text{med}} = 63,80 \text{ m}$ s.l.m.m	<i>Altitudine media (dalla Curva Ipsografica)</i>
$\Delta H = 247,50 \text{ m}$	<i>Rilievo del bacino</i>
$L = 4.44 \text{ km}$	<i>Lunghezza dell'asta principale</i>
$i_m = 10,82 \%$	<i>Pendenza media dell'asta principale</i>
$b_{\max} = 1,22 \text{ km}$	<i>Larghezza massima del bacino</i>
$b_m = \frac{A}{L} = 0,611 \text{ km}$	<i>Larghezza media del bacino</i>
$R_a = \frac{2 \cdot \sqrt{A}}{L \cdot \sqrt{\pi}} = 0,42$	<i>Rapporto di biforcazione o di allungamento (parametro utilizzato per caratterizzare la forma del bacino)</i>

3. Calcolo della portata massima al colmo di piena

Elemento indispensabile per poter procedere ad una corretta *progettazione degli interventi di manutenzione per la mitigazione del rischio idraulico (manutenzione ordinaria e straordinaria per il ripristino della officiosità degli alvei mediante asporto di materiale) e per la progettazione o verifica delle opere che interagiscono con la rete idrografica*, finalizzate alla sicurezza dai futuri nubifragi, è la **corretta stima della max portata al colmo di piena (portata di progetto)**.

Fino ad alcuni decenni addietro, gli interventi di controllo delle piene erano dimensionati con il criterio della sicurezza assoluta, escludendo a priori l'esistenza di un rischio idrologico.

La piena di progetto era valutata usando metodi empirici e deterministici, basati sulla massima portata osservata nelle stazioni di misura e su curve inviluppo con l'area del bacino sotteso.

Le piene disastrose degli ultimi decenni portano a riconoscere che la sicurezza assoluta non esiste ed è quindi inevitabile associare alle piene di progetto un qualche livello di rischio che deve essere accettato.

Da qui la necessità dei progettisti di far riferimento a studi statistici che per definizione considerano la probabilità di superamento come rischio accettabile.

In particolare hanno avuto un impatto positivo, in campo tecnico, gli **studi statistici su base regionale**, poiché questi *utilizzano tutta l'informazione idrologica disponibile nella regione di interesse riducendo in questo modo l'incertezza della stima.*

Nel seguito per calcolare la portata massima al colmo di piena Q_T (Portata di progetto) si è fatto riferimento sia ai risultati ed alle metodologie messe a punto dal CNR nell'ambito del progetto "Valutazione delle Piene in Italia"¹ denominato VAPI - ovvero sia la TCEV regionalizzata - sia al Metodo Razionale.

¹(Ved. "Valutazione delle piene in Calabria" – P. Versace, E. Ferrari, S. Gabriele, F. Rossi – CNR, IRPI, GNDCI – Geodata, Cosenza 1989).

3.1. Il modello regionale TCEV

Il modello è caratterizzato da una funzione di probabilità cumulata a quattro parametri:

$$F_X(x) = \exp(-\Lambda_1 e^{-x/\theta_1} - \Lambda_2 e^{-x/\theta_2})$$

dove X è la variabile considerata (massimo annuale di pioggia di durata t , o massimo annuale di portata al colmo); x è il generico valore assunto da X ;

Λ_1 , θ_1 , Λ_* e θ_* sono i 4 parametri della distribuzione.

La precedente relazione può essere scritta nella forma:

$$F_X(x) = \exp(-\Lambda_1 e^{-x/\theta_1} - \Lambda_1^{1/\theta_*} \Lambda_* e^{-x/\theta_1 \theta_*})$$

avendo posto:

$$\theta_* = \theta_2 / \theta_1 \quad e$$

$$\Lambda_* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\theta_*}$$

I quattro parametri possono essere stimati con una analisi regionale di tipo gerarchico, che utilizzi tutte le serie storiche disponibili in un'area ampia. L'analisi può essere sviluppata su tre livelli successivi.

- Al **primo livello di regionalizzazione** si stimano Λ_* e θ_* , ipotizzando che si mantengano costanti in aree molto vaste (**zone omogenee**) con una estensione regionale o interregionale.
- Al **secondo livello** si ipotizza costante Λ_1 in aree più ristrette (**sottozone omogenee**), con estensione regionale o subregionale.

Se si introduce la variabile ridotta

$$X' = X / \bar{X}$$

in cui \bar{X} è la media di X , si desume:

$$F_{X'}(x') = \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta x'} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta x' / \theta_*})$$

dove si è posto

$$\eta = \bar{X} / \theta_1$$

Si può dimostrare che η dipende solo da Λ_* , θ_* e Λ_1 , ed è quindi costante in una **sottozona omogenea**.

La variabile X' risulta pertanto identicamente distribuita all'interno di una sottozona omogenea, e quindi i diversi siti differiscono solo per il valore di \bar{X} .

X' prende il nome di **fattore di crescita**, la $F_{X'}$ rappresenta la **curva di crescita** ed \bar{X} è indicata come **pioggia (o piena) indice**.

- Al **terzo livello di regionalizzazione** anziché procedere alla stima di θ_1 è preferibile effettuare la stima di \bar{X} , utilizzando relazioni tra questa grandezza e parametri morfologici e climatici di facile determinazione.

In definitiva per la stima di x_T ossia del valore di X con assegnato periodo di ritorno T , si utilizza la seguente procedura:

- si stima il valore di probabilità cumulata che compete ad x_T , attraverso la relazione:

$$F_{X'}(x'_T) = 1 - \frac{1}{T} ;$$

- si stima x'_T , noti Λ_* , θ_* e Λ_I e quindi anche η
- si stima \bar{x} dalle relazioni trovate al terzo livello
- si calcola

$$x_T = x'_T \bar{x}$$

Quando si dispone di una serie storica di osservazioni relative al sito in interesse, alcuni parametri della TCEV, ed in particolare \bar{X} ed eventualmente Λ_1 , possono essere stimati direttamente dai dati osservati.

Nel caso in cui non si disponga di dati campionari non c'è invece alternativa alla stima regionale di tutti i parametri.

Nel bacino considerato non esiste una stazione idrometrica - non si ha quindi una serie storica di massimi annuali delle portate al colmo - quindi, per la stima di Q_T si è fatto riferimento al Terzo Livello di Regionalizzazione, (si sono, cioè, utilizzate tutte le serie storiche esistenti nella regione).

La stima si è articolata secondo le seguenti fasi appresso indicate:

- stima del tempo di corrivazione del bacino t_c ;
- stima del tempo di ritardo t_r ;
- dell'indice climatico \bar{I}_{tr} (media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia di durata pari al tempo di ritardo del bacino);
- stima della portata media dei massimi annuali \bar{Q} (portata indice);
- scelta del tempo di ritorno T ;
- stima della massima portata di progetto Q_T .

3.1.1 Stima del tempo di corrivazione del bacino

Si definisce tempo di corrivazione del bacino, il tempo che impiega la particella d'acqua che cade nel punto più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura.

Esso è stato calcolato utilizzando alcune formula empiriche di immediata applicazione:

1. Formula del Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{V} = 0,83 \text{ [ore]}$$

dove :

L [km] = *lunghezza dell'asta principale* (percorso idraulicamente più lungo);

V [km/h] = *velocità di scorrimento*, fissata pari a 1,5 m/s = 5,4 km/h dipendente dalla pendenza, dalla scabrezza e dalla sezione del corso d'acqua naturale.

Il range di valori della velocità di scorrimento V , proposto dal Viparelli (e confermato da altri studiosi) per le fiumare Calabre, è il seguente:

$$V = (1 \div 1,5) \text{ m/s} = (3,6 \div 5,4) \text{ km/h}$$

2. *Formula di Giandotti:*

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_{med}}} = 2,06 \text{ [ore]}$$

3. *Formula di Pasini:*

$$t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_m}} = 0,76 \text{ [ore]}$$

4. *Formula di Pezzoli:*

$$t_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}} = 0,74 \text{ [ore]}$$

5. *Formula di Ventura:*

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{A/i_m} = 0,64 \text{ [ore]}$$

Sulla base dei risultati ottenuti si può assumere, un tempo di corrivazione medio pari a $t_{c \text{ med}} = 1,006 \text{ [ore]}$

3.2.2. Stima del tempo di ritardo del bacino

Si definisce tempo di ritardo, l'intervallo temporale intercorrente, tra il baricentro del pluviogramma efficace ed il baricentro dell'idrogramma superficiale generato dal pluviogramma stesso.

Poiché per il bacino in esame non si dispone di misure dirette di portata, il tempo di ritardo sarà stimato tramite la seguente relazione:

$$\frac{t_r}{t_c} = \frac{H_{\text{media}} - H_{\text{min}}}{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}} \Rightarrow$$

$$t_r = \frac{H_{\text{media}} - H_{\text{min}}}{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}} \cdot t_c = 0,254 \quad [\text{ore}]$$

dove:

H_{max} , H_{media} , H_{min} [m] rappresentano rispettivamente *l'altitudine massima, media e minima del bacino* rispetto al l.m.m. .

3.1.3. Stima dell'indice climatico \bar{I}_{tr}

L'indice climatico è pari alla media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia di durata pari al tempo di ritardo del bacino:

$$\bar{I}_{tr} = \frac{\bar{h}_{t_r}}{t_r}$$

Il bacino in esame ricade nell'area pluviometrica omogenea I3, Medio e basso Ionio (fig. 1.b – allegata), caratterizzata dai seguenti valori dei parametri (Tab. III- all.):

$$a = 0,00043 \quad c = 39,58 \quad d = 0,414$$

Conoscendo l'altitudine media del bacino $y = H_m 63,83 \text{ m}$ s.l.m.m. , la ***curva di possibilità climatica (stimata a livello regionale)***, sarà:

$$\bar{h}_t = c t^{\frac{(d+a \gamma)}{\log 24}} = 39,58 t^{0,3214} \quad [mm]$$

Per cui l'intensità media di pioggia di durata t , può essere espressa come:

$$\bar{I}_t = \frac{\bar{h}_t}{t} = \frac{39,58 t^{0,3214}}{t} \quad [mm/ora]$$

Tramite questa espressione per un tempo $t = t_r$ [ore] pari al tempo di ritardo del bacino, si ottiene il valore della **media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia di durata pari al tempo di ritardo del bacino**:

$$\bar{I}_{t_r} = \frac{\bar{h}_{t_r}}{t_r} = \frac{39,58 t_r^{0,3214}}{t_r} = \frac{39,58 \cdot 0,254^{0,3214}}{0,254} = 100,32 \quad [mm/ora]$$

3.1.4. Stima della portata media dei massimi annuali \bar{Q} (portata indice)

Non esistendo una serie storica, per la stima della **portata indice** si sono utilizzate le seguenti relazioni empiriche (Tab. III- all.):

$$(1) \quad \bar{Q} = 1,578 A_{rid}^{0,839} = 3,62 \quad [m^3/s]$$

$$(2) \quad \bar{Q} = 0,0032 A_{rid}^{1,277} \bar{I}_{tr}^{1,367} = 6,16 \quad [mc/s]$$

$$(3) \quad \bar{Q} = 0,158 \frac{A_{rid} \bar{I}_{tr}}{3,6} = 10,48 \quad [mc/s]$$

dove **l'area del bacino ridotta** (parametro morfologico) è stata posta pari all'area del bacino $A_{rid} = A$ [kmq] in quanto nello stesso non sono presenti

aree fortemente permeabili (es. calcari fessurati) e/o aree sottese da invasi naturali o artificiali di notevoli dimensioni.

\bar{I}_r [mm/ora] è il *parametro climatico*.

In base ai risultati ottenuti **viene scelto, a vantaggio di sicurezza, per la portata media dei massimi annuali (portata indice), il valore di**

$$\bar{Q} = 10,48 [mc / s]$$

stimato attraverso la (3) che dipende sia dalle caratteristiche morfologiche che climatiche del bacino.

3.1.5. Scelta del tempo di ritorno T

Il tempo di ritorno T del massimo valore x che una grandezza può assumere è il numero di anni in cui mediamente tale valore ci si aspetta venga superato una sola volta.

Le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)" e le "Linee Guida sugli interventi di manutenzione" (manutenzione ordinaria e straordinaria per il ripristino della officiosità degli alvei mediante asporto di materiale) – Calabria 31.07.2002 - prescrivono che lo studio idrologico-idraulico deve essere condotto considerando i seguenti tempi di ritorno: 50, 100 e 200.

3.1.6. Stima della massima portata di progetto Q_T

Il bacino del *Torrente Salice* ricadendo nella *sottozona Ionica* (fig.1.a - all.) è caratterizzato dalla seguente *curva di crescita* (Tab. II – all.) :

$$F_{x'}(x') = e^{-3,047 (11,550)^{-x'} - 0,532 (2,514)^{-x'}}$$

Fissato il *tempo di ritorno* T si è determinata la *probabilità di non superamento* $F_{x'}(x')$, quindi il *fattore di crescita* x'_T , e noto il valore della *portata indice* \bar{Q} si è stimata la **portata di progetto** Q_T :

$$T \rightarrow F_{x'}(x') = 1 - \frac{1}{T} \rightarrow x'_T \rightarrow Q_T = \bar{Q} \cdot x'_T$$

Nella tabella seguente, si riporta la probabilità di non superamento $F_{x'}(x')$, il fattore di crescita x'_T , la portata al colmo Q_T e la portata specifica q_T per tempi di ritorno tra $T = 50 \div 500$ anni.

T [anni]	$F_{x'}(x')$	x'_T	Q_T [mc/s]	q_T [mc/s]
50	0,98	3,574	31,46	12,10
100	0,99	4,314	36,21	13,92
200	0,995	5,062	41,99	16,15
500	0,998	6,056	58,47	21,73

3.2. Metodo Razionale

La portata di progetto si è inoltre stimata utilizzando anche il classico metodo della *distribuzione di Gumbel* per determinare le curve di probabilità pluviometriche e la *formula di Giandotti* (**Metodo Razionale**) per stimare la Q_{max} .

Formula di Giandotti:
$$Q_c = \frac{C i_c A}{3,6} \text{ [mc/s]}$$

Si sono utilizzate le serie di 47 max annuali delle piogge di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore registrate nella stazione pluviografica di Ardore superiore (RC), assumendo che questi valori descrivano la pluviometria del bacino in studio situato nelle vicinanze della stazione di misura.

La stima è stata articolata secondo le seguenti fasi:

- *elaborazione statistica delle altezze di pioggia* (ipotizzando che le serie storiche seguano la *distribuzione di Gumbel*) e *stima delle curve di possibilità pluviometrica* per tempi di ritorno T= 50, 100, 200, 300, 400 e 500 anni;
- *stima del tempo di corrivazione* t_{cm} (media dei valori di t_c calcolati con le formule del *Viparelli, Giandotti, Pasini, Pezzoli e Ventura*);
- *calcolo della portata max al colmo (portata di progetto) con il **Metodo Razionale*** (Formula di Viparelli).

Questa procedura è stata implementata in dei fogli di calcolo, i cui risultati sono di seguito riportati in forma tabellare.

Come si può osservare dalle tabelle allegate, assunto un *coefficiente di deflusso C* pari a 0,80 , (in base a considerazioni morfometriche, geologiche, podologiche e topografiche del bacino in studio), le portate di progetto assumono i seguenti valori:

T [anni]	Q_T [mc/s]	q_T [mc/s]
50	35,05	14,73
100	37,92	15,93
200	39,45	16,58
500	46,35	19,47

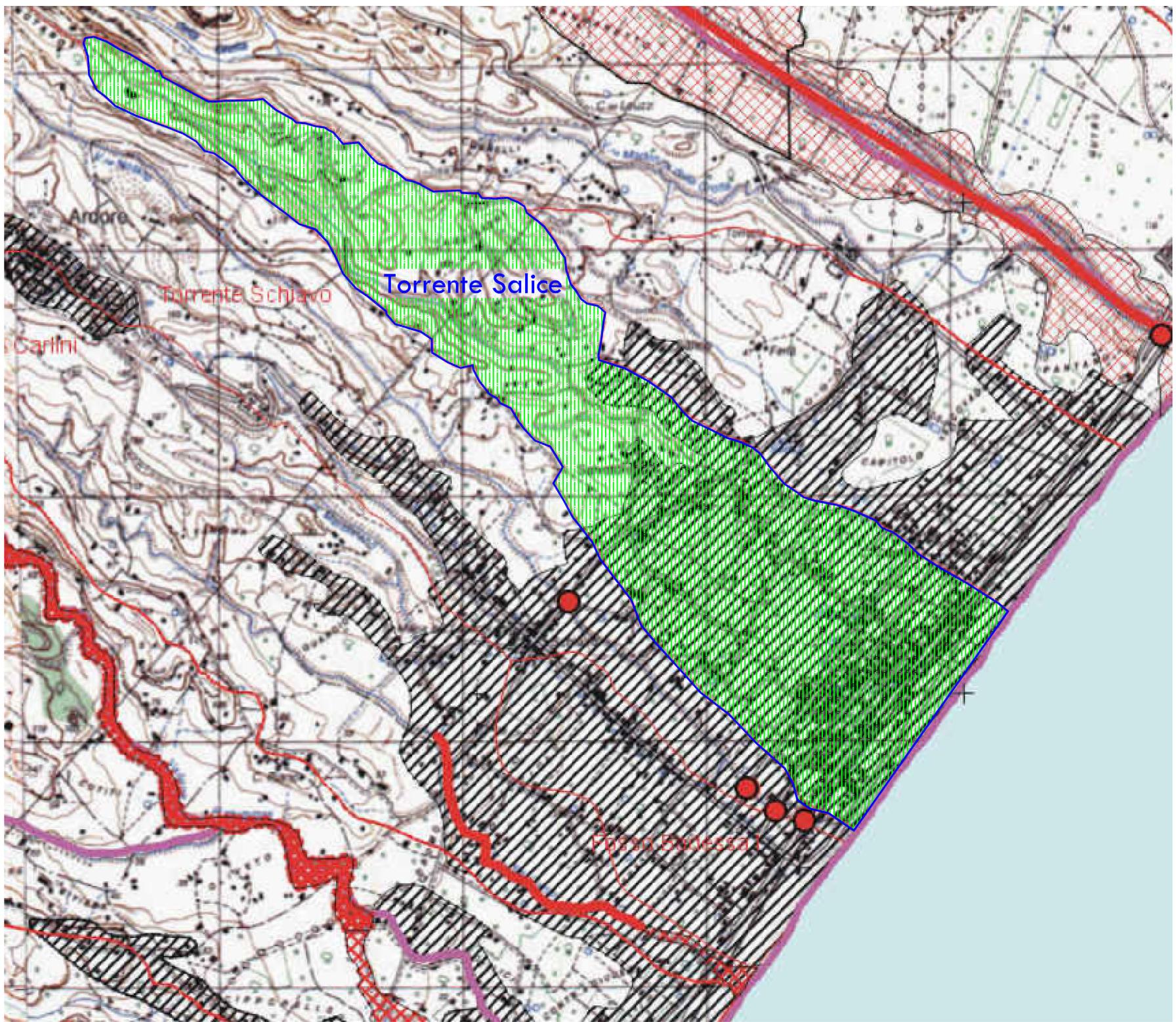
Poiché la procedura proposta dal CNR nel progetto VAPI -TCEV al Terzo livello di regionalizzazione- sembra bene stimare in quest'area le portate al colmo di piena, a vantaggio di sicurezza verranno assunti come portate di progetto Q_T i valori stimati con il suddetto metodo e sopra riportati.

Reggio Calabria li, ottobre 2017

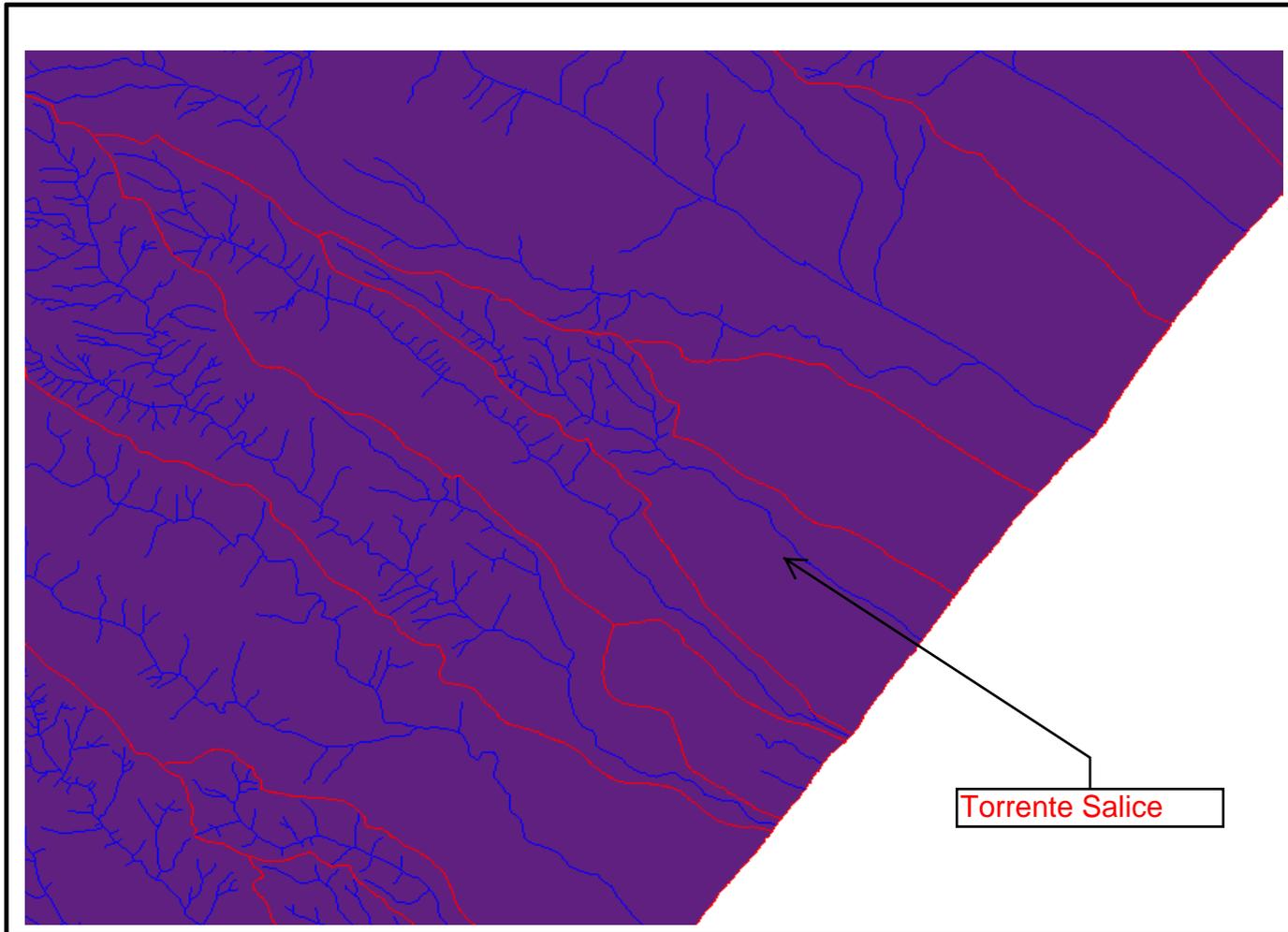
IL TECNICO

Ing. Francesco Oliva

ALLEGATI



Map Title



- bacini
- fiumi_12
- fiumi_04
- area-p 01
- area-p 02
- area-p 03
- area-p 04
- area-p 05
- area-p 06
- area-p 07
- area-p 08
- area-p 09
- area-p 10
- area-p 11
- area-p 12
- area-p 13 ()
- area-p 14 ()



TABELLA 1 - OSSERVAZIONI AL PLUVIOMETRO

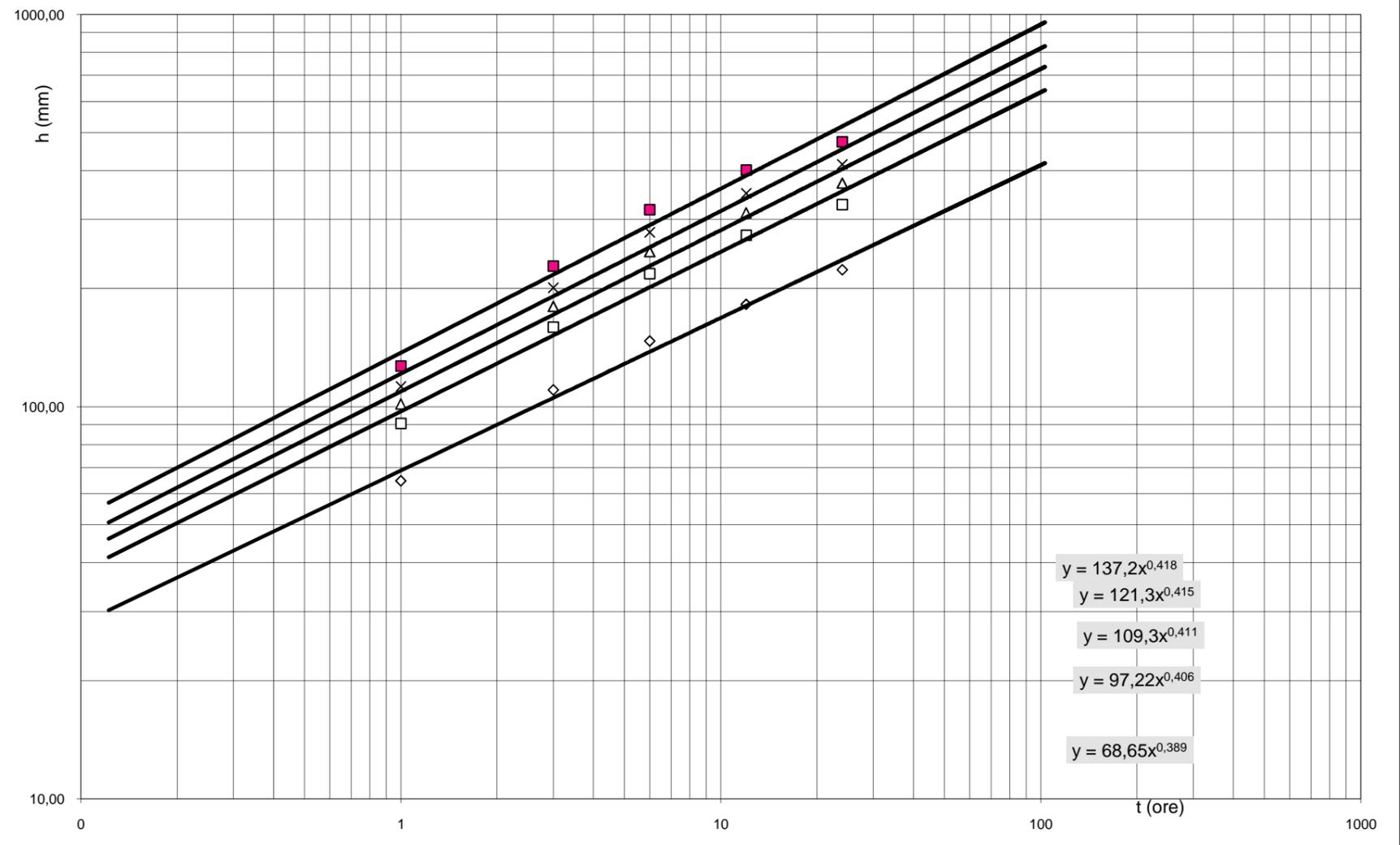
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:		ARDORE						N.B. Valori di input in rosso su sfondo grigio			
BACINO :		SALICE COD. 1229						Valori calcolati in nero su fondo bianco			
QUOTA:		249,79 m s.l.m.m.									
Anni di osservazione		48									
Anno	INTERVALLO DI ORE										
	1		3		6		12		24		
	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	
1923									204,80	7589,68	
1930									199,60	6710,68	
1933									325,60	43230,21	
1935	22,80	242,91	40,60	395,93	58,40	275,01	67,20	528,52	78,20	1558,77	
1937	26,20	148,48	35,80	609,99	36,00	1519,70	36,40	2893,32	49,60	4635,06	
1938	20,40	323,48	26,20	1176,35	26,80	2321,63	39,40	2579,58	53,00	4183,66	
1939	44,00	31,52	54,20	39,66	59,00	255,47	65,20	624,48	82,40	1244,77	
1940	20,00	338,02	29,80	942,36	40,20	1209,88	40,40	2479,00	65,00	2775,31	
1941	37,00	1,92	76,40	252,88	99,00	576,80	112,80	511,23	114,70	8,89	
1942	27,40	120,68	41,00	380,17	51,00	575,20	51,80	1473,76	73,40	1960,83	
1943	80,00	1731,77	155,50	9025,40	210,10	18256,51	286,90	38694,99	295,90	31761,92	
1945			60,50	0,00	62,80	148,43					
1947	40,00	2,61	64,00	12,26	71,40	12,84	75,20	224,69	119,10	2,01	
1949	23,00	236,71	31,80	823,57	42,00	1087,90	53,00	1383,07	63,80	2903,19	
1950	47,00	74,21	47,00	182,19	66,00	80,70	89,00	1,42	103,30	206,82	
1951	82,20	1919,72	124,80	4134,76	161,10	7416,08	261,30	29278,77	321,30	41460,60	
1955	77,00	1491,09	116,10	3091,59	136,90	3833,67	138,90	2372,70	140,10	502,60	
1958	32,60	33,47	63,00	6,26	80,00	25,17	93,00	7,90	118,80	1,25	
1959	57,00	346,50	87,20	713,00	97,00	484,73	138,50	2333,90	171,50	2896,46	
1960	62,00	557,65	106,80	2143,88	115,80	1666,00	128,50	1467,69	140,90	539,11	
1962	34,00	19,23	43,80	278,82	49,80	634,20	50,00	1615,20	51,60	4366,73	
1963	34,00	19,23	61,00	0,25	62,00	168,57	88,40	3,20	101,80	252,21	
1964	48,00	92,44	69,40	79,25	72,40	6,67	75,20	224,69	76,40	1704,14	
1965	36,40	3,94	51,00	90,21	51,00	575,20	60,80	863,75	84,80	1081,18	
1966	45,00	43,75	47,40	171,56	47,40	760,84	53,20	1368,23	65,80	2691,66	
1967	48,60	104,34	51,00	90,21	79,00	16,13	84,80	29,05	92,40	639,14	
1969	19,50	356,66	28,50	1023,87	36,00	1519,70	39,00	2620,37	66,50	2619,52	
1970	16,40	483,36	30,40	905,88	52,60	501,01	59,60	935,72	85,20	1055,03	
1972	44,60	38,62	109,10	2362,16	138,10	3983,71	145,10	3015,15	160,10	1799,35	
1973	46,60	67,48	74,20	187,75	80,40	29,34	98,40	67,41	110,60	50,14	
1983	36,80	2,51	58,80	2,88	84,40	88,67	124,30	1163,52	158,90	1698,99	
1984	10,40	783,18	23,60	1361,46	32,00	1847,57	38,60	2661,49	44,40	5370,14	
1986	36,40	3,94	59,00	2,24	69,40	31,17	70,00	407,62	70,00	2273,50	
1988	72,00	1129,94	80,60	404,09	123,20	2324,85	160,20	4901,46	184,60	4478,12	
1992	38,20	0,03	43,20	299,22	44,20	947,61	73,40	281,89	112,20	30,04	
1993	34,60	14,33	52,60	62,38	63,60	129,58	92,80	6,81	100,00	312,63	
1994	22,00	268,48	47,20	176,83	66,40	73,67	67,80	501,29	67,80	2488,14	
1995	41,00	6,84	96,20	1274,64	116,00	1682,37	133,20	1849,90	133,80	259,81	
1996	63,40	625,73	111,60	2611,42	133,60	3435,91	168,80	6179,60	187,00	4805,09	
1997	29,60	77,18	37,80	515,20	43,20	1010,18	74,40	249,31	92,60	629,07	
1998	51,60	174,63	53,80	44,86	54,00	440,30	54,20	1295,25	54,20	4029,87	
1999	39,80	2,00	49,40	123,16	49,40	654,51	49,40	1663,79	49,40	4662,33	
2000	118,40	6402,33	235,60	30660,74	357,80	79985,27	421,40	109700,34	430,20	97667,97	
2001	48,40	100,29	56,60	15,19	56,60	337,95	56,60	1128,26	56,60	3730,92	
2003	14,60	565,75	36,60	571,11	55,80	368,00	80,60	91,96	92,20	649,29	
2004	41,80	11,66	61,60	1,21	84,40	88,67	135,00	2007,97	141,80	581,71	
2005	41,80	11,66	42,00	342,17	42,00	1087,90	51,00	1535,82			

TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

N=	48	48	48	48	48
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	38,39	60,50	74,98	90,19	117,68
$\sum X^2$	19080,60	68447,40	143630,17	235230,18	307805,08
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	20,15	38,16	55,28	70,75	80,93
$\alpha = 1,283 / \sigma$	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
$\beta = M - 0,5772 / \alpha$	29,32	43,33	50,11	58,36	81,27

Tempo di ritorno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
10 anni	hmax= 64,66 mm	110,27 mm	147,08 mm	182,45 mm	223,22 mm
50 anni	hmax= 90,60 mm	159,39 mm	218,24 mm	273,52 mm	327,39 mm
100 anni	hmax= 101,56 mm	180,16 mm	248,32 mm	312,02 mm	371,43 mm
200 anni	hmax= 112,49 mm	200,85 mm	278,29 mm	350,38 mm	415,31 mm
500 anni	hmax= 126,90 mm	228,15 mm	317,84 mm	400,98 mm	473,20 mm

Curve di probabilita' pluviometrica



DETERMINAZIONE PORTATA MASSIMA

BACINO: **ARDORE -SALICE**
 SEZIONE: **Ponte Lungomare**

DATI SUI BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=	2,38	Kmq
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=	4,48	Km
Quota massima	zmax=	250,00	m
Quota minima	zmin=	2,50	m
Quota media	Zmed=	63,83	m
Dislivello medio	ΔH=	125,50	m
Tempo di corrivazione:			
Giandotti	Giandotti	tc=	1,44 ore
Viparelli:	Velocità=	1,50 m/sec	tc= 0,83 ore

Coefficienti delle curve di probabilità pluviometrica e portate:
 N.B.: Inserire i coefficienti delle rette interpolanti ottenuti nel grafico ed il coefficiente di deflusso

Deflusso			Giandotti				Viparelli			
Tr	a	n	tc	h	ic	Q	tc	h	ic	Q
10	50,1790	0,3330	1,44	56,64	39,38	10,41	0,83	47,15	56,84	15,03
50	58,6850	0,3491	1,44	66,63	46,32	12,25	0,83	54,98	66,27	17,53
100	63,5760	0,3562	1,44	72,36	50,31	13,30	0,83	59,48	71,70	18,96
200	69,6880	0,6360	1,44	87,81	61,05	16,14	0,83	61,88	74,59	19,73
500	77,9300	0,3715	1,44	89,20	62,01	16,40	0,83	72,71	87,64	23,18

Deflusso			Giandotti				Viparelli			
Tr	a	n	tc	h	ic	Q	tc	h	ic	Q
10	50,1790	0,3330	1,44	56,64	39,38	13,02	0,83	47,15	56,84	18,79
50	58,6850	0,3491	1,44	66,63	46,32	15,31	0,83	54,98	66,27	21,91
100	63,5760	0,3562	1,44	72,36	50,31	16,63	0,83	59,48	71,70	23,70
200	69,6880	0,6360	1,44	87,81	61,05	20,18	0,83	61,88	74,59	24,66
500	77,9300	0,3715	1,44	89,20	62,01	20,50	0,83	72,71	87,64	28,97

Deflusso			Giandotti				Viparelli			
Tr	a	n	tc	h	ic	Q	tc	h	ic	Q
10	50,1790	0,3330	1,44	56,64	39,38	15,62	0,83	47,15	56,84	22,55
50	58,6850	0,3491	1,44	66,63	46,32	18,37	0,83	54,98	66,27	26,29
100	63,5760	0,3562	1,44	72,36	50,31	19,96	0,83	59,48	71,70	28,44
200	69,6880	0,6360	1,44	87,81	61,05	24,22	0,83	61,88	74,59	29,59
500	77,9300	0,3715	1,44	89,20	62,01	24,60	0,83	72,71	87,64	34,76

Deflusso			Giandotti				Viparelli			
Tr	a	n	tc	h	ic	Q	tc	h	ic	Q
10	50,1790	0,3330	1,44	56,64	39,38	18,22	0,83	47,15	56,84	26,30
50	58,6850	0,3491	1,44	66,63	46,32	21,44	0,83	54,98	66,27	30,67
100	63,5760	0,3562	1,44	72,36	50,31	23,28	0,83	59,48	71,70	33,18
200	69,6880	0,6360	1,44	87,81	61,05	28,25	0,83	61,88	74,59	34,52
500	77,9300	0,3715	1,44	89,20	62,01	28,70	0,83	72,71	87,64	40,56

Deflusso			Giandotti				Viparelli			
Tr	a	n	tc	h	ic	Q	tc	h	ic	Q
10	50,1790	0,3330	1,44	56,64	39,38	20,83	0,83	47,15	56,84	30,06
50	58,6850	0,3491	1,44	66,63	46,32	24,50	0,83	54,98	66,27	35,05
100	63,5760	0,3562	1,44	72,36	50,31	26,61	0,83	59,48	71,70	37,92
200	69,6880	0,6360	1,44	87,81	61,05	32,29	0,83	61,88	74,59	39,45
500	77,9300	0,3715	1,44	89,20	62,01	32,80	0,83	72,71	87,64	46,35

CITTA METROPOLITANA DI REGGIO CALABRIA

COMUNE DI ARDORE

**“Completamento della Sistemazione Idraulica del Torrente Salice nel Comune di
Ardore (RC)”**

STUDIO IDRAULICO

Reggio Calabria, OTTOBRE 2017

Ing Francesco Oliva

Indice generale

1 - Premessa.....	3
2 – Sintesi studio idrologico	4
3 – Modello di calcolo utilizzato per le verifiche.....	5
3.1 – equazione alla base del modello di calcolo	5
3.2 –Calcoli idraulici per sezioni con singolarità.....	7
3.3 - Torrente Salice - Verifica idraulica, Stato Progetto.....	8
3.4 – Verifica ante operam	
3.5 - Verifica post operam	
4– Conclusioni	29

1 – Premessa

Il presente studio contiene l'analisi idraulica a corredo del progetto di variante per il "Completamento della Sistemazione Idraulica del Torrente Salice", in agro del comune di Ardore (RC).

Allo stato attuale, il Torrente Salice, a partire da circa 90 m dalla foce risulta essere tombato per una lunghezza di circa 340 m.

Con il progetto approvato, l'Amministrazione della Città Metropolitana, aveva previsto il completamento della sistemazione idraulica del tratto terminale dell'asta fluviale fino alla foce, questo sia per salvaguardare da possibili inondazioni le numerose abitazioni esistenti in prossimità di questo ultimo tratto del torrente Salice sia per consentire, attraverso l'utilizzazione della copertura del torrente un accesso carrabile idoneo e più adeguato al lungomare di Ardore rispetto a quello attuale, sempre nel rispetto della Normativa PAI vigente.

Il progetto è stato approvato e munito di tutti i N.O. e Pareri previsti dalle varie normative, compreso quello necessario per l'attraversamento del ponte della ferrovia Reggio Calabria-Metaponto.

Prima dell'inizio dei lavori, R.F.I. COMUNICAVA l'impossibilità di dare seguito a quanto concordato in sede di conferenza di servizi per sopravvenute disposizioni, da parte dell'Agenzia Nazionale per la Sicurezza Ferroviaria, che ha imposto nuovi vincoli per il rilascio di autorizzazioni per passaggi a livello e la realizzazione o spostamenti di nuovi.

In mancanza del N.O. di R.F.I. i lavori non potevano essere eseguiti come di progetto e pertanto è stato necessario procedere alla redazione di una perizia di variante.

La variante prevede la pavimentazione del tratto a valle del ponte della ferrovia fino al ponte del lungomare e la realizzazione di arginature, previa demolizione di tratti di argini pericolanti, e la realizzazione di tratti mancanti, inoltre, per eliminare punti di forte criticità saranno demolite l'attuale rampa di accesso al torrente e una parte di fabbricato, realizzato presumibilmente a metà del secolo scorso, all'interno dell'alveo e che disturba la corrente liquida.

Di seguito saranno illustrate le varie fasi di lavoro che hanno portato alla verifica idraulica di questo tratto del Torrente Salice con particolare riferimento allo stato attuale ed alla conformazione di progetto.

Bisogna precisare che per la valutazione della portata di progetto, ossia della portata di piena utilizzata come input per la modellazione idraulica del corso d'acqua, si è fatto riferimento allo studio condotto in precedenza, sulla base del quale è stata determinata una portata con tempo di ritorno di 200 anni pari a circa 42.00 mc/s. Nel seguito sarà comunque fornita una sintesi dello studio idrologico suddetto.

Per la valutazione della propagazione delle piene lungo il Torrente Salice è stato utilizzato un modello idrodinamico monodimensionale, con l'ausilio del software HEC-RAS.

2 – Sintesi studio idrologico

Il torrente Salice è un modesto corso d'acqua che si forma a circa quattro chilometri dalla foce, nel dorso collinare che dai piedi dell'Aspromonte discende verso valle attraversando terreni con acclività sempre più dolce. La Superficie del bacino del torrente è di modeste dimensioni e misura circa 2.69 Km² con un'asta fluviale lunga circa 4.00 Km. Il bacino si forma ad una quota di 278 m.s.l.m., con una pendenza media del 10.82%.

Per la valutazione della massima portata al colmo di piena, usata successivamente come portata di progetto nelle verifiche idrauliche del corso d'acqua, si è fatto riferimento ai risultati ed alle metodologie messe a punto dal CNR nell'ambito del progetto "Valutazione delle Piene in Italia" denominato VAPI.

Considerato che il bacino in esame ricade nella sottozona pluviometrica omogenea I3 – Medio e basso Ionio – è stata ricavata la curva di possibilità pluviometrica:

$$\bar{h}_t = c t^{\frac{(d+a \cdot y)}{\log 24}} = 39,58 t^{0,3214} \quad [mm]$$

L'intensità media di pioggia di durata "t" sarà dunque pari a:

$$\bar{I}_{t_r} = \frac{\bar{h}_{t_r}}{t_r} = \frac{39,58 t_r^{0,3214}}{t_r} = \frac{39,58 \cdot 0,254^{0,3214}}{0,254} = 100,32 \quad [mm/ora]$$

Tramite questa espressione per un tempo t = tempo di ritardo del bacino, si ottiene il valore della *media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia di durata pari al tempo di ritardo del bacino*:

$$\bar{I}_{t_r} = \frac{\bar{h}_{t_r}}{t_r} = \frac{39,58 t_r^{0,3214}}{t_r} = \frac{39,58 \cdot 0,254^{0,3214}}{0,254} = 100,32 \quad [mm/ora]$$

dove il tempo di ritardo è stato valutato sulla base del tempo di corrivazione pari a 1 ora.

Non esistendo una serie storica, per la stima della portata indice è stata utilizzata a vantaggio di sicurezza la seguente relazione empirica:

$$\bar{Q} = 0,158 \frac{A_{rid} \bar{I}_{t_r}}{3,6} = 10,48 \quad [mc/s]$$

Fissato il *tempo di ritorno T* si è determinata la *probabilità di non superamento* $F_x(x')$, quindi il *fattore di crescita* x'_T , e noto il valore della *portata indice* Q si è stimata la *portata di progetto* Q_T :

T [anni]	$F_x(x')$	x'_T	Q_T [mc/s]	q_T [mc/s]
50	0,98	3,574	31,46	12,10
100	0,99	4,314	36,21	13.92
200	0,995	5,062	41,99	16,15
500	0,998	6,056	58,47	21.73

Valori della portata di progetto Q_T

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato lo schema di moto permanente monodimensionale per determinare le portate di deflusso del corso d'acqua.

3. Modello di calcolo utilizzato per le verifiche idrauliche

La modellazione idraulica del Torrente Salice è stata condotta tramite l'utilizzo del software *HEC – RAS* (versione 4.1.0), sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, che consente sia il calcolo dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali (o artificiali), sia la valutazione degli effetti della corrente dovuti all'interazione con briglie, ponti, stramazzi e aree golenali, potendo simulare condizioni di moto subcritico, supercritico e misto.

Per poter condurre la verifica idraulica in oggetto, è stato necessario dapprima inserire le informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in questione (*geometric data*), ovvero:

- il corso del torrente (*reach*);
- la geometria delle sezioni (*cross section geometry*), indicando banalmente per ogni ascissa x la relativa quota y , desunte dai dati del rilievo topografico;
- la distanza fra le sezioni (*reach lengths*);
- il coefficiente di scabrezza, secondo la formulazione di Manning;
- i punti rappresentativi delle quote arginali (*levees*);
- e le coperture (*lids*).

La geometria dei ponti, al contrario, presente lungo il corso del torrente, è stata inserita in un'apposita sezione detta *bridge and culvert data*, nella quale è stato possibile definire rispettivamente: la geometria dell'impalcato del ponte (*deck/roadway*), il numero e la geometria delle pile (*piers*), delle spalle (*slopingabutments*) e le condizioni di calcolo (*bridge modelling approach*).

Infine, nella sezione chiamata *steady flow data* sono state definite le condizioni di moto, inserendo il valore della portata, e le condizioni al contorno (*boundary conditions*).

Per quanto concerne le condizioni al contorno, si è ritenuto opportuno utilizzare a scopo cautelativo un valore inferiore alla pendenza media rilevata nel tratto, pari a circa il 2% sia per il tratto di monte sia per quello di valle.

Con l'implementazione di tutti i dati così inseriti, il programma è stato in grado di effettuare i calcoli idraulici, dall'opportuna sezione *run e steady flow analysis*

3.1 Equazioni alla base del modello di calcolo

L'equazione alla base del modello di calcolo è quella di conservazione dell'energia tra le sezioni trasversali di monte e di valle, nel seguito indicate rispettivamente con i pedici 2 e 1.

Questa equazione a sua volta è valida sotto le ipotesi di:

- moto permanente unidimensionale gradualmente variato (le grandezze rappresentative della corrente, quali tirante idrico, velocità cambiano nello spazio ma non nel tempo, a condizione necessaria e sufficiente che la portata rimanga costante);
- e pendenze longitudinali del fondo alveo non elevate.

La formulazione è la seguente:

$$Y_2 + z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \Delta H$$

dove:

Y_2 [m], Y_1 [m] tiranti idrici;

z_2 [m], z_1 [m] quote geodetiche più depresse delle sezioni trasversali rispetto alla quota sul livello medio del mare;

V_1 [m/s], V_2 [m/s] velocità medie, date dal rapporto tra portata Q e area bagnata della sezione;

α_1, α_2 coefficienti di Coriolis di ragguaglio delle potenze cinetiche;

g [m/s²] accelerazione di gravità;

ΔH [m] perdite di carico nel tratto considerato.

La formula appena riportata perde di validità quando la corrente non è più gradualmente variata e si passa da condizioni di moto supercritico a subcritico. In tal caso, l'equazione di riferimento è la seguente:

$$\beta_2 \frac{Q_2^2}{g A_2} + A_2 Y_{2,b} + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L i - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L J - \beta_1 \frac{Q_1^2}{g A_1} + A_1 Y_{1,b} = 0$$

dove:

$\beta_2 \frac{Q_2^2}{g A_2}$, $\beta_1 \frac{Q_1^2}{g A_1}$ spinte idrodinamiche dovute alla quantità di moto (β_2, β_1 coefficienti di ragguaglio dei flussi della quantità di moto);

$A_2 Y_{2,b}$, $A_1 Y_{1,b}$ spinte idrostatiche dovute alle pressioni ($Y_{2,b}, Y_{1,b}$ affondamenti dei baricentri delle sezioni bagnate);

$\left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L i$ componente del peso lungo la direzione del moto (i pendenza longitudinale del fondo alveo, calcolata dalle quote medie delle sezioni trasversali);

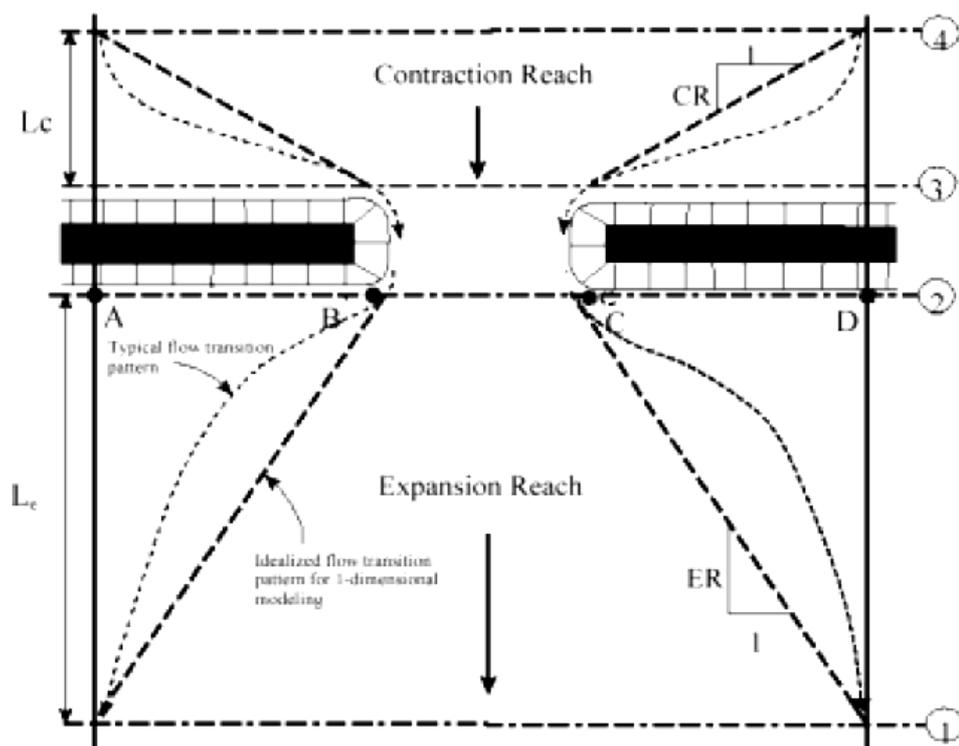
$\left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L J$ resistenza al moto (J cadente piezometrica, data dal rapporto tra la variazione di carico idraulico e la lunghezza le tratto considerato).

3.2- Calcoli idraulici per sezioni con singolarità

Precedentemente è stato fatto cenno alla possibilità di effettuare i calcoli idraulici con HEC – RAS anche in presenza di ponti. Addirittura il software può calcolare il profilo di corrente e tutte le grandezze idrauliche ad esso relative, per deflusso al di sotto dell’impalcato a pelo libero, in pressione e a stramazzo (combinazione del funzionamento in pressione e scavalcamento dell’impalcato stesso).

Nel caso in esame, essendo presenti nel corso del torrente, tre ponti (ponte S.S. 106, ponte F.S. TA – RC e ponte del lungomare), è stato necessario definire accuratamente le sezioni che delimitano il tronco, in modo da permettere alla corrente di mantenersi gradualmente variata e di essere ad una distanza sufficientemente breve da trascurare la risultante degli sforzi di attrito.

In sostanza, le sezioni necessarie al software per eseguire il calcolo anche attraverso i ponti sono rappresentate nella figura seguente:

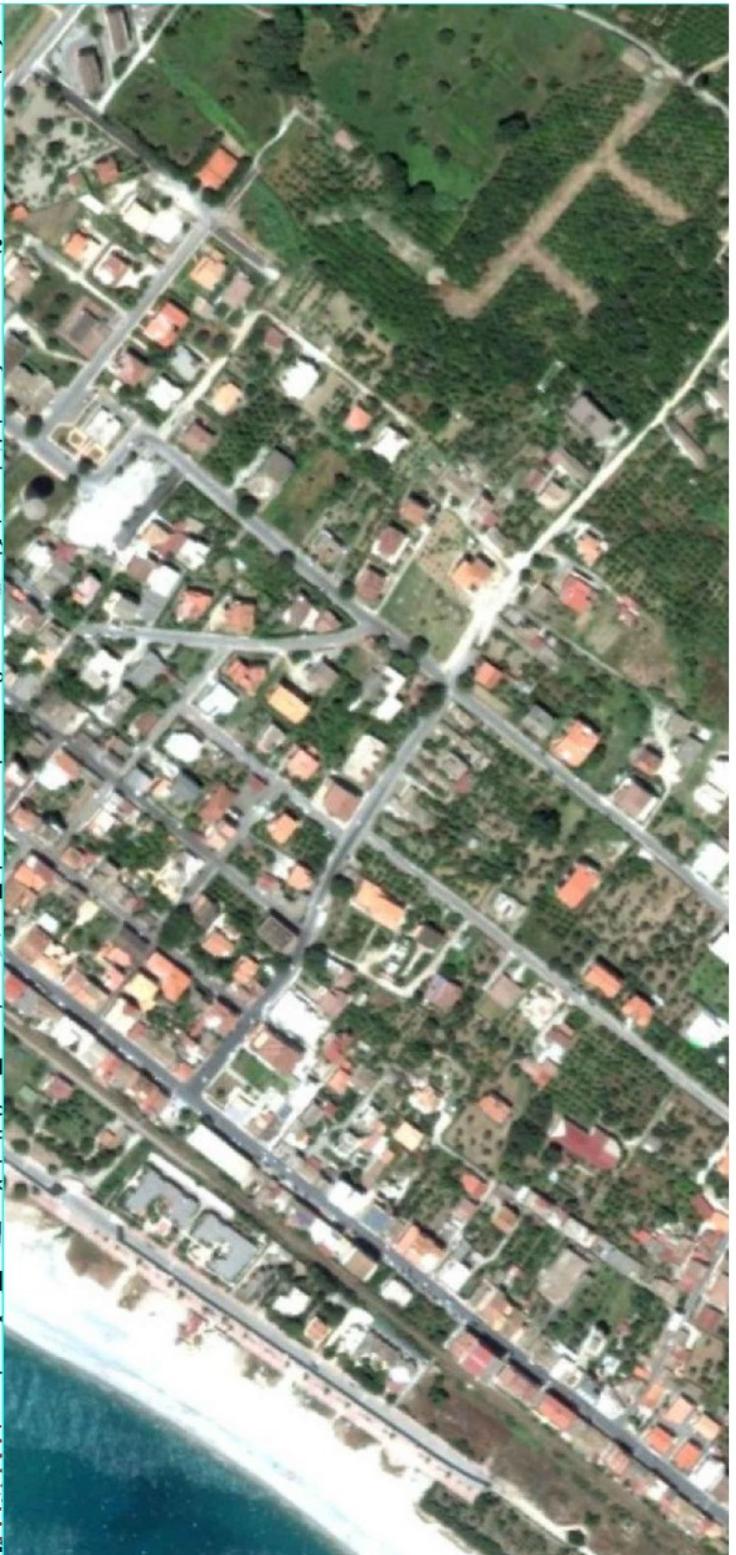


Le perdite di energia causate dal ponte si suddividono nella parte a monte e nella parte a valle in cui la corrente è costretta rispettivamente a contrarsi e ad espandersi e nella parte centrale per la presenza della struttura. Per questi motivi è stato necessario definire 4 sezioni trasversali.

3.3 Verifica idraulica Torrente Salice – Situazione Ante Operam

La verifica idraulica ante operam è stata condotta per l'intero torrente di lunghezza pari a 772.85 m fino allo sbocco a mare. Per tutta l'estensione appena indicata, il torrente risulta caratterizzato essenzialmente da 2 tratti: il primo a monte ha una lunghezza di 282.49 m ed è caratterizzato da un argine destro costituito da un muro in blocchi di altezza pari a 2.40 m e base 40x40 cm, da rampe di accesso ai fabbricati lungo il letto del torrente e di un fabbricato che invade lo spazio destinato alla corrente, che contribuiscono a ridurre le sezioni trasversali e a creare dei disturbi eccessivi alla corrente che è costretta ad erodere il fondo e depositare materiale lungo il cammino fino a valle; il secondo tratto a valle si estende invece per una lunghezza di 490.36 m, caratterizzato da una parte intubata lunga 366.77 m e posizionata prima dei ponti della F.S. TA – RC e del lungomare.

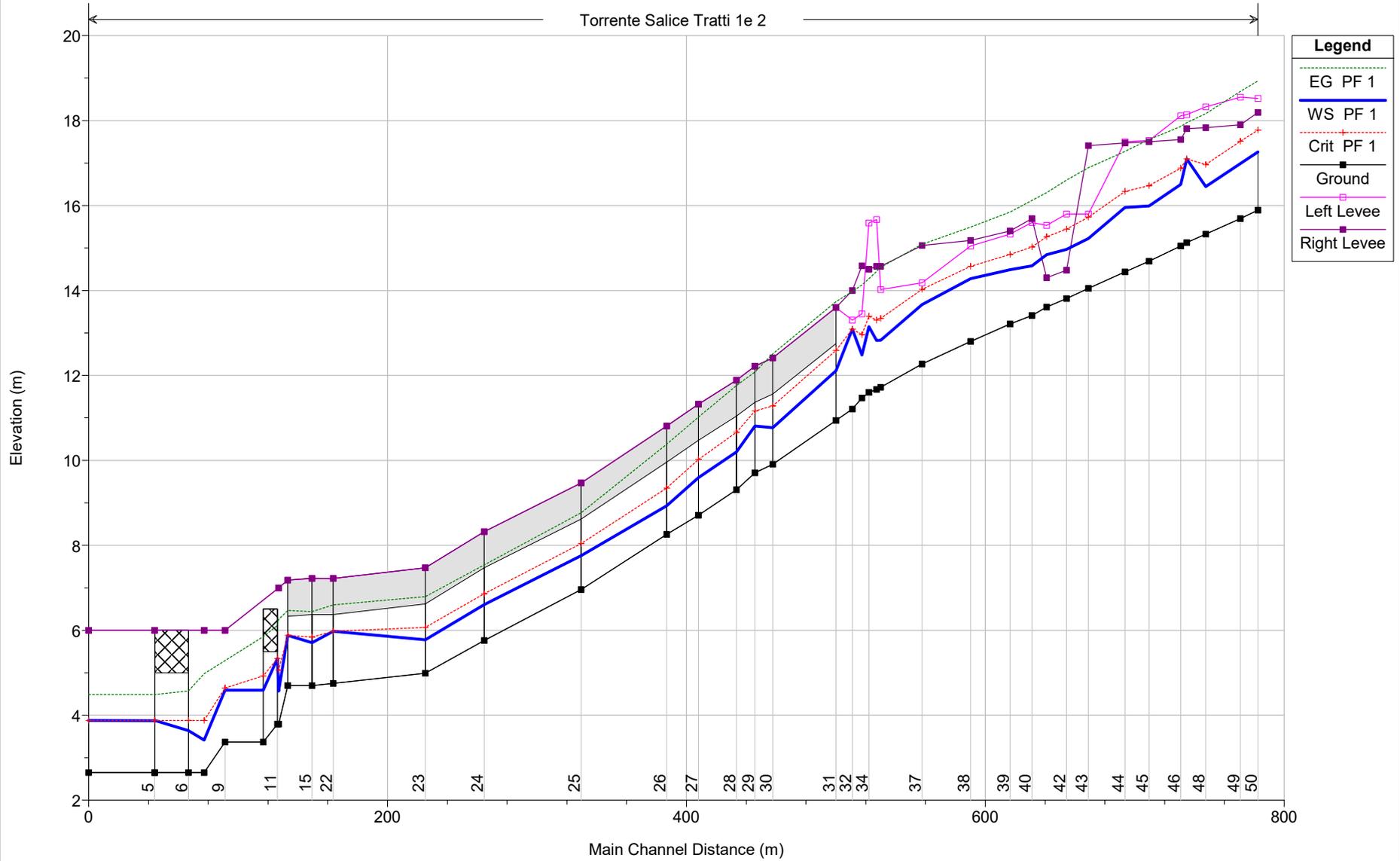
In queste condizioni, la valutazione idraulica tramite il software è stata condotta seguendo i passaggi descritti prima per l'inserimento dei dati del rilievo topografico, cioè sono state definite geometricamente le sezioni trasversali (in totale 38 sezioni, si vedano gli allegati A), inserendo opportunamente il tratto intubato a valle e i ponti (ponte S.S. 106, ponte F.S. TA – RC).



Verifica Ante Operam Plan: Situazione Ante Operam 24/07/2017

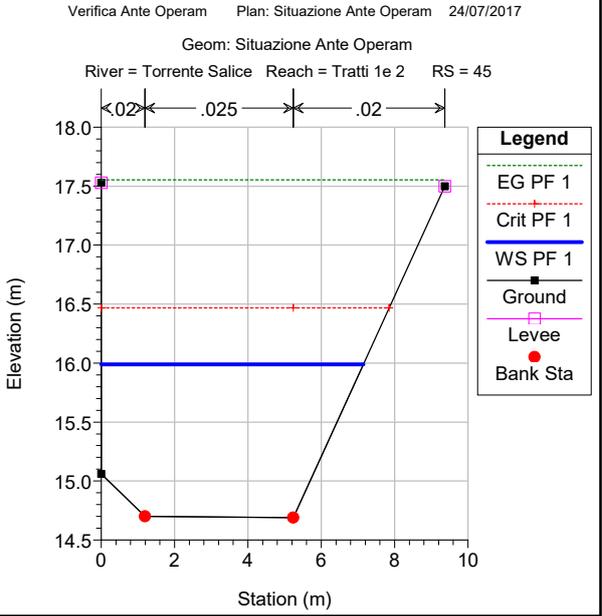
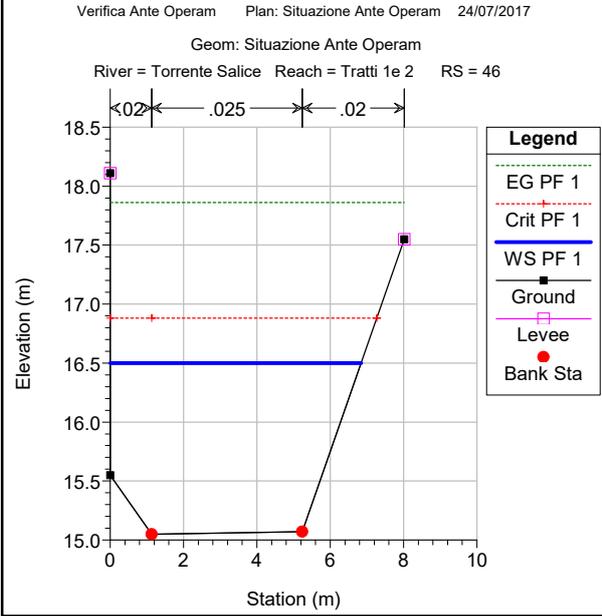
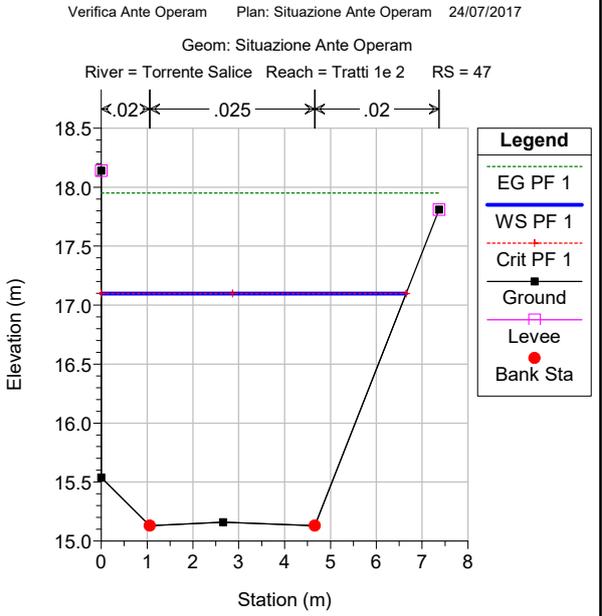
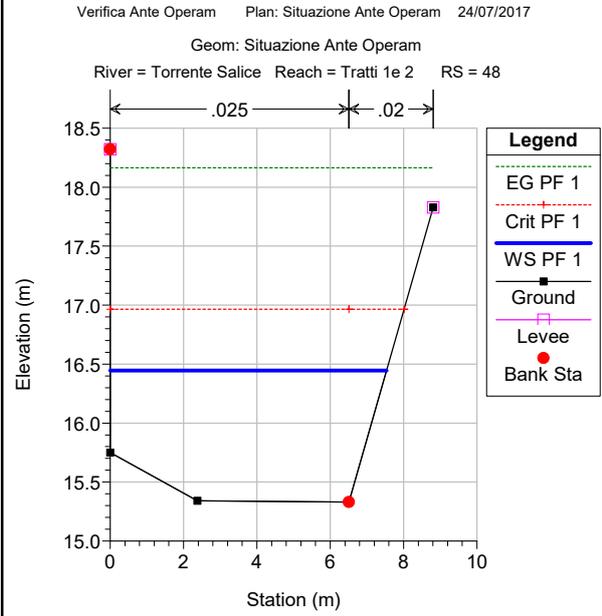
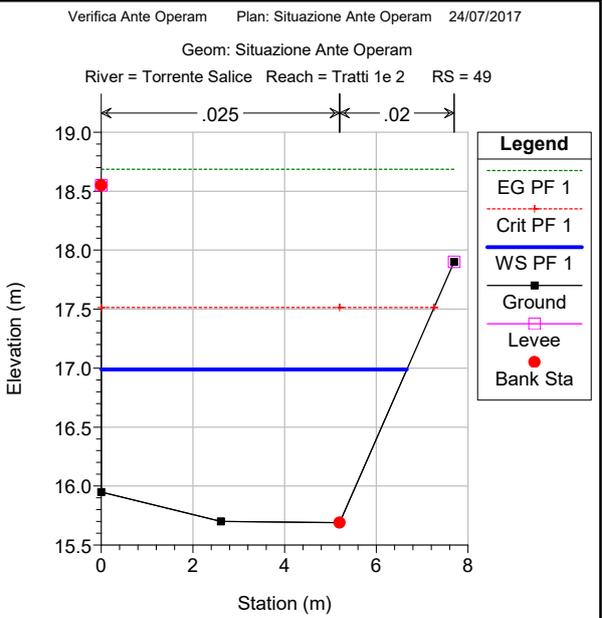
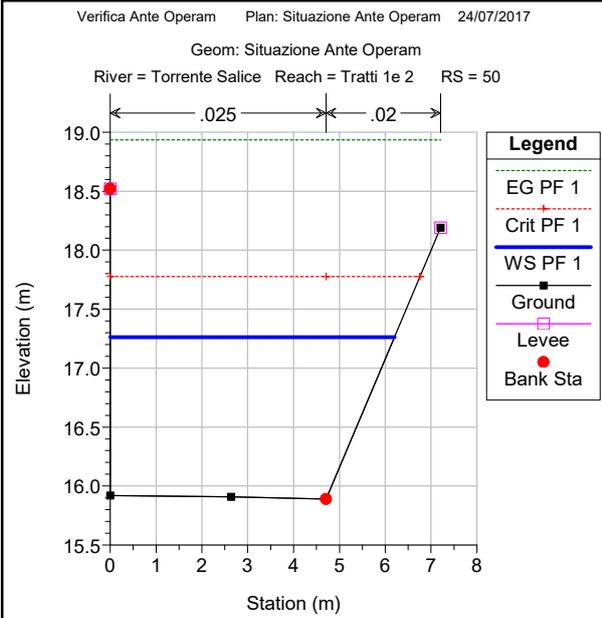
Geom: Situazione Ante Operam

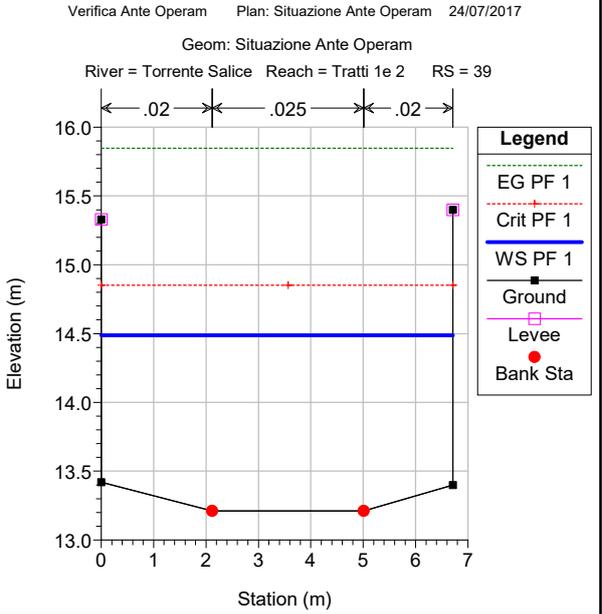
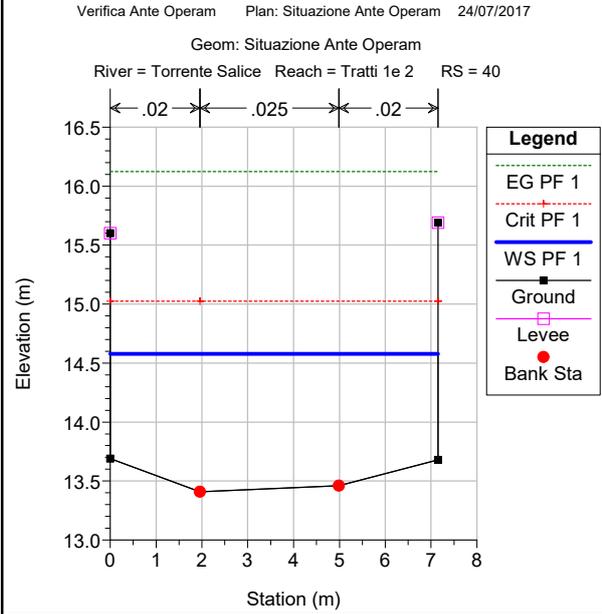
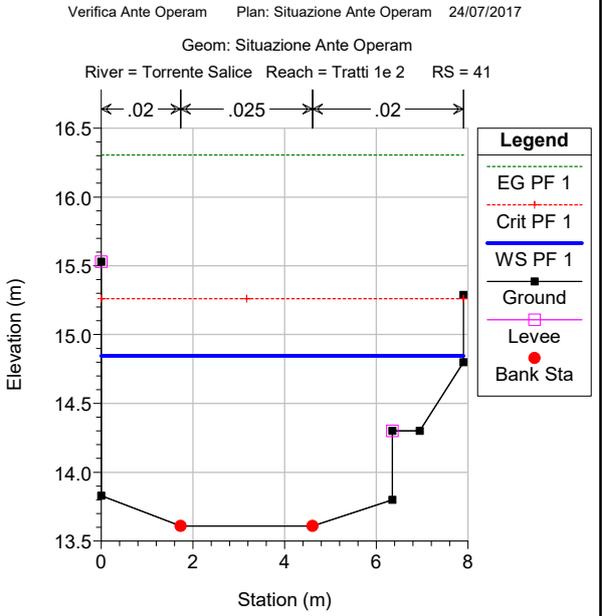
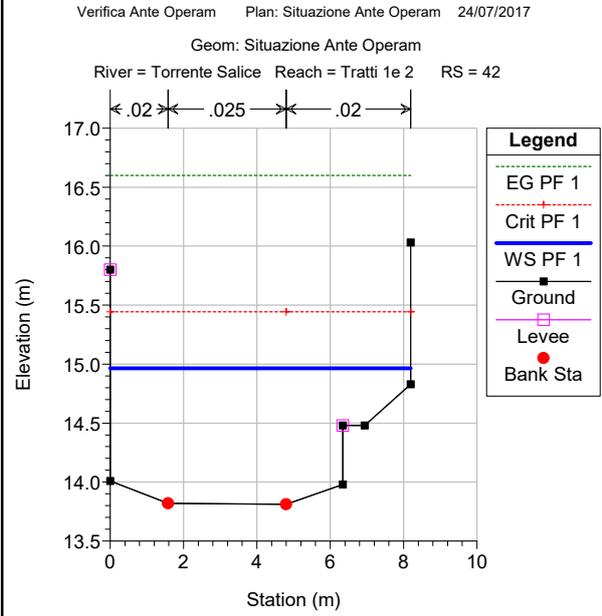
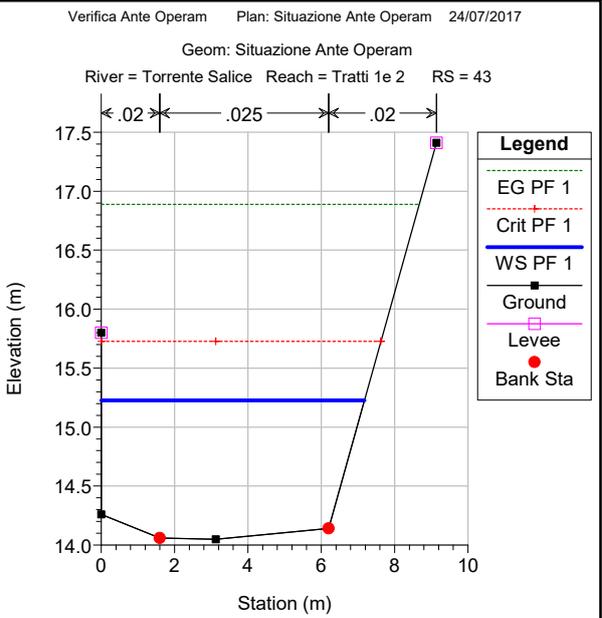
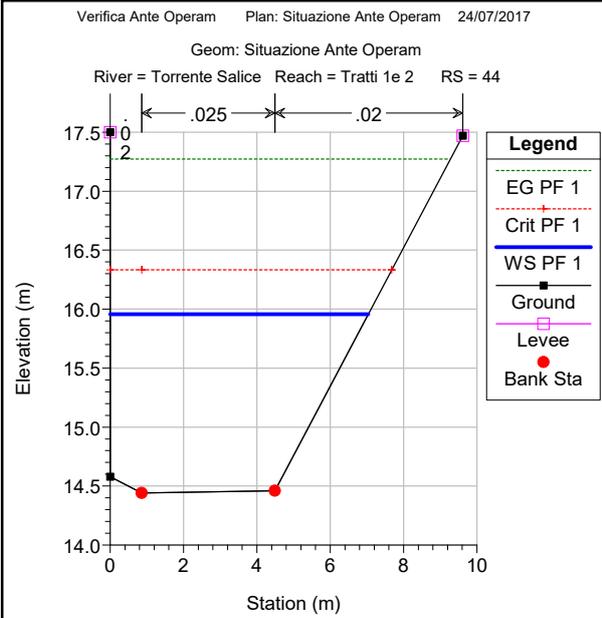
Torrente Salice Tratti 1e 2

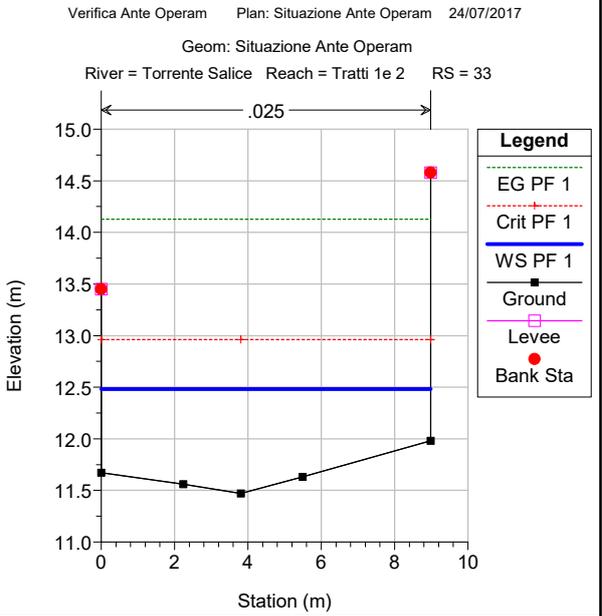
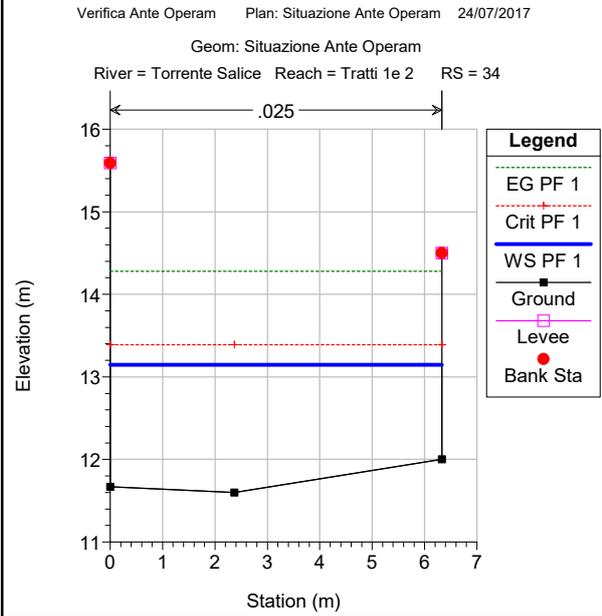
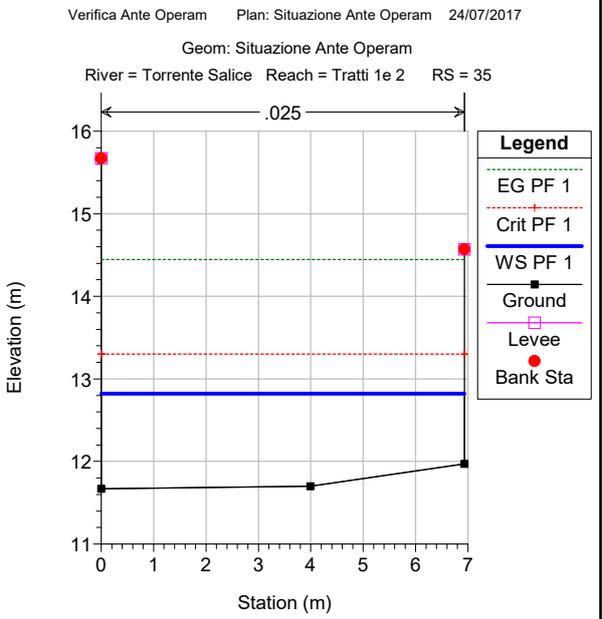
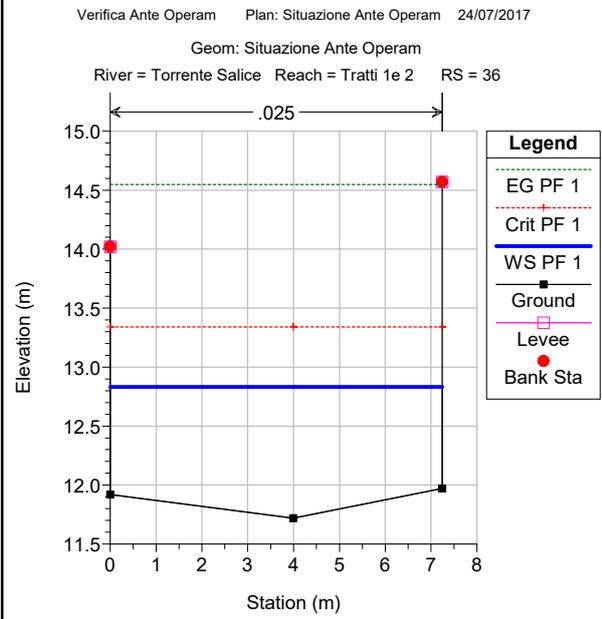
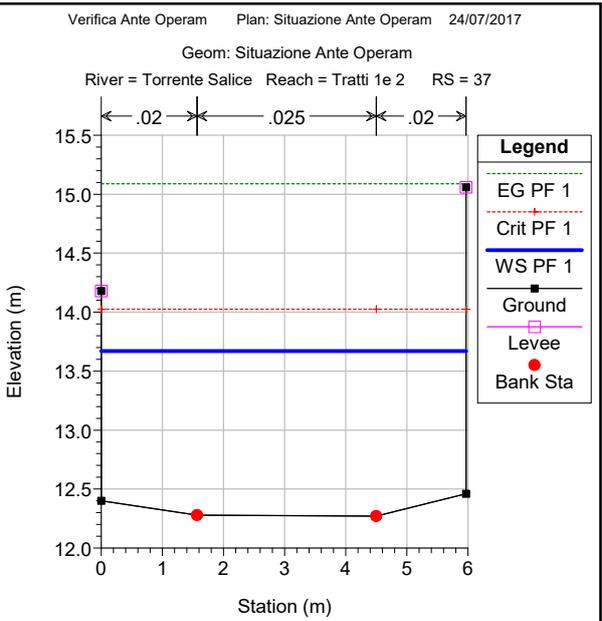
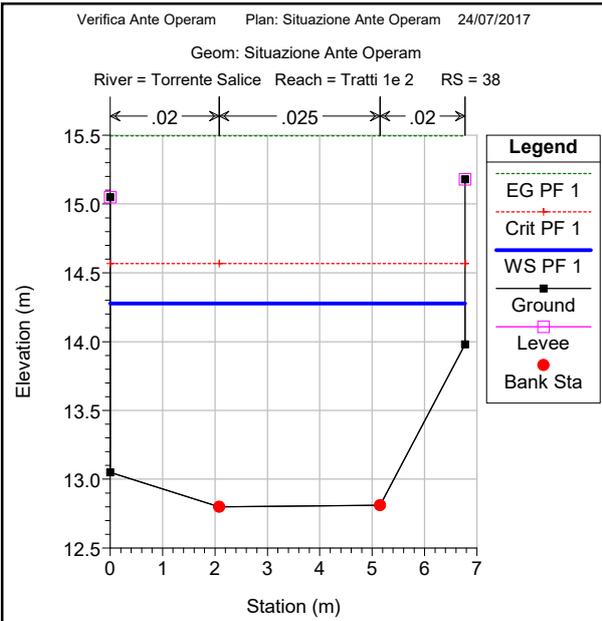


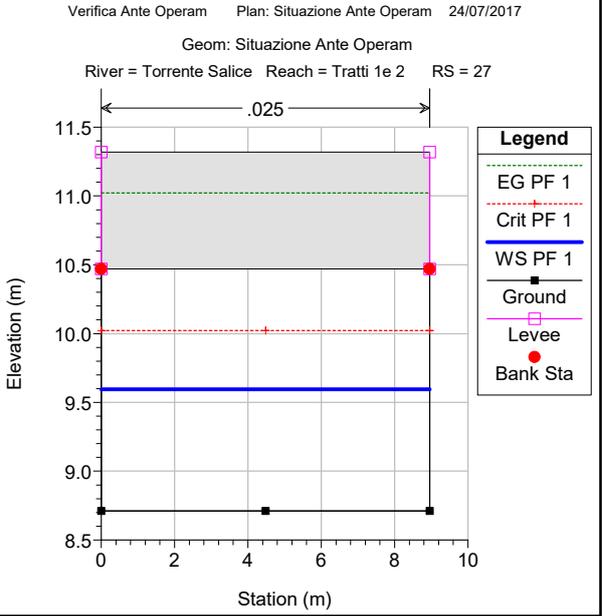
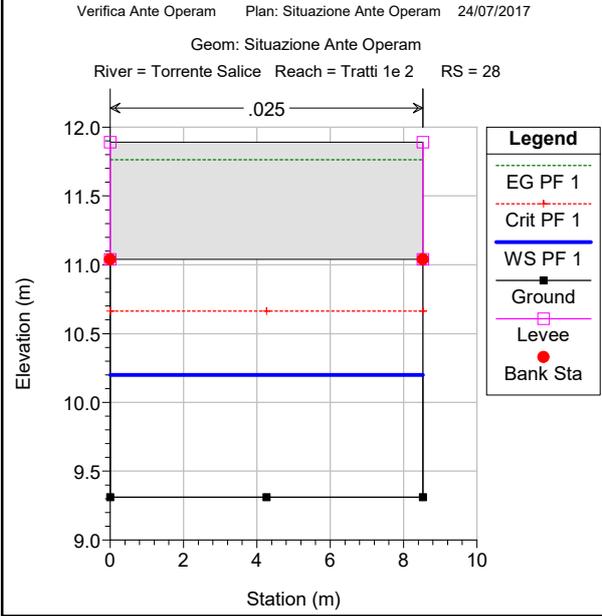
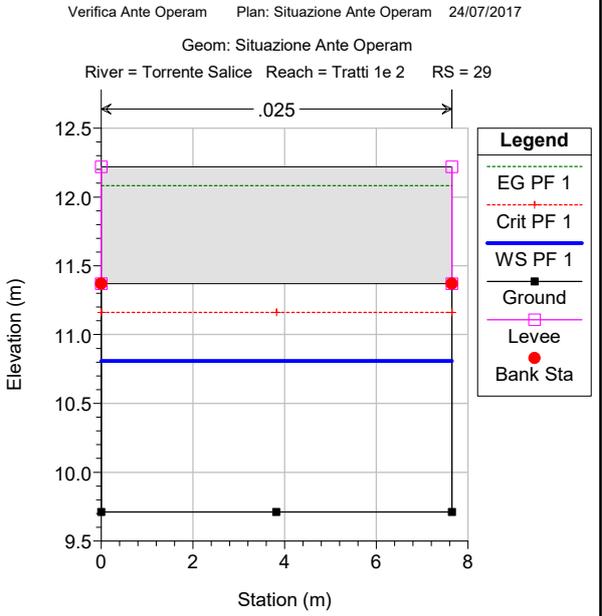
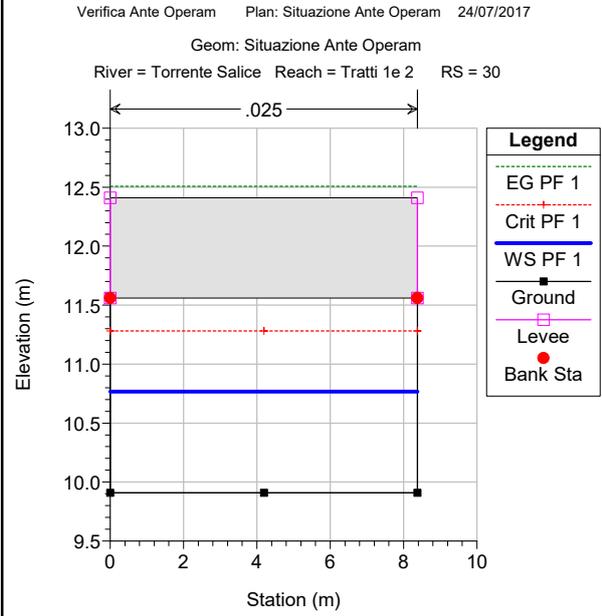
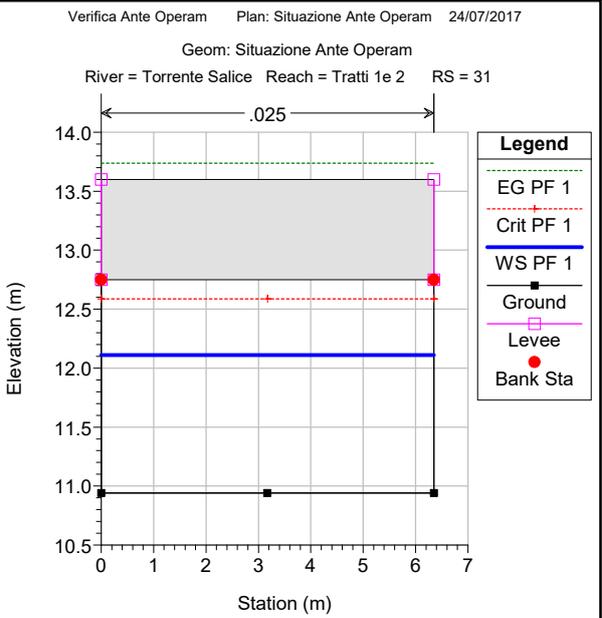
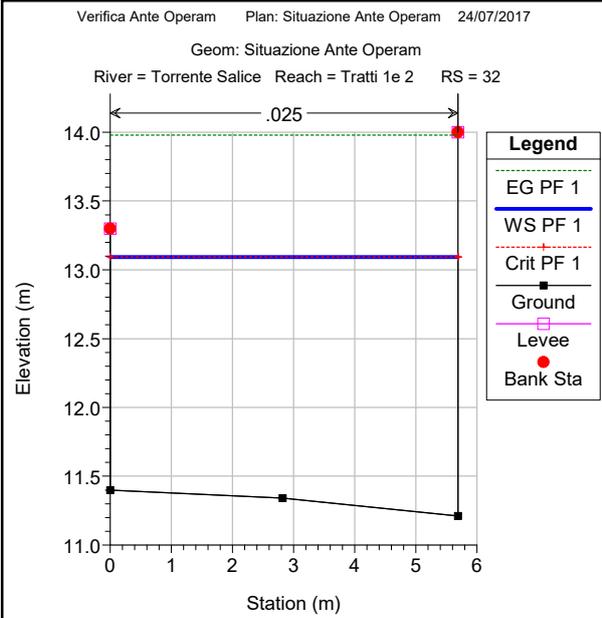
HEC-RAS Plan: Ante Operam River: Torrente Salice Reach: Tratti 1e 2 Profile: PF 1

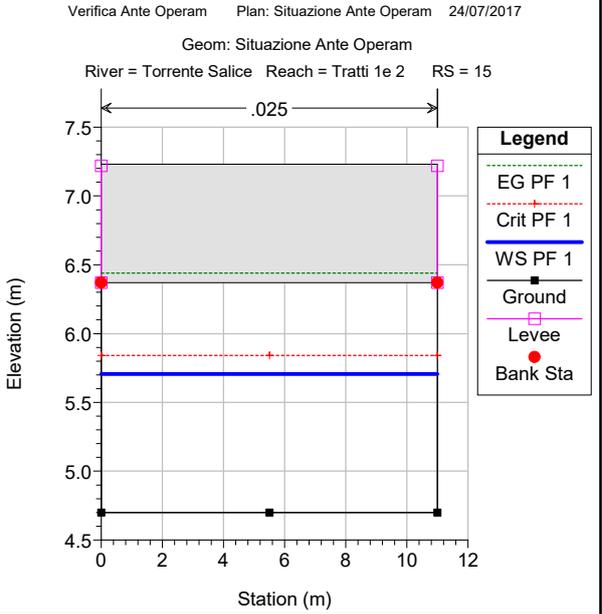
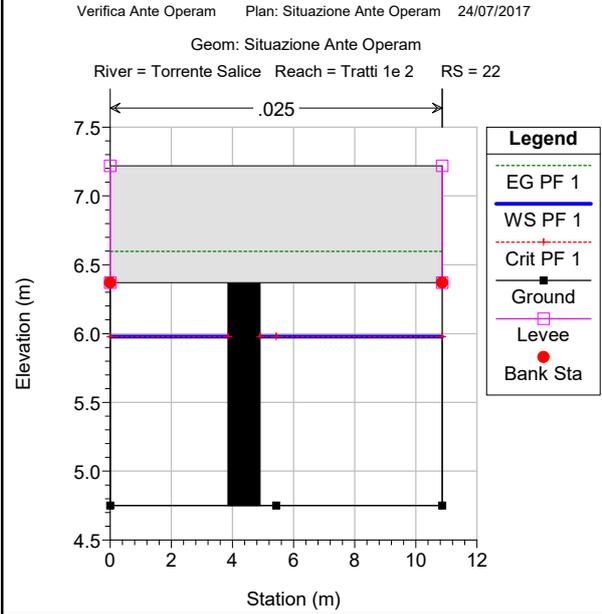
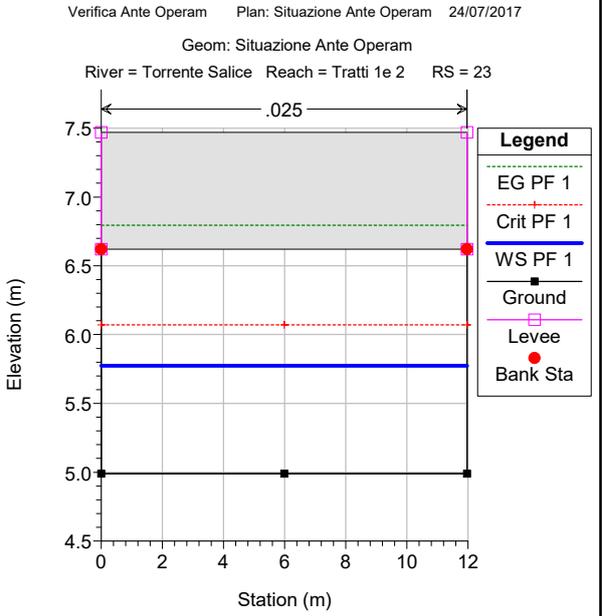
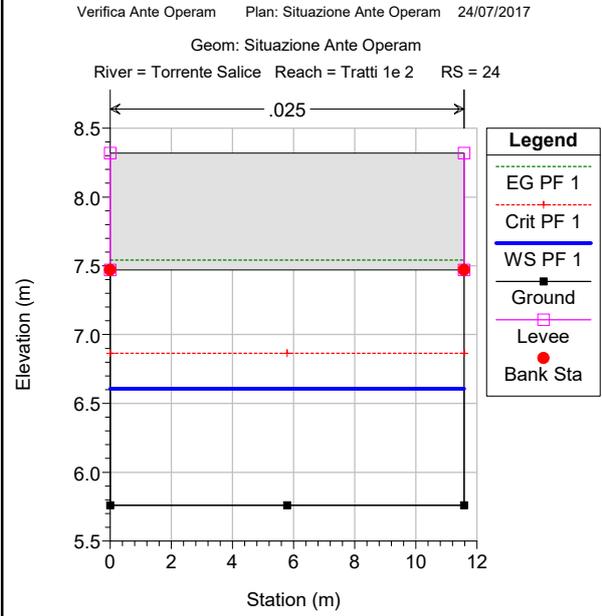
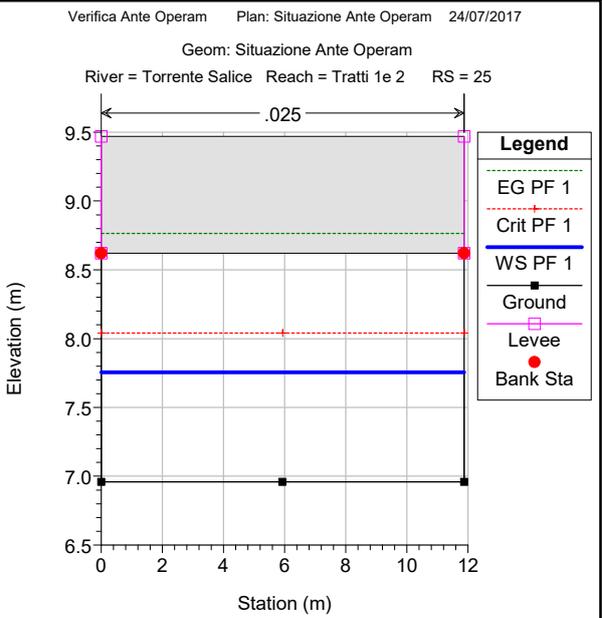
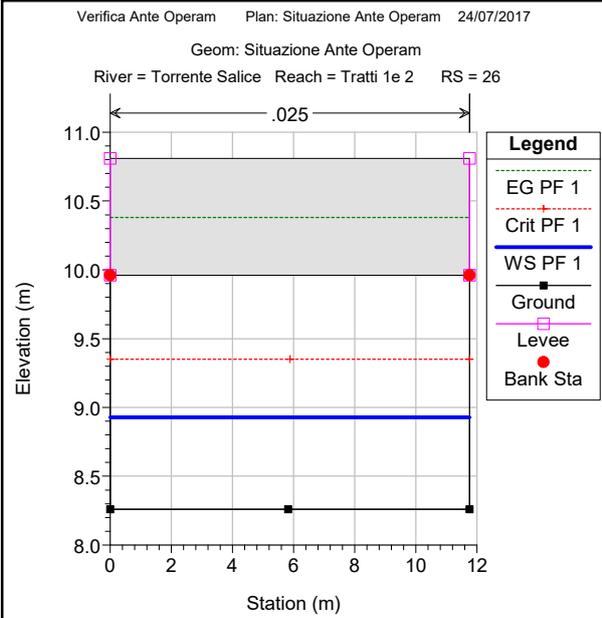
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tratti 1e 2	50	PF 1	42.00	15.89	17.26	17.78	18.93	0.020030	5.86	7.40	6.20	1.61
Tratti 1e 2	49	PF 1	42.00	15.69	16.99	17.51	18.69	0.021143	5.90	7.34	6.67	1.70
Tratti 1e 2	48	PF 1	42.00	15.33	16.45	16.96	18.16	0.023945	5.90	7.30	7.54	1.85
Tratti 1e 2	47	PF 1	42.00	15.13	17.10	17.10	17.95	0.005073	4.45	10.86	6.65	1.02
Tratti 1e 2	46	PF 1	42.00	15.05	16.50	16.88	17.86	0.011676	5.51	8.42	6.84	1.47
Tratti 1e 2	45	PF 1	42.00	14.69	15.99	16.47	17.55	0.015525	5.92	7.80	7.15	1.66
Tratti 1e 2	44	PF 1	42.00	14.44	15.96	16.33	17.27	0.010966	5.51	8.63	7.04	1.43
Tratti 1e 2	43	PF 1	42.00	14.05	15.23	15.73	16.89	0.018550	5.96	7.50	7.18	1.78
Tratti 1e 2	42	PF 1	42.00	13.81	14.97	15.44	16.60	0.020386	6.27	7.69	8.19	1.87
Tratti 1e 2	41	PF 1	42.00	13.61	14.84	15.26	16.30	0.016733	5.96	8.09	7.90	1.71
Tratti 1e 2	40	PF 1	42.00	13.41	14.58	15.02	16.12	0.017502	5.78	7.65	7.15	1.73
Tratti 1e 2	39	PF 1	42.00	13.21	14.49	14.85	15.85	0.013665	5.50	8.18	6.71	1.55
Tratti 1e 2	38	PF 1	42.00	12.80	14.28	14.57	15.50	0.010375	5.27	8.77	6.77	1.39
Tratti 1e 2	37	PF 1	42.00	12.27	13.67	14.02	15.09	0.013196	5.74	8.09	5.97	1.55
Tratti 1e 2	36	PF 1	42.00	11.72	12.83	13.34	14.55	0.028272	5.80	7.24	7.24	1.85
Tratti 1e 2	35	PF 1	42.00	11.67	12.82	13.30	14.45	0.025498	5.65	7.44	6.93	1.74
Tratti 1e 2	34	PF 1	42.00	11.60	13.15	13.39	14.28	0.014008	4.71	8.91	6.33	1.27
Tratti 1e 2	33	PF 1	42.00	11.47	12.48	12.96	14.13	0.031577	5.69	7.39	8.98	2.00
Tratti 1e 2	32	PF 1	42.00	11.21	13.09	13.09	13.98	0.009714	4.17	10.08	5.69	1.00
Tratti 1e 2	31	PF 1	42.00	10.94	12.11	12.59	13.74	0.024567	5.65	7.43	6.35	1.67
Tratti 1e 2	30	PF 1	42.00	9.91	10.77	11.28	12.51	0.033625	5.85	7.18	8.38	2.02
Tratti 1e 2	29	PF 1	42.00	9.71	10.81	11.16	12.08	0.019315	5.00	8.40	7.65	1.52
Tratti 1e 2	28	PF 1	42.00	9.31	10.20	10.66	11.76	0.028929	5.54	7.58	8.53	1.88
Tratti 1e 2	27	PF 1	42.00	8.71	9.60	10.02	11.02	0.026172	5.29	7.94	8.96	1.79
Tratti 1e 2	26	PF 1	42.00	8.26	8.93	9.35	10.38	0.035133	5.34	7.87	11.76	2.08
Tratti 1e 2	25	PF 1	42.00	6.96	7.76	8.04	8.76	0.019880	4.45	9.44	11.87	1.59
Tratti 1e 2	24	PF 1	42.00	5.76	6.61	6.86	7.54	0.017206	4.29	9.80	11.58	1.49
Tratti 1e 2	23	PF 1	42.00	4.99	5.77	6.07	6.79	0.020368	4.47	9.39	11.97	1.61
Tratti 1e 2	22	PF 1	42.00	4.75	5.98	5.98	6.60	0.009905	3.48	12.06	9.81	1.00
Tratti 1e 2	15	PF 1	42.00	4.70	5.71	5.84	6.44	0.011155	3.79	11.07	11.00	1.21
Tratti 1e 2	14	PF 1	42.00	4.70	5.88	5.88	6.47	0.007583	3.39	12.37	10.50	1.00
Tratti 1e 2	13	PF 1	42.00	3.79	4.57	5.06	6.26	0.035512	5.76	7.29	9.36	2.08
Tratti 1e 2	11		Bridge									
Tratti 1e 2	9	PF 1	42.00	3.37	4.59	4.64	5.29	0.008953	3.70	11.36	9.32	1.07
Tratti 1e 2	8	PF 1	42.00	2.65	3.42	3.88	4.98	0.033202	5.54	7.59	9.95	2.02
Tratti 1e 2	6		Bridge									
Tratti 1e 2	5	PF 1	42.00	2.65	3.87	3.88	4.48	0.007757	3.47	12.10	9.95	1.00
Tratti 1e 2	4	PF 1	42.00	2.65	3.88	3.88	4.48	0.007670	3.46	12.14	9.95	1.00





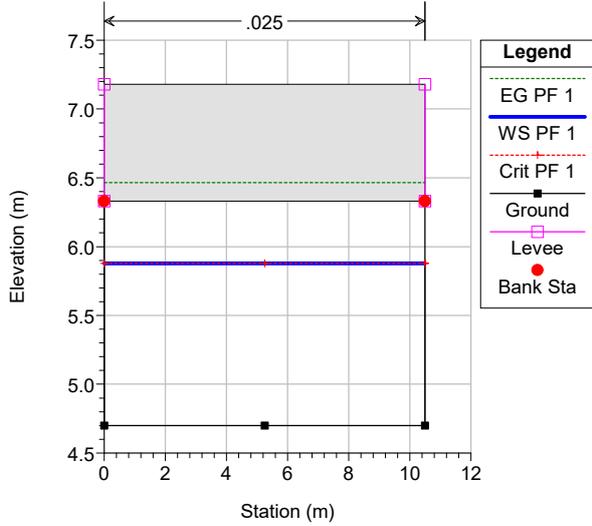






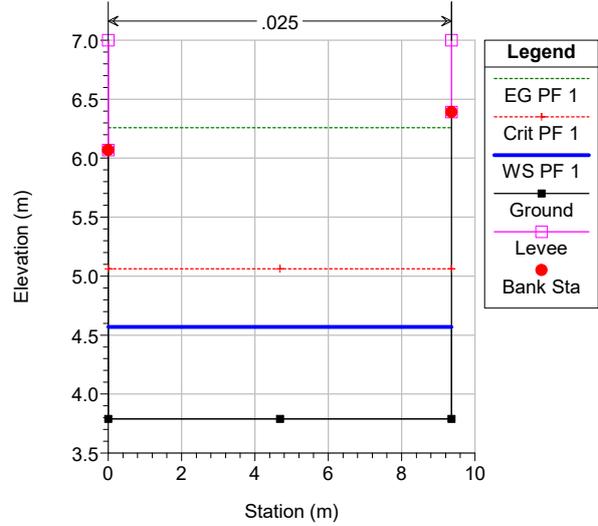
Geom: Situazione Ante Operam

River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 14



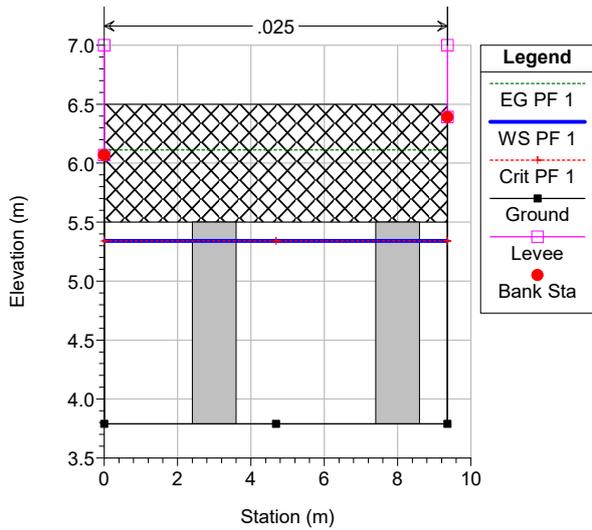
Geom: Situazione Ante Operam

River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 13



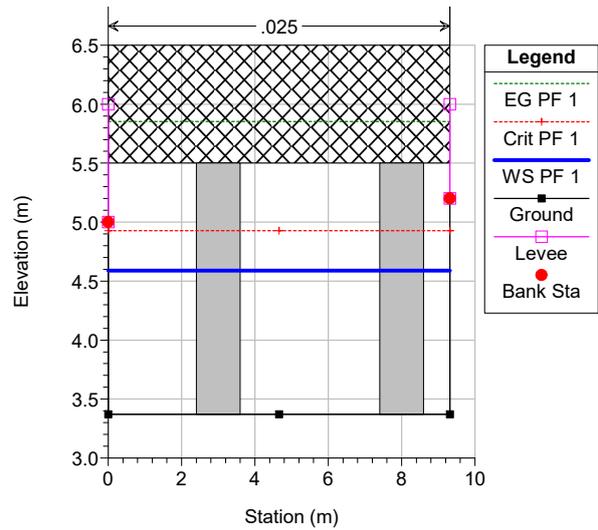
Geom: Situazione Ante Operam

River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 11 BR Ponte Ferrovia Reggio Calabria - Metaponto



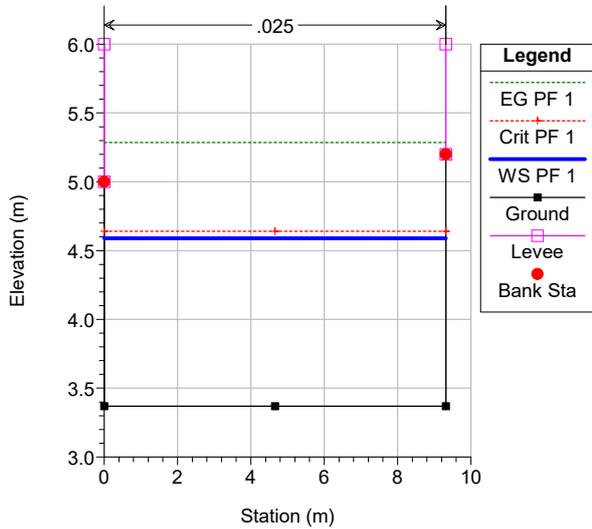
Geom: Situazione Ante Operam

River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 11 BR Ponte Ferrovia Reggio Calabria - Metaponto



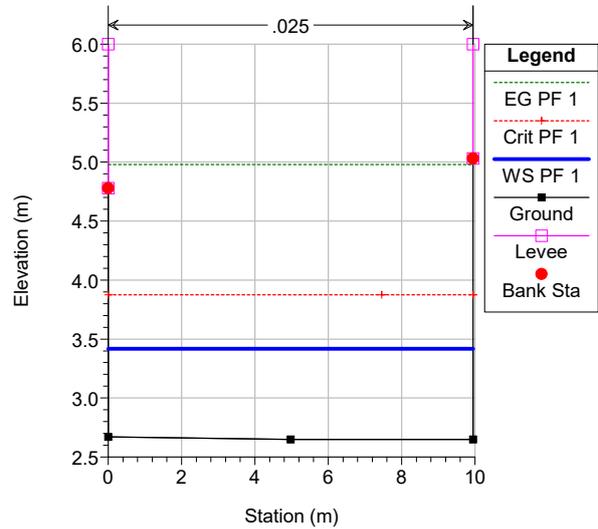
Geom: Situazione Ante Operam

River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 9

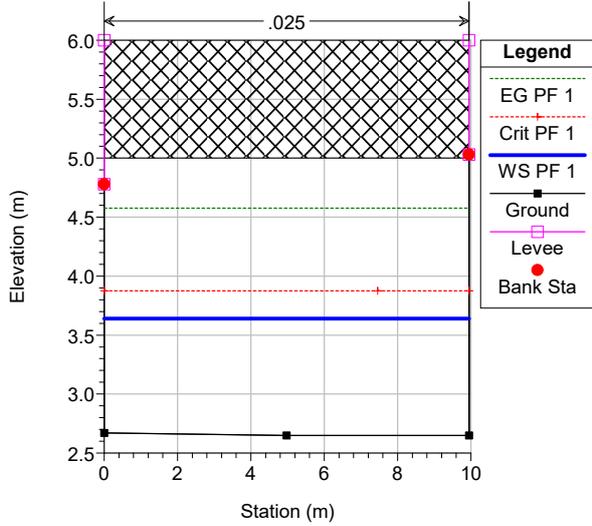


Geom: Situazione Ante Operam

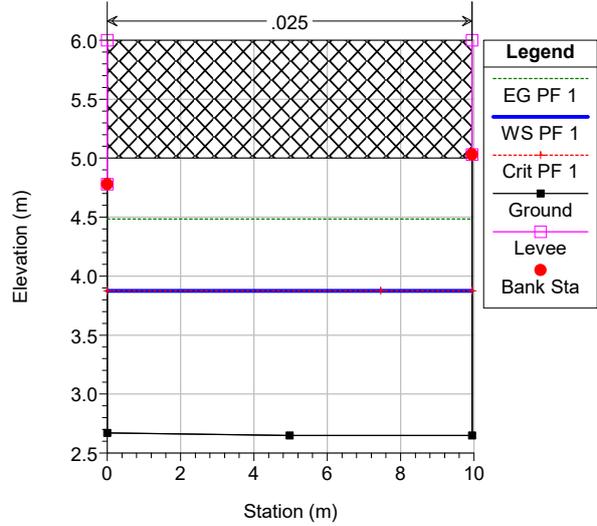
River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 8



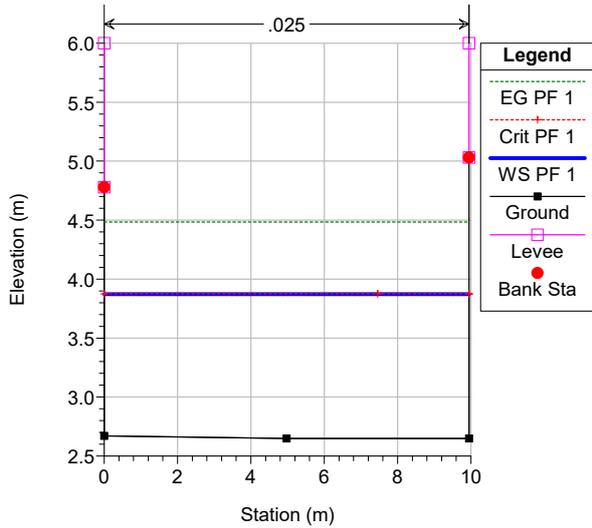
Verifica Ante Operam Plan: Situazione Ante Operam 24/07/2017
 Geom: Situazione Ante Operam
 River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 6 BR



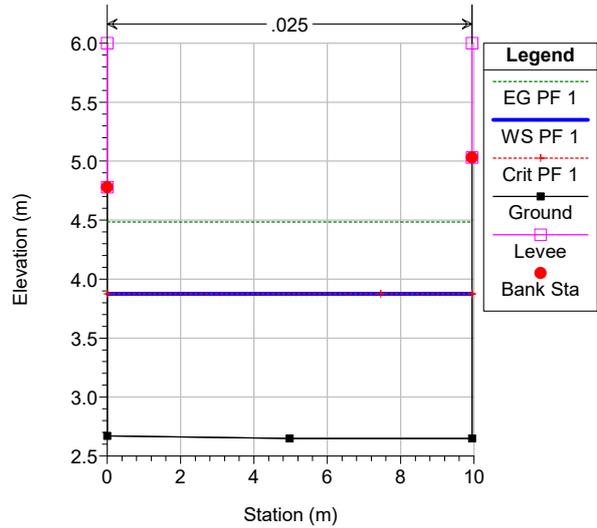
Verifica Ante Operam Plan: Situazione Ante Operam 24/07/2017
 Geom: Situazione Ante Operam
 River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 6 BR



Verifica Ante Operam Plan: Situazione Ante Operam 24/07/2017
 Geom: Situazione Ante Operam
 River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 5



Verifica Ante Operam Plan: Situazione Ante Operam 24/07/2017
 Geom: Situazione Ante Operam
 River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 4



3.4 Verifica idraulica Torrente Salice – Situazione Post Operam

Così come la verifica ante operam, anche la valutazione post operam ha riguardato, l'intero torrente fino allo sbocco a mare.

La differenza sostanziale che ha caratterizzato questa verifica è la modifica del tratto a monte dell'alveo e di una parte di quello a valle.

In particolare, gli interventi che interesseranno il tratto a monte consistono nella realizzazione, lungo l'intero lato sinistro, di un muro d'argine di altezza pari a 2.20 m e nel miglioramento della pavimentazione in calcestruzzo dell'alveo presente (si vedano le sezioni post operam negli Allegati B). Inoltre la parte di alveo occupata dal fabbricato verrà recuperata e così sarà realizzato sul lato destro dell'alveo un tratto di muro d'argine là dove è presente la rampa di accesso alle abitazioni, contribuendo in questo modo all'allargamento delle sezioni trasversali e permettendo alla corrente il naturale deflusso verso valle.

Nel tratto a valle, infine, sarà migliorata la pavimentazione in calcestruzzo.

Per quanto concerne l'inserimento dei dati per questa seconda verifica, si precisa che sono state considerate le stesse sezioni della prima valutazione, ossia quella ante operam.

Infine, è bene sottolineare che sia per la verifica ante operam sia per quella post operam:

- i valori del coefficiente di scabrezza di Manning, diversi per le sponde e per il canale centrale, sono stati scelti tenendo conto dell'accumulo di materiale e vegetazione presente in alveo:

$$n_{sponde} = 0.020 \text{ m}^{-1/3}/s$$

$$n_{canale\ centrale} = 0.025 \text{ m}^{-1/3}/s$$

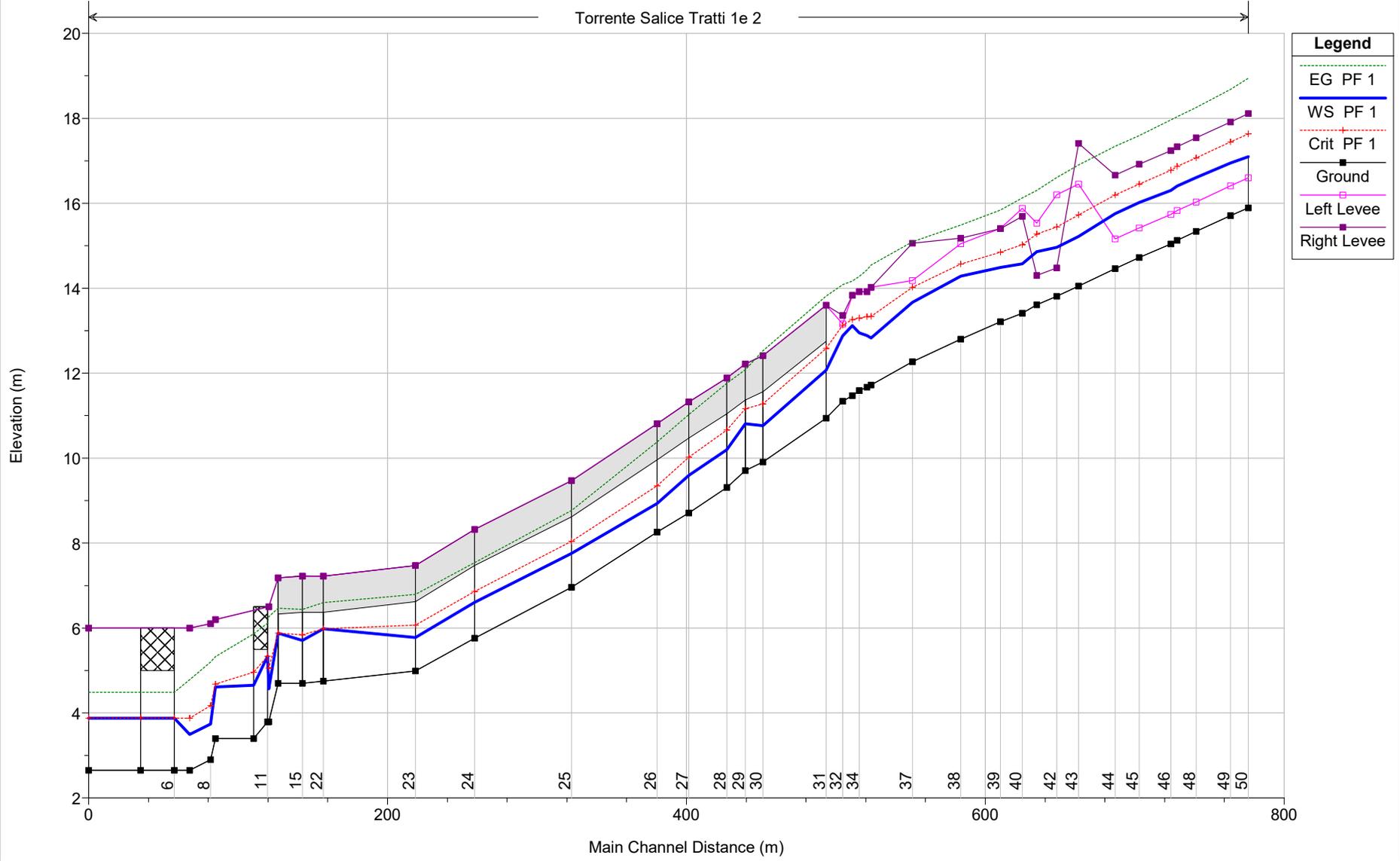
- le condizioni al contorno sono state definite considerando una pendenza della sezione longitudinale inferiore a quella media, cioè pari al 2% sia per il tratto di monte che per il tratto a valle;
- il valore di portata, così come meglio descritto nei paragrafi precedenti riguardanti lo studio idrologico, è quello relativo al tempo di ritorno $T = 200$ anni, ovvero $42 \text{ m}^3/s$.

Nel seguito si riportano: la planimetria con indicazione delle sezioni inserite nel programma di calcolo ed i risultati ottenuti sia in termini tabellari sia in termini di sezioni trasversali e profili di corrente di moto, rispettivamente denominati Allegati A e Allegati B.

Verifica Post Operam Plan: Plan 01 24/07/2017

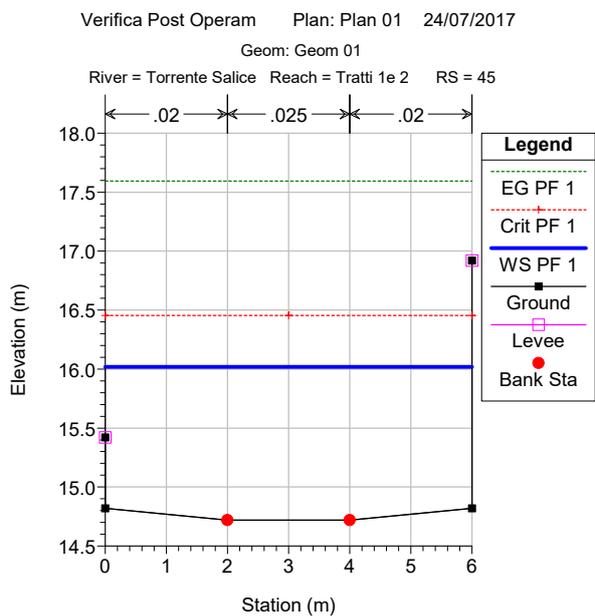
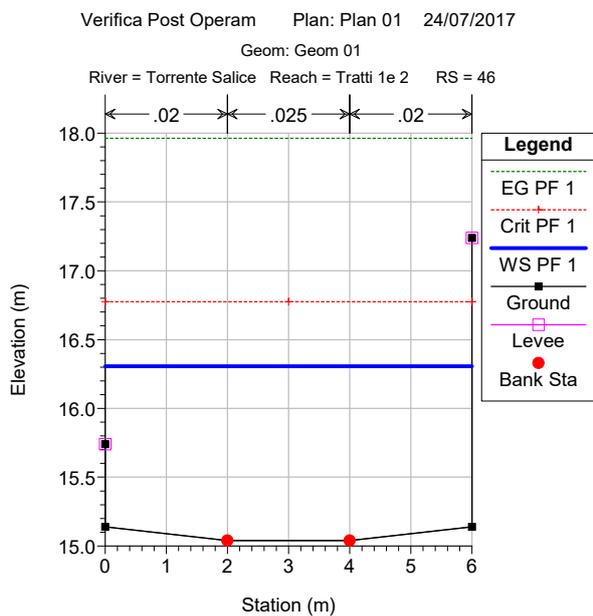
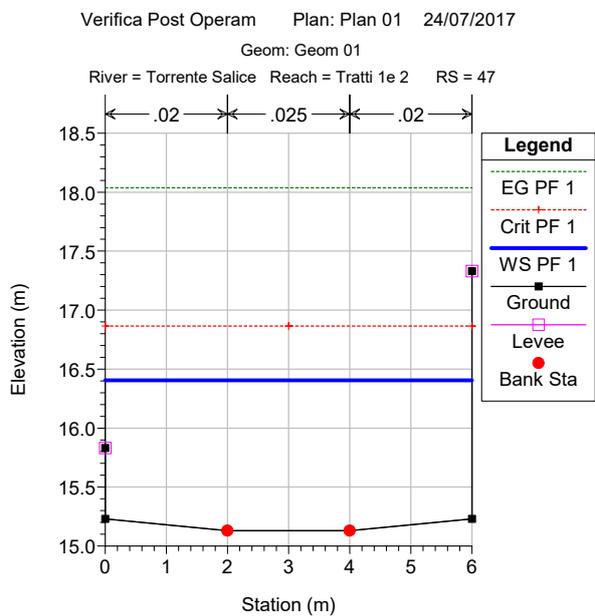
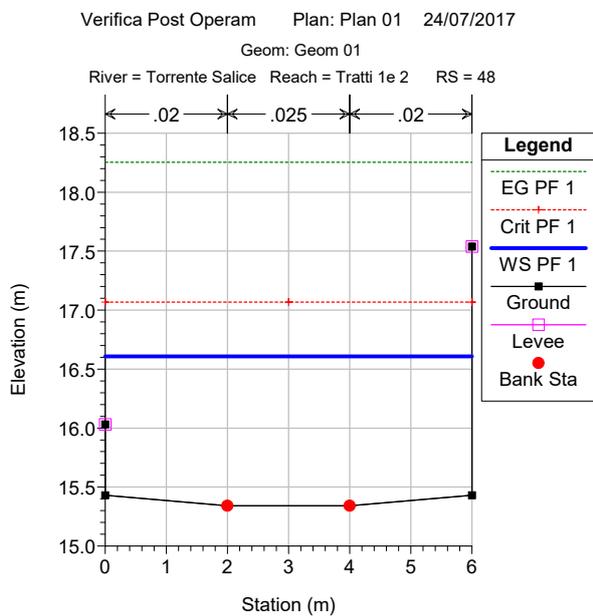
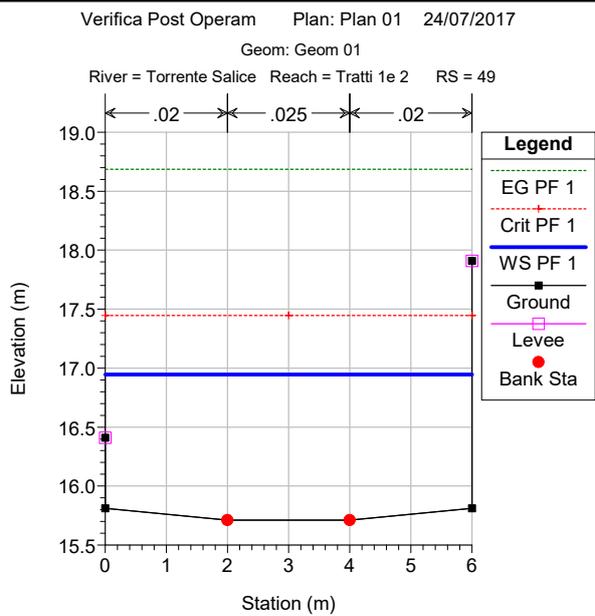
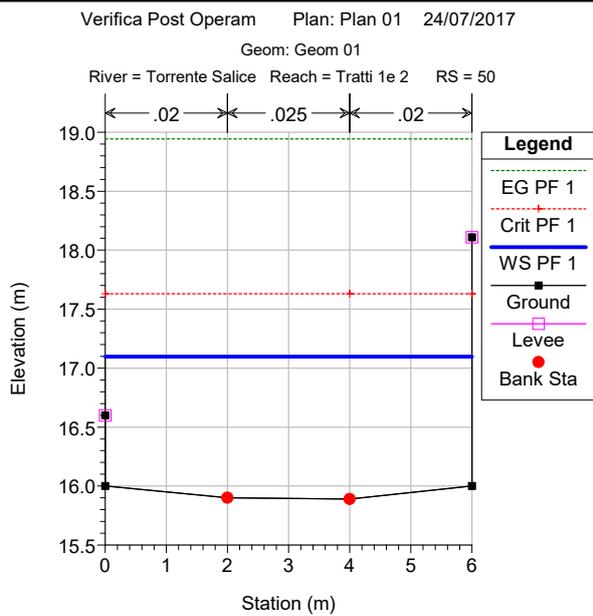
Geom: Geom 01

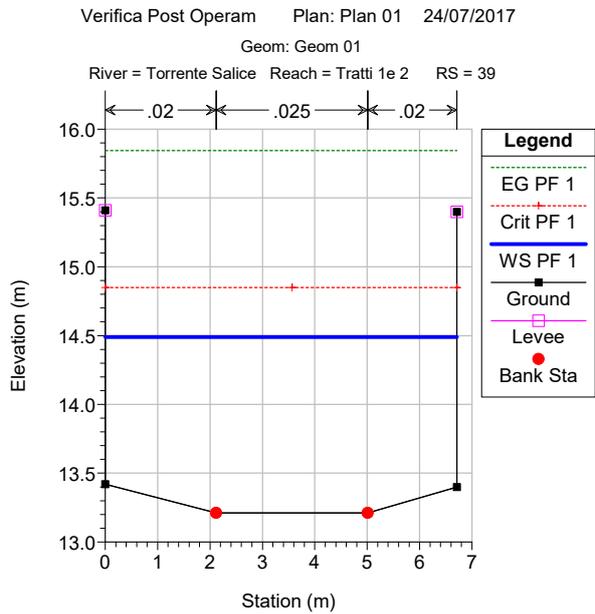
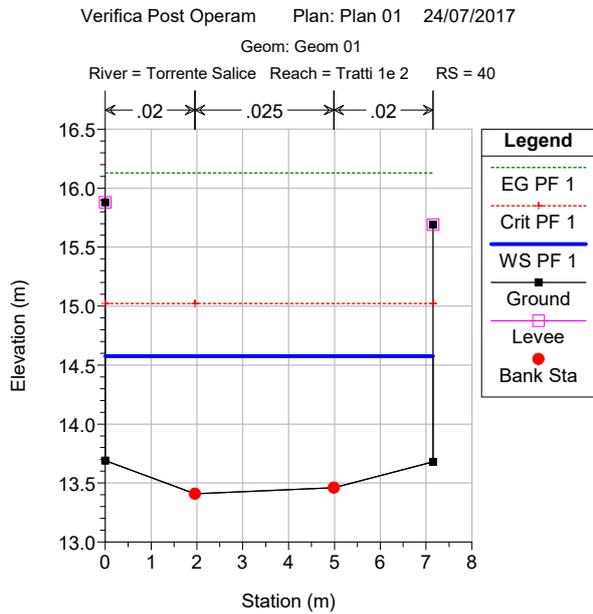
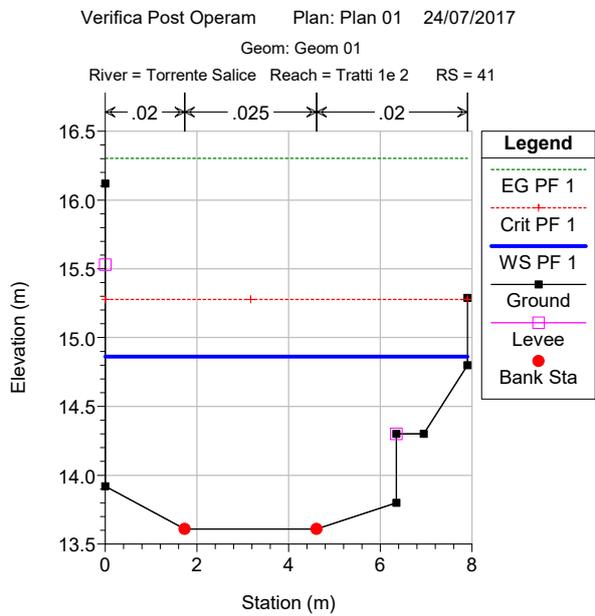
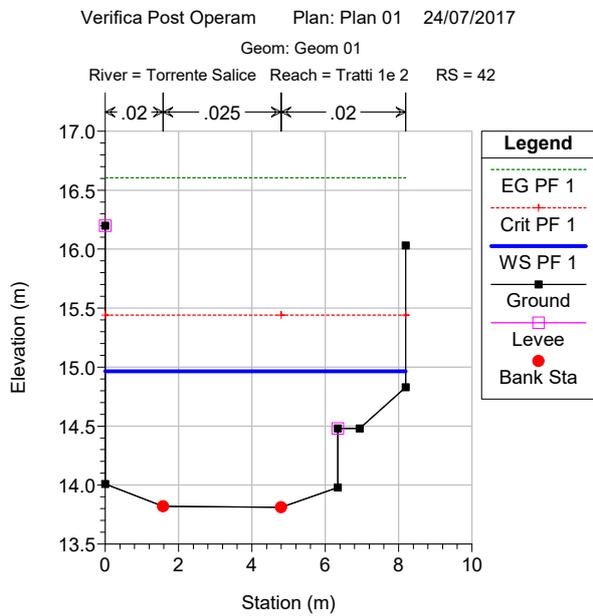
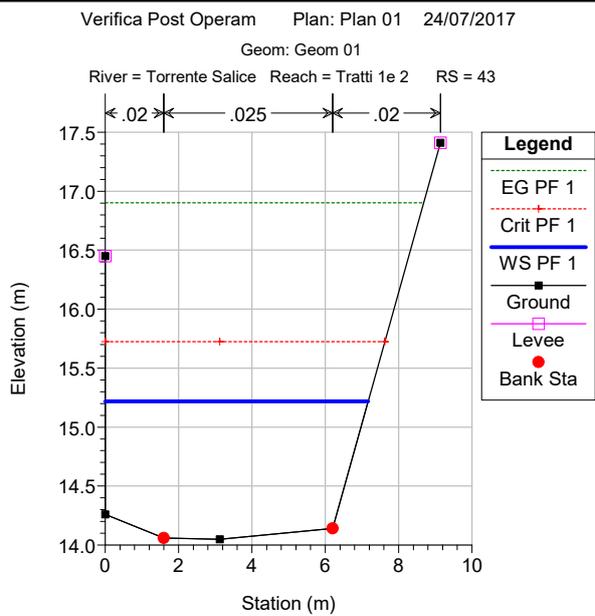
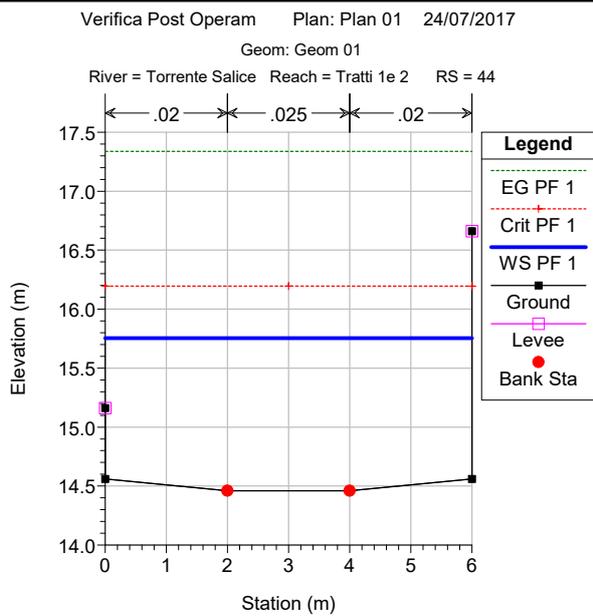
Torrente Salice Tratti 1e 2

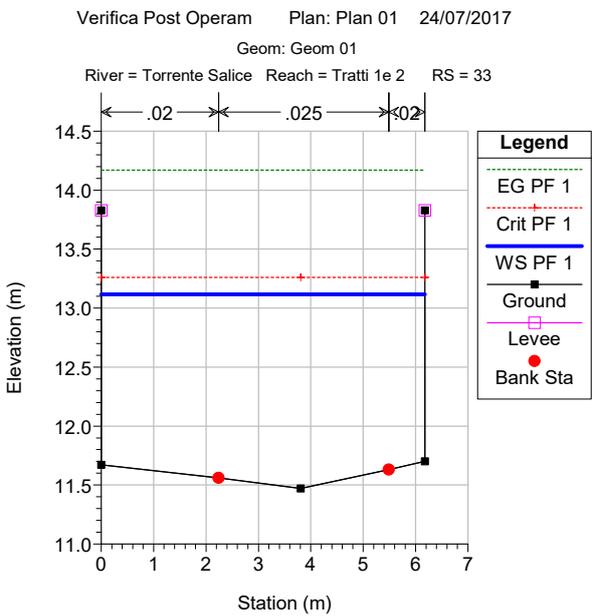
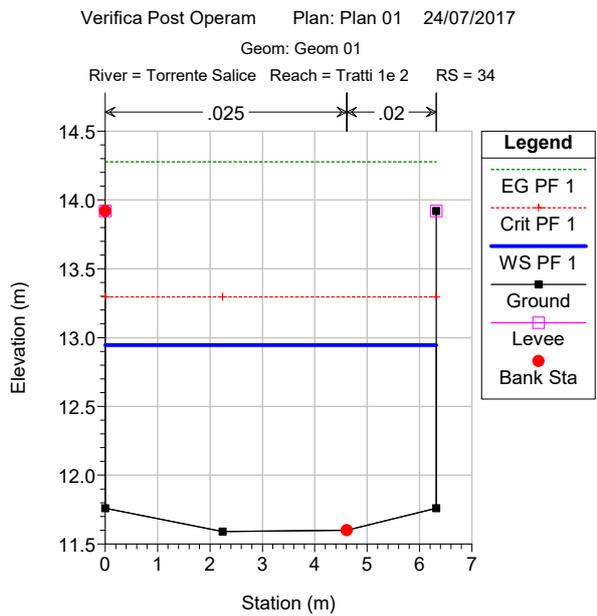
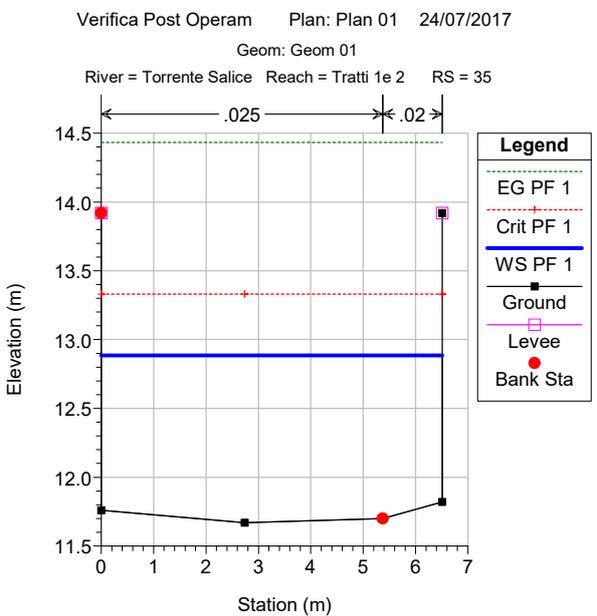
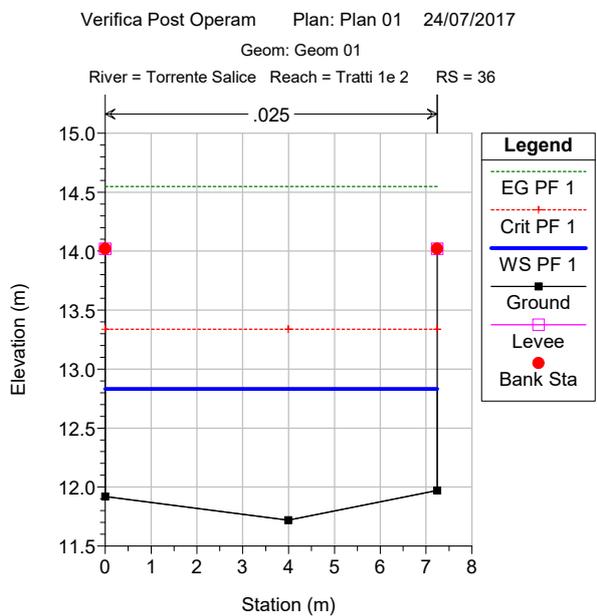
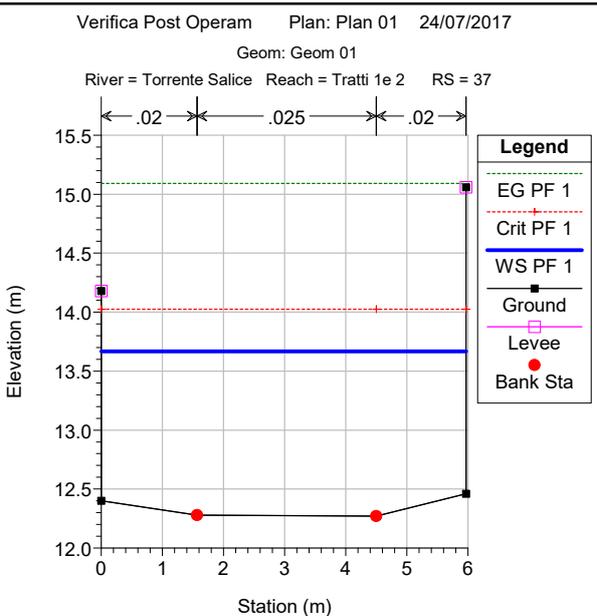
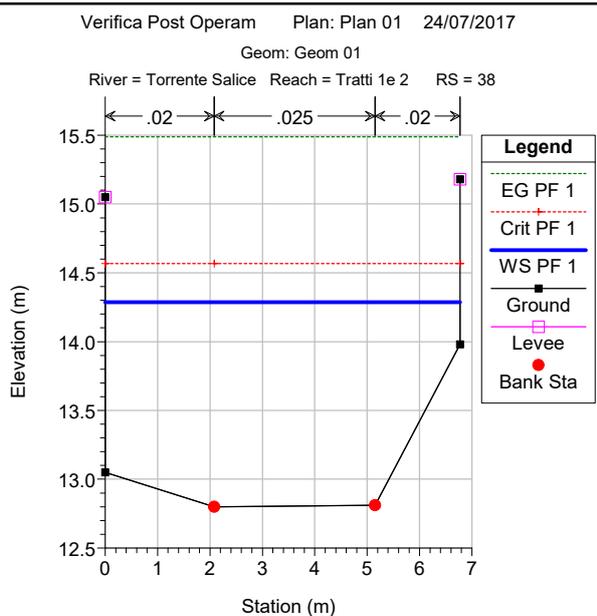


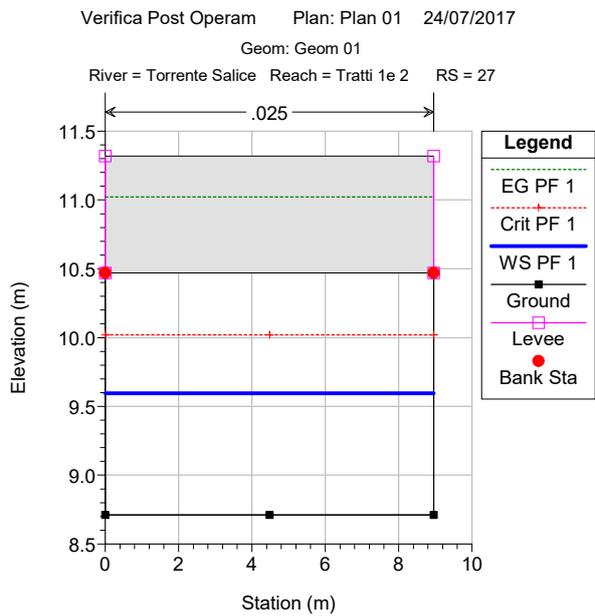
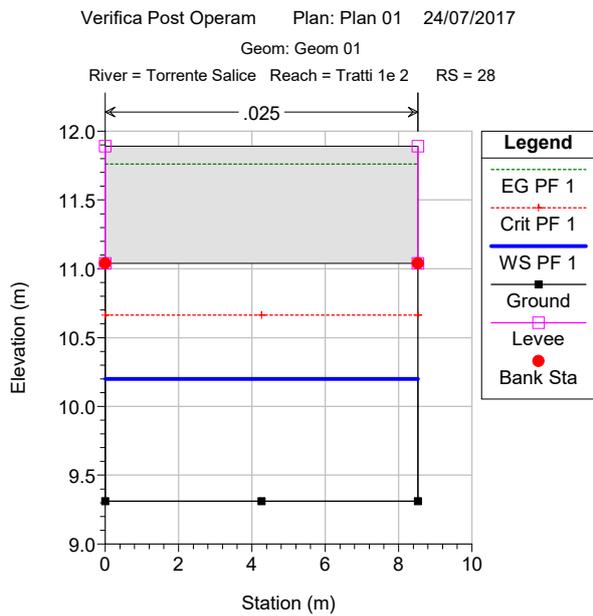
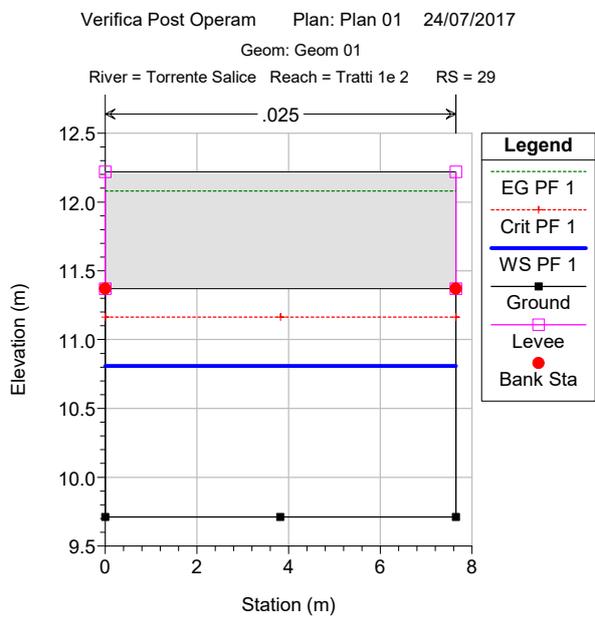
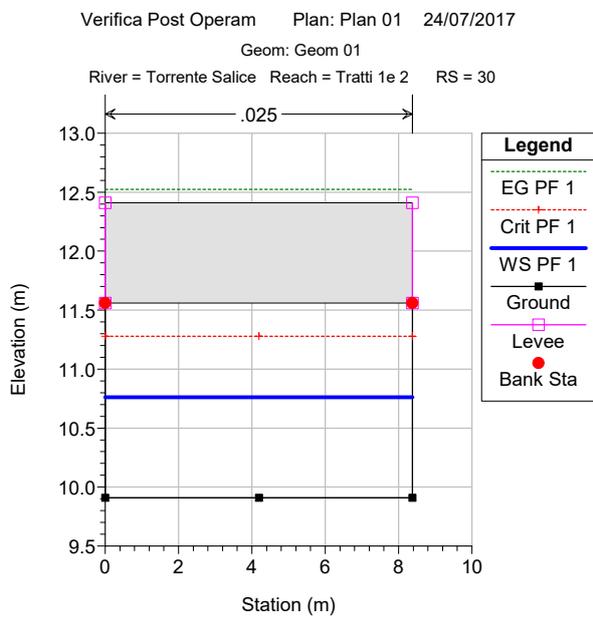
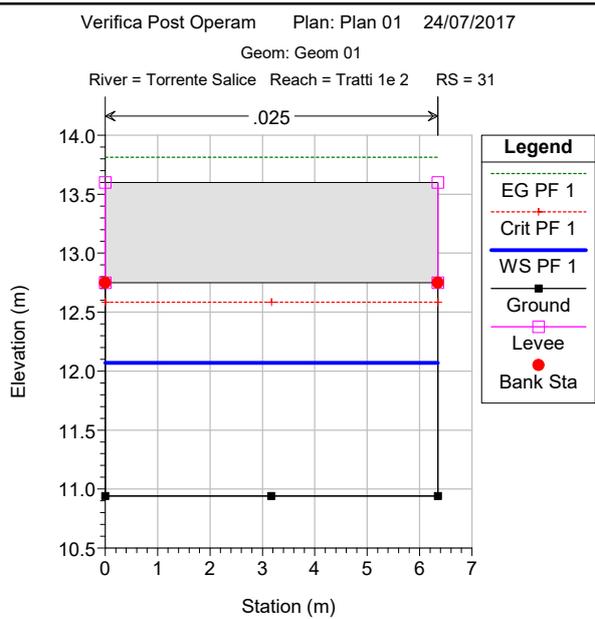
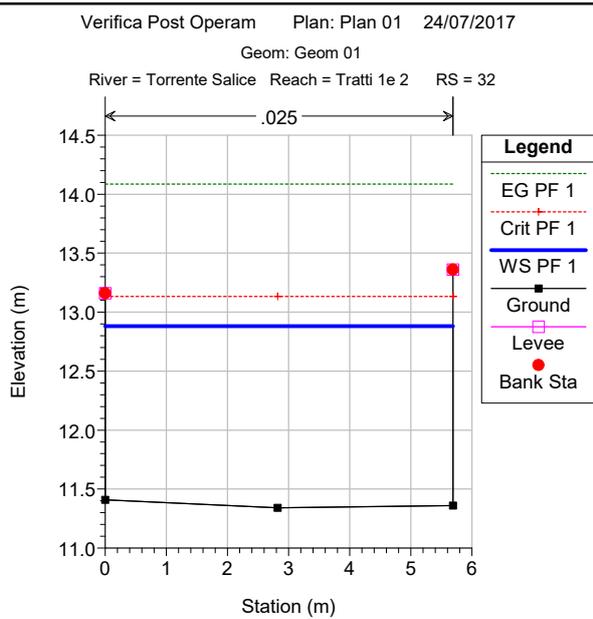
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Torrente Salice Reach: Trattii 1e 2 Profile: PF 1

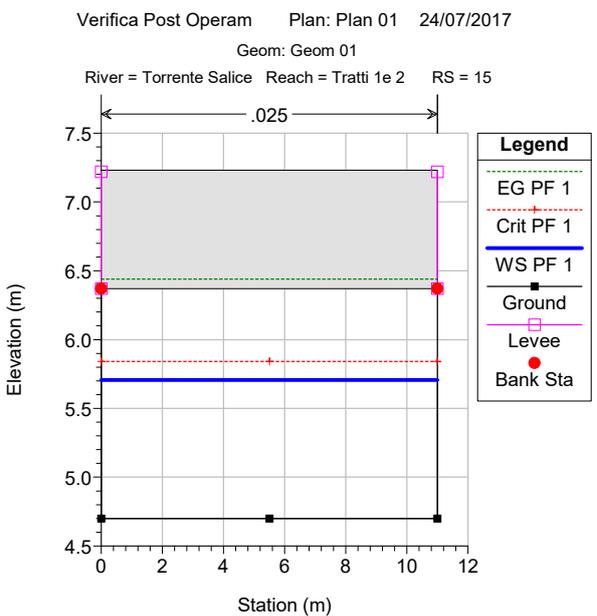
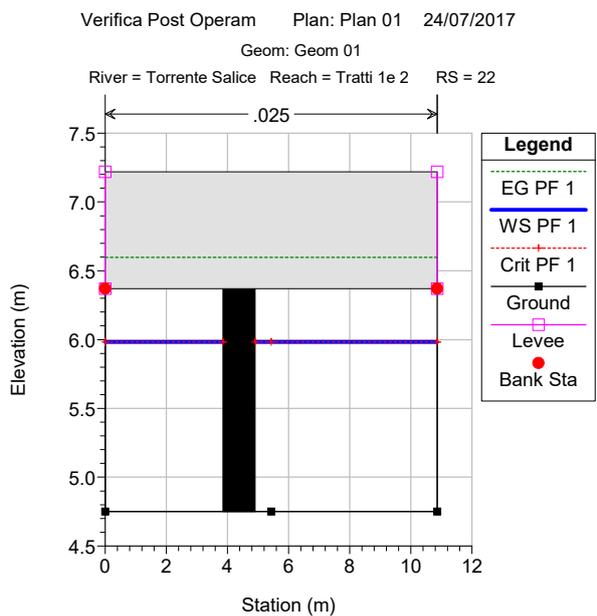
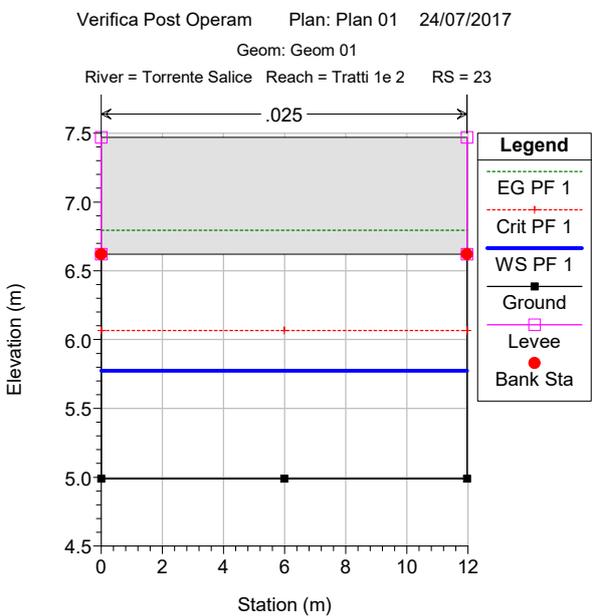
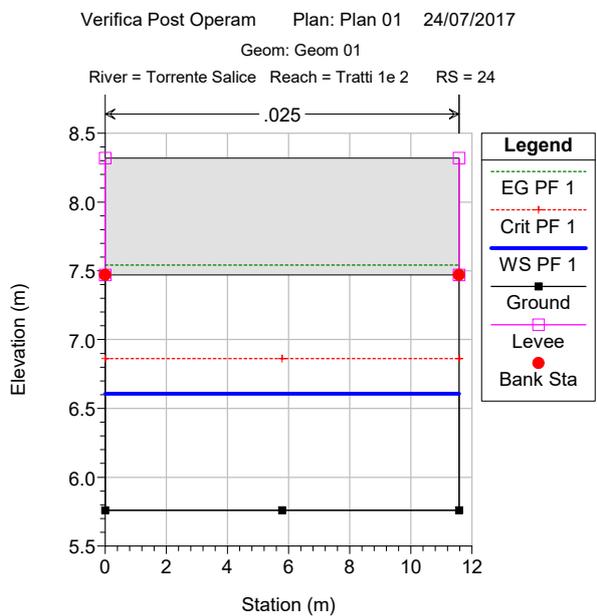
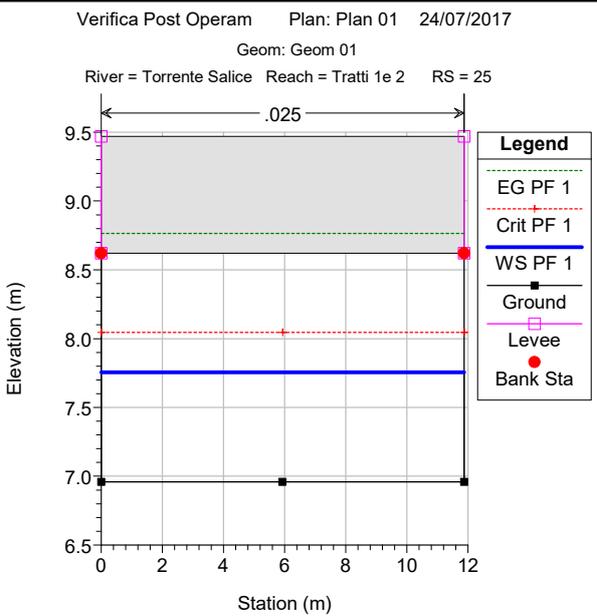
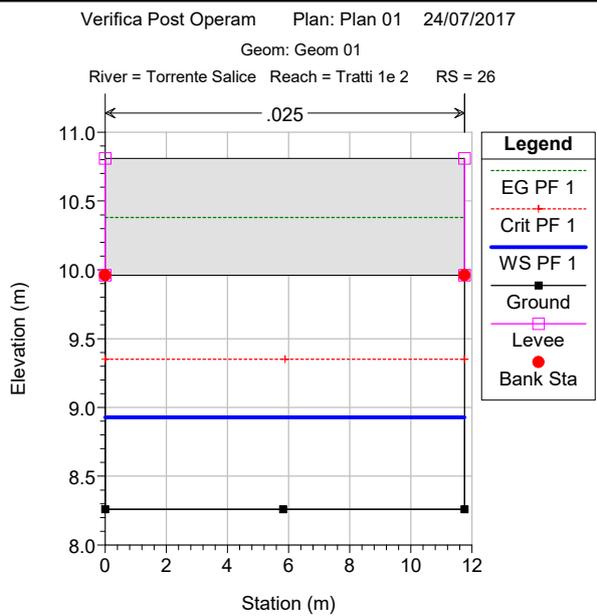
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Trattii 1e 2	50	PF 1	42.00	15.89	17.10	17.63	18.94	0.020012	6.40	7.00	6.00	1.86
Trattii 1e 2	49	PF 1	42.00	15.71	16.95	17.45	18.68	0.018262	6.23	7.22	6.00	1.79
Trattii 1e 2	48	PF 1	42.00	15.34	16.61	17.07	18.25	0.016836	6.08	7.42	6.00	1.72
Trattii 1e 2	47	PF 1	42.00	15.13	16.41	16.87	18.04	0.016600	6.06	7.45	6.00	1.71
Trattii 1e 2	46	PF 1	42.00	15.04	16.31	16.78	17.96	0.016994	6.10	7.39	6.00	1.73
Trattii 1e 2	45	PF 1	42.00	14.72	16.02	16.45	17.59	0.015699	5.96	7.59	6.00	1.67
Trattii 1e 2	44	PF 1	42.00	14.46	15.75	16.20	17.34	0.015837	5.98	7.57	6.00	1.68
Trattii 1e 2	43	PF 1	42.00	14.05	15.22	15.72	16.90	0.018927	5.99	7.45	7.17	1.79
Trattii 1e 2	42	PF 1	42.00	13.81	14.96	15.44	16.60	0.020513	6.28	7.68	8.19	1.87
Trattii 1e 2	41	PF 1	42.00	13.61	14.86	15.28	16.30	0.016280	5.93	8.15	7.90	1.69
Trattii 1e 2	40	PF 1	42.00	13.41	14.58	15.02	16.13	0.017630	5.80	7.63	7.15	1.73
Trattii 1e 2	39	PF 1	42.00	13.21	14.49	14.85	15.84	0.013554	5.49	8.21	6.71	1.55
Trattii 1e 2	38	PF 1	42.00	12.80	14.29	14.57	15.49	0.010193	5.25	8.82	6.77	1.38
Trattii 1e 2	37	PF 1	42.00	12.27	13.67	14.02	15.09	0.013282	5.75	8.08	5.97	1.55
Trattii 1e 2	36	PF 1	42.00	11.72	12.83	13.34	14.55	0.028284	5.81	7.23	7.24	1.85
Trattii 1e 2	35	PF 1	42.00	11.67	12.89	13.33	14.43	0.020182	5.60	7.65	6.51	1.64
Trattii 1e 2	34	PF 1	42.00	11.59	12.95	13.29	14.28	0.015464	5.11	8.21	6.32	1.43
Trattii 1e 2	33	PF 1	42.00	11.47	13.12	13.26	14.17	0.008052	4.87	9.52	6.18	1.23
Trattii 1e 2	32	PF 1	42.00	11.34	12.88	13.13	14.08	0.014878	4.86	8.64	5.69	1.26
Trattii 1e 2	31	PF 1	42.00	10.94	12.07	12.59	13.81	0.027228	5.85	7.18	6.35	1.76
Trattii 1e 2	30	PF 1	42.00	9.91	10.76	11.28	12.52	0.034221	5.88	7.14	8.38	2.03
Trattii 1e 2	29	PF 1	42.00	9.71	10.81	11.16	12.08	0.019232	4.99	8.41	7.65	1.52
Trattii 1e 2	28	PF 1	42.00	9.31	10.20	10.66	11.76	0.028878	5.54	7.58	8.53	1.88
Trattii 1e 2	27	PF 1	42.00	8.71	9.60	10.02	11.02	0.026186	5.29	7.94	8.96	1.80
Trattii 1e 2	26	PF 1	42.00	8.26	8.93	9.35	10.38	0.035140	5.34	7.87	11.76	2.08
Trattii 1e 2	25	PF 1	42.00	6.96	7.76	8.04	8.76	0.019879	4.45	9.44	11.87	1.59
Trattii 1e 2	24	PF 1	42.00	5.76	6.61	6.86	7.54	0.017206	4.29	9.80	11.58	1.49
Trattii 1e 2	23	PF 1	42.00	4.99	5.77	6.07	6.79	0.020368	4.47	9.39	11.97	1.61
Trattii 1e 2	22	PF 1	42.00	4.75	5.98	5.98	6.60	0.009813	3.47	12.09	9.81	1.00
Trattii 1e 2	15	PF 1	42.00	4.70	5.71	5.84	6.44	0.011175	3.80	11.07	11.00	1.21
Trattii 1e 2	14	PF 1	42.00	4.70	5.88	5.88	6.47	0.007583	3.39	12.37	10.50	1.00
Trattii 1e 2	13	PF 1	42.00	3.79	4.57	5.06	6.27	0.035829	5.78	7.27	9.36	2.09
Trattii 1e 2	11		Bridge									
Trattii 1e 2	9	PF 1	42.00	3.40	4.61	4.68	5.33	0.009279	3.75	11.21	9.28	1.09
Trattii 1e 2	8	PF 1	42.00	2.90	3.74	4.17	5.20	0.028153	5.36	7.84	9.32	1.86
Trattii 1e 2	7	PF 1	42.00	2.65	3.49	3.87	4.78	0.024495	5.03	8.36	9.95	1.75
Trattii 1e 2	6		Bridge									
Trattii 1e 2	5	PF 1	42.00	2.65	3.87	3.87	4.48	0.007684	3.46	12.14	9.95	1.00

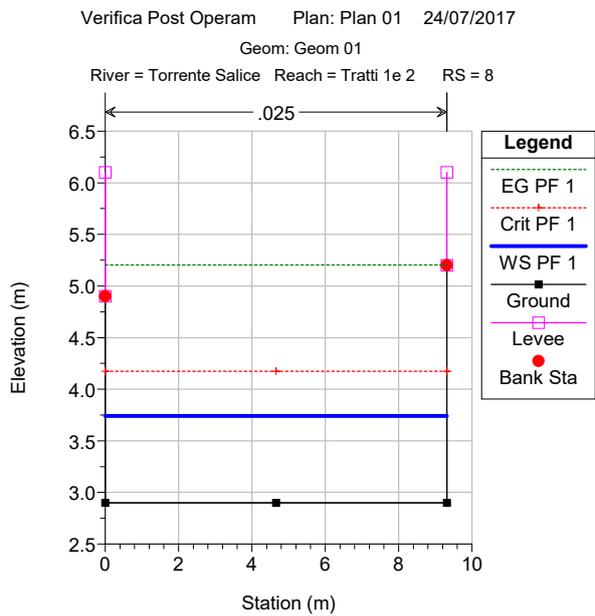
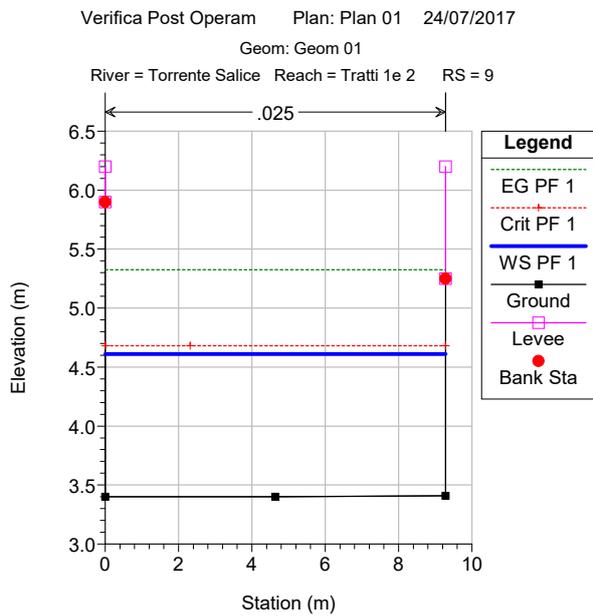
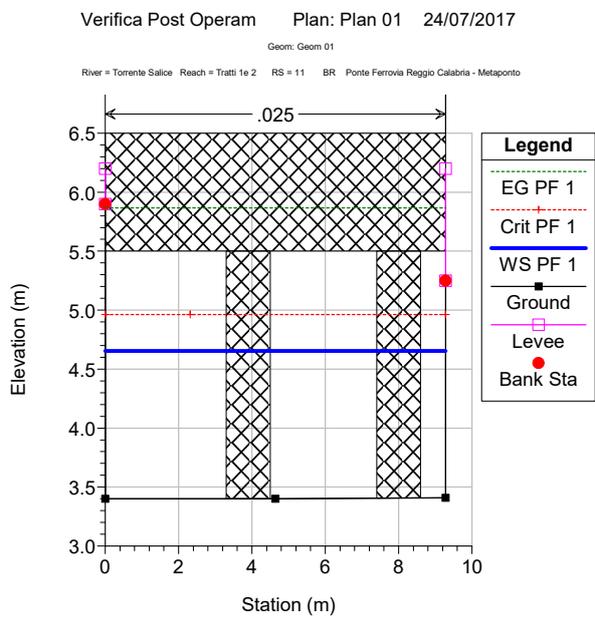
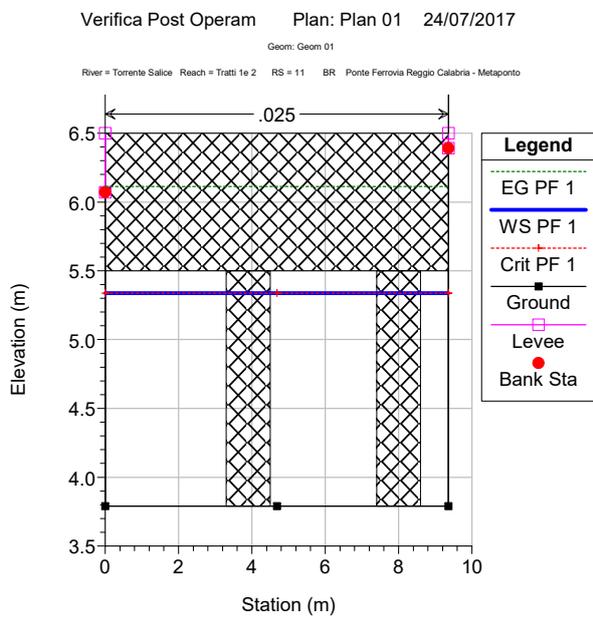
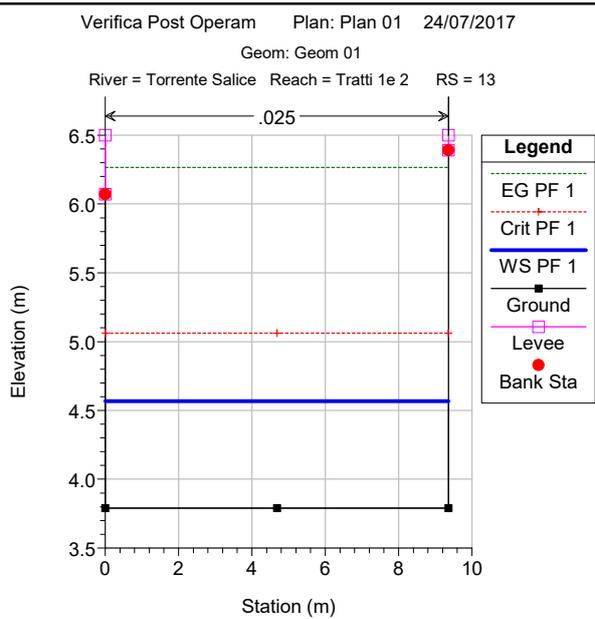
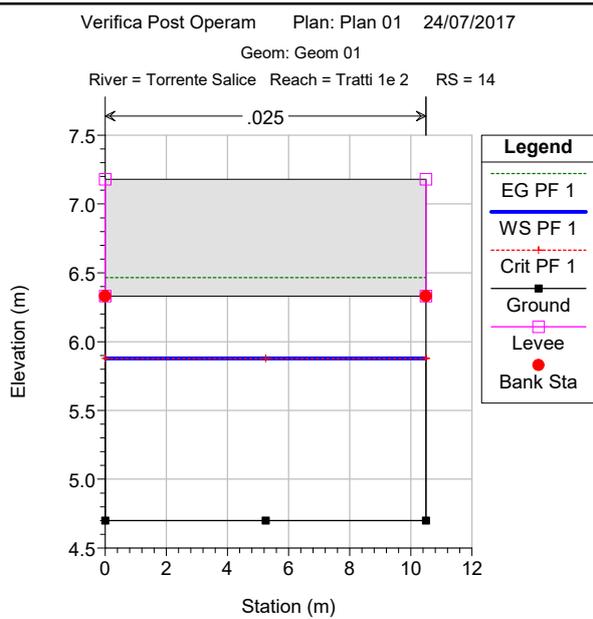




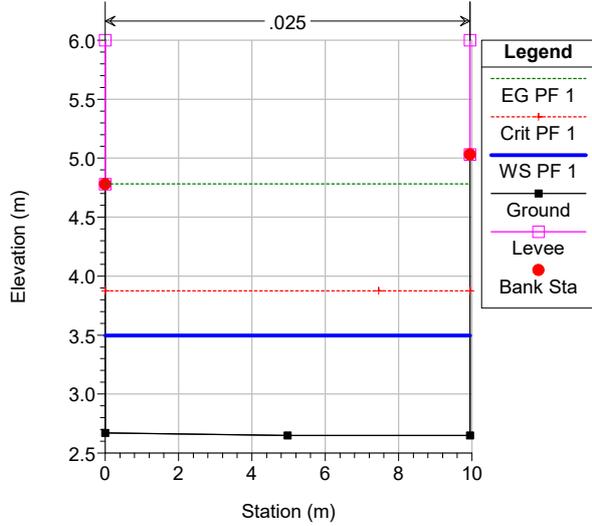




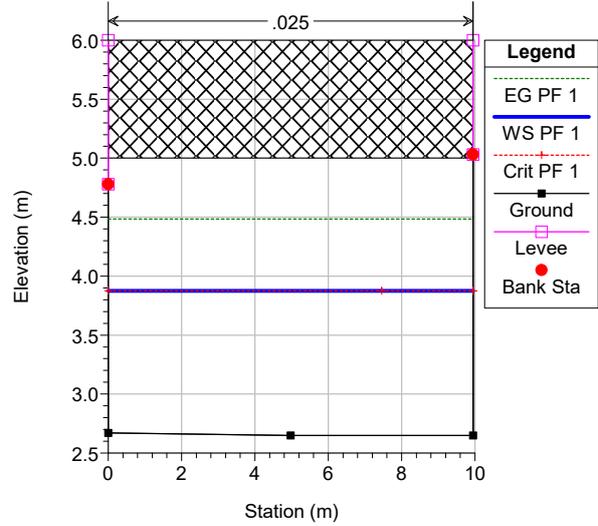




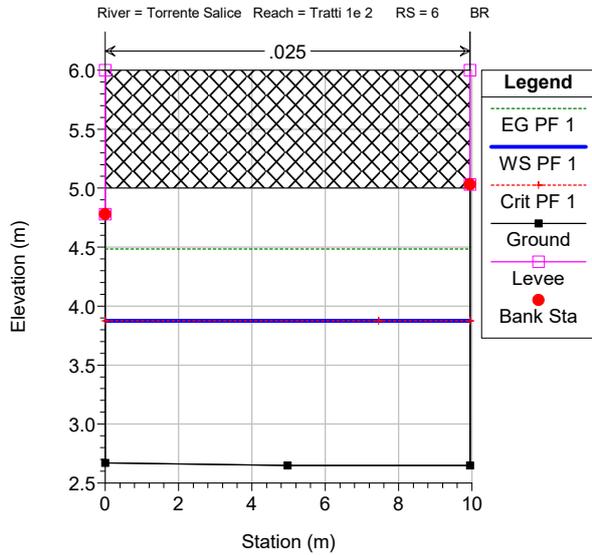
Verifica Post Operam Plan: Plan 01 24/07/2017
Geom: Geom 01
River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 7



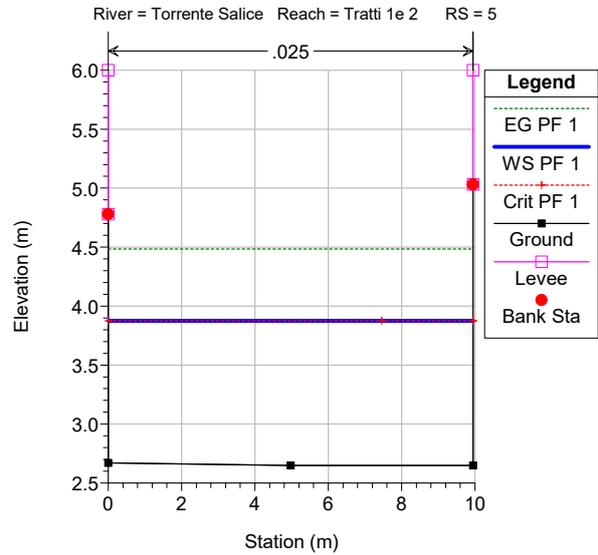
Verifica Post Operam Plan: Plan 01 24/07/2017
Geom: Geom 01
River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 6 BR



Verifica Post Operam Plan: Plan 01 24/07/2017
Geom: Geom 01
River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 6 BR



Verifica Post Operam Plan: Plan 01 24/07/2017
Geom: Geom 01
River = Torrente Salice Reach = Tratti 1e 2 RS = 5



1.1. Conclusioni

I paragrafi precedenti hanno riguardato l'implementazione dei dati geometrici ed idraulici relativi al torrente Salice oggetto del completamento della sistemazione fluviale.

Analizzando i risultati della situazione ante operam, ovvero prima del miglioramento delle sezioni trasversali, grazie alla realizzazione di un muro d'argine e della pavimentazione in calcestruzzo, è possibile notare che:

- all'interno del torrente la corrente è veloce, infatti il numero di Froude (rapporto tra forza di inerzia e forza peso) si mantiene, per tutte le sezioni definite, maggiore dell'unità. In particolare, il numero di Froude è definito analiticamente come:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}} \begin{cases} < 1 \text{ corrente lenta} \\ > 1 \text{ corrente veloce} \\ = 1 \text{ corrente in condizioni di stato critico} \end{cases}$$

con V [m/s] velocità media della corrente, $c = \sqrt{g y}$ [m] è la celerità relativa di una piccola perturbazione;

- le velocità medie si mantengono sui 5 m/s sia a monte che a valle;
- il tratto intubato non crea particolari effetti sulla corrente, che riesce a defluire verso valle in maniera regolare. Nel profilo di corrente, si nota che prima del tratto intubato, il pelo libero subisce un rigurgito, probabilmente dovuto al fatto che la corrente acquista energia per far fronte alla causa perturbatrice posta a valle, ovvero il tratto intubato. Allo stesso modo in corrispondenza dei due ponti inseriti, non si notano nel pelo libero modifiche particolari;
- le rampe di accesso ai fabbricati, che caratterizzano il tratto di torrente a monte, creano particolari disturbi alla corrente, il cui deflusso perciò non risulta essere regolare.

Al contrario, facendo riferimento ai risultati post operam, quindi una volta implementate le sezioni a monte con il muro d'argine sul lato destro per tutta la lunghezza interessata, migliorata la pavimentazione sia del suddetto tratto sia di un piccolo tratto a valle, si può concludere che:

- i numeri di Froude rimangono maggiori dell'unità, perciò la corrente risulta anche in questo caso veloce;
- le velocità, in questo caso, oscillano tra i 6 m/s nel tratto a monte e i 5 m/s per tutto il tratto di valle;
- il profilo della corrente è molto più regolare, soprattutto a monte, prima del tratto intubato in cui le sezioni trasversali sono state regolarizzate con la realizzazione dell'argine destro e con

l'eliminazione delle rampe di ingresso ai fabbricati e di una costruzione che occupava una parte della sezione del corso del torrente, che al contrario doveva essere destinata al deflusso della corrente verso valle. Come la precedente verifica ante operam, il pelo libero della corrente rigurgita per acquistare energia prima del tratto intubato. A valle, in corrispondenza dei due ponti la corrente non subisce particolari effetti.

In sostanza, gli interventi di realizzazione dei muri di sponda a monte, di eliminazione delle rampe di accesso e del fabbricato, che ostacolava il flusso della corrente verso valle, causando erosioni del fondo e depositi lungo il letto del torrente, migliorano, anche se di poco, la situazione della corrente verso lo sbocco a mare. In questo modo, lungo il corso del torrente il flusso d'acqua non erode il fondo e non si arricchisce di sedimenti depositandoli durante il suo cammino, bensì vengono trasportati verso valle, andando ad arricchire la spiaggia naturalmente.

Reggio Calabria, ottobre 2017

Ing Francesco Oliva