Comune di MENDATICA

Lavori di messa in sicurezza del tratto interrato del Rio Bandita per la corretta regimazione delle acque a mitigazione del rischio idrogeologico interessante il versante in frana su cui insiste l'abitato di Monesi di Mendatica

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:	**RELAZIONE IDRAULICA**

Progettisti:	Ing. Maurizio Viola *(Ordine degli Ingegneri della provincia di Savona n°860)* *Piazza Massa, 4 - 17020 Calice Ligure (SV)* *PEC: maurizio.viola@ingpec.eu - mail: mrz.viola@alice.it* *Geom. Christian Cha* *(Collegio dei Geometri e Geometri Laureati della provincia di Imperia n°1811)* *Via San Pio da Pietrelcina, 20 – 18100 IMPERIA* *PEC: christian.cha1@geopec.it – mail: geometra.cha@gmail.com*
Geologo:	*Dott. Geol. Fabio Arrighetti* *(Ordine dei Geologi della Liguria n°583/AP)* *Via Acqui, 8/15 - 17023 Ceriale (SV)* *PEC: fabio.arrighetti@epap.sicurezzapostale.it - mail: fabio_arrighetti@libero.it*
Responsabile Unico del Procedimento:	*Geom. Graziano Floccia* *(Responsabile Ufficio Tecnico del Comune di Mendatica)* *P.zza Roma, 1 - 18025 Mendatica (IM)* *PEC: info@pec.comune.mendatica.im.it - mail: mendatica@libero.it*

Aspetti strutturali e idraulici il tecnico Ing. Maurizio Viola	**Aspetti architettonici il tecnico Geom. Christian Cha**	**Supporto geologico il tecnico Dott. Geol. Fabio Arrighetti**
PROVINCIA DI SAVONA - ORDINE DEGLI INGEGNERI - DOTT. MAURIZIO VIOLA INGEGNERE N°860	Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Imperia Iscrizione Albo N. 1811 Geometra Christian Cha	ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA A.P. n. 583 FABIO ARRIGHETTI GEOLOGO data iscr. 30-07-2008

Visto il RUP Geom. Graziano Floccia

Questo elaborato è di proprietà del comune di Mendatica e qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata dallo stesso

1. PREMESSA

Il Comune di Mendatica in data 23 febbraio 2021 ha ottenuto un finanziamento d a destinare ad investimenti relativi ad opere pubbliche di messa in sicurezza degli edifici e del territorio con Decreto del Ministero dell'interno, di concerto con il Ministero dell'economia e delle finanze .

A fronte si quanto sopra il sottoscritto Ing. Maurizio Viola, residente in Finale Ligure, Via S. Cagna n. 13/6, C.P. VLI MRZ 63R19 D600 W, con Studio tecnico in Calice Ligure, Piazza Massa n. 4 , tel.-fax 019 65959 , cell. 347 0150577 , iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona al n. 860, con determinazione del Responsabile dell'Area Tecnica-Manutentiva n. 8 del 26/03/2021 del Comune di Mendatica ha ricevuto , congiuntamente ad altri professionisti , l'incarico relativo alla progettazione definitiva ed esecutiva relativa ai **"Lavori di messa in sicurezza del tratto interrato del rio Bandita per la corretta regimazione delle acque a mitigazione del rischio idrogeologico interessante il versante in frana su cui insiste l'abitato di Monesi di Mendatica**" .

Si evidenzia che parte dell''area oggetto di intervento era stata oggetto di studio nell'ambito della progettazione esecutiva del " RIPRISTINO DELLA S.P. N°100 DI IMPERIA INTERROTTA DA EVENTO FRANOSO A SEGUITO DELL'ALLUVIONE DEL 24 NOVEMBRE 2016 - I° E II° LOTTO – I° STRALCIO a firma dell'Ing. Fulvio Fusini , dell'ing. Luca Cordeglio e del Geol. Roberto Macciò .

Per tale progetto la Regione Liguria – Settore Difesa del Suolo ha rilasciato l'Autorizzazione Idraulica con Decreto del Dirigente n°1225 del 16/03/2018 per la realizzazione dei n° 2 attraversamenti stradali in corrispondenza del Rio Bandita e del Rio Minore contestuali alla definizione della pista di cantiere in località Monesi per il ripristino della viabilità della s.p. n.100 .

Il progetto esecutivo è stato approvato con approvato con D.G.C. del Comune di Mendatica n.46 del 27/06/2018 ed i lavori sono stati ultimati in data 10/07/2020 .

La presente relazione idraulica viene redatta dallo scrivente sulla scorta della progettazione pregressa , nonchè sulla base di rilievi , sopralluoghi ed accertamenti effettuati in sito lungo il ,Rio Banidta, immissario in sponda destra del Torrente Tanarello, nel tratto compreso tra l'attraversamento del by -pass della SP. 100 e la zona posta a valle del piazzale esistente fino alla zona dell'ex parco-giochi .

2. CONSIDERAZIONI SULLA NORMATIVA VIGENTE

L'intervento , dal punto di vista idraulico ,verrà progettato sulla base della seguente normativa :

- ***REGOLAMENTO REGIONALE N. 3 del 14 luglio 2011*** *- Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua e ss.mm. E ii.* da applicarsi sul reticolo idrografico regionale, come definito ed articolato all'articolo 3, e alle relative pertinenze (*art.3, comma 1, lett.a) Reticolo idrografico regionale: reticolo idrografico che comprende tutti i corsi d'acqua presenti sul territorio regionale, ovvero quelli già iscritti agli ex*

elenchi delle acque pubbliche e quelli per i quali la declaratoria di pubblicità è intervenuta con l'entrata in vigore del decreto del Presidente della Repubblica 18 febbraio 1999, n. 238 (Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della legge 5 gennaio 1994, n. 36 in materia di risorse idriche). Detto Regolamento è stato preso a riferimento per quanto attiene il corretto dimensionamento degli attraversamenti nel rispetto dei franchi di sicurezza e per la deroga ai franchi idraulici;

- ***Normative di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*** *- 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*), che rimandano alla *Direttiva 2 sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, per quanto attiene la definizione della portata di piena ;

- N.T.C. 2018 Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni *approvate con D.M. 17/01/2018 e Circolare n. 7/2019 del Consiglio* superiore del Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Nel rispetto del REGOLAMENTO REGIONALE 14 LUGLIO 2011 N. 3 - "*Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua e ss.mm. e ii."* , si è proceduto alla classificazione del corso d'acqua individuando che Il Rio Bandita, presenta un bacino idrografico sotteso alla zona di intervento, in corrispondenza del primo nodo di confluenza a valle del tratto stesso (T. Tanarello), pari a **0.78 kmq**, pertanto trattasi di reticolo idrografico di **secondo livello**, in relazione all'art.3, comma a) del suddetto Regolamento .

Il tratto di Rio Bandita indagato è individuabile nel reticolo idrografico della CTR ma non risulta indagato in sede di Piano di Bacino - PAI e non compare nelle mappe catastali.

Dalla Normativa è stabilita una fascia di rispetto pari a 40 m. al di fuori del perimetro dei centri urbani, misurata dai limiti dell'alveo (limite più esterno delle sponde dei corsi d'acqua o dal piede arginale ovvero dal limite catastale demaniale, se più esterno), nella quale sono consentiti interventi urbanistico-edilizia, a condizione che la Regione esprima parere favorevole, secondo i criteri di cui al REGOLAMENTO REGIONALE 14 LUGLIO 2011 N. 3 .

Per i tratti di corsi d'acqua del reticolo di primo e **secondo livello**, secondo l'articolazione dell'art. 3 del Regolamento, i **franch**i non devono essere inferiori al valore maggiore tra:

- il carico cinetico della corrente determinabile come U2/2g, dove U è la velocità media della corrente (m/s) e g è l'accelerazione di gravità (m/s2) (valore particolarmente rilevante per correnti veloci) e
- i valori di seguito indicati:

argini e difese spondali : cm. 50/100

ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12 : cm. 100/150 (come nel nostro caso)

ove i due valori estremi corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido ed a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena, e/o a bacini di maggiore o minore estensione.

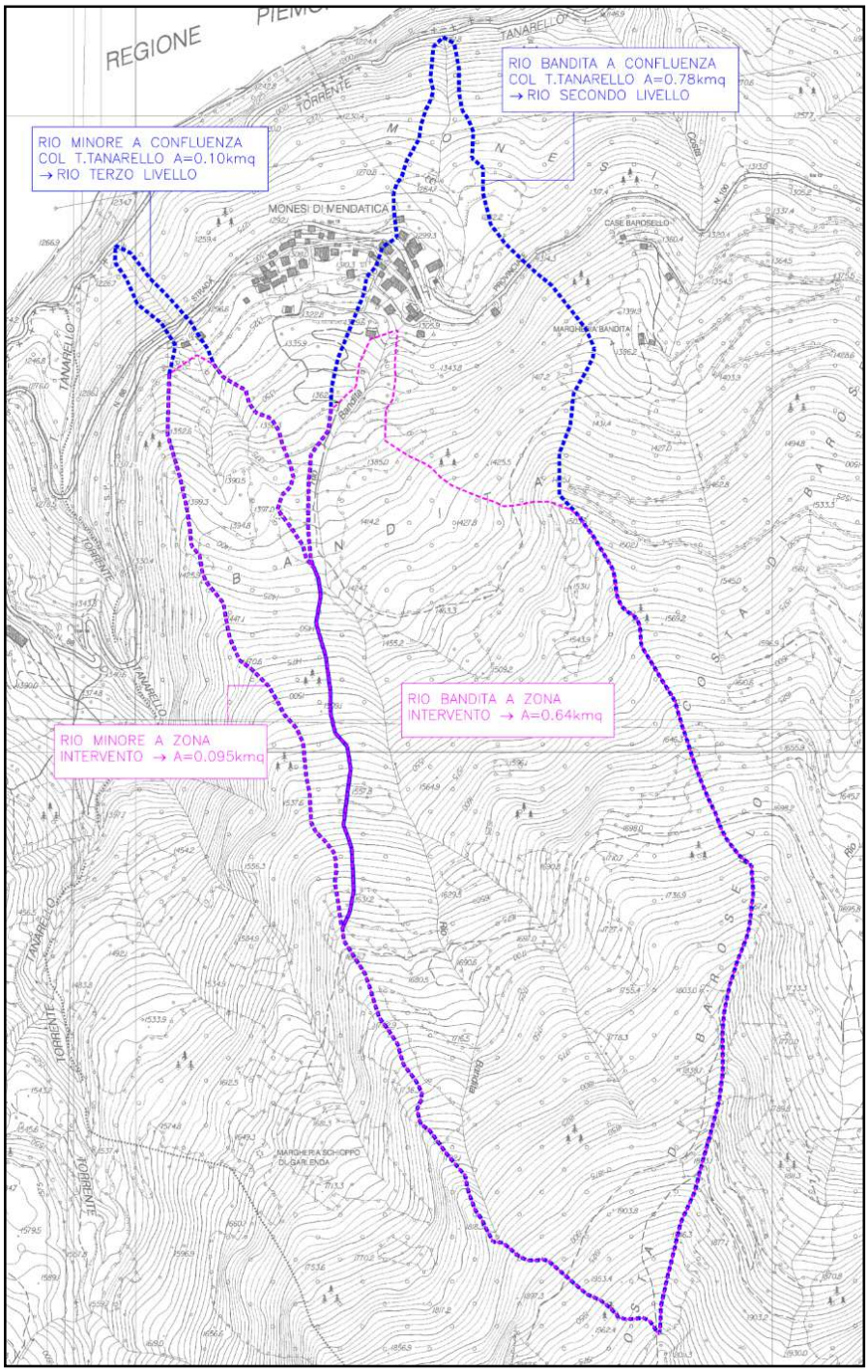
Oltre alla suddetta normativa è stato valutato preliminarmente lo studio idraulico , contenuto nel progetto esecutivo , a firma dell'Ing. Fulvio Fusini , dell'ing. Luca Cordeglio e del Geol. Roberto Macciò anche in relazione al fatto che il precedente intervento era limitato alla realizzazione della tombinatura sottostante il Rio Bandita ma non prevedeva interventi immediati a valle dello stesso, salvo effettuare uno studio di progetto denominato "futuribile"che considerava una sistemazione idraulica, seppure parziale ,del tratto del piazzale.

Inoltre per quanto attiene la normativa si è tenuto conto delle N.T.C. 2018 Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni approvate con D.M. 17/01/2018 che per quanto concerne gli " attraversamenti " prevede al capitolo 5.1.2.3 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 delle strutture e il fondo alveo "*

3 . DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

La perimetrazione della superficie del bacino afferente al Rio Bandita è stata effettuata nello Studio Idraulico mediante modellazione numerica, a partire da uno strato cartografico digitalizzato, quale il modello del terreno reso disponibile dalla Regione Liguria (DTM - Modello Digitale del Terreno da CTR 1:5000 dal 2007 II ed. 3D/DB Topografico passo 5 m).

Per eseguire tale verifica automatica ed applicarla al caso in esame è stato utilizzato il software GIS GRASS (acronimo di Geographic Resources Analysis Support System), software libero, rilasciato sotto la licenza GNU GPL, che contiene numerosi moduli utili alla modellazione idrologica, tra i quali r.watershed, che permette di ricavare a partire da un DEM, la mappa raster del bacino idrografico, previa individuazione della region di interesse (north: 4882002.9437; south:
4879178.9015; west: 1399444.681; east: 1401381.0038 – maglia 5x5).



.

Delimitazione del bacino Imbrifero del Rio Bandita

Il Rio Bandita presenta bacino avente un'area pari a **0.64 Kmq** sulla base della perimetrazione della superficie scolante del Rio stesso chiuso in corrispondenza dell'attraversamento del by-pass della S.P. n. 100 ed un'area pari a **0,78 Kmq**. in corrispondenza della confluenza con il Torrente Tanarello .

Normative di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

- 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), rimandano alla Direttiva 2 sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica, per quanto attiene la definizione della portata di piena.
Nella Direttiva 2 sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica del PAI, al Capitolo 6 "Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni" si evince che:
"…Nelle parti del bacino ove sono disponibili, possono essere utilizzati i risultati derivanti da studi di regionalizzazione, che siano stati predisposti a cura della Regione interessata. In tal caso gli studi idrologici devono indicare il modello di regionalizzazione eventualmente utilizzato. …".

Si assumono, pertanto, a riferimento i "Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri" di cui alla DGR 357/08, per cui si è dapprima determinato il fattore di crescita atteso xT per tempo di ritorno duecentennale utilizzando i parametri della distribuzione GEV del fattore di crescita xT per le regioni omogenee C "Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici", validi anche per i bacini con versante padano della ZT2 poiché comporta un'approssimazione generalmente

$$x_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left(1 - e^{-k y_T}\right)$$

accettabile. Ne risulta che:
- Dove la variabile ridotta yT va calcolata con la formula:

$$y_T = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right)$$

.
Con T=200 anni e:

	Regione	n	α	ε	k
B	Alpi e Prealpi Occidentali	347	0.352	0.635	-0.320
C	Appennino NO & Bacini Tirrenici	753	0.377	0.643	-0.276

. .
Da cui risulta che y 200=5.17 e x200=4.97.
In seguito, è stata determinata la portata indice q i_{ndice} mediante il metodo indiretto
- delle formule empiriche:

$$q_{indice} = c_0 \times W_1^{c_1} \times W_2^{c_2} \times W_3^{c_3} \times W_4^{c_4} \times W_5^{c_5} \times W_6^{c_6},$$

Laddove le variabili esogene considerate sono:

- A: l'area del bacino imbrifero sottesa dalla sezione di interesse, in kmq;
- a_1: il coefficiente pluviale orario, a_1=E[H(1)], dove E[H(1)] indica il valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per una durata unitaria di un'ora, in mm;
- v : l'esponente della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica scala in variante, adimensionale;
- H_{mb}: la quota media del bacino sotteso rispetto alla sezione di chiusura, in km;
- S_{III}: il massimo volume specifico di ritenzione potenziale del terreno parametrizzato tramite il metodo CN-SCS (Soil Conservation Service, 1986) per condizioni di elevato imbibimento, ossia per AMC tipo III, espresso in mm;
- A/L_{ap}^2: fattore di forma dove L_{ap} indica la lunghezza dell'asta principale, in km.

		Esponente della Variabile Esplicativa									
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	R^2_{Log}	SE_{Log}	R^2	Bias
		W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6				
Regione		Area del bacino sotteso, A	Coefficiente pluviale orario**, a_1	Esponente di invarianza di scala pluviale, v	Quota media del bacino sotteso	Parametro di ritenzione, $S_{III}/100$	Fattore di forma del bacino, A/L_{ap}^2				
	[-]	[km^2]	[mm]	[-]	[km]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
B	**0.5**	**0.901**						0.76	0.561	0.29	10
B	**7.3×10^{-3}**	**0.920**	**1.523**					0.89	0.374	0.75	7.6
B	**1.6×10^{-2}**	**0.800**	**1.408**		**1.170**			0.91	0.336	0.82	6.2
B	**7.8×10^{-3}**	**0.839**	**1.736**		**1.042**		**0.349**	0.93	0.305	0.86	4.9
C	**5.2**	**0.750**						0.75	0.442	0.63	12
C	**2.62**	**0.807**			**- 0.626**			0.87	0.336	0.65	5.6
C	**2.51**	**0.874**			**- 0.717**		**0.265**	0.88	0.320	0.71	5.2
C	**0.21**	**0.897**	**0.678**		**- 0.686**		**0.285**	0.89	0.307	0.78	4.6

.

Nel caso in esame è nota l'area del Rio Bandita pari a A=0.64kmq, la quota media del bacino del Rio Bandita Hmb=1.66km nonché il fattore di forma A/Lap^2= 0.16 con Lap= 2km.

Ne risulta che:

$$q_{indice} = 5.2 \cdot A^{0.75} = 3.72$$
$$= 2.62 \cdot A^{0.807} \cdot H_{mb}^{-0.626} = 1.33$$
$$= 2.51 \cdot A^{0.874} \cdot H_{mb}^{-0.717} \cdot \left(A/L_{ap}^2\right)^{0.265} = 0.73$$

A favore di sicurezza, si è assunta q_{indice} = 3.72. Ne risulta che:

$$Q_{200} = q_{indice} \cdot x_{200} = 18.49\ mc/s$$

La Regione Liguria dispone dello studio di Regionalizzazione delle Portate del CIMA, per cui per i corsi d'acqua minori nonché per gli affluenti dei torrenti principali con bacino inferiore a 2 Kmq si assume una portata massima ottenuta utilizzando un contributo unitario pari a 40 mc/s per ogni chilometro quadrato di superficie del bacino sotteso da assumere come portata duecentennale, ne risulta che:

Portata duecentennale = Q200=25.6 m3/s

Tale valore di portata sulla base dello studio di Regionalizzazione delle Portate del CIMA, per cui per i corsi d'acqua minori nonché per gli affluenti dei torrenti principali con bacino inferiore a 2 Kmq è stato utilizzato anche nello Studio idraulico precedentemente citato ed autorizzato **pertanto , a favore di sicurezza , verrà utilizzato per la modellazione dello stato di progetto .**

La presente verifica idraulica riguarderà un tratto idraulicamente significativo del Rio Bandita atto a verificare la fattibilità di dell'intervento, secondo la normativa vigente.

La verifica idraulica per lo scenario relativo allo stato di fatto è corrispondente a quella effettuata nello studio idraulico pregresso come stato di progetto in quanto l'attraversamento del by-pass della S.P. n.100 è stato realizzato correttamente mentre per lo scenario relativo allo stato di progetto viene effettuata attraverso una simulazione del deflusso nel tratto investigato con un modello mono-dimensionale di moto permanente : a questo proposito, come debitamente descritto nei paragrafi successivi, si è fatto riferimento alle attuali normative di Piano di Bacino.

4. SIMULAZIONE IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE – PROCEDURA DI CALCOLO

Il software utilizzato per la simulazione dell'andamento del pelo libero nel tratto di fosso interessato dal nuovo manufatto è HEC-RAS 4.1, il quale è in grado di simulare l'andamento

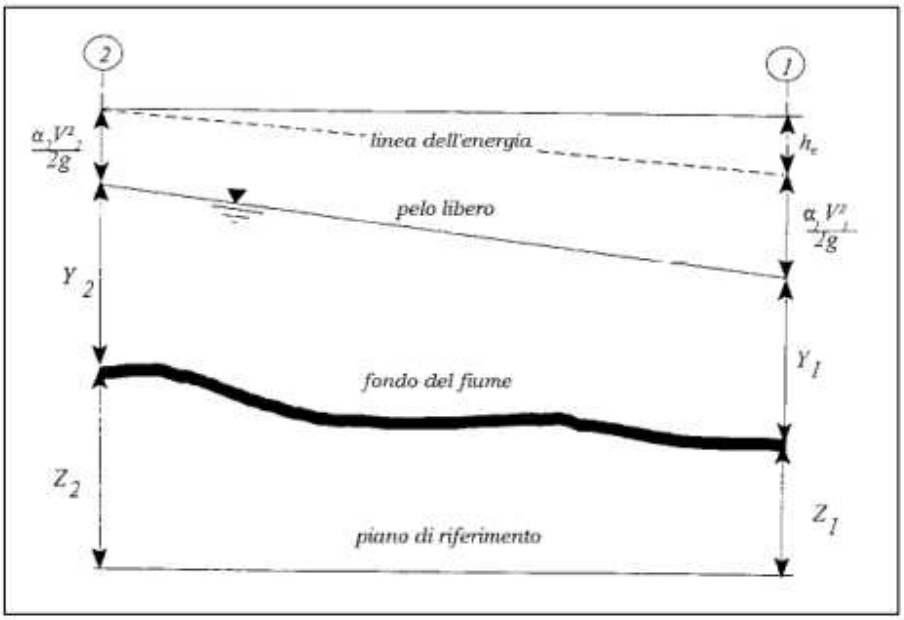
idraulico monodimensionale del tirante in canali naturali o artificiali in condizioni di fondo fisso, in regime subcritico, supercritico o vario.

Il profilo della superficie libera viene calcolato a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia, rispettivamente, subcritico o supercritico, risolvendo con una procedura iterativa nota come standard step, l'equazione che esprime il bilancio dell'energia della corrente, nota anche come equazione di Bernoulli e riportata di seguito:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^{\,2}}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^{\,2}}{2g} + h_e$$

dove:

- i pedici 1 e 2 indicano i valori relativi alla sezione di valle e di monte del tratto considerato;
- Y rappresenta il tirante;
- Z rappresenta la quota del fondo dell'alveo rispetto ad un riferimento prefissato;
- v rappresenta la velocità media nella sezione;
- α è il coefficiente di Coriolis;
- g è l'accelerazione di gravità;
- h_e rappresenta la perdita di energia complessiva tra la sezione di monte e quella di valle.



schema di calcolo per la determinazione dell'andamento del profilo della superficie libera

Le perdite complessive di energia he tra le due sezioni sono imputabili sia alle perdite continue, derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno

della massa fluida, sia a quelle localizzate, in genere dovute alla presenza in alveo di strutture che inizialmente producono un restringimento della corrente ed un successivo allargamento con formazione di vortici, che, come è noto, sono fenomeni dissipativi.

La perdita di carico complessiva tra le due sezioni viene infatti valutata come somma di due termini: il primo termine corrisponde alle perdite di carico distribuite ed il secondo termine corrispondente a perdite di carico concentrate:

$$h_e = L\bar{J} + C\left(\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}\right)$$

dove:

- L è la distanza tra le sezioni di calcolo;
- $\bar{J}$ rappresenta la cadente media dell'energia specifica nel tratto compreso tra le due sezioni;
- C è il coefficiente di perdita dovuto all'espansione o contrazione della vena fluida.

Per la valutazione della perdita di carico J viene utilizzata la formula di Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{J}$$

da cui si ottiene:

$$J = \frac{nv}{R_h^{4/3}}$$

dove:

- Q è la portata;
- A è l'area della sezione bagnata;
- R_h è il raggio idraulico della sezione;
- n è il coefficiente di scabrezza di Manning e pari a $\frac{1}{Ks}$, con Ks [$m^{1/3}/s$] = coefficiente di scabrezza.

Si calcolano, quindi, il coefficiente di Coriolis α e le perdite di energia he; l'equazione del bilancio dell'energia permette, quindi, di calcolare Y2+Z2, nella sezione di monte, essendo noto, in corrispondenza della sezione di valle, il valore dell'energia totale, quando ci si trovi in condizioni di corrente lenta. Al contrario, per le correnti veloci, l'incognita è la quota del pelo libero all'estremità di valle del tronco, essendo noti i valori a monte.

Essendo l'equazione del bilancio dell'energia un'equazione non lineare, la soluzione viene ottenuta con ciclo iterativo, che parte da una soluzione iniziale approssimata di primo tentativo.

Il software HEC-RAS utilizza, parallelamente all'equazione di bilancio dell'energia, anche l'equazione di bilancio della quantità di moto. Tale equazione viene utilizzata più in particolare, in tutte quelle situazioni in cui il profilo di corrente è rapidamente variabile, come nei risalti idraulici o nelle confluenze, e, pertanto non risulta più possibile applicare in maniera affidabile il principio di conservazione dell'energia. Ogni volta che si verifica il passaggio da un regime di corrente veloce ad un regime di corrente lenta, o viceversa, il programma HEC-RAS automaticamente applica l'equazione della quantità di moto.

Questa equazione deriva dalla seconda legge di moto di Newton:

$$\sum F_x = ma$$

L'applicazione di tale legge al volume di controllo riferita all'unità di tempo, permette di ricavare l'equazione della quantità di moto:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta v_x$$

dove:

- P: pressione idrostatica nelle sezioni 1 e 2;
- W_x: forza peso proiettata nella direzione del moto;
- F_f: risultante degli sforzi tangenziali agenti sulla superficie bagnata del tratto considerato;
- Q: portata;
- ρ: densità dell'acqua;
- Δv_x: variazione di velocità tra la sezione 2 e la sezione 1.

$$\gamma \cdot A_2\overline{Y_2} - \gamma \cdot A_1\overline{Y_1} + \gamma \cdot \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \cdot LS_0 - \gamma \cdot \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \cdot LS_f = \frac{Q_1\gamma}{g}\beta_1 V_1 - \frac{Q_2\gamma}{g}\beta_2 V_2$$

dove:

- γ: peso specifico dell'acqua;
- A_1, A_2: area bagnata delle sezioni 1 e 2;
- $\overline{Y_1}$, $\overline{Y_2}$: profondità d'acqua misurata dal pelo libero al baricentro della sezione;
- L: distanza tra la sezione 1 e la sezione 2 misurata lungo x;
- S_0: pendenza dell'alveo, data da $\frac{z_2 - z_1}{L}$, con z_1 e z_2 quota del fondo nelle sezioni 1 e 2;
- S_f: pendenza della linea dei carichi;
- β_1, β_2: coefficienti correttivi della quantità di moto per tenere conto della non uniforme distribuzione della velocità nella sezione.

I dati di input del programma HEC-RAS, necessari per la simulazione dei profili d'acqua con fondo fisso, comprendono dati sia di tipo geometrico che di tipo idraulico riguardanti l'intero tratto di alveo che si intende studiare; una volta inserita la geometria delle sezioni, si passa all'inserimento dei dati riguardanti le portate in ingresso, le condizioni a contorno ed i coefficienti di scabrezza.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, il programma richiede l'assegnazione, in una determinata sezione, di un valore noto del livello idrico da cui far procedere il calcolo dei livelli incogniti (partendo da valle se la corrente è subcritica, o viceversa da monte se la corrente è supercritica) e del tipo di regime di flusso.

Le possibili condizioni al contorno da assegnare sono essenzialmente tre:
- un livello idrico noto;
- il livello idrico di monte per l'assegnata portata e pendenza di fondo nota;
- il livello di stato critico per l'assegnata portata.

La prima condizione si verifica quando il corso d'acqua in esame è collegato (a monte o a valle) ad un recipiente idrico (corso d'acqua maggiore, serbatoio o lago) il cui livello possa considerarsi invariante nel tempo; la stessa condizione può essere applicata anche quando il livello da assegnare sia noto perché misurato in situ.

Quando non sia disponibile un valore noto del livello, è possibile ipotizzare l'instaurarsi delle condizioni di moto uniforme nel tratto a valle (per le correnti lente) o in quello a monte (per le correnti veloci), anche se data la natura variabile delle correnti, i corsi d'acqua naturali sono sempre molto lontani dalle condizioni ideali del moto uniforme.

Più facilmente nei corsi d'acqua naturali si possono trovare situazioni morfologiche per le quali si stabiliscono, per la corrente, condizioni di deflusso in stato critico che costituiscono sezioni di controllo dal punto di vista idraulico.

5. PARAMETRI DI CALCOLO

I parametri di calcolo sono analoghi a quelli considerati nello studio idraulico relativo al progetto esecutivo approvato nel 2018 .

In particolare per la caratterizzazione della resistenza degli alvei, da esprimere in termini del coefficiente n di Manning (in m-1/3 s), si è adottato il valore 0.033 m-1/3 s per i tratti a cielo aperto con possibilità di crescita di vegetazione al fondo, come normato da Regolamento.

Per quanto riguarda invece i coefficienti di contrazione ed espansione, essi sono stati impostati pari rispettivamente a “0.1” e “0.3” come da default del programma di simulazione trattandosi di corrente mista.

Le tombinature esistenti sono state modellate come culvert mentre gli attraversamenti a progetto come bridge.

L’applicazione della procedura per la determinazione del profilo di moto permanente, così come attuato originariamente, associato alla portata di progetto richiede di disporre dei seguenti
dati fondamentali:
- descrizione geometrica completa del tronco fluviale: deve essere costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali e dal loro posizionamento plani - altimetrico;
- definizione del tipo di corrente (lenta o veloce) nel tronco;
- condizioni al contorno di valle o di monte, rispettivamente per correnti lente o veloci;
- caratterizzazione della resistenza dell’alveo mediante la definizione del coefficiente di scabrezza n (secondo Manning) e dei coefficienti di contrazione Cc e di espansione Ce;
  - definizione geometrica ed idraulica di eventuali singolarità presenti in alveo (ponti,coperture, etc.).

Nel caso in esame i tratti studiati sono stati descritti sulla base di un rilievo topografico di dettaglio compreso tra le sezioni n.1 e n. 28 come da elaborati grafi allegati al progetto .

Per quanto riguarda il tipo di corrente, si è proceduto ipotizzando nel reticolo la presenza di una corrente mista, con passaggi da corrente veloce a corrente lenta, assegnando le condizioni al contorno assumendo l'altezza di moto uniforme nella sezione in uscita dal tombino del Rio Bandita (attraversamento by-pass sp. 100) .

6. ANALISI E SIMULAZIONE IDRAULICA RELATIVA ALLO STATO DI FATTO

Il Rio Bandita è un rio di **secondo livello** avente una superficie scolante, in corrispondenza dell’intervento, pari a 0.64 kmq.
Esso scorre a cielo aperto in alveo incassato sino all'attraversamento by-pass della s.p. n.100

A valle della tombinatura fino all'ottobre 2020 era presente un pozzetto di carico da cui si dipartiva una tubazione ø 600 mm. che correva al di sotto di proprietà private e di una stradina per poi scorrere nuovamente a cielo aperto in una canale rettangolare di dimensioni esigue, parallelamente alla suddetta stradina.

Successivamente , il rio si intubava nuovamente in un cunicolo la cui dimensione minima era pari a ø 800 mm. e tornava nuovamente a cielo aperto a valle del piazzale.
Le due condotte presenti lungo il percorso del rio risultavano insufficienti al deflusso con conseguente esondazione della portata di piena che inonda la stradina e la S.P.n°100 . tale aspetto era stato evidenziato nello studio idraulico pregresso dell'Ing. Fusini e Ing. Cordeglio .

A seguito degli eventi alluvionali del 2-3 ottobre 2020 la situazione è emersa in tutta la sua gravità con il danneggiamento e rottura delle suddette tubazioni : attualmente in tutta la zona del piazzale non esiste un vero e proprio sedime del Rio ma piuttosto rimangono tracce di varie zone di ruscellamento disordinato .

La situazione è visibile dalle fotografie allegate .



Fotografia dell'ottobre 2020



Fotografia dell'ottobre 2020



Fotografia dell'ottobre 2020- zona a valle del piazzale



Fotografia dell'ottobre 2020



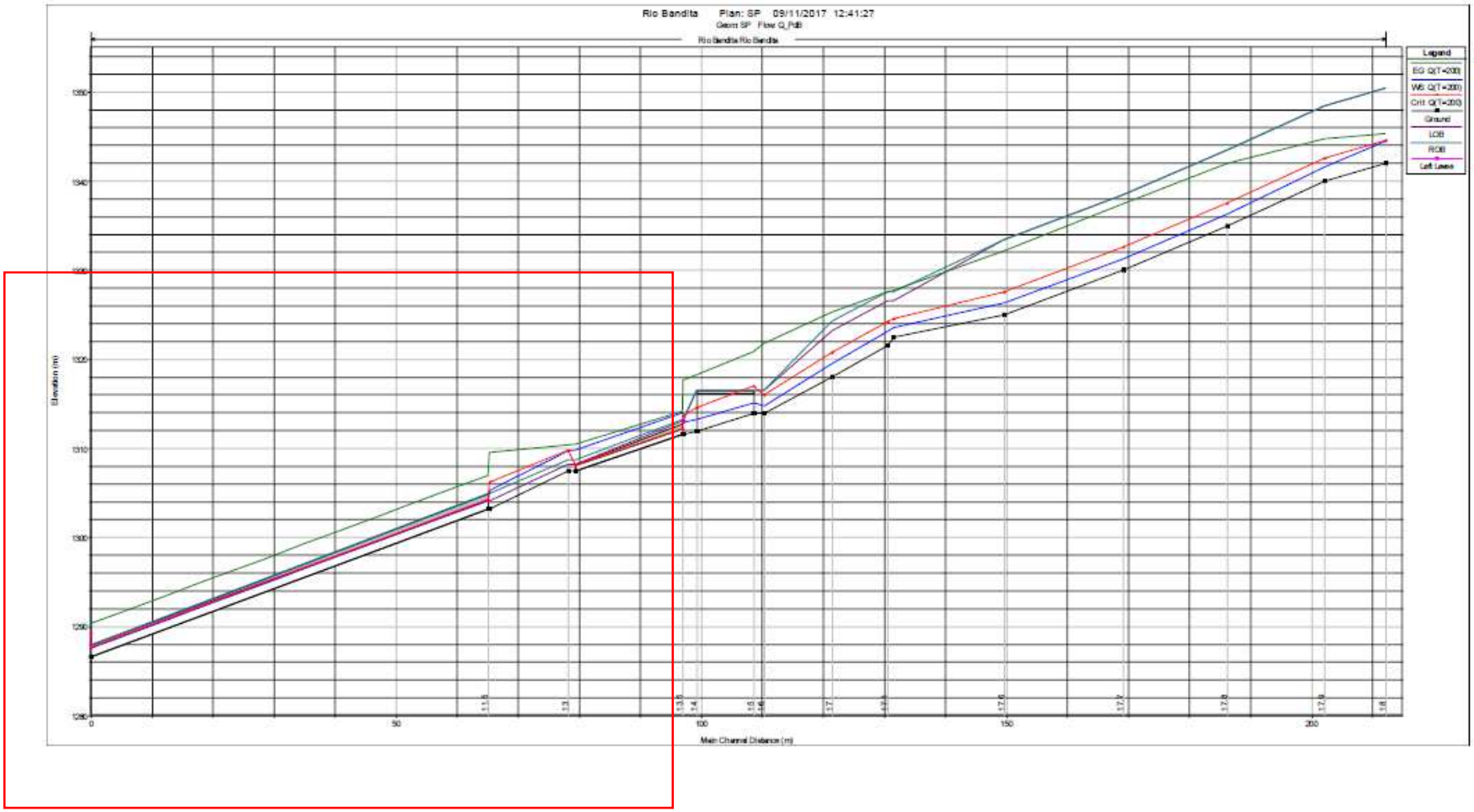
Fotografia dell'ottobre 2020 a valle piazzale



Fotografia dell'ottobre 2020

Si riportano, di seguito, la tabella e il profilo longitudinale per tempo di ritorno duecentennale relativa allo stato attuale , che corrisponde a quella di progetto del precedente Studio idrauilico effettivamente realizzato , che evidenziava che la realizzazione dell' attraversamento sul by -pass della sp. 100 non comporta va modifiche alle condizioni idrauliche in essere a valle in quanto la condotta che si dipartiva dal pozzetto realizzando era comunque insufficiente al deflusso per cui la portata, in corrispondenza del pozzetto stesso, esondava lungo la stradina come peraltro nuovamente accaduto nell'ottobre 2020.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Bandita	18	Q(T=200)	25.6	1342	1344.53	1344.53	1345.32	0.018772	3.93	6.51	4.08	0.99
Rio Bandita	17.9	Q(T=200)	25.6	1340	1341.62	1342.53	1344.71	0.112821	7.79	3.29	3	2.37
Rio Bandita	17.8	Q(T=200)	25.6	1335	1336.32	1337.53	1341.9	0.245357	10.46	2.45	2.64	3.47
Rio Bandita	17.7	Q(T=200)	25.6	1330	1331.28	1332.53	1337.41	0.278051	10.97	2.33	2.59	3.69
Rio Bandita	17.6	Q(T=200)	25.6	1325	1326.3	1327.53	1332.09	0.257461	10.65	2.4	2.62	3.55
Rio Bandita	17.11	Q(T=200)	25.6	1322.49	1323.57	1324.47	1327.72	0.180741	9.03	2.84	4.07	3.45
Rio Bandita	17.1	Q(T=200)	25.6	1321.6	1323.16	1324.2	1327.51	0.198968	9.24	2.77	3.01	3.07
Rio Bandita	17	Q(T=200)	25.6	1318.07	1319.55	1320.74	1325.27	0.27647	10.59	2.42	2.5	3.44
Rio Bandita	16	Q(T=200)	25.6	1313.9	1314.76	1315.95	1321.73	0.342994	11.69	2.19	3.09	4.43
Rio Bandita	15		Bridge									
Rio Bandita	14	Q(T=200)	25.6	1311.95	1313.25	1314.52	1318.22	0.232168	9.87	2.59	2	2.77
Rio Bandita	13.9	Q(T=200)	25.6	1311.6	1312.93	1313.58	1317.65	0.217215	9.62	2.66	2	2.66
Rio Bandita	13.5		Culvert									
Rio Bandita	13	Q(T=200)	25.6	1307.51	1309.77	1309.77	1310.35	0.015342	3.11	7.73	6.84	0.68
Rio Bandita	12	Q(T=200)	25.6	1303.25	1305.28	1306.14	1309.52	0.171353	9.59	3.1	4.02	2.18
Rio Bandita	11.5		Culvert									
Rio Bandita	11	Q(T=200)	25.6	1286.59	1289.24	1289.24	1290.07	0.028957	4.16	6.34	3.73	0.82



Si evidenzia che nella parte a valle dell'attraversamento SP. 100 avviene esondazione.

7. ANALISI E SIMULAZIONE IDRAULICA RELATIVA ALLO STATO DI PROGETTO

Per le opere a progetto si è previsto il rispetto di quanto normato dal *REGOLAMENTO REGIONALE 14 LUGLIO 2011 N. 3 - Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua e ss.mm. e ii. ,* dalle vigenti *Normative di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti* e dalle NTC. 2018 .

Il progetto di sistemazione in progetto prevede la sistemazione idraulica del tratto del Rio Bandita a valle della tombinatura sottostante il by-pass della s.p. 100 realizzato a seguito della frana che ha coinvolto Monesi di Mendatica che è stato completato nel luglio 2020 .

In particolare si realizzerà un'arginatura in massi ciclopici cementati avente sezione trapezoidale con pareti ad inclinazione 3 :2 , spessore costante pari a 1,00 m.
Tale arginatura avrà un primo tratto di raccordo in c.a rivestito in pietra locale con lo sbocco del tombino esistente .
I massi da impiegare nella costruzione di scogliere saranno di I e II cat. e dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, e il loro peso di volume dovrà essere maggiore o uguale a 25 kN/m, il peso specifico p dovrà essere maggiore o uguale 26 kN/m ed il grado di compattezza C = P/p sarà maggiore o uguale 0.95.
Il calcestruzzo da utilizzare per la saturazione dei massi è previsto in rapporto apri ad almeno il 20% sul volume vuoto per pieno .
In corrispondenza del fabbricato sito in sponda sinistra è prevista la totale demolizione del magazzino esistente : in tale tratto la nuova arginatura sarà opportunamente distanziata dal fabbricato medesimo .
Immediatamente a valle del fabbricato sarà realizzata una prima tombinatura , avente lunghezza pari a 7,70 m., in c.a. elementi scatolari prefabbricati : tale tombinatura si rende necessaria per ripristinare la rampa di accesso ad alcune abitazioni poste a monte della s.p. 100 .
Il raccordo tra il canale e la tombinatura verrà mediante un pozzo di salto in c.a. come riportato nel profilo longitudinale allegato .
A seguire sarà realizzata una seconda tombinatura di sviluppo longitudinale pari a 11,00 m. al fine di consentire il riprististino della sede stradale della s.p. n.100 ed il raccordo alla rampa che immette verso i fabbricati posti a valle ed alle aree sottostanti ove è presente una cabina Enel e l'ex parco giochi.
Il tratto tra le due tombinature , di lunghezza pari a 6,50 m., sarà costituito da un canale aperto in c.a. con pareti rivestite in pietra .
A valle della seconda tombinatura , fino a raggiungere il limite dell'attuale piazzale sarà eseguito un tratto di canale in massi cementati : al fine raccordarsi alla scarpata sarà eseguito un salto di fondo .
Nel tratto in scarpata saranno eseguite n.3 briglie in massi e legno . Infine nel tratto a valle del piazzale sarà eseguito un canale in terra rivestito in trenchmat .
Il versante laterale della scarpata sarà protetto con reti antierosione opportunamente fissate mediante chiodature .

Gli attraversamenti e gli argini in progetto presentano franco di sicurezza idrico adeguato (superiore a 150 cm per gli attraversamenti), ma è deficitario nel merito del franco dovuto al carico cinetico E.C. per il quale è necessaria una deroga (come peraltro avveniva nello Studio idraulico precedentemente approvato) , si è sviluppata altresì un'indagine riguardante i fenomeni di trasporto solido, atta ad investigare eventuali interferenze dello stesso rispetto al tratto indagato.
Per valutare il trasporto solido, si è fatto riferimento all' ALLEGATO 2: FRANCHI IDRAULICI del Regolamento n°3/2011 suddetto (vedi paragrafo successivo).
Si riportano in allegato le tabelle relative alla situazione di progetto , le sezioni ed il profilo longitudinale per tempo di ritorno duecentennale .

7.1 VALUTAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO

In base alla normativa di Piano di Bacino tutte le opere devono avere franchi adeguati, rispetto al livello di piena previsto per la portata duecentennale.

Alla loro valutazione devono concorrere considerazioni sia relative alla tipologia di opera e alla sua rilevanza determinata anche in funzione della vulnerabilità delle zone limitrofe, sia relative alle caratteristiche cinetiche della corrente, con la distinzione dei casi di correnti lente e di correnti veloci. Per i corsi d'acqua sul reticolo idrografico principale, come nel caso in questione, e in corrispondenza di ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12, il franco non deve essere inferiori al valore maggiore tra:

a) il carico cinetico della corrente determinabile come $U^2/2g$, dove U è la velocità media della corrente(m/s) e g è l'accelerazione di gravità (m/s^2) (valore particolarmente rilevante per correnti veloci) e
b) cm. 100/150

Ove i due valori estremi corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido ed a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena.

Nel caso in argomento, l'attraversamento non interferisce con il transito della piena T=200 anni, pari a 25.6 mc/s (adottata per maggior sicurezza come da metodo CIMA come visto in precedenza) ma risulta investita dal carico cinetico.

Previo impiego del medesimo modello idraulico sono state eseguite simulazioni con portate via via crescenti sino a determinare la portata massima smaltibile con franco compatibile con le indicazioni di piano di bacino di cui sopra .

A fronte di quanto sopra, per meglio valutare il grado di sicurezza, nonostante la rilevanza minima del corso d'acqua in esame, si è fatto riferimento alla valutazione dell'entità del possibile trasporto solido durante un evento di piena effettuato nel progetto idraulico effettettuato nel Progetto esecutivo del 2018 ove era stata valutata la capacità di trasporto della corrente in condizione di piena T=200 anni e stimarta la portata solida potenziale in grado di essere movimentata dalla corrente.

Tale valutazione era stata effettuata in base all'originaria formulazione di Parker (1990) per la valutazione della capacità di trasporto delle acque.
Per ogni particella posata sul letto di un canale percorso da corrente è possibile, note le caratteristiche della corrente stessa e dell'alveo, determinare un parametro adimensionale detto 'tensione adimensionale ' ed indicato comunemente con ' · *'; tale parametro determina la condizione di mobilità o meno della particella solida e ha la seguente espressione, valida in moto permanente:

$$\tau^* = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho)gD} = \frac{\rho U^2 / C^2}{(\rho_s - \rho)gD}$$

L'entità del trasporto solido si calcola in generale attraverso relazioni di natura empirica o semiempirica, che forniscono la portata volumetrica di materiale solido qsf, per unità di larghezza,
in funzione della tensione tangenziale esercitata dal fluido sul fondo .
Per la caratterizzazione dei sedimenti d'alveo si è fatto riferimento a osservazioni visive dalle quali risulta che il diametro medio del sedimento presente in alveo è pari a D= 300 mm.

In base a quanto sopra si è ottenuto il seguente valore di portata solida:

Il valore medio della Qs nel tratto a monte della tombinatura risulta pari a:

Qsf = 1.17 mc/s (Parker) / 1.12 mc/s (M.P.M.)

Il valore medio della Qs nel tratto dell'attraversamento risulta pari a:

Qsf = 1.27 mc/s (Parker) / 1.16 mc/s (M.P.M.)

Poiché il tratto a monte ha una capacità di trasporto inferiore rispetto al tratto di intervento, i sedimenti non tenderebbero a depositarsi sul fondo dell'alveo in prossimità del tratto laddove è stato realizzato l' attraversamento del by-pass della s.p. 100 e vale anche per i successivi .
Inoltre è da tenere in conto che ai fini della sicurezza è stata adottata una portata superiore (metodo CIMA) rispetto a quella calcolata con il metodo del Piano di bacino PAI .
La corrente di piena ha un regime marcatamente veloce pertanto la corrente può superare, senza transizioni di regime, restringimenti dell'alveo dell'ordine circa del 50%: si osservi che proprio l'elevata velocità della corrente,, garantisce che non si verifichino depositi tali per cui si abbia un restringimento della sezione di deflusso.

Gli attraversamenti progettati hanno una quota d'intradosso tale da garantire il transito della corrente di piena in sicurezza ovvero nel rispetto del franco di sicurezza.

Ciò è confermato dal fatto che sono rispettati i franchi di sicurezza, secondo le disposizioni di Piano e le NTC 2018 .
Poiché il tratto a monte ha una capacità di trasporto inferiore rispetto al tratto d'intervento, i

sedimenti non tendono a creare depositi sul fondo dell'alveo che potrebbero causare innalzamenti nei livelli idrici calcolati
La tendenza all'erosione consente di prevedere che nel tratto oggetto di studio non si verrebbero a verificare restringimenti tali da far sì che la corrente, di carattere prevalentemente veloce, raggiunga con il suo innalzamento il valore del carico cinetico.

8. CONCLUSIONI

Il presente studio idraulico ha permesso di elaborare la progettazione dei lavori di messa in sicurezza del tratto interrato del rio Bandita per la corretta regimazione delle acque a mitigazione del rischio idrogeologico interessante il versante in frana su cui insiste l'abitato di Monesi di Mendatica"

Tutte le opere in progetto sono state dimensionate nel rispetto degli indirizzi tecnici contenuti nell'allegato 3 – "Indirizzi tecnici per la redazione di studi idraulici" della Normativa di Piano e nel Regolamento Regionale n. 3 del 2011 e rispettano inoltre i franchi di sicurezza prevista dalla Normativa in Vigore , dal Piano di Bacino PAI , e dalle N.T.C. 2018 .

Pertanto dalle verifiche idrauliche svolte si ritiene che gli interventi di sistemazione idraulica in progetto relativa ai lavori di messa in sicurezza siano COMPATIBILI con il regime idraulico del Rio Bandita inoltre risulta che la capacità di trasporto risulta superiore rispetto alla capacità di trasporto di monte, per cui nel ratto in esame non tenderebbero a verificarsi depositi di materiale tali da ostruire la sezione di deflusso e renderla insufficiente al transito della portata di piena.

Mendatica , 22 settembre 2021

IL TECNICO INCARICATO

Ing. Maurizio Viola

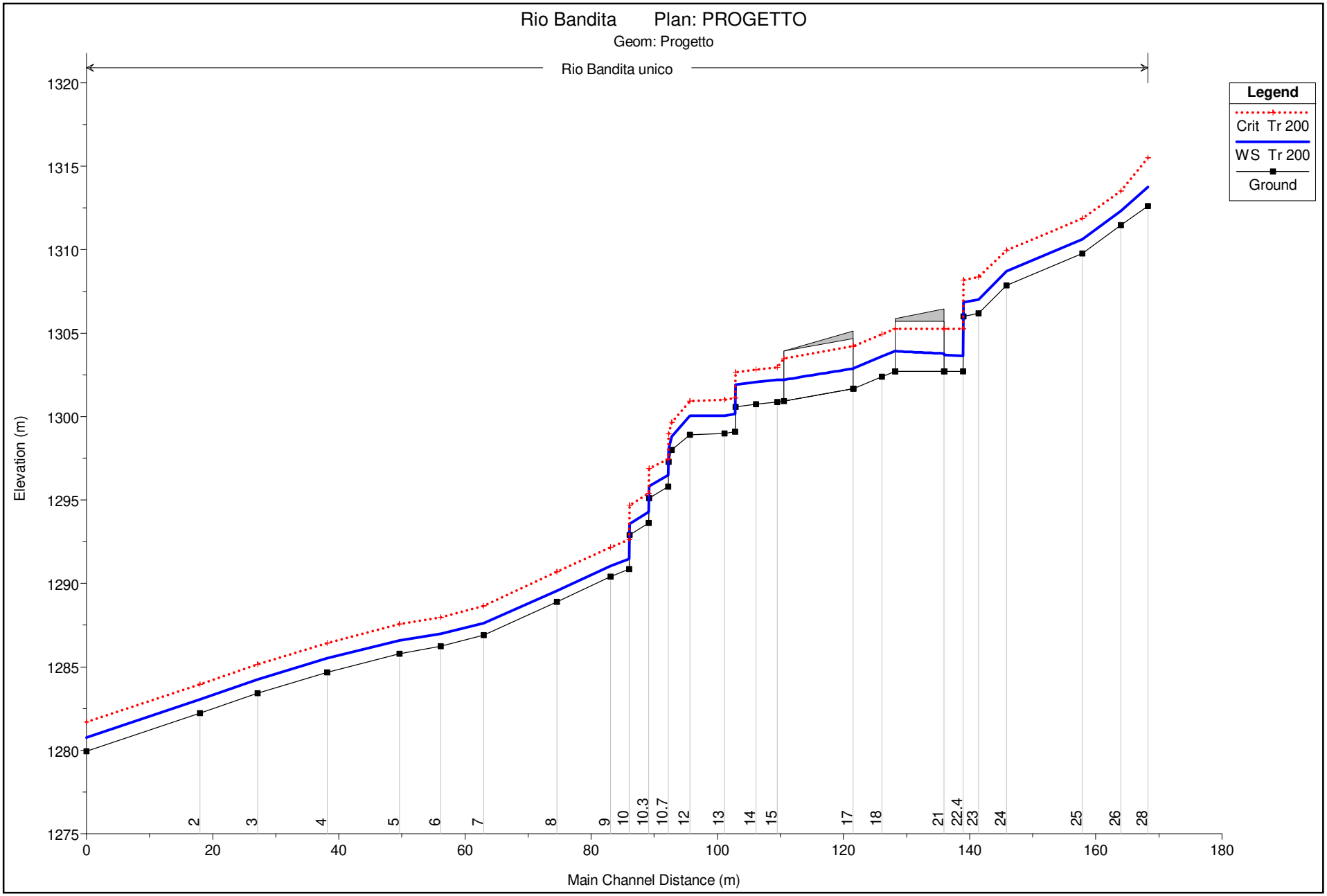
Allegato :

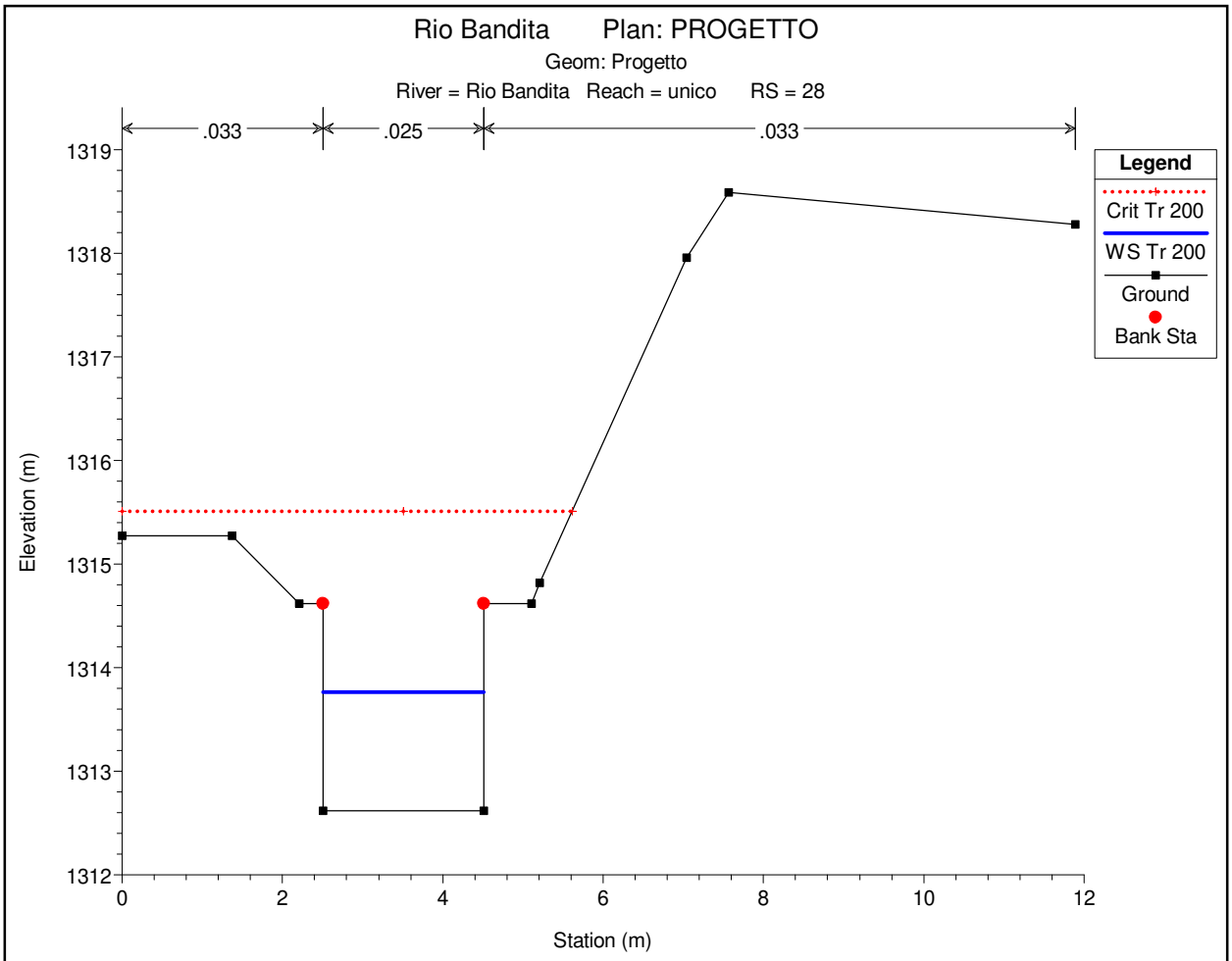
- STATO DI PROGETTO :
  allegati HEC RAS SEZIONI - TABELLE - PROFILO LONGITUDINALE;

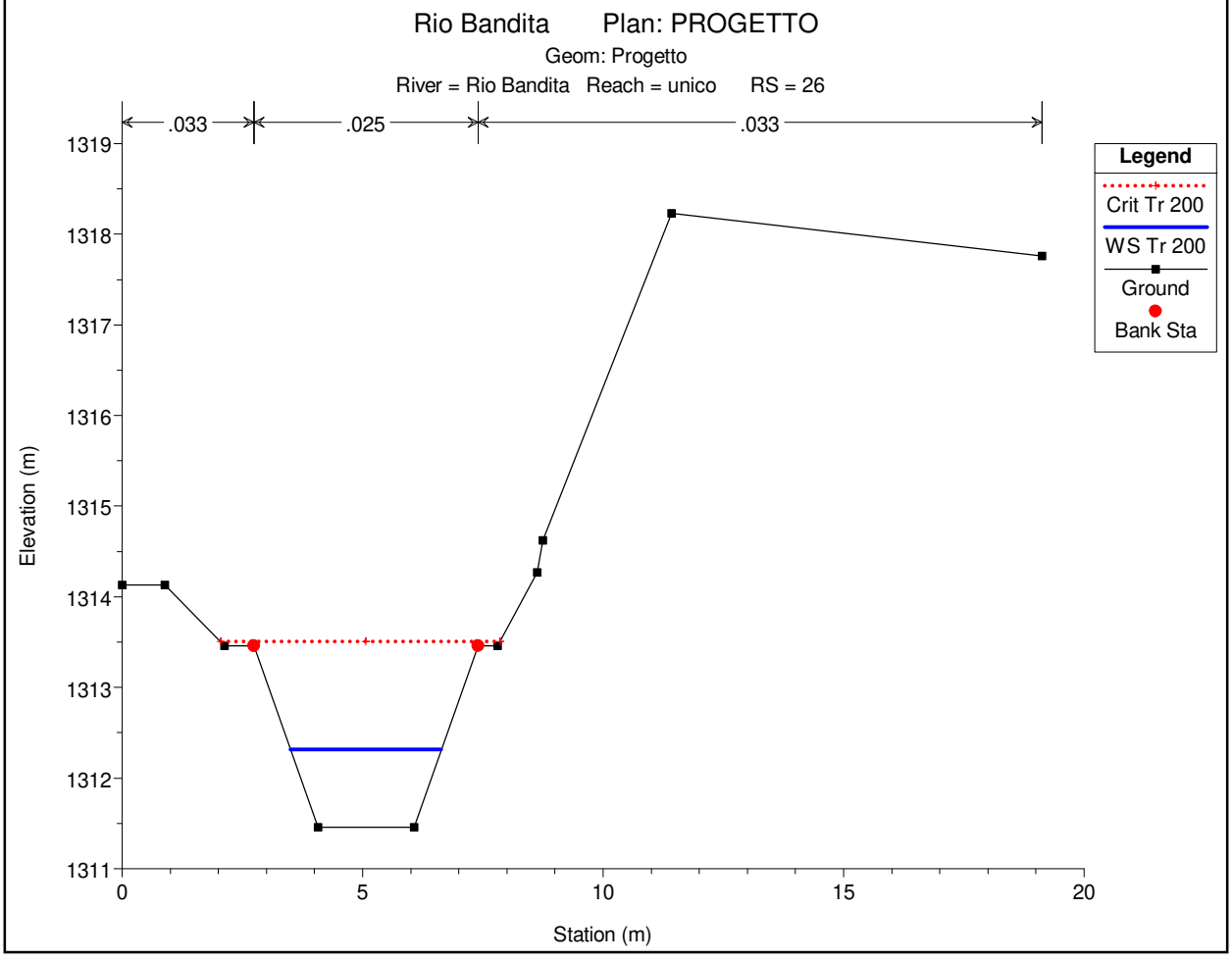
Allegato STATO DI PROGETTO

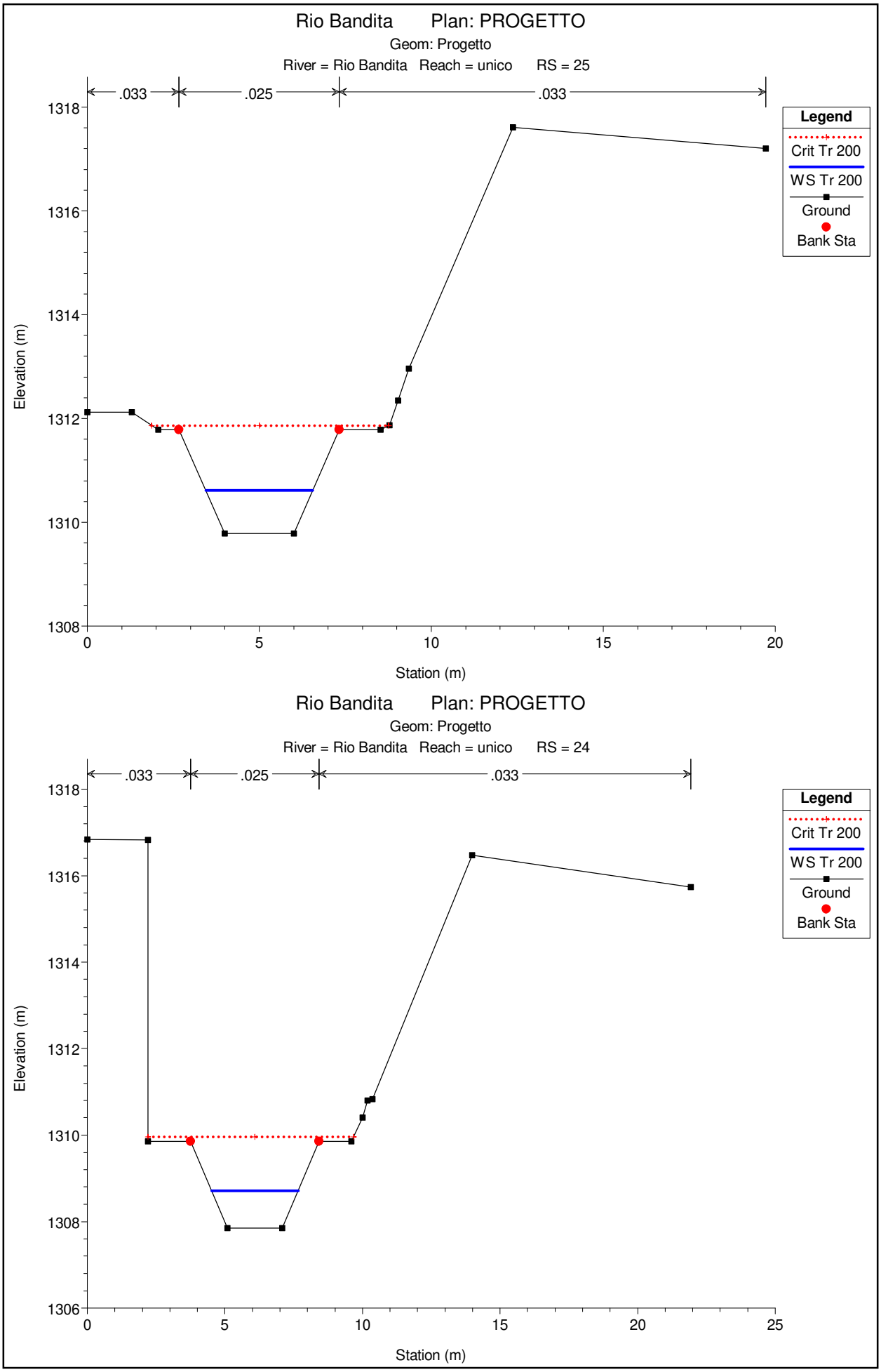
HEC RAS :

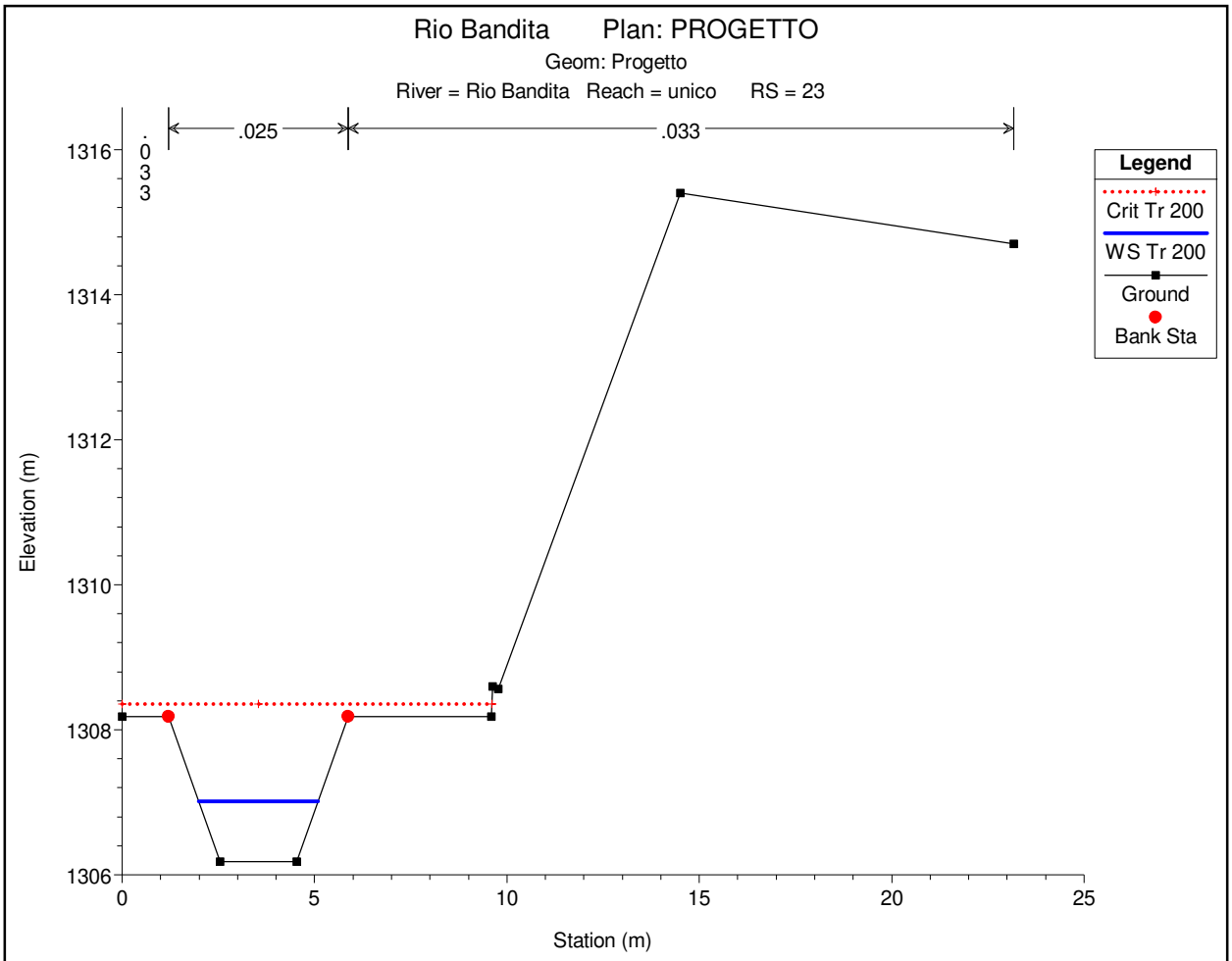
- SEZIONI - TABELLE - PROFILO LONGITUDINALE

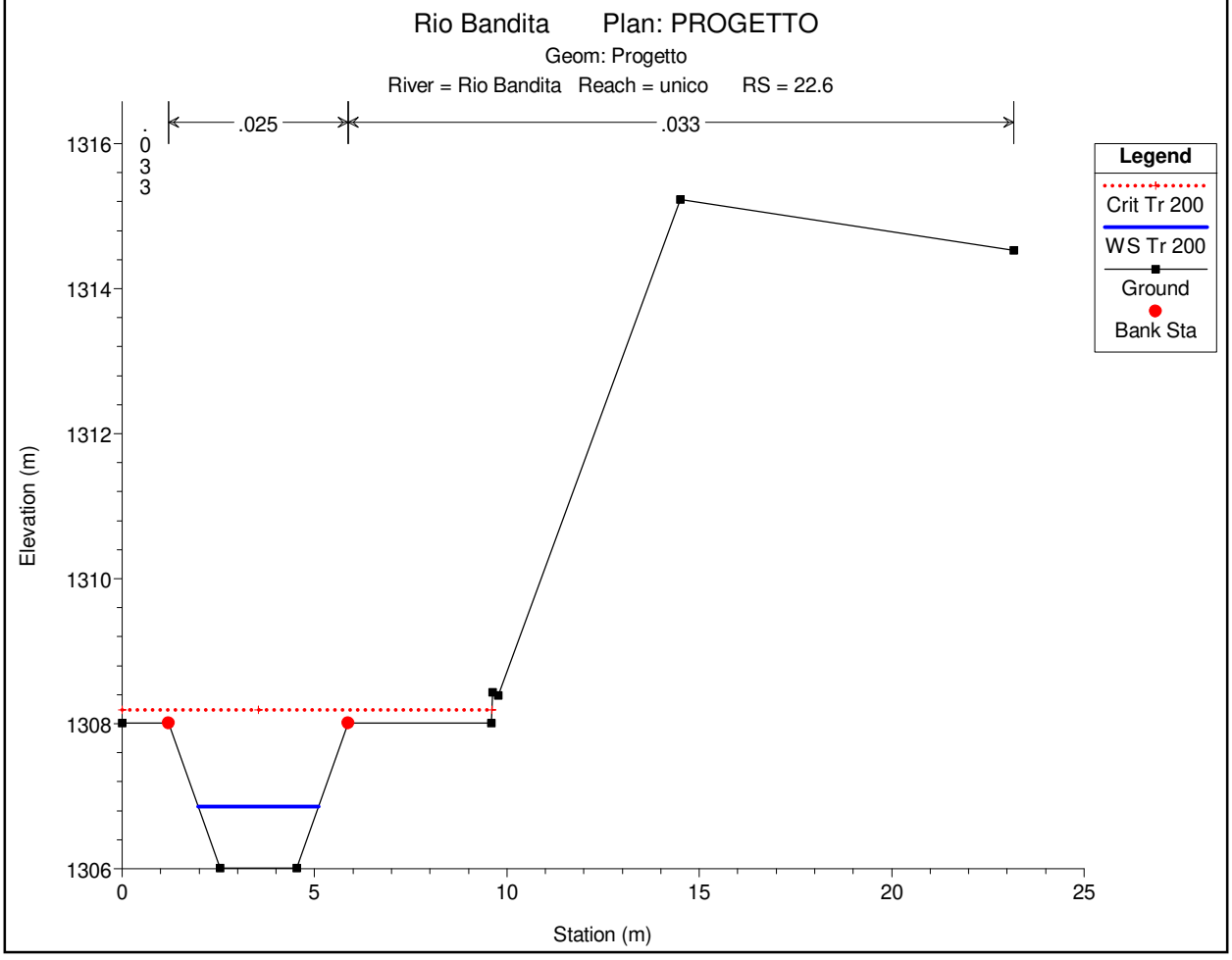

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
Rio Bandita unico
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
1320
1315
1310
1305
1300
1295
1290
1285
1280
1275
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
2
3
4
5
6
7
8
9
10
10.3
10.7
12
13
14
15
17
18
21
22.4
23
24
25
26
28

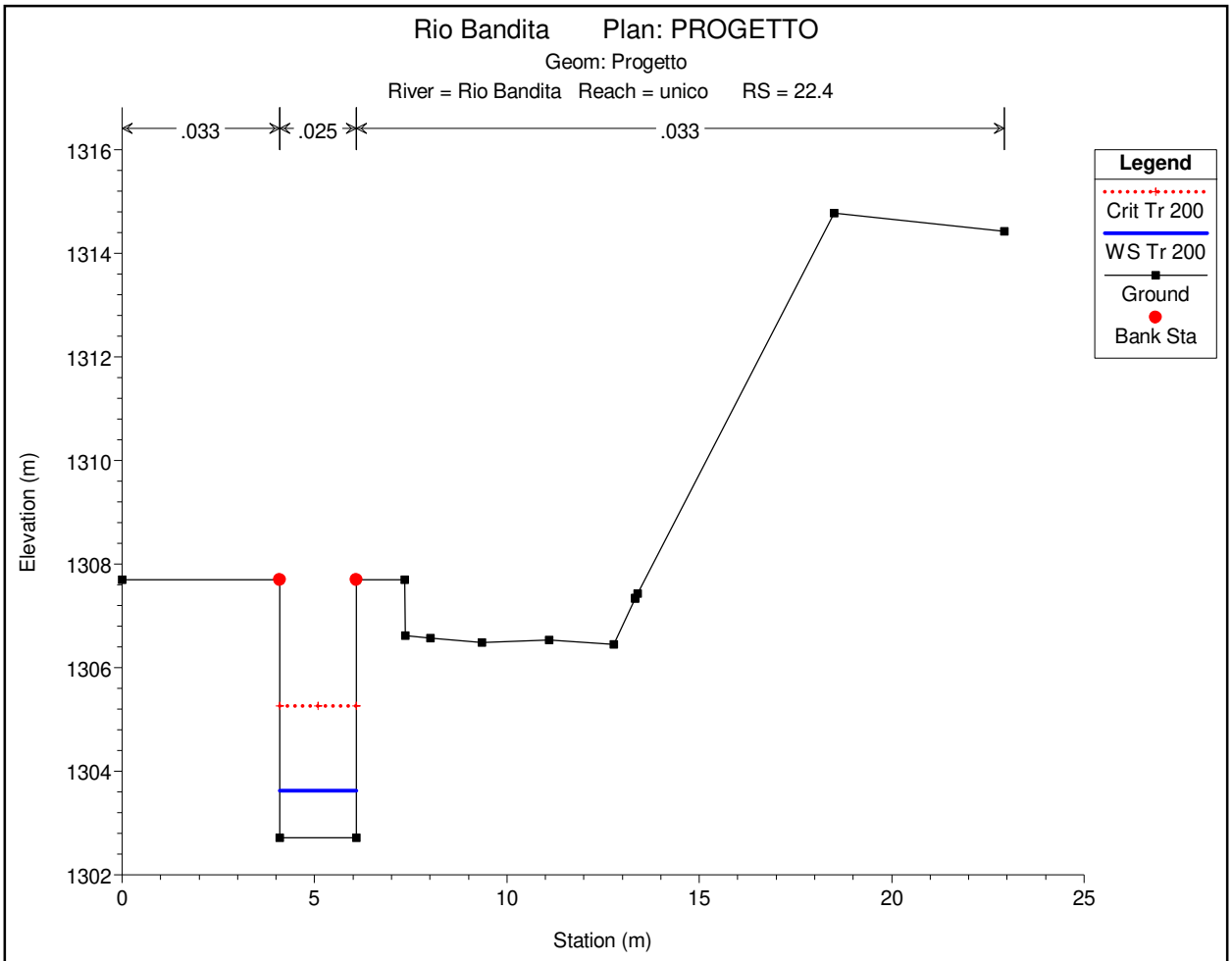

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 28
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1319
1318
1317
1316
1315
1314
1313
1312
0
2
4
6
8
10
12
Station (m)

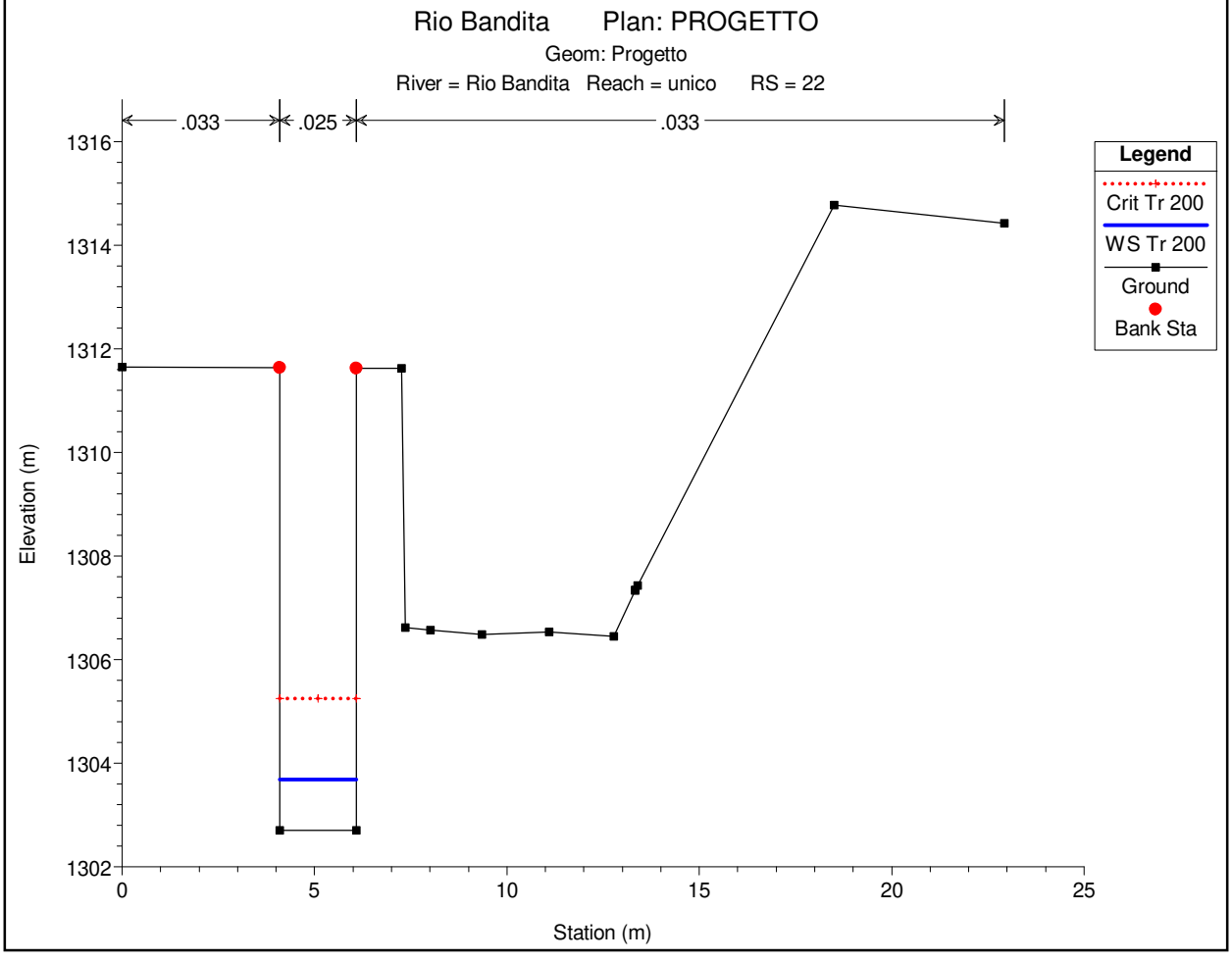

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 26
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1319
1318
1317
1316
1315
1314
1313
1312
1311
0
5
10
15
20
Station (m)

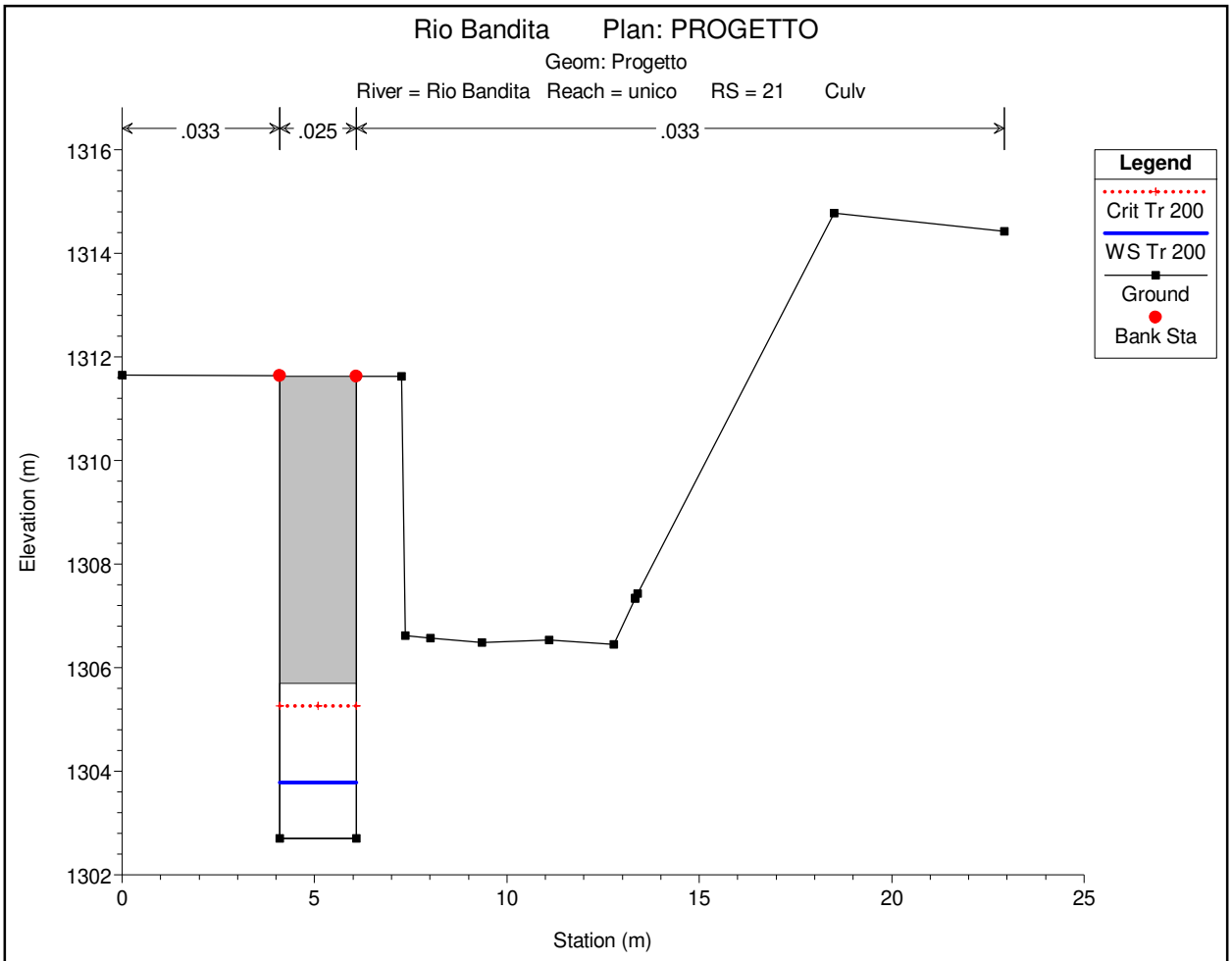

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 25
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1318
1316
1314
1312
1310
1308
0
5
10
15
20
Station (m)
Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 24
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1318
1316
1314
1312
1310
1308
1306
0
5
10
15
20
25
Station (m)

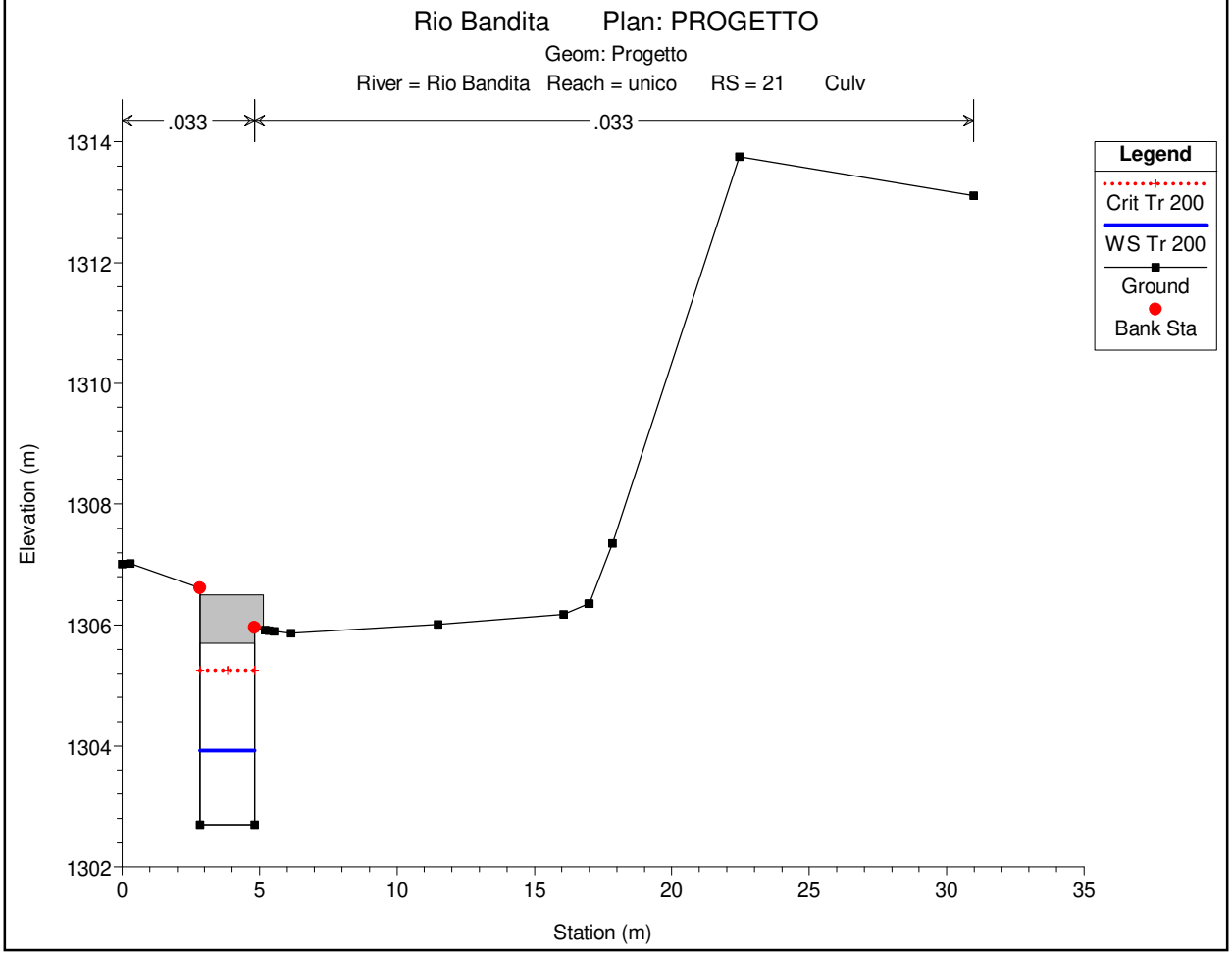

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 23
.025
.033
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1316
1314
1312
1310
1308
1306
0
5
10
15
20
25
Station (m)

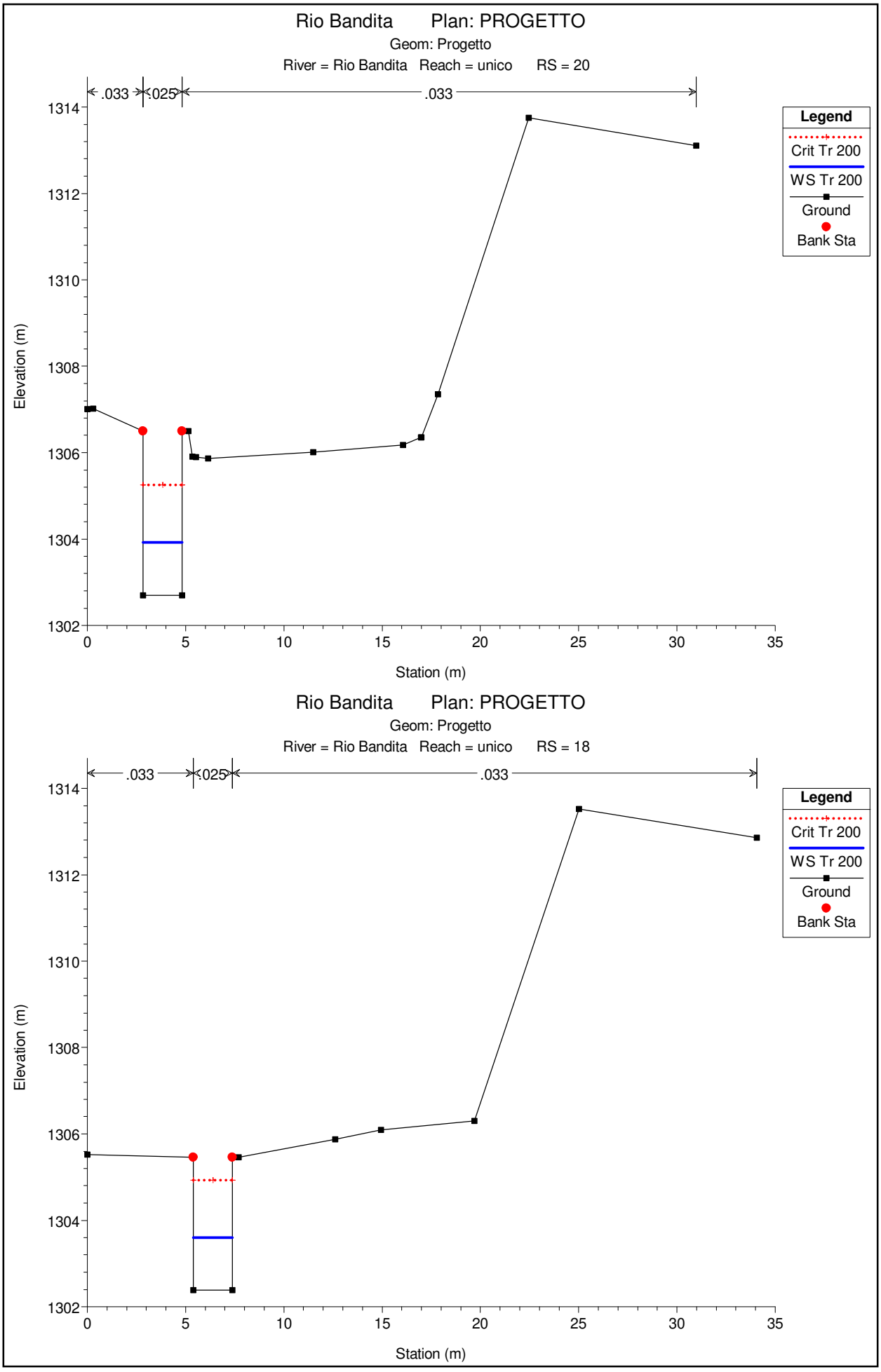

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 22.6
.025
.033
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1316
1314
1312
1310
1308
1306
0
5
10
15
20
25
Station (m)

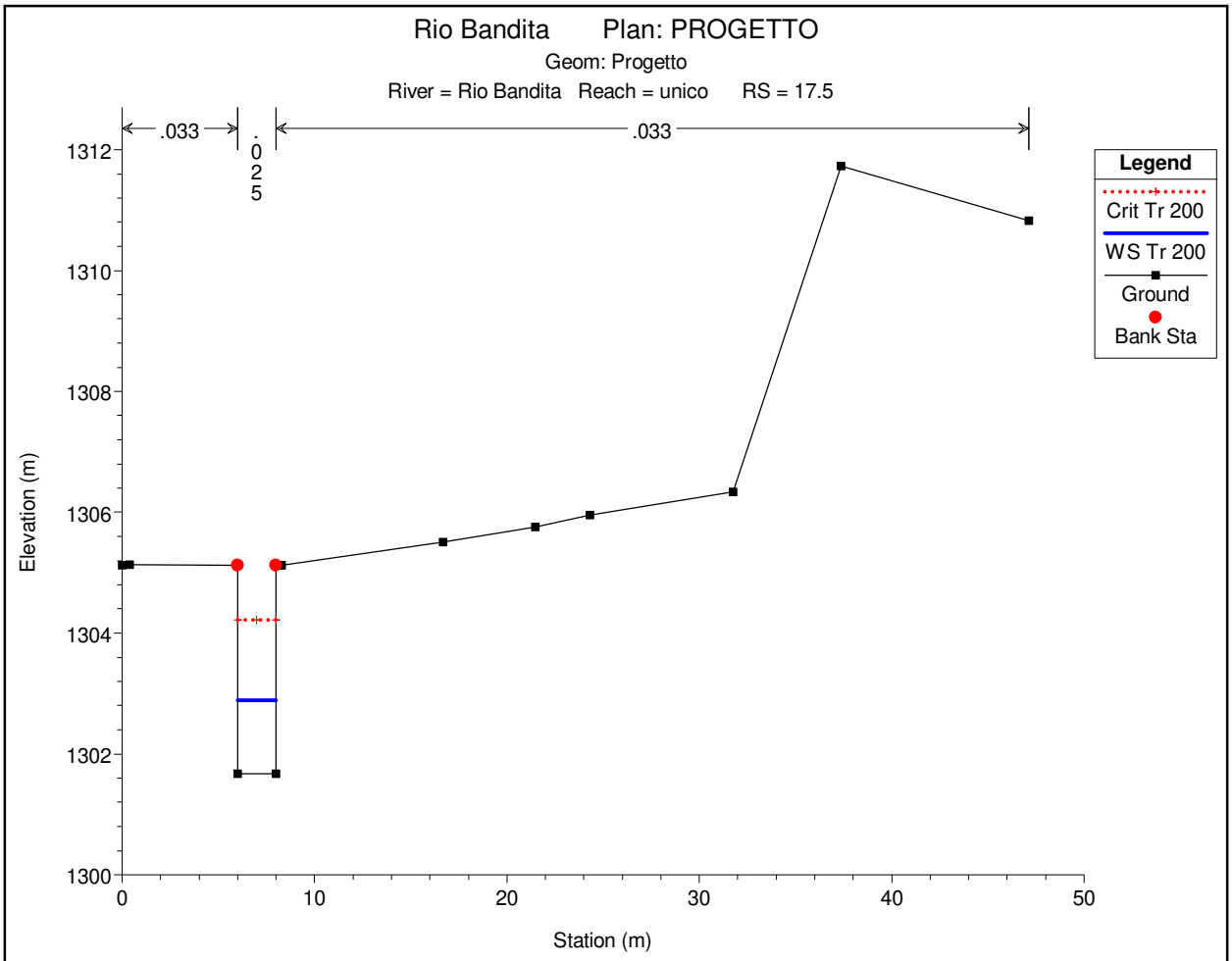

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 22.4
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1316
1314
1312
1310
1308
1306
1304
1302
0
5
10
15
20
25
Station (m)

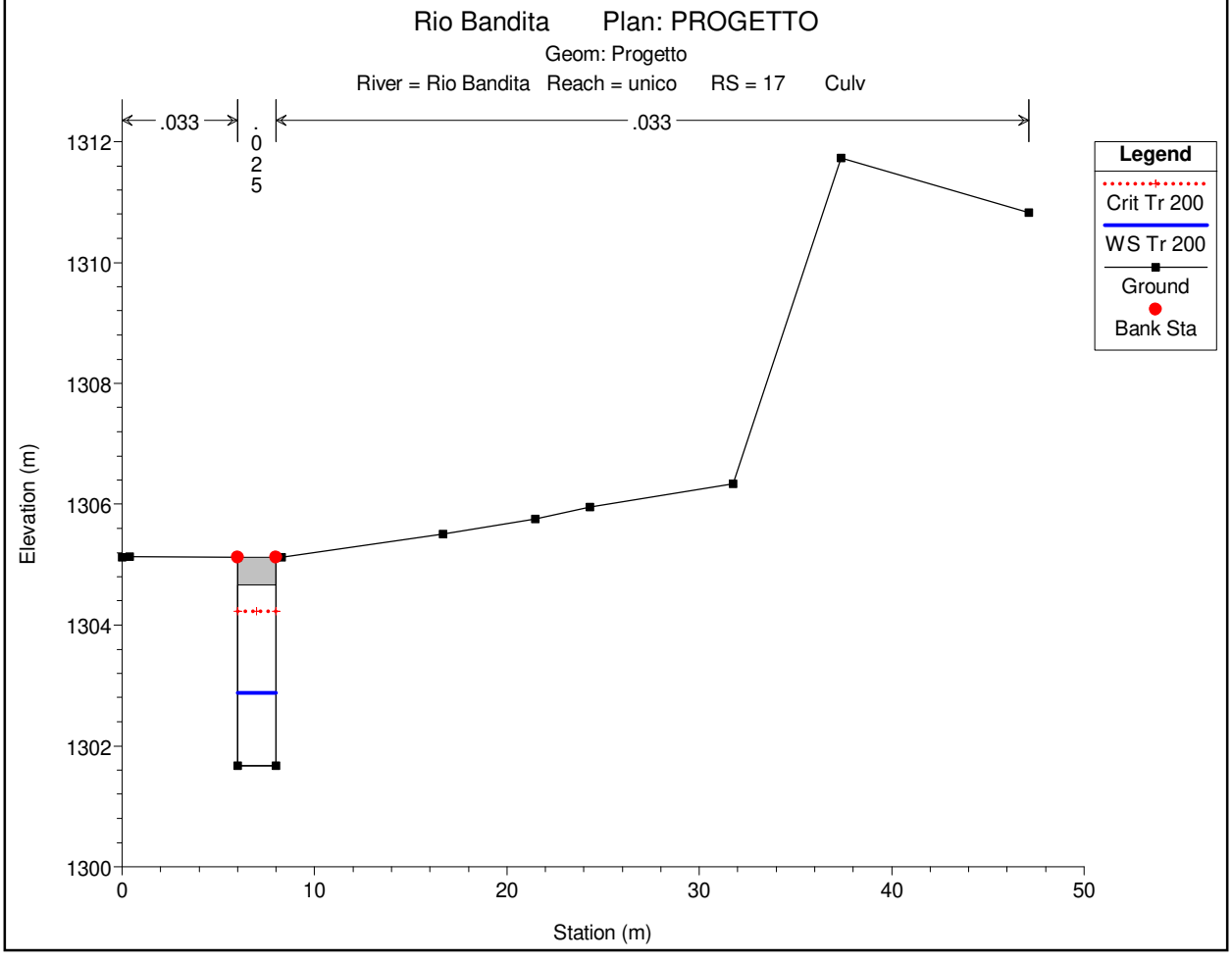

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 22
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1316
1314
1312
1310
1308
1306
1304
1302
0
5
10
15
20
25
Station (m)

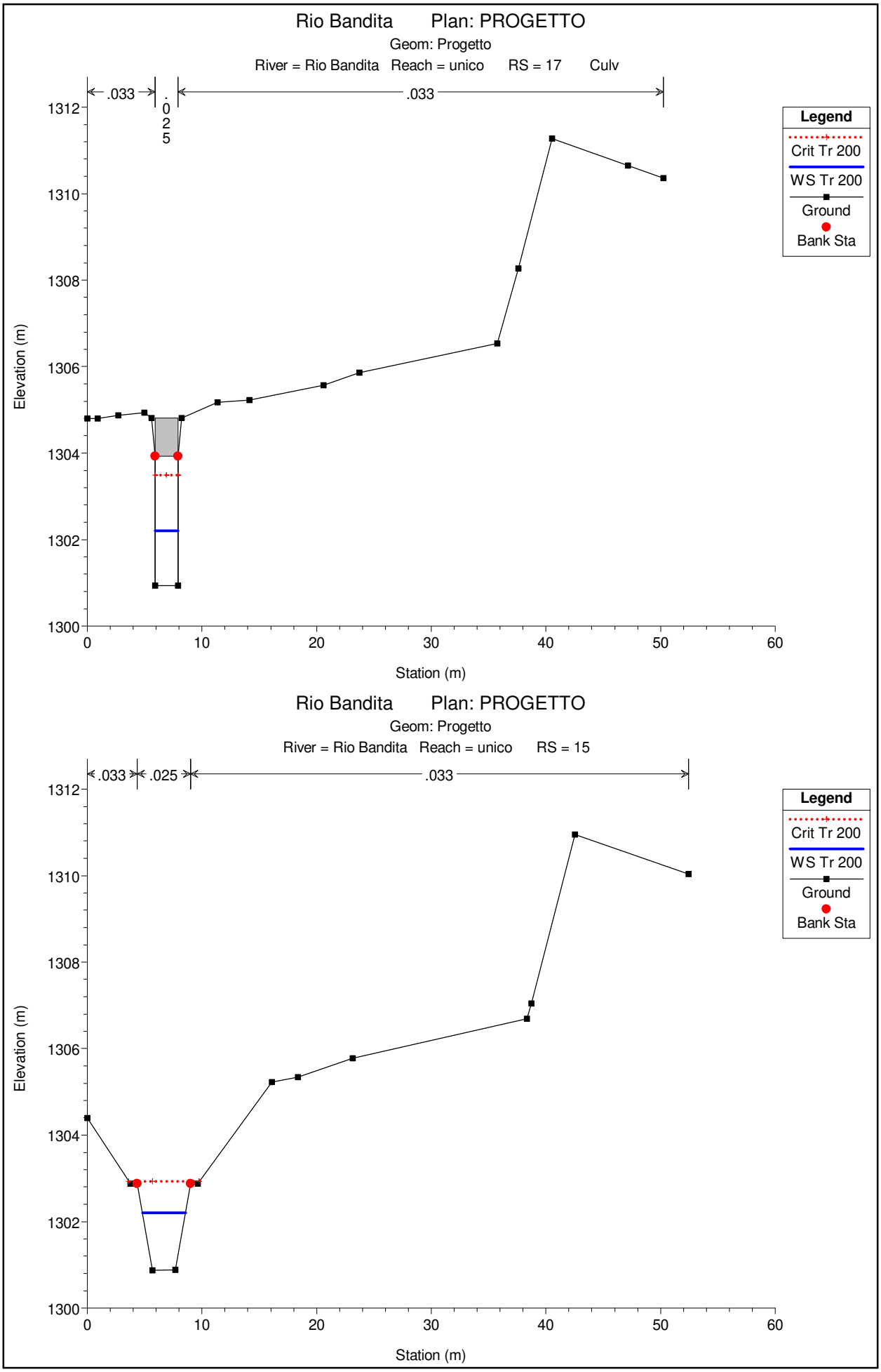

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 21 Culv
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1316
1314
1312
1310
1308
1306
1304
1302
0
5
10
15
20
25

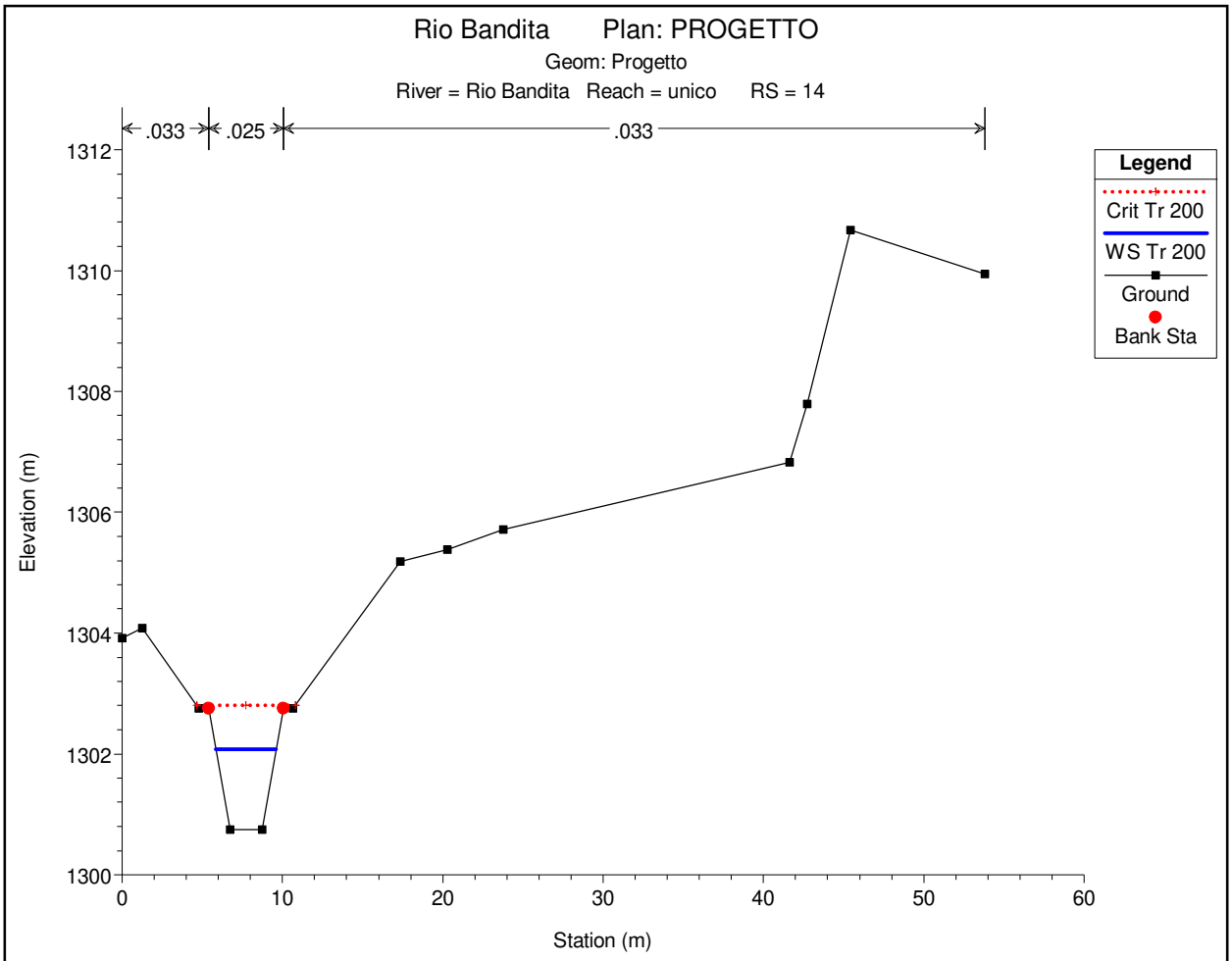

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 21 Culv
.033
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1314
1312
1310
1308
1306
1304
1302
0
5
10
15
20
25
30
35

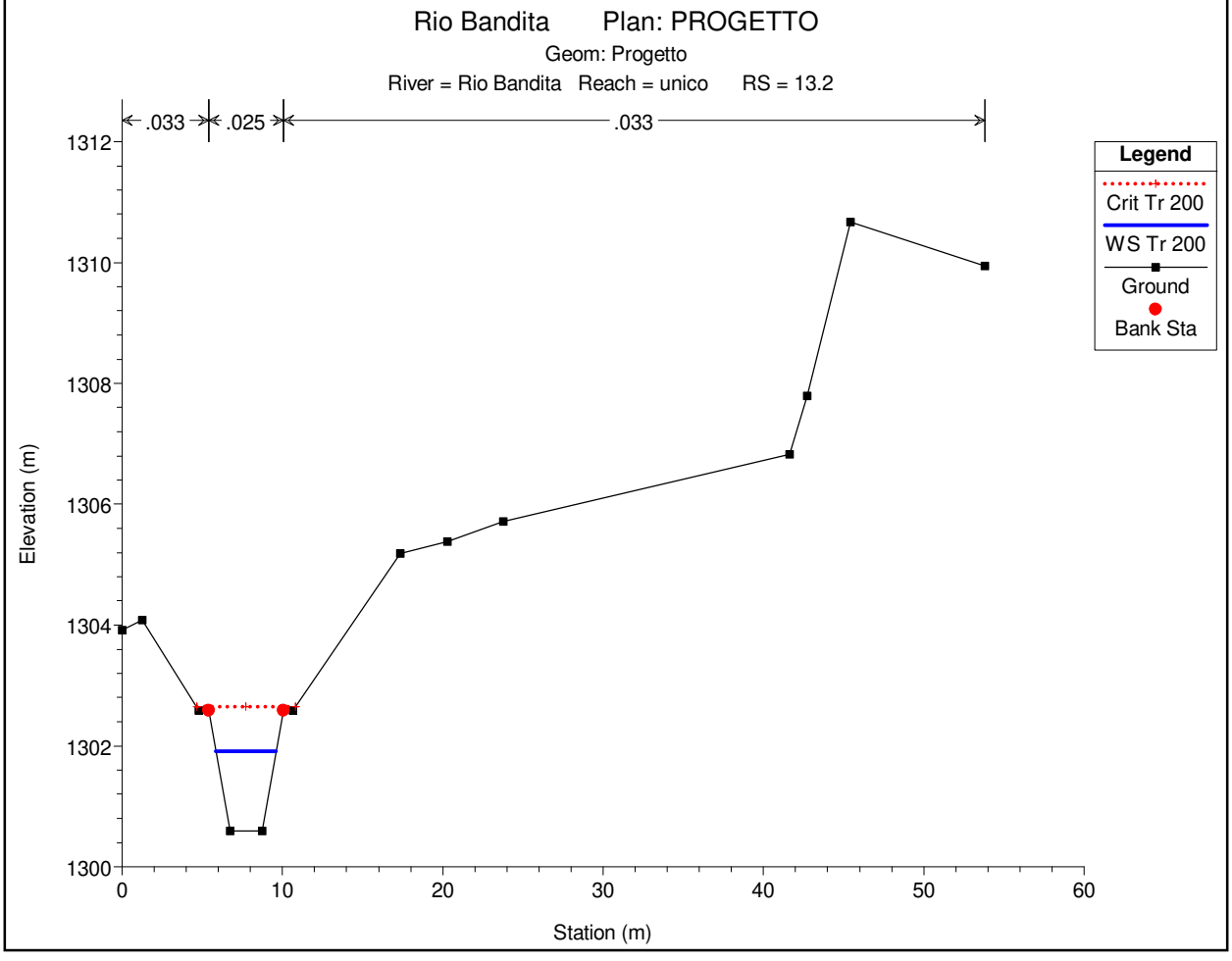

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 20
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1314
1312
1310
1308
1306
1304
1302
0
5
10
15
20
25
30
35
Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 18
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

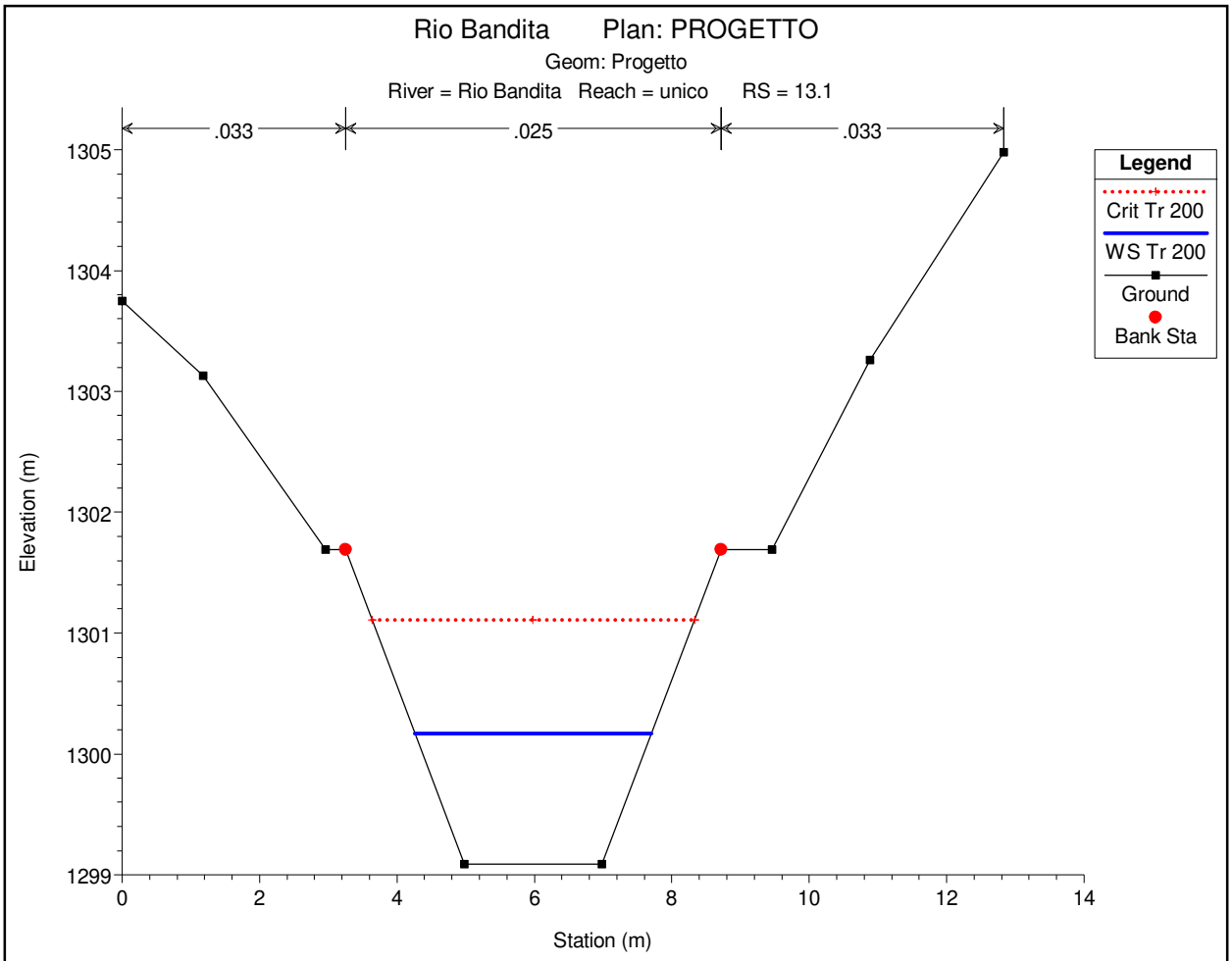

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 17.5
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1312
1310
1308
1306
1304
1302
1300
0
10
20
30
40
50
Station (m)

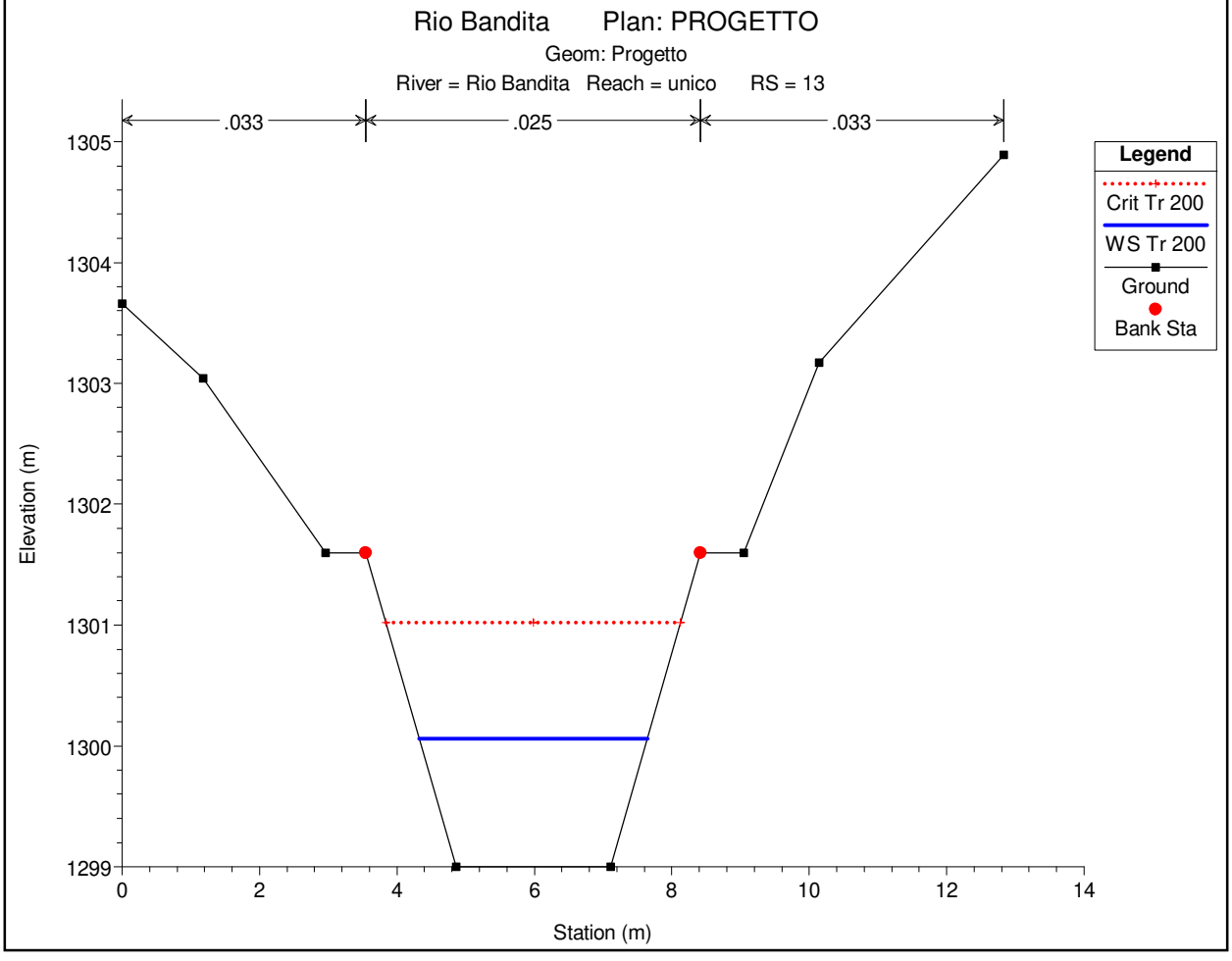

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 17 Culv
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1312
1310
1308
1306
1304
1302
1300
0
10
20
30
40
50
Station (m)

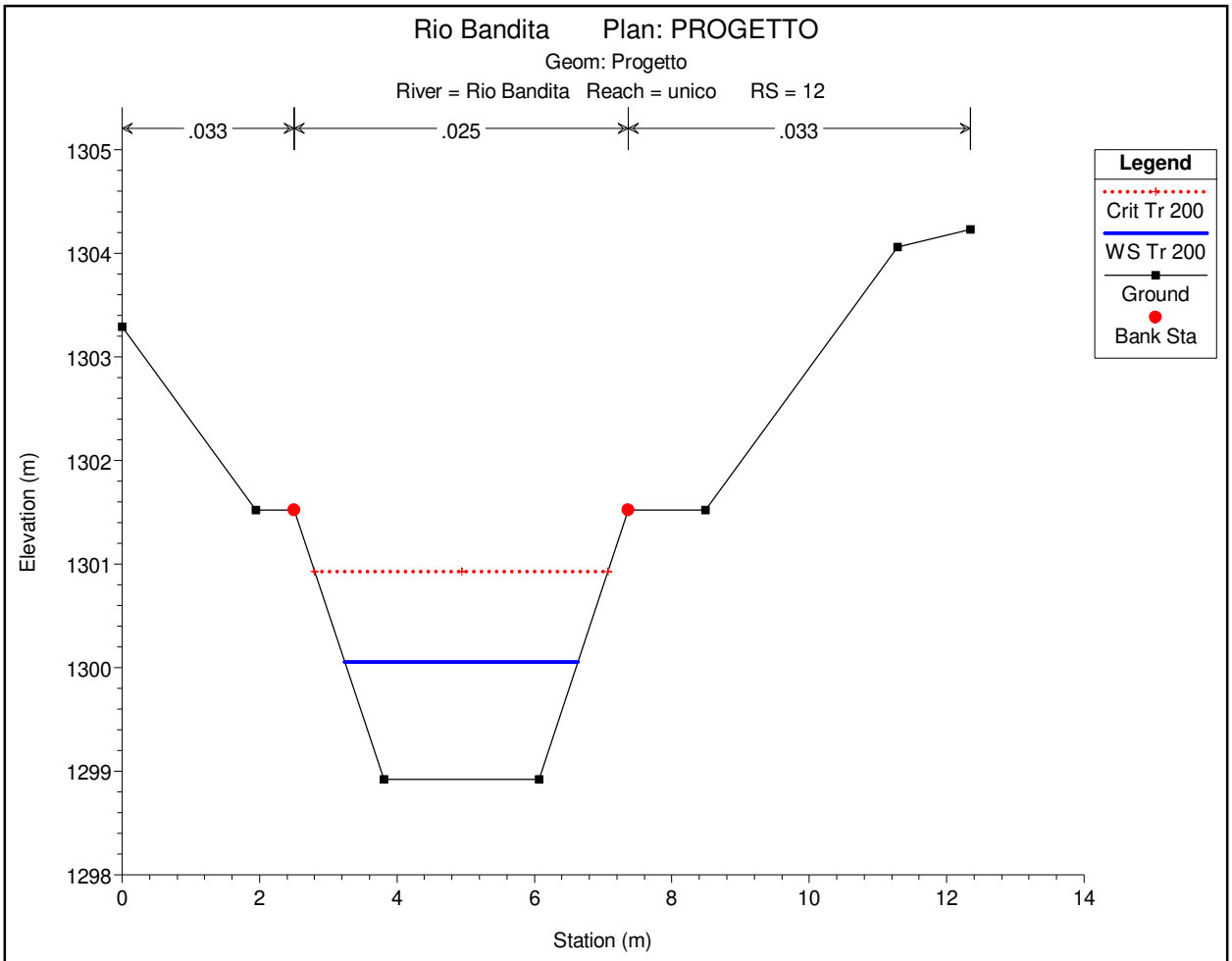

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 17 Culv
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1300
1302
1304
1306
1308
1310
1312
0
10
20
30
40
50
60
Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 15
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

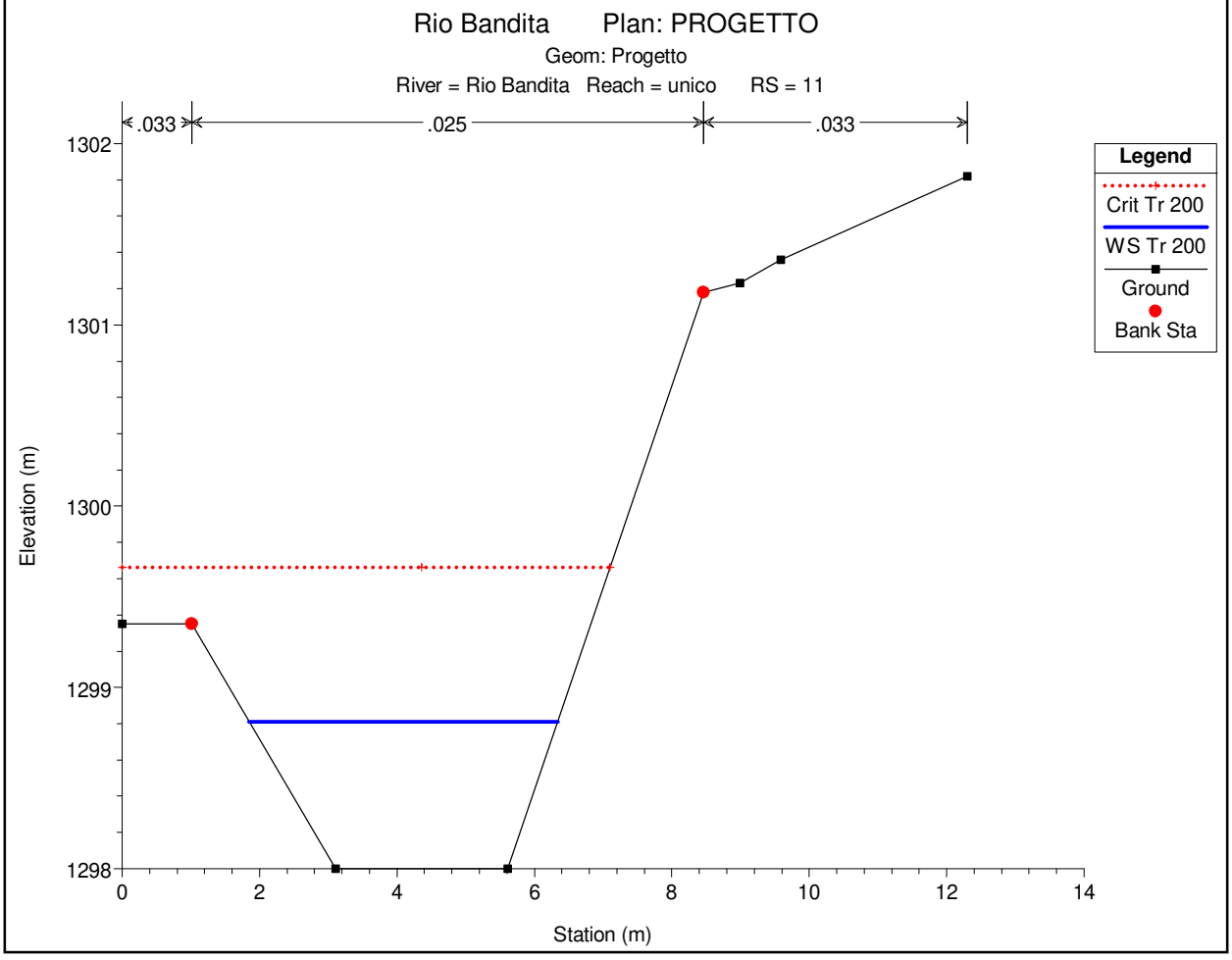

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 14
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1312
1310
1308
1306
1304
1302
1300
0
10
20
30
40
50
60

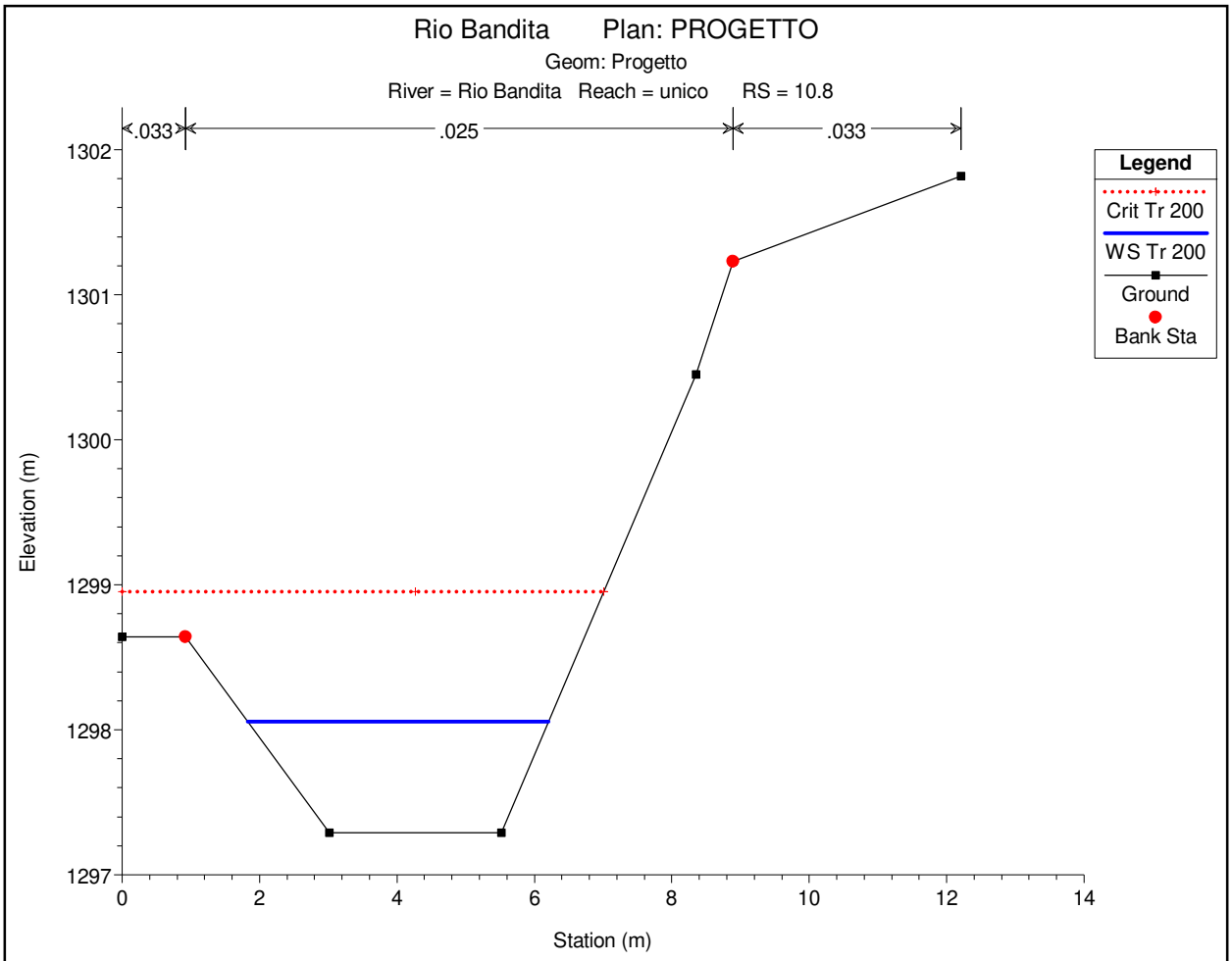

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 13.2
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1312
1310
1308
1306
1304
1302
1300
0
10
20
30
40
50
60

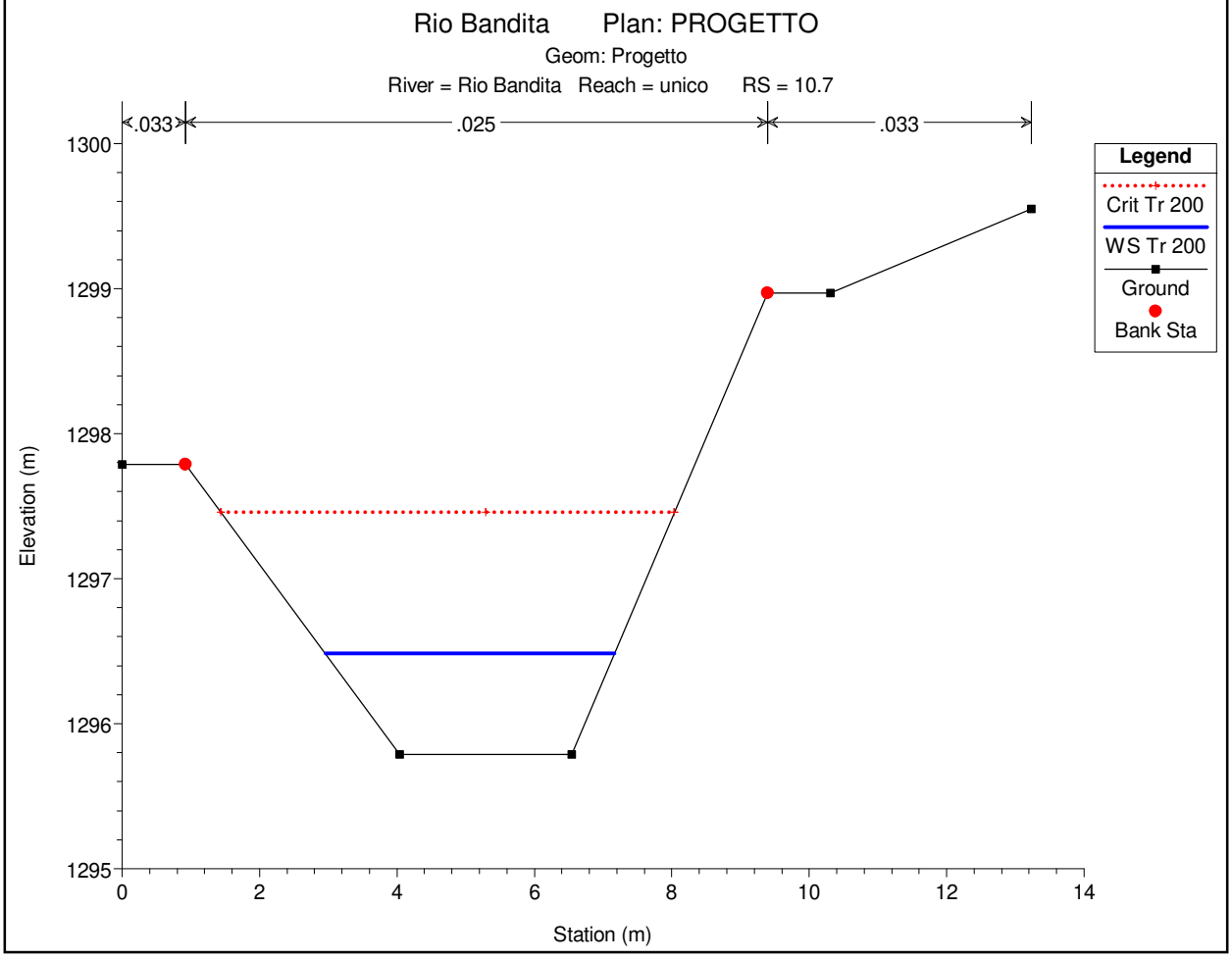

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 13.1
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1305
1304
1303
1302
1301
1300
1299
0
2
4
6
8
10
12
14

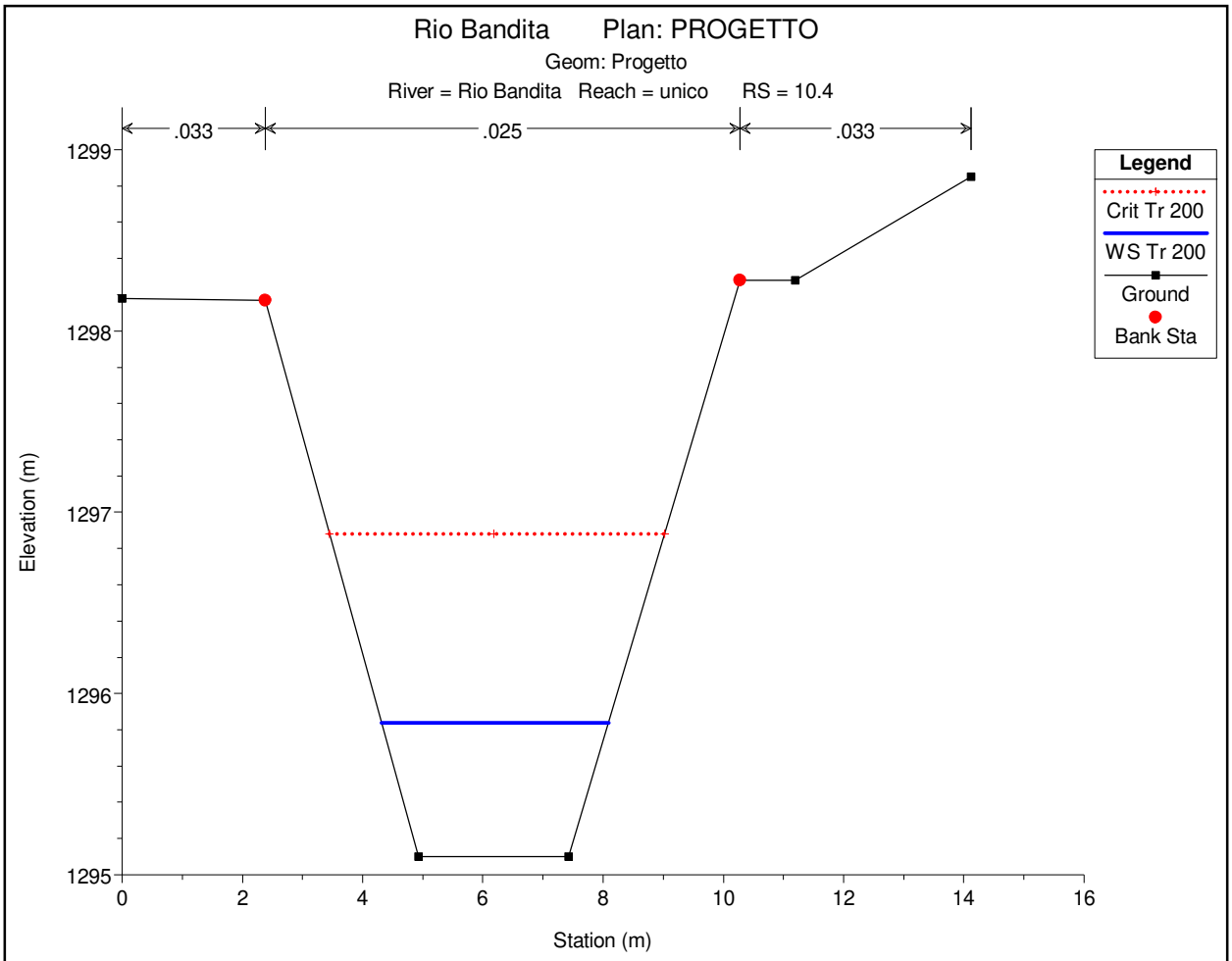

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 13
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1305
1304
1303
1302
1301
1300
1299
0
2
4
6
8
10
12
14

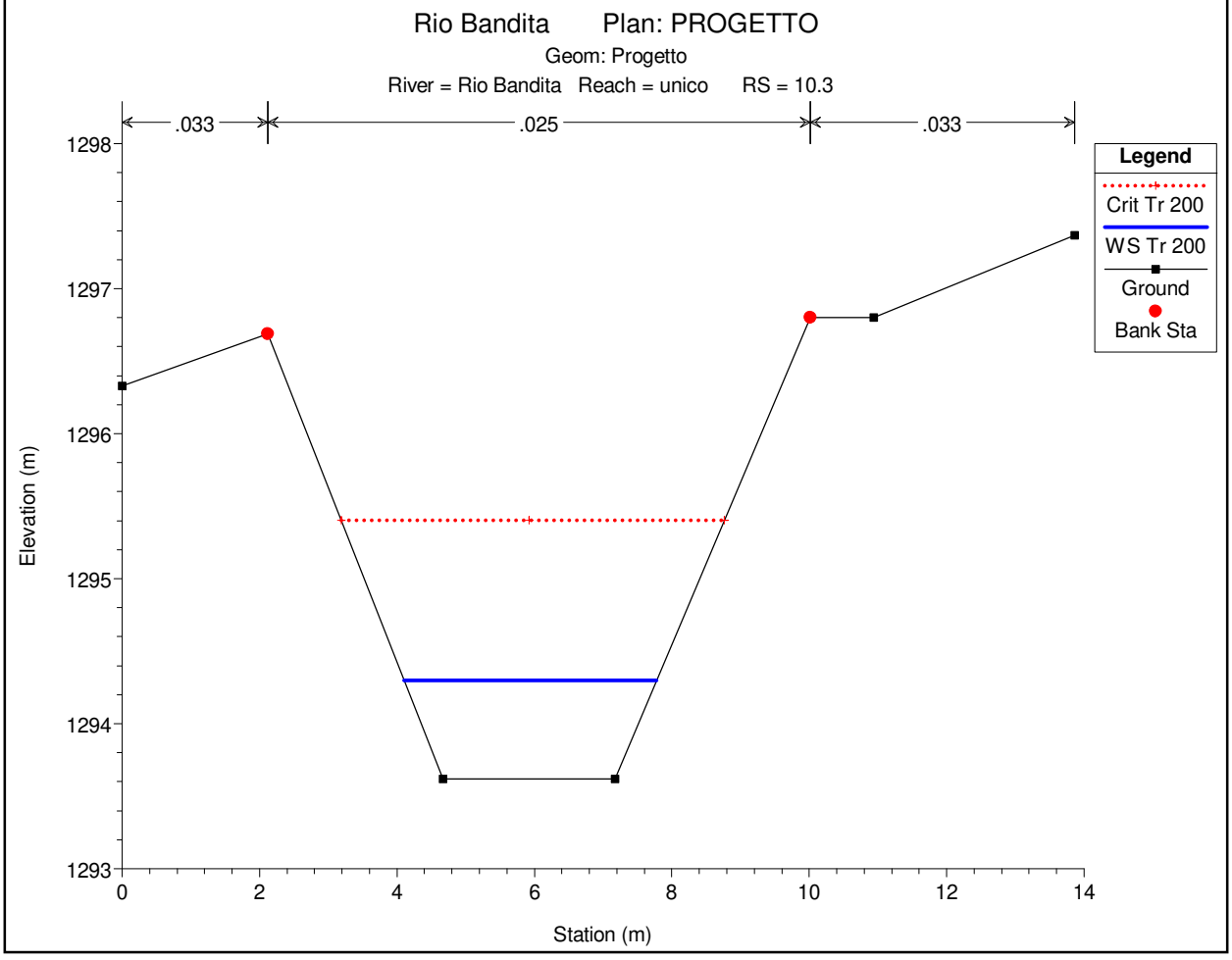

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 12
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1305
1304
1303
1302
1301
1300
1299
1298
0
2
4
6
8
10
12
14

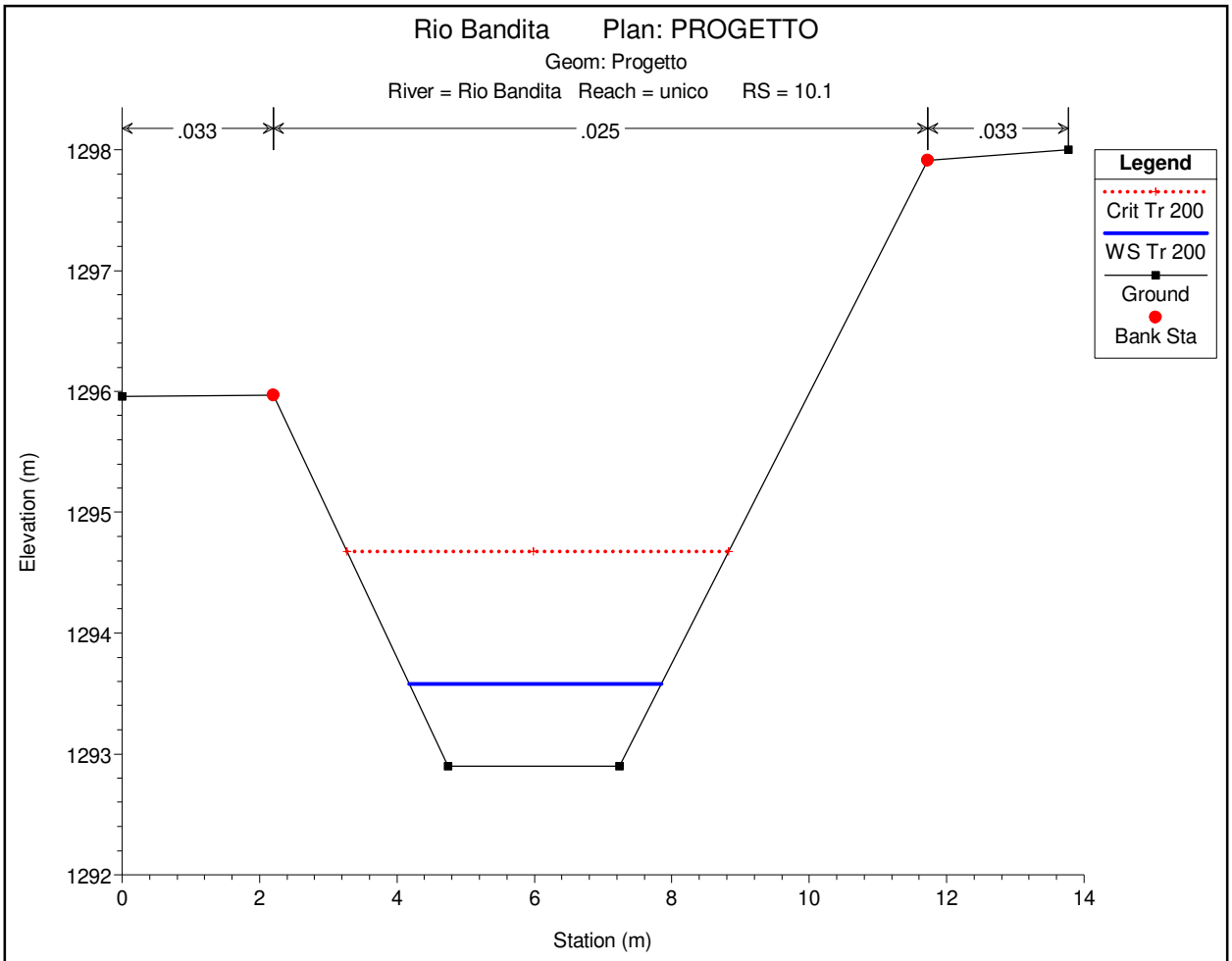

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 11
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1302
1301
1300
1299
1298
0
2
4
6
8
10
12
14

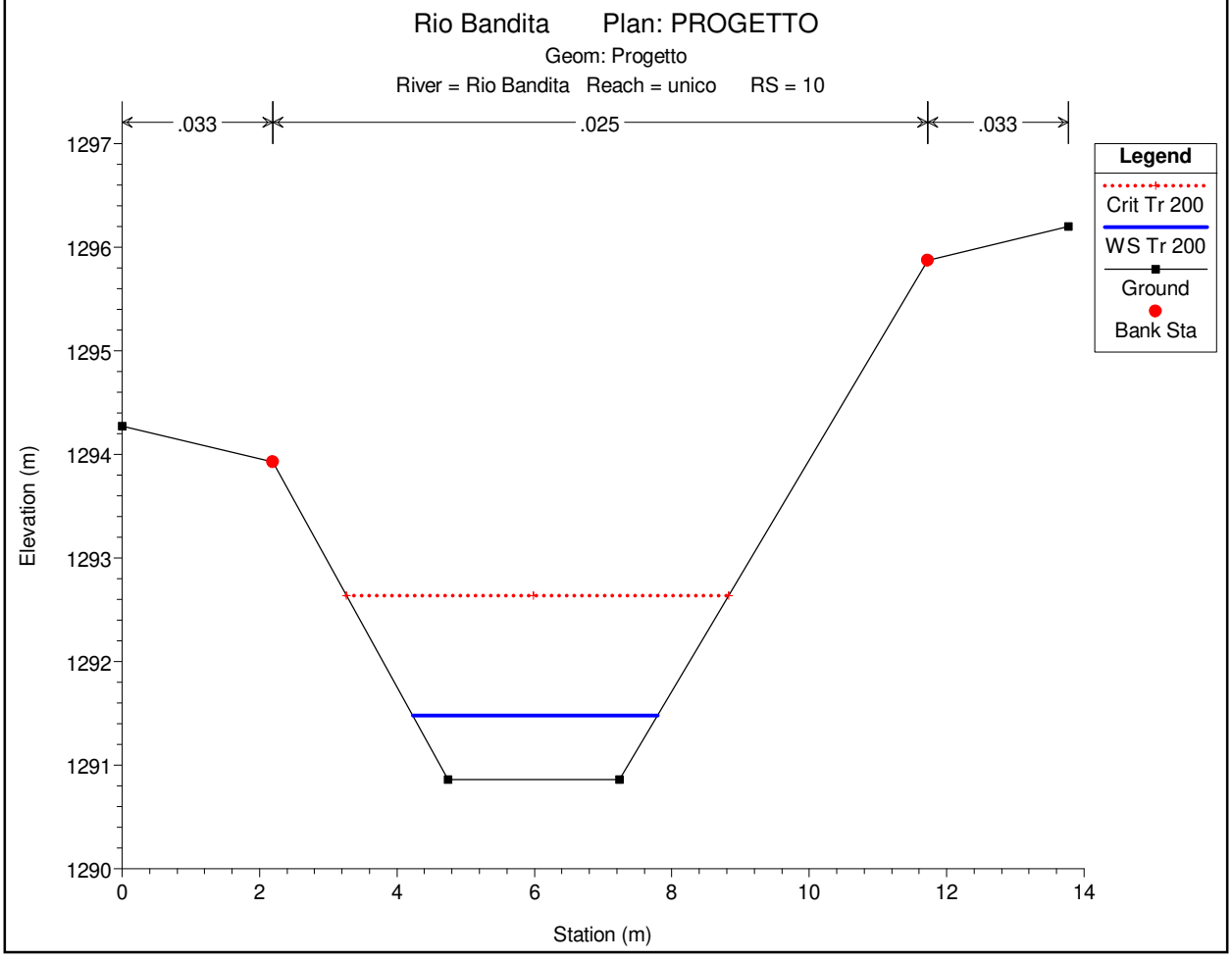

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 10.8
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1302
1301
1300
1299
1298
1297
0
2
4
6
8
10
12
14

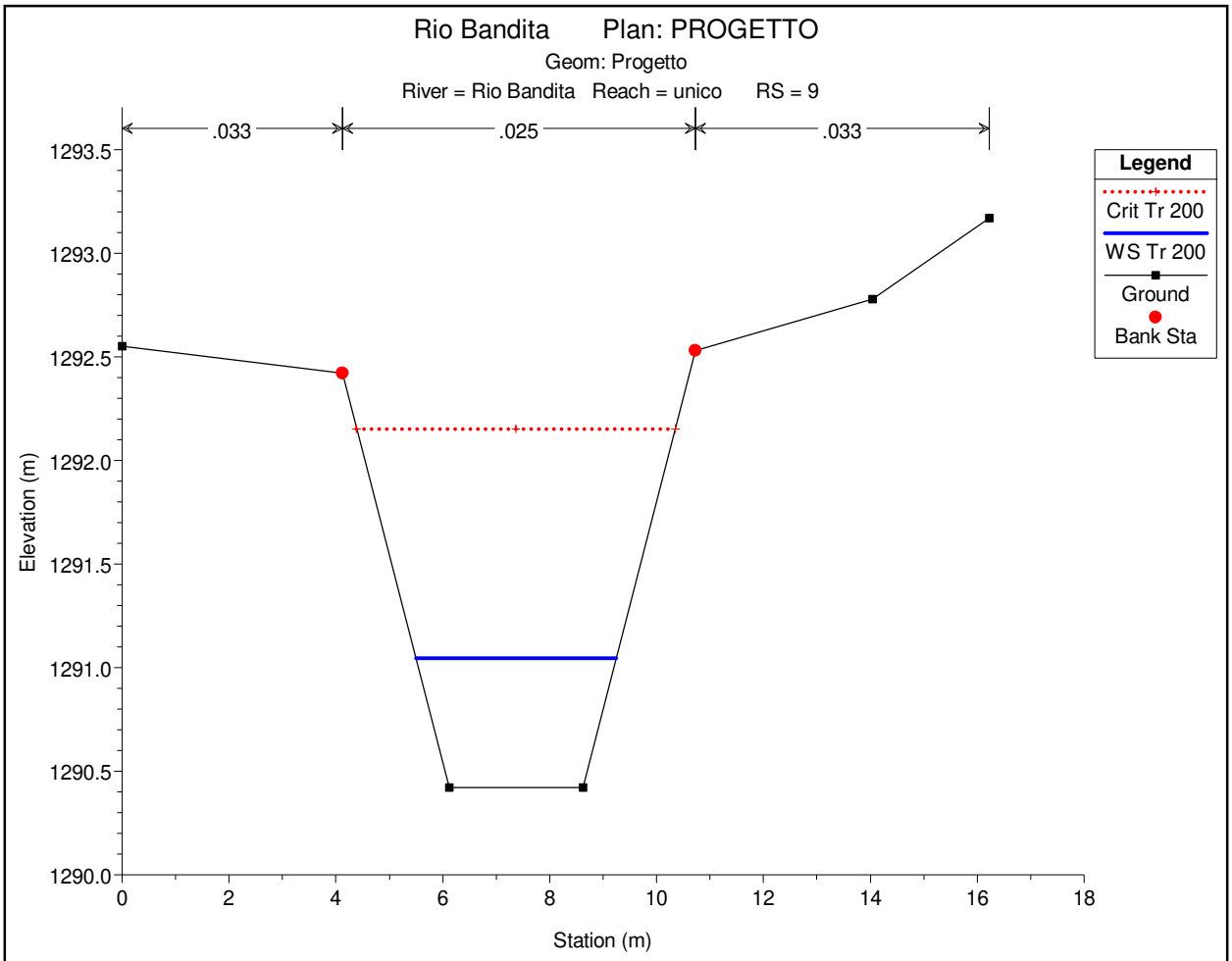

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 10.7
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1300
1299
1298
1297
1296
1295
0
2
4
6
8
10
12
14

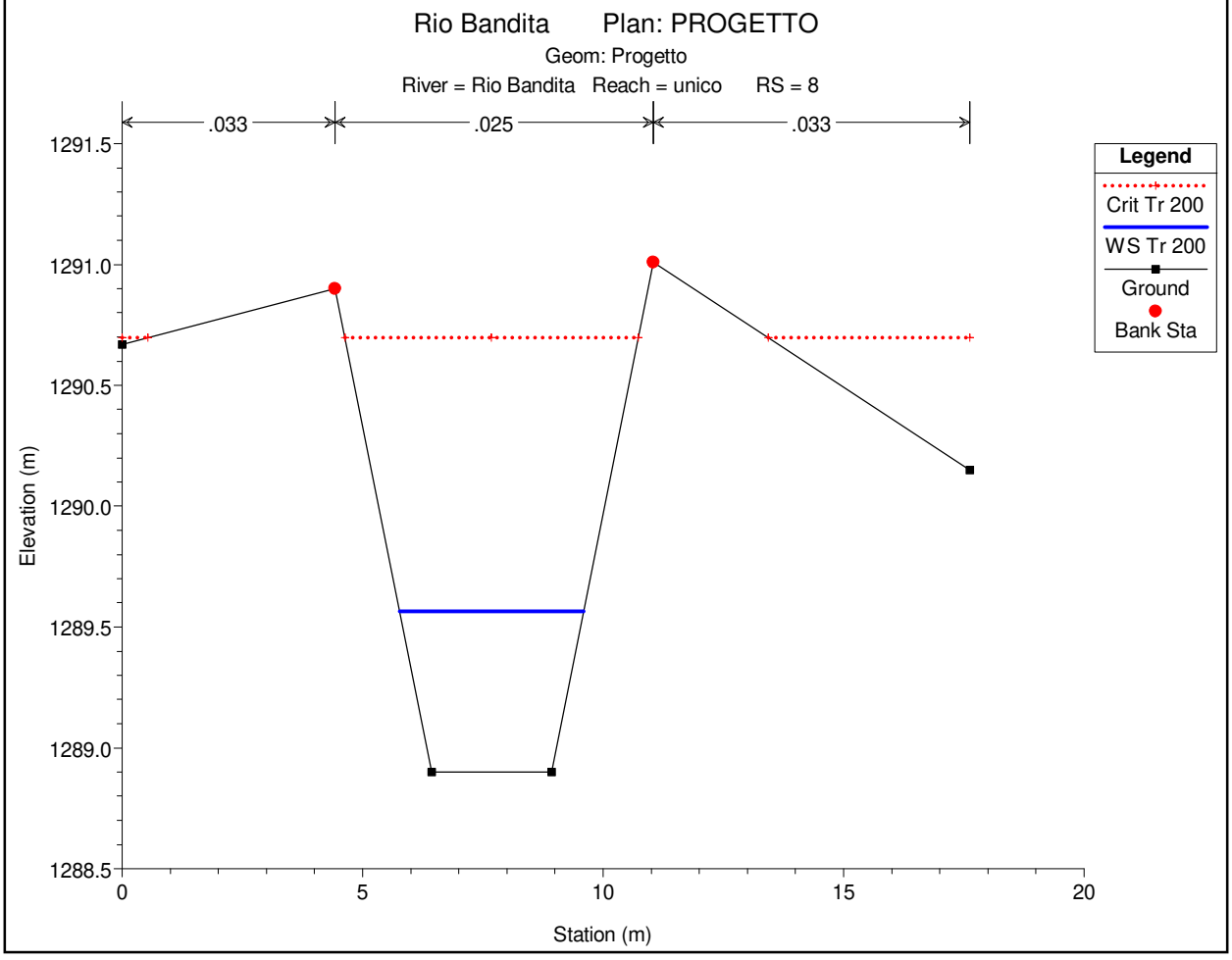

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 10.4
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1299
1298
1297
1296
1295
0
2
4
6
8
10
12
14
16

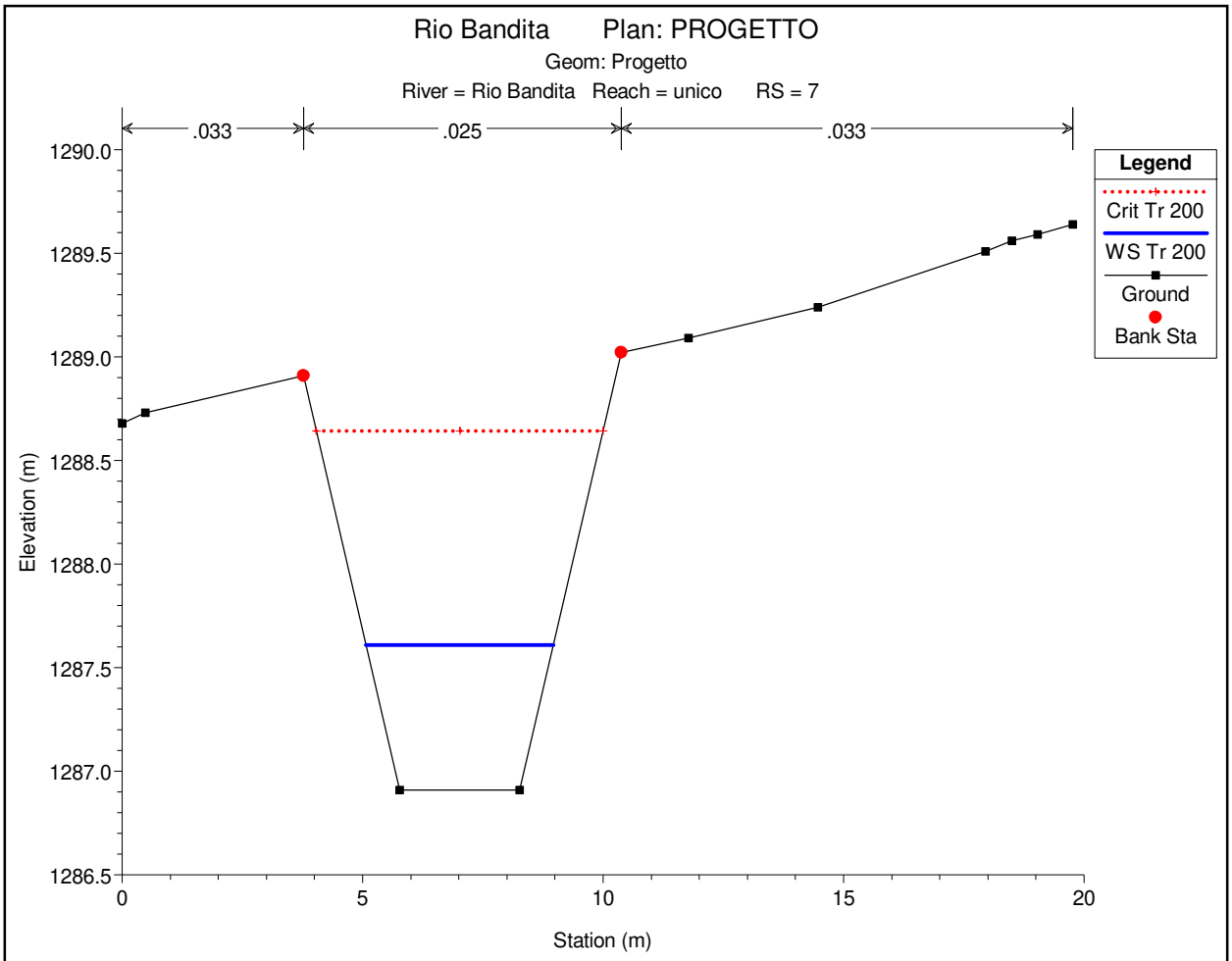

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 10.3
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1298
1297
1296
1295
1294
1293
0
2
4
6
8
10
12
14

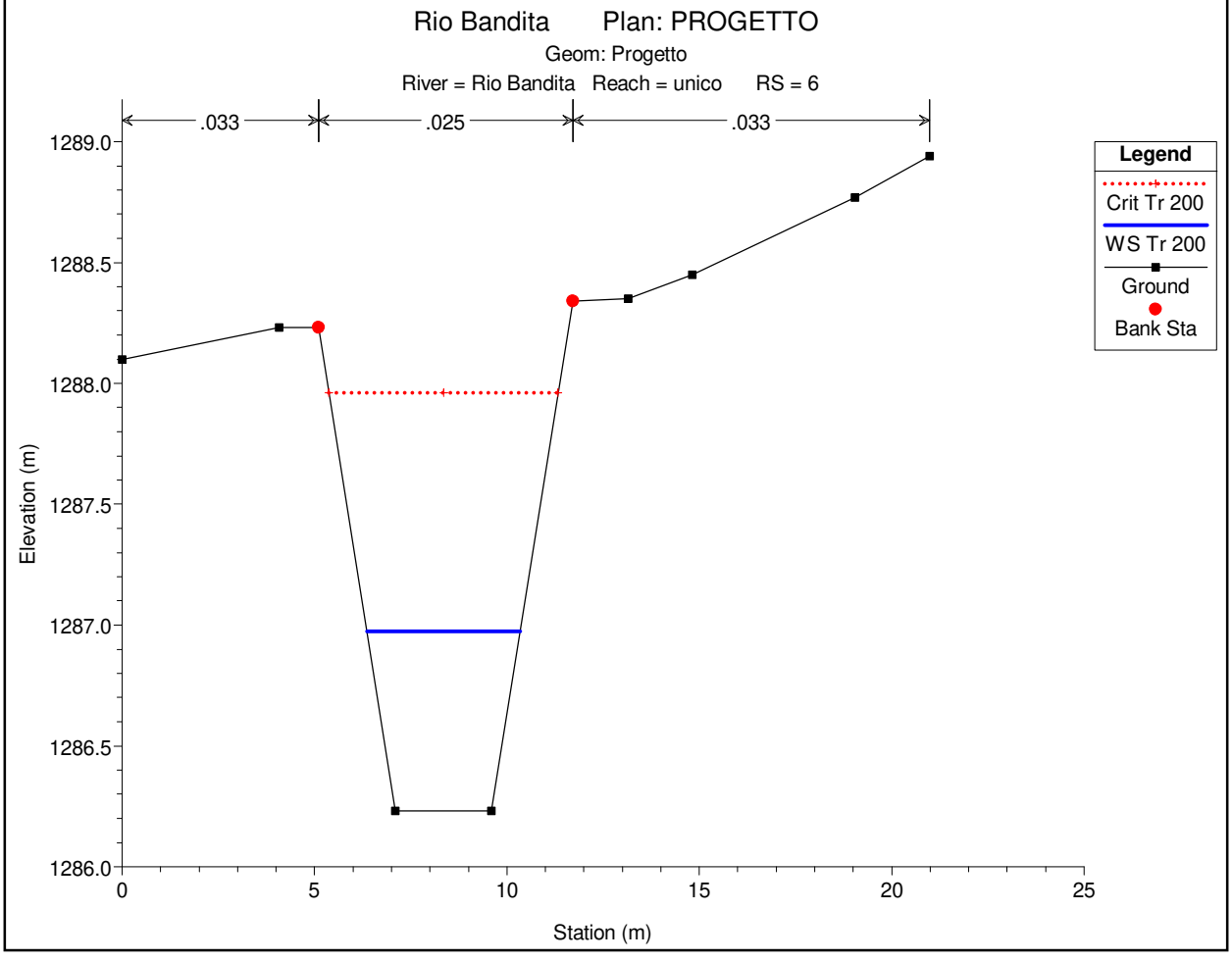

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 10.1
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1298
1297
1296
1295
1294
1293
1292
0
2
4
6
8
10
12
14

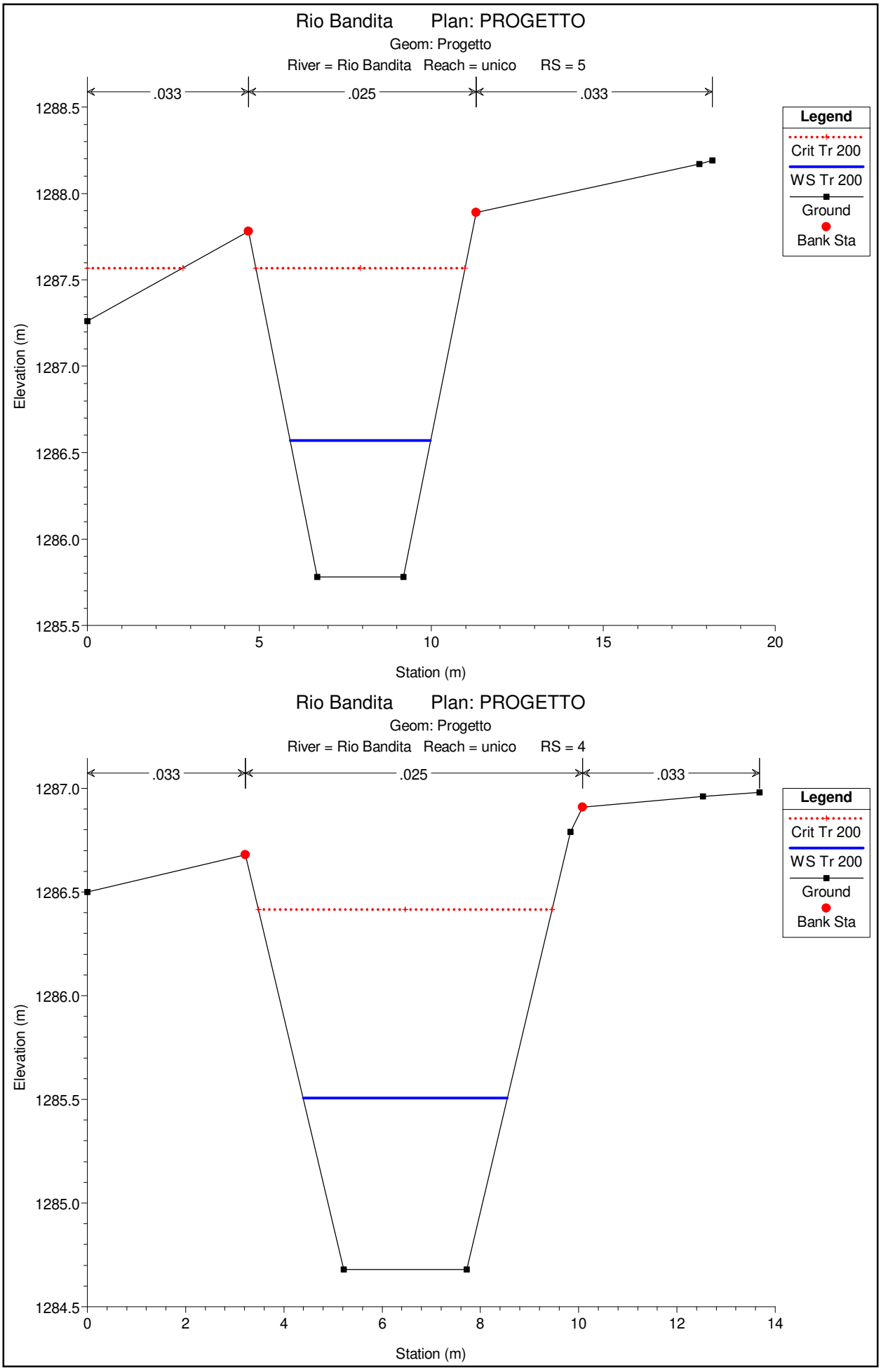

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 10
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1297
1296
1295
1294
1293
1292
1291
1290
0
2
4
6
8
10
12
14

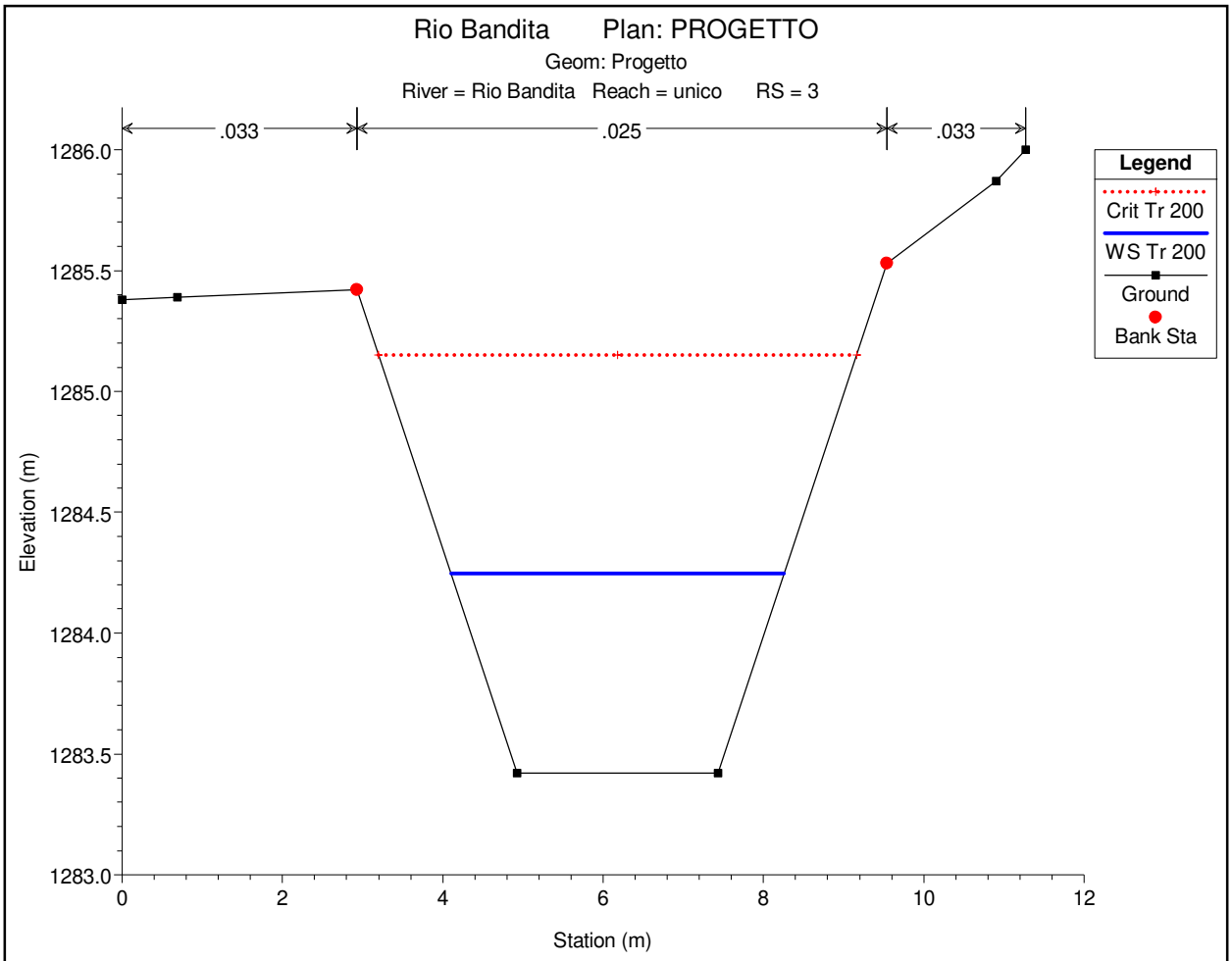

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 9
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1293.5
1293.0
1292.5
1292.0
1291.5
1291.0
1290.5
1290.0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18

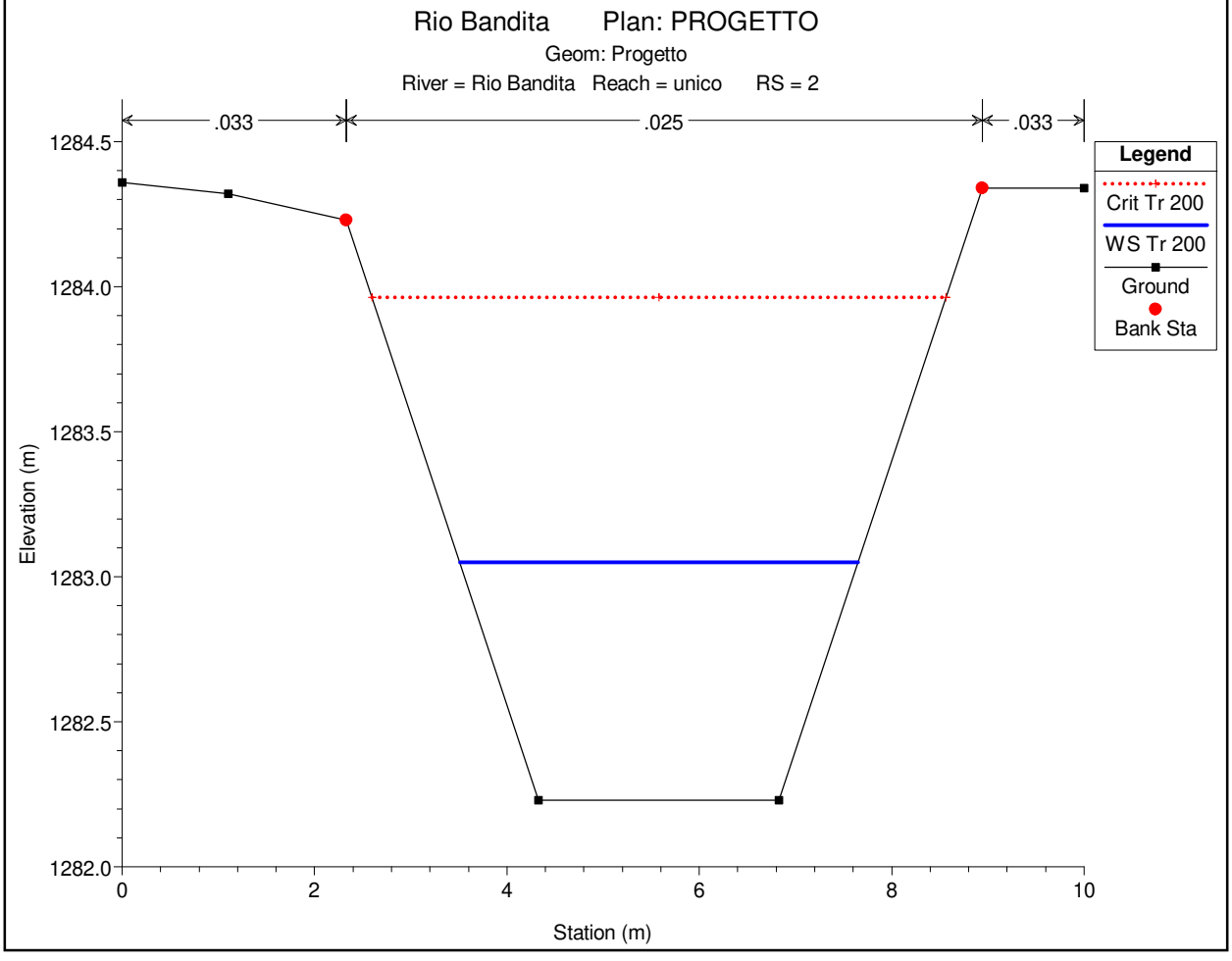

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 8
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1291.5
1291.0
1290.5
1290.0
1289.5
1289.0
1288.5
0
5
10
15
20

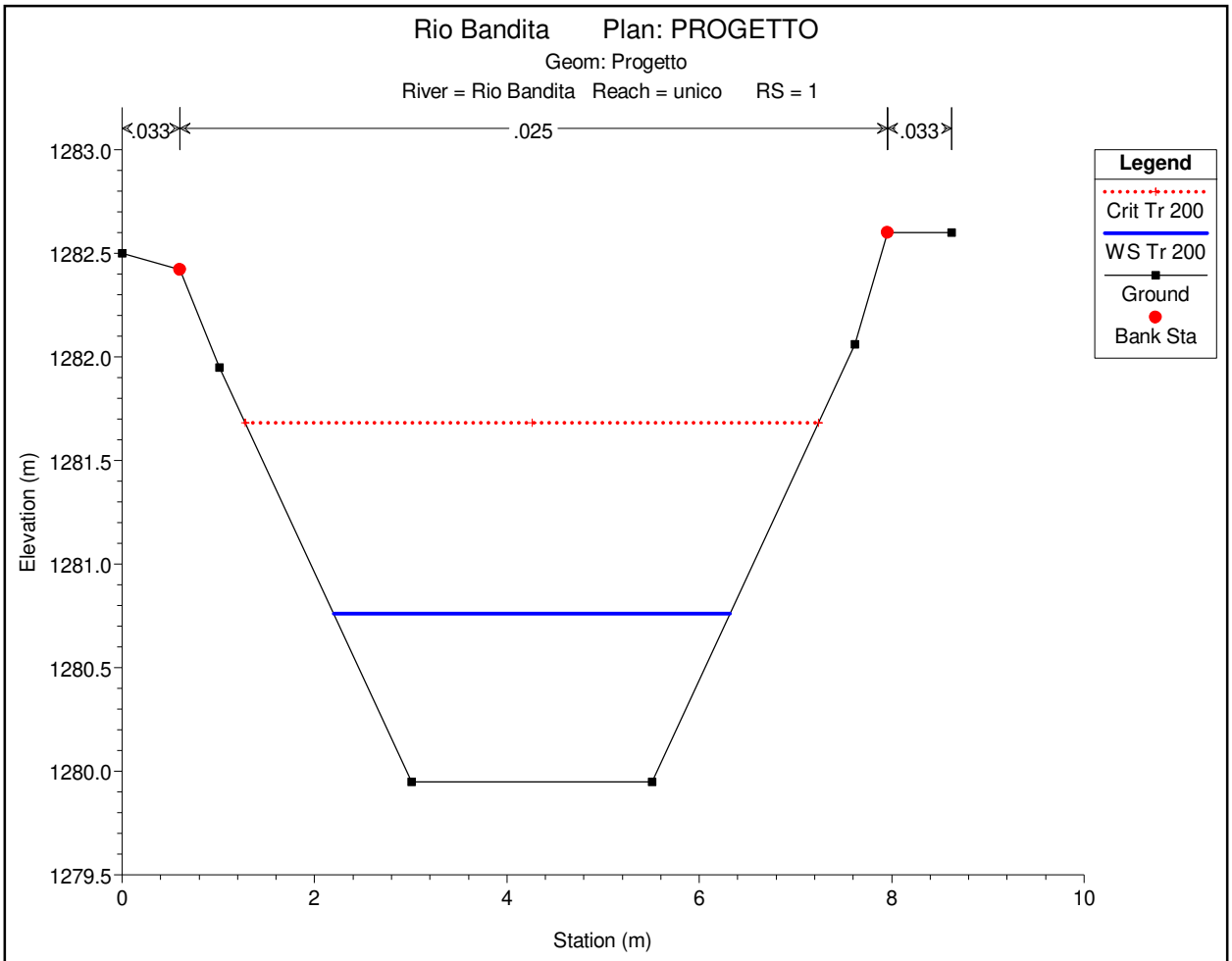

Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 7
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1290.0
1289.5
1289.0
1288.5
1288.0
1287.5
1287.0
1286.5
0
5
10
15
20
Station (m)


Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 6
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1289.0
1288.5
1288.0
1287.5
1287.0
1286.5
1286.0
0
5
10
15
20
25
Station (m)


Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 5
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 4
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 3
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1286.0
1285.5
1285.0
1284.5
1284.0
1283.5
1283.0
0
2
4
6
8
10
12


Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 2
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1284.5
1284.0
1283.5
1283.0
1282.5
1282.0
0
2
4
6
8
10


Rio Bandita Plan: PROGETTO
Geom: Progetto
River = Rio Bandita Reach = unico RS = 1
.033
.025
.033
Legend
Crit Tr 200
WS Tr 200
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
1283.0
1282.5
1282.0
1281.5
1281.0
1280.5
1280.0
1279.5
0
2
4
6
8
10

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: Rio Bandita Reach: unico Profile: Tr 200

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
unico	28	Tr 200	25.60	1312.62	1313.77	1315.51	1320.13	0.180013	11.17	2.29	2.00	3.33
unico	26	Tr 200	25.60	1311.46	1312.31	1313.51	1319.27	0.193528	11.68	2.19	3.13	4.46
unico	25	Tr 200	25.60	1309.78	1310.61	1311.86	1317.99	0.210015	12.03	2.13	3.11	4.65
unico	24	Tr 200	25.60	1307.85	1308.72	1309.96	1315.44	0.184512	11.48	2.23	3.15	4.36
unico	23	Tr 200	25.60	1306.18	1307.01	1308.36	1314.48	0.213619	12.10	2.11	3.11	4.68
unico	22.6	Tr 200	25.60	1306.01	1306.86	1308.19	1313.85	0.194740	11.71	2.19	3.14	4.48
unico	22.4	Tr 200	25.60	1302.71	1303.63	1305.26	1313.55	0.324812	13.95	1.84	2.00	4.65
unico	22	Tr 200	25.60	1302.70	1303.69	1305.25	1312.26	0.267147	12.97	1.97	2.00	4.17
unico	21		Culvert									
unico	20	Tr 200	25.60	1302.70	1303.92	1305.25	1309.56	0.153778	10.52	2.43	2.00	3.04
unico	18	Tr 200	25.60	1302.38	1303.60	1304.93	1309.24	0.153778	10.52	2.43	2.00	3.04
unico	17.5	Tr 200	25.60	1301.67	1302.89	1304.22	1308.54	0.154450	10.53	2.43	2.00	3.05
unico	17		Culvert									
unico	15	Tr 200	25.60	1300.87	1302.20	1302.93	1304.50	0.042423	6.72	3.81	3.76	2.13
unico	14	Tr 200	25.60	1300.75	1302.08	1302.81	1304.35	0.041819	6.68	3.83	3.77	2.12
unico	13.2	Tr 200	25.60	1300.59	1301.91	1302.65	1304.21	0.042412	6.71	3.81	3.77	2.13
unico	13.1	Tr 200	25.60	1299.09	1300.17	1301.11	1304.05	0.086488	8.72	2.93	3.44	3.02
unico	13	Tr 200	25.60	1299.00	1300.06	1301.02	1303.88	0.085122	8.66	2.96	3.32	2.93
unico	12	Tr 200	25.60	1298.92	1300.05	1300.93	1303.30	0.067970	7.98	3.21	3.40	2.62
unico	11	Tr 200	25.60	1298.00	1298.81	1299.66	1302.96	0.110820	9.02	2.84	4.49	3.62
unico	10.8	Tr 200	25.60	1297.29	1298.06	1298.95	1302.84	0.135268	9.68	2.64	4.38	3.98
unico	10.7	Tr 200	25.60	1295.79	1296.48	1297.46	1302.68	0.195291	11.02	2.32	4.20	4.74
unico	10.4	Tr 200	25.60	1295.10	1295.84	1296.88	1302.11	0.184114	11.09	2.31	3.77	4.53
unico	10.3	Tr 200	25.60	1293.62	1294.30	1295.40	1301.95	0.244668	12.25	2.09	3.67	5.18
unico	10.1	Tr 200	25.60	1292.90	1293.58	1294.68	1301.21	0.243694	12.23	2.09	3.67	5.17
unico	10	Tr 200	25.60	1290.86	1291.48	1292.64	1300.99	0.334664	13.66	1.87	3.57	6.02
unico	9	Tr 200	25.60	1290.42	1291.04	1292.15	1299.84	0.306079	13.13	1.95	3.75	5.81
unico	8	Tr 200	25.60	1288.90	1289.56	1290.70	1297.15	0.247499	12.19	2.10	3.83	5.26
unico	7	Tr 200	25.60	1286.91	1287.61	1288.64	1294.26	0.205115	11.42	2.24	3.90	4.81
unico	6	Tr 200	25.60	1286.23	1286.97	1287.96	1292.73	0.167416	10.63	2.41	3.99	4.37
unico	5	Tr 200	25.60	1285.78	1286.57	1287.57	1291.51	0.134553	9.84	2.60	4.08	3.94
unico	4	Tr 200	25.60	1284.68	1285.51	1286.42	1289.92	0.114912	9.31	2.75	4.15	3.65
unico	3	Tr 200	25.60	1283.42	1284.25	1285.15	1288.66	0.114773	9.30	2.75	4.15	3.65
unico	2	Tr 200	25.60	1282.23	1283.05	1283.96	1287.58	0.119003	9.42	2.72	4.14	3.71

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: Rio Bandita Reach: unico Profile: Tr 200 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
unico	1	Tr 200	25.60	1279.95	1280.76	1281.68	1285.39	0.122896	9.53	2.69	4.12	3.77