COMUNE DI MURAVERA

COMMITTENTE

BRUNO CABRAS - ANTONELLA MELIS

VARIANTE AL PAI
ART. 37 - c.3 lettera B

Parte Idraulica

PROGETTISTI INCARICATI

Ing. Alessandro Salis
Via Palomba 53
09128 Cagliari

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA CAGLIARI
N. 3349 Dr. Ing. ALESSANDRO SALIS

Geol Fausto Alessandro Pani
Via Castelli A, 2,
09122 Cagliari CA

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE SARDEGNA
N. 89 Dott. Geol. FAUSTO ALESSANDRO PANI

Elaborato

RELAZIONE IDRAULICA

Allegato	**All. 03**	Scala	------
Data	Aprile 2025	Rev.	02

SOMMARIO

1 PREMESSA 2

2 VALUTAZIONE DELLO STUDIO COMUNALE NEL CONTESTO IN ESAME. 7

3 ANALISI IDRAULICA 13

3.1 METODOLOGIA DI STUDIO 13
3.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO 16
3.3 RISULTANZE DELLO STUDIO 18

1 PREMESSA

La verifica puntuale delle condizioni di pericolosità idraulica nel'area in esame si è resa necessaria a seguito di una verifica dettagliata delle condizioni altimentriche del contesto. In particolare, si potrà rilevare , come di seguito descritto, che sia l'interno dell'abitazionee e sia altre aree prossime al lotto presentano nel DTM1m reso disponibile dalla Regione Sardegna, alcune informazioni non esaustive che, in vitu delle modeste portate di deflusso del Rio, possono determinare alterazioni in alcuni casi significative delle analisi di pericolosità idraulica.

Procedendo con un descrizione più esaustiva del contesto esaminato, si può rilevare come l'abitazione, presente già nelle immagini aeree della fine degli anni 90 (Figura 1) risulta in un contesto altimetrci generalmente a quota maggiore rispetto al terreno contermine.

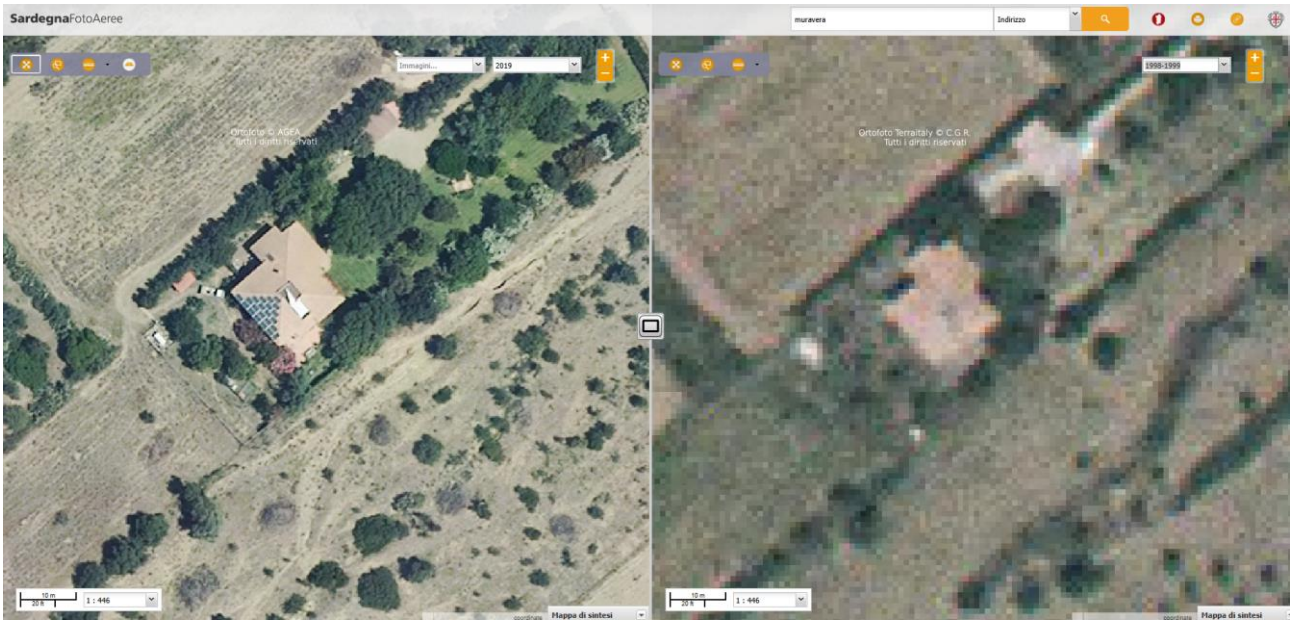


Figura 1 Riscontro storico fotografico.

Dall'esame del modello digirtale del terreno a passo un metro non si ha riscontro di tale sovralzo altimetro, in particolare, si vogliono di seguito metere a confronto il DSM Bild della regione Sardegna e la Foto Aerea 2008 della fascia costiera. In particolare l'immagine in alto a sinistra evidenzia l'impronta del DSM costituita dall'edificio, la foto aerea in alto a destra di pari scala mostra l'edificio corrispondente; la terza immagine è rappresentativa di una sovrapposizione del dsm(in trasparenza) con l'immagine aerea, è evidente l'assenza di lettura da parte del DSM di una porzione che, dall'immagine aerea risulta pavimentata.

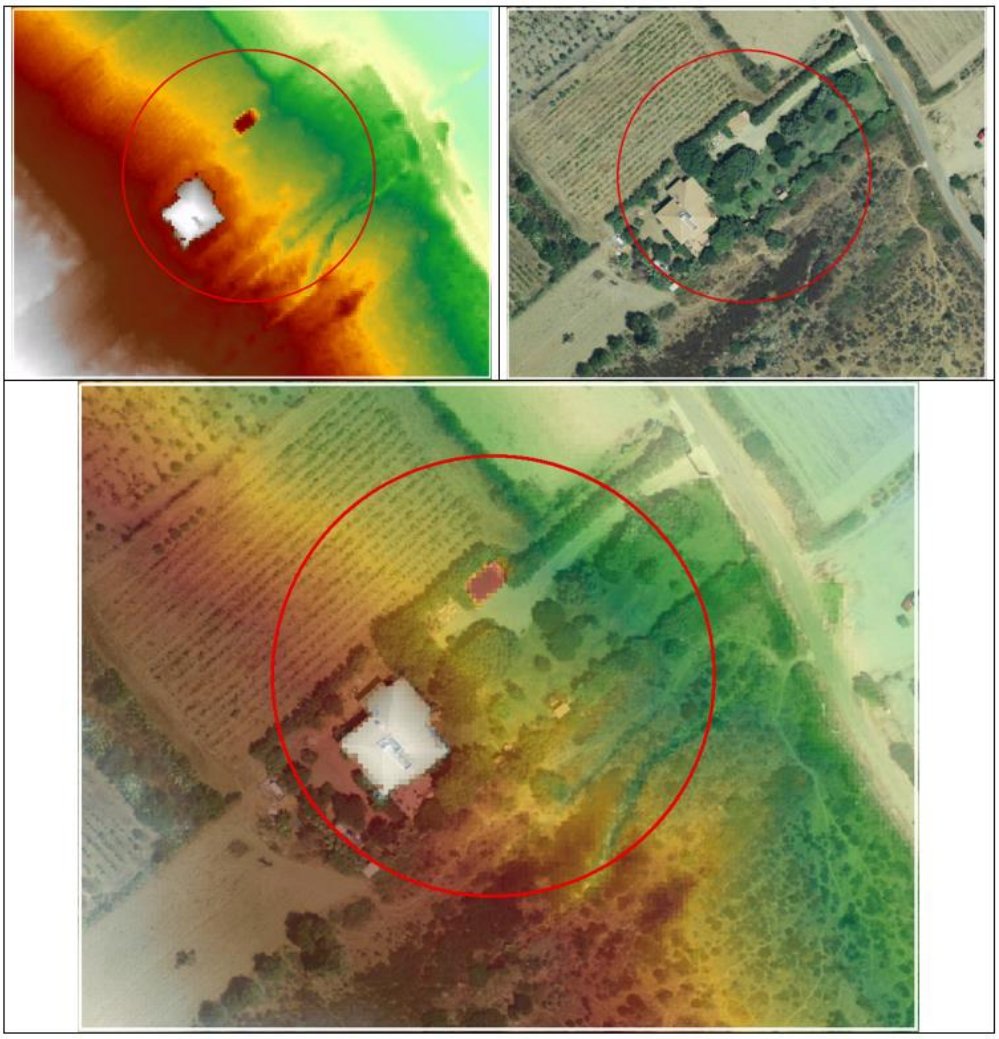


Figura 2 Sovrapposizione DSM con immagine aerea.

Da un sopraluogo efettuato, si è riscontratto che la superficie pavimentata cosituisce un terrapieno sul quale insiste l'abitaziome, terrapieno che non è stato letto dal DSM e tanto meno dal DTM che ne è derivato.

Dal sopraluogo si è potuto verifica che la quota di sedime dell'area sulla quale è stata relizzata l'abitazione pogia su un rilevato la cui altezza è variabile tra i 35-40cm e i 55-60 cm nei punti più alti. Tale rilevato e retto da una muratura che negli anni ne ha garantito la stabilità.

Le immagini che seguono danno ampia documentazione di quanto espresso, sono infatti riportate immagini rappresentative in scala crescente che mettono in evidenza la conformazione altimentrica del contesto.

Le prime due immagini colte da drone mettono in risalto:

- la prima, la terrazza lastricata della quale si è fatto cenno in precedenza e non rilevata dal DSM

- la seconda, il muro di contenimento che segna il limite del sovlalzo di quota sulla quale risulta l'edificio.



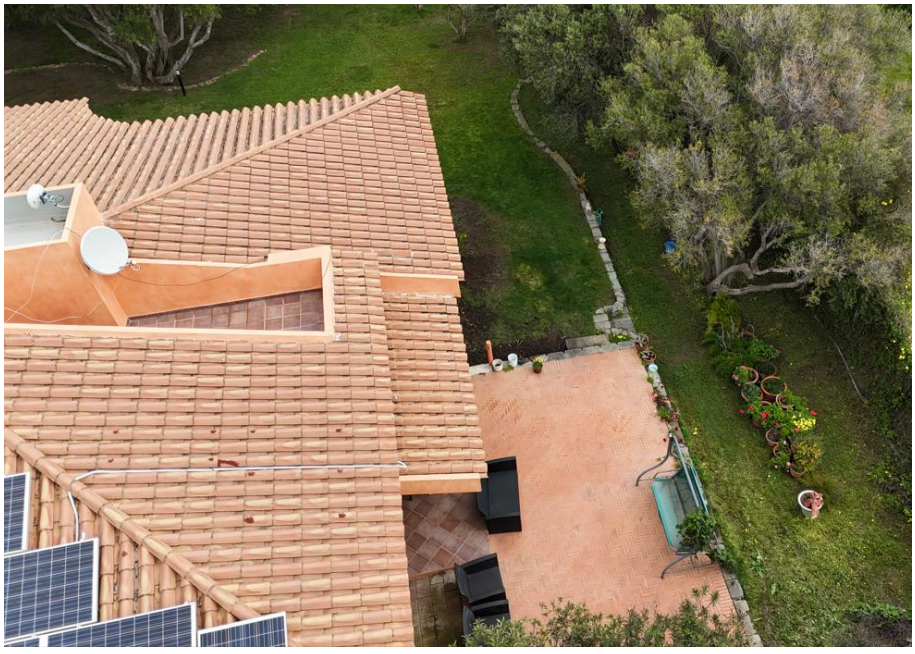


Figura 3 Immagine colta dal drone

La Figura 4 colta da terra evidenzia un'altra visule del muro di contenimento che cinge a distanza l'edificio.



Figura 4 Immagine colta dal giardino

Sucessivamente sono state effettuate delle misure finalizzate alla lettura puntuale dell'altezza del muro e quindi del terrapieno; le immagini danno riscontro si una variabilità compresa tra i quaranta centimetri e punti prossimi ai 55 cm in corrispondenza dell'area interessata dalla terrazza.
Trascurando quindi il fatto che l'abitazione risulta ulteriormente innalzata, la sostanza sulla quel si è operata l'analisi è legata al fatto che il piano del rilevato che circonda l'abitazione raggiunge e supera di quaranta centimetri il piano di scorrimento









Sulla base delle risultanze dei sopraluoghi sono state efettuate deue valutazioni, la prima vautando le altezze idriche che dalle modellazioni idrauliche venivano riscontrate nelle sezioni HecRas prossime all'edificio

Una seconda valutazione nasceva da una nuova modellazione idraulica in ambiente HecRas finalizata a dare una nuoa interpretazione del processo di scorrimento superificiale.

2 Valutazione dello studio comunale nel contesto in esame.

Di seguito si riporta un estratto dello studio comunale, sono riportati gli elementi significativi dello studio effettuato sul territorio comunale con alcune valutazioni che riguardano il livello di approssimazione insito in una elaborazione che interessa vaste aree territoriali e non mirate ad un comparto ridotto come riguarda il presente studio.

A tal proposito, con riferimento alla Figura 5 e alla Figura 6 si osserva che il contesto evidenziato con un ovale giallo risulta privo si sezioni di controllo, e come tale manca l'informazione puntuale della condizione di pericolosità nell'area, la mappattura avviene quindi per interpolazione tra le informazioni delle due sezioni colte a monte e a valle dell'area di intevento.

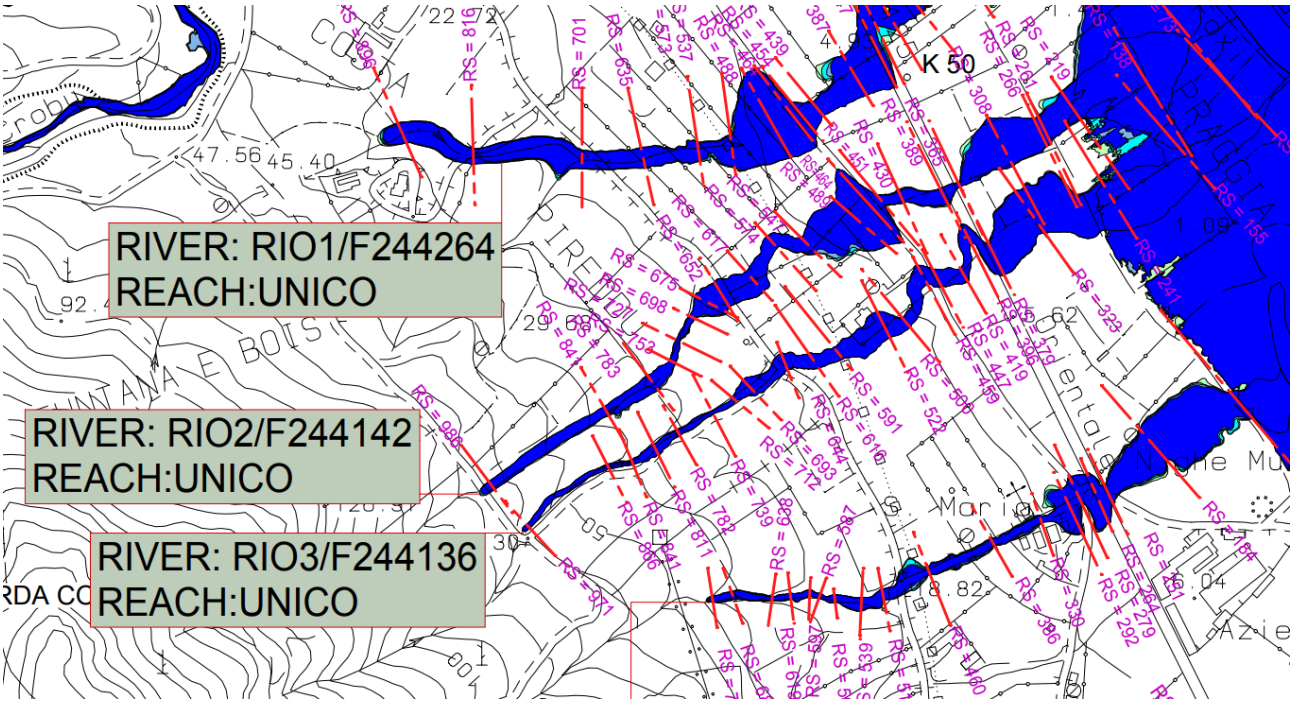


Figura 5 Schema planimetrico modello HecRas del Rio03.

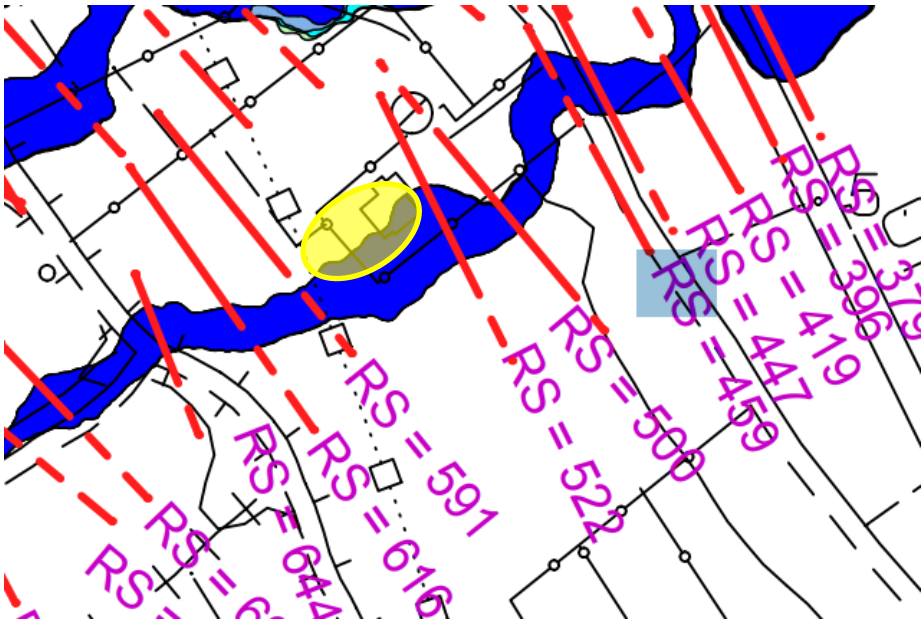


Figura 6 Dettaglio dello schema planimetrico modello HecRas del Rio03.

Le sezioni colte sulle RS591 e RS 522 riportate nelle sucessive come macroinformazione evidenziano altezze idriche nelle aree allagabili non superano i 25cm, la prima sezione colta a monte dell'area in esame, la seconda colta posta a valle dell'abitazione.

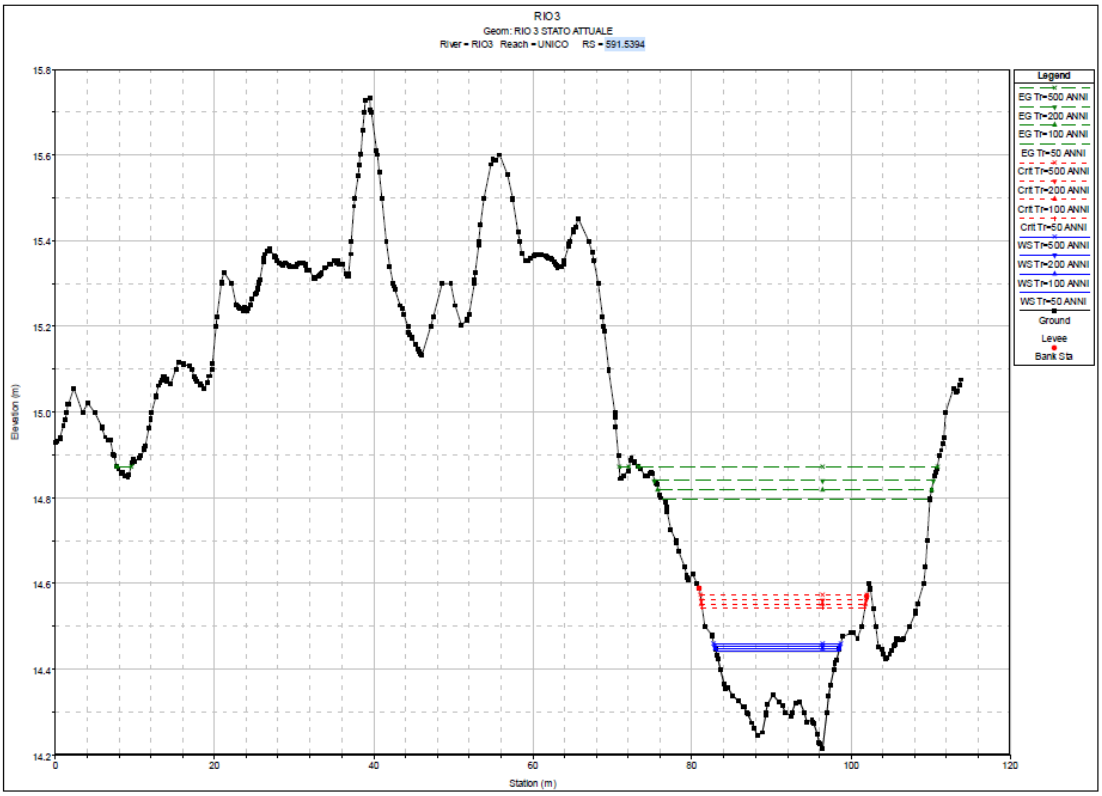
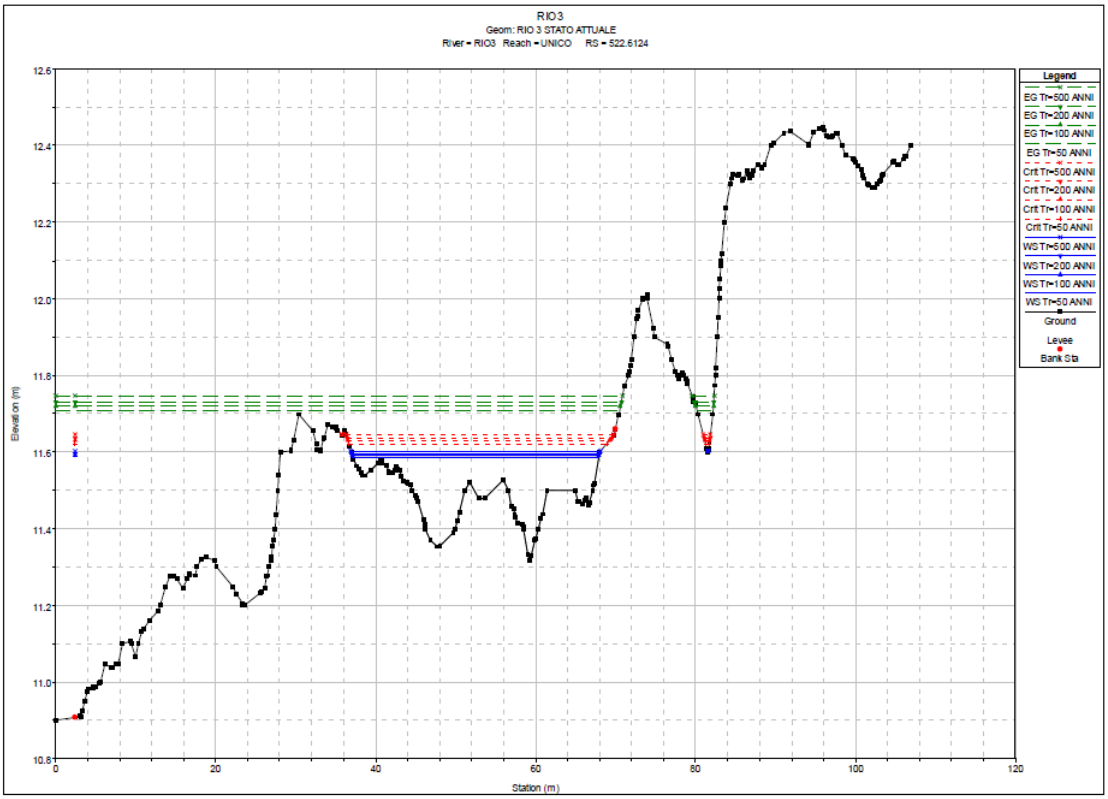


Figura 7 Sezione alla RS 591



81

Figura 8 Sezione alla RS 522

La Tabella 1 riporta le grandezze che contraddistinguono il processo del moto, in particolare si osserva che la sezione di monte, dove si ha un tratto in pendenza con cadente del 6 - 7% circa presenta un velocità di scorrimento poco superiore ai 2m/s, la sezione di valle, a seguito della progressiva riduzione di pendenza del terreno mostra una pendenza di cadente del 1.5 – 3% e una riduzione della velocità su valori dell'ordine di 1.5%; ciò che è importante è che i valori massimi dell'altezza idrica, quale quota pelo libero meno quota minima sono nella sezione di monte dell'ordine dei 20 cm mentre nella sezione di valle di circa 68 cm ma andando a verificare la sezione, si osserva che il Bank è posto in estrema sinistra ma la porzione ove la corrente defluisce ha un valore pari a 11.3m slm quindi il livello idrico assimo si attesta su 30 cm. I valori delle altezze idriche sono quindi decisamente inferiri rispetto ai valori delle modellazioni del terreno lette in corrispondenza del lotto in esame.

Tabella 1 Risultati analitici delle modellazioni idrauliche.

	SEZIONE RS	TEMPO DI RITORNO	PORTATA	QUOTA FONDO	QUOTA PELO LIBERO	QUOTA ALTEZZA CRITICA	QUOTA EN. TOTALE	PENDENZA EN. TOTALE	VELOCITA'	AREA BAGNATA	LARGHEZZA PELO LIBERO	NUMERO FROUDE
RAMO	n°	anni	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m/s)	(m2)	(m)	
UNICO	591.5394	Tr=50 ANNI	5.22	14.21	14.44	14.54	14.80	0.067957	2.64	1.98	15.46	2.36
UNICO	591.5394	Tr=100 ANNI	5.58	14.21	14.45	14.55	14.82	0.067858	2.70	2.07	15.66	2.37
UNICO	591.5394	Tr=200 ANNI	5.95	14.21	14.45	14.56	14.84	0.067946	2.76	2.16	15.81	2.38
UNICO	591.5394	Tr=500 ANNI	6.48	14.21	14.46	14.57	14.87	0.068078	2.84	2.28	16.01	2.40
UNICO	522.6124	Tr=50 ANNI	5.22	10.91	11.59	11.62	11.71	0.028244	1.54	3.39	30.77	1.48
UNICO	522.6124	Tr=100 ANNI	5.58	10.91	11.59	11.63	11.72	0.028422	1.59	3.52	30.87	1.50
UNICO	522.6124	Tr=200 ANNI	5.95	10.91	11.60	11.64	11.73	0.028536	1.63	3.66	30.96	1.51
UNICO	522.6124	Tr=500 ANNI	6.48	10.91	11.60	11.65	11.75	0.028693	1.68	3.86	31.28	1.53

L'immagine che segue è rappresentativa di quanto affermato, riproduce infatti il profilo di corrente, con riquadro del dettaglio nel tratto in esame; la distanza tra le due sezioni prossime all'edificio si attestano sui 70m, i livelli idrici che raggiunge la corrente sono dell'ordine dei 20–30 cm le nodifiche altimentriche del terreno sono prossime ai 50cm con valori di circa 30cm nei tratti oramai a valle dell'abitazione, ne consegue che almeno qualitativamente l'abitazione a l'area contermine rimodellata sono prive di interessamento dalla corrente del rio.

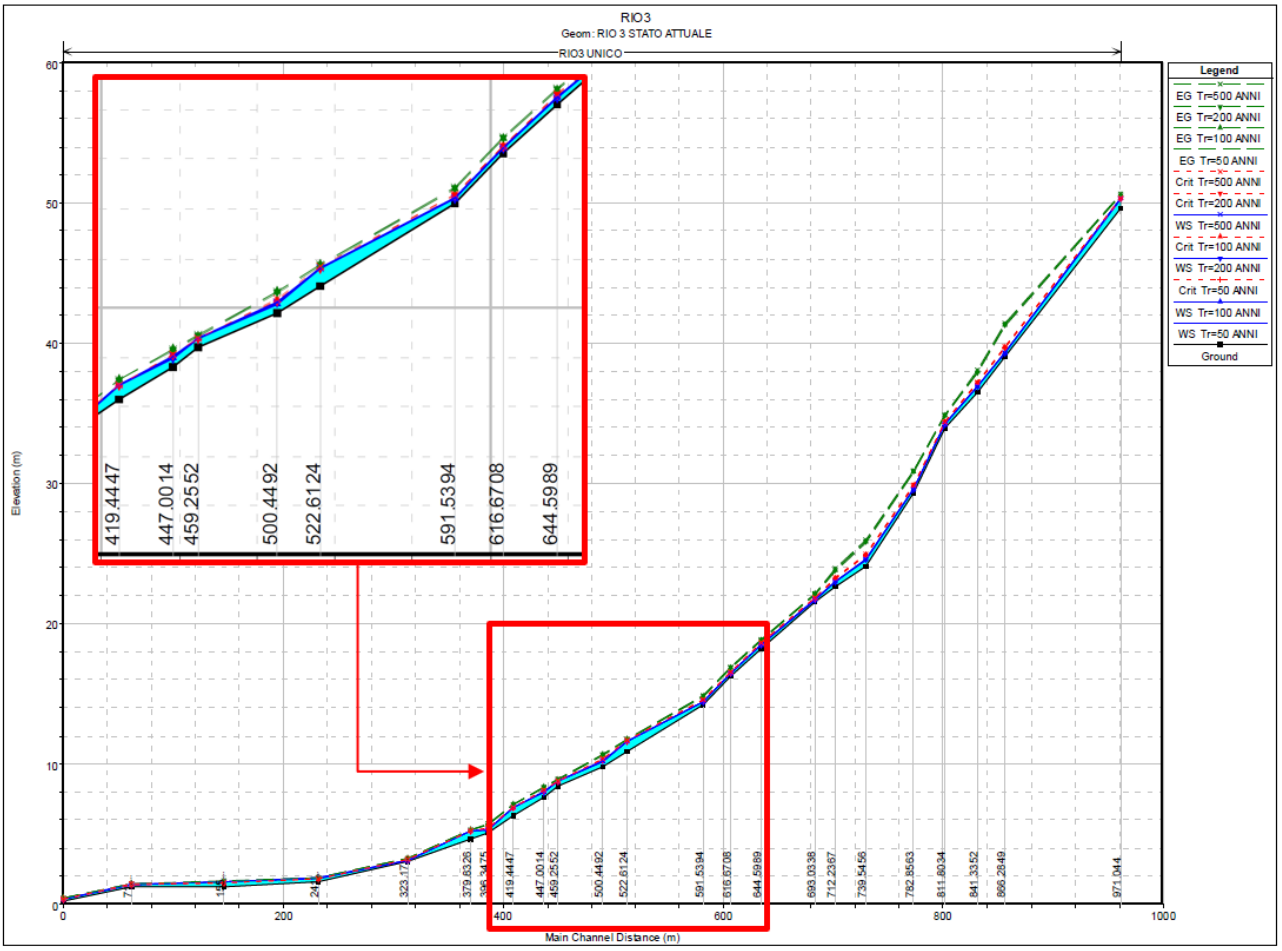


Figura 9 Profilo di corrente in moto permanente.

Un altro contesto meritevole di attenzione è definito in corrispoindenza della porzione d'ingresso del lotto, in corrispodenza delle sezioni 459 e 447; l'area di pericolistà idraulica come evidenziato in Figura 10 assume una forma discontinua abbandonando in maniera sostanziale il reticolo definito all'interno del GedbMp; sittuazione non paradossale per efetto delle modeste altezze del deflusso che quindi fortemente influenzabili anche da asperità locali del terreno.

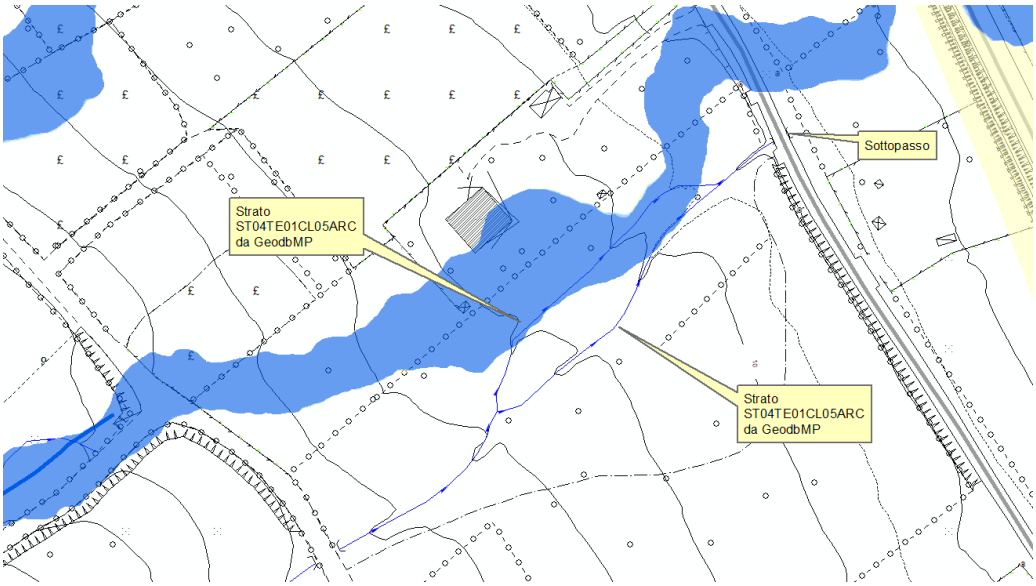


Figura 10 Area di pericolosità vigente su base GeodbMp

Proprio in merito alle asperita del terrreno, si può leggere nella

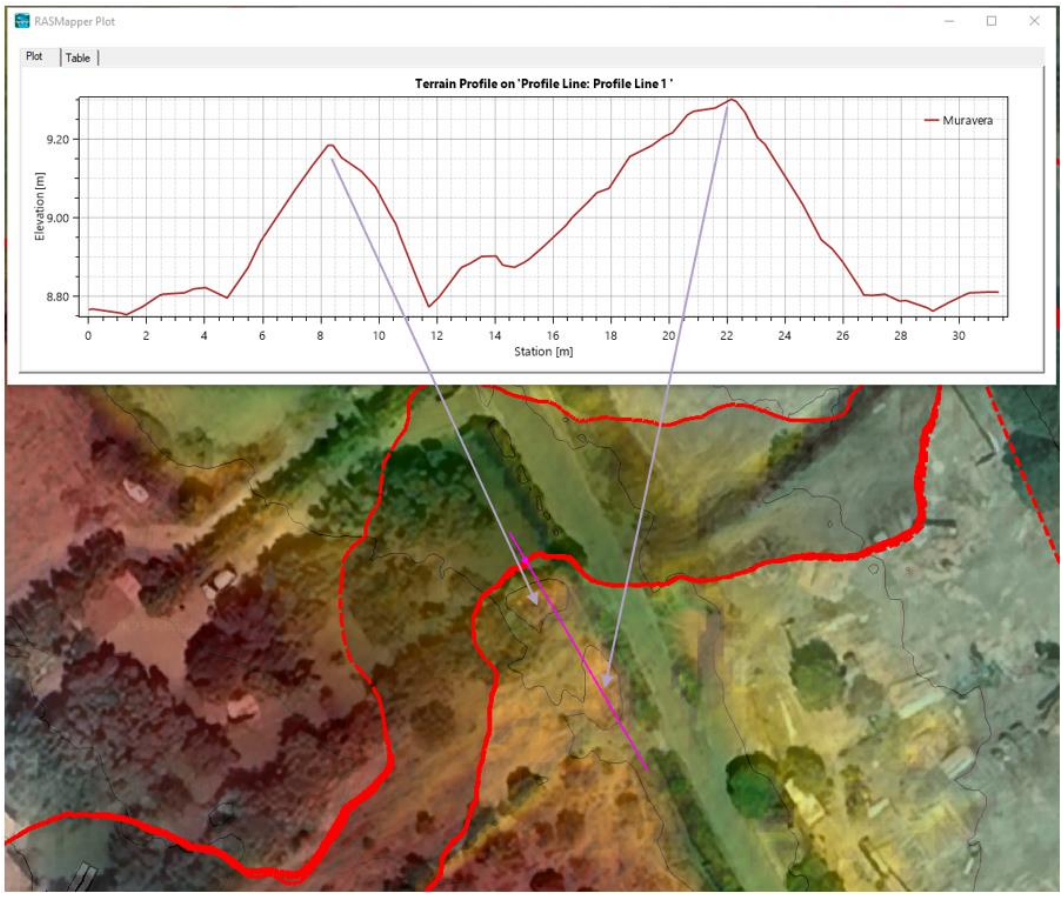


Figura 11 la presenza di due rilevati di altezza 40 – 50 cm e, sempre dalla lettura del diagramma le asperità hanno una larghezza di base prossima alla decina di metri, quindi di dimensioni tali da determinano un oscattolo e una modificazione del deflusso.

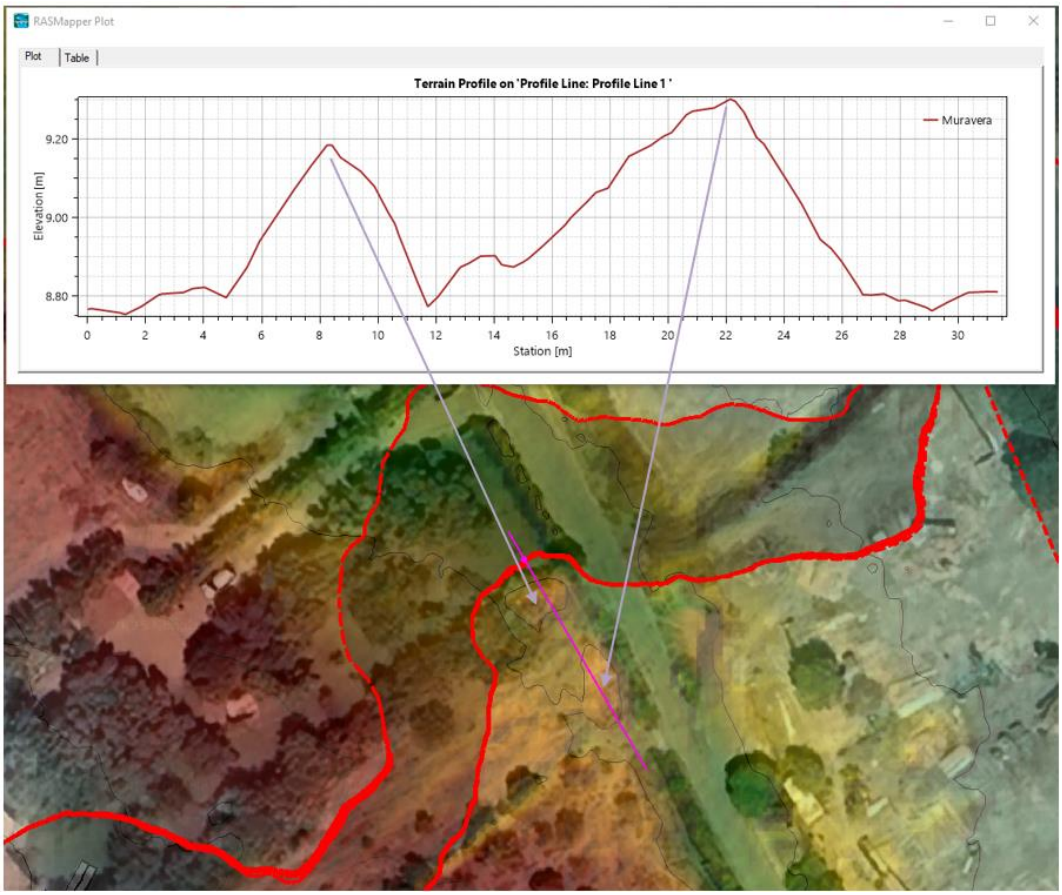


Figura 11 Area di pericolosità vigente su base Dtm1m

La seguente Figura 12 mostra colta a livellod el suolo evidenzia l'assenza dei rilevati presenti nel DTM Ras.



Figura 12 Immagine colta al suolo.

In ultima analisi la successiva



Figura 13 colta dal drone mostra che si ha un sostanziale displuvio in corrispondenza dell'ingresso del lotto (freccia rossa), la strada assume una depressione a corda molle con posizionamento del tombino di attraversamento ubicato nel riquadro giallo



Figura 13 Immagine da drone.

Le condsiderazioni esposte portano ad affermare che localmente le informazioni fornite dal DTM1m possono indurre valutazini differenti da quelle che possono essere desunte da un livello di dettaglio più accurato, livello di dettaglio che evidentememnte non può essere richiesto ad uno studio di carattere comunale.

Segue quindi al presente paragrafo la descrizione di un nuovo modello idraulico.

3 Analisi idraulica

Nella presente sezione è stata condotta la simulazione idraulica del Rio 3 nel tratto prossimo all'area in esame, utilizzando il modello digitale del terreno a 1 m fornito dalla Regione Sardegna integrato con un rilievo di dettaglio eseguito sull'area in sinistra idraulica del fiume.

3.1 Metodologia di studio

La fase di processo delle informazioni morfometriche del sistema, come già anticipato, ha come obiettivo primario quello di individuare i principali dati da utilizzarsi per l'analisi idraulica, e precisamente:

- la definizione dell'asse del corso d'acqua;
- il tracciamento del ciglio destro e sinistro dell'alveo;
- il tracciamento delle sezioni trasversali;

Il codice di calcolo utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, nella sua versione 6.6, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario. Utilizzato adeguatamente può riprodurre, inoltre, processi quasi-bidimensionali.

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a rischio idraulico e utilizzando tale codice. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, la scabrezza che metta in conto le resistenze idrauliche, le condizioni al contorno e le portate.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite ed è in grado di modellare il comportamento di canali naturali e artificiali tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo che possano influenzare le caratteristiche della corrente.

Moto permanente

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata *standard step*, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 {V_2}^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 {V_1}^2}{2g} - h_e$$

dove:

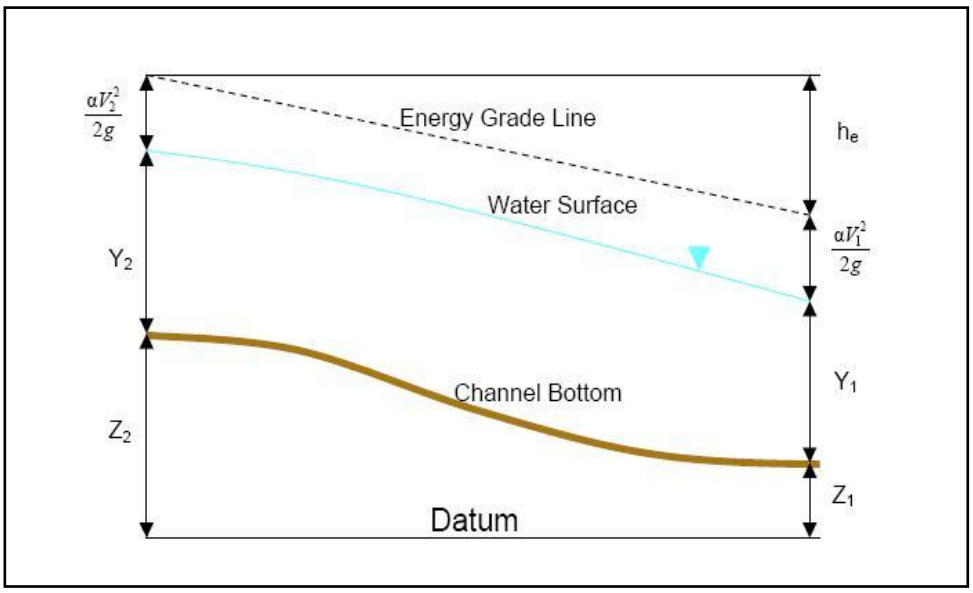
Y1 e Y2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

Z1 e Z2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

V1 e V2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

α1 e α2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche;

he è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.



Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

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

dove:ca

L è la lunghezza del tronco considerato;

$\overline{S_f}$ è la cadente media tra le due sezioni;

C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita di carico totale per attrito, prodotto tra le due sezioni dalla cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verifichino transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto

quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

Condizioni al contorno in moto permanente

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime misto, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

3.2 Applicazione del modello

Lo studio è stato condotto lungo il tratto d'alveo di lunghezza pari a 700 m circa, con 45 transetti di lunghezza compresa tra 20 m e 50 m circa tracciati trasversalmente al flusso. Di tutto il modello la porzione che specificatamente riguarda l'area contermine al cotesto in esame è compresa tra il transetto RS338 e il transetto RS119.86, per una lunghezza di circa 300m, i transetti esterni hanno la funzione di *avvicinamento* del flusso di corrente onde al tratto di interesse. Si badi bene che la porzione di ulteriore interesse, quella prossima al loto è ancora più ridotta avendo una lunghezza di circa 40m

Nella modellazione sono state utilizzate come condizioni al contorno la condizione di moto uniforme con pendenza del 15% alla sezione di monte e con pendenza del 3% alla sezione di valle.

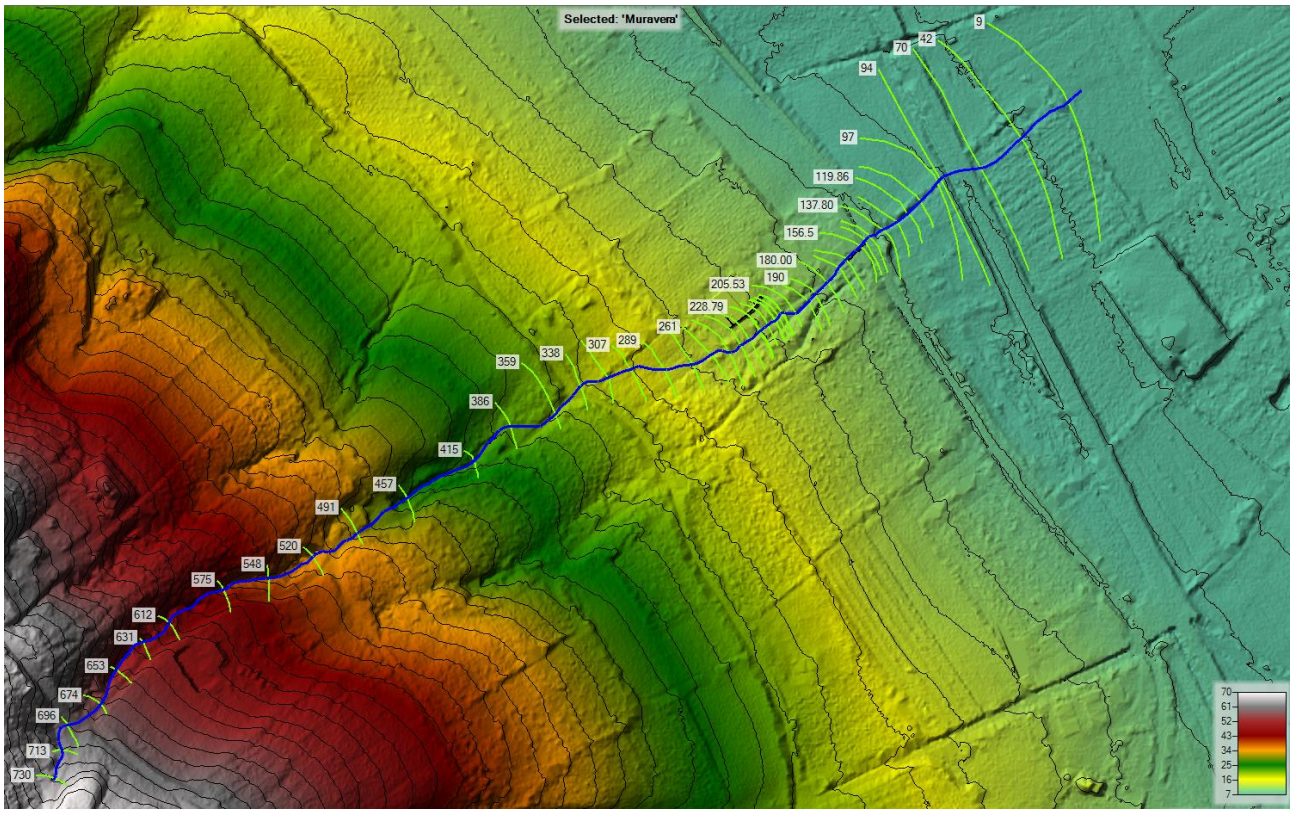


Figura 14 Planimetria modello idraulico esteso.

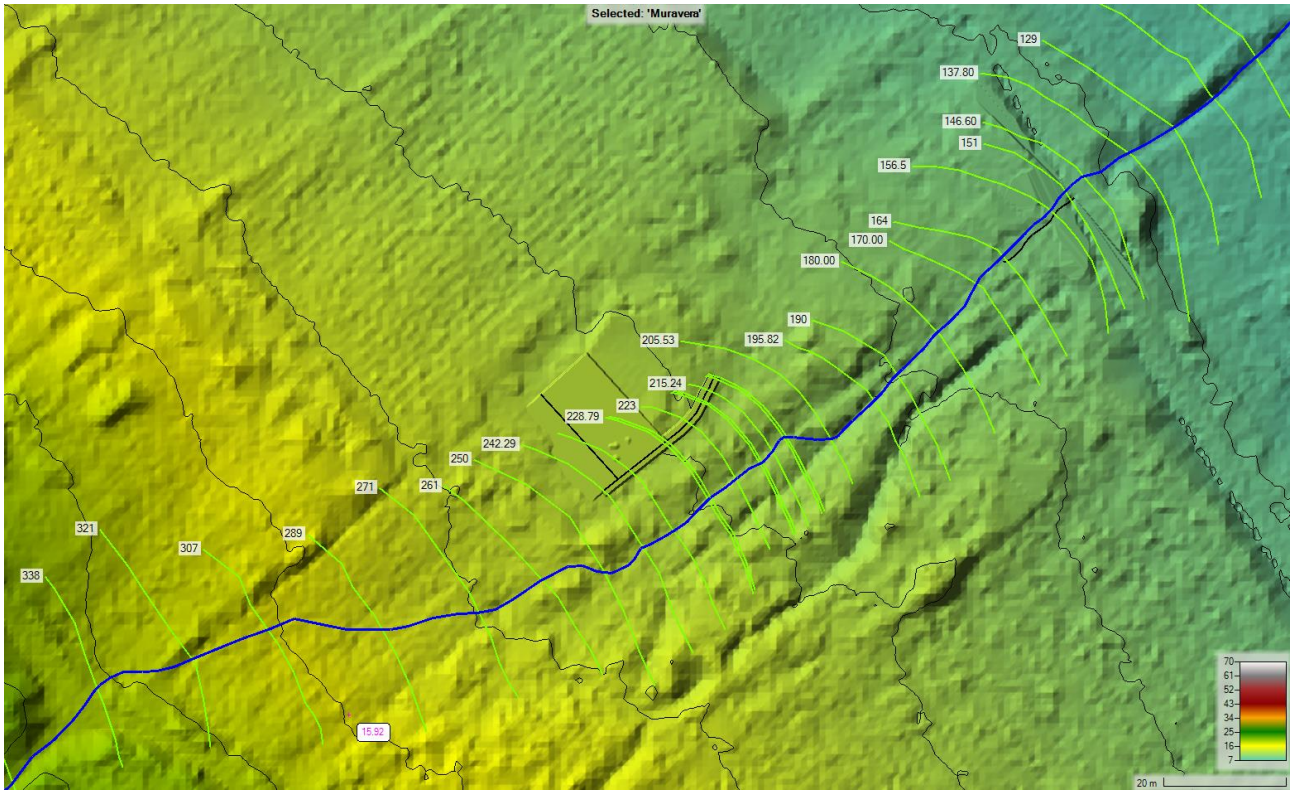


Figura 15 Planimetria modello idraulico porzione analizzata.

3.3 Risultanze dello studio

Dalla simulazione idraulica una divagazione delle portate in senso disordinato per la mancanza, se non ad eccezione di alcuni tratti, di un alveo inciso.

A larga scala la simulazione è stata confrontata con le perimetrazioni del PGRA, e si denota una sostanziale sovrapposizione lungo gran parte del percorso a dimostrare una generale omogeneità dei risultati legati dalla modellazione monodimensionale.

L'immagine che segue mostra con colorazione piena l'impronta di allagamento relativa alla piena cinquantenaria e con linea rossa l'impronta Hi4 dello Studio Comunale. In prossimità della residenza il limite di quota del terreno impedisce la divagazione in sinistra idraulica che caratterizzava l'area di pericolosità idraulica definita nell'ambito dello studio comunale.

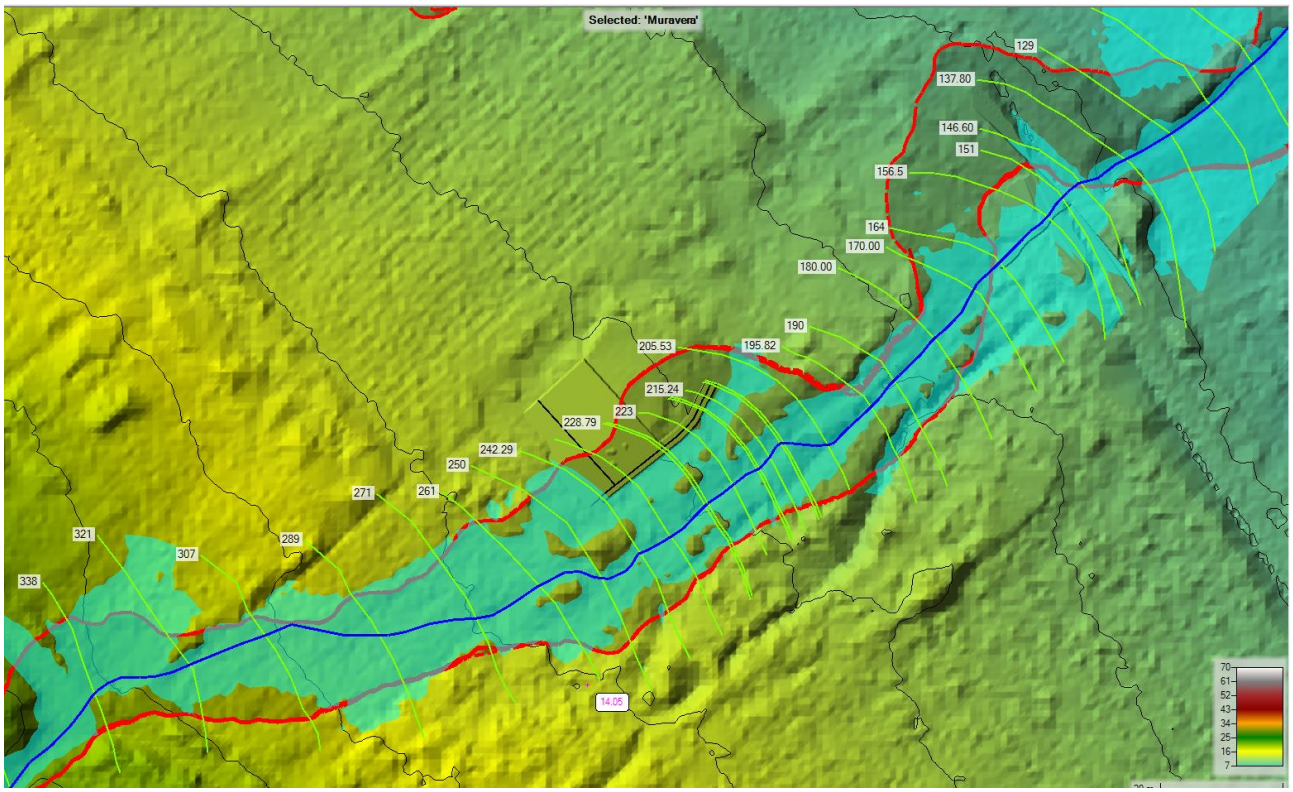
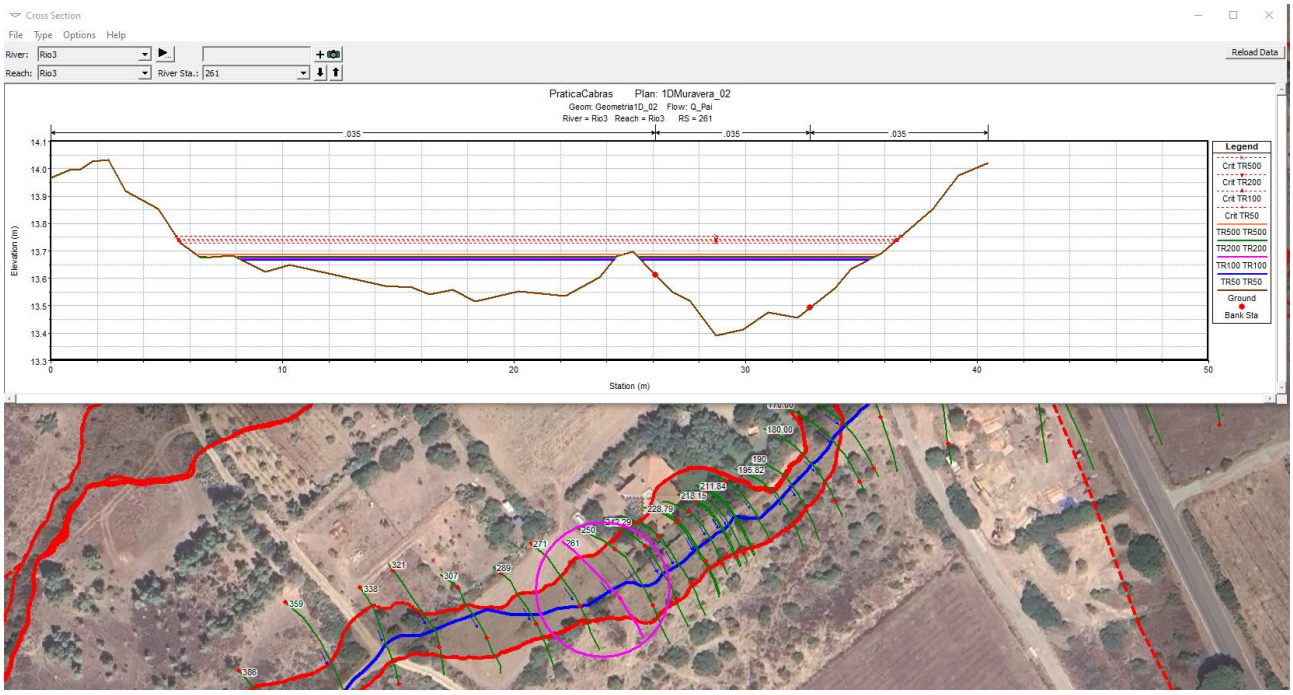
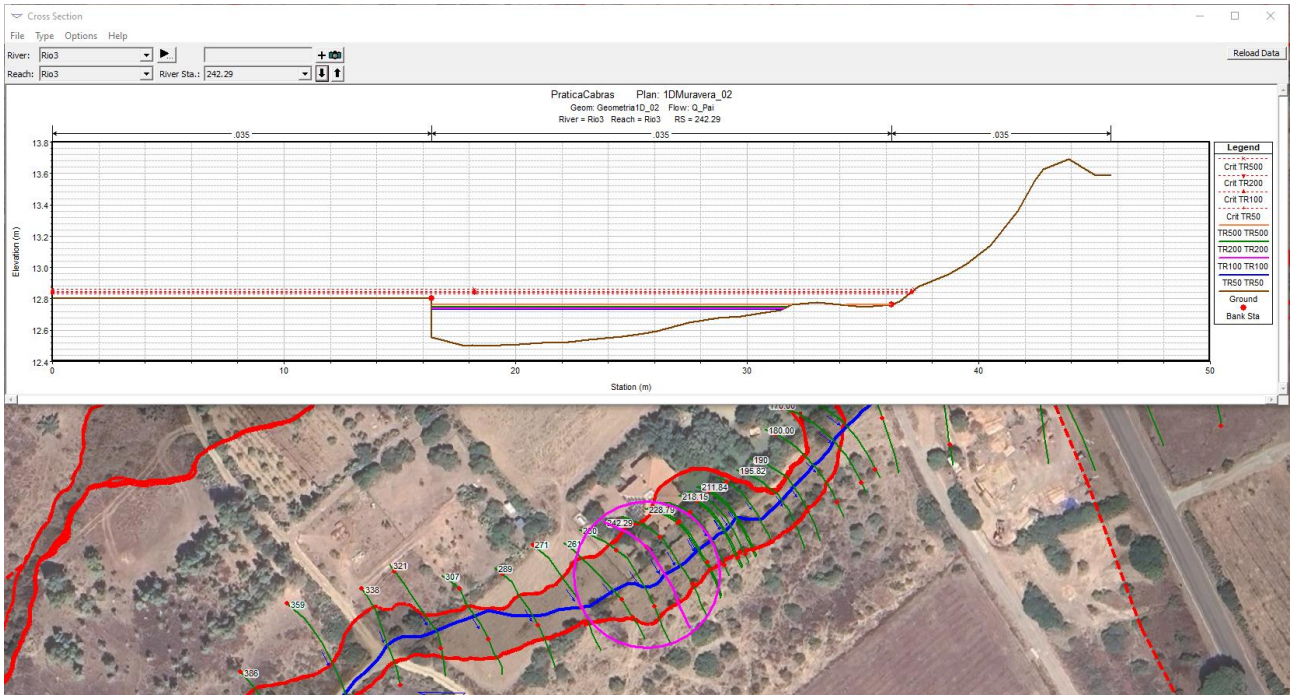
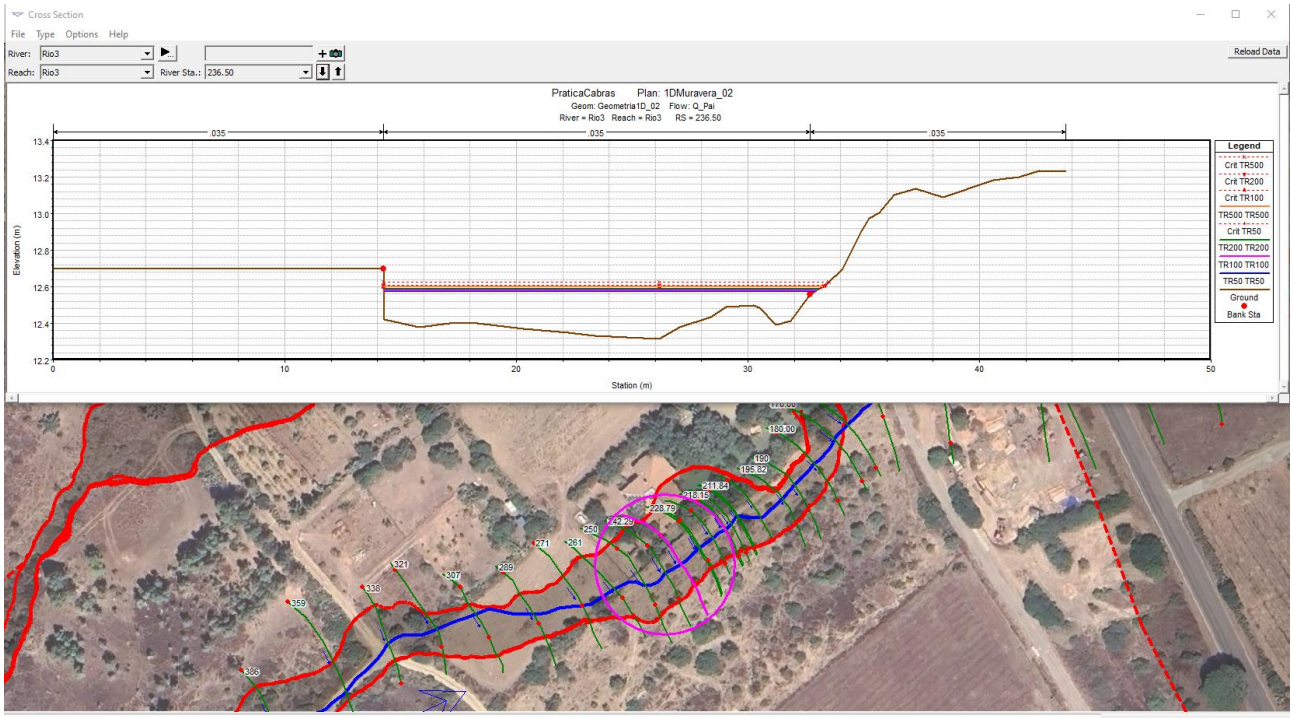


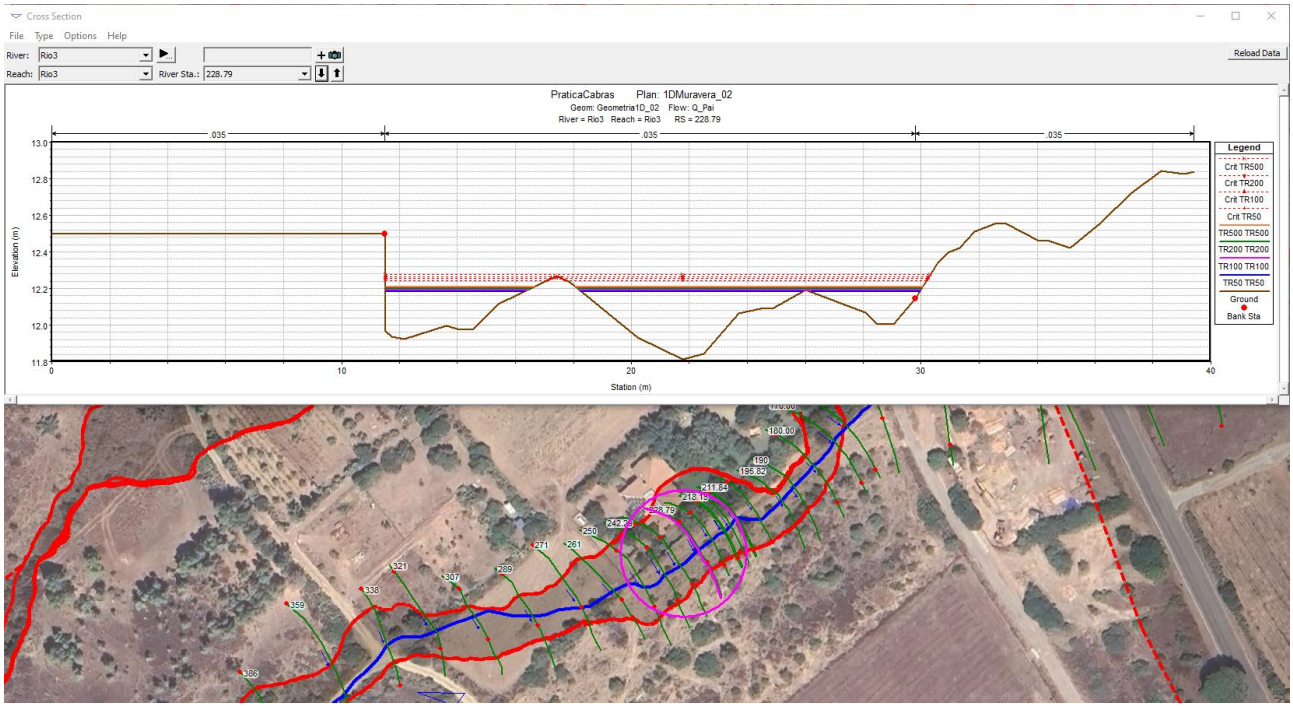
Figura 16- Confronto modellazione idraulica con studio comunale (in rosso)

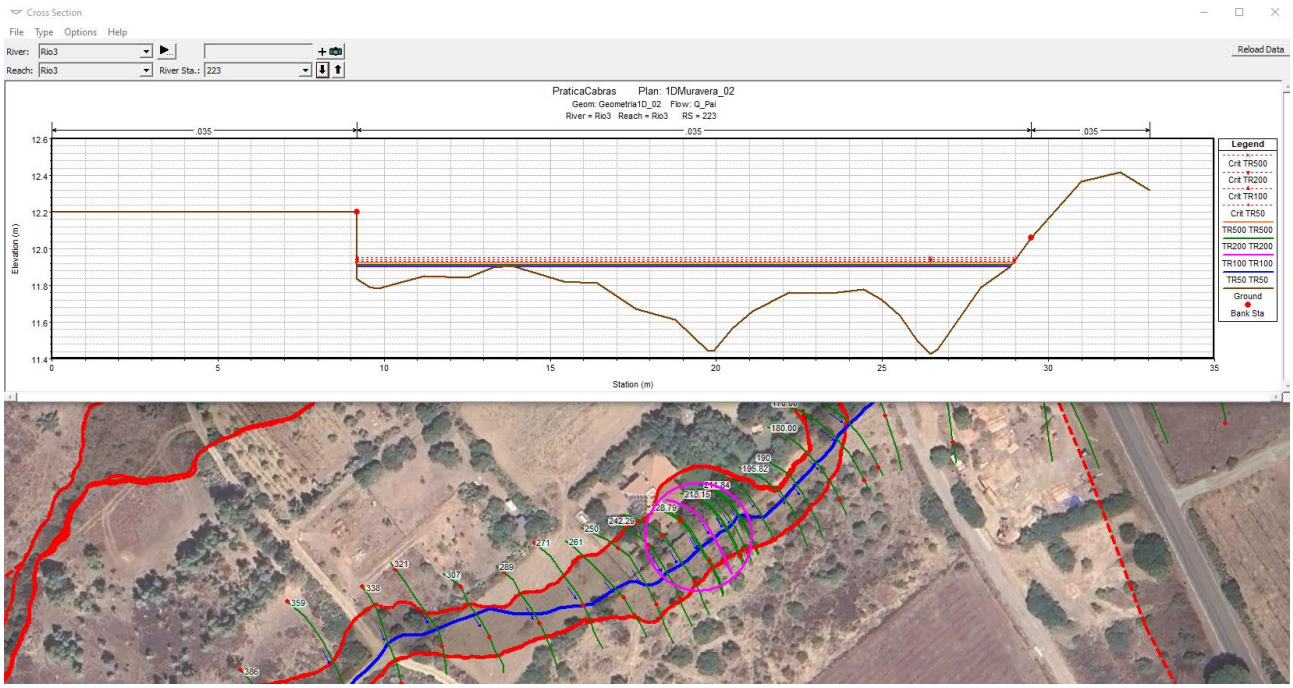
Le risultanze di dettaglio dell'area in oggetto sono mostrate di seguito. In particolare il livello di pericolosità Hi4 e Hi3 non interessano il comparto, che invece risulta soggetto in minima parte alla piena duecentenaria e in misura maggiore a quella cinque centenaria. Seguono le sezioni colte in corrispondenza dell'area in esame

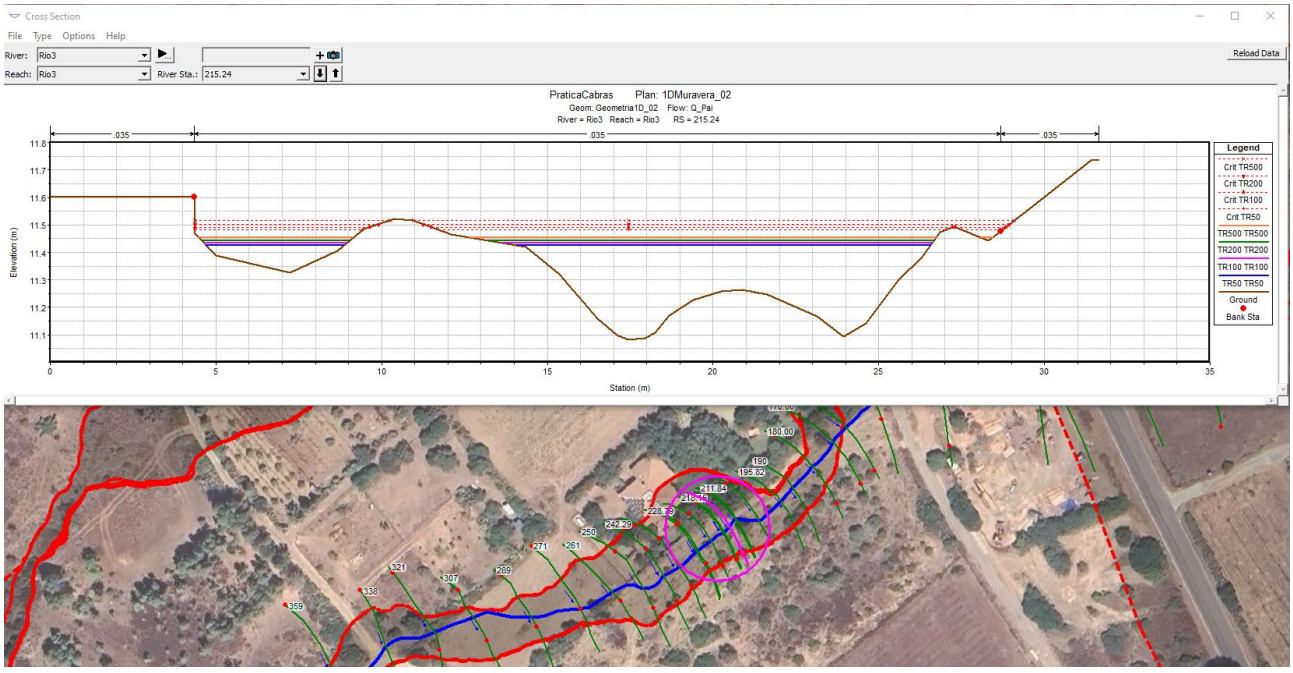

Cross Section
File Type Options Help
River: Rio3
Reach: Rio3
River Sta.: 261
Reload Data
PraticaCabras Plan: 1DMuravera_02
Geom: Geometria1D_02 Flow: Q_Pai
River = Rio3 Reach = Rio3 RS = 261
.035
.035
.035
Legend
Crit TR500
Crit TR200
Crit TR100
Crit TR50
TR500 TR500
TR200 TR200
TR100 TR100
TR50 TR50
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
180.00
150
195.82
211.84
218.15
228.79
242.29
250
271
261
321
307
289
338
359
386

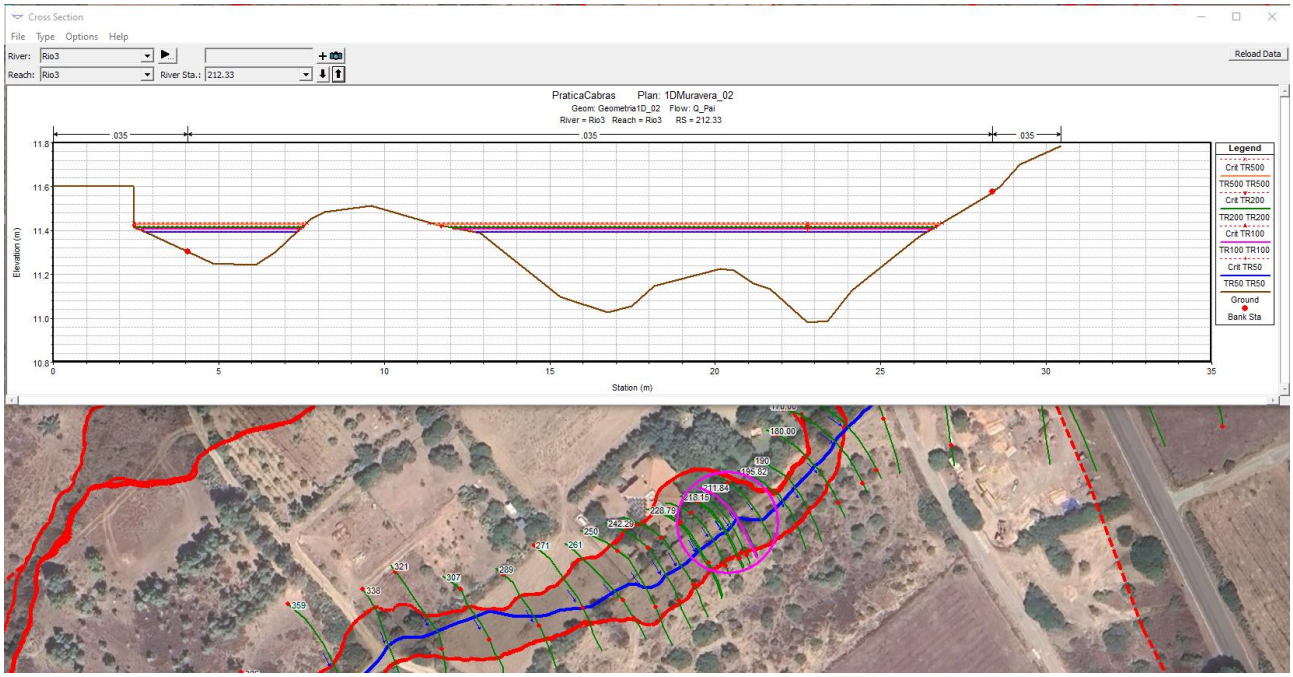

Cross Section
File Type Options Help
River: Rio3
Reach: Rio3
River Sta.: 242.29
Reload Data
PraticaCabras Plan: 1DMuravera_02
Geom: Geometria1D_02 Flow: Q_Pai
River = Rio3 Reach = Rio3 RS = 242.29
.035
.035
.035
Legend
Crit TR500
Crit TR200
Crit TR100
Crit TR50
TR500 TR500
TR200 TR200
TR100 TR100
TR50 TR50
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
180.00
150
195.82
211.84
218.15
228.79
242.29
250
271
261
321
307
289
338
359
386

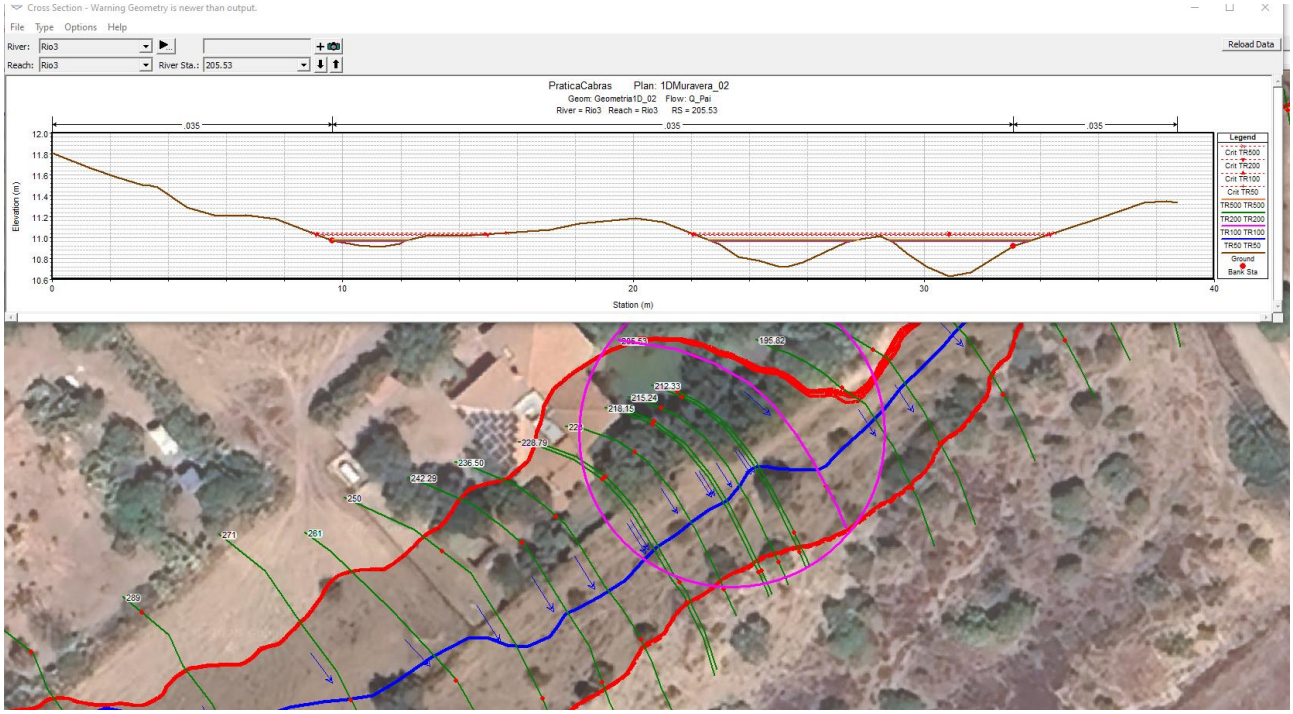

Cross Section
File Type Options Help
River: Rio3
Reach: Rio3
River Sta.: 236.50
Reload Data
PraticaCabras Plan: 1DMuravera_02
Geom: Geometria1D_02 Flow: Q_Pai
River = Rio3 Reach = Rio3 RS = 236.50
.035
.035
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
Crit TR500
Crit TR200
Crit TR100
TR500 TR500
Crit TR50
TR200 TR200
TR100 TR100
TR50 TR50
Ground
Bank Sta
180.00
150
195.82
211.84
215.15
228.79
242.29
250
271
261
321
307
289
338
359
386


Cross Section
File Type Options Help
River: Rio3
Reach: Rio3
River Sta.: 228.79
Reload Data
PraticaCabras Plan: 1DMuravera_02
Geom: Geometria1D_02 Flow: Q_Pai
River = Rio3 Reach = Rio3 RS = 228.79
.035
.035
.035
Elevation (m)
Station (m)
Legend
Crit TR500
Crit TR200
Crit TR100
Crit TR50
TR500 TR500
TR200 TR200
TR100 TR100
TR50 TR50
Ground
Bank Sta
180.00
150
195.82
211.84
215.15
228.79
242.29
250
271
261
321
307
289
338
359
386


Cross Section
File Type Options Help
River: Rio3
Reach: Rio3
River Sta.: 223
Reload Data
PraticaCabras Plan: 1DMuravera_02
Geom: Geometria1D_02 Flow: Q_Pai
River = Rio3 Reach = Rio3 RS = 223
Legend
Crit TR500
Crit TR200
Crit TR100
Crit TR50
TR500 TR500
TR200 TR200
TR100 TR100
TR50 TR50
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Cross Section
File Type Options Help
River: Rio3
Reach: Rio3
River Sta.: 215.24
Reload Data
PraticaCabras Plan: 1DMuravera_02
Geom: Geometria1D_02 Flow: Q_Pai
River = Rio3 Reach = Rio3 RS = 215.24
Legend
Crit TR500
Crit TR200
Crit TR100
Crit TR50
TR500 TR500
TR200 TR200
TR100 TR100
TR50 TR50
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)





Una rappresentazione totale delle risultanze del modello idraulico sono consegnate negli elaborati HecRas Allegati alla presente

Cagliari Aprile.2025 Ing. Alessandro Salis