

SOMMARIO

1. PREMESSA	5
1.1. Programmazione e finanziamento degli interventi	5
1.2. Area di intervento	5
2. CRITICITÀ IDRAULICHE	8
2.1. Stato dei luoghi	8
2.2. Criticità idrauliche	8
3. OPERE IN PROGETTO	9
3.1. Soluzione progettuale.....	9
4. MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO	11
4.1. Metodologia.....	11
4.2. Scenari di simulazione e tempi di ritorno	11
4.3. Modello idrologico di riferimento.....	12
4.3.1. Parametri idrologici e portata di piena al colmo.....	12
4.4. Modello idraulico.....	13
4.4.1. Obiettivi.....	13
4.4.2. Pre processo dei dati.....	14
4.4.3. Processo dei dati.....	16
4.4.3.1. Definizione di parametri idraulici e delle condizioni al contorno	17
4.4.3.1.1. Coefficienti di scabrezza.....	18
4.4.3.1.2. Coefficienti di contrazione ed espansione	19
4.4.3.1.3. Condizioni al contorno di monte e valle	19
4.4.3.2. Simulazioni.....	21
5. VERIFICA DI STABILITÀ A TRASCINAMENTO	24
5.1. Metodologia.....	24
5.2. Verifica di stabilità in termini di tensione di trascinamento	24
5.3. Risultati delle verifiche di stabilità.....	27
5.3.1. Stato attuale (ante operam)	27
5.3.2. Stato di progetto (post operam).....	28
6. CONCLUSIONI	31
ALLEGATI	32
ALLEGATO 1 REPORT DI ANALISI IDRAULICA	33
Plan 00_Ante Operam, Stato Attuale.....	34
i. Planimetria delle sezioni di calcolo	35
ii. Profilo longitudinale e tiranti idrici per Q Tr 200 anni	36
iii. Sezioni trasversali e tiranti idrici per Q Tr 200 anni	37
iv. RAS Report.....	43
Plan 01_Post Operam, Stato di Progetto	44
i. Planimetria delle sezioni di calcolo.....	45
ii. Profilo longitudinale e tiranti idrici per Q Tr 200 anni	46

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegnere Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

iii.	Sezioni trasversali e tiranti idrici per Q Tr 200 anni.....	47
iv.	RAS Report.....	53

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegnere Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegnere Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18
Progetto Definitivo/Esecutivo

1. PREMESSA

1.1. Programmazione e finanziamento degli interventi

Come da incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Sennariolo il progettista, Ing. Gian Michele Coratza, ha redatto il progetto esecutivo dei lavori di “*Manutenzione straordinaria strade comunali – guado fluviale sul rio Piraula e strada Lobos*” nell’ambito del quale ricade il sotto intervento di interesse per il presente studio “Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu”.

I fondi necessari all’esecuzione delle opere sono provenienti dal “*Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti*” e per l’intervento in oggetto ammontano a complessivi € 40.000,00.

1.2. Area di intervento

L’area di intervento delle opere in progetto è localizzata in comune di Sennariolo (OR) lungo la strada comunale “*Piriddu*”, in corrispondenza dell’intersezione a guado sul Rio Piraula.

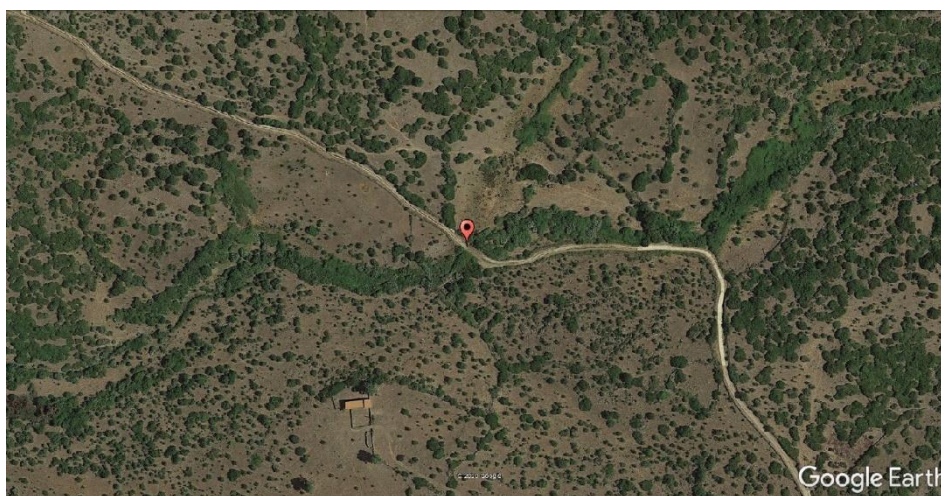


Figura 1 | Inquadramento geografico a grande scala dell’area di intervento (segnaposto rosso)
GCS 40°12'48.8"N 8°31'41.5"E

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18
Progetto Definitivo/Esecutivo

La strada comunale “Piriddu” è ubicata nell’area Ovest del territorio comunale, si diparte dalla strada comunale “S. Vittoria” al Km. 2 e si inoltra nell’agro in direzione Nord-Ovest per uno sviluppo di circa 2600 m.



**Figura 2 | Inquadramento geografico a piccola scala dell’area di intervento (segnaposto rosso)
GCS 40°12'48.8"N 8°31'41.5"E**

Dopo aver attraversato il rio Piraula, taglia l’intero territorio comunale sino al confine con il Comune di Tresnuraghes, in località “Leortinas”, servendo le numerose aziende agro-pastorali che gravitano nella zona.

L’orografia delle aree oggetto di intervento si presenta abbastanza dolce, mediamente pianeggiante e sono presenti pendenze più marcate solo per brevi tratti in prossimità dell’alveo dei rii.

L’area interessata è tra le migliori dell’agro di Sennariolo, ricca di acque sorgive, ed è particolarmente vocata al pascolo ed alla produzione di fieno naturale o coltivato.

L’indagine dei luoghi evidenzia un’area a spiccata produzione zootecnica, caratterizzata da

proprietà private dove la coltura principale è il pascolo, raramente alternato dalla coltivazione degli erbai autunno-vernini, entrambi comunque vengono utilizzati dal bestiame con il pascolamento.

La vegetazione dei terreni dedicati al pascolo è ricca di specie arbustive aromatiche (mirto e lentischio) con sporadici raggruppamenti di specie arboree, che influiscono positivamente sulla qualità delle produzioni agricole.

2. CRITICITÀ IDRAULICHE

2.1. Stato dei luoghi

Lungo la strada comunale Piriddu, dopo aver percorso circa 900 m, si giunge all'intersezione a guado con il Rio Piraula, superata la quale la strada continua ad essere percorribile con i mezzi meccanici per altri 600 m circa. La strada ha una pavimentazione in terra battuta, con alcuni tratti in calcestruzzo, la larghezza della carreggiata è di circa 4.00 m comprese le banchine carrabili.

Il guado sul rio Piraula ha una larghezza della carreggiata stradale di 3.00 m ed una lunghezza di circa 2.20 m, il fondo stradale è attualmente composto da ciottolame posizionato in maniera approssimativa per consentire il passaggio di un'autovettura ed è oggetto dell'erosione causata dalle piene che puntualmente ne determinano il dissesto. Ad oggi il guado rappresenta un'asperità nella carreggiata che crea non poche difficoltà alla percorrenza dell'infrastruttura viaria.

Lungo il corso del rio, nell'intorno del guado, sono presenti delle protezioni spondali realizzate con grossi massi basaltici posizionati a secco, con altezza variabile da 8 a 100 cm; queste a oggi risultano oggetto di smottamenti dovuti ai fenomeni erosivi che hanno interessato il piede della scarpata causando anche fenomeni di crollo localizzati con parziale occlusione del corso d'acqua.

2.2. Criticità idrauliche

La principale criticità idraulica che grava sull'infrastruttura stradale di attraversamento a guado oggetto di intervento è riconducibile all'assenza di adeguate opere di protezione in alveo contro l'erosione della sovrastruttura dai fenomeni di piena fluviale.

Si rende pertanto necessario un intervento perentorio di ripristino della funzionalità del guado e delle protezioni spondali a difesa dell'opera viaria.

3. OPERE IN PROGETTO

3.1. Soluzione progettuale

La soluzione progettuale individuata è finalizzata al ripristino della piena funzionalità del tratto viario oggetto di intervento mediante il superamento delle criticità idrauliche che attualmente gravano sull'area di intervento, con particolare riferimento all'assenza di adeguate opere di protezione in alveo contro l'erosione della sovrastruttura dai fenomeni di piena fluviale.

L'intersezione a guado esistente sarà oggetto di un'attenta e profonda opera di manutenzione straordinaria senza apportare alcuna variazione alle caratteristiche dimensionali delle sezioni idrauliche, alle quote dell'alveo o a quelle della carreggiata, come meglio desumibile dagli elaborati grafici a corredo del progetto.

Ad intervento concluso l'intersezione attuale sarà dotata di una pavimentazione in calcestruzzo per una lunghezza di ml 25 a cavallo dell'asse Rio Piraula, così da consentire il passaggio dei mezzi meccanici senza asperità ed in sicurezza, compatibilmente con i livelli di portata del Rio.

Per la realizzazione dell'intervento sono previste alcune operazioni in alveo: lo scavo dell'area di intersezione fino ad una quota di cm 80 sotto quella attuale e la formazione di una massicciata in massi ciclopici di dimensioni non inferiori a mc 0.45 con altezza di cm 55 che fungerà da fondazione alla pavimentazione in calcestruzzo.

A monte ed a valle della sede stradale, per una larghezza di ml 2, la massicciata sarà estesa con uno spessore pari a cm 80 così da dare una perfetta continuità tra strada e alveo e soprattutto proteggere l'alveo da fenomeni erosivi dovuti alla natura torrenziale dei fenomeni di piena del rio.

I tratti di sponda adiacenti al guado sono dotati di protezioni spondali realizzate con massi di grandi dimensioni, queste allo stato attuale sono soggette a evidenti fenomeni di dissesto, saranno pertanto oggetto di un accurato intervento di ripristino, ed ove questo non fosse possibile si provvederà alla ricostruzione delle stesse con massi ciclopici di forma regolare con peso non inferiore a q 5.00. Le protezioni saranno estese anche a protezione della scarpa a bordo della carreggiata stradale per evitare fenomeni erosivi durante i cicli di piena.

L'intersezione a guado sarà realizzata con una soletta di calcestruzzo in cls rck 250 dello spessore di cm 25 ed armato con rete elettrosaldata del dn 10 a maglia 20x20cm, sulla fondazione in massi basaltici già predisposta, sarà inoltre dotata di due dadi di calcestruzzo realizzati alle estremità dell'area di intersezione che avranno dimensioni pari a ml 3.00x0.50x0.50 con funzione di ulteriore ancoraggio della soletta alla fondazione.

La pavimentazione sarà in calcestruzzo pigmentato con ossidi di ferro per dare una colorazione della gamma delle terre tale da consentire il corretto inserimento dell'opera nel contesto circostante.

4. MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO

4.1. Metodologia

La metodologia utilizzata per la stima dei deflussi e per l'analisi dei fenomeni idrodinamici lungo il tronco fluviale del Rio Piraula nel tratto oggetto di intervento fa riferimento a strumenti modellistici frequentemente utilizzati nella pratica progettuale.

Il problema della determinazione del comportamento delle reti naturali di dreno conseguente ad eventi meteorici caratterizzati da intensità critica con assegnato tempo di ritorno è stato risolto mediante un approccio in due fasi: nella prima sono state analizzate ed assunte le risultanze del modello idrologico recentemente redatto dal Comune di Sennariolo (OR) ai sensi dell'Articolo 22 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. recante "Verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna"; nella seconda si è utilizzato un modello idraulico per lo studio della propagazione della corrente lungo l'asta fluviale. Per l'analisi dei processi idrodinamici fluviali è stato utilizzato il software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineers.

4.2. Scenari di simulazione e tempi di ritorno

La modellazione idraulica è stata svolta con riferimento a due differenti scenari di simulazione ciascuno dei quali caratterizzato da un assegnato tempo di ritorno: uno scenario di stato attuale con Tr 200 anni, volto alla caratterizzazione dell'asta fluviale esistente, ed uno scenario di stato post intervento con Tr 200 anni, finalizzato al dimensionamento ed alla verifica delle opere in progetto.

Tabella 1 | Scenari di simulazione per la modellazione idrologica-idraulica e tempi di ritorno

ID Scenario	Stato	Descrizione	Tempo di ritorno
Scenario 01	Attuale	Caratterizzazione dell'asta fluviale esistente	Tr = 200 anni

Scenario 02 Post Intervento Dimensionamento e verifica delle opere in progetto Tr = 200 anni

4.3. Modello idrologico di riferimento

Come già detto, nella prima fase dello studio sono state analizzate ed assunte le risultanze del modello idrologico recentemente redatto dal Comune di Sennariolo (OR) ai sensi dell'Articolo 22 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. recante "Verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna" dove l'attraversamento a guado della strada comunale "Piriddu" all'intersezione con il Rio Piraula è censito con il codice I613_SC_0020.

4.3.1. Parametri idrologici e portata di piena al colmo

I risultati dello studio idrologico, con particolare riferimento alla portata al colmo di piena caratterizzata da un tempo di ritorno Tr 200 anni di interesse per il successivo modello idraulico, sono sintetizzati di seguito.

Tabella 2 | Parametri idrologici del bacino sotteso dall'attraversamento a guado della strada comunale Piriddu all'intersezione con in Rio Piraula (ID attraversamento: I613_SC_0020)

Codice attraversamento	-	I613_SC_0020
Area del bacino	Kmq	6.678
Quota della sezione di chiusura	mslm	204
Quota massima	mslm	555
Quota media	mslm	335
Quota minima	mslm	204
Pendenza media del bacino	%	6.453
Lunghezza asta principale	Km	8.787
Pendenza media sta principale	m/m	0.02
Sottozona	-	1
Pioggia indice	mm	55.454
CN II	-	79.56

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18
 Progetto Definitivo/Esecutivo

CN III	-	89.95
Coefficiente di deflusso Tr 200	-	0.66
Tc adottato (S.C.S.)	ore	2.158
Portata al colmo di piena Q Tr 200	mc/s	39.19

4.4. Modello idraulico

La seconda fase di studio ha riguardato l'implementazione di un modello idraulico per l'analisi dei processi idrodinamici sull'asta fluviale oggetto di studio generati dalla propagazione della portata di piena al colmo definita nell'ambito del modello idrologico di riferimento.

4.4.1. Obiettivi

Lo scopo delle analisi idrauliche ha riguardato la verifica delle opere in progetto e lo studio di dettaglio delle modificazioni da esse indotte sui profili di rigurgito lungo il tronco fluviale di interesse. Le metodiche utilizzate seguono quanto prescritto nelle Linee Guida del P.A.I.

Come sopra anticipato, per le analisi idrauliche è stato utilizzato il software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineers sotto le ipotesi di moto permanente e monodimensionale. Le analisi sono state svolte per fasi successive attraverso la definizione della configurazione del sistema, l'individuazione delle condizioni al contorno e la ricostruzione dei profili di corrente.

Come input idrologico è stata considerata la portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni desunta dal modello idrologico di riferimento sopra richiamato. Per tale valore di portata è stato possibile individuare il corrispondente profilo di rigurgito sia con riferimento allo stato attuale (Ante Operam) che a quello di progetto (Post Operam).

Il lavoro si è avvalso di codici di calcolo specifici integrati in ambiente GIS/BIM secondo fasi di pre-processo e di processo dei dati.

4.4.2. Pre processo dei dati

La fase di pre-processo è stata dedicata all'identificazione dell'assetto fisico del tronco fluviale da indagare al fine di pervenire ad un corretto tracciamento delle sezioni, del profilo altimetrico e dei manufatti in alveo, sia nella condizione di stato attuale (Ante Operam) che in quella di progetto (Post Operam).

Poiché il livello di dettaglio richiesto nella definizione dei parametri quantitativi necessari per le simulazioni numeriche non poteva prescindere da un'adeguata rappresentazione territoriale, ai fini delle analisi idrauliche ci si è avvalsi della cosiddetta "tecnica integrata" basata sull'uso combinato di informazioni topografiche a diversa scala di dettaglio e di informazioni tridimensionali di progetto.

Oltre alle informazioni contenute nella cartografia numerica regionale, in formato raster e vettoriale, è stata condotta un'accurata campagna di indagini sul campo durante la quale è stato possibile raccogliere dati in qualità e misura sufficiente per definire con precisione la configurazione del tronco fluviale oggetto di studio. I rilievi topografici in situ sono stati condotti sia sul terreno che sui manufatti in alveo, normalmente esclusi dalla cartografia numerica.

Il modello digitale di terreno DTM è stato ricostruito in ambiente GIS/BIM mediante procedura di proiezione raster del metadato geo-referenziato, in formato ASCII GRID, e successiva generazione di un modello di superficie a maglia irregolare triangolare TIN (Triangulated Irregular Network) sul quale sono state operate le successive elaborazioni.

Sul modello digitale di terreno si è proceduto a definire tutti gli elementi morfologici e strutturali del reticolo idrografico necessari per l'implementazione del modello idraulico in ambiente HEC-RAS.

A tal fine sono stati utilizzati alcuni codici specializzati per l'idraulica operanti in ambiente GIS/BIM che hanno consentito di elaborare i dati geometrici del tronco fluviale in esame.

Una volta definito il reticolo di drenaggio rappresentato dalle linee di fondo alveo per una lunghezza di circa 275 m, si è proceduto a localizzare e tracciare le linee di sezione. Ne sono state complessivamente individuate n. 17 estese al transetto ampio sino ad una quota sufficientemente elevata, rispetto ai piani di golena da poter essere ragionevolmente ritenuta esente da esondazione.



Figura 3 | Traccia della linea di fondo alveo e delle linee di sezione

Le sezioni così ottenute sono state automaticamente numerate in modo crescente procedendo da valle verso monte sulla progressiva della linea di fondo alveo. Le coordinate plano-altimetriche di ciascuna sezione sono state invece definite procedendo dalla sponda sinistra a quella destra,

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

rappresentandole cioè come viste da monte verso valle.

La traccia delle linee di sezione individuate è consegnata, in scala opportuna, in “Allegato 1 - Report di analisi idraulica”. Nella figura se ne mostra un’anteprima.

Una volta tracciate le linee di sezione è stato possibile estrarre automaticamente l’andamento altimetrico lungo le stesse tramite interpolazione dei dati sul modello di superficie TIN. La figura mostra un esempio di transetto estratto dal modello digitale di terreno nella configurazione di stato di progetto (Post Operam) riferito alla sezione RS 168.86 (Sez. 8) del tronco fluviale oggetto di studio estesa per circa 50 m e localizzata in corrispondenza dell’attraversamento a guado sul Rio Piraula.

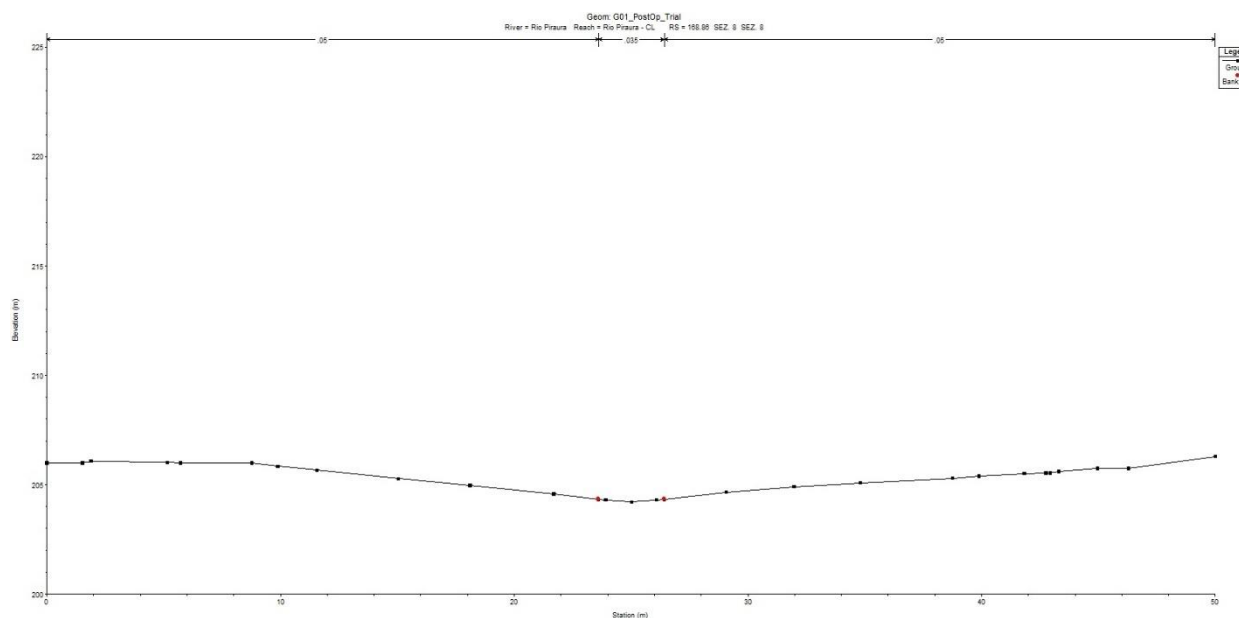


Figura 4 | Sezione trasversale ricavata dal modello digitale di terreno TIN (RS 168.86 | Sez. 8 al guado)

4.4.3. Processo dei dati

I dati territoriali e le informazioni sul corso d’acqua in esame (gli identificativi del tronco in esame,

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

la proiezione planimetrica delle sezioni trasversali, le sezioni trasversali, i punti relativi all'alveo inciso, i valori dei coefficienti di Manning) sono stati dunque esportati in ambiente HEC-RAS dove è stato elaborato ed ultimato il modello idraulico “non-completo” generato in ambiente GIS/BIM.

In particolare sono state completate alcune informazioni necessarie per le successive simulazioni. Tale fase ha riguardato la definizione della metodologia di calcolo delle perdite di carico della corrente attraverso le infrastrutture in alveo e l'implementazione delle condizioni al contorno relative alle estremità di monte e valle del dominio di calcolo.

La figura mostra una vista prospettica in ambiente HEC-RAS del tronco fluviale oggetto di studio.

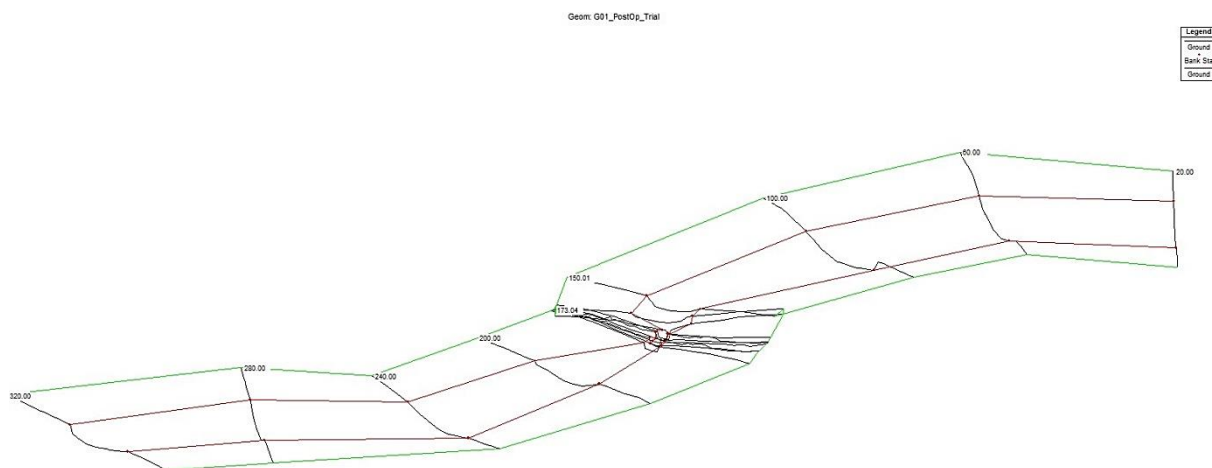


Figura 5 | Modellazione in ambiente HEC-RAS – Vista prospettica del tronco fluviale

4.4.3.1. Definizione di parametri idraulici e delle condizioni al contorno

Un aspetto essenziale della modellazione numerica ha riguardato la definizione dei coefficienti di

scabrezza e di contrazione da assegnare al modello nonché l'implementazione delle condizioni al contorno di monte e valle.

4.4.3.1.1. Coefficienti di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza rappresenta una delle variabili da cui maggiormente dipende la risposta idraulica del corso d'acqua e proprio per questo è estremamente importante per la buona riuscita della simulazione numerica. I fattori principali che possono influenzare il coefficiente di scabrezza riguardano:

- la granulometria ed il tipo di materiali costituenti principalmente l'alveo;
- la vegetazione presente in alveo e nelle aree golenali e di spagliamento delle piene;
- le irregolarità superficiali del corso d'acqua;
- le forme di fondo (dune, cunette, ecc.);
- le zone di erosione e di deposito;
- l'andamento più o meno meandriforme;
- gli ostacoli al deflusso (tronchi d'albero, detriti, ecc.);
- i cambiamenti marcati della geometria tra due sezioni successive.

La determinazione dei parametri di scabrezza da associare alle sezioni di calcolo presenta dunque non poche criticità data la significativa influenza di tali valori sui livelli di corrente e la contestuale assenza di una regola di calcolo univoca. Stanti queste premesse, la scelta dei coefficienti di scabrezza è stata effettuata per similitudine sulla base dei valori sperimentali riportati nella tabella Table 3-1 | Manning's 'n' Values del manuale Hydraulic Reference Manual | HEC-RAS dell'US Army Corp of Engineers

I coefficienti di scabrezza sono stati attribuiti ai tratti omogenei di alveo e di golena individuati nell'ambito delle analisi idrauliche. Ciascuna sezione trasversale è stata perciò suddivisa in tratti

caratterizzati da scabrezza uniforme.

4.4.3.1.2. Coefficienti di contrazione ed espansione

Altri parametri da configurare correttamente ai fini dell'implementazione del modello numerico sono stati i coefficienti di contrazione e di espansione che caratterizzano il flusso tra due sezioni trasversali successive. Infatti, così come avviene nelle condotte in pressione, anche per i moti in alvei a pelo libero, oltre alle perdite di carico per attrito, si verificano perdite per espansione o contrazione della sezione di deflusso determinate moltiplicando tali coefficienti per l'altezza cinetica media della corrente ($U^2/2g$). Tali perdite di carico sono generalmente molto inferiori a quelle per attrito governate dai coefficienti di scabrezza. I valori tipici dei coefficienti di contrazione e di espansione sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 3 | Coefficienti di contrazione ed espansione in funzione del tipo di transizione

Tipo di transizione	Coefficiente di contrazione	Coefficiente di espansione
Sezione trasversale costante	0.0	0.0
Transizione graduale	0.1	0.3
Tipica sezione di un ponte	0.3	0.5
Transizione repentina	0.6	0.8

Ai fini delle simulazioni i coefficienti di contrazione e quelli di espansione sono stati posti rispettivamente pari 0.1 e 0.3 sia in corrispondenza delle sezioni a transizione graduale che per quelle a sezione costante.

4.4.3.1.3. Condizioni al contorno di monte e valle

Nel modello numerico è stato infine necessario assegnare una condizione al contorno per ogni estremo aperto del dominio di calcolo. In particolare, poiché lo schema adottato è monodimensionale, è stato necessario definire una condizione al contorno a ciascun estremo di monte e di valle di ogni tronco fluviale in esame.

Le condizioni al contorno di monte sono state imposte in corrispondenza della sezione RS 320.00. Per ogni simulazione è stato inputato il valore della portata al colmo di piena definito nelle analisi idrologiche per il tempo di ritorno di 200 anni.

Tabella 4 | Condizioni al contorno di monte – Portata di piena al colmo

Corso d'acqua	Sezione	Portate di piena al colmo (mc/sec)
nome	nome	Q (Tr 200)
Rio Piraula	RS 320.00	39.19

È stata inoltre imposta, in corrispondenza della stessa sezione montana RS 320.00 una pendenza della linea dell'energia pari a 0.05 m/m per consentire al codice il calcolo locale dell'altezza di moto uniforme ("Normal Depth").

Tabella 5 | Condizioni al contorno di monte – Pendenza della linea dell'energia

Corso d'acqua	Sezione	Pendenza della linea dell'energia (m/m)
nome	nome	valore
Rio Piraula	RS 320.00	0.05

Come condizione al contorno di valle è stata imposta una pendenza della linea dell'energia pari a 0.03 m/m sulla sezione valliva RS 20.00, sempre per consentire al codice il calcolo locale dell'altezza di moto uniforme ("Normal Depth").

Tabella 6 | Condizioni al contorno di valle – Pendenza della linea dell'energia

Corso d'acqua	Sezione	Pendenza della linea dell'energia (m/m)
nome	nome	valore
Rio Piraula	RS 20.00	0.03

4.4.3.2. Simulazioni

Una volta completato il modello con tutte le informazioni mancanti è stato possibile effettuare le simulazioni idrauliche. Per il tronco fluviale oggetto di studio è stato definito uno scenario di calcolo in corrispondenza della configurazione geometrica di stato attuale (“Plan_00_AnteOperam”) e della configurazione geometrica di progetto (“Plan_01_PostOperam”) la quale vede l’introduzione dell’insieme di opere in progetto per la messa in sicurezza della strada comunale “Piriddu” all’intersezione a guado con il Rio Piraula.

Nel codice HEC-RAS la portata è data dalla relazione:

$$Q = K S_f^{1/2}$$

essendo:

$K = 1/n A R^{2/3}$ conducibilità idraulica

A sezione della corrente

R raggio idraulico

L’equazione differenziale del profilo liquido di una corrente in moto permanente gradualmente variato risulta la seguente:

$$\frac{dH}{ds} = -J$$

con:

H carico totale nella sezione di ascissa s

J cadente

L’equazione può essere scritta alle differenze finite per un tratto Δs , assumendo i valori medi della

cadente fra la sezione di monte e quella di valle, nel modo seguente:

$$H_m - H_v = -\bar{J} \Delta s$$

che esplicitando ogni termine diviene:

$$h_m + \frac{Q^2}{2gA_m^2} - h_v - \frac{Q^2}{2gA_v^2} + \frac{1}{2} \left(\frac{Q^2 n_m^2}{A_m^2 R_m^{4/3}} + \frac{Q^2 n_v^2}{A_v^2 R_v^{4/3}} \right) \cdot \Delta s = 0$$

Nota la quota della superficie liquida in corrispondenza della sezione iniziale (condizione al contorno), l'equazione consente la determinazione della quota nella sezione terminale di un tratto di corrente di lunghezza Δs per cui, con processo iterativo, si può risalire all'intero profilo per passi discreti Δs .

La procedura descritta ha consentito il calcolo, per ogni sezione del modello, della quota dei livelli idrici corrispondenti alle portate assegnate e dei parametri idraulici relativi a ciascun profilo di corrente.

I risultati delle elaborazioni numeriche sono riprodotti in forma grafica e tabellare in "Allegato 1 - Report di analisi idraulica".

La figura mostra un esempio di risultato in forma grafica fornito dal modello HEC-RAS riferito alla sezione RS 168.86 (Sez. 8) del tronco fluviale oggetto di studio ubicata in corrispondenza dell'attraversamento a guado sul Rio Piraula.

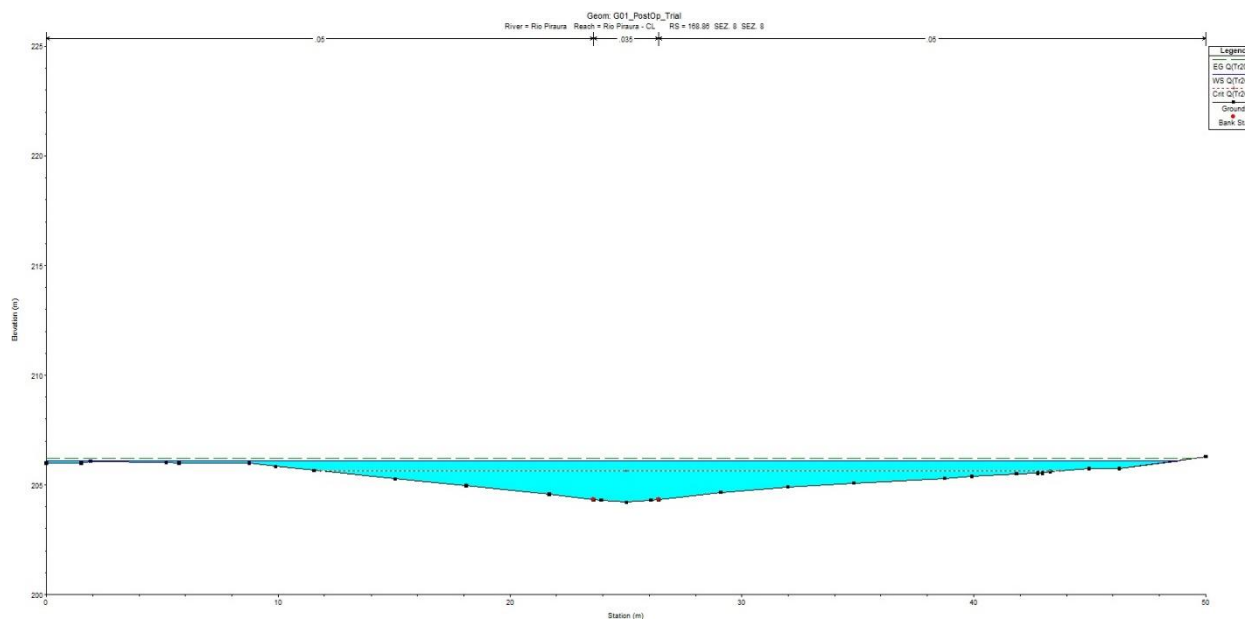


Figura 6 | Risultato in forma grafica fornito dal modello HEC-RAS (RS 168.86 | Sez. 8 al guado)

Si possono distinguere: il tirante idrico per lo scenario di simulazione con tempo di ritorno di 200 anni (colore blu), le linee di sponda (colore rosso) ed il profilo del terreno lungo la linea di sezione (colore nero).

5. VERIFICA DI STABILITA' A TRASCINAMENTO

5.1. Metodologia

Al fine di scongiurare i fenomeni erosivi e di scalzamento al fondo e sulle sponde che attualmente gravano sull'infrastruttura stradale di attraversamento a guado oggetto di intervento si prevede la realizzazione di un rivestimento spondale ed in alveo in massi da scogliera di adeguate dimensioni e peso, tali da non essere mobilizzati dalla corrente in condizioni di piena.

La verifica di stabilità nei confronti dell'azione di trascinamento esercitata dalla corrente viene eseguita, nel caso di rivestimenti in massi da scogliera, calcolando le velocità e gli sforzi tangenziali agenti e controllando che questi non siano superiori ai valori limite ammissibili per i manufatti in argomento, al fine di prevenire il danneggiamento della struttura.

5.2. Verifica di stabilità in termini di tensione di trascinamento

In generale si definisce stabile un rivestimento quando non si ha spostamento degli elementi litoidi che lo costituiscono. La condizione di inizio del movimento di questi elementi definisce il limite di stabilità del rivestimento che non deve essere superato se si vuole garantire la sicurezza. La tensione tangenziale τ_b (Kg/m²) che è esercitata sul materiale posto sul fondo è pari a:

$$\tau_b = \gamma_w Y i$$

dove γ_w (Kg/mc) è il peso specifico dell'acqua, Y (m) è la profondità della corrente, i (m/m) è la pendenza del fondo.

Il rivestimento risulta stabile se è verificata la seguente disuguaglianza:

$$\tau_b \leq \tau_c$$

dove τ_c (Kg/mq) è la tensione tangenziale critica al fondo.

Con controllo delle deformazioni si ammette al secondo membro un valore superiore. In particolare per le verifiche si assume:

$$\tau_b \leq 1.2 \tau_c$$

Le espressioni sopra riportate sono riferite al fondo del canale; per le sponde di un canale a sezione trapezia si può considerare come tensione tangenziale τ_m (kg/mq) quella ottenuta dalla seguente espressione:

$$\tau_m = 0.75 \gamma_w Y i$$

e come tensione tangenziale critica τ_s (kg/mq)

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin \vartheta^2}{\sin \varphi^2}}$$

dove ϑ (°) è la pendenza della sponda e φ (°) è l'angolo di attrito interno del materiale.

La resistenza allo sforzo tangenziale su superfici inclinate viene calcolato assumendo un angolo di attrito interno del materiale φ pari a 60° ed inclinazione delle sponde ϑ pari a 39°.

Le sponde pertanto, risultano stabili quando:

$$\tau_m \leq \tau_s$$

Con controllo delle deformazioni si ammette anche in questo caso:

$$\tau_m \leq 1.2 \tau_s$$

Considerato un ciottolo di diametro equivalente pari al diametro medio D_{50} (m) del pietrame di fondo (cioè il diametro del vaglio che consente il passaggio del 50% in peso del materiale litoide che costituisce il rivestimento) si definisce *coefficiente di Shields* la grandezza adimensionale:

$$C_* = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w)D_{50}}$$

dove τ_c (kg/mq) è la tensione tangenziale di trascinamento nella situazione critica di movimento incipiente e γ_s è il peso specifico dell'inerte. Il denominatore risulta proporzionale alla tensione normale sul fondo dovuta al peso immerso del ciottolo. Il *coefficiente di Shields* è dunque analogo ad un coefficiente di attrito.

Il diametro medio D_{50} (m) può essere posto pari al diametro nominale D_n (m) dell'elemento lapideo che è legato al peso W (kg) del masso ed al peso specifico γ_s del materiale dalla relazione:

$$D_{50} \cong D_n = \left(\frac{W}{\gamma_s}\right)^{1/3}$$

La tensione tangenziale critica al fondo τ_c (kg/mq), che può essere raggiunta senza movimento del pietrame (tensione tangenziale critica), vale dunque:

$$\tau_c = C_*(\gamma_s - \gamma_w)D_{50}$$

Il coefficiente di Shields per massi da scogliera assume valore pari a 0.10.

5.3. Risultati delle verifiche di stabilità

Le verifiche di trascinamento sono state condotte sulla base delle risultanze numeriche delle analisi idrauliche con particolare ed esclusivo riferimento alle grandezze idrauliche ottenute in corrispondenza della sezione RS 168.86 (Sez. 8) all'attraversamento a guado del Rio Piraula rivestito in massi da scogliera, sia in condizioni di stato attuale (Ante Operam) che in condizioni di progetto (Post Operam), in occasione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

5.3.1. Stato attuale (ante operam)

Allo stato attuale il fondo stradale in corrispondenza del guado è composto da ciottolame caratterizzato da una pezzatura variabile compresa tra 256 e 64 mm e posizionato in maniera approssimativa. Ai fini delle verifiche di stabilità del fondo alveo si considera pertanto un diametro medio D_{50} dell'elemento lapideo pari a 0.16 (m) corrispondente ad un peso W di circa 10.65 (kg).

Tabella 7 | Stato attuale (ante operam) – Verifiche di stabilità in termini di tensione di trascinamento

PARAMETRI DI INPUT

River		Rio Piraula
River Sta		168.86
Plan		Ante Operam
Profile		Q Tr 200
Q Total	mc/s	39.19
Rivestimento		Ciottolame
Pendenza del fondo i	m/m	0.040
Velocità della corrente in alveo U	m/s	1.93
Profondità della corrente in alveo Y	m	1.92
Raggio idraulico R	m	0.87
Pendenza della sponda θ	°	6

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Angolo di attrito interno del materiale ϕ	°	60
Coefficiente di Shields C^*		0.10
Diametro medio D_{50}	m	0.16

VERIFICA DI STABILITA' IN TERMINI DI TENSIONE DI TRASCINAMENTO

TENSIONI RESISTENTI

Tensione tangenziale critica al fondo τ_c	kg/mq	30.40
Tensione tangenziale critica alla sponda τ_s	kg/mq	30.25
1.2*Tensione tangenziale critica al fondo τ_c	kg/mq	36.48
1.2*Tensione tangenziale critica alla sponda τ_s	kg/mq	36.30

TENSIONI AGENTI

Tensione tangenziale esercitata dalla corrente al fondo τ_b	kg/mq	76.80
Tensione tangenziale esercitata dalla corrente alla sponda τ_m	kg/mq	57.60

CONDIZIONI DI VERIFICA

Stabilità al trascinamento sul fondo $\tau_b \leq 1.2 \tau_c$	<u>NON VERIFICATA</u>
Stabilità al trascinamento sulla sponda $\tau_m \leq 1.2 \tau_s$	<u>NON VERIFICATA</u>

Allo stato attuale l'attraversamento a guado all'intersezione tra la strada comunale "Piriddu" ed il Rio Piraula non risulta verificato in termini di stabilità al trascinamento del materiale lapideo in alveo. Si rende pertanto necessario un intervento perentorio di ripristino della funzionalità del guado e delle protezioni spondali a difesa dell'opera viaria.

5.3.2. Stato di progetto (post operam)

In condizioni di progetto l'intersezione attuale sarà dotata di una pavimentazione in calcestruzzo e di una massicciata in massi ciclopici che fungerà da fondazione alla pavimentazione in calcestruzzo. A monte ed a valle della sede stradale la massicciata sarà estesa con uno spessore pari a cm 80 così da dare una perfetta continuità tra strada e alveo e soprattutto proteggere l'alveo da fenomeni erosivi dovuti alla natura torrenziale dei fenomeni di piena del rio.

I tratti di sponda adiacenti al guado sono dotati di protezioni spondali realizzate con massi di grandi dimensioni, queste allo stato attuale sono soggette a evidenti fenomeni di dissesto, saranno pertanto oggetto di un accurato intervento di ripristino, ed ove questo non fosse possibile si provvederà alla ricostruzione delle stesse con massi ciclopici di forma regolare con peso non inferiore a q 5.00.

Ai fini delle verifiche di stabilità del fondo alveo si considera pertanto un diametro medio D_{50} dell'elemento lapideo pari a 0.57 (m) corrispondente ad un peso W di circa 500 (kg).

Tabella 8 | Stato di progetto (post operam) – Verifiche di stabilità in termini di tensione di trascinamento

PARAMETRI DI INPUT

River		Rio Piraula
River Sta		168.86
Plan		Post Operam
Profile		Q Tr 200
Q Total	mc/s	39.19
Rivestimento		Massi da scogliera
Pendenza del fondo i	m/m	0.040
Velocità della corrente in alveo U	m/s	2.07
Profondità della corrente in alveo Y	m	1.85
Raggio idraulico R	m	0.82
Pendenza della sponda θ	°	6
Angolo di attrito interno del materiale ϕ	°	60
Coefficiente di Shields C_*		0.10
Diametro medio D_{50}	m	0.57

VERIFICA DI STABILITA' IN TERMINI DI TENSIONE DI TRASCINAMENTO

TENSIONI RESISTENTI

Tensione tangenziale critica al fondo τ_c	kg/mq	108.30
Tensione tangenziale critica alla sponda τ_s	kg/mq	107.75

1.2*Tensione tangenziale critica al fondo τ_c	kg/mq	129.96
1.2*Tensione tangenziale critica alla sponda τ_s	kg/mq	129.30

TENSIONI AGENTI

Tensione tangenziale esercitata dalla corrente al fondo τ_b	kg/mq	74.00
Tensione tangenziale esercitata dalla corrente alla sponda τ_m	kg/mq	55.50

CONDIZIONI DI VERIFICA

Stabilità al trascinamento sul fondo $\tau_b \leq 1.2 \tau_c$	<u>VERIFICATA</u>
Stabilità al trascinamento sulla sponda $\tau_m \leq 1.2 \tau_s$	<u>VERIFICATA</u>

In condizioni di progetto l'attraversamento a guado all'intersezione tra la strada comunale "Piriddu" ed il Rio Piraula risulta verificato in termini di stabilità al trascinamento del materiale lapideo in alveo. Pertanto è possibile concludere che gli interventi di manutenzione straordinaria previsti in progetto garantiscono la messa in sicurezza dell'infrastruttura viaria contro i fenomeni di erosione indotti dalla corrente idrica di piena.

6. CONCLUSIONI

Dall'analisi delle risultanze del modello idrologico-idraulico e delle verifiche di stabilità a trascinamento è possibile affermare che gli interventi di manutenzione straordinaria previsti in progetto garantiscono la messa in sicurezza dell'infrastruttura viaria contro i fenomeni di erosione indotti dalle correnti idriche di piena conservando inalterate le caratteristiche dimensionali delle sezioni idrauliche, le quote del fondo alveo e della livelletta stradale esistente nonché le caratteristiche idrodinamiche degli stessi deflussi di piena.

I profili di corrente e le corrispondenti aree di allagamento si mantengono inalterati rispetto allo stato attuale così come le velocità ed i battenti idrici in alveo.

La pericolosità ed il rischio idraulico esistenti non vengono dunque mitigati con l'intervento in progetto che è volto esclusivamente alla messa in sicurezza del guado contro i fenomeni di erosione in alveo; pertanto si rende necessario stabilire opportune misure di gestione finalizzate alla salvaguardia della pubblica incolumità, anche mediante chiusura al traffico veicolare dell'attraversamento in occasione di eventi meteorici avversi o di allerta meteo diramata dalla Protezione Civile Regionale. A tal proposito è utile ricordare che studi sperimentali mostrano che le altezze d'acqua e le velocità della corrente idrica che rendono instabili gli autoveicoli in presenza di inondazione possono essere distinte per 3 diverse classi di veicoli:

- ✓ per piccole vetture: $h = 0.3$ m in acqua ferma ($v = 0$); $h = 0.1$ m per $v = 3$ m/s;
- ✓ per veicoli di medie dimensioni: $h = 0.4$ m in acqua ferma ($v = 0$); $h = 0.15$ m per $v = 3$ m/s
- ✓ per veicoli di dimensioni maggiori: $h = 0.5$ m in acqua ferma ($v = 0$); $h = 0.2$ m per $v = 3$ m/s.

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegnere Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

ALLEGATI

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio Idrologico Idraulico

Pagina 32 di 53

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegneria Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

ALLEGATO 1 | REPORT DI ANALISI IDRAULICA

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio Idrologico Idraulico

Pagina 33 di 53

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegneria Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

Plan 00 Ante Operam, Stato Attuale

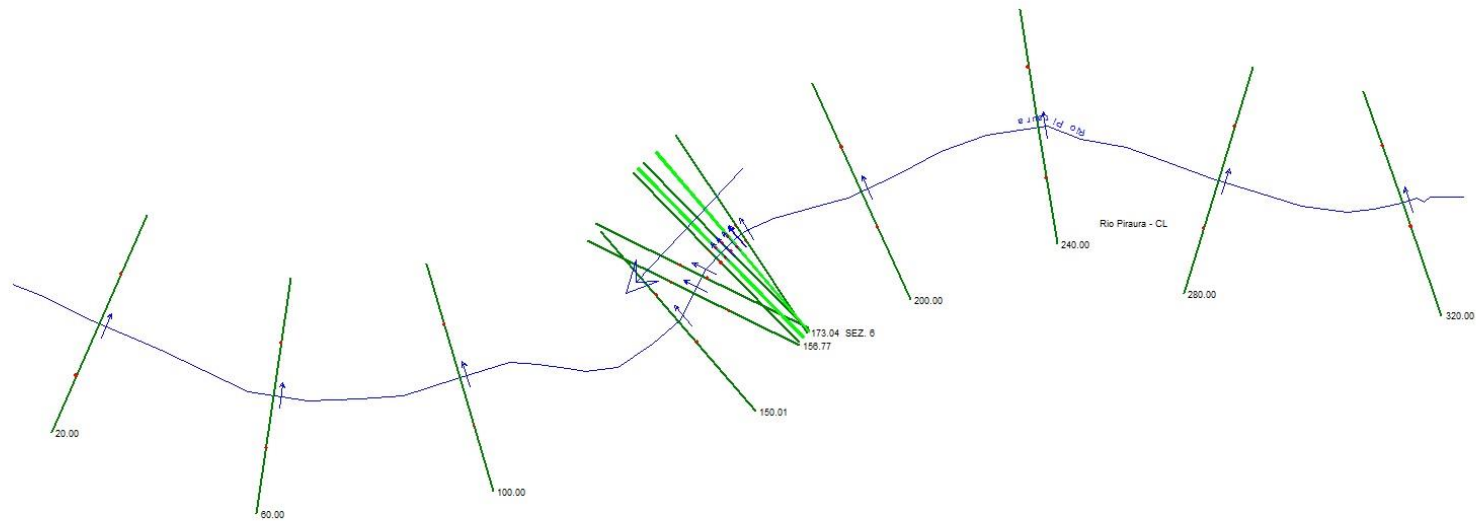
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio Idrologico Idraulico

Pagina 34 di 53

i. Planimetria delle sezioni di calcolo



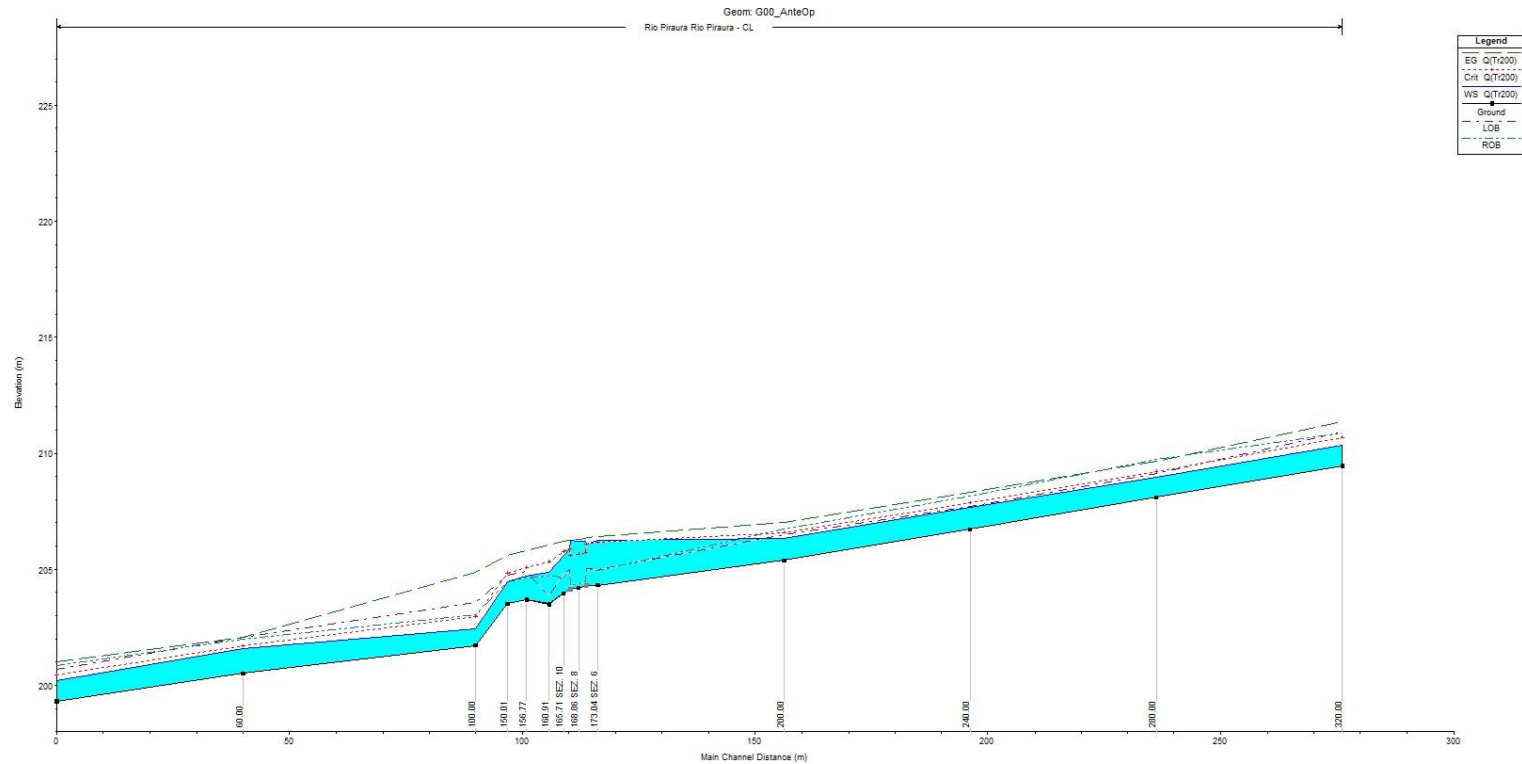
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio Idrologico Idraulico

Pagina 35 di 53

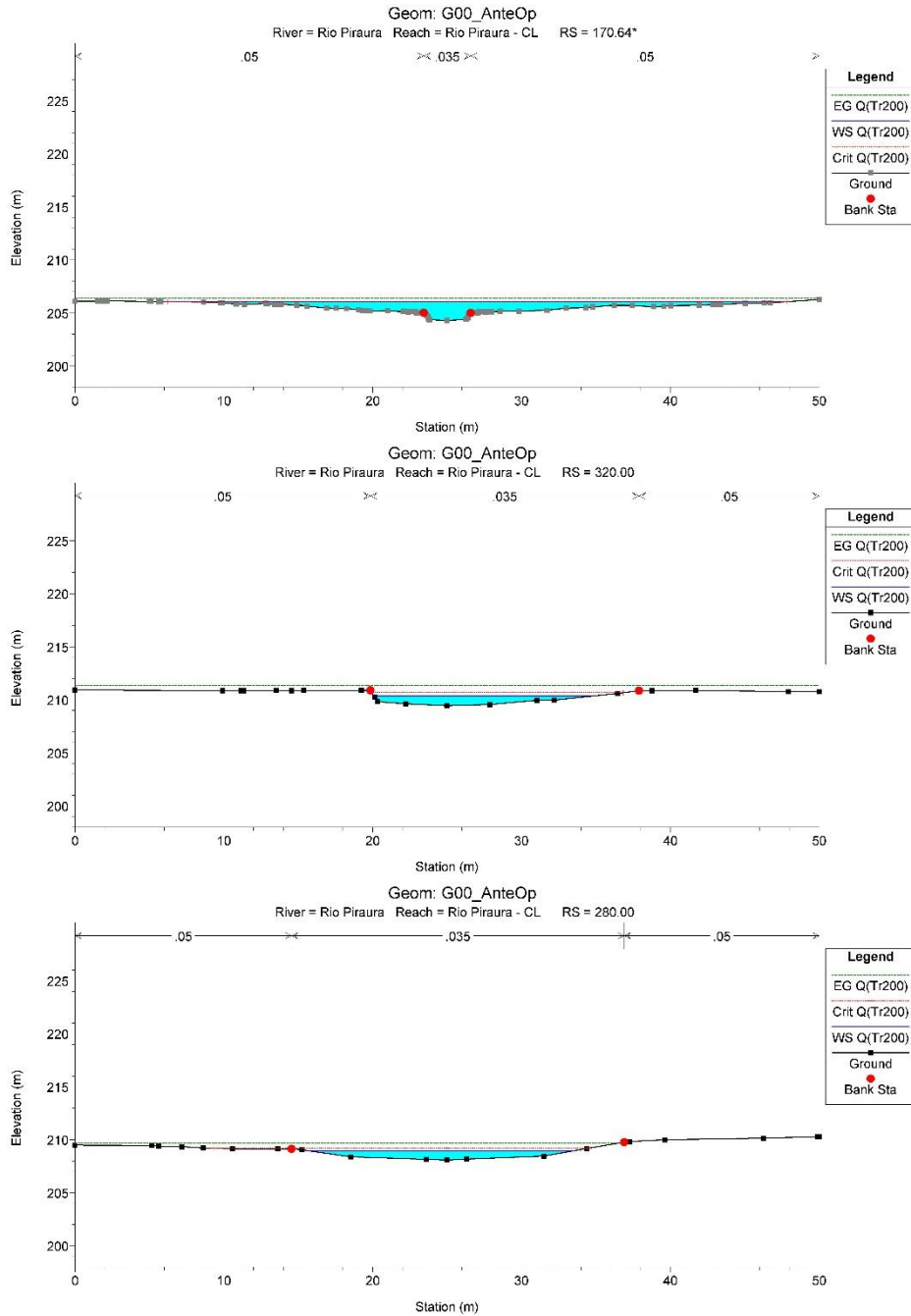
ii. Profilo longitudinale e tiranti idrici per Q Tr 200 anni



Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

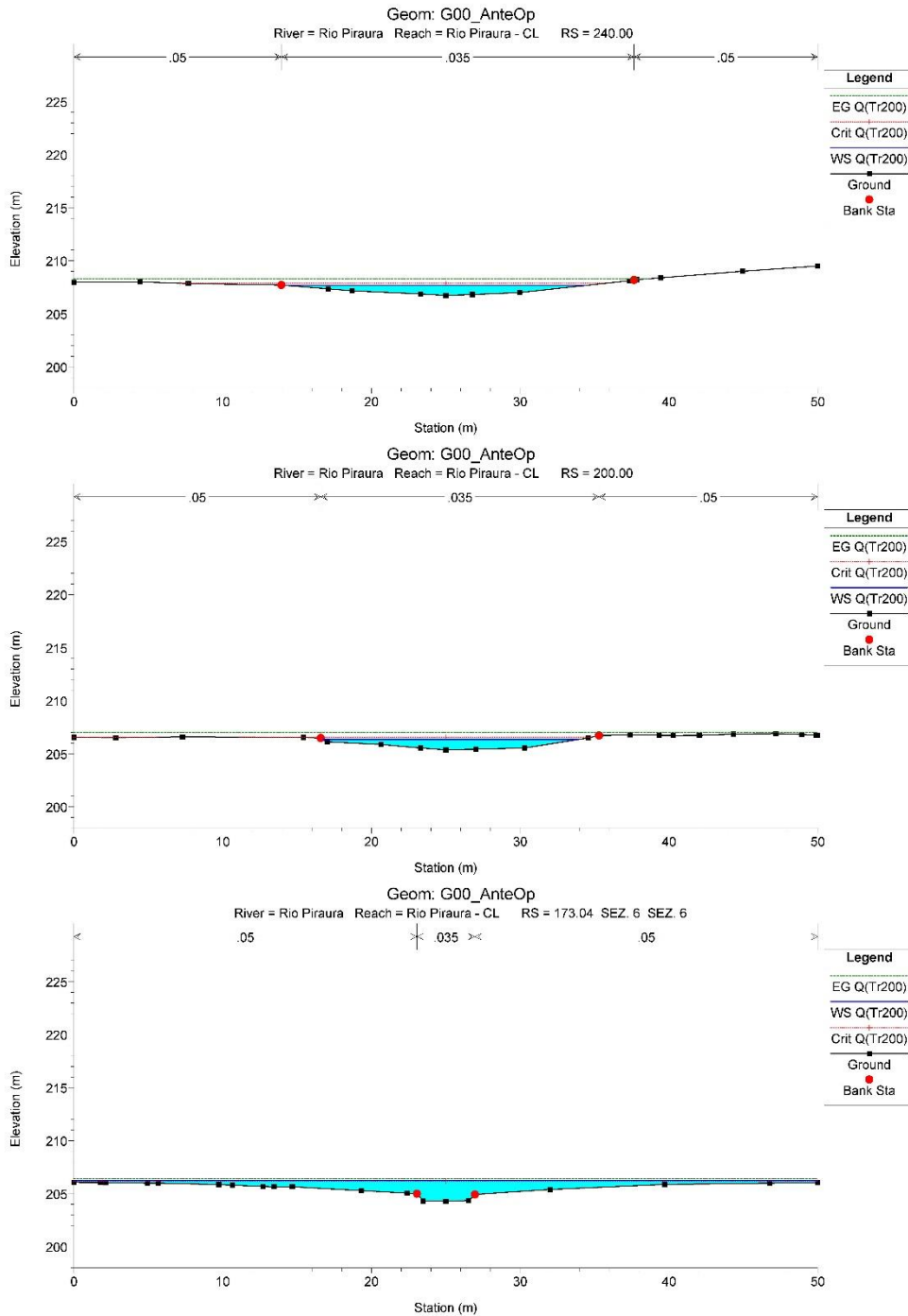
Progetto Definitivo/Esecutivo

iii. Sezioni trasversali e tiranti idrici per Q Tr 200 anni



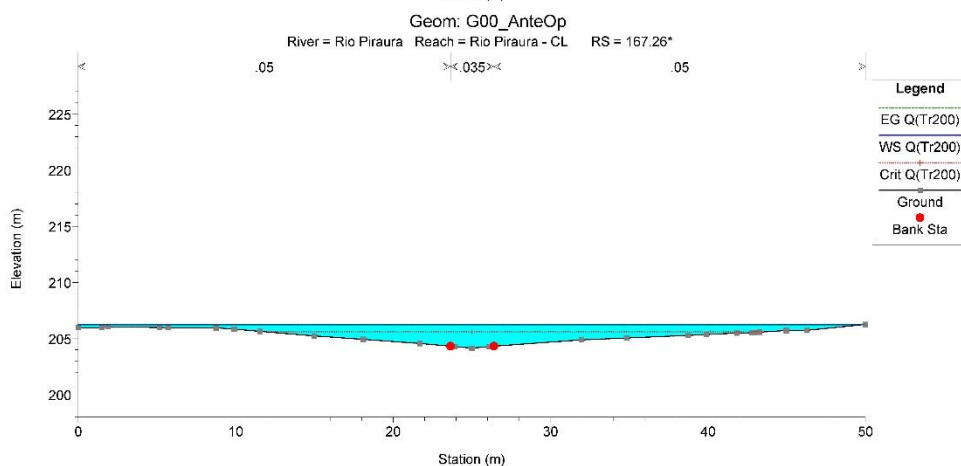
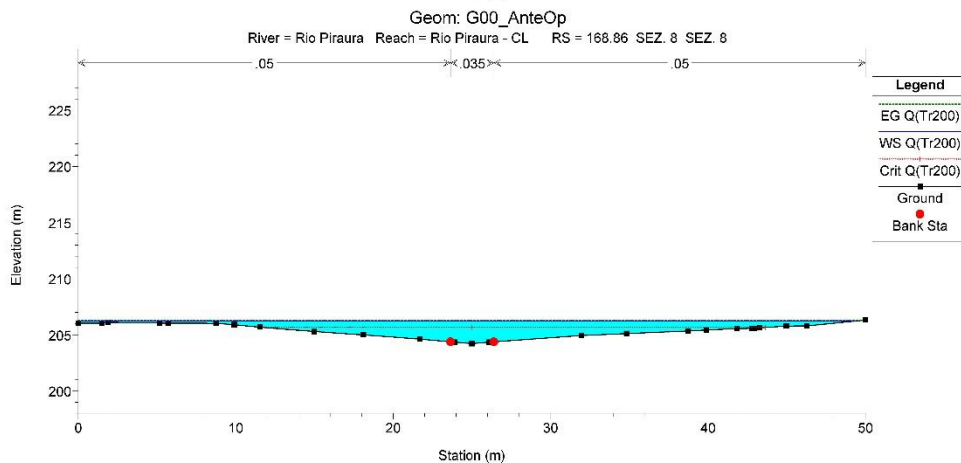
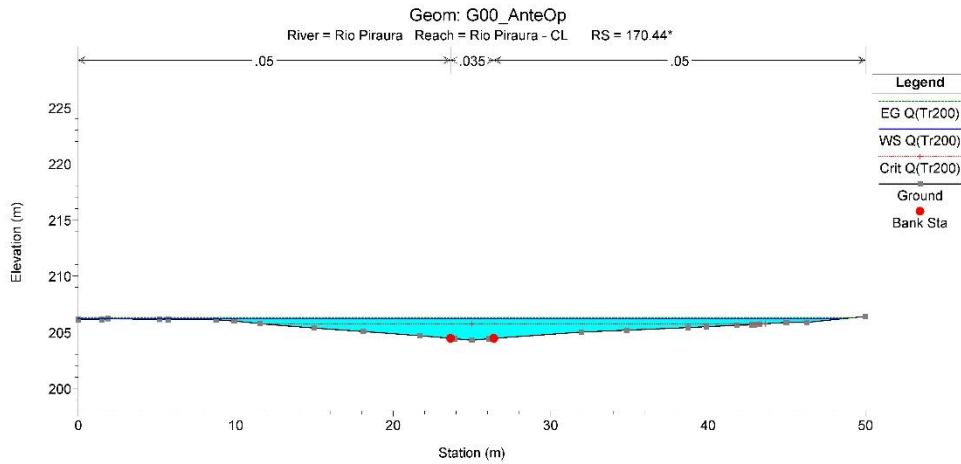
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



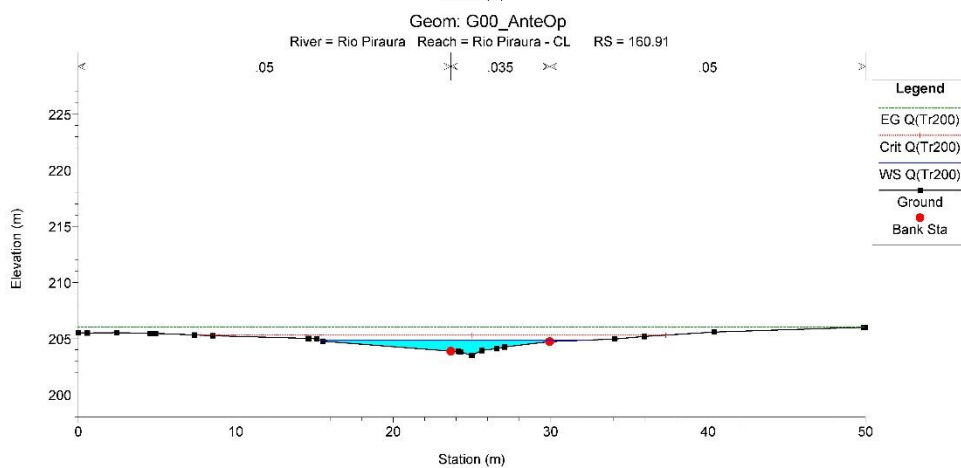
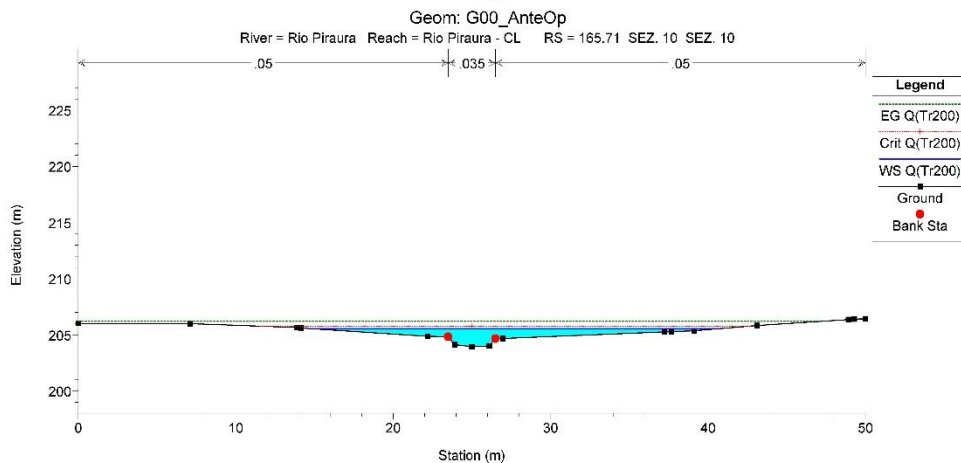
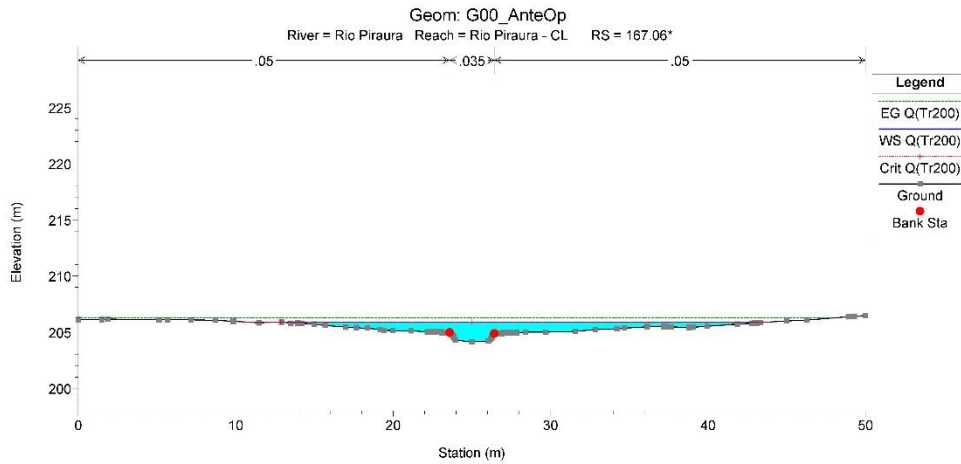
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



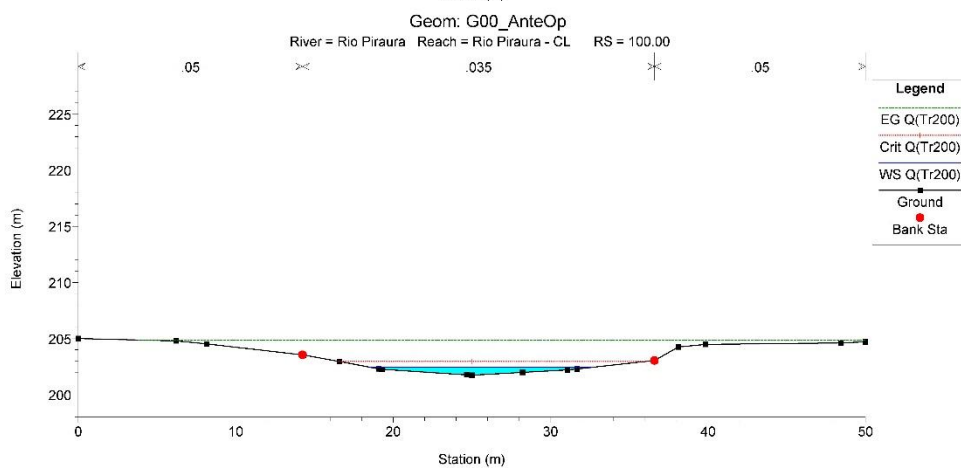
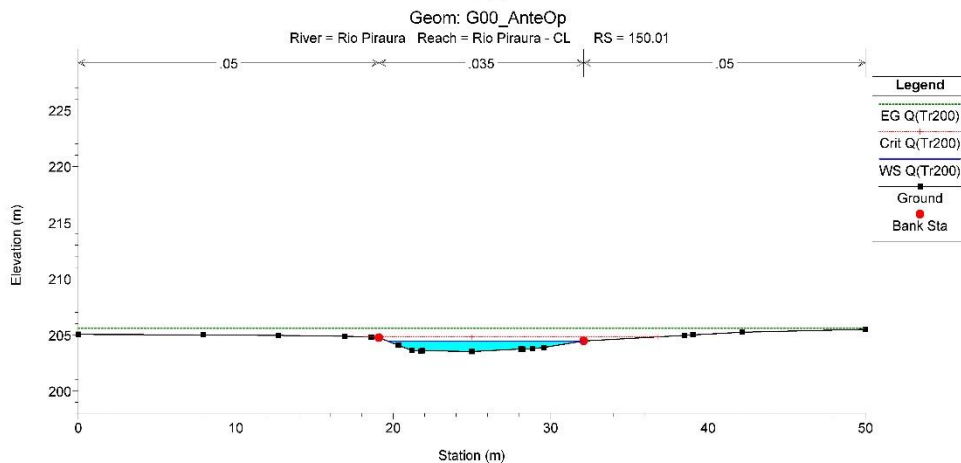
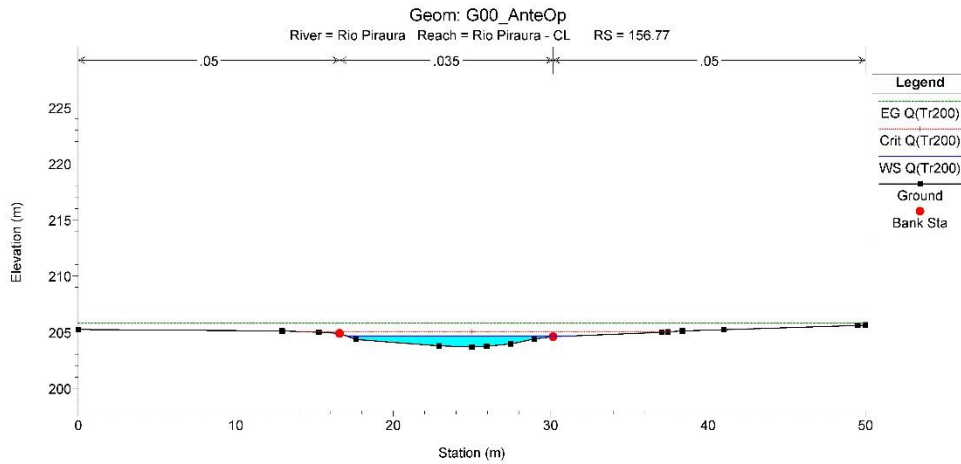
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraura - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



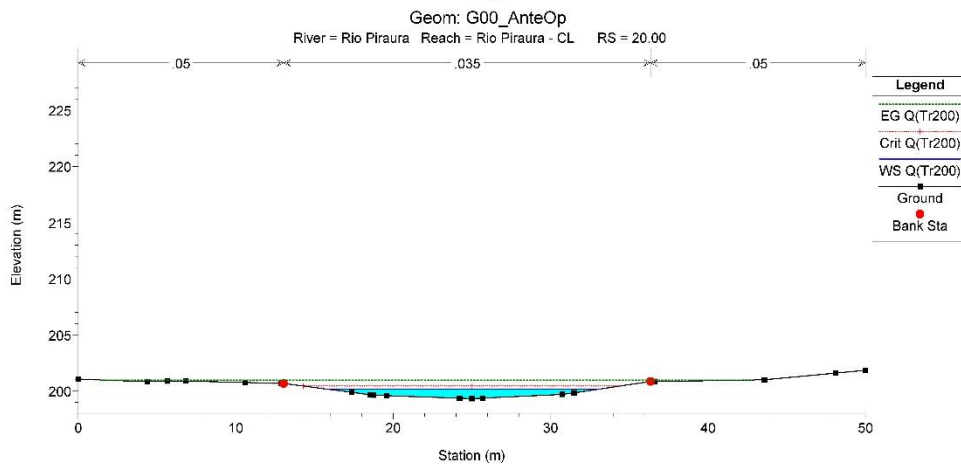
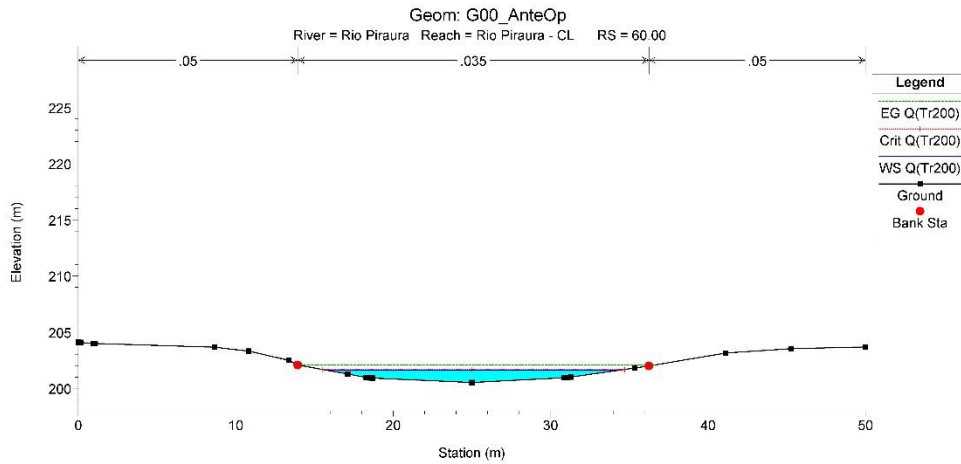
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

iv. RAS Report

RioPiraula.rep

HEC-RAS HEC-FAS 5.0.7 March 2019
 U.S. Army Corps of Engineers
 Hydrologic Engineering Center
 609 Second Street
 Davis, California

```

X  X  XXXXXX  XXXX  XXXX  XX  XXXX
X  X  X  X  X  X  X  X  X  X  X
X  X  X  X  X  X  X  X  X  X
XXXXXXXX XXXX X  XXX XXXX XXXXXX XXXX
X  X  X  X  X  X  X  X  X  X
X  X  X  X  X  X  X  X  X  X
X  X  XXXXXX  XXXX  X  X  X  XXXXX
    
```

PROJECT DATA

Project Title: RioPiraula
 Project File : RioPiraula.prj
 Run Date and Time: 12/23/2020 4:28:40 AM

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan00_AnteOp
 Plan File : d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC_RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.p01
 Geometry Title: G00_AnteOp
 Geometry File : d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC_RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.g03
 Flow Title : F01_Design Peak Discharge_VSA
 Flow File : d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC_RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.f02

Plan Summary Information:

Number of: Cross Sections = 17 Multiple Openings = 0
 Culverts = 0 Inline Structures = 0
 Bridges = 0 Lateral Structures = 0

Computational Information

Water surface calculation tolerance = 0.003
 Critical depth calculation tolerance = 0.003
 Maximum number of iterations = 20
 Maximum difference tolerance = 0.1
 Flow tolerance factor = 0.001

Computation Options

Critical depth computed at all cross sections
 Conveyance Calculation Method: At breaks in n values only
 Friction Slope Method: Average Conveyance
 Computational Flow Regime: Mixed Flow

FLOW DATA

Flow Title: F01_Design Peak Discharge_VSA
 Flow File : d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC_RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.f02

Flow Data (m³/s)

River	Reach	RS	Q(Tr200)
Rio Piraula	Rio Piraula - CL320.00		39.19

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Rio Piraula	Rio Piraula - CLQ(Tr200)		Normal S = 0.05	Normal S = 0.03

Profile Output Table - Standard Table 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	H.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #	Chl
Rio Piraula - CL	320.00	Q(Tr200)	39.19	209.45	210.36	210.68	211.38	0.050007	4.46	8.79	14.65	1.84	
Rio Piraula - CL	280.00	Q(Tr200)	39.19	208.09	208.97	209.20	209.66	0.033407	3.67	10.67	17.97	1.52	
Rio Piraula - CL	240.00	Q(Tr200)	39.19	206.73	207.67	207.87	208.30	0.033746	3.53	11.11	20.06	1.51	
Rio Piraula - CL	200.00	Q(Tr200)	39.19	205.37	206.36	206.57	207.03	0.029383	3.61	10.86	17.26	1.45	
Rio Piraula - CL	173.04 SEZ. 6	Q(Tr200)	39.19	204.38	206.25	206.16	206.40	0.003766	2.38	33.44	50.00	0.56	
Rio Piraula - CL	170.64*	Q(Tr200)	39.19	204.29	206.06	206.05	206.37	0.010209	3.44	23.08	41.91	0.86	
Rio Piraula - CL	170.44*	Q(Tr200)	39.19	204.29	206.21	205.74	206.30	0.002529	2.14	39.08	48.69	0.51	
Rio Piraula - CL	168.86 SEZ. 8	Q(Tr200)	39.19	204.22	206.22	205.67	206.29	0.001933	1.93	42.99	49.26	0.44	
Rio Piraula - CL	167.26*	Q(Tr200)	39.19	204.15	206.23	205.60	206.28	0.001518	1.75	46.79	49.00	0.40	
Rio Piraula - CL	167.00*	Q(Tr200)	39.19	204.15	205.90	205.90	206.25	0.012410	3.65	19.97	33.33	0.92	
Rio Piraula - CL	165.71 SEZ. 10	Q(Tr200)	39.19	203.96	205.57	205.77	206.20	0.021666	4.60	15.14	26.21	1.22	
Rio Piraula - CL	160.91	Q(Tr200)	39.19	203.50	204.86	205.30	206.04	0.063497	5.52	9.02	17.00	2.10	
Rio Piraula - CL	156.77	Q(Tr200)	39.19	203.70	204.69	205.05	205.79	0.048676	4.64	8.50	14.60	1.85	
Rio Piraula - CL	150.01	Q(Tr200)	39.19	203.51	204.46	204.82	205.58	0.047658	4.70	8.34	12.45	1.83	
Rio Piraula - CL	100.00	Q(Tr200)	39.19	201.73	202.44	202.97	204.87	0.199183	6.91	5.67	14.15	3.48	
Rio Piraula - CL	60.00	Q(Tr200)	39.19	200.52	201.60	201.60	202.08	0.018064	3.06	12.81	19.44	1.17	
Rio Piraula - CL	20.00	Q(Tr200)	39.19	199.32	200.20	200.45	200.98	0.040454	3.93	9.98	17.55	1.66	

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18
Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio di Ingegneria
Dott. Ing. SERGIO SERRA
Ingegneria Civile | Idraulica & Infrastrutture Idrauliche
Via Nazario Sauro n. 38, 08029, Siniscola (NU)
C. F. SRRSRG83H08F979Z
P. IVA 01420180919
Mail: ing.sergio.serra@me.com
PEC: ing.sergio.serra@pec.it
Mobile: 347 2359967

Plan 01 Post Operam, Stato di Progetto

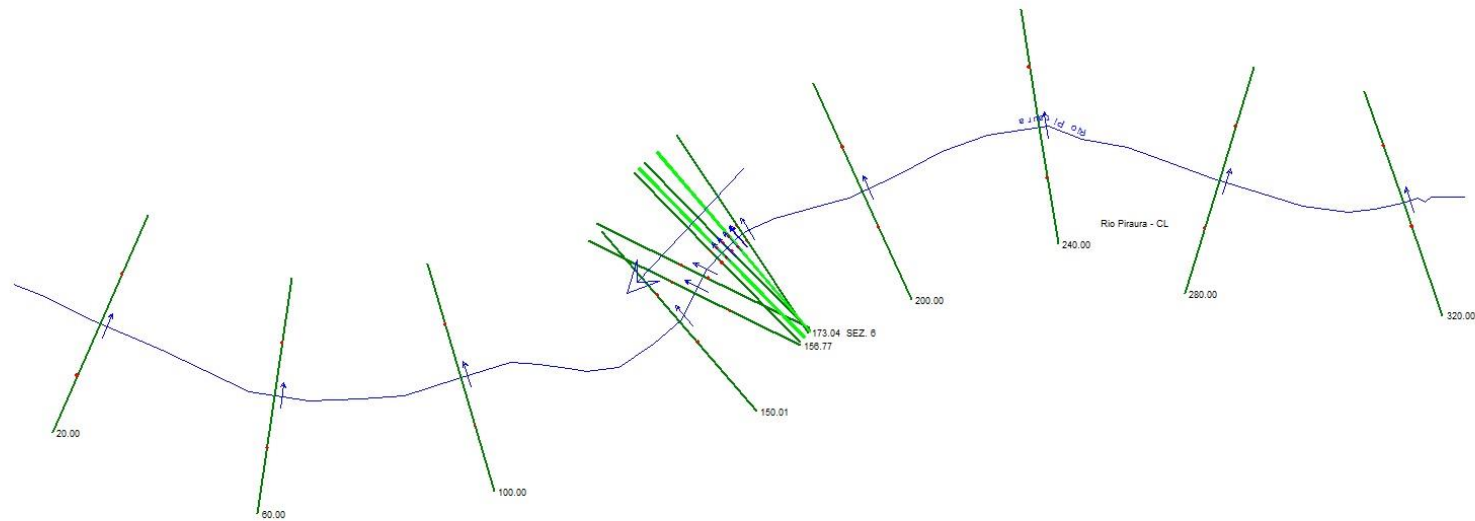
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio Idrologico Idraulico

Pagina 44 di 53

i. Planimetria delle sezioni di calcolo



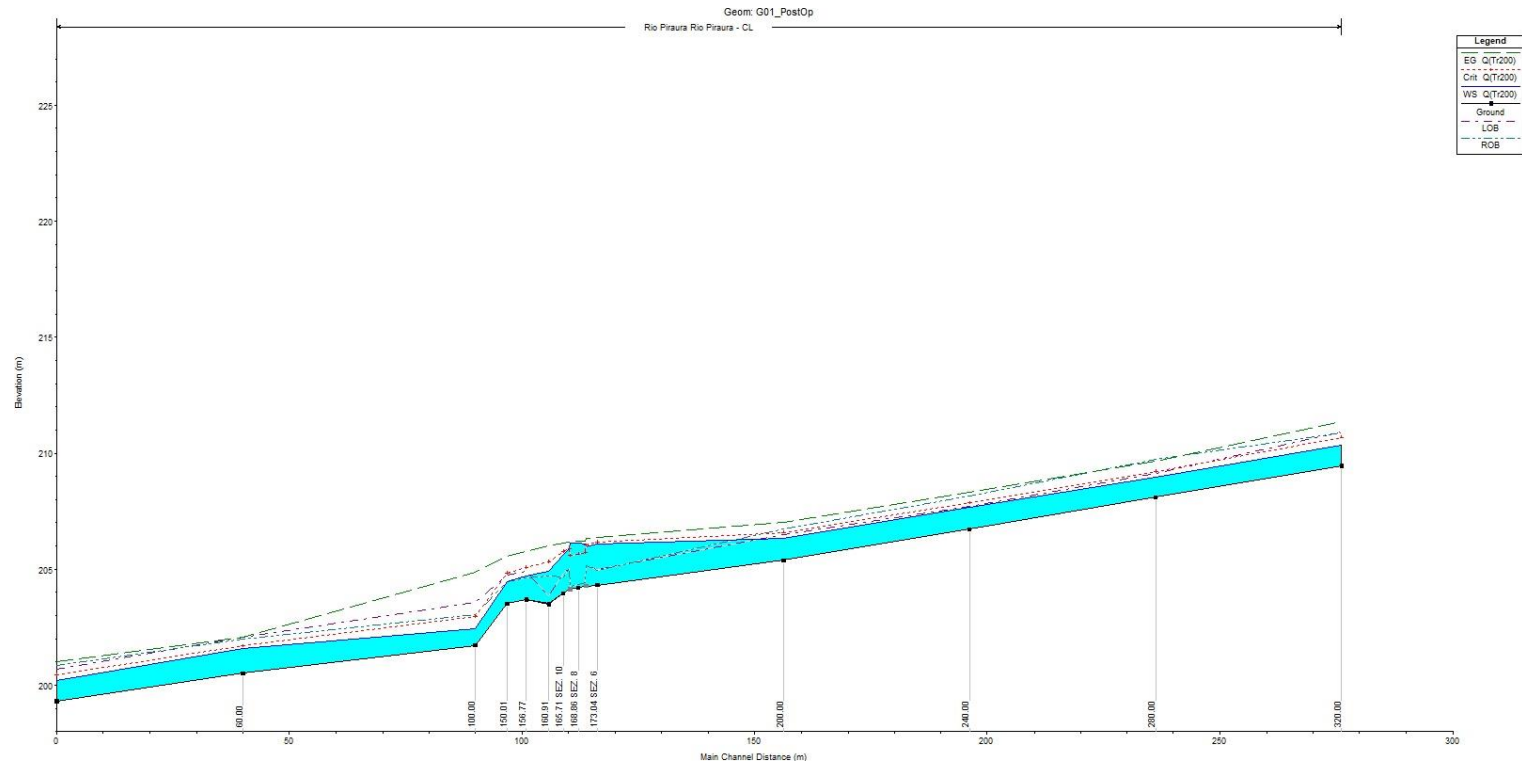
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraura - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

Studio Idrologico Idraulico

Pagina 45 di 53

ii. Profilo longitudinale e tiranti idrici per Q Tr 200 anni

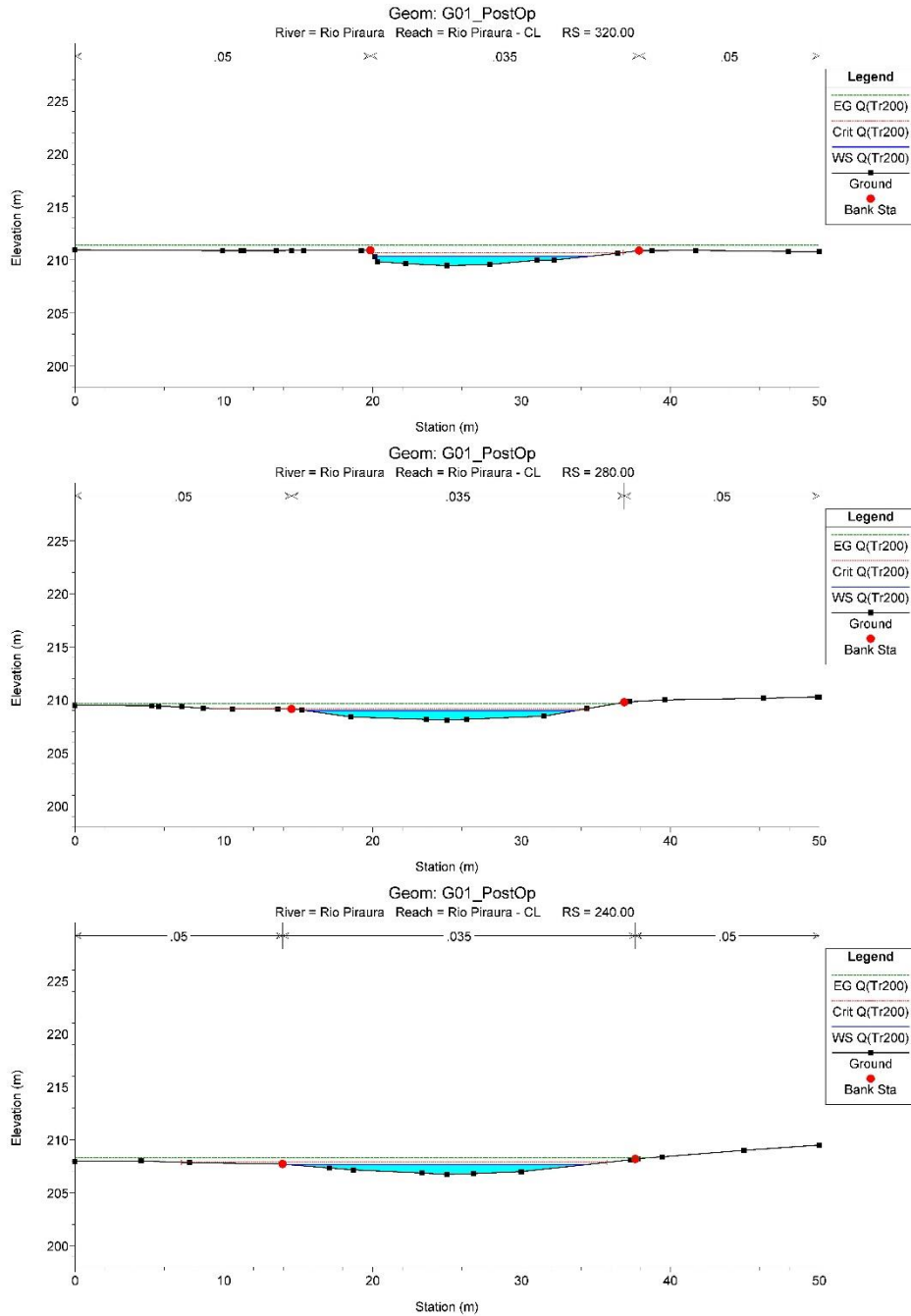


Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

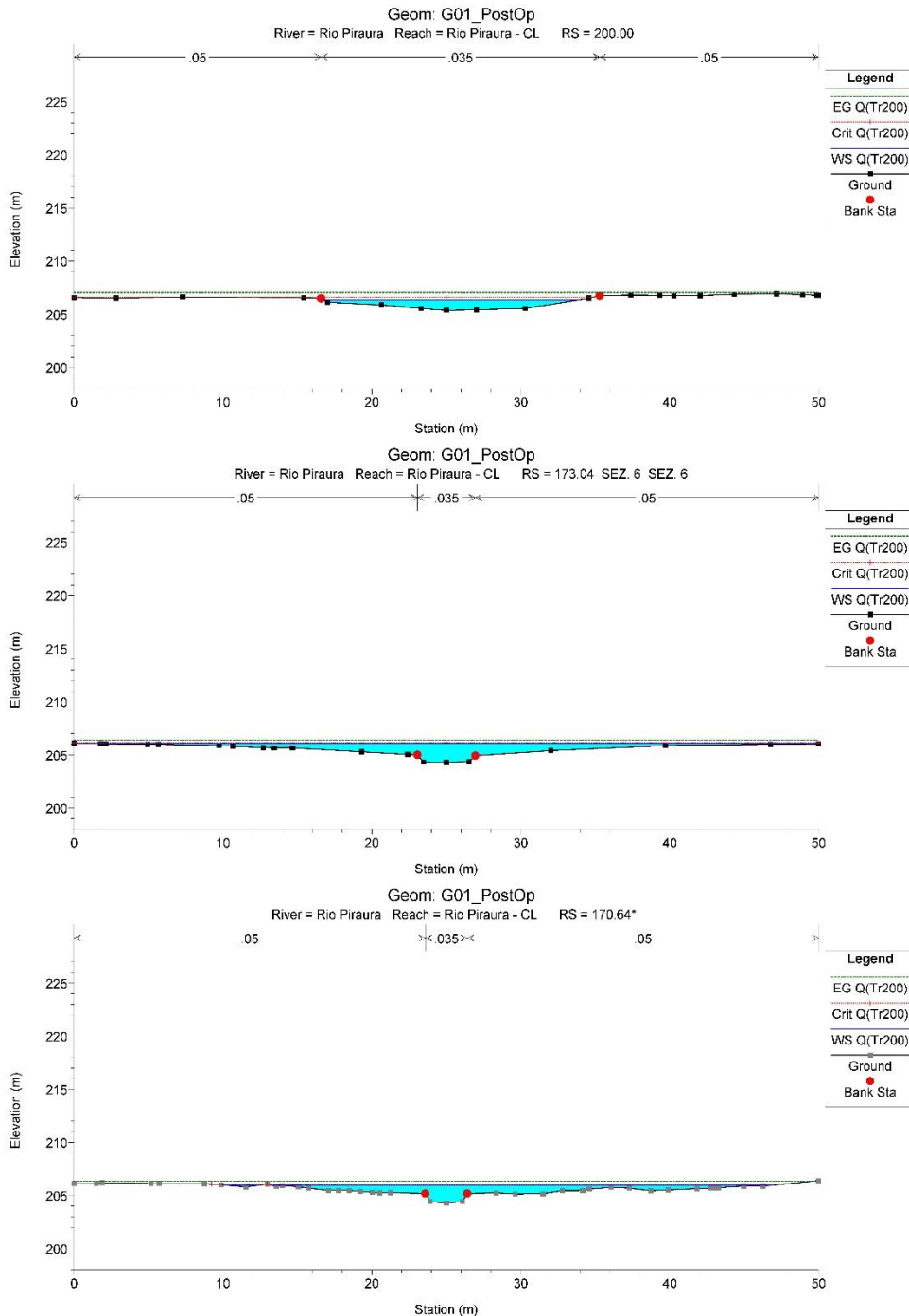
Studio Idrologico Idraulico

iii. Sezioni trasversali e tiranti idrici per Q Tr 200 anni



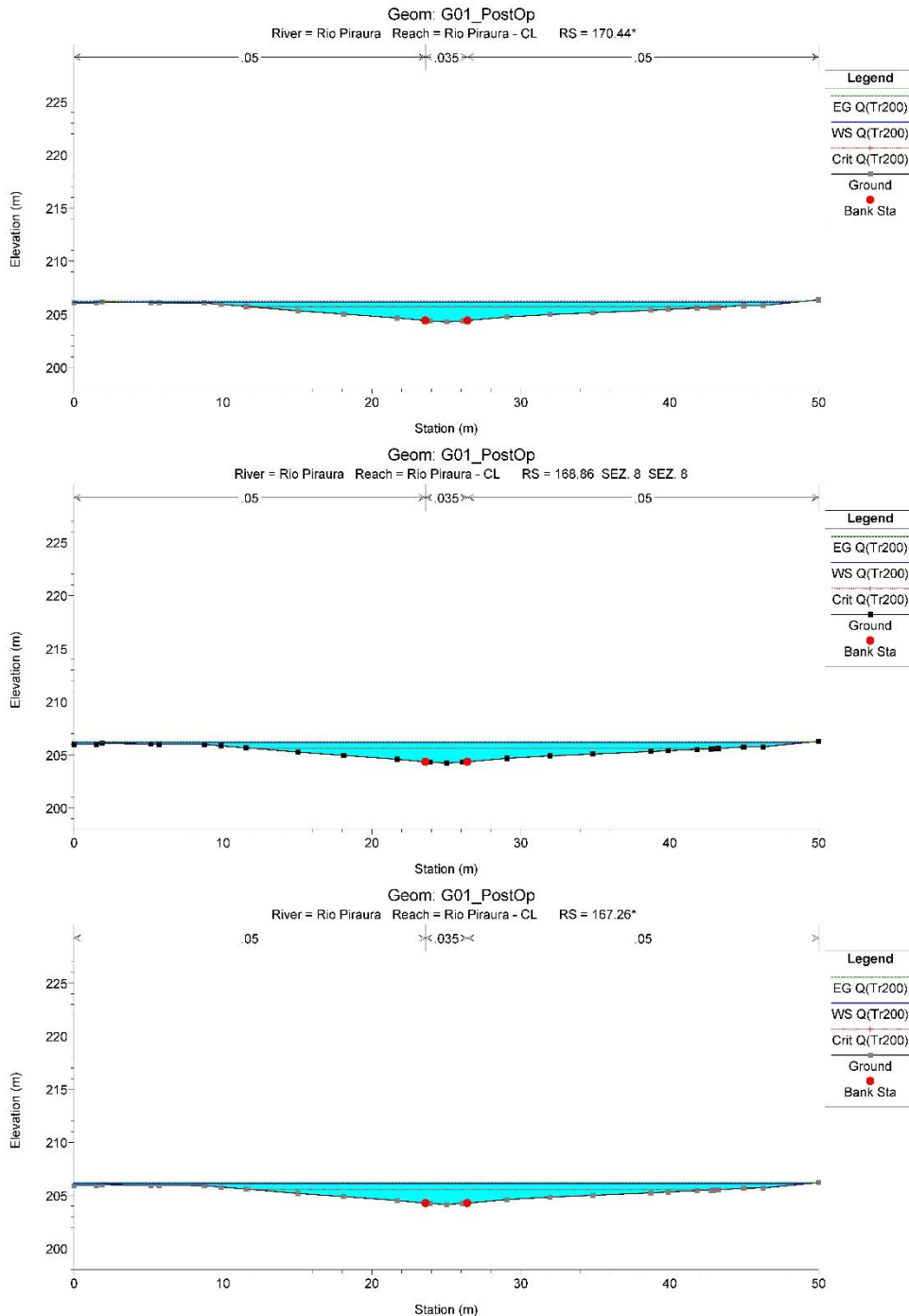
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



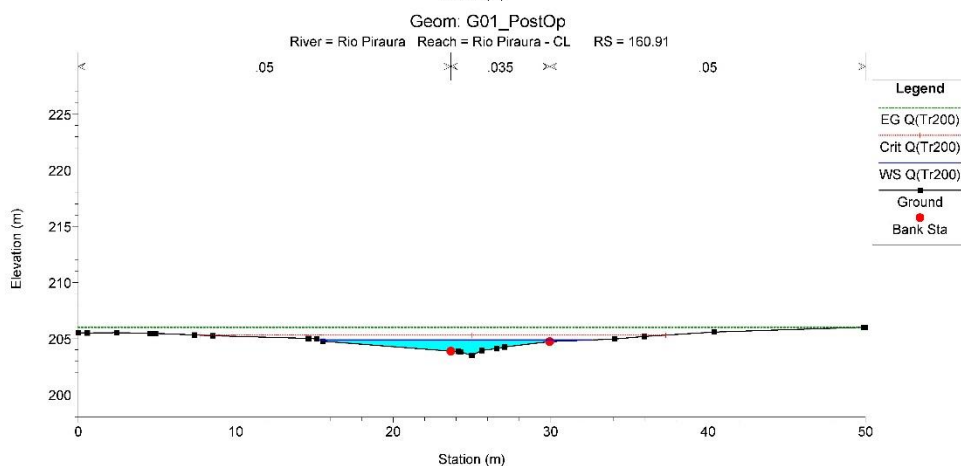
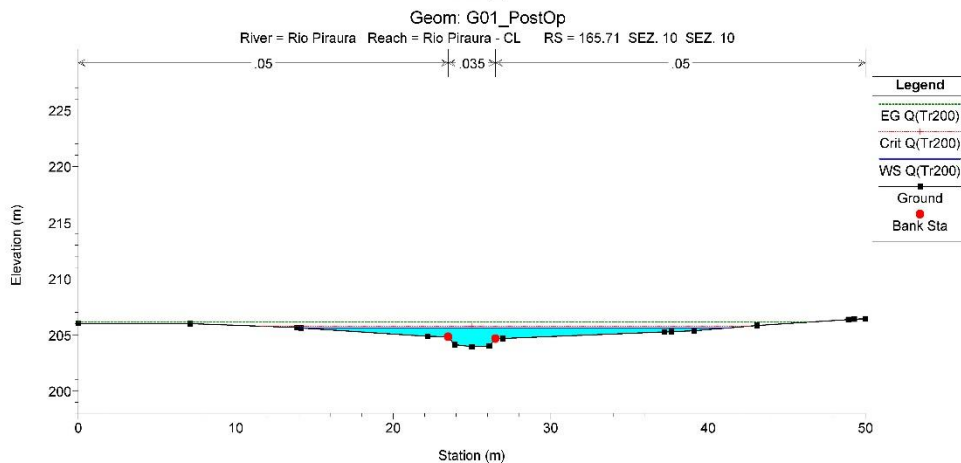
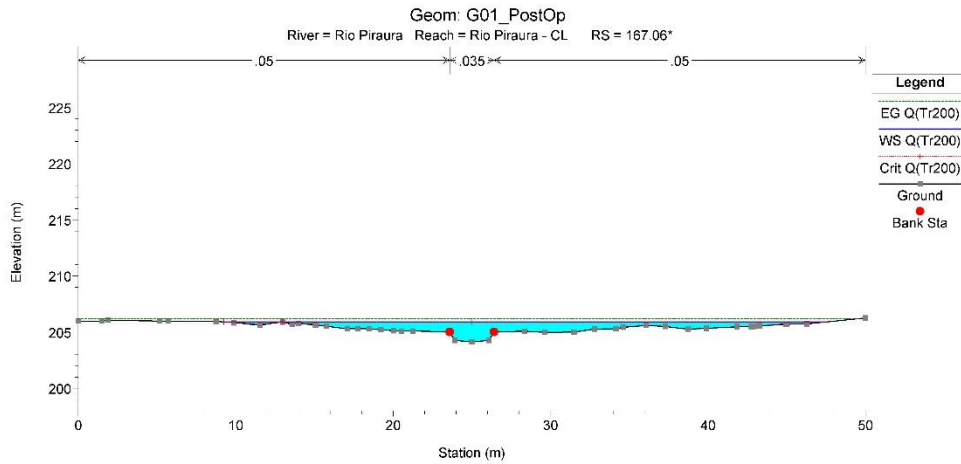
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



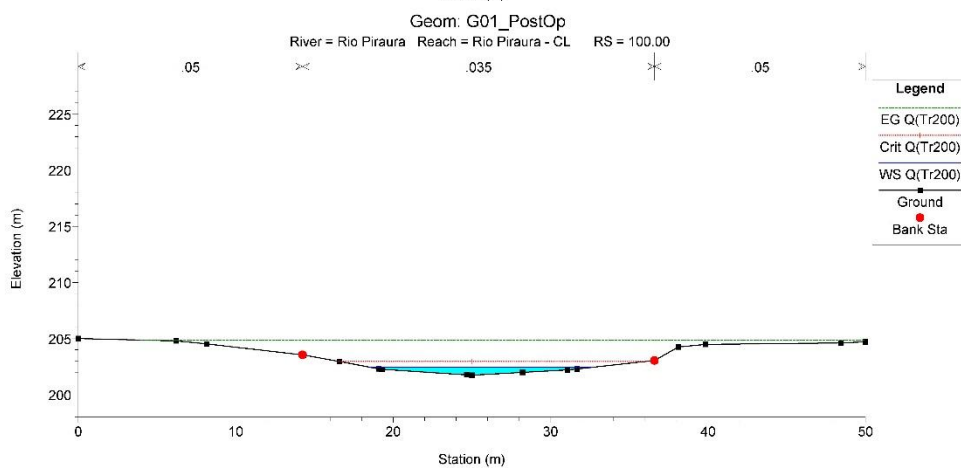
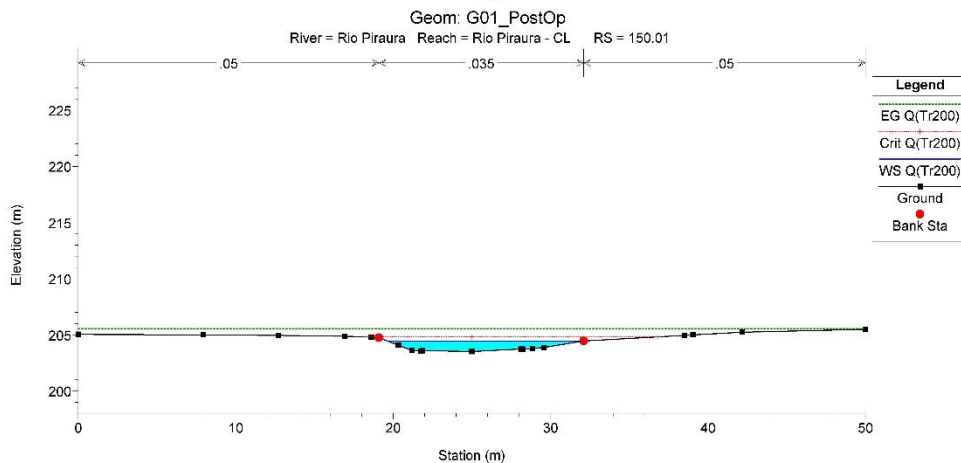
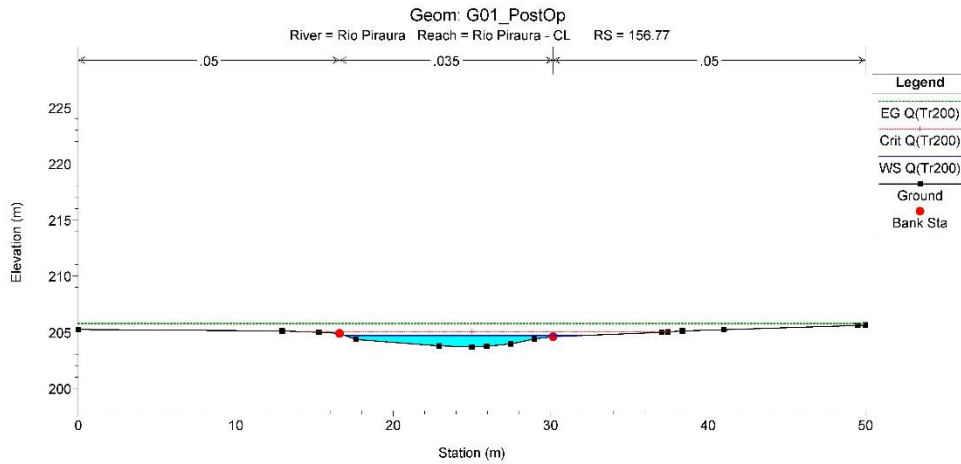
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



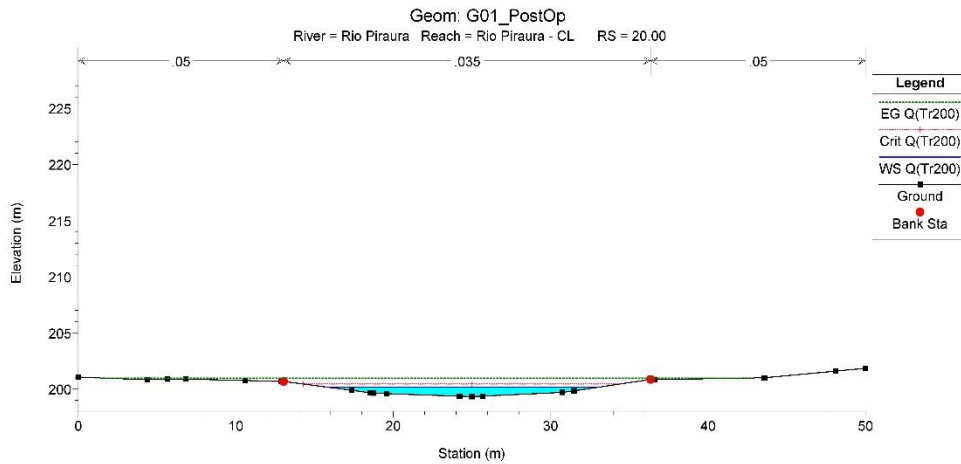
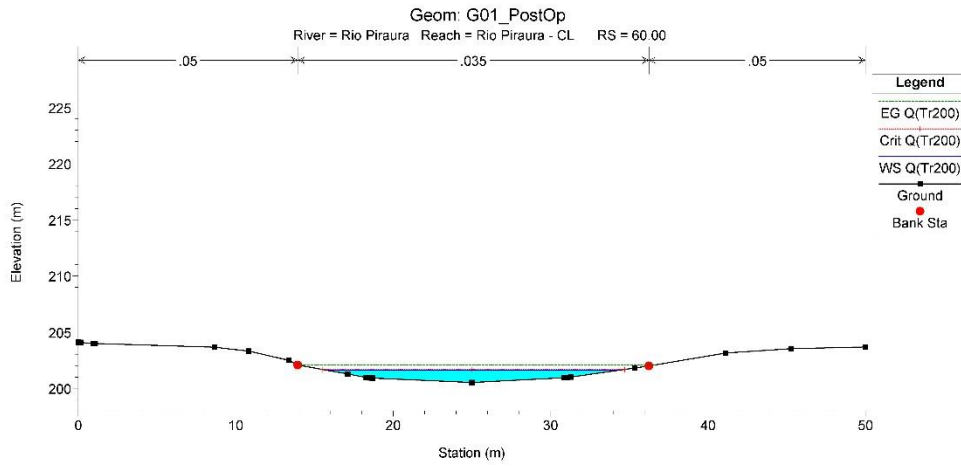
Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo



Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo

iv. RAS Report

HEC-RAS HEC-RAS 5.0.7 March 2019
 U.S. Army Corps of Engineers
 Hydrologic Engineering Center
 609 Second Street
 Davis, California

```

X X XXXXX XXXX XXXX XX XXXX
X X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X X
XXXXXX XXXX X XXX XXXX XXXXX XXXX
X X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X X
X X XXXXXX XXXX X X X X XXXXX
    
```

PROJECT DATA
 Project Title: RioPiraula
 Project File: RioPiraula.prj
 Run Date and Time: 12/23/2020 5:21:38 AM

Project in SI units

PLAN DATA
 Plan Title: Plan01_PostOp
 Plan File: d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.p02

Geometry Title: G01_PostOp
 Geometry File: d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.g04

Flow Title: F01_Design Peak Discharge_VSA
 Flow File: d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.f02

Plan Summary Information:
 Number of: Cross Sections = 17 Multiple Openings = 0
 Culverts = 0 Inline Structures = 0
 Bridges = 0 Lateral Structures = 0

Computational Information
 Water surface calculation tolerance = 0.003
 Critical depth calculation tolerance = 0.003
 Maximum number of iterations = 20
 Maximum difference tolerance = 0.1
 Flow tolerance Factor = 0.001

Computation Options
 Critical depth computed at all cross sections
 Conveyance Calculation Method: At breaks in n values only
 Friction Slope Method: Average Conveyance
 Computational Flow Regime: Mixed Flow

FLOW DATA
 Flow Title: F01_Design Peak Discharge_VSA
 Flow File: d:\LAVORI\A24_ING. GIAN MICHELE CORATZA\01_ELABORAZIONI\04_HEC RAS\20201221_RAS Model\RioPiraula.f02

Flow Data (m³/s)

River	Reach	RS	Q(Tr200)
Rio Piraula	Rio Piraula - CL320.00		39.19

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Rio Piraula	Rio Piraula - CLQ(Tr200)		Normal S = 0.05	Normal S = 0.03

Profile Output Table - Standard Table 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Piraula - CL	320.00	Q(Tr200)	39.19	209.45	210.36	210.68	211.38	0.050007	4.46	8.79	14.65	1.84
Rio Piraula - CL	280.00	Q(Tr200)	39.19	208.09	208.97	209.20	209.66	0.033407	3.67	10.67	17.97	1.52
Rio Piraula - CL	240.00	Q(Tr200)	39.19	206.73	207.67	207.87	208.30	0.033746	3.53	11.11	20.06	1.51
Rio Piraula - CL	200.00	Q(Tr200)	39.19	205.37	206.36	206.57	207.03	0.029983	3.61	10.86	17.20	1.45
Rio Piraula - CL	173.04	SEZ. 6	Q(Tr200)	204.30	206.10	206.16	206.39	0.007206	3.12	26.02	50.00	0.76
Rio Piraula - CL	170.64*		Q(Tr200)	204.29	205.97	206.05	206.36	0.015825	3.85	19.32	36.41	1.00
Rio Piraula - CL	170.44*		Q(Tr200)	204.29	206.12	205.71	206.22	0.002895	2.24	36.53	46.61	0.54
Rio Piraula - CL	168.86	SEZ. 8	Q(Tr200)	204.22	206.13	205.64	206.21	0.002319	2.07	40.30	48.89	0.49
Rio Piraula - CL	167.26*		Q(Tr200)	204.15	206.14	205.57	206.20	0.001789	1.87	44.16	49.45	0.43
Rio Piraula - CL	167.06*		Q(Tr200)	204.15	205.91	205.91	206.18	0.011140	3.34	22.15	38.28	0.85
Rio Piraula - CL	165.71	SEZ. 10	Q(Tr200)	203.96	205.63	205.77	206.14	0.017378	4.22	16.59	27.23	1.10
Rio Piraula - CL	160.91		Q(Tr200)	203.50	204.88	205.30	205.99	0.058295	5.37	9.30	17.32	2.02
Rio Piraula - CL	156.77		Q(Tr200)	203.70	204.70	205.05	205.76	0.046243	4.57	8.65	14.80	1.81
Rio Piraula - CL	150.01		Q(Tr200)	203.51	204.47	204.82	205.57	0.046025	4.65	8.44	12.50	1.80
Rio Piraula - CL	100.00		Q(Tr200)	201.73	202.44	202.97	204.87	0.198479	6.90	5.68	14.16	3.48
Rio Piraula - CL	60.00		Q(Tr200)	200.52	201.60	201.69	202.08	0.018846	3.06	12.81	18.44	1.17
Rio Piraula - CL	20.00		Q(Tr200)	199.32	200.20	200.45	200.98	0.040477	3.91	9.98	17.55	1.66

Comune di Sennariolo (OR) | Miglioramento reti e servizi di mobilità stradale. Piano straordinario di messa in sicurezza delle strade nei piccoli comuni delle aree interne con una popolazione inferiore ai 2000 abitanti. Realizzazione guado fluviale sul Rio Piraula - Strada comunale Piriddu: CUP D97H19002600002 - CIG Z312D3DB18

Progetto Definitivo/Esecutivo