

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA**

**INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA**

Idrologia ed idraulica

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I R 0 B 0 2 D 1 0 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L. Dinelli	Luglio 2020	I. Marchese	Luglio 2020	T. Paoletti	Luglio 2020	L. Berardi Luglio 2020



File : IR0B02D10RIID0002001A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	5
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
3.1	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL’AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE (PAI) .....	6
3.2	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) .....	8
3.3	NTC 2018 – AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI.....	9
3.4	MANUALE DI PROGETTAZIONE RFI.....	10
4	METODOLOGIA DI VERIFICA .....	12
4.1	MODELLI MONODIMENSIONALI IN REGIME DI MOTO PERMANENTE – HEC-RAS .....	12
4.2	OPERE IN PROGETTO .....	17
4.3	STUDIO IDROLOGICO FOSSO BULAGAIO.....	17
4.4	MODELLO IDRAULICO IN CONFIGURAZIONE STATO ATTUALE.....	18
4.5	MODELLO IDRAULICO IN CONFIGURAZIONE STATO DI PROGETTO .....	21
5	COMPATIBILITA’ IDRAULICA DELL’INTERVENTO.....	25
5.1	VERIFICA RIVESTIMENTO IN GABBIONI.....	26
5.2	VERIFICA OPERE PROVVISORIALI CON PORTATA DI CANTIERE .....	27

	<b>PROGETTO DEFINITIVO          POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA          INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL          PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  3 di 28

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto Potenziamento della linea Foligno–Terontola, rientrano gli interventi di semplificazione e velocizzazione ed upgrade tecnologico presso la stazione di Ellera. Le attività prevedono la velocizzazione degli itinerari in deviata, l'adeguamento a STI dei marciapiedi di stazione e l'upgrading tecnologico dell'impianto esistente ACEI in un più moderno apparato ACC.

Il Programma di Esercizio fornito come input prevede interventi di semplificazione e velocizzazione dei deviatori dell'impianto. In particolare si effettuano le seguenti lavorazioni:

- Sostituzione delle comunicazioni esistenti a 30 km/h con comunicazioni a 60 km/h lato Foligno. La sostituzione era prevista anche per i deviatori lato Terontola ma è stato deciso successivamente da RFI di mantenere l'attuale velocità per le comunicazioni lato Terontola
- Realizzazione di tronchini di indipendenza per i binari di precedenza
- Ampliamento del marciapiede al servizio dei binari II e futuro III, accessibile attraverso un nuovo sottopasso, e adeguamento a STI del marciapiede esistente
- Dismissione dei binari di scalo lato F.V. e della relativa comunicazione di accesso posta sul I binario

Per la stazione di Ellera è inoltre previsto, come detto in precedenza, l'upgrade tecnologico dell'attuale apparato (con ACC telecomandabile) e conseguente riconfigurazione del Posto Centrale.

L'inizio dell'intervento è previsto alla progressiva Km 49+050 circa e termina alla progressiva Km 49+900 circa.

E' prevista la modifica dell'attuale PRG di stazione allo schematico comunicato dal Cliente, la realizzazione di un nuovo sottopasso e dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), innalzamento del marciapiede del binario I H=55cm e realizzazione di un nuovo marciapiede ad isola H=55cm. Inoltre verrà prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale.

Verranno previste due nuove pensiline ferroviarie su ciascun marciapiede a copertura del nuovo sottopasso.

Le suddette modifiche al PRG di stazione comportano la necessità di demolire e ricostruire il cavalcaferrovia di Via Corcianese.

Verrà previsto un nuovo Fabbricato Tecnologico per ospitare la cabina ACC, i locali tecnologici e la Cabina MT/BT, quest'ultima necessaria per una migliore gestione dei carichi elettrici presenti in stazione.

Saranno previsti infine, dal punto di vista impiantistico:

- illuminazione punte scambi;
- impianti RED;
- illuminazione scale, sottopasso, banchine;

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  4 di 28

- impianti IaP e DS

La presente relazione riassume le risultanze delle analisi idrauliche eseguite per il dimensionamento e la verifica delle opere di attraversamento previste nell'ambito del presente progetto.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- Individuazione delle interferenze sulla linea ferroviaria esistente;
- Analisi delle informazioni disponibili provenienti dagli strumenti di pianificazione;
- Analisi su modello matematico di simulazione idraulica in schema di moto permanente monodimensionale nelle configurazioni attuale e di progetto;
- Dimensionamento delle nuove opere di attraversamento;
- Analisi di compatibilità idraulica.

Per l'attraversamento in progetto in corrispondenza del Fosso Bulagaio è stato verificato il rispetto delle NTC 2018 e della relativa circolare applicativa del 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO  POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  5 di 28

## **2 ELABORATI DI RIFERIMENTO**

Per una migliore comprensione della presente relazione si rimanda ai seguenti elaborati progettuali:

- Relazione idrologica IR0B02D10RIID0001001A;
- Fosso Bulagaio - relazione tecnico descrittiva IR0B02D10RHIN0200001A;
- Fosso Bulagaio - Planimetria generale e Profilo Longitudinale dell'intervento IR0B02D10A7IN0200001A;
- Fosso Bulagaio - pianta, sezione longitudinale e sezioni trasversali tratto 1-8 IR0B02D10PAIN0200001-8A.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO          POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA          INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL          PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  6 di 28

### 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti per il presente progetto sono dati dai seguenti riferimenti normativi e/o strumenti di pianificazione:

- Piano di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Fiume Tevere (PAI);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA);
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018);
- Manuale di Progettazione delle Opere Ferroviarie (RFI DTC SI CS MA IFS 001 D).

#### 3.1 Piano di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Fiume Tevere (PAI)

Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Tevere è stato approvato con D.P.C.M. del 10 Novembre 2006 (Pubblicato nella G.U. n. 33 del 9 Febbraio 2007). L’aggiornamento del Piano è stato approvato con D.P.C.M. 10 aprile 2013.

Il PAI si configura come Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del più ampio Piano di Bacino derivante dall’iniziale Legge 183/89 sulla difesa del suolo, e ai successivi decreti quali il Decreto 180/98 “Decreto Sarno” e s.m.i., che danno impulso alla pianificazione stralcio.

Il PAI si pone come obiettivo immediato la redazione di un quadro conoscitivo generale dell’intero territorio di competenza dell’Autorità di Bacino, in termini di inquadramento delle caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrologiche.

Il PAI è costituito dai seguenti elaborati:

- Relazione generale;
- Norme Tecniche di Attuazione;
- Allegati ed elaborati cartografici.

La pericolosità idraulica è definita come prodotto dell’intensità con la probabilità, e individuata per la maggior parte dei corsi d’acqua mediante una mappatura del territorio eseguita secondo le specifiche metodologie di modellazione idrologica e idraulica dei singoli corsi d’acqua.

La pericolosità idraulica viene suddivisa in tre classi in funzione della probabilità di accadimento come segue:

- Fascia A: porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni;

**Idrologia ed idraulica**

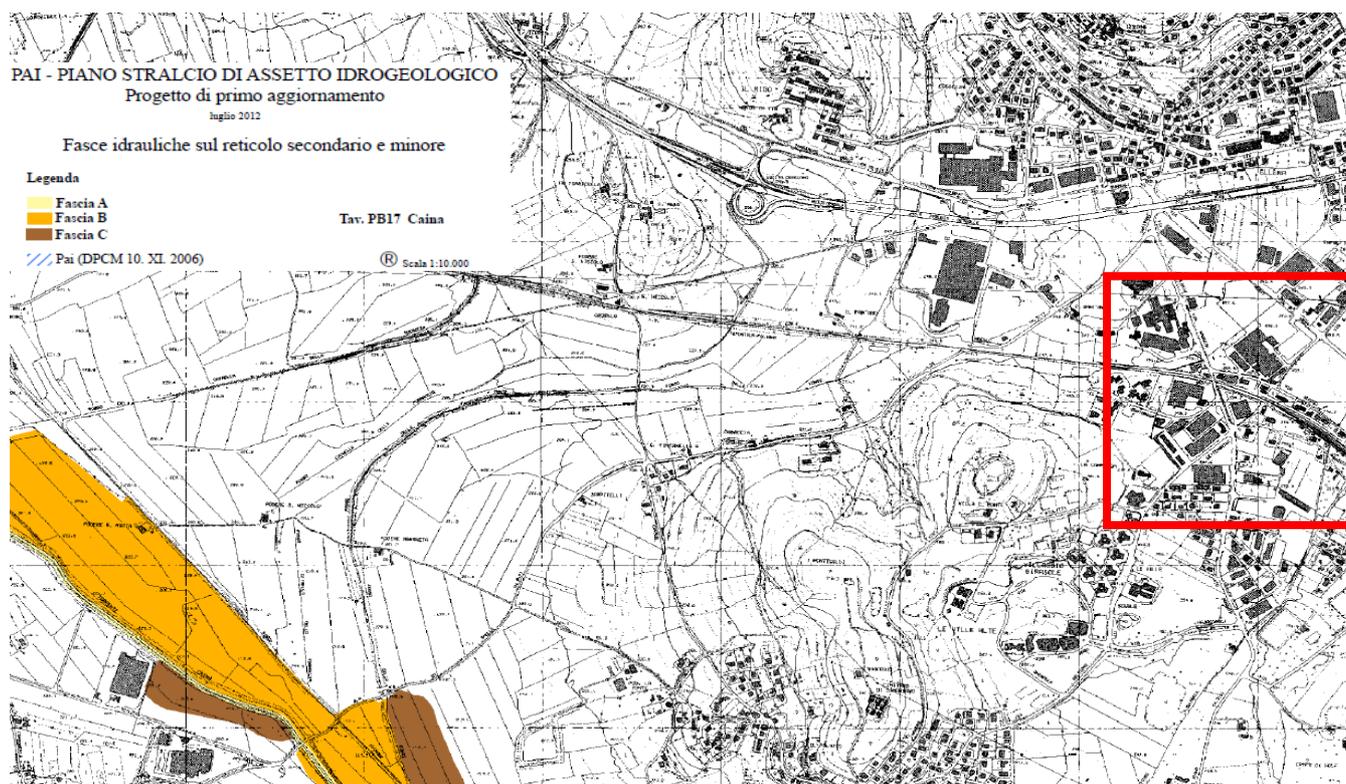
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	7 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

- Fascia B: porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 50 e 200 anni;
- Fascia C: porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni.

Le prescrizioni derivanti dal PAI sono riassunte nelle Norme Tecniche di Attuazione che disciplinano le attività consentite all'interno di ciascuna area di pericolosità.

Dalla sovrapposizione del tracciato con le planimetrie di Piano, si evince che l'ambito di intervento non ricade all'interno delle fasce di pertinenza fluviale, né all'interno di aree a pericolosità idraulica, pertanto non è soggetto a particolari prescrizioni derivanti dagli articoli sopra indicati.

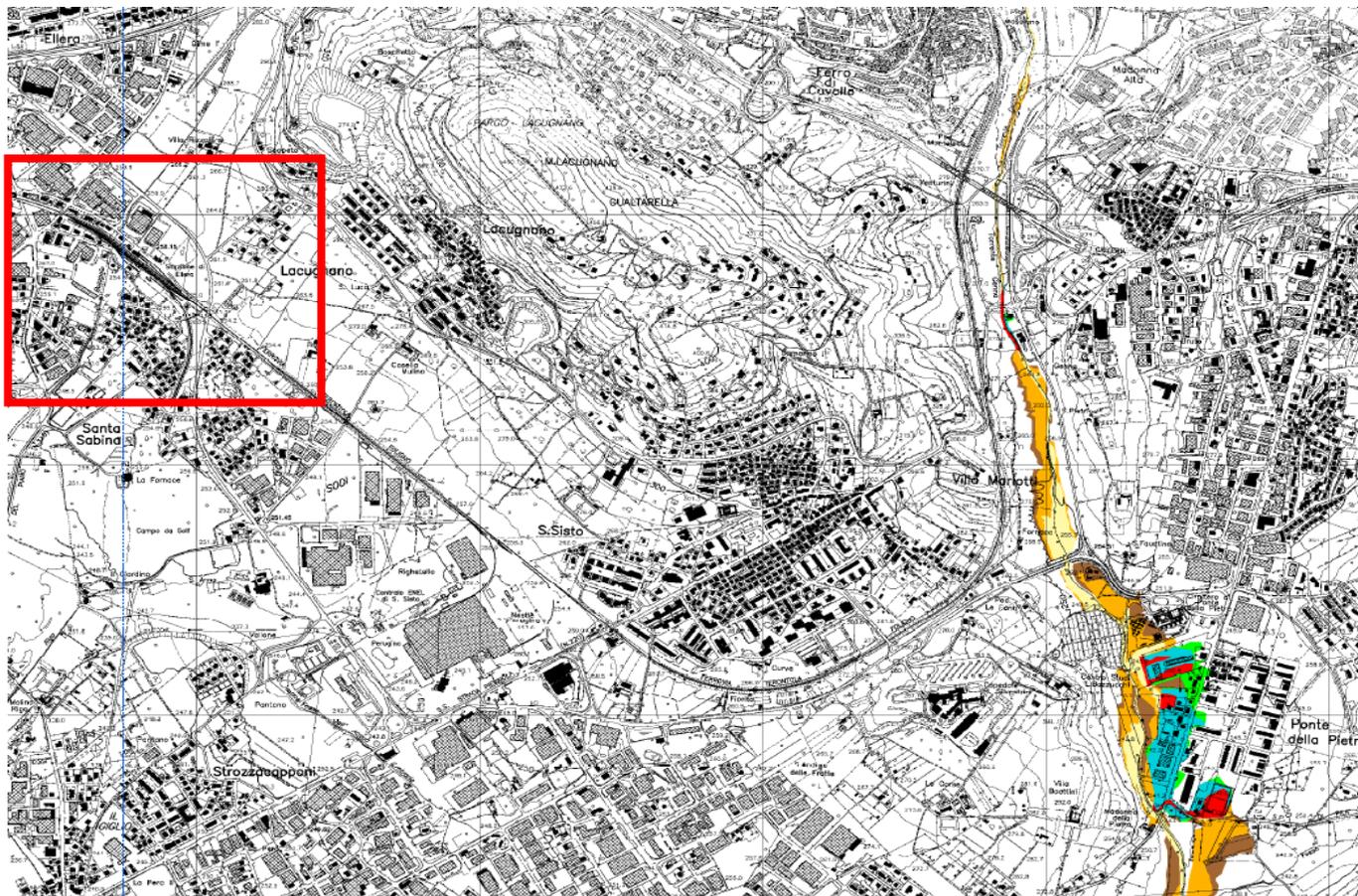


*Figura 1- Estratto Tavola Pb17 PAI.*

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	8 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**



*Figura 2 - Estratto Tavola Pb19 PAI.*

### **3.2 Piano Di Gestione Del Rischio Alluvioni (PGRA)**

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni tratta tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio, quali la prevenzione, la protezione, la preparazione ed il recupero post-evento. Il piano rappresenta lo strumento con cui coordinare il sistema della pianificazione in capo all’Autorità di Bacino e quello della Protezione Civile, con la direzione del Dipartimento Nazionale e i livelli di governo locale, rafforzando lo scambio reciproco di informazioni ed avendo quale comune finalità la mitigazione del rischio di alluvioni.

La redazione dei PGRA deriva dall’attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni), recepita in Italia dal D.Lgs. 49/2010 e ss.mm.ii., che istituisce “*un quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni, volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all’interno della Comunità*”

	<b>PROGETTO DEFINITIVO          POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA          INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL          PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  9 di 28

Le mappe della pericolosità (art. 6 co. 2 e 3 del D.Lgs. 49/2010) contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre diversi scenari distinti per probabilità di accadimento (bassa, media ed elevata). Per ciascuno scenario vengono indicati i seguenti elementi:

- a) estensione dell'inondazione;
- b) altezza idrica o livello;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Le mappe del rischio (art. 6 co. 5 del D.Lgs. 49/2010) indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni in 4 classi di rischio di cui al DPCM 29 settembre 1998, espresse in termini di:

- a) numero indicativo degli abitanti interessati;
- b) infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, etc);
- c) beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse;
- d) distribuzione e tipologia delle attività economiche;
- e) impianti che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette.

Il PGRA non introduce ulteriori prescrizioni a quelle derivanti dalle NTA del PAI.

La pericolosità idraulica viene suddivisa in tre classi in funzione della probabilità di accadimento come segue:

- P3 Area ad elevata probabilità (alluvioni frequenti): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni;
- P2 Area a media probabilità (alluvioni poco frequenti): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 50 e 200 anni;
- P3 Area a bassa probabilità (alluvioni rare di estrema intensità): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni.

### **3.3 NTC 2018 – Aggiornamento Delle Norme Tecniche Sulle Costruzioni**

L'intervento in progetto ricade all'interno delle norme di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle costruzioni" e CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018, in particolare per quanto riguarda l'intervento sul Fosso del Bulagaio.

L'Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) e la Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, contengono le istruzioni per la progettazione dei ponti ferroviari interessanti corsi d'acqua

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>Idrologia ed idraulica</b></p> <p><b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>RI ID0002 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>10 di 28</p>

naturali o artificiali, con particolare riferimento ai tempi di ritorno e ai franchi idraulici da adottare per le verifiche di compatibilità idraulica.

In particolare, al § 5.1.2.3 delle NTC 2018 “Compatibilità idraulica” si prescrive che:

*(...) Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m<sup>3</sup>/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.*

- *nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;*
- *il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino;*
- *la tenuta idraulica deve essere garantita per ciascuna sezione dell'intero manufatto per un carico pari al maggiore tra: 0,5 bar rispetto all'estradosso o 1,5 volte la massima pressione d'esercizio;*
- *il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso d'acqua a monte.*

### **3.4 Manuale di Progettazione RFI**

Il Manuale di Progettazione RFI 2020 descrive al Cap. 3.7 le modalità ed i contenuti degli studi idrologici ed idraulici finalizzati all'esame dell'interazione tra il reticolo idrografico superficiale e la linea ferroviaria, nonché ai sistemi drenaggio e smaltimento delle acque interagenti con le opere in progetto.

Il Manuale di Progettazione RFI 2020 prevede l'utilizzo dei seguenti tempi di ritorno  $Tr$ :

*Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):*

- *linea ferroviaria  $Tr= 200$  anni*
- *deviazioni stradali  $Tr=200$  anni*

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento secondarie il manuale prevede quanto segue:

*“Le tipologie ammesse sono:*

- *tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5 m;*
- *tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2 m;*

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	11 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

*Sono ammessi fino a due tombini affiancati.*

*La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.*

*La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata massima di piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.”*

	<b>PROGETTO DEFINITIVO          POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA          INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL          PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  12 di 28

#### 4 METODOLOGIA DI VERIFICA

Le opere previste per il Fosso Bulagaio sono state verificate idraulicamente per mezzo di modelli monodimensionali in regime di moto permanente attraverso il software Hec-Ras descritto di seguito

##### 4.1 Modelli monodimensionali in regime di moto permanente – Hec-Ras

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce una adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione dei profili idrici nei corsi d'acqua sia nella situazione attuale, sia di progetto e per i diversi tempi di ritorno considerati è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 5.0.7 River Analysis System sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, i cui fondamenti concettuali sono di seguito riportati.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto permanente, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

Pur operando nell'ipotesi di mono dimensionalità, il modello consente la ricostruzione dell'andamento della velocità all'interno di una stessa sezione di deflusso, distinguendo tra zone spondali e canale centrale, in funzione della variazione di scabrezza e di tirante idraulico.

Nel caso della simulazione in moto permanente il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato dal modello utilizzando un metodo numerico chiamato "standard step method", che risolve in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto.

In corrispondenza ad alcune tipologie di ponte, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste varie singolarità.

Sinteticamente, il modello funziona calcolando le variazioni di livello idrometrico tra sezioni trasversali adiacenti sulla base del calcolo delle perdite di energia. Il calcolo comincia a un'estremità del tronco d'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, e così sezione dopo sezione, cambiando il verso dell'indagine da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico.

Il funzionamento del modello HEC-RAS si basa su alcune semplificazioni nelle ipotesi di partenza:

- moto permanente;
- moto gradualmente vario;
- moto monodimensionale, con correzione della distribuzione orizzontale della velocità;
- perdite di fondo mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;

	<b>PROGETTO DEFINITIVO          POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA          INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL          PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  13 di 28

- arginature fisse.

Il modello utilizza, all'interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell'idraulica dei canali a pelo libero. Si ritiene opportuno, quindi, prima di procedere oltre, inserire alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

#### *Moto permanente e vario*

Il criterio di distinzione fra i due tipi di moto è il loro andamento nei confronti della variabile "tempo". Se profondità, velocità e portata rimangono costanti nel tempo in una determinata sezione di un corso d'acqua, il moto è permanente; se una di queste caratteristiche varia, il moto è vario. Il passaggio di un'onda di piena lungo un tronco d'alveo è un esempio di moto vario perché profondità, velocità e portata cambiano nel tempo.

La ragione per cui HEC-RAS, modello di moto permanente, può essere usato per il moto vario, come è da considerarsi a rigore un'onda di piena, sta nella lentezza con cui l'onda cresce e si esaurisce. Un ipotetico osservatore sulla sponda di un corso d'acqua non è infatti in grado di apprezzare la curvatura dell'onda e non apprezza le variazioni istantanee di livello che si verificano.

Eccetto quindi casi estremi, la variazione di portata avviene gradualmente e i risultati ottenuti usando metodi analitici per moto permanente sono ugualmente di buona qualità.

#### *Moto uniforme e vario*

Quando il moto è uniforme, profondità e velocità sono costanti lungo un tratto di canale. La forza di gravità provoca il movimento dell'acqua, in equilibrio con gli attriti. Il moto non è accelerato né decelerato. Per un canale naturale non si può parlare di moto uniforme in senso stretto, perché la geometria delle sezioni trasversali e l'area bagnata variano lungo il canale, causando accelerazioni e decelerazioni del moto. A rigore il moto uniforme è possibile solo in un canale prismatico con sezione e pendenza costanti. D'altra parte, è considerato corretto assumere che il moto sia uniforme quanto il pelo libero è approssimativamente parallelo al fondo del canale; in tal caso si assume che anche la linea dell'energia sia parallela al fondo.

Nel caso di moto vario profondità e velocità cambiano con la distanza lungo il canale; si può distinguere tra moto "gradualmente vario" quando le variazioni nell'altezza del pelo libero avvengono in una distanza relativamente lunga e modo "rapidamente vario" se le variazioni sono brusche.

Quest'ultima distinzione è importante in quanto HEC-RAS calcola i profili solamente in situazioni di moto gradualmente vario.

#### Calcolo del profilo a moto permanente

La determinazione del livello del pelo libero in ogni sezione è computata nel caso di correnti lente, a partire dalla sezione di valle, risolvendo per via iterativa l'equazione della conservazione dell'energia totale, ossia:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	14 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

Dove:  $Y_1$  e  $Y_2$  rappresentano rispettivamente le profondità del pelo libero della sezione di valle e di monte,  $Z_1$  e  $Z_2$  rappresentano rispettivamente le elevazione sul medio mare del fondo del canale della sezione di valle e di monte,  $V_1$  e  $V_2$  rappresentano rispettivamente le velocità medie nella sezione di valle e di monte,  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  i rispettivi coefficienti di Coriolis,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $h_e$  le perdite di energia tra le due sezioni.

La figura 3 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di valle e quella di monte; nella figura sono indicati i singoli termini di bilancio in accordo all'equazione (1).

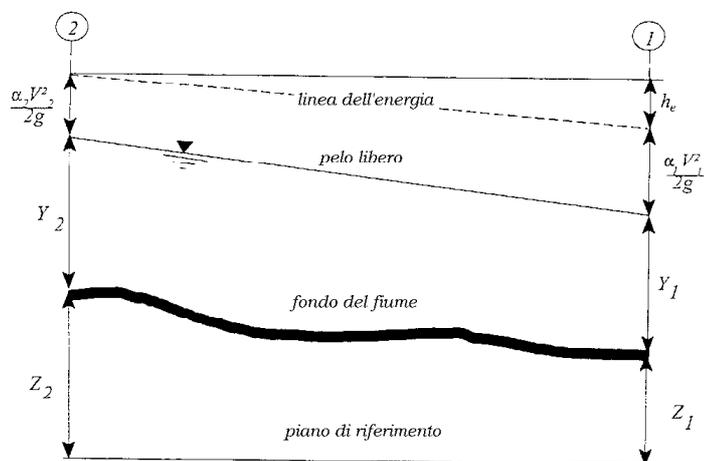


Figura 3 - Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.

Le perdite di energia complessive  $h_e$  tra le due sezioni sono dovute alle perdite continue ed a quelle localizzate dovute a fenomeni di espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove, con  $L$  è indicata la distanza tra le due sezioni, con  $\bar{J}$  le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni mentre il termine  $C$  correla le perdite, dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento piano - altimetrico del corso d'acqua, alla differenza dei carichi cinetici delle due sezioni.

Per la valutazione delle perdite di carico è utilizzata la formula di Manning, ossia:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{J} \quad (3)$$

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	15 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

dove:  $Q$  rappresenta la portata,  $A$  l'area bagnata,  $R_H$  il raggio idraulico,  $n$  il coefficiente di scabrezza secondo Manning e  $J$  le perdite di energia per unità di lunghezza.

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti in modo da trattare separatamente sezioni in cui la velocità media può essere ritenuta, ai fini pratici, costante (4).

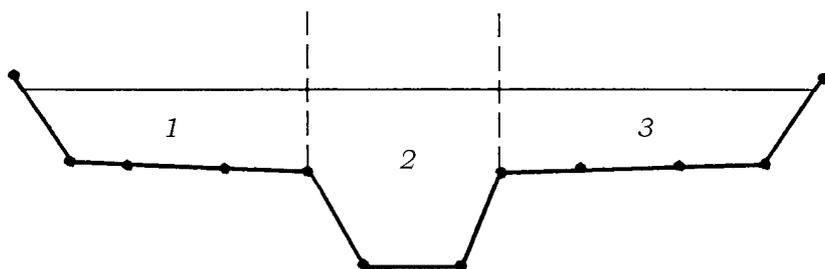


Figura 4 - Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.

Con riferimento alla Figura 4 chiamato con  $K_i = Q_i / \sqrt{J}$  la capacità di portata di ogni singola parte  $i$ -esima in cui è stata suddivisa la sezione, si ha, in accordo alla formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{h,i}^{2/3} \quad (4)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza  $J$  risulta pari a:

$$J = \left( \frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (5)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservato che, per la costanza di  $J$ , la portata di ogni singola area

$Q_i = K_i \sqrt{J}$  è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale  $Q = \sum_i Q_i$ .

Calcolata la perdita di carico in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 la pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni è fornita dalla seguente equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (6)$$

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	16 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, da queste, valutare il coefficiente di Coriolis.

Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a  $\sum_i Q_i^3 / A_i^2$ , e l'energia cinetica calcolata facendo uso del valore medio della velocità, proporzionale a  $Q^3 / A^2$ .

Esprese le portate delle singole parti i-esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si perviene con qualche semplice passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \left( \sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \frac{\left( \sum_i A_i \right)^2}{\left( \sum_i K_i \right)^3} \quad (7)$$

dal cui calcolo è possibile ottenere  $\alpha$ , il coefficiente di Coriolis.

Calcolate tramite le rispettive equazioni le perdite di energia  $h_e$  ed il coefficiente di Coriolis  $\alpha$  la (1), associata all'equazione di continuità, permette di calcolare la quota del pelo libero,  $Y_2 + Z_2$ , nella sezione di monte a partire dal valore dell'energia totale,  $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$ , noto in corrispondenza della sezione di valle.

Essendo la (1) un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, a partire da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

**Idrologia ed idraulica**

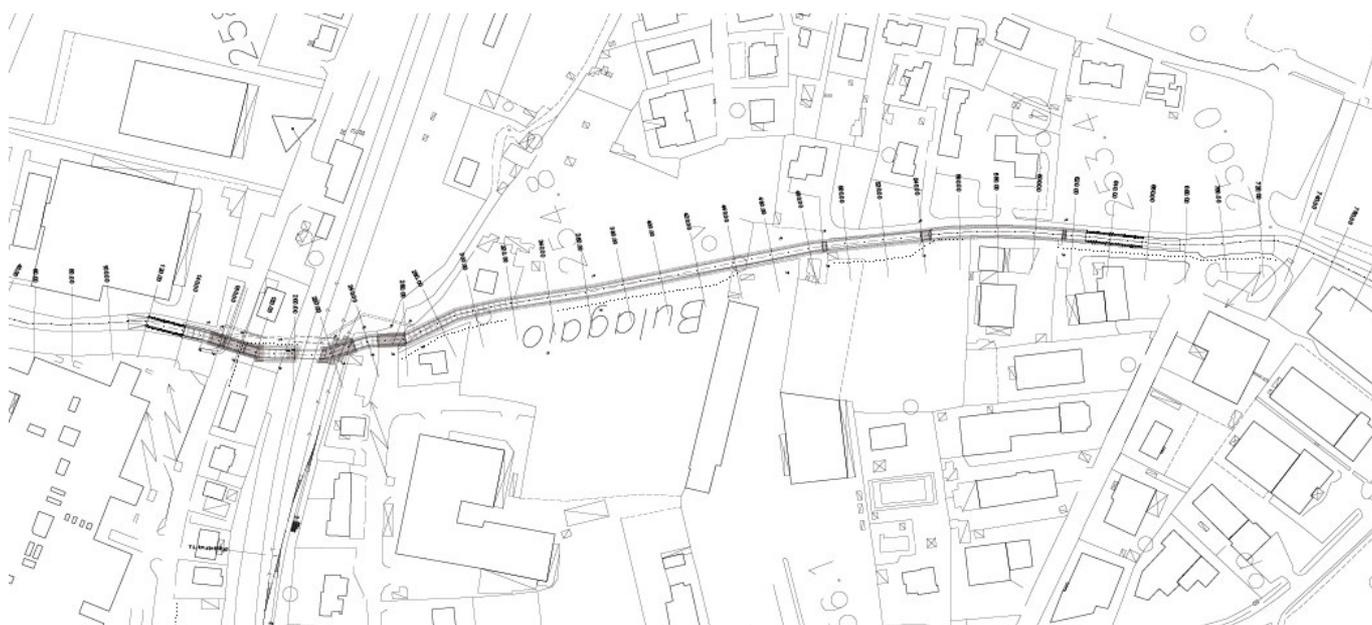
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	17 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

## 4.2 Opere in progetto

L'opera esistente di attraversamento del Fosso Bulagaio al km 49+700 è costituita da un manufatto visibile dalla sola sezione di valle, avente dimensioni approssimative di 3,00x0,60m, e che si suppone essere parzialmente interrato. A monte della linea ferroviaria è presente un ulteriore attraversamento della viabilità Via Olmo-Ellera costituito da una tubazione in cls DN1000. Come si evince dai successivi paragrafi l'opera risulta insufficiente dal punto di vista idraulico, motivo per il quale si rende necessario un suo rifacimento.

L'opera di attraversamento in progetto del Fosso Bulagaio in corrispondenza della linea FS Foligno – Terontola è costituita da uno scatolare di luce pari a 4.0m e altezza pari a circa 3.0m. A valle della ferrovia il fosso prosegue con sezione ad U in c.a. per circa 400m, per poi raccordarsi all'alveo naturale tramite una sistemazione con gabbioni/materassi tipo Reno. La medesima sistemazione di raccordo è prevista nel tratto iniziale dell'intervento, a monte dell'attraversamento ferroviario.



*Figura 5 - Planimetria dell'intervento.*

## 4.3 Studio idrologico fosso Bulagaio

Le caratteristiche morfologiche e idrologiche del corso d'acqua sono sintetizzate nelle seguenti tabelle, estratte dalla Relazione idrologica (IR0B02D10RIID0001001A), cui si rimanda per maggiori dettagli.

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	18 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

ID Bacino	Superficie [kmq]	L <sub>asta</sub> [km]	H <sub>max</sub> [m.s.l.m.]	H <sub>min</sub> [m.s.l.m.]	H <sub>max asta</sub> [m.s.l.m.]	H <sub>med</sub> [m.s.l.m.]	P [m/m]
<b>Fosso del Bulagaio</b>	6,15	4,50	640	260	580	450	0,0711

**Tabella 1 - Attraversamenti idraulici: caratteristiche bacini sottesi**

ID	Superficie	Q <sub>200</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>5</sub>
Bacino	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)					
<b>Fosso del Bulagaio</b>	6.15	33.74	26.63	20.30	14.75	8.59	4.85

**Tabella 2 - Portate al colmo di piena Fosso Bulagaio.**

Il bacino oggetto di studio risulta avere una superficie di 6.15 km<sup>2</sup>: la verifica idraulica viene condotta con riferimento ad un evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni, cui corrisponde una portata di 33.74 m<sup>3</sup>/s in ingresso alla sezione di monte del modello.

#### **4.4 Modello idraulico in configurazione Stato Attuale**

Le caratteristiche geometriche del modello allo Stato Attuale del Fosso Bulagaio sono così riassumibili:

- Lunghezza totale tratto di studio: 1200 m;
- Numero di sezioni trasversali 26;

Le opere di attraversamento presenti lungo il tratto d'asta in analisi, procedendo da monte verso valle, sono:

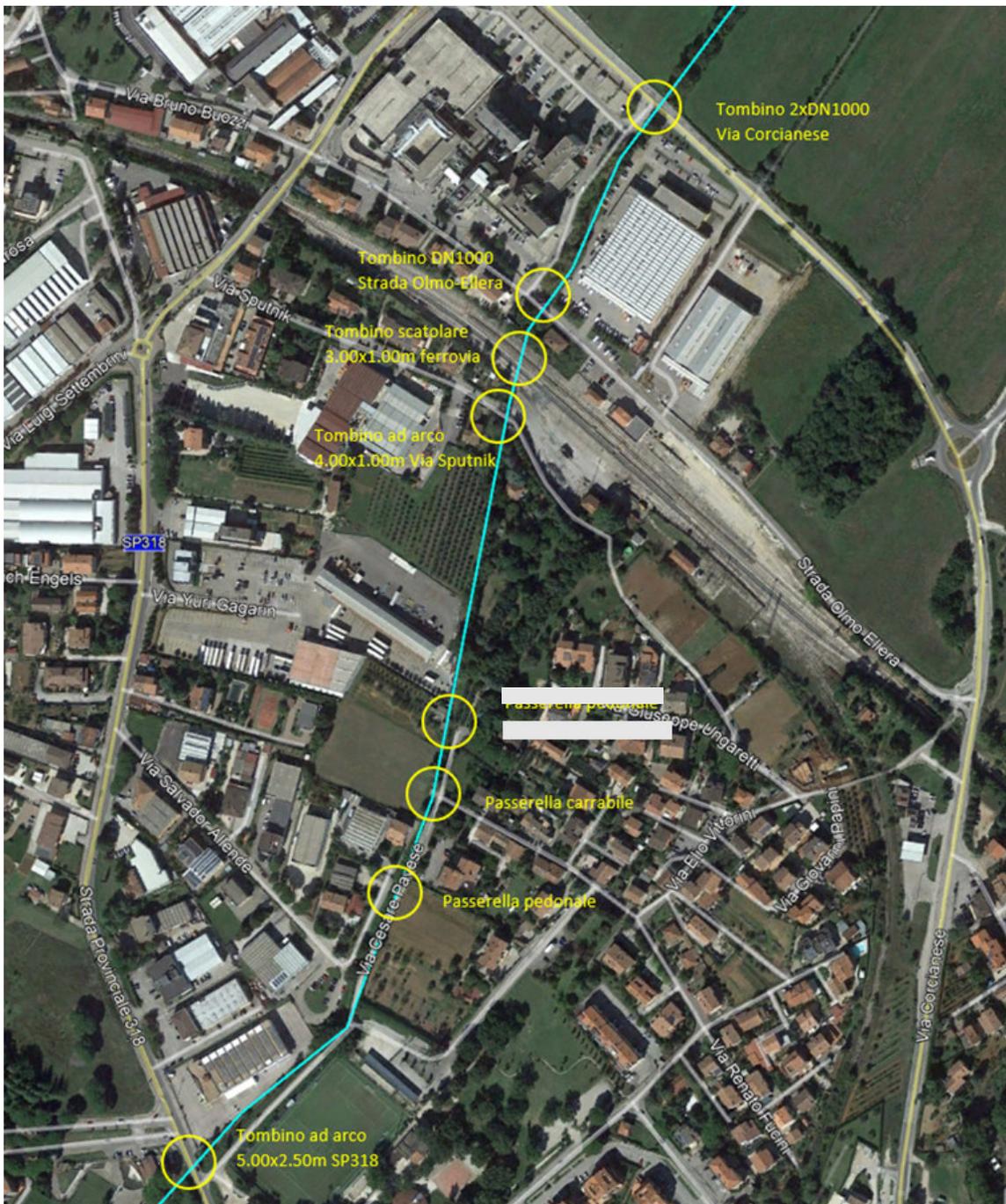
- Tombino 2xDN1000 di Via Corcianese;
- Tombino DN1000 di Via Olmo-Ellera;
- Tombino 3.00x1.00m della ferrovia;
- Tombino ad arco 4.00x1.00m di Via Sputnik;
- N.3 passerelle pedonali e carrabili nel tratto a valle della ferrovia
- Tombino ad arco 5.00x2.50m della SP318.

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	19 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

Il modello nelle condizioni ante operam si estende per ca. 1200m, partendo da ca. 100m a monte dell'attraversamento di Via Corcianese fino a ca. 220m a valle dell'attraversamento della SP318. Di seguito un inquadramento dell'asta in esame con indicati gli attraversamenti esistenti inseriti nella geometria del modello.



*Figura 6 – Inquadramento Fosso Bulagaio con attraversamenti esistenti*

La simulazione numerica è stata eseguita assumendo come condizione al contorno di monte e di valle il moto uniforme.

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	20 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

Il coefficiente di Manning utilizzato nella modellazione è  $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ , valore generalmente assunto per alvei in terra non rivestiti e per aree golenali.

Il risultato della modellazione mostra come l'opera di attraversamento ferroviaria esistente risulta insufficiente al transito della portata di progetto ( $Tr=200$ ), presentando un funzionamento in pressione, e risultando di fatto tracimata dalla corrente in transito. Si registra come anche le altre opere di attraversamento adiacenti a quella ferroviaria non consentono il transito della duecentennale. Analoghi risultati si hanno anche per portate con tempi di ritorno inferiori ( $Tr=50, 100$ ).

Di seguito si riportano i risultati della simulazione in forma tabulare ed il profilo idrico della corrente di piena per la portata duecentennale, mentre in allegato A le risultanze delle computazioni per le sezioni di calcolo con riferimento alle portate con tempo di ritorno 50, 100 e 200 anni.

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia Profile: Tr200

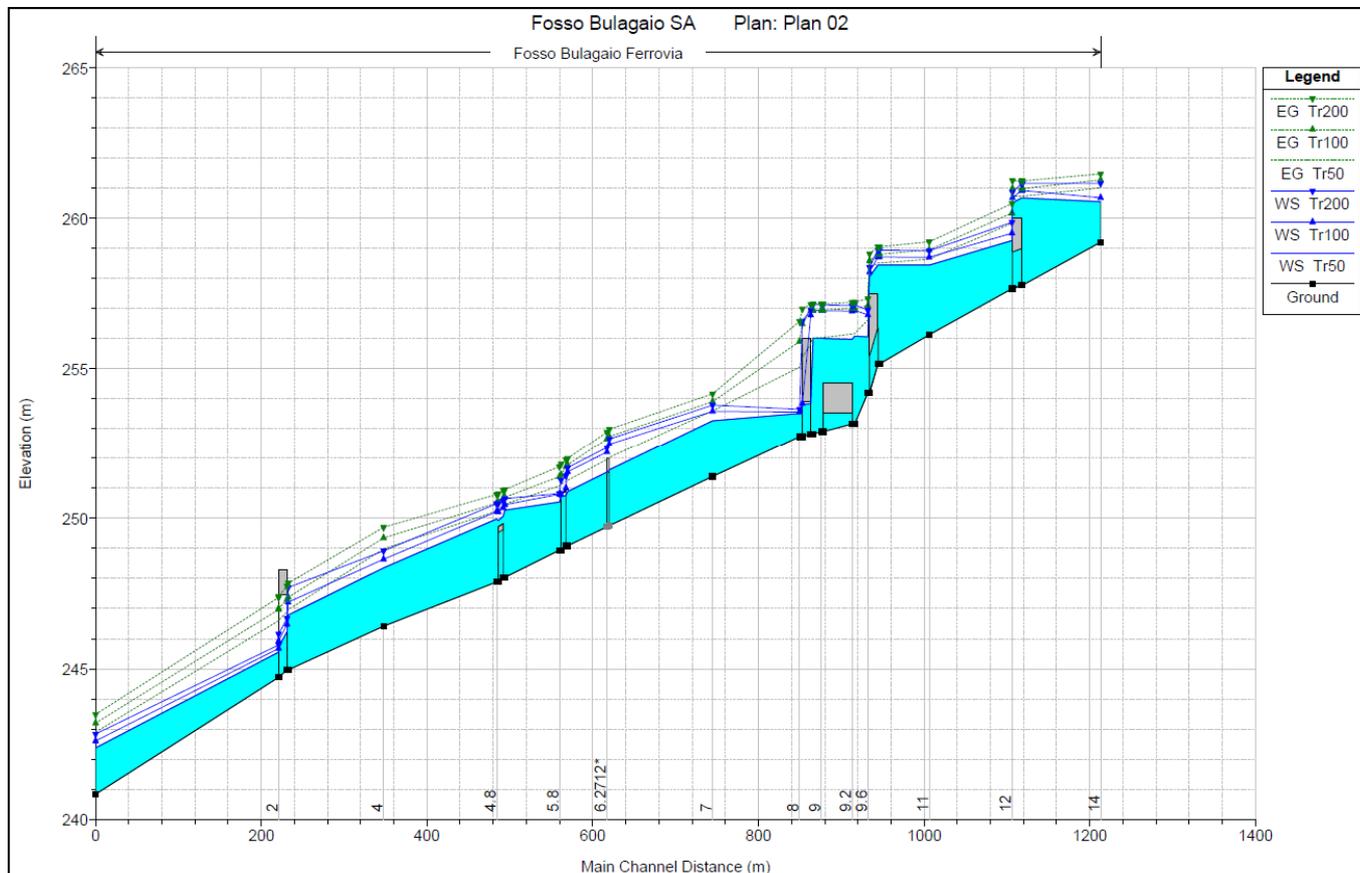
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ferrovia	14	Tr200	33.74	259.20	261.15	260.99	261.47	0.005576	2.64	14.72	13.70	0.67
Ferrovia	13	Tr200	33.74	257.77	261.15	259.73	261.24	0.000806	1.38	26.88	12.64	0.28
Ferrovia	12.5	Culvert										
Ferrovia	12	Tr200	33.74	257.66	259.87	259.87	260.49	0.011846	3.51	9.96	9.82	0.89
Ferrovia	11	Tr200	33.74	256.13	258.92	258.27	259.22	0.004164	2.46	14.32	8.77	0.56
Ferrovia	10	Tr200	33.74	255.16	258.94	257.53	259.05	0.001088	1.55	24.24	11.13	0.30
Ferrovia	9.8	Culvert										
Ferrovia	9.6	Tr200	33.74	254.20	256.94		257.33	0.006676	2.80	12.69	10.82	0.69
Ferrovia	9.4	Tr200	33.74	253.16	257.13	255.18	257.21	0.000691	1.33	28.32	11.13	0.24
Ferrovia	9.2	Bridge										
Ferrovia	9	Tr200	33.74	252.91	257.13		257.15	0.000175	0.81	49.42	15.63	0.13
Ferrovia	8.8	Tr200	33.74	252.83	257.12	254.64	257.15	0.000163	0.79	50.66	15.63	0.13
Ferrovia	8.4	Bridge										
Ferrovia	8	Tr200	33.74	252.74	253.65	254.41	256.57	0.118461	7.57	4.46	5.86	2.77
Ferrovia	7	Tr200	33.74	251.39	253.79	253.53	254.17	0.005913	2.80	13.18	10.00	0.67
Ferrovia	6.2881*	Tr200	33.74	249.75	252.66	252.35	252.98	0.016901	2.54	13.54	9.64	0.47
Ferrovia	6.2712*	Tr200	33.74	249.71	252.36	252.36	252.89	0.036523	3.28	10.58	9.64	0.63
Ferrovia	6	Tr200	33.74	249.09	251.69	251.17	252.00	0.004211	2.51	14.44	9.50	0.58
Ferrovia	5.9	Bridge										
Ferrovia	5.8	Tr200	33.74	248.94	250.82	251.02	251.72	0.021059	4.20	8.10	7.42	1.21
Ferrovia	5	Tr200	33.74	248.04	250.65	250.26	250.96	0.004262	2.55	14.71	9.96	0.59
Ferrovia	4.9	Bridge										
Ferrovia	4.8	Tr200	33.74	247.89	250.49		250.80	0.004394	2.57	14.56	9.96	0.60
Ferrovia	4	Tr200	33.74	246.42	248.92	248.92	249.70	0.016671	3.92	8.61	5.50	1.00
Ferrovia	3	Tr200	33.74	244.97	247.71	246.64	247.85	0.001921	1.68	20.08	11.13	0.40
Ferrovia	2.5	Bridge										
Ferrovia	2	Tr200	33.74	244.72	245.79	246.29	247.37	0.052499	5.57	6.06	6.94	1.90
Ferrovia	1	Tr200	33.74	240.84	242.84	242.84	243.49	0.014086	3.58	9.42	7.30	1.01

**Tabella 3 - Risultati simulazione Stato Attuale Fosso Bulagaio.**

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	21 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**



**Figura 7 - Profilo di corrente Stato Attuale Fosso Bulagaio.**

#### **4.5 Modello idraulico in configurazione Stato di Progetto**

Le caratteristiche geometriche del modello allo Stato di progetto del Fosso Bulagaio sono così riassumibili:

- Lunghezza totale tratto di studio: 1200 m;

Le opere di attraversamento presenti lungo il tratto d'asta in analisi, procedendo da monte verso valle, sono:

- Tombino 2xDN1000 di Via Corcianese;
- Nuovo Tombino scatolare 4.00x5.00÷6.00 m su Via Olmo -Ellera;
- Nuovo Tombino scatolare 4.00x3.00m al di sotto della ferrovia;
- Nuovo Tombino scatolare 4.00x4.50m su Via Sputnik;
- N.3 passerelle pedonali e carrabili nel tratto a valle della ferrovia, di cui si prevede il rifacimento;

<b>Idrologia ed idraulica</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	22 di 28

- Tombino ad arco 5.00x2.50m della SP318;

A monte e a valle dell'intervento il canale in c.a. è raccordato all'alveo naturale mediante sistemazione idraulica in gabbioni per un tratto complessivo di 40 m a monte e altrettanti a valle.

La simulazione numerica è stata eseguita assumendo come condizione al contorno di monte e di valle il moto uniforme.

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono  $0.015 \text{ s/m}^{1/3}$  per rivestimento in cls,  $0.028 \text{ s/m}^{1/3}$  per rivestimento con materassi tipo Reno o gabbioni metallici e  $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$  per alveo in terra non rivestito e aree golenali.

Di seguito si riportano i risultati della simulazione in forma tabulare ed il profilo idrico della corrente di piena, mentre in allegato B le risultanze delle computazioni per le sezioni di calcolo con riferimento alle portate con tempo di ritorno 50, 100 e 200 anni.

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	23 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

HEC-RAS Plan: PLAN\_12 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia Profile: Tr200

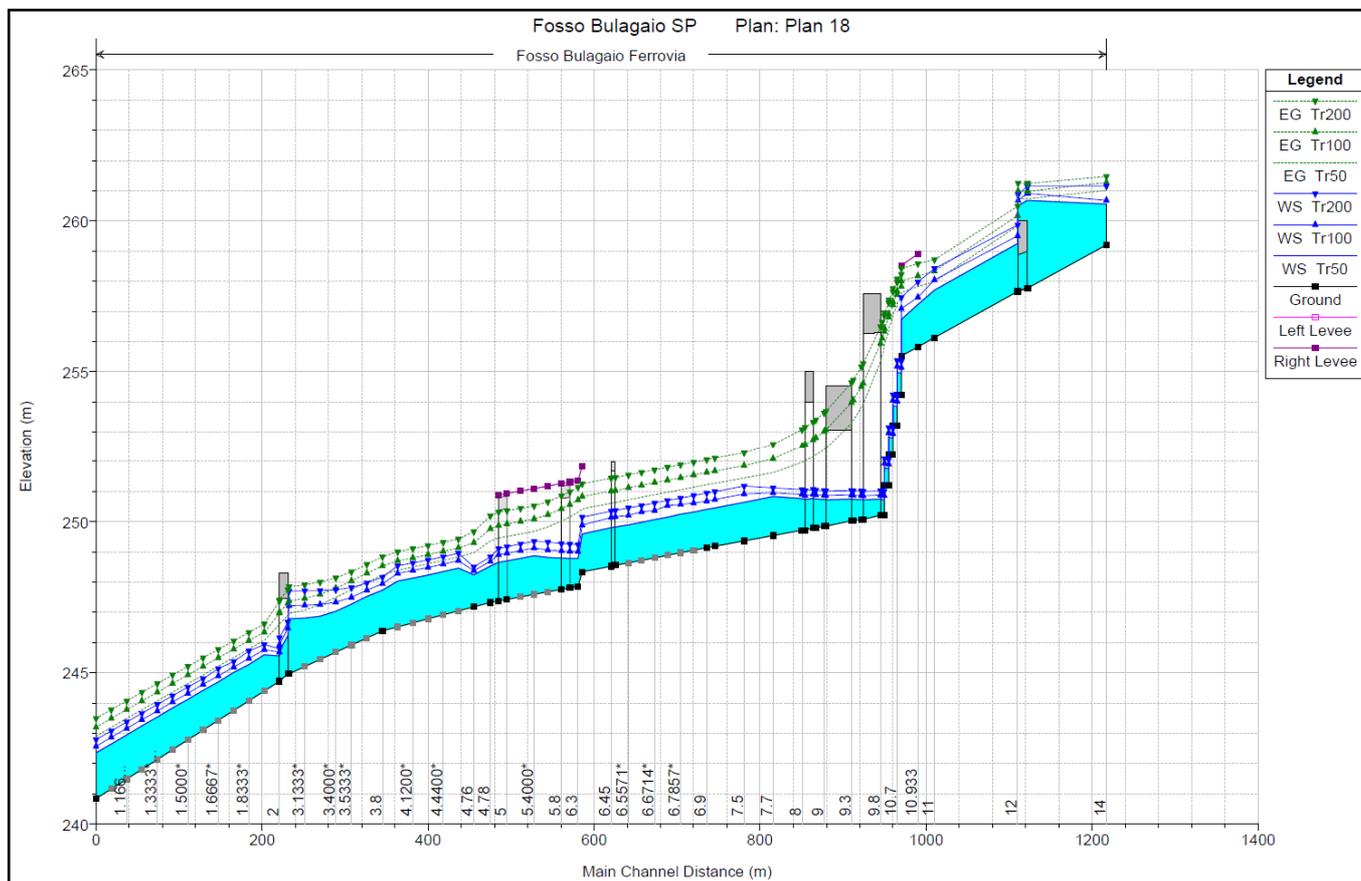
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ferrovia	14	Tr200	33.74	259.20	261.15	260.99	261.47	0.005576	2.64	14.72	13.70	0.67
Ferrovia	13	Tr200	33.74	257.77	261.15	259.73	261.24	0.000806	1.38	26.88	12.64	0.28
Ferrovia	12.5		Culvert									
Ferrovia	12	Tr200	33.74	257.66	259.87	259.87	260.49	0.011846	3.51	9.96	9.82	0.89
Ferrovia	11	Tr200	33.74	256.13	258.42	257.82	258.71	0.002979	2.40	14.04	8.26	0.59
Ferrovia	10.933	Tr200	33.74	255.82	257.97	257.71	258.58	0.010130	3.46	9.74	6.00	0.87
Ferrovia	10.9	Tr200	33.74	255.52	257.46	257.46	258.42	0.004331	4.35	7.76	4.01	1.00
Ferrovia	10.85	Tr200	33.74	254.22	255.34	256.15	258.23	0.019797	7.52	4.48	4.01	2.27
Ferrovia	10.8	Tr200	33.74	254.22	255.38	256.15	258.08	0.017983	7.28	4.64	4.01	2.16
Ferrovia	10.7	Tr200	33.74	253.22	254.20	255.15	257.97	0.029023	8.60	3.93	4.00	2.77
Ferrovia	10.6	Tr200	33.74	253.22	254.23	255.15	257.76	0.026364	8.31	4.06	4.00	2.64
Ferrovia	10.5	Tr200	33.74	252.22	253.11	254.15	257.65	0.038076	9.44	3.58	4.00	3.19
Ferrovia	10.4	Tr200	33.74	252.22	253.14	254.15	257.38	0.034425	9.12	3.70	4.00	3.03
Ferrovia	10.3	Tr200	33.74	251.22	252.05	253.15	257.28	0.046807	10.12	3.33	4.00	3.54
Ferrovia	10.2	Tr200	33.74	251.22	252.08	253.15	256.95	0.042147	9.77	3.45	4.00	3.36
Ferrovia	10.1	Tr200	33.74	250.22	251.01	252.15	256.85	0.055118	10.70	3.15	4.00	3.85
Ferrovia	10	Tr200	33.74	250.21	251.01	252.14	256.64	0.052223	10.51	3.21	4.00	3.75
Ferrovia	9.8		Bridge									
Ferrovia	9.6	Tr200	33.74	250.08	251.02	252.01	255.16	0.033345	9.02	3.74	4.00	2.98
Ferrovia	9.5	Tr200	33.74	250.03	251.02	251.96	254.72	0.028323	8.52	3.96	4.00	2.74
Ferrovia	9.3		Bridge									
Ferrovia	9	Tr200	33.74	249.85	251.03	251.78	253.63	0.017055	7.14	4.72	4.00	2.10
Ferrovia	8.8	Tr200	33.74	249.80	251.04	251.73	253.40	0.014871	6.80	4.96	4.00	1.95
Ferrovia	8.4		Bridge									
Ferrovia	8	Tr200	33.74	249.72	251.06	251.65	253.08	0.011918	6.29	5.37	4.01	1.73
Ferrovia	7.7	Tr200	33.74	249.54	251.12	251.47	252.58	0.007649	5.36	6.30	4.00	1.36
Ferrovia	7.5	Tr200	33.74	249.37	251.17	251.30	252.28	0.005250	4.67	7.23	4.00	1.11
Ferrovia	7	Tr200	33.74	249.19	250.99	251.12	252.11	0.005268	4.67	7.22	4.01	1.11
Ferrovia	6.9	Tr200	33.74	249.14	250.94	251.07	252.06	0.005252	4.67	7.23	4.01	1.11
Ferrovia	6.5	Tr200	33.74	248.55	250.37	250.49	251.47	0.005152	4.64	7.28	4.01	1.10
Ferrovia	6.45	Tr200	33.74	248.53	250.34	250.46	251.44	0.005142	4.63	7.28	4.01	1.10
Ferrovia	6.4	Tr200	33.74	248.34	250.14	250.28	251.26	0.005250	4.67	7.23	4.01	1.11
Ferrovia	6.3	Tr200	33.74	247.86	249.24	249.80	251.14	0.010968	6.10	5.53	4.01	1.66
Ferrovia	6	Tr200	33.74	247.81	249.25	249.75	250.99	0.009664	5.83	5.78	4.01	1.55
Ferrovia	5.8	Tr200	33.74	247.76	249.27	249.70	250.85	0.008502	5.57	6.06	4.01	1.45
Ferrovia	5	Tr200	33.74	247.43	249.17	249.36	250.36	0.005786	4.84	6.97	4.01	1.17
Ferrovia	4.8	Tr200	33.74	247.38	249.11	249.31	250.32	0.005856	4.86	6.94	4.01	1.18
Ferrovia	4.78	Tr200	33.74	247.33	248.84	249.18	250.19	0.027131	5.14	6.56	5.00	1.43
Ferrovia	4.76	Tr200	33.74	247.18	248.50	248.85	249.67	0.020378	4.79	7.05	6.66	1.49
Ferrovia	3.8	Tr200	33.74	246.39	248.16	248.16	248.84	0.011991	3.65	9.25	6.83	1.00
Ferrovia	3	Tr200	33.74	244.97	247.71	246.65	247.85	0.001921	1.68	20.08	11.13	0.40
Ferrovia	2.5		Bridge									
Ferrovia	2	Tr200	33.74	244.72	245.79	246.29	247.37	0.052499	5.57	6.06	6.94	1.90
Ferrovia	1	Tr200	33.74	240.84	242.79	242.84	243.49	0.015439	3.71	9.10	7.19	1.05

**Tabella 4 - Risultati simulazione Stato di Progetto Fosso Bulagaio**

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	24 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**



**Figura 8 - Profilo di corrente Stato di progetto Fosso Bulagaio**

L'analisi dei risultati della configurazione di progetto indica il rispetto delle condizioni minime previste dalla normativa in termini di grado di riempimento e di franco idraulico nella totalità degli attraversamenti in progetto. Nel paragrafo successivo si riportano le relative verifiche idrauliche.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO          POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA          INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL          PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>Idrologia ed idraulica</b>  <b>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  RI ID0002 001	REV.  A	FOGLIO  25 di 28

## 5 COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL'INTERVENTO

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica dell'intervento in progetto con il territorio, ed è stata analizzata la sicurezza delle infrastrutture, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio idraulico più opportuni, garantendo la minima interferenza delle opere con il normale deflusso delle acque.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto sono:

- NTC 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa del 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- Manuale di Progettazione RFI 2020;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Tevere;

Per quanto riguarda il PAI, nel caso in esame l'intervento non ricade all'interno di aree perimetrate da rischio idraulico. Si può comunque affermare che le opere in progetto sono state studiate in modo da non alterare le condizioni di funzionalità idraulica dei corsi d'acqua interessati dagli interventi e non generare un aumento della pericolosità idraulica, né localmente, né nelle aree a monte e a valle degli interventi.

Per la verifica della compatibilità idraulica delle opere in progetto sul Fosso Bulagaio si riporta nella tabella seguente per ciascun attraversamento la progressiva dell'asta del fosso, la descrizione, la portata di progetto, la quota di intradosso di ciascun manufatto, la quota del livello idrico (L.I.) stimato in corrispondenza della sezione di monte, il valore del franco idraulico ed il grado di riempimento (G.R.) ove necessario.

I risultati mostrano come le verifiche idrauliche rispettano le prescrizioni imposte dalle normative vigenti sia per quel che riguarda il franco idraulico sia per quel che riguarda il massimo grado di riempimento.

Dal confronto tra i risultati delle simulazioni ante e post operam si evince peraltro come nei tratti a valle delle sistemazioni in progetto, inclusi gli attraversamenti esistenti (es: SP318), i livelli idrici risultano ridotti o al più immutati rispetto alla configurazione attuale.

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	26 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

Pk	Q <sub>200</sub>	Opera	Tirante	L.I.	Quota intradosso	G.R.	Franco
	(mc/s)		(m)	(m.s.l.m.)	(m.s.l.m.)	(%)	(m)
0+160	33.74	Tombino su Via Olmo-Ellera 4.00x5.00*	0.85	252.07	256.30	17%	4.15
0+200	33.74	Tombino Ferroviario 4.00x3.00m	1.00	251.03	253.03	33%	2.00
0+245	33.74	Tombino su Via Sputnik 4.00x4.50m	1.30	251.10	254.30	29%	3.20
0+488	33.74	Passerella pedonale 4.00x3.00m	1.80	250.37	251.7	60%	1.20
0+542	33.74	Passaggio carrabile 4.00x3.00m	1.45	249.25	250.81	48%	1.55
0+615	33.74	Passerella pedonale 4.00x3.00m	1.75	249.17	250.43	58%	1.25

**Tabella 5 – Verifica di compatibilità idraulica per le opere ferroviarie e stradali in progetto**

\*verifica effettuata sul tratto di imbocco del tombino di progetto di Via Olmo Ellera.

### 5.1 Verifica rivestimento in gabbioni

Si riportano di seguito i valori della velocità massima della corrente in corrispondenza delle sezioni rivestite, indicando la progressiva dell'interferenza, il tipo di rivestimento in materassi tipo reno e gabbioni, lo spessore del rivestimento (S), il diametro medio del materiale di riempimento (d) ed il valore della massima velocità della corrente (V), desunta dalla modellazione effettuata.

Pk [km]	Lunghezza	Tipologia rivestimento sponde	Tipologia rivestimento fondo	S (m)	d <sub>50</sub> (m)	V (m/s)
0+120	40 m	gabbioni	gabbioni	0.5	0.19	3.46
0+625	40 m	gabbioni	gabbioni	0.5	0.19	5.14

**Tabella 6 - Verifica dei rivestimenti delle per le opere ferroviarie in progetto**

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	27 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

Prove di laboratorio mostrano che i rivestimenti in materassi tipo “Reno” dello spessore di 30 cm e riempimento con pezzatura variabile tra 100-150 mm presentano una velocità critica di 5,0 m/s e velocità limite di 6,4 m/s.

I gabbioni, invece, dello spessore di 50 cm e riempimento con pezzatura variabile tra 120-250 mm presentano una velocità critica di 6,4 m/s e velocità limite di 8,0 m/s.

Per entrambi i tratti di alveo rivestiti in gabbioni la verifica in termini di velocità risulta pertanto soddisfatta.

Type	Thickness (m)	Filling stones		Critical velocity (*)	Limit velocity (*)
		stone size	d <sub>50</sub>		
Reno mattress	0,15-0,17	70-100	0.085	3.5	4.2
		70-150	0.110	4.2	4.5
	0,23-0,25	70-100	0.085	3.6	5.5
		70-150	0.120	4.5	6.1
	0,30	70-120	0.100	4.2	5.5
		100-150	0.125	5.0	6.4
Gabions	0,50	100-200	0.150	5.8	7.6
		120-250	0.190	6.4	8.0

*Tabella 7 - Velocità critica per materassi reno e gabbioni*

## 5.2 Verifica opere provvisorie con portata di cantiere

La sistemazione del canale Bulagaio sarà realizzata a partire dalla sezione di valle (0+620 circa) verso monte. Durante la realizzazione delle opere il fosso viene deviato provvisoriamente con un tubo  $\Phi 2000$  tra le pk 0+160 e 0+270 della sistemazione del Fosso Bulagaio, tale deviazione permette di realizzare all’asciutto le opere relative ai salti idraulici e la spinta sottobinario del nuovo manufatto di attraversamento idraulico e il canale ad U in c.a. a valle dello stesso. Nei restanti tratti le portate saranno gestite attraverso una tubazione provvisoria D2000 tipo ARMCO posata sul fondo alveo esistente, con spostamento progressivo della stessa durante l’avanzamento dello scavo.

Il tempo di ritorno per la verifica delle opere provvisorie è stato definito sulla base della “Metodologia della Direttiva n.2/1999 dell’Autorità di Bacino del Fiume Po” secondo cui:

*“Con riferimento alle opere provvisorie necessarie per la costruzione di manufatti di attraversamento e di sistemazioni dell’alveo l’evento di piena di “cantiere” deve essere scelto garantendo che la sua probabilità di accadimento, per tutta la durata dei lavori in alveo, sia la stessa dell’evento assunto a base del progetto dell’opera nel suo assetto definitivo, nel periodo di vita utile dell’opera stessa”.*

Tale prescrizione equivale a dire che:

**Idrologia ed idraulica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	RI ID0002 001	A	28 di 28

**Relazione idraulica e di compatibilità idraulica**

$$R_{D,T_{r,p}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_{r,p}}\right)^D = R_{n,T_r}$$

dove:

- $R_{D,T_{r,p}}$  = probabilità di accadimento piena di cantiere;
- $T_{r,p}$  = tempo di ritorno dell'evento di riferimento da considerare nel dimensionamento delle opere provvisionali;
- $D$  = numero di anni (n) di permanenza delle opere in alveo (o di cantiere);
- $R_{n,T_r}$  = probabilità di accadimento piena di progetto dell'opera nel suo assetto definitivo, valutabile mediante la seguente espressione, dove  $T_r$  = tempo di ritorno piena di progetto dell'opera nel suo assetto definitivo (200 anni) e  $n$  = vita utile dell'opera (100 anni).

$$R_{n,T_r} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$$

Si ricava facilmente che

$$T_{r,p} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{n/D}}$$

Assumendo una durata di cantiere pari a 6 mesi ( $D = 0.5$  anni) si ottiene che  $T_{r,p} = 1.58$  anni.

Cautelativamente si è assunto un  $T_r = 5$  anni, cui corrisponde una portata al colmo pari a 4.85 mc/s (Relazione idrologica IR0B02D10RIID0001001A), assunta come portata dimensionante per le opere provvisionali. La tubazione ARMCO  $\Phi 2000$  utilizzata durante le fasi di cantiere risulta sufficiente al transito di tale portata, come mostrato nella tabella seguente.

**Tabella 8 – Verifica opere provvisionali**

<b>Q<sub>s</sub></b>	<b>Opera</b>	<b>i</b>	<b>Tirante</b>	<b>G.R.</b>
<b>(mc/s)</b>		<b>%</b>	<b>(m)</b>	<b>(%)</b>
4.85	Tubazione ARMCO $\Phi 2000$	0.2	1.21	60%

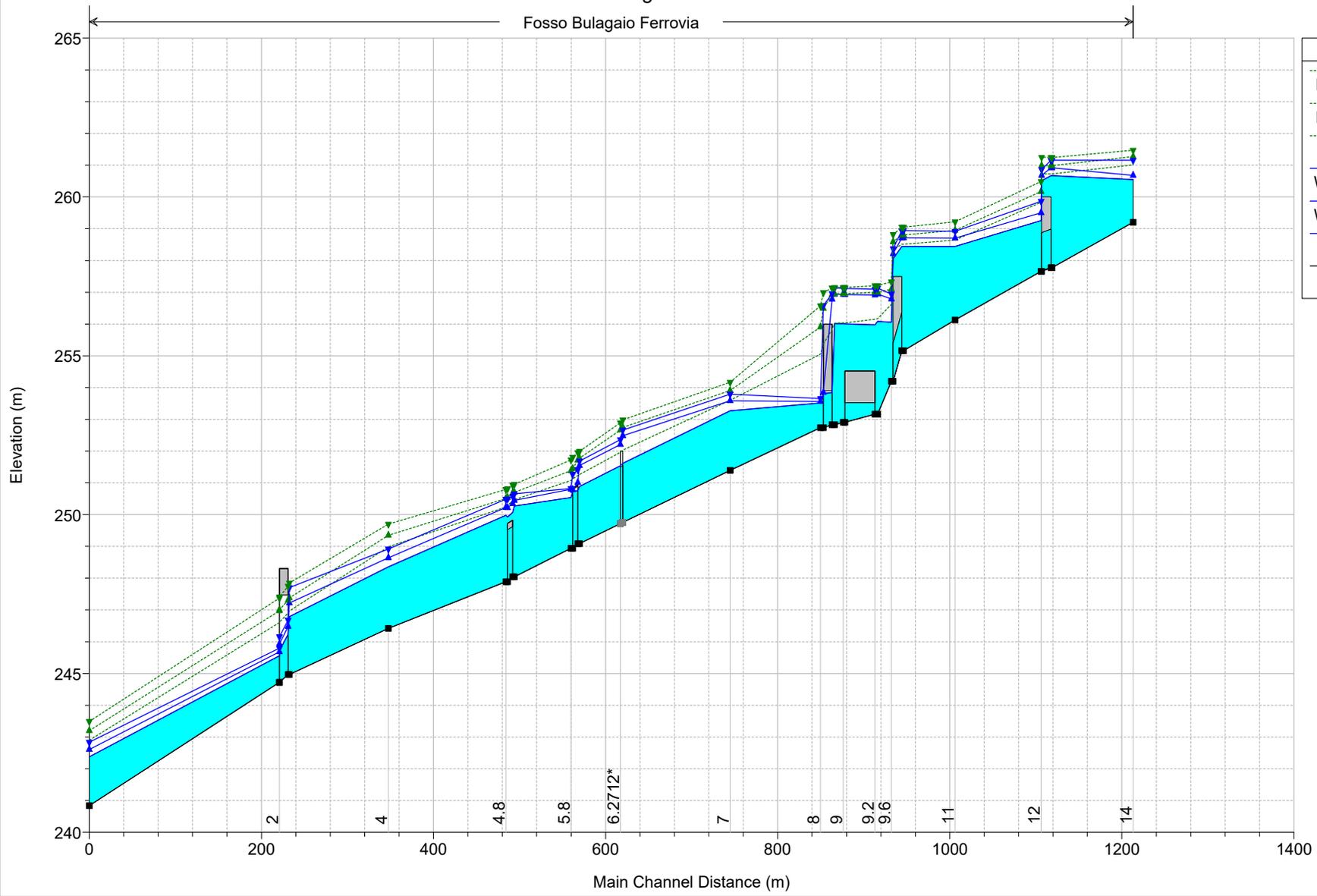
# **ALLEGATO A**

**FOSSO DEL BULAGAIO**

**STATO ATTUALE**

**RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE**

Fosso Bulagaio SA Plan: Plan 02  
 Fosso Bulagaio Ferrovia



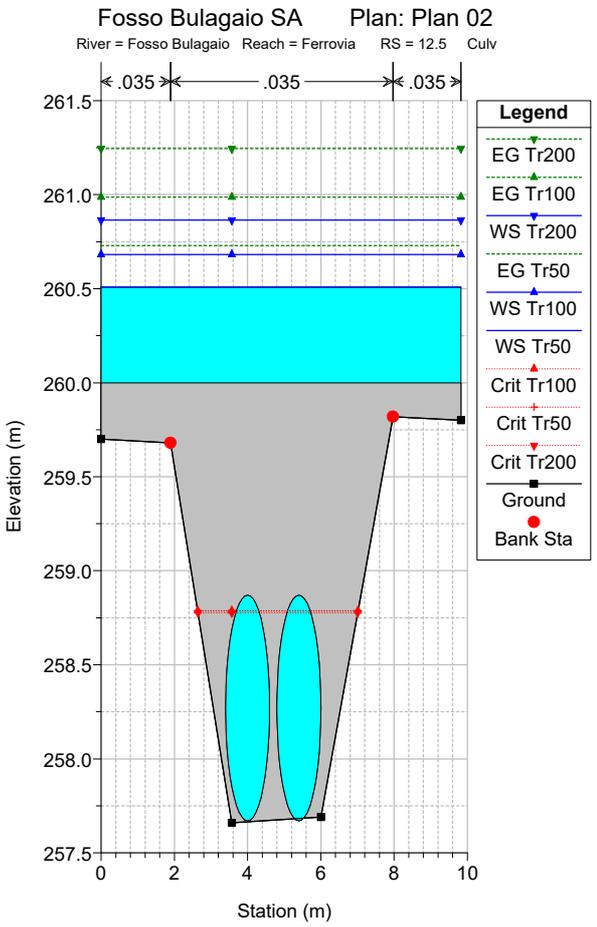
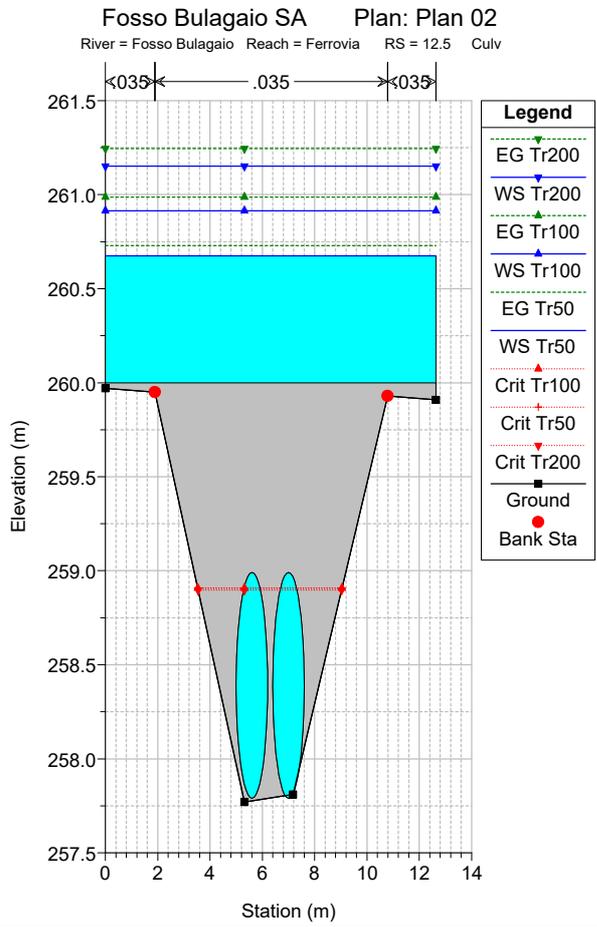
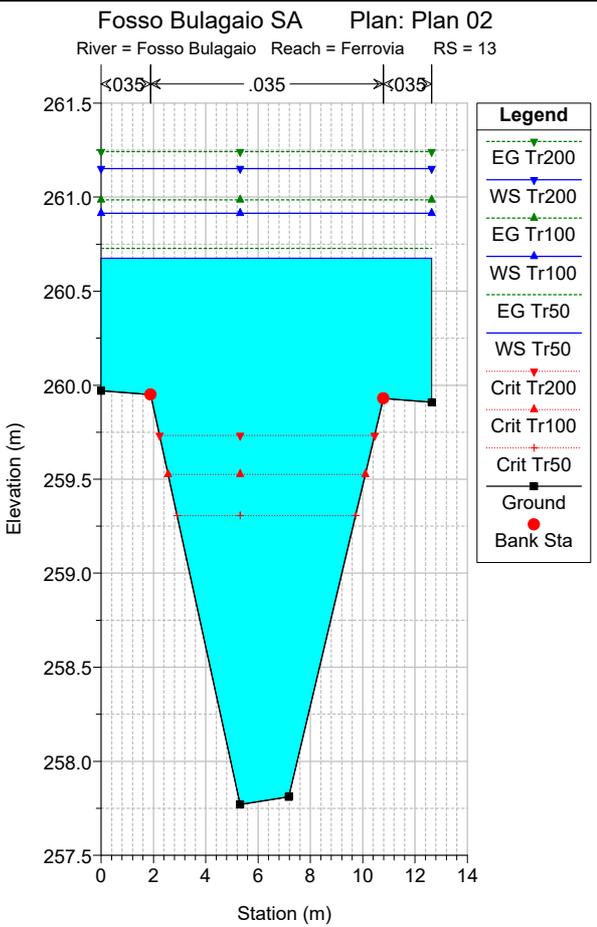
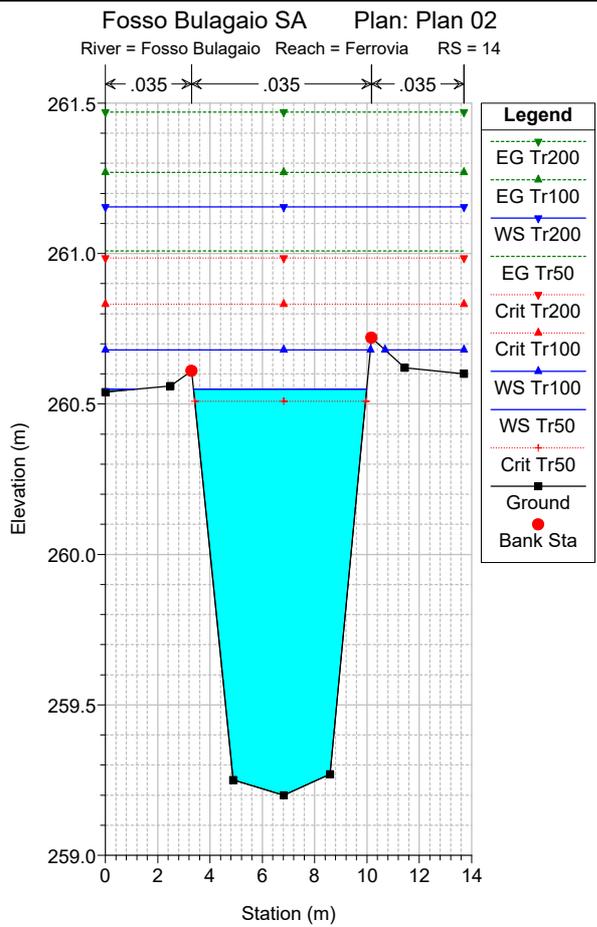
Legend	
EG Tr200	
EG Tr100	
EG Tr50	
WS Tr200	
WS Tr100	
WS Tr50	
Ground	

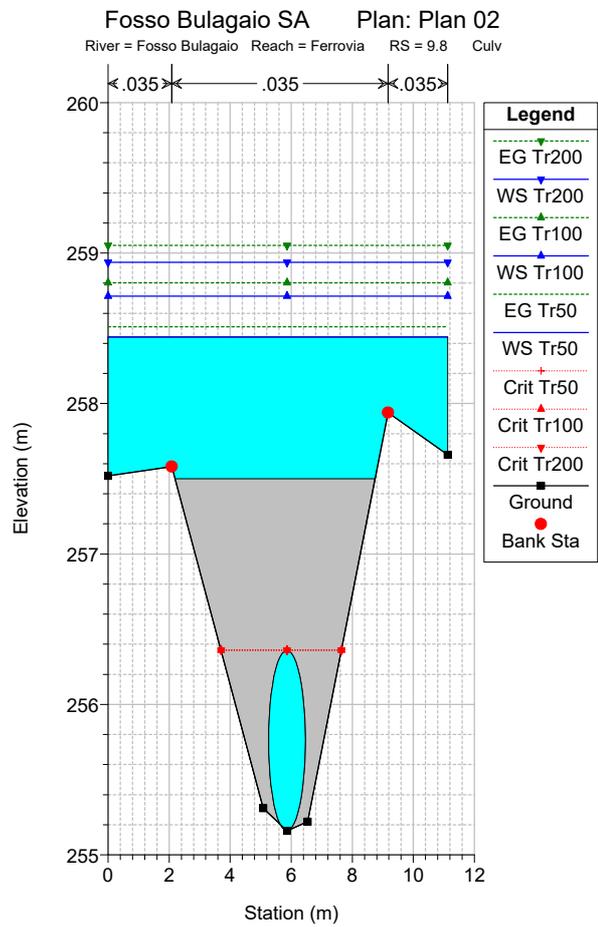
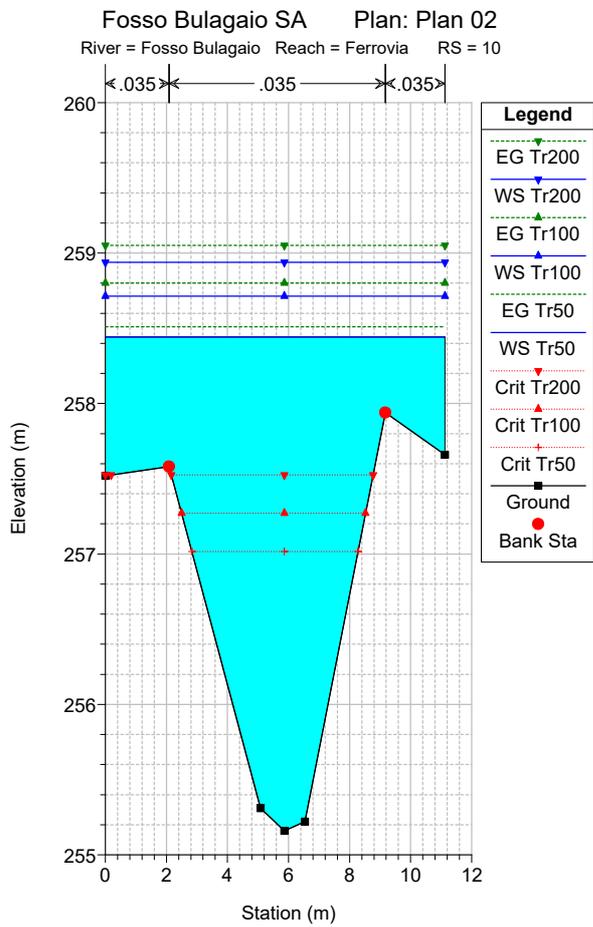
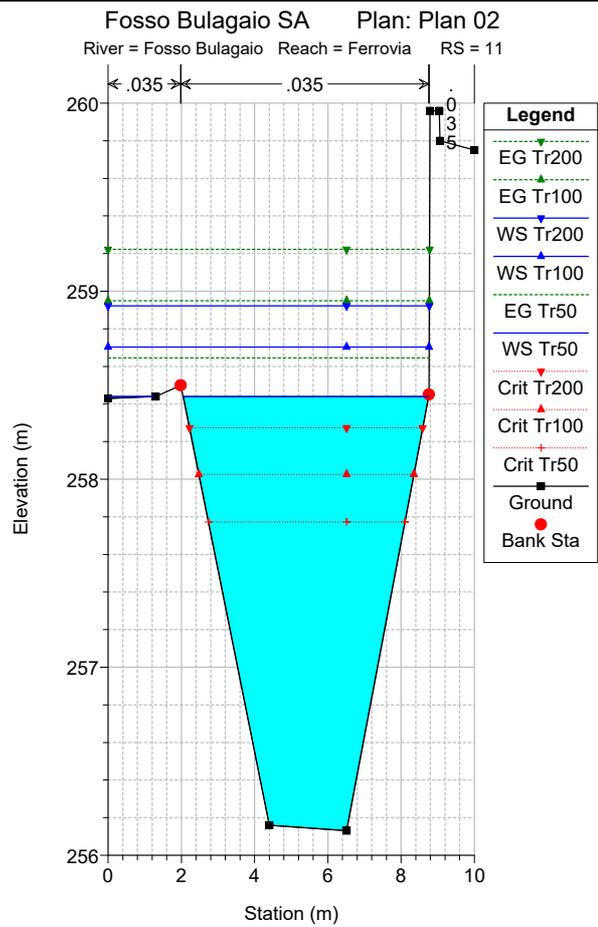
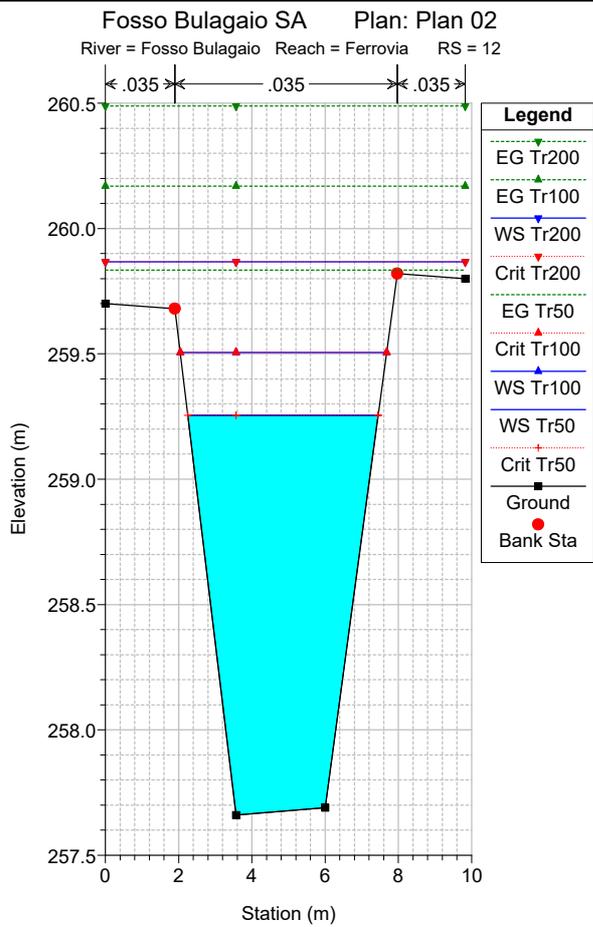
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia

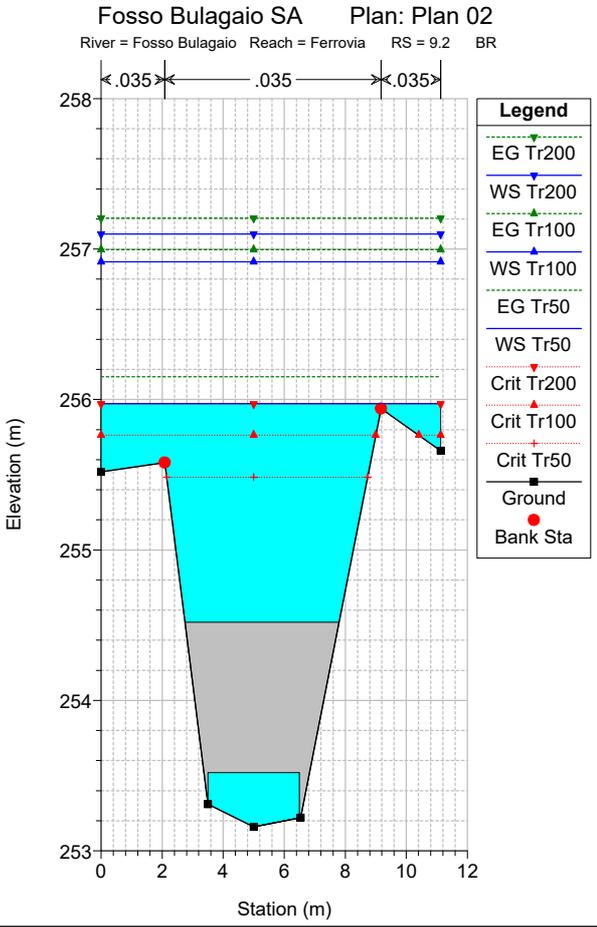
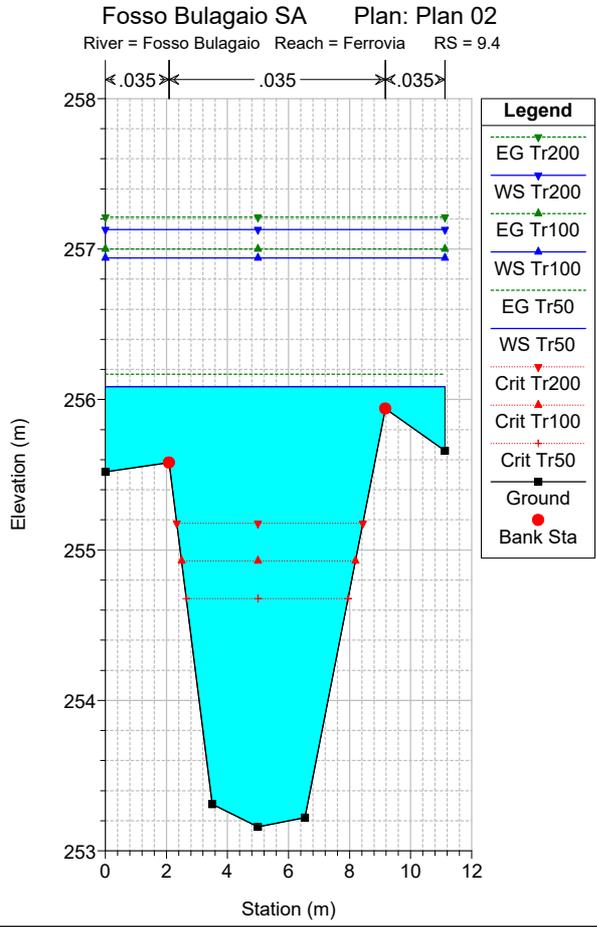
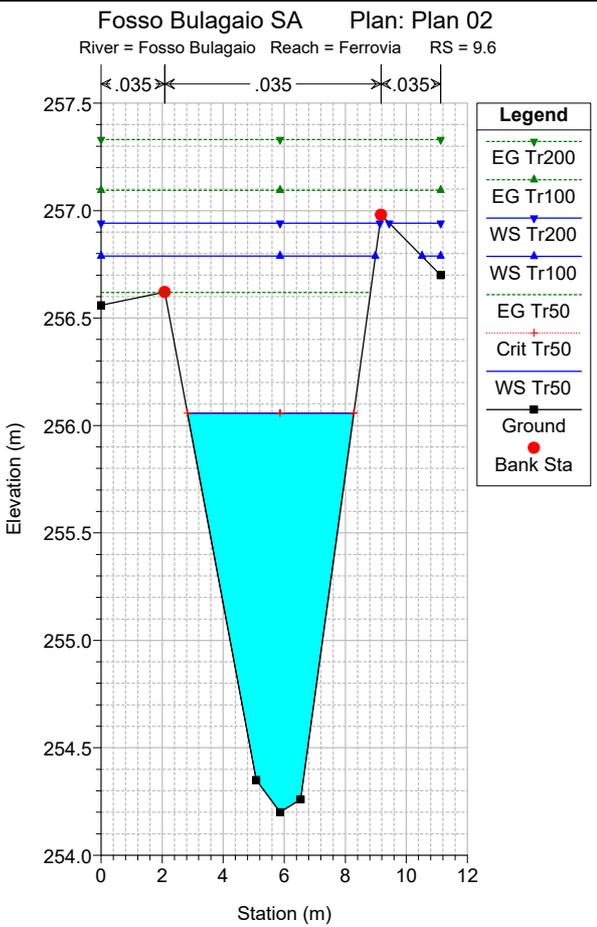
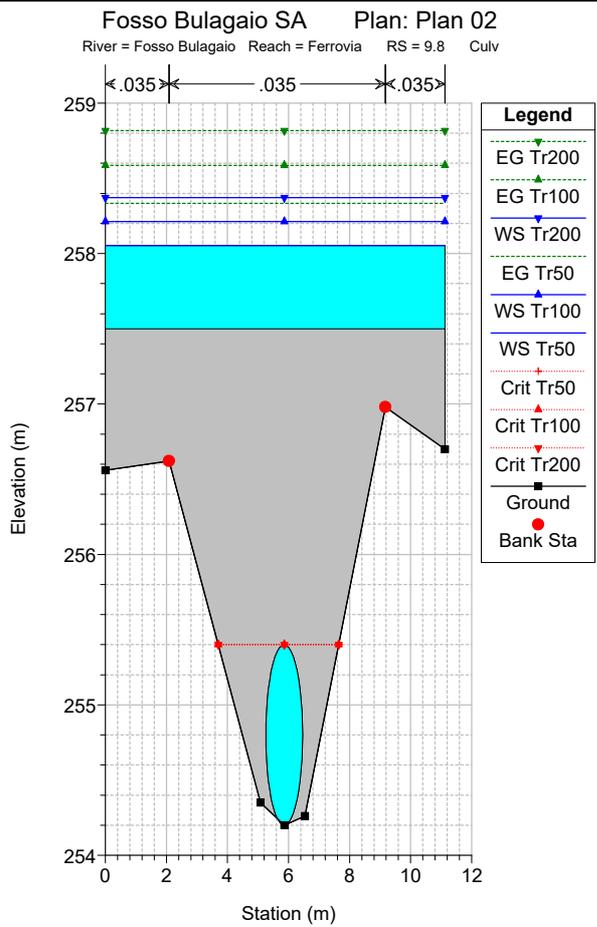
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ferrovia	14	Tr50	20.30	259.20	260.55	260.51	261.01	0.012883	3.00	6.77	7.74	0.95
Ferrovia	14	Tr100	26.63	259.20	260.68	260.83	261.27	0.015008	3.43	8.22	13.14	1.04
Ferrovia	14	Tr200	33.74	259.20	261.15	260.99	261.47	0.005576	2.64	14.72	13.70	0.67
Ferrovia	13	Tr50	20.30	257.77	260.67	259.31	260.73	0.000623	1.05	20.84	12.64	0.24
Ferrovia	13	Tr100	26.63	257.77	260.91	259.53	260.99	0.000716	1.21	23.87	12.64	0.26
Ferrovia	13	Tr200	33.74	257.77	261.15	259.73	261.24	0.000806	1.38	26.88	12.64	0.28
Ferrovia	12.5		Culvert									
Ferrovia	12	Tr50	20.30	257.66	259.25	259.25	259.83	0.015836	3.37	6.02	5.19	1.00
Ferrovia	12	Tr100	26.63	257.66	259.51	259.51	260.17	0.015719	3.61	7.38	5.63	1.01
Ferrovia	12	Tr200	33.74	257.66	259.87	259.87	260.49	0.011846	3.51	9.96	9.82	0.89
Ferrovia	11	Tr50	20.30	256.13	258.44	257.77	258.65	0.003987	2.01	10.11	7.99	0.52
Ferrovia	11	Tr100	26.63	256.13	258.70	258.03	258.95	0.003953	2.21	12.40	8.77	0.53
Ferrovia	11	Tr200	33.74	256.13	258.92	258.27	259.22	0.004164	2.46	14.32	8.77	0.56
Ferrovia	10	Tr50	20.30	255.16	258.44	257.02	258.51	0.000839	1.19	18.70	11.13	0.26
Ferrovia	10	Tr100	26.63	255.16	258.71	257.27	258.80	0.000935	1.36	21.72	11.13	0.28
Ferrovia	10	Tr200	33.74	255.16	258.94	257.53	259.05	0.001088	1.55	24.24	11.13	0.30
Ferrovia	9.8		Culvert									
Ferrovia	9.6	Tr50	20.30	254.20	256.06	256.06	256.62	0.015551	3.32	6.12	5.45	1.00
Ferrovia	9.6	Tr100	26.63	254.20	256.79		257.09	0.005700	2.47	11.13	9.60	0.63
Ferrovia	9.6	Tr200	33.74	254.20	256.94		257.33	0.006676	2.80	12.69	10.82	0.69
Ferrovia	9.4	Tr50	20.30	253.16	256.09	254.68	256.17	0.001123	1.30	16.69	11.13	0.28
Ferrovia	9.4	Tr100	26.63	253.16	256.94	254.93	257.00	0.000540	1.13	26.20	11.13	0.21
Ferrovia	9.4	Tr200	33.74	253.16	257.13	255.18	257.21	0.000691	1.33	28.32	11.13	0.24
Ferrovia	9.2		Bridge									
Ferrovia	9	Tr50	20.30	252.91	256.01		256.03	0.000232	0.74	32.00	15.63	0.14
Ferrovia	9	Tr100	26.63	252.91	256.93		256.95	0.000132	0.68	46.43	15.63	0.11
Ferrovia	9	Tr200	33.74	252.91	257.13		257.15	0.000175	0.81	49.42	15.63	0.13
Ferrovia	8.8	Tr50	20.30	252.83	256.01	254.06	256.03	0.000208	0.71	33.24	15.63	0.14
Ferrovia	8.8	Tr100	26.63	252.83	256.93	254.26	256.95	0.000122	0.66	47.67	15.63	0.11
Ferrovia	8.8	Tr200	33.74	252.83	257.12	254.64	257.15	0.000163	0.79	50.66	15.63	0.13
Ferrovia	8.4		Bridge									
Ferrovia	8	Tr50	20.30	252.74	253.52	253.98	255.06	0.073880	5.49	3.70	5.58	2.16
Ferrovia	8	Tr100	26.63	252.74	253.56	254.19	255.90	0.106628	6.78	3.93	5.67	2.60
Ferrovia	8	Tr200	33.74	252.74	253.65	254.41	256.57	0.118461	7.57	4.46	5.86	2.77
Ferrovia	7	Tr50	20.30	251.39	253.27	252.99	253.60	0.007693	2.56	8.10	7.82	0.73
Ferrovia	7	Tr100	26.63	251.39	253.59	253.28	253.91	0.005896	2.57	11.13	10.00	0.66
Ferrovia	7	Tr200	33.74	251.39	253.79	253.53	254.17	0.005913	2.80	13.18	10.00	0.67
Ferrovia	6.2881*	Tr50	20.30	249.75	251.62	251.42	252.03	0.023882	2.84	7.14		0.67
Ferrovia	6.2881*	Tr100	26.63	249.75	252.49	252.20	252.75	0.016128	2.31	11.82	9.64	0.44
Ferrovia	6.2881*	Tr200	33.74	249.75	252.66	252.35	252.98	0.016901	2.54	13.54	9.64	0.47
Ferrovia	6.2712*	Tr50	20.30	249.71	251.54	251.38	251.96	0.024413	2.87	7.08		0.68
Ferrovia	6.2712*	Tr100	26.63	249.71	252.21	252.21	252.66	0.036387	3.03	9.05	9.64	0.60
Ferrovia	6.2712*	Tr200	33.74	249.71	252.36	252.36	252.89	0.036523	3.28	10.58	9.64	0.63
Ferrovia	6	Tr50	20.30	249.09	250.88	250.69	251.26	0.009521	2.73	7.44	6.79	0.81
Ferrovia	6	Tr100	26.63	249.09	251.55	250.95	251.78	0.003460	2.16	13.11	9.50	0.52
Ferrovia	6	Tr200	33.74	249.09	251.69	251.17	252.00	0.004211	2.51	14.44	9.50	0.58
Ferrovia	5.9		Bridge									
Ferrovia	5.8	Tr50	20.30	248.94	250.54	250.54	251.08	0.015051	3.24	6.27	5.89	1.00
Ferrovia	5.8	Tr100	26.63	248.94	250.80	250.80	251.38	0.014014	3.39	7.91	7.40	0.98
Ferrovia	5.8	Tr200	33.74	248.94	250.82	251.02	251.72	0.021059	4.20	8.10	7.42	1.21
Ferrovia	5	Tr50	20.30	248.04	250.27	249.77	250.47	0.003636	2.03	10.90	9.96	0.53
Ferrovia	5	Tr100	26.63	248.04	250.45	250.08	250.70	0.004074	2.31	12.69	9.96	0.57
Ferrovia	5	Tr200	33.74	248.04	250.65	250.26	250.96	0.004262	2.55	14.71	9.96	0.59
Ferrovia	4.9		Bridge									
Ferrovia	4.8	Tr50	20.30	247.89	249.98	249.62	250.24	0.005333	2.30	9.47	9.96	0.63
Ferrovia	4.8	Tr100	26.63	247.89	250.23		250.51	0.004796	2.44	11.98	9.96	0.61
Ferrovia	4.8	Tr200	33.74	247.89	250.49		250.80	0.004394	2.57	14.56	9.96	0.60
Ferrovia	4	Tr50	20.30	246.42	248.36	248.36	248.99	0.017466	3.52	5.76	4.57	1.00
Ferrovia	4	Tr100	26.63	246.42	248.64	248.64	249.35	0.017036	3.73	7.14	5.04	1.00
Ferrovia	4	Tr200	33.74	246.42	248.92	248.92	249.70	0.016671	3.92	8.61	5.50	1.00

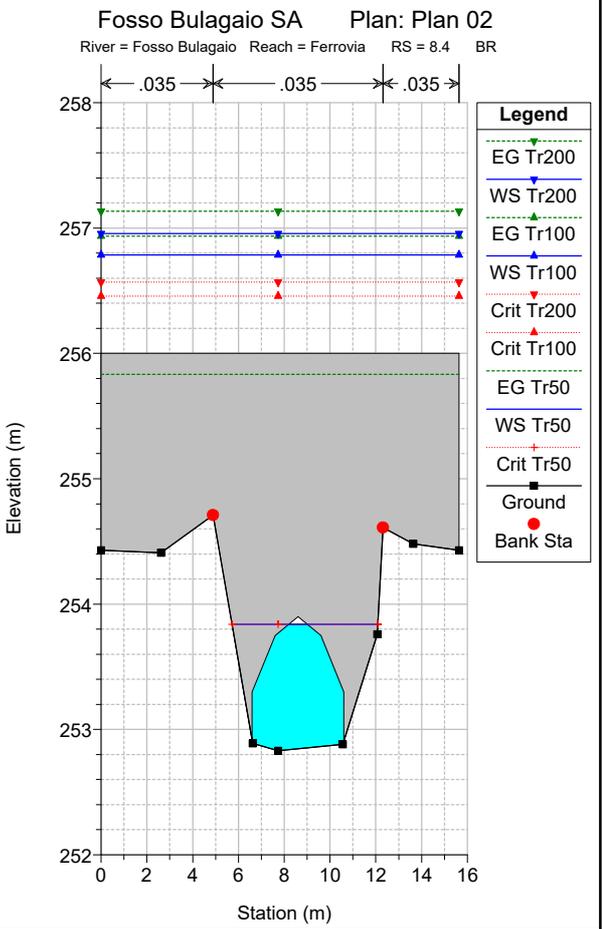
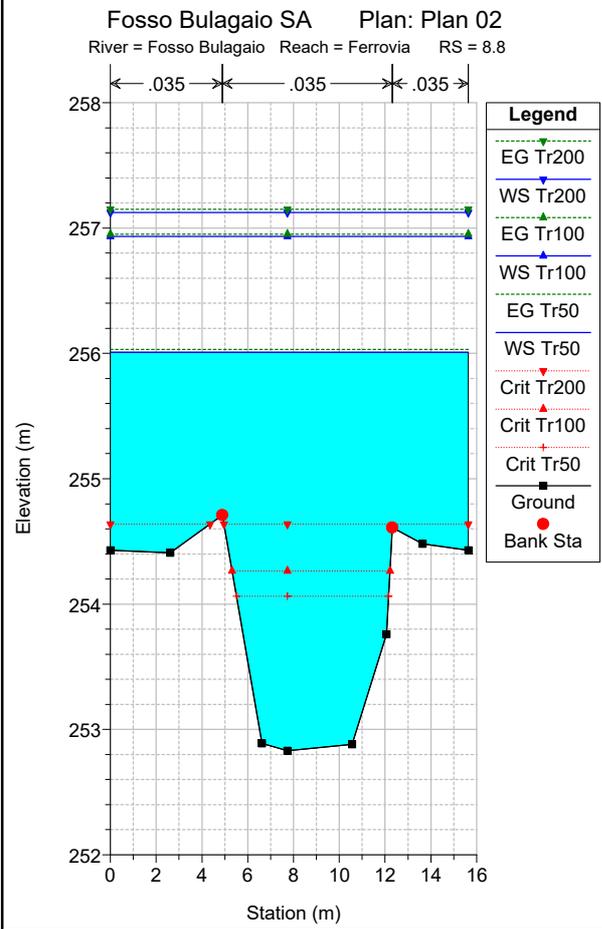
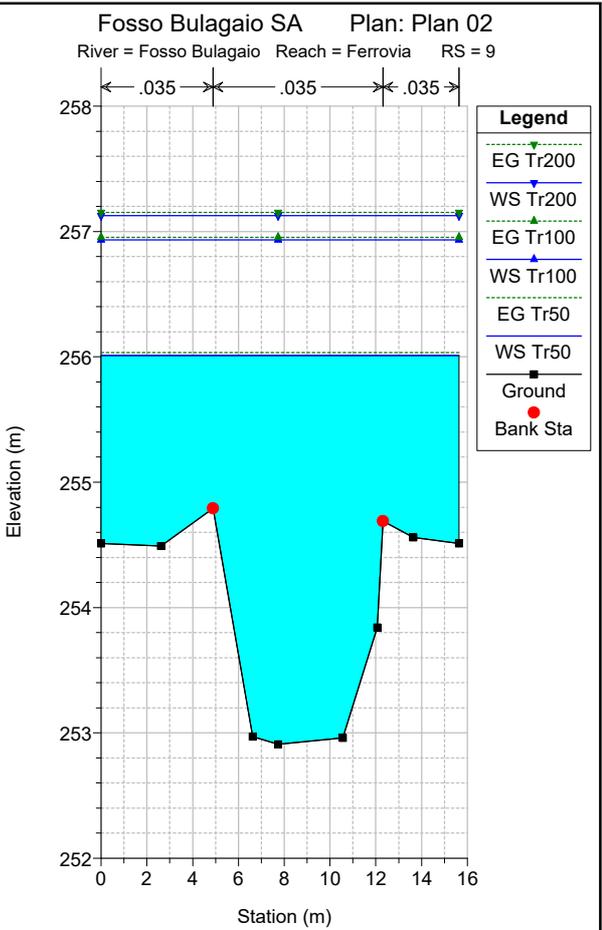
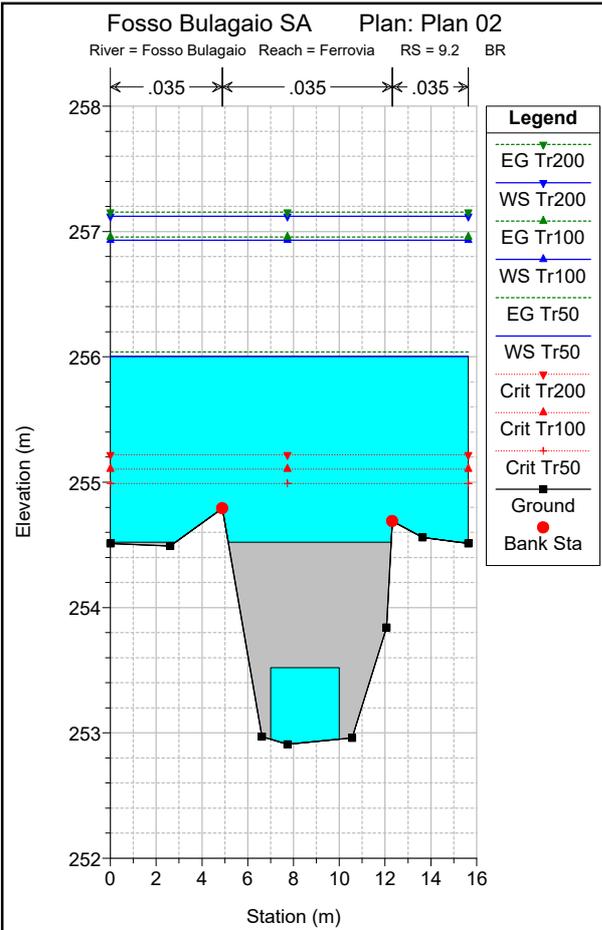
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia (Continued)

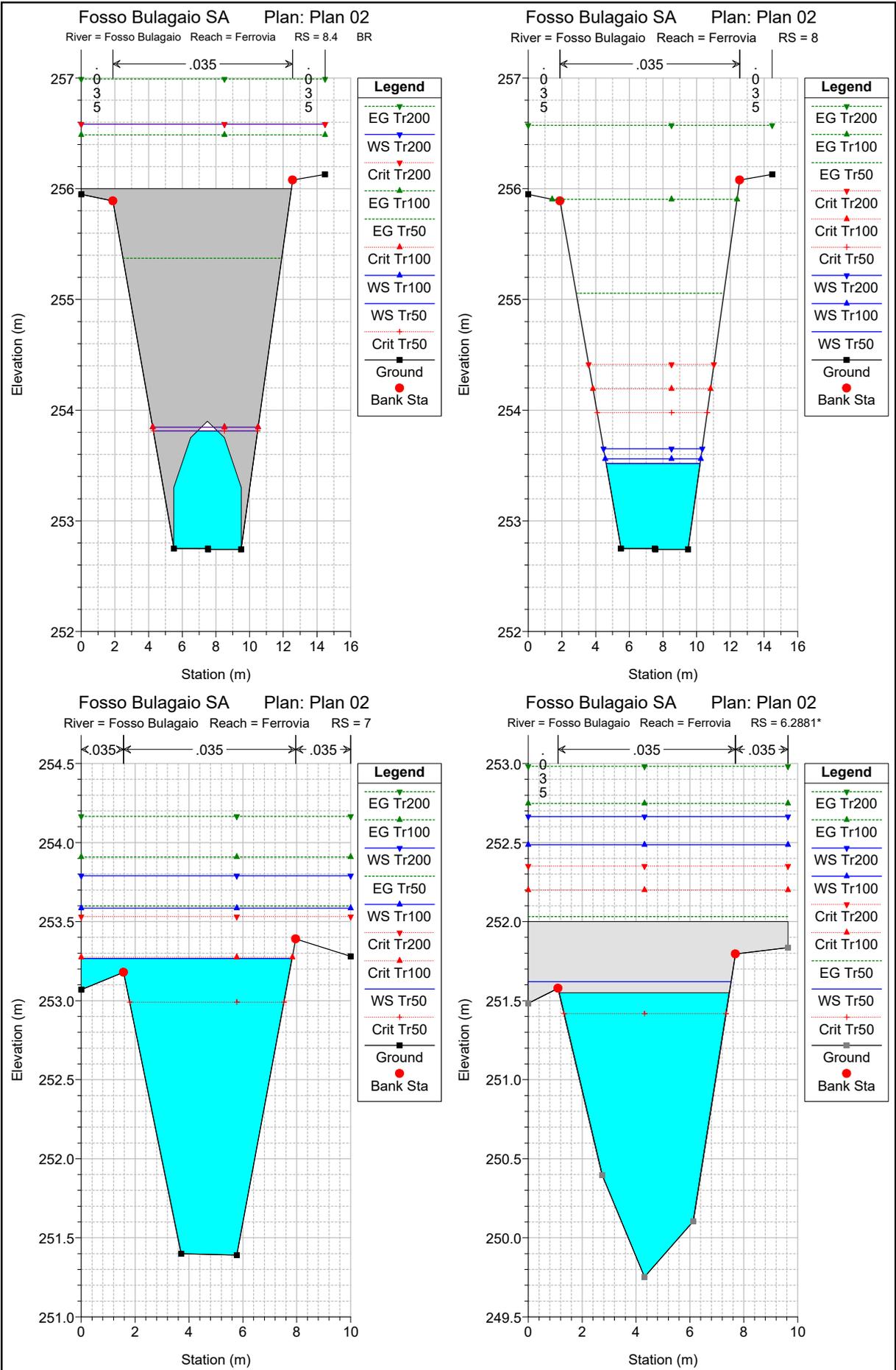
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ferrovia	3	Tr50	20.30	244.97	246.79	246.23	246.96	0.003530	1.84	11.03	8.59	0.52
Ferrovia	3	Tr100	26.63	244.97	247.22	246.43	247.38	0.002635	1.78	14.99	9.79	0.46
Ferrovia	3	Tr200	33.74	244.97	247.71	246.64	247.85	0.001921	1.68	20.08	11.13	0.40
Ferrovia	2.5	Bridge										
Ferrovia	2	Tr50	20.30	244.72	245.56	245.88	246.60	0.045177	4.52	4.49	6.39	1.72
Ferrovia	2	Tr100	26.63	244.72	245.68	246.09	246.98	0.048544	5.04	5.28	6.67	1.81
Ferrovia	2	Tr200	33.74	244.72	245.79	246.29	247.37	0.052499	5.57	6.06	6.94	1.90
Ferrovia	1	Tr50	20.30	240.84	242.38	242.38	242.90	0.014870	3.20	6.33	6.13	1.01
Ferrovia	1	Tr100	26.63	240.84	242.61	242.61	243.20	0.014464	3.40	7.82	6.72	1.01
Ferrovia	1	Tr200	33.74	240.84	242.84	242.84	243.49	0.014086	3.58	9.42	7.30	1.01

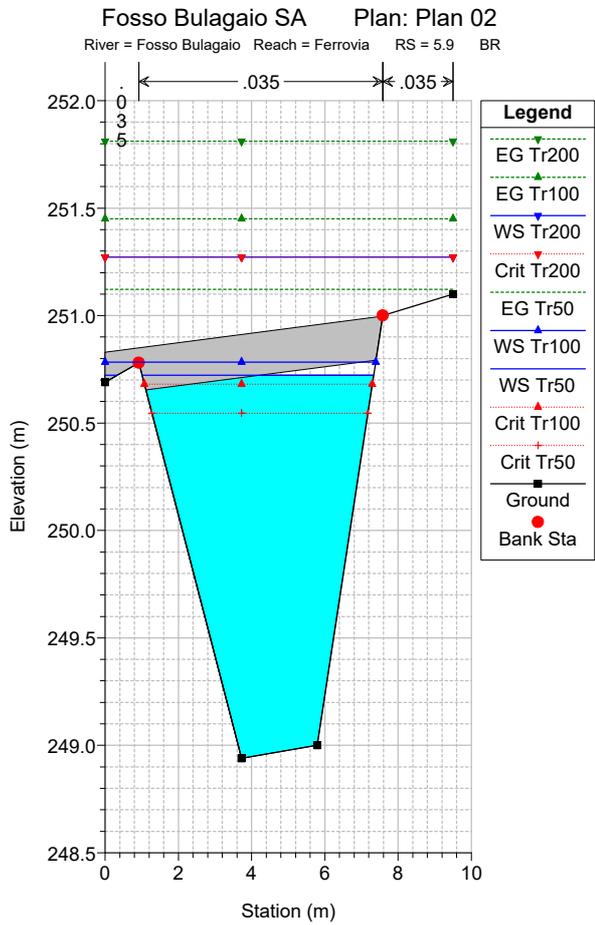
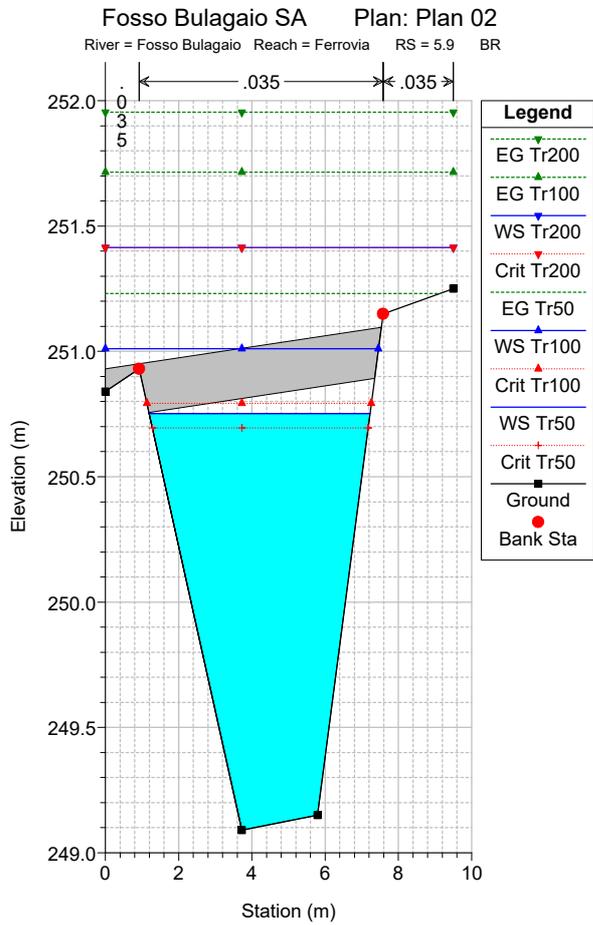
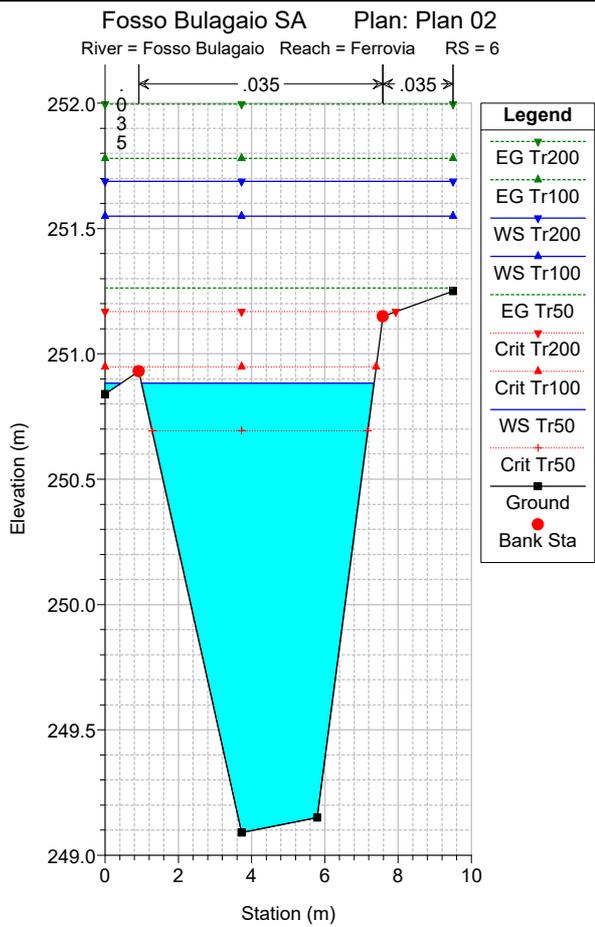
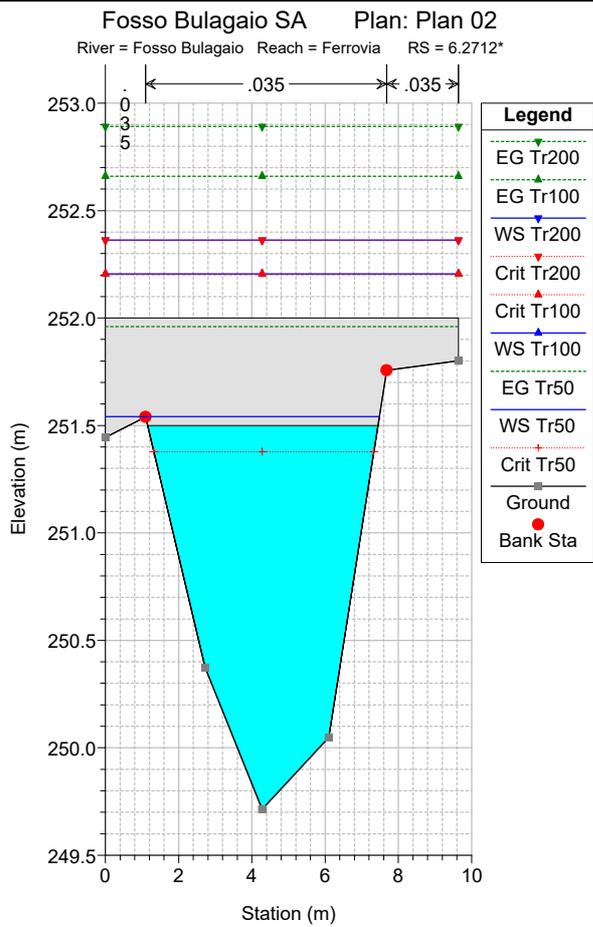


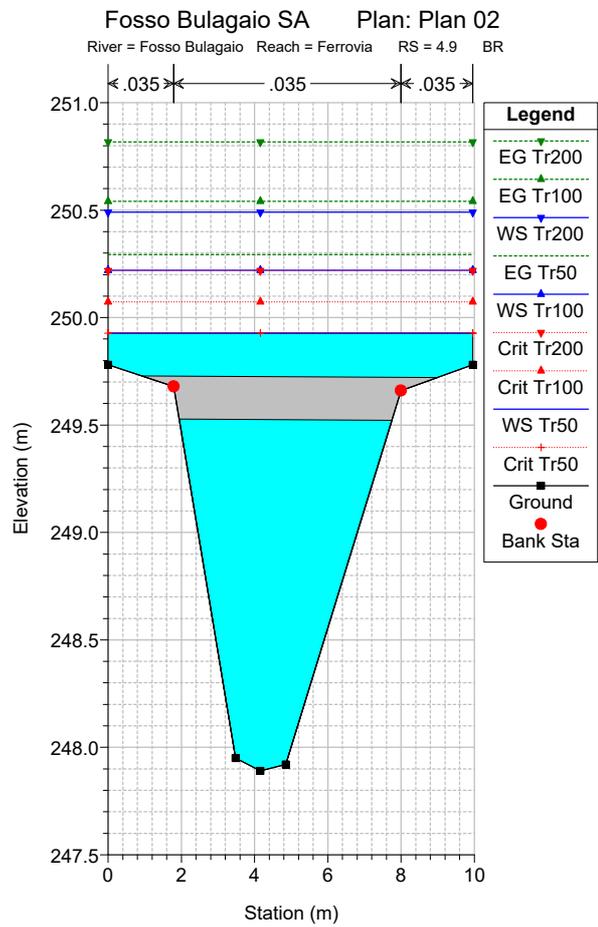
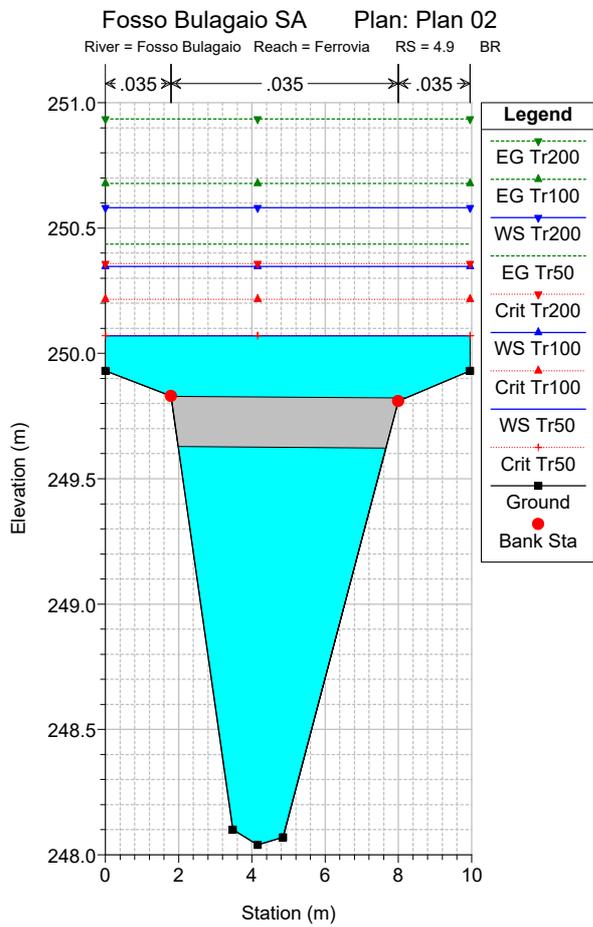
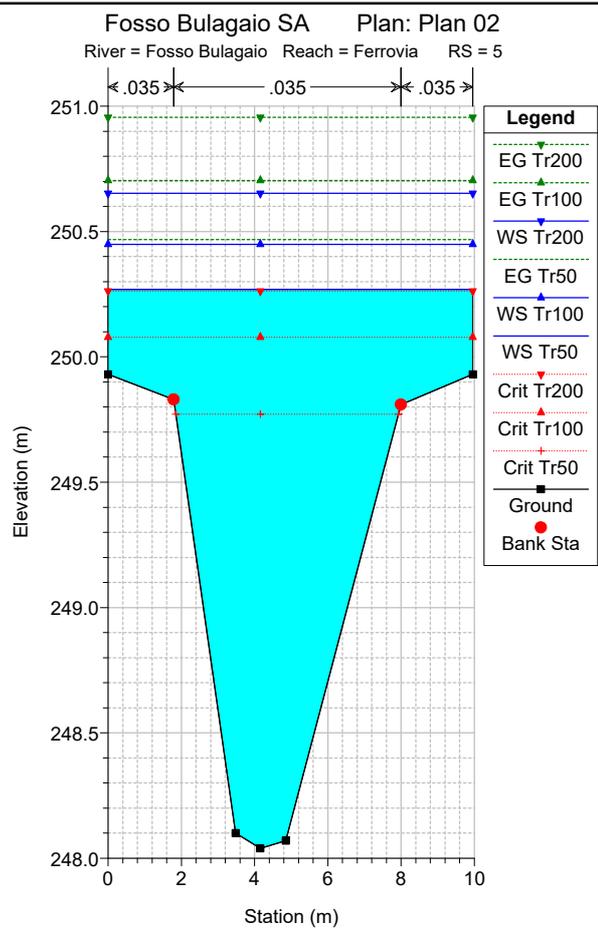
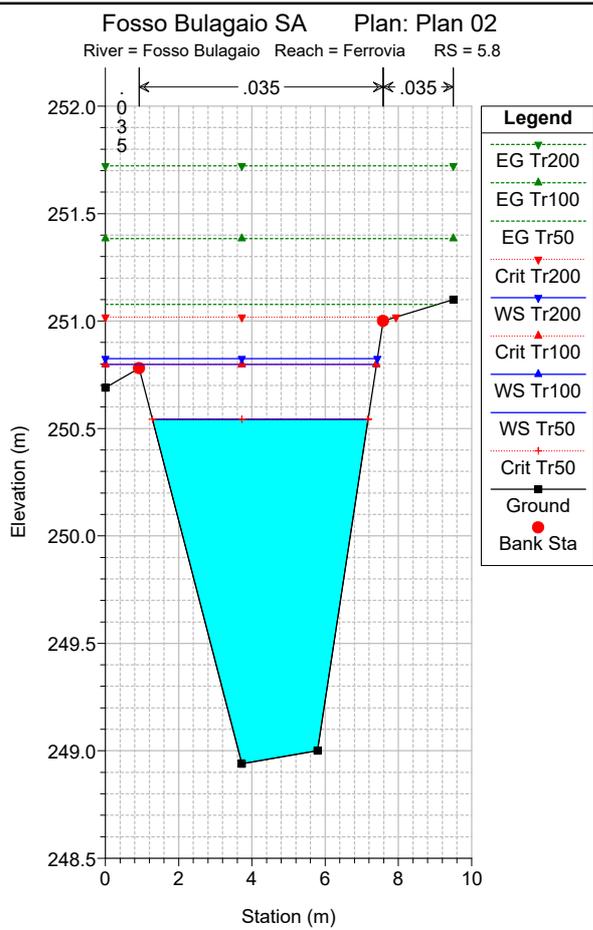


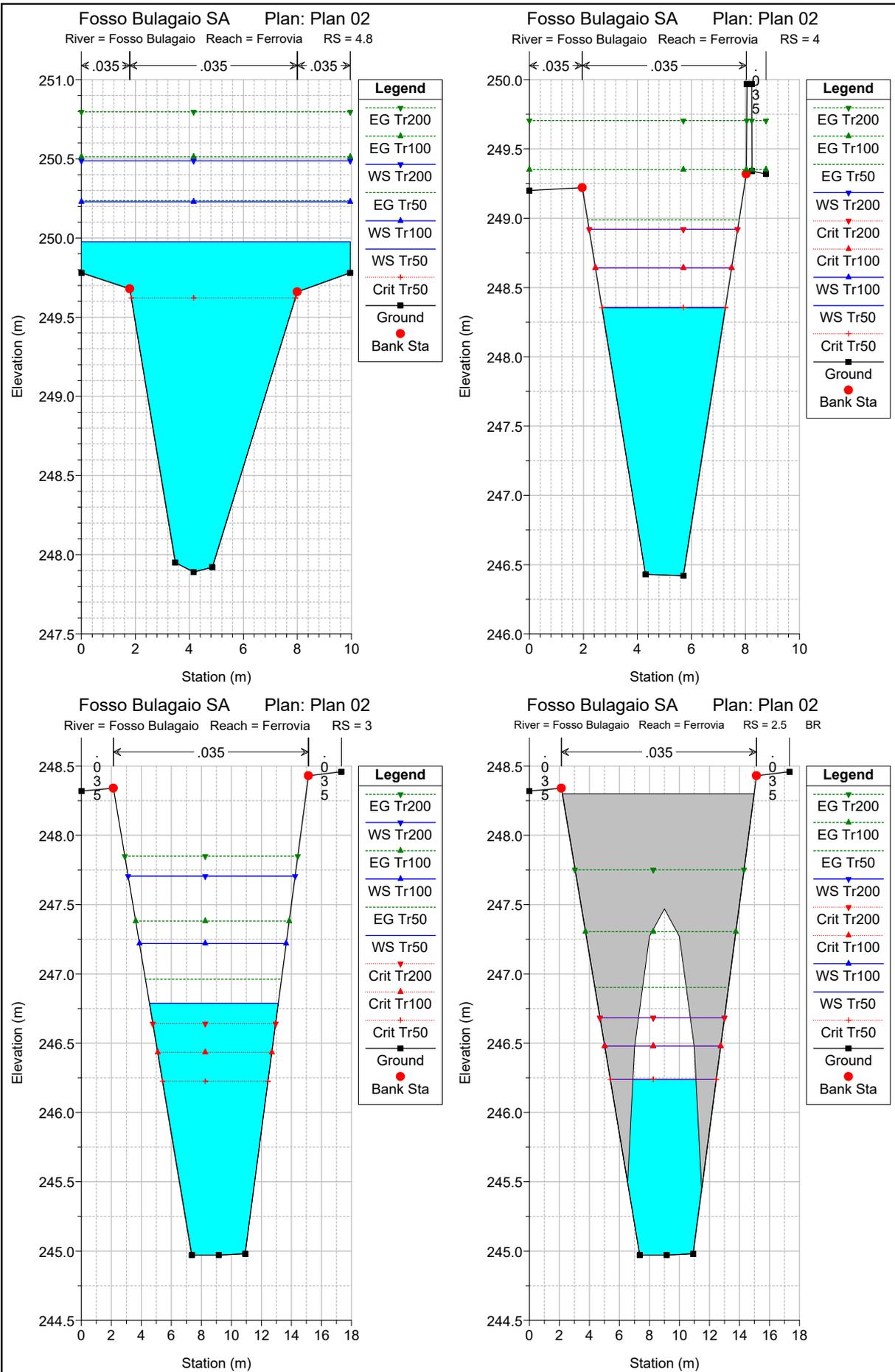


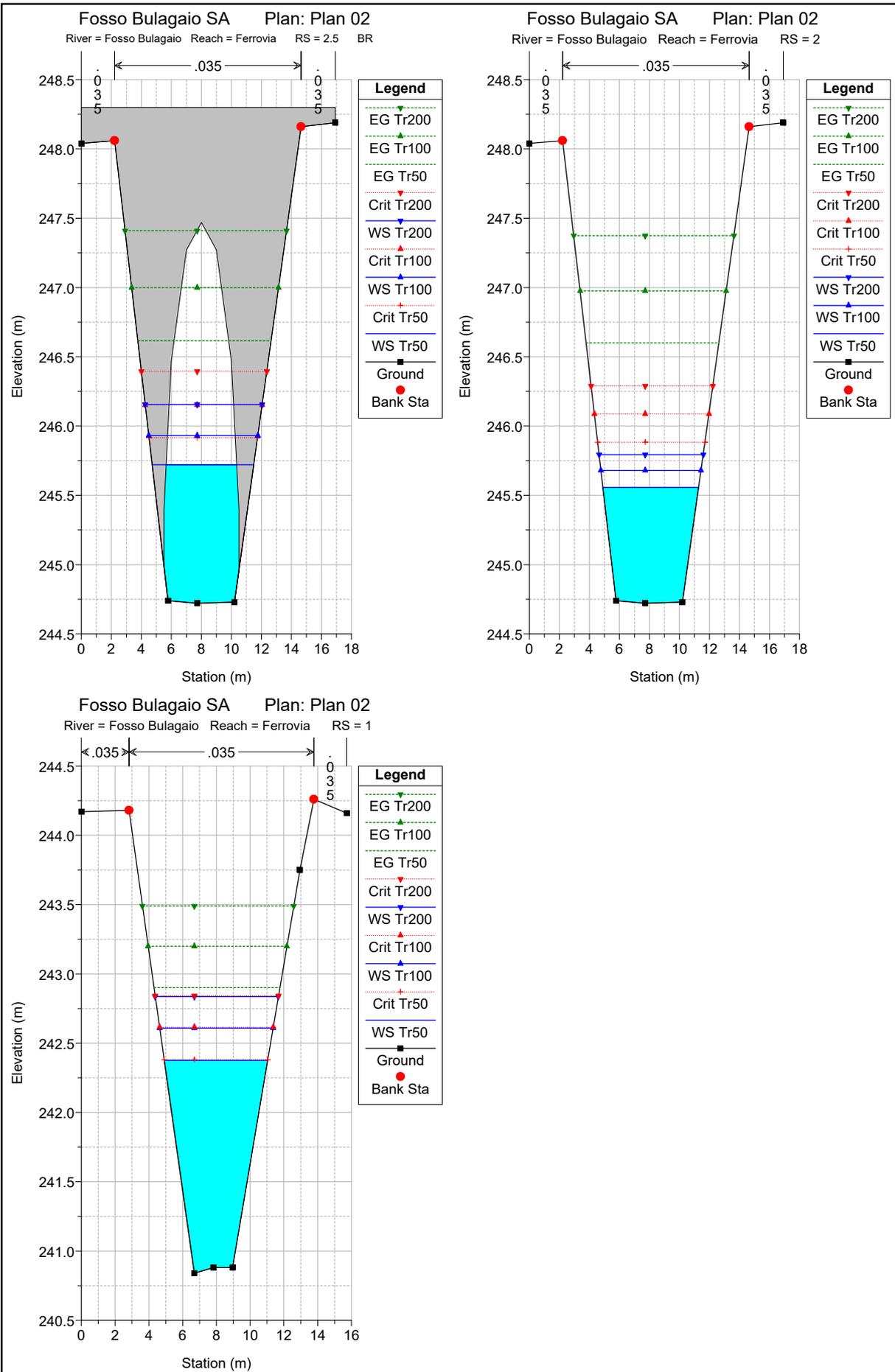












# **ALLEGATO B**

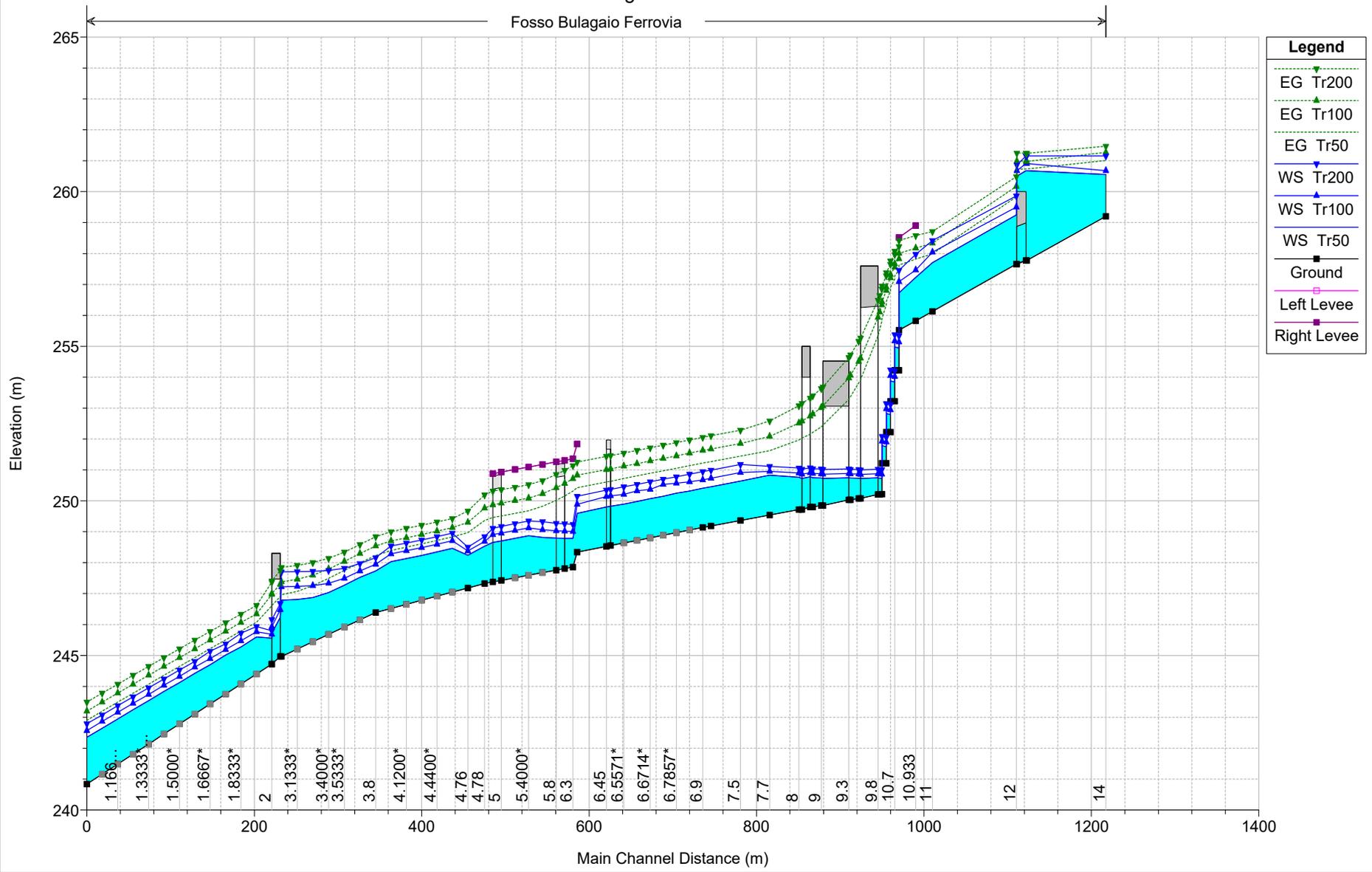
FOSSO DEL BULAGAIO

STATO DI PROGETTO

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE

Fosso Bulagaio SP Plan: Plan 18

Fosso Bulagaio Ferrovia



HEC-RAS Plan: PLAN\_12 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Ferrovia	14	Tr50	20.30	259.20	260.56	260.51	261.01	0.012486	2.97	6.87	9.13	0.93
Ferrovia	14	Tr100	26.63	259.20	260.68	260.83	261.27	0.015008	3.43	8.22	13.14	1.04
Ferrovia	14	Tr200	33.74	259.20	261.15	260.99	261.47	0.005576	2.64	14.72	13.70	0.67
Ferrovia	13	Tr50	20.30	257.77	260.68	259.30	260.73	0.000615	1.05	20.93	12.64	0.23
Ferrovia	13	Tr100	26.63	257.77	260.91	259.53	260.98	0.000719	1.22	23.84	12.64	0.26
Ferrovia	13	Tr200	33.74	257.77	261.15	259.73	261.24	0.000806	1.38	26.88	12.64	0.28
Ferrovia	12.5		Culvert									
Ferrovia	12	Tr50	20.30	257.66	259.25	259.25	259.83	0.016036	3.39	5.99	5.19	1.01
Ferrovia	12	Tr100	26.63	257.66	259.51	259.51	260.17	0.015703	3.61	7.38	5.64	1.01
Ferrovia	12	Tr200	33.74	257.66	259.87	259.87	260.49	0.011846	3.51	9.96	9.82	0.89
Ferrovia	11	Tr50	20.30	256.13	257.70	257.38	257.99	0.004182	2.36	8.59	6.93	0.68
Ferrovia	11	Tr100	26.63	256.13	258.04	257.60	258.34	0.003579	2.41	11.05	7.56	0.64
Ferrovia	11	Tr200	33.74	256.13	258.42	257.82	258.71	0.002979	2.40	14.04	8.26	0.59
Ferrovia	10.933	Tr50	20.30	255.82	257.23	257.23	257.82	0.013150	3.41	5.95	5.00	1.00
Ferrovia	10.933	Tr100	26.63	255.82	257.46	257.46	258.17	0.013315	3.73	7.14	5.00	1.00
Ferrovia	10.933	Tr200	33.74	255.82	257.97	257.71	258.58	0.010130	3.46	9.74	6.00	0.87
Ferrovia	10.9	Tr50	20.30	255.52	256.73	256.90	257.63	0.005755	4.19	4.84	4.01	1.22
Ferrovia	10.9	Tr100	26.63	255.52	257.09	257.17	258.00	0.004795	4.24	6.28	4.01	1.08
Ferrovia	10.9	Tr200	33.74	255.52	257.46	257.46	258.42	0.004331	4.35	7.76	4.01	1.00
Ferrovia	10.85	Tr50	20.30	254.22	254.94	255.59	257.46	0.025936	7.03	2.89	4.00	2.65
Ferrovia	10.85	Tr100	26.63	254.22	255.14	255.87	257.83	0.022036	7.26	3.67	4.00	2.42
Ferrovia	10.85	Tr200	33.74	254.22	255.34	256.15	258.23	0.019797	7.52	4.48	4.01	2.27
Ferrovia	10.8	Tr50	20.30	254.22	254.97	255.59	257.28	0.022689	6.72	3.02	4.00	2.47
Ferrovia	10.8	Tr100	26.63	254.22	255.17	255.87	257.66	0.019713	6.99	3.81	4.00	2.29
Ferrovia	10.8	Tr200	33.74	254.22	255.38	256.15	258.08	0.017983	7.28	4.64	4.01	2.16
Ferrovia	10.7	Tr50	20.30	253.22	253.85	254.59	257.17	0.039268	8.08	2.51	4.00	3.26
Ferrovia	10.7	Tr100	26.63	253.22	254.02	254.87	257.56	0.032932	8.33	3.20	4.00	2.98
Ferrovia	10.7	Tr200	33.74	253.22	254.20	255.15	257.97	0.029023	8.60	3.93	4.00	2.77
Ferrovia	10.6	Tr50	20.30	253.22	253.88	254.59	256.90	0.033986	7.70	2.64	4.00	3.03
Ferrovia	10.6	Tr100	26.63	253.22	254.05	254.87	257.32	0.029328	8.01	3.33	4.00	2.81
Ferrovia	10.6	Tr200	33.74	253.22	254.23	255.15	257.76	0.026364	8.31	4.06	4.00	2.64
Ferrovia	10.5	Tr50	20.30	252.22	252.79	253.59	256.80	0.052005	8.86	2.29	4.00	3.74
Ferrovia	10.5	Tr100	26.63	252.22	252.95	253.87	257.21	0.043506	9.15	2.91	4.00	3.43
Ferrovia	10.5	Tr200	33.74	252.22	253.11	254.15	257.65	0.038076	9.44	3.58	4.00	3.19
Ferrovia	10.4	Tr50	20.30	252.22	252.82	253.59	256.44	0.044606	8.43	2.41	4.00	3.47
Ferrovia	10.4	Tr100	26.63	252.22	252.98	253.87	256.91	0.038521	8.78	3.03	4.00	3.22
Ferrovia	10.4	Tr200	33.74	252.22	253.14	254.15	257.38	0.034425	9.12	3.70	4.00	3.03
Ferrovia	10.3	Tr50	20.30	251.22	251.76	252.59	256.34	0.063870	9.48	2.14	4.00	4.14
Ferrovia	10.3	Tr100	26.63	251.22	251.90	252.87	256.81	0.053615	9.81	2.71	4.00	3.80
Ferrovia	10.3	Tr200	33.74	251.22	252.05	253.15	257.28	0.046807	10.12	3.33	4.00	3.54
Ferrovia	10.2	Tr50	20.30	251.22	251.78	252.59	255.91	0.054337	8.99	2.26	4.00	3.82
Ferrovia	10.2	Tr100	26.63	251.22	251.93	252.87	256.44	0.047205	9.40	2.83	4.00	3.57
Ferrovia	10.2	Tr200	33.74	251.22	252.08	253.15	256.95	0.042147	9.77	3.45	4.00	3.36
Ferrovia	10.1	Tr50	20.30	250.22	250.73	251.60	255.81	0.074655	9.98	2.03	4.00	4.47
Ferrovia	10.1	Tr100	26.63	250.22	250.86	251.87	256.33	0.063097	10.36	2.57	4.00	4.13
Ferrovia	10.1	Tr200	33.74	250.22	251.01	252.15	256.85	0.055118	10.70	3.15	4.00	3.85
Ferrovia	10	Tr50	20.30	250.21	250.73	251.58	255.54	0.068609	9.71	2.09	4.00	4.29
Ferrovia	10	Tr100	26.63	250.21	250.87	251.86	256.10	0.059079	10.13	2.63	4.00	3.99
Ferrovia	10	Tr200	33.74	250.21	251.01	252.14	256.64	0.052223	10.51	3.21	4.00	3.75
Ferrovia	9.8		Bridge									
Ferrovia	9.6	Tr50	20.30	250.08	250.73	251.46	253.81	0.034921	7.77	2.61	4.00	3.07
Ferrovia	9.6	Tr100	26.63	250.08	250.87	251.73	254.51	0.034379	8.45	3.15	4.00	3.04
Ferrovia	9.6	Tr200	33.74	250.08	251.02	252.01	255.16	0.033345	9.02	3.74	4.00	2.98
Ferrovia	9.5	Tr50	20.30	250.03	250.74	251.40	253.37	0.027581	7.18	2.83	4.00	2.73
Ferrovia	9.5	Tr100	26.63	250.03	250.87	251.68	254.06	0.028327	7.91	3.37	4.00	2.76
Ferrovia	9.5	Tr200	33.74	250.03	251.02	251.96	254.72	0.028323	8.52	3.96	4.00	2.74
Ferrovia	9.3		Bridge									
Ferrovia	9	Tr50	20.30	249.85	250.74	251.23	252.40	0.013924	5.70	3.56	4.00	1.93
Ferrovia	9	Tr100	26.63	249.85	250.88	251.50	253.02	0.015811	6.48	4.11	4.00	2.04
Ferrovia	9	Tr200	33.74	249.85	251.03	251.78	253.63	0.017055	7.14	4.72	4.00	2.10
Ferrovia	8.8	Tr50	20.30	249.80	250.75	251.18	252.21	0.011707	5.37	3.78	4.00	1.76

HEC-RAS Plan: PLAN\_12 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia (Continued)

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
Ferrovia	8.8	Tr100	26.63	249.80	250.88	251.45	252.80	0.013539	6.14	4.34	4.00	1.88
Ferrovia	8.8	Tr200	33.74	249.80	251.04	251.73	253.40	0.014871	6.80	4.96	4.00	1.95
Ferrovia	8.4		Bridge									
Ferrovia	8	Tr50	20.30	249.72	250.76	251.09	251.97	0.008765	4.86	4.18	4.00	1.52
Ferrovia	8	Tr100	26.63	249.72	250.90	251.37	252.51	0.010543	5.62	4.74	4.00	1.65
Ferrovia	8	Tr200	33.74	249.72	251.06	251.65	253.08	0.011918	6.29	5.37	4.01	1.73
Ferrovia	7.7	Tr50	20.30	249.54	250.83	250.92	251.62	0.004866	3.95	5.14	4.00	1.11
Ferrovia	7.7	Tr100	26.63	249.54	250.96	251.19	252.09	0.006419	4.71	5.65	4.00	1.27
Ferrovia	7.7	Tr200	33.74	249.54	251.12	251.47	252.58	0.007649	5.36	6.30	4.00	1.36
Ferrovia	7.5	Tr50	20.30	249.37	250.64	250.74	251.45	0.004985	3.98	5.10	4.00	1.13
Ferrovia	7.5	Tr100	26.63	249.37	250.92	251.02	251.86	0.004961	4.29	6.21	4.00	1.10
Ferrovia	7.5	Tr200	33.74	249.37	251.17	251.30	252.28	0.005250	4.67	7.23	4.00	1.11
Ferrovia	7	Tr50	20.30	249.19	250.46	250.56	251.27	0.005055	4.00	5.07	4.01	1.14
Ferrovia	7	Tr100	26.63	249.19	250.73	250.84	251.68	0.005056	4.32	6.16	4.01	1.11
Ferrovia	7	Tr200	33.74	249.19	250.99	251.12	252.11	0.005268	4.67	7.22	4.01	1.11
Ferrovia	6.9	Tr50	20.30	249.14	250.41	250.51	251.22	0.005055	4.00	5.07	4.01	1.14
Ferrovia	6.9	Tr100	26.63	249.14	250.68	250.79	251.63	0.005056	4.32	6.16	4.01	1.11
Ferrovia	6.9	Tr200	33.74	249.14	250.94	251.07	252.06	0.005252	4.67	7.23	4.01	1.11
Ferrovia	6.8429*	Tr50	20.30	249.06	250.31	250.43	251.14	0.005159	4.03	5.03	4.01	1.15
Ferrovia	6.8429*	Tr100	26.63	249.06	250.61	250.70	251.54	0.004883	4.27	6.24	4.01	1.09
Ferrovia	6.8429*	Tr200	33.74	249.06	250.86	250.99	251.97	0.005242	4.67	7.23	4.01	1.11
Ferrovia	6.7857*	Tr50	20.30	248.97	250.25	250.35	251.05	0.004945	3.97	5.11	4.01	1.12
Ferrovia	6.7857*	Tr100	26.63	248.97	250.57	250.62	251.45	0.004581	4.17	6.39	4.01	1.05
Ferrovia	6.7857*	Tr200	33.74	248.97	250.78	250.90	251.89	0.005229	4.66	7.24	4.01	1.11
Ferrovia	6.7286*	Tr50	20.30	248.89	250.15	250.26	250.97	0.005136	4.03	5.04	4.01	1.15
Ferrovia	6.7286*	Tr100	26.63	248.89	250.53	250.54	251.37	0.004236	4.05	6.57	4.01	1.01
Ferrovia	6.7286*	Tr200	33.74	248.89	250.70	250.82	251.80	0.005216	4.66	7.25	4.01	1.11
Ferrovia	6.6714*	Tr50	20.30	248.80	250.07	250.18	250.89	0.005089	4.01	5.06	4.01	1.14
Ferrovia	6.6714*	Tr100	26.63	248.80	250.37	250.45	251.29	0.004812	4.24	6.27	4.01	1.08
Ferrovia	6.6714*	Tr200	33.74	248.80	250.62	250.73	251.72	0.005206	4.65	7.25	4.01	1.11
Ferrovia	6.6143*	Tr50	20.30	248.72	249.98	250.10	250.81	0.005182	4.04	5.03	4.01	1.15
Ferrovia	6.6143*	Tr100	26.63	248.72	250.33	250.37	251.20	0.004495	4.14	6.43	4.01	1.04
Ferrovia	6.6143*	Tr200	33.74	248.72	250.53	250.65	251.64	0.005191	4.65	7.26	4.01	1.10
Ferrovia	6.5571*	Tr50	20.30	248.64	249.90	250.01	250.72	0.005142	4.03	5.04	4.01	1.15
Ferrovia	6.5571*	Tr100	26.63	248.64	250.21	250.28	251.12	0.004796	4.24	6.28	4.01	1.08
Ferrovia	6.5571*	Tr200	33.74	248.64	250.45	250.57	251.55	0.005171	4.64	7.27	4.01	1.10
Ferrovia	6.5	Tr50	20.30	248.55	249.83	249.93	250.63	0.004967	3.98	5.10	4.01	1.13
Ferrovia	6.5	Tr100	26.63	248.55	250.16	250.21	251.03	0.004482	4.14	6.44	4.01	1.04
Ferrovia	6.5	Tr200	33.74	248.55	250.37	250.49	251.47	0.005152	4.64	7.28	4.01	1.10
Ferrovia	6.45	Tr50	20.30	248.53	249.80	249.91	250.61	0.004947	3.97	5.11	4.01	1.12
Ferrovia	6.45	Tr100	26.63	248.53	250.14	250.18	251.01	0.004415	4.11	6.47	4.01	1.03
Ferrovia	6.45	Tr200	33.74	248.53	250.34	250.46	251.44	0.005142	4.63	7.28	4.01	1.10
Ferrovia	6.4	Tr50	20.30	248.34	249.60	249.72	250.43	0.005178	4.04	5.03	4.01	1.15
Ferrovia	6.4	Tr100	26.63	248.34	249.88	249.99	250.83	0.005019	4.31	6.18	4.01	1.11
Ferrovia	6.4	Tr200	33.74	248.34	250.14	250.28	251.26	0.005250	4.67	7.23	4.01	1.11
Ferrovia	6.3	Tr50	20.30	247.86	248.78	249.24	250.32	0.012455	5.48	3.70	4.01	1.82
Ferrovia	6.3	Tr100	26.63	247.86	249.01	249.52	250.72	0.011428	5.78	4.61	4.01	1.72
Ferrovia	6.3	Tr200	33.74	247.86	249.24	249.80	251.14	0.010968	6.10	5.53	4.01	1.66
Ferrovia	6	Tr50	20.30	247.81	248.79	249.19	250.16	0.010520	5.17	3.92	4.01	1.67
Ferrovia	6	Tr100	26.63	247.81	249.02	249.46	250.56	0.009910	5.50	4.84	4.01	1.60
Ferrovia	6	Tr200	33.74	247.81	249.25	249.75	250.99	0.009664	5.83	5.78	4.01	1.55
Ferrovia	5.8	Tr50	20.30	247.76	248.80	249.14	250.02	0.008937	4.89	4.15	4.01	1.53
Ferrovia	5.8	Tr100	26.63	247.76	249.03	249.42	250.43	0.008606	5.23	5.09	4.01	1.48
Ferrovia	5.8	Tr200	33.74	247.76	249.27	249.70	250.85	0.008502	5.57	6.06	4.01	1.45
Ferrovia	5.6000*	Tr50	20.30	247.68	248.82	249.05	249.83	0.006830	4.45	4.56	4.01	1.33
Ferrovia	5.6000*	Tr100	26.63	247.68	249.06	249.33	250.24	0.006731	4.79	5.56	4.01	1.30
Ferrovia	5.6000*	Tr200	33.74	247.68	249.33	249.61	250.66	0.006700	5.11	6.61	4.01	1.27
Ferrovia	5.4000*	Tr50	20.30	247.60	248.87	248.97	249.68	0.004967	3.98	5.10	4.01	1.13
Ferrovia	5.4000*	Tr100	26.63	247.60	249.12	249.25	250.09	0.005168	4.36	6.11	4.01	1.13
Ferrovia	5.4000*	Tr200	33.74	247.60	249.35	249.53	250.53	0.005689	4.81	7.02	4.01	1.16
Ferrovia	5.2000*	Tr50	20.30	247.51	248.79	248.89	249.59	0.004967	3.98	5.10	4.01	1.13
Ferrovia	5.2000*	Tr100	26.63	247.51	249.04	249.17	250.01	0.005168	4.36	6.11	4.01	1.13

HEC-RAS Plan: PLAN\_12 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia (Continued)

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
Ferrovia	5.2000*	Tr200	33.74	247.51	249.26	249.45	250.44	0.005688	4.81	7.02	4.01	1.16
Ferrovia	5	Tr50	20.30	247.43	248.70	248.81	249.51	0.004963	3.98	5.10	4.01	1.13
Ferrovia	5	Tr100	26.63	247.43	248.96	249.09	249.92	0.005168	4.36	6.11	4.01	1.13
Ferrovia	5	Tr200	33.74	247.43	249.17	249.36	250.36	0.005786	4.84	6.97	4.01	1.17
Ferrovia	4.8	Tr50	20.30	247.38	248.66	248.76	249.46	0.004959	3.98	5.11	4.01	1.13
Ferrovia	4.8	Tr100	26.63	247.38	248.91	249.04	249.87	0.005168	4.36	6.11	4.01	1.13
Ferrovia	4.8	Tr200	33.74	247.38	249.11	249.31	250.32	0.005856	4.86	6.94	4.01	1.18
Ferrovia	4.78	Tr50	20.30	247.33	248.54	248.71	249.37	0.021363	4.03	5.03	5.00	1.28
Ferrovia	4.78	Tr100	26.63	247.33	248.69	248.95	249.76	0.024164	4.59	5.80	5.00	1.36
Ferrovia	4.78	Tr200	33.74	247.33	248.84	249.18	250.19	0.027131	5.14	6.56	5.00	1.43
Ferrovia	4.76	Tr50	20.30	247.18	248.24	248.41	248.97	0.015886	3.77	5.38	6.13	1.29
Ferrovia	4.76	Tr100	26.63	247.18	248.38	248.63	249.31	0.017797	4.26	6.26	6.42	1.38
Ferrovia	4.76	Tr200	33.74	247.18	248.50	248.85	249.67	0.020378	4.79	7.05	6.66	1.49
Ferrovia	4.6000*	Tr50	20.30	247.05	248.46	248.29	248.83	0.006060	2.69	7.54	6.72	0.81
Ferrovia	4.6000*	Tr100	26.63	247.05	248.71	248.51	249.13	0.005913	2.88	9.24	7.20	0.81
Ferrovia	4.6000*	Tr200	33.74	247.05	248.95	248.73	249.43	0.005760	3.05	11.07	7.68	0.81
Ferrovia	4.4400*	Tr50	20.30	246.92	248.35		248.72	0.006101	2.71	7.50	6.63	0.81
Ferrovia	4.4400*	Tr100	26.63	246.92	248.59		249.02	0.005944	2.90	9.20	7.10	0.81
Ferrovia	4.4400*	Tr200	33.74	246.92	248.84		249.32	0.005801	3.06	11.01	7.58	0.81
Ferrovia	4.2800*	Tr50	20.30	246.79	248.24		248.61	0.006013	2.70	7.52	6.56	0.81
Ferrovia	4.2800*	Tr100	26.63	246.79	248.49		248.91	0.005869	2.89	9.22	7.03	0.81
Ferrovia	4.2800*	Tr200	33.74	246.79	248.74		249.21	0.005741	3.06	11.03	7.51	0.81
Ferrovia	4.1200*	Tr50	20.30	246.65	248.13		248.50	0.005859	2.68	7.57	6.50	0.79
Ferrovia	4.1200*	Tr100	26.63	246.65	248.38		248.81	0.005746	2.87	9.27	6.97	0.80
Ferrovia	4.1200*	Tr200	33.74	246.65	248.64		249.11	0.005645	3.05	11.08	7.44	0.80
Ferrovia	3.9600*	Tr50	20.30	246.52	248.03		248.39	0.005656	2.66	7.65	6.46	0.78
Ferrovia	3.9600*	Tr100	26.63	246.52	248.29		248.70	0.005594	2.85	9.34	6.92	0.78
Ferrovia	3.9600*	Tr200	33.74	246.52	248.54		249.01	0.005532	3.03	11.14	7.39	0.79
Ferrovia	3.8	Tr50	20.30	246.39	247.74	247.70	248.23	0.011527	3.12	6.50	6.06	0.96
Ferrovia	3.8	Tr100	26.63	246.39	247.95	247.94	248.54	0.011864	3.40	7.82	6.44	0.99
Ferrovia	3.8	Tr200	33.74	246.39	248.16	248.16	248.84	0.011991	3.65	9.25	6.83	1.00
Ferrovia	3.6667*	Tr50	20.30	246.15	247.52	247.48	248.00	0.012981	3.04	6.67	6.32	0.95
Ferrovia	3.6667*	Tr100	26.63	246.15	247.73	247.70	248.29	0.013340	3.32	8.03	6.74	0.97
Ferrovia	3.6667*	Tr200	33.74	246.15	247.97	247.93	248.59	0.012788	3.48	9.69	7.22	0.96
Ferrovia	3.5333*	Tr50	20.30	245.92	247.27	247.24	247.75	0.013395	3.06	6.63	6.49	0.97
Ferrovia	3.5333*	Tr100	26.63	245.92	247.50	247.46	248.04	0.013092	3.27	8.13	6.98	0.97
Ferrovia	3.5333*	Tr200	33.74	245.92	247.82	247.68	248.34	0.010408	3.21	10.50	7.70	0.88
Ferrovia	3.4000*	Tr50	20.30	245.68	247.03	247.00	247.50	0.013192	3.02	6.71	6.69	0.96
Ferrovia	3.4000*	Tr100	26.63	245.68	247.33	247.22	247.80	0.010650	3.02	8.82	7.40	0.88
Ferrovia	3.4000*	Tr200	33.74	245.68	247.75		248.14	0.007158	2.78	12.12	8.39	0.74
Ferrovia	3.2667*	Tr50	20.30	245.44	246.87	246.75	247.26	0.010162	2.74	7.42	7.10	0.85
Ferrovia	3.2667*	Tr100	26.63	245.44	247.26		247.60	0.007015	2.58	10.34	8.06	0.73
Ferrovia	3.2667*	Tr200	33.74	245.44	247.72		248.00	0.004621	2.35	14.33	9.23	0.60
Ferrovia	3.1333*	Tr50	20.30	245.21	246.81		247.07	0.006159	2.27	8.95	7.77	0.67
Ferrovia	3.1333*	Tr100	26.63	245.21	247.23		247.47	0.004303	2.14	12.44	8.88	0.58
Ferrovia	3.1333*	Tr200	33.74	245.21	247.71		247.91	0.002961	1.98	17.00	10.15	0.49
Ferrovia	3	Tr50	20.30	244.97	246.79	246.23	246.96	0.003530	1.84	11.03	8.59	0.52
Ferrovia	3	Tr100	26.63	244.97	247.22	246.44	247.38	0.002635	1.78	14.99	9.79	0.46
Ferrovia	3	Tr200	33.74	244.97	247.71	246.65	247.85	0.001921	1.68	20.08	11.13	0.40
Ferrovia	2.5		Bridge									
Ferrovia	2	Tr50	20.30	244.72	245.56	245.88	246.60	0.045177	4.52	4.49	6.39	1.72
Ferrovia	2	Tr100	26.63	244.72	245.68	246.09	246.98	0.048544	5.04	5.28	6.67	1.81
Ferrovia	2	Tr200	33.74	244.72	245.79	246.29	247.37	0.052499	5.57	6.06	6.94	1.90
Ferrovia	1.9167*	Tr50	20.30	244.40	245.59	245.59	246.07	0.014394	3.05	6.65	7.08	1.01
Ferrovia	1.9167*	Tr100	26.63	244.40	245.77	245.80	246.35	0.015065	3.36	7.93	7.49	1.04
Ferrovia	1.9167*	Tr200	33.74	244.40	245.94	246.01	246.62	0.015911	3.67	9.20	7.89	1.08
Ferrovia	1.8333*	Tr50	20.30	244.07	245.27	245.31	245.79	0.016064	3.19	6.37	6.92	1.06
Ferrovia	1.8333*	Tr100	26.63	244.07	245.47	245.52	246.06	0.015490	3.41	7.82	7.40	1.06
Ferrovia	1.8333*	Tr200	33.74	244.07	245.72	245.72	246.33	0.013579	3.48	9.71	7.99	1.01
Ferrovia	1.7500*	Tr50	20.30	243.75	245.02	245.02	245.50	0.014494	3.09	6.57	6.92	1.01
Ferrovia	1.7500*	Tr100	26.63	243.75	245.19	245.23	245.78	0.015270	3.40	7.83	7.35	1.05
Ferrovia	1.7500*	Tr200	33.74	243.75	245.37	245.44	246.06	0.015720	3.67	9.18	7.78	1.08

HEC-RAS Plan: PLAN\_12 River: Fosso Bulagaio Reach: Ferrovia (Continued)

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
Ferrovia	1.6667*	Tr50	20.30	243.43	244.69	244.73	245.22	0.015916	3.21	6.33	6.77	1.06
Ferrovia	1.6667*	Tr100	26.63	243.43	244.90	244.94	245.50	0.015432	3.43	7.77	7.27	1.06
Ferrovia	1.6667*	Tr200	33.74	243.43	245.13	245.15	245.77	0.014047	3.54	9.54	7.83	1.02
Ferrovia	1.5833*	Tr50	20.30	243.10	244.42	244.44	244.93	0.015102	3.16	6.43	6.73	1.03
Ferrovia	1.5833*	Tr100	26.63	243.10	244.62	244.66	245.21	0.015226	3.42	7.79	7.21	1.05
Ferrovia	1.5833*	Tr200	33.74	243.10	244.80	244.87	245.49	0.015591	3.68	9.16	7.66	1.08
Ferrovia	1.5000*	Tr50	20.30	242.78	244.12	244.15	244.64	0.015713	3.21	6.31	6.62	1.05
Ferrovia	1.5000*	Tr100	26.63	242.78	244.32	244.37	244.93	0.015593	3.46	7.70	7.11	1.06
Ferrovia	1.5000*	Tr200	33.74	242.78	244.53	244.58	245.21	0.015091	3.65	9.25	7.63	1.06
Ferrovia	1.4167*	Tr50	20.30	242.46	243.83	243.86	244.36	0.015374	3.20	6.34	6.55	1.04
Ferrovia	1.4167*	Tr100	26.63	242.46	244.04	244.08	244.64	0.015398	3.45	7.71	7.05	1.05
Ferrovia	1.4167*	Tr200	33.74	242.46	244.23	244.29	244.93	0.015391	3.68	9.17	7.54	1.07
Ferrovia	1.3333*	Tr50	20.30	242.13	243.53	243.56	244.07	0.015729	3.24	6.27	6.45	1.05
Ferrovia	1.3333*	Tr100	26.63	242.13	243.74	243.79	244.36	0.015637	3.48	7.65	6.96	1.06
Ferrovia	1.3333*	Tr200	33.74	242.13	243.95	244.00	244.64	0.015162	3.67	9.20	7.49	1.06
Ferrovia	1.2500*	Tr50	20.30	241.81	243.25	243.27	243.78	0.015437	3.22	6.30	6.37	1.04
Ferrovia	1.2500*	Tr100	26.63	241.81	243.45	243.50	244.07	0.015470	3.47	7.67	6.89	1.05
Ferrovia	1.2500*	Tr200	33.74	241.81	243.66	243.71	244.36	0.015504	3.70	9.11	7.40	1.07
Ferrovia	1.1667*	Tr50	20.30	241.49	242.94	242.97	243.49	0.015833	3.26	6.22	6.26	1.05
Ferrovia	1.1667*	Tr100	26.63	241.49	243.16	243.20	243.78	0.015746	3.50	7.60	6.79	1.06
Ferrovia	1.1667*	Tr200	33.74	241.49	243.37	243.42	244.07	0.015318	3.69	9.14	7.34	1.06
Ferrovia	1.0833*	Tr50	20.30	241.16	242.65	242.67	243.20	0.015987	3.28	6.18	6.16	1.05
Ferrovia	1.0833*	Tr100	26.63	241.16	242.87	242.91	243.49	0.015575	3.49	7.62	6.72	1.05
Ferrovia	1.0833*	Tr200	33.74	241.16	243.08	243.13	243.78	0.015588	3.72	9.08	7.25	1.06
Ferrovia	1	Tr50	20.30	240.84	242.35	242.38	242.90	0.015858	3.28	6.19	6.06	1.04
Ferrovia	1	Tr100	26.63	240.84	242.57	242.61	243.20	0.015883	3.52	7.56	6.62	1.05
Ferrovia	1	Tr200	33.74	240.84	242.79	242.84	243.49	0.015439	3.71	9.10	7.19	1.05

