



COMUNE DI BOLOTANA

Provincia di Nuoro



EL.

L

*Studio idrogeologico ai sensi del combinato disposto degli articoli
8 c2 bis, ter e 37 delle N.T.A. del P.A.I
Località Badde Salighes*

RELAZIONE IDRAULICA

COMMITTENTE:

Comune di Bolotana

REV

00

DATA

Dicembre 2024

IL RESPONSABILE DEL
SERVIZIO TECNICO

IL RESPONSABILE DEL
PROCEDIMENTO

TECNICI INCARICATI

Dott. Ing. Italo Frau

Dott. Geol. Giulio Piras

COLLABORATORE
Dott.ssa Elisa Simbula

Sommario

1.	<i>METODOLOGIA DI ANALISI IDRAULICA</i>	1
1.1	<i>Modello idraulico</i>	1
1.1.1	<i>Moto permanente</i>	2
1.1.2	<i>Condizioni al contorno in moto permanente</i>	4
1.1.3	<i>Schematizzazione delle sezioni</i>	4
1.1.4	<i>Parametri di verifica</i>	5
2.	<i>RIU TEMO</i>	7

1. Metodologia di analisi idraulica

Lo scopo delle analisi idrauliche è la individuazione delle aree suscettibili di essere inondate da eventi di piena caratterizzati da assegnato tempo di ritorno.

Le metodologie utilizzate seguono quanto prescritto nelle Linee Guida del PAI.

In generale, tutte le analisi sono state condotte assumendo lo stato stazionario (moto permanente) sebbene i processi di propagazione delle onde di piena siano fenomeni di moto vario.

Questa ipotesi è supportata dal fatto che le variazioni di portata nel tempo in occasione delle piene naturali non sono così rapide da rendere necessaria un'analisi in condizioni di moto vario.

Lo studio si è svolto secondo le seguenti fasi:

1. definizione della configurazione del sistema;
2. ricostruzione della geometria dell'alveo mediante rilievo e analisi dei progetti esistenti;
3. individuazione delle condizioni al contorno e implementazione della idrologia del sistema;
4. ricostruzione dei profili di corrente e calcolo dei livelli di moto permanente;
5. tracciamento delle aree di inondazione;

Ogni fase ha comportato l'analisi di studi, progetti e documenti esistenti, indagini presso enti e rilievi di campagna.

1.1 Modello idraulico

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, nella sua versione 6.3.1 del Settembre 2022, 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.

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a rischio idraulico e utilizzando questo codice di calcolo. 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 quali ponti, briglie, paratoie che influenzano le caratteristiche della corrente ecc.

1.1.1 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 (vedi Figura 1)

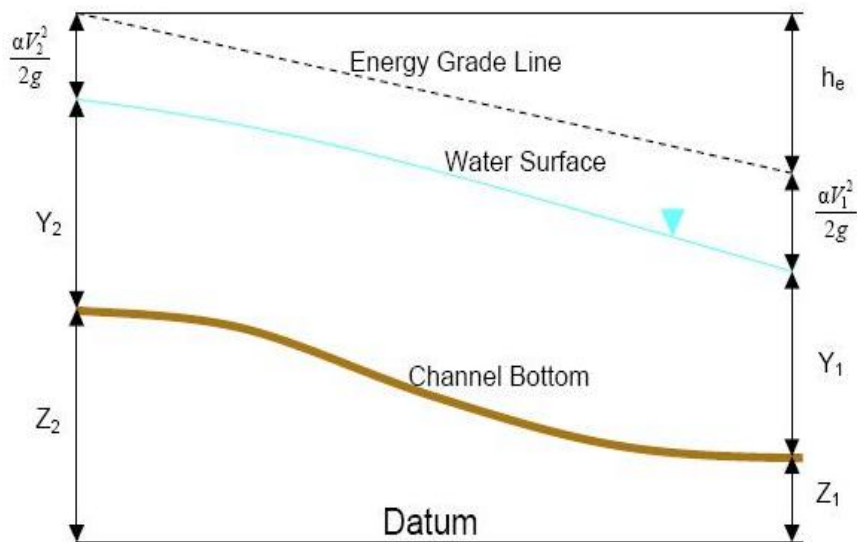


Figura 1 Equazione del bilancio energetico

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

dove:

Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche;

h_e 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:

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

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

\bar{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 totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la 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 verificano 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.

1.1.2 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.

1.1.3 Schematizzazione delle sezioni

Il modello di simulazione richiede che venga definita la geometria di un certo numero di sezioni di calcolo su cui si andranno a calcolare i livelli idrici nelle diverse condizioni di portata.

A tale scopo si è ricostruito lo sviluppo di diverse sezioni trasversali dei corsi d'acqua in studio utilizzando le informazioni cartografiche e di rilievo seguenti:

- Cartografia tecnica regionale al 10000;
- Rilievi diretto strumentale di ponti, tombini e altre opere d'arte;
- DTM 1 m come da rilievo LIDAR Regione Sardegna;
- DTM 10 m della regione Sardegna;
- Sopralluoghi;

Nelle sezioni si è avuto cura di rilevare gli elementi significativi seguenti:

- ☐ Quote del fondo alveo desunte dai rilievi;
- ☐ Quote delle aree golenali in base al DTM 1 m;

- Quote e luci dei manufatti che interferiscono idraulicamente con l'evoluzione della piena: quali ponti, tombini e tratti tombati;

1.1.4 Parametri di verifica

Per quanto riguarda le **condizioni al contorno** per ciascun modello ci si è posti nell'ipotesi di regime misto e pertanto si è imposta una condizione di valle e una di monte.

- come condizione di monte si è assunta l'altezza di moto uniforme corrispondente alla pendenza dell'asta;
- come condizione al contorno di valle si è assunta l'altezza di moto uniforme corrispondente alla pendenza dell'asta o, in alternativa e solo ove disponibile, l'altezza del pelo libero alla confluenza.

La caratterizzazione delle **resistenze idrauliche** dell'alveo e delle aree limitrofe è stata effettuata assumendo opportuni valori del coefficiente di Manning o di Strickler secondo quanto riportato in letteratura (*Open-Channel Hydraulics, V. T. Chow*).

I coefficienti di scabrezza sono stati attribuiti a tratti omogenei d'alveo e di golena riconosciuti attraverso fotografie aeree e ricognizioni sul posto.

In particolare, si è adottato un coefficiente di Manning pari a:

- 0.05/0.04 per i corsi d'acqua montani a carattere torrentizio con elevata presenza di massi e pietrame in alveo
- 0.02-0.01 nei tratti di alveo regolarizzati rivestiti in cls.

Infine, si è posto pari a 0.1 il **coefficiente di contrazione** e 0.3 **quello di espansione**, tipici di transizione graduale fra le sezioni, anche quando in pratica la sezione rimane costante, come nel caso dei tratti regolarizzati.

Come **input idrologico**, sono state assunte le portate indicate *nell'Elaborato I_Relazione Idrologica*.

Output - La procedura descritta ha consentito il calcolo, per ogni sezione, della quota dei livelli idrici corrispondenti alle portate assegnate, nonché tutti i parametri idraulici relativi al profilo di corrente, riprodotti in forma tabellare nei *report* di analisi che riportano i risultati delle modellazioni (*Elaborato M_Risultanze della modellazione idraulica*).

In particolare, i dati numerici forniti dal calcolo sono:

- 1 la quota minima dell'alveo (linea di *thalweg*) in m s.l.m. indicata come quota fondo;
- 2 la quota del pelo libero in m s.l.m.;
- 3 la velocità media in alveo in m/s;
- 4 il numero di Froude.

Il codice HEC, tramite l'applicativo *rasmapper*, produce un file dati specifico per la rappresentazione planimetrica, contenente tutte le informazioni di quota della corrente nelle sezioni di calcolo nonché le coordinate dei punti estremi del pelo libero nel sistema geografico di riferimento che possono essere utilizzate in ambiente GIS per la mappatura delle aree.

2. Riu Temo

Il modello di analisi di riu Temo è costituito da 96 sezioni totali.

I dati di input del modello sono riportati di seguito (condizioni al contorno di monte e valle - e coefficiente di Manning).

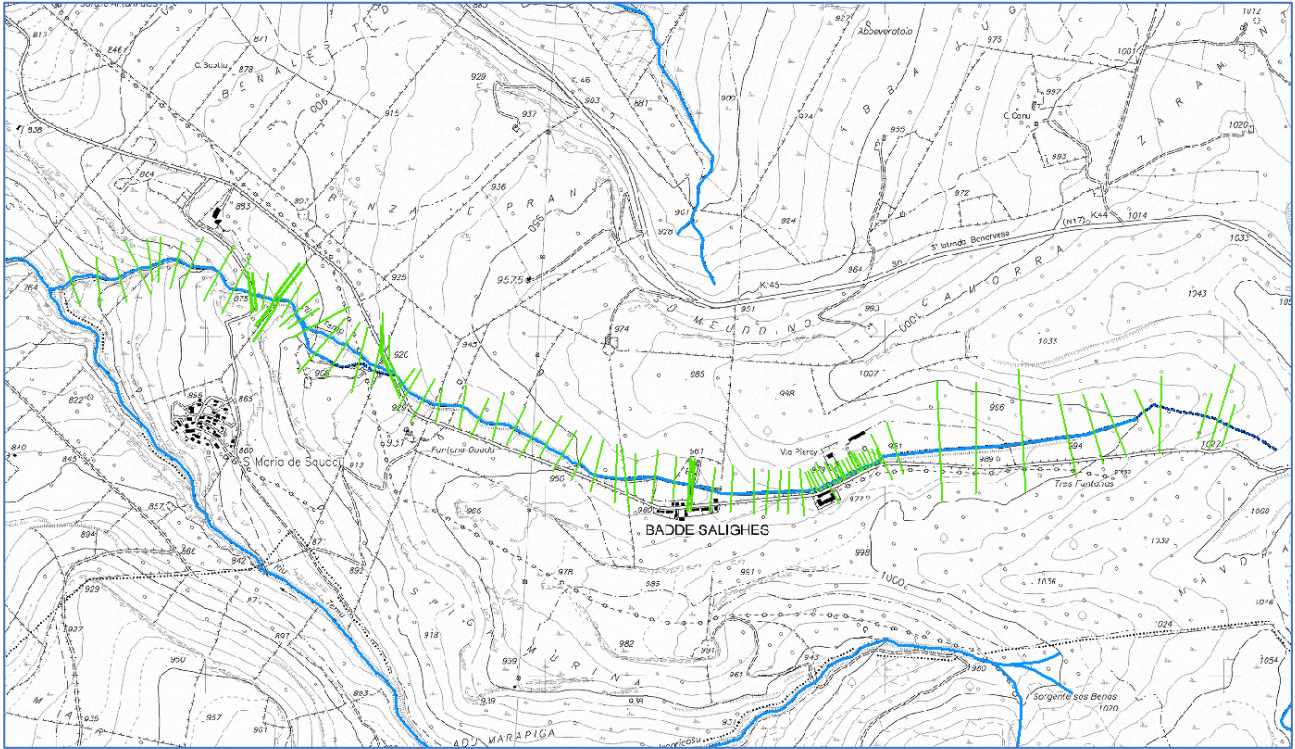


Figura 2 Sezioni Riu Temo

Tabella 1 Condizioni al contorno (pendenza asta)

Condizioni al Contorno	
Valle	0.12
Monte	0.09

Tabella 2 Coefficiente di Manning

Coefficiente di Manning	
Golena	0.04
Alveo	0.04

Per migliorare e rendere più verosimile la simulazione sono state inserite alcune variazioni di portata riportate in tabella 3.

Tabella 3 Portate utilizzate nel modello idraulico

TRATTO	Q50[m³/s]	Q100[m³/s]	Q200[m³/s]	Q500[m³/s]
<i>07A SEZIONE 96- 07A SEZIONE 27</i>	13	15.9	18.9	22.9
<i>07A SEZIONE 26- 07A SEZIONE 1</i>	14.9	18.2	21.7	26.3

Infine, nel modello di simulazione sono stati implementati alcuni attraversamenti già inseriti nel report delle opere interferenti di cui alla presente variante, alcuni dei quali censiti nel database regionale e altri non censiti (contrassegnati con l'asterisco).

- A948_SC_0155* (SEZIONE 76- SEZIONE 75)
- A948_SC_0154* (SEZIONE 69- SEZIONE 68)
- A948_SC_0132*(SEZIONE 52- SEZIONE 51)
- A948_SC_0034 (SEZIONE 30- SEZIONE 29)
- A948_SC_0111*(SEZIONE 18- SEZIONE 17)
- A948_SC_0033(SEZIONE 13- SEZIONE 12)