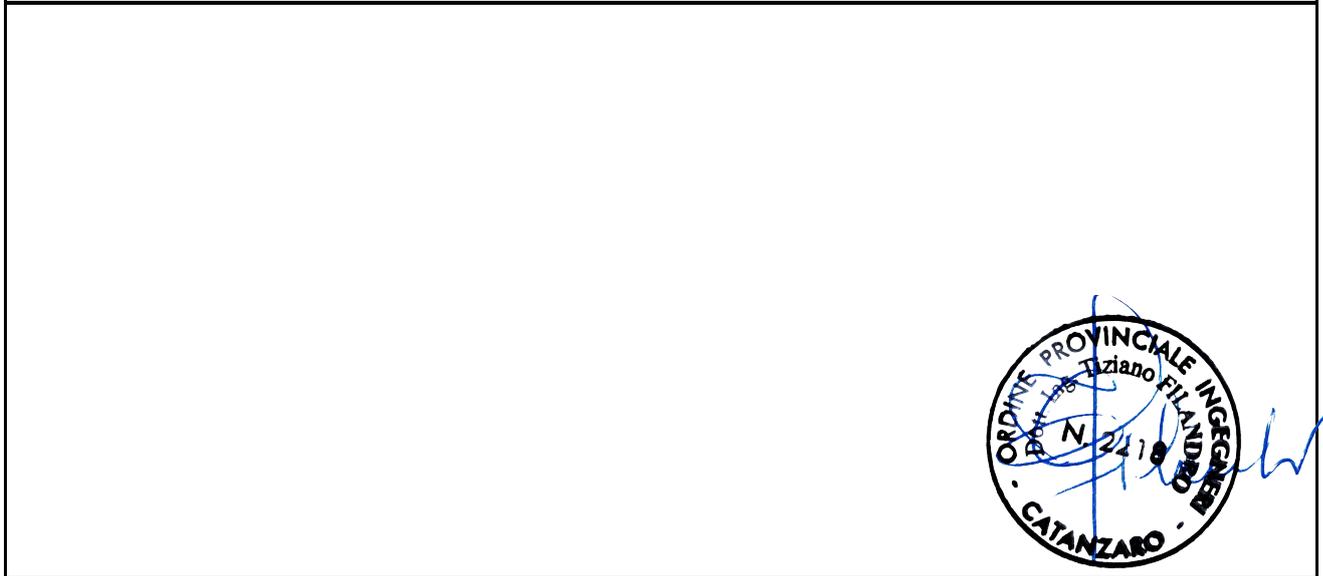


<b>Contraente:</b> 	<b>Progetto:</b> RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO – TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") – DP 75 BAR – FASE 2		<b>Cliente:</b> 
	<b>N° Contratto :</b> <b>N° Commessa :</b> NR/19188		
<b>N° documento:</b> 03858-PPL-RE-000-0038	<b>Foglio</b> 1 di 31	<b>Data</b> 18-03-2020	<b>N° documento Cliente:</b> RE-CITO-038



STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA  
FIUME TORTO



00	18-03-2020	EMISSIONE	QUARTARONE	FILANDRO	PEDINI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio di 2 31	Rev.:				RE-CITO-038
		00				

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Individuazione del bacino idrografico.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Massima portata di progetto.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>Studio idraulico.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>14</b>
	<b>ANNESSO 1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA.....</b>	<b>15</b>
	<b>ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS.....</b>	<b>24</b>
	<b>ANNESSO 3: TABELLE DI LETTERATURA.....</b>	<b>31</b>

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 3 di 31	Rev.:				RE-CITO-038
		00				

## 1 PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche di un tratto vallivo del fiume Torto, necessarie per la verifica di compatibilità idraulica della nuova condotta in acciaio "Met. Gagliano – Termini Imerese DN 300 (16") DP 75 bar", inerente al progetto del rifacimento del "Metanodotto Gagliano – Termini Imerese DN400/300 (16"/12") – DP 75 bar – Fase 2", che interferisce con aree indicate con livello di pericolosità P3 nel Piano per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Torto.

Il bacino idrografico del fiume Torto si estende nel versante settentrionale della Sicilia per una superficie complessiva di circa 423 Km<sup>2</sup>.

Geograficamente il bacino si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini a Ovest; dal punto di vista idrografico, invece, esso confina con il bacino del Fiume Imera Settentrionale, a sud con il bacino del Fiume Platani, a ovest con il bacino del Fiume San Leonardo

Il bacino idrografico del Fiume Torto presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, sviluppando il suo territorio tra due complessi montuosi (Madonie e Monti di Termini) e comprendendo anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani.

Gran parte del Monte San Calogero risulta compreso all'interno del bacino idrografico in corrispondenza dell'ultima sua porzione, in sinistra orografica. Le quote maggiori si riscontrano proprio con la cima di questo monte (circa 1370 m s.l.m.), mentre nella parte alta del bacino le quote diminuiscono, con valori massimi di poco superiori ai 900 metri s.l.m.

Tra gli elementi che determinano l'andamento dell'asta principale e dei suoi affluenti principali si ricordano: la dorsale di Monte Roccelito (destra orografica, 1145 m s.l.m.) e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco; la dorsale nord-sud denominata La Montagna che a partire dall'abitato di Roccapalumba e fino al nucleo abitato di Sambuchi, delimita ad ovest il bacino idrografico; le alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, La Montagna (Alia) e Serra Tignino che caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

Il PAI del bacino idrografico del Fiume Torto (031) è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Siciliana. La carta della pericolosità idraulica allegata al PAI (CTR 609020) individua una fascia (dalla stazione ferroviaria di Cerda fino alla foce) con diversi livelli di pericolosità P3 (alta), P2 (moderata) P1 (bassa). Il tracciato del metanodotto in progetto dovrà attraversare in subalveo alcune di queste aree (Fig. 1-1).

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 4 di 31	Rev.:	00					RE-CITO-038
--	-------------------	-------	----	--	--	--	--	-------------



**Fig. 1-1 - Tracciato del metanodotto di progetto e interferenza con aree di pericolosità idraulica PAI**

Il presente studio è finalizzato nel verificare la compatibilità idraulica dell'intervento in ottemperanza a quanto richiesto dalle norme di attuazione del PAI. Inoltre, studio si pone l'obiettivo di valutare le condizioni di deflusso (con e senza intervento) in corrispondenza di una portata corrispondente ad un evento con tempo di ritorno 300 anni, il più elevato tra quelli presi in considerazione nella redazione del PAI.

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio di 5            31	Rev.:					RE-CITO-038
		00					

## 2 CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO

Come anticipato in premessa, il progetto prevede la posa del "Metanodotto Gagliano-Termini Imerese DN300 (12") – DP 75 bar – Fase 2" parallelamente all'alveo e attraversa un'area, per un tratto di circa 130 metri in sinistra idraulica, che il PAI individua con livello di pericolosità P3.

La posa della nuova condotta verrà eseguita tramite scavo a cielo aperto ad una profondità variabile.

Per il dettaglio degli interventi e le caratteristiche costruttive degli stessi si rimanda agli elaborati grafici di progetto (doc. AT-134).

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

6 di 31

Rev.:

00

RE-CITO-038

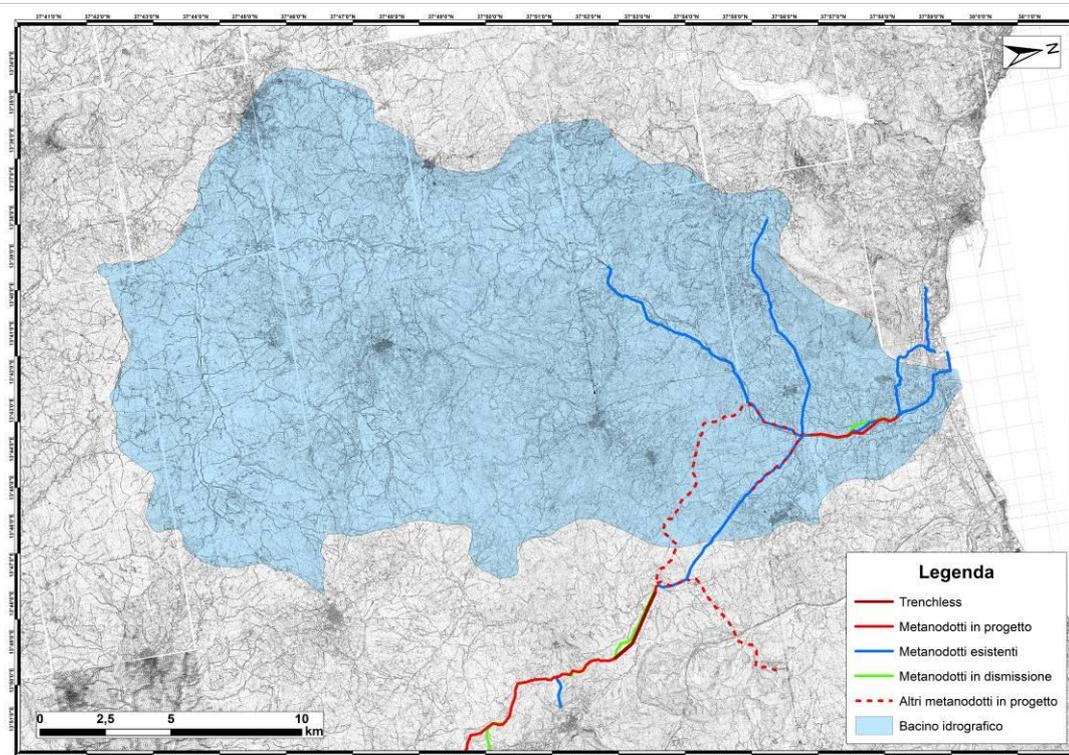
### 3 STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

#### 3.1 Individuazione del bacino idrografico

Per la determinazione della portata di calcolo si è fatto riferimento a quanto determinato nella relazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Torto.

La sezione di interesse si trova in un tratto prossimo alla foce e, pertanto, per la valutazione della portata di piena si può fare riferimento a quella generata dall'intero bacino idrografico calcolata dal PAI.

Nella figura sottostante viene riportato il bacino idrografico del fiume Torto:



**Fig. 3-1 - Bacino idrografico del torrente Fiume Torto alla sezione di interesse.**

Per il bacino idrografico in esame si riportano le seguenti caratteristiche estratte dalla relazione del PAI:

Superficie [kmq]	419,7
Altezza sommità bacino [m.s.m.]	1326
Altezza sezione chiusura bacino [m.s.m.]	32
Lunghezza asta [m]	57.000
Altezza media bacino [m.s.m.]	487

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 7 di 31	Rev.:				RE-CITO-038
		00				

### 3.2 Massima portata di progetto

Si fa riferimento alla tabella 4.6 della relazione del PAI:

**Tabella 4.6** Valori delle portate al colmo di piena ( $Q_t$ ), per fissati tempi di ritorno, in corrispondenza di alcune sezioni del F. Torto considerate nello schema di calcolo HMS.

Sezione di Calcolo N°	Codice sezione HMS	Superficie Drenata (km <sup>2</sup> )	$Q_{\tau=50}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\tau=100}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\tau=300}$ (m <sup>3</sup> /s)
1	JR240	170,7	446,99	532,03	669,76
2	JR180	281,0	614,36	729,96	917,54
3	JR60	389,7	694,54	822,44	1029,60
4	Foce	419,7	696,2	825,13	1034,30

E si fissa pertanto:

$$\begin{aligned}
 Q_{300 \text{ anni}} &= 1.034,30 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_{100 \text{ anni}} &= 825,13 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_{50 \text{ anni}} &= 696,20 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

### 3.3 Studio idraulico

Il calcolo in moto permanente è stato eseguito tramite elaboratore elettronico con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras, per le cui caratteristiche si rimanda all'Annesso 2, mentre per i dettagli su posizione delle sezioni modellate si rimanda all'Annesso 1. **La lunghezza complessiva del tratto modellato è di circa 800 m.**

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

La modellazione è stata eseguita direttamente nello stato di progetto, essendo previsto il sostanziale ripristino dell'andamento delle sponde esistenti.

Nella fincatura superiore delle sezioni riportate nelle pagine seguenti sono riportati i valori di scabrezza (secondo Manning) utilizzati per i vari tratti (Chow), fissati secondo le indicazioni riportate nella Tab. 3-1 (tratta dal PAI della Regione Siciliana).

In generale si è fissato un coefficiente di Manning pari a 0,10 per l'alveo di magra e aree golenali laddove sono presenti arbusti e un coefficiente pari a 0,035 per le fasce più esterne che sono caratterizzati da terreni coltivati o adibiti a pascolo.

Ai fini della modellazione del terreno si è utilizzato il DEM della Regione Siciliana con maglia 2 m x 2 m integrato con rilievi topografici condotti in situ.

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 8 di 31	Rev.:				RE-CITO-038
		00				

Tab. 3-1 - Valori caratteristici di scabrezza.

*Valori del coefficiente di scabrezza di Manning [ $m^{-1/3}\cdot s$ ] (Chow, 1959)*

		minimo	normale	massimo
<b>A.</b>	<b>CORSI D'ACQUA NATURALI</b>			
	<i>Corsi d'acqua minori (tirante inferiore a 3,5m)</i>			
<b>1.</b>	<b>Corsi d'acqua di pianura</b>			
a.	Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati	0.025	0.030	0.033
b.	Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati, con sassi e sterpaglia	0.030	0.035	0.040
c.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi	0.033	0.040	0.045
d.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e pietre	0.035	0.045	0.050
e.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, in magra	0.040	0.048	0.055
f.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e più pietrame	0.045	0.050	0.060
g.	Tratti lenti, sterpaglia e buche profonde	0.050	0.070	0.080
h.	Tratti molto erbosi, buche profonde e grossi arbusti e cespugli	0.070	0.100	0.150
<b>2.</b>	<b>Aree golenali</b>			
a.	A pascolo senza vegetazione arbustiva	0.025	0.030	0.050
b.	Aree coltivate	0.020	0.035	0.050
c.	Con vegetazione arbustiva spontanea	0.035	0.070	0.160
d.	Con vegetazione arborea coltivata	0.030	0.060	0.120
<b>3.</b>	<b>Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde ripide alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene</b>			
a.	Fondo: ghiaia, ciottoli e massi sparsi	0.030	0.040	0.050
b.	Fondo: ciottoli e massi grossi	0.040	0.050	0.070
<b>B.</b>	<b>CANALI ARTIFICIALI</b>			
<b>1.</b>	<b>Canali in terra liscia ed uniforme</b>			
a.	Puliti, scavata di recente	0.016	0.018	0.020
b.	Puliti, dopo prolungata esposizione	0.018	0.022	0.025
c.	Ghiaia, sezione uniforme, pulita	0.022	0.025	0.030
d.	Erba corta, pochi cespugli	0.022	0.027	0.033
<b>2.</b>	<b>Canali in terra con ondulazioni o irregolari</b>			
a.	Senza vegetazione	0.023	0.025	0.030
b.	Con erba e pochi cespugli	0.025	0.030	0.033
c.	Cespugli o piante acquatiche in canali profondi	0.030	0.035	0.040
d.	Fondo in terra e sponde in pietrisco	0.028	0.030	0.035
e.	Fondo in pietrame e sponde in cespugli	0.025	0.035	0.040
f.	Fondo in ciottoli e sponde pulite	0.030	0.040	0.050
<b>3.</b>	<b>Canali scavati o dragati</b>			
a.	Senza vegetazione	0.025	0.028	0.033
b.	Cespugli sparsi sulle sponde	0.035	0.050	0.060
<b>4.</b>	<b>Canali in roccia</b>			
a.	Lisci ed uniformi	0.025	0.035	0.040
b.	Frastagliati ed irregolari	0.035	0.040	0.050
<b>5.</b>	<b>Canali senza manutenzione, sterpaglia e cespugli</b>			
a.	Sterpaglia densa, alta quanto il tirante idrico	0.040	0.050	0.080
b.	Fondo pulito cespugli sulle sponde	0.045	0.070	0.110
c.	Fondo pulito, cespugli sulle sponde, in piena	0.050	0.080	0.120
d.	Cespugli densi ed acque profonde	0.080	0.100	0.140

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

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio di 9            31	Rev.:					RE-CITO-038
		00					

- WS Tr 50      Quota acqua per portata con tempo di ritorno 50 anni;
- Crit 50       Altezza critica per portata con tempo di ritorno 50 anni;
- WS Tr 100    Quota acqua per portata con tempo di ritorno 100 anni;
- Crit 100      Altezza critica per portata con tempo di ritorno 100 anni;
- WS Tr 300    Quota acqua per portata con tempo di ritorno 300 anni;
- Crit 300      Altezza critica per portata con tempo di ritorno 300 anni;
- Ground       Fondo alveo;
- Levee         Argine;
- Bank sta      Ciglio alveo;

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

10 di 31

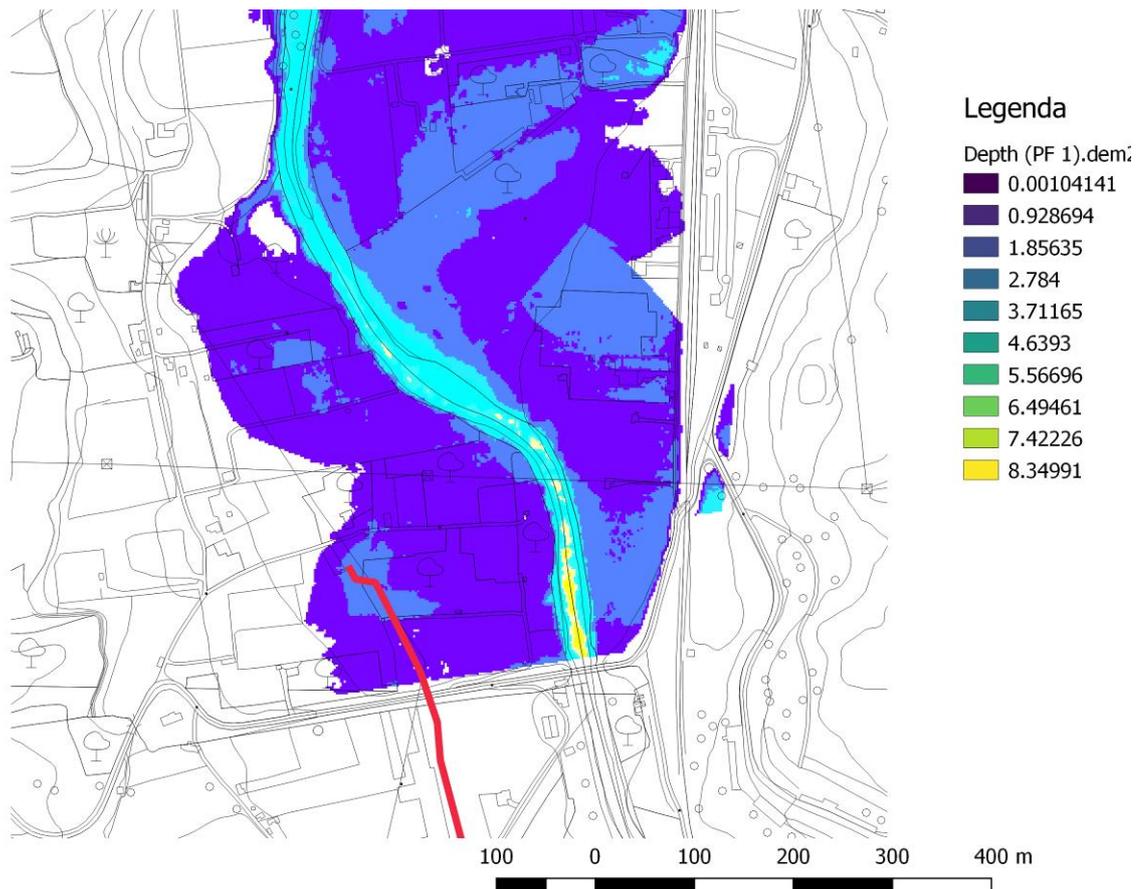
Rev.:

00

RE-CITO-038

#### 4 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

I risultati della simulazione idraulica sono riassunti nella planimetria di Fig. 4-1, che riporta le profondità della piena per l'evento più gravoso corrispondente ad un evento con tempo di ritorno 300 anni.



**Fig. 4-1 - Aree inondate per eventi con tempo di ritorno 300 anni.**

Nell'annesso 1 sono riportati:

- la planimetria del tratto oggetto della modellazione
- il profilo longitudinale con il livello idrico corrispondente al deflusso delle 3 portate con i 3 tempi di ritorno;
- le sezioni di calcolo per i 3 tempi di ritorno
- le tabelle riepilogative con i parametri idraulici delle portate con i 3 tempi di ritorno

In Fig. 4-2 è riportata la sezione di deflusso in corrispondenza del tratto di metanodotto in progetto per eventi con tempo di ritorno 50, 100 e 300 anni.

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
11 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038

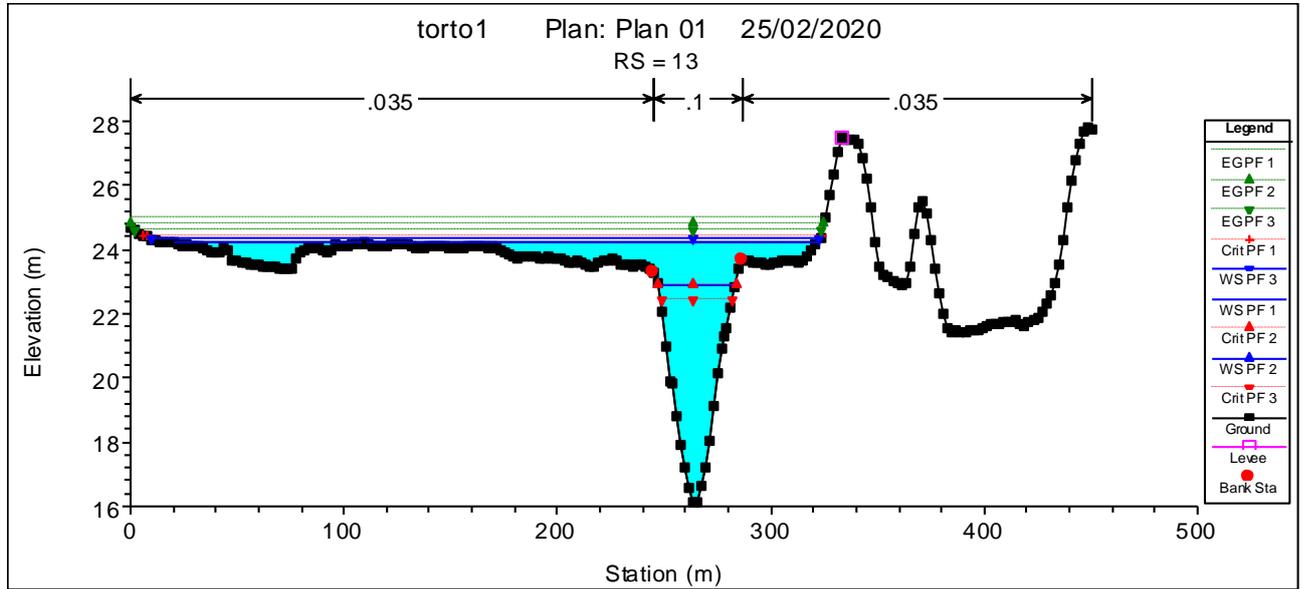


Fig. 4-2 - Sezione trasversale in corrispondenza del tratto in progetto.

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

12 di 31

Rev.:

00

RE-CITO-038

**5 COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

Le Norme di Attuazione del PAI consentono la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico esistenti, purché compatibili con il livello di pericolosità esistente.

In particolare si riporta quanto dettato dall'art. 11 delle Norme di Attuazione del PAI:

***Disciplina delle aree a pericolosità idraulica***

1. *Nelle aree a pericolosità idraulica P4 e P3 sono vietate tutte le opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, relativamente agli elementi individuati in E4 ed E3.*
2. *In queste aree, la realizzazione di elementi inseriti nelle classi E4 ed E3 è subordinata all'esecuzione degli interventi necessari alla mitigazione dei livelli di rischio atteso e pericolosità esistenti.*
3. *La documentazione tecnica comprovante la realizzazione degli interventi di riduzione della pericolosità dovrà essere trasmessa all'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente che, previa adeguata valutazione, provvederà alle conseguenti modifiche.*
4. *In queste aree sono esclusivamente consentiti:*
  - a) *I cambi colturali, purché non interessino un' ampiezza dal ciglio della sponda adeguata all'area potenzialmente inondabile;*
  - b) *Gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
  - c) *Le opere di difesa, di sistemazione e di manutenzione idraulica, atte a mitigare il rischio;*
  - d) *Eccezionalmente, la realizzazione di nuovi interventi infrastrutturali e nuove opere pubbliche a condizione che sia incontrovertibilmente dimostrata l'assenza di alternative di localizzazione e che sia compatibile con la pericolosità dell'area;*
  - e) *Nuove costruzioni necessarie per la conduzione aziendale delle attività agricole esistenti, non localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili rispetto al livello idrico definito dalla piena di riferimento;*
  - f) *Gli interventi relativi ad attività di tempo libero compatibili con la pericolosità idraulica della zona, che non comportino edificazione o riduzione della funzionalità idraulica e purché siano attivate opportune misure di allertamento;*
  - g) *Occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena. Gli interventi di cui all'articolo 20, comma 1, lettera d) della legge regionale 27 dicembre 1978, n. 71, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione dell'attuale capacità d'invaso delle aree stesse;*
  - h) *La realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili***

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 13 di 31	Rev.:	00						RE-CITO-038
--	--------------------	-------	----	--	--	--	--	--	-------------

**con il livello di pericolosità esistente. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica redatto secondo gli indirizzi contenuti nell'Appendice "B";**

- i) I depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.
5. Nelle aree a pericolosità P4 e P3, l'attività edilizia e di trasformazione del territorio, contenuta negli strumenti urbanistici generali o attuativi, relativa agli elementi E1 ed E2, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica. A tal fine, gli Enti locali competenti nella redazione degli strumenti urbanistici, predispongono e trasmettono all'Assessorato Territorio e Ambiente uno studio di compatibilità idraulica. Gli studi sono redatti sulla base degli indirizzi contenuti nell'Appendice "B".
  6. Gli studi sono sottoposti al parere dell'Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente che si esprime in merito alla compatibilità con gli obiettivi del P.A.I..
  7. Nelle suddette aree non è consentito l'uso abitativo e commerciale dei locali interrati e/o seminterrati degli edifici da realizzare, né è consentita la modifica di destinazione nei locali interrati e/o seminterrati degli edifici esistenti.
  8. Nelle aree a pericolosità P2, P1 e P0, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio idrologico-idraulico, esteso ad un ambito significativo, con il quale si dimostri la compatibilità fra l'intervento ed il livello di pericolosità esistente.
  9. Tutti gli studi di cui ai commi precedenti devono tener conto degli elaborati cartografici del P.A.I., onde identificare le interazioni fra le opere previste e le condizioni idrauliche dell'area.

Le opere di progetto sono costituite dalla posa di tubazioni in acciaio interrate, realizzate con scavo a cielo aperto in sostituzione delle tubazioni posate diversi decenni fa.

Le verifiche idrauliche, condotte mediante l'applicazione di un modello di simulazione monodimensionale e in conformità a quanto contenuto nell'appendice B alla relazione Generale del PAI, sono volte a dimostrare la compatibilità dell'intervento rispetto al livello di pericolosità così come disposto dall'art. 11, comma 4, lettera h) sopra riportato.

La realizzazione dell'intervento non comporterà alcuna mutazione dello stato dei luoghi dato che si tratta di opere completamente interrate.

In definitiva si dimostra la perfetta compatibilità idraulica dell'intervento rispetto alle indicazioni del PAI.

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 14 di 31	Rev.:					RE-CITO-038
		00					

## 6 CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto al fine di verificare la compatibilità idraulica della condotta di nuova progettazione “Met. Gagliano – Termini Imerese DN 300 (16”) – DP 75 bar”, inerente al progetto del “Rifacimento Met. Gagliano – Termini Imerese DN 400/300 (16”/12”) – DP 75 bar - Fase 2”, la quale interferisce con aree a pericolosità idraulica moderata P3 censite nell’ambito del Piano Stralcio d’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione Sicilia.

Le verifiche condotte, nella configurazione di progetto sopra descritta, hanno evidenziato che in occasione di piene corrispondenti a eventi di pioggia con Tr 300 anni, la posa della condotta è compatibile con le indicazioni del P.A.I.

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

15 di 31

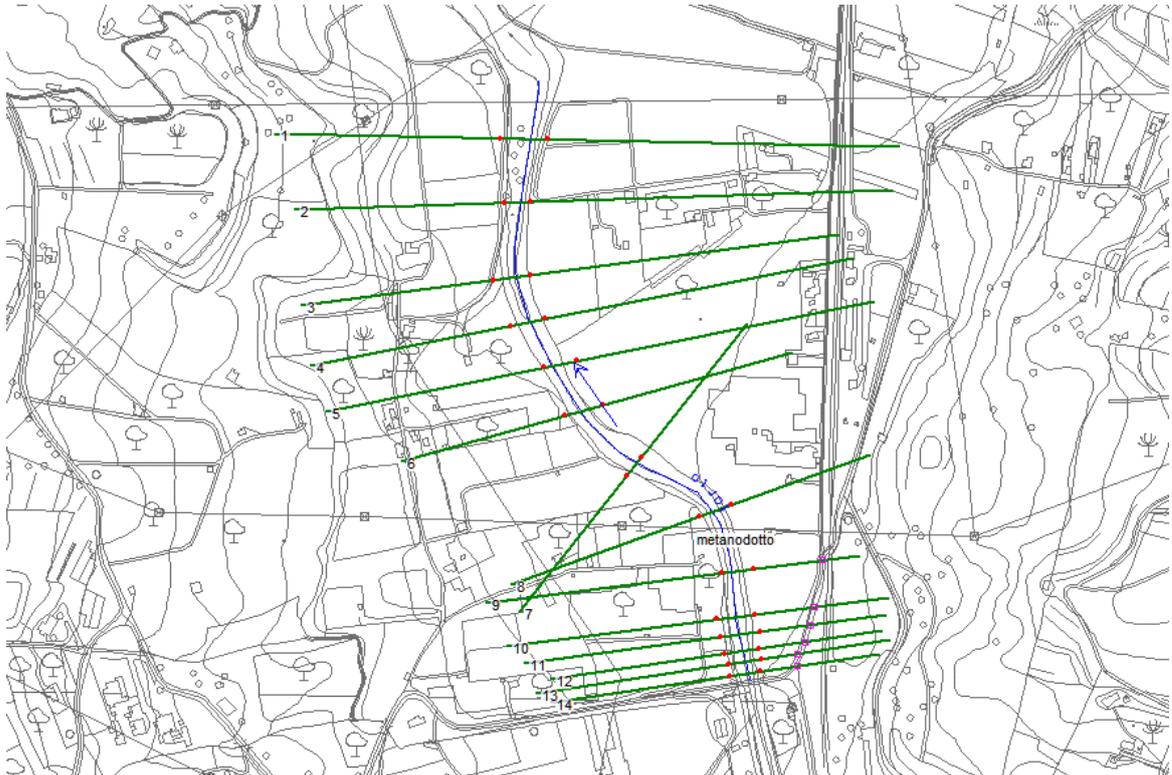
Rev.:

00

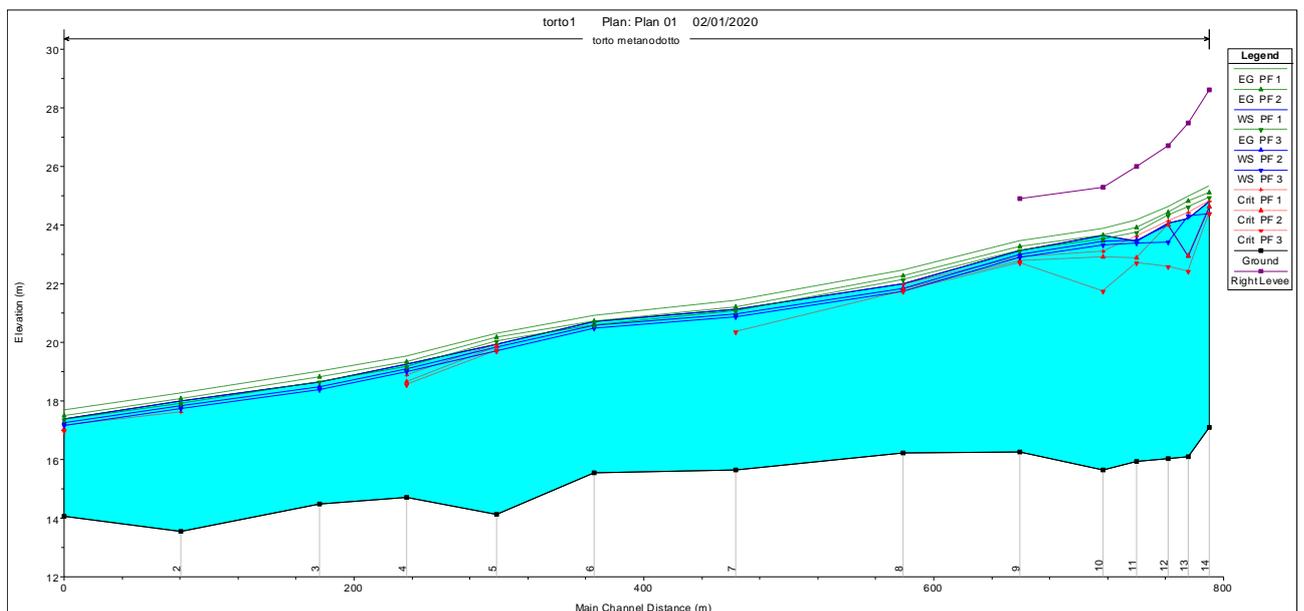
RE-CITO-038

ANNESSO 1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

PLANIMETRIA DEL TRATTO MODELLATO



PROFILO



STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

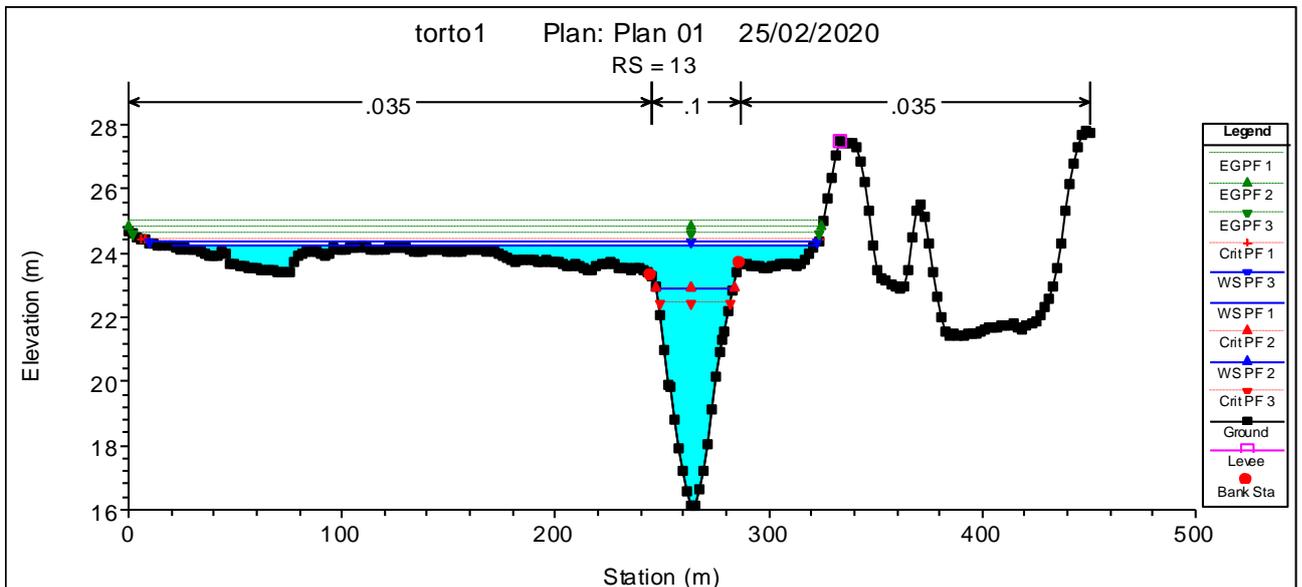
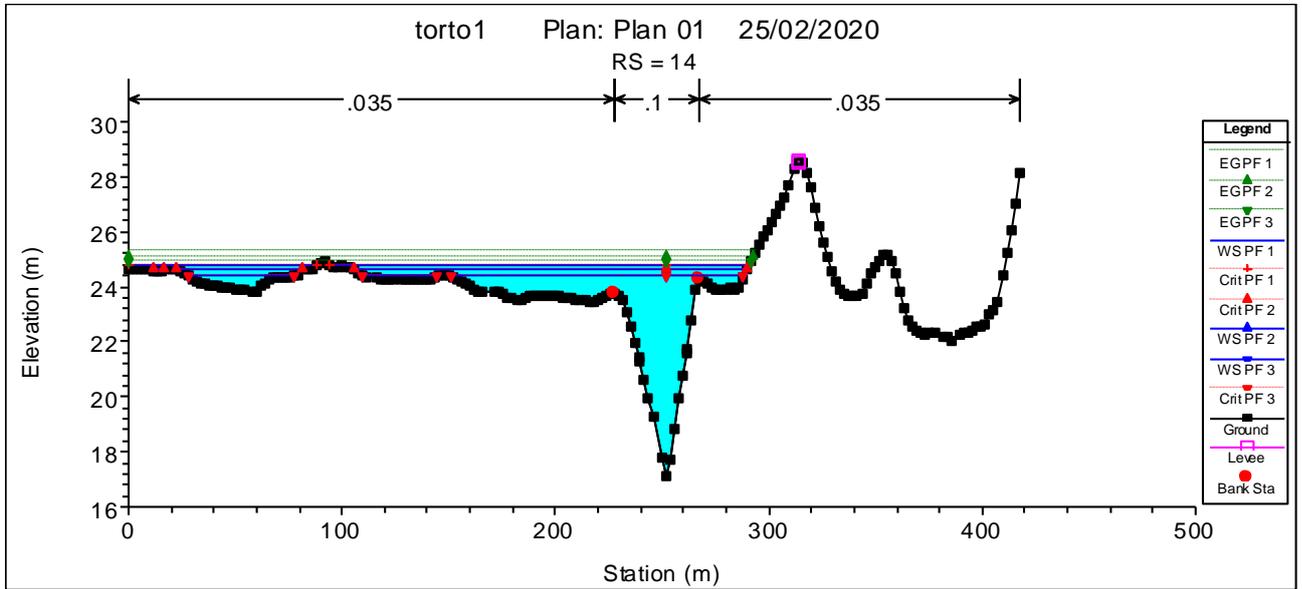
16 di 31

Rev.:

00

RE-CITO-038

SEZIONI



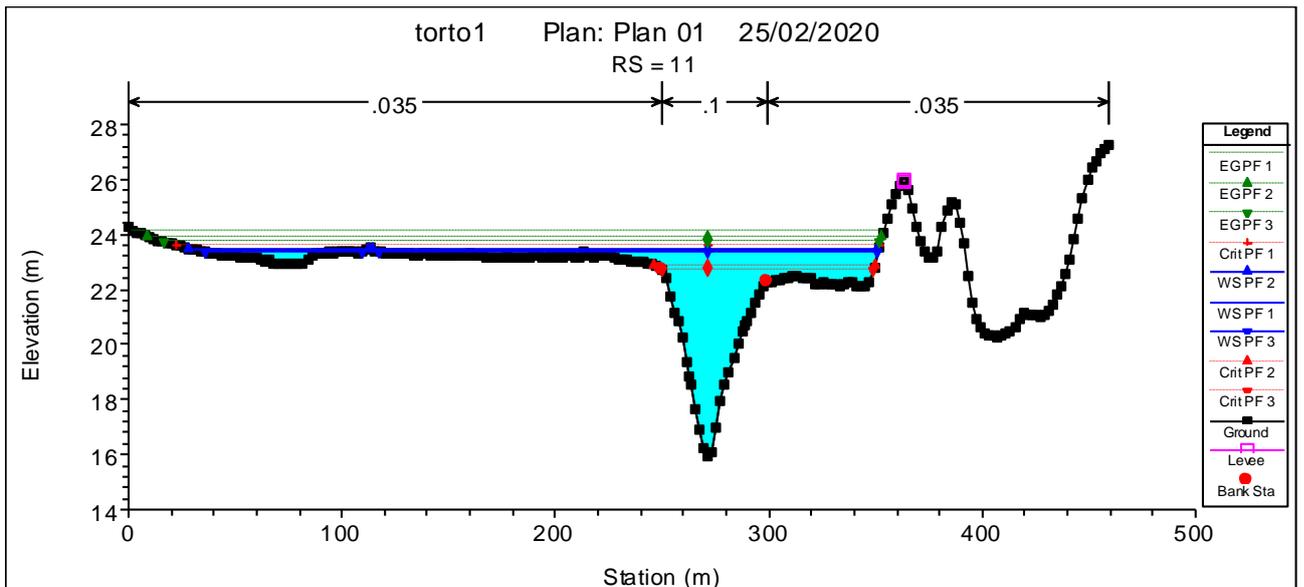
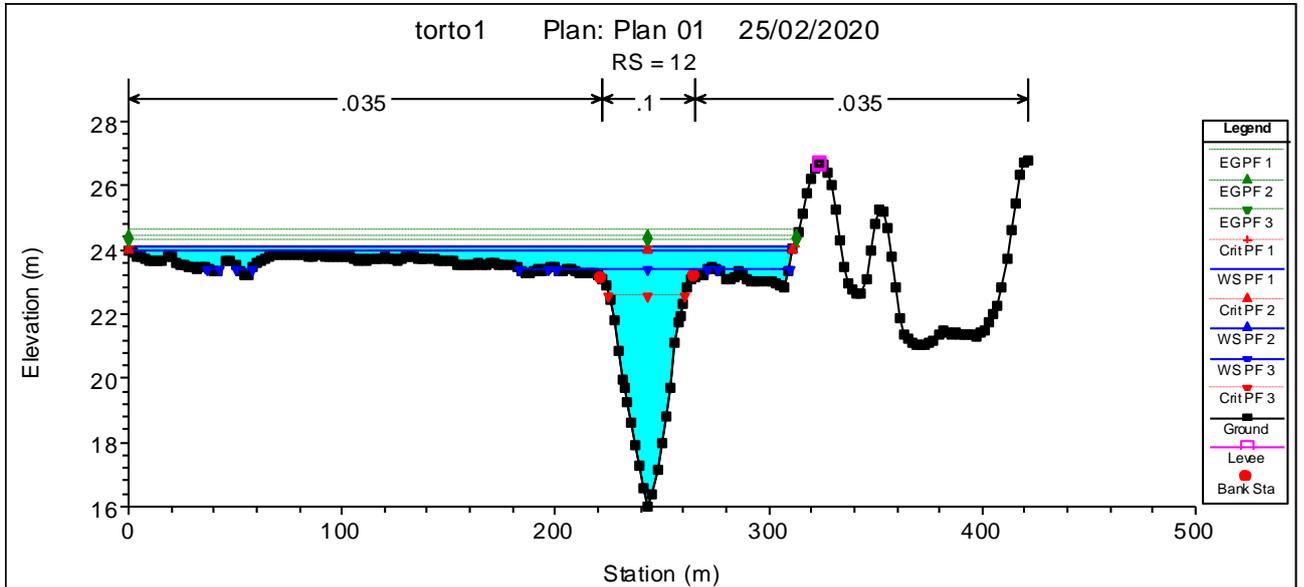
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
17 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038



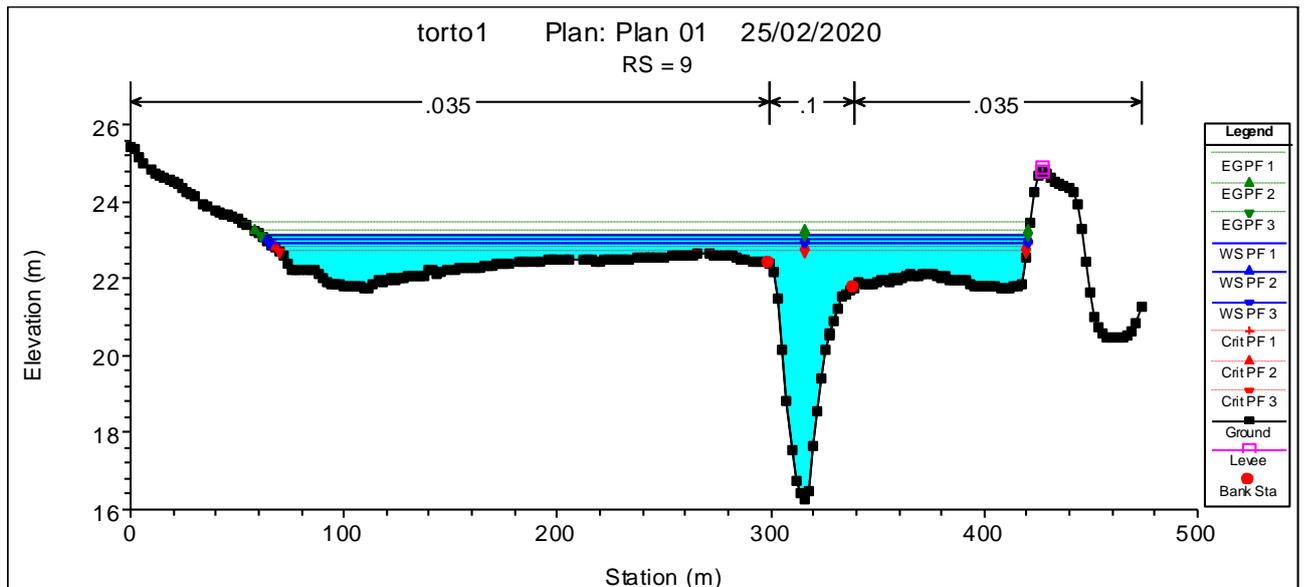
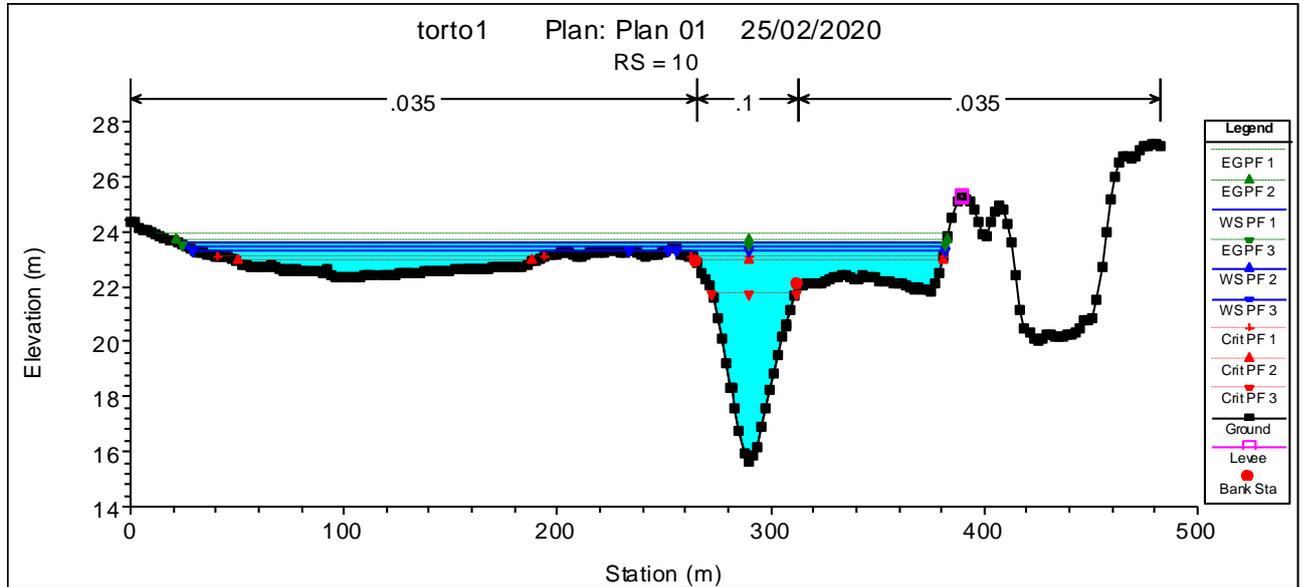
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
18 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038



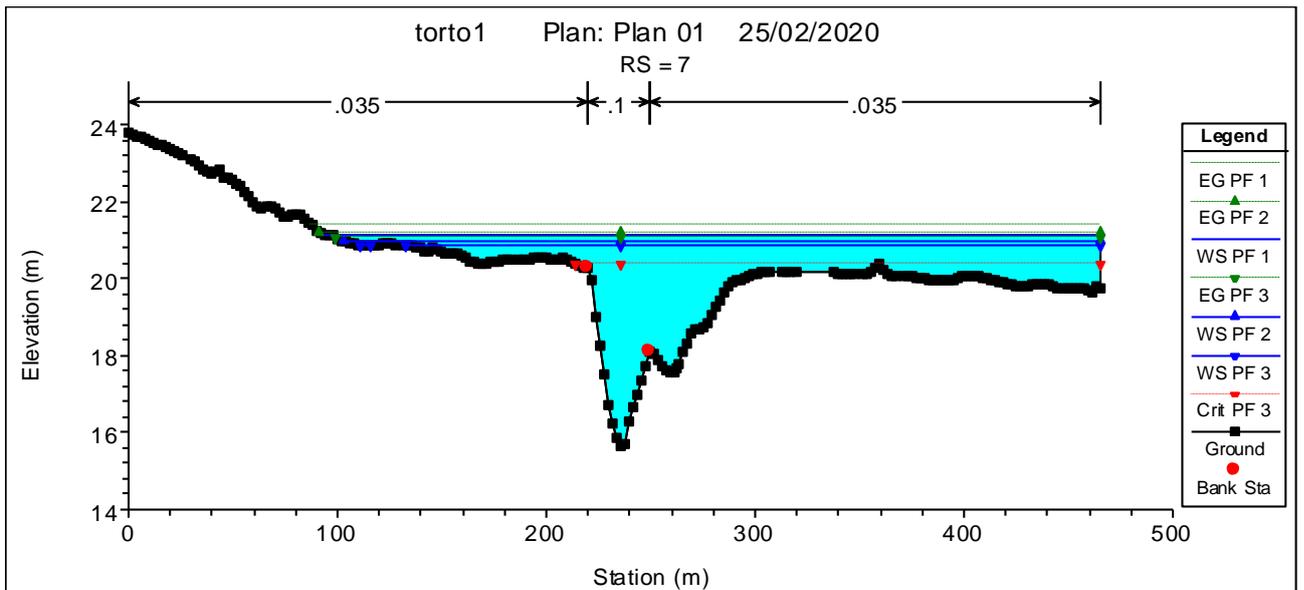
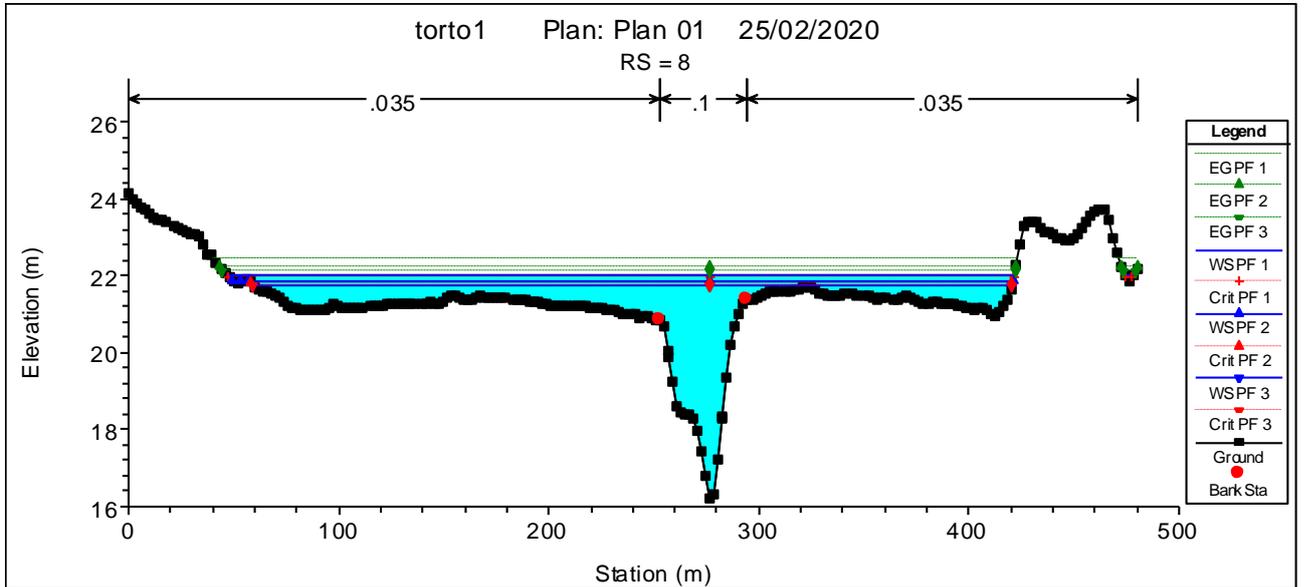
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
19 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038



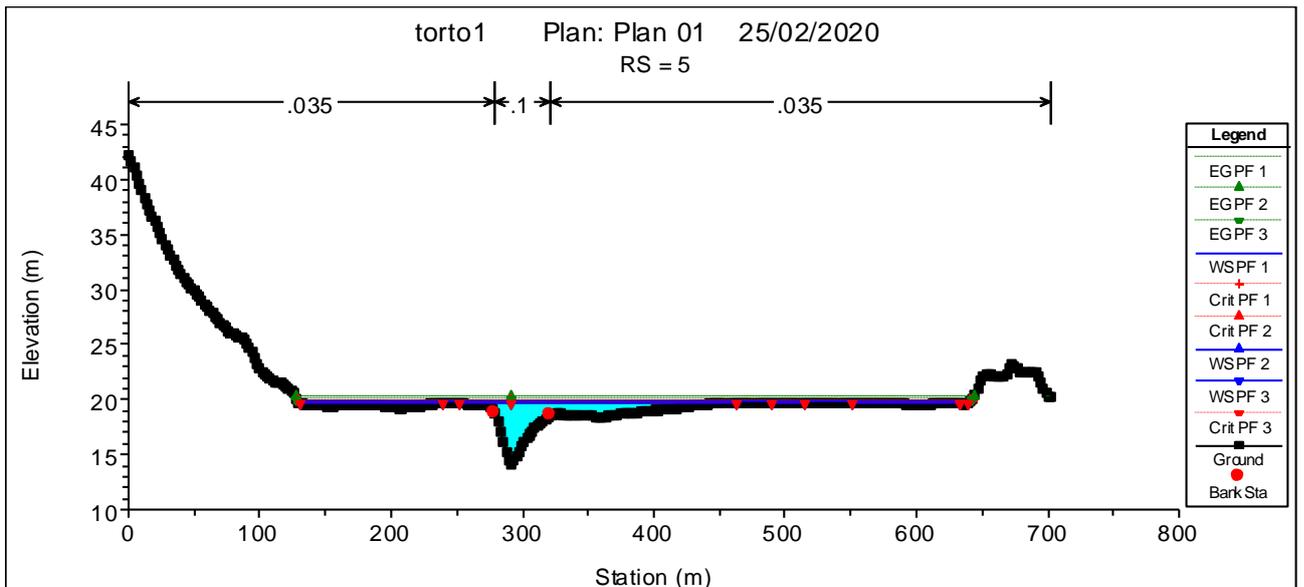
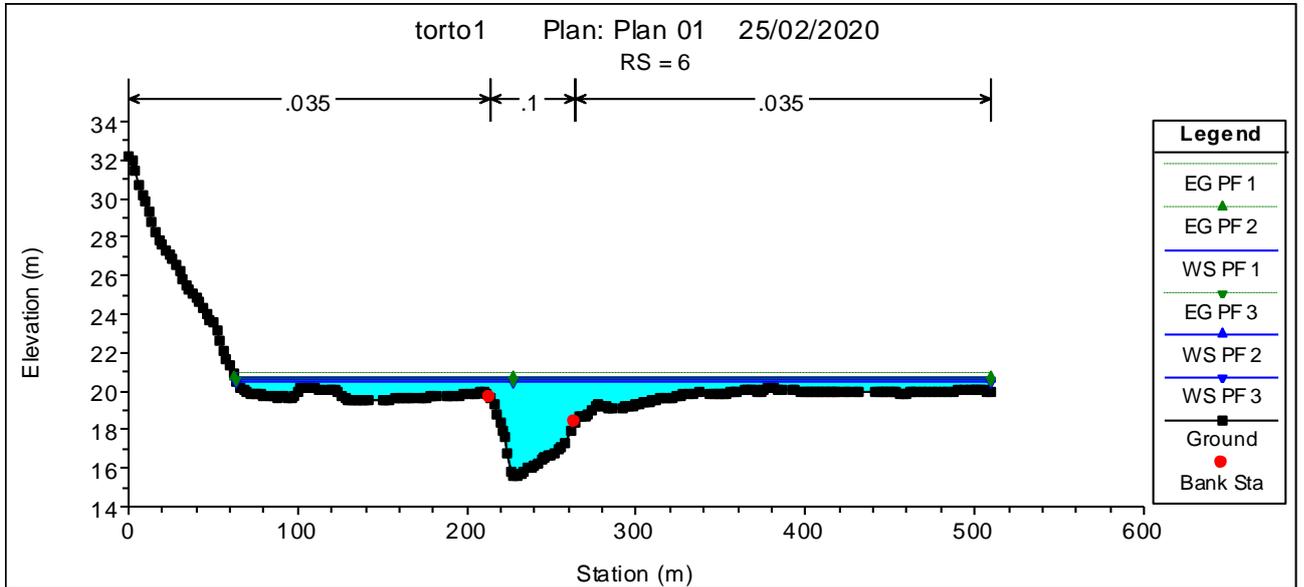
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
20 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038



STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

21

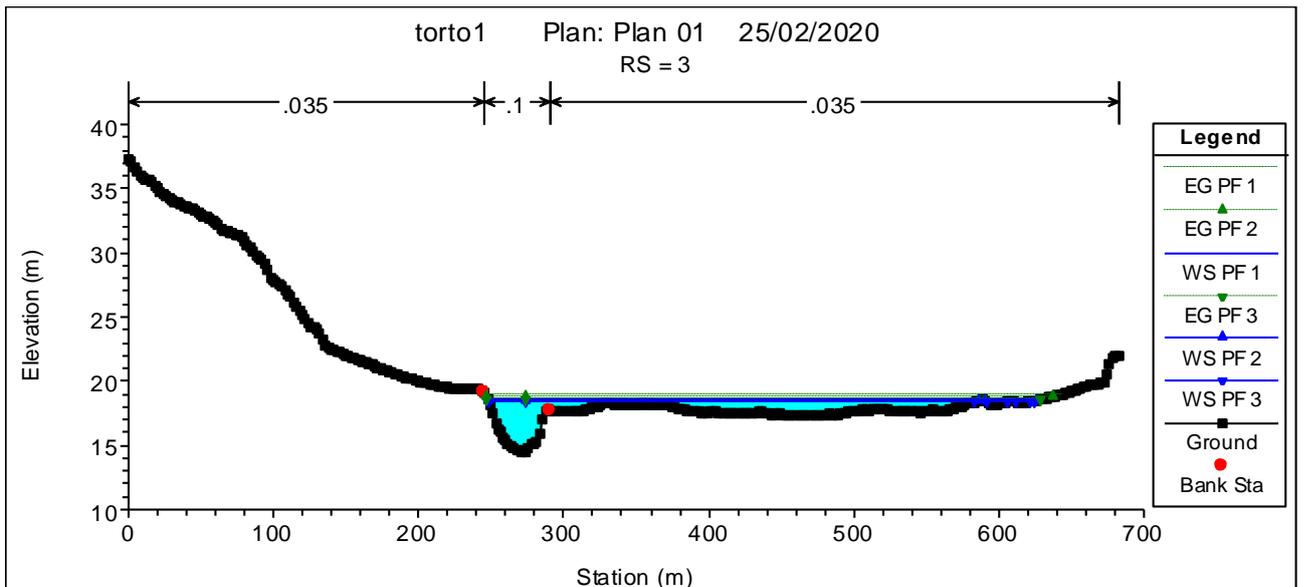
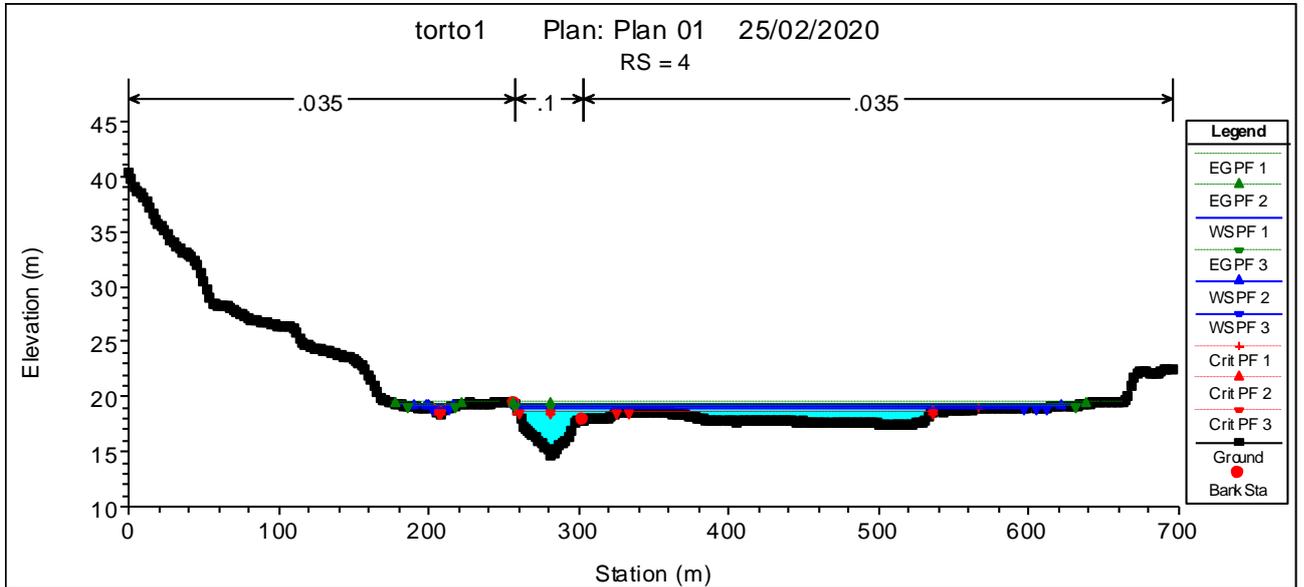
di

31

Rev.:

00

RE-CITO-038



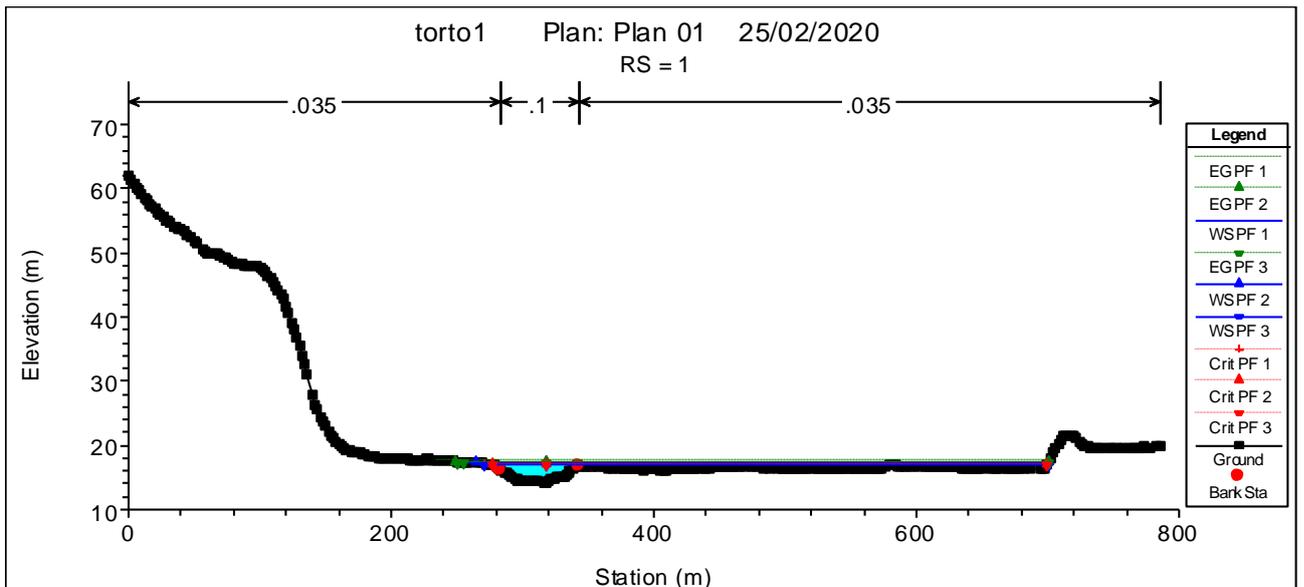
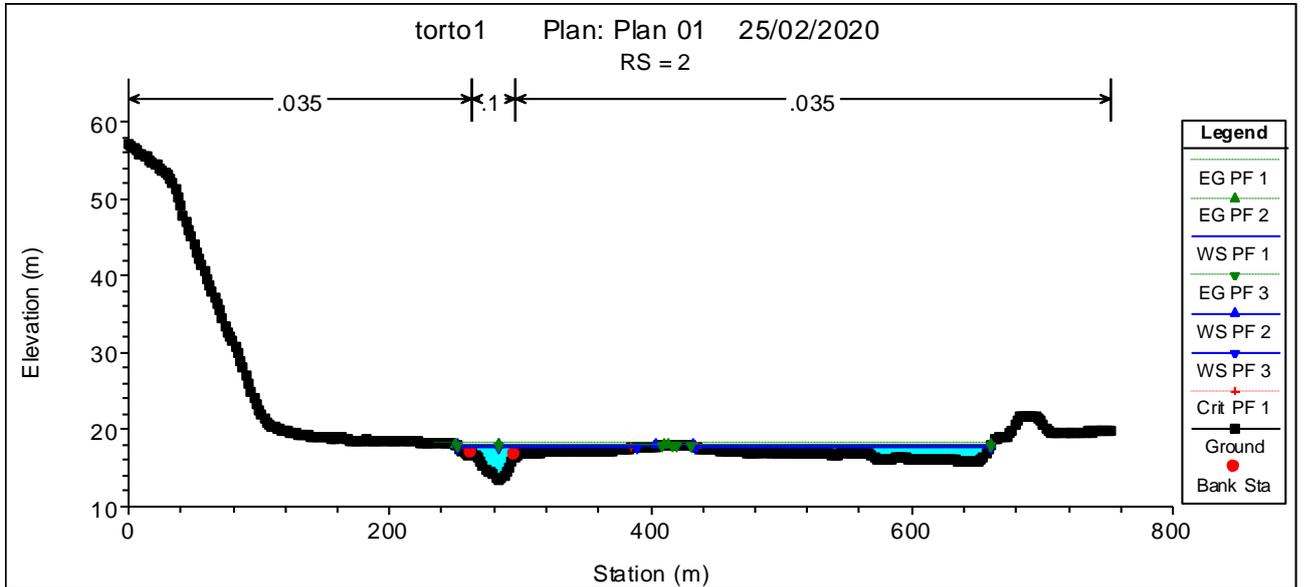
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
22 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038



## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 23 di 31	Rev.:				RE-CITO-038
		00				

## RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

sezione	Tempo di ritorno	Q	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(anni)	(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	
14	300	1034.3	17.11	24.8	24.8	25.34	0.020232	3.35	317.38	285.2	0.54
	100	825.1	17.11	24.6	24.6	25.1	0.020831	3.28	264.56	247.86	0.55
	50	696.2	17.11	24.38	24.38	24.94	0.025268	3.47	212.47	220.94	0.6
13	300	1034.3	16.11	24.22	24.43	24.98	0.025864	4.19	287.65	300.18	0.63
	100	825.1	16.11	22.92	22.92	24.8	0.069583	6.07	135.97	36.22	1
	50	696.2	16.11	24.34	22.42	24.6	0.008748	2.48	324.11	313.62	0.37
12	300	1034.3	16.03	24.08	24.12	24.61	0.018874	3.43	330.77	311.58	0.54
	100	825.1	16.03	23.99	23.99	24.41	0.01533	3.04	303.22	311.31	0.48
	50	696.2	16.03	23.42	22.59	24.32	0.036975	4.28	171.04	131.72	0.73
11	300	1034.3	15.92	23.44	23.61	24.15	0.022086	3.56	301.6	315.11	0.58
	100	825.1	15.92	23.49	22.88	23.9	0.01232	2.68	319.11	321.94	0.43
	50	696.2	15.92	23.37	22.71	23.74	0.011717	2.56	280.74	307.05	0.42
10	300	1034.3	15.65	23.64	23.08	23.87	0.005666	1.96	501.47	360.64	0.3
	100	825.1	15.65	23.46	22.92	23.66	0.005544	1.89	437.3	356.76	0.29
	50	696.2	15.65	23.33	21.76	23.51	0.005293	1.81	393.39	348.1	0.29
9	300	1034.3	16.27	23.12	22.91	23.45	0.009476	2.18	421.44	359.9	0.37
	100	825.1	16.27	23	22.79	23.26	0.008541	2.02	379.21	357.41	0.35
	50	696.2	16.27	22.92	22.7	23.13	0.008013	1.92	348.3	355.49	0.34
8	300	1034.3	16.21	22.02	21.97	22.44	0.017205	2.76	361.43	379.56	0.49
	100	825.1	16.21	21.85	21.81	22.24	0.020004	2.86	298.09	366.79	0.53
	50	696.2	16.21	21.74	21.74	22.12	0.021808	2.92	259.99	361.26	0.55
7	300	1034.3	15.64	21.13		21.41	0.005041	1.71	476.79	371.89	0.28
	100	825.1	15.64	20.98		21.2	0.004711	1.61	419.86	362.43	0.27
	50	696.2	15.64	20.87	20.37	21.06	0.00442	1.53	381.33	337.2	0.26
6	300	1034.3	15.56	20.71		20.89	0.00516	1.73	554.33	446.79	0.28
	100	825.1	15.56	20.57		20.72	0.004862	1.64	493.5	446.2	0.27
	50	696.2	15.56	20.47		20.6	0.004764	1.59	448.2	445.76	0.27
5	300	1034.3	14.13	19.94	19.94	20.29	0.017017	2.86	395.29	513.64	0.5
	100	825.1	14.13	19.84	19.84	20.15	0.016641	2.78	344.07	512.13	0.49
	50	696.2	14.13	19.71	19.71	20.05	0.015316	2.59	279.79	433.07	0.47
4	300	1034.3	14.72	19.26	18.86	19.52	0.006671	1.59	480.46	416.98	0.31
	100	825.1	14.72	19.1	18.64	19.32	0.006563	1.53	415.57	387.03	0.3
	50	696.2	14.72	18.98	18.55	19.17	0.006269	1.46	372.06	355.92	0.29
3	300	1034.3	14.47	18.66		19	0.011519	2.1	406.47	381.07	0.4
	100	825.1	14.47	18.49		18.79	0.011948	2.07	344.62	374.46	0.4
	50	696.2	14.47	18.39		18.66	0.012603	2.08	304.44	360.61	0.41
2	300	1034.3	13.56	18	17.61	18.25	0.005437	1.5	487.68	403.62	0.28
	100	825.1	13.56	17.85		18.05	0.005207	1.42	426.55	381.19	0.27
	50	696.2	13.56	17.74		17.91	0.005005	1.36	386.33	363.45	0.26
1	300	1034.3	14.07	17.37	17.15	17.66	0.01002	1.74	451.69	446.91	0.37
	100	825.1	14.07	17.25	17.02	17.48	0.010003	1.68	395.85	435.46	0.36
	50	696.2	14.07	17.16	16.95	17.36	0.010002	1.63	358.57	428.83	0.36

RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO – TERMINI IMERESE DN 400/300 (16"/12") – DP 75 BAR – FASE 2					
<b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO</b>					
N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 24 di 31	Rev.:			RE-CITO-038
		00			

## **ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS**

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® ed è stato sviluppato dell'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

### ***Descrizione del modello di simulazione idraulica***

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

- Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:
- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

È rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 25 di 31	Rev.:								RE-CITO-038
--	--------------------	-------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala....) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA). Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al Torrente principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e Torrente principale;

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

26 di 31

Rev.:

00

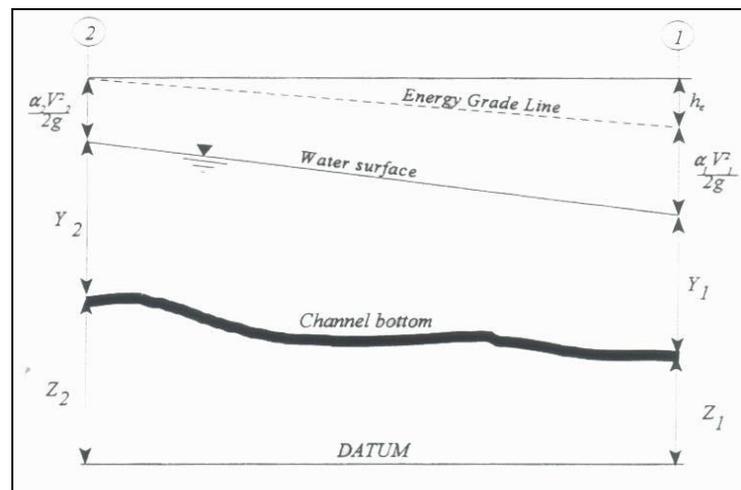
RE-CITO-038

- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

### Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.



Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio 27 di 31	Rev.:	00							RE-CITO-038
--	--------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

WS1, WS2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

V1, V2 : velocità media;

$\alpha_1, \alpha_2$  : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

$h_e$  : perdita di carico;

L : distanza fra le sezioni trasversali;

Sf : pendenza media;

C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione.

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

Dove

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$ : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la gola di sinistra, il Torrente di magra e la gola di destra;

$\overline{Q_{lob}}, \overline{Q_{ch}}, \overline{Q_{rob}}$ : sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice Sf viene calcolata con l'equazione di Manning:

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

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

TRANSITION CLASS	CONTRACTIO N	EXPANSIO N
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

28 di 31

Rev.:

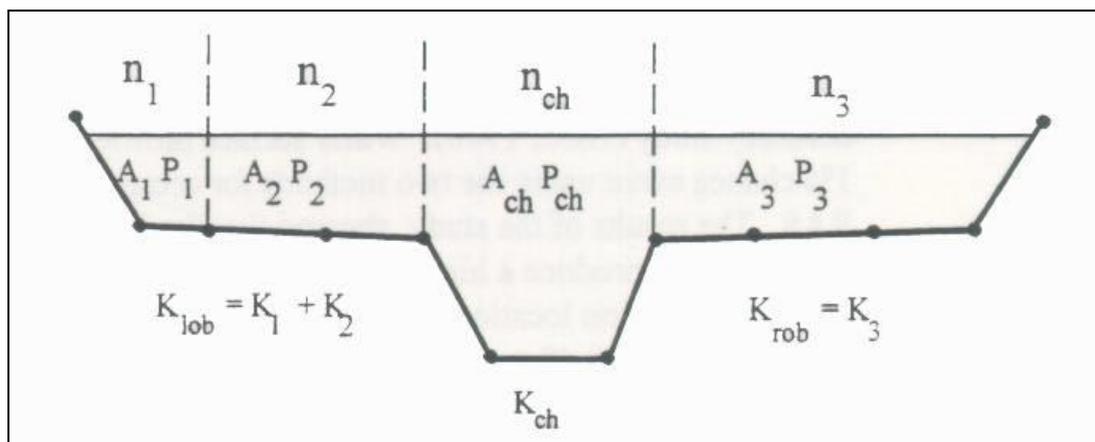
00

RE-CITO-038

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa  $x = 0$ ) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel Torrente principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.



Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove

Q : portata per unità elementare;

K : capacità di deflusso per unità elementare;

n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;

a : area di deflusso dell'unità elementare;

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-000-0038

Foglio

29 di 31

Rev.:

00

RE-CITO-038

R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

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

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

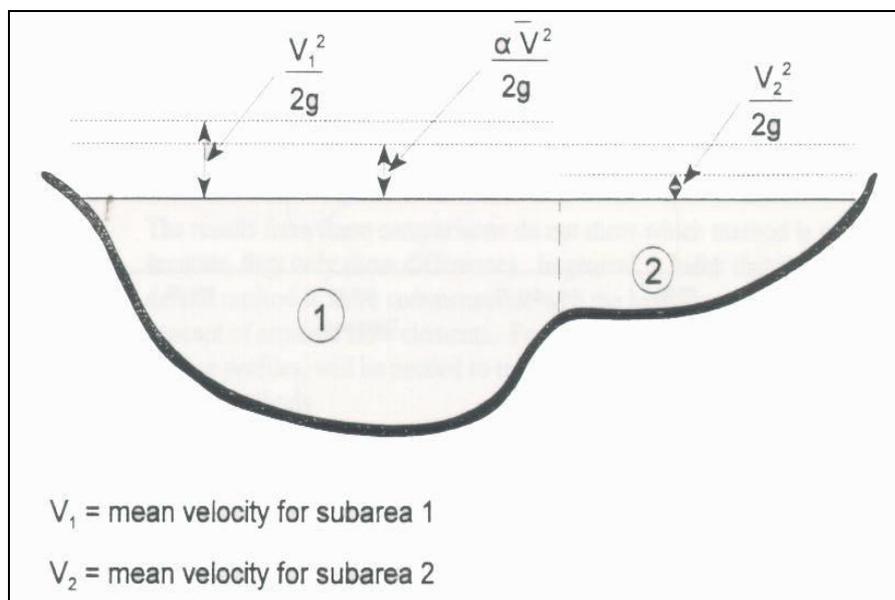
dove:

$A_t$  : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

$A_{lob}$ ,  $A_{ch}$ ,  $A_{rob}$  : area di deflusso per golena sinistra, Torrente principale, golena destra;

$K_t$  : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

$K_{lob}$ ,  $K_{ch}$ ,  $K_{rob}$  : capacità di deflusso di golena sinistra, Torrente principale e golena destra.



Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale

Il coefficiente  $\alpha$  si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice  $S_f$  e della distanza  $L$  fra due sezioni trasversali consecutive.

Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento: 03858-PPL-RE-000-0038	Foglio di 30      31	Rev.:					RE-CITO-038
		00					

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

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA FIUME TORTO

N° Documento:  
03858-PPL-RE-000-0038

Foglio  
31 di 31

Rev.:  
00

RE-CITO-038

ANNESSE 3: TABELLE DI LETTERATURA

Tabella 1 per barre alterne

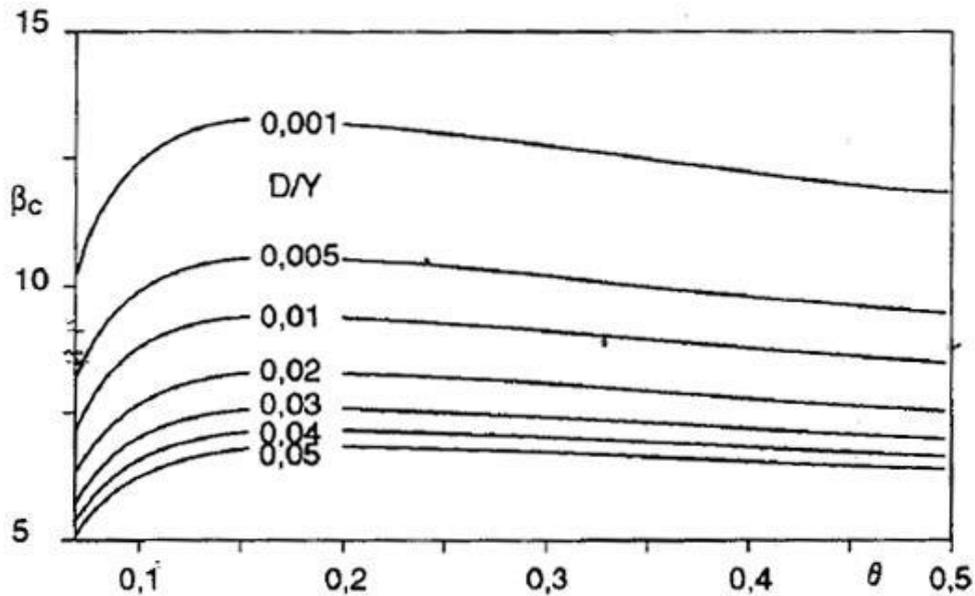


Tabella 2 per erosione in curva

