

**Committente:**

Salati Armando  
S.p.A.

**Livello di Progetto:**

Studio

**Titolo:**

**AMBITO DI RIQUALIFICAZIONE AREA EX  
VERRINA – GENOVA VOLTRI  
P.U.O. PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO**

**Oggetto:**

**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

**Codice Progetto:**

P055-14

**Nome File:**

P055-14-I-RE-IDR-001-  
C.DOC

**Firme:**



| Rev. | Modifiche/Revisioni   | Redatto | Data     | Contr./Aprr. | Data     |
|------|-----------------------|---------|----------|--------------|----------|
| A    | Prima emissione       | MI      | 25/11/14 | DR           | 27/11/14 |
|      |                       | DR      |          |              |          |
| B    | Seconda emissione     | MI      | 25/11/15 | DR           | 27/11/15 |
|      |                       | DR      |          |              |          |
| C    | Adeguamento normativo | MI      | 08/08/16 | DR           | 12/08/16 |
|      |                       | DR      |          |              |          |
|      |                       |         |          |              |          |

**ITEC engineering S.r.l.**

19038 SARZANA (SP)

Via Cisa, 136 C

TEL. +39 0187 610532 FAX +39 0187 610775

info@itec-engineering.it

16129 GENOVA

Via Antonio Cecchi 7/9-10

TEL. +39 010 5959690 FAX +39 010 5848355

www.itec-engineering.it



Sistema Certificato  
UNI EN ISO 9001  
SC 10-2588/EA 34

## INDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>FINALITA' DELLO STUDIO .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>INQUADRAMENTO GENERALE.....</b>   | <b>7</b>  |
| 3.1      | RILIEVI .....  | 7         |
| 3.2      | DESCRIZIONE DEL TRATTO D'ALVEO OGGETTO DI STUDIO.....  | 7         |
| 3.3      | DESCRIZIONE DELLE AREE ADIACENTI AL CORSO D'ACQUA .....  | 15        |
| <b>4</b> | <b>AREA DI INTERVENTO.....</b>   | <b>17</b> |
| 4.1      | STATO DEI LUOGHI .....   | 17        |
| 4.2      | INTERVENTI PREVISTI .....  | 18        |
| 4.2.1    | Ambito speciale di riqualificazione urbana.....  | 18        |
| 4.2.2    | Sistemazione idraulica rio San Giuliano.....   | 19        |
| <b>5</b> | <b>IL PIANO DI BACINO AMBITO 12 E 13.....</b>  | <b>22</b> |
| 5.1      | PORTATE DI PIENA .....   | 23        |
| 5.2      | AREE INONDABILI.....   | 23        |
| 5.3      | PARAMETRI DI RIFERIMENTO PROGETTUALE .....   | 24        |
| <b>6</b> | <b>VERIFICHE IDRAULICHE.....</b>   | <b>26</b> |
| 6.1      | PORTATE DI RIFERIMENTO .....   | 26        |
| 6.2      | METODOLOGIA DI CALCOLO.....  | 26        |
| 6.3      | CONFIGURAZIONI DI VERIFICA.....  | 26        |
| 6.4      | PARAMETRI DI CALCOLO .....   | 27        |
| 6.5      | RISULTATI .....  | 28        |
| <b>7</b> | <b>ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO.....</b>  | <b>31</b> |
| 7.1      | DINAMICA DI ESONDAZIONE.....   | 31        |
|          | La dinamica di esondazione è stata ricostruita sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche e dell'analisi della morfologia dei luoghi..... | 31        |
| 7.2      | DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI ESONDAZIONE.....   | 33        |
| 7.3      | IDROGRAMMI DI PIENA .....  | 35        |
| 7.3.1    | Idrogrammi rio San Giuliano.....   | 35        |
| 7.3.2    | Idrogrammi portate di esondazione .....  | 39        |
| 7.4      | MODELLO BIDIMENSIONALE DI ALLAGAMENTO.....   | 41        |
| 7.4.1    | Base topografica .....   | 41        |
| 7.4.2    | Metodologia di calcolo .....   | 42        |
| 7.4.3    | Schematizzazione del dominio di studio .....   | 42        |
| 7.4.4    | Parametri di calcolo e condizioni al contorno .....  | 43        |
| 7.4.5    | Risultati.....   | 44        |
| <b>8</b> | <b>COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL' INTERVENTO.....</b>  | <b>46</b> |
| 8.1      | ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO .....  | 46        |
| 8.2      | ACCORGIMENTI TECNICO-COSTRUTTIVI .....   | 46        |

**Allegati:**

- ALLEGATO 1:** Planimetria interventi di sistemazione idraulica  
**ALLEGATO 2:** Mappatura dei tiranti – stato attuale T= 50 anni  
**ALLEGATO 3:** Mappatura dei tiranti – stato attuale T= 200 anni  
**ALLEGATO 4:** Mappatura dei tiranti – Fase 1 - T= 50 anni  
**ALLEGATO 5:** Mappatura dei tiranti – Fase 1 - T= 200 anni  
**ALLEGATO 6:** Sezioni tipo
- ALLEGATO A:** Verifiche idrauliche

**Appendici:**

- APPENDICE 1:** Software di calcolo HecRas 4.1  
**APPENDICE 2:** Software di calcolo InfoWorks ICM

## 1 PREMESSA

La presente relazione contiene l'analisi del rischio idraulico e la verifica della fattibilità tecnico-normativa, sotto il profilo idraulico, della realizzazione di una Grande Struttura di Vendita con annessi parcheggi pertinenziali in struttura sopraelevata, all'interno dell'area occupata dall'ex fabbrica Verrina, ubicata in sponda sinistra del rio San Giuliano a Genova Voltri.

La relazione fa parte integrante degli elaborati del P.U.O. redatto dall'Arch. Fabio Pontiggia.

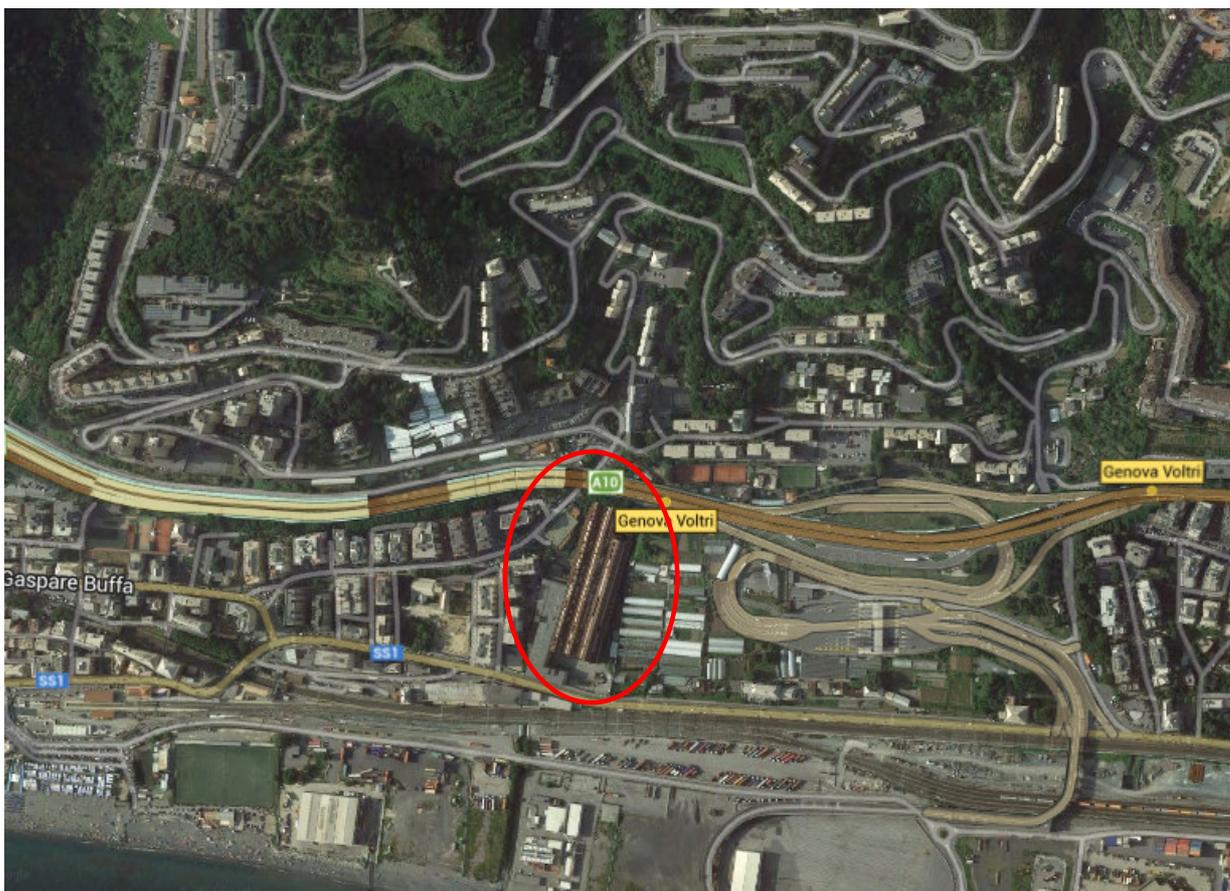


Figura 1.1

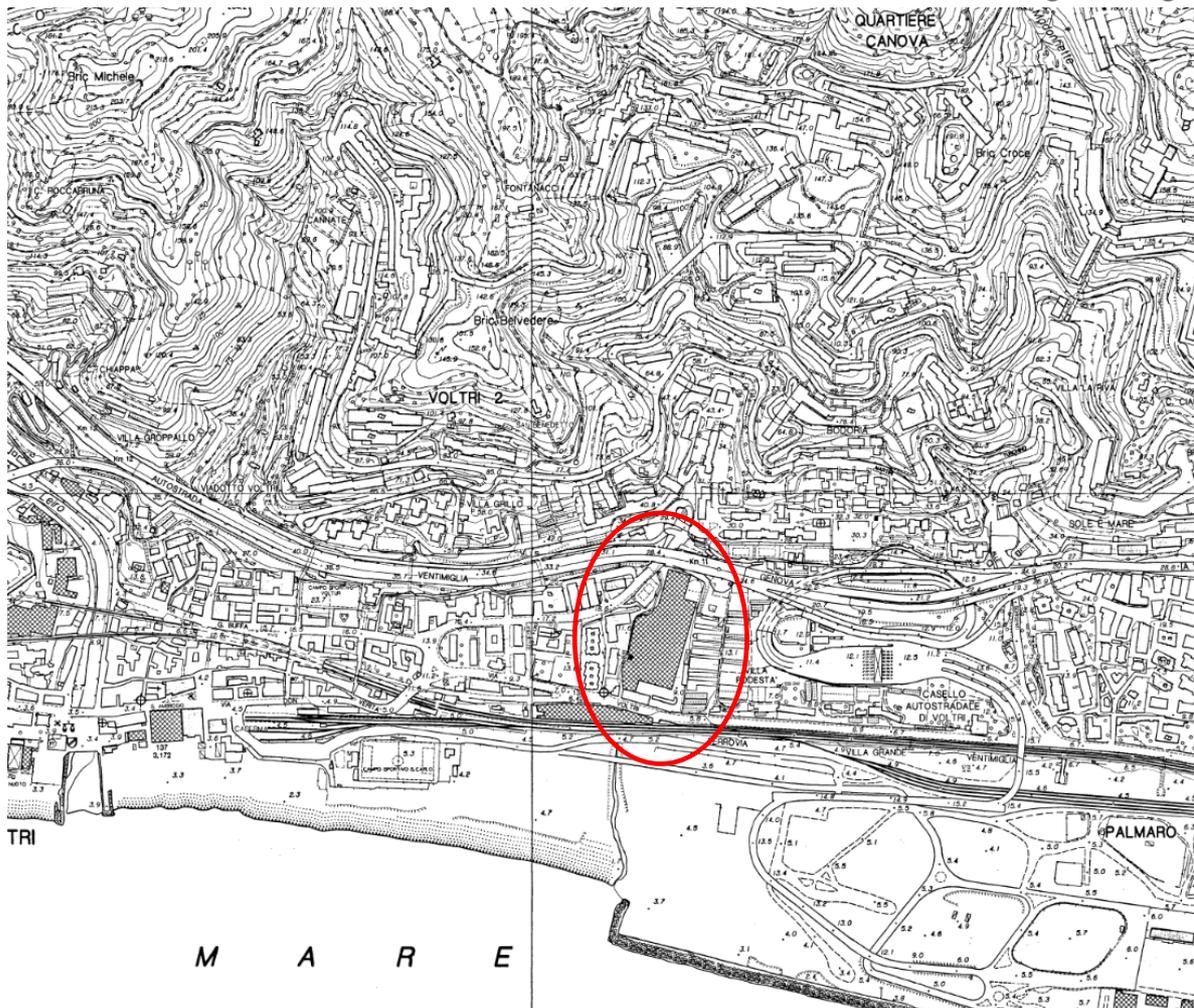


Figura 1.2

Lo studio è stato effettuato implementando un modello bidimensionale di simulazione dei fenomeni di allagamento che ha consentito la definizione delle aree inondabili con i relativi tiranti per l'evento di piena 200-ennale.

La metodologia di calcolo utilizzata è stata articolata nelle seguenti fasi:

- verifica idraulica del rio san Giuliano con la portata di piena 200-ennale e individuazione dei punti di esondazione;
- calcolo degli idrogrammi di piena del rio san Giuliano e degli idrogrammi delle portate esondate;
- simulazione dei fenomeni di allagamento mediante l'utilizzo di un software di calcolo bidimensionale.

I risultati hanno consentito di definire l'intervento in oggetto fattibile sotto il profilo del rischio idraulico.

## 2 FINALITA' DELLO STUDIO

Lo scopo del presente studio è quello di verificare la fattibilità sotto il profilo idraulico, della realizzazione di una Grande Struttura di Vendita con annessi parcheggi pertinenziali in struttura soprasuolo. All'interno dell'area occupata dall'ex fabbrica Verrina, ubicata in sponda sinistra del rio San Giuliano a Genova Voltri.

Ciò è stato fatto attraverso l'analisi del rischio idraulico dell'area interessata dall'intervento e l'individuazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi volti alla mitigazione del rischio idraulico esistente.

L'analisi del rischio è stata condotta attraverso la determinazione delle aree inondabili e dei relativi tiranti in caso di evento di piena 50-ennale e 200-ennale, utilizzando un modello di allagamento bidimensionale.

Lo studio è stato condotto sulla base dei criteri indicati dalla DGR 91/2013<sup>1</sup> (ex DGR250/2005) e dalle norme del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico - Ambito Regionale 12 e 13<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda le distanze dal corso d'acqua delle nuove edificazioni valgono i dettami della DGR n. 181 del 11/03/2016 (modifiche al Regolamento Regionale n° 3 del 14/07/2011) che stabilisce una fascia di inedificabilità assoluta dai limiti dell'alveo pari a 10 m.

La DGR 91/2013 stabilisce i criteri per la definizione degli ambiti normativi delle aree inondabili per eventi 200-ennali (Fascia B) in funzione dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento, mentre il Piano di Bacino fornisce norme, criteri e indirizzi tecnici, inerenti la realizzazione di opere in aree inondabili, la redazione di studi idraulici e la definizione di accorgimenti tecnico-costruttivi volti alla riduzione del rischio idraulico.

Nel caso in esame le finalità dello studio non riguardano la definizione di ambiti normativi a minor pericolosità relativa ma la sola fattibilità dell'intervento in funzione dei tiranti lungo le aree adiacenti (viabilità di via Prà)

Esso si è sviluppato secondo le seguenti fasi principali:

- Verifiche idrauliche in moto permanente gradualmente variato del tratto del torrente San Giuliano compreso fra l'autostrada e lo sbocco a mare nella configurazione attuale, con le portate di piena 50-ennale e 200-ennale, finalizzate all'individuazione della portata massima smaltibile dall'alveo e alle relative portate e volumi di esondazione;

---

<sup>1</sup> DGR 91 del 1/02/2013 - *Criteri ed indirizzi per l'individuazione di aree a minor pericolosità relativa nella fascia B dei piani di bacino regionali.*

<sup>2</sup> approvato con DCP n. 65 del 12/12/2002, ultima modifica DGP n. 124 del 22/09/2014 entrata in vigore 06/10/2014

- Determinazione dell'idrogramma di piena per gli eventi 50-ennale e 200-ennale secondo i criteri della DGR 357/2008 e delle relative portate di esondazione;
- Analisi del rischio idraulico dell'area in oggetto attraverso la ricostruzione dei fenomeni di allagamento in caso di evento 50-ennale e 200-ennale nella configurazione attuale con opportuno modello bidimensionale;
- verifica di compatibilità delle opere previste con la vigente normativa e definizione delle misure e degli accorgimenti tecnico-costruttivi volti alla mitigazione del rischio idraulico;
- Individuazione degli eventuali interventi di sistemazione volti alla mitigazione del rischio e alla salvaguardia delle aree adiacenti.

### **3 INQUADRAMENTO GENERALE**

#### **3.1 RILIEVI**

Nell'ambito del presente progetto è stato effettuato nel corso del 2014 dallo studio *Ferraris-rilievi topografici S.n.c.* uno specifico rilievo topografico di dettaglio delle aree interessate dall'intervento.

Il rilievo è stato esteso all'alveo del rio San Giuliano a partire dall'interferenza con via Cravasco sino allo sbocco a mare, per una lunghezza di 380 m circa.

Oltre alla planimetria quotata, sono state rilevate lungo il corso d'acqua 44 sezioni trasversali e tracciato il corrispondente profilo longitudinale; le quote sono riferite a capisaldi IGM

#### **3.2 DESCRIZIONE DEL TRATTO D'ALVEO OGGETTO DI STUDIO**

Il rio S. Giuliano drena, alla foce, una superficie complessiva pari a 1.1 km<sup>2</sup>.

Esso ha origine alle spalle dell'abitato di Voltri, in località Quartiere Canova, alle pendici del monte Amandola, a quota 275 m s.l.m. circa. Dopo un percorso di circa 1.85 km in direzione N-S, defluisce in mare, perpendicolarmente alla linea di costa, a Voltri, in Comune di Genova.

Il bacino del rio S. Giuliano è delimitato a levante dallo spartiacque con il bacino del rio Madonnette a settentrione ed a occidente dallo spartiacque con il bacino del torrente Leiro. La pendenza media dell'asta è pari a circa il 15%.

Esso è caratterizzato da una forte urbanizzazione e pendenze dei versanti modeste. La pendenza media dei versanti è pari al 25% circa. La parte settentrionale è caratterizzata da pendenze generalmente superiori, mentre quella meridionale presenta pendenze modeste, inferiori al 20%.

A partire dal Quartiere Canova sino a via Ventimiglia (attraversamento autostradale) e da via Pra (ss. n.1 Aurelia) fino allo sbocco a mare il corso d'acqua si presenta interamente tombinato.

Nell tratto compreso tra il tracciato autostradale e via Pra il rio risulta scoperto con alveo delimitato da argini in muratura o in c.a..

Di seguito si riporta una breve descrizione del tratto d'alveo oggetto di studio suddiviso, procedendo da monte verso valle, in funzione dei manufatti e dei punti significativi presenti in alveo, con progressiva contata a partire dalla foce nei seguenti tratti :

- Tratto compreso tra il viadotto di Via Cravasco e via Ventimiglia (L=90 m circa)

- Tratto compreso tra via Ventimiglia e via Pra (L=200 m circa)
- Tratto compreso tra via Pra e lo sbocco a mare (L=80 m circa)

***Tratto compreso tra il viadotto di Via Cravasco e via Ventimiglia***

In tale tratto il corso d'acqua risulta tombinato ad esclusione di due brevi tratti in corrispondenza del viadotto di via Cravasco.

Le sezioni sono di forma rettangolare con larghezza pari a 3.4 m circa e altezza variabile da 2.7 m a 3.0 m circa.

Il tratto terminale della tombinatura, a valle di via Ventimiglia, ha una luce libera (pari a 2.5 m circa) inferiore rispetto al tratto di monte.

La pendenza media del tratto è pari all'3% circa.

Procedendo da monte verso valle sono presenti i seguenti manufatti:

- Breve tratto tombinato in corrispondenza del viadotto di via Cravasco costituito da una struttura in c.a. di circa 3.4 m di larghezza e circa 8 m di lunghezza;



Foto 1: Tratto compreso tra via Ventimiglia e viadotto di via Cravasco



Foto 2: Imbocco breve tratto tombinato in corrispondenza del viadotto di via Cravasco

- tratto tombinato di via Ventimiglia costituito da una struttura in c.a. di circa 3.4 m di larghezza e circa 70 m di lunghezza;



Foto 3: Imbocco tombinatura di via Ventimiglia

- briglia in roccia di altezza 3.0 m circa, ubicata subito a valle della tombinatura;



Foto 4: Sblocco tombinatura di via Ventimiglia e briglia

***Tratto compreso tra via Ventimiglia e via Pra***

In tale tratto l'alveo è a cielo aperto ed è delimitato in sponda destra da muri d'argine in c.a. e/o in muratura e in sponda sinistra dall'edificio dell'ex-fabbrica Verrina.

Le sezioni sono approssimativamente di forma rettangolare con larghezza variabile da un minimo di 2.5 m a un massimo di 5.6 m circa. La pendenza media del tratto è pari al 2.7% circa.



Foto 5: Tratto compreso tra via Ventimiglia e via Voltri

Procedendo da monte verso valle sono presenti i seguenti manufatti:

- briglia dell'altezza 0.3 m circa, ubicata in corrispondenza del campo da tennis;
- edificio pensile (ex centrale ENEL);



Foto 6: Edificio pensile

- briglia dell'altezza 1.5 m circa, ubicata 19 m a monte della tombinatura di via Voltri;
- briglia dell'altezza 1.0 m circa, ubicata subito a monte dell'imbocco della tombinatura di via Voltri.

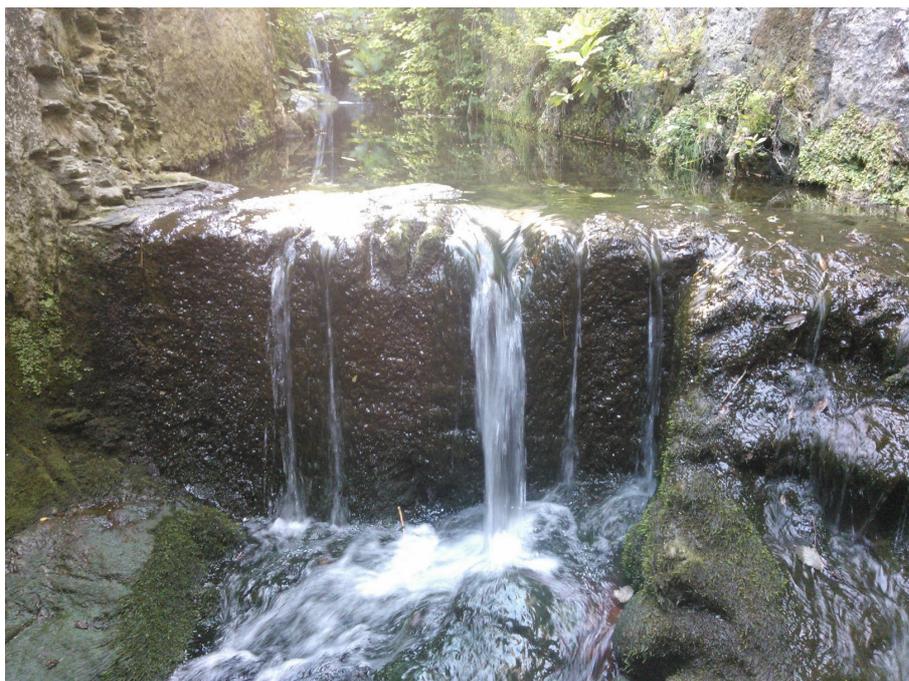


Foto 7: Briglia a monte della tombinatura di via Voltri

***Tratto compreso tra via Pra e lo sbocco a mare***

Tale tratto risulta tombinato da monte di via Voltri fino a valle della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia, ad esclusione di un breve tratto di 2 m circa a cielo aperto a valle di via Voltri.

Le sezioni sono di forma rettangolare con larghezze variabili da 1.7 m a 4.5 m e sono caratterizzate da un'altezza dall'intradosso pari a 2 m circa; il fondo alveo è costituito da una platea in c.a.

La pendenza media del tratto è pari all' 1% circa.

I manufatti interferenti con il deflusso procedendo da monte verso valle sono:

- tratto tombinato a cavallo di via Voltri della lunghezza di 25 m circa. Un primo tratto di monte, della lunghezza di 15 m circa, ha sezioni rettangolari variabili da 1.7 m a 3.0 m e luce libera variabile da 2 a 3 m circa. Il secondo tratto ha sezione a volta con larghezza al fondo variabile da 2.7 m a 4.0 m e altezza libera tra il fondo alveo e la sommità degli archi è variabile da 2.2 m a 2.7 m circa, mentre l'altezza tra il fondo alveo e l'imposta dell'arco è di circa 1 m.



Foto 8: Imbocco tombinatura via Voltri



Foto 9: Tombinatura via Voltri

- tratto tombinato da valle di via Voltri fino alla linea ferroviaria, della lunghezza di 34 m circa, con sezione a volta con larghezza media al fondo pari a 4.5 m circa e altezza media libera tra il fondo alveo e la sommità degli archi pari a 2 m circa, mentre l'altezza tra il fondo alveo e l'imposta dell'arco è di circa 1 m.



Foto 10: Tratto tombinatura finale da via Voltri alla linea ferroviaria



Foto 11: Tratto finale fino allo sbocco a mare

### 3.3 DESCRIZIONE DELLE AREE ADIACENTI AL CORSO D'ACQUA

Il tratto di corso d'acqua compreso tra via Ventimiglia e via Pra è caratterizzato dalla presenza in sponda sinistra dell'edificio dell'ex-fabbrica Verrina e in sponda destra dalla presenza di viabilità private di accesso alle abitazioni civili e da aree adibite a parcheggi privati.

Tali aree sono collegate alla viabilità principale di via Pra attraverso un unico passaggio che dalla stessa via Pra prosegue in salita verso monte.



Foto 12: Aree adiacenti al corso d'acqua sponda destra tra via Ventimiglia e via Voltri



Foto 13: Accesso aree sponda destra da via Voltri

Via Voltri (SS n 1 – Aurelia) costituisce l'asse stradale principale ed è, a partire dal rio, leggermente in discesa (dislivello di 0.5 m circa) in direzione levante e in salita in

direzione ponente. In quest'ultima direzione si biforca in via alla Stazione di Voltri, che è ad una quota leggermente superiore (0.6 m circa) rispetto alla quota della via in corrispondenza del tombino.

In corrispondenza del rio, nella zona compresa tra via Voltri e la linea ferroviaria, è presente un edificio ad uso commerciale; nel tratto tra l'ex-fabbrica e l'autostrada via Voltri confina a Sud direttamente con la linea ferroviaria.



Foto 14: Vista di via Voltri e della linea ferroviaria dalla fabbrica

## 4 AREA DI INTERVENTO

### 4.1 STATO DEI LUOGHI

La zona di intervento è ubicata in sponda sinistra del rio San Giuliano, con accesso pedonale e carrabile da via Voltri.



Foto 15: Veduta di insieme dell'area

Essa interessa un'area industriale dismessa di circa 19.400 mq , già sede dell'ex fabbrica "Verrina", delimitata a Nord dall'Autostrada A10 Savona-Genova a Ovest con la sponda sinistra del rio San Giuliano a Sud con la via Aurelia.

L'area è occupata prevalentemente da diversi grandi capannoni con annessa palazzina uffici nella parte prossima alla via Aurelia; la parete lato Ovest dell'edificio costituisce per quasi tutto il tratto l'argine di sponda sinistra del corso d'acqua.

Il piano di calpestio attuale è sistemato a gradoni in direzione S-N, con quote variabili da 6.0 m s.l.m. circa in prossimità dell'Aurelia a 13.0 m s.l.m. circa all'estremità settentrionale.



Foto 16: Accesso aree sponda destra da via Voltri

## 4.2 INTERVENTI PREVISTI

### 4.2.1 Ambito speciale di riqualificazione urbana.

Progetto di sistemazione di un'area industriale dismessa di circa **19.400 mq** da definire a seguito di approvazione di Progetto Urbanistico Operativo(P.U.O.) secondo quanto stabilito sia dal PUC vigente (2015) in attuazione delle previsioni di SAU 2011 e in base alle nuove previsioni di PUO.

Previsioni P.U.O.:

- Realizzazione interventi edilizi in **DUE FASI** distinte una a carattere prevalentemente commerciale ed una a carattere prevalentemente residenziale.

#### ***FASE I***

Interessa la parte inferiore dell'intero comparto e prevede in sintesi:

- Realizzazione di una Grande Struttura di Vendita (ex media sup. vendita) con Sup. Netta di Vendita (S.N.V.) fino a 2.500 mq. con annessi parcheggi pertinenziali in struttura soprasuolo, superficie commerciale complessiva circa 4.500 mq.  
Si tratta in pratica di un trasferimento con ampliamento di attività commerciale già presente nello stesso territorio municipale.  
E' prevista la realizzazione di un edificio unitario costituito da un' unico piano di vendita con relativi magazzini e aree di movimentazione merci con sovrapposti due piani di parcheggi pertinenziali.  
In copertura aree verdi e a giardino ad uso pubblico, parcheggi pubblici, aree e percorsi di collegamento pedonale (opere di urbanizzazione secondaria).  
Il piano di calpestio inferiore della nuova sistemazione è previsto a quota 7.00 m s.l.m. , circa 1 m superiore alla quota di via Pra.  
Realizzazione di viabilità di interesse pubblico in sponda sinistra del rio San Giuliano limitrofa alle nuove edificazioni e con tratto terminale di accesso in alveo

per la manutenzione e pulizia in corrispondenza del limite della prima fase di intervento.

L'intervento rispetta la fascia di inedificabilità di 10 m a partire dal nuovo limite di sponda sinistra del rio San Giuliano conseguente alla sistemazione di progetto.

Nei tratti dove non è previsto in questa fase alcun intervento di sistemazione, il progetto prevede la demolizione o scapitozzamento del muro perimetrale dell'attuale edificio (che costituisce l'attuale argine in sponda sinistra) sino ad una quota di almeno 1 m superiore al livello di piena 200-ennale e comunque superiore al carico totale della corrente.

- Realizzazione ex novo di Viabilità Pubblica di Collegamento tra Via Prà e Via Ventimiglia (opera di urbanizzazione primaria) da completarsi in forma unitaria e contestualmente con il completamento della Prima Fase di Intervento (Commerciale).

Tale intervento comporta la realizzazione di un attraversamento del rio San Giuliano in prossimità della sede dell'Autostrada A10 Savona-Genova; a tal fine è prevista la realizzazione di un ponte che scavalchi il tratto terminale della copertura sotto via Ventimiglia con una struttura a campata unica della larghezza di 11 m circa.

## ***FASE II***

- Realizzazione di alloggi per circa 4.500 mq di S.A con annessi parcheggi pertinenziali in struttura.
- Realizzazione di circa 1.300 mq di S.A. da destinarsi ad esercizi di vicinato e/o connettivo urbano.
- Aree verdi a destinazione pubblica, percorsi pedonali e parcheggi pubblici per circa 3.000 mq.

Nella periodo transitorio tra il completamento della Fase I e l'avvio della Fase 2 è prevista una sistemazione temporanea delle superfici della Fase II atte a garantire funzionalità, sicurezza e decoro urbano all'intero comparto.

Tale fase non comporta interventi sostanziali di natura idraulica in quanto viene mantenuto l'assetto già previsto nella fase I.

### **4.2.2 Sistemazione idraulica rio San Giuliano.**

L'intervento urbanistico non può prescindere da un intervento di sistemazione idraulica del rio San Giuliano che scorre per gran parte del suo tratto terminale in adiacenza all'area da riqualificare.

### *Fase I*

Gli interventi connessi alla Fase I riguardano un tratto della lunghezza di circa 30 m a monte di via Pra-Voltri e consistono sostanzialmente in:

- Allargamento della sezione di deflusso nel tratto a cielo aperto su una larghezza di 4 m;
- Scopercchiamento di un tratto di tombinatura della lunghezza di circa 7.5 m a monte di via Pra con allargamento della larghezza sino a 4 m;
- Adeguamento di un tratto di tombinatura di 6 m circa (sino al limite del marciapiede di via Pra) con sezione interna netta di 4x3 m;
- Sistemazione fondo alveo in tale tratto su una pendenza uniforme dell'1% con scapitozzamento delle due briglie esistenti in prossimità dell'imbocco della tombinatura e approfondimento del fondo variabile da 0 m a 1.3 m circa.
- Realizzazione di rampa di accesso in alveo circa 70 m a monte dell'imbocco della tombinatura di via Prà.

L'intervento è completato dal rialzamento dell'argine di sponda destra nel breve tratto a cielo aperto a valle di via Pra-via Voltri.

Tale sistemazione consente di eliminare l'esondazione della portata 50-ennale in prossimità di via Pra con un sensibile miglioramento delle condizioni di deflusso anche per la portata 200-ennale.

La nuova viabilità pubblica di collegamento tra via Prà e via Ventimiglia (opera di urbanizzazione primaria) comporta un'interferenza (attraversamento) con il rio San Giuliano nella sezione di sbocco della tombinatura sotto via Ventimiglia in prossimità dell'autostrada A10.

L'interferenza riguarda il tratto terminale della copertura di via Ventimiglia per una lunghezza complessiva in asse di circa 10 m.

Gli interventi previsti in tale tratto risultano:

- Demolizione della soletta di copertura attuale del rio;
- Scapitozzamento di 0.8 m circa della briglia nella sezione di sbocco della tombinatura attuale e riprofilatura del fondo su una pendenza del 5% circa con abbassamento da 0.8 m a 0.5 m circa;
- Realizzazione di una struttura di attraversamento della larghezza (in direzione perpendicolare all'asse del corso d'acqua) di 9 m con le spalle esterne alla sezione del tombino esistente ( $B=3.4$  m) e luce libera (tra fondo e intradosso) variabile tra 4.0 m e 4.5 m, maggiore di quella attuale (2.6 m).

Tale intervento consente un notevole miglioramento delle condizioni di deflusso lungo la tombinatura al di sotto di via Ventimiglia, con funzionamento a pelo libero e franchi adeguati nel suo tratto terminale.

### *Fase II*

Tale fase non comporta interventi sostanziali di natura idraulica in quanto viene mantenuto l'assetto già previsto nella fase I. La sistemazione complessiva del tratto corrispondente alla fase II degli interventi di riqualificazione urbana comporta infatti il deflusso dell'intera portata 200-ennale nel tratto di valle; se non si interviene anche sul tratto coperto di valle sotto via Prà e l'area delle ferrovie, ciò conduce ad un aggravamento delle condizioni di esondabilità sulla stessa via Prà e nelle aree limitrofe.

Per questo motivo nella fase II si è preferito mantenere per la sponda destra e per le aree prospicienti via Pra lo stesso grado di rischio raggiunto con gli interventi di fase I, rimandando la sistemazione definitiva del tratto a monte ad una ulteriore fase che comprenda anche gli interventi sui tratti coperti di valle di via pra di competenza delle Ferrovie.

### *Sistemazione finale*

La sistemazione finale di tutto il tratto terminale del rio San Giuliano comporta il rifacimento della tombinatura a valle di Via Prà e del tratto di competenza delle ferrovie. Non riguardando specificamente il presente P.U.O., in questa fase si è ipotizzata a solo titolo indicativo una possibile sistemazione di tale tratto, compatibile con i vincoli di carattere plano-altimetrico dell'area interessata dall'intervento.

Tale sistemazione comporta in sintesi da monte verso valle:

- Allargamento a 4 m delle sezioni di deflusso del rio San Giuliano nel tratto centrale a cielo aperto compreso tra 80 m circa a valle della sezione di sbocco della tombinatura di via Ventimiglia e 50 m circa a monte di via Pra, mantenendo il fondo attuale;
- Interventi previsti nella fase I per il tratto di valle sino a via Prà;
- Rifacimento del tratto coperto sotto via Pra con sezione di larghezza 4 m e altezza 4.2 m, pendenza del fondo 2.8%;
- Rifacimento del tratto terminale coperto sotto area ferroviaria con sezione di larghezza 5 m e altezza variabile tra 3.2 m e 3.9 m, pendenza del fondo 2.%;

La sistemazione consentirebbe il deflusso dell'intera portata 200-ennale senza esondazioni lungo tutto il tratto.

## 5 IL PIANO DI BACINO AMBITO 12 e 13

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico Ambiti 12 e 13<sup>3</sup>

Il rio san Giuliano è inserito tra i corsi d'acqua significativi nella cartografia del Piano ed è classificato come corso d'acqua di primo livello ( $S=1.1 \text{ km}^2 > 1 \text{ km}^2$ ).

Il rio non risulta indagato, ma sono riportate solo alcune sezioni puntuali in corrispondenza dei tratti tombinati.

Di seguito si riporta l'estratto della carta dei sottobacini e della carta dei tratti indagati allegate al Piano.

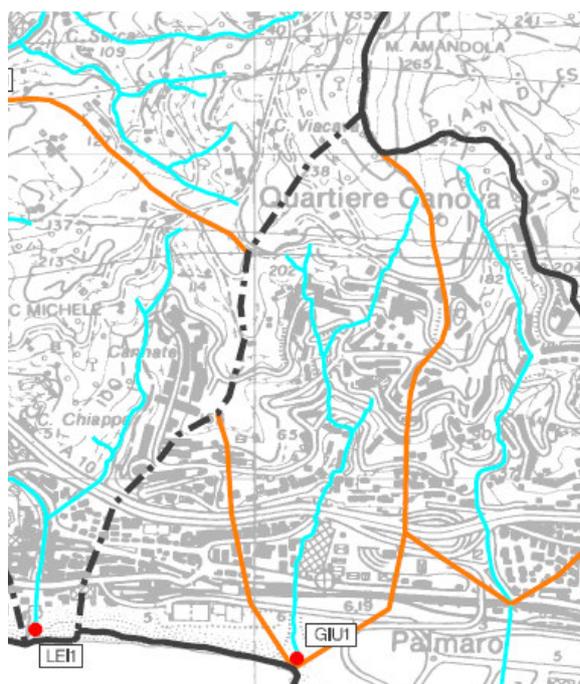


Figura 5.1: Estratto Carta dei sottobacini – Piano di Bacino Ambito 12 e 13

<sup>3</sup> approvato con DCP n. 65 del 12/12/2002, ultima modifica DGP n. 124 del 22/09/2014 entrata in vigore 06/10/2014

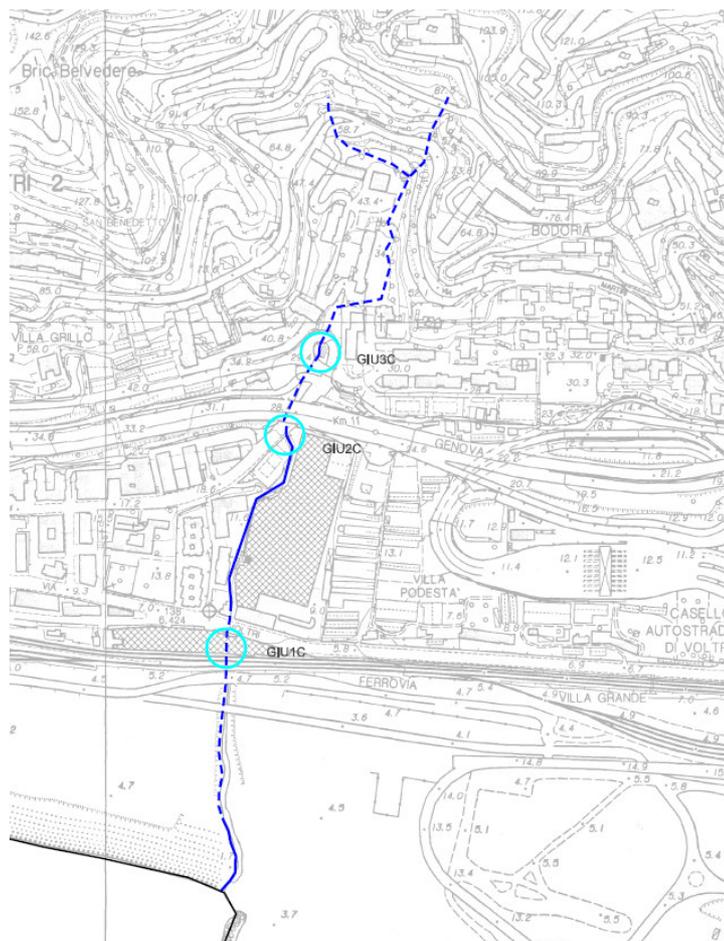


Figura 5.2: Estratto Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e dei tratti indagati – Pano di Bacino Ambito 12 e 13

## 5.1 PORTATE DI PIENA

Nel Piano di Bacino sono riportati i valori delle portate di piena per assegnato periodo di ritorno del rio San Giuliano allo sbocco a mare.

Di seguito si riportano i valori di portata:

| Rio San Giuliano | Q50 | Q200 | Q500 |
|------------------|-----|------|------|
| Foce             | 36  | 53   | 63   |

## 5.2 AREE INONDABILI

Il Piano indica come critica con tempo di ritorno 200-ennale l'imbocco della tombinatura di via Voltri.

Nella seguente figura è riportato un estratto della carta delle Fasce fluviali allegata al Piano di Bacino.

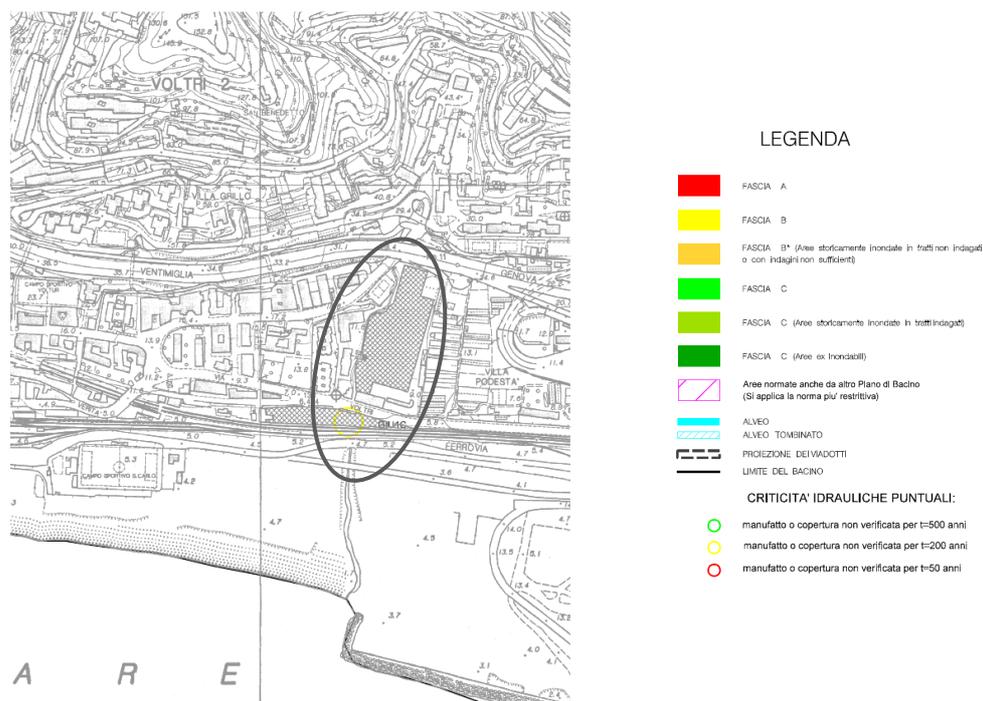


Figura 2.3

### 5.3 PARAMETRI DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Il Piano di Bacino stabilisce i franchi minimi tra il livello di piena, la sommità degli argini e l'intradosso dei ponti, nonché i parametri di scabrezza da assumere nelle verifiche idrauliche.

Per i corsi d'acqua principali e secondari i franchi non devono essere inferiori al valore maggiore tra:

- il carico cinetico della corrente, determinabile come  $U^2/2g$ , con  $U[m/s]$  velocità della corrente e  $g[m/s^2]$  è l'accelerazione di gravità;
- i valori di seguito indicati:

|     |  |            |
|-----|--|------------|
| I   | Argini e difese spondali   | 50/100 cm  |
| II  | Ponti e strutture di attraversamento fino ad estensioni longitudinali di m. 12 | 100/150 cm |
| III | Coperture e tombinature, ponti e strutture di attraversamento oltre 12 m       | 150/200 cm |

Tabella II

Per le opere di cui al punto III, nel caso di modesta rilevanza dell'opera e di bacini sistemati, il franco può essere derogato dall'amministrazione competente fino a 100 cm.

La normativa fornisce inoltre le indicazioni per la scelta del coefficiente di scabrezza da utilizzare nelle verifiche idrauliche, che devono essere desunti dalla seguente tabella:

| <b>Descrizione</b>   | <b>Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler</b> |
|--|--|
| Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo                                       | 25-30  |
| Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo  | 30-35  |
| Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato  | 35-40  |
| Corso d'acqua con fondo e argini totalmente cementati in ottimo stato e assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque | 40-45  |

**Tabella III**

Per quanto riguarda le distanze dal corso d'acqua valgono i dettami della DGR n. 181 del 11/03/2016 (modifiche al Regolamento Regionale n° 3 del 14/07/2011) che stabilisce una fascia di inedificabilità assoluta dai limiti dell'alveo pari a 10 m.

## 6 VERIFICHE IDRAULICHE

### 6.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

Quale evento di riferimento per le verifiche e l'analisi del rischio idraulico è stata considerata la portata di piena 200-ennale e 50-ennale con i seguenti valori:

| Rio San Giuliano | Q50 | Q200 |
|------------------|-----|------|
| Foce             | 36  | 53   |

### 6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 4.1<sup>4</sup>*.

Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

Per maggiori approfondimenti teorici a riguardo si rimanda all'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

### 6.3 CONFIGURAZIONI DI VERIFICA

La verifica idraulica è stata effettuata nelle seguenti configurazioni:

- **ATT**  
Rappresenta la configurazione di stato attuale per il tratto dallo sbocco a mare alla briglia immediatamente a valle delle sezione di sbocco della tombinatura di via Ventimiglia;
- **XXmiglia-ATT**  
Rappresenta la configurazione di stato attuale del tratto di monte da via Ventimiglia al viadotto di via Cravasco;
- **FASE-1**  
Rappresenta lo stato relativo agli interventi di sistemazione idraulica relativi alla realizzazione della fase 1 urbanistica per il tratto dallo sbocco a mare alla briglia immediatamente a valle delle sezione di sbocco della tombinatura di via Ventimiglia;

---

<sup>4</sup> HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

- **XXmiglia-FASE-1**  
Rappresenta lo stato relativo agli interventi di sistemazione idraulica relativi alla realizzazione della fase 1 urbanistica per il tratto di monte da via Ventimiglia al viadotto di via Cravasco;
- **FIN**  
Rappresenta una possibile sistemazione futura dell'intero tratto compreso tra via Ventimiglia e lo sbocco a mare

La geometria del tratto d'alveo del rio San Giuliano e dei manufatti interferenti è stata ricavata da un rilievo topografico dell'alveo realizzato nel corso del 2014 nell'ambito del presente progetto.

#### 6.4 PARAMETRI DI CALCOLO

La verifica idraulica è stata effettuata per un tratto del rio San Giuliano compreso tra lo sbocco a mare e il viadotto di via Cravasco per uno sviluppo complessivo di 370 m circa.

Ai fini del calcolo sono state individuate una serie di sezioni trasversali numerate in senso crescente da valle verso monte dalla 1 alla 44 in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.) con l'aggiunta di alcune sezioni di calcolo intermedie in corrispondenza di variazioni di sezione significative e dei manufatti secondo il seguente schema indicate da valle verso monte:

- da sez. 1 a sez. 4: tratto terminale a cielo aperto (L=20 m circa)
- da sez. 4 a sez. 7: attraversamento area ferrovia (L=30 m circa)
- da sez. 7 a sez. 13.1: attraversamento di via Pra (L=25 m circa)
- da sez. 13.1 a 33: tratto a cielo aperto compreso tra via Pra e via Ventimiglia(L=200 m circa)
- da sez. 33 a sez. 44: tratto compreso tra via Ventimiglia a via Cravasco (L=90 m circa)

In Allegato A è riportata la planimetria del tratto indagato con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo.

Dato il carattere torrentizio del corso d'acqua il profilo è stato integrato in generale per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e corrente veloce da monte verso valle, assumendo quali condizioni al contorno le condizioni critiche ( $Fr=1$ ) nelle sezioni di estremità.

Ai fini del calcolo delle portate esondate nel tratto terminale a valle di via Ventimiglia (lateral flow) il profilo è stato integrato a favore di sicurezza per la sola corrente lenta da valle verso monte.

Le verifiche sono state effettuate in condizioni di sponde infinite o, nei tratti ove si verifica esondazione, imponendo localmente la quota limite di sormonto arginale per il calcolo delle portate esondate (lateral flow).

Il calcolo attraverso il tratto tombinato di valle è stato effettuato nell'ipotesi di "lid" indefinito per il corretto funzionamento in pressione del manufatto.

In accordo con le normative vigenti e con le condizioni dell'alveo il coefficiente di scabrezza  $n$  di Manning è stato assunto a favore di sicurezza pari a 0.03 (corrispondente alla condizione di corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo) per tutto il tratto a cielo aperto compreso tra via Ventimiglia e via Pra, pari a 0.028 il tratto di copertura esistente tra Via Pra e lo sbocco a mare, e pari a 0.025 (corrispondente a tratti urbanizzati naturali con argini cementati) per il tratto tombinato di via Ventimiglia, che appare pulito ed in buono stato di conservazione.

## 6.5 RISULTATI

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica nell'Allegato A.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica dei risultati suddivisa nei tre tratti principali sopra individuati.

### ***Configurazione ATT***

Il tratto terminale coperto (da sez. 4 a sez. 13) risulta insufficiente al deflusso della portata 50-ennale, con la messa in pressione del manufatto e rigurgito in corrente lenta verso monte con relativo sormonto delle quote di sommità arginali in sponda destra per un tratto di circa 20 m.

Nel tratto a monte sono presenti due criticità localizzate una circa 70 m a monte (sez. 20.1) a causa dell'altezza insufficiente dell'argine in sponda destra, l'altra circa 120 m a monte di via Pra (da sez. 23 a sez. 27), a causa del forte restringimento nella sezione 23 con la presenza di un manufatto in alveo, che provocano il sormonto della sommità arginale in sponda destra e relativo allagamento delle aree limitrofe.

La portata defluita al di sotto della copertura terminale è pari a circa 29 m<sup>3</sup>/s; la portata esondata a monte (tutta in sponda destra) è pari a circa 7 m<sup>3</sup>/s, distribuita interamente lungo la sponda destra, parte in corrispondenza di via Pra, parte nei tratti a monte.

Il deflusso della portata 200-ennale è analogo a quello della portata 50-ennale per la portata 200-ennale con altezze lievemente superiori.

La portata defluita al di sotto della copertura terminale è pari anche in questo caso a circa 29 m<sup>3</sup>/s; la portata esondata a monte (tutta in sponda destra) è pari a circa 27 m<sup>3</sup>/s, distribuita interamente lungo la sponda destra, parte in corrispondenza di via Pra, parte nei tratti a monte.

### ***Configurazione XXmiglia-ATT***

Il deflusso della portata 50-ennale avviene a pelo libero con altezze comprese tra 1.5 m e 2.0 m circa, velocità comprese tra 5 m/s e 7 m/s; il franco rispetto all'intradosso della copertura è compreso tra 0.3 m e 1.10 m circa. Non risultano esondazioni.

La portata 200-ennale genera la messa in pressione del manufatto con relativa interferenza del pelo libero con l'impalcato; la quota del pelo libero rimane tuttavia inferiore alla quota di estradosso ed anche a quella del piano viabile adiacente.

### ***Configurazione FASE-1***

Gli interventi previsti in questa fase per il tratto di valle (da sez. 10 a sez. 16) inducono un sensibile miglioramento delle condizioni di deflusso in tale tratto; la portata 50-ennale (36 m<sup>3</sup>/s) riesce a defluire interamente al di sotto della copertura terminale senza provocare esondazioni a monte.

Permangono, sia pure lievemente attenuate, le criticità dei due tratti di monte (sez. 20.1 e tratto da sez. 23 a sez. 27), con livelli di piena prossimi alle quote di sommità arginale in sponda destra; la portata esondata in tali tratti si riduce ad un totale di circa 0.3 m<sup>3</sup>/s, sempre lungo la sponda destra.

Il deflusso della portata 200-ennale è analogo a quello della portata 50-ennale con altezze lievemente superiori.

La portata defluita al di sotto della copertura terminale risulta in questo caso circa 38 m<sup>3</sup>/s; la portata esondata a monte (tutta in sponda destra) è pari a circa 15 m<sup>3</sup>/s, distribuita interamente lungo la sponda destra, parte in corrispondenza di via Pra, parte nei tratti a monte.

### ***Configurazione XXmiglia-FASE-1***

L'intervento sul tratto terminale della copertura di via Ventimiglia induce un sensibile miglioramento delle condizioni di deflusso lungo tutto il tratto per entrambi i valori di portata.

Il deflusso della portata 50-ennale avviene sempre a pelo libero lungo tutto il tratto; nel tratto terminale (tra le sez. 33 e 34) dove è previsto l'abbassamento del fondo ed il contestuale rialzamento della soletta di copertura, la corrente risulta veloce con altezza pari a circa 1.6 m, velocità 6.5 m/s circa; il franco rispetto all'intradosso in tale tratto varia da 2.36 m a 2.89 m, con il carico totale contenuto sotto la quota di intradosso.

Nel tratto a monte il deflusso rimane simile a quello della configurazione attuale, con un ulteriore sia pur lieve abbassamento (0.1 m circa) dovuto al nuovo assetto geometrico.

Il deflusso della portata 200-ennale avviene nel tratto terminale (tra le sez. 33 e 34) avviene in corrente risulta veloce con altezza pari a circa 2.1 m, velocità 7.5 m/s circa; il franco rispetto all'intradosso in tale tratto varia da 1.84 m a 2.38 m, con il carico totale che interseca la quota di intradosso, senza tuttavia raggiungere la quota dell'estradosso.

Il deflusso nel tratto a monte risulta parzialmente in pressione per un tratto di circa 50 m (sino alla sez. 38), mentre il rimanente tratto di monte (da sez. 38 a 44) il deflusso risulta a pelo libero in corrente veloce con altezza compresa tra 2.0 m e 2.5 m circa e velocità compresa tra 6.0 m/s e 6.8 m/s; il franco rispetto all'intradosso in tale tratto varia da 0.5 a 0.8 m circa, mentre rispetto alla quota del piano viabile adiacente esso risulta di oltre 2 m.

Risulta pertanto evidente il miglioramento rispetto alla configurazione attuale, con un abbassamento medio di circa 1.5, minore nella parte a valle e maggiore nella parte a monte dove defluisce a pelo libero.

***Configurazione FIN***

La sistemazione finale consente il deflusso della portata 50-ennale e 200-ennale lungo tutto il tratto senza esondazioni.

## **7 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO**

### **7.1 DINAMICA DI ESONDAZIONE**

La dinamica di esondazione è stata ricostruita sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche e dell'analisi della morfologia dei luoghi.

Le verifiche idrauliche riportate nel paragrafo precedente mostrano come il rio San Giuliano presenti alcune criticità idrauliche concentrate per la maggior parte nel tratto di valle (copertura ferroviaria e di via Prà) e, in sponda destra, nel tratto a cielo aperto di monte.

Il tratto terminale coperto risulta insufficiente al deflusso della portata 50-ennale con conseguente funzionamento in pressione ed esondazione nel tratto subito a monte della sezione di imbocco.

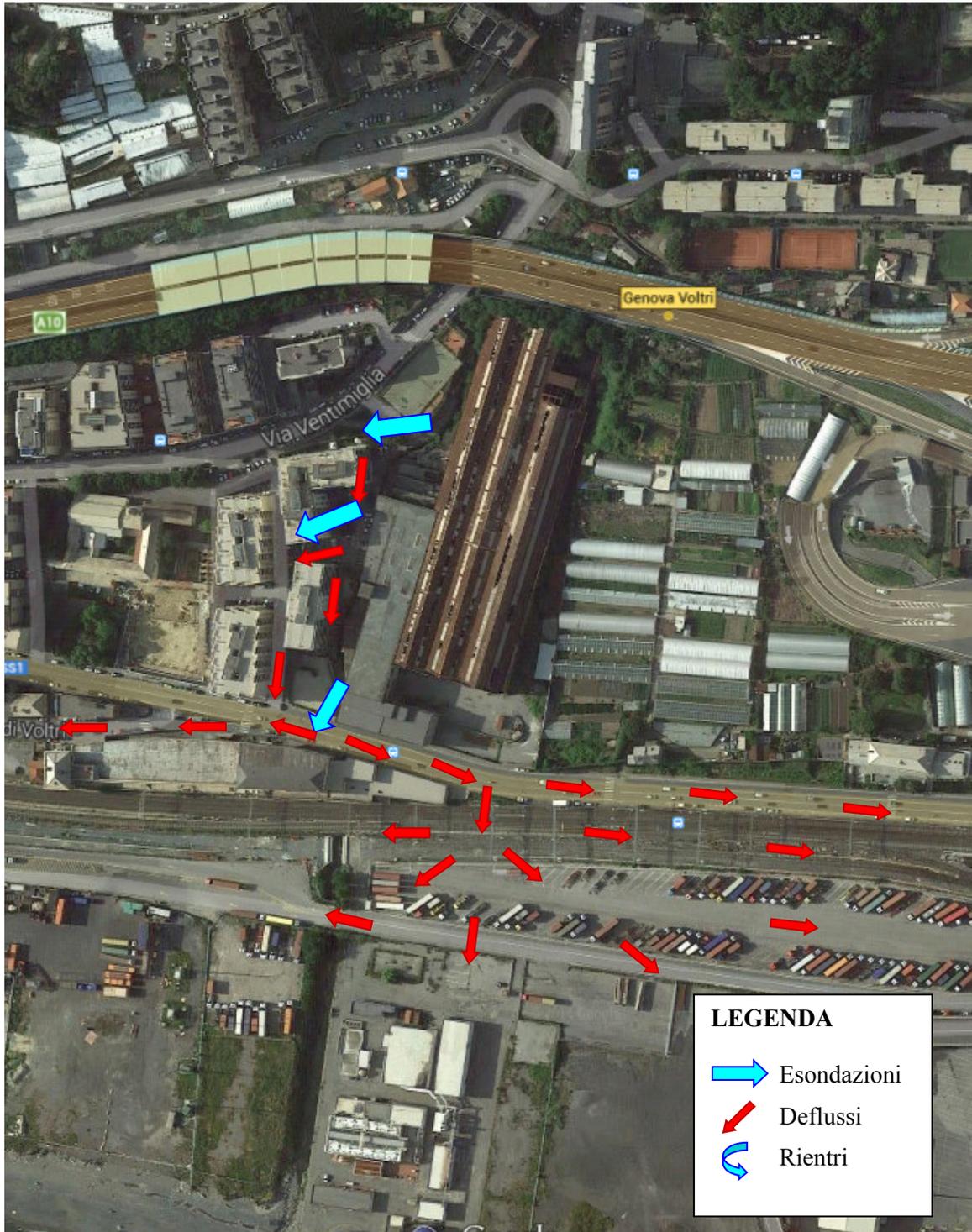
L'esondazione interessa un tratto di circa 20 m ed avviene prevalentemente per scavalcamiento del parapetto lungo la sponda destra, in quanto la sponda sinistra è delimitata dalla parete perimetrale dell'edificio della ex fabbrica Verrina.

La portata esondata si riversa lungo via Pra e di qui verso valle attraverso la sede ferroviaria a quota inferiore.

Un'ulteriore criticità è rappresentata dal tratto ubicato circa 100 m a monte di via Prà, che genera esondazione sempre in sponda destra anche per l'evento 50-ennale.

La portata esondata tende in parte a occupare i volumi disponibili ai piani interrati (box, intercapedini, cantine ecc.) e ai piani terra degli edifici (distacchi, giardini, negozi ecc) e in parte a defluire progressivamente verso valle attraverso la viabilità di collegamento con via Prà, unendosi a quella esondata in corrispondenza della sezione di imbocco della tombinatura di valle.

Nelle figura seguente sono indicati i punti di esondazione, le vie di deflusso delle portate esondate e i tratti in cui la portata rientra parzialmente in alveo.



**Figura 7.1**

## 7.2 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI ESONDAZIONE

Ai fini della determinazione delle portate di esondazione è stato adottato lo stesso modello di calcolo utilizzato per le verifiche idrauliche che consente il calcolo della portata esondata lungo le sponde quando il livello supera le quote degli argini (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce per ciascuna configurazione di portata impostata da monte l'entità delle portate esondate per ogni stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.

Il calcolo è stato effettuato per il tratto del rio San Giuliano compreso tra via Ventimiglia e lo sbocco a mare nelle due configurazioni di stato attuale (ATT) e di progetto (FASE-1).

Con riferimento alle sezioni di calcolo idraulico, i tratti d'alveo esondabili sono stati schematizzati come stramazzi laterali con quote di sommità arginali secondo il seguente schema da monte verso valle:

### *Stato attuale*

- 26.0992 sponda destra da sez. 27 a sez. 23.1, sviluppo di 45 m (circa 120 m a monte di via Pra);
- 22.0092 sponda destra da sez. 23 a sez. 20.1, sviluppo di 51 m (circa 70 m a monte di via Pra);
- 17.0092 sponda destra da sez. 17.01 a sez. 13.2, sviluppo di 20 m (monte sezione di imbocco copertura via Pra);
- 13.2991 sponda sinistra da sez. 15 a sez. 13.2: sviluppo di 2.8 m (sezione di imbocco copertura di via Pra).

### *Stato di progetto*

- 26.0992 sponda destra da sez. 27 a sez. 23.1, sviluppo di 45 m (circa 120 m a monte di via Pra);
- 22.0992 sponda destra da sez. 23 a sez. 20.1, sviluppo di 51 m (circa 70 m a monte di via Pra);
- 17.0092 sponda destra da sez. 17.01 a sez. 13.2, sviluppo di 20 m (monte sezione di imbocco copertura via Pra);
- 13.1992 sponda destra da sez. 13.2 a sez. 11.5, sviluppo di 7.3 m (sezione di imbocco copertura via Pra);
- 11.5991 sponda sinistra da sez. 12 a sez. 11.5: sviluppo di 4.0 m (sezione di imbocco copertura di via Pra).

Il calcolo è stato effettuato attraverso una serie di simulazioni in moto permanente gradualmente variato per assegnati valori della portata complessiva in arrivo da monte.

In tal modo è stato possibile determinare, per ciascuna simulazione, le portate di esondazione e il relativo di volume esondato.

A favore di sicurezza il profilo è stato integrato per la sola condizione di corrente lenta da valle verso monte, assumendo quali condizioni al contorno le condizioni critiche ( $Fr=1$ ) nella sezione di estremità di valle.

Con riferimento allo schema degli stramazzi laterali sopra riportato, nella tabella seguente sono riportati per ciascun valore della portata in arrivo da monte i corrispondenti valori delle portate di esondazione.

### Stato attuale (ATT)

| Portata in arrivo da monte [m <sup>3</sup> /s] | Portate esondate [m <sup>3</sup> /s] |                    |                          | Portata residua [m <sup>3</sup> /s] |
|--|--------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
|  | Medio 2<br>26.0992                   | Medio 1<br>22.0092 | Valle<br>17.0092+13.2991 |                                     |
| 20   | 0.00                                 | 0.00               | 0.00                     | 20.00                               |
| 25   | 0.00                                 | 0.00               | 0.00                     | 25.00                               |
| 30   | 0.00                                 | 0.00               | 1.88                     | 28.12                               |
| 35   | 0.70                                 | 0.70               | 5.16                     | 28.82                               |
| 36 (Q50)                                       | 1.27                                 | 1.27               | 5.56                     | 28.76                               |
| 40   | 4.08                                 | 4.08               | 6.02                     | 29.19                               |
| 45   | 7.87                                 | 7.87               | 6.95                     | 29.11                               |
| 50   | 11.84                                | 11.84              | 7.59                     | 29.14                               |
| 53(Q200)                                       | 14.23                                | 14.23              | 7.72                     | 29.40                               |

**Tabella 7.I**

### Stato di progetto (FASE-1)

| Portata in arrivo da monte [m <sup>3</sup> /s] | Portate esondate [m <sup>3</sup> /s] |                  |                                      | Portata residua [m <sup>3</sup> /s] |
|--|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|  | Monte<br>26.0992                     | Medio<br>22.0092 | Valle<br>17.0092+13.1992<br>+15.5991 |                                     |
| 20   | 0.00                                 | 0.00             | 0.00                                 | 20.00                               |
| 25   | 0.00                                 | 0.00             | 0.00                                 | 25.00                               |
| 30   | 0.00                                 | 0.00             | 0.00                                 | 30.00                               |
| 35   | 0.07                                 | 0.09             | 0.00                                 | 34.84                               |
| 36 (Q50)                                       | 0.36                                 | 0.18             | 0.00                                 | 35.46                               |
| 40   | 2.71                                 | 0.50             | 0.00                                 | 36.79                               |
| 45   | 6.39                                 | 0.86             | 0.50                                 | 37.25                               |
| 50   | 10.25                                | 1.21             | 1.08                                 | 37.46                               |
| 53(Q200)                                       | 12.60                                | 1.42             | 1.46                                 | 37.52                               |

**Tabella 7.II**

## 7.3 IDROGRAMMI DI PIENA

### 7.3.1 Idrogrammi rio San Giuliano

La determinazione degli idrogrammi di piena del rio San Giuliano è stata effettuata mediante la procedura indicata nella DGR 357/2008.

In particolare si è utilizzato il metodo indiretto dell'evento idrometeorologico critico finalizzato alla valutazione degli idrogrammi di riferimento condizionati dal valore della portata al colmo di progetto, assunta in questo caso pari a quella del Piano di Bacino.

In sintesi il metodo consiste nel ricercare gli idrogrammi di piena equivalenti che forniscano per lo stesso periodo di ritorno da una parte la portata massima al colmo, dall'altra il volume massimo per portate superiori ad una soglia prefissata (con portata di picco inferiore).

Tale problema è risolvibile a partire dalle curve di probabilità pluviometrica dell'area in esame nella forma  $h(T)=a(T)\cdot t^n$  nell'ipotesi di invarianza di scala, per cui si assume che l'esponente caratteristico  $n$  rappresenti l'impronta climatica degli eventi pluviali estremi dell'area in esame.

L'ipotesi implica che la portata T-ennale di progetto  $Q(T)$  sia prodotta da una precipitazione  $h=a(*)\cdot t^n$  dove  $n$  è l'esponente caratteristico del bacino in esame,  $a(*)$  rappresenta il valore di  $a$  che con il metodo dell'evento critico produce una portata pari a  $Q(T)$ , e che in genere è differente dal valore di  $a(T)$  proprio della linea segnalatrice T-ennale, come dimostrato sia sotto l'aspetto teorico, sia, nella maggioranza dei casi, sotto l'aspetto pratico.

Assunto pertanto un modello afflussi-deflussi di riferimento, il problema si riduce alla ricerca di tutte le possibili coppie di valori  $a$  e  $t$  che producono una portata al colmo  $Q(T)$  e, tra queste, la coppia  $\{a(*), t_{CR}\}$  che ha il minimo valore di  $a$ .

Nel caso in esame si è adottata la curva di probabilità pluviometrica della stazione di Madonna della Grazie a Genova-Voltri, che è la più prossima al bacino del rio san Giuliano, e i cui parametri sono riportati nell'Appendice II della DGR sopra menzionata.

La curva risultante presenta un valore della pioggia indice  $a_i = 33.1$  mm/h ed un valore dell'esponente di scala  $n= 0.377$ .

La curva risultante è esprimibile pertanto come

$$\begin{aligned} h &= 81.39 \cdot t^{0.377} && \text{per } T= 50 \text{ anni} \\ h &= 114.98 \cdot t^{0.377} && \text{per } T= 200 \text{ anni} \end{aligned}$$

Ai fini del calcolo sono stati ricostruiti i relativi idrogrammi di piena attraverso l'uso di un modello seriale di trasformazione afflussi-deflussi.

Il modello è costituito da una prima parte di trasformazione della pioggia di progetto in volume specifico di ruscellamento, basato sull'interpretazione Hortoniana (non lineare) del processo di assorbimento e da una seconda parte caratterizzata da un modello lineare di formazione della piena attraverso la rete idrografica basato sul modello di Nash.

Il calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale è stato effettuato depurando gli idrogrammi precedentemente individuati dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

Come noto tale procedura consente di calcolare il volume di pioggia defluito nella sezione di chiusura sulla base dell'espressione:

$$h_n = \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S}$$

dove  $h_n$  [mm] è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento,  $h_r$  [mm] è il volume specifico affluito,  $S$  [mm] è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso, mentre  $I_a$  [mm] rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di  $S$  viene effettuata sulla base della relazione:

$$S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Dove CN (runoff curve number) è un parametro adimensionale variabile da 1 a 100 che esprime la capacità di ritenzione del bacino in funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo.

Quale valore di  $I_a$ , si è adottata la relazione suggerita dal Soil Conservation Service  $I_a = 0.2 \cdot S$ .

L'idrogramma unitario è stato calcolato con il modello di Nash che simula il comportamento del bacino con una cascata di  $n$  serbatoi posti in serie; l'IUH del modello assume la forma:

$$I(t) = \frac{1}{K \cdot (n-1)!} \cdot \left( \frac{t}{K} \right)^{n-1} \cdot e^{-\frac{t}{K}}$$

dove  $k$  è la costante caratteristica dei serbatoi e  $n$  il numero degli stessi. Nel caso in esame si è assunto:  $n = 3$  e  $K = 0.5 \cdot t_c / (n-1)$ , con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino.

Una volta disponibili gli ietogrammi di progetto e l'idrogramma unitario, sono stati calcolati gli idrogrammi di piena per ciascuna sezione considerata attraverso l'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = S \cdot \int_0^t I(t-u) \cdot p(u) \cdot du$$

il quale, noti lo ietogramma di riferimento e l'idrogramma unitario istantaneo del bacino in esame, permette di legare la portata uscente  $Q(t)$  all'intensità della pioggia netta  $p(t)$ .

La determinazione dei parametri caratteristici del bacino quali superficie, tempo di corrivazione e valore di CN è stata effettuata sulla base dei contenuti del Piano di Bacino. In particolare per il rio San Giuliano allo sbocco a mare si sono assunti  $S=1.1 \text{ km}^2$ ,  $t_c=0.5$  ore (30 minuti),  $CN = 92$ .

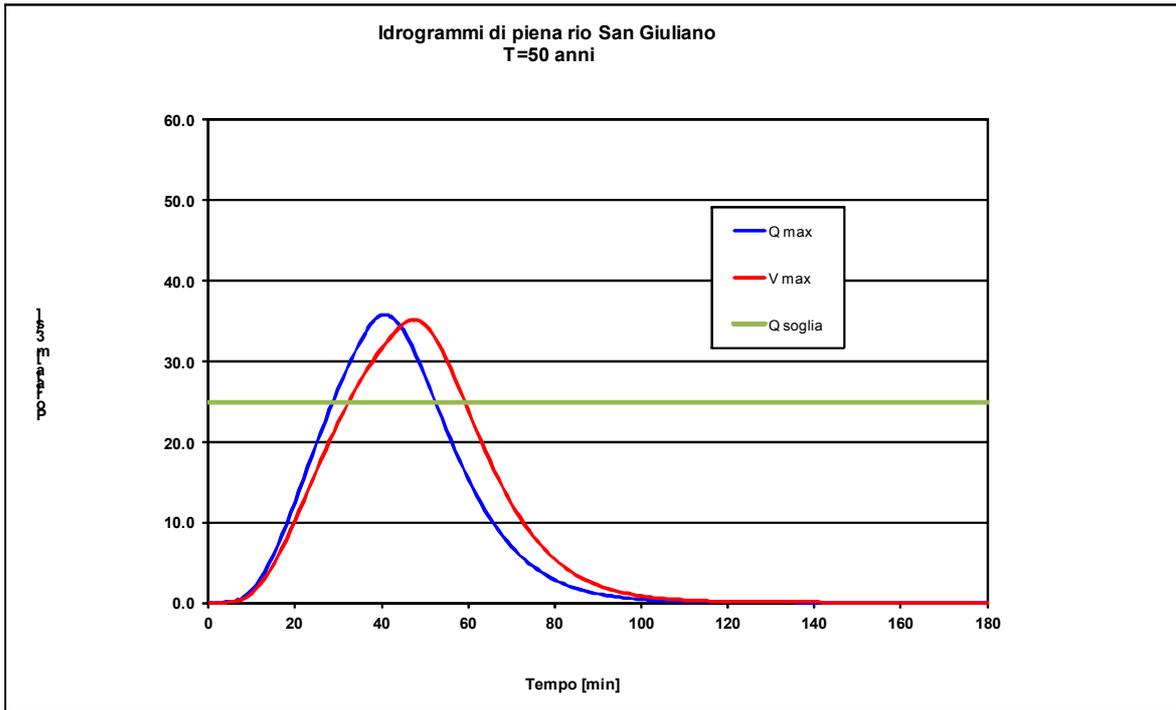
I risultati dei calcoli sono riassunti nella tabella seguente per gli eventi 50-ennale e 200-ennale nell'ipotesi di una portata di soglia di  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Tabella III**

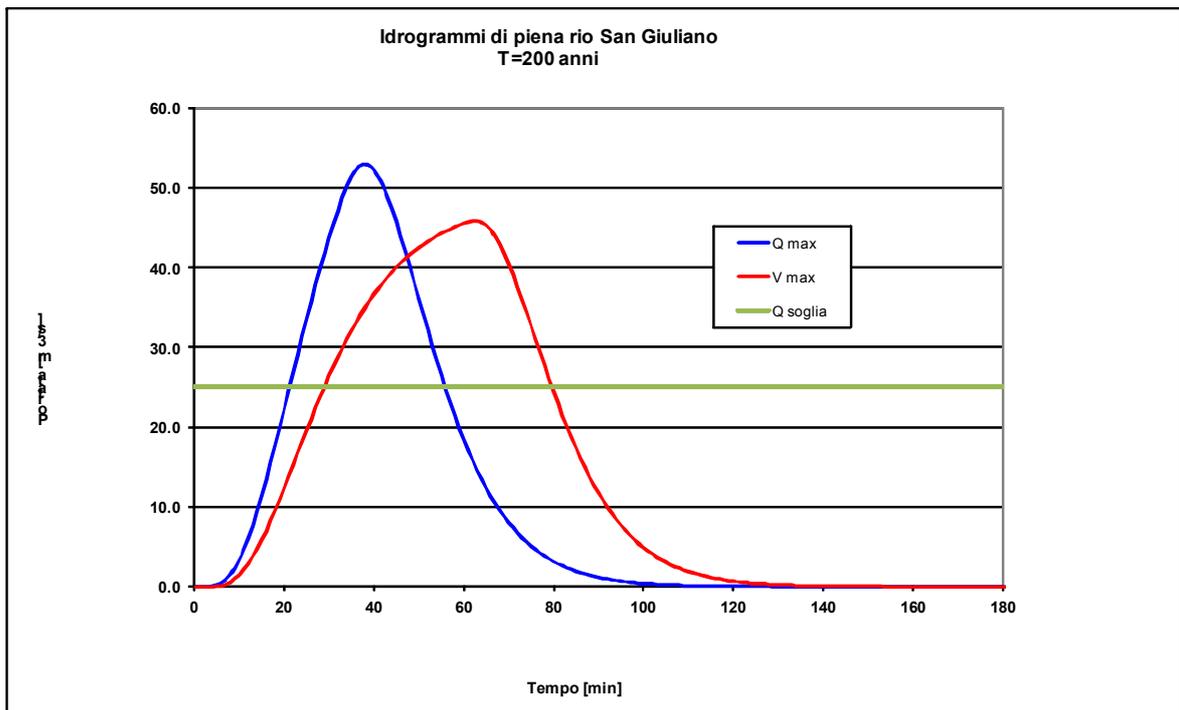
|             |                  | A<br>[km <sup>2</sup> ] | a(*)<br>[mm/h] | n     | t <sub>p</sub><br>[min] | Q <sub>max</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | V <sub>tot</sub><br>[m <sup>3</sup> ] | Q <sub>s</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] |
|-------------|------------------|-------------------------|----------------|-------|-------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>T50</b>  | Q <sub>max</sub> | 1.1                     | 115            | 0.377 | 35                      | 36                                      | 78853                                 | 25                                    |
|             | V <sub>max</sub> |                         |                |       | 43                      | 35                                      | 86916                                 | 25                                    |
| <b>T200</b> | Q <sub>max</sub> | 1.1                     | 160            | 0.377 | 32                      | 53                                      | 113427                                | 25                                    |
|             | V <sub>max</sub> |                         |                |       | 60                      | 46                                      | 149825                                | 25                                    |

**Tabella 7.III**

Nella figura seguente sono riportati gli idrogrammi di piena del rio San Giuliano per gli eventi 50-ennale e 200-ennale nelle due condizioni di Q<sub>max</sub> e V<sub>max</sub>.



**Figura 7.2**



**Figura 7.3**

### 7.3.2 Idrogrammi portate di esondazione

Gli idrogrammi delle portate esondate sono stati ricavati associando a prefissate coppie di valori ( $Q$ ,  $t$ ) degli idrogrammi di piena del rio San Giuliano i valori delle corrispondenti portate esondate riportati al paragrafo 7.2, mantenendo inalterata la durata  $t$ .

Nella figura seguente, sono riportati gli idrogrammi di piena delle portate esondate in suddivise per i tre punti di esondazio e (valle, medio-1 e medio-2) per la configura zio e relativa a  $Q_{max}$ , che risulta in questo caso quella più significativa in termini di effetti di esondazione.

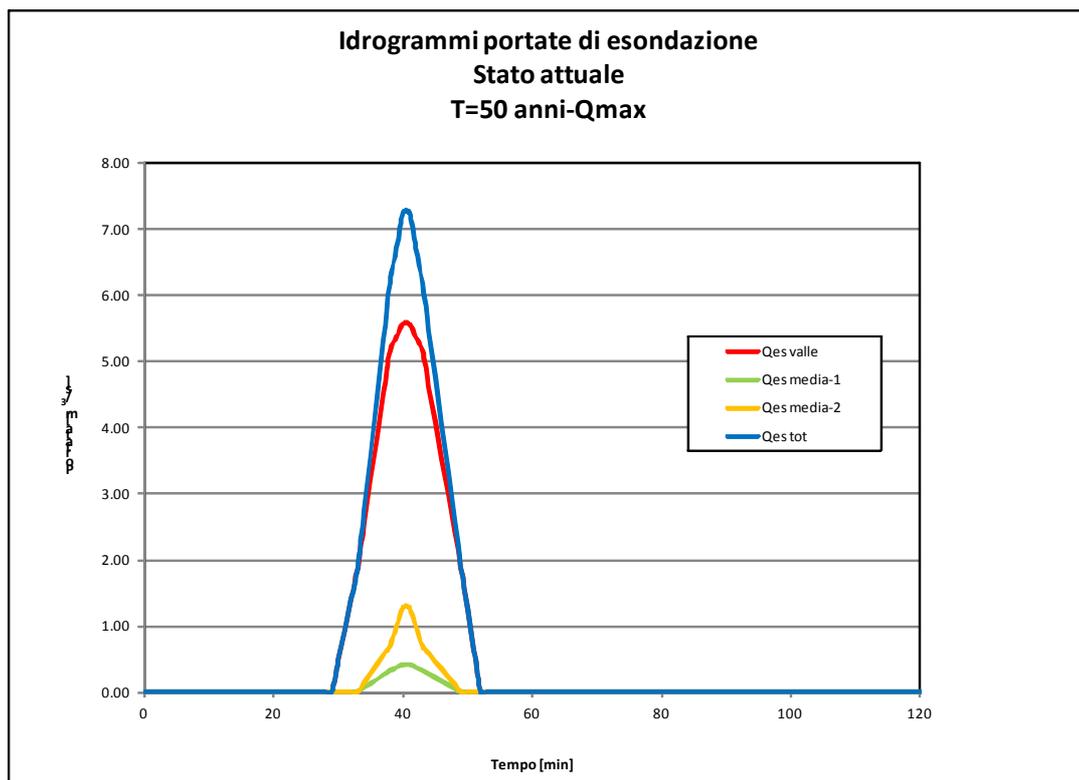
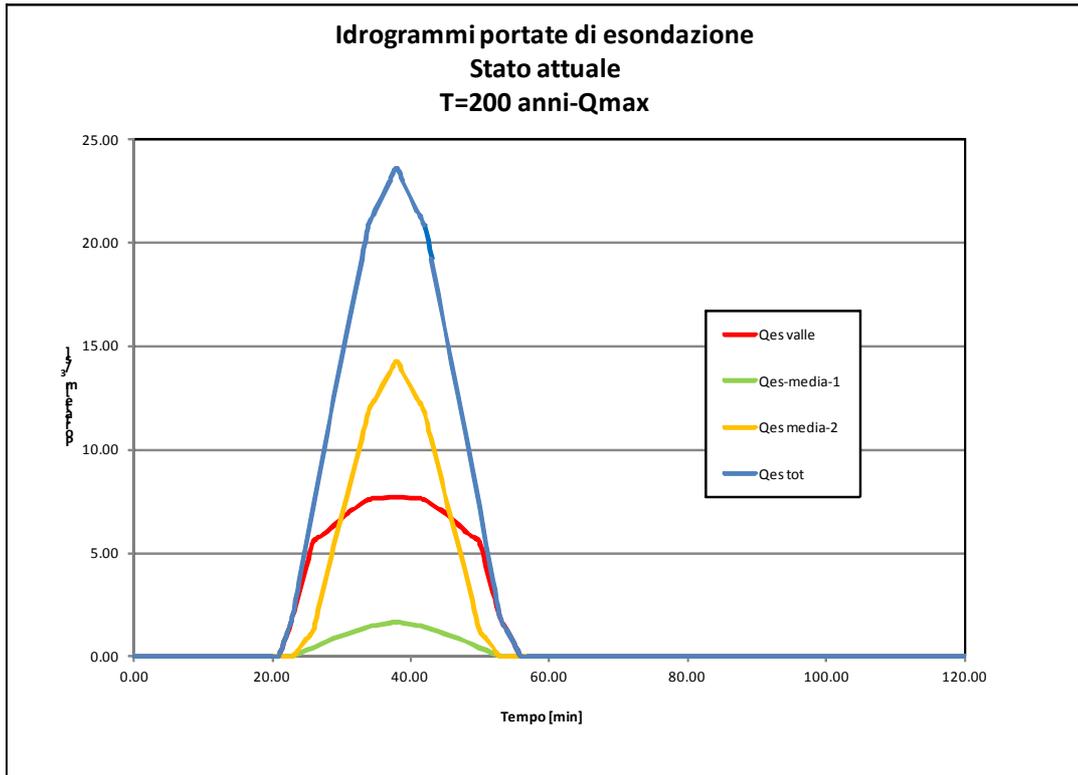
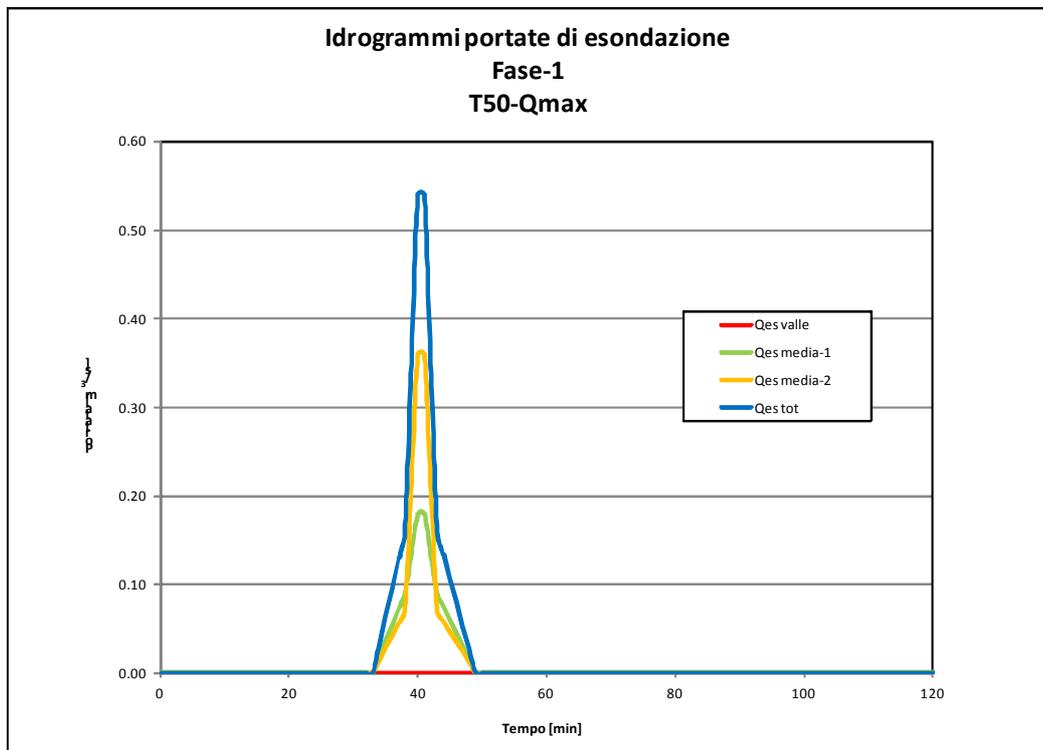


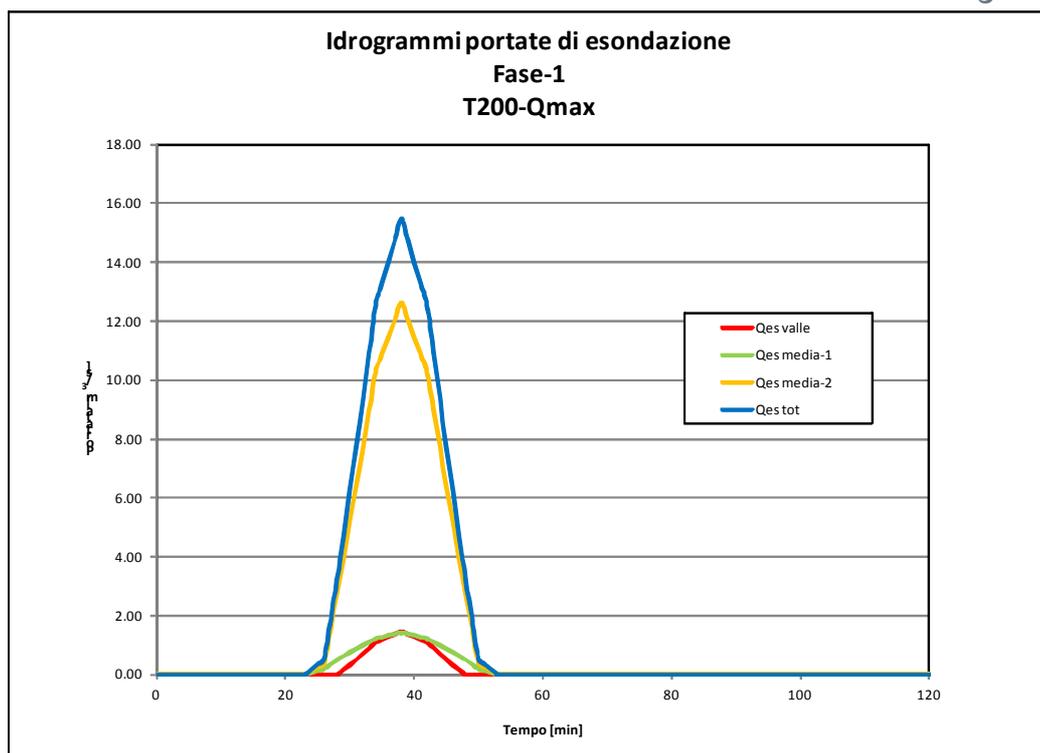
Figura 3.4



**Figura 4.5**



**Figura 5.5**



**Figura 6.6**

## 7.4 MODELLO BIDIMENSIONALE DI ALLAGAMENTO

### 7.4.1 Base topografica

La modellazione idraulica dell'area urbana indagata è stata fatta a partire da una base topografica adeguata alla tipologia di studio e alla scala di dettaglio del modello.

In particolare per la definizione del dominio di calcolo sono state utilizzate le seguenti basi topografiche opportunamente integrate ed omogeneizzate tra loro:

- DTM fornito dalla Regione Liguria prodotto da CTR 1:5000, caratterizzato da una maglia di 5x5 m, le cui informazioni topografiche appartengono ad un intervallo temporale tra gli anni 2006 e 2009. La carta copre tutta l'area a cavallo del rio San Giuliano da via Cravasco sino allo sbocco a mare.
- Carta Tecnica Regionale (C.T.R.), scala 1:5000, vettoriale tridimensionale (formato DWG).
- Carta Tecnica Comunale in scala 1:1000 fornita dal Sistema Informativo Territoriale (SIT) del Comune di Genova in formato vettoriale, relativa al tratto compreso tra via Cravasco e lo sbocco a mare.
- Rilievi plano-altimetrici di dettaglio delle sezioni dell'alveo e delle aree adiacenti al corso d'acqua comprese tra via Cravasco e la foce effettuati nell'Ambito del progetto dello SUA (vedi paragrafo 3.1).

#### **7.4.2 Metodologia di calcolo**

Lo studio relativo all'allagamento delle aree adiacenti al rio San Giuliano è stato effettuato implementando un modello idraulico bidimensionale con il software *Infoworks ICM*<sup>5</sup>.

Il software consente il calcolo in moto vario monodimensionale e bidimensionale di alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane utilizzando la metodologia dei volumi finiti.

Tra i principali risultati fornisce per ciascun dominio di calcolo (maglia di discretizzazione) i massimi tiranti idrici e la massima velocità di scorrimento.

Per maggiori approfondimenti teorici a riguardo si rimanda all'Appendice 2 allegata alla presente relazione.

#### **7.4.3 Schematizzazione del dominio di studio**

Il dominio di studio è stato schematizzato utilizzando i dati presenti nelle diverse basi topografiche disponibili.

La base topografica di partenza importata nel software è costituita dal DTM Regionale.

Poiché il DTM tiene conto solamente della superficie geodetica del territorio, sono stati importati dalla Carta Tecnica Regionale tutti gli edifici presenti nell'area indagata a cui è stata assegnata la condizione di "poligoni vuoti" non attraversabili dal flusso della corrente.

Con riferimento al DTM è stata fatta un'analisi della precisione e della completezza dei dati topografici al fine di verificarne l'adeguatezza per l'utilizzo nella modellazione.

L'analisi ha evidenziato che il DTM è affetto da alcune imprecisioni: in particolare la risoluzione del modello non sempre riesce a rappresentare le forti discontinuità presenti nella topografia dell'area urbana indagata, generando, in alcune zone un rilievo geodetico del terreno che non rappresenta la realtà topografica dei luoghi.

La risoluzione delle imprecisioni riscontrate nel DTM è stata effettuata integrando la base cartografica del DTM con il rilievo topografico di dettaglio e con la Cartografia Tecnica Comunale in scala 1:1000.

A completamento del lavoro di integrazione sono state aggiunte una serie di condizioni interne, quali arginature, muri perimetrali di edifici e zone depresse, per rappresentare in modo più dettagliato e preciso la realtà urbana indagata.

---

<sup>5</sup> *Infoworks ICM 3.5.2 HR Wallingford Innovyze.*

Infine è stato individuato e creato il dominio 2D di allagamento sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche in moto monodimensionale e delle dinamiche di esondazione delle aree ricostruite in base alla geomorfologia dei luoghi.

In particolare il dominio di calcolo si estende in direzione N-S dalle aree adiacenti all'Autostrada A10 Genova-Savona sino alla foce ( $L=300$  m circa) e in direzione O-E su una fascia di circa 200 m di larghezza.

Il dominio 2D individuato ha un'estensione di circa 6 ha.

#### 7.4.4 Parametri di calcolo e condizioni al contorno

Il dominio di calcolo è stato discretizzato generando una *mesh* triangolare a differente superficie, allo scopo di seguire più fedelmente possibile la geometria dei luoghi.



**Figura 7.7**

I parametri principali relativi alla magliatura assunti nella modellazione sono i seguenti:

- dimensione massima dell' area dei triangoli generati pari a  $100 \text{ m}^2$ ;
- dimensione minima dell' area dei triangoli generati paria a  $5 \text{ m}^2$ ;
- magliatura variabile in funzione dell'andamento del terreno in modo che la variazione di quota tra i tre vertici non superi il valore di  $0.20 \text{ m}$ ;
- coefficiente di scabrezza (coefficiente di Manning) di tutto il dominio pari a  $0.025$ . Tale scelta è dovuta al fatto che l'area indagata è costituita esclusivamente da un'area urbana caratterizzata da viabilità carrabili e marciapiedi.

Il numero totale di triangoli generati dal software è pari a circa 12459, ognuno dei quali presenta un valore di quota univoco determinato sulla base della triangolazione dei punti del modello.

Al dominio di calcolo sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- *Condizioni di input:* sono costituite dai tre idrogrammi di esondazione individuati nella simulazione con HecRas (vedi paragrafo 7.3.2) ubicati il primo in corrispondenza di via Pra, il secondo circa 70 m a monte ed il terzo ulteriori 50 m a monte.
- *Condizioni di output:* in corrispondenza dell'estremità di valle (verso mare) della maglia di calcolo si è assunta come condizione al contorno che la pendenza del terreno bilanci le forze d'attrito ("*Normal condition*", flusso uniforme). L'altezza e la velocità vengono mantenute costanti quando l'acqua raggiunge il confine, in modo che l'acqua possa fluire al di fuori del dominio senza perdite di carico.
- *Condizioni generali della maglia:* nei restanti tratti del dominio di calcolo non interessati dalle condizioni di Input e di Output si è assunta, a favore di sicurezza, la condizione al contorno di "*Vertical Wall*" che corrisponde all'inserimento di una barriera verticale impermeabile infinitamente alta che non lascia uscire l'acqua dal dominio di calcolo qualora in simulazione si verificasse presenza d'acqua al suo perimetro.

Ai fini della simulazione idraulica, sono stati adottati i seguenti parametri:

- Passo temporale di integrazione utilizzato durante il calcolo (*Timestep*) pari a 10 s.
- *Durata della simulazione* pari a 150 min corrispondente a circa 5 volte la durata degli idrogrammi in input.

#### **7.4.5 Risultati**

*Stato attuale*

I risultati della simulazione confermano le dinamiche di esondazione descritte nei paragrafi precedenti.

La portata esondata a monte defluisce secondo una linea di flusso preferenziale costituita dalla viabilità che scende verso via Pra parallelamente al corso d'acqua.

Lungo il percorso l'acqua tende in parte ad occupare i volumi disponibili ai piani interrati (box, intercapedini, cantine ecc.) e ai piani terra degli edifici (distacchi, giardini, ecc).

In corrispondenza dell'incrocio con via Pra la portata esondata a monte si unisce con quella esondata in corrispondenza della sezione di imbocco della copertura terminale: di qui l'acqua defluisce progressivamente parte verso valle interessando le aree più depresse della linea ferroviaria, parte verso levante lungo la stessa via Pra che presenta una leggera pendenza in tale direzione.

L'area occupata dall'ex fabbrica Verrina non è interessata dall'allagamento dovuto all'esondazione del rio San Giuliano se non per i piani inferiori della palazzina uffici che insiste su via Pra.

Le altezze maggiori si raggiungono in corrispondenza dei punti di esondazione.

In via Pra, in corrispondenza dell'area ex Verrina, i tiranti risultano inferiori a 0.3 m per l'evento 50-ennale, e tra 0.3 m e 0.7 m per l'evento 200-ennale.

In Allegato 2 e 3 sono riportati graficamente gli andamenti dei valori massimi dei tiranti per l'evento 50-ennale e per quello 200-ennale nella configurazione attuale.

### *FASE 1*

Gli interventi previsti sul rio San Giuliano inducono un sensibile miglioramento in termini di aree inondabili e relativi tiranti: i volumi complessivamente esondati si riducono a meno del 50% circa rispetto allo stato attuale.

Per l'evento 50-ennale rimane inondabile una fascia ristretta parallela al corso d'acqua lungo la sponda destra, con tiranti più elevati in corrispondenza dei punti di esondazione e decrescenti sino a zero in corrispondenza dell'incrocio con via Pra.

Per l'evento 200-ennale le aree inondabili interessano anche l'intera sede stradale di via Pra e la sede ferroviaria più a valle; i tiranti in tale area risultano compresi tra 0.0 m e 0.3 m sulla sede ferroviaria e comprese tra 0.3 m e 0.5 m lungo via Pra.

In Allegato 4 e 5 sono riportati graficamente gli andamenti dei valori massimi dei tiranti per l'evento 50-ennale e per quello 200-ennale nella configurazione di Fase 1.

## **8 COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL' INTERVENTO**

### **8.1 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO**

Il Piano di Bacino ambito 12 e 13 indica come critica con tempo di ritorno 200-ennale l'imbocco della tombinatura di via Pra, mentre l'area oggetto di intervento non risulta interessata da alcuna fascia di inondabilità.

I risultati del modello applicato indicano come nella configurazione attuale risulti inondabile per un tempo di ritorno di 50 anni tutta la fascia adiacente al corso d'acqua lungo la sua sponda destra oltre alla sede stradale di via Prà ed alla sede ferroviaria più a valle.

L'area dell'ex fabbrica Verrina non risulta inondabile per effetto della protezione del muro perimetrale che costituisce per quasi tutto il tratto compreso tra via Prà e l'autostrada A10 Savona-Genova l'argine sinistro del rio San Giuliano e delle quote di sistemazione, più alte rispetto a via Pra.

Rimangono allagabili i piani inferiori della palazzina uffici a ridosso di via Pra che si riempiono per un'altezza di 1.5 m circa.

Gli interventi di sistemazione idraulica previsti sul rio San Giuliano nell'ambito del presente P.U.O. (Fase 1) consentono una significativa mitigazione del rischio idraulico rispetto alle condizioni attuali.

Viene eliminata quasi completamente l'esondazione per l'evento 50-ennale, che rimane confinata nelle aree a monte in sponda destra con tiranti modesti (inferiori a 0.3 m); l'intera sede stradale di via Pra e la sede ferroviaria non risultano più interessate da fenomeni di allagamento per tale evento.

L'evento 200-ennale comporta ancora esondazione anche in prossimità di via Pra, ma con volumi più modesti e tiranti inferiori a 0.5 m, sensibilmente ridotti rispetto alla configurazione attuale.

Non risulta anche in questo caso inondabile tutta l'area dell'ex fabbrica Verrina interessata dall'intervento.

### **8.2 ACCORGIMENTI TECNICO-COSTRUTTIVI**

Alla luce dell'analisi del rischio idraulico l'intervento previsto nel presente P.U.O. risulta "idraulicamente" compatibile sia sotto il profilo normativo che sotto il profilo tecnico.

L'area interessata dagli interventi non risulta inondabile anche se confina con aree inondabili (via Pra). Gli interventi di sistemazione previsti sul rio San Giuliano eliminano

il rischio di allagamento per evento 50-ennale anche lungo via Pra, mantenendo un rischio residuale per l'evento 200-ennale, sempre su via Pra

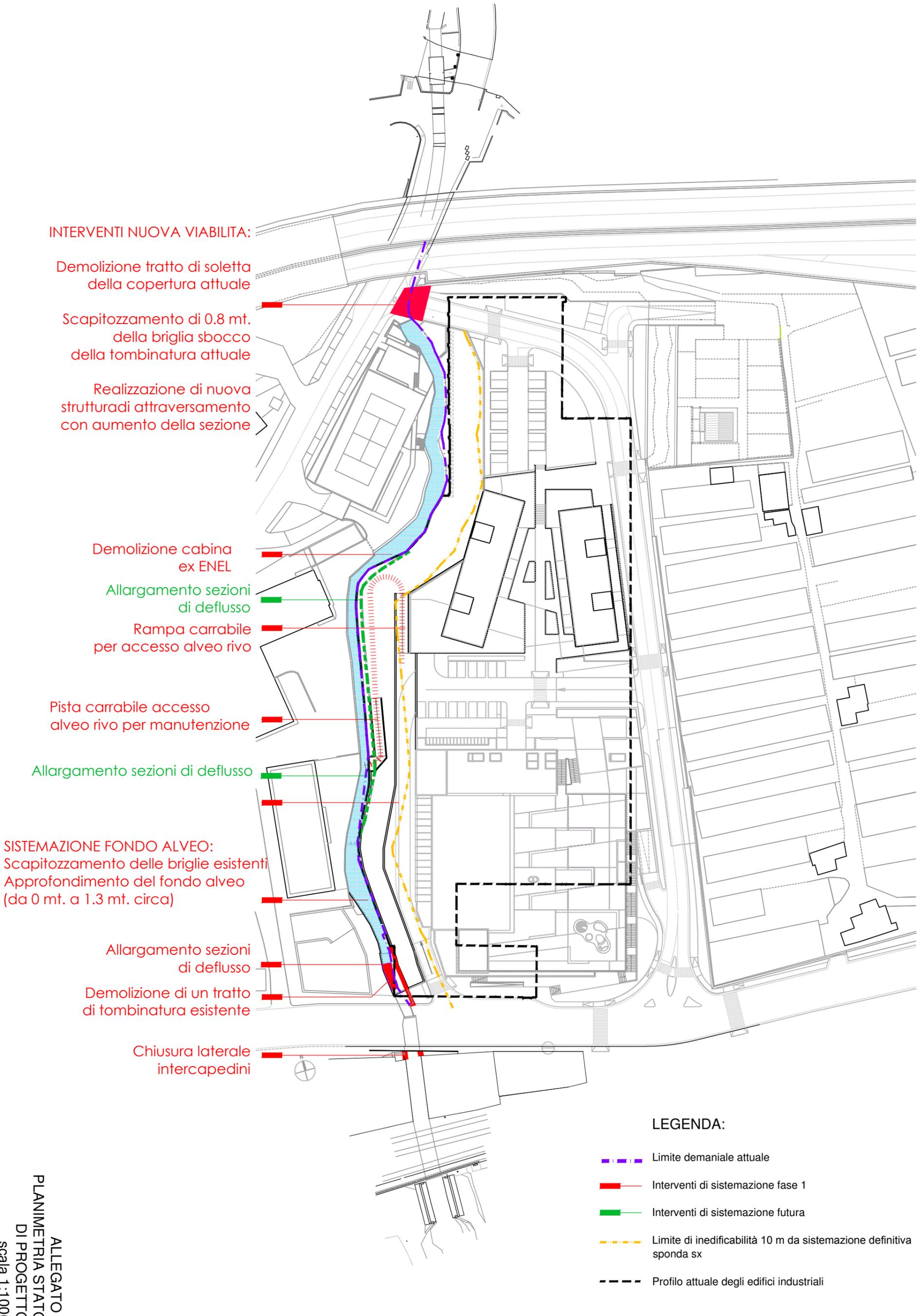
Per quanto riguarda gli aspetti normativi lo stesso rientra nei parametri riportati nell'Allegato 5 alle norme del Piano di Bacino e nella DGR 91/2013 in particolare per quanto riguarda la definizione della quota del primo piano agibile in funzione dei tiranti delle aree adiacenti (via Pra).

L'intervento di nuova edificazione è ubicato ad una distanza di oltre 10 m dalla sponda attuale o, nel caso peggiore, dal nuovo allineamento previsto a seguito della sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua.

La nuova viabilità lungo la sponda sinistra del rio San Giuliano è realizzata ad una distanza compresa tra i 5.00 e 10.00 m dall'alveo e ciò è reso possibile dalle norme in quanto viabilità di interesse pubblico con finalità di accesso in alveo e strada di servizio.

Il primo piano della nuova struttura è previsto ad una quota superiore di 1 m rispetto al piano viabile di via Pra, che consente un franco di 0.5 m rispetto al previsto livello di allagamento in caso di evento 200-ennale.

Non sono previsti locali interrati.



**INTERVENTI NUOVA VIABILITA':**

Demolizione tratto di soletta della copertura attuale

Scapitozzamento di 0.8 mt. della briglia sbocco della tombinatura attuale

Realizzazione di nuova struttura di attraversamento con aumento della sezione

Demolizione cabina ex ENEL

Allargamento sezioni di deflusso

Rampa carrabile per accesso alveo rivo

Pista carrabile accesso alveo rivo per manutenzione

Allargamento sezioni di deflusso

**SISTEMAZIONE FONDO ALVEO:**

Scapitozzamento delle briglie esistenti  
Approfondimento del fondo alveo (da 0 mt. a 1.3 mt. circa)

Allargamento sezioni di deflusso

Demolizione di un tratto di tombinatura esistente

Chiusura laterale intercapedini

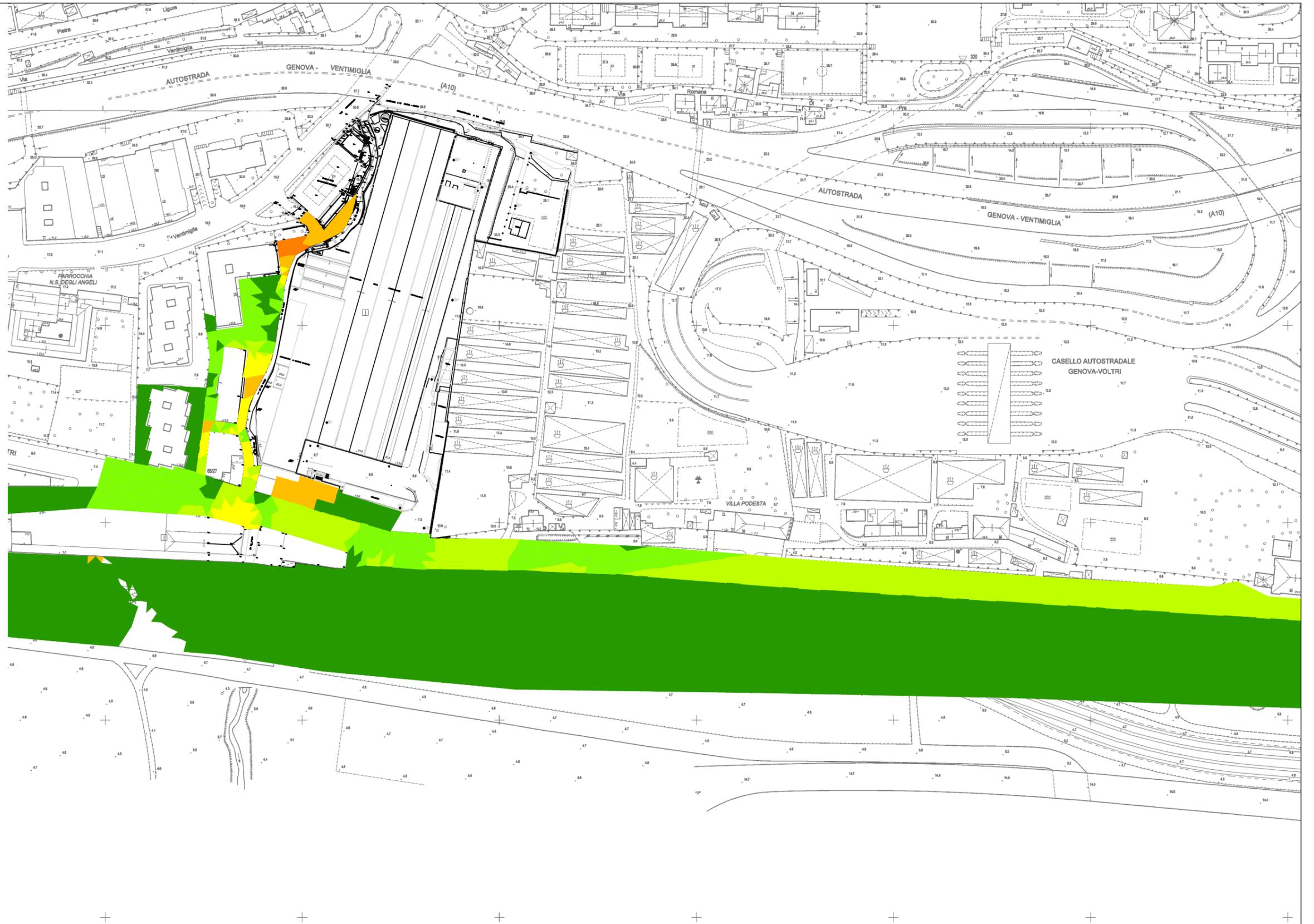
**LEGENDA:**

- - - Limite demaniale attuale
- - - Interventi di sistemazione fase 1
- - - Interventi di sistemazione futura
- - - Limite di inedificabilità 10 m da sistemazione definitiva sponda sx
- - - Profilo attuale degli edifici industriali

LEGENDA



LEGENDA



LEGENDA

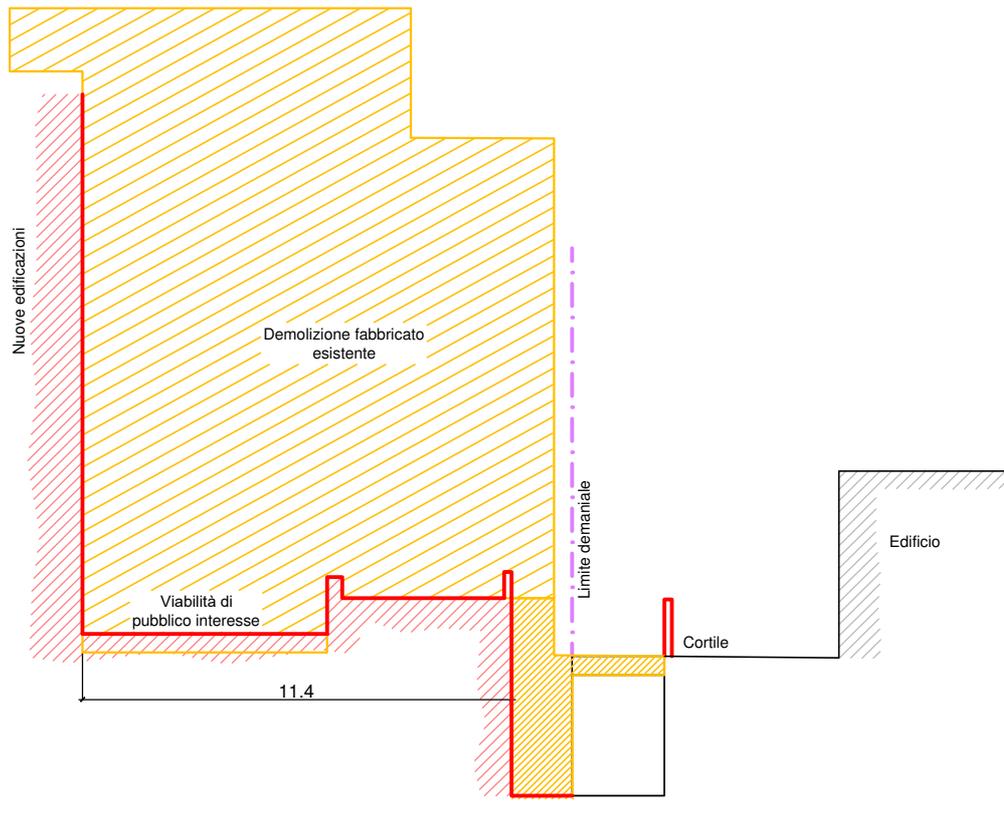


LEGENDA

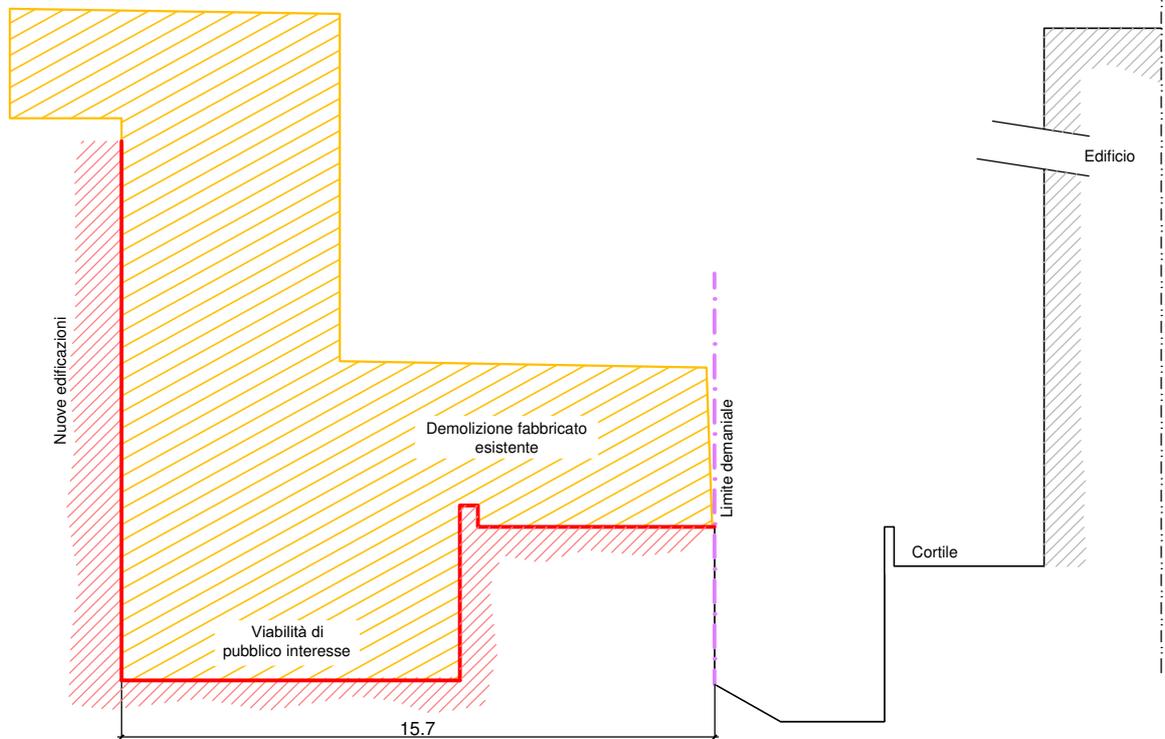


SEZIONE TIPO (sez.12)

## SEZIONE TIPO A Demolizioni con allargamento alveo



SEZIONE TIPO (sez.18)

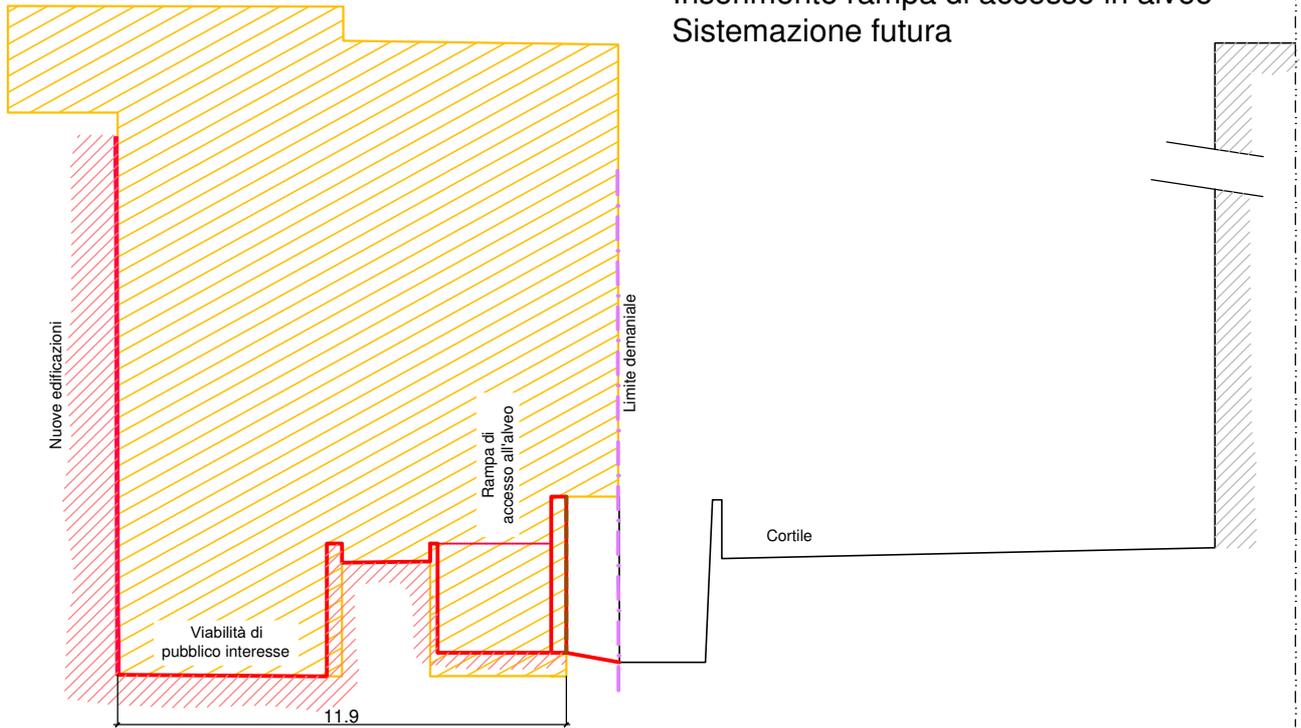


- Demolizioni
- Interventi di sistemazione ambito A- ambito C
- - - Interventi di sistemazione futura

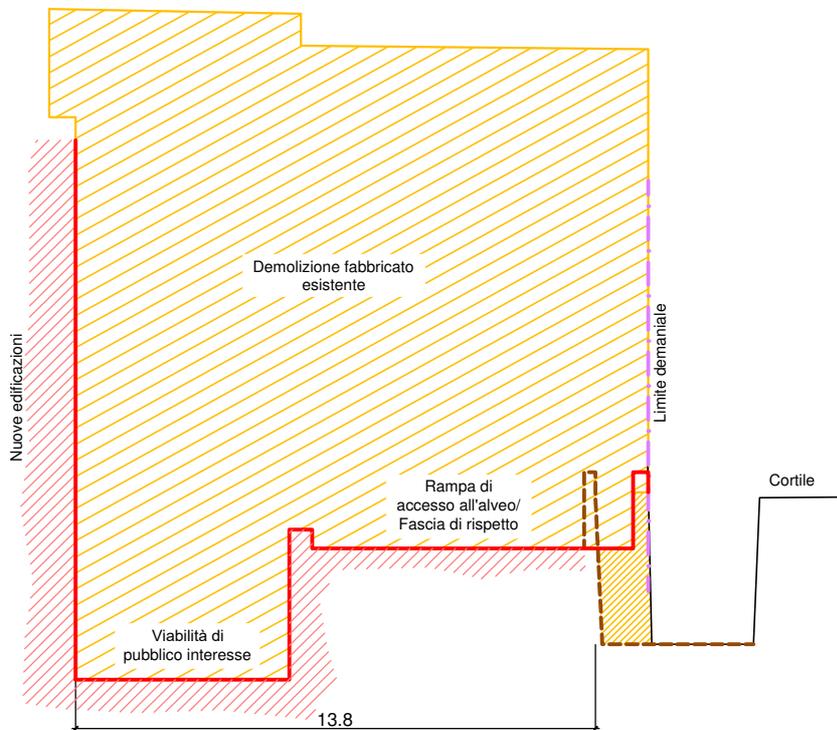
ALLEGATO 6  
SEZIONI TIPO RIO  
SAN GIULIANO  
scala 1:200

**SEZIONE TIPO B**  
 Demolizioni e sez. invariata  
 Inserimento rampa di accesso in alveo  
 Sistemazione futura

SEZIONE TIPO rampa accesso in alveo



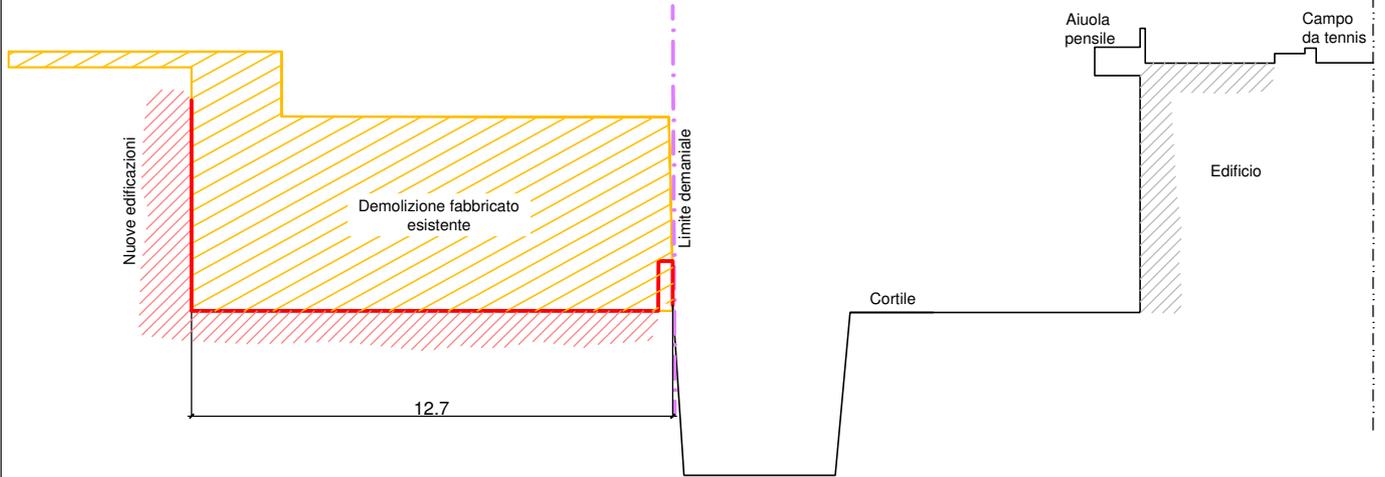
SEZIONE TIPO (sez.21)



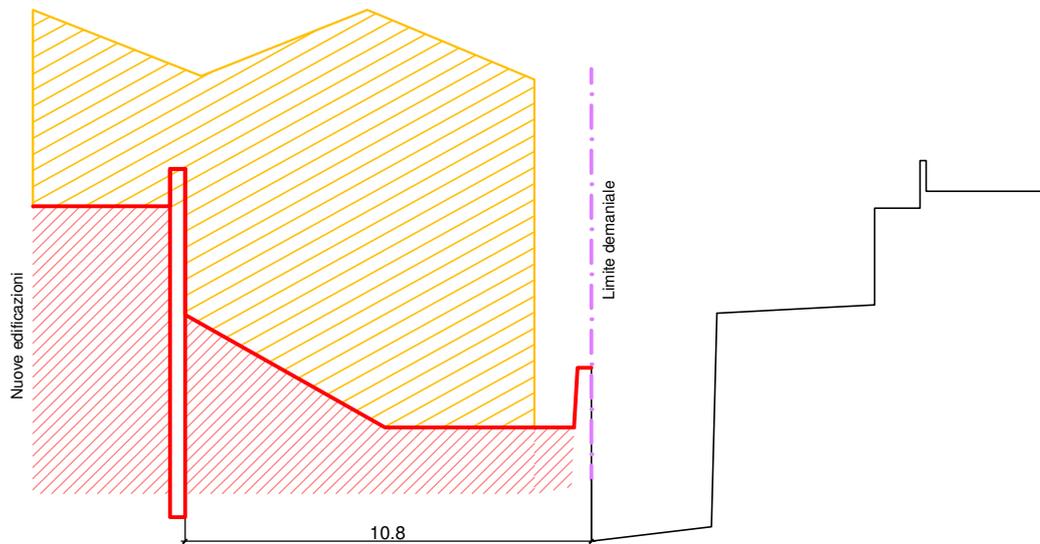
- Demolizioni
- Interventi di sistemazione ambito A- ambito C
- - - Interventi di sistemazione futura

SEZIONE TIPO C  
 Tratto di monte  
 sezione invariata dell'alveo

SEZIONE TIPO (sez.25)



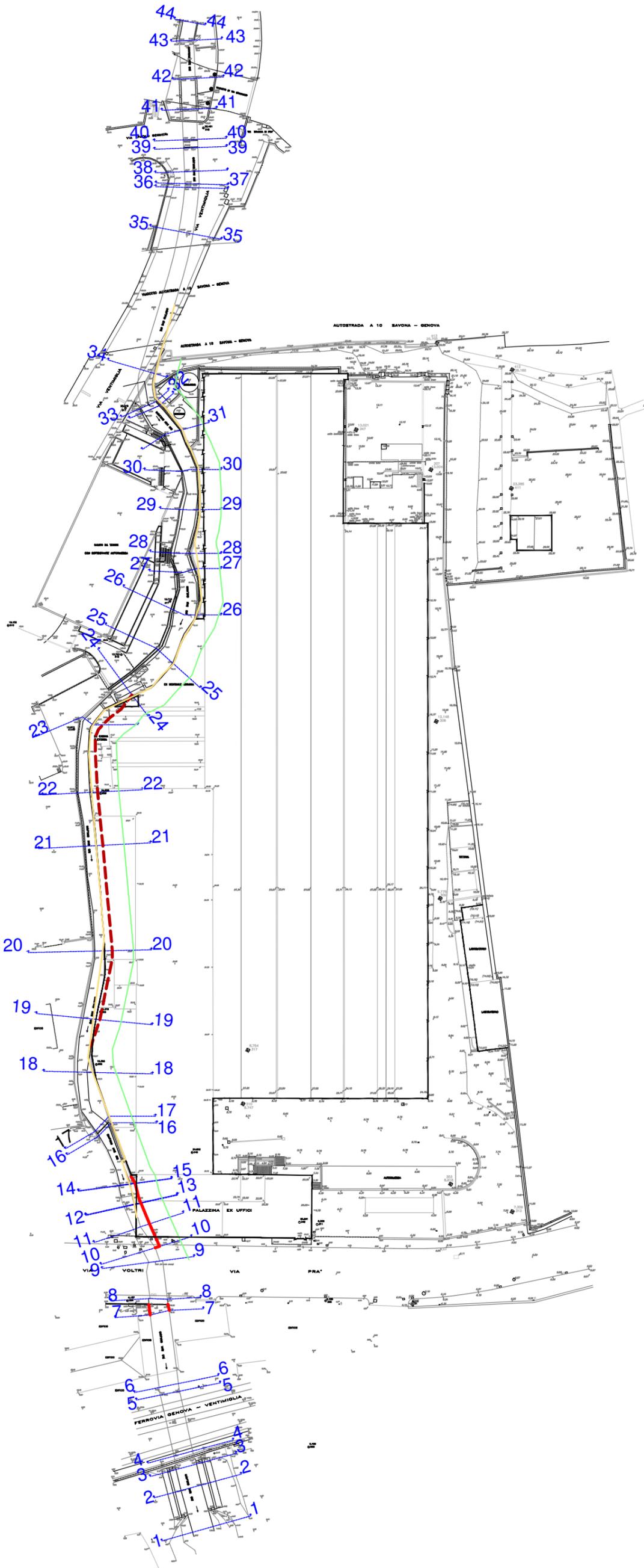
SEZIONE TIPO (sez.30)



- Demolizioni
- Interventi di sistemazione ambito A- ambito C
- Interventi di sistemazione futura

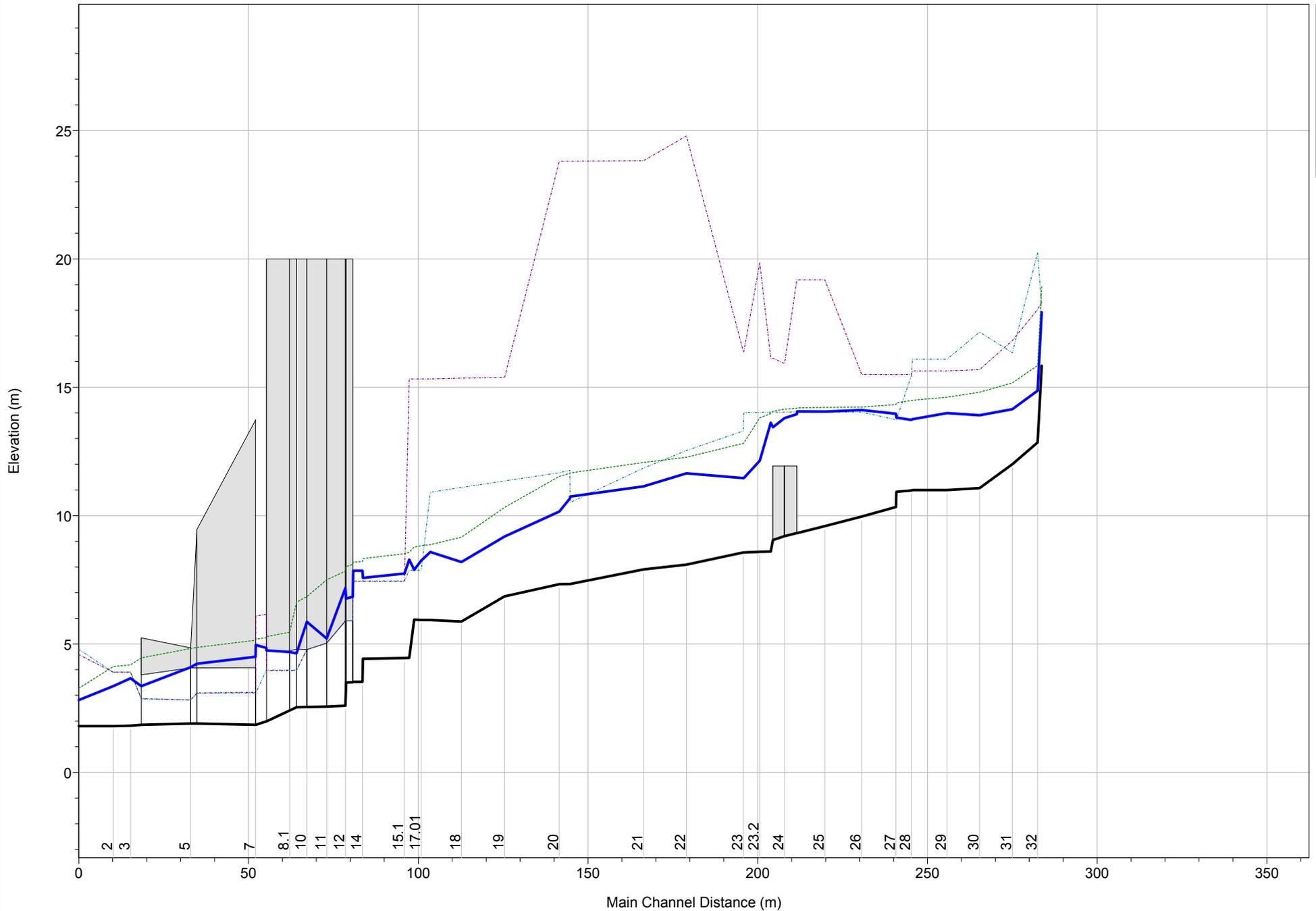
# **ALLEGATO A**

**VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE  
GRADUALMENTE VARIATO DEL RIO SAN GIULIANO**



UBICAZIONE  
SEZIONI CALCOLO  
IDRAULICO  
scala 1:1000

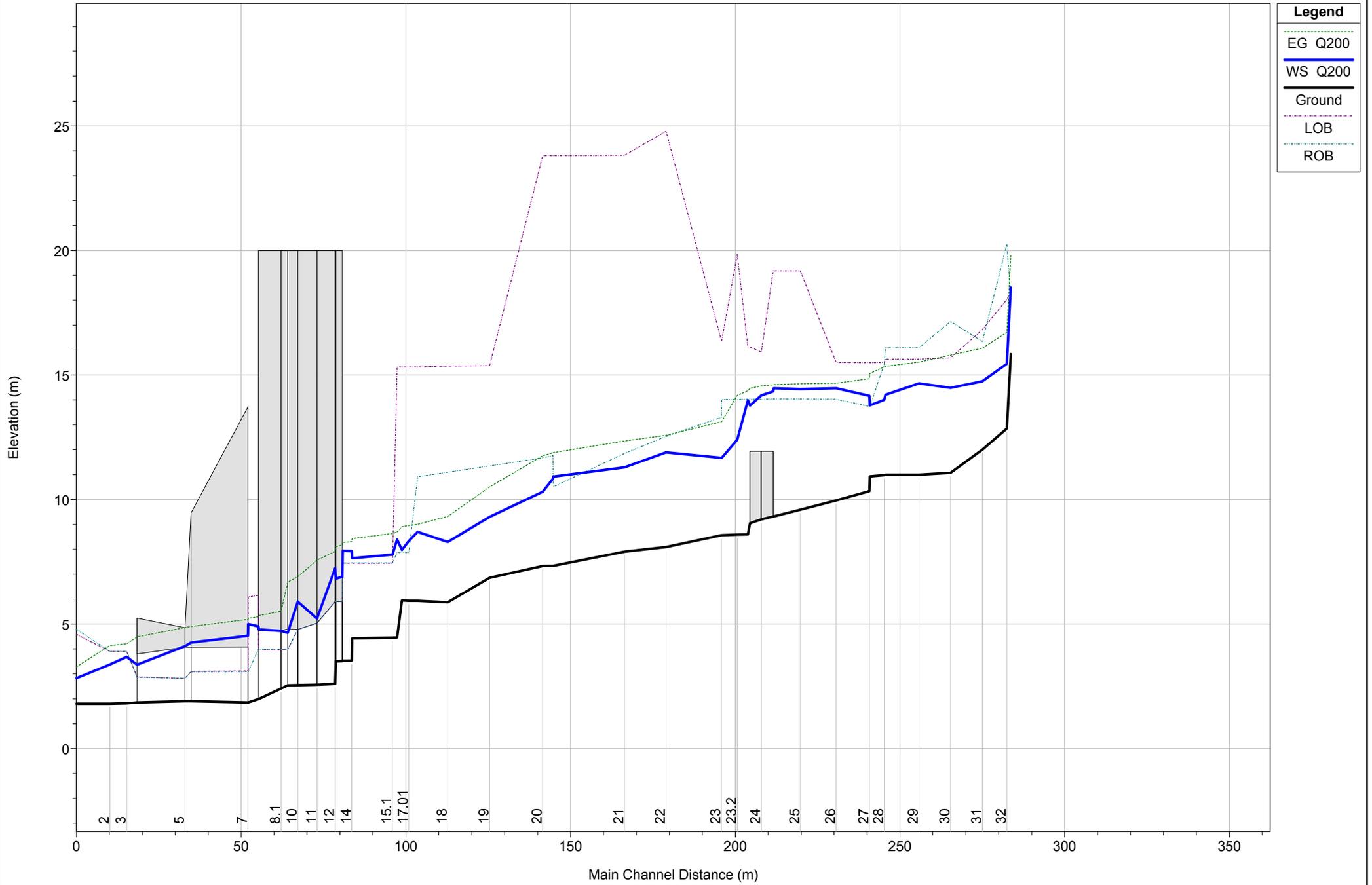
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: SGiuliano-attuale+weir



| Legend |                       |
|--------|-----------------------|
| EG Q50 | (Green dashed line)   |
| WS Q50 | (Blue solid line)     |
| Ground | (Black solid line)    |
| LOB    | (Magenta dashed line) |
| ROB    | (Cyan dashed line)    |

1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 2 m

SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: SGiuliano-attuale+weir



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 2 m

HEC-RAS Plan: SGiul-att+weir River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 33.2      | Q50     | 36.00             | 15.86            | 18.42           | 18.42           | 18.36            | 2.50              | 2.50                | 19.27            | 4.24              | 8.50              | 3.40             | 0.86         |
| San-Giuliano | 33.2      | Q200    | 53.00             | 15.86            | 18.42           | 18.42           | 19.63            | 3.37              | 3.77                | 20.72            | 4.63              | 11.44             | 3.40             | 0.76         |
| San-Giuliano | 33.1      | Q50     | 36.00             | 15.84            | 18.40           | 18.40           | 18.09            | 2.25              | 2.25                | 19.22            | 4.70              | 7.66              | 3.40             | 1.00         |
| San-Giuliano | 33.1      | Q200    | 53.00             | 15.84            | 18.40           | 18.40           | 19.16            | 2.92              | 3.32                | 20.61            | 5.35              | 9.91              | 3.40             | 0.94         |
| San-Giuliano | 33        | Q50     | 36.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.92            | 2.01              | 2.08                | 18.93            | 4.44              | 8.11              | 4.04             | 1.00         |
| San-Giuliano | 33        | Q200    | 53.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 18.52            | 2.58              | 2.68                | 19.81            | 5.03              | 10.53             | 4.08             | 1.00         |
| San-Giuliano | 32        | Q50     | 36.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 14.86            | 1.96              | 2.01                | 15.85            | 4.39              | 8.20              | 4.17             | 1.00         |
| San-Giuliano | 32        | Q200    | 53.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 15.45            | 2.52              | 2.60                | 16.71            | 4.97              | 10.65             | 4.23             | 1.00         |
| San-Giuliano | 31        | Q50     | 36.00             | 12.00            | 16.82           | 16.35           | 14.14            | 2.05              | 2.14                | 15.17            | 4.50              | 8.00              | 3.90             | 1.00         |
| San-Giuliano | 31        | Q200    | 53.00             | 12.00            | 16.82           | 16.35           | 14.75            | 2.63              | 2.75                | 16.08            | 5.11              | 10.38             | 3.95             | 1.00         |
| San-Giuliano | 30        | Q50     | 36.00             | 11.07            | 15.69           | 17.15           | 13.91            | 2.62              | 2.84                | 14.81            | 4.21              | 8.55              | 3.26             | 0.83         |
| San-Giuliano | 30        | Q200    | 53.00             | 11.07            | 15.69           | 17.15           | 14.49            | 3.19              | 3.42                | 15.80            | 5.07              | 10.45             | 3.27             | 0.91         |
| San-Giuliano | 29        | Q50     | 36.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 14.00            | 2.74              | 3.00                | 14.61            | 3.47              | 10.39             | 3.79             | 0.67         |
| San-Giuliano | 29        | Q200    | 53.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 14.66            | 3.29              | 3.66                | 15.52            | 4.09              | 12.96             | 3.94             | 0.72         |
| San-Giuliano | 28.1992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 28.1      | Q50     | 36.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 13.76            | 2.54              | 2.76                | 14.49            | 3.79              | 9.49              | 3.74             | 0.76         |
| San-Giuliano | 28.1      | Q200    | 53.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 14.20            | 2.91              | 3.20                | 15.35            | 4.74              | 11.18             | 3.84             | 0.89         |
| San-Giuliano | 28        | Q50     | 36.00             | 10.98            | 15.50           | 15.43           | 13.73            | 2.44              | 2.75                | 14.49            | 3.85              | 9.35              | 3.82             | 0.79         |
| San-Giuliano | 28        | Q200    | 53.00             | 10.98            | 15.50           | 15.43           | 14.00            | 2.66              | 3.02                | 15.33            | 5.11              | 10.38             | 3.91             | 1.00         |
| San-Giuliano | 27.1      | Q50     | 36.00             | 10.93            | 15.49           | 13.74           | 13.81            | 2.55              | 2.88                | 14.39            | 3.36              | 10.72             | 4.20             | 0.67         |
| San-Giuliano | 27.1      | Q200    | 53.00             | 10.93            | 15.49           | 13.74           | 13.78            | 2.53              | 2.85                | 15.06            | 5.00              | 10.59             | 4.19             | 1.00         |
| San-Giuliano | 27        | Q50     | 36.00             | 10.34            | 15.49           | 13.74           | 13.97            | 3.16              | 3.63                | 14.32            | 2.64              | 13.65             | 4.31             | 0.47         |
| San-Giuliano | 27        | Q200    | 53.00             | 10.34            | 15.49           | 13.74           | 14.17            | 3.32              | 3.83                | 14.85            | 3.65              | 14.51             | 4.37             | 0.64         |
| San-Giuliano | 26.0992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 26        | Q50     | 34.94             | 9.96             | 15.50           | 14.03           | 14.11            | 4.01              | 4.15                | 14.23            | 1.56              | 22.36             | 5.57             | 0.25         |
| San-Giuliano | 26        | Q200    | 48.13             | 9.96             | 15.50           | 14.03           | 14.47            | 4.36              | 4.51                | 14.67            | 1.98              | 24.36             | 5.59             | 0.30         |
| San-Giuliano | 25        | Q50     | 34.76             | 9.59             | 19.18           | 14.04           | 14.05            | 4.17              | 4.46                | 14.21            | 1.79              | 19.45             | 4.67             | 0.28         |
| San-Giuliano | 25        | Q200    | 43.16             | 9.59             | 19.18           | 14.04           | 14.43            | 4.54              | 4.84                | 14.65            | 2.03              | 21.24             | 4.68             | 0.30         |

HEC-RAS Plan: SGIul-att+weir River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

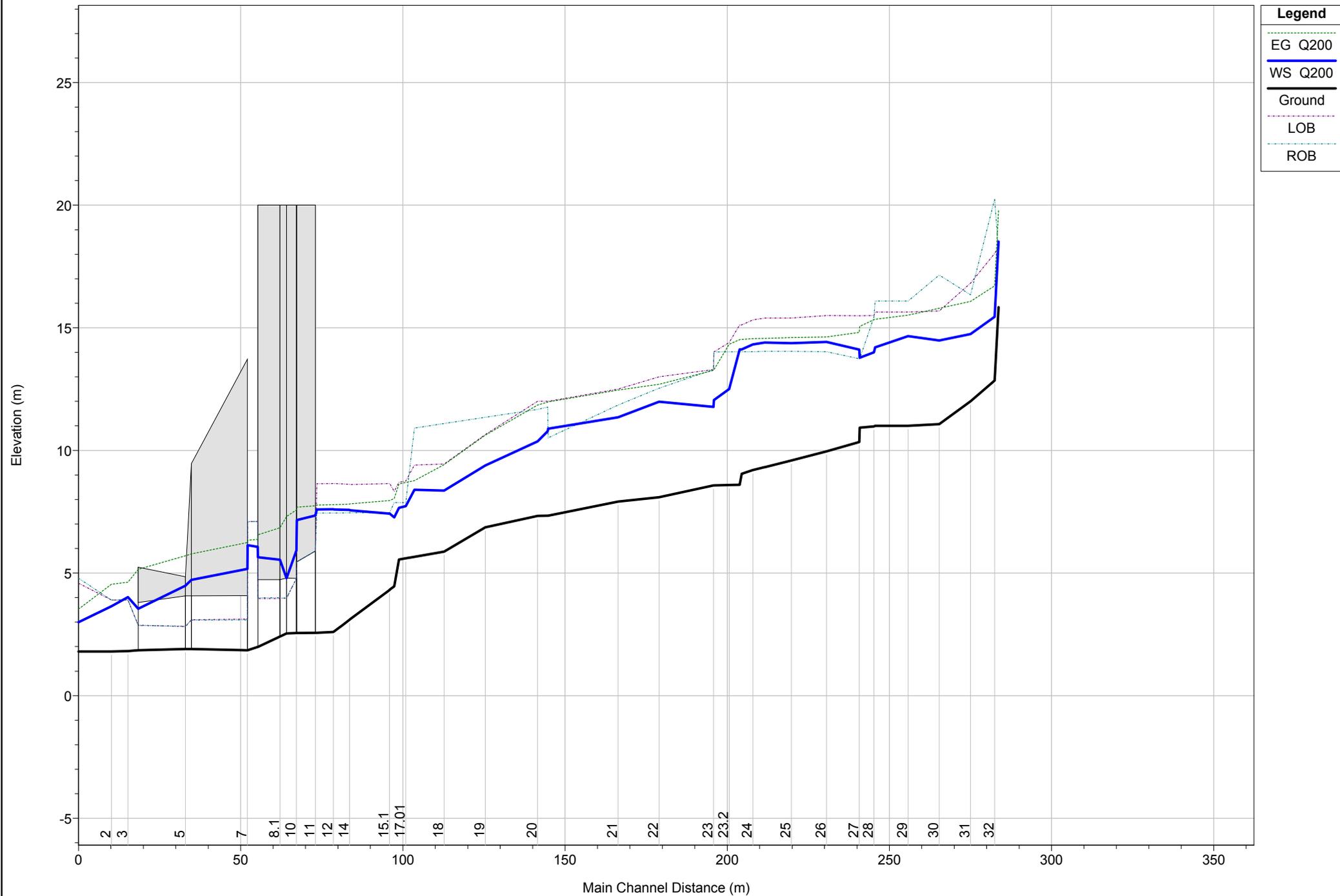
| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 24.2      | Q50     | 34.73             | 9.32             | 19.18           | 14.04           | 14.06            | 4.18              | 4.74                | 14.19            | 1.62              | 21.45             | 5.13             | 0.25         |
| San-Giuliano | 24.2      | Q200    | 39.51             | 9.32             | 19.18           | 14.04           | 14.47            | 4.57              | 5.15                | 14.61            | 1.68              | 23.55             | 5.15             | 0.25         |
| San-Giuliano | 24.1      | Q50     | 34.73             | 9.32             | 11.94           | 9.32            | 13.95            | 5.87              | 4.63                | 14.18            | 2.13              | 16.32             | 2.78             | 0.32         |
| San-Giuliano | 24.1      | Q200    | 39.47             | 9.32             | 11.94           | 9.32            | 14.34            | 6.23              | 5.02                | 14.60            | 2.27              | 17.39             | 2.79             | 0.32         |
| San-Giuliano | 24        | Q50     | 34.73             | 9.20             | 11.94           | 9.20            | 13.80            | 5.75              | 4.60                | 14.14            | 2.61              | 13.33             | 2.32             | 0.39         |
| San-Giuliano | 24        | Q200    | 38.81             | 9.20             | 11.94           | 9.20            | 14.18            | 6.05              | 4.98                | 14.56            | 2.73              | 14.22             | 2.35             | 0.39         |
| San-Giuliano | 23.4      | Q50     | 34.73             | 9.05             | 11.94           | 9.05            | 13.44            | 6.23              | 4.39                | 14.06            | 3.49              | 9.94              | 1.60             | 0.53         |
| San-Giuliano | 23.4      | Q200    | 38.76             | 9.05             | 11.94           | 9.05            | 13.77            | 6.50              | 4.72                | 14.47            | 3.70              | 10.47             | 1.61             | 0.54         |
| San-Giuliano | 23.3      | Q50     | 34.73             | 8.60             | 16.13           | 14.03           | 13.62            | 4.72              | 5.02                | 13.98            | 2.66              | 13.07             | 2.77             | 0.39         |
| San-Giuliano | 23.3      | Q200    | 38.76             | 8.60             | 16.13           | 14.03           | 13.98            | 5.04              | 5.38                | 14.37            | 2.75              | 14.09             | 2.80             | 0.39         |
| San-Giuliano | 23.2      | Q50     | 34.73             | 8.59             | 19.84           | 14.02           | 12.14            | 3.33              | 3.55                | 13.80            | 5.72              | 6.07              | 1.82             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23.2      | Q200    | 38.76             | 8.59             | 19.84           | 14.02           | 12.40            | 3.56              | 3.81                | 14.18            | 5.92              | 6.55              | 1.84             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23.1      | Q50     | 34.73             | 8.57             | 16.39           | 14.02           | 11.46            | 2.72              | 2.89                | 12.83            | 5.19              | 6.69              | 2.46             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23.1      | Q200    | 38.76             | 8.57             | 16.39           | 14.02           | 11.67            | 2.91              | 3.10                | 13.14            | 5.37              | 7.22              | 2.48             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23        | Q50     | 34.73             | 8.57             | 16.39           | 13.30           | 11.46            | 2.70              | 2.89                | 12.81            | 5.16              | 6.73              | 2.49             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23        | Q200    | 38.76             | 8.57             | 16.39           | 13.30           | 11.67            | 2.89              | 3.10                | 13.12            | 5.33              | 7.28              | 2.52             | 1.00         |
| San-Giuliano | 22.0992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 22        | Q50     | 34.73             | 8.09             | 24.79           | 12.54           | 11.65            | 3.45              | 3.56                | 12.28            | 3.51              | 9.89              | 2.86             | 0.60         |
| San-Giuliano | 22        | Q200    | 38.76             | 8.09             | 24.79           | 12.54           | 11.89            | 3.68              | 3.80                | 12.58            | 3.66              | 10.58             | 2.88             | 0.61         |
| San-Giuliano | 21        | Q50     | 34.73             | 7.91             | 23.82           | 11.85           | 11.14            | 3.12              | 3.23                | 12.07            | 4.28              | 8.11              | 2.60             | 0.77         |
| San-Giuliano | 21        | Q200    | 38.76             | 7.91             | 23.82           | 11.85           | 11.29            | 3.27              | 3.38                | 12.35            | 4.55              | 8.52              | 2.61             | 0.80         |
| San-Giuliano | 20.2      | Q50     | 34.32             | 7.34             | 23.81           | 10.51           | 10.74            | 3.28              | 3.40                | 11.66            | 4.24              | 8.09              | 2.47             | 0.75         |
| San-Giuliano | 20.2      | Q200    | 37.11             | 7.34             | 23.81           | 10.51           | 10.92            | 3.45              | 3.58                | 11.89            | 4.35              | 8.53              | 2.47             | 0.75         |
| San-Giuliano | 20.1      | Q50     | 34.32             | 7.34             | 23.81           | 11.77           | 10.66            | 3.22              | 3.32                | 11.65            | 4.40              | 7.80              | 2.42             | 0.78         |
| San-Giuliano | 20.1      | Q200    | 37.11             | 7.34             | 23.81           | 11.77           | 10.84            | 3.38              | 3.50                | 11.88            | 4.52              | 8.22              | 2.43             | 0.78         |
| San-Giuliano | 20        | Q50     | 34.32             | 7.33             | 23.81           | 11.67           | 10.16            | 2.75              | 2.83                | 11.53            | 5.20              | 6.60              | 2.40             | 1.00         |
| San-Giuliano | 20        | Q200    | 37.11             | 7.33             | 23.81           | 11.67           | 10.31            | 2.89              | 2.98                | 11.75            | 5.33              | 6.96              | 2.41             | 1.00         |
| San-Giuliano | 19        | Q50     | 34.32             | 6.86             | 15.37           | 11.35           | 9.18             | 2.25              | 2.32                | 10.32            | 4.73              | 7.26              | 3.22             | 1.00         |
| San-Giuliano | 19        | Q200    | 37.11             | 6.86             | 15.37           | 11.35           | 9.31             | 2.37              | 2.45                | 10.50            | 4.85              | 7.66              | 3.23             | 1.00         |

HEC-RAS Plan: SGIul-att+weir River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

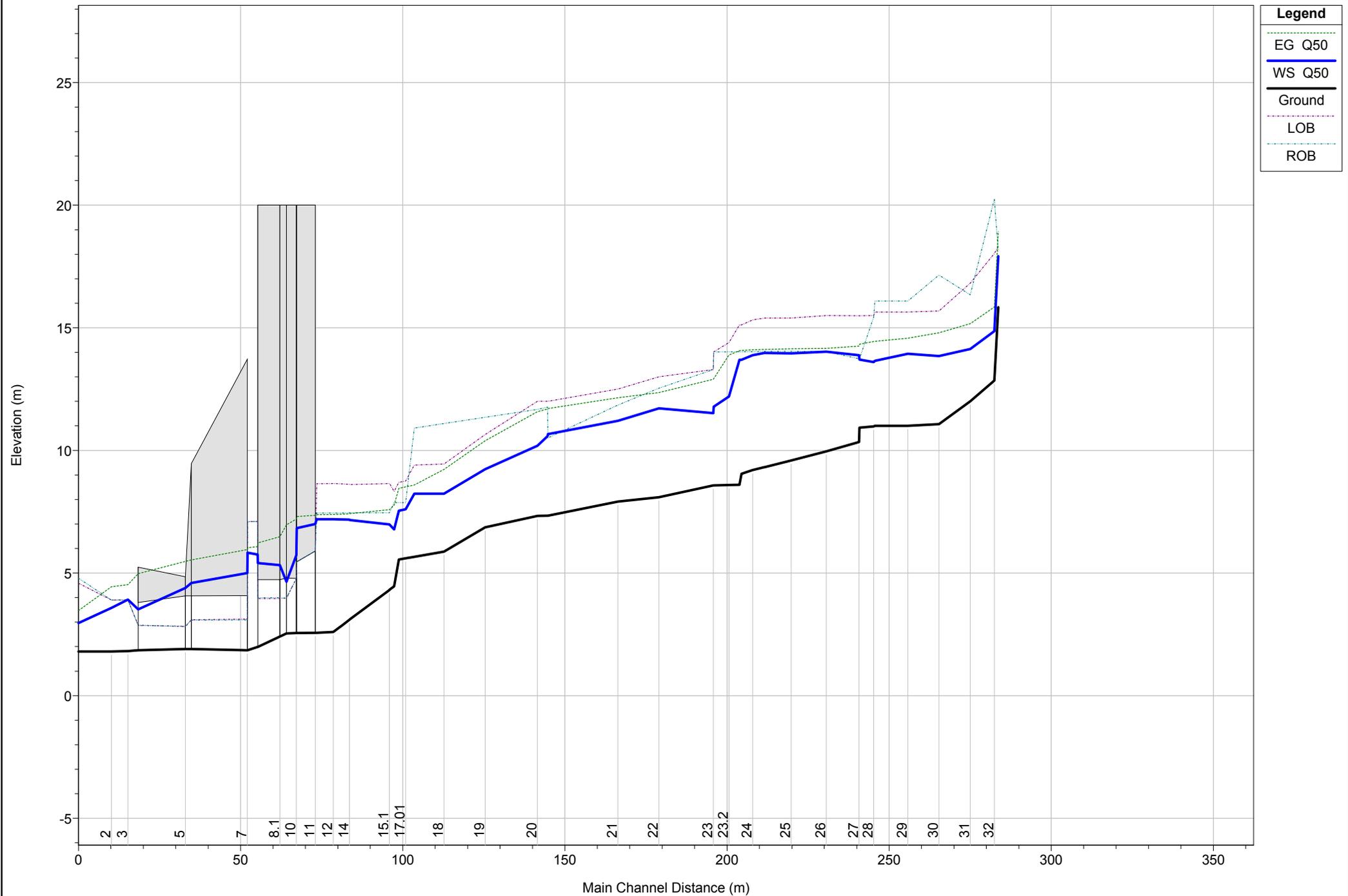
| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 18        | Q50     | 34.32             | 5.87             | 15.36           | 11.10           | 8.19             | 1.93              | 2.32                | 9.16             | 4.36              | 7.87              | 4.07             | 1.00         |
| San-Giuliano | 18        | Q200    | 37.11             | 5.87             | 15.36           | 11.10           | 8.30             | 2.03              | 2.43                | 9.32             | 4.47              | 8.31              | 4.09             | 1.00         |
| San-Giuliano | 17.1      | Q50     | 34.32             | 5.93             | 15.32           | 10.91           | 8.58             | 2.41              | 2.65                | 8.87             | 2.37              | 14.46             | 5.99             | 0.49         |
| San-Giuliano | 17.1      | Q200    | 37.11             | 5.93             | 15.32           | 10.91           | 8.70             | 2.52              | 2.77                | 9.01             | 2.45              | 15.15             | 6.00             | 0.49         |
| San-Giuliano | 17.01     | Q50     | 34.32             | 5.93             | 15.32           | 7.87            | 8.26             | 2.17              | 2.33                | 8.83             | 3.35              | 10.23             | 4.71             | 0.73         |
| San-Giuliano | 17.01     | Q200    | 37.11             | 5.93             | 15.32           | 7.87            | 8.34             | 2.25              | 2.41                | 8.96             | 3.50              | 10.61             | 4.71             | 0.74         |
| San-Giuliano | 17.0092   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 17        | Q50     | 33.99             | 5.95             | 15.32           | 7.87            | 7.89             | 1.77              | 1.94                | 8.77             | 4.17              | 8.15              | 4.61             | 1.00         |
| San-Giuliano | 17        | Q200    | 36.53             | 5.95             | 15.32           | 7.87            | 7.97             | 1.85              | 2.02                | 8.91             | 4.28              | 8.53              | 4.61             | 1.01         |
| San-Giuliano | 16        | Q50     | 33.72             | 4.46             | 15.32           | 7.87            | 8.29             | 3.43              | 3.83                | 8.57             | 2.37              | 14.24             | 4.15             | 0.41         |
| San-Giuliano | 16        | Q200    | 36.06             | 4.46             | 15.32           | 7.87            | 8.39             | 3.53              | 3.93                | 8.70             | 2.46              | 14.68             | 4.16             | 0.42         |
| San-Giuliano | 15.2      | Q50     | 33.24             | 4.45             | 7.44            | 7.46            | 7.75             | 3.12              | 3.30                | 8.52             | 3.89              | 8.56              | 2.74             | 0.70         |
| San-Giuliano | 15.2      | Q200    | 35.37             | 4.45             | 7.44            | 7.46            | 7.79             | 3.17              | 3.34                | 8.64             | 4.08              | 8.67              | 2.74             | 0.73         |
| San-Giuliano | 15.1      | Q50     | 33.22             | 4.45             | 7.44            | 7.46            | 7.75             | 3.12              | 3.30                | 8.52             | 3.88              | 8.55              | 2.74             | 0.70         |
| San-Giuliano | 15.1      | Q200    | 35.33             | 4.45             | 7.44            | 7.46            | 7.79             | 3.16              | 3.34                | 8.64             | 4.08              | 8.67              | 2.74             | 0.73         |
| San-Giuliano | 15        | Q50     | 31.34             | 4.43             | 7.44            | 7.46            | 7.58             | 2.97              | 3.15                | 8.33             | 3.85              | 8.14              | 2.74             | 0.71         |
| San-Giuliano | 15        | Q200    | 32.61             | 4.43             | 7.44            | 7.46            | 7.65             | 3.04              | 3.22                | 8.43             | 3.91              | 8.33              | 2.74             | 0.72         |
| San-Giuliano | 14        | Q50     | 31.32             | 3.53             | 7.44            | 7.46            | 7.86             | 4.33              | 4.33                | 8.21             | 2.63              | 11.90             | 2.75             | 0.40         |
| San-Giuliano | 14        | Q200    | 32.57             | 3.53             | 7.44            | 7.46            | 7.93             | 4.40              | 4.40                | 8.30             | 2.69              | 12.11             | 2.75             | 0.41         |
| San-Giuliano | 13.2991   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 13.2      | Q50     | 28.94             | 3.53             | 7.45            | 7.45            | 7.85             | 4.32              | 4.32                | 8.19             | 2.57              | 11.24             | 2.60             | 0.40         |
| San-Giuliano | 13.2      | Q200    | 29.28             | 3.53             | 7.45            | 7.45            | 7.94             | 4.41              | 4.41                | 8.28             | 2.55              | 11.48             | 2.60             | 0.39         |
| San-Giuliano | 13.1      | Q50     | 28.94             | 3.51             | 5.90            | 5.90            | 6.84             |                   | 3.33                | 8.10             | 4.96              | 5.83              |                  | 0.87         |
| San-Giuliano | 13.1      | Q200    | 29.28             | 3.51             | 5.90            | 5.90            | 6.89             |                   | 3.38                | 8.18             | 5.02              | 5.83              |                  | 0.87         |
| San-Giuliano | 13        | Q50     | 28.94             | 3.50             | 5.90            | 5.90            | 6.78             |                   | 3.28                | 8.02             | 4.94              | 5.86              |                  | 0.87         |
| San-Giuliano | 13        | Q200    | 29.28             | 3.50             | 5.90            | 5.90            | 6.83             |                   | 3.33                | 8.10             | 5.00              | 5.86              |                  | 0.88         |
| San-Giuliano | 12        | Q50     | 28.94             | 2.60             | 5.90            | 5.90            | 7.18             |                   | 4.58                | 7.84             | 3.59              | 8.05              |                  | 0.54         |
| San-Giuliano | 12        | Q200    | 29.28             | 2.60             | 5.90            | 5.90            | 7.24             |                   | 4.64                | 7.92             | 3.64              | 8.05              |                  | 0.54         |

HEC-RAS Plan: SGIul-att+weir River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 11        | Q50     | 28.94             | 2.56             | 5.04            | 5.04            | 5.21             |                   | 2.65                | 7.50             | 6.71              | 4.32              |                  | 1.32         |
| San-Giuliano | 11        | Q200    | 29.28             | 2.56             | 5.04            | 5.04            | 5.22             |                   | 2.66                | 7.57             | 6.79              | 4.32              |                  | 1.33         |
| San-Giuliano | 10        | Q50     | 28.94             | 2.55             | 4.78            | 4.78            | 5.87             |                   | 3.32                | 6.85             | 4.38              | 6.60              |                  | 0.77         |
| San-Giuliano | 10        | Q200    | 29.28             | 2.55             | 4.78            | 4.78            | 5.90             |                   | 3.35                | 6.90             | 4.44              | 6.60              |                  | 0.77         |
| San-Giuliano | 9         | Q50     | 28.94             | 2.54             | 3.98            | 3.98            | 4.64             | 3.95              | 2.10                | 6.63             | 6.26              | 4.63              | 1.17             | 1.38         |
| San-Giuliano | 9         | Q200    | 29.28             | 2.54             | 3.98            | 3.98            | 4.64             | 4.10              | 2.10                | 6.68             | 6.32              | 4.63              | 1.13             | 1.39         |
| San-Giuliano | 8.1       | Q50     | 28.94             | 2.41             | 3.96            | 3.99            | 4.68             | 11.36             | 2.27                | 5.46             | 3.90              | 7.42              | 0.65             | 0.83         |
| San-Giuliano | 8.1       | Q200    | 29.28             | 2.41             | 3.96            | 3.99            | 4.72             | 53.03             | 2.31                | 5.51             | 3.94              | 7.43              | 0.14             | 0.83         |
| San-Giuliano | 8         | Q50     | 28.94             | 1.99             | 3.96            | 3.99            | 4.75             |                   | 2.76                | 5.29             | 3.27              | 8.85              |                  | 0.63         |
| San-Giuliano | 8         | Q200    | 29.28             | 1.99             | 3.96            | 3.99            | 4.78             |                   | 2.79                | 5.34             | 3.31              | 8.85              |                  | 0.63         |
| San-Giuliano | 7.2       | Q50     | 28.94             | 1.99             | 6.15            | 3.99            | 4.85             | 2.56              | 2.86                | 5.25             | 2.78              | 10.41             | 4.06             | 0.55         |
| San-Giuliano | 7.2       | Q200    | 29.28             | 1.99             | 6.15            | 3.99            | 4.90             | 2.61              | 2.91                | 5.29             | 2.77              | 10.58             | 4.06             | 0.55         |
| San-Giuliano | 7.1       | Q50     | 28.94             | 1.85             | 6.09            | 3.09            | 4.96             | 3.01              | 3.11                | 5.19             | 2.11              | 13.72             | 4.55             | 0.39         |
| San-Giuliano | 7.1       | Q200    | 29.28             | 1.85             | 6.09            | 3.09            | 5.00             | 3.06              | 3.15                | 5.23             | 2.11              | 13.91             | 4.55             | 0.38         |
| San-Giuliano | 7         | Q50     | 28.94             | 1.85             | 3.12            | 3.09            | 4.51             |                   | 2.66                | 5.14             | 3.54              | 8.18              |                  | 0.69         |
| San-Giuliano | 7         | Q200    | 29.28             | 1.85             | 3.12            | 3.09            | 4.53             |                   | 2.68                | 5.18             | 3.58              | 8.18              |                  | 0.70         |
| San-Giuliano | 6         | Q50     | 28.94             | 1.90             | 3.10            | 3.10            | 4.24             |                   | 2.34                | 4.86             | 3.51              | 8.24              |                  | 0.73         |
| San-Giuliano | 6         | Q200    | 29.28             | 1.90             | 3.10            | 3.10            | 4.25             |                   | 2.35                | 4.90             | 3.56              | 8.24              |                  | 0.74         |
| San-Giuliano | 5         | Q50     | 28.94             | 1.90             | 2.82            | 2.83            | 4.10             |                   | 2.20                | 4.82             | 3.77              | 7.68              |                  | 0.81         |
| San-Giuliano | 5         | Q200    | 29.28             | 1.90             | 2.82            | 2.83            | 4.11             |                   | 2.21                | 4.85             | 3.81              | 7.68              |                  | 0.82         |
| San-Giuliano | 4         | Q50     | 28.94             | 1.85             | 2.88            | 2.86            | 3.36             | 2.20              | 1.51                | 4.46             | 4.65              | 6.22              | 2.83             | 1.21         |
| San-Giuliano | 4         | Q200    | 29.28             | 1.85             | 2.88            | 2.86            | 3.37             | 2.24              | 1.52                | 4.49             | 4.69              | 6.25              | 2.79             | 1.21         |
| San-Giuliano | 3         | Q50     | 28.94             | 1.82             | 3.90            | 3.91            | 3.67             | 1.80              | 1.85                | 4.19             | 3.20              | 9.03              | 5.02             | 0.76         |
| San-Giuliano | 3         | Q200    | 29.28             | 1.82             | 3.90            | 3.91            | 3.68             | 1.81              | 1.86                | 4.21             | 3.22              | 9.10              | 5.02             | 0.76         |
| San-Giuliano | 2         | Q50     | 28.94             | 1.80             | 3.90            | 3.90            | 3.36             | 1.51              | 1.56                | 4.12             | 3.85              | 7.51              | 4.98             | 1.00         |
| San-Giuliano | 2         | Q200    | 29.28             | 1.80             | 3.90            | 3.90            | 3.37             | 1.52              | 1.57                | 4.13             | 3.87              | 7.57              | 4.98             | 1.00         |
| San-Giuliano | 1         | Q50     | 28.94             | 1.80             | 4.59            | 4.79            | 2.82             | 0.90              | 1.02                | 3.27             | 2.99              | 9.69              | 10.76            | 1.00         |
| San-Giuliano | 1         | Q200    | 29.28             | 1.80             | 4.59            | 4.79            | 2.83             | 0.91              | 1.03                | 3.28             | 3.00              | 9.77              | 10.78            | 1.00         |



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 2 m



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 2 m

HEC-RAS Plan: Fase1-new-A River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 33        | Q50     | 36.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.92            | 2.01              | 2.08                | 18.93            | 4.44              | 8.11              | 4.04             | 1.00         |
| San-Giuliano | 33        | Q200    | 53.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 18.52            | 2.58              | 2.68                | 19.81            | 5.03              | 10.53             | 4.08             | 1.00         |
| San-Giuliano | 32        | Q50     | 36.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 14.86            | 1.96              | 2.01                | 15.85            | 4.39              | 8.19              | 4.17             | 1.00         |
| San-Giuliano | 32        | Q200    | 53.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 15.45            | 2.52              | 2.60                | 16.71            | 4.97              | 10.65             | 4.23             | 1.00         |
| San-Giuliano | 31        | Q50     | 36.00             | 12.00            | 16.82           | 16.35           | 14.14            | 2.05              | 2.14                | 15.17            | 4.51              | 7.99              | 3.90             | 1.01         |
| San-Giuliano | 31        | Q200    | 53.00             | 12.00            | 16.82           | 16.35           | 14.75            | 2.63              | 2.75                | 16.08            | 5.11              | 10.38             | 3.95             | 1.00         |
| San-Giuliano | 30        | Q50     | 36.00             | 11.07            | 15.69           | 17.15           | 13.85            | 2.56              | 2.78                | 14.79            | 4.31              | 8.35              | 3.26             | 0.86         |
| San-Giuliano | 30        | Q200    | 53.00             | 11.07            | 15.69           | 17.15           | 14.49            | 3.19              | 3.42                | 15.80            | 5.07              | 10.45             | 3.27             | 0.91         |
| San-Giuliano | 29        | Q50     | 36.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 13.94            | 2.69              | 2.94                | 14.58            | 3.54              | 10.18             | 3.78             | 0.69         |
| San-Giuliano | 29        | Q200    | 53.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 14.66            | 3.29              | 3.66                | 15.52            | 4.09              | 12.96             | 3.94             | 0.72         |
| San-Giuliano | 28.1992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 28.1      | Q50     | 36.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 13.66            | 2.45              | 2.66                | 14.45            | 3.95              | 9.11              | 3.72             | 0.81         |
| San-Giuliano | 28.1      | Q200    | 53.00             | 11.00            | 15.64           | 16.09           | 14.20            | 2.91              | 3.20                | 15.35            | 4.74              | 11.18             | 3.84             | 0.89         |
| San-Giuliano | 28        | Q50     | 36.00             | 10.98            | 15.50           | 15.43           | 13.61            | 2.34              | 2.63                | 14.45            | 4.06              | 8.87              | 3.79             | 0.85         |
| San-Giuliano | 28        | Q200    | 53.00             | 10.98            | 15.50           | 15.43           | 14.00            | 2.66              | 3.02                | 15.33            | 5.11              | 10.38             | 3.91             | 1.00         |
| San-Giuliano | 27.1      | Q50     | 36.00             | 10.93            | 15.49           | 13.74           | 13.71            | 2.46              | 2.78                | 14.33            | 3.51              | 10.27             | 4.17             | 0.71         |
| San-Giuliano | 27.1      | Q200    | 53.00             | 10.93            | 15.49           | 13.74           | 13.78            | 2.53              | 2.85                | 15.06            | 5.00              | 10.59             | 4.19             | 1.00         |
| San-Giuliano | 27        | Q50     | 36.00             | 10.34            | 15.49           | 13.74           | 13.88            | 3.10              | 3.54                | 14.26            | 2.71              | 13.28             | 4.29             | 0.49         |
| San-Giuliano | 27        | Q200    | 53.00             | 10.34            | 15.49           | 13.74           | 14.11            | 3.28              | 3.77                | 14.81            | 3.71              | 14.27             | 4.36             | 0.66         |
| San-Giuliano | 26.0992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 26        | Q50     | 35.64             | 9.96             | 15.50           | 14.03           | 14.03            | 3.93              | 4.07                | 14.16            | 1.63              | 21.90             | 5.57             | 0.26         |
| San-Giuliano | 26        | Q200    | 48.96             | 9.96             | 15.50           | 14.03           | 14.42            | 4.31              | 4.46                | 14.63            | 2.03              | 24.10             | 5.59             | 0.31         |
| San-Giuliano | 25        | Q50     | 35.64             | 9.59             | 15.40           | 14.04           | 13.96            | 4.09              | 4.37                | 14.14            | 1.87              | 19.04             | 4.66             | 0.30         |
| San-Giuliano | 25        | Q200    | 44.95             | 9.59             | 15.40           | 14.04           | 14.37            | 4.48              | 4.78                | 14.61            | 2.15              | 20.95             | 4.68             | 0.32         |
| San-Giuliano | 24.2      | Q50     | 35.64             | 9.32             | 15.40           | 14.04           | 13.97            | 4.11              | 4.65                | 14.12            | 1.70              | 21.01             | 5.12             | 0.27         |
| San-Giuliano | 24.2      | Q200    | 42.13             | 9.32             | 15.40           | 14.04           | 14.40            | 4.51              | 5.08                | 14.57            | 1.81              | 23.22             | 5.15             | 0.27         |
| San-Giuliano | 24.1      | Q50     | 35.64             | 9.32             | 15.40           | 14.04           | 13.97            | 4.11              | 4.65                | 14.12            | 1.70              | 21.01             | 5.12             | 0.27         |
| San-Giuliano | 24.1      | Q200    | 42.09             | 9.32             | 15.40           | 14.04           | 14.40            | 4.51              | 5.08                | 14.57            | 1.81              | 23.22             | 5.15             | 0.27         |

HEC-RAS Plan: Fase1-new-A River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 24        | Q50     | 35.64             | 9.20             | 15.32           | 14.03           | 13.88            | 4.03              | 4.68                | 14.10            | 2.07              | 17.18             | 4.27             | 0.33         |
| San-Giuliano | 24        | Q200    | 40.94             | 9.20             | 15.32           | 14.03           | 14.32            | 4.42              | 5.12                | 14.56            | 2.15              | 19.06             | 4.31             | 0.33         |
| San-Giuliano | 23.4      | Q50     | 35.64             | 9.05             | 15.12           | 14.03           | 13.69            | 4.11              | 4.64                | 14.07            | 2.74              | 13.01             | 3.16             | 0.43         |
| San-Giuliano | 23.4      | Q200    | 40.43             | 9.05             | 15.12           | 14.03           | 14.12            | 4.50              | 5.07                | 14.53            | 2.81              | 14.38             | 3.19             | 0.42         |
| San-Giuliano | 23.3      | Q50     | 35.64             | 8.60             | 15.12           | 14.03           | 13.70            | 4.79              | 5.10                | 14.07            | 2.68              | 13.30             | 2.78             | 0.39         |
| San-Giuliano | 23.3      | Q200    | 40.40             | 8.60             | 15.12           | 14.03           | 14.12            | 5.17              | 5.52                | 14.52            | 2.79              | 14.48             | 2.80             | 0.39         |
| San-Giuliano | 23.2      | Q50     | 35.64             | 8.59             | 14.40           | 14.02           | 12.20            | 3.38              | 3.61                | 13.89            | 5.76              | 6.18              | 1.83             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23.2      | Q200    | 40.40             | 8.59             | 14.40           | 14.02           | 12.50            | 3.65              | 3.91                | 14.33            | 5.99              | 6.74              | 1.85             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23.1      | Q50     | 35.64             | 8.57             | 14.02           | 14.02           | 11.79            | 2.98              | 3.22                | 12.93            | 4.74              | 7.52              | 2.53             | 0.88         |
| San-Giuliano | 23.1      | Q200    | 40.40             | 8.57             | 14.02           | 14.02           | 12.06            | 3.21              | 3.49                | 13.29            | 4.92              | 8.21              | 2.56             | 0.88         |
| San-Giuliano | 23        | Q50     | 35.64             | 8.57             | 13.30           | 13.30           | 11.52            | 2.75              | 2.95                | 12.90            | 5.20              | 6.85              | 2.49             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23        | Q200    | 40.40             | 8.57             | 13.30           | 13.30           | 11.78            | 2.97              | 3.21                | 13.26            | 5.40              | 7.48              | 2.52             | 1.00         |
| San-Giuliano | 22.0992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 22        | Q50     | 35.64             | 8.09             | 13.00           | 12.54           | 11.72            | 3.52              | 3.63                | 12.36            | 3.54              | 10.07             | 2.86             | 0.60         |
| San-Giuliano | 22        | Q200    | 40.40             | 8.09             | 13.00           | 12.54           | 11.99            | 3.77              | 3.90                | 12.70            | 3.72              | 10.85             | 2.87             | 0.61         |
| San-Giuliano | 21        | Q50     | 35.64             | 7.91             | 12.50           | 11.85           | 11.20            | 3.19              | 3.29                | 12.15            | 4.30              | 8.28              | 2.60             | 0.77         |
| San-Giuliano | 21        | Q200    | 40.40             | 7.91             | 12.50           | 11.85           | 11.35            | 3.32              | 3.44                | 12.46            | 4.66              | 8.67              | 2.61             | 0.82         |
| San-Giuliano | 20.2      | Q50     | 35.45             | 7.34             | 12.00           | 10.51           | 10.67            | 3.20              | 3.33                | 11.70            | 4.51              | 7.87              | 2.46             | 0.80         |
| San-Giuliano | 20.2      | Q200    | 38.98             | 7.34             | 12.00           | 10.51           | 10.88            | 3.41              | 3.54                | 11.98            | 4.65              | 8.39              | 2.46             | 0.80         |
| San-Giuliano | 20.1      | Q50     | 35.45             | 7.34             | 12.00           | 11.77           | 10.58            | 3.15              | 3.24                | 11.69            | 4.66              | 7.60              | 2.42             | 0.84         |
| San-Giuliano | 20.1      | Q200    | 38.98             | 7.34             | 12.00           | 11.77           | 10.79            | 3.34              | 3.45                | 11.97            | 4.81              | 8.10              | 2.43             | 0.84         |
| San-Giuliano | 20        | Q50     | 35.45             | 7.33             | 12.00           | 11.67           | 10.19            | 2.78              | 2.86                | 11.58            | 5.23              | 6.78              | 2.44             | 1.00         |
| San-Giuliano | 20        | Q200    | 38.98             | 7.33             | 12.00           | 11.67           | 10.37            | 2.96              | 3.04                | 11.85            | 5.39              | 7.23              | 2.44             | 1.00         |
| San-Giuliano | 19        | Q50     | 35.45             | 6.86             | 10.65           | 11.35           | 9.23             | 2.30              | 2.37                | 10.40            | 4.77              | 7.43              | 3.23             | 1.00         |
| San-Giuliano | 19        | Q200    | 38.98             | 6.86             | 10.65           | 11.35           | 9.39             | 2.45              | 2.53                | 10.62            | 4.92              | 7.92              | 3.24             | 1.00         |
| San-Giuliano | 18        | Q50     | 35.45             | 5.87             | 9.45            | 11.10           | 8.23             | 1.98              | 2.36                | 9.23             | 4.41              | 8.04              | 4.07             | 1.00         |
| San-Giuliano | 18        | Q200    | 38.98             | 5.87             | 9.45            | 11.10           | 8.37             | 2.10              | 2.50                | 9.42             | 4.54              | 8.58              | 4.09             | 1.00         |
| San-Giuliano | 17.1      | Q50     | 35.45             | 5.66             | 9.40            | 10.91           | 8.24             | 2.27              | 2.58                | 8.59             | 2.63              | 13.50             | 5.96             | 0.56         |
| San-Giuliano | 17.1      | Q200    | 38.98             | 5.66             | 9.40            | 10.91           | 8.40             | 2.42              | 2.74                | 8.77             | 2.69              | 14.46             | 5.97             | 0.55         |

HEC-RAS Plan: Fase1-new-A River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 17.01     | Q50     | 35.45             | 5.60             | 8.75            | 7.87            | 7.60             | 1.80              | 2.00                | 8.51             | 4.22              | 8.39              | 4.67             | 1.01         |
| San-Giuliano | 17.01     | Q200    | 38.98             | 5.60             | 8.75            | 7.87            | 7.73             | 1.92              | 2.13                | 8.69             | 4.34              | 8.98              | 4.68             | 1.00         |
| San-Giuliano | 17.0092   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 17        | Q50     | 35.45             | 5.55             | 8.70            | 7.87            | 7.54             | 1.83              | 1.99                | 8.46             | 4.24              | 8.36              | 4.58             | 1.00         |
| San-Giuliano | 17        | Q200    | 38.98             | 5.55             | 8.70            | 7.87            | 7.66             | 1.94              | 2.11                | 8.63             | 4.37              | 8.91              | 4.59             | 1.00         |
| San-Giuliano | 16        | Q50     | 35.45             | 4.46             | 8.33            | 7.87            | 6.78             | 1.98              | 2.32                | 7.77             | 4.41              | 8.04              | 4.05             | 1.00         |
| San-Giuliano | 16        | Q200    | 38.98             | 4.46             | 8.33            | 7.87            | 7.27             | 2.45              | 2.81                | 8.04             | 3.89              | 10.03             | 4.09             | 0.79         |
| San-Giuliano | 15.2      | Q50     | 35.45             | 4.32             | 8.65            | 7.47            | 6.98             | 2.57              | 2.66                | 7.59             | 3.46              | 10.24             | 3.99             | 0.69         |
| San-Giuliano | 15.2      | Q200    | 38.98             | 4.32             | 8.65            | 7.47            | 7.42             | 2.98              | 3.10                | 7.95             | 3.24              | 12.02             | 4.03             | 0.60         |
| San-Giuliano | 15.1      | Q50     | 35.45             | 4.31             | 8.65            | 7.46            | 6.98             | 2.58              | 2.67                | 7.58             | 3.44              | 10.30             | 3.99             | 0.68         |
| San-Giuliano | 15.1      | Q200    | 38.98             | 4.31             | 8.65            | 7.46            | 7.42             | 2.99              | 3.11                | 7.95             | 3.23              | 12.07             | 4.04             | 0.60         |
| San-Giuliano | 15        | Q50     | 35.45             | 3.11             | 8.61            | 7.46            | 7.16             | 3.90              | 4.05                | 7.42             | 2.26              | 15.67             | 4.02             | 0.37         |
| San-Giuliano | 15        | Q200    | 38.78             | 3.11             | 8.61            | 7.46            | 7.56             | 4.28              | 4.45                | 7.82             | 2.24              | 17.28             | 4.04             | 0.35         |
| San-Giuliano | 14        | Q50     | 35.45             | 3.10             | 8.62            | 7.46            | 7.17             | 4.07              | 4.07                | 7.41             | 2.18              | 16.29             | 4.00             | 0.34         |
| San-Giuliano | 14        | Q200    | 38.78             | 3.10             | 8.62            | 7.46            | 7.57             | 4.47              | 4.47                | 7.81             | 2.17              | 17.88             | 4.00             | 0.33         |
| San-Giuliano | 13.2      | Q50     | 35.45             | 2.82             | 8.64            | 7.45            | 7.19             | 4.37              | 4.37                | 7.40             | 2.03              | 17.47             | 4.00             | 0.31         |
| San-Giuliano | 13.2      | Q200    | 38.57             | 2.82             | 8.64            | 7.45            | 7.59             | 4.77              | 4.77                | 7.79             | 2.02              | 19.06             | 4.00             | 0.30         |
| San-Giuliano | 13.1992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 13.1      | Q50     | 35.45             | 2.81             | 8.64            | 7.45            | 7.19             | 4.38              | 4.38                | 7.40             | 2.02              | 17.51             | 4.00             | 0.31         |
| San-Giuliano | 13.1      | Q200    | 38.56             | 2.81             | 8.64            | 7.45            | 7.59             | 4.78              | 4.78                | 7.79             | 2.02              | 19.11             | 4.00             | 0.29         |
| San-Giuliano | 13        | Q50     | 35.45             | 2.61             | 8.65            | 7.45            | 7.20             | 4.59              | 4.59                | 7.39             | 1.93              | 18.35             | 4.00             | 0.29         |
| San-Giuliano | 13        | Q200    | 38.38             | 2.61             | 8.65            | 7.45            | 7.60             | 4.99              | 4.99                | 7.78             | 1.92              | 19.94             | 4.00             | 0.28         |
| San-Giuliano | 12        | Q50     | 35.45             | 2.60             | 8.65            | 7.45            | 7.20             | 4.60              | 4.60                | 7.39             | 1.93              | 18.39             | 4.00             | 0.29         |
| San-Giuliano | 12        | Q200    | 38.37             | 2.60             | 8.65            | 7.45            | 7.60             | 5.00              | 5.00                | 7.78             | 1.92              | 19.98             | 4.00             | 0.27         |
| San-Giuliano | 11.5991   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 11.5      | Q50     | 35.45             | 2.56             | 8.64            | 7.45            | 7.19             | 4.63              | 4.63                | 7.38             | 1.91              | 18.52             | 4.00             | 0.28         |
| San-Giuliano | 11.5      | Q200    | 37.54             | 2.56             | 8.64            | 7.45            | 7.59             | 5.03              | 5.03                | 7.77             | 1.86              | 20.14             | 4.00             | 0.27         |

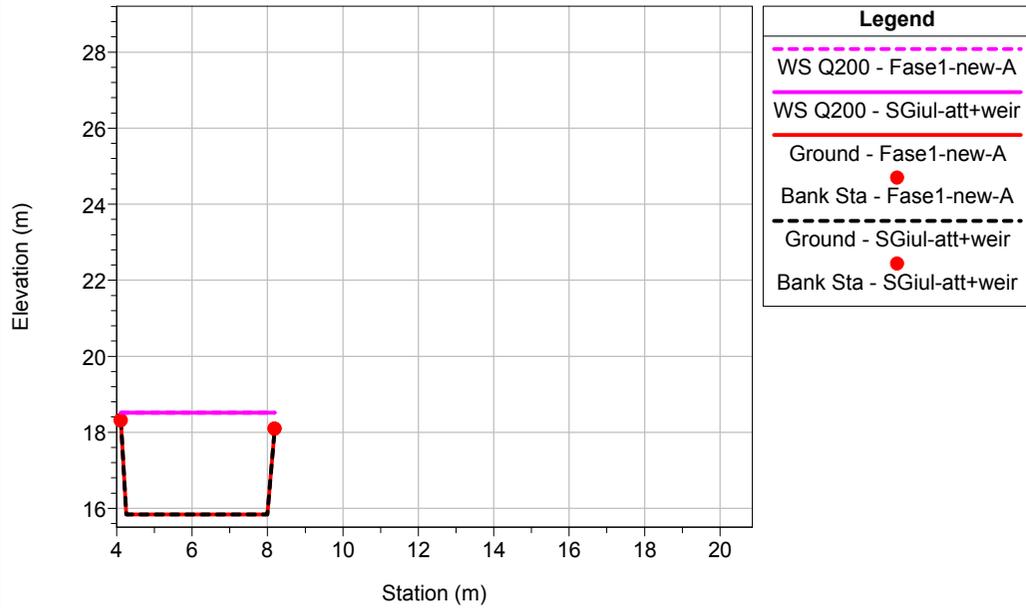
HEC-RAS Plan: Fase1-new-A River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 11        | Q50     | 35.45             | 2.56             | 5.90            | 5.90            | 7.00             |                   | 4.44                | 7.36             | 2.65              | 13.36             |                  | 0.40         |
| San-Giuliano | 11        | Q200    | 37.54             | 2.56             | 5.90            | 5.90            | 7.35             |                   | 4.79                | 7.75             | 2.81              | 13.36             |                  | 0.41         |
| San-Giuliano | 10.1      | Q50     | 35.45             | 2.55             | 5.46            | 5.46            | 6.83             |                   | 4.28                | 7.30             | 3.05              | 11.64             |                  | 0.47         |
| San-Giuliano | 10.1      | Q200    | 37.54             | 2.55             | 5.46            | 5.46            | 7.16             |                   | 4.61                | 7.69             | 3.23              | 11.64             |                  | 0.48         |
| San-Giuliano | 10        | Q50     | 35.45             | 2.55             | 4.78            | 4.78            | 5.73             |                   | 3.18                | 7.20             | 5.37              | 6.60              |                  | 0.96         |
| San-Giuliano | 10        | Q200    | 37.54             | 2.55             | 4.78            | 4.78            | 5.93             |                   | 3.38                | 7.57             | 5.69              | 6.60              |                  | 0.99         |
| San-Giuliano | 9         | Q50     | 35.45             | 2.54             | 3.98            | 3.98            | 4.64             | 4.64              | 2.10                | 6.96             | 6.75              | 5.25              | 1.13             | 1.49         |
| San-Giuliano | 9         | Q200    | 37.54             | 2.54             | 3.98            | 3.98            | 4.79             | 63.79             | 2.25                | 7.31             | 7.03              | 5.34              | 0.08             | 1.50         |
| San-Giuliano | 8.1       | Q50     | 35.45             | 2.41             | 3.96            | 3.99            | 5.32             |                   | 2.91                | 6.48             | 4.77              | 7.43              |                  | 0.89         |
| San-Giuliano | 8.1       | Q200    | 37.54             | 2.41             | 3.96            | 3.99            | 5.55             |                   | 3.14                | 6.85             | 5.05              | 7.43              |                  | 0.91         |
| San-Giuliano | 8         | Q50     | 35.45             | 1.99             | 3.96            | 3.99            | 5.41             |                   | 3.42                | 6.22             | 4.01              | 8.85              |                  | 0.69         |
| San-Giuliano | 8         | Q200    | 37.54             | 1.99             | 3.96            | 3.99            | 5.64             |                   | 3.65                | 6.56             | 4.24              | 8.85              |                  | 0.71         |
| San-Giuliano | 7.2       | Q50     | 35.45             | 1.99             | 7.10            | 7.10            | 5.75             | 3.46              | 3.76                | 6.08             | 2.52              | 14.05             | 4.06             | 0.43         |
| San-Giuliano | 7.2       | Q200    | 37.54             | 1.99             | 7.10            | 7.10            | 6.07             | 3.78              | 4.08                | 6.38             | 2.45              | 15.35             | 4.06             | 0.40         |
| San-Giuliano | 7.1       | Q50     | 35.45             | 1.85             | 7.10            | 7.10            | 5.83             | 3.88              | 3.98                | 6.03             | 2.01              | 17.66             | 4.55             | 0.33         |
| San-Giuliano | 7.1       | Q200    | 37.54             | 1.85             | 7.10            | 7.10            | 6.14             | 4.19              | 4.29                | 6.34             | 1.97              | 19.08             | 4.55             | 0.31         |
| San-Giuliano | 7         | Q50     | 35.45             | 1.85             | 3.12            | 3.09            | 5.00             |                   | 3.15                | 5.96             | 4.34              | 8.18              |                  | 0.78         |
| San-Giuliano | 7         | Q200    | 37.54             | 1.85             | 3.12            | 3.09            | 5.17             |                   | 3.32                | 6.25             | 4.59              | 8.18              |                  | 0.80         |
| San-Giuliano | 6         | Q50     | 35.45             | 1.90             | 3.10            | 3.10            | 4.59             |                   | 2.69                | 5.54             | 4.31              | 8.24              |                  | 0.84         |
| San-Giuliano | 6         | Q200    | 37.54             | 1.90             | 3.10            | 3.10            | 4.72             |                   | 2.82                | 5.78             | 4.56              | 8.24              |                  | 0.87         |
| San-Giuliano | 5         | Q50     | 35.45             | 1.90             | 2.82            | 2.83            | 4.39             |                   | 2.49                | 5.47             | 4.62              | 7.68              |                  | 0.93         |
| San-Giuliano | 5         | Q200    | 37.54             | 1.90             | 2.82            | 2.83            | 4.49             |                   | 2.59                | 5.71             | 4.89              | 7.68              |                  | 0.97         |
| San-Giuliano | 4         | Q50     | 35.45             | 1.85             | 2.88            | 2.86            | 3.52             | 2.92              | 1.67                | 4.98             | 5.35              | 6.63              | 2.27             | 1.32         |
| San-Giuliano | 4         | Q200    | 37.54             | 1.85             | 2.88            | 2.86            | 3.54             | 3.22              | 1.69                | 5.15             | 5.62              | 6.68              | 2.07             | 1.38         |
| San-Giuliano | 3         | Q50     | 35.45             | 1.82             | 3.90            | 3.91            | 3.92             | 1.29              | 2.10                | 4.52             | 3.44              | 10.35             | 8.00             | 0.77         |
| San-Giuliano | 3         | Q200    | 37.54             | 1.82             | 3.90            | 3.91            | 4.02             | 1.40              | 2.20                | 4.62             | 3.45              | 11.17             | 8.00             | 0.75         |
| San-Giuliano | 2         | Q50     | 35.45             | 1.80             | 3.90            | 3.90            | 3.58             | 1.73              | 1.78                | 4.45             | 4.12              | 8.60              | 4.98             | 1.00         |
| San-Giuliano | 2         | Q200    | 37.54             | 1.80             | 3.90            | 3.90            | 3.65             | 1.79              | 1.85                | 4.55             | 4.20              | 8.94              | 4.98             | 1.00         |
| San-Giuliano | 1         | Q50     | 35.45             | 1.80             | 4.59            | 4.79            | 2.96             | 1.02              | 1.16                | 3.47             | 3.17              | 11.18             | 11.01            | 1.00         |

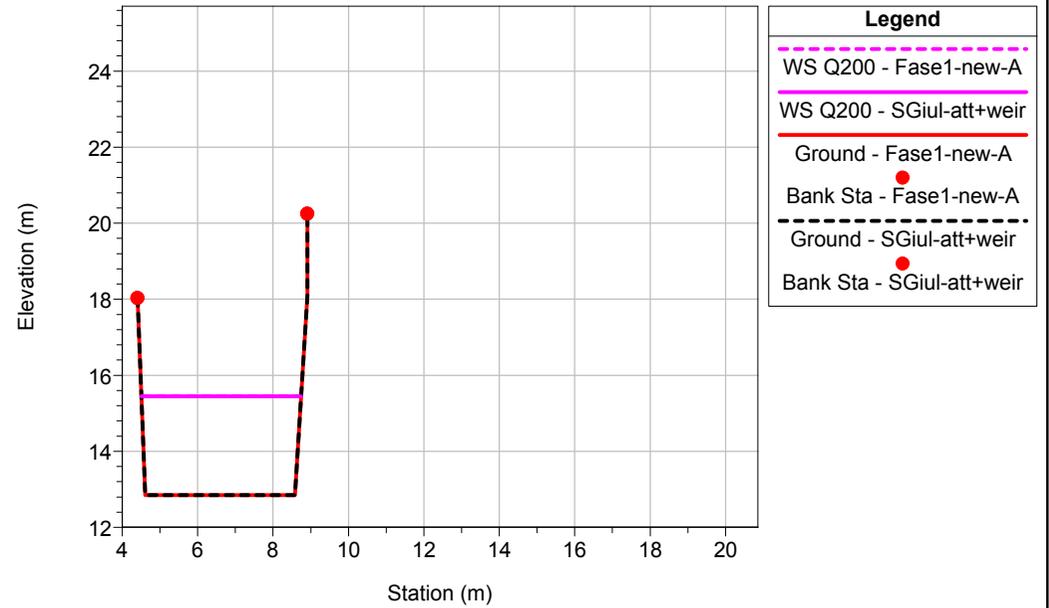
HEC-RAS Plan: Fase1-new-A River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 1         | Q200    | 37.54             | 1.80             | 4.59            | 4.79            | 3.00             | 1.05              | 1.20                | 3.53             | 3.22              | 11.64             | 11.08            | 1.00         |

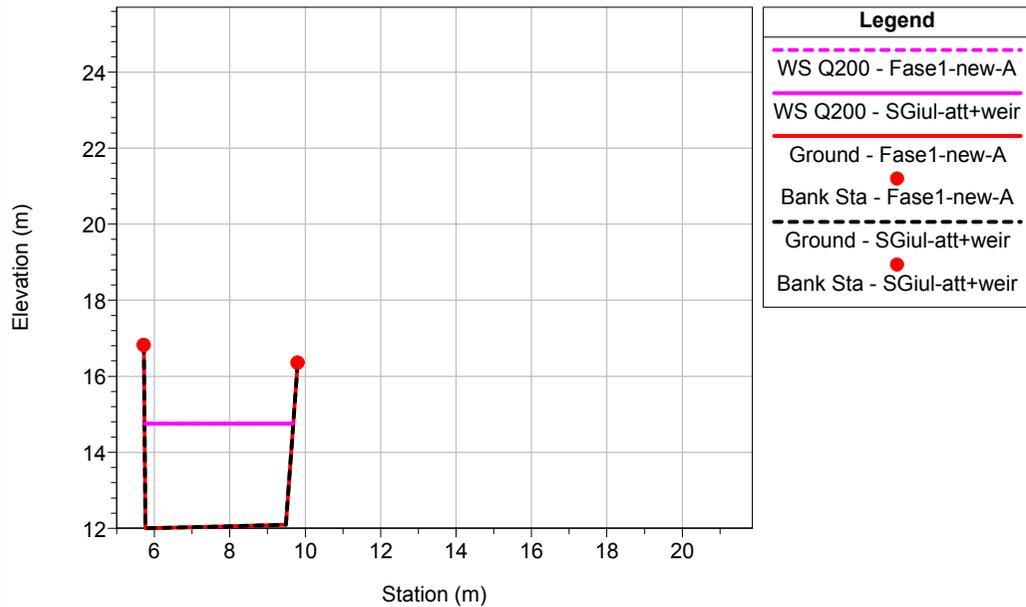
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 33



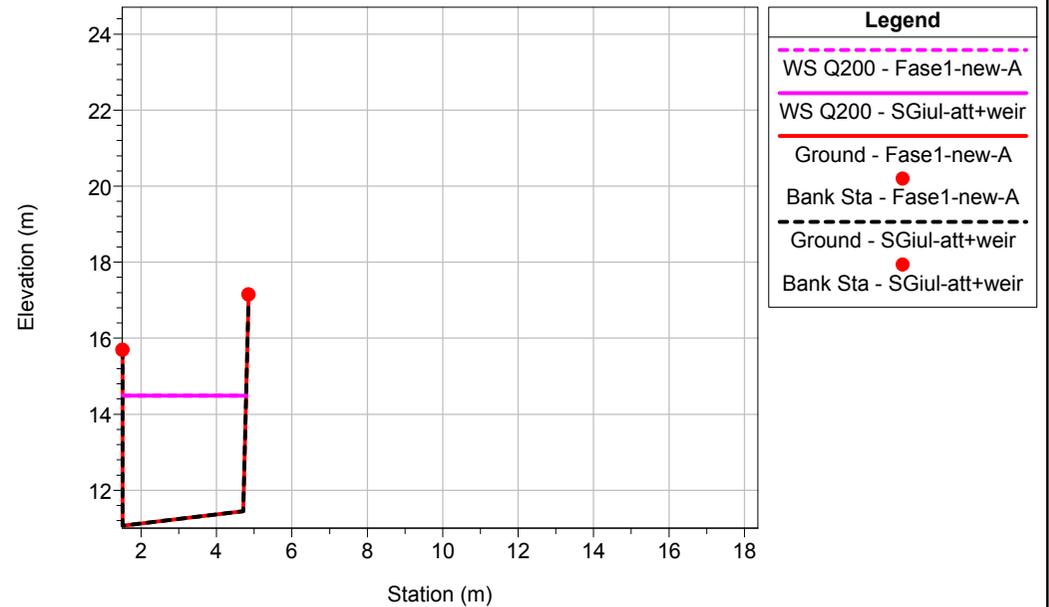
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 32



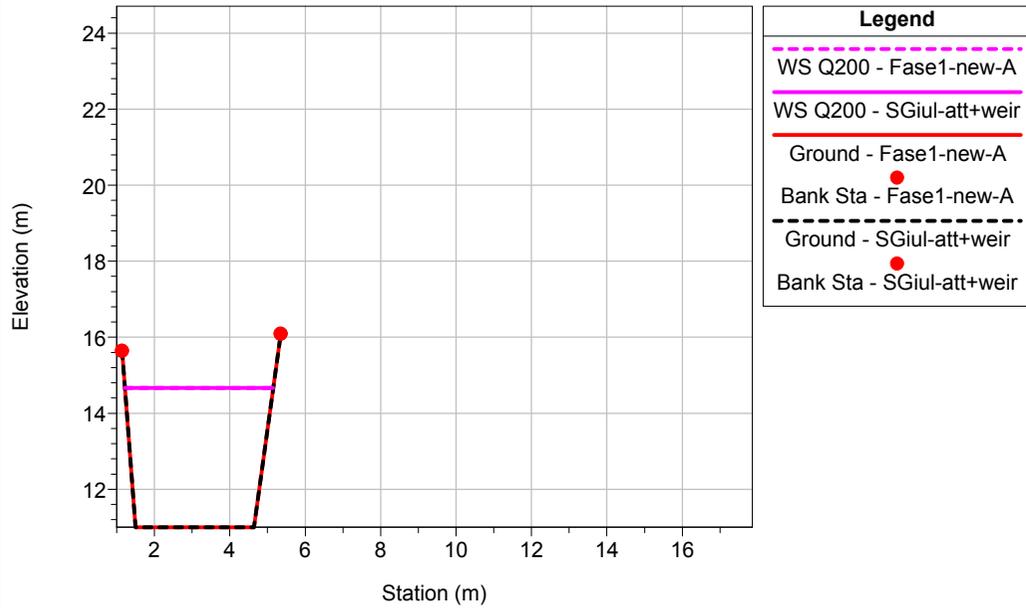
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 31



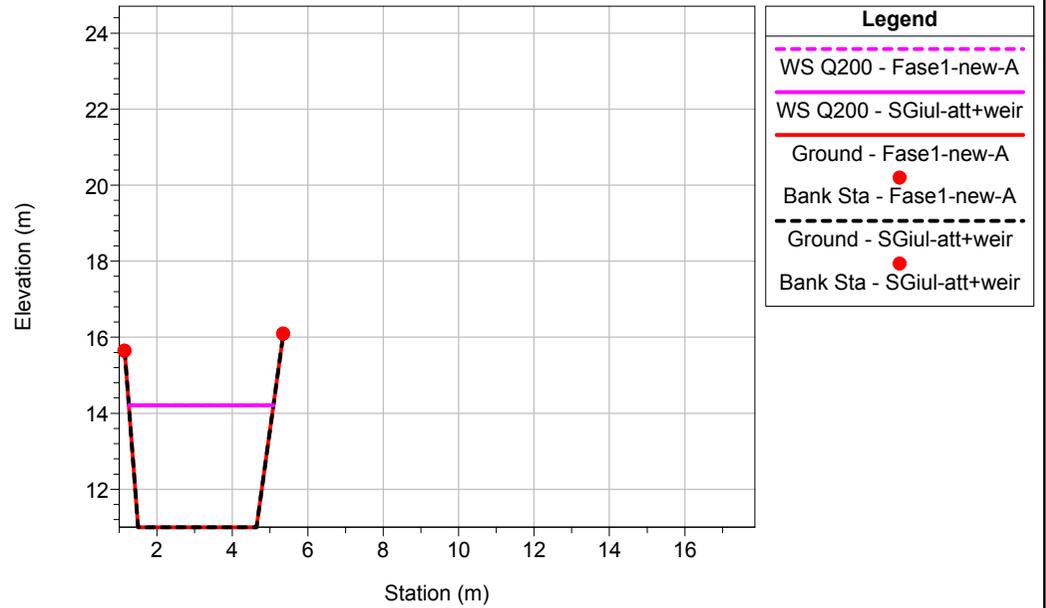
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 30



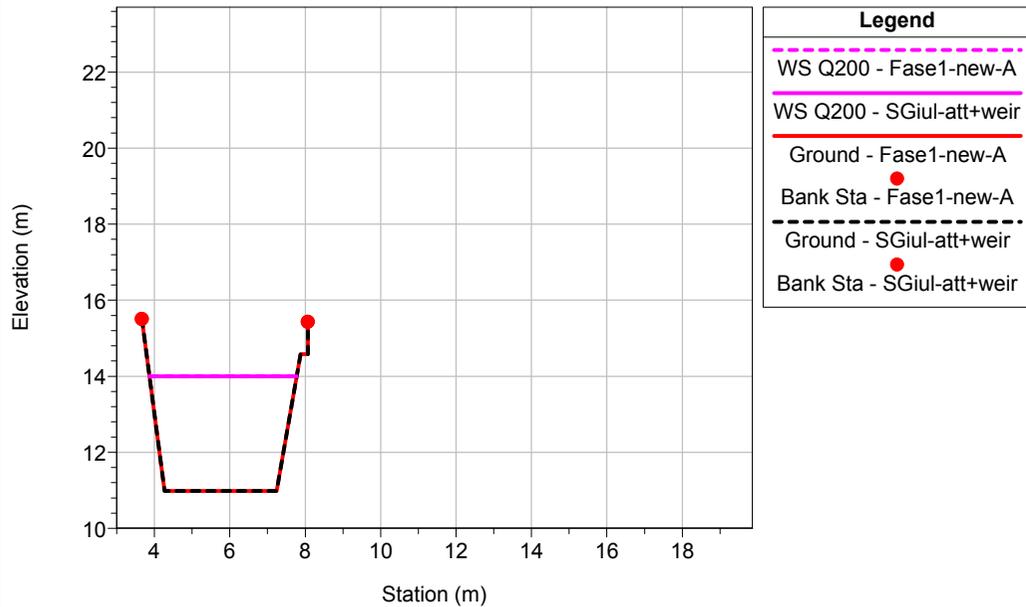
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 29



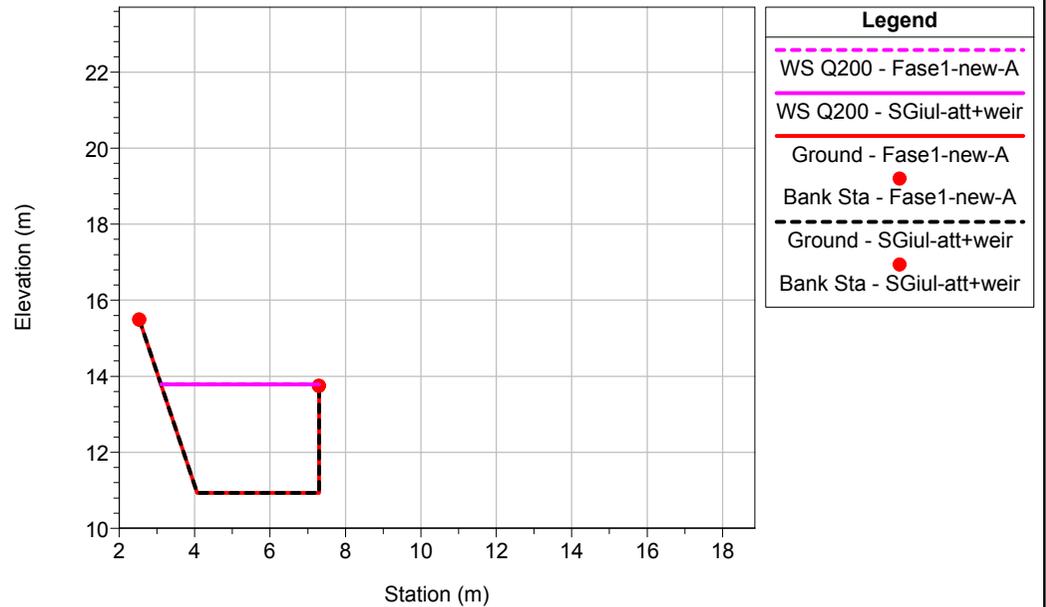
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 28.1



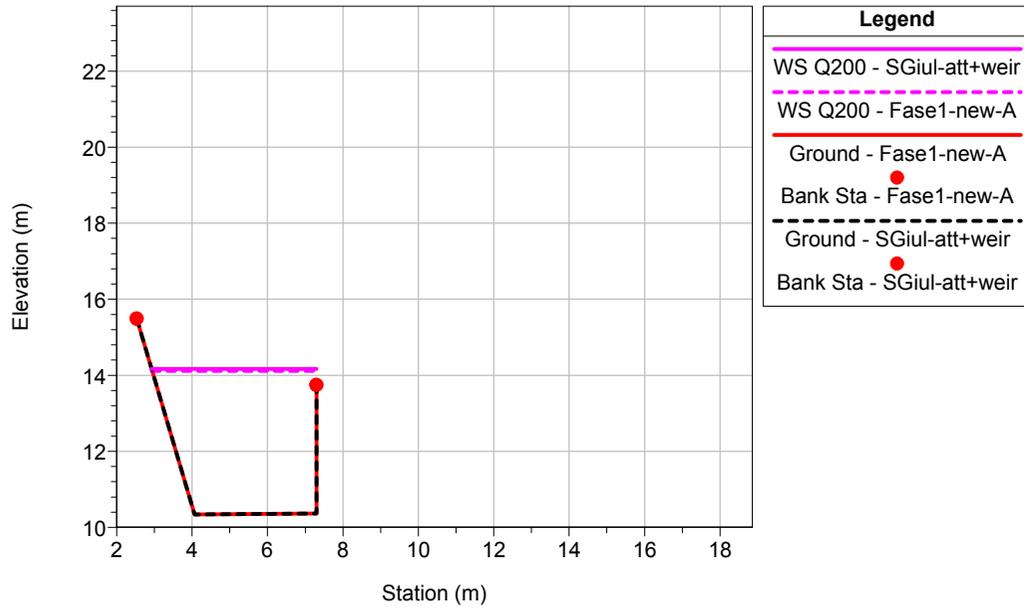
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 28



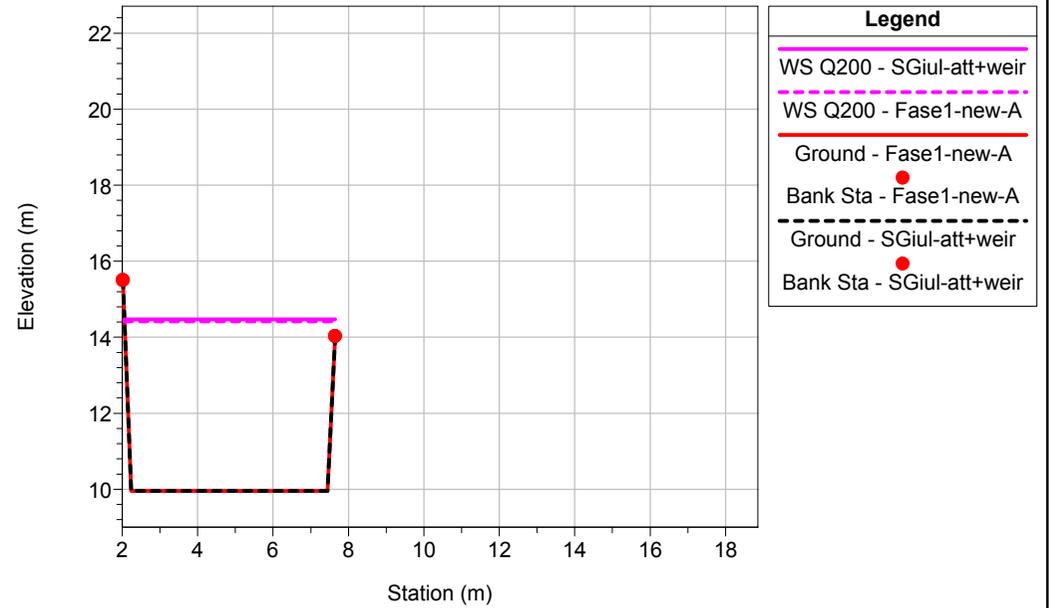
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 27.1



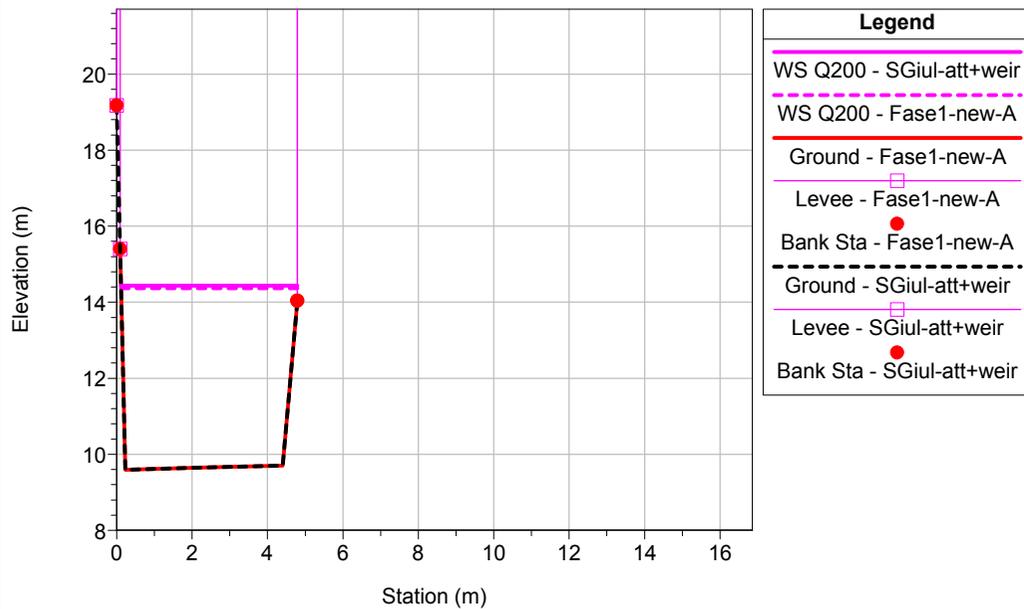
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 27



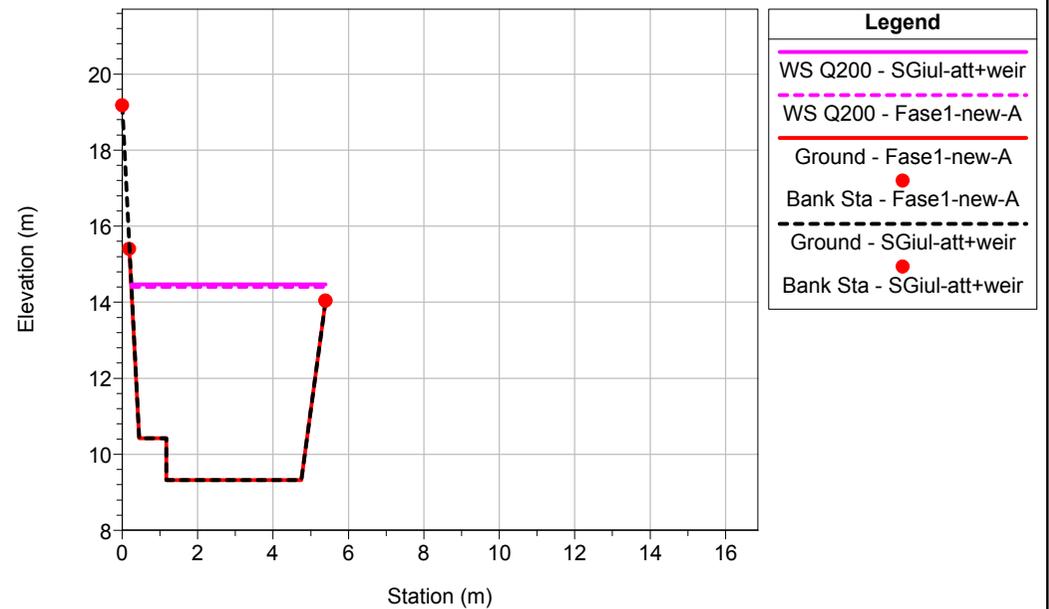
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 26



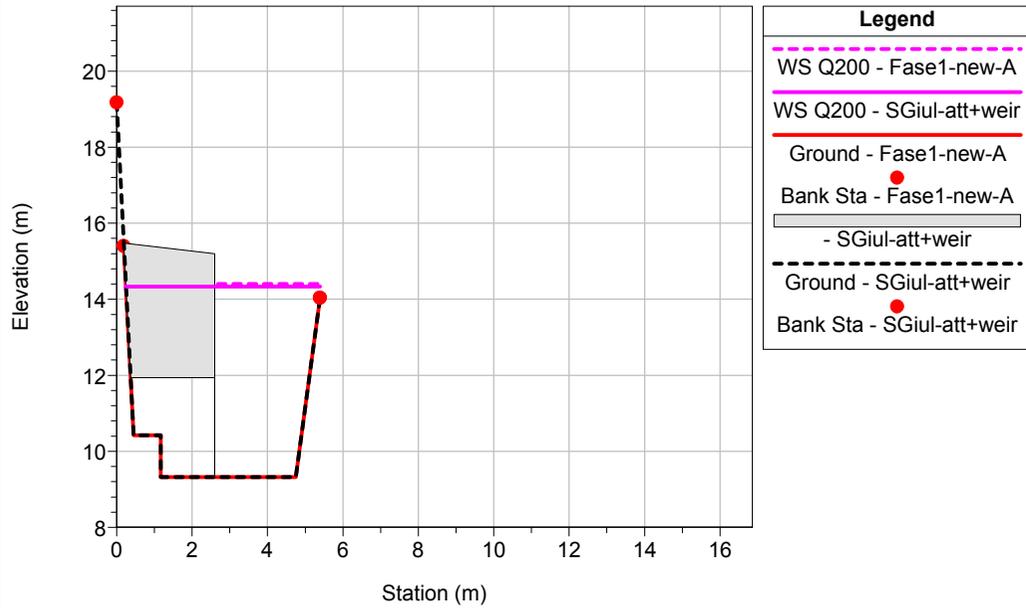
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 25



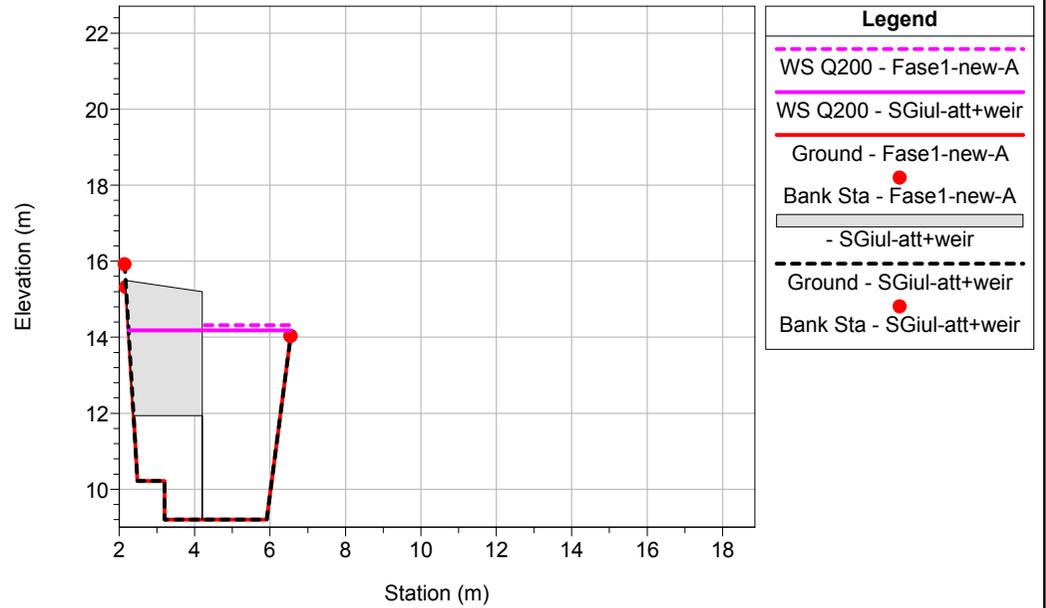
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 24.2



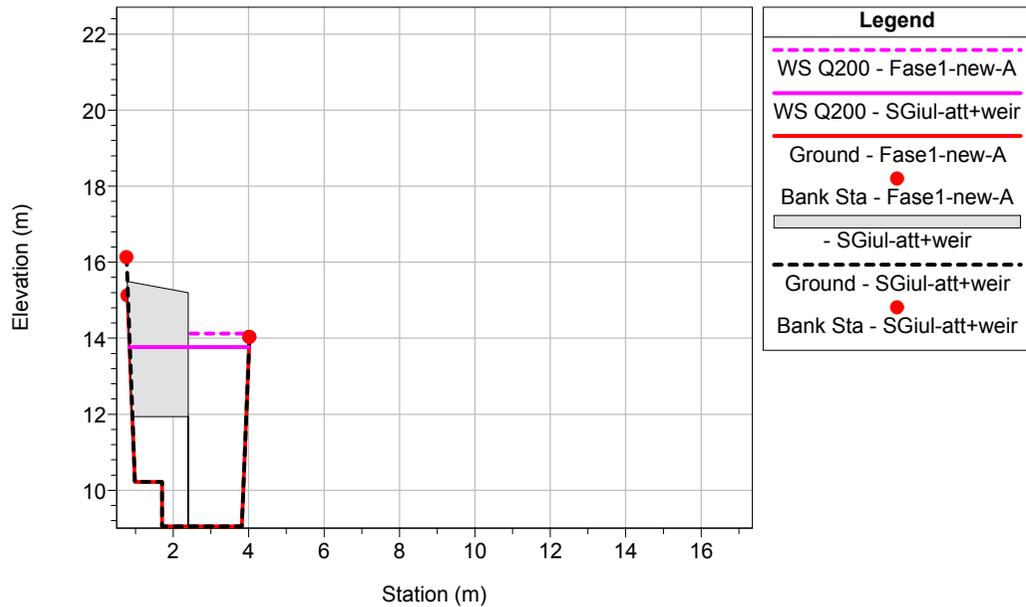
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 24.1



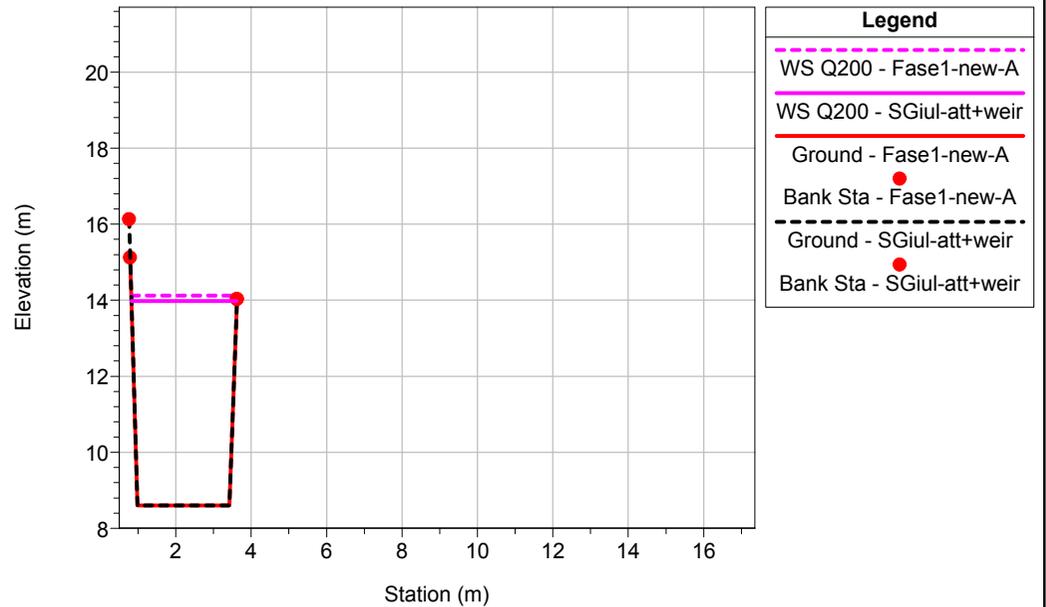
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 24



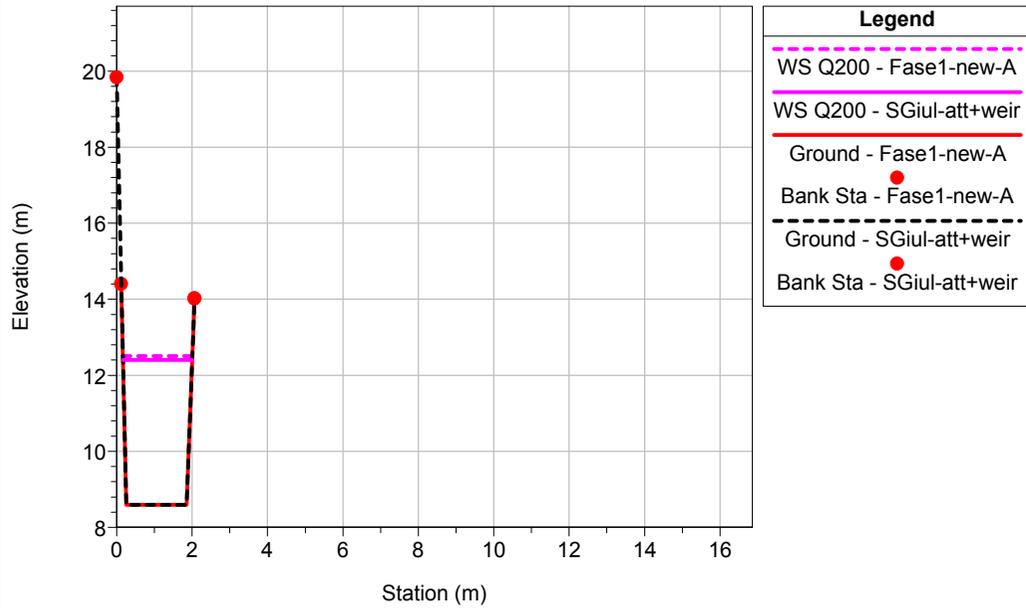
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 23.4



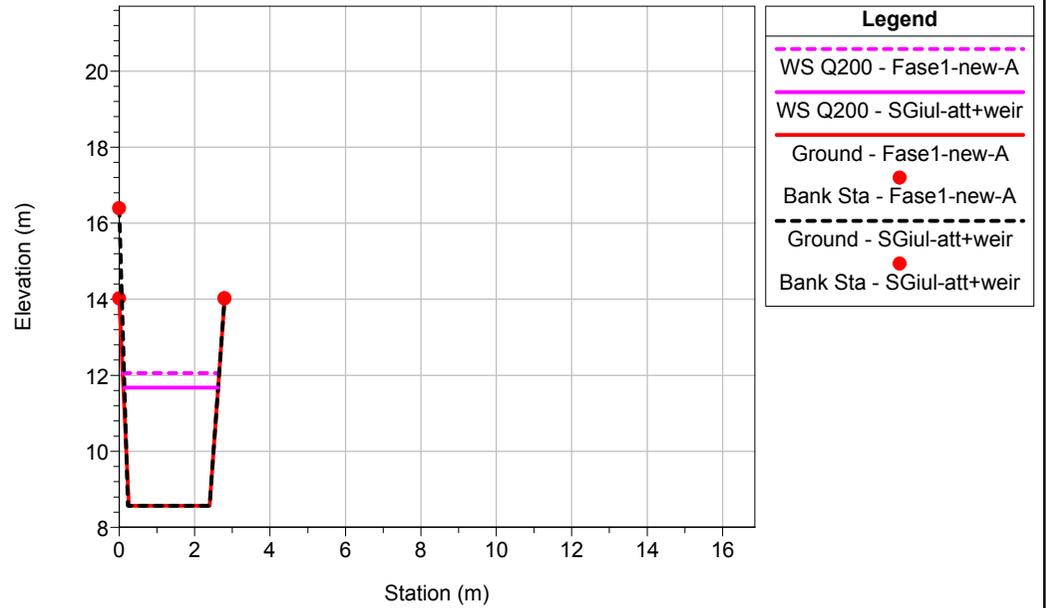
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 23.3



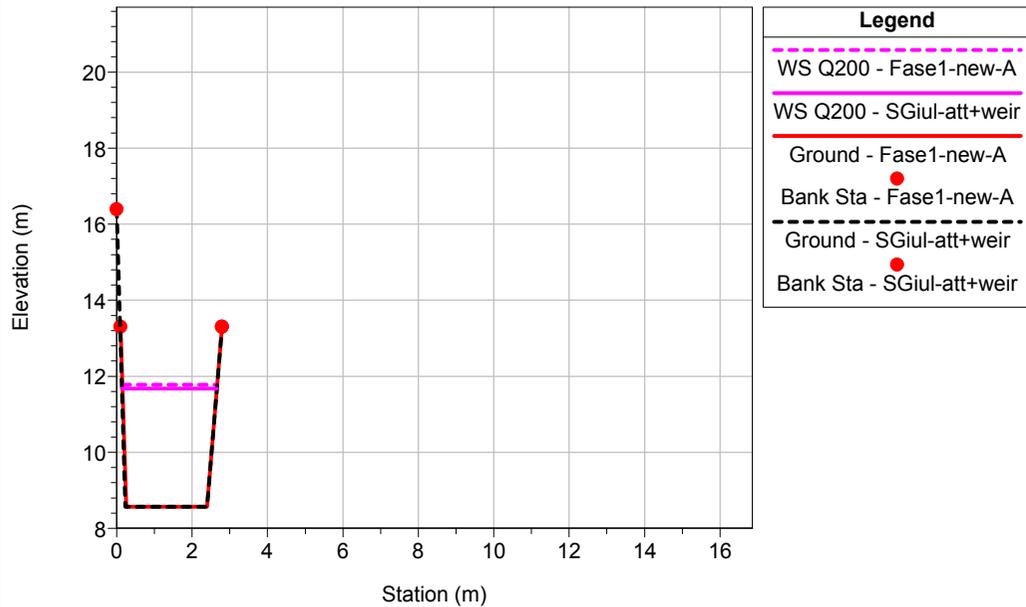
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 23.2



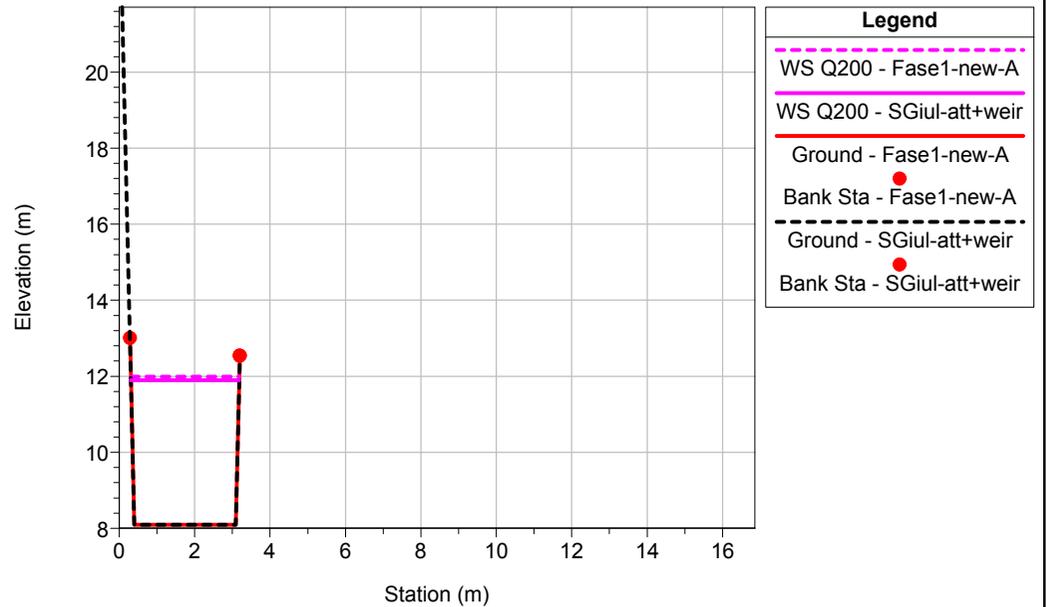
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 23.1



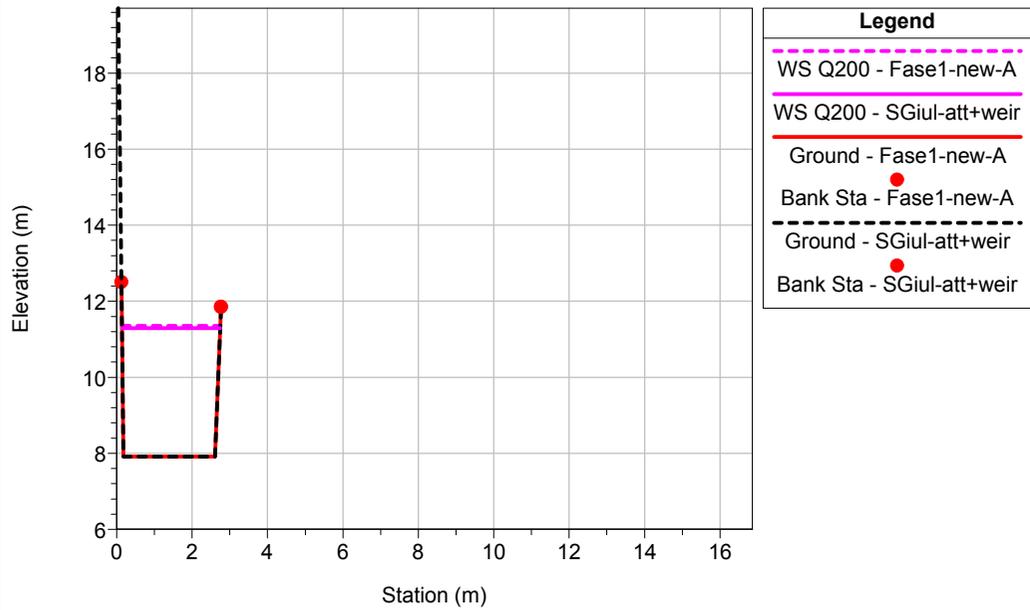
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 23



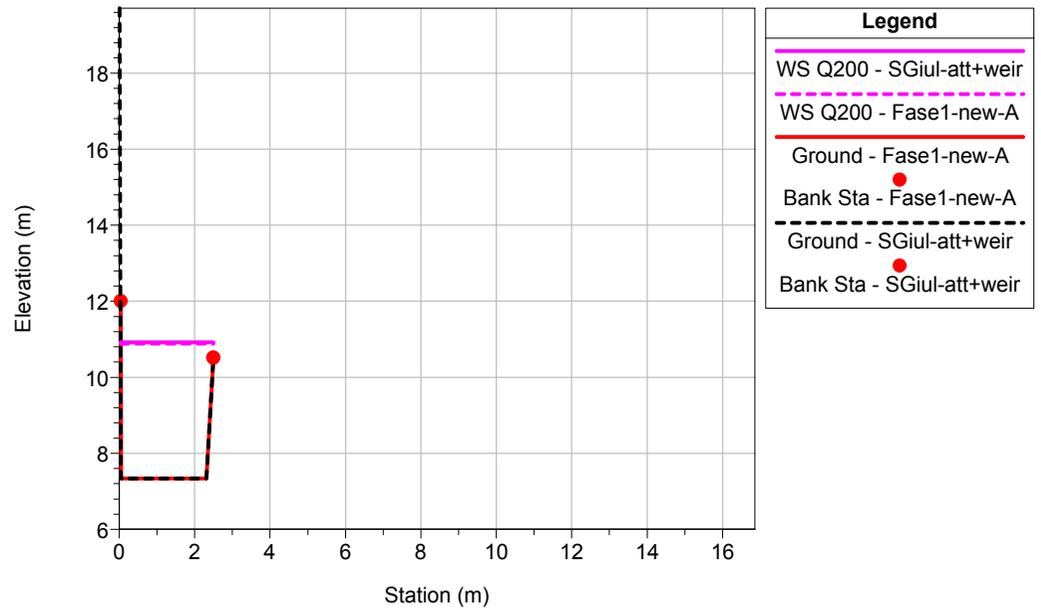
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 22



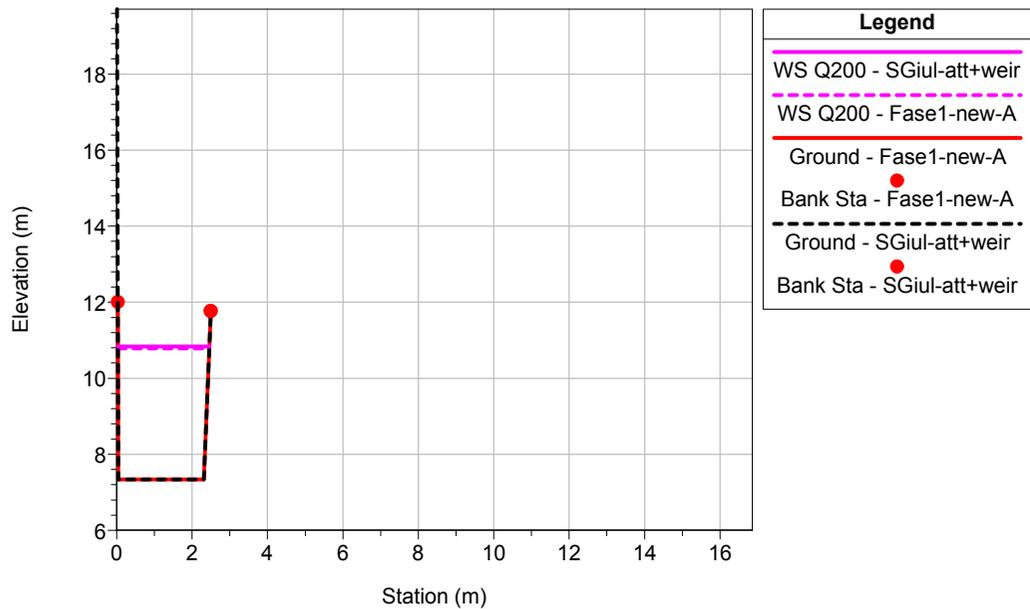
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 21



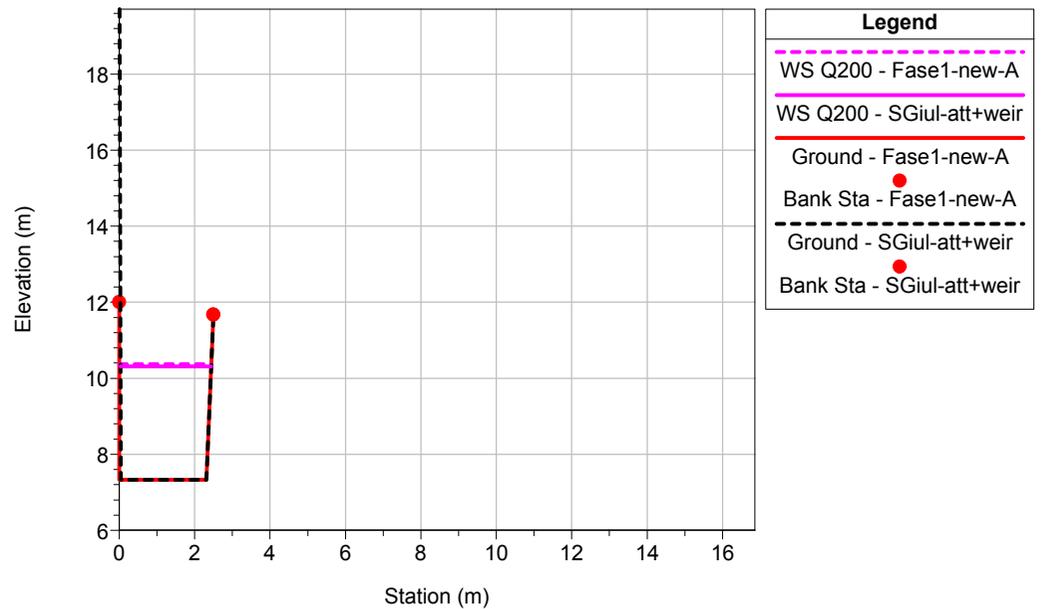
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 20.2



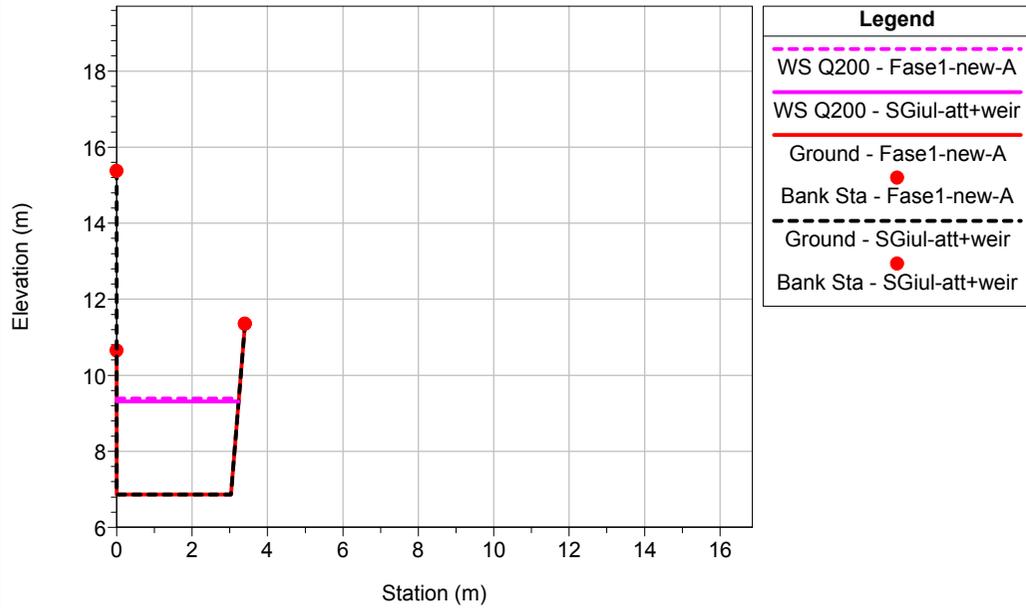
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 20.1



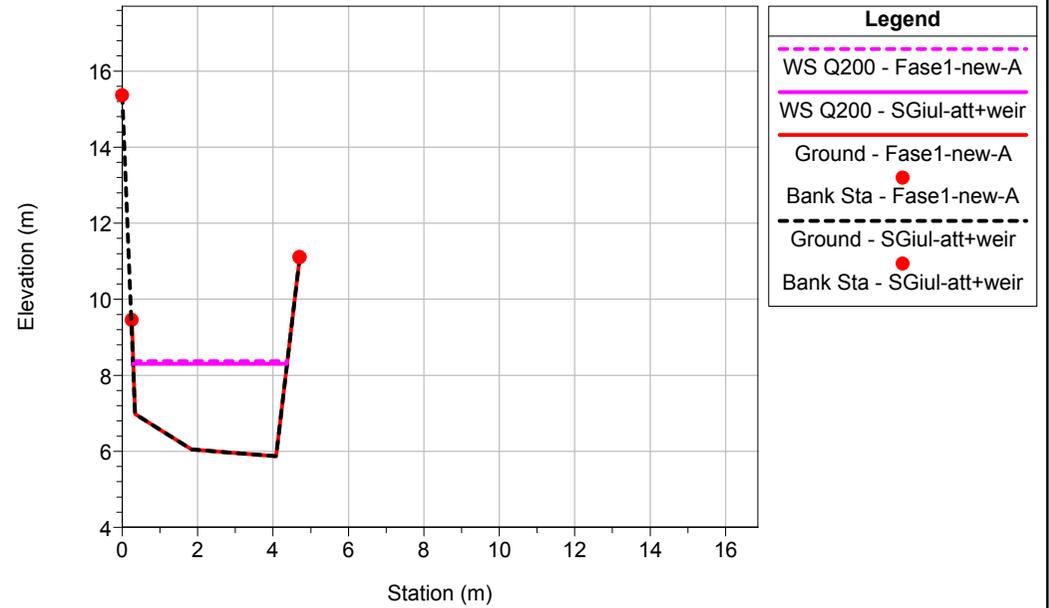
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 20



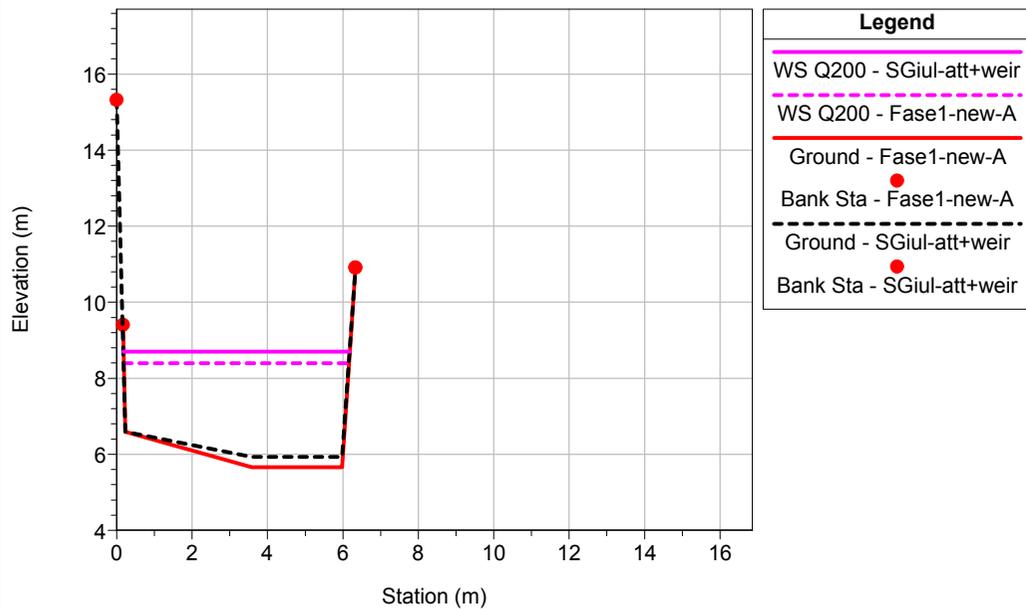
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 19



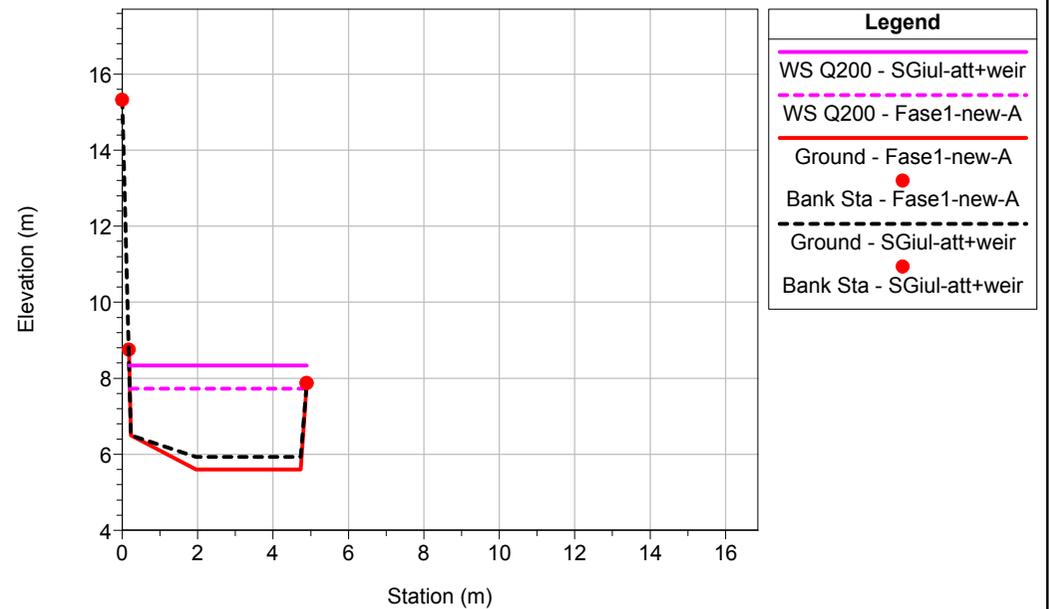
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 18



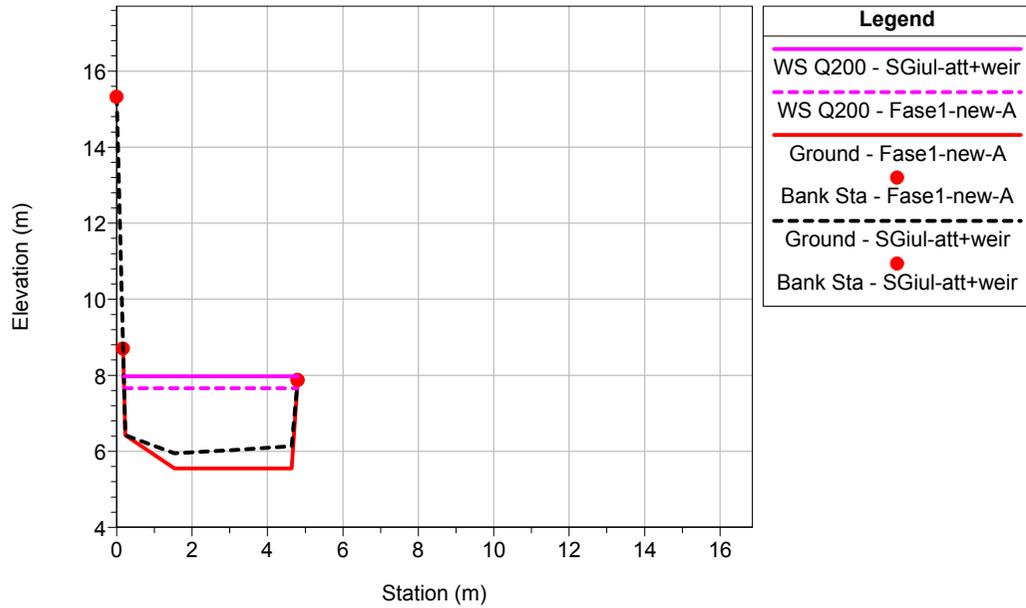
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 17.1



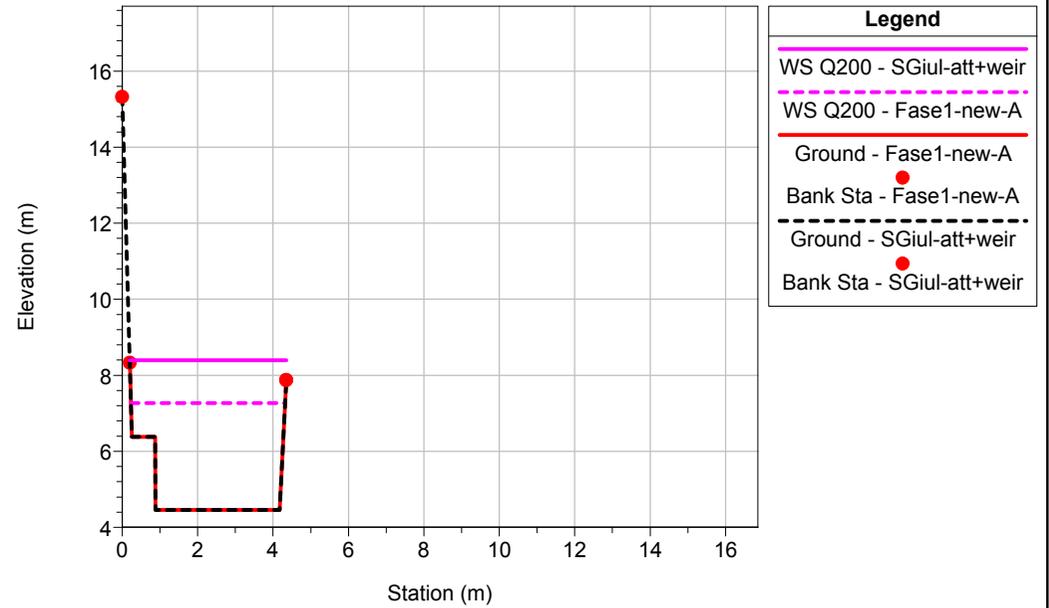
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 17.01



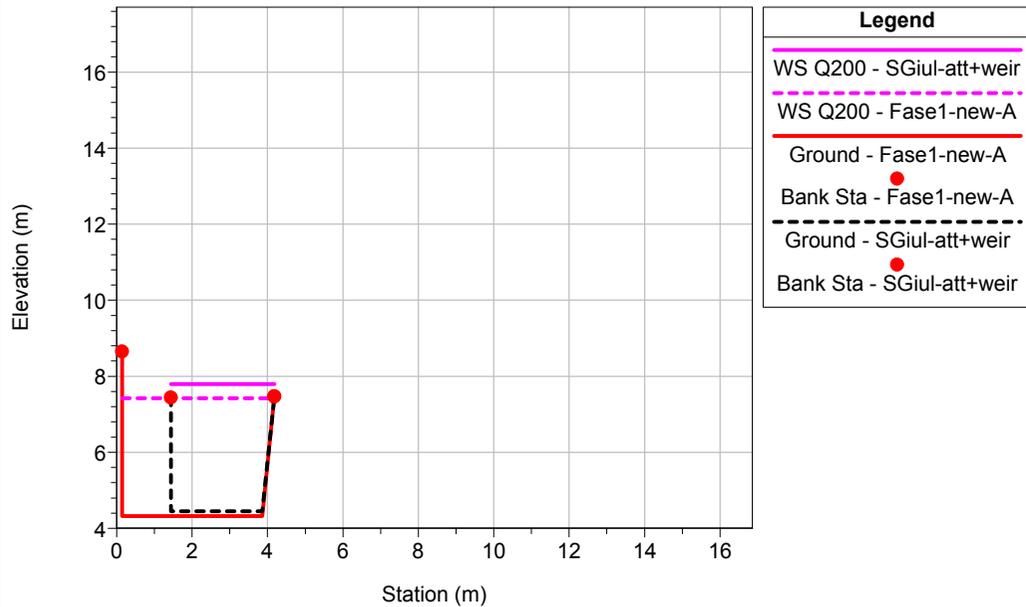
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 17



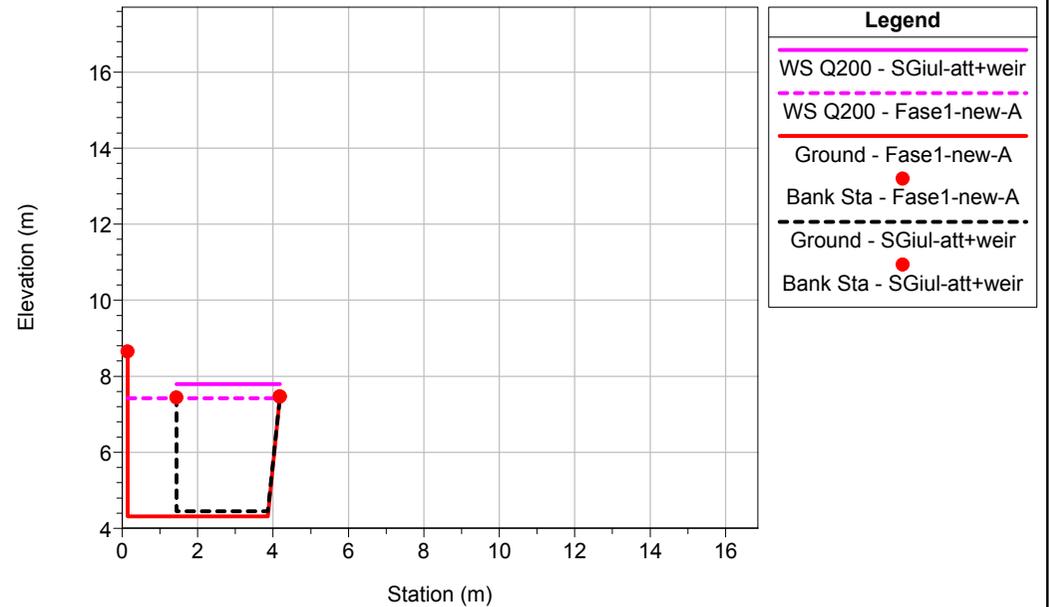
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 16



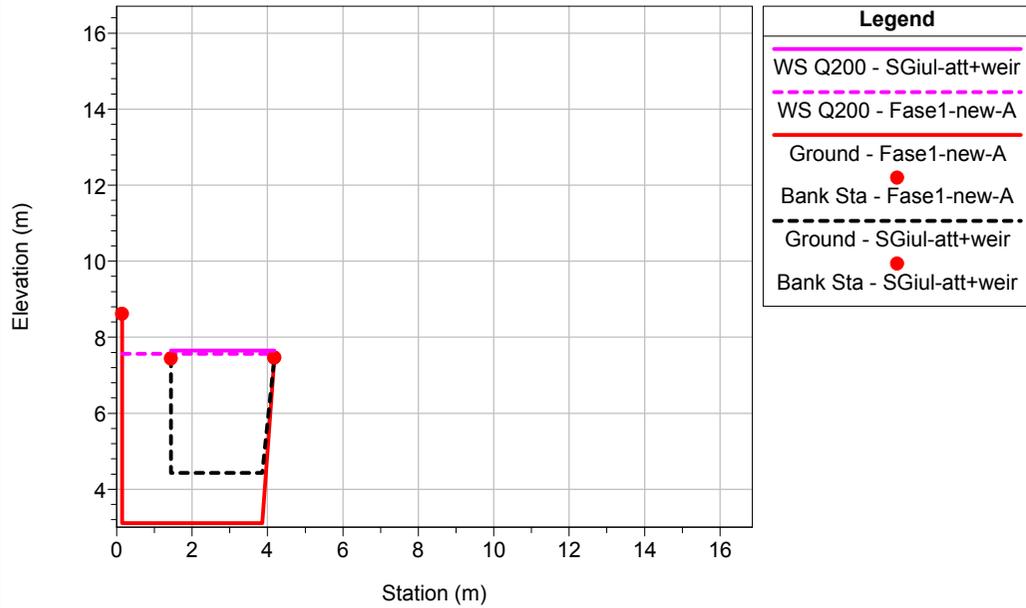
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 15.2



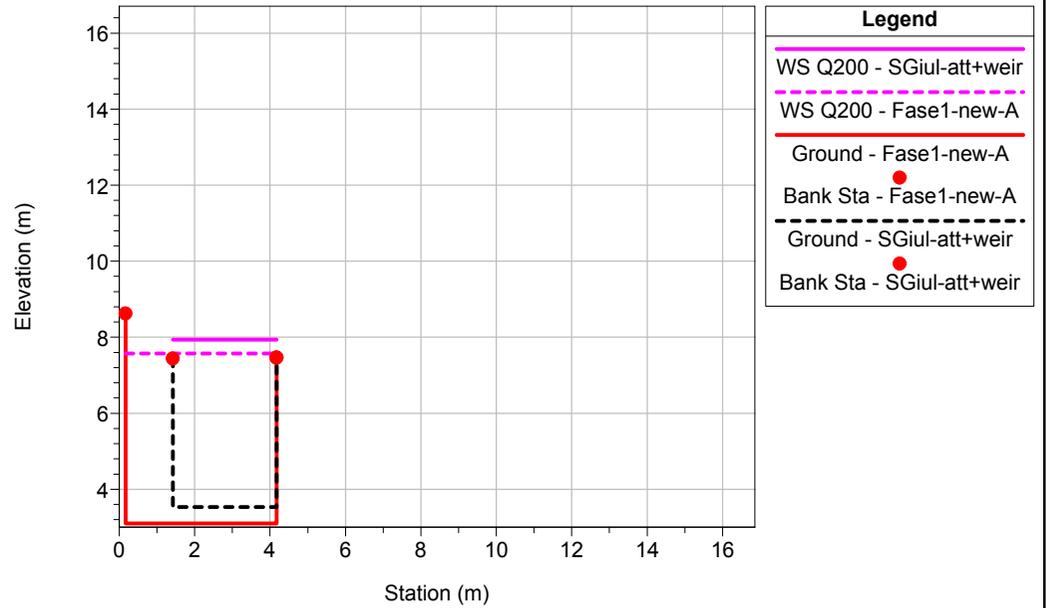
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 15.1



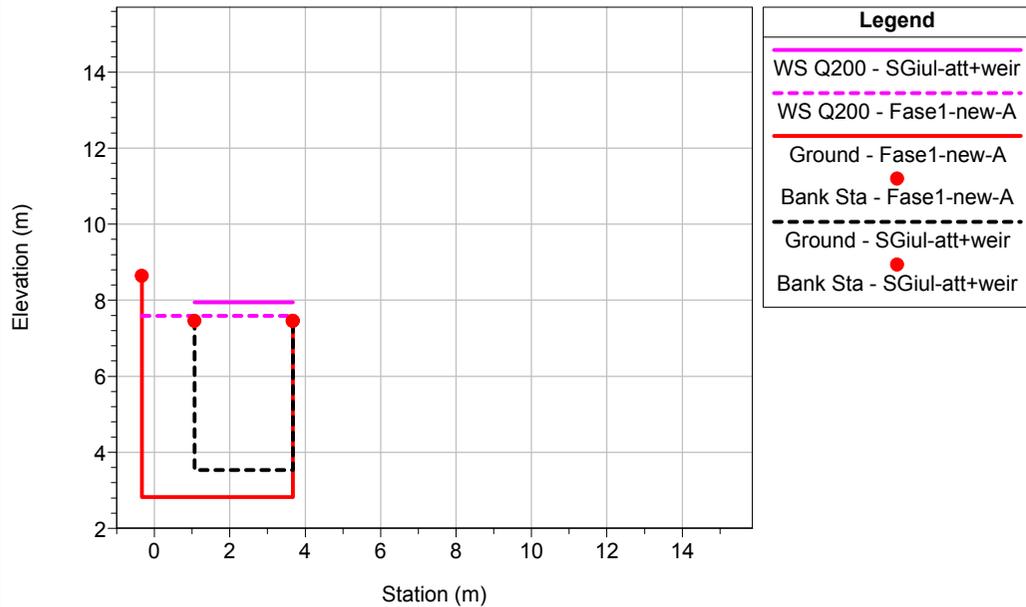
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 15



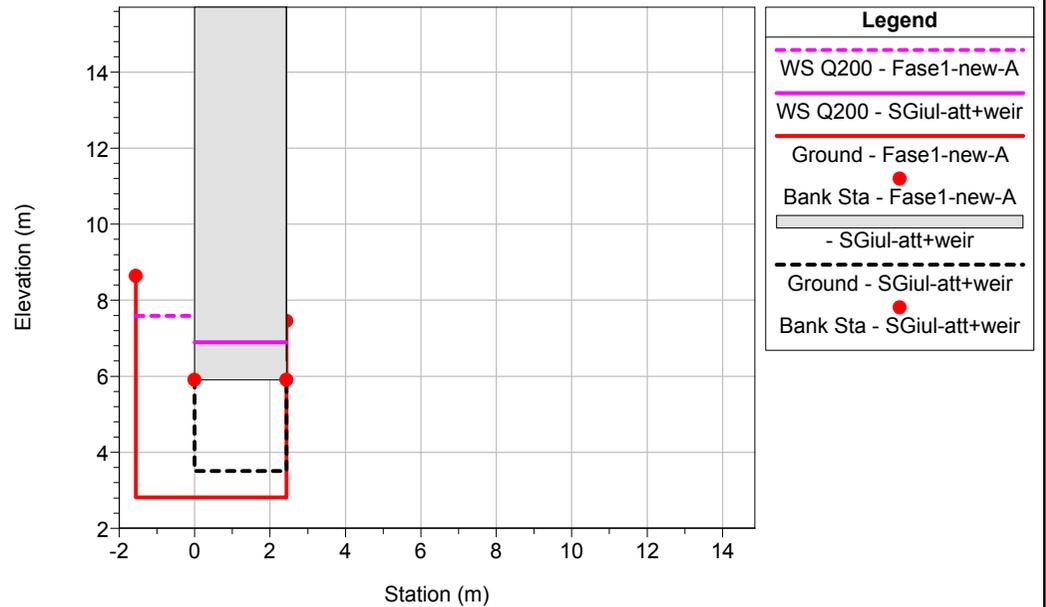
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 14



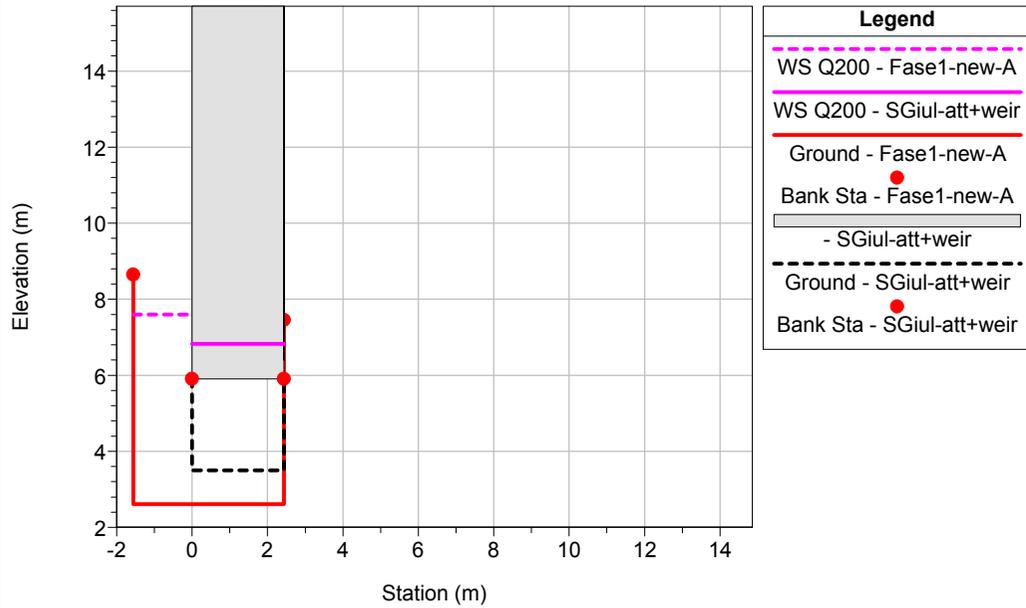
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 13.2



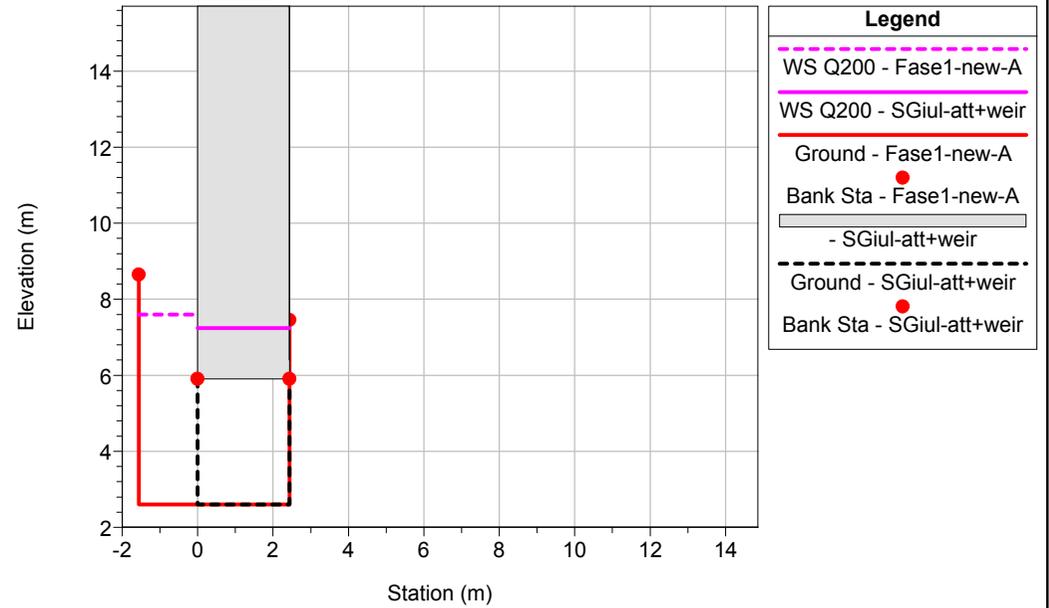
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 13.1



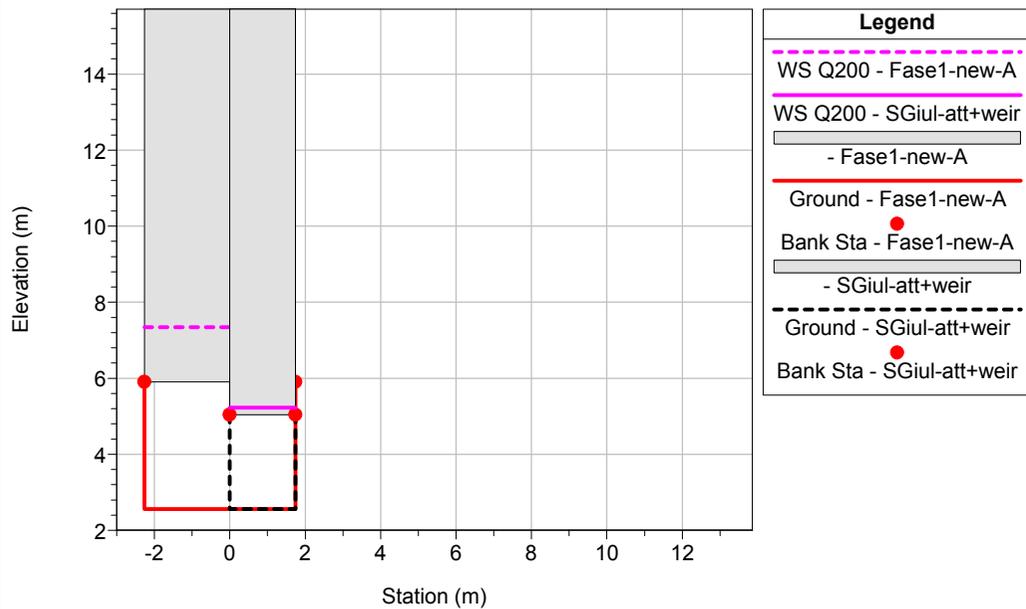
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 13



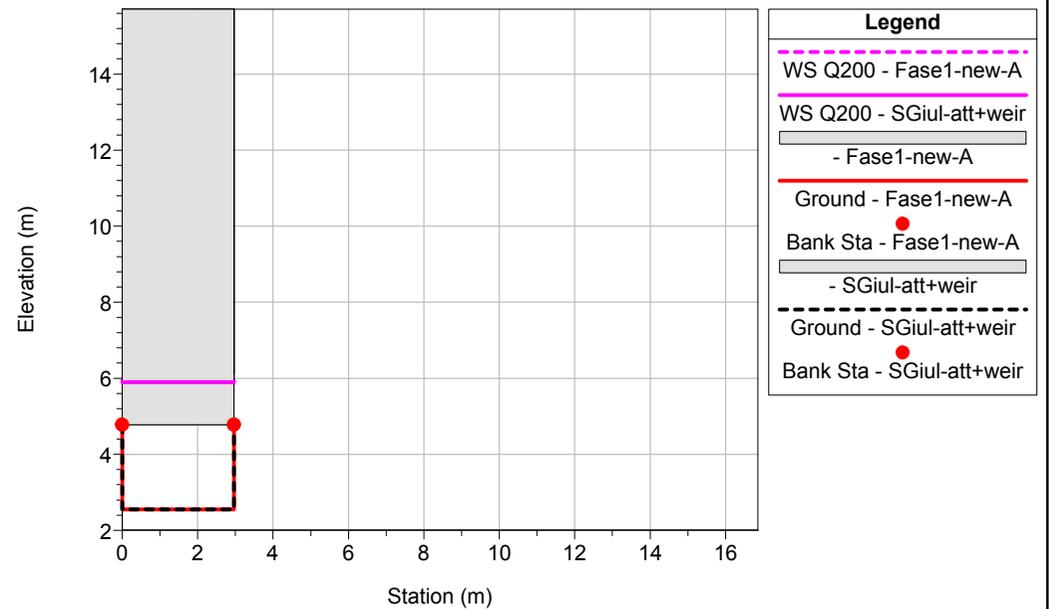
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 12



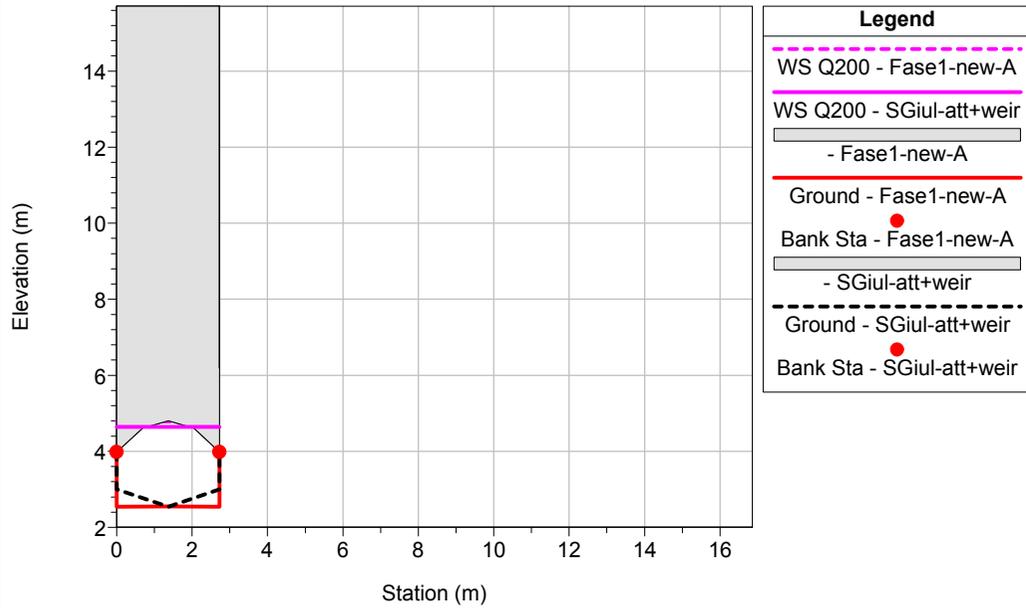
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 11



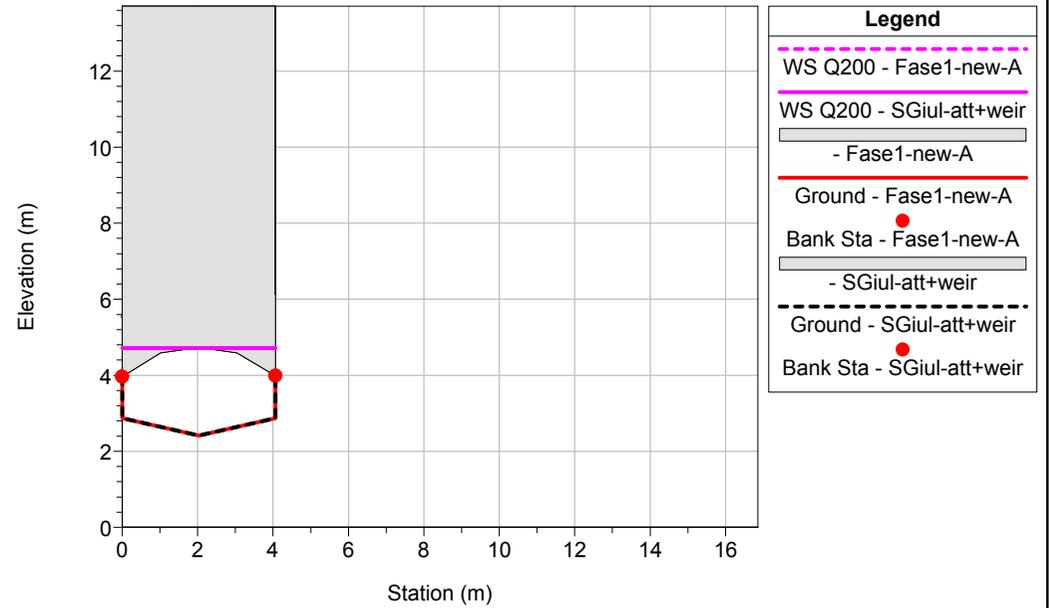
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 10



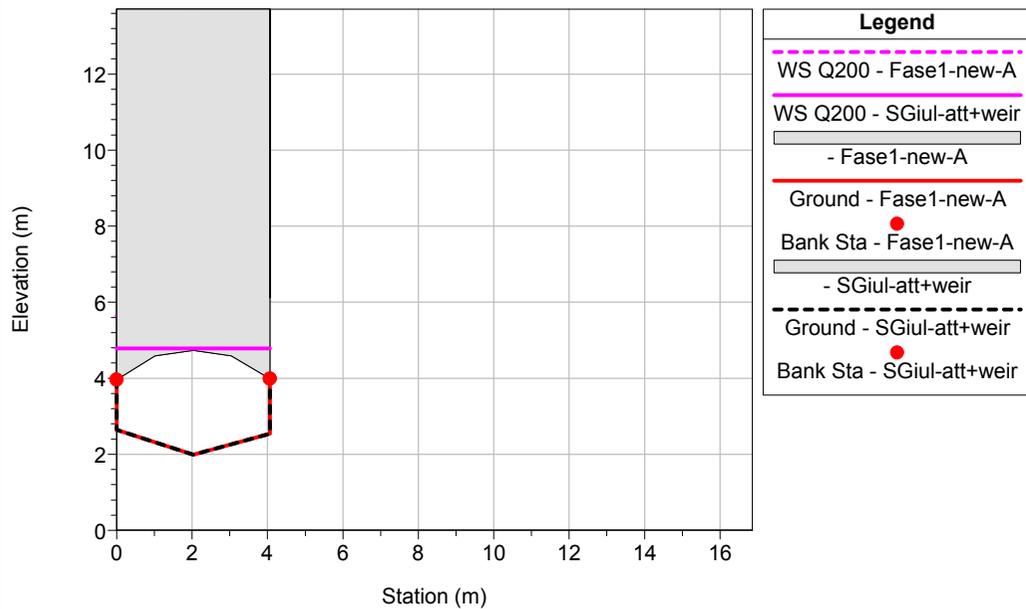
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 9



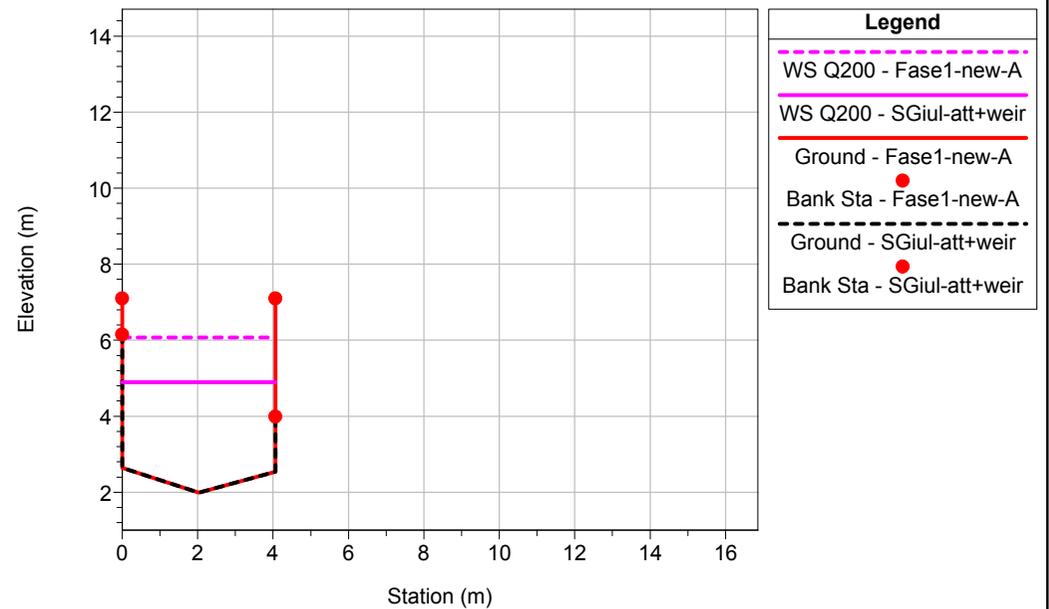
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 8.1



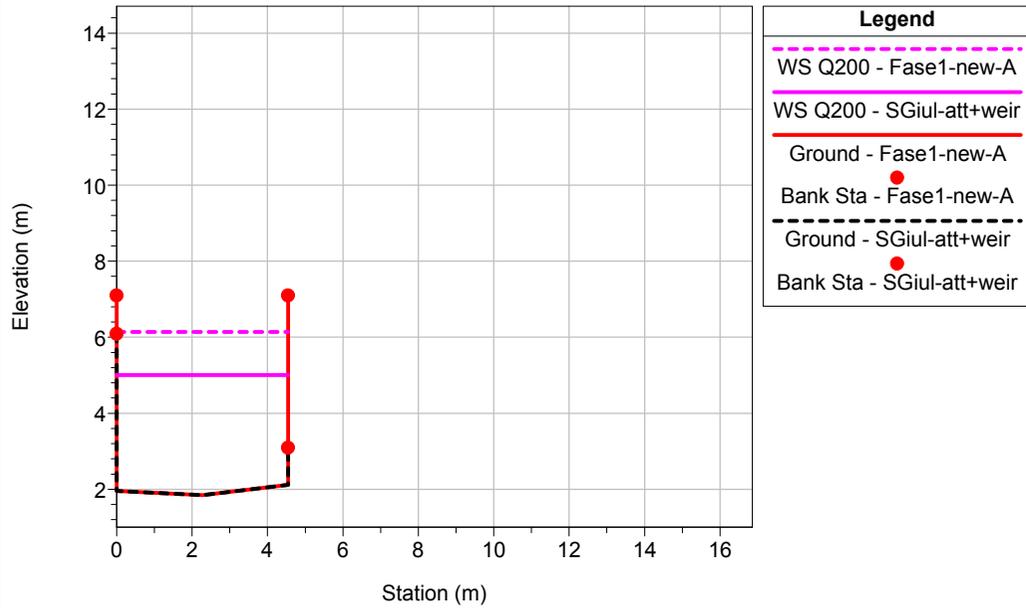
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 8



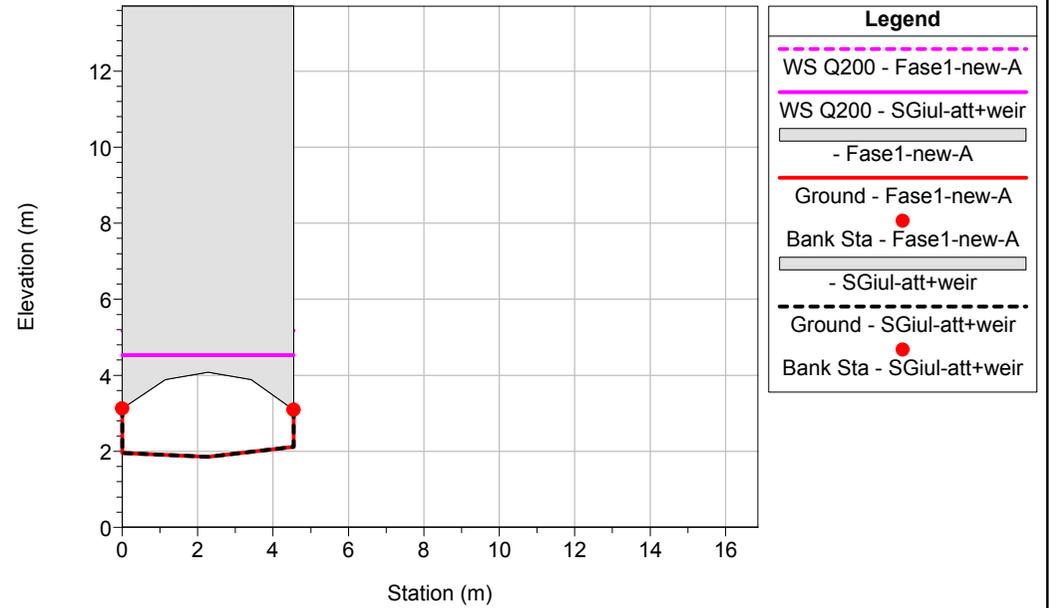
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 7.2



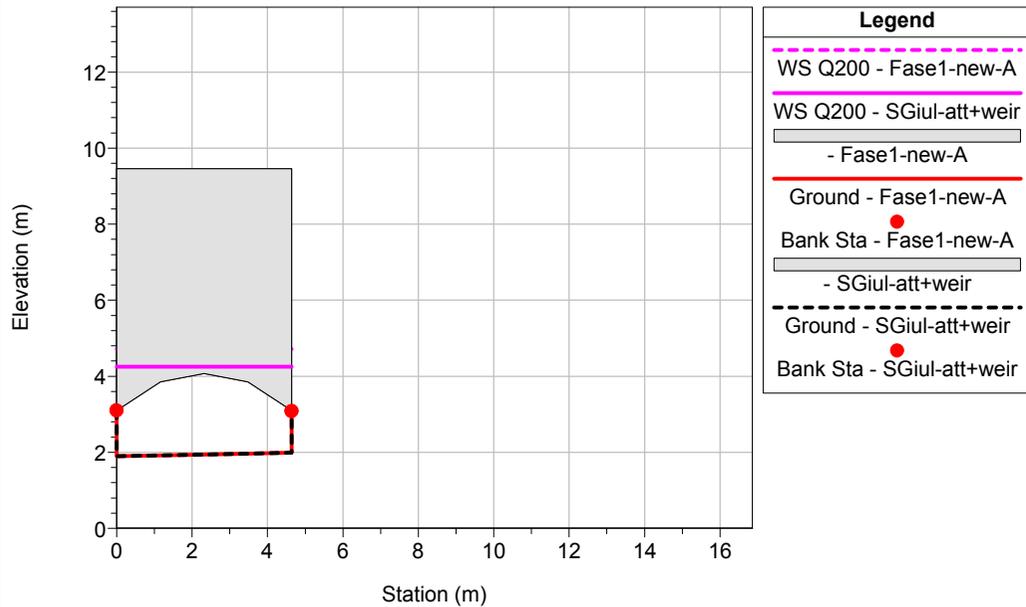
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 7.1



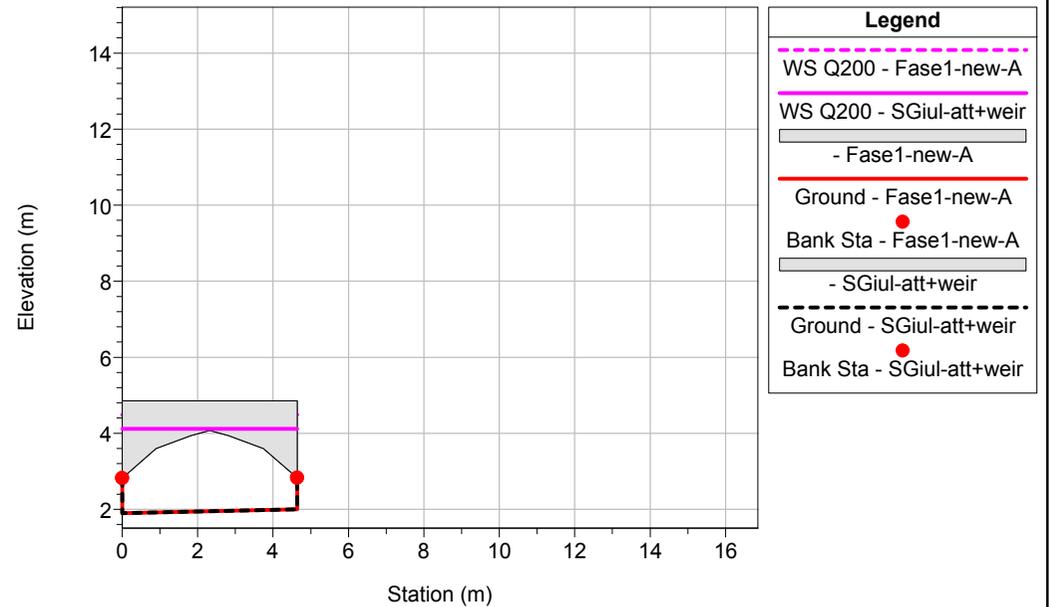
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 7



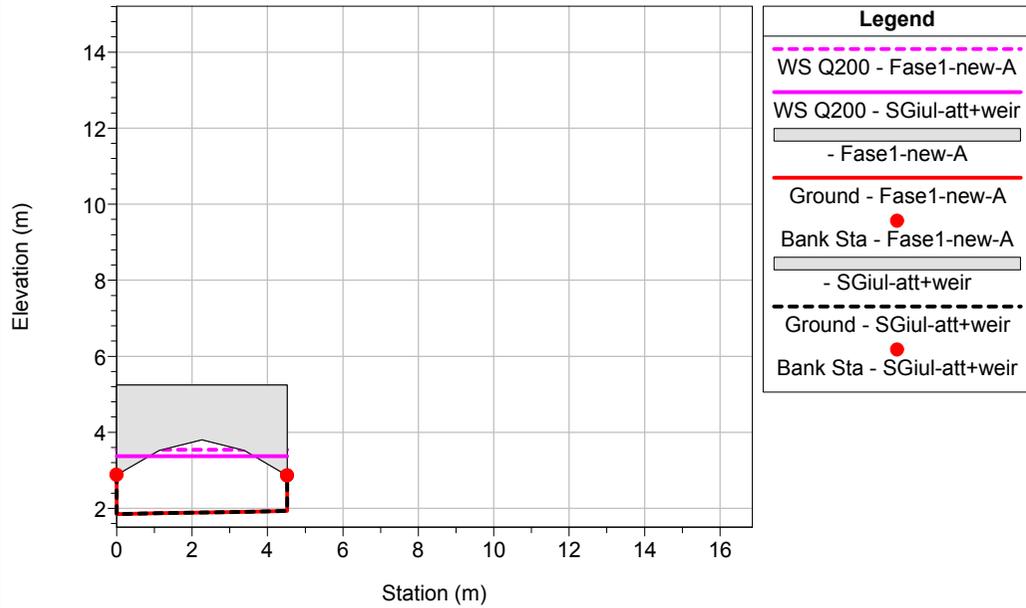
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 6



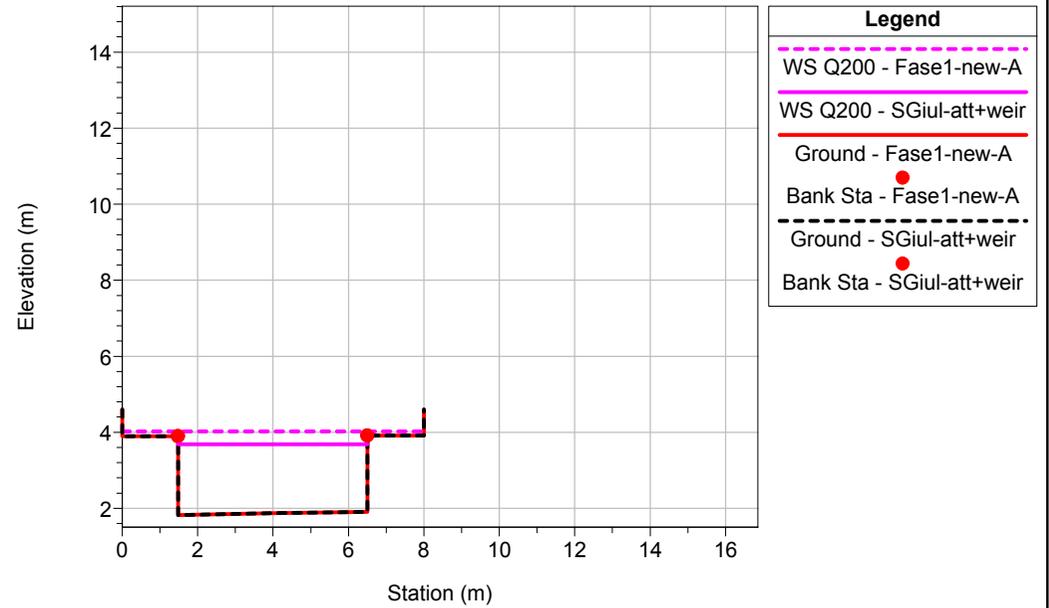
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 5



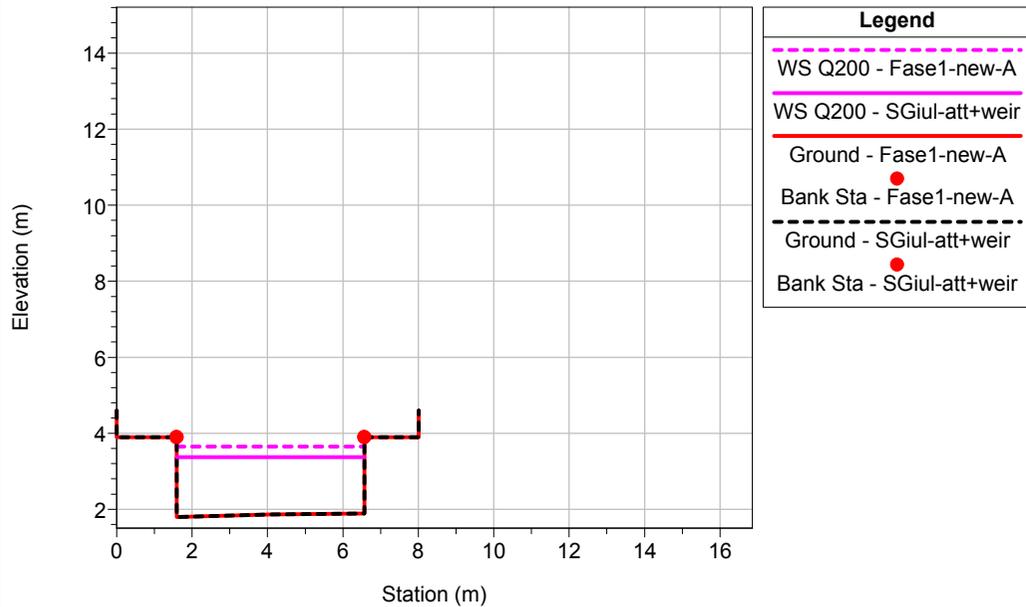
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 4



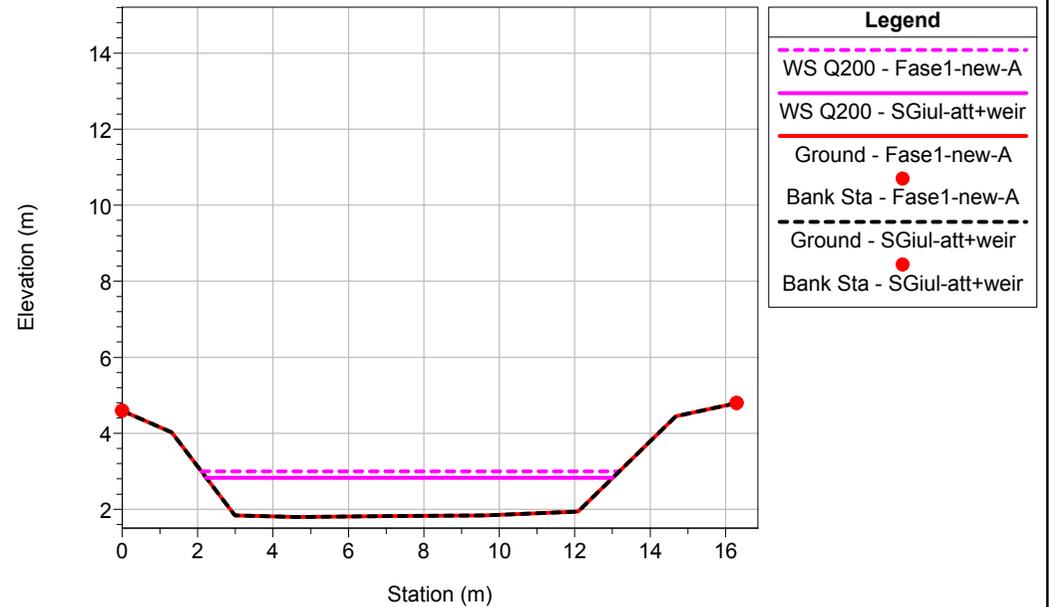
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 3



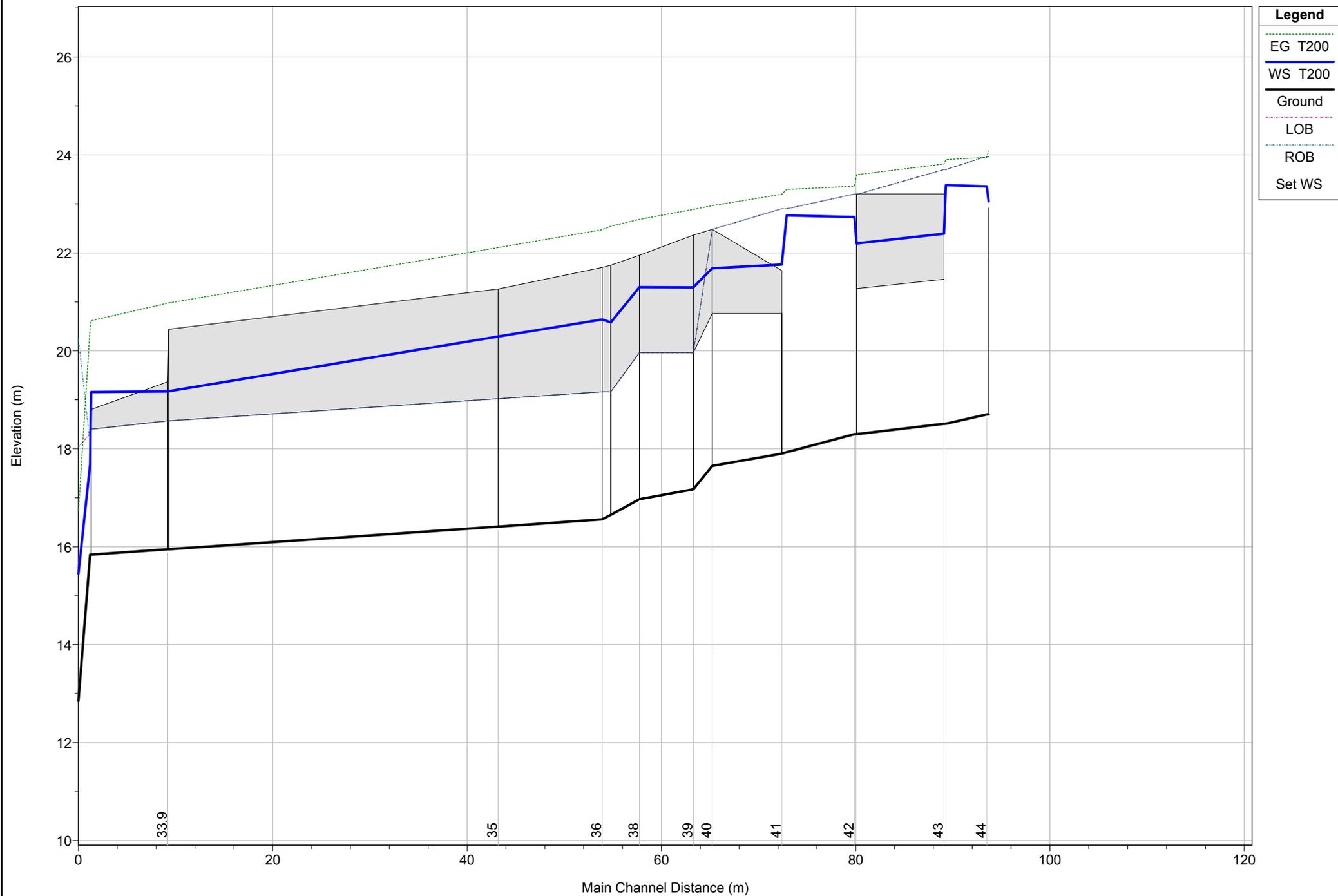
SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 2



SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: 1) SGIul-att+weir 2) Fase1-new-A  
 River = San-Giuliano Reach = San-Giuliano RS = 1

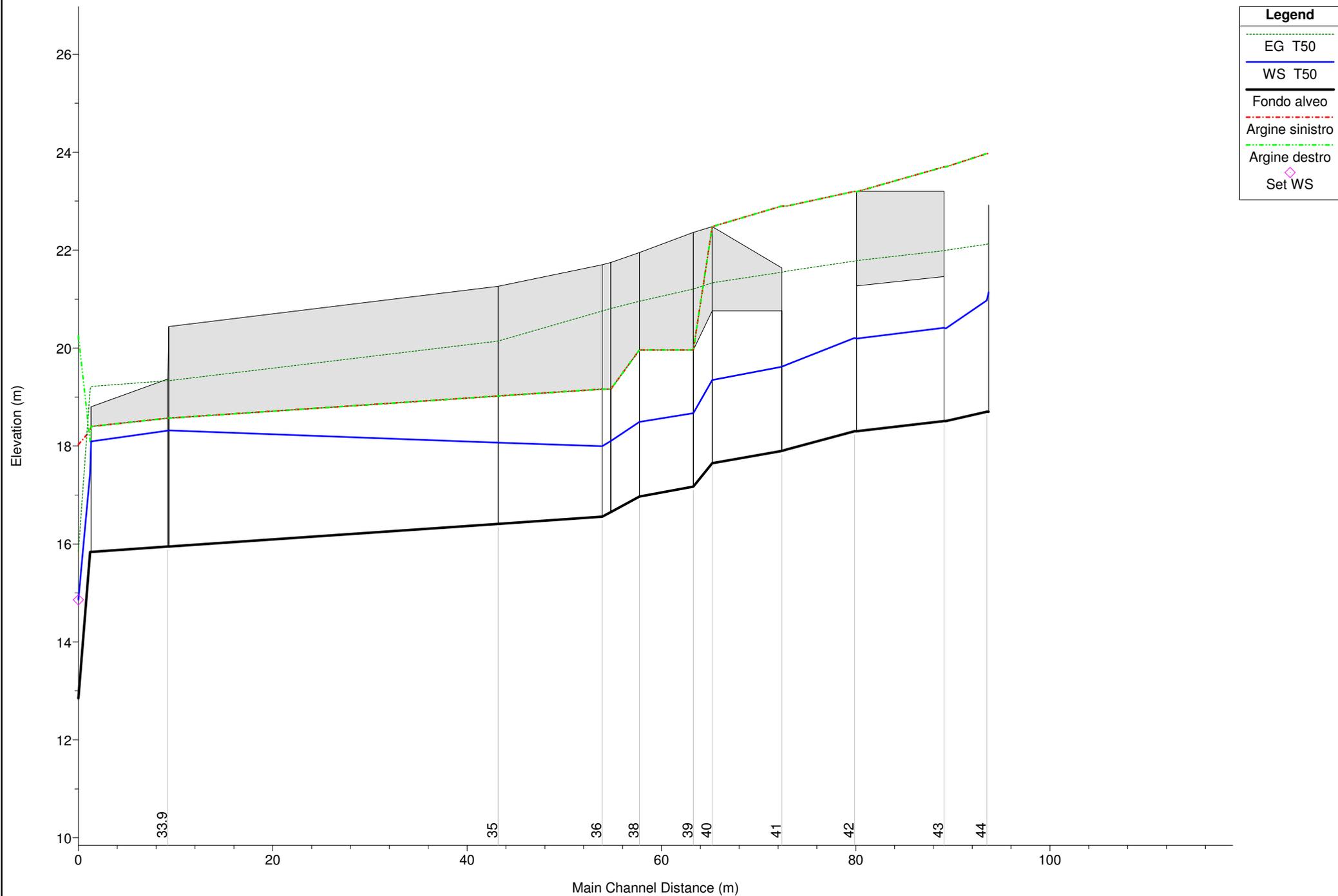


SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: via Ventimiglia - attuale



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m

SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: via Ventimiglia - attuale



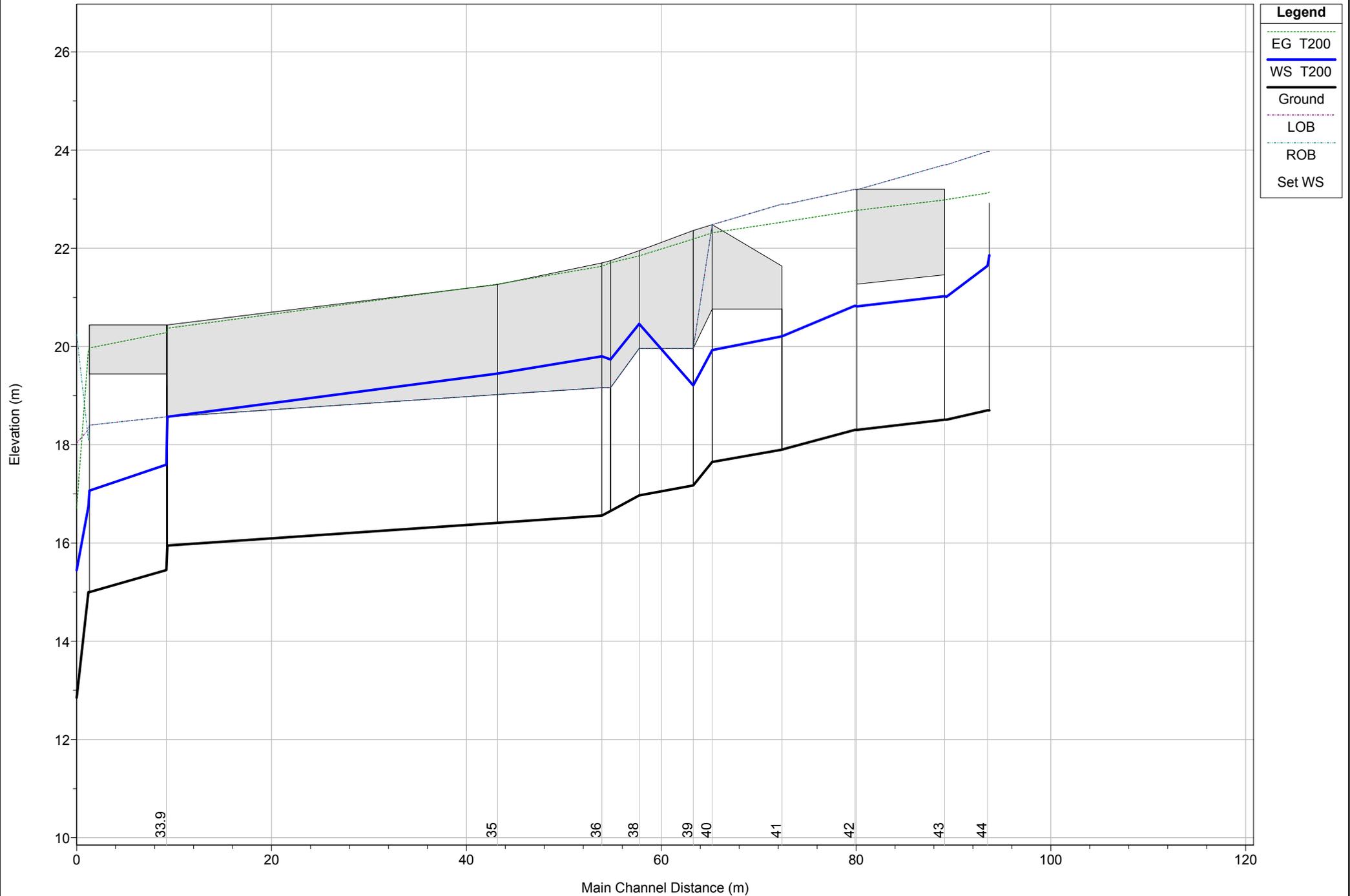
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: XXmiglia-ATT River: san Giuliano Reach: san Giuliano

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| san Giuliano | 44.1      | T50     | 36.00             | 18.70            | 22.10           | 22.10           | 21.14            | 2.44              | 2.44                | 22.13            | 4.42              | 8.14              | 3.34             | 0.90         |
| san Giuliano | 44.1      | T200    | 53.00             | 18.70            | 22.10           | 22.10           | 23.05            | 3.53              | 4.35                | 24.08            | 4.49              | 11.80             | 3.34             | 0.69         |
| san Giuliano | 44        | T50     | 36.00             | 18.70            | 23.97           | 23.97           | 20.97            | 2.27              | 2.27                | 22.12            | 4.74              | 7.59              | 3.34             | 1.00         |
| san Giuliano | 44        | T200    | 53.00             | 18.70            | 23.97           | 23.97           | 23.36            | 4.66              | 4.66                | 23.95            | 3.41              | 15.55             | 3.34             | 0.50         |
| san Giuliano | 43.1      | T50     | 36.00             | 18.51            | 23.70           | 23.70           | 20.40            | 1.89              | 1.89                | 22.00            | 5.59              | 6.44              | 3.40             | 1.30         |
| san Giuliano | 43.1      | T200    | 53.00             | 18.51            | 23.70           | 23.70           | 23.38            | 4.87              | 4.87                | 23.90            | 3.20              | 16.57             | 3.40             | 0.46         |
| san Giuliano | 43        | T50     | 36.00             | 18.51            | 21.46           | 21.46           | 20.41            | 1.91              | 1.91                | 21.99            | 5.56              | 6.48              | 3.40             | 1.29         |
| san Giuliano | 43        | T200    | 53.00             | 18.51            | 21.46           | 21.46           | 22.39            |                   | 3.88                | 23.81            | 5.28              | 10.03             |                  | 0.86         |
| san Giuliano | 42.1      | T50     | 36.00             | 18.30            | 21.27           | 21.27           | 20.20            | 1.90              | 1.90                | 21.79            | 5.59              | 6.44              | 3.40             | 1.30         |
| san Giuliano | 42.1      | T200    | 53.00             | 18.30            | 21.27           | 21.27           | 22.19            |                   | 3.89                | 23.59            | 5.25              | 10.10             |                  | 0.85         |
| san Giuliano | 42        | T50     | 36.00             | 18.30            | 23.20           | 23.20           | 20.21            | 1.91              | 1.91                | 21.78            | 5.55              | 6.48              | 3.40             | 1.28         |
| san Giuliano | 42        | T200    | 53.00             | 18.30            | 23.20           | 23.20           | 22.73            | 4.43              | 4.43                | 23.36            | 3.52              | 15.06             | 3.40             | 0.53         |
| san Giuliano | 41.1      | T50     | 36.00             | 17.93            | 22.90           | 22.90           | 19.66            | 1.73              | 1.73                | 21.57            | 6.12              | 5.88              | 3.40             | 1.49         |
| san Giuliano | 41.1      | T200    | 53.00             | 17.93            | 22.90           | 22.90           | 22.76            | 4.83              | 4.83                | 23.29            | 3.23              | 16.43             | 3.40             | 0.47         |
| san Giuliano | 41        | T50     | 36.00             | 17.90            | 20.76           | 20.76           | 19.62            | 1.72              | 1.72                | 21.55            | 6.16              | 5.85              | 3.40             | 1.50         |
| san Giuliano | 41        | T200    | 53.00             | 17.90            | 20.76           | 20.76           | 21.76            | 2.94              | 3.86                | 23.20            | 5.31              | 9.98              | 3.40             | 0.86         |
| san Giuliano | 40        | T50     | 36.00             | 17.65            | 20.76           | 20.76           | 19.35            | 1.70              | 1.70                | 21.33            | 6.24              | 5.77              | 3.40             | 1.53         |
| san Giuliano | 40        | T200    | 53.00             | 17.65            | 20.76           | 20.76           | 21.68            |                   | 4.03                | 22.96            | 5.01              | 10.57             |                  | 0.80         |
| san Giuliano | 39        | T50     | 36.00             | 17.17            | 19.96           | 19.96           | 18.67            | 1.50              | 1.50                | 21.21            | 7.06              | 5.10              | 3.40             | 1.84         |
| san Giuliano | 39        | T200    | 53.00             | 17.17            | 19.96           | 19.96           | 21.30            |                   | 4.13                | 22.89            | 5.59              | 9.49              |                  | 0.88         |
| san Giuliano | 38        | T50     | 36.00             | 16.97            | 19.96           | 19.96           | 18.49            | 1.52              | 1.52                | 20.96            | 6.96              | 5.18              | 3.40             | 1.80         |
| san Giuliano | 38        | T200    | 53.00             | 16.97            | 19.96           | 19.96           | 21.30            |                   | 4.33                | 22.69            | 5.21              | 10.17             |                  | 0.80         |
| san Giuliano | 37        | T50     | 36.00             | 16.65            | 19.16           | 19.16           | 18.10            | 1.45              | 1.45                | 20.81            | 7.28              | 4.94              | 3.40             | 1.93         |
| san Giuliano | 37        | T200    | 53.00             | 16.65            | 19.16           | 19.16           | 20.58            |                   | 3.93                | 22.54            | 6.21              | 8.53              |                  | 1.00         |
| san Giuliano | 36        | T50     | 36.00             | 16.56            | 19.16           | 19.16           | 18.00            | 1.44              | 1.44                | 20.76            | 7.36              | 4.89              | 3.40             | 1.96         |
| san Giuliano | 36        | T200    | 53.00             | 16.56            | 19.16           | 19.16           | 20.64            |                   | 4.08                | 22.47            | 6.00              | 8.84              |                  | 0.95         |
| san Giuliano | 35        | T50     | 36.00             | 16.41            | 19.02           | 19.02           | 18.07            | 1.66              | 1.66                | 20.14            | 6.38              | 5.64              | 3.40             | 1.58         |
| san Giuliano | 35        | T200    | 53.00             | 16.41            | 19.02           | 19.02           | 20.29            |                   | 3.88                | 22.11            | 5.97              | 8.87              |                  | 0.97         |
| san Giuliano | 34        | T50     | 36.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 18.32            | 2.37              | 2.37                | 19.34            | 4.47              | 8.05              | 3.40             | 0.93         |

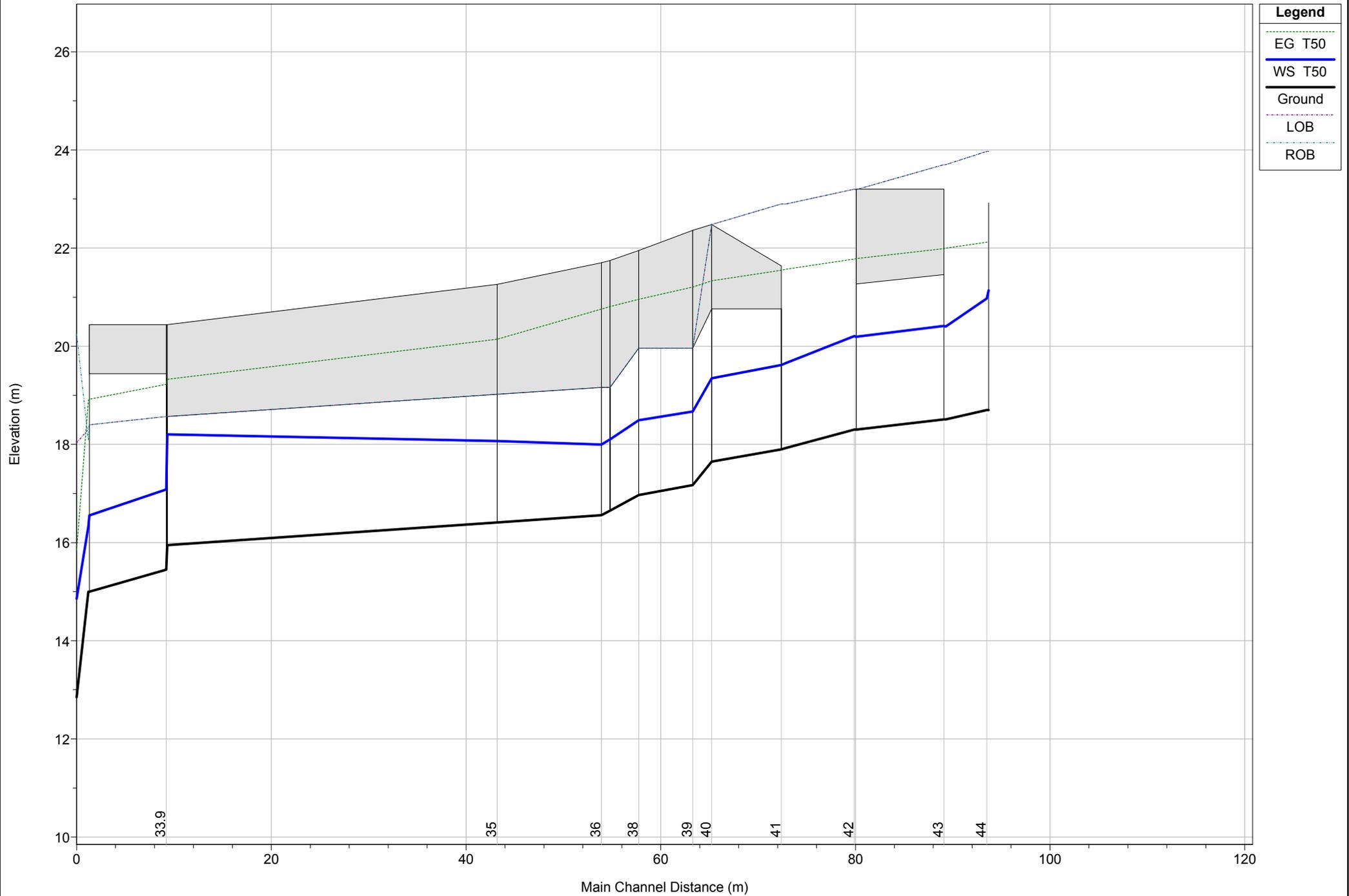
HEC-RAS Plan: XXmiglia-ATT River: san Giuliano Reach: san Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| san Giuliano | 34        | T200    | 53.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 19.17            |                   | 3.22                | 20.98            | 5.95              | 8.91              |                  | 1.06         |
| san Giuliano | 33.9      | T50     | 36.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 18.32            | 2.37              | 2.37                | 19.34            | 4.48              | 8.04              | 3.40             | 0.93         |
| san Giuliano | 33.9      | T200    | 53.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 19.17            |                   | 3.22                | 20.97            | 5.95              | 8.91              |                  | 1.06         |
| san Giuliano | 33.1      | T50     | 36.00             | 15.84            | 18.40           | 18.40           | 18.09            | 2.25              | 2.25                | 19.22            | 4.70              | 7.66              | 3.40             | 1.00         |
| san Giuliano | 33.1      | T200    | 53.00             | 15.84            | 18.40           | 18.40           | 19.16            | 2.92              | 3.32                | 20.61            | 5.35              | 9.91              | 3.40             | 0.94         |
| san Giuliano | 33        | T50     | 36.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.45            | 1.56              | 1.61                | 19.16            | 5.79              | 6.22              | 3.98             | 1.48         |
| san Giuliano | 33        | T200    | 53.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.69            | 1.79              | 1.85                | 20.48            | 7.40              | 7.16              | 4.01             | 1.77         |
| san Giuliano | 32        | T50     | 36.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 14.86            | 1.96              | 2.01                | 15.85            | 4.40              | 8.18              | 4.17             | 1.00         |
| san Giuliano | 32        | T200    | 53.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 15.45            | 2.52              | 2.60                | 16.71            | 4.97              | 10.67             | 4.23             | 1.00         |



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m

SanGiuliano-dom-nov-2014 Plan: via Ventimiglia FASE 1



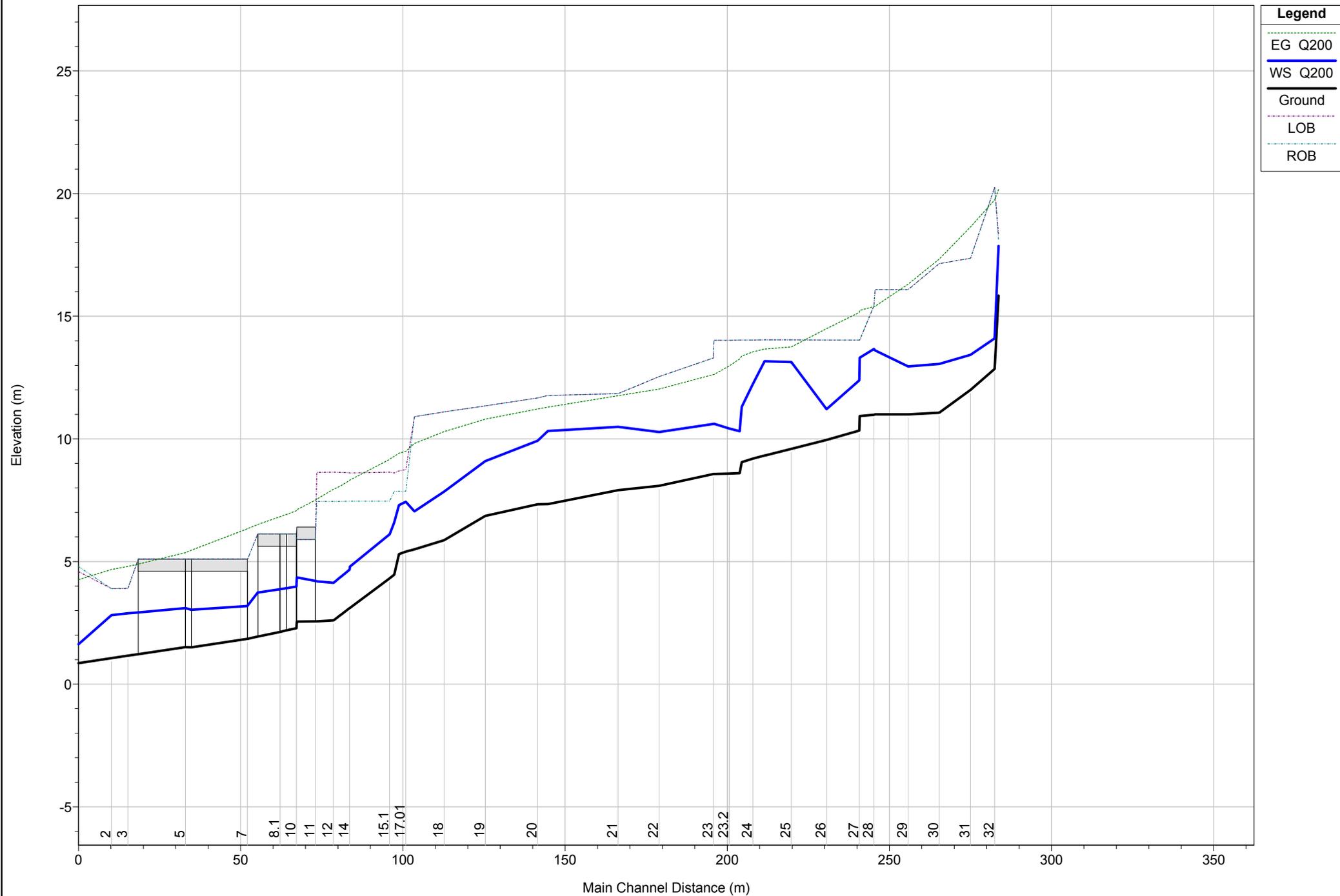
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: XXmiglia-ATT River: san Giuliano Reach: san Giuliano

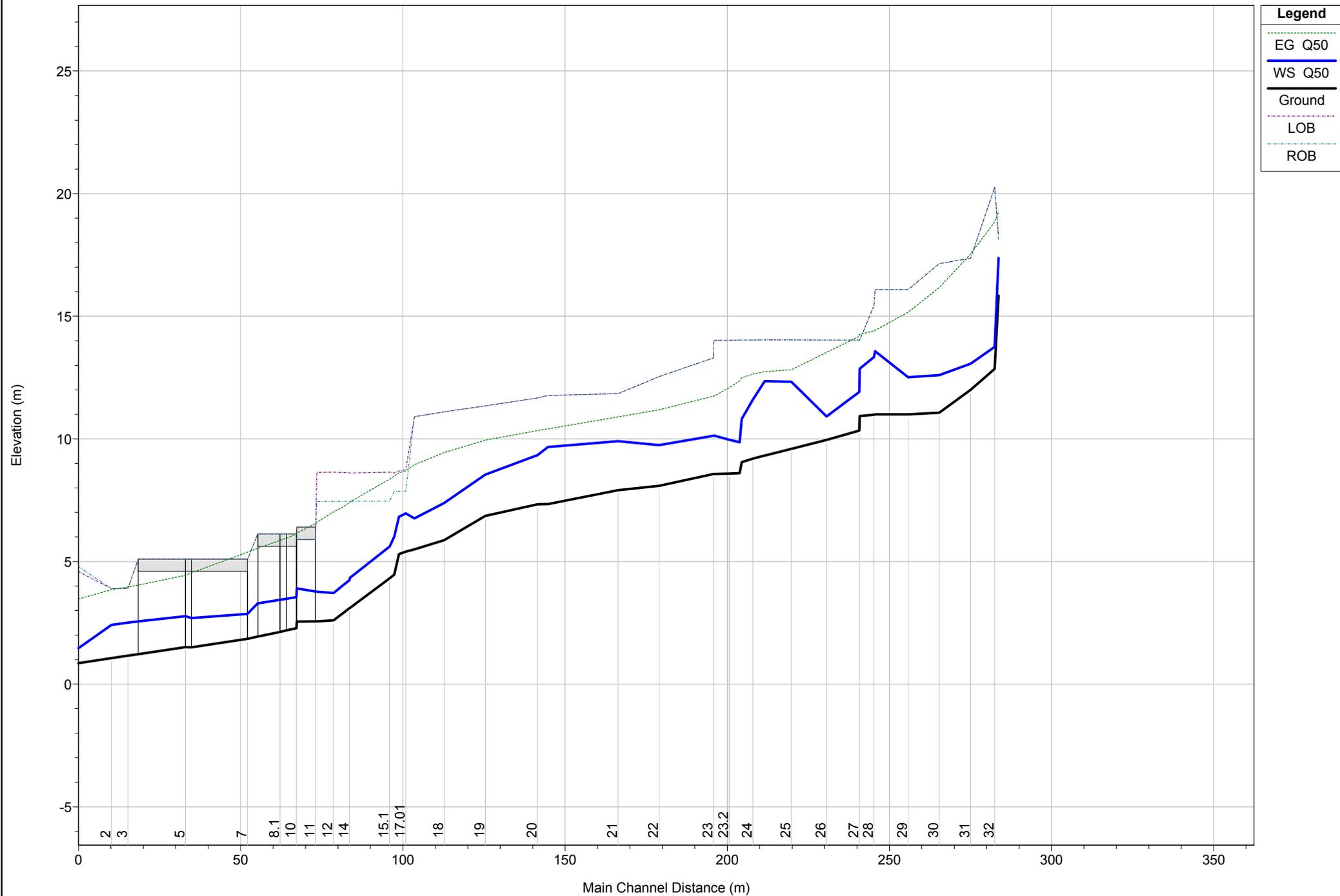
| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| san Giuliano | 44.1      | T50     | 36.00             | 18.70            | 22.10           | 22.10           | 21.14            | 2.44              | 2.44                | 22.13            | 4.42              | 8.14              | 3.34             | 0.90         |
| san Giuliano | 44.1      | T200    | 53.00             | 18.70            | 22.10           | 22.10           | 23.05            | 3.53              | 4.35                | 24.08            | 4.49              | 11.80             | 3.34             | 0.69         |
| san Giuliano | 44        | T50     | 36.00             | 18.70            | 23.97           | 23.97           | 20.97            | 2.27              | 2.27                | 22.12            | 4.74              | 7.59              | 3.34             | 1.00         |
| san Giuliano | 44        | T200    | 53.00             | 18.70            | 23.97           | 23.97           | 23.36            | 4.66              | 4.66                | 23.95            | 3.41              | 15.55             | 3.34             | 0.50         |
| san Giuliano | 43.1      | T50     | 36.00             | 18.51            | 23.70           | 23.70           | 20.40            | 1.89              | 1.89                | 22.00            | 5.59              | 6.44              | 3.40             | 1.30         |
| san Giuliano | 43.1      | T200    | 53.00             | 18.51            | 23.70           | 23.70           | 23.38            | 4.87              | 4.87                | 23.90            | 3.20              | 16.57             | 3.40             | 0.46         |
| san Giuliano | 43        | T50     | 36.00             | 18.51            | 21.46           | 21.46           | 20.41            | 1.91              | 1.91                | 21.99            | 5.56              | 6.48              | 3.40             | 1.29         |
| san Giuliano | 43        | T200    | 53.00             | 18.51            | 21.46           | 21.46           | 22.39            |                   | 3.88                | 23.81            | 5.28              | 10.03             |                  | 0.86         |
| san Giuliano | 42.1      | T50     | 36.00             | 18.30            | 21.27           | 21.27           | 20.20            | 1.90              | 1.90                | 21.79            | 5.59              | 6.44              | 3.40             | 1.30         |
| san Giuliano | 42.1      | T200    | 53.00             | 18.30            | 21.27           | 21.27           | 22.19            |                   | 3.89                | 23.59            | 5.25              | 10.10             |                  | 0.85         |
| san Giuliano | 42        | T50     | 36.00             | 18.30            | 23.20           | 23.20           | 20.21            | 1.91              | 1.91                | 21.78            | 5.55              | 6.48              | 3.40             | 1.28         |
| san Giuliano | 42        | T200    | 53.00             | 18.30            | 23.20           | 23.20           | 22.73            | 4.43              | 4.43                | 23.36            | 3.52              | 15.06             | 3.40             | 0.53         |
| san Giuliano | 41.1      | T50     | 36.00             | 17.93            | 22.90           | 22.90           | 19.66            | 1.73              | 1.73                | 21.57            | 6.12              | 5.88              | 3.40             | 1.49         |
| san Giuliano | 41.1      | T200    | 53.00             | 17.93            | 22.90           | 22.90           | 22.76            | 4.83              | 4.83                | 23.29            | 3.23              | 16.43             | 3.40             | 0.47         |
| san Giuliano | 41        | T50     | 36.00             | 17.90            | 20.76           | 20.76           | 19.62            | 1.72              | 1.72                | 21.55            | 6.16              | 5.85              | 3.40             | 1.50         |
| san Giuliano | 41        | T200    | 53.00             | 17.90            | 20.76           | 20.76           | 21.76            | 2.94              | 3.86                | 23.20            | 5.31              | 9.98              | 3.40             | 0.86         |
| san Giuliano | 40        | T50     | 36.00             | 17.65            | 20.76           | 20.76           | 19.35            | 1.70              | 1.70                | 21.33            | 6.24              | 5.77              | 3.40             | 1.53         |
| san Giuliano | 40        | T200    | 53.00             | 17.65            | 20.76           | 20.76           | 21.68            |                   | 4.03                | 22.96            | 5.01              | 10.57             |                  | 0.80         |
| san Giuliano | 39        | T50     | 36.00             | 17.17            | 19.96           | 19.96           | 18.67            | 1.50              | 1.50                | 21.21            | 7.06              | 5.10              | 3.40             | 1.84         |
| san Giuliano | 39        | T200    | 53.00             | 17.17            | 19.96           | 19.96           | 21.30            |                   | 4.13                | 22.89            | 5.59              | 9.49              |                  | 0.88         |
| san Giuliano | 38        | T50     | 36.00             | 16.97            | 19.96           | 19.96           | 18.49            | 1.52              | 1.52                | 20.96            | 6.96              | 5.18              | 3.40             | 1.80         |
| san Giuliano | 38        | T200    | 53.00             | 16.97            | 19.96           | 19.96           | 21.30            |                   | 4.33                | 22.69            | 5.21              | 10.17             |                  | 0.80         |
| san Giuliano | 37        | T50     | 36.00             | 16.65            | 19.16           | 19.16           | 18.10            | 1.45              | 1.45                | 20.81            | 7.28              | 4.94              | 3.40             | 1.93         |
| san Giuliano | 37        | T200    | 53.00             | 16.65            | 19.16           | 19.16           | 20.58            |                   | 3.93                | 22.54            | 6.21              | 8.53              |                  | 1.00         |
| san Giuliano | 36        | T50     | 36.00             | 16.56            | 19.16           | 19.16           | 18.00            | 1.44              | 1.44                | 20.76            | 7.36              | 4.89              | 3.40             | 1.96         |
| san Giuliano | 36        | T200    | 53.00             | 16.56            | 19.16           | 19.16           | 20.64            |                   | 4.08                | 22.47            | 6.00              | 8.84              |                  | 0.95         |
| san Giuliano | 35        | T50     | 36.00             | 16.41            | 19.02           | 19.02           | 18.07            | 1.66              | 1.66                | 20.14            | 6.38              | 5.64              | 3.40             | 1.58         |
| san Giuliano | 35        | T200    | 53.00             | 16.41            | 19.02           | 19.02           | 20.29            |                   | 3.88                | 22.11            | 5.97              | 8.87              |                  | 0.97         |
| san Giuliano | 34        | T50     | 36.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 18.32            | 2.37              | 2.37                | 19.34            | 4.47              | 8.05              | 3.40             | 0.93         |

HEC-RAS Plan: XXmiglia-ATT River: san Giuliano Reach: san Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| san Giuliano | 34        | T200    | 53.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 19.17            |                   | 3.22                | 20.98            | 5.95              | 8.91              |                  | 1.06         |
| san Giuliano | 33.9      | T50     | 36.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 18.32            | 2.37              | 2.37                | 19.34            | 4.48              | 8.04              | 3.40             | 0.93         |
| san Giuliano | 33.9      | T200    | 53.00             | 15.95            | 18.57           | 18.57           | 19.17            |                   | 3.22                | 20.97            | 5.95              | 8.91              |                  | 1.06         |
| san Giuliano | 33.1      | T50     | 36.00             | 15.84            | 18.40           | 18.40           | 18.09            | 2.25              | 2.25                | 19.22            | 4.70              | 7.66              | 3.40             | 1.00         |
| san Giuliano | 33.1      | T200    | 53.00             | 15.84            | 18.40           | 18.40           | 19.16            | 2.92              | 3.32                | 20.61            | 5.35              | 9.91              | 3.40             | 0.94         |
| san Giuliano | 33        | T50     | 36.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.45            | 1.56              | 1.61                | 19.16            | 5.79              | 6.22              | 3.98             | 1.48         |
| san Giuliano | 33        | T200    | 53.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.69            | 1.79              | 1.85                | 20.48            | 7.40              | 7.16              | 4.01             | 1.77         |
| san Giuliano | 32        | T50     | 36.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 14.86            | 1.96              | 2.01                | 15.85            | 4.40              | 8.18              | 4.17             | 1.00         |
| san Giuliano | 32        | T200    | 53.00             | 12.85            | 18.03           | 20.25           | 15.45            | 2.52              | 2.60                | 16.71            | 4.97              | 10.67             | 4.23             | 1.00         |



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 2 m



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 2 m

HEC-RAS Plan: SGIul-FIN River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 33        | Q50     | 36.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.38            | 1.50              | 1.54                | 19.25            | 6.07              | 5.93              | 3.97             | 1.58         |
| San-Giuliano | 33        | Q200    | 53.00             | 15.84            | 18.31           | 18.09           | 17.87            | 1.96              | 2.03                | 20.17            | 6.72              | 7.89              | 4.04             | 1.53         |
| San-Giuliano | 32        | Q50     | 36.00             | 12.85            | 20.25           | 20.25           | 13.75            | 0.89              | 0.90                | 18.84            | 10.00             | 3.60              | 4.05             | 3.39         |
| San-Giuliano | 32        | Q200    | 53.00             | 12.85            | 20.25           | 20.25           | 14.10            | 1.23              | 1.25                | 19.75            | 10.53             | 5.03              | 4.08             | 3.03         |
| San-Giuliano | 31        | Q50     | 36.00             | 12.00            | 17.37           | 17.37           | 13.06            | 1.01              | 1.06                | 17.54            | 9.37              | 3.84              | 3.79             | 2.97         |
| San-Giuliano | 31        | Q200    | 53.00             | 12.00            | 17.37           | 17.37           | 13.43            | 1.37              | 1.43                | 18.65            | 10.12             | 5.24              | 3.82             | 2.76         |
| San-Giuliano | 30        | Q50     | 36.00             | 11.07            | 17.15           | 17.15           | 12.60            | 1.33              | 1.53                | 16.17            | 8.38              | 4.30              | 3.23             | 2.32         |
| San-Giuliano | 30        | Q200    | 53.00             | 11.07            | 17.15           | 17.15           | 13.06            | 1.79              | 1.99                | 17.33            | 9.16              | 5.79              | 3.24             | 2.19         |
| San-Giuliano | 29        | Q50     | 36.00             | 11.00            | 16.09           | 16.09           | 12.51            | 1.44              | 1.51                | 15.16            | 7.21              | 4.99              | 3.46             | 1.92         |
| San-Giuliano | 29        | Q200    | 53.00             | 11.00            | 16.09           | 16.09           | 12.95            | 1.84              | 1.95                | 16.30            | 8.11              | 6.53              | 3.55             | 1.91         |
| San-Giuliano | 28.1992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 28.1      | Q50     | 36.00             | 11.00            | 16.09           | 16.09           | 13.57            | 2.38              | 2.57                | 14.43            | 4.11              | 8.77              | 3.68             | 0.85         |
| San-Giuliano | 28.1      | Q200    | 53.00             | 11.00            | 16.09           | 16.09           | 13.61            | 2.41              | 2.61                | 15.41            | 5.96              | 8.90              | 3.69             | 1.22         |
| San-Giuliano | 28        | Q50     | 36.00             | 10.98            | 15.43           | 15.43           | 13.34            | 2.13              | 2.36                | 14.40            | 4.57              | 7.88              | 3.71             | 1.00         |
| San-Giuliano | 28        | Q200    | 53.00             | 10.98            | 15.43           | 15.43           | 13.66            | 2.39              | 2.68                | 15.39            | 5.83              | 9.09              | 3.81             | 1.20         |
| San-Giuliano | 27.1      | Q50     | 36.00             | 10.93            | 14.03           | 14.03           | 12.86            | 1.77              | 1.93                | 14.27            | 5.27              | 6.84              | 3.86             | 1.26         |
| San-Giuliano | 27.1      | Q200    | 53.00             | 10.93            | 14.03           | 14.03           | 13.31            | 2.15              | 2.38                | 15.24            | 6.17              | 8.60              | 4.00             | 1.34         |
| San-Giuliano | 27        | Q50     | 36.00             | 10.34            | 14.03           | 14.03           | 11.91            | 1.46              | 1.57                | 14.18            | 6.67              | 5.39              | 3.69             | 1.76         |
| San-Giuliano | 27        | Q200    | 53.00             | 10.34            | 14.03           | 14.03           | 12.39            | 1.88              | 2.05                | 15.16            | 7.37              | 7.19              | 3.82             | 1.72         |
| San-Giuliano | 26.0992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 26        | Q50     | 36.00             | 9.96             | 14.03           | 14.03           | 10.92            | 0.95              | 0.96                | 13.53            | 7.17              | 5.02              | 5.30             | 2.35         |
| San-Giuliano | 26        | Q200    | 53.00             | 9.96             | 14.03           | 14.03           | 11.21            | 1.24              | 1.25                | 14.50            | 8.03              | 6.60              | 5.33             | 2.31         |
| San-Giuliano | 25        | Q50     | 36.00             | 9.59             | 14.04           | 14.04           | 12.33            | 2.58              | 2.74                | 12.82            | 3.10              | 11.60             | 4.49             | 0.62         |
| San-Giuliano | 25        | Q200    | 53.00             | 9.59             | 14.04           | 14.04           | 13.14            | 3.33              | 3.55                | 13.75            | 3.47              | 15.28             | 4.59             | 0.61         |
| San-Giuliano | 24.2      | Q50     | 36.00             | 9.32             | 14.04           | 14.04           | 12.35            | 2.68              | 3.03                | 12.74            | 2.77              | 12.99             | 4.85             | 0.54         |
| San-Giuliano | 24.2      | Q200    | 53.00             | 9.32             | 14.04           | 14.04           | 13.17            | 3.40              | 3.85                | 13.66            | 3.11              | 17.05             | 5.02             | 0.54         |
| San-Giuliano | 24.1      | Q50     | 36.00             | 9.32             | 14.04           | 14.04           | 12.35            | 2.68              | 3.03                | 12.74            | 2.77              | 12.99             | 4.85             | 0.54         |
| San-Giuliano | 24.1      | Q200    | 53.00             | 9.32             | 14.04           | 14.04           | 13.17            | 3.39              | 3.85                | 13.66            | 3.11              | 17.04             | 5.02             | 0.54         |

HEC-RAS Plan: SGiul-FIN River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 24        | Q50     | 36.00             | 9.20             | 14.03           | 14.03           | 11.60            | 2.07              | 2.40                | 12.64            | 4.52              | 7.97              | 3.86             | 1.00         |
| San-Giuliano | 24        | Q200    | 53.00             | 9.20             | 14.03           | 14.03           | 12.23            | 2.62              | 3.03                | 13.55            | 5.08              | 10.44             | 3.99             | 1.00         |
| San-Giuliano | 23.4      | Q50     | 36.00             | 9.05             | 14.03           | 14.03           | 10.81            | 1.53              | 1.76                | 12.49            | 5.74              | 6.27              | 4.10             | 1.48         |
| San-Giuliano | 23.4      | Q200    | 53.00             | 9.05             | 14.03           | 14.03           | 11.31            | 2.00              | 2.26                | 13.38            | 6.37              | 8.32              | 4.15             | 1.44         |
| San-Giuliano | 23.3      | Q50     | 36.00             | 8.60             | 14.03           | 14.03           | 9.87             | 1.25              | 1.27                | 12.37            | 7.01              | 5.13              | 4.10             | 2.00         |
| San-Giuliano | 23.3      | Q200    | 53.00             | 8.60             | 14.03           | 14.03           | 10.31            | 1.69              | 1.71                | 13.26            | 7.60              | 6.97              | 4.13             | 1.87         |
| San-Giuliano | 23.2      | Q50     | 36.00             | 8.59             | 14.02           | 14.02           | 9.96             | 1.36              | 1.37                | 12.08            | 6.45              | 5.58              | 4.12             | 1.77         |
| San-Giuliano | 23.2      | Q200    | 53.00             | 8.59             | 14.02           | 14.02           | 10.43            | 1.80              | 1.84                | 12.98            | 7.07              | 7.49              | 4.16             | 1.68         |
| San-Giuliano | 23.1      | Q50     | 36.00             | 8.57             | 14.02           | 14.02           | 10.14            | 1.53              | 1.57                | 11.75            | 5.62              | 6.40              | 4.18             | 1.45         |
| San-Giuliano | 23.1      | Q200    | 53.00             | 8.57             | 14.02           | 14.02           | 10.62            | 1.99              | 2.05                | 12.63            | 6.28              | 8.44              | 4.23             | 1.42         |
| San-Giuliano | 23        | Q50     | 36.00             | 8.57             | 13.30           | 13.30           | 10.13            | 1.52              | 1.56                | 11.74            | 5.62              | 6.41              | 4.20             | 1.45         |
| San-Giuliano | 23        | Q200    | 53.00             | 8.57             | 13.30           | 13.30           | 10.61            | 1.97              | 2.04                | 12.62            | 6.29              | 8.42              | 4.27             | 1.43         |
| San-Giuliano | 22.0992   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 22        | Q50     | 36.00             | 8.09             | 12.54           | 12.54           | 9.74             | 1.62              | 1.65                | 11.18            | 5.31              | 6.78              | 4.19             | 1.33         |
| San-Giuliano | 22        | Q200    | 53.00             | 8.09             | 12.54           | 12.54           | 10.28            | 2.13              | 2.19                | 12.03            | 5.86              | 9.05              | 4.25             | 1.28         |
| San-Giuliano | 21        | Q50     | 36.00             | 7.91             | 11.85           | 11.85           | 9.91             | 1.96              | 2.00                | 10.90            | 4.40              | 8.18              | 4.17             | 1.00         |
| San-Giuliano | 21        | Q200    | 53.00             | 7.91             | 11.85           | 11.85           | 10.49            | 2.52              | 2.58                | 11.76            | 4.99              | 10.62             | 4.22             | 1.00         |
| San-Giuliano | 20.2      | Q50     | 36.00             | 7.34             | 11.77           | 11.77           | 9.67             | 2.30              | 2.33                | 10.41            | 3.82              | 9.42              | 4.10             | 0.80         |
| San-Giuliano | 20.2      | Q200    | 53.00             | 7.34             | 11.77           | 11.77           | 10.32            | 2.93              | 2.98                | 11.30            | 4.38              | 12.11             | 4.13             | 0.82         |
| San-Giuliano | 20.1      | Q50     | 36.00             | 7.34             | 11.77           | 11.77           | 9.66             | 2.30              | 2.32                | 10.41            | 3.82              | 9.41              | 4.10             | 0.81         |
| San-Giuliano | 20.1      | Q200    | 53.00             | 7.34             | 11.77           | 11.77           | 10.32            | 2.93              | 2.98                | 11.29            | 4.38              | 12.10             | 4.13             | 0.82         |
| San-Giuliano | 20        | Q50     | 36.00             | 7.33             | 11.67           | 11.67           | 9.34             | 1.99              | 2.01                | 10.34            | 4.43              | 8.12              | 4.09             | 1.00         |
| San-Giuliano | 20        | Q200    | 53.00             | 7.33             | 11.67           | 11.67           | 9.93             | 2.56              | 2.60                | 11.22            | 5.03              | 10.53             | 4.11             | 1.00         |
| San-Giuliano | 19        | Q50     | 36.00             | 6.86             | 11.35           | 11.35           | 8.55             | 1.66              | 1.68                | 9.95             | 5.25              | 6.86              | 4.14             | 1.30         |
| San-Giuliano | 19        | Q200    | 53.00             | 6.86             | 11.35           | 11.35           | 9.09             | 2.18              | 2.23                | 10.81            | 5.80              | 9.13              | 4.18             | 1.25         |
| San-Giuliano | 18        | Q50     | 36.00             | 5.87             | 11.10           | 11.10           | 7.38             | 1.36              | 1.51                | 9.44             | 6.35              | 5.67              | 4.18             | 1.74         |
| San-Giuliano | 18        | Q200    | 53.00             | 5.87             | 11.10           | 11.10           | 7.85             | 1.80              | 1.98                | 10.30            | 6.93              | 7.65              | 4.24             | 1.65         |
| San-Giuliano | 17.1      | Q50     | 36.00             | 5.50             | 10.91           | 10.91           | 6.76             | 0.94              | 1.26                | 8.95             | 6.57              | 5.48              | 5.83             | 2.16         |
| San-Giuliano | 17.1      | Q200    | 53.00             | 5.50             | 10.91           | 10.91           | 7.05             | 1.23              | 1.55                | 9.82             | 7.37              | 7.19              | 5.86             | 2.12         |

HEC-RAS Plan: SGIul-FIN River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 17.01     | Q50     | 36.00             | 5.40             | 8.75            | 7.87            | 6.96             | 1.34              | 1.56                | 8.70             | 5.83              | 6.17              | 4.61             | 1.61         |
| San-Giuliano | 17.01     | Q200    | 53.00             | 5.40             | 8.75            | 7.87            | 7.43             | 1.79              | 2.03                | 9.49             | 6.36              | 8.34              | 4.65             | 1.52         |
| San-Giuliano | 17.0092   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 17        | Q50     | 36.00             | 5.30             | 8.70            | 7.87            | 6.82             | 1.34              | 1.52                | 8.62             | 5.93              | 6.07              | 4.52             | 1.63         |
| San-Giuliano | 17        | Q200    | 53.00             | 5.30             | 8.70            | 7.87            | 7.30             | 1.81              | 2.00                | 9.41             | 6.44              | 8.23              | 4.56             | 1.53         |
| San-Giuliano | 16        | Q50     | 36.00             | 4.46             | 8.61            | 7.87            | 6.01             | 1.53              | 1.55                | 8.48             | 6.97              | 5.17              | 3.38             | 1.80         |
| San-Giuliano | 16        | Q200    | 53.00             | 4.46             | 8.61            | 7.87            | 6.59             | 1.80              | 2.13                | 9.29             | 7.28              | 7.28              | 4.04             | 1.73         |
| San-Giuliano | 15.2      | Q50     | 36.00             | 4.32             | 8.65            | 7.47            | 5.61             | 1.27              | 1.29                | 8.37             | 7.36              | 4.89              | 3.85             | 2.08         |
| San-Giuliano | 15.2      | Q200    | 53.00             | 4.32             | 8.65            | 7.47            | 6.11             | 1.75              | 1.79                | 9.18             | 7.75              | 6.84              | 3.90             | 1.87         |
| San-Giuliano | 15.1      | Q50     | 36.00             | 4.31             | 8.65            | 7.46            | 5.60             | 1.27              | 1.29                | 8.36             | 7.36              | 4.89              | 3.85             | 2.08         |
| San-Giuliano | 15.1      | Q200    | 53.00             | 4.31             | 8.65            | 7.46            | 6.10             | 1.75              | 1.79                | 9.17             | 7.75              | 6.84              | 3.90             | 1.87         |
| San-Giuliano | 15        | Q50     | 36.00             | 3.11             | 8.61            | 7.46            | 4.34             | 1.21              | 1.23                | 7.43             | 7.79              | 4.62              | 3.81             | 2.26         |
| San-Giuliano | 15        | Q200    | 53.00             | 3.11             | 8.61            | 7.46            | 4.79             | 1.66              | 1.68                | 8.33             | 8.33              | 6.36              | 3.84             | 2.07         |
| San-Giuliano | 14        | Q50     | 36.00             | 3.10             | 8.62            | 7.46            | 4.24             | 1.14              | 1.14                | 7.41             | 7.88              | 4.57              | 4.00             | 2.36         |
| San-Giuliano | 14        | Q200    | 53.00             | 3.10             | 8.62            | 7.46            | 4.67             | 1.57              | 1.57                | 8.31             | 8.45              | 6.27              | 4.00             | 2.15         |
| San-Giuliano | 13.2991   |         | Lat Struct        |                  |                 |                 |                  |                   |                     |                  |                   |                   |                  |              |
| San-Giuliano | 13.2      | Q50     | 36.00             | 2.82             | 8.64            | 7.45            | 3.95             | 1.13              | 1.13                | 7.17             | 7.94              | 4.53              | 4.00             | 2.38         |
| San-Giuliano | 13.2      | Q200    | 53.00             | 2.82             | 8.64            | 7.45            | 4.37             | 1.55              | 1.55                | 8.08             | 8.54              | 6.21              | 4.00             | 2.19         |
| San-Giuliano | 13.1      | Q50     | 36.00             | 2.81             | 8.64            | 7.45            | 3.94             | 1.13              | 1.13                | 7.16             | 7.95              | 4.53              | 4.00             | 2.38         |
| San-Giuliano | 13.1      | Q200    | 53.00             | 2.81             | 8.64            | 7.45            | 4.36             | 1.55              | 1.55                | 8.08             | 8.54              | 6.21              | 4.00             | 2.19         |
| San-Giuliano | 13        | Q50     | 36.00             | 2.61             | 8.65            | 7.45            | 3.73             | 1.12              | 1.12                | 7.03             | 8.05              | 4.47              | 4.00             | 2.43         |
| San-Giuliano | 13        | Q200    | 53.00             | 2.61             | 8.65            | 7.45            | 4.14             | 1.53              | 1.53                | 7.95             | 8.65              | 6.13              | 4.00             | 2.23         |
| San-Giuliano | 12        | Q50     | 36.00             | 2.60             | 8.65            | 7.45            | 3.72             | 1.12              | 1.12                | 7.02             | 8.05              | 4.47              | 4.00             | 2.43         |
| San-Giuliano | 12        | Q200    | 53.00             | 2.60             | 8.65            | 7.45            | 4.13             | 1.53              | 1.53                | 7.95             | 8.65              | 6.12              | 4.00             | 2.23         |
| San-Giuliano | 11.5      | Q50     | 36.00             | 2.56             | 8.64            | 7.45            | 3.77             | 1.21              | 1.21                | 6.59             | 7.44              | 4.84              | 4.00             | 2.16         |
| San-Giuliano | 11.5      | Q200    | 53.00             | 2.56             | 8.64            | 7.45            | 4.19             | 1.63              | 1.63                | 7.54             | 8.11              | 6.54              | 4.00             | 2.03         |
| San-Giuliano | 11        | Q50     | 36.00             | 2.56             | 5.90            | 5.90            | 3.78             | 1.22              | 1.22                | 6.55             | 7.37              | 4.89              | 4.00             | 2.13         |
| San-Giuliano | 11        | Q200    | 53.00             | 2.56             | 5.90            | 5.90            | 4.21             | 1.65              | 1.65                | 7.51             | 8.05              | 6.59              | 4.00             | 2.00         |

HEC-RAS Plan: SGIul-FIN River: San-Giuliano Reach: San-Giuliano (Continued)

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | LOB Elev<br>(m) | ROB Elev<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Hydr Depth<br>(m) | Max Chl Dpth<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| San-Giuliano | 10.1      | Q50     | 36.00             | 2.55             | 5.90            | 5.90            | 3.91             | 1.36              | 1.36                | 6.15             | 6.64              | 5.42              | 4.00             | 1.82         |
| San-Giuliano | 10.1      | Q200    | 53.00             | 2.55             | 5.90            | 5.90            | 4.35             | 1.80              | 1.80                | 7.11             | 7.36              | 7.20              | 4.00             | 1.75         |
| San-Giuliano | 10        | Q50     | 36.00             | 2.28             | 5.62            | 5.62            | 3.55             | 1.27              | 1.27                | 6.12             | 7.10              | 5.07              | 4.00             | 2.01         |
| San-Giuliano | 10        | Q200    | 53.00             | 2.28             | 5.62            | 5.62            | 3.98             | 1.70              | 1.70                | 7.07             | 7.79              | 6.80              | 4.00             | 1.91         |
| San-Giuliano | 9         | Q50     | 36.00             | 2.19             | 5.62            | 5.62            | 3.48             | 1.29              | 1.29                | 5.95             | 6.97              | 5.17              | 4.00             | 1.96         |
| San-Giuliano | 9         | Q200    | 53.00             | 2.19             | 5.62            | 5.62            | 3.92             | 1.73              | 1.73                | 6.92             | 7.68              | 6.90              | 4.00             | 1.87         |
| San-Giuliano | 8.1       | Q50     | 36.00             | 2.13             | 5.62            | 5.62            | 3.44             | 1.31              | 1.31                | 5.86             | 6.89              | 5.22              | 4.00             | 1.93         |
| San-Giuliano | 8.1       | Q200    | 53.00             | 2.13             | 5.62            | 5.62            | 3.87             | 1.74              | 1.74                | 6.82             | 7.61              | 6.96              | 4.00             | 1.84         |
| San-Giuliano | 8         | Q50     | 36.00             | 1.94             | 5.62            | 5.62            | 3.29             | 1.35              | 1.35                | 5.54             | 6.64              | 5.42              | 4.00             | 1.82         |
| San-Giuliano | 8         | Q200    | 53.00             | 1.94             | 5.62            | 5.62            | 3.74             | 1.80              | 1.80                | 6.51             | 7.38              | 7.18              | 4.00             | 1.76         |
| San-Giuliano | 7.2       | Q50     | 36.00             | 1.94             | 6.12            | 6.12            | 3.30             | 1.36              | 1.36                | 5.54             | 6.64              | 5.42              | 4.00             | 1.82         |
| San-Giuliano | 7.2       | Q200    | 53.00             | 1.94             | 6.12            | 6.12            | 3.74             | 1.80              | 1.80                | 6.51             | 7.37              | 7.19              | 4.00             | 1.76         |
| San-Giuliano | 7.1       | Q50     | 36.00             | 1.85             | 5.10            | 5.10            | 2.88             | 1.03              | 1.03                | 5.39             | 7.02              | 5.13              | 5.00             | 2.21         |
| San-Giuliano | 7.1       | Q200    | 53.00             | 1.85             | 5.10            | 5.10            | 3.20             | 1.35              | 1.35                | 6.34             | 7.86              | 6.75              | 5.00             | 2.16         |
| San-Giuliano | 7         | Q50     | 36.00             | 1.85             | 4.60            | 4.60            | 2.86             | 1.01              | 1.01                | 5.38             | 7.03              | 5.12              | 5.05             | 2.23         |
| San-Giuliano | 7         | Q200    | 53.00             | 1.85             | 4.60            | 4.60            | 3.18             | 1.33              | 1.33                | 6.34             | 7.87              | 6.74              | 5.05             | 2.18         |
| San-Giuliano | 6         | Q50     | 36.00             | 1.50             | 4.60            | 4.60            | 2.70             | 1.20              | 1.20                | 4.54             | 6.01              | 5.99              | 5.00             | 1.75         |
| San-Giuliano | 6         | Q200    | 53.00             | 1.50             | 4.60            | 4.60            | 3.03             | 1.53              | 1.53                | 5.47             | 6.91              | 7.67              | 5.00             | 1.78         |
| San-Giuliano | 5         | Q50     | 36.00             | 1.51             | 4.60            | 4.60            | 2.77             | 1.26              | 1.26                | 4.44             | 5.73              | 6.28              | 5.00             | 1.63         |
| San-Giuliano | 5         | Q200    | 53.00             | 1.51             | 4.60            | 4.60            | 3.10             | 1.59              | 1.59                | 5.36             | 6.66              | 7.96              | 5.00             | 1.68         |
| San-Giuliano | 4         | Q50     | 36.00             | 1.22             | 4.60            | 4.60            | 2.56             | 1.33              | 1.33                | 4.04             | 5.39              | 6.67              | 5.00             | 1.49         |
| San-Giuliano | 4         | Q200    | 53.00             | 1.22             | 4.60            | 4.60            | 2.93             | 1.71              | 1.71                | 4.89             | 6.22              | 8.53              | 5.00             | 1.52         |
| San-Giuliano | 3         | Q50     | 36.00             | 1.16             | 3.90            | 3.91            | 2.51             | 1.35              | 1.35                | 3.96             | 5.35              | 6.73              | 5.00             | 1.47         |
| San-Giuliano | 3         | Q200    | 53.00             | 1.16             | 3.90            | 3.91            | 2.89             | 1.73              | 1.73                | 4.80             | 6.13              | 8.65              | 5.00             | 1.49         |
| San-Giuliano | 2         | Q50     | 36.00             | 1.06             | 3.90            | 3.90            | 2.42             | 1.36              | 1.36                | 3.85             | 5.31              | 6.78              | 5.00             | 1.45         |
| San-Giuliano | 2         | Q200    | 53.00             | 1.06             | 3.90            | 3.90            | 2.81             | 1.75              | 1.75                | 4.67             | 6.04              | 8.77              | 5.00             | 1.46         |
| San-Giuliano | 1         | Q50     | 36.00             | 0.86             | 4.59            | 4.79            | 1.47             | 0.58              | 0.61                | 3.47             | 6.27              | 5.74              | 9.86             | 2.62         |
| San-Giuliano | 1         | Q200    | 53.00             | 0.86             | 4.59            | 4.79            | 1.63             | 0.73              | 0.77                | 4.26             | 7.19              | 7.37              | 10.06            | 2.68         |

# **APPENDICE 1**

## **SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 4.1**

Il software di calcolo *Hec-Ras 4.1* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove  $H_1[m]$  ed  $H_2[m]$  sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato,  $h_f[m]$  sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre  $h_e[m]$  è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare  $h_f$  dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con  $j_f$  pendenza motrice nel tratto di lunghezza  $L[m]$ .

Il calcolo di  $j_f$  è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice  $J$  in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine  $J$  nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[ \frac{Q}{K} \right]^2$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata di calcolo e  $K$  (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove  $A[m^2]$  l'area della sezione liquida,  $R[m]$  il raggio idraulico e  $n[m^{-1/3} s]$  è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente  $n$  è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine  $h_e$  dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove  $\beta$  è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato,  $V_1$  e  $V_2 [m/s]$  sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro  $n$  di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombature (*bridge and culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata defluita attraverso la luce di area  $A[m^2]$ ,  $H[m]$  è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e  $C$  è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata defluita sulla soglia di larghezza  $L[m]$  e  $H[m]$  è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e  $C$  è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalco del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluite al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello supera le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.

## **APPENDICE 2**

**SOFTWARE DI CALCOLO INFOWORKS ICM**

## A1. GENERALITA'

Il codice di calcolo InfoWorks ICM di HR Wallingford - Innovyze nasce per consentire la modellazione numerica integrata di alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane.

Il modulo InfoWorks ICM costituisce un sistema di calcolo a moto vario monodimensionale e bidimensionale che utilizza la metodologia dei volumi finiti.

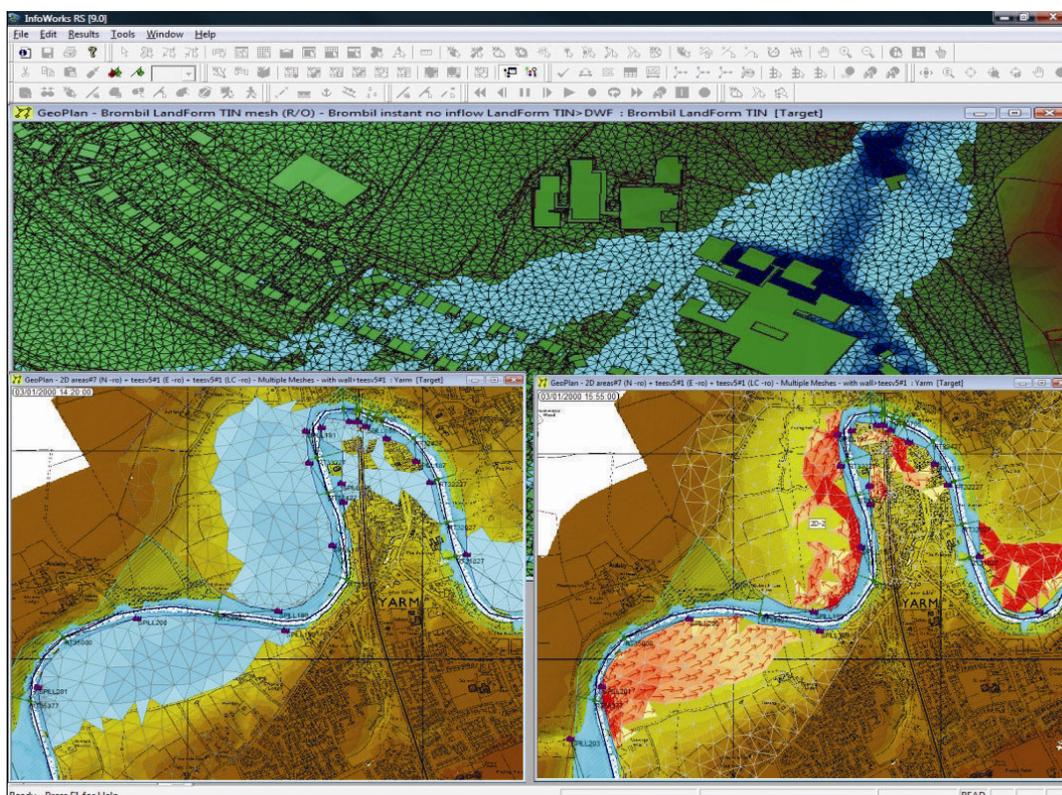
Il software consente di rappresentare in modo completo e accurato tutte le situazioni reali dei corsi d'acqua anche quando sono presenti complesse interferenze con reticoli fognari e/o di bonifica.

All'interno di un'unica interfaccia utente si possono rappresentare sezioni fluviali aperte con approccio monodimensionale, domini bidimensionali, reti di drenaggio chiuse e tutti i manufatti speciali presenti in ambito fluviale o fognario (ponti, soglie, sollevamenti, scaricatori di piena ecc).

Le aste fluviali possono essere rappresentate, secondo le preferenze dell'utente, o con un dominio interamente 2D (comprendente sia l'alveo inciso che le golene) che con modellazione mista (generalmente 1D per l'alveo inciso e 2D per le zone di espansione golenali).

E' ovviamente anche possibile modellare le aste fluviali con tradizionali rappresentazioni 1D.

Per quanto riguarda invece la rappresentazione di reti di drenaggio urbano la tecnica oramai consolidata è quella di rappresentare il reticolo interrato con elementi 1D e l'eventuale esondazione con domini 2D.



## A2. APPROCCIO NUMERICO PER LA COMPONENTE 1D

### A2.1. Equazioni di governo

Il moto idraulico all'interno degli elementi monodimensionali che lavorano a pelo libero (sia le tratte fluviali aperte o tubazioni) vengono risolte con l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant (conservazione della massa e della quantità di moto).

Le equazioni sono le seguenti:

1 Continuità (conservazione della massa):

$$2 \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

Moto (conservazione della quantità di moto):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

3 dove:

4  $q$  eventuale portata in ingresso (lateral inflow)

5  $A[m^2]$  area della sezione liquida

6  $Q[m^3/s]$  portata

7  $x[m]$  ascissa lungo l'asse del singolo tratto

8  $t[s]$  tempo

9  $g[m/s^2]$  costante gravitazionale

10  $H[m]$  carico piezometrico dato da  $z+h$

11  $z[m]$  quota di scorrimento

12  $h[m]$  livello idrico

13  $S_f[m/m]$  pendenza motrice definita come:  $S_f = \frac{Q \cdot |Q|}{K^2}$

dove  $K$  è un termine denominato "conveyance" definito, in accordo con l'equazione di Manning:

$$K^2 = \frac{A^2 \cdot R^{\frac{4}{3}}}{n^2} \quad \text{e} \quad R = \frac{A}{P}$$

dove:

14  $R[m]$  raggio idraulico

15  $P[m]$  perimetro bagnato

16  $n$  coefficiente di scabrezza di Manning

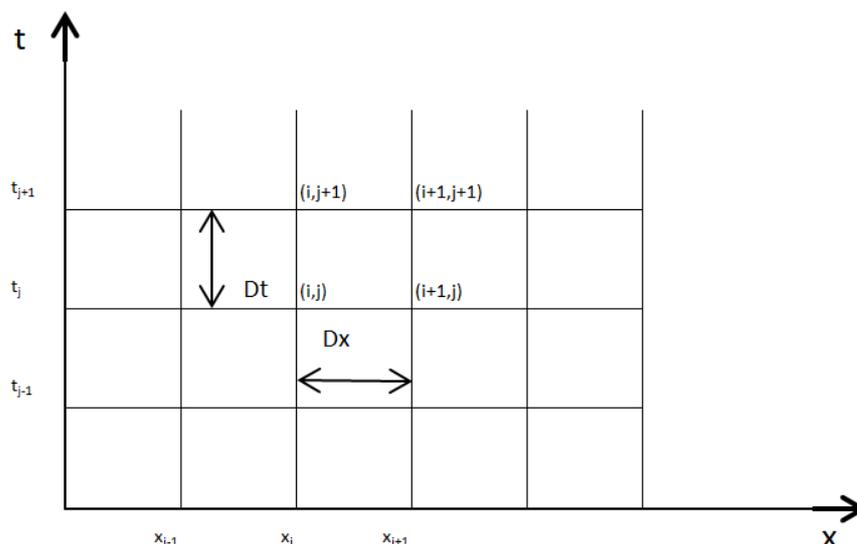
Per la definizione della conveyance il programma consente l'utilizzo di diverse formulazioni oltre a quella di Manning, quali ad esempio Colebrook-White e Strickler. Ai fini della loro integrazione queste equazioni vengono opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks è quello dei 4 punti di Priessmann e il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

InfoWorks simula anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) mediante la tecnica dello *slot* per il quale si ipotizza la presenza di una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al piano campagna. In tal modo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità nella transizione da moto a gravità a quello in pressione (per tubi in cui invece permane costantemente il moto in pressione, come le condotte di mandata, è possibile utilizzare un sistema di equazioni più appropriato che elimina l'artificio dello *slot*).

La metodologia di calcolo in moto vario tiene conto anche dei volumi in gioco e quindi delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in alveo o in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello (effetto di laminazione).

### A2.3 Discretizzazione delle equazioni di governo

Ai fini della discretizzazione delle equazioni di de Saint Venant, InfoWorks utilizza lo schema implicito di Preissmann riportato nella figura seguente:



Il valore della funzione  $f$  o delle sue derivate continue nel tempo e nello spazio può essere discretizzato come segue:

$$f(x, t) = \frac{1}{2} \cdot \left[ \vartheta \cdot \left( f_{i+1}^{j+1} + f_i^{j+1} \right) + (1 - \vartheta) \cdot \left( f_{i+1}^j + f_i^j \right) \right]$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{1}{Dx} \cdot \left[ \vartheta \cdot \left( f_{i+1}^{j+1} - f_i^{j+1} \right) + (1 - \vartheta) \cdot \left( f_{i+1}^j - f_i^j \right) \right]$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{2 \cdot Dt} \cdot \left[ \left( f_{i+1}^{j+1} - f_{i+1}^j \right) + \left( f_i^{j+1} - f_i^j \right) \right]$$

Dove:

17  $\vartheta$  è un coefficiente che varia da 0.5 a 1

18  $f_i^j$  è il valore della funzione  $f$  valutata al punto  $(x_i, t_j)$

In base a tali assunti entrambe le equazioni di De Saint Venant possono essere trasformate nella forma lineare:

$$a \cdot Q_i^{j+1} + b \cdot H_i^{j+1} + c \cdot Q_{i+1}^{j+1} + d \cdot H_{i+1}^{j+1} = e$$

I valori  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  ed  $e$  sono calcolati per ciascuna iterazione e ciascun nodo del canale aperto e dipendono dalle variabili calcolate all'iterazione precedente. La matrice dei coefficienti che comprende gran parte dei valori di  $a, b, c, d$ , ed  $e$  viene invertita per risolvere il set di differenti equazioni simultanee per  $Q$  ed  $H$  alle iterazioni successive.

## ***A2.2 Condizioni al contorno***

### Condizioni esterne

Le condizioni al contorno sono costituite da una relazione portata-tempo, livello-tempo o livello-portata (scala di deflusso). Al fine di una corretta risoluzione delle equazioni (stabilità di calcolo) risultano più significative le seguenti condizioni:

- idrogramma delle portate a monte e curva dei livelli a valle
- idrogramma delle portate a monte e scala di deflusso a valle

### Condizioni interne

Nello schema monodimensionale di un corso d'acqua i singoli tratti sono separati da condizioni interne che possono essere sezioni di controllo, serbatoi, perdite concentrate o nodi (biforcazioni o confluenze).

Tali condizioni impongono la determinazione di una relazione tra livelli e portate.

### Sezioni di controllo

Una gran varietà di strutture può essere usata come sezione di controllo in canali aperti, ciascuna delle quali impone una differente relazione tra portata e livello. Per il moto a pelo libero la forma generale dell'equazione risulta:

$$Q = a \cdot h^b$$

dove:

19  $h$  è la profondità dell'acqua

20  $a$  è un coefficiente dipendente dal tipo di sezione di controllo (structure)

21  $b$  è un coefficiente generalmente maggiore o uguale a 1.5 per gli stramazzi e maggiore o uguale a 0.5 per efflusso sotto luci a battente

InfoWorks è in grado di modellare una serie di tipologie di stramazzo usando equazioni empiriche o semiempiriche ricavate dalla letteratura. Tali strutture possono essere simulate nelle condizioni di assenza di portata (es. paratoia chiusa), oppure con flusso libero o rigurgitato.

La paratoia mobile può essere simulata per diverse condizioni di flusso come quelle di stramazzo, quando è totalmente chiusa e sormontabile dall'acqua, o di luce di fondo con efflusso libero o rigurgitato quando è parzialmente aperta, o per la combinazione di entrambe le condizioni. Il programma consente di regolare automaticamente l'apertura di una paratoia durante la simulazione nei modi seguenti:

- secondo una funzione del tempo prestabilita;
- in funzione dei livelli del pelo libero a monte o a valle.

I tipi di paratoia mobile disponibili in InfoWorks sono quelle verticali o radiali.

Il modello consente inoltre di impostare per le sezioni di controllo una generica scala di deflusso al di fuori delle equazioni standard associate ad una determinata struttura.

### Serbatoi

I serbatoi sono definiti come aree più o meno vaste di immagazzinamento ove la superficie dell'acqua risulta orizzontale, senza alcun effetto dinamico.

Il calcolo delle portate entranti e uscenti è legato alla variazione del carico piezometrico come segue (in forma semplificata):

$$\frac{h_{new} - h_{old}}{Dt} = \frac{Q_{net}}{A}$$

Con  $h_{new}$  e  $h_{old}$  livelli negli istanti successivo e precedente,  $Dt$  passo temporale,  $Q_{net}$  differenza tra portata entrante e portata uscente e  $A$  area del serbatoio.

Il modulo serbatoio unito alla modalità di deflusso laterale consentono la schematizzazione e la risoluzione di sistemi naturali complessi con funzionamento a pelo libero.

### Perdite localizzate

Le perdite di carico concentrate causate da una repentina variazione delle condizioni geometriche quali ad esempio un brusco restringimento o allargamento delle sezioni di deflusso sono schematizzate mediante l'applicazione dell'equazione di Bernoulli che lega le perdite al carico cinetico di monte:

$$DH = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dove  $k$  è un coefficiente empirico funzione del tipo di variazione.

I ponti sono simulati usando il metodo dell'US Bureau of Public Road (US BPR Bridge) oppure l'Arch Bridge Method sviluppato da HR Wallingford.

### Nodi (biforcazioni e confluenze)

In InfoWorks i nodi (junctions) vengono risolti imponendo l'uguaglianza dei carichi e la conservazione della massa (equilibrio tra portate entranti e uscenti) applicando la legge di Kirchoff alle portate.



La descrizione di un flusso localizzato in ambito urbano è ottenuta senza modificare il modello matematico che è sempre basato sulla risoluzione dell'equazioni in acqua bassa (SWE).

### **A3.2 Produzione della maglia 2D**

All'interno del software sono presenti tutti gli strumenti necessari per costruire le magliature dei domini 2D da simulare.

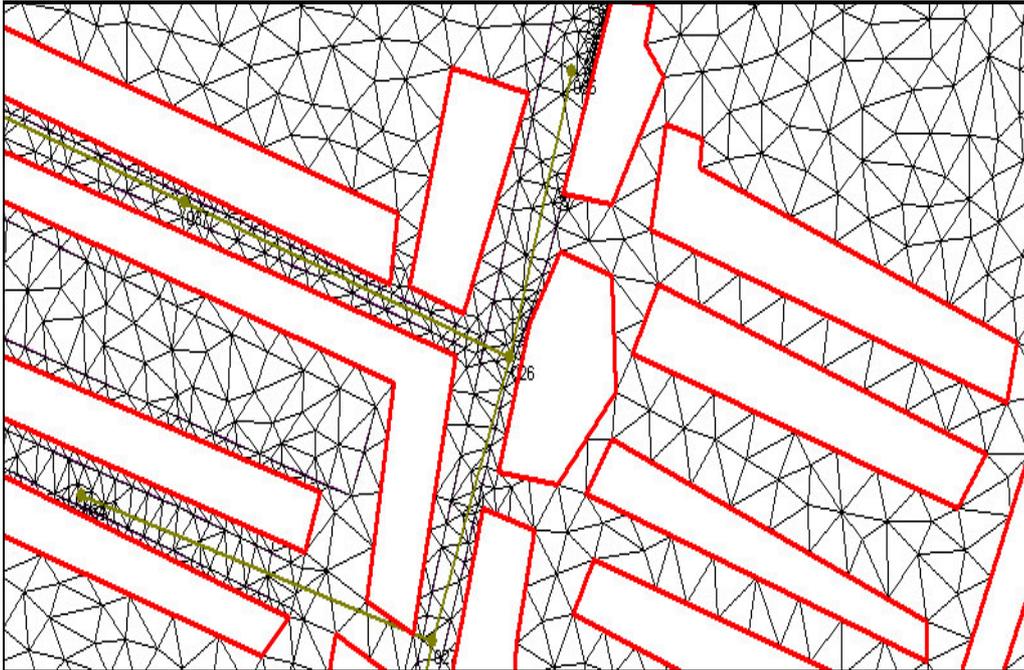
Ogni maglia, di forma triangolare, costituisce l'unità del calcolo bidimensionale.

Una volta creato il dominio 2D di calcolo, è possibile assegnare i seguenti parametri relativi alla maglia:

- *Area (m<sup>2</sup>)*: l'area del poligono viene calcolata automaticamente sulla base della geometria definita in planimetria.
- *Massima Area Triangolo (Maximum Triangle Area)*: questo valore molto importante definisce la superficie massima che può assumere ogni singola maglia triangolare durante il processo automatico di magliatura (diminuendo questo valore si infittisce la magliatura).
- *Area minima elementi (Minimum Element Area)*: durante la simulazione, per evitare un inutile appesantimento del calcolo, vengono aggregati in un'unica cella di calcolo gli elementi triangolari contigui di area molto piccola (fino a che la somma delle aree dei triangoli aggregati non raggiunge quella indicata in questo campo).
- *Magliatura dipendente dal terreno*: consente di creare una magliatura nella quale, all'interno di ogni triangolo, la variazione di quota tra i tre vertici non superi un valore definito dall'utente. Utilizzando questa opzione è possibile infittire la magliatura in zone nelle quali si hanno notevoli pendenze del terreno ed allargarla in zone pianeggianti.
- *Massima variazione altezza (m)*: Consente all'utente di specificare la massima variazione di quota consentita tra i vertici dei triangoli che verranno generati nel processo di magliatura.
- *Angolo Minimo (Minimum Angle)*: durante il processo di magliatura evita la creazione di triangoli di forma molto irregolare e cunei troppo stretti.
- *Scabrezza Manning (Roughness)*: la scabrezza è attribuita a tutti triangoli che vengono creati durante il processo di magliatura. Il programma consente di modificare localmente tale valore generando delle zone di magliatura a differente scabrezza.

Si possono prevedere diversi gradi di dettaglio per varie zone con opportuni raffinamenti del dominio, impostare diverse zone di scabrezza, fissare delle breakline, definire ostacoli poligonali e lineari (edifici, muri ecc).

L'effetto della presenza di edifici o ostacoli è simulata mediante l'introduzione di pareti impermeabili o porose che richiede una precisa calibrazione della rete in ambiente urbano.



**Fig. A2.1** Esempio di maglia non strutturata con edifici in ambito urbano

All'interno del dominio di magliatura, il software permette di considerare eventuali aree a maggiore o minore capacità di invaso dei blocchi introducendo il concetto di porosità degli edifici ossia il fatto che le aree occupate dagli edifici assorbano o meno parte dei volumi esondati durante il processo di allagamento.

### **A3.3 Condizioni al contorno e parametri di simulazione**

#### Condizioni al contorno della maglia

Le condizioni al contorno sono costituite da input idraulico-idrologico (idrogramma, ietogramma) in ingresso al sistema e da condizioni sul perimetro del dominio di calcolo.

In particolare le condizioni al contorno sul perimetro del dominio di calcolo sono le seguenti:

- *Vertical wall*: indica una barriera verticale impermeabile infinitamente alta dove non è presente flusso d'acqua né in ingresso né in uscita dal dominio 2D. Questa è l'unica opzione che trattiene l'acqua all'interno del poligono 2D qualora in simulazione si determini presenza d'acqua al suo perimetro.
- *Critical condition*: presenta due possibilità: se il livello dell'acqua nell'elemento di confine del poligono 2D è superiore al livello del segmento che si affaccia sul confine, la portata in uscita dal poligono viene calcolata utilizzando l'equazione di una soglia a parete spessa senza perdite di energia; se il livello dell'acqua nell'elemento di confine è inferiore al livello di facciata del segmento di confine, questo è considerato un muro verticale impermeabile;
- *Supercritical condition*: presenta due possibilità: se la portata nell'elemento di confine è supercritica ( $Froude > 1$ ) e diretta verso l'esterno del poligono, la portata uscente dal poligono viene considerata supercritica (veloce) e calcolata utilizzando altezza idrica e velocità dell'elemento di confine, indipendentemente dalla quota segmento di confine; se le condizioni del flusso non sono supercritiche o il flusso è diretto verso l'interno del poligono, il confine viene considerato un muro verticale impermeabile. Questa opzione è

utile nelle aree in cui è noto che il flusso è uscente dal poligono 2D senza alcun effetto di rigurgito all'interno del poligono stesso;

- *Dry*: prevede che il confine del poligono sia considerato come circondato da una fossa senza fondo, l'acqua che raggiunge la sponda del poligono esce dal poligono e viene persa dalla simulazione senza alcuna considerazione idraulica;
- *Normal condition*: si assume che la pendenza del terreno bilanci le forze d'attrito (flusso normale o uniforme). L'altezza e la velocità vengono mantenute costanti quando l'acqua raggiunge il confine, in modo che l'acqua possa fluire al di fuori del poligono senza perdite di carico.

### Parametri di simulazione della maglia

Il software consente la modifica dei seguenti parametri della simulazione 2D:

- *Timestep*: definisce il passo temporale di integrazione utilizzato durante il calcolo.
- *Moltiplicatore del timestep ordinario*: è un moltiplicatore del timestep che consente di definire il timestep di salvataggio dei risultati. E' consigliato non utilizzare timestep di salvataggio molto ridotti al fine di ridurre le dimensioni del file dei risultati.
- *Durata simulazione*: consente all'utente di decidere quanto far durare la simulazione.
- *Depth*: rappresenta la soglia che discrimina una maglia triangolare asciutta da una bagnata. Gli elementi della magliatura con un'altezza d'acqua inferiore a questo valore vengono considerati asciutti e un'altezza pari a zero viene restituita come risultato. Negli elementi con altezza d'acqua inferiore a questa soglia viene considerata solamente la conservazione della massa. Il valore tipico per questo campo è di 0.001 m.
- *Momentum*: rappresenta la soglia utilizzata per determinare se considerare o meno il momento in una maglia triangolare. Il moto dell'acqua non viene calcolato per gli elementi della magliatura in cui l'altezza dell'acqua è al di sotto di questo valore; solo la conservazione della massa viene considerata in questo caso. Valori tipici per questo campo sono 0.001 - 0.01 m, il valore di default è 0.001 m.
- *Velocity*: per le maglie triangolari in cui la velocità calcolata dell'acqua risulta inferiore a questo valore, viene impostata una velocità pari a zero per il calcolo del momento. Il valore tipico per questo campo è 0 m/s.
- *Timestep Stability Control*: garantisce che il timestep interno utilizzato dal motore di calcolo 2D ricada entro il range di stabilità fornito dalla condizione di Courant Friedrichs Lewy (CFL). Sono validi valori compresi tra 0 e 1; valore tipico 0.95.
- *Maximum Velocity*: soglia di velocità che limita le velocità che possono essere raggiunte in una maglia durante una simulazione 2D. Per gli elementi della magliatura in cui la velocità calcolata risulta superiore a questo valore, verrà impostata una velocità pari alla massima qui specificata. Questo aiuta a ridurre eventuali instabilità dovute alle alte velocità corrispondenti ad altezze d'acqua ridotte, il che rappresenta una situazione non realistica. Un valore tipico per questo campo è 10 m/s.
- *Theta*: rappresenta un fattore di peso per il parametro semi-implicito. Attribuisce un peso alle parti esplicite e semi-implicite dello schema numerico. Al crescere di questo valore, aumenta il peso dato alla parte semi-implicita. Sono validi valori compresi tra 0 e 1; valore tipico 0.9
- *Ignore rain falling on dry elements*: ignora la pioggia che cade sugli elementi asciutti della magliatura; si utilizza per rendere più rapida la simulazione quando vengono utilizzati poligoni di pioggia (2D rainfall polygons).
- *Adjust element ground levels adjacent to spills*: modifica automaticamente la quota delle maglie triangolari adiacenti agli spill, dove necessario; si utilizza per evitare le instabilità

che si verificano quando la quota degli spill risulta inferiore alla quota delle maglie su cui gli spill insistono.

#### **A4. INTERAZIONE DELLA COMPONENTE 1D-2D**

Il modello di simulazione consente un immediato collegamento di diverse componenti di modello mono e bidimensionale. Si possono utilizzare per esempio:

- *linee spondali*: rappresentano un confine ideale tra l'alveo inciso modellato con elementi 1D e la golena rappresentata da un dominio 2D, le linee spondali vengono rappresentate con delle polilinee per le quali viene definita una quota Z variabile sul suo percorso. Le linee spondali sono utilizzate essenzialmente come sfiori laterali tra alveo inciso e zona di golena 2D.
- *sfiori frontali*: si utilizzano quando si desidera interrompere un modello 1D di un fiume e trasferire tutto l'idrogramma di portata sul dominio 2D (o viceversa).
- *nodi*: sono degli elementi puntiformi dove può avvenire lo scambio di portata tra 1D e 2D, per esempio questa tecnica è appropriata quando di rappresentano le esondazioni provenienti dai pozzetti di fognatura su un dominio bidimensionale.

#### **A5. INTERFACCIA DEL SOFTWARE**

InfoWorks ICM ha un'interfaccia di ultima generazione in grado di interagire con diversi programmi e fonti disponibili sul mercato.

In tal modo si riescono a importare ed integrare dati provenienti da vari formati per costituire un modello geometrico del sistema da studiare.

In particolare, il software supporta:

- Dati in formato AutoCAD (2D e 3D)
- Dati in formato TIN di ArcView
- Dati in formato shape (SHP) o Geodatabase
- Rilievi topografici con coordinate x,y e z
- Dati in formato tabulare (XLS, ASC, TXT e altri)
- Dati in formato Database (Access, Oracle e altri)
- Dati in formato HEC-RAS

InfoWorks ICM sfrutta un'architettura basata su un Database centralizzato dove vengono salvati tutti i progetti. Il sistema gestisce accessi multipli, anche contestuali.