

PROG. N° 3199

PROGETTO PRELIMINARE



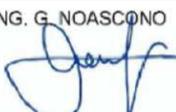
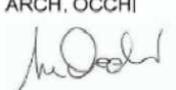
## REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO

**STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE**  
Verifica di assoggettabilità a VIA  
ai sensi dell'art. 19, D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

**ALLEGATI -**  
STUDI DI APPROFONDIMENTO ALLA PRESENTE RELAZIONE  
APPROFONDIMENTI RICHIESTI DAL MATTM, PUNTO 7B - COMPATIBILITÀ  
IDRAULICA DEL NUOVO PONTE SUL T. ORCO IN LOCALITÀ BOSCO

Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.  
Sede legale: Corso XI Febbraio,14 - 10152 Torino TO I  
tel. +39 011 4645.111 - fax. +39 011 4365.575  
E-mail: info@smatorino.it Site web: www.smatorino.it

il Direttore Generale  
**Dott. Ing. Marco Acri**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
2					
1					
0	Emissione	Luglio 2018	ING. G. NOASCONO   ARCH. OCCHI   Progettazione Integrata Ambiente S.r.l.		ACRI (SMAT)  VENTURA
					documento n°: <b>ALL.MATTM-7B</b>
					file: <b>VORC_SPA_ALL.MATTM-7B</b> documento

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC_SPA_ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 2 di 57

## INDICE

1.	PREMESSA .....	4
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	17
4.	IDROLOGIA - DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO .....	19
5.	MODELLO IDRAULICO .....	20
5.1	CODICE DI CALCOLO HEC-RAS .....	20
5.2	DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA .....	24
5.3	CONDIZIONI AL CONTORNO .....	28
6.	RISULTATI .....	29
6.1	ANALISI DEL PROFILO DI PIENA .....	30
7.	CONCLUSIONI .....	32

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 3 di 57</span>

## 1. PREMESSA

Il progetto proposto dalla Società Metropolitana Acque Torino S.p.A. (SMAT) dal titolo "Realizzazione acquedotto Valle Orco" ha come obiettivo la costruzione dell'acquedotto idropotabile e industriale della Valle Orco al fine di integrare l'approvvigionamento delle reti acquedottistiche a servizio del territorio delle Comunità Montane Valle Orco, risolvendone definitivamente le criticità qualitative e di vulnerabilità ascrivibili a carenze sistematiche, stagionali ed a volte eccezionali.

In data 13 Aprile 2018, su richiesta del Coordinatore della Sottocommissione VIA, il presidente della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale - VIA e VAS - del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha richiesto al soggetto Proponente (SMAT) degli approfondimenti su diversi ambiti del progetto preliminare riguardante l'opera. All'interno del documento ricevuto i chiarimenti richiesti sono suddivisi per quadri.

Con il presente elaborato si intende rispondere, fornendo maggiori informazioni rispetto a quanto disponibile attualmente, a ciò che viene indicato nel "Quadro ambientale". In particolare, si fa riferimento al punto 7 comma *b* del documento ricevuto, avente per oggetto:

"IDVIP [3890] Verifica di Assoggettabilità alla VIA. *Realizzazione acquedotto Valle Orco paesi vari Provincia di Torino*".

Proponente: Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.

Richiesta di integrazioni.

Si riporta di seguito quanto richiesto:

- 7) *Suolo e sottosuolo e ambiente idrico*: Fornire uno studio di approfondimento circa le interferenze delle opere in progetto fuori terra come:

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 4 di 57</span>

- o b) gli attraversamenti dei corsi d'acqua lungo l'intero tracciato per valutarne la compatibilità idraulica in ottemperanza a quanto previsto dalla D.G.R. 9 dicembre 2015, n. 18-2555 e dall'art. 9 del PAI;

Sulla base di tali indicazioni, la Società Metropolitana Acque Torino S.p.A. ha incaricato lo studio HYDROGEOS dell'esecuzione della verifica di compatibilità idraulica per la realizzazione di un nuovo attraversamento del Torrente Orco al servizio del nuovo potabilizzatore SMAT in località Praie.

L'ipotesi progettuale prospettata per consentire l'attraversamento non solo ai mezzi e ai pedoni ma anche delle tubazioni necessarie al potabilizzatore, prevede un ponte posto un po' più a valle della sezione nella quale attualmente si trova il ponte Bosco; in più sarebbe prevista anche la realizzazione di una rotonda lungo la S.P.460 per veicolare il traffico stradale della zona. Si è verificato, dunque, che nel caso di potenziali eventi di piena il nuovo manufatto mantenga sempre le condizioni di sicurezza idonee per il suo corretto funzionamento.

L'opera in progetto consentirà l'attraversamento del torrente Orco e contemporaneamente il passaggio delle tubazioni relative al nuovo potabilizzatore e all'acquedotto, in modo tale che queste possano funzionare correttamente senza alterare o compromettere il deflusso naturale delle acque del torrente. In passato esisteva una passerella in cemento armato, avente la sola finalità di attraversamento; durante l'alluvione del 2000 però la spalla destra della stessa ha ceduto, facendo crollare parte della struttura (ultima campata in destra idrografica) e rendendo impossibile il collegamento con la sponda opposta ai pedoni. Successivamente è stata integrata la parte di passerella rimasta con una passerella pedonale in sostituzione della campata distrutta dall'alluvione.

Il presente studio idrologico-idraulico quindi è volto a determinare le altezze dei tiranti idrici nelle condizioni di progetto al fine di individuare possibili variazioni del deflusso di piena e confrontare i

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 5 di 57</span>

risultati rispetto allo stato attuale così da valutare anche se si presentano dei miglioramenti.

Le indagini di carattere idrologico-idraulico condotte sono state eseguite con riferimento ai risultati degli studi predisposti nell'ambito dello "**Studio idraulico dei bacini dei torrenti Orco, Soana e Bordone**", commissionato al C.N.R. dalla Comunità Montana Valli Orco e Soana su finanziamento della Regione Piemonte. I valori di portata di piena impiegati per le simulazioni idrauliche sono quelli ottenuti dai risultati conseguiti nel progetto definitivo "Sistemazione ponte sul Torrente Orco in località Bosco mediante ricostruzione nuova campata" commissionato al medesimo studio dall'Amministrazione Comunale di Locana. La geometria del corso d'acqua (sezioni e profilo di fondo d'alveo) è stata ricostruita sulla base di un rilievo eseguito tramite drone esteso oltre l'area di specifico interesse (a monte e a valle). Mediante le simulazioni numeriche condotte sono stati ricostruiti i profili in moto permanente prevedibili per differenti eventi di piena, in modo da definire una scala delle portate al di sotto dell'impalcato e verificare cautelativamente i parametri di progetto tali da garantire le condizioni di sicurezza idraulica.

La presente relazione contiene la valutazione di compatibilità idraulica dell'opera in progetto e viene redatta al fine di valutare dal punto di vista idraulico, in funzione della morfologia dell'alveo e dell'area adiacente, il nuovo attraversamento in progetto fornendo i risultati delle simulazioni idrauliche eseguite. La nuova opera non dovrà ridurre la sezione di deflusso del corso d'acqua, alterarne le condizioni idrauliche né in alcun modo peggiorarle.

In calce alla presente relazione si allegano i risultati grafici e tabellari derivanti dalle simulazioni idrauliche svolte.

## **2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

➤ **PAI (Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico)**

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 6 di 57

Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17 comma 6 ter. Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

7. Norme di attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica.

7. Norme di attuazione - Titolo II - Norme per le fasce fluviali - Allegato 3 - Metodo di delimitazione delle fasce fluviali.

➤ **D.P.G.R. Piemonte 06/12/2004, n. 14/R**

Regolamento regionale recante: "Prime disposizioni per il rilascio delle concessioni per l'utilizzo di beni del demanio idrico fluviale e lacuale non navigabile e determinazione dei relativi canoni (L.R. 18.5.2004, n. 12).

B.R.U. Piemonte 09/12/2004, n.49

➤ **R.D. 25 luglio 1904, n. 523**

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie (G.U. del 7 ottobre 1904).

➤ **Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)**

La Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni, che il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) deve attuare, nel modo più efficace. Il PGRA, introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, dirige l'azione sulle aree a rischio più significative, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 7 di 57</span>

Il piano su citato fornisce i profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale del bacino del Po.

➤ **Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché il ripristino delle aree di esondazione**

Il PS45 indica che l'assunzione della piena di progetto viene definita in funzione delle seguenti condizioni di compatibilità:

- Condizioni di compatibilità con la domanda di sicurezza locale:
- Difesa dell'incolumità della popolazione;
- Difesa dei beni pubblici e privati dai danni della piena;
- Ricerca tendenziale del minimo costo tra utilizzo antropico del territorio e interventi di difesa dai fenomeni di piena.
- Condizioni di compatibilità con le condizioni di deflusso nella rete idrografica:
- Assenza di aggravio delle sollecitazioni ai sistemi difensivi a valle (o a monte);
- Minimizzazione degli scostamenti rispetto alla tendenza evolutiva naturale;
- Minimizzazione dei costi di mantenimento e manutenzione.

In considerazione delle condizioni sopra esposte, la piena di progetto viene definita in funzione dei fenomeni da controllare e del rischio compatibile.

➤ **Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)**

L'art. 38 del PAI - *Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico* - prevede che:

- **All'interno della fascia A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o d'interesse pubblico (di competenza degli organi statali, regionali o degli altri enti territoriali) a**

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 8 di 57</span>

**condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono avere luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso;**

- Le nuove opere di attraversamento, stradale e ferroviario, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui all'apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino del fiume Po.

➤ **Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B.**

La Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", emessa dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito del "Piano stralcio delle Fasce Fluviali", approvata dal Comitato tecnico in data 27.04.1999, stabilisce prescrizioni ed indirizzi sia per la progettazione e verifica idraulica di nuovi ponti, che per la verifica di quelli esistenti.

Si rimanda alla suddetta Direttiva evidenziando che:

a) **nel caso di una nuova opera**, le prescrizioni e gli indirizzi individuati sono rivolti a garantire:

- **che l'inserimento della struttura sia coerente con l'assetto idraulico del corso d'acqua e non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico;**
- che siano valutate in modo adeguato le sollecitazioni di natura idraulica cui è sottoposta l'opera, in rapporto alla sicurezza della stessa.

b) **nel caso dei ponti esistenti**, la presente direttiva indica, oltre ai criteri di compatibilità idraulica da rispettare e le procedure di

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 9 di 57</span>

verifica idraulica da attuare, nel caso di opere per le quali non sia soddisfatta la verifica idraulica di compatibilità:

- le eventuali condizioni di esercizio transitorio della struttura, sino alla realizzazione degli interventi di adeguamento progettati;
- i criteri di progettazione degli interventi correttivi e di adeguamento necessari.

In particolare si riportano le prescrizioni relative ai criteri di compatibilità idraulica ed i relativi indirizzi progettuali.

**Criteri di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso in progetto**

Prescrizioni

*1. Portata di piena di progetto. Il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche del ponte deve normalmente rispettare i seguenti valori:*

- per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, non inferiore a quello assunto per la delimitazione della fascia B;
- per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali non inferiore a 100 anni.

In casi eccezionali, quando si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza molto modesta, possono essere assunti tempi di ritorno inferiori in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate; in tali situazioni è comunque necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni e definire il comportamento dell'opera stessa in rapporto alla stessa piena.

**2. Franco minimo. Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non**

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 11 di 57</span>

**inferiore a un 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.**

Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di intradosso del ponte deve essere superiore a quella della sommità arginale.

Il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di sommità del rilevato di accesso al ponte (piano viabile) deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m.

3. *Posizionamento del ponte rispetto all'alveo.* L'insieme delle opere costituenti l'attraversamento non deve comportare condizionamenti al deflusso della piena e indurre modificazioni all'assetto morfologico dell'alveo. L'orientamento delle pile (ed eventualmente delle spalle) deve essere parallelo al filone principale della corrente. In particolare devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- *per i corsi d'acqua arginati* la spalla del ponte deve essere sul lato campagna, a una distanza minima di 10 m dal piede dell'argine maestro; lo stesso limite vale per il caso siano presenti pile sul lato campagna; sul lato fiume la posizione delle pile deve essere al di fuori del petto dell'argine; in via eccezionale la pila può interessare il corpo arginale, purché non intacchi il nucleo centrale dell'argine stesso e sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- *per i corsi d'acqua non arginati* le pile e le spalle devono essere poste al di fuori delle sponde incise dell'alveo; in via eccezionale la pila può interessare la sponda, purché sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- nei casi in cui il ponte sia inserito in un tratto di corso d'acqua interessato da altre opere di attraversamento poste in adiacenza, a monte o a valle, è necessario che le pile in alveo

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 12 di 57</span>

(ed eventualmente le spalle) siano allineate con quelle esistenti in modo che le pile presenti, considerate congiuntamente, non riducano la luce effettiva disponibile, anche ai fini del rischio di ostruzione da parte del materiale trasportato in piena;

- la struttura deve consentire il mantenimento della continuità della pista di servizio in fregio al corso d'acqua ovvero sul rilevato arginale.

4. *Effetti idraulici indotti dal ponte.* La soluzione progettuale per il ponte e per i relativi rilevati di accesso deve garantire l'assenza di effetti negativi indotti sulle modalità di deflusso in piena; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento deve essere compatibile con l'assetto difensivo presente e non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Vanno inoltre verificati seguenti aspetti aggiuntivi:

- assenza di riduzione della superficie delle aree allagabili per effetto del ponte al fine di evitare effetti di minore laminazione della piena lungo l'asta fluviale;
- compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa.

5. *Opere idrauliche collegate al ponte.* Nel caso in cui l'inserimento o la presenza del ponte comporti la realizzazione di opere idrauliche con funzioni di sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dall'attraversamento, il progetto deve comprendere la definizione delle opere stesse con lo stesso livello di dettaglio relativo all'opera principale.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 13 di 57

6. *Condizioni di sicurezza idraulica del ponte e delle opere collegate.*  
 Il progetto del manufatto e delle opere connesse deve contenere la verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;
- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo idrico indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte per effetto di ostruzione delle luci.

#### Indirizzi

Nella definizione delle caratteristiche dimensionali del ponte, oltre ai valori di prescrizione indicati in precedenza, vanno considerati anche altri elementi, da definirsi caso per caso, prendendo in conto i caratteri specifici di manifestazione della piena, che dipendono dallo stato del bacino idrografico sotteso e del corso d'acqua nella parte a monte, in rapporto alla copertura vegetale e alle sue condizioni di stabilità.

E' raccomandabile considerare ogni qualvolta possibile i seguenti elementi:

- *portata di progetto:* per i ponti sui corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali è opportuno assumere una portata di progetto con tempo di ritorno superiore a 200 anni nel caso di opere di rilevante importanza, a tutela della sicurezza delle stesse, o con riferimento ai corsi d'acqua a carattere torrentizio, quale fattore di sicurezza rispetto ai fenomeni connessi al deflusso della piena che sono spesso di difficile determinazione quantitativa. Tempi di ritorno inferiori a 200 anni sono da assumere qualora si tratti di corsi d'acqua di piccole

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 14 di 57</span>

dimensioni e di infrastrutture di importanza modesta, in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate;

- *comportamento per piene superiori a quella di progetto:* è opportuno valutare la riduzione di franco che si manifesta per portate superiori a quella di progetto, ai fini di una completa determinazione dello stato di sicurezza dell'opera;
- *dislivello tra quota di intradosso impalcato e fondo alveo:* non inferiore a 6-7 m quando si possa temere il transito di alberi di alto fusto; valori maggiori vanno mantenuti per ponti con luci inferiori ai 30 m o posti su torrenti su cui sono possibili sovralti del fondo alveo per deposito di materiale lapideo;
- *dislivello tra quota di intradosso impalcato e piano campagna:* è opportuno, soprattutto nei territori di pianura, che la quota di intradosso dell'impalcato del ponte sia superiore a quella del piano campagna circostante per i corsi d'acqua non arginati;
- *dimensione dell'alveo del corso d'acqua:* ai fini della definizione della luce del ponte e dell'ubicazione dei manufatti relativi (pile e spalle) è necessario considerare, oltre alle dimensioni attuali dell'alveo, anche quelle eventuali di progetto, in modo tale che l'opera, una volta realizzata, non sia di ostacolo a futuri interventi di sistemazione idraulica sul corso d'acqua, compresi gli ampliamenti delle dimensioni dell'alveo;
- *luce del ponte:* nei casi in cui la larghezza dell'alveo di piena sia limitata, non superiore ai 40 m, è preferibile la realizzazione di un ponte con luce unica in modo da non avere pile in alveo e da ubicare le spalle al di fuori dell'alveo stesso;
- *dislocazione delle pile:* la parte maggiormente attiva dell'alveo, significativamente l'alveo inciso, deve essere lasciata libera da pile, compatibilmente con i vincoli di natura strutturale, ricercando una soluzione che collochi le pile in golena o nelle zone dove l'altezza d'acqua in piena sia relativamente modesta;
- *forma delle pile in alveo:* è preferibile la forma circolare o di tipo profilato in modo da costituire minore ostacolo alla corrente

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 15 di 57</span>

(minore esposizione all'erosione); nei casi in cui si abbia elevata velocità di corrente abbinata a un trasporto solido significativo, la parte delle pile a contatto con la corrente deve essere opportunamente protetta;

- *soluzioni per il controllo dello scalzamento:* le fondazioni delle pile e delle spalle devono essere dimensionate in modo da sopportare direttamente il massimo scalzamento prevedibile (scalzamento diretto ed eventuale abbassamento del fondo alveo), senza la necessità di opere idrauliche aggiuntive. Ad esempio nel caso di fondazioni su pali il dimensionamento dei pali deve considerare scoperto il tratto di palo compreso tra la testa e la quota di massimo scalzamento;
- *interferenza con le opere idrauliche presenti:* nel caso l'opera sia inserita in un tratto di corso d'acqua arginato è frequente la necessità prevedere protezioni (rivestimenti e/o diaframature) del paramento lato fiume dell'argine, in conseguenza delle maggiori sollecitazioni idrodinamiche indotte dall'opera stessa. In situazioni particolari possono essere necessarie opere di ringrosso e/o sovrалzo arginale locale.

Quanto al punto 2 sopra riportato relativo al franco minimo, sono state considerate le modifiche apportate dall'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" pubblicato con Decreto all'interno della Gazzetta Ufficiale il 17 Gennaio 2018 dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Nel capitolo 5 relativo ai ponti stradali di nuova esecuzione al paragrafo 5.1.2.3 *Compatibilità idraulica* viene stabilito che:

- Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, **è da assumersi non inferiore a 1,50 m**, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 16 di 57</span>

delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m. Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena.

In considerazione delle condizioni sopra esposte, il nuovo manufatto dovrà essere costruito e posizionato cosicchè il relativo intradosso si collocherà ad un'altezza di 1.5 m superiore alla quota del livello idrico corrispondente ad una portata duecentennale, ottenuta a seguito delle verifiche idrauliche sviluppate all'interno di questo studio. In tal modo verrà garantito il rispetto delle nuove prescrizioni definite dalle NTC 2018 e le corrette condizioni di deflusso del corso d'acqua anche in eventuali condizioni di piena.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 17 di 57

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è situata nel territorio comunale di Locana (Frazione Bosco), nell'alta Valle dell'Orco - Provincia di Torino - Regione Piemonte.

L'opera in progetto insiste su di un breve tratto del torrente Orco, in prossimità della frazione Bosco del Comune di Locana, come visibile in Fig.1.

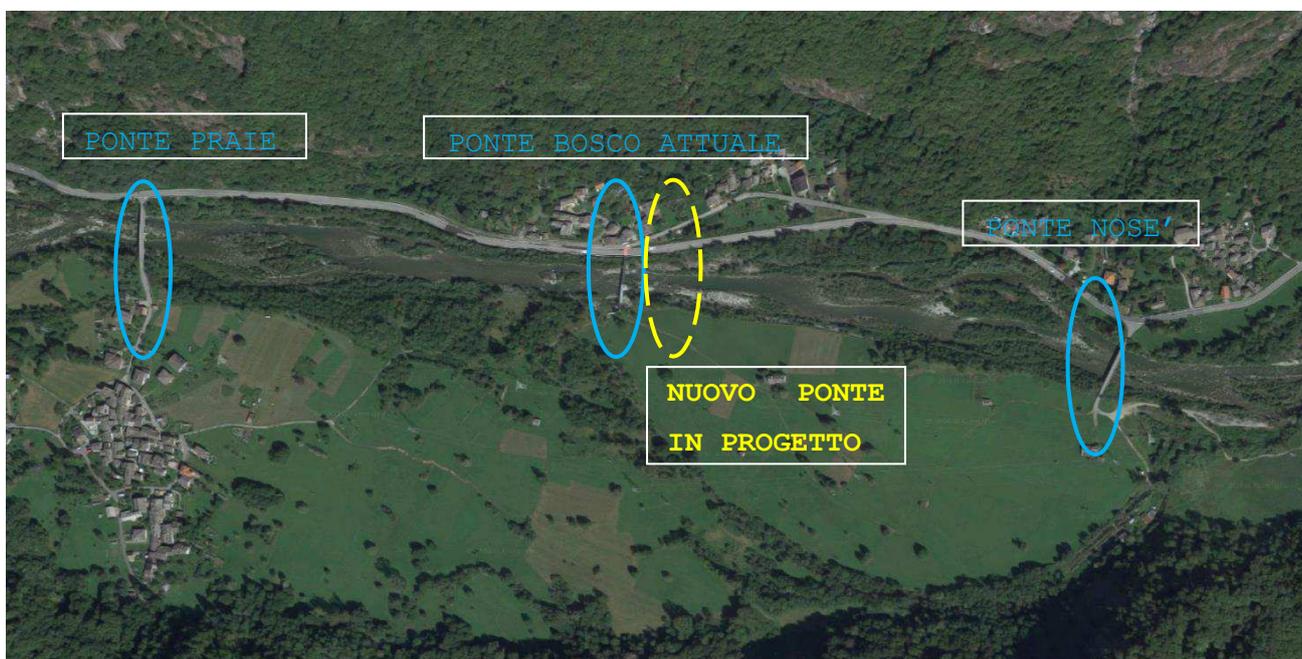


Fig. 1: Individuazione geografica dell'area di intervento.

Il torrente Orco si colloca, per il suo intero sviluppo, nell'alto Piemonte, tra lo spartiacque franco-piemontese e la pianura del Canavese; presenta un andamento Ovest-Est per circa la metà della sua lunghezza e successivamente un andamento Nord-Sud sino alla confluenza del Po alla periferia ovest di Chivasso.

Nasce nelle Alpi Graie dai laghi dell'Agnel e Serrù a una quota di circa 2600 m dando vita nel tratto alpino alla valle di Locana, dove definisce il confine meridionale del Parco Nazionale del Gran Paradiso.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 18 di 57

Nel primo tratto passa per Ceresole Reale, creando un ampio lago artificiale, dopo di che attraversa i comuni di Noasca, Locana, Sparone e infine Pont Canavese dove cambia direzione assumendo un andamento meridiano. Sino a Pont Canavese riceve alcuni affluenti tutti a regime torrentizio. Nel tratto montano il più significativo è il torrente che scende dalla Valle di Piantonetto, che presenta anch'essa una diga ed un lago nella parte alta del bacino.

Il bacino del Torrente Orco chiuso in corrispondenza dell'area interessata dallo studio occupa circa 324,3 km<sup>2</sup> di superficie.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>		
	PROGETTO PRELIMINARE		
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO	19 di 57

#### 4. IDROLOGIA – DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Nella relazione idraulica consegnata al comune di Locana nel marzo 2014 vennero fatte alcune considerazioni circa le modalità attraverso cui calcolare le massime portate di piena di un corso d'acqua che possono verificarsi in un determinato arco di tempo pari al tempo di ritorno. Tra i vari metodi possibili, in quella sede fu applicato il metodo razionale cinematico utilizzando per i parametri necessari i valori ottenuti dall'accurata e dettagliata analisi effettuata all'interno dello "Studio idraulico dei bacini dei torrenti Orco, Soana e Bordone" commissionato a seguito dei fenomeni alluvionali dell'ottobre 2000.

L'elaborato, redatto dagli ingg. Amore, Noascono e Truffa Giachet e dal geol. Dellarole ha fornito i valori di portata per assegnato tempo di ritorno in determinate sezioni di chiusura del torrente Orco. Per la determinazione delle portate di piena nella sezione di chiusura in prossimità dell'area oggetto di analisi, con riferimento allo studio suddetto e alla relazione idraulica del 2014, furono utilizzate delle interpolazioni lineari che meglio regolarizzavano i contributi chilometrici specifici di portata, stabilendo delle relazioni tra tali contributi e la superficie di bacino sotteso; furono quindi determinate le portate di progetto presenti nella Tab.1:

Tabella 1: Portate di progetto adottate per le verifiche idrauliche.

Bacino di dominio	Q Tr 20 [m <sup>3</sup> /s]	Q Tr 100 [m <sup>3</sup> /s]	Q Tr 200 [m <sup>3</sup> /s]	Q Tr 500 [m <sup>3</sup> /s]
Orco a Bosco (Locana) In prossimità del ponte pedonale	804	1144	1294	1470

Nel corso della verifica di compatibilità idraulica oggetto della presente relazione sono state considerate le portate sopra definite, aventi tempi di ritorno ventennale, centennale, duecentennale e cinquecentennale, al fine di valutarne i rispettivi scenari.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 20 di 57</span>

## 5. MODELLO IDRAULICO

Il rilievo topografico effettuato in situ ha permesso di ricostruire la geometria dell'alveo su cui si basa il modello idraulico messo a punto. Il rilievo è stato eseguito mediante drone e restituito in coordinate WGS84 UTM 32 N.

Per la verifica idraulica si è utilizzato il software HEC-RAS della *US Army Corps of Engineers*.

### 5.1 CODICE DI CALCOLO HEC-RAS

Lo studio idraulico del corso d'acqua tramite il modello numerico è impostato in modo da perseguire nell'ordine i seguenti obiettivi:

- definire ed evidenziare le eventuali aree soggette a esondazione precisando l'ampiezza della via di piena e le quote raggiunte dal pelo libero nonché gli eventuali rigurgiti causati dai manufatti in alveo;
- progettare le sistemazioni del corso d'acqua in modo da predisporre le opportune difese delle opere esistenti e consentire lo smaltimento della portata defluente garantendo l'incolumità delle opere medesime e di quanto ubicato a valle e nelle zone limitrofe.
- progettare la tipologia strutturale delle opere maggiormente idonee per consentire il deflusso regolare della portata di piena per tempo di ritorno assegnato;

Il presente capitolo è pertanto strutturato in modo tale da fornire chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Opportuni grafici provvedono a fornire una visione d'insieme dei risultati cui si è pervenuti.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 21 di 57</span>

Il modello è strutturato per calcolare i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non-prismatici.

Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce (o mista), possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il presente codice di calcolo consente, integrando le equazioni di De Saint Venant, di simulare condizioni di moto vario, con geometrie e portate variabili nel tempo, ma si ritiene, per il tratto in esame, sufficiente e cautelativo (assenza di laminazione dovuta alla propagazione dell'onda di piena) utilizzare simulazioni di moto permanente (geometrie variabili, ma portate costanti nel tempo).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

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

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

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

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

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

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 22 di 57

- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

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

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

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

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

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

dove:

- WS1, WS2 = quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo
- V1, V2 = velocità media
- $\alpha_1, \alpha_2$  = coefficienti energetici moltiplicativi della velocità
- G = accelerazione gravitazionale
- He = perdita di carico
- L = distanza fra le sezioni trasversali
- Sf = pendenza media
- C = coefficiente di perdita per contrazione o espansione

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

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 23 di 57

Nel canale principale di deflusso la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

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

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con la seguente espressione:

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

dove:

- K = capacità di deflusso per unità elementare
- n = coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare
- a = area di deflusso dell'unità elementare
- R = raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

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

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

I dati necessari affinché il modello possa eseguire la simulazione sono:

- tipo di corrente;
- condizioni al contorno;
- valore/i di portata;
- coefficienti rappresentativi delle perdite;
- geometria delle sezioni trasversali;
- distanze (golene e alveo principale) tra le sezioni trasversali.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 24 di 57

Determinato il tipo di corrente, la quota iniziale del pelo libero, i valori di portata per cui occorre tracciare i profili di moto permanente, è necessario definire i valori di scabrezza.

Il modello utilizzato nelle elaborazioni consente molteplici soluzioni per definire la scabrezza delle singole sezioni trasversali, la qual cosa permette di ridurre moltissimo i margini di dubbio e incertezza legati all'individuazione di questo coefficiente particolarmente importante.

Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente "n" di Manning (perdite per attrito), è possibile valutare le perdite di transizione per allargamento o restringimento attraverso i coefficienti di espansione o contrazione, le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti e tombini in seguito alla forma del manufatto, alla configurazione delle pile, al tipo di moto e alle condizioni di imbocco/sbocco.

## 5.2 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA

Come accennato in precedenza, il coefficiente di scabrezza può assumere diversi valori in una singola sezione trasversale, al fine di poter rappresentare realisticamente la morfologia della stessa.

Oltre a definire un valore di scabrezza per ciascuna suddivisione (golene, alveo principale) è possibile definire la scabrezza in funzione della progressiva della singola sezione trasversale oppure in funzione della quota raggiunta dal pelo libero.

Nella determinazione dei valori del parametro scabrezza si cerca di correlare quella che è la situazione appurata in "situ" del corso d'acqua con i risultati delle esperienze condotte dai ricercatori.

In particolare:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove:

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	$n_0$	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	$n_1$	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	$n_2$	0.000
	Variazione occasionalment e		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	$n_3$	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	$n_4$	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	$m_5$	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

La Tab.2 presenta i valori di riferimento per i coefficienti di scabrezza, secondo le formule di Strickler e di Manning, riferiti alle situazioni tipiche dei corsi d'acqua naturali.

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM-7B_Relazione.CI	FOGLIO 26 di 57

Tabella 2: Valori del coefficiente di scabrezza per i corsi d'acqua naturali

<b>Tipologia del corso d'acqua</b>	<b>Strickler Ks = 1/n (m<sup>1/3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>
<b>CORSI D'ACQUA MINORI</b> (Raggio idraulico ~ 2 m; larghezza in piena < 30 m)	
<b>Corsi d'acqua di pianura</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ alvei con fondo compatto, senza irregolarità</li> <li>▪ alvei regolari con vegetazione erbacea</li> <li>▪ alvei con ciottoli e irregolarità modeste</li> <li>▪ alvei fortemente irregolari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 45-40</li> <li>▪ 30-35</li> <li>▪ 25-30</li> <li>▪ 25-15</li> </ul>
<b>Torrenti montani</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi</li> <li>▪ alveo in roccia regolare</li> <li>▪ fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi</li> <li>▪ alveo in roccia irregolare</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 30-25</li> <li>▪ 30-25</li> <li>▪ 20-15</li> <li>▪ 20-15</li> </ul>
<b>CORSI D'ACQUA MAGGIORI</b> (Raggio idraulico ~ 4 m; larghezza in piena > 30 m)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa</li> <li>▪ sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa</li> <li>▪ sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea</li> <li>▪ in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 45-40</li> <li>▪ 35</li> <li>▪ 25-30</li> <li>▪ 20-25</li> </ul>
<b>AREE GOLENALI</b> (Raggio idraulico ~ 1 m)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a pascolo, senza vegetazione arbustiva</li> <li>▪ coltivate</li> <li>▪ con vegetazione arbustiva spontanea</li> <li>▪ con vegetazione arborea coltivata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 40-20</li> <li>▪ 50-20</li> <li>▪ 25-10</li> <li>▪ 30-20</li> </ul>
<b>Alveo artificiale in terra</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ materiale compatto, liscio</li> <li>▪ sabbia compatta, con argilla o pietrisco</li> <li>▪ sabbia e ghiaia, scarpata lastricata</li> <li>▪ ghiaietto 10-30 mm</li> <li>▪ ghiaia media 20-60 mm</li> <li>▪ ghiaia grossa 50-150 mm</li> <li>▪ limo in zolle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 60</li> <li>▪ 50</li> <li>▪ 50-45</li> <li>▪ 45</li> <li>▪ 40</li> <li>▪ 35</li> <li>▪ 30</li> </ul>

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM-7B_Relazione.CI	FOGLIO 27 di 57

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ grosse pietre</li> <li>▪ sabbia, limo o ghiaia, con rivestimento vegetale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 30-25</li> <li>▪ 25-20</li> </ul>
<b>Alveo artificiale in roccia</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ con lavorazione accurata</li> <li>▪ con lavorazione media</li> <li>▪ con lavorazione grossolana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 30-25</li> <li>▪ 25-20</li> <li>▪ 20-15</li> </ul>
<b>Alveo artificiale in muratura</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ muratura in pietra da taglio</li> <li>▪ muratura accurata in pietra da cava</li> <li>▪ muratura normale in pietra da cava</li> <li>▪ pietre grossolanamente squadrate</li> <li>▪ scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 80-70</li> <li>▪ 70</li> <li>▪ 60</li> <li>▪ 50</li> <li>▪ 50-45</li> </ul>
<b>Alveo artificiale in calcestruzzo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pavimentazione in cemento</li> <li>▪ calcestruzzo con casseforme metalliche</li> <li>▪ calcestruzzo con intonaco</li> <li>▪ calcestruzzo liscio</li> <li>▪ intonaco di cemento intatto</li> <li>▪ calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco</li> <li>▪ calcestruzzo costipato, superficie liscia</li> <li>▪ calcestruzzo vecchio, superficie pulita</li> <li>▪ rivestimento in calcestruzzo ruvido</li> <li>▪ superfici irregolari in calcestruzzo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 100</li> <li>▪ 100-90</li> <li>▪ 95-90</li> <li>▪ 90</li> <li>▪ 90-80</li> <li>▪ 70-65</li> <li>▪ 65-60</li> <li>▪ 60</li> <li>▪ 55</li> <li>▪ 50</li> </ul>

La scabrezza è assegnata in termini di coefficiente di Manning  $n$  ( $m^{-1/3} s$ ) tenendo conto delle condizioni medie dell'alveo e in base ai valori reperibili sia in letteratura sia nelle indicazioni dell'Autorità di Bacino nella "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B".

La scabrezza dell'alveo principale, in base al sopralluogo effettuato, viene assunta pari a  $30 m^{-1/3} s$  (torrenti montani con fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi), mentre la scabrezza delle aree golenali è definita pari a  $25 m^{-1/3} s$  (per aree golenali con vegetazione arbustiva spontanea).

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 28 di 57</span>

### 5.3 CONDIZIONI AL CONTORNO

Nel modello idraulico sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- Modello digitale del terreno ricavato da rilievo effettuato in situ;
- Condizione di monte: pendenza del fondo 1.8%;
- Condizione di valle: pendenza del fondo 0.8%;
- Portate di progetto:
  - $Q_{20} = 804 \text{ mc/s}$
  - $Q_{100} = 1144 \text{ mc/s}$
  - $Q_{200} = 1294 \text{ mc/s}$
  - $Q_{500} = 1470 \text{ mc/s}$

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 29 di 57</span>

## 6. RISULTATI

Dall'analisi degli output derivanti dalle simulazioni effettuate mediante il codice di calcolo HEC-RAS è possibile osservare le quote raggiunte dai livelli idrici relativi alle quattro portate di progetto considerate.

Particolare attenzione richiede la portata duecentennale, come riportato nel Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) nel documento intitolato "Direttiva criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" (cap. 3). Come definito nell'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" del 2018 il minimo franco tra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture deve essere non inferiore a 1.5 m.

Pertanto per mantenere questa condizione bisognerà tener conto delle quote dei peli liberi trovati con la simulazione e partendo da questi dovrà essere calcolata l'altezza alla quale dovrà posizionarsi l'intradosso del manufatto in progetto. Si precisa che le simulazioni sono state effettuate in due situazioni differenti: la prima ha considerato lo stato attuale con il ponte Bosco al momento esistente, la seconda non ha previsto né il ponte attuale né quello in progetto, valutando esclusivamente il comportamento del corso d'acqua senza alcun tipo di interferenza.

I risultati della prima condizione dimostrano che in corrispondenza della parte vecchia del ponte che ha resistito all'alluvione del 2000, il franco di 1.5 m non viene rispettato qualora si manifestasse un evento con una  $Q_{200}$  pari a quella considerata. Situazione opposta si ha invece nella parte di ponte ricostruita dopo l'evento alluvionale caratterizzato da un franco di 1.47 m che risponde ampiamente a quanto prevedevano le NTC prima dell'ultimo aggiornamento, in linea con il periodo nel quale è stato realizzato; comunque un franco di tale altezza rispetta anche quanto stabilito negli ultimi aggiornamenti. I risultati nella seconda condizione hanno determinato una quota del pelo libero relativa alla  $Q_{200}$

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 30 di 57</span>

pari a 548.09 m s.l.m. in corrispondenza della sezione nella quale dovrebbe essere realizzato il ponte; nella stessa sezione la quota del piano strada è di 550.93 m. Per cui noto il livello della  $Q_{200}$  il nuovo attraversamento dovrà esser posizionato in modo tale che l'intradosso dell'impalcato disti dal pelo libero del corso d'acqua di 1.5 m, come stabilito da Normativa. Non essendo prevista la costruzione di pile in alveo o di altri elementi che possano ostruire o restringere la sezione di deflusso, il ponte in progetto inoltre non altera in maniera significativa il naturale decorso del torrente Orco.

Infine, in generale gli esiti delle simulazioni in tutti e due i casi attestano, come definito nel piano stralcio per la gestione del rischio alluvioni (PGRA), che le zone golenali limitrofe all'area del ponte in progetto sono zone allagabili per eventi di piena importanti, soprattutto in destra orografica dove si trovano quote inferiori; considerando infatti l'evento alluvionale dell'ottobre del 2000 si nota una stretta corrispondenza con gli effetti manifestatisi in quella occasione confermando quindi che il nuovo ponte in progetto non modificherebbe le condizioni idrauliche naturali del torrente Orco.

### **6.1 ANALISI DEL PROFILO DI PIENA**

In generale, esistono due casi particolari che possono portare dei cambiamenti nel passaggio della corrente a causa della presenza di elementi estranei all'alveo e cioè una soglia di fondo o le pile di un ponte.

Soglia di piccola altezza: si consideri l'inserimento di una soglia, che sollevi il fondo del canale di un'altezza "a"; se si trascurano le perdite localizzate nel tratto di raccordo col profilo di fondo dell'alveo, si può ammettere che la presenza della soglia non modifichi l'andamento della linea dei carichi totali sia se il canale risulti a forte che a debole pendenza. Nel caso di corrente veloce si avrà un sollevamento del pelo libero in corrispondenza della soglia mentre nel

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI <span style="float: right;">FOGLIO 31 di 57</span>

caso di corrente lenta si avrà un abbassamento; per entrambe , superata la soglia, si tornerà alla situazione di moto uniforme.

Soglia di grande altezza: in questo caso non è possibile affermare che la linea dei carichi totali si mantenga costante e bisognerà distinguere il comportamento del profilo del pelo libero a seconda della pendenza dell'alveo. Nel caso di debole pendenza si avrà un rigurgito a monte della soglia, lungo quest'ultima il livello idrico sarà pari a quello di stato critico e infine a valle dell'ostacolo si avrà una corrente veloce seguito da un risalto che ristabilisce il moto uniforme. Nel caso di forte pendenza si avrà sempre sulla soglia lo stato critico ma a monte di questa si formerà un risalto seguito da un rigurgito che tende verso lo stato critico e a valle della soglia si avrà di nuovo una corrente veloce che tenderà verso il moto uniforme con andamento asintotico.

Pile di un ponte: in tale situazione si considera il mantenimento costante della distanza della linea dei carichi totali dal fondo e la variabilità della portata per unità di larghezza, contrariamente a quanto accade nel caso delle soglie. La presenza del ponte viene schematizzata come un unico restringimento che riduce la larghezza dell'alveo ad un valore pari alla larghezza complessiva delle luci del ponte. Per un alveo a debole pendenza si dovrebbe osservare una depressione del livello del pelo libero in prossimità del manufatto che genera il restringimento mentre per la forte pendenza un incremento del livello. Nel primo caso se la diminuzione è tale da provocare il passaggio dello stato critico, la corrente diventerà veloce per un breve tratto per poi, tramite un risalto, ritornare nelle sue precedenti condizioni di corrente lenta; nel secondo caso si verificherà invece il contrario.

Nel presente studio, si è valutato il profilo in due casi differenti: una volta con il ponte attualmente esistente e una volta come se non ci fosse il ponte per capire quale fosse il livello idrico con le portate di progetto utilizzate senza alcuna interferenza. I profili di piena della corrente che sulla base delle simulazioni idrauliche si instaurano per la

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b>  PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 32 di 57

portata duecentennale (1294 mc/s), vengono riportati negli allegati a seguire.

Come si può vedere nella tabella in allegato, riportante i risultati della prima simulazione, il numero di Froude (ultima colonna a destra) indica che la corrente è una corrente mista anche se prevalentemente veloce; si evince pertanto che ci troviamo in un alveo a buona pendenza. Il profilo di piena per la portata duecentennale è inizialmente di corrente lenta che comincia con un risalto a monte del quale si ha il moto uniforme della corrente veloce; in prossimità del ponte si osserva un rigurgito confermato dai valori del numero di Froude che diminuiscono in corrispondenza delle sezioni vicino il ponte. L'alveo rimane comunque a pendenza elevata quindi non ci sono influenze nel profilo legate alla pendenza del fondo dell'alveo. Nella seconda simulazione si ha sempre un risalto nella parte di monte ma mancando il ponte non si ha rigurgito.

## 7. CONCLUSIONI

**Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena:** la realizzazione dell'intervento in progetto non determina nel tratto urbano una significativa modifica del profilo di piena; non essendo previsto un ponte sostenuto da pile per cui si avrebbe un restringimento della sezione dell'alveo si favorisce comunque il naturale deflusso dell'acqua rispetto allo stato attuale dove in particolare per la parte di ponte vecchio non viene verificato il franco senza nemmeno avere un piccolo margine.

**Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo:** non sono previste riduzioni delle superfici allagabili (né capacità idraulica né solida).

**Interazioni con le opere di difesa idrauliche esistenti:** l'intervento in progetto non procura interferenze con eventuali opere di difesa idrauliche esistenti.

**Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento:** non sono previste

	<b>REALIZZAZIONE ACQUEDOTTO DELLA VALLE ORCO</b> PROGETTO PRELIMINARE	
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	VORC SPA ALL.MATTM- 7B_Relazione.CI	FOGLIO 33 di 57

**Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena:** la realizzazione dell'intervento non è causa diretta di effetti d'instabilità plano-altimetrica dell'alveo.

**Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale:** non sussistono modifiche ambientali indotte.

**Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena:** l'insieme delle analisi e verifiche condotte di carattere idromorfologico, idrologico, topografico ed idraulico, conduce a ritenere che l'opera in progetto rispetti sotto il profilo della compatibilità idraulica le disposizioni previste dal PAI.

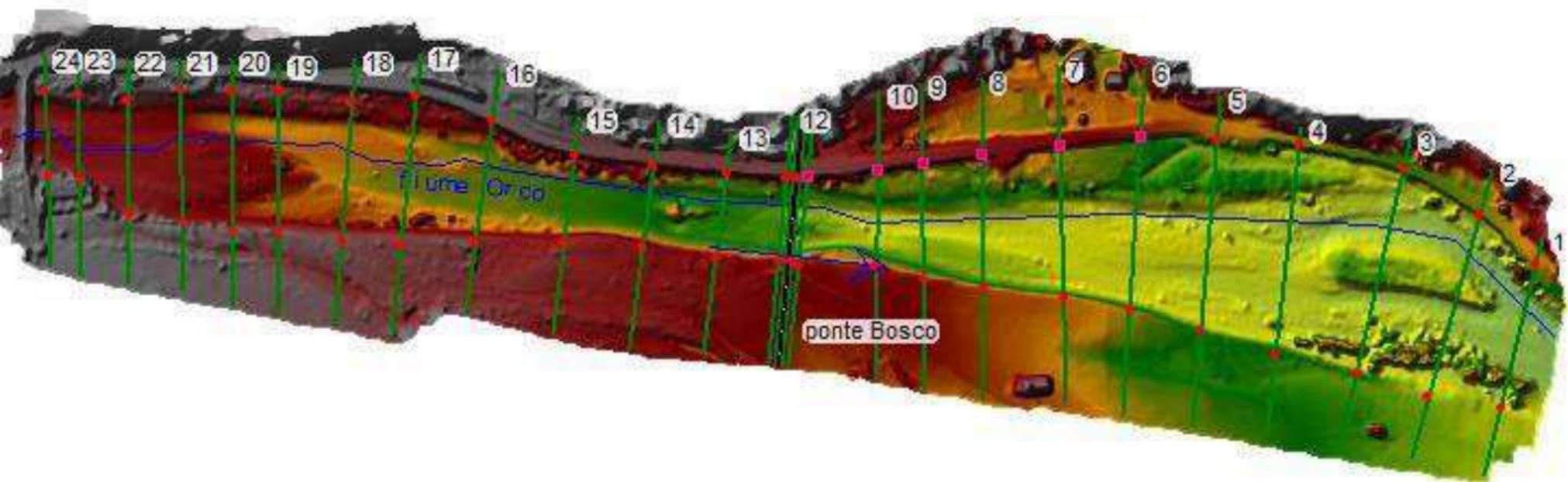
I risultati ottenuti fanno desumere che l'opera in progetto non modifica i fenomeni idraulici naturali che possono avere luogo nelle fasce fluviali A e B e non costituisce rilevante ostacolo al deflusso naturale delle acque. Il franco è verificato secondo normativa per la portata duecentennale nel momento in cui si costruisce il manufatto di 1.5 m al di sopra del livello idrico determinato. L'impalcato del ponte quindi non risulta mai un ostacolo. Si può pertanto assicurare che non sussiste un aumento delle condizioni di pericolosità idraulica per il territorio circostante se si rispettano tali condizioni. Inoltre, l'opera in progetto non genererebbe una riduzione della superficie delle aree allagabili.

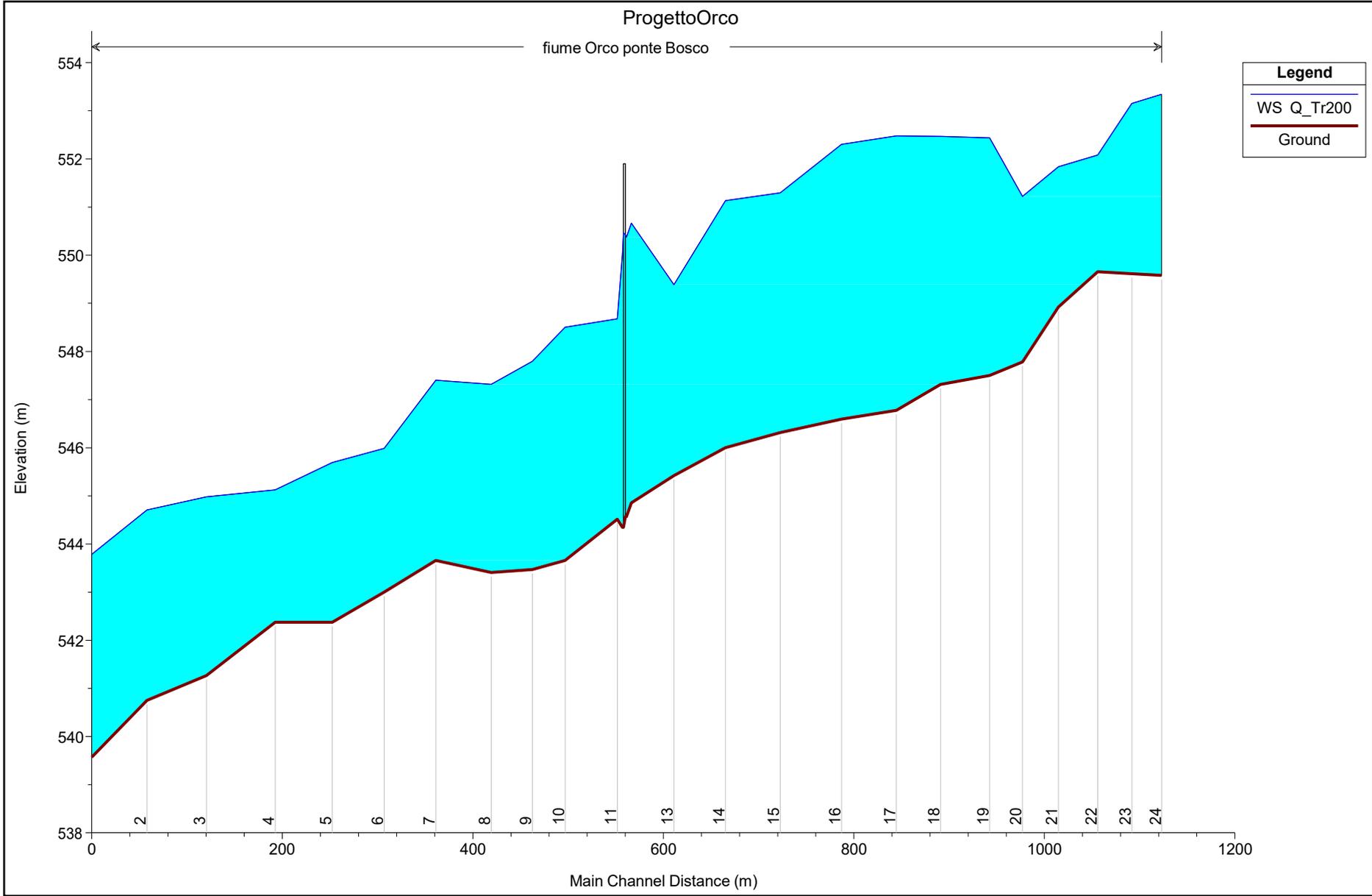
Si riportano inoltre gli elaborati grafici derivanti dall'utilizzo del succitato codice di calcolo. In particolare si allegano:

- Planimetria con ubicazione delle sezioni che sono state implementate all'interno del modello nelle due diverse simulazioni;
- Profilo di piena relativo alla  $Q_{Tr=200}$  nelle due diverse simulazioni;
- Sezioni trasversali con il livello idrico relativo alla  $Q_{Tr=200}$  nelle due diverse simulazioni;
- Output tabellare ( $Q_{Tr=20}$ ,  $Q_{Tr=100}$ ,  $Q_{Tr=200}$  e  $Q_{Tr=500}$ ) nelle due diverse simulazioni.

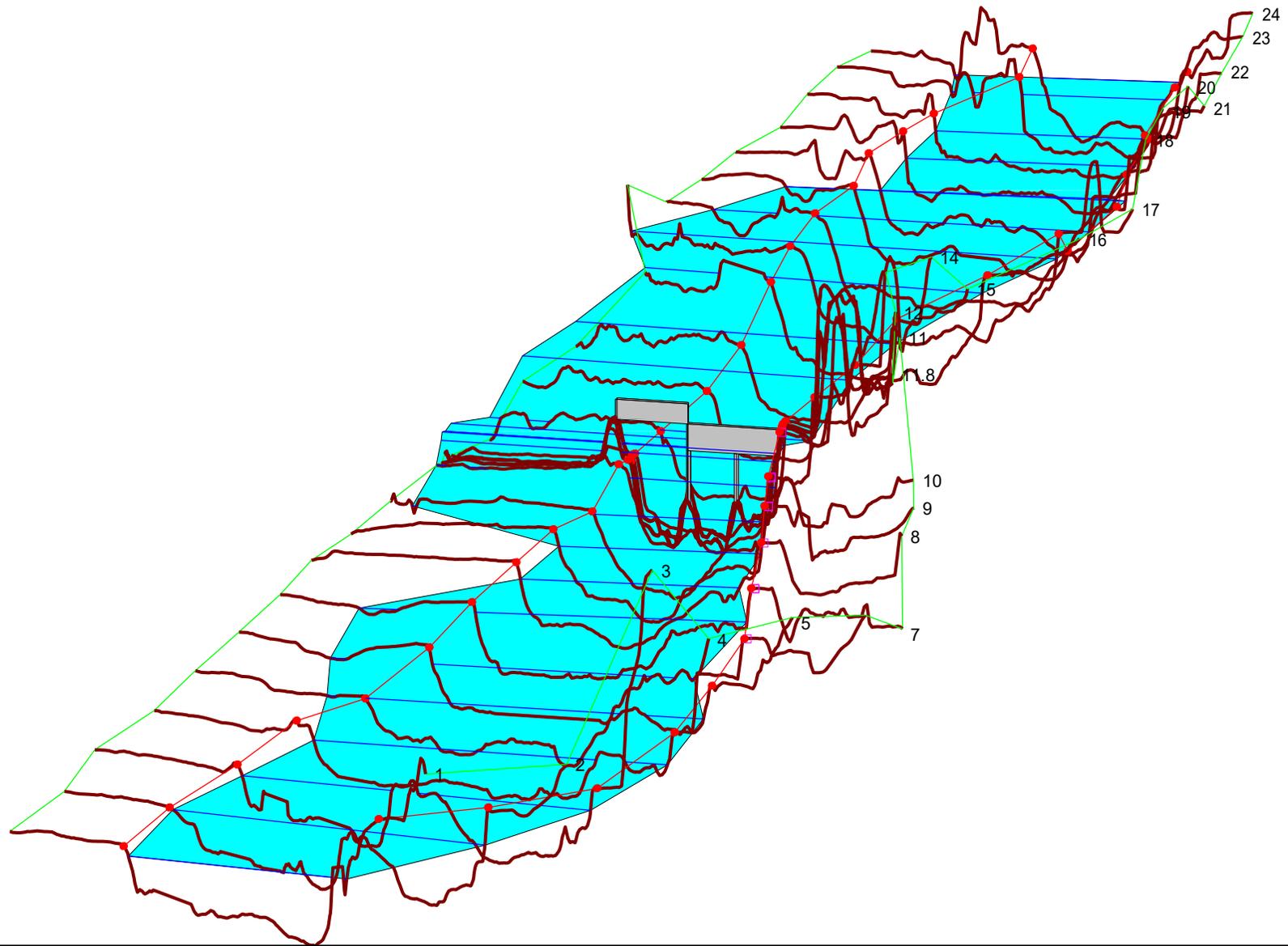
rispettivamente nella prima e nella seconda condizione.

*Allegati*

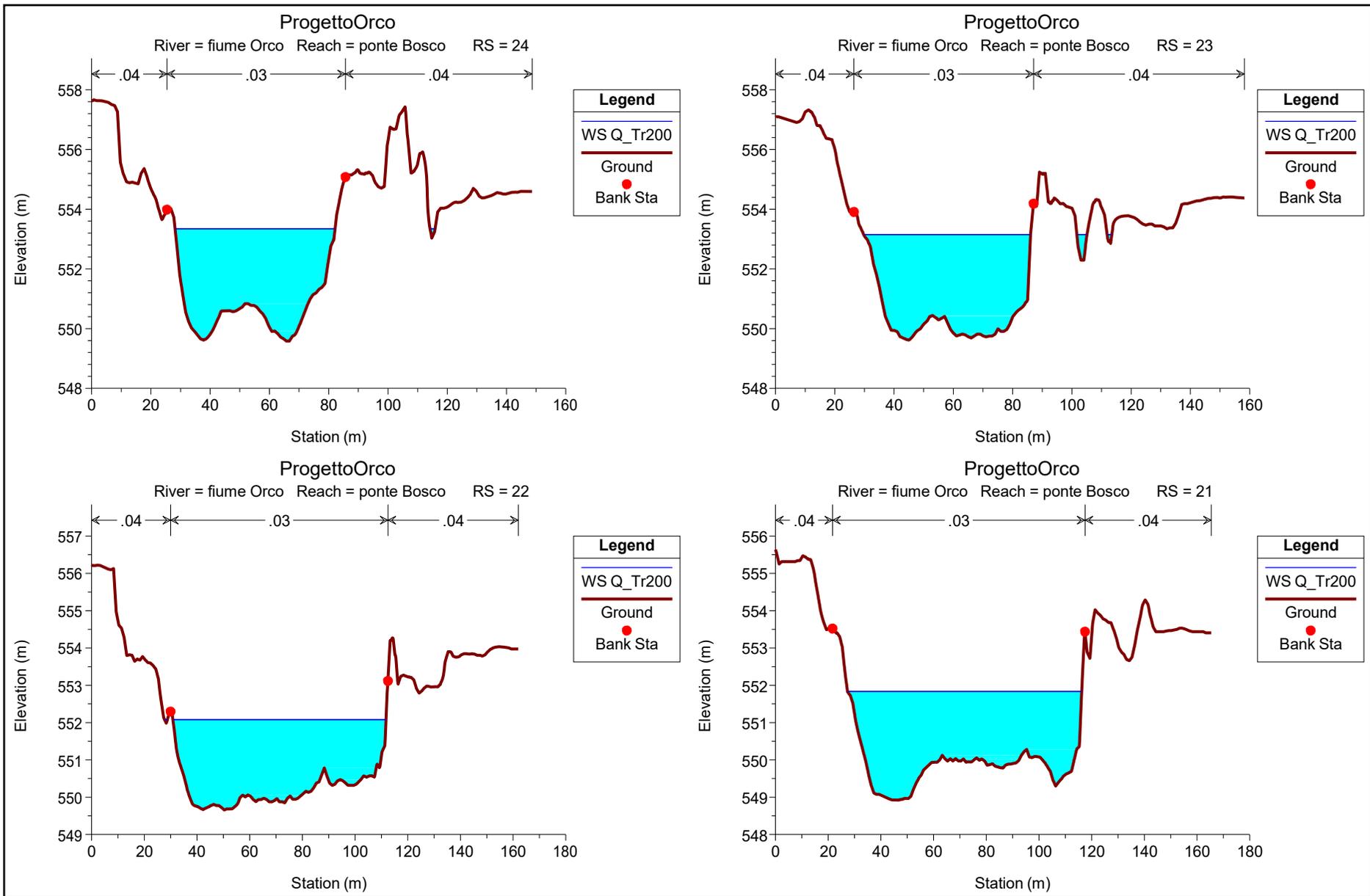


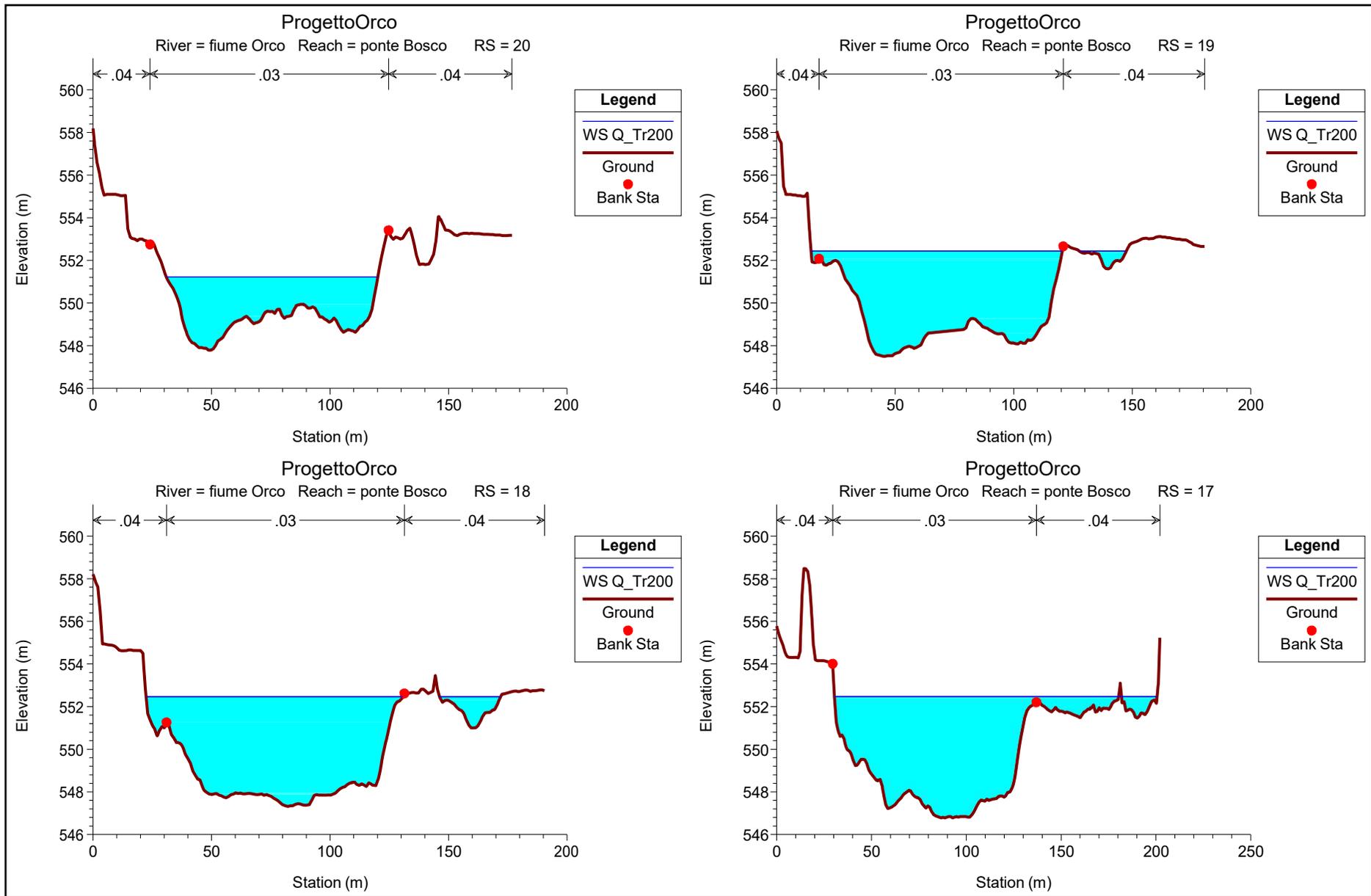


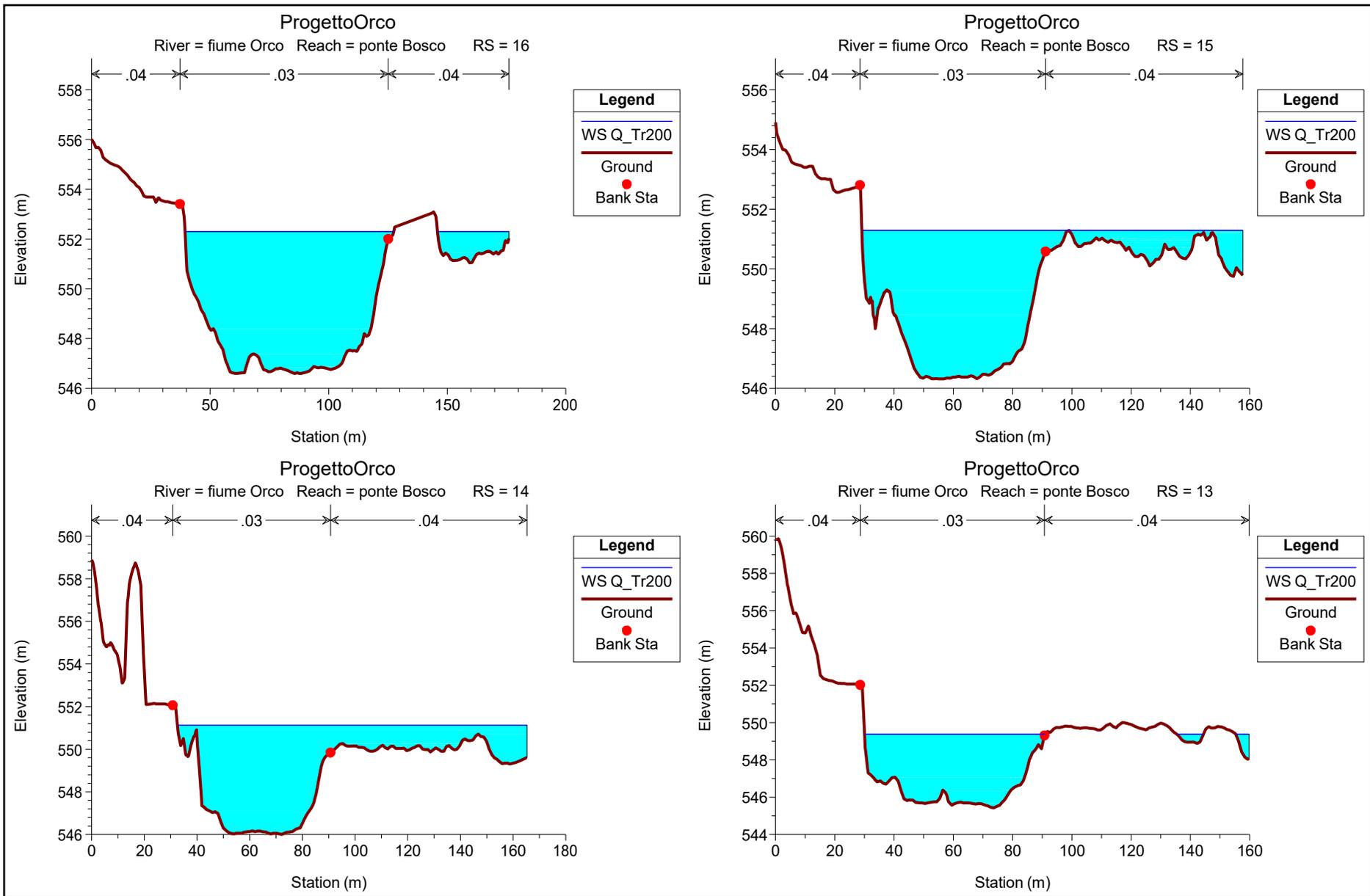
ProgettoOrco

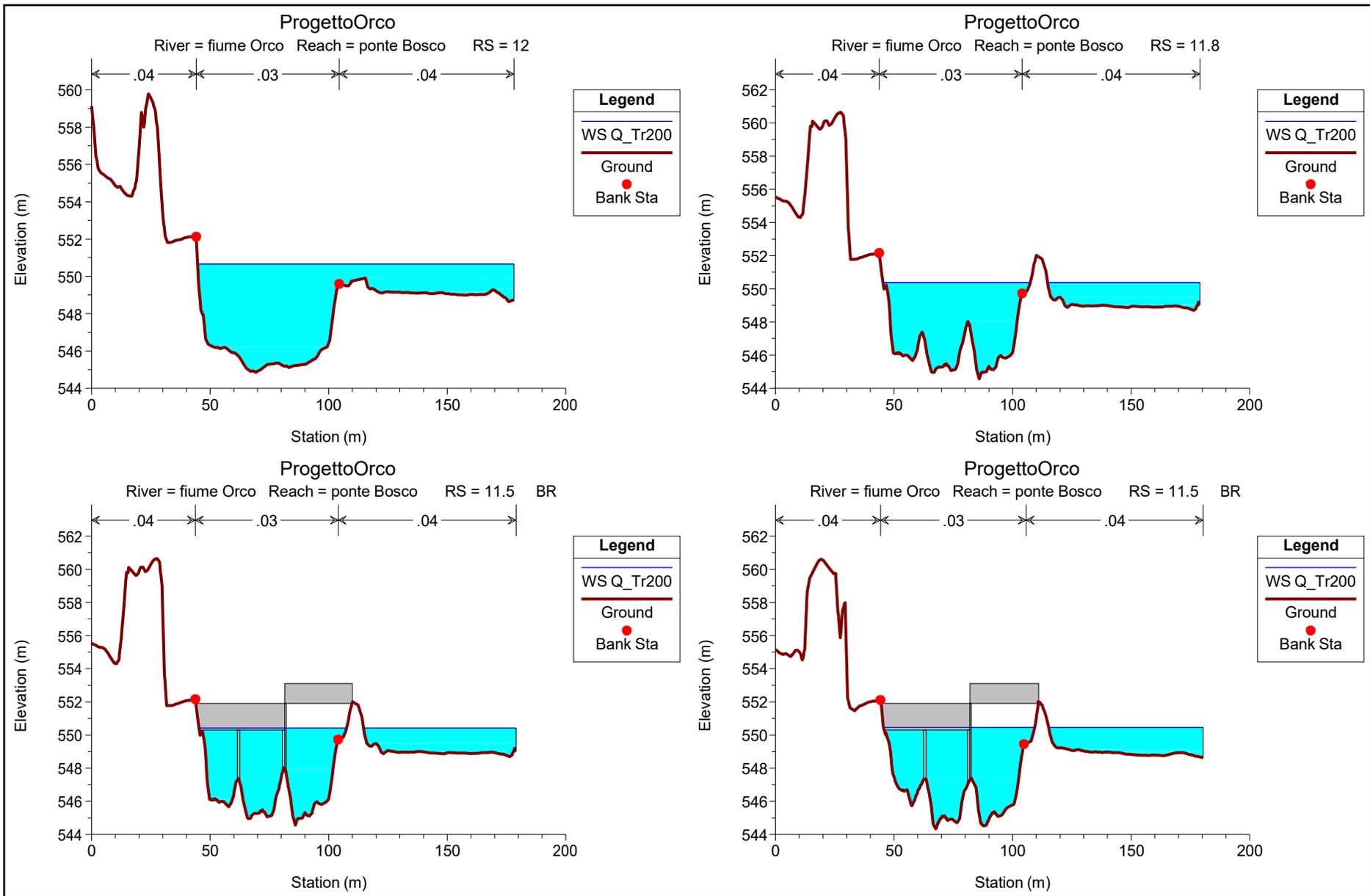


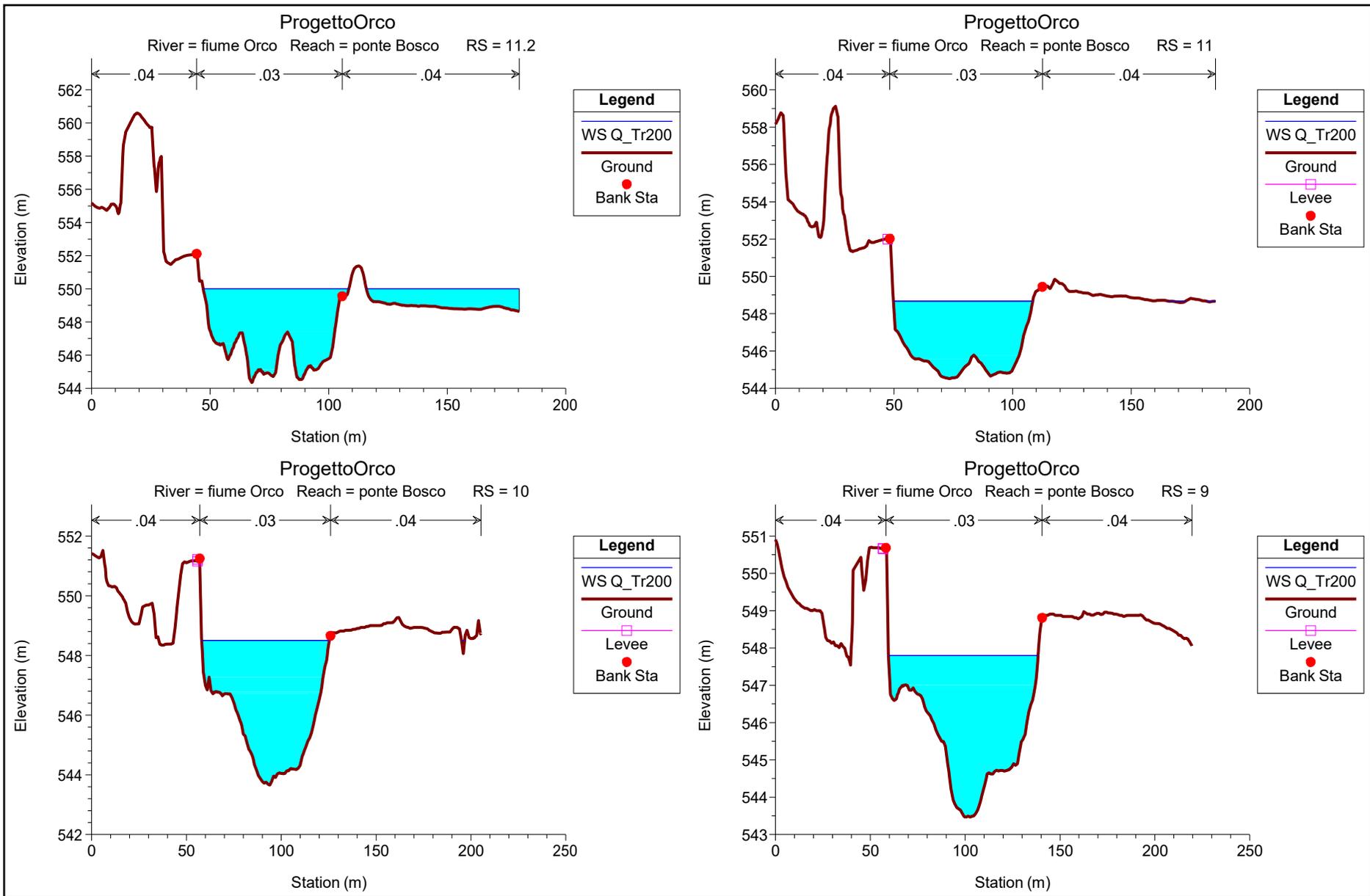
Legend	
	WS Q_Tr200
	Ground
	Bank Sta
	Levee

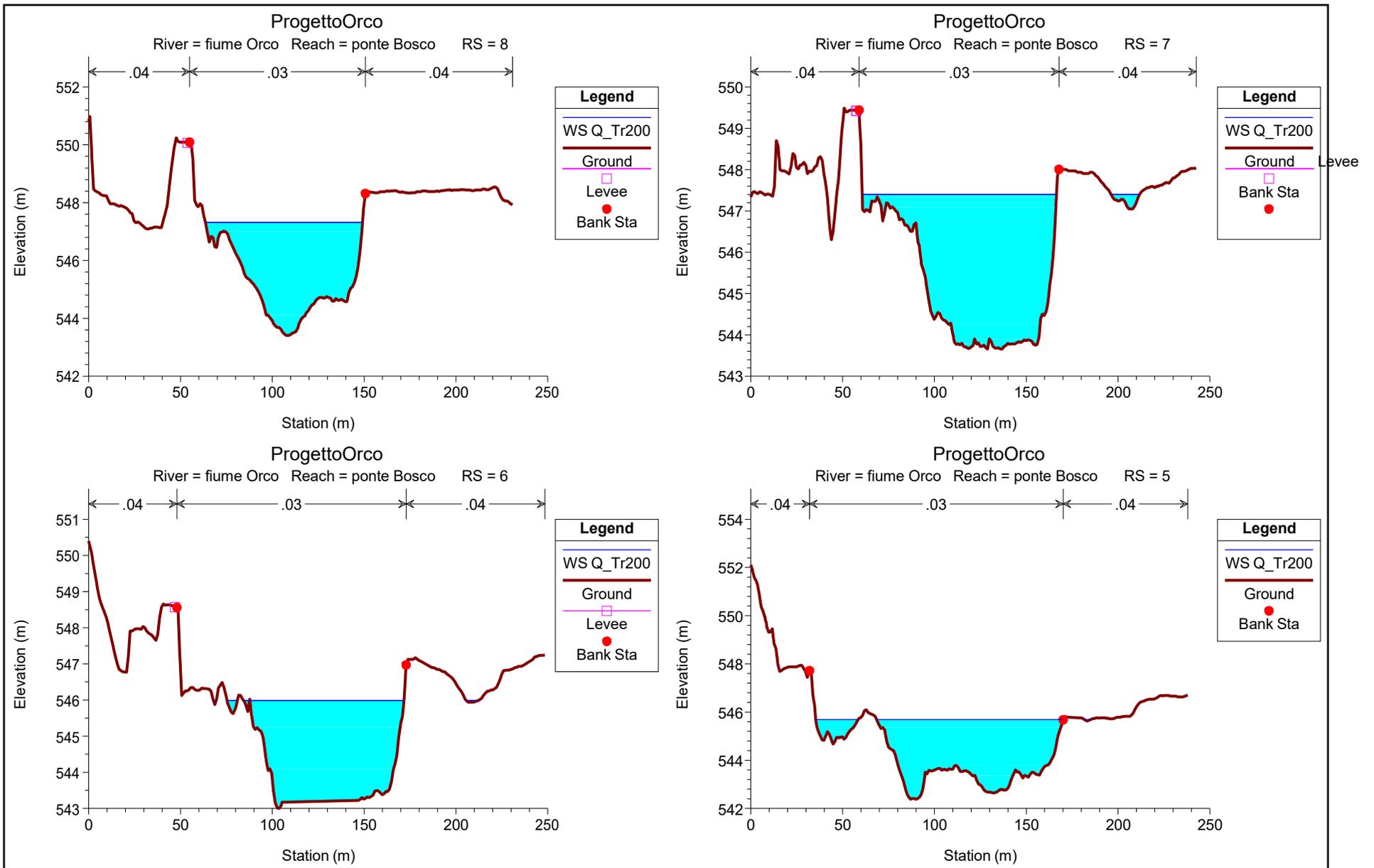


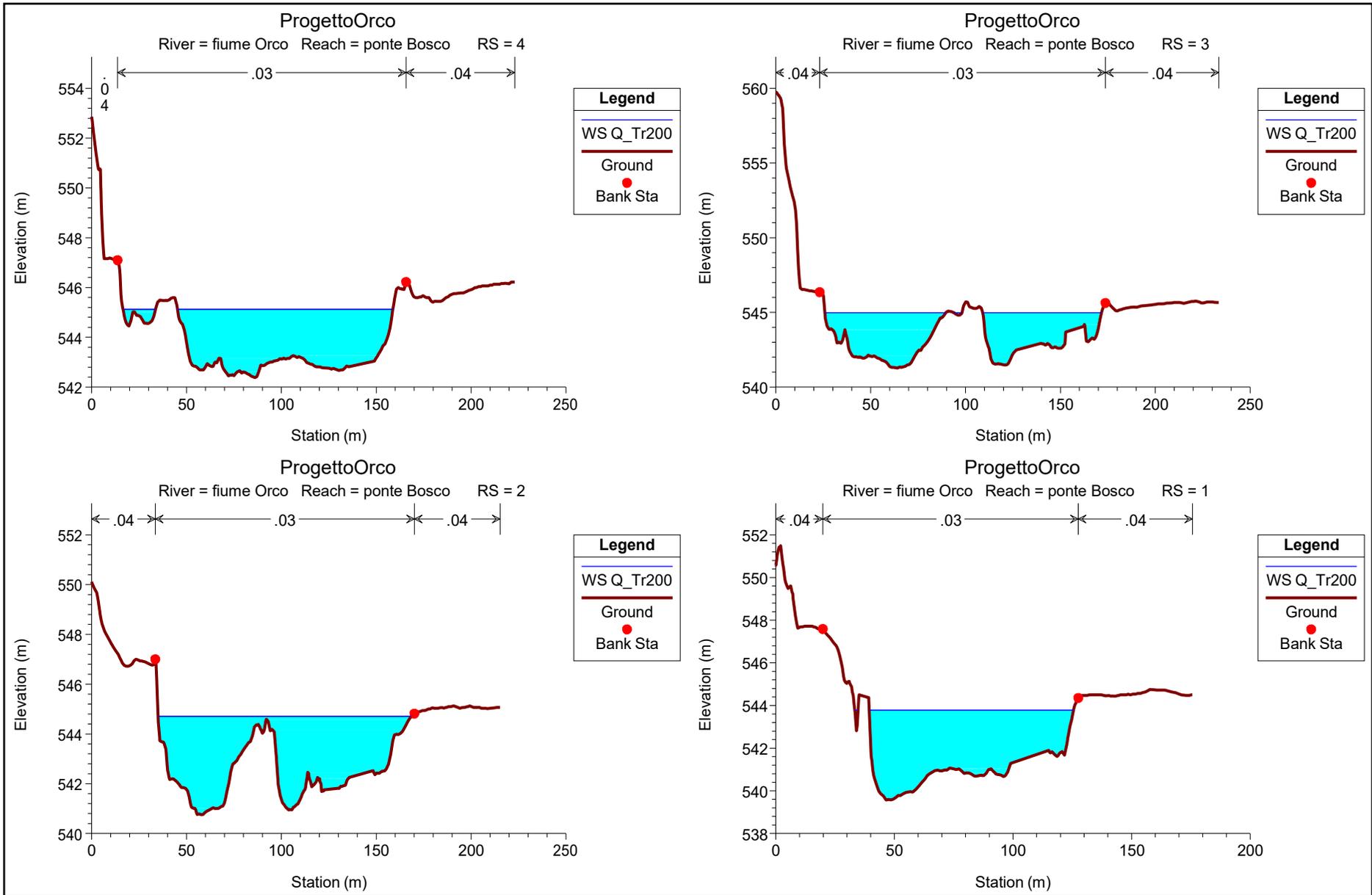










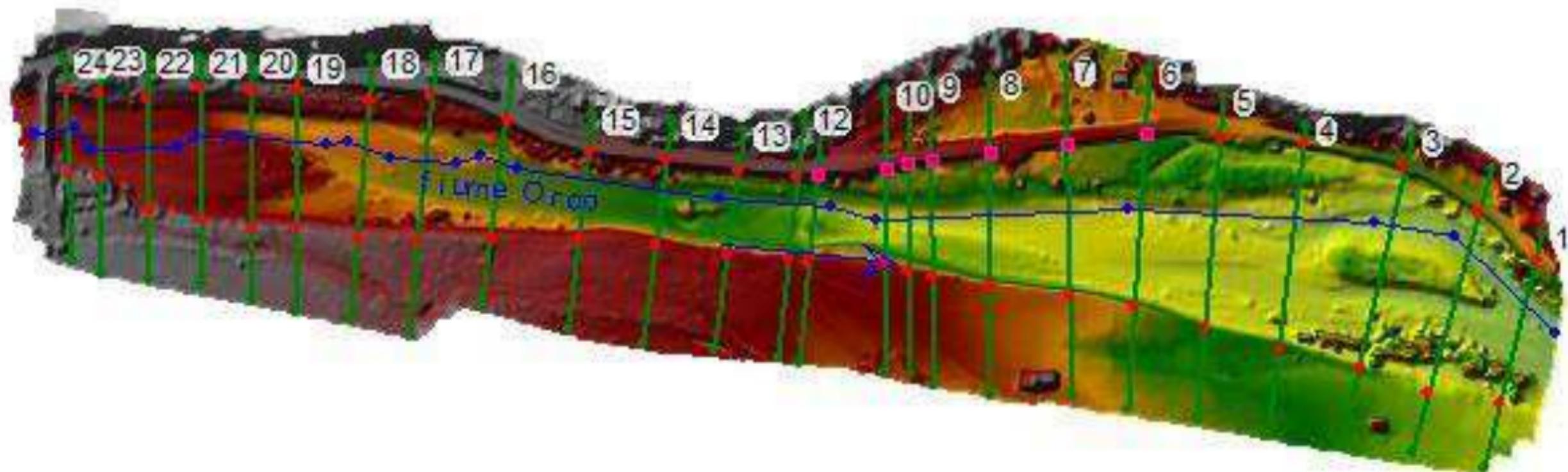


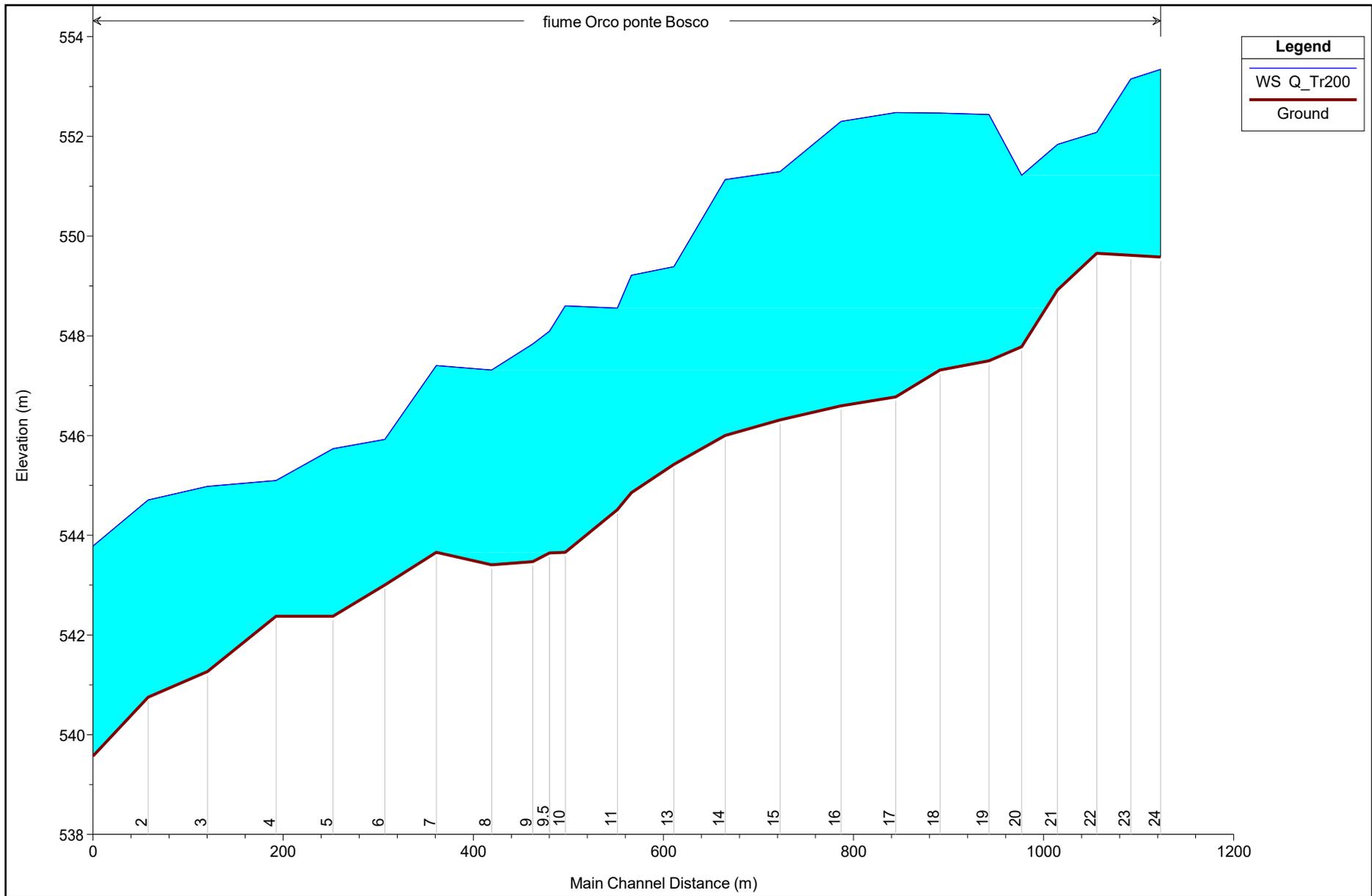
HEC-RAS Plan: P\_Bosco\_conPonte River: fiume Orco Reach: ponte Bosco

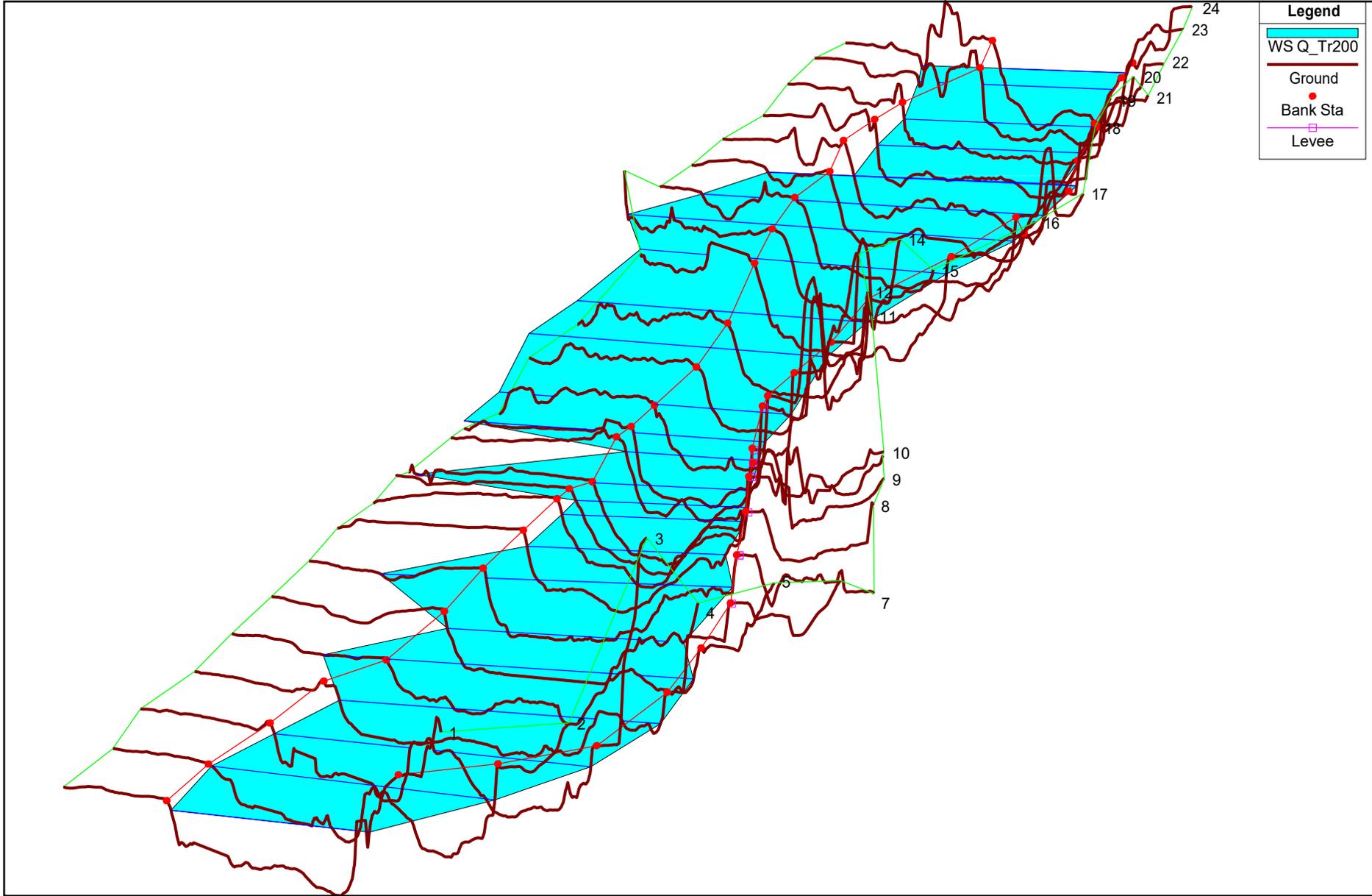
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ponte Bosco	24	Q_Tr20	804.00	549.58	552.59	553.39	555.30	0.018004	7.29	110.29	51.53	1.59
ponte Bosco	24	Q_Tr100	1144.00	549.58	553.13	554.27	556.60	0.018007	8.25	138.74	54.21	1.64
ponte Bosco	24	Q_Tr200	1294.00	549.58	553.34	554.66	557.14	0.018001	8.62	150.30	55.88	1.65
ponte Bosco	24	Q_Tr500	1470.00	549.58	553.58	555.12	557.73	0.018009	9.03	163.42	56.94	1.67
ponte Bosco	23	Q_Tr20	804.00	549.61	552.47	553.07	554.66	0.013332	6.57	122.67	54.83	1.38
ponte Bosco	23	Q_Tr100	1144.00	549.61	552.96	553.98	555.95	0.014743	7.67	150.24	58.86	1.49
ponte Bosco	23	Q_Tr200	1294.00	549.61	553.15	554.17	556.47	0.015451	8.08	161.92	61.36	1.53
ponte Bosco	23	Q_Tr500	1470.00	549.61	553.35	554.79	557.06	0.016218	8.55	174.46	63.85	1.58
ponte Bosco	22	Q_Tr20	804.00	549.66	551.64	552.35	554.01	0.025160	6.81	118.01	79.89	1.79
ponte Bosco	22	Q_Tr100	1144.00	549.66	551.95	552.93	555.22	0.027399	8.01	142.83	80.62	1.92
ponte Bosco	22	Q_Tr200	1294.00	549.66	552.08	553.18	555.71	0.027861	8.44	153.39	82.06	1.96
ponte Bosco	22	Q_Tr500	1470.00	549.66	552.22	553.46	556.28	0.028513	8.92	165.03	83.55	2.00
ponte Bosco	21	Q_Tr20	804.00	548.92	551.44	551.84	553.00	0.014061	5.53	145.34	86.51	1.36
ponte Bosco	21	Q_Tr100	1144.00	548.92	551.72	552.39	554.04	0.017435	6.75	169.49	87.78	1.55
ponte Bosco	21	Q_Tr200	1294.00	548.92	551.84	552.61	554.48	0.018735	7.21	179.58	88.94	1.62
ponte Bosco	21	Q_Tr500	1470.00	548.92	551.96	552.86	554.99	0.019979	7.72	190.49	89.25	1.69
ponte Bosco	20	Q_Tr20	804.00	547.78	550.72	551.18	552.42	0.016140	5.78	139.06	85.86	1.45
ponte Bosco	20	Q_Tr100	1144.00	547.78	551.07	551.74	553.39	0.017497	6.74	169.76	88.40	1.55
ponte Bosco	20	Q_Tr200	1294.00	547.78	551.22	551.97	553.77	0.017667	7.07	183.00	89.26	1.58
ponte Bosco	20	Q_Tr500	1470.00	547.78	551.37	552.23	554.22	0.018173	7.48	196.60	90.02	1.62
ponte Bosco	19	Q_Tr20	804.00	547.50	551.39	550.60	551.93	0.002593	3.27	245.90	90.48	0.63
ponte Bosco	19	Q_Tr100	1144.00	547.50	552.12	551.19	552.79	0.002680	3.62	318.92	114.79	0.66
ponte Bosco	19	Q_Tr200	1294.00	547.50	552.44	551.41	553.13	0.002487	3.70	356.26	125.85	0.64
ponte Bosco	19	Q_Tr500	1470.00	547.50	552.74	551.67	553.49	0.002388	3.84	396.68	139.32	0.64
ponte Bosco	18	Q_Tr20	804.00	547.31	551.40		551.78	0.001521	2.73	297.84	108.16	0.50
ponte Bosco	18	Q_Tr100	1144.00	547.31	552.15		552.63	0.001498	3.09	384.72	124.25	0.51
ponte Bosco	18	Q_Tr200	1294.00	547.31	552.47		552.98	0.001492	3.20	426.08	134.20	0.51
ponte Bosco	18	Q_Tr500	1470.00	547.31	552.78		553.34	0.001495	3.35	470.46	163.79	0.52
ponte Bosco	17	Q_Tr20	804.00	546.77	551.40		551.70	0.001080	2.42	332.10	99.36	0.42
ponte Bosco	17	Q_Tr100	1144.00	546.77	552.15		552.54	0.001170	2.78	426.97	156.74	0.45
ponte Bosco	17	Q_Tr200	1294.00	546.77	552.48		552.89	0.001141	2.87	480.72	168.72	0.45
ponte Bosco	17	Q_Tr500	1470.00	546.77	552.80		553.24	0.001120	2.98	535.69	170.01	0.45
ponte Bosco	16	Q_Tr20	804.00	546.59	551.30		551.63	0.001054	2.57	314.52	94.83	0.42
ponte Bosco	16	Q_Tr100	1144.00	546.59	552.00		552.47	0.001213	3.04	391.38	115.23	0.46
ponte Bosco	16	Q_Tr200	1294.00	546.59	552.30		552.81	0.001233	3.19	426.37	118.15	0.47
ponte Bosco	16	Q_Tr500	1470.00	546.59	552.59		553.16	0.001291	3.39	460.50	121.93	0.49
ponte Bosco	15	Q_Tr20	804.00	546.31	550.76	549.92	551.49	0.002757	3.81	221.48	98.45	0.66
ponte Bosco	15	Q_Tr100	1144.00	546.31	551.13	550.80	552.27	0.003825	4.80	263.28	122.51	0.79
ponte Bosco	15	Q_Tr200	1294.00	546.31	551.29	551.19	552.60	0.004186	5.16	283.74	128.52	0.83
ponte Bosco	15	Q_Tr500	1470.00	546.31	551.56	551.56	552.94	0.004176	5.36	317.59	128.62	0.84
ponte Bosco	14	Q_Tr20	804.00	546.00	549.84	549.84	551.20	0.005999	5.19	159.31	65.40	0.96
ponte Bosco	14	Q_Tr100	1144.00	546.00	550.91	550.91	552.04	0.004149	4.90	280.74	132.52	0.82
ponte Bosco	14	Q_Tr200	1294.00	546.00	551.13	551.13	552.32	0.004175	5.09	309.83	132.70	0.83
ponte Bosco	14	Q_Tr500	1470.00	546.00	551.16	551.34	552.66	0.005237	5.73	313.36	132.73	0.93
ponte Bosco	13	Q_Tr20	804.00	545.42	549.74	548.98	550.49	0.002815	3.86	220.37	105.81	0.67
ponte Bosco	13	Q_Tr100	1144.00	545.42	549.03	549.76	551.54	0.012492	7.03	164.99	69.80	1.37
ponte Bosco	13	Q_Tr200	1294.00	545.42	549.38	550.28	551.85	0.010641	6.99	190.62	74.71	1.28
ponte Bosco	13	Q_Tr500	1470.00	545.42	549.80	550.57	552.21	0.008880	6.93	226.90	117.09	1.19
ponte Bosco	12	Q_Tr20	804.00	544.85	549.80		550.33	0.001691	3.30	278.43	129.11	0.53
ponte Bosco	12	Q_Tr100	1144.00	544.85	550.47	549.56	551.13	0.001808	3.76	367.82	133.37	0.56
ponte Bosco	12	Q_Tr200	1294.00	544.85	550.66	549.82	551.40	0.001951	4.01	393.69	133.45	0.59
ponte Bosco	12	Q_Tr500	1470.00	544.85	550.91	550.16	551.72	0.002040	4.23	427.14	133.55	0.60
ponte Bosco	11.8	Q_Tr20	804.00	544.57	549.54	548.76	550.29	0.003076	3.93	231.72	119.06	0.67
ponte Bosco	11.8	Q_Tr100	1144.00	544.57	550.24	549.81	551.09	0.003055	4.31	317.55	125.80	0.68
ponte Bosco	11.8	Q_Tr200	1294.00	544.57	550.37	550.09	551.36	0.003422	4.65	334.52	126.32	0.73
ponte Bosco	11.8	Q_Tr500	1470.00	544.57	550.59	550.33	551.68	0.003592	4.91	362.09	127.13	0.75
ponte Bosco	11.5		Bridge									
ponte Bosco	11.2	Q_Tr20	804.00	544.35	548.40	548.68	550.16	0.010396	5.88	136.76	54.58	1.19
ponte Bosco	11.2	Q_Tr100	1144.00	544.35	549.47	549.76	551.01	0.006264	5.60	230.75	120.22	0.96
ponte Bosco	11.2	Q_Tr200	1294.00	544.35	550.00	550.00	551.25	0.004546	5.17	297.11	125.99	0.84
ponte Bosco	11.2	Q_Tr500	1470.00	544.35	550.26	550.26	551.57	0.004539	5.36	329.29	127.14	0.85
ponte Bosco	11	Q_Tr20	804.00	544.51	547.34	548.13	550.00	0.018999	7.22	111.43	55.54	1.63
ponte Bosco	11	Q_Tr100	1144.00	544.51	548.16	549.10	550.84	0.012953	7.26	157.59	57.76	1.40
ponte Bosco	11	Q_Tr200	1294.00	544.51	548.68	549.54	551.10	0.009547	6.89	188.20	70.33	1.23
ponte Bosco	11	Q_Tr500	1470.00	544.51	549.12	549.84	551.44	0.008075	6.79	231.06	115.95	1.15
ponte Bosco	10	Q_Tr20	804.00	543.66	547.83	547.83	549.07	0.006659	4.94	162.80	65.23	1.00
ponte Bosco	10	Q_Tr100	1144.00	543.66	548.48	548.51	550.05	0.006457	5.55	206.40	68.92	1.01
ponte Bosco	10	Q_Tr200	1294.00	543.66	548.50	548.89	550.48	0.008093	6.24	207.82	69.10	1.14

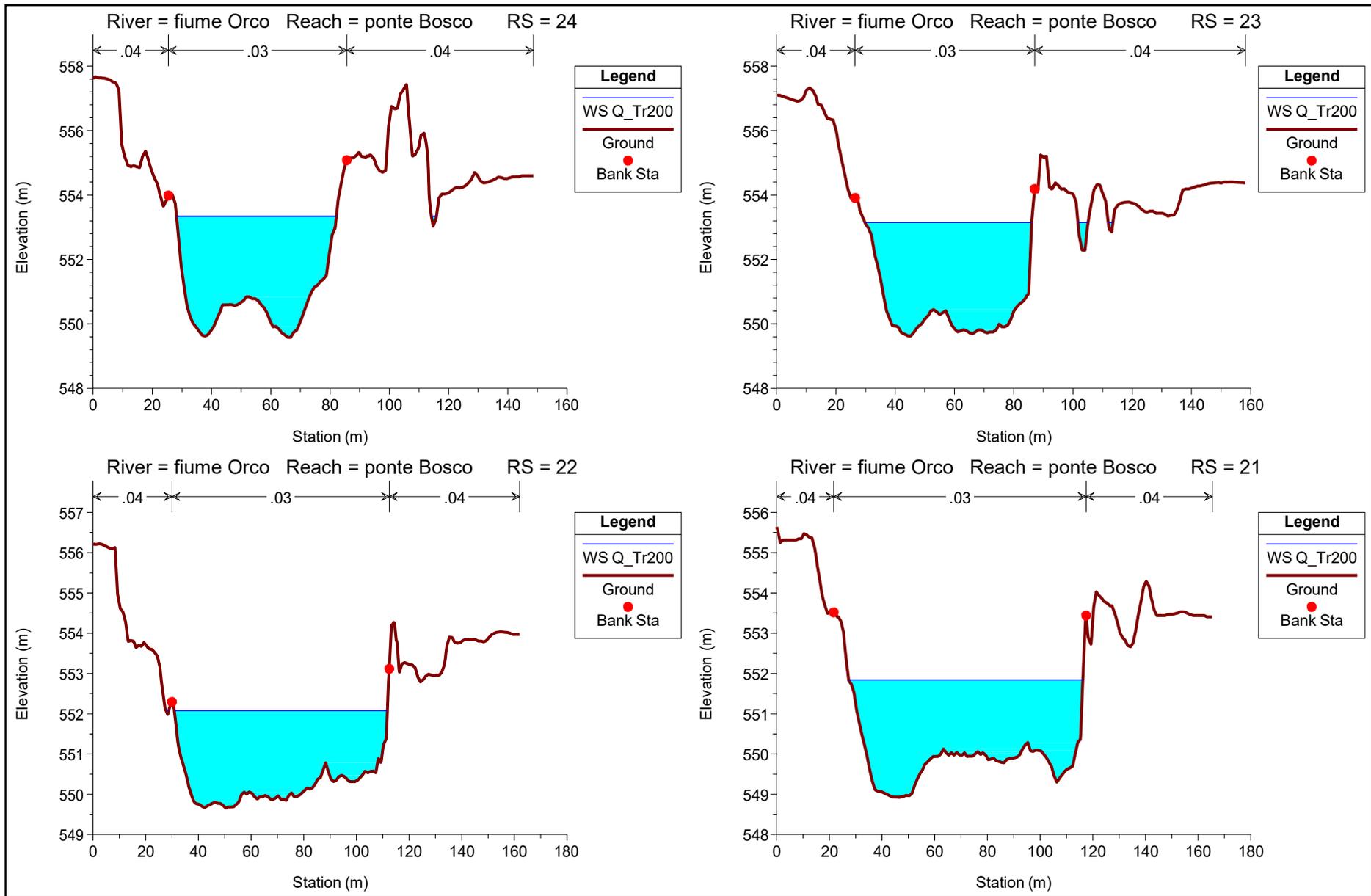
HEC-RAS Plan: P\_Bosco\_conPonte River: fiume Orco Reach: ponte Bosco (Continued)

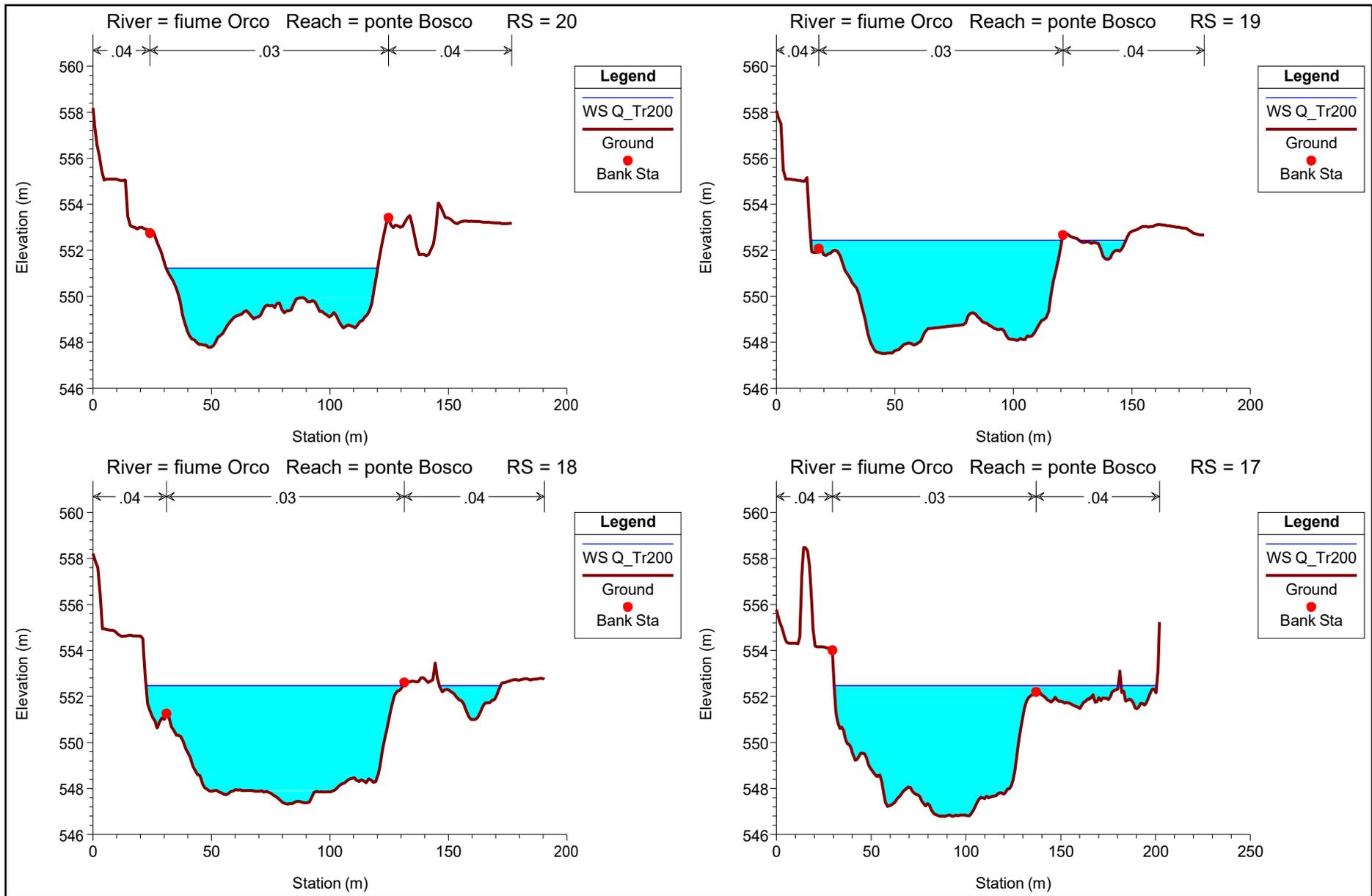
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ponte Bosco	10	Q_Tr500	1470.00	543.66	548.66	549.46	550.97	0.008963	6.74	219.06	74.63	1.20
ponte Bosco	9	Q_Tr20	804.00	543.47	547.21	547.55	548.75	0.011761	5.49	146.57	77.38	1.27
ponte Bosco	9	Q_Tr100	1144.00	543.47	547.64	548.15	549.70	0.012346	6.36	179.77	78.49	1.34
ponte Bosco	9	Q_Tr200	1294.00	543.47	547.80	548.41	550.11	0.012759	6.73	192.14	78.87	1.38
ponte Bosco	9	Q_Tr500	1470.00	543.47	547.97	548.73	550.57	0.013242	7.15	205.63	79.21	1.42
ponte Bosco	8	Q_Tr20	804.00	543.41	546.68	547.09	548.24	0.011385	5.53	145.31	74.10	1.26
ponte Bosco	8	Q_Tr100	1144.00	543.41	547.16	547.67	549.14	0.012647	6.22	183.90	84.90	1.35
ponte Bosco	8	Q_Tr200	1294.00	543.41	547.32	547.91	549.52	0.013017	6.57	196.98	85.57	1.38
ponte Bosco	8	Q_Tr500	1470.00	543.41	547.48	548.20	549.96	0.013565	6.97	210.92	86.41	1.42
ponte Bosco	7	Q_Tr20	804.00	543.66	546.28	546.45	547.60	0.008566	5.07	158.47	74.24	1.11
ponte Bosco	7	Q_Tr100	1144.00	543.66	547.27	547.27	548.40	0.006656	4.72	243.30	114.56	0.99
ponte Bosco	7	Q_Tr200	1294.00	543.66	547.40	547.50	548.70	0.007191	5.04	259.35	121.49	1.03
ponte Bosco	7	Q_Tr500	1470.00	543.66	547.42	547.78	549.06	0.009108	5.69	261.02	121.88	1.16
ponte Bosco	6	Q_Tr20	804.00	543.00	545.24	545.73	546.96	0.014658	5.80	138.51	79.62	1.41
ponte Bosco	6	Q_Tr100	1144.00	543.00	545.75	546.51	547.81	0.013857	6.35	180.04	86.48	1.41
ponte Bosco	6	Q_Tr200	1294.00	543.00	545.98	546.70	548.09	0.013688	6.43	201.54	100.50	1.40
ponte Bosco	6	Q_Tr500	1470.00	543.00	546.21	546.84	548.41	0.013992	6.57	225.90	115.74	1.42
ponte Bosco	5	Q_Tr20	804.00	542.38	545.38	545.38	546.22	0.007696	4.08	197.19	118.51	1.01
ponte Bosco	5	Q_Tr100	1144.00	542.38	545.60	545.93	546.93	0.010689	5.10	224.19	123.04	1.21
ponte Bosco	5	Q_Tr200	1294.00	542.38	545.69	546.13	547.23	0.011795	5.49	235.75	128.47	1.28
ponte Bosco	5	Q_Tr500	1470.00	542.38	545.83	546.31	547.55	0.012388	5.80	255.89	164.43	1.32
ponte Bosco	4	Q_Tr20	804.00	542.38	544.49	544.75	545.64	0.011562	4.75	169.23	110.22	1.22
ponte Bosco	4	Q_Tr100	1144.00	542.38	544.94	545.21	546.27	0.011182	5.11	223.88	127.23	1.23
ponte Bosco	4	Q_Tr200	1294.00	542.38	545.12	545.39	546.52	0.010637	5.23	247.45	130.69	1.21
ponte Bosco	4	Q_Tr500	1470.00	542.38	545.30	545.65	546.81	0.010408	5.44	270.46	132.51	1.21
ponte Bosco	3	Q_Tr20	804.00	541.27	544.35	544.24	545.08	0.006384	3.81	211.26	119.94	0.92
ponte Bosco	3	Q_Tr100	1144.00	541.27	544.80	544.70	545.74	0.006302	4.29	266.51	124.67	0.94
ponte Bosco	3	Q_Tr200	1294.00	541.27	544.98	544.90	546.00	0.006516	4.47	289.65	130.83	0.96
ponte Bosco	3	Q_Tr500	1470.00	541.27	545.29	545.13	546.29	0.005876	4.44	331.78	146.30	0.92
ponte Bosco	2	Q_Tr20	804.00	540.75	543.75	543.75	544.63	0.007669	4.17	192.79	110.26	1.01
ponte Bosco	2	Q_Tr100	1144.00	540.75	544.28	544.28	545.31	0.007210	4.48	255.14	124.76	1.00
ponte Bosco	2	Q_Tr200	1294.00	540.75	544.71	544.48	545.59	0.005289	4.17	310.01	133.66	0.88
ponte Bosco	2	Q_Tr500	1470.00	540.75	545.10	544.69	545.94	0.004069	4.04	367.09	177.55	0.79
ponte Bosco	1	Q_Tr20	804.00	539.57	542.76	542.98	544.08	0.010293	5.09	158.04	83.80	1.18
ponte Bosco	1	Q_Tr100	1144.00	539.57	543.52	543.55	544.86	0.007097	5.14	222.58	86.59	1.02
ponte Bosco	1	Q_Tr200	1294.00	539.57	543.78	543.78	545.20	0.006678	5.27	245.67	87.53	1.00
ponte Bosco	1	Q_Tr500	1470.00	539.57	544.05	544.05	545.57	0.006537	5.47	268.85	88.69	1.00

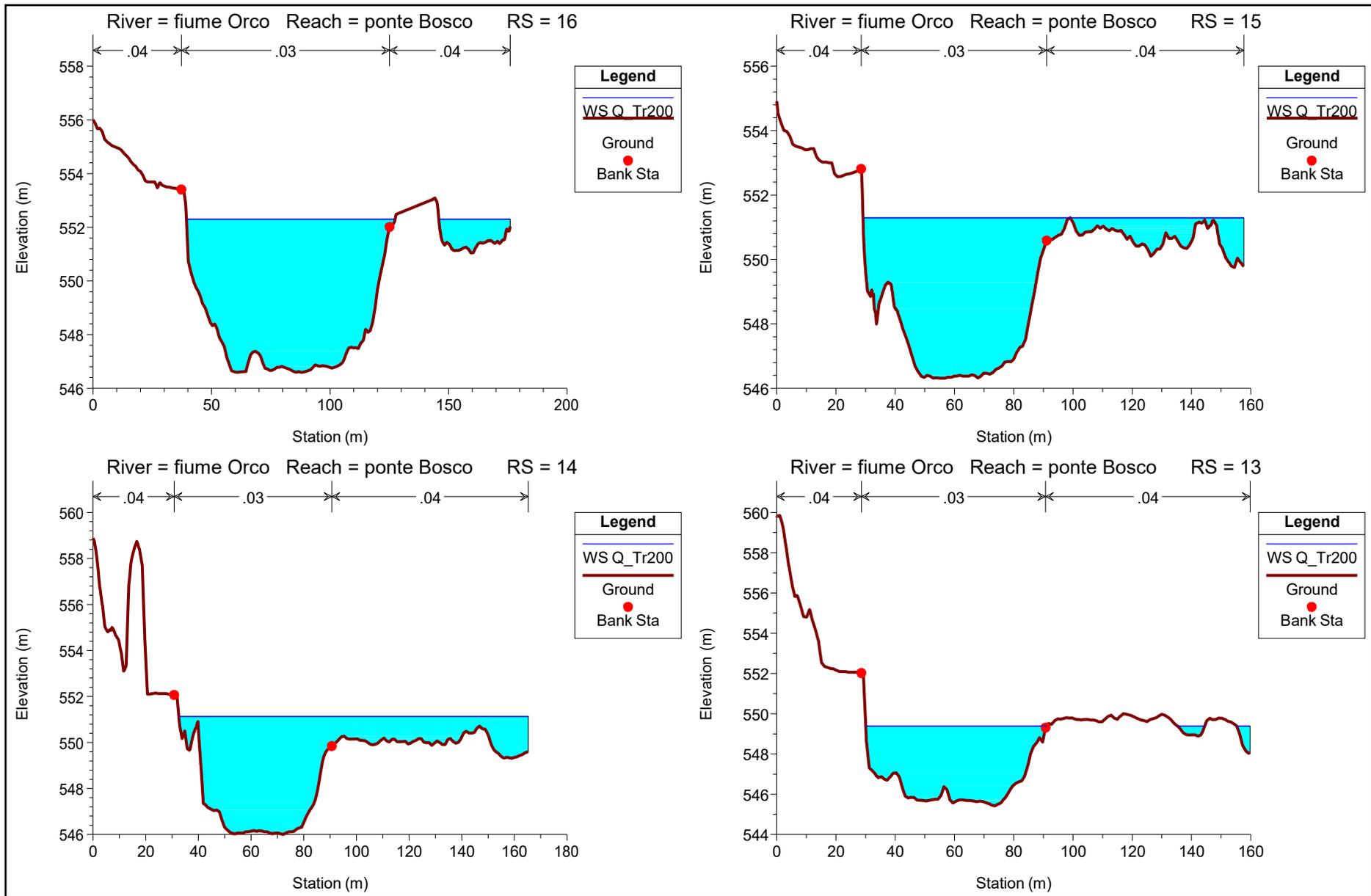


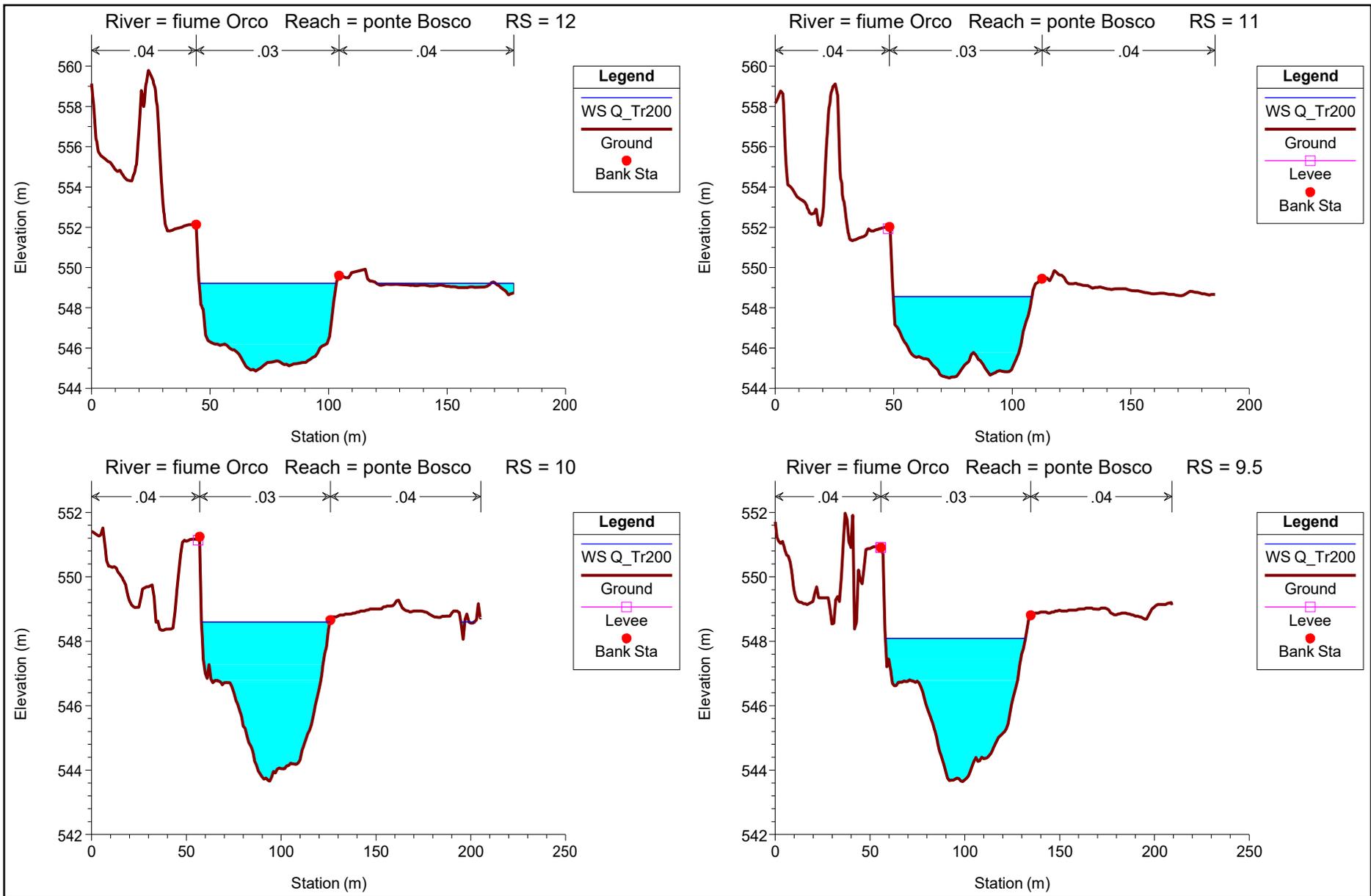


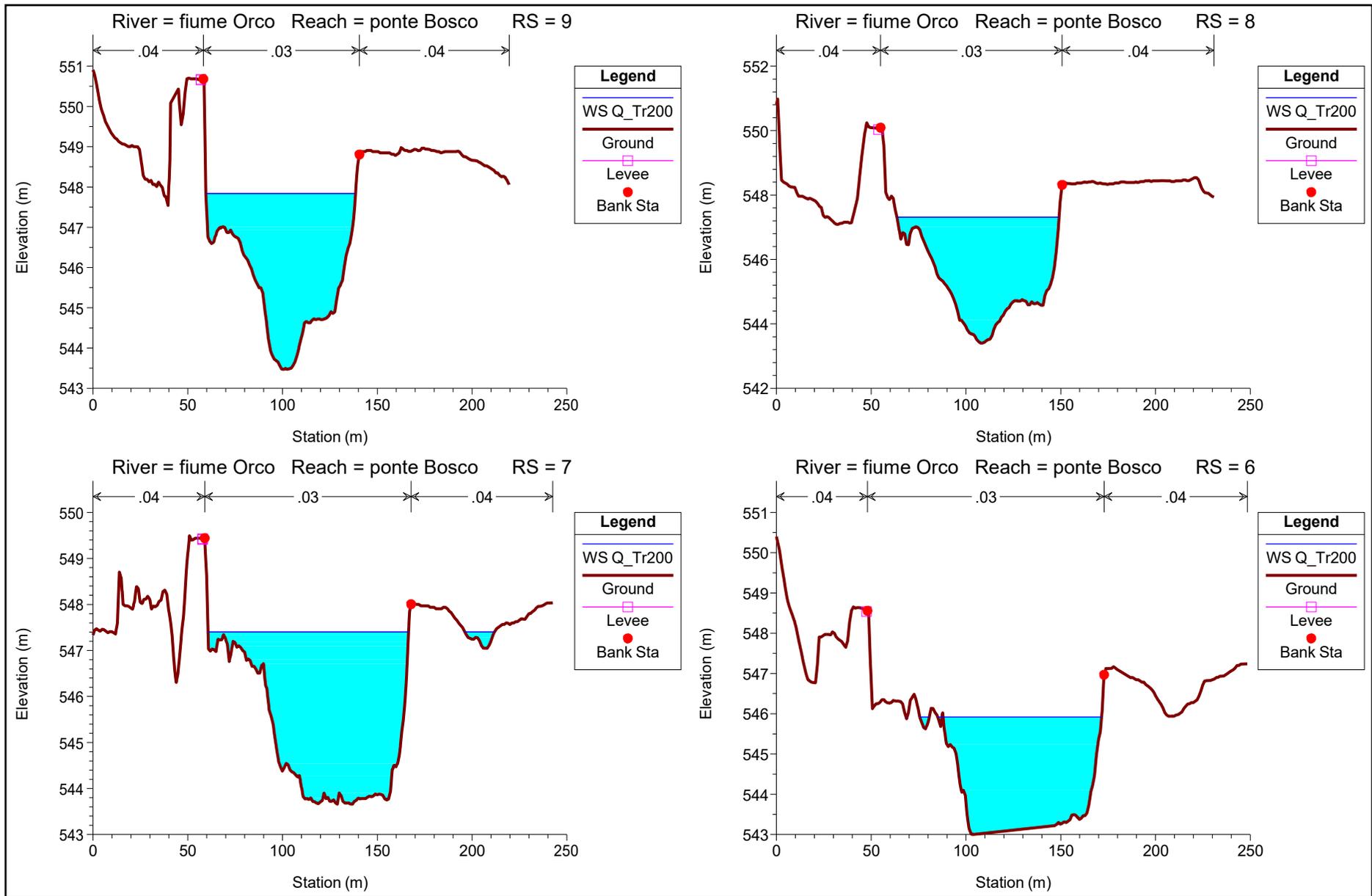












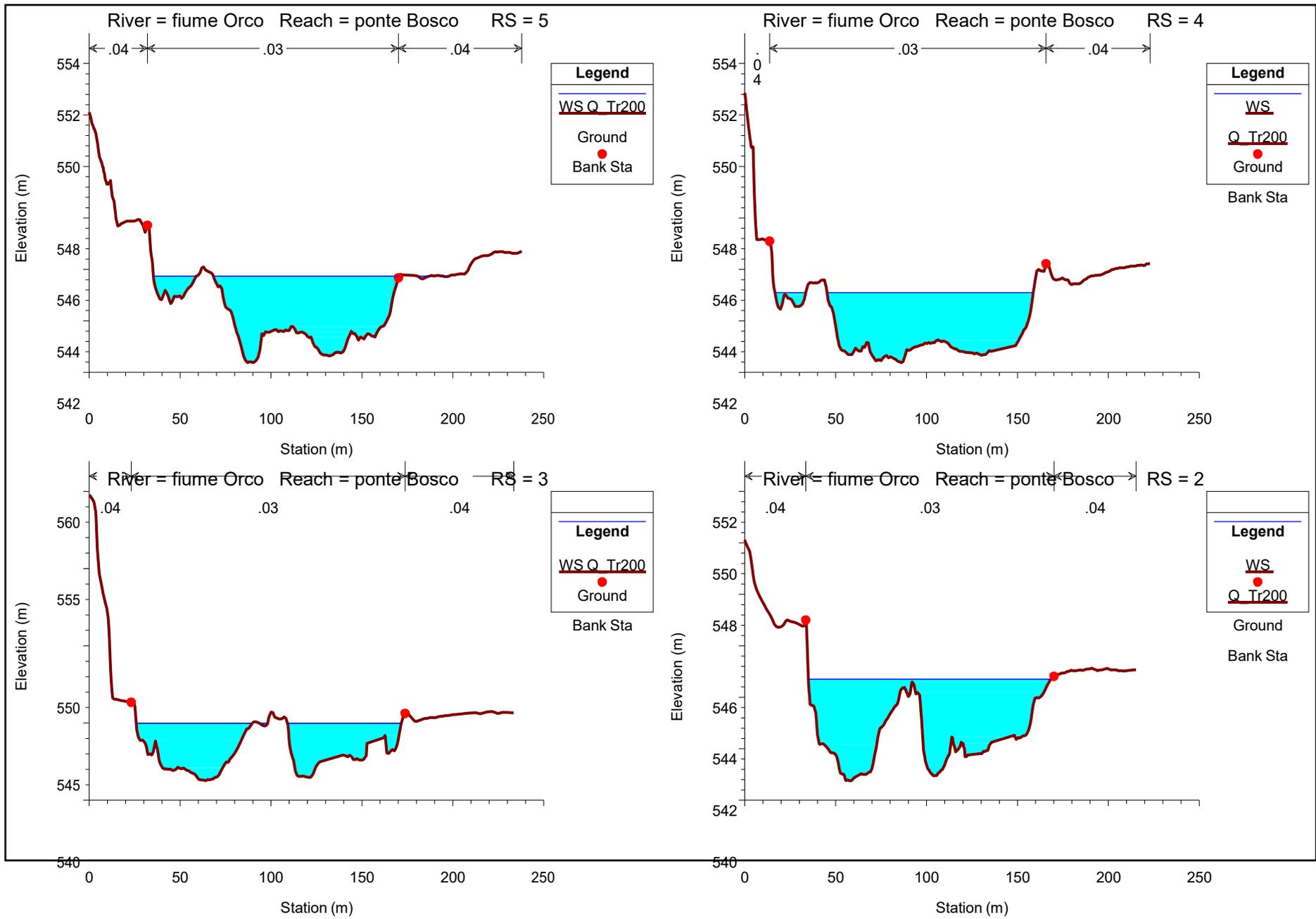
River = fiume Orco Reach = ponte Bosco RS = 9

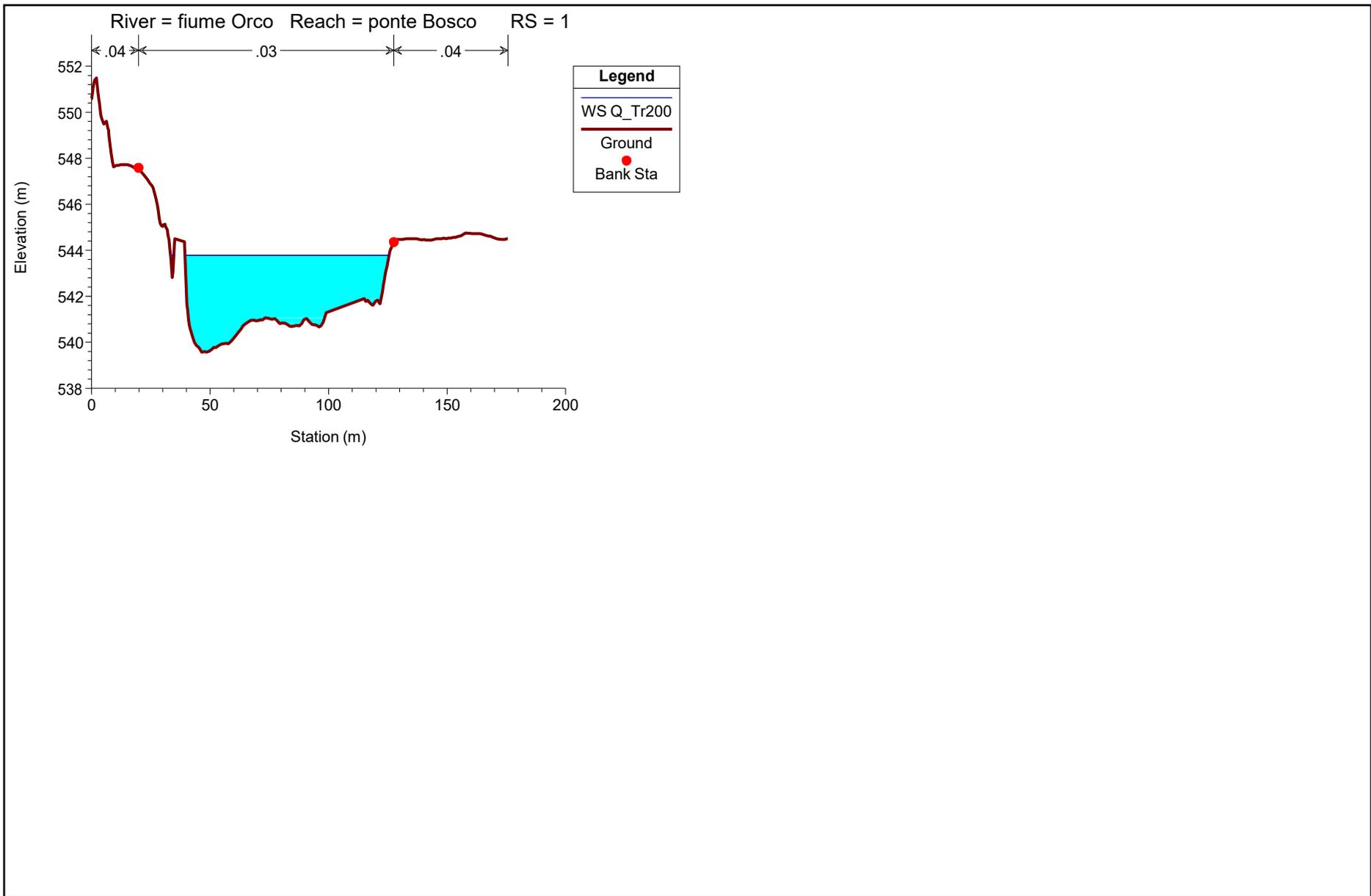
River = fiume Orco Reach = ponte Bosco RS = 8

River = fiume Orco Reach = ponte Bosco RS = 7

River = fiume Orco Reach = ponte Bosco RS = 6

**Legend**  
 WS Q\_Tr200  
 Ground  
 Levee  
 Bank Sta





HEC-RAS Plan: P\_Bosco\_Pulito River: fiume Orco Reach: ponte Bosco

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ponte Bosco	24	Q_Tr20	804.00	549.58	552.59	553.39	555.30	0.018004	7.29	110.29	51.53	1.59
ponte Bosco	24	Q_Tr100	1144.00	549.58	553.13	554.27	556.60	0.018007	8.25	138.74	54.21	1.64
ponte Bosco	24	Q_Tr200	1294.00	549.58	553.34	554.66	557.14	0.018001	8.62	150.30	55.88	1.65
ponte Bosco	24	Q_Tr500	1470.00	549.58	553.58	555.12	557.73	0.018009	9.03	163.42	56.94	1.67
ponte Bosco	23	Q_Tr20	804.00	549.61	552.47	553.07	554.66	0.013332	6.57	122.67	54.83	1.38
ponte Bosco	23	Q_Tr100	1144.00	549.61	552.96	553.98	555.95	0.014743	7.67	150.24	58.86	1.49
ponte Bosco	23	Q_Tr200	1294.00	549.61	553.15	554.17	556.47	0.015451	8.08	161.92	61.36	1.53
ponte Bosco	23	Q_Tr500	1470.00	549.61	553.35	554.79	557.06	0.016218	8.55	174.46	63.85	1.58
ponte Bosco	22	Q_Tr20	804.00	549.66	551.64	552.35	554.01	0.025160	6.81	118.01	79.89	1.79
ponte Bosco	22	Q_Tr100	1144.00	549.66	551.95	552.93	555.22	0.027399	8.01	142.83	80.62	1.92
ponte Bosco	22	Q_Tr200	1294.00	549.66	552.08	553.18	555.71	0.027861	8.44	153.39	82.06	1.96
ponte Bosco	22	Q_Tr500	1470.00	549.66	552.22	553.46	556.28	0.028513	8.92	165.03	83.55	2.00
ponte Bosco	21	Q_Tr20	804.00	548.92	551.44	551.84	553.00	0.014061	5.53	145.34	86.51	1.36
ponte Bosco	21	Q_Tr100	1144.00	548.92	551.72	552.39	554.04	0.017435	6.75	169.49	87.78	1.55
ponte Bosco	21	Q_Tr200	1294.00	548.92	551.84	552.61	554.48	0.018735	7.21	179.58	88.94	1.62
ponte Bosco	21	Q_Tr500	1470.00	548.92	551.96	552.86	554.99	0.019979	7.72	190.49	89.25	1.69
ponte Bosco	20	Q_Tr20	804.00	547.78	550.72	551.18	552.42	0.016140	5.78	139.06	85.86	1.45
ponte Bosco	20	Q_Tr100	1144.00	547.78	551.07	551.74	553.39	0.017497	6.74	169.76	88.40	1.55
ponte Bosco	20	Q_Tr200	1294.00	547.78	551.22	551.97	553.77	0.017667	7.07	183.00	89.26	1.58
ponte Bosco	20	Q_Tr500	1470.00	547.78	551.37	552.23	554.22	0.018173	7.48	196.60	90.02	1.62
ponte Bosco	19	Q_Tr20	804.00	547.50	551.39	550.60	551.93	0.002593	3.27	245.90	90.48	0.63
ponte Bosco	19	Q_Tr100	1144.00	547.50	552.12	551.19	552.79	0.002680	3.62	318.92	114.79	0.66
ponte Bosco	19	Q_Tr200	1294.00	547.50	552.44	551.41	553.13	0.002487	3.70	356.26	125.85	0.64
ponte Bosco	19	Q_Tr500	1470.00	547.50	552.74	551.67	553.49	0.002388	3.84	396.68	139.32	0.64
ponte Bosco	18	Q_Tr20	804.00	547.31	551.40		551.78	0.001521	2.73	297.84	108.16	0.50
ponte Bosco	18	Q_Tr100	1144.00	547.31	552.15		552.63	0.001498	3.09	384.72	124.25	0.51
ponte Bosco	18	Q_Tr200	1294.00	547.31	552.47		552.98	0.001492	3.20	426.08	134.20	0.51
ponte Bosco	18	Q_Tr500	1470.00	547.31	552.78		553.34	0.001495	3.35	470.46	163.79	0.52
ponte Bosco	17	Q_Tr20	804.00	546.77	551.40		551.70	0.001080	2.42	332.11	99.36	0.42
ponte Bosco	17	Q_Tr100	1144.00	546.77	552.15		552.54	0.001170	2.78	426.97	156.74	0.45
ponte Bosco	17	Q_Tr200	1294.00	546.77	552.48		552.89	0.001141	2.87	480.72	168.72	0.45
ponte Bosco	17	Q_Tr500	1470.00	546.77	552.80		553.24	0.001120	2.98	535.69	170.01	0.45
ponte Bosco	16	Q_Tr20	804.00	546.59	551.30		551.63	0.001054	2.57	314.54	94.83	0.42
ponte Bosco	16	Q_Tr100	1144.00	546.59	552.00		552.47	0.001213	3.04	391.38	115.23	0.46
ponte Bosco	16	Q_Tr200	1294.00	546.59	552.30		552.81	0.001233	3.19	426.37	118.15	0.47
ponte Bosco	16	Q_Tr500	1470.00	546.59	552.59		553.16	0.001291	3.39	460.50	121.93	0.49
ponte Bosco	15	Q_Tr20	804.00	546.31	550.76		551.49	0.002756	3.81	221.50	98.47	0.66
ponte Bosco	15	Q_Tr100	1144.00	546.31	551.13	550.80	552.27	0.003825	4.80	263.28	122.51	0.79
ponte Bosco	15	Q_Tr200	1294.00	546.31	551.29	551.19	552.60	0.004186	5.16	283.74	128.52	0.83
ponte Bosco	15	Q_Tr500	1470.00	546.31	551.56	551.56	552.94	0.004176	5.36	317.59	128.62	0.84
ponte Bosco	14	Q_Tr20	804.00	546.00	549.84	549.84	551.20	0.005999	5.19	159.31	65.40	0.96
ponte Bosco	14	Q_Tr100	1144.00	546.00	550.91	550.91	552.04	0.004149	4.90	280.74	132.52	0.82
ponte Bosco	14	Q_Tr200	1294.00	546.00	551.13	551.13	552.32	0.004175	5.09	309.83	132.70	0.83
ponte Bosco	14	Q_Tr500	1470.00	546.00	551.16	551.34	552.66	0.005237	5.73	313.36	132.73	0.93
ponte Bosco	13	Q_Tr20	804.00	545.42	548.30	548.98	550.61	0.015475	6.74	119.60	57.97	1.47
ponte Bosco	13	Q_Tr100	1144.00	545.42	549.03	549.76	551.54	0.012492	7.03	164.99	69.80	1.37
ponte Bosco	13	Q_Tr200	1294.00	545.42	549.38	550.28	551.85	0.010641	6.99	190.62	74.71	1.28
ponte Bosco	13	Q_Tr500	1470.00	545.42	549.80	550.57	552.21	0.008880	6.93	226.90	117.09	1.19
ponte Bosco	12	Q_Tr20	804.00	544.85	548.10	548.44	549.91	0.010183	5.96	134.86	55.58	1.22
ponte Bosco	12	Q_Tr100	1144.00	544.85	548.87	549.56	550.96	0.008553	6.41	178.97	61.14	1.16
ponte Bosco	12	Q_Tr200	1294.00	544.85	549.21	549.82	551.35	0.007785	6.49	207.02	113.83	1.12
ponte Bosco	12	Q_Tr500	1470.00	544.85	549.39	550.16	551.82	0.008456	6.95	227.82	119.76	1.17
ponte Bosco	11	Q_Tr20	804.00	544.51	547.58	548.14	549.70	0.013453	6.46	124.48	56.38	1.39
ponte Bosco	11	Q_Tr100	1144.00	544.51	548.24	549.03	550.77	0.011767	7.04	162.45	57.92	1.34
ponte Bosco	11	Q_Tr200	1294.00	544.51	548.55	549.52	551.17	0.010775	7.16	180.70	58.54	1.30
ponte Bosco	11	Q_Tr500	1470.00	544.51	548.85	549.87	551.64	0.010425	7.42	202.47	93.78	1.29
ponte Bosco	10	Q_Tr20	804.00	543.66	547.83	547.83	549.07	0.006670	4.94	162.71	65.23	1.00
ponte Bosco	10	Q_Tr100	1144.00	543.66	548.52	548.52	550.05	0.006198	5.48	209.25	69.28	0.99
ponte Bosco	10	Q_Tr200	1294.00	543.66	548.60	548.87	550.46	0.007359	6.04	214.65	72.92	1.09
ponte Bosco	10	Q_Tr500	1470.00	543.66	548.66	549.46	550.97	0.008951	6.73	219.16	74.66	1.20
ponte Bosco	9.5	Q_Tr20	804.00	543.64	547.40	547.69	548.91	0.010058	5.44	147.84	70.26	1.20
ponte Bosco	9.5	Q_Tr100	1144.00	543.64	547.91	548.33	549.88	0.010389	6.21	184.09	73.11	1.25
ponte Bosco	9.5	Q_Tr200	1294.00	543.64	548.09	548.59	550.28	0.010684	6.55	197.47	73.87	1.28
ponte Bosco	9.5	Q_Tr500	1470.00	543.64	548.23	548.97	550.78	0.011719	7.07	208.03	74.41	1.35
ponte Bosco	9	Q_Tr20	804.00	543.47	547.30	547.55	548.70	0.010154	5.24	153.42	77.63	1.19
ponte Bosco	9	Q_Tr100	1144.00	543.47	547.67	548.15	549.68	0.011785	6.27	182.40	78.58	1.31
ponte Bosco	9	Q_Tr200	1294.00	543.47	547.84	548.41	550.07	0.012081	6.62	195.44	78.96	1.34
ponte Bosco	9	Q_Tr500	1470.00	543.47	547.98	548.73	550.56	0.013004	7.11	206.80	79.24	1.41

HEC-RAS Plan: P\_Bosco\_Pulito River: fiume Orco Reach: ponte Bosco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ponte Bosco	8	Q_Tr20	804.00	543.41	546.70	547.09	548.23	0.011060	5.47	146.97	74.58	1.24
ponte Bosco	8	Q_Tr100	1144.00	543.41	547.15	547.66	549.14	0.012809	6.25	183.16	84.87	1.36
ponte Bosco	8	Q_Tr200	1294.00	543.41	547.31	547.91	549.52	0.013086	6.58	196.65	85.55	1.39
ponte Bosco	8	Q_Tr500	1470.00	543.41	547.48	548.20	549.95	0.013510	6.96	211.20	86.43	1.42
ponte Bosco	7	Q_Tr20	804.00	543.66	546.27	546.45	547.60	0.008781	5.11	157.23	74.17	1.12
ponte Bosco	7	Q_Tr100	1144.00	543.66	547.27	547.27	548.40	0.006656	4.72	243.30	114.56	0.99
ponte Bosco	7	Q_Tr200	1294.00	543.66	547.40	547.50	548.70	0.007193	5.04	259.33	121.48	1.03
ponte Bosco	7	Q_Tr500	1470.00	543.66	547.42	547.78	549.06	0.009104	5.69	281.07	121.89	1.16
ponte Bosco	6	Q_Tr20	804.00	543.00	545.16	545.67	546.95	0.014762	5.92	135.89	76.31	1.42
ponte Bosco	6	Q_Tr100	1144.00	543.00	545.68	546.49	547.80	0.014083	6.45	177.28	84.28	1.42
ponte Bosco	6	Q_Tr200	1294.00	543.00	545.92	546.66	548.08	0.013783	6.51	198.69	91.50	1.41
ponte Bosco	6	Q_Tr500	1470.00	543.00	546.15	546.82	548.40	0.014132	6.64	223.04	112.36	1.43
ponte Bosco	5	Q_Tr20	804.00	542.38	545.38	545.38	546.22	0.007635	4.07	197.74	118.61	1.01
ponte Bosco	5	Q_Tr100	1144.00	542.38	545.66	545.93	546.90	0.009744	4.95	231.32	126.20	1.16
ponte Bosco	5	Q_Tr200	1294.00	542.38	545.73	546.13	547.21	0.011022	5.37	241.29	135.19	1.24
ponte Bosco	5	Q_Tr500	1470.00	542.38	545.86	546.31	547.52	0.011857	5.71	260.92	165.74	1.29
ponte Bosco	4	Q_Tr20	804.00	542.38	544.48	544.75	545.64	0.011604	4.76	169.02	110.17	1.23
ponte Bosco	4	Q_Tr100	1144.00	542.38	544.94	545.21	546.27	0.011172	5.11	223.95	127.24	1.23
ponte Bosco	4	Q_Tr200	1294.00	542.38	545.10	545.39	546.53	0.011112	5.30	244.02	130.44	1.24
ponte Bosco	4	Q_Tr500	1470.00	542.38	545.29	545.65	546.81	0.010604	5.47	268.84	132.38	1.23
ponte Bosco	3	Q_Tr20	804.00	541.27	544.35	544.24	545.08	0.006384	3.81	211.26	119.94	0.92
ponte Bosco	3	Q_Tr100	1144.00	541.27	544.80	544.70	545.74	0.006302	4.29	266.51	124.67	0.94
ponte Bosco	3	Q_Tr200	1294.00	541.27	544.98	544.90	546.00	0.006516	4.47	289.65	130.83	0.96
ponte Bosco	3	Q_Tr500	1470.00	541.27	545.29	545.13	546.29	0.005876	4.44	331.78	146.30	0.92
ponte Bosco	2	Q_Tr20	804.00	540.75	543.75	543.75	544.63	0.007669	4.17	192.79	110.26	1.01
ponte Bosco	2	Q_Tr100	1144.00	540.75	544.28	544.28	545.31	0.007210	4.48	255.14	124.76	1.00
ponte Bosco	2	Q_Tr200	1294.00	540.75	544.71	544.48	545.59	0.005289	4.17	310.01	133.66	0.88
ponte Bosco	2	Q_Tr500	1470.00	540.75	545.10	544.69	545.94	0.004069	4.04	367.09	177.55	0.79
ponte Bosco	1	Q_Tr20	804.00	539.57	542.76	542.98	544.08	0.010293	5.09	158.04	83.80	1.18
ponte Bosco	1	Q_Tr100	1144.00	539.57	543.52	543.55	544.86	0.007097	5.14	222.58	86.59	1.02
ponte Bosco	1	Q_Tr200	1294.00	539.57	543.78	543.78	545.20	0.006678	5.27	245.67	87.53	1.00
ponte Bosco	1	Q_Tr500	1470.00	539.57	544.05	544.05	545.57	0.006537	5.47	268.85	88.69	1.00