Comune di Riola Sardo

Provincia di Oristano



ASSETTO IDROGEOLOGICO COMUNALE
— PARTE IDRAULICA —

Variante puntuale al PAI ai sensi dell'articolo 37 c. 3 delle Norme di Attuazione del PAI		
Tavola **11.0**	**Relazione idraulica**	Scala

ELABORAZIONE

RESPONSABILI DELLA PIANIFICAZIONE

Assetto idraulico

Ing. Tonino Mulas

Assetto geologico

Geol. Orlando Antonio Mereu

SINDACO

Dott. Lorenzo Pinna

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro Pisu

APPORTI ALLA PIANIFICAZIONE

Dott. Pianificatore Alessandro Multinu

Data di consegna	Approv. Progetto Preliminare	Adozione PUC	Consegna revisione PUC	Approv. Definitiva PUC
03/11/2025				

SOMMARIO

SOMMARIO 2
Indice figure 2
Indice tabelle 2
Premessa 3
La modellazione idraulica 4
Il modello monodimensionale 4
Equazioni per il calcolo del profilo idraulico 7
Calcolo della profondità di stato critico 8
Sezioni con singolarità 8
Coefficienti adottati 8
Condizioni al contorno 9
Confluenza dei flussi - richiami teorici 9
Risultati modellazione idraulica 11
Sistema Riu Mare Foghe Stagno di Cabras 12
Sistema drenante minore 15
Allegato alla relazione idraulica, risultanze della modellazione 18
Allegati 21
Elaborati: 21
Strati informativo (.shp file): 22

Indice figure

Figura 1 — Modello digitale del terreno con sovrapposizione geometria Hec Ras 5
Figura 2 — Modello idraulico implementato per il Riu Mare Foghe 6
Figura 3 — Modello digitale del terreno con sovrapposizione geometria Hec Ras 6
Figura 4 — Rappresentazione geometrica della confluenza di due flussi 10
Figura 5 — Territorio comunale IGM del 58-65 11
Figura 6 — Modello idraulico per il Riu Mare Foghe 12
Figura 7 — Transetto idraulico modello idraulico Riu Mare Foghe 13
Figura 8 — Mappatura pericolo Riu Mare Foghe 13
Figura 9 — Profilo longitudinale Riu Mare Foghe 14
Figura 10 — Sezione di monte attraversamento SS 292 14
Figura 11 — Sezione di valle attraversamento SS 292 15
Figura 12 — Modello idraulico per il Reticolo minore 16
Figura 13 — Mappatura pericolo idraulico reticolo minore 16
Figura 14 — Planimetria attraversamenti canale irriguo Canale Adduttore Destra Tirso 17
Figura 15 — Planimetria attraversamenti canale irriguo Canale Adduttore Destra Tirso – Canale Su Sessini 18

Indice tabelle

Tabella n. 1 — Condizioni al contorno altezza idrica di valle Rio Mare Fogne e 9
Tabella n. 2 — Portate al colmo 18

Premessa

La presente relazione allegata alla proposta di variante alla pericolosità vigente, del territorio comunale di Riola Sardo. I riferimenti seguiti per la redazione della variante sono quelli disposti dall'articolo 8 comma 2 delle norme di Attuazione del PAI seguendo la procedura di variante di cui all'articolo 37 comma 3 lettera b e g delle norme.

Si tratta di uno studio di maggior dettaglio su scala territoriale, posto che il comune di Riola Sardo in realtà è stato già oggetto di analisi con studi di portata regionale come il PAI, il PSFF con particolare riferimento ai seguenti corsi d'acqua:

- Riu Mare Foghe che lambisce la parte nord - orientale dell'abitato;

Ai fini della presente variante, la mappa della pericolosità è stata completata sia considerando il reticolo idrografico aggiornato ai sensi dell'art 30ter del PAI

In tal senso lo studio di variante in oggetto costituisce una aggiornamento e un completamento delle perimetrazioni già esistenti, fornendo uno strumento completo ed esaustivo dalla pericolosità idraulica e del rischio che gravano sull'intero territorio comunale.

Lo scopo delle analisi idrauliche è consistito nella individuazione delle aree suscettibili di essere inondate da eventi di piena caratterizzati da assegnato tempo di ritorno. Le metodiche utilizzate seguono rigorosamente quanto prescritto nelle Linee Guida del PAI. Gli effetti dei deflussi intensi sul territorio sono stati effettuati rilevando il comportamento che le portate veicolate internamente al reticolo idrografico hanno nei confronti delle aree di pertinenza fluviale. Come per l'analisi idrologica, anche in quella idraulica sono state utilizzate opportune schematizzazioni e semplificazioni che mirano a produrre un approccio modellistico del fenomeno, che possa tradursi in una procedura di calcolo. E' da rimarcare, come si è spesso indicato nell'ambito della trattazione, che il territorio di Riola Sardo è caratterizzato da una conformazione e una infrastrutturazione tale da indurre la necessità di analizzare gli effetti del deflusso attraverso molteplici approcci, operando poi una sintesi critica delle indicazioni prodotte fino alla definizione di una carta della pericolosità idraulica. Sono svariate le semplificazioni che vengono assunte e le modalità di schematizzazione dei calcoli. L'analisi è stata incentrata sull'analisi monodimensionale, assumendo valide le ipotesi di base dell'equazione di de Saint Venant, e quindi ritenendo in prima stesura che l'alveo sia un cilindroide, che il moto sia gradualmente variato, che durante l'evento di piena la sezione si mantenga immutata come forma e come caratteristiche di scabrezza, e infine che il fluido trasportato si comporti come un fluido newtoniano.

Il codice di calcolo utilizzato introduce dei parametri correttivi, che in qualche maniera danno ragione alle semplificazioni adottate in fase di calcolo dei livelli idrici durante lo sviluppo longitudinale dell'asta.

Il modello idraulico è stato realizzato utilizzando le informazioni desunte dalla cartografia disponibile (DTM 10 m e DTM 1 m) supportata da ulteriori indagini in situ. La simulazione del deflusso idraulico sul modello generato dalle informazioni cartografiche ha definito un profilo di corrente per ogni portata di calcolo.

L'impronta dell'allagamento è definito dal luogo dei punti che in ogni sezione si trovano al di sotto dell'altezza idrica calcolata. In fase di modellazione si è operato valutando l'andamento dei profili idrici su più sezioni attigue effettuando sostanzialmente una media mobile tra le sezioni dell'interno ed eliminando i valori decisamente anomali. Inoltre, si è osservato se le aree esondate potessero o meno rientrare in alveo: laddove non risultasse possibile il rientro in alveo si è confermata un'area di esondazione anche laddove la

sezione risultasse idonea. In ultima analisi, si è cercato di dare una giustificazione globale alle aree coinvolte dagli allagamenti valutando sulla base delle informazioni locali il comportamento delle portate di piena in occasione di eventi di rilievo, consentendo indubbiamente di realizzare una calibrazione dei modelli idraulici prodotti.

La modellazione idraulica

Il modello monodimensionale come anticipato ha riguardato l'intero territorio comunale consentendo di definire le aree di pericolosità idraulica idraulica per i quattro tempi di ritorno. Il livello di approfondimento è in particolar modo dettato dalla disponibilità del Modello Digitale del Terreno (DTM) con passo spaziale 1x1 metri, messo a disposizione dalla RAS che oltre che le aree antropizzate copre gran parte del territorio comunale di Riola Sardo consentendo di determinare con maggior accuratezza le aree di inondazione. Ognuno dei tratti oggetto di esame è stato oggetto di apposita analisi morfologica del corso d'acqua e delle condizioni al contorno, mediante rilievi in situ e ragionando su tempi di ritorno T di 50, 100, 200 e 500 anni, secondo quanto previsto dalle Linee guida del PAI.

Nei tratti in esame, applicando le metodologie per la simulazione degli eventi di piena ad ogni singolo tratto fluviale, sono state ricavate le portate al colmo di pieni corrispondenti ai tempi di ritorno indicati. Le aree interessate da eventi con T = 50 anni rappresentano, in maniera più estesa e quindi più cautelativa rispetto a quanto riportato nella letteratura scientifica, la cosiddetta "fascia di pertinenza fluviale", ovvero la zona limitrofa a quella di un corso d'acqua in cui le varie forme planimetriche, relitte o temporaneamente abbandonate, possono essere attivate o riattivate nel corso di eventi di piena, consentendo la libera divagazione dell'alveo all'interno di una definita porzione di territorio. I tempi di ritorno compresi tra i 100 e 200 anni caratterizzano eventi di piena assunti di norma come riferimento nella pratica comune della progettazione di opere di ingegneria civile destinate alla difesa idraulica di centri abitati, residenziali o produttivi, o di infrastrutture di una certa importanza quali ponti, autostrade, strade. L'esperienza indica poi il raggiungimento di un giusto equilibrio tra grado di sicurezza e costo dell'opera per i tempi di ritorno per l'appunto secolari con T = 100 - 200 anni. Ai tempi di ritorno T = 500 anni corrispondono eventi eccezionali, di notevole rarità e quindi di intensità assai elevata. L'individuazione e perimetrazione delle aree che possono risultare soggette a tale tipo di rischio, assume importanza ai fini della predisposizione di piani di allertamento e protezione civile.

Per le finalità illustrate, la delimitazione delle aree interessate dalle inondazioni, devono innanzitutto rispondere al criterio di individuare, per ciascun tempo di ritorno, zone di uguale pericolosità, ovvero di uguale probabilità di inondazione. Pertanto, al termine delle operazioni di modellazione idraulica, si è ottenuto per ciascuna sezione di calcolo il livello idrico raggiunto dalla propagazione dei diversi valori del colmo di piena. Si è quindi ricostruito, per ciascun tempo di ritorno, il limite delle aree soggette ad inondazione attraverso delle curve continue a cavallo del corso d'acqua caratterizzante il sub-bacino oggetto dello studio.

Il modello monodimensionale

Le verifiche idrauliche sono state condotte, nell'ipotesi di moto permanente, mediante l'ausilio del software River Analisysis System realizzato dell'Hydrologic Engineering Center degli Stati Uniti (HEC-RAS v. 6.7 Beta 4a).

Il codice di calcolo HEC-RAS utilizzato per la definizione dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali (o artificiali), necessita in primo luogo delle informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (geometric data), all'interno della quale si devono definire il corso del fiume (reach), la geometria delle sezioni (cross section geometry), la distanza fra le sezioni (reach length) e il coefficiente di scabrezza secondo la formulazione di Manning, rappresentativo delle perdite di carico. In questa sezione sono disponibili altre opzioni, fra le quali la procedura di interpolazione fra una sezione e l'altra (XS Interpolation), particolarmente utile quando occorre infittire il numero di sezioni, qualora i rilievi originali siano troppo distanti fra loro. Inoltre, è possibile definire la quota delle sponde (left and right elevations) e degli argini (levees) e inserirle nella sezione delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (ineffective flow areas) e delle coperture (lids).

È altresì possibile fornire la geometria dei ponti in una sezione (bridge and culvert data) nella quale si definiscono per ogni ponte l'impalcato (deck/roadway), le pile (piers), le spalle (sloping abutments) e le condizioni di calcolo (bridge modelling approach).

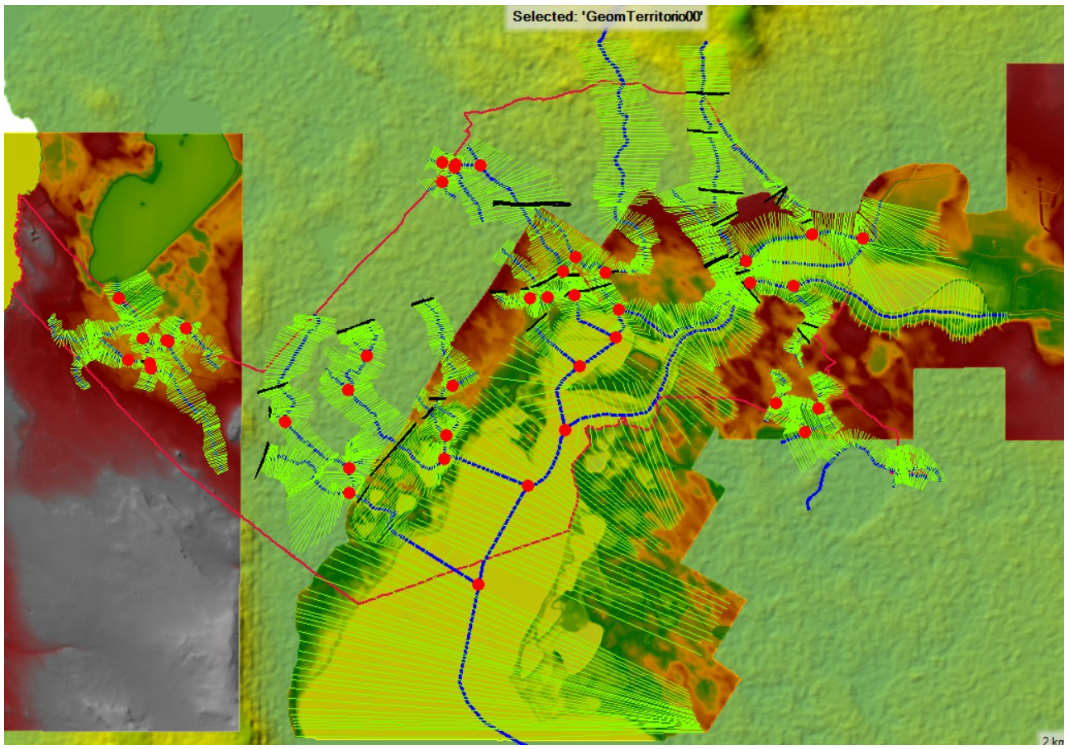


Figura 1 — Modello digitale del terreno con sovrapposizione geometria Hec Ras

Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (steady flow data), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (boundary conditions). A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire le varie elaborazioni nella sezione denominata steady flow analysis. I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso tabelle riepilogative (cross-section table e profile table) e grafici delle sezioni geometriche (plot cross-section), del profilo longitudinale (plot profile) - vedi 12.0 Allegato alla relazione idraulica, risultanze della modellazione.pdf, infine, tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (x, y, z perspective plot) comunque non allegata al presente studio.

Nella caso di studio, sono stati creati due modelli: uno specifico per il Riu Mare e Foghe, che consente di infittire e allungare le sezioni di calcolo per oltre 2 km garantendo la copertura completa di tutto il territorio interessato dagli eventi di piena.

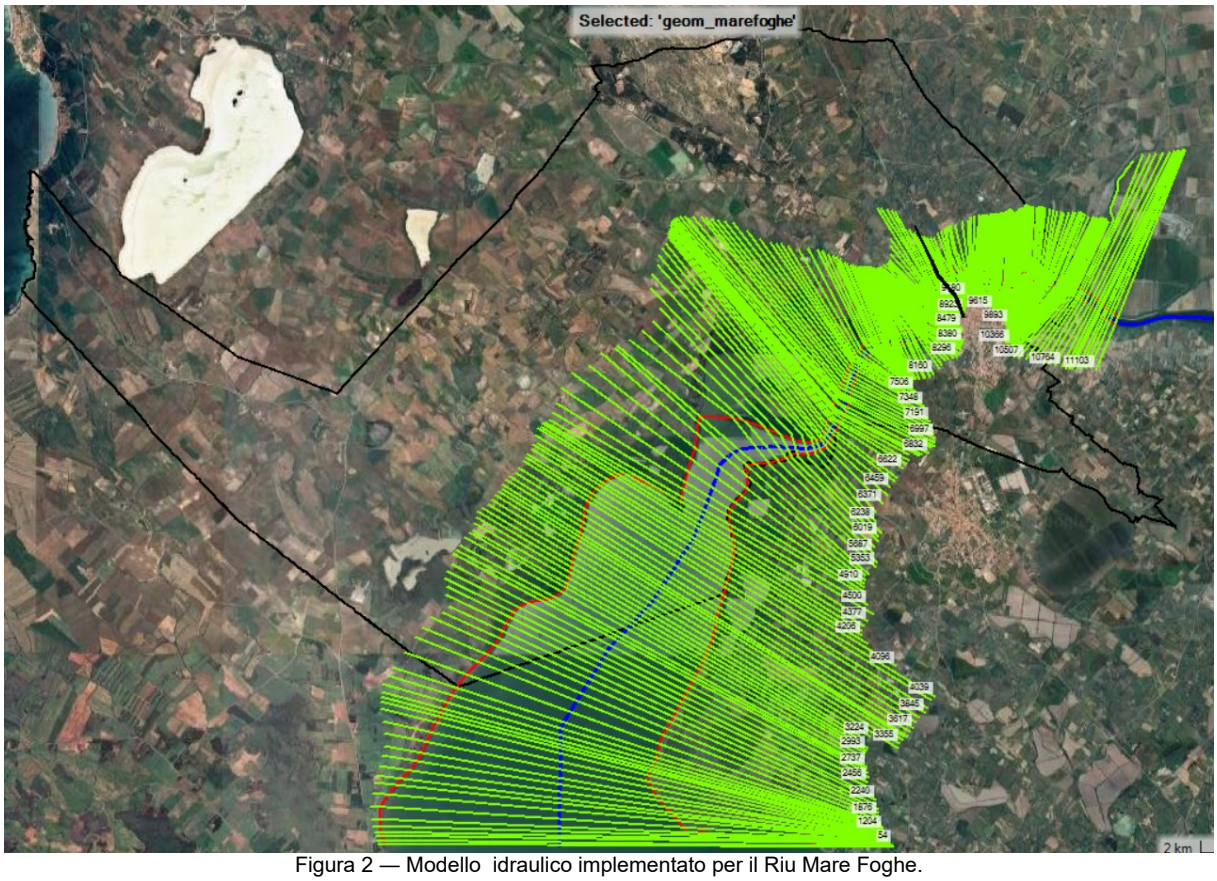


Figura 2 — Modello idraulico implementato per il Riu Mare Foghe.

Un secondo modello è stato impostato per il reticolo minore, dando priorità alle sezioni idrauliche dei corsi d'acqua che si immettono nel Riu Mare Foghe, di conseguenza accorciando e riducendo la frequenza delle sezioni dell'emissario.

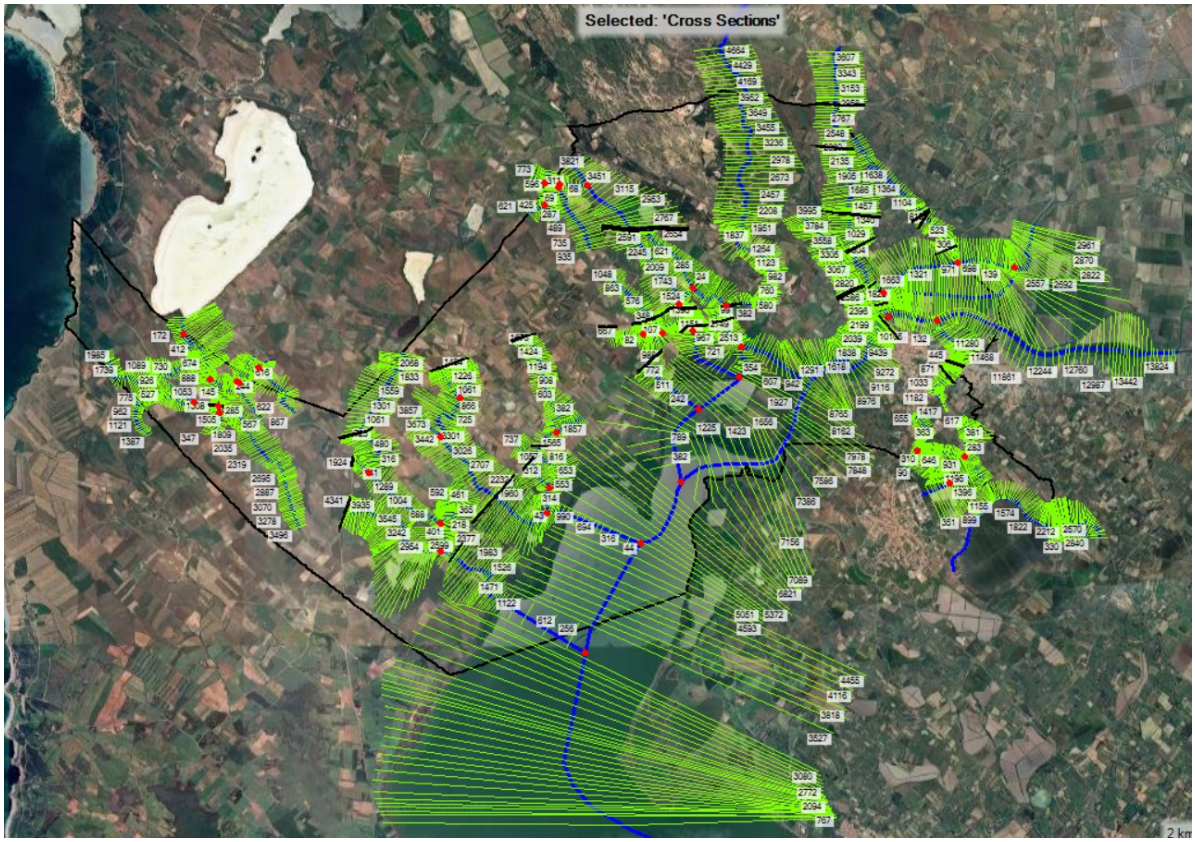


Figura 3 — Modello digitale del terreno con sovrapposizione geometria Hec Ras

Equazioni per il calcolo del profilo idraulico

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale si considera uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio. Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m, definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla pendenza piezometrica J, che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza. La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme.

La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto Standard Step Method, basato appunto sull'equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente, dato da

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1 e H_2 [m] sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f [m] definisce le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre h_e [m] è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente. In particolare, h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come

$$h_f = J \cdot L$$

con

J = pendenza motrice nel tratto di lunghezza L.

Il calcolo di J è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto. Nella singola sezione J è ottenuto mediante la

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

secondo cui

Q = la portata di calcolo [m^3/s];

K = è un parametro di conducibilità (denominato *conveyance*), ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

con

A = area della sezione liquida [m^2];

R = raggio il raggio idraulico [m];

n = parametro rappresentativo della scabrezza [$m^{-1/3}$ s], espresso in termini di coefficiente di resistenza di Manning.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza. In particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Per il calcolo della scabrezza equivalente n_c il codice di calcolo utilizza la formula

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} \left(P_i \; n^{\frac{2}{3}}\right)}{P}\right]^{\frac{2}{3}} ¿$$

con

P = perimetro bagnato dell'intera sezione [m].

Per rappresentare la macro-scabrezza, in particolare nei tratti urbani dove si possono trovare edifici in prossimità del corso d'acqua, il codice di calcolo permette di inserire dei blocchi (denominati *blocked obstruction*), che sono aree della sezione permanentemente bloccate, le quali diminuiscono la superficie della sezione e aggiungono perimetro bagnato quando l'acqua giunge a contatto con esse.

Il termine h_e dipende, invece, dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come

$$h_c = \beta \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \right|$$

in cui

β = coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato [adim];

V_1 e V_2 = valori delle velocità medie agli estremi del tronco [m/s];

α_1 e α_2 = coefficienti correttivi dell'energia cinetica [adim].

Calcolo della profondità di stato critico

Al tirante idrico in condizioni di stato critico corrisponde la massima portata teoricamente smaltibile dalla sezione, indipendentemente dalla natura del fondo e delle pareti, nonché dall'inserimento della sezione stessa in un tronco fluviale. In termini di portata e per le sezioni in esame, si scrive

$$Fr = \frac{V \cdot A}{\sqrt{A^2 \cdot g \cdot h_m}}$$

dove

g = accelerazione di gravità [m/s^2];

h_m = tirante idrico [m];

A = area bagnata della sezione [m^2];

V = velocità media della sezione [m/s].

L'equazione permette la determinazione dell'altezza di stato critico tramite il valore h che soddisfa la relazione in esame tra l'altezza di piena e il fondo.

Sezioni con singolarità

Il codice di calcolo consente la simulazione del deflusso attraverso ponti (*bridge*), tombinature (*culvert*), briglie e traverse (*weir*), mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato dei ponti, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo). In quest'ultimo caso vengono utilizzate le stesse formulazioni impiegate per la simulazione del comportamento delle traverse e delle briglie.

Coefficienti adottati

I valori del parametro di scabrezza n di Manning adottati nel corso della simulazione idraulica fanno stretto

riferimento a quelli riportati nella letteratura tecnica e in particolare alle indicazioni fornite dal HEC-RAS, ovviamente tenendo conto delle varie condizioni verificate in situ.

La sezione tipo dei corsi d'acqua oggetto di studio è stata suddivisa in tre tratti omogenei, che si possono identificare come:

1 - sponda sinistra dell'alveo inciso;

2 - alveo centrale;

3 - sponda destra dell'alveo inciso.

Adottando la schematizzazione indicata sopra, si riesce a rappresentare più in dettaglio le caratteristiche di scabrezza del corso d'acqua.

Dal che, le condizioni attuali del canale e dei manufatti hanno portato alla scelta dei valori del coefficiente di resistenza di Manning come di seguito definiti.

corsi d'acqua naturali:

- n = 0,030: Natural Streams – Main Channels – Same as above but more stones and weeds;
- n = 0,035: Natural stream – Flood plains – Cultivated areas – No crop.

Per la modellazione del Riu Mare Foghe in accordo con la pianificazione attuale del PSFF per l'alveo centrale del corso d'acqua e per lo specchi acqueo dello stagno di Cabras è stato utilizzato il coefficiente:

- n = 0,025 a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools

Da evidenziare il fatto che, per ognuno di questi parametri era possibile scegliere tra valori alto, medio e basso. In virtù dello stato di manutenzione dei canali la scelta è ricaduta sostanzialmente sui valori medi per la parte di sezione nella quale avviene lo scorrimento in condizioni normali.

Condizioni al contorno

La *condizione al contorno di valle* dei corsi d'acqua oggetto dello studio è stata ricavata in automatico dal calcolo delle sezioni in corrispondenza delle intersezioni con il corso d'acqua ricettore, utilizzando il metodo del momento con il bilancio energetico di seguito descritto.

Per i Riu Mare Foghe che si immette nello stagno di Cabras è stata utilizzata la quota idrometric adi 1,80 m slm, in accordo con il PSFF.

Mentre per il Fiume 29607, che si immette nello Salina di Sale e Porcus, che non è alimentata dal mare è stata impostata la pendenza media dell'alveo come condizione al contorno: normal depth = 0.01

Mentre per i rii che si immettono nel fiume Temo o sboccano in mare è stata inserita l'altezza del tirante idrico del corpo ricettore desunta dalle modellazione idraulica effettuata nell'ambito del PSFF:

Tabella n. 1 — Condizioni al contorno altezza idrica di valle Rio Mare Fogne e

Corso d'acqua	h (m) Tr 50	h (m) Tr 100	h (m) Tr 200	h (m) Tr 500
Riu Mare Foghe	1.8	1.8	1.8	1.8
Fiume 29067	normal depth 0.01	normal depth 0.01	normal depth 0.01	normal depth 0.01

Le condizioni al contorno di monte sono date dalle portate in ingresso e dalla pendenza media dell'alveo (normal depth).

Confluenza dei flussi - richiami teorici

Per ogni stato di corrente (lenta, veloce, o regime misto) Hec-Ras può calcolare una soluzione sia nel caso di un tributario che si connette con il corso principale sia nel caso in cui viceversa l'emissario si separi dal

corso principale.

Equazione dell'energia. Il programma risolve il problema tramite lo standard *step method*. Viene pertanto eseguito un classico calcolo per corrente lenta da valle fino alla sezione più a monte del corso. Da questo punto in poi esegue due calcoli separati per ognuno dei due corsi a monte.

Il profilo della superficie libera alla sezione a valle della confluenza viene calcolato tramite un bilancio di energia dalla sezione a monte. Le perdite per attrito sono basate sulla distanza fra queste due sezioni e sulla pendenza d'attrito media fra di esse. Vengono inoltre calcolate anche le perdite dovute a contrazione o dilatazione dell'alveo. Lo stesso viene fatto per la sezione del tributario.

L'equazione dell'energia è la seguente:

$$WS_4+\frac{\alpha_4 \cdot V_4^2}{2 \cdot g}=WS_3+\frac{\alpha_3 \cdot V_3^2}{2 \cdot g}+L_{4-3} \cdot \overline{S}_{f4-3}+C \cdot$$

in cui

WS = quota del pelo libero.

Equilibrio della quantità di moto. L'equazione globale della dinamica permette di considerare l'angolo di incidenza dei corsi d'acqua.

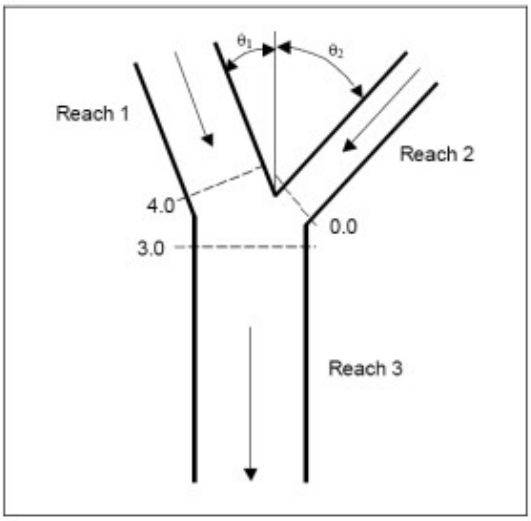


Figura 4 — Rappresentazione geometrica della confluenza di due flussi

Nel caso di una combinazione di flussi, l'angolo di incidenza viene calcolato a partire da una linea perpendicolare alla prima sezione del corso d'acqua uscente. Per uno stato di moto in corrente lenta, il livello della superficie libera viene calcolato all'indietro, a partire dalla sezione di valle verso monte, effettuando un bilancio della quantità di moto che calcoli le forze nella direzione del flusso dalla sezione mediante la seguente formula:

$$SF_3=SF_4 \cdot \cos\vartheta_1-F_{f4-3}+W_{X4-3}+SF_0 \cdot \cos\vartheta_2-F_{f0-3}+W_{X0-3}$$

in cui

SF = forza specifica (momento) pari a:

$$SF=\frac{Q^2 \cdot \beta}{g \cdot A}+\overline{AY}.$$

Le forze di attrito e di peso sono calcolate in due parti. Per esempio, fra la sezione 4.0 e 3.0 ci si basa sull'ipotesi che il baricentro della *junction* sia posizionato a metà strada fra le due sezioni. La prima parte delle due forze viene calcolata dalla sezione 4.0 fino al baricentro, usando l'area della sezione 4.0; la seconda parte delle forze è invece calcolata dal baricentro alla sezione 3.0, usando l'area della sezione 3.0.

Per risolvere l'equazione globale della dinamica, si assume che la quota del pelo libero alle sezioni 4.0 e 0.0 sia uguale, ed è calcolata simultaneamente. È una approssimazione notevole, ma è necessaria per risolvere l'equazione precedente. A causa di questo, le sezioni attorno alla junction devono essere vicine per minimizzare gli errori dovuti a questa ipotesi. L'area usata alla sezione 3.0 per il calcolo delle forze d'attrito e di peso è distribuita sulle due sezioni a monte usando un peso basato sulla portata. Questo è necessario per evitare di tener conto due volte del volume di flusso e dell'area d'attrito. Quando si calcola un profilo in corrente veloce in questo tipo di junction, la quota del pelo libero alle sezioni 4.0 e 0.0 viene calcolata direttamente, e quindi la quota del pelo libero alla sezione 3.0 può essere risolta direttamente dall'equazione del bilancio della quantità di moto.

Risultati modellazione idraulica

Lo studio idraulico ha interessato l'intero territorio comunale nel quale sono state effettuate le verifiche mediante l'impiego del software HEC-RAS, con diversi gradi di approfondimento, una in condizioni di moto permanente modello monodimensionale che ha interessato di un totale di 82 corsi d'acqua. Le mappature sono in minima parte, condizionate dalla presenza del solo DTM con passo spaziale 10 metri, e interessano solo aree più remote, le aree vallive e con la presenza antropica maggiore sono tutte coperte dalla presenza del DTM con passo spaziale 1 metro.

Come anticipato sono stati realizzati due modelli idraulici, uno che interessa il solo Riu Mare Foghe, e l'altro per il reticolo minore. Una buona parte del territorio è interessato dallo Stagno di Cabras che riceve i deflussi del Riu Mare foghe e dalla presenza di numerose aree paludose, alcune in parte bonificate, che interessano il territorio comunale per circa ¼ della estensione totale 12 Km^2.

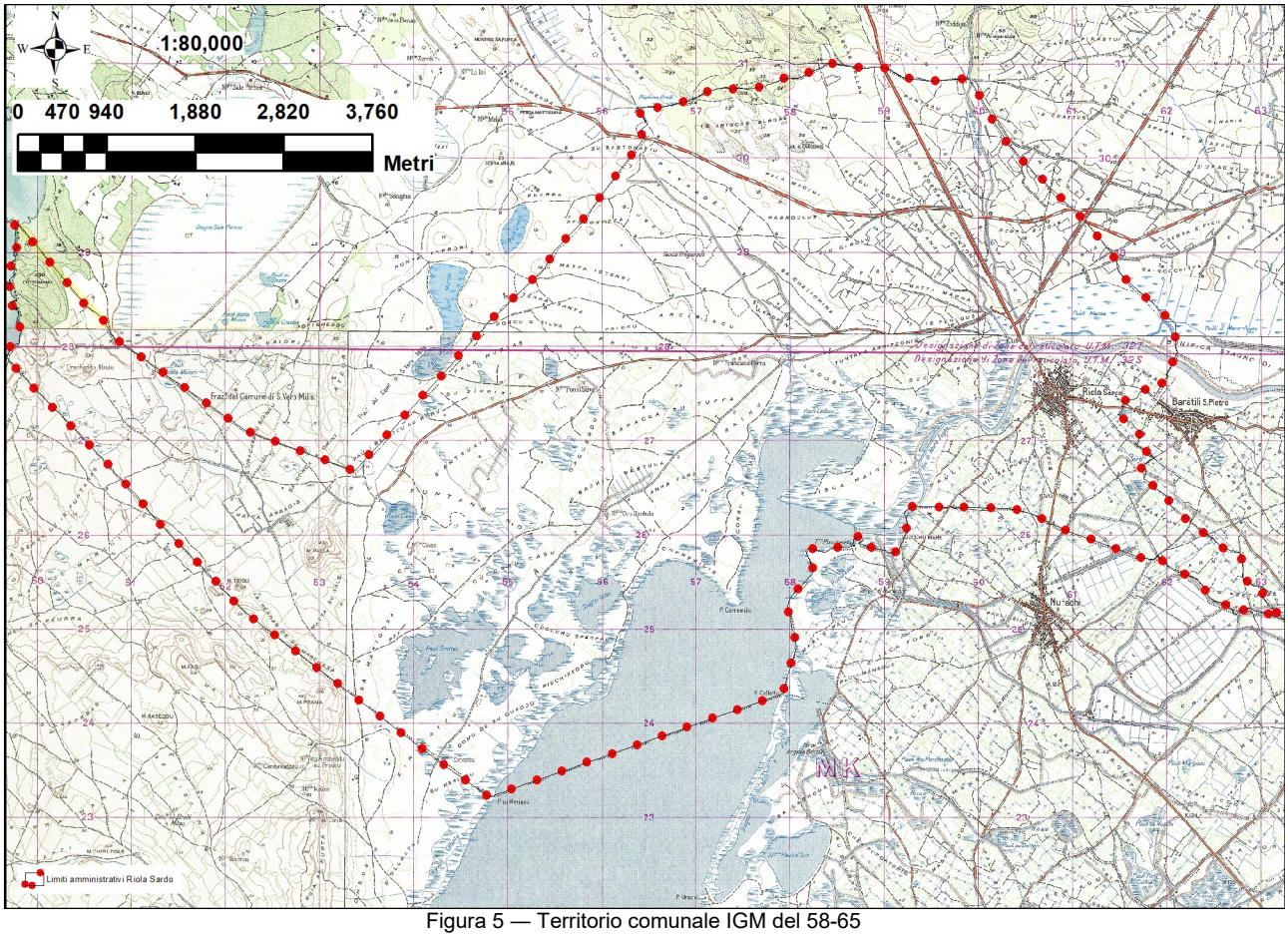


Figura 5 — Territorio comunale IGM del 58-65

Sistema Riu Mare Foghe Stagno di Cabras

Per quanto concerne le specifiche sui modelli e le risultanze delle modellazioni stesse si riscontra quanto segue.

Il modello del Riu Mare Foghe si estende per una lunghezza di circa 11.000 m, la pendenza è sostanzialmente nulla, sensibilmente inferiore allo 0.1 %, soprattutto proseguendo verso valle. Il modello idraulico è stato realizzato predisponendo 284 sezioni con lunghezze che talvolta superano un chilometro e mezzo. Si è reso necessario ampliare il transetto a causa dell'esigua pendenza trasversale. L'ampliamento del transetto ha quindi tenuto conto del possibile e deciso spandimento della portata nella sezione idraulica.

Si osserva inoltre che il rio, che nel tratto di monte è interessato da interventi di regimazione, rilevato arginale in destra idraulica, che risulta essere insufficiente già per le piene con tempo di ritorno 50 anni, pertanto in sede di mappatura è stato considerato tracimabile.

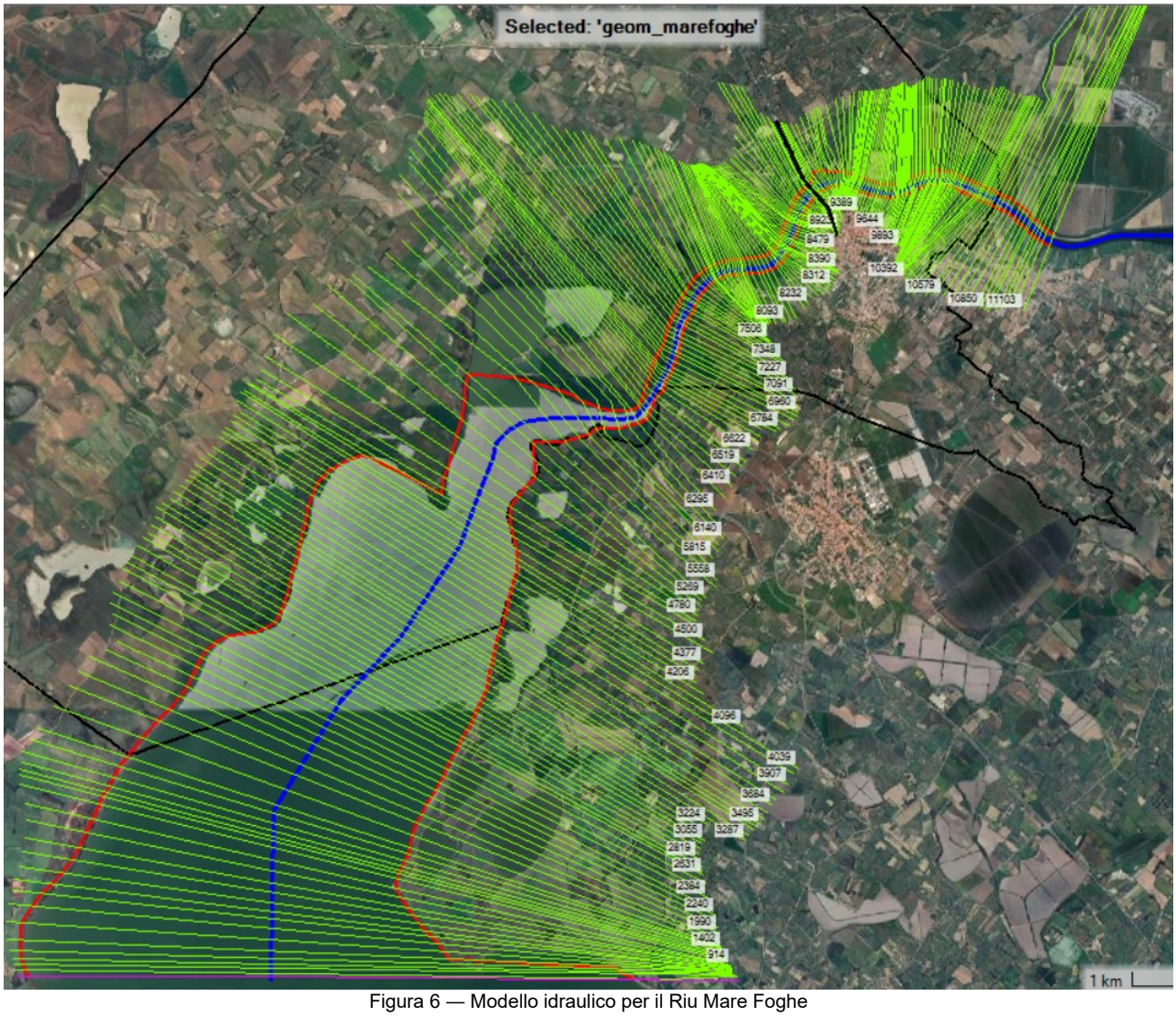


Figura 6 — Modello idraulico per il Riu Mare Foghe

Nelle situazioni critiche la portata non contenuta all'interno della sezione idraulica del Riu Mare Foghe tende a defluire in destra idraulica per la presenza di numerose aree bonificate e aree paludose. Il centro abitato di Riola Sardo posto in sinistra è edificato mediamente a quote superiori ai livelli di piena raggiunti, sollo le aree di frangia vengono interessate dalle piene.

La successiva sezione, tipica del contesto esaminato, evidenzia come il canale tenda sostanzialmente ad

articolarsi come un canale a mezza costa, la destra idraulica è quindi il limite dell'area di espansione, ove peraltro sorge il centro di Riola Sardo.

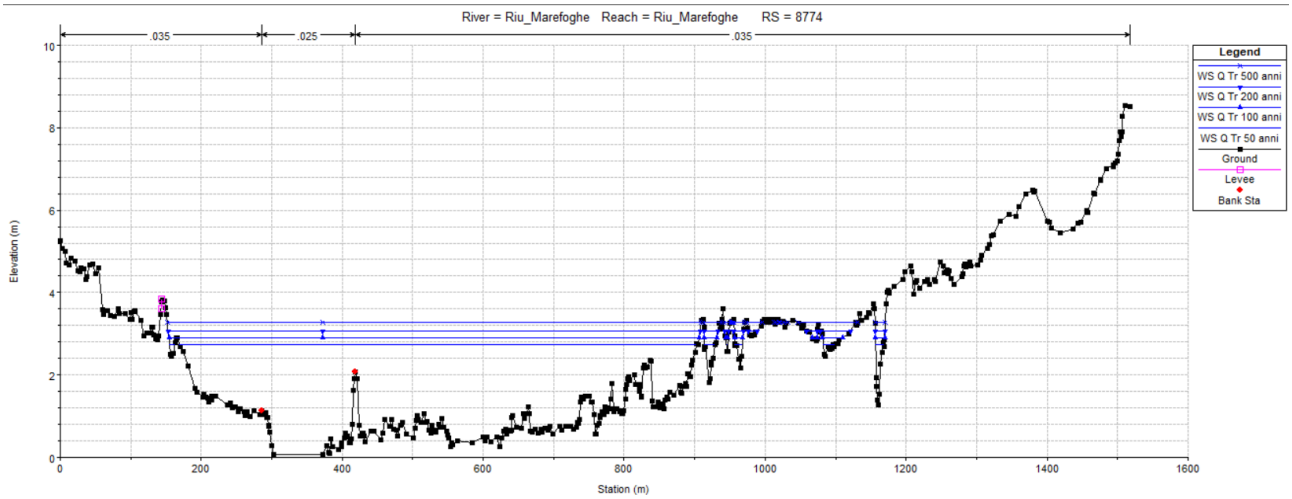


Figura 7 — Transetto idraulico modello idraulico Riu Mare Foghe

La bassa pendenza determina bassissime velocità e favorisce l'inerbimento e crescita di vegetazione negli alvei, e le zone golenali sono sostanzialmente pianeggianti.

Le aree di espansione sono estremamente estese con tiranti idrici modesti e velocità in golena di qualche decina di centimetro al secondo; la modellazione ha evidenziato una sostanziale occupazione dell'intero transetto di calcolo proprio per effetto dell'orizzontalità dell'area. Le aree maggiormente antropizzate nel quadrante nord-ovest del territorio comunale risultano interessate dalla piena nelle aree di frangia.

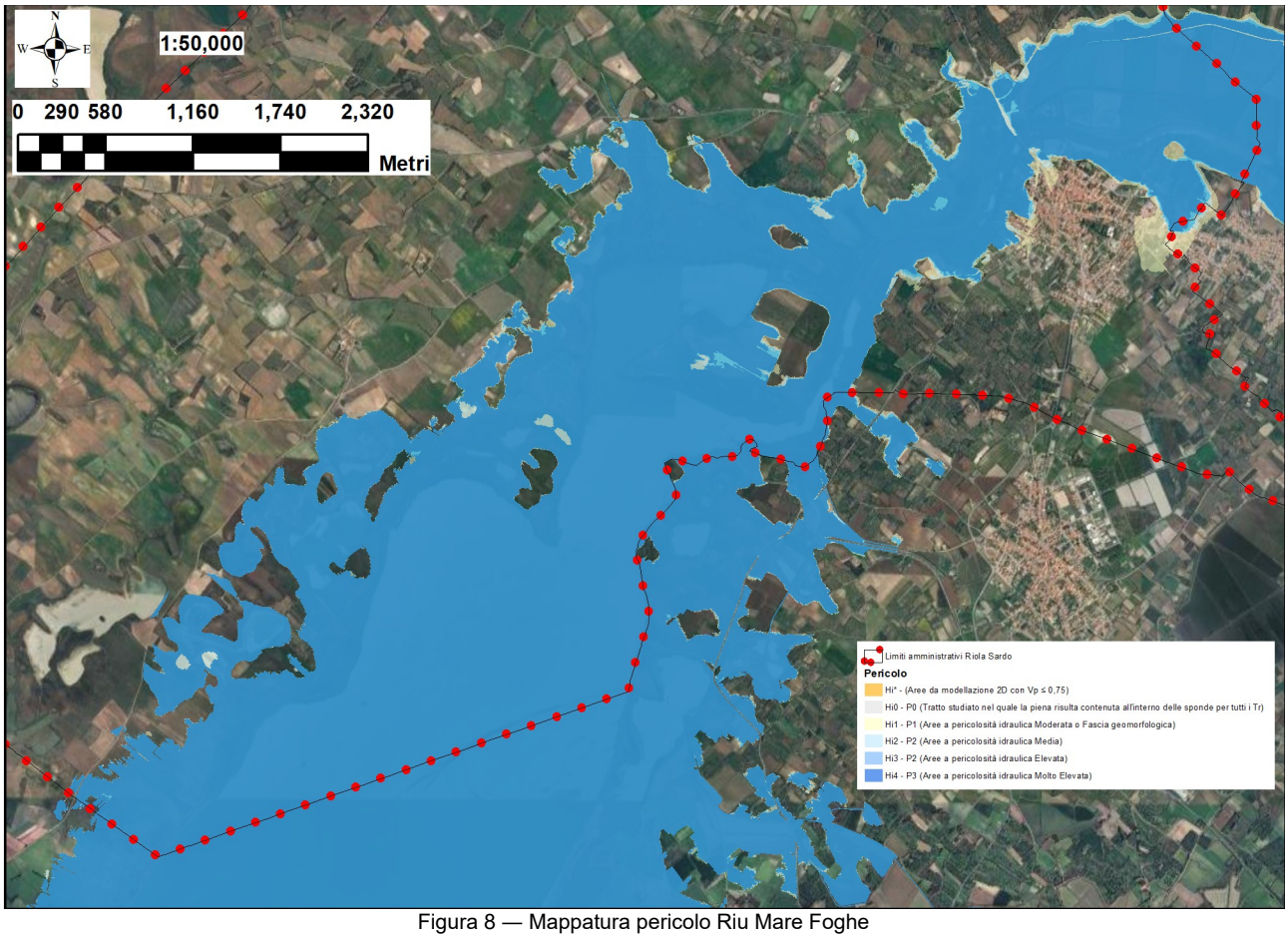


Figura 8 — Mappatura pericolo Riu Mare Foghe

Aspetto caratterizzante del deflusso del corso d'acqua e costituito dal attraversamento sulla Strada Statale

292 che delimita il passaggio dall'alveo contenuto tra i promontori, tra cui il centro abitato di Riola Sardo, dando luogo a battenti idrici più alti, causati anche restringimento dell'alveo a causa del ponte, e dove la vallata si apre senza ostacoli laterali con lo Stagno di Cabras e i livelli idrici che vanno ad appiattirsi alle condizioni al contorno imposte.

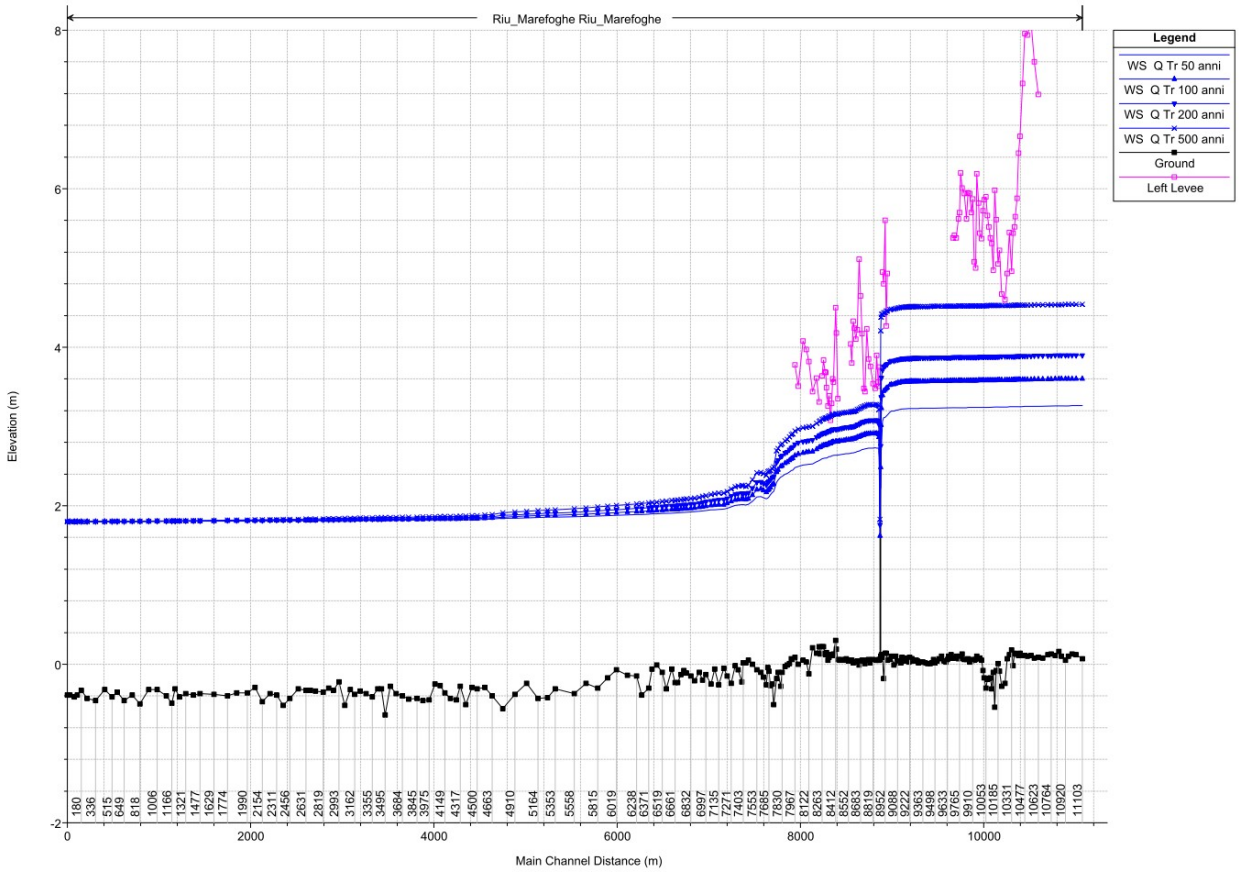


Figura 9 — Profilo longitudinale Riu Mare Foghe

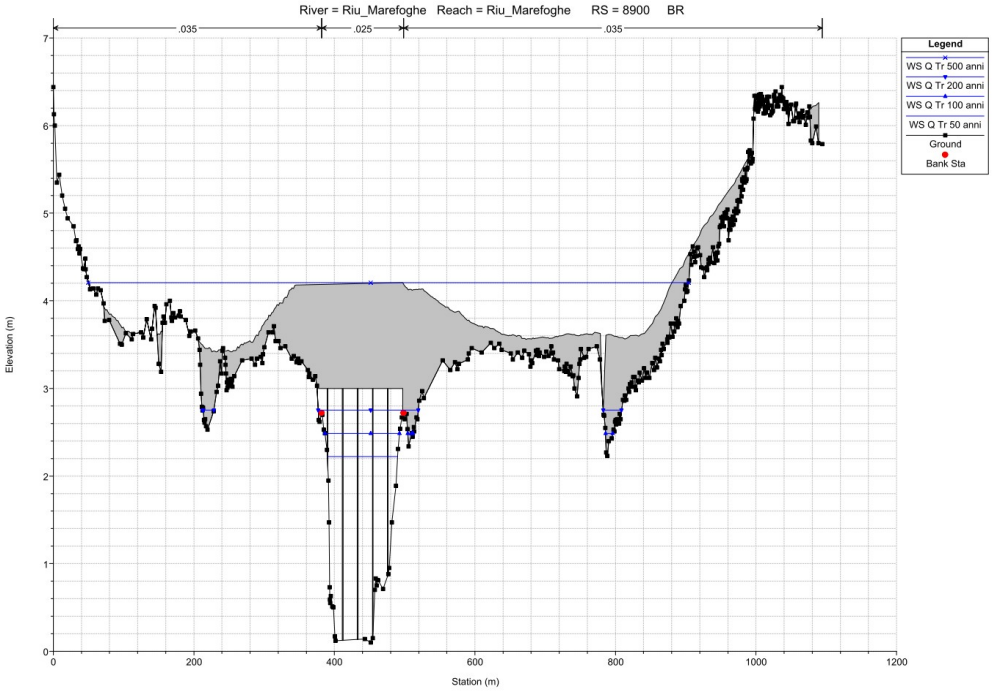


Figura 10 — Sezione di monte attraversamento SS 292

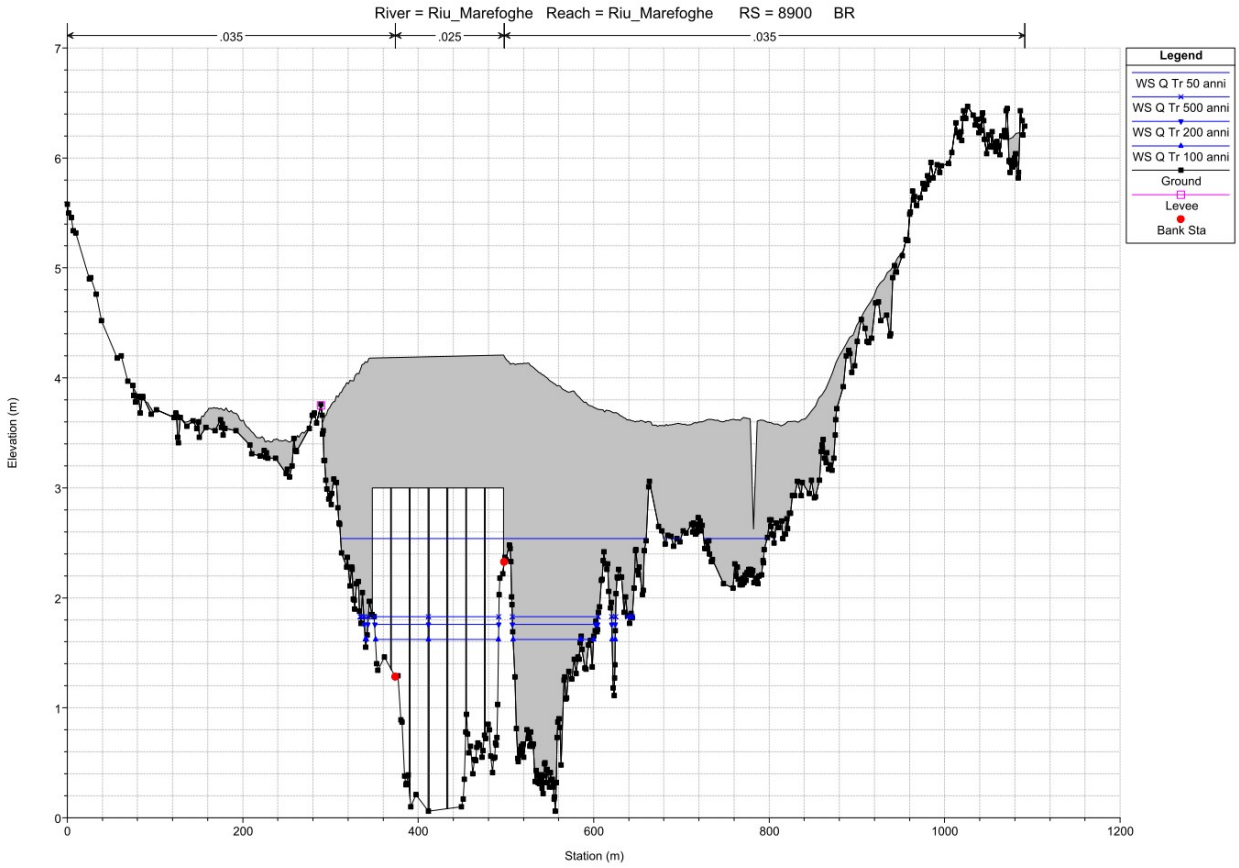


Figura 11 — Sezione di valle attraversamento SS 292

Sistema drenante minore

Per quanto attiene le aree esterne al bacino del Riu Mare Foghe, come richiamato nella parte idrologica, è stato mappato il reticolo idrografico dell'intero territorio comunale, confermando la presenza di molte are bonificate con la presenza di canali di bonifica. L'area si presenta come un piano inclinato con inclinazione Nord Sud, con i deflussi che scorrono superficialmente verso le Paludi interne al territorio comunale adiacenti lo Stagno di Cabras. Quello che emerge è una estrema frammentarietà delle aree, a denotare un uso agricolo di carattere intensivo, così come rappresentato dall'immagine satellitare. L'informazione generale che emerge dalla lettura di tutte le carte disponibili è la sostanziale assenza di curve di livello nell'area, ma un'orografia caratterizzata da una graduale e lievissima pendenza verso le aree depresse dello Stagno di Cabras (Pauli Civas, Pauli Trottas, Pauli Cuccuru Sperrau, Pauli Manna, Pauli luddosu).

Confermando e acquisendo le informazioni indicate all'interno delle analisi descrittive dei luoghi, l'area si articola in due settori principali: uno verso il Riu Mare Foghe e lo Stagno di Cabras e un secondo comparto nell'entroterra in corrispondenza dell'area marina che scarica nello Stagno di Sale Porcus in direzione Nord.

Il sistema idraulico è caratterizzato da una rete di dreno artificiale che veicola le portate verso un sistema lagunare che poi le adduce allo stagno. L'individuazione delle aree allagabili è stata effettuata valutando la possibile contemporaneità di un evento meteorico con il Riu Mare foghe che alimenta lo Stagno di Cabras, è una situazione che verosimilmente può verificarsi in situazione meteorologiche estreme.

In queste condizioni il rigurgito in corrispondenza delle immissioni, impedisce l'evacuazione delle portate con

conseguente fenomeno di invaso dell'area di monte.

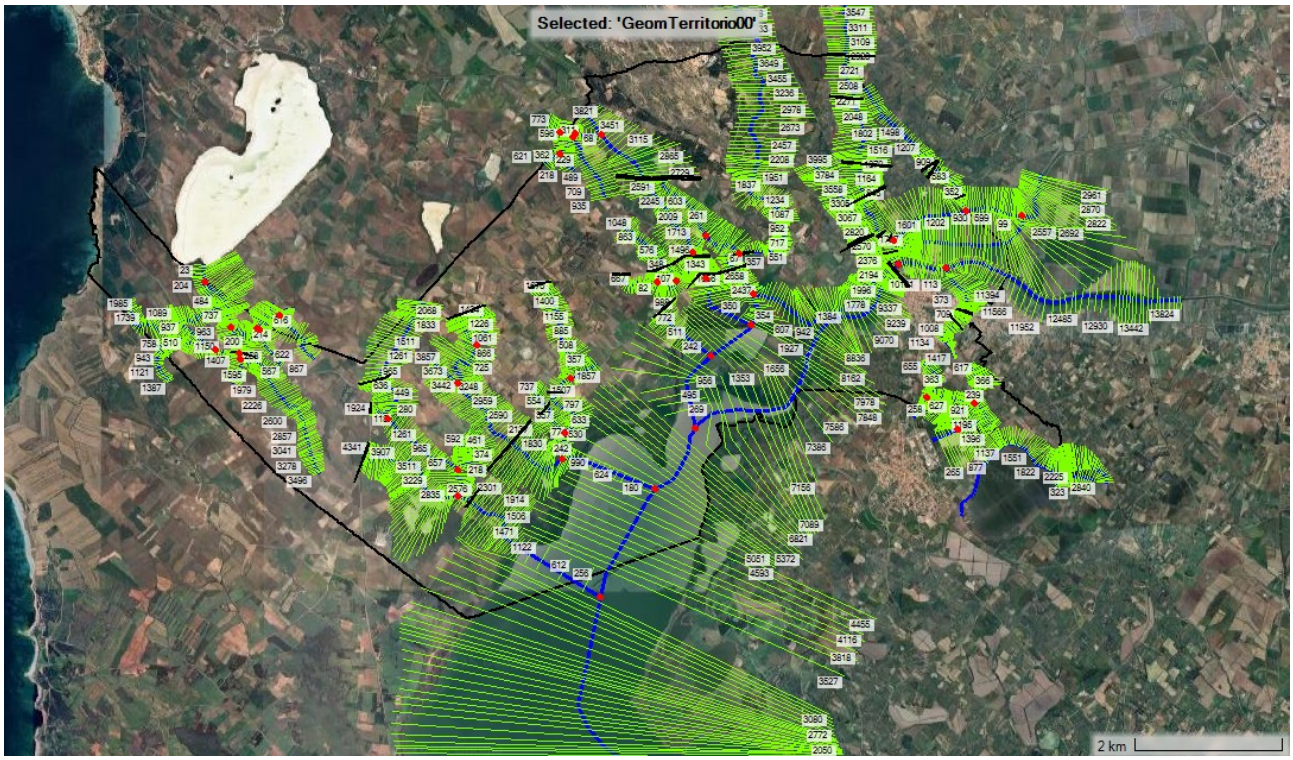


Figura 12 — Modello idraulico per il Reticolo minore

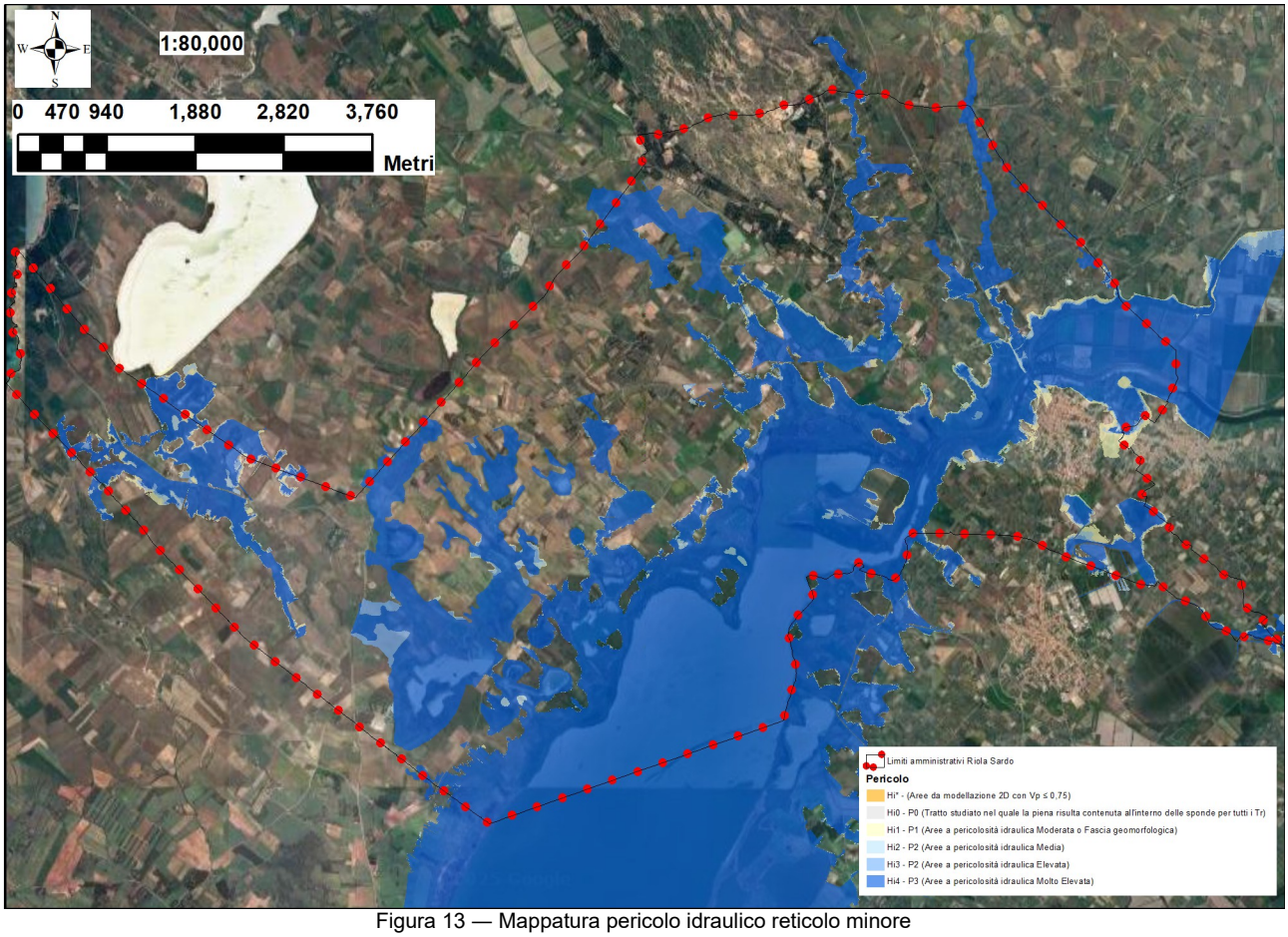


Figura 13 — Mappatura pericolo idraulico reticolo minore

Il comparto Nord del territorio comunale non è coperto dal DTM con passo spaziale 1 m pertanto i corsi

d'acqua modellati si basano sul DTM con passo spaziale 10 m che riesce comunque a dare un idea generale delle pendenze del terreno.

Inoltre la presenza del Canale Adduttore Destra Tirso che taglia trasversalmente alle linee di deflusso il territorio comunale, determina delle incertezze: per alcuni corsi d'acqua: Sgradozza, S'ureu e Parradei oltre a Gora Zoddias il canale irriguo è pensile o passa in sub alveo (Gora Zoddias) Figura 14 e 15. Mentre per i corsi d'acqua denominati Canale Su Sessini e Bucca Urachi, non sono presenti opere di attraversamento, ma considerato che le portate di calcolo sono anche 10 volte più elevate della capacità di deflusso del canale irriguo, lo stesso è stato considerato trasparente.

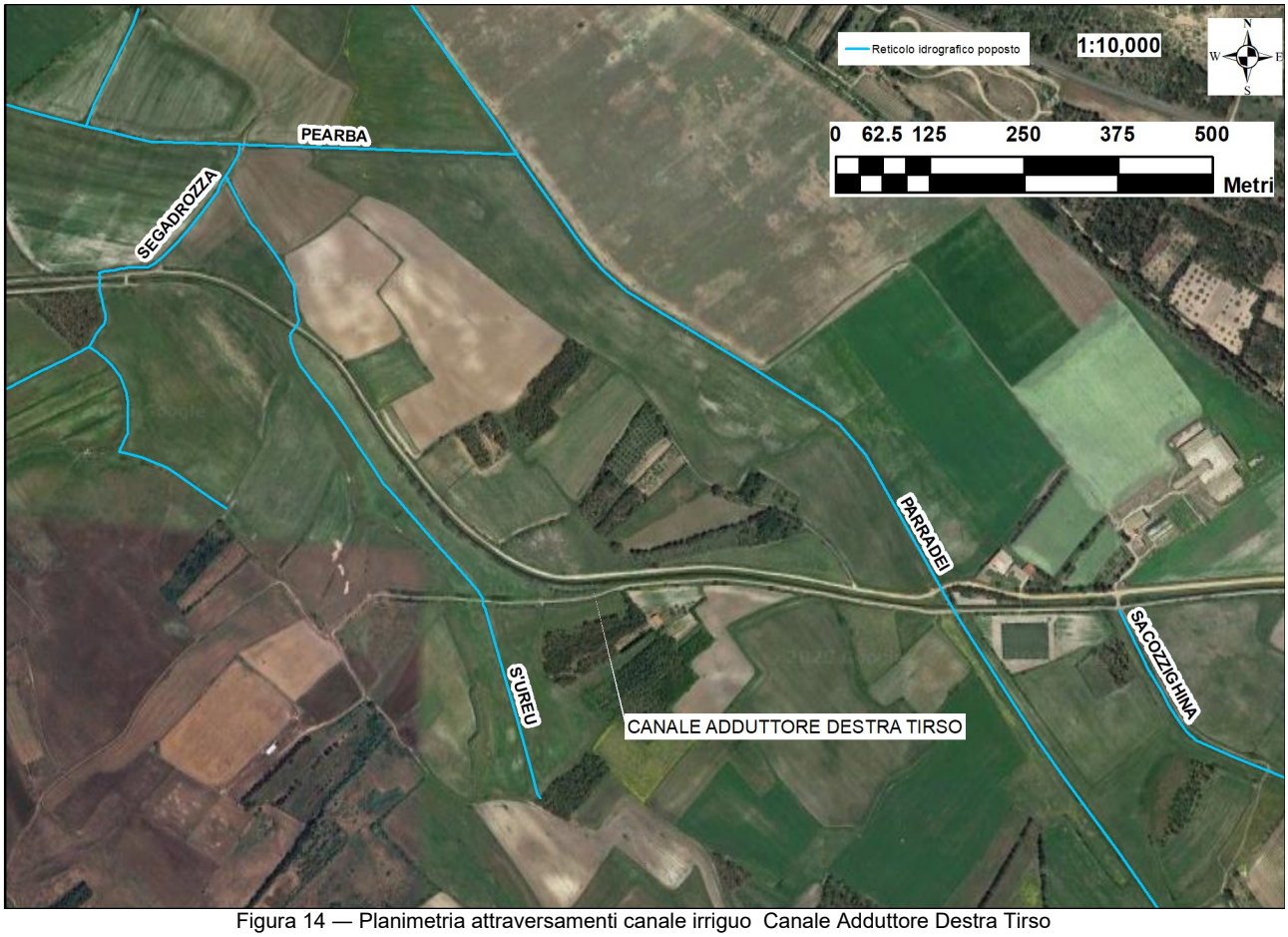


Figura 14 — Planimetria attraversamenti canale irriguo Canale Adduttore Destra Tirso

Inoltre mentre il corso d'acqua denominato *Bucca Uracchi* è rappresentato nel IGM 58-65, il Il corso d'acqua *Canale Su Sessini*, Seguendo le indicazioni delle linee guida per aggiornamento del reticolo idrografico che prevedono la mappatura sino allo sbocco a mare dei tratti di aste idrografiche interrotte, è stato completamente ridisegnato anche se nel tracciato scelto non vi è nessuna corrispondenza con eventuale passaggio di deflussi, tanto meno la presenza del DT a 10 metri aiuta a definire un percorso plausibile.

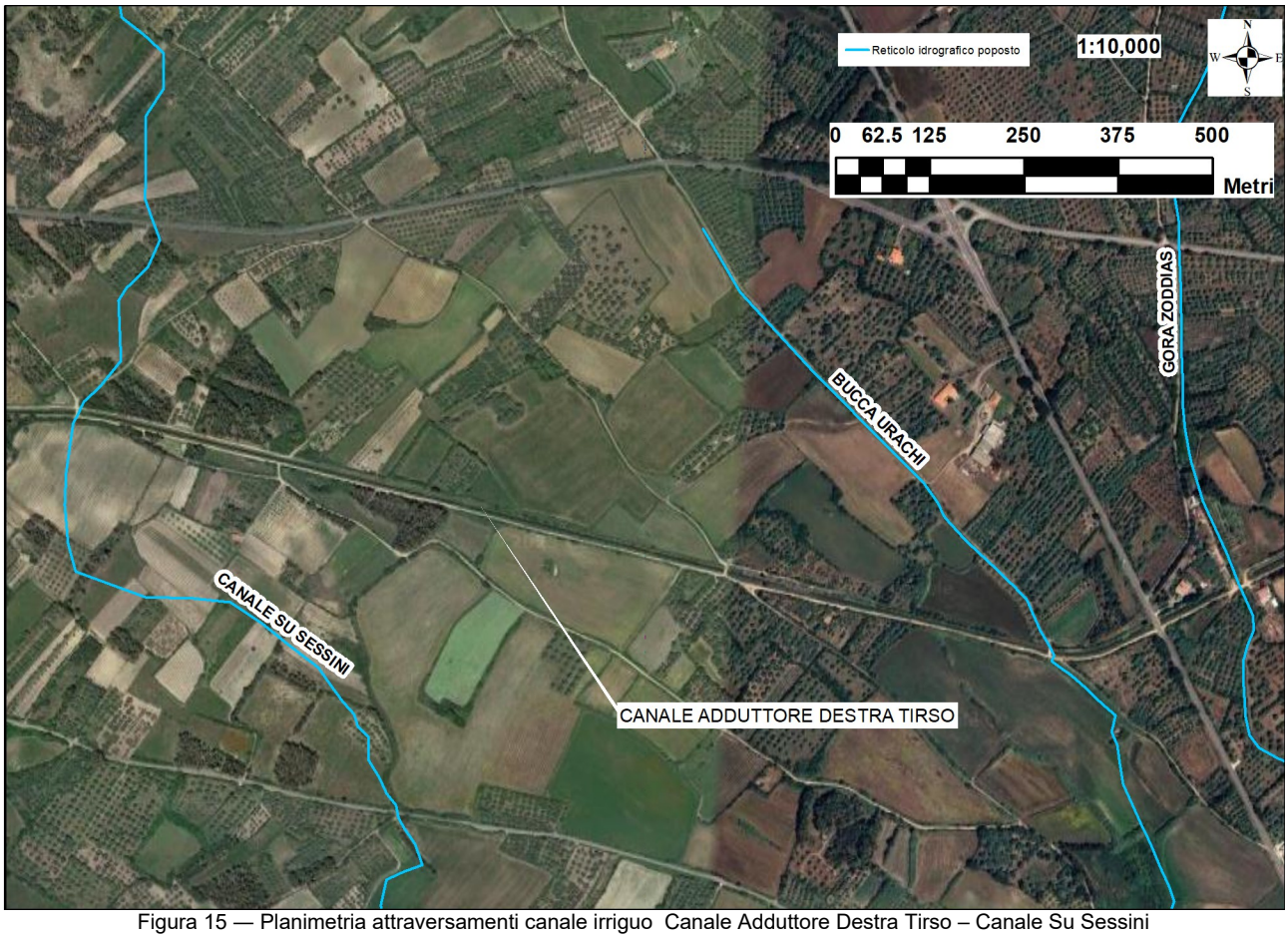


Figura 15 — Planimetria attraversamenti canale irriguo Canale Adduttore Destra Tirso – Canale Su Sessini

Allegato alla relazione idraulica, risultanze della modellazione

Per una facile lettura, delle risultanze della modellazione idraulica si riporta nella tabella 2 di seguito la corrispondenza tra bacino idrografico e il corso d'acqua (*River*) e il tratto di corso d'acqua(*Reach*) modellato in quanto per limiti del software di calcolo è possibile inserire solo indicativi di 16 caratteri, pertanto molti *River* sono stati abbreviati.

Tabella n. 2 — Portate al colmo

Id	BACINO	Area [Km²]		River	Reach	River Station
1	**FIUME 29067 A**	2.787		FIUME 29067	FIUME 29067 A	3496
2	**FIUME 345244**	0.233		FIUME 345244	FIUME 345244	347
3	**FIUME 29067 B**	3.039		FIUME 29067	FIUME 29067 B	1452
4	**SU CUNGIAU MANNU A**	1.413		SU CUNGIAU MANNU	SU CUNGIAU MAN A	1985
5	**SA SERRA DE IS FUNTANAS**	4.684		SA SERRA DE IS F	SA SERRA DE IS F	1387
6	**SU CUNGIAU MANNU B**	6.523		SU CUNGIAU MANNU	SU CUNGIAU MAN B	313
7	**FIUME 29067 C**	9.679		FIUME 29067	FIUME 29067 C	1374
8	**FIUME 345248 A**	0.168		FIUME 345248	FIUME 345248 A	616
9	**S'URACHEDDU BIANCU**	0.664		S'URACHEDDU BIAN	S'URACHEDDU BIAN	871
10	**FIUME 345248 B**	0.900		FIUME 345248	FIUME 345248 B	379
11	**FIUME 345248 SINISTRO**	0.072		FIUME 345248 SIN	FIUME 345248 SIN	567
12	**FIUME 345248 C**	0.974		FIUME 345248	FIUME 345248 C	39
13	**FIUME 345249 A**	0.654		FIUME 345249	FIUME 345249 A	861
14	**FIUME 345249 B**	1.728		FIUME 345249	FIUME 345249 B	471
15	**FIUME 29067 D**	11.624		FIUME 29067	FIUME 29067 D	996
16	**S'URACHEDDU PIUDU**	0.393		S'URACHEDDU PIUD	S'URACHEDDU PIUD	1089

Id	BACINO	Area [Km²]		River	Reach	River Station
17	FIUME 29067 E	12.580		FIUME 29067	FIUME 29067 E	230
18	CANALE DI BONIFICA GENERICO 1 LOTTO	0.175		C DI B GEN 1 LOT	C DI B GEN 1 LOT	699
19	CANALE ACQUE ALTE DI LORISSA	2.202		C A ALTE DI LORI	C A ALTE DI LORI	2840
20	COLI DI PALA BIDDA DESTRA	0.184		C PALA BIDDA De	C PALA BIDDA De	564
21	COLI DI PALA BIDDA SINISTRA	0.174		C PALA BIDDA	C PALA BIDDA A	677
22	CANALE ACQUE ALTE DI PALA BIDDA A	0.176		C A ALTE PALA	C A ALTE PALA A	1406
23	PALA CONI	0.757		PALA CONI	PALA CONI	620
24	CANALE ACQUE ALTE DI PALA BIDDA B	1.053		C A ALTE PALA	C A ALTE PALA B	961
25	PALA MARZU	0.436		PALA MARZU	PALA MARZU	662
26	CANALE ACQUE ALTE DI PALA BIDDA C	1.521		C A ALTE PALA	C A ALTE PALA C	320
27	PRAUCCHI	0.859		PRAUCCHI	PRAUCCHI	1496
28	COLI DELLA BONIFICA DI PAULI MANNU A	0.875		C D B DI PAULI M	C D B DI PAULI M	1936
29	COLI DELLA BONIFICA DI PAULI MANNU B	3.655		C D B DI PAULI M	C D B DI PAULI M	407
30	RIU MANNU CANALE DI BONIFICA A	56.885		RIU MANNU C B	RIU MANNU C B A	2961
31	RIU MANNU CANALE DI BONIFICA B	60.713		RIU MANNU C B	RIU MANNU C B B	2198
32	PERDA NIEDDA LOC	1.215		PERDA NIEDDA LOC	PERDA NIEDDA LOC	2404
33	RIU MANNU CANALE DI BONIFICA C	62.431		RIU MANNU C B	RIU MANNU C B C	1412
34	GORA ZODDIAS	5.424		GORA ZODDIAS	GORA ZODDIAS	3607
35	RIU MANNU CANALE DI BONIFICA D	67.932		RIU MANNU C B	RIU MANNU C B D	311
36	BUCCA URACHI	4.321		BUCCA URACHI	BUCCA URACHI	3995
37	FIUME 344044 A	0.310		FIUME 344044	FIUME 344044 A	2978
38	FIUME 344044 B	4.749		FIUME 344044	FIUME 344044 B	2289
39	CANALE SU SESSINI	6.114		CANALE SU SESSIN	CANALE SU SESSIN	4664
40	SACOZZIGHINA A	0.049		SACOZZIGHINA	SACOZZIGHINA A	907
41	SACOZZIGHINA B	6.536		SACOZZIGHINA	SACOZZIGHINA B	891
42	SACOZZIGHINA C	1.450		SACOZZIGHINA C	SACOZZIGHINA C	1010
43	SACOZZIGHINA D	8.007		SACOZZIGHINA	SACOZZIGHINA D	281
44	SEGADROZZA SINISTRO	0.433		SEGADROZZA	SEGADROZZA SINIS	621
45	SEGADROZZA DESTRO	0.143		SEGADROZZA DESTR	SEGADROZZA DESTR	307
46	SEGADROZZA A	0.613		SEGADROZZA	SEGADROZZA A	362
47	S'UREU	1.000		S'UREU	S'UREU	935
48	SEGADROZZA B	1.615		SEGADROZZA	SEGADROZZA B	41
49	PEARBA A	1.318		PEARBA	PEARBA A	773
50	SU BASTONARIU	0.154		SU BASTONARIU	SU BASTONARIU	166
51	PEARBA B	1.526		PEARBA	PEARBA B	551
52	PEARBA C	3.235		PEARBA	PEARBA C	366
53	PARRADEI A	0.202		FIUME 344059	PARRADEI A	3821
54	PARRADEI B	5.732		FIUME 344059	PARRADEI B	3451
55	FIUME 344059 A	13.898		FIUME 344059	FIUME 344059 A	1410
56	PRIOGU	0.240		PRIOGU	PRIOGU	667
57	FIUME 344061 A	0.222		FIUME 344061	FIUME 344061 A	1036
58	FIUME 344061 B	0.556		FIUME 344061	FIUME 344061 B	851
59	ARCIBISCU	0.370		ARCIBISCU	ARCIBISCU	1048
60	FIUME 344061 C	1.028		FIUME 344061	FIUME 344061 C	483
61	FIUME 344059 B	15.522		FIUME 344059	FIUME 344059 B	985
62	BAINU	0.381		BAINU	BAINU	988
63	BACHILI BERTULA A	1.126		BACHILI BERTULA	BAC BERTULA A	1857
64	FIUME 344045	1.030		FIUME 344045	FIUME 344045	1670
65	BACHILI BERTULA B	2.898		BACHILI BERTULA	BAC BERTULA B	1447

Id	BACINO	Area [Km²]		River	Reach	River Station
66	ISTALI	0.567		ISTALI	ISTALI	737
67	BACHILI BERTULA C	3.508		BACHILI BERTULA	BAC BERTULA C	351
68	S'ANTRUXIU A	0.619		S'ANTRUXIU	S'ANTRUXIU A	1434
69	SU ZIPPIRI	0.221		SU ZIPPIRI	SU ZIPPIRI	506
70	S'ANTRUXIU B	1.193		S'ANTRUXIU	S'ANTRUXIU B	813
71	FIUME 343988 A	0.199		FIUME 343988	FIUME 343988 A	3857
72	FIUME 343988 B	2.513		FIUME 343988	FIUME 343988 B	3373
73	FIUME 343988 C	6.122		FIUME 343988	FIUME 343988 C	1333
74	FIUME 343719	3.777		FIUME 343719	FIUME 343719	2068
75	FIUME 343985 A	0.253		FIUME 343985	FIUME 343985 A	1924
76	FIUME 343985 B	4.292		FIUME 343985	FIUME 343985 B	1627
77	CUCCURU CASU	0.944		CUCCURU CASU	CUCCURU CASU	592
78	FIUME 343985 C	5.350		FIUME 343985	FIUME 343985 C	401
79	FIUME 343981 A	2.785		FIUME 343981	FIUME 343981 A	4341
80	FIUME 343981 B	9.306		FIUME 343981	FIUME 343981 B	2599
81	Cimitero	0.121		Cimitero	Cimitero	216
	Riu Mare Foghe	306.900		Riu_Marefoghe	Riu_Marefoghe	11103
		323.200		Riu_Marefoghe	Riu_Marefoghe	9050

Si riporta di seguito il segnalibro del pdf: *12.0 Allegato alla relazione idraulica, risultanze della modellazione* dove i risultati della modellazione sono ordinati in ordine alfabetico per *River*; ogni *River* comprende i relativi sub-bacini *Reach*, il profilo longitudinale, i valori numerici risultanti e i transetti idraulici con andamento dei livelli idrici

- SACOZZIGHINA
- S'ANTRUXIU
- SEGADROZZA DESTR
- SEGADROZZA
- SU BASTONARIU
- SU CUNGIAU MANNU
- SU ZIPPIRI
- S'URACHEDDU BIAN
- S'URACHEDDU PIUD
- S'UREU
- ARCIBISCU
- BACHILI BERTULA
- BAINU
- BUCCA URACHI
- C A ALTE DI LORI
- C A ALTE PALA
- C D B DI PAULI M
- C DI B GEN 1 LOT
- C PALA BIDDA De
- C PALA BIDDA

- CANALE SU SESSIN
- Cimitero
- CUCCURU CASU
- FIUME 29067
- FIUME 343719
- FIUME 343981
- FIUME 343985
- FIUME 343988
- FIUME 344044
- FIUME 344045
- FIUME 344059
- FIUME 344061
- FIUME 345244
- FIUME 345248 SIN
- FIUME 345248
- FIUME 345249
- GORA ZODDIAS
- ISTALI
- PALA CONI
- PALA MARZU
- PEARBA
- PERDA NIEDDA LOC
- PRAUCCHI
- PRIOGU
- RIU MANNU C B
- Riu_Marefoghe
- SA SERRA DE IS F
- SACOZZIGHINA C

Allegati

Elaborati:

- 0.0 Elenco elaborati.pdf;
- 1.0 Relazione proposta di variante alla pericolosità vigente.pdf;
- 2.0 Carta con inquadramento territoriale dell'area di studio IGM – 10k.pdf;
- 3.0 Carta della pericolosità idraulica come da pianificazione vigente – 10k.pdf;
- 4.0 Carta delle aree di pericolosità vigenti derivanti da inondazioni costiere Hi-c – 10k.pdf;
- 5.1 Carta del reticolo idrografico Deliberazione Comitato Istituzionale n. 3 del 30.07.2015 – 10k.pdf;
- 5.2 Carta del reticolo idrografico su base cartografica IGM '58-'65 –10k.pdf;
- 5.3 Carta del reticolo idrografico proposto.pdf;
- 6.0 Carta dei sub-bacini idrografici – 20k.pdf;
- 7.0 Carta del Curve Number – 20k.pdf;

- 8.0 Carta delle infrastrutture esistenti di attraversamento – 10k.pdf;
- 9.0 Report relativo alle infrastrutture esistenti di attraversamento del reticolo idrografico nonché delle altre opere interferenti.pdf;
- 10.0 Relazione idrologica.pdf;
- 11.0 Relazione idraulica.pdf;
- 12.0 Allegato alla relazione idraulica, risultanze della modellazione.pdf;
- 13.1 Carta della pericolosità idraulica derivante dallo studio di variante proposto - TERRITORIO – 10k.pdf;
- 13.2 Carta della pericolosità idraulica derivante dallo studio di variante proposto - ABITATO – 2k.pdf;
- 13.3 Carta della pericolosità idraulica - TERRITORIO – 10k.pdf;
- 13.4 Carta della pericolosità idraulica - ABITATO – 2k.pdf;
- 14.0 Carta delle aree di pericolosità proposta derivanti da inondazioni costiere Hi-c – 10k.pdf;
- 15.1 Carta del danno potenziale - TERRITORIO – 10k.pdf;
- 15.2 Carta del danno potenziale - ABITATO – 2k.pdf;
- 16.1 Carta del rischio idraulico derivante dallo studio di varianteproposto - TERRITORIO – 10k.pdf;
- 16.2 Carta del rischio idraulico derivante dallo studio di varianteproposto - ABITATO – 10k.pdf;
- 17.0 Schede interventi di mitigazione del rischio idraulico.pdf;

Strati informativo (.shp file):

- Bacini_idrografici.shp;
- Dp_Riola Sardo.shp;
- Hi_Riola Sardo.shp;
- Reticolo_idrografico_1salvguardia_Art30ter_FASCE.shp;
- Reticolo_idrografico_Modellato.shp;
- Ri_Riola Sardo.shp;
- Sezioni_idrauliche.shp;