

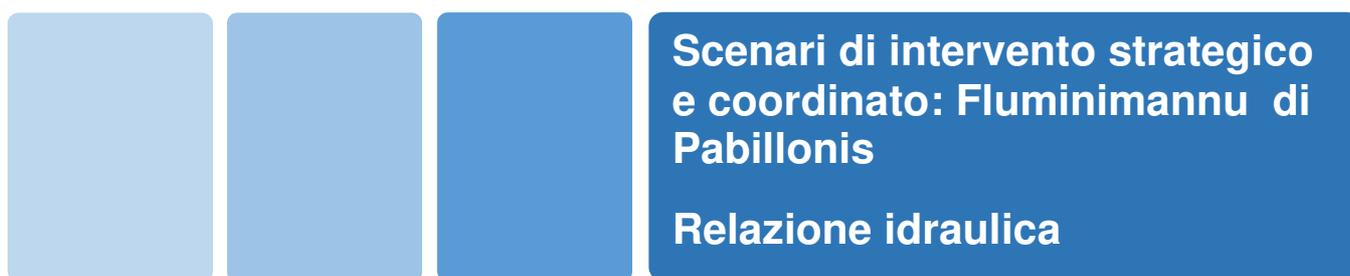


REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Piano di gestione del rischio di alluvioni

secondo ciclo di pianificazione



Allegato alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Autorità di Bacino della Sardegna

DIREZIONE GENERALE DELL'AGENZIA REGIONALE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA

Direttore Generale: Antonio Sanna

Direttore del Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni: Marco Melis

Coordinamento tecnico-amministrativo: Gianluigi Mancosu

Coordinamento operativo: Luisa Manigas

Elaborazioni GIS: Gian Luca Marras

Gruppo di lavoro: Giuseppe Canè, Piercarlo Ciabatti, Nicoletta Contis, Andrea Lazzari, Giovanni Luise, Maria Antonietta Murru Perra, Michela Olivari, Alessandra Pillai, Corrado Sechi, Riccardo Todde

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI – Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

Responsabile Scientifico: Giovanni Maria Sechi

Elaborazioni GIS: Giovanni Cocco

Gruppo di lavoro: Alessio Cera, Clorinda Cortis, Pino Frau, Saverio Liberatore, Mauro Piras, Emanuela Sassu

Con il contributo, per le parti di competenza, di:

DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Direttore Generale: Antonio Pasquale Belloi

Direttore del Servizio pianificazione e gestione delle emergenze: Mauro Merella

Direttore del Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti: Federico Ferrarese Ceruti

Gruppo di lavoro: Salvatore Cinus, Daniela Pani, Fabrizia Soi, Antonio Usai.

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI

Direttore Generale: Piero Dau

Direttore del Servizio opere idriche e idrogeologiche: Costantino Azzena

Gruppo di lavoro: Roberta Daino, Alberto Spano

Il presente documento costituisce un elaborato del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) della Sardegna aggiornato per il Secondo ciclo di pianificazione. Esso conferma i contenuti del corrispondente elaborato facente parte della prima stesura del PGRA, che è stata oggetto di approvazione con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino regionale della Sardegna n. 2 del 15/3/2016 e con DPCM del 27 ottobre 2016 (GURI n. 30 del 6 febbraio 2017).

Per tutti gli approfondimenti: www.regione.sardegna.it/pianogestionerischioalluvioni

Sommario

1	Analisi idraulica dello stato attuale	5
1.1	Dati utilizzati per la simulazione	6
1.2	Valutazioni sulle portate di deflusso - Aspetti generali di calcolo	7
1.3	Geometria dell'alveo e delle strutture	8
1.4	Scabrezza, condizioni al contorno e portate	12
1.4.1	Coefficienti di scabrezza assegnati	12
1.4.2	Portate di input e condizioni al contorno	16
1.5	Risultati dell'analisi idraulica dello stato attuale	17
1.5.1	Tratto arginato presso San Gavino	17
1.5.2	Tratto intermedio compreso fra il ponte della ex S.S. 197 ("Ponte Sud Ovest San Gavino) e i ponte della S.S. 126 20	
1.5.3	Tatto di valle	24
2	Analisi idraulica degli scenari di intervento	27
2.1	Geometria e tipologia degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico	27
2.2	Condizioni al contorno e portate	28
2.3	Risultati dell'analisi idraulica per gli scenari proposti	28
2.3.1	Scenario 1	28
2.3.2	Scenario 2	29

Indice delle Figure

Figura 1 – Fluminimannu di Pabillonis – Tratto arginato di valle (CBSM).....	5
Figura 2 - DTM a 1 metro - Tratto di monte.....	6
Figura 3 - DTM a 1 metro - Tratto di valle.....	7
Figura 4 - Suddivisione in sottobacini del Fluminimannu di Pabillonis – PSFF.....	8
Figura 5 - Modello idraulico del Fluminimannu di Pabillonis.....	9
Figura 6 – Opere di attraversamento sul Fluminimannu di Pabillonis – Tratto compreso fra San Gavino e Pabillonis	10
Figura 7 - Opere di attraversamento sul Fluminimannu di Pabillonis – Tratto compreso fra Pabillonis e il ponte della S.S. 126.....	10
Figura 8 - Opere di attraversamento sul Fluminimannu di Pabillonis – Tratto arginato di valle	11
Figura 9 – Tratto arginato di valle presso San Nicolò d’Arcidano - PSFF.....	11
Figura 10 – Valori di scabrezza – Tratto non arginato – P.S.F.F.	12
Figura 11 – Valori di scabrezza – Tratto arginato di valle (sinistra) e focivo (destra) – P.S.F.F.....	12
Figura 12 –Foce del Fluminimannu di Pabillonis.....	16
Figura 13 - Ubicazione delle sezioni di input idrologico.....	17
Figura 14 – Tratto arginato presso San Gavino – Aree interessate dal deflusso di piena.....	18
Figura 15 – Ciclone Cleopatre – Allagamento di via Convento	19
Figura 16 – Ciclone Cleopatra – Allagamento area commerciale in sinistra idraulica	19
Figura 17 – Tratto arginato presso San Gavino – Profili di corrente per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.....	20
Figura 18 – Tratto intermedio – Salto di fondo.....	20
Figura 19 – Tratto intermedio – Sistemazione a valle della confluenza con il Flumini Bellu.....	21
Figura 20 - Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica - Tratto iniziale a valle della ex S.S. 197.....	21
Figura 21 - Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica - Tratto iniziale presso Pabillonis.....	22
Figura 22 - Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica – Secondo tratto a valle della confluenza con il Flumini Bellu.....	22
Figura 23 – Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica – Secondo tratto in località “Morimenta”	22
Figura 24 – Tratto intermedio – Profili di corrente per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.....	23
Figura 25 - Tratto di valle – Sistemazione idraulica del Fluminimannu di Pabillonis presso San Nicolò d’Arcidano	24
Figura 26 - Tratto di valle – A sinistra una sezione tipo del tratto arginato, a destra la sezione del primo attraversamento del tratto arginato.....	24
Figura 27 – Tratto di valle – Pericolosità idraulica per $Tr=50$ anni.....	25
Figura 28 – Tratto di valle – Ponte della S.S.126 – A sinistra il profilo di corrente, a destra la sezione del ponte.....	25
Figura 29 – Tratto di valle – Pericolosità idraulica per $Tr=100$ anni.....	26
Figura 30 – Tratto di valle – Pericolosità idraulica nel tratto focivo	26
Figura 31 - Intervento di Tipo A – Apertura di una nuova luce nel rilevato stradale della S.S. 126	27
Figura 32 – Intervento di Tipo E – Realizzazione di una nuova sezione arginata presso San Gavino Monreale.....	28

Figura 33 – Pericolosità idraulica – Confronto fra Scenario 0 e Scenario 1	29
Figura 34 – Confronto fra il profilo di corrente dello stato attuale e quello relativo allo scenario 1 (campito in azzurro) per la portata con tempo di ritorno duecentennale	29
Figura 35 - Simulazione dello Scenario 2 – Pericolosità idraulica $Tr=200$ anni	30
Figura 36 - Confronto fra lo Scenario 0 e lo Scenario 2 – Profilo di corrente - $Tr=200$ anni. In rosso il profilo di corrente relativo allo Scenario 0 e in blu quello relativo allo Scenario 2.....	30

Indice delle Tabele

Tabella 1 - Portate adottate dal PSFF.....	7
Tabella 2 - Valori dei coefficienti di scabrezza adottati nella simulazione PGRA.....	13
Tabella 3 - Portate di input.....	17

1 Analisi idraulica dello stato attuale

Il Fluminimannu di Pabillonis drena una superficie di oltre 430 km², che diventano circa 574 km² in corrispondenza della confluenza, poco a monte della foce, con il Torrente Sitzzerri. L'analisi idraulica condotta nel presente studio riguarda un tratto più breve rispetto a quello già studiato nel Piano Stralcio Fasce Fluviali, lungo circa 30 km e compreso fra la confluenza con il Riu Bruncu Fenugu e la foce. Il corso d'acqua risulta sistemato per tutto il tratto studiato, con diverse tipologie di sezione:

- nel primo tratto, in corrispondenza del comune di San Gavino, il corso d'acqua risulta arginato su entrambe le sponde;
- lungo il tratto intermedio, lungo circa 19 km, il corso d'acqua risulta non arginato, con sezione trapezia, rivestita parzialmente o totalmente in calcestruzzo, con larghezza che aumenta a partire dalla confluenza con il Flumini Bellu;
- nel tratto finale, lungo circa 7.5 km, che si estende a partire dal ponte della S.S. 126 presso San Nicolò d'Arcidano, il Fluminimannu risulta sistemato con una sezione composta da savanella di forma trapezia, larga circa 50 metri, golene aventi mediamente una larghezza totale di circa 126 metri e argini con altezza variabile con pista di servizio.

Sono presenti numerose intersezioni di diversa categoria, fra cui le più importanti sono rappresentate da due strade statali: la S.S. 197, presso San Gavino e la S.S. 126 presso San Nicolò d'Arcidano.

Nell'analisi idraulica dello stato attuale viene fatta un'analisi del corso d'acqua al fine di individuarne le principali criticità, con riferimento alle portate al colmo aventi tempo di ritorno di 50, 100 e 200 anni.



Figura 1 – Fluminimannu di Pabillonis – Tratto arginato di valle (CBSM)

1.1 DATI UTILIZZATI PER LA SIMULAZIONE

Per l'analisi idraulica sono state utilizzati i dati territorialmente disponibili nel patrimonio informativo e cartografico a scala locale e nel repertorio degli studi realizzati dall'amministrazione a scala regionale. In particolare, le ortofoto ad alta risoluzione della zona costiera sono state utili alla definizione del tracciato attuale dell'alveo, in quanto acquisite relativamente di recente (fra il 2006 e il 2008) e sufficientemente definite (dimensione pixel pari a 0.20 m, quota di volo media di 1500 m) che sono state confrontate con altre ortofoto relative a periodi antecedenti (1950, 1963, 1977, 2000, 2003) per ricostruire l'evoluzione del reticolo idrografico anche in conseguenza delle opere artificiali.

La geometria delle sezioni fluviali dell'alveo naturale deriva dai dati della rilevazione aerea ad alta definizione (LIDAR) con dettaglio di 1 metro che, per quanto non completamente sfruttabile dal modello HECRAS in quanto la lunghezza delle sezioni in alcuni casi non consentiva di mantenere il dettaglio del rilievo altimetrico, ha consentito la elaborazione dei profili longitudinali con un ottimo livello qualitativo di dettaglio e di precisione per assenza di necessità di ulteriori elaborazioni derivanti dalla vegetazione fluviale che spesso altera la definizione altimetrica del rilievo.

Le sezioni riestrate dal DTM 1 m ed estese fino a intercettare il pelo libero sono state ritracciate in modo da tenere conto:

1. Della variabilità topografica del territorio;
2. Dei raggi di curvatura relativamente piccoli dell'asta fluviale;
3. Dei tracciati planimetrici dei corpi arginali;
4. Delle discontinuità generate da confluenze o cambi di sezione

Infine, l'esistenza di un modello idraulico già costruito fornito dall'Amministrazione ha consentito di valutare gli aspetti relativi alle scabrezze e alle strutture senza necessità di ulteriori rilievi, traducendo quei dati ivi contenuti nella geometria del nuovo modello idraulico elaborato nel presente studio.

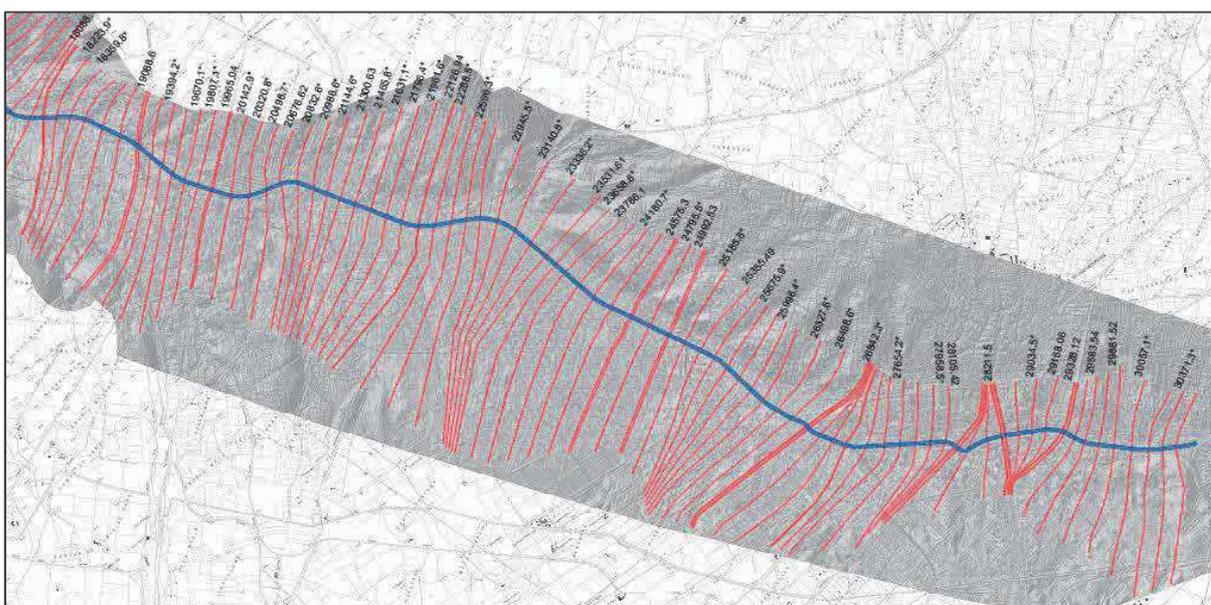


Figura 2 - DTM a 1 metro - Tratto di monte

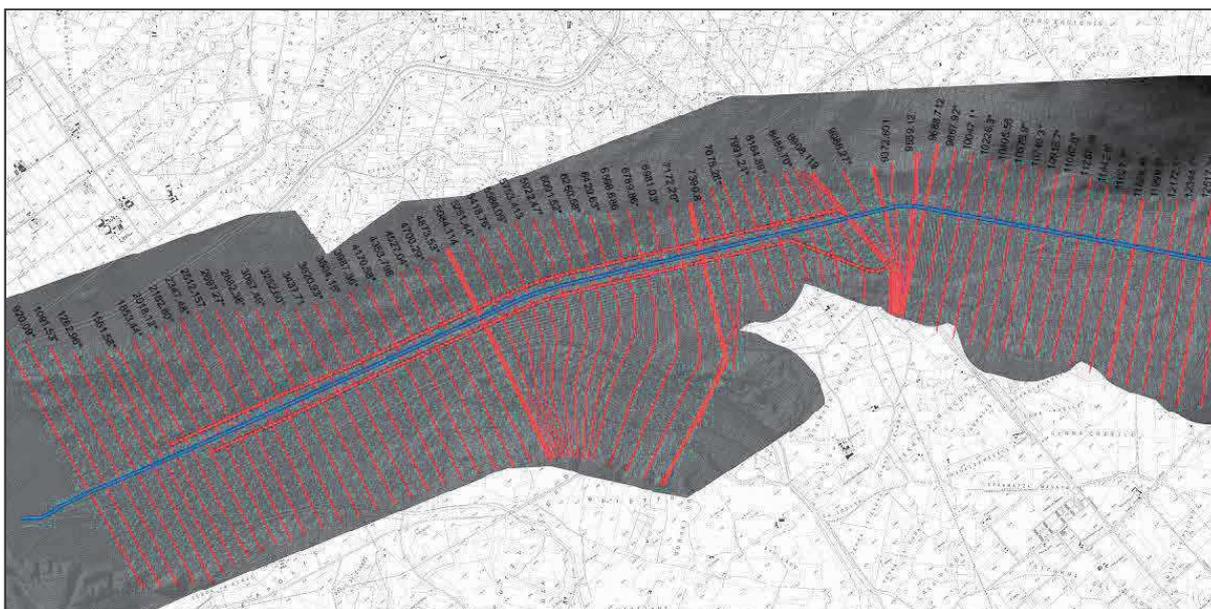


Figura 3 - DTM a 1 metro - Tratto di valle

1.2 VALUTAZIONI SULLE PORTATE DI DEFLUSSO - ASPETTI GENERALI DI CALCOLO

Lo studio idraulico dell'asta fluviale del Fluminimannu di Pabillonis ha analizzato gli eventi di piena corrispondenti ai tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni lungo il tratto, compreso fra la confluenza del Fluminimannu con il Riu Bruncu Fenugu (sezione G della Figura 4) e la foce.

Le portate considerate sono quelle adottate dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali con la stessa successione di incrementi da monte verso valle, come rappresentato in Tabella 1.

Tabella 1 - Portate adottate dal PSFF

Sezione	T 50	T100	T200		Sezione	T 50	T100	T200
G	119	141	162		Q	390	474	557
H	135	159	183		R	431	523	615
I	177	215	253		S	489	593	697
L	218	265	311		T	750	910	1070
M	231	280	330		U	812	985	1160
N	255	309	363		V	844	1020	1200
O	306	371	436		W	865	1050	1230
P	352	426	501		Z	1070	1300	1530

La portata in arrivo relativa al tempo di ritorno di 2 anni è stata utilizzata, nei tratti non arginati, al fine di individuare l'alveo della piena ordinaria per delimitare trasversalmente i contorni bagnati e fornire una indicazione circa l'applicazione del coefficiente di scabrezza di Manning alle sezioni di scorrimento più frequenti.

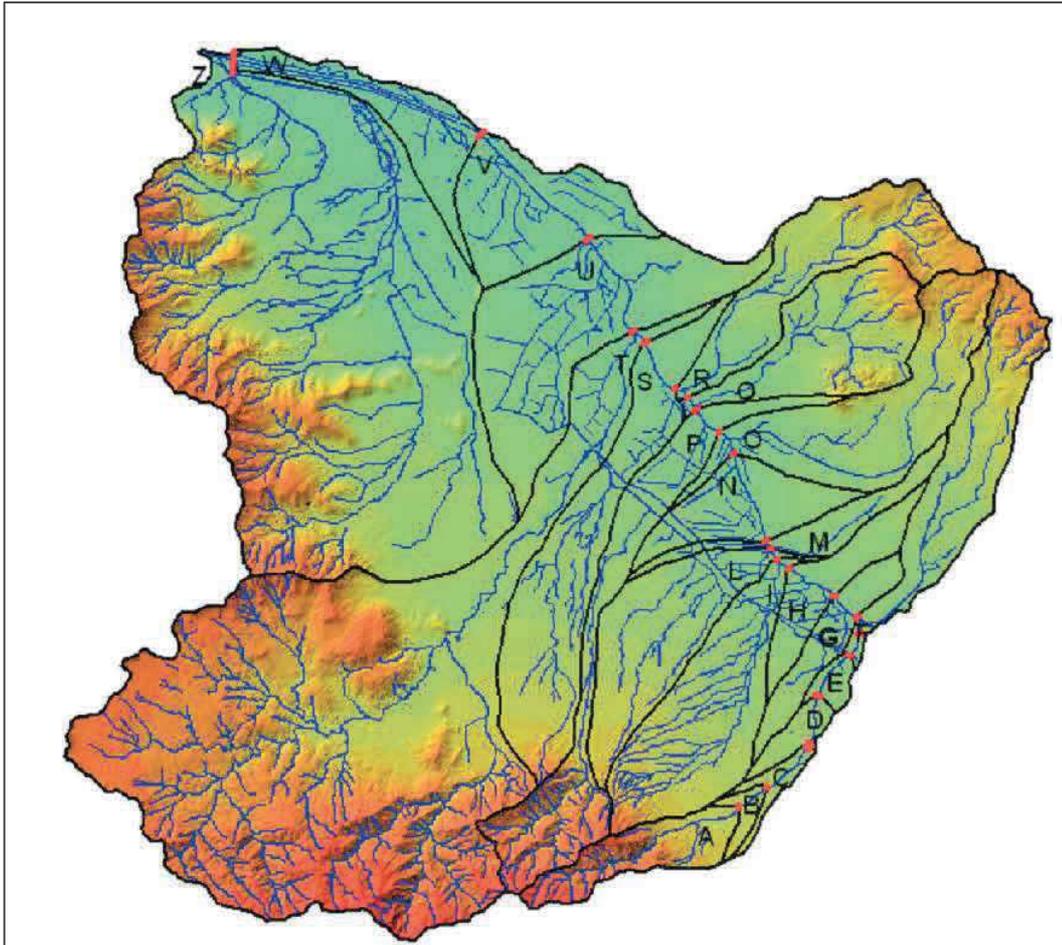


Figura 4 - Suddivisione in sottobacini del Fluminimannu di Pabillonis – PSFF

1.3 GEOMETRIA DELL'ALVEO E DELLE STRUTTURE

Lo studio idraulico dello stato attuale è stato condotto sul tratto d'asta fluviale di lunghezza pari a 29.7 km, misurata in asse all'alveo di magra attualmente individuabile dalle ortofoto, compreso fra la sezione n°58 del PSFF e la foce.

Come riportato sul PSFF e ripreso nell'elaborato R1 - Relazione metodologica, lo studio del corso d'acqua è stato fatto individuando tre tronchi, di cui si riporta una breve descrizione.

Il modello idraulico del Fluminimannu di Pabillonis, la cui rappresentazione schematica viene riportata nella Figura 5, si articola in 225 sezioni ortogonali all'asse fluviale e di estensione tale da comprendere la fascia di esondazione per le portate più gravose.

La distanza delle sezioni segue l'andamento delle condizioni idrauliche di deflusso in relazione alla larghezza, pendenza del fondo dell'alveo e caratteristiche sponde avendosi, in prossimità delle opere di attraversamento la necessità di sezioni aggiuntive assai ravvicinate mentre in corrispondenza di tratti con condizioni geometriche uniformi sono state adottate distanze molto maggiori.

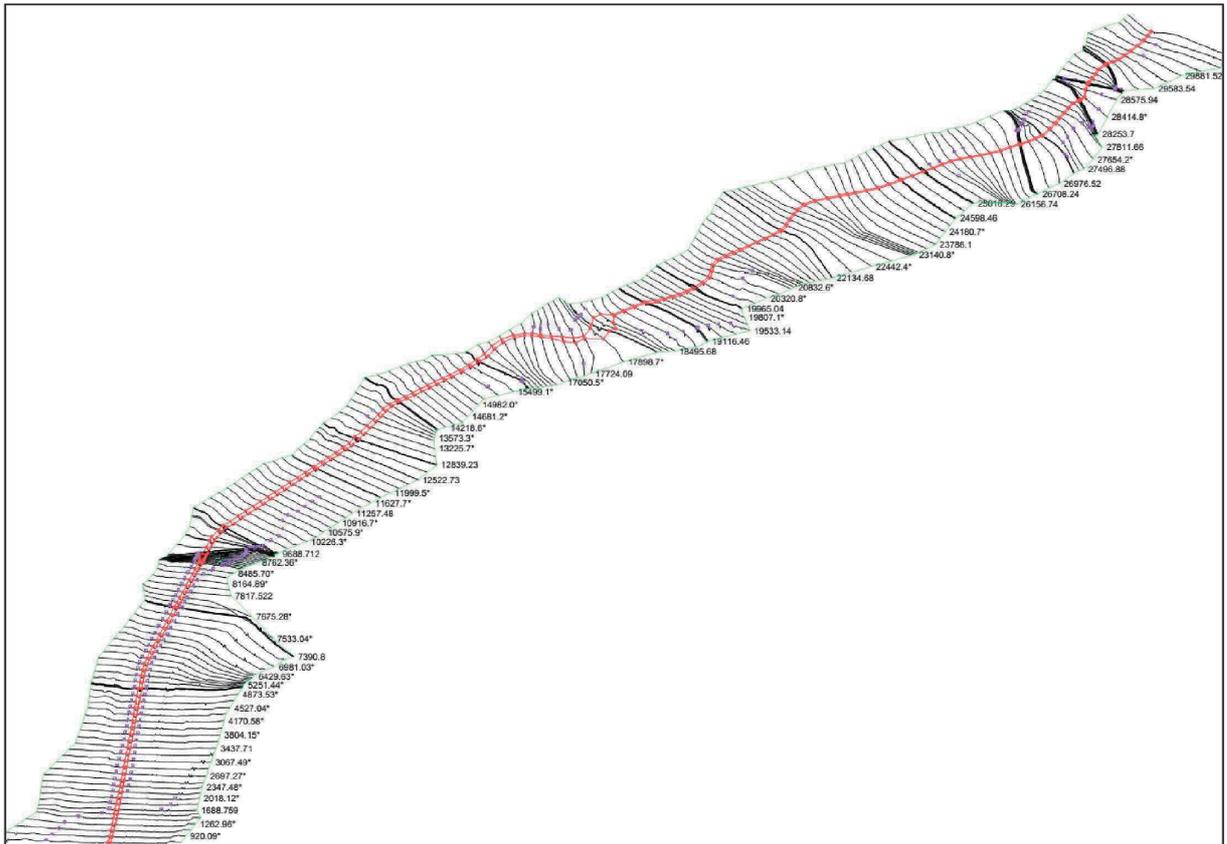


Figura 5 - Modello idraulico del Fluminimannu di Pabillonis

Nel tratto di studio sono presenti 17 opere di attraversamento, la cui ubicazione viene riportate nella Figura 6, Figura 7 e nella Figura 8

- **Ponte della strada tangenziale di San Gavino Monreale (Nuova S.S. 197)**
- **Ponte Sud S. Gavino Monreale (SP IPIS)**
- **Ponte Sud-Ovest S. Gavino Monreale (ex S.S. 197)**
- Ponte località Funtana e Canna - S. Gavino Monreale
- Ponte località Perda Mois - S. Gavino Monreale
- **Ponte strada comunale Pabillonis – San Gavino Monreale**
- Ponte strada vicinale Santa Severa
- Ponte strada vicinale di Montangesa
- **Ponte Strada Provinciale di S.Maria**
- Ponte presso il depuratore Pabillonis
- Ponte località Isca
- Ponte località Serra Ponti
- Ponte località Bau su Molenti

- Ponte località Bau sa Perdixedda
- **Ponte S.S. 126 presso San Nicolò d'Arcidano**
- Ponte San Nicolò d'Arcidano Ovest
- Ponte località Bau Angius

Tutti i ponti sono stati inseriti nel modello assumendo i dati derivanti dalle modellazioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

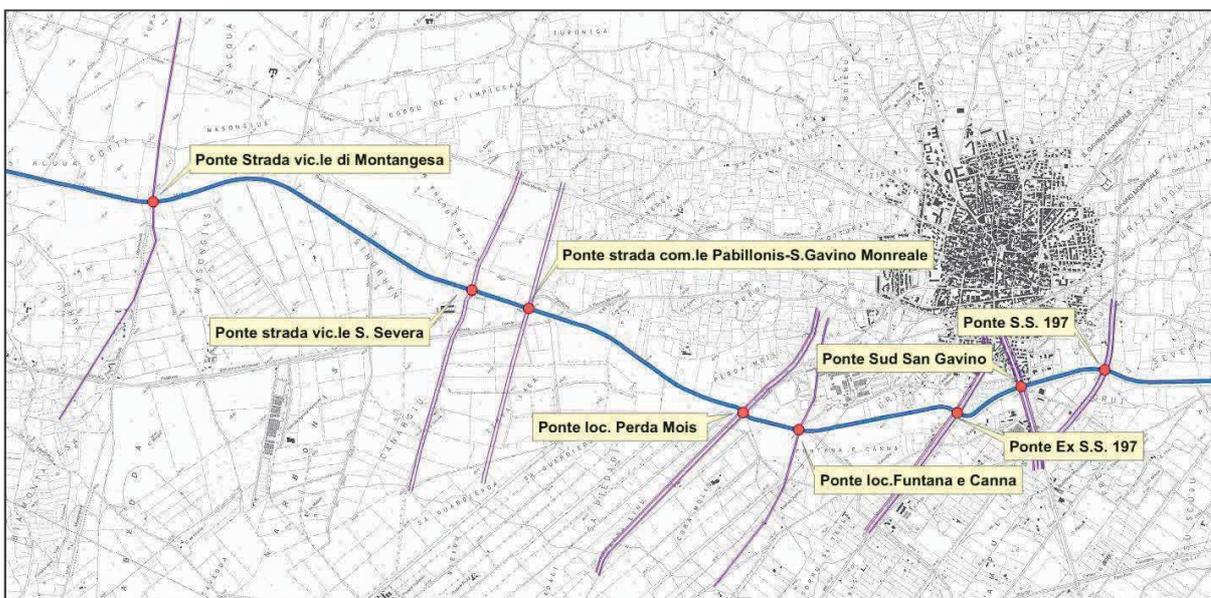


Figura 6 – Opere di attraversamento sul Fluminimannu di Pabillonis – Tratto compreso fra San Gavino e Pabillonis

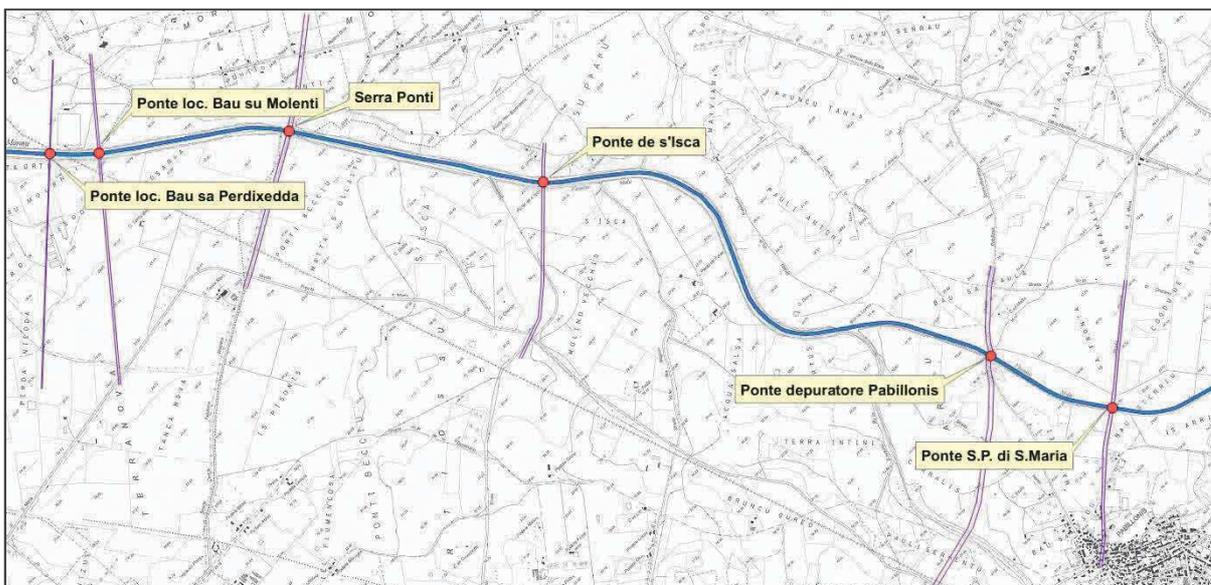


Figura 7 - Opere di attraversamento sul Fluminimannu di Pabillonis – Tratto compreso fra Pabillonis e il ponte della S.S. 126

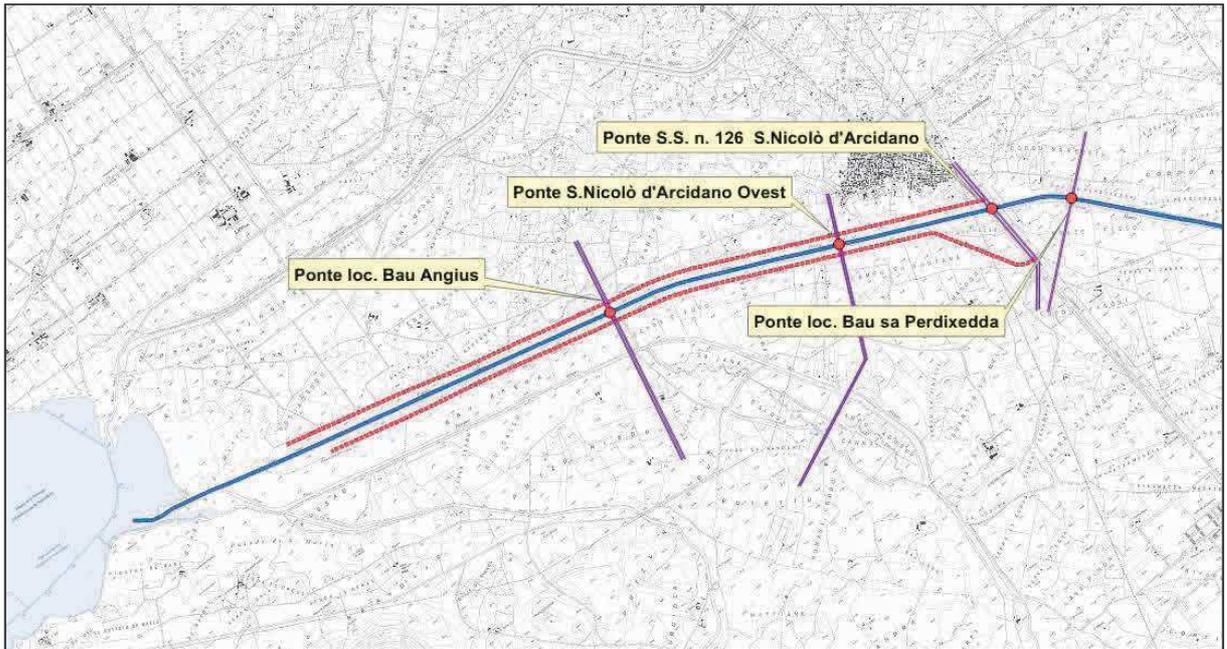


Figura 8 - Opere di attraversamento sul Fluminimannu di Pabillonis – Tratto arginato di valle

Come già detto, il corso d'acqua è stato oggetto di una profonda sistemazione idraulica e risulta totalmente artificializzato.

Le principali opere idrauliche presenti lungo il tratto studiato sono costituite dalle arginature presenti per circa 7.5 km, in destra e sinistra idraulica, nel tratto più vallivo del corso d'acqua. Anche il tratto in prossimità dell'abitato di San Gavino risulta arginato.

Tutto il tratto intermedio risulta stabilizzato mediante la presenza di numerose soglie con salti di fondo dell'ordine del metro, che in alcuni punti risultano in cattivo stato di conservazione.



Figura 9 – Tratto arginato di valle presso San Nicolò d'Arcidano - PSFF

1.4 SCABREZZA, CONDIZIONI AL CONTORNO E PORTATE

1.4.1 Coefficienti di scabrezza assegnati

Per la definizione dei valori di scabrezza si è operato come segue:

- si è analizzato il modello predisposto dal PSFF con i valori di scabrezza da esso inseriti;
- sono state infittite le sezioni, allungandole sino ad intercettare l'intera corda bagnata e definendo una forma planimetrica perpendicolare alla direzione del flusso;
- per ogni sezione sono stati assegnati i valori dei coefficienti di scabrezza in accordo con i valori assegnati dal PSFF.

Nelle tabelle seguenti si riportano le schede di scabrezza ricavate nel PSFF, mentre nella Tabella 2si riportano i valori di scabrezza adottati nella simulazione PGRA per ogni sezione.

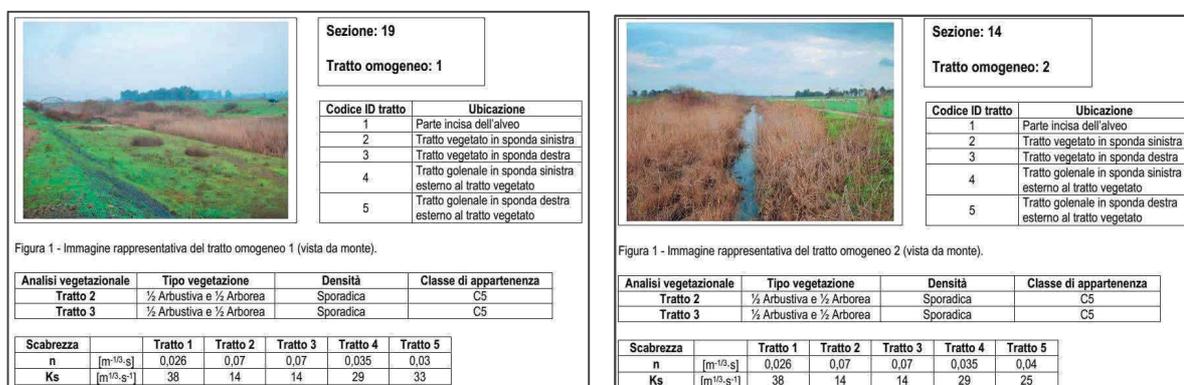


Figura 10 – Valori di scabrezza – Tratto non arginato – P.S.F.F.

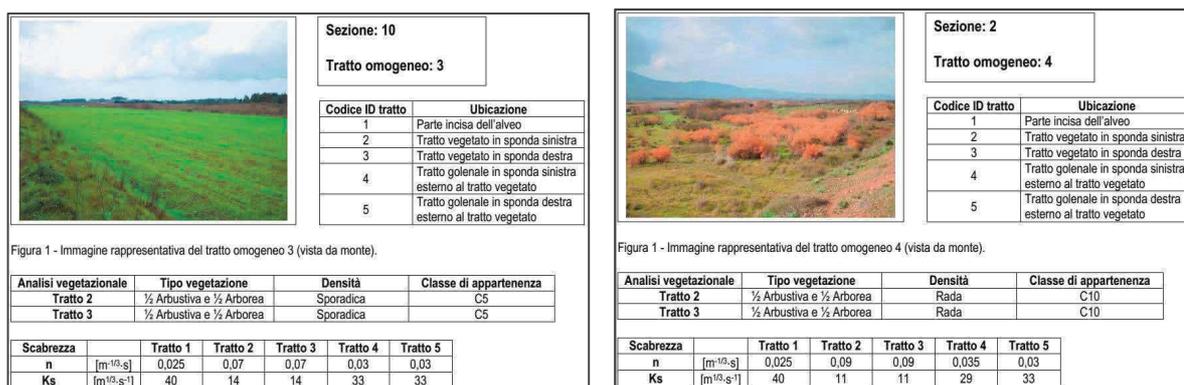


Figura 11 – Valori di scabrezza – Tratto arginato di valle (sinistra) e focivo (destra) – P.S.F.F.

Tabella 2 - Valori dei coefficienti di scabrezza adottati nella simulazione PGRA

Sezione	L OB	CH	R OB		Sezione	L OB	CH	R OB
30509.88	0.04	0.04	0.04		27100.27	0.04	0.04	0.04
30371.3*	0.04	0.04	0.04		Ponte			
30232.84	0.04	0.04	0.04		26976.52	0.04	0.04	0.04
30057.1*	0.04	0.04	0.04		26842.3*	0.05	0.045	0.05
29881.52	0.04	0.04	0.04		26708.24	0.05	0.045	0.05
29732.5*	0.04	0.04	0.04		26700.84	0.04	0.04	0.04
29583.54	0.04	0.04	0.04		26689.2	0.04	0.04	0.04
29474.6*	0.04	0.04	0.04		26679.34	0.04	0.04	0.04
29365.74	0.04	0.04	0.04		26669.53	0.04	0.04	0.04
29359.59	0.04	0.04	0.04		26498.6*	0.04	0.04	0.04
Ponte					26327.6*	0.04	0.04	0.04
29345.75	0.04	0.04	0.04		26156.74	0.04	0.04	0.04
29334.18	0.045	0.04	0.05		25996.4*	0.04	0.04	0.04
29328.12	0.045	0.04	0.05		25836.2*	0.04	0.045	0.04
29168.06	0.045	0.04	0.05		Ponte			
29034.5*	0.045	0.04	0.05		25675.9*	0.04	0.045	0.04
28901.0*	0.045	0.04	0.05		25515.7*	0.04	0.04	0.04
28767.58	0.045	0.04	0.05		25355.49	0.04	0.04	0.04
Ponte					Ponte			
28755.15	0.045	0.04	0.045		25185.8*	0.04	0.04	0.04
28744.35	0.045	0.04	0.045		25016.29	0.04	0.04	0.04
28731.18	0.045	0.04	0.045		25000	0.04	0.04	0.04
28722.01	0.045	0.04	0.045		24992.53	0.04	0.04	0.04
28575.94	0.045	0.04	0.045		24795.5*	0.04	0.04	0.04
28414.8*	0.045	0.04	0.045		24598.46	0.04	0.04	0.04
Ponte					24580	0.04	0.04	0.04
28253.7	0.045	0.04	0.045		24575.3	0.04	0.04	0.04
28247.75	0.045	0.04	0.045		24378.0*	0.04	0.04	0.04
28236.63	0.045	0.04	0.045		24180.7*	0.04	0.04	0.04
28223.18	0.045	0.04	0.045		23983.4*	0.04	0.04	0.04
28211.5	0.045	0.04	0.045		23786.1	0.04	0.04	0.04
28105.42	0.045	0.04	0.045		23658.8*	0.04	0.04	0.04
27958.5*	0.045	0.04	0.045		23531.61	0.04	0.04	0.04
27811.66	0.045	0.04	0.045		23336.2*	0.04	0.045	0.035
27654.2*	0.045	0.04	0.045		Ponte			
Ponte					23140.8*	0.04	0.045	0.035
27496.88	0.045	0.04	0.045		22945.5*	0.04	0.045	0.035
27303.1*	0.04	0.04	0.04		22750.17	0.04	0.045	0.035
27109.45	0.04	0.04	0.04		22596.3*	0.04	0.045	0.035
27105	0.04	0.04	0.04		22442.4*	0.035	0.04	0.035

Sezione	L OB	CH	R OB		Sezione	L OB	CH	R OB
22288.5*	0.035	0.04	0.035		17387.3*	0.03	0.03	0.03
22134.68	0.035	0.04	0.035		17218.9*	0.03	0.03	0.03
22130	0.035	0.04	0.035		17050.5*	0.03	0.03	0.03
22126.94	0.035	0.04	0.035		16882.13	0.03	0.03	0.03
21961.6*	0.035	0.04	0.035		16684.8*	0.03	0.03	0.03
21796.4*	0.035	0.04	0.035		16487.5*	0.03	0.03	0.03
21631.1*	0.035	0.04	0.035		16290.2*	0.03	0.03	0.03
21465.8*	0.035	0.04	0.035		16092.9*	0.03	0.03	0.03
21300.63	0.035	0.04	0.035		15895.6*	0.035	0.028	0.035
Ponte					15698.36	0.035	0.028	0.035
21144.6*	0.035	0.04	0.035		15690	0.035	0.028	0.035
20988.6*	0.035	0.04	0.035		Ponte			
20832.6*	0.035	0.04	0.035		15682.44	0.035	0.028	0.035
20676.62	0.035	0.04	0.035		15499.1*	0.035	0.028	0.035
20498.7*	0.035	0.04	0.035		15315.8*	0.035	0.028	0.035
20320.8*	0.035	0.04	0.035		15132.52	0.035	0.028	0.035
20142.9*	0.035	0.04	0.035		14982.0*	0.035	0.028	0.035
Ponte					14831.6*	0.035	0.028	0.035
19965.04	0.035	0.04	0.035		14681.2*	0.035	0.028	0.035
19954.43	0.035	0.04	0.035		14530.77	0.035	0.028	0.035
19944.16	0.035	0.04	0.035		Ponte			
19807.1*	0.035	0.04	0.035		14374.7*	0.035	0.028	0.035
19670.1*	0.035	0.035	0.035		14218.6*	0.035	0.028	0.035
19533.14	0.035	0.035	0.035		14062.63	0.035	0.028	0.035
19394.2*	0.035	0.035	0.035		14050	0.035	0.028	0.035
19255.3*	0.035	0.035	0.035		14036.13	0.035	0.028	0.035
19116.46	0.035	0.035	0.035		13881.8*	0.035	0.028	0.035
19100	0.035	0.035	0.035		13727.5*	0.035	0.028	0.035
19088.6	0.035	0.035	0.035		13573.3*	0.035	0.028	0.035
18890.9*	0.035	0.035	0.035		13419.04	0.035	0.028	0.035
18693.3*	0.035	0.035	0.035		13225.7*	0.035	0.028	0.035
18495.68	0.035	0.035	0.035		13032.5*	0.035	0.028	0.035
18359.8*	0.035	0.035	0.035		12839.23	0.035	0.028	0.035
18223.9*	0.035	0.035	0.035		12830	0.035	0.028	0.035
18088.1	0.035	0.035	0.035		12826.04	0.035	0.028	0.035
18073.33	0.035	0.035	0.035		12674.3*	0.035	0.028	0.035
17898.7*	0.035	0.035	0.035		12522.73	0.03	0.028	0.03
17724.09	0.035	0.035	0.035		12517.34	0.035	0.028	0.03
17555.7*	0.035	0.035	0.035		12344.7*	0.035	0.028	0.03
Ponte					12172.1*	0.035	0.028	0.03

Sezione	L OB	CH	R OB		Sezione	L OB	CH	R OB
11999.5*	0.035	0.028	0.03		8688.34*	0.035	0.025	0.035
11826.95	0.035	0.028	0.03		8669.84*	0.035	0.025	0.035
Ponte					8651.33*	0.035	0.025	0.035
11812.93	0.035	0.028	0.04		8632.826	0.035	0.025	0.035
11627.7*	0.035	0.028	0.04		8485.70*	0.035	0.025	0.035
11442.6*	0.035	0.028	0.04		8338.574	0.035	0.025	0.035
11257.48	0.035	0.028	0.04		8164.89*	0.035	0.025	0.035
11087.0*	0.035	0.028	0.04		7991.21*	0.035	0.025	0.035
10916.7*	0.035	0.028	0.04		7817.522	0.035	0.025	0.035
10746.3*	0.035	0.028	0.04		7675.28*	0.035	0.025	0.035
10575.9*	0.035	0.028	0.03		7533.04*	0.035	0.025	0.035
10405.55	0.035	0.025	0.035		7390.8	0.035	0.025	0.035
Ponte					7384.013	0.035	0.025	0.035
10226.3*	0.035	0.025	0.035		7380	0.035	0.025	0.035
10047.1*	0.035	0.025	0.035		Ponte			
9867.92*	0.035	0.025	0.035		7363.369	0.035	0.025	0.035
9688.712	0.035	0.025	0.035		7172.20*	0.035	0.025	0.035
9680	0.035	0.025	0.035		6981.03*	0.035	0.025	0.035
9675.684	0.035	0.025	0.035		6789.86*	0.035	0.025	0.035
9585.003	0.035	0.025	0.035		6598.686	0.035	0.025	0.035
9559.12	0.035	0.025	0.035		6429.63*	0.035	0.025	0.035
9372.801	0.035	0.025	0.035		6260.58*	0.035	0.025	0.035
9274.803	0.035	0.025	0.035		6091.52*	0.035	0.025	0.035
9258.365	0.035	0.025	0.035		5922.47*	0.035	0.025	0.035
9088.27*	0.035	0.025	0.035		5753.413	0.035	0.025	0.035
8918.184	0.035	0.025	0.035		5586.09*	0.035	0.025	0.035
8908.119	0.035	0.025	0.035		5418.76*	0.035	0.025	0.035
8891.723	0.035	0.025	0.035		5251.44*	0.035	0.025	0.035
8881.247	0.035	0.025	0.035		5084.114	0.035	0.025	0.035
8873.394	0.035	0.025	0.035		5072.816	0.035	0.025	0.035
8854.89*	0.035	0.025	0.035		5060	0.035	0.025	0.035
8836.38*	0.035	0.025	0.035		5056.424	0.035	0.025	0.035
8817.88*	0.035	0.025	0.035		5046.776	0.035	0.025	0.035
8799.37*	0.035	0.025	0.035		4873.53*	0.035	0.025	0.035
8780.87*	0.035	0.025	0.035		4700.29*	0.035	0.025	0.035
8762.36*	0.035	0.025	0.035		4527.04*	0.035	0.025	0.035
8743.86*	0.035	0.025	0.035		4353.798	0.035	0.025	0.035
Ponte					4170.58*	0.035	0.025	0.035
8725.35*	0.035	0.025	0.035		3987.36*	0.035	0.025	0.035
8706.85*	0.035	0.025	0.035		3804.15*	0.035	0.025	0.035

Sezione	L OB	CH	R OB		Sezione	L OB	CH	R OB
3620.93*	0.035	0.025	0.035		2018.12*	0.035	0.025	0.035
3437.71	0.035	0.025	0.035		1853.44*	0.035	0.025	0.035
3252.60*	0.035	0.025	0.035		1688.759	0.035	0.025	0.035
3067.49*	0.035	0.025	0.035		1561.58*	0.035	0.025	0.035
2882.38*	0.035	0.025	0.035		1434.398	0.035	0.025	0.035
2697.27*	0.035	0.025	0.035		1262.96*	0.035	0.025	0.035
2512.157	0.035	0.025	0.035		1091.53*	0.035	0.025	0.035
2347.48*	0.035	0.025	0.035		920.09*	0.035	0.025	0.035
2182.80*	0.035	0.025	0.035		748.6561	0.035	0.025	0.035

1.4.2 Portate di input e condizioni al contorno

Conformemente alle ipotesi generali del presente studio, anche le condizioni al contorno e le portate idrologiche adottate nel modello riprendono, per il tratto studiato, quelle già considerate per il Fluminimannu di Pabillonis nel PSFF.

Come condizione al contorno, a monte è stata adottata la condizioni di corrente per tutti i tempi di ritorno considerati. Per quanto riguarda la condizione al contorno di valle è stato assunto il valore di quota del pelo libero alla foce pari a +1.80 m sulla quota del livello medio del mare, ottenuto come sovrapposizione del sopralzo di marea (+0.45m), del storm surge e wind setup (+0.35m) e dell'altezza di frangimento (+1.00 m).



Figura 12 –Foce del Fluminimannu di Pabillonis

Le portate di input, come descritto nel capitolo 1.2, sono quelle valutate dal Piano Stralcio Fasce Fluviali per le medesime sezioni e vengono riportate nella Tabella 3:

Tabella 3 - Portate di input

Sezione	T 50	T100	T200	Sezione	T 50	T100	T200
G	119	141	162	Q	390	474	557
H	135	159	183	R	431	523	615
I	177	215	253	S	489	593	697
L	218	265	311	T	750	910	1070
M	231	280	330	U	812	985	1160
N	255	309	363	V	844	1020	1200
O	306	371	436	W	865	1050	1230
P	352	426	501	Z	1070	1300	1530

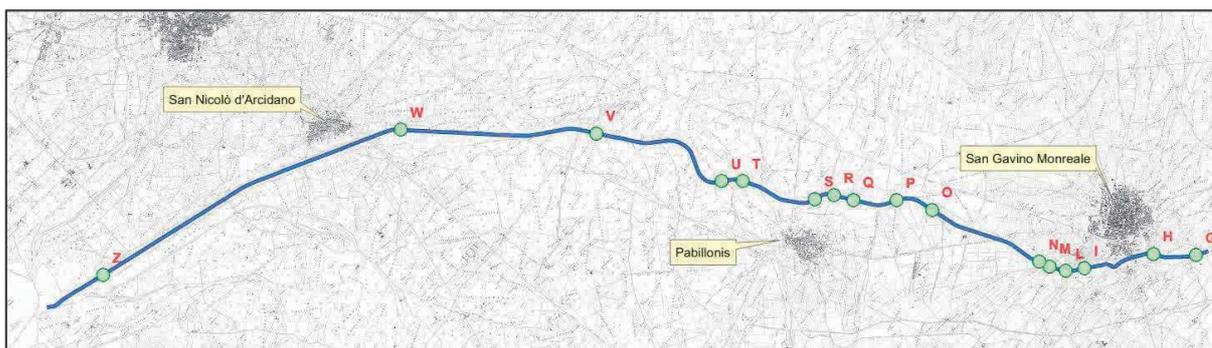


Figura 13 - Ubicazione delle sezioni di input idrologico

1.5 RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE

Per gli eventi relativi ai tempi di ritorno studiati, il modello idraulico ha determinato i profili di moto permanente lungo il tronco studiato evidenziando le principali criticità.

Nella descrizione dei risultati della simulazione idraulica dello stato attuale si mantiene la schematizzazione del corso d'acqua utilizzata nella relazione metodologica, che individua tre tronchi:

- il tratto arginato presso San Gavino
- il tratto non arginato, intermedio
- il tratto arginato nella parte più valliva

1.5.1 Tratto arginato presso San Gavino

Il primo tratto, lungo circa 1250 metri, rappresentato in Figura 14, è caratterizzato da una sezione di forma trapezia non rivestita e arginata su entrambe le sponde, affiancata da due canali colatori aventi il compito di raccogliere i canali di dreno dei versanti limitrofi. Il corso d'acqua non consente il contenimento della piena cinquantennale con conseguenti esondazioni che si estendono in sinistra e destra idraulica interessando numerosi edifici, sia residenziali che commerciali.

La geometria delle sezioni risulta in grado di contenere una portata massima stimata dell'ordine degli 80 m³/s, tuttavia la presenza del "Ponte sud" e del ponte della ex S.S. 197, (indicato nella modellazione con il nome di Ponte sud ovest San Gavino) riducono tale valore a 60 m³/s: superato tale valore, il

rigurgito prodotto dalle luci inadeguate degli attraversamenti determina un brusco innalzamento del pelo libero oltre le quote degli argini.

Le simulazioni idrauliche relative ai tempi di ritorno superiori non si traducono in un aumento significativo dell'estensione dell'area allagata ma determinano unicamente un incremento dei tiranti idrici e delle velocità di deflusso.

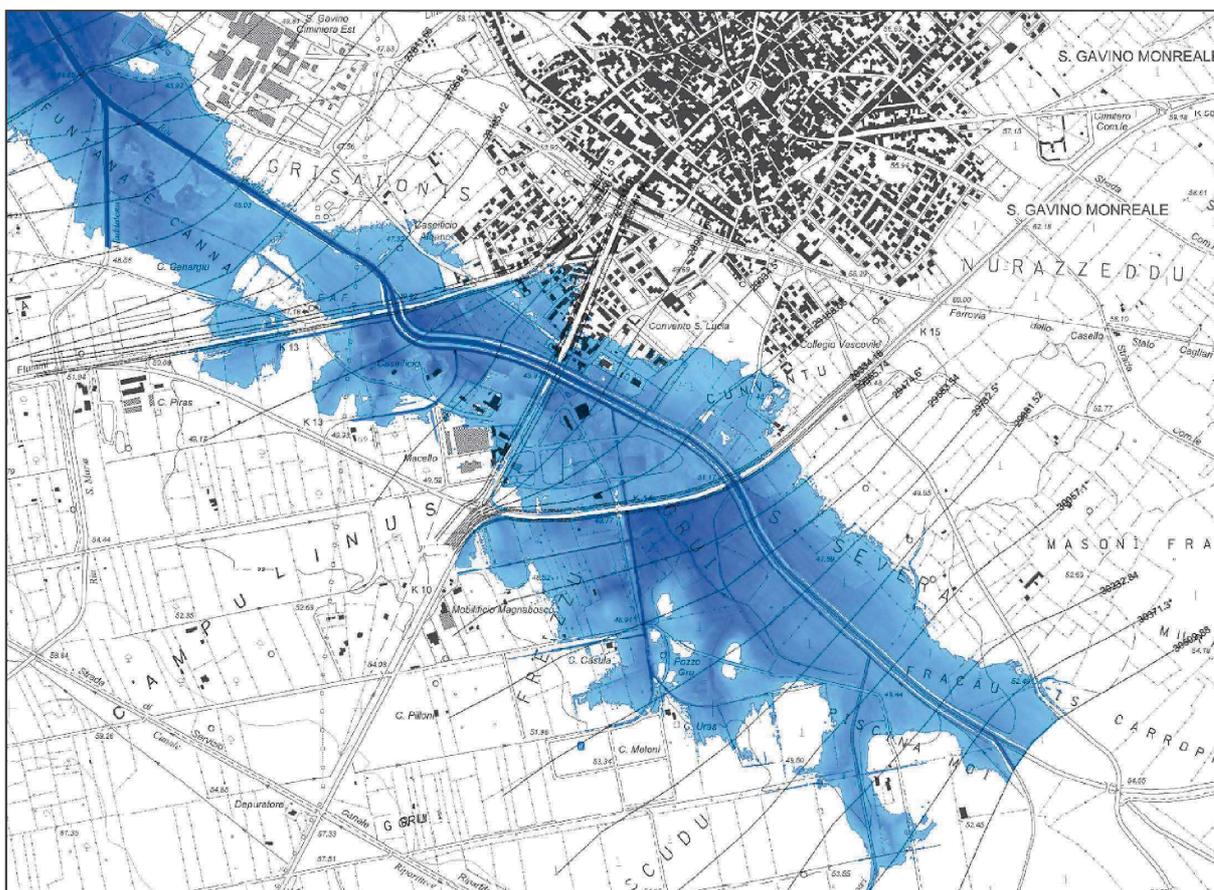


Figura 14 – Tratto arginato presso San Gavino – Aree interessate dal deflusso di piena

Nella figure seguenti vengono documentati parte degli allagamenti che si sono verificate nell'abitato e nella zona commerciale di San Gavino nelle aree a ridosso del tratto arginato in occasione del nubifragio del 18 Novembre 2013, passato alla cronaca con il nome di "Ciclone Cleopatra" che risultano concordi con i risultati ottenuti nelle simulazioni. In particolare, la Figura 15 rappresenta l'allagamento di via Convento, ubicata parallelamente al colatore destro del rio Fluminimannu, mentre la Figura 16 rappresenta l'allagamento di alcune attività commerciali ubicate immediatamente a monte del "Ponte sud" in sinistra idraulica.

Il regime di corrente risulta sub critico per tutti i tempi di ritorno, con eccezione delle sezioni in prossimità degli attraversamenti in cui si verifica un passaggio per lo stato critico. Le velocità medie risultano dell'ordine di 1 m/s con picchi di 3 m/s.

Nella Figura 17 viene riportato l'andamento dei profili di corrente per i diversi tempi di ritorno. Come si può osservare, il ponte della S.S. 197 è l'unico che non viene sormontato, pur producendo un

sopralzo del pelo libero a monte. Il Ponte Sud e il ponte della ex S.S. 197 vengono sormontati per tutti i tempi di ritorno e provocano un innalzamento del pelo libero che, insieme all'insufficienza della sezione arginata, rappresenta la causa delle esondazioni.



Figura 15 – Ciclone Cleopatre – Allagamento di via Convento



Figura 16 – Ciclone Cleopatra – Allagamento area commerciale in sinistra idraulica

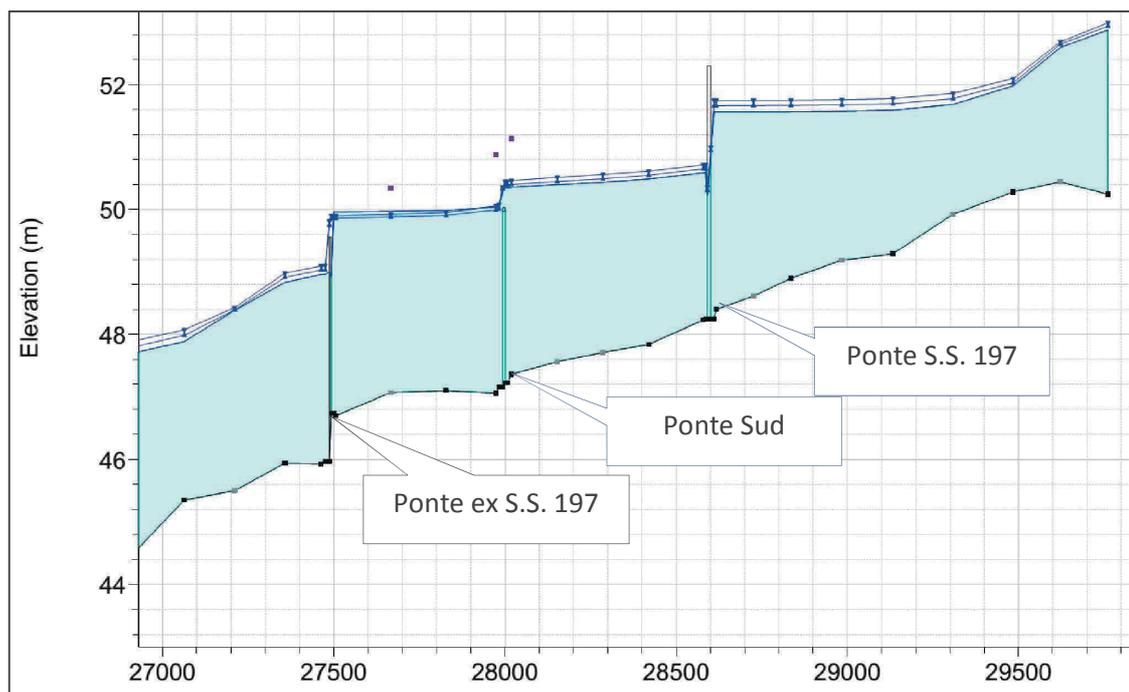


Figura 17 – Tratto arginato presso San Gavino – Profili di corrente per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni

1.5.2 Tratto intermedio compreso fra il ponte della ex S.S. 197 (“Ponte Sud Ovest San Gavino”) e i ponte della S.S. 126

Il tratto intermedio si può distinguere in due parti: nella prima parte, lunga circa 10 km, compresa fra il ponte della ex S.S. 197 e la confluenza con il riu Flumini Bellu, il corso d’acqua è caratterizzato da una sezione trapezia non arginata e non sistemata, di larghezza pari a 12 metri.

Nella seconda parte (Figura 19), a partire dalla confluenza, la sezione si allarga e mantiene una larghezza di 25 metri sino al ponte della S.S. 126, per una lunghezza totale di 9.3 km. Questo tratto è caratterizzato dalla presenza di numerose soglie in calcestruzzo e salti di fondo, in prossimità dei quali le sponde delle sezioni risultano rivestite con materassi per una lunghezza di circa 30 metri a monte e a valle della soglia (Figura 18).



Figura 18 – Tratto intermedio – Salto di fondo

Tutto il tratto intermedio risulta caratterizzato da un'insufficienza della sezione idraulica già a partire dalla portata con tempo di ritorno cinquantennale. Le esondazioni, che coinvolgono quasi esclusivamente aree dedicate a pratiche agricole, presentano fasce di larghezza variabile da circa 500 metri nel primo tratto a oltre un chilometro nel secondo tratto, con altezze massime, nelle aree di esondazione, di 1.5 metri.

Le fasce di esondazione non presentano differenze sostanziali per i diversi tempi di ritorno sia per quanto riguarda l'estensione che la velocità di corrente o l'altezza di deflusso. Nelle Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23 vengono rappresentati alcuni tratti.



Figura 19 – Tratto intermedio – Sistemazione a valle della confluenza con il Flumini Bellu

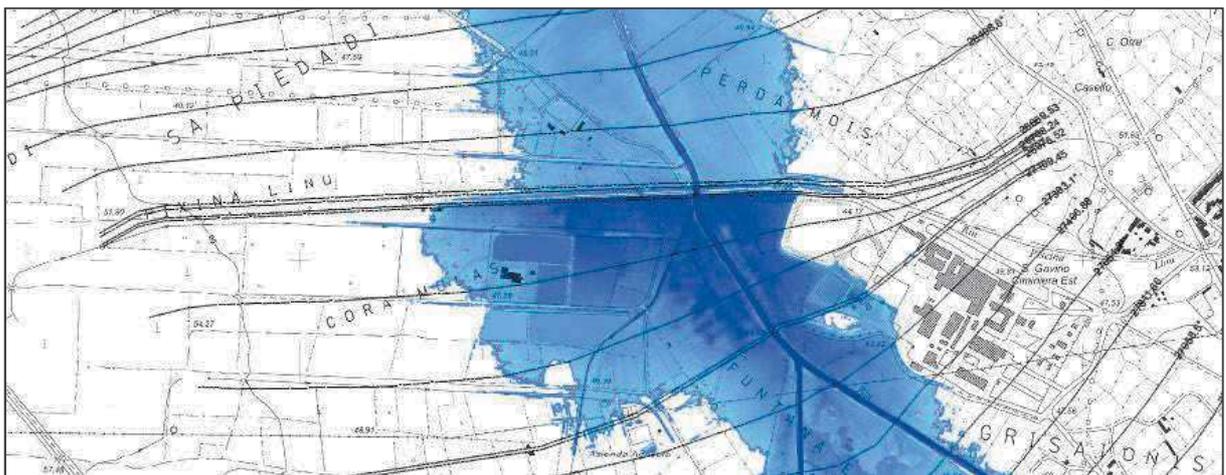


Figura 20 - Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica - Tratto iniziale a valle della ex S.S. 197

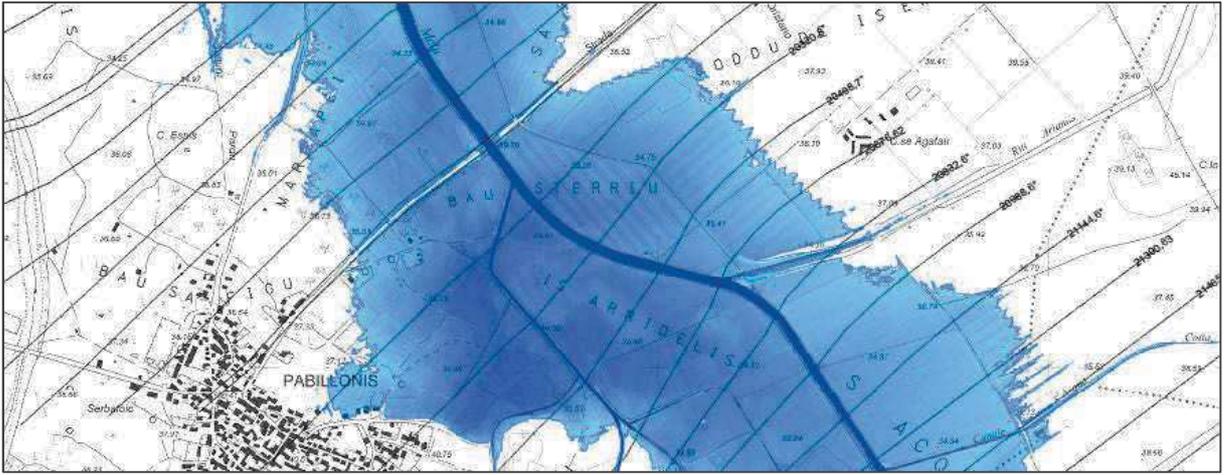


Figura 21 - Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica - Tratto iniziale presso Pabillonis

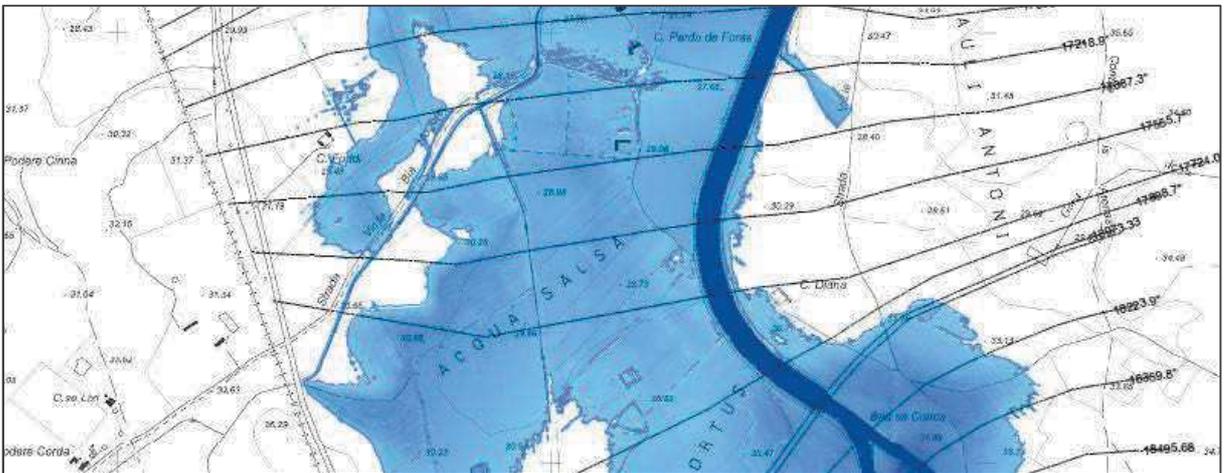


Figura 22 - Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica – Secondo tratto a valle della confluenza con il Flumini Bellu

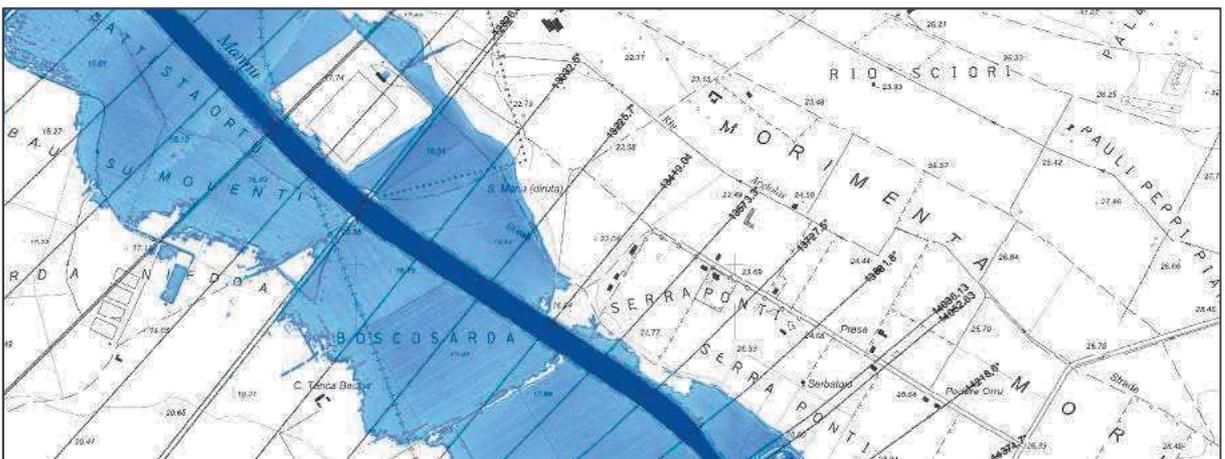


Figura 23 – Tratto intermedio - Risultati della simulazione idraulica – Secondo tratto in località “Morimenta”

Sono presenti diversi attraversamenti del corso d'acqua, quasi sempre idraulicamente insufficienti, costituiti sia da strade di diversa categoria che da ponti tubo per l'irrigazione dei comparti agricoli adiacenti.

Come si può osservare dai profili di corrente riportati in Figura 24, il regime di corrente è quello di corrente lenta per quasi tutto il tratto simulato, con passaggi per lo stato critico soltanto in corrispondenza di alcuni attraversamenti; le velocità nel primo tratto non superano i 2 m/s, mentre nel secondo tratto, con l'incremento delle portate e dei tiranti, la velocità media è più elevata, con valori dell'ordine dei 2.5 m/s che possono raggiungere anche picchi di 5 m/s.

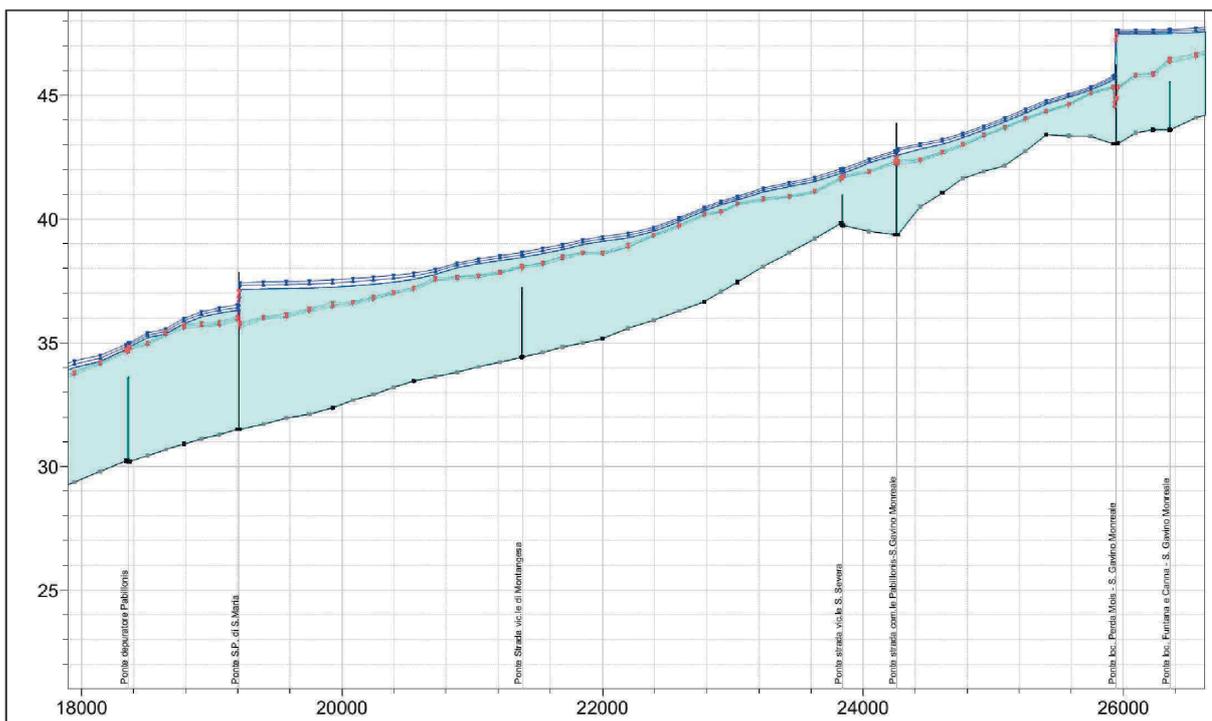


Figura 24 – Tratto intermedio – Profili di corrente per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni

1.5.3 Tatto di valle

Il tratto di valle si sviluppa per circa 7.8 km fra il ponte della S.S. 126 presso San Nicolò d'Arcidano e la foce. A partire da ponte, il tratto risulta arginato con continuità in destra e sinistra idraulica. Come si può osservare dalla Figura 25, la sezione risulta composta da una savanella di forma trapezia, con larghezza costante di 50 metri e due golene di larghezza pari a 63 metri ciascuna. Gli argini sono in terra, con altezza variabile sul piano di campagna, scarpa minima 3:1 e pista di servizio non sempre in buono stato di manutenzione.



Figura 25 - Tratto di valle – Sistemazione idraulica del Fluminimannu di Pabillonis presso San Nicolò d'Arcidano

La sezione arginata, come rappresentato in Figura 27 e in Figura 26 - sinistra, risulta in grado di contenere le portate relative a tutti i tempi di ritorno simulati, mentre i due ponticelli di attraversamento della savanella risultano non sufficienti a consentire il transito della portata di piena cinquantennale (Figura 26 - destra). Tuttavia il ponte della S.S. 125 risulta in grado di far transitare la sola portata cinquantennale, per cui, per le portate aventi tempo di ritorno 100 e 200 anni, l'insufficienza della luce del ponte determina un innalzamento del pelo libero che può determinare il sormonto sia in destra che in sinistra idraulica del rilevato stradale. Poiché la tracimazione in destra idraulica avviene anche in un'area esterna all'argine destro, che parte immediatamente a valle della sezione del ponte, parte della portata di piena defluisce lateralmente all'argine destro, lungo una fascia che interessa anche la parte più bassa dell'abitato di San Nicolò d'Arcidano (Figura 29).

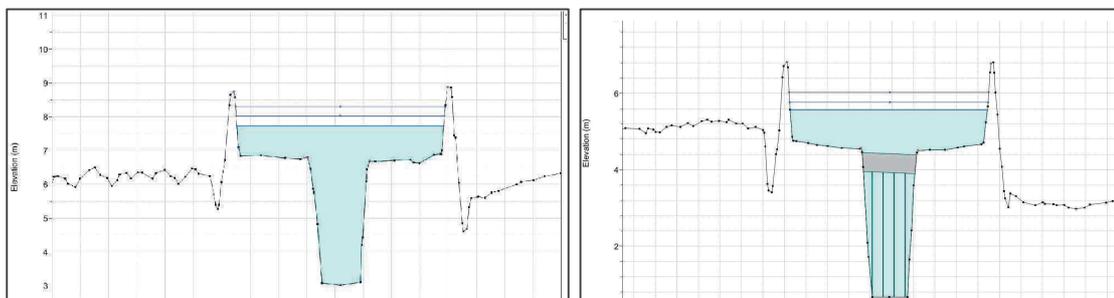


Figura 26 - Tratto di valle – A sinistra una sezione tipo del tratto arginato, a destra la sezione del primo attraversamento del tratto arginato.

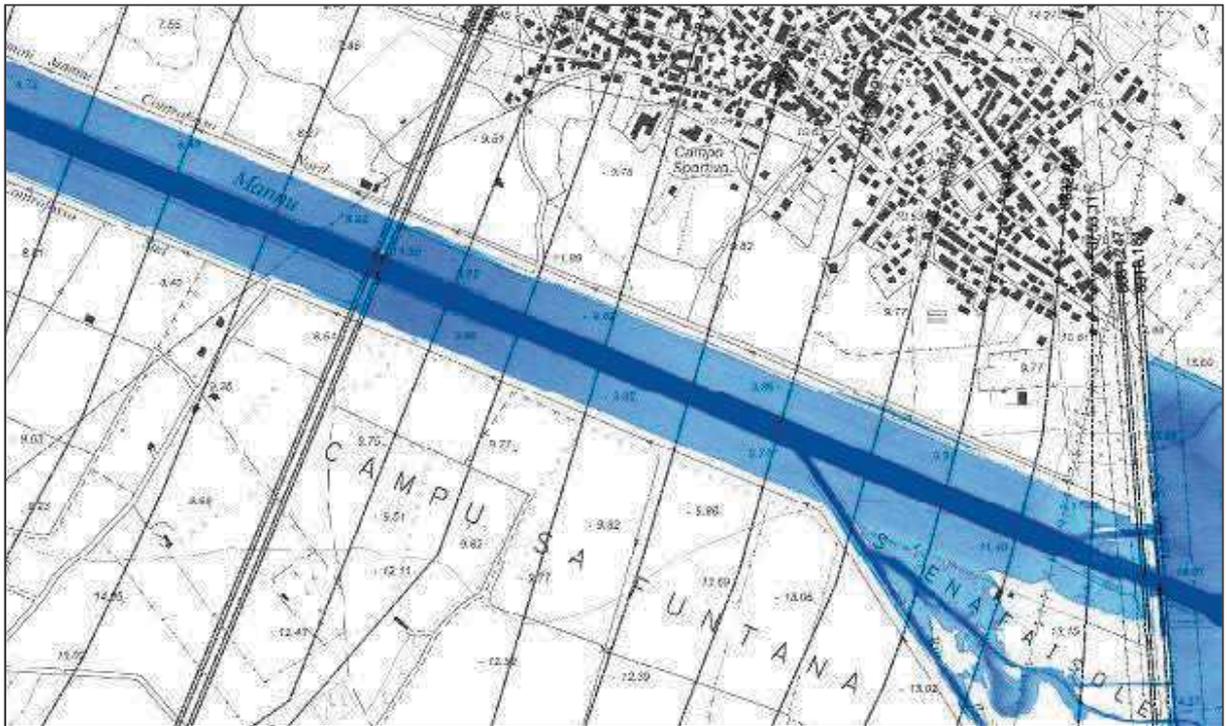


Figura 27 – Tratto di valle – Pericolosità idraulica per Tr=50 anni

Nella Figura 28 vengono rappresentati il profilo idraulico e la sezione in prossimità del ponte della S.S. 126. Come si può osservare, la presenza del ponte determina un profilo di rigurgito anche per la portata cinquantennale, che tuttavia transita attraverso il ponte. I profili di corrente relativi alle portate con tempo di ritorno centennale e duecentennale sormontano in diversi punti il rilevato stradale.

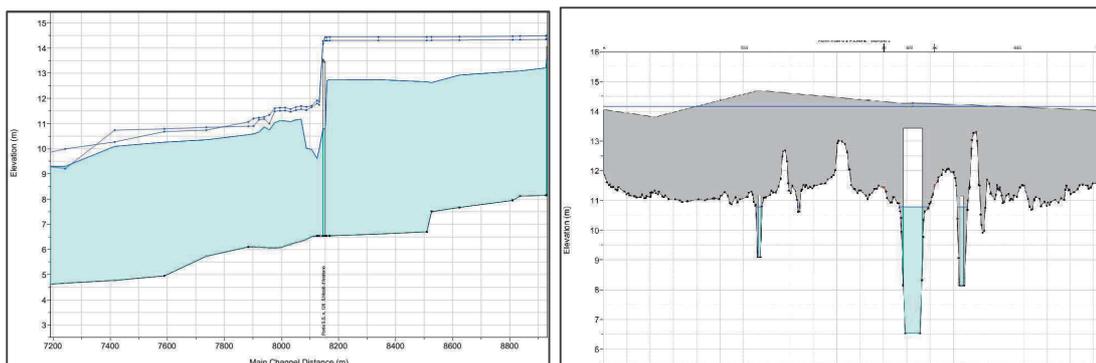


Figura 28 – Tratto di valle – Ponte della S.S.126 – A sinistra il profilo di corrente, a destra la sezione del ponte

Nell'ultimo tratto non arginato, rappresentato in Figura 30, la condizione di valle, pari 1.8 m s.l.m. si propaga a monte, in sinistra idraulica, per alcune centinaia di metri, andando a riempire la fascia compresa fra l'argine sinistro del Fluminimannu e l'alveo del torrente Sitzerri. In destra idraulica, l'aliquota di portata che defluisce al di fuori dell'arginatura, si propaga verso valle andando a riattivare lanche e alvei fossili attivi prima delle opere di bonifica del corso d'acqua.

2 Analisi idraulica degli scenari di intervento

2.1 GEOMETRIA E TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Sulla base dei risultati conseguiti nell'analisi dello stato attuale, sono stati considerati i seguenti interventi:

- A - Apertura di una luce supplementare nel ponte della S.S. 126

Allo stato attuale il ponte sulla S.S. 126 non consente il transito in condizioni di sicurezza delle portate superiori a quella cinquantennale. Le simulazioni relative alle portate di piena hanno evidenziato la tracimazione dei rilevati stradali che possono determinare un deflusso all'esterno dell'argine destro con allagamento di parte dell'abitato di San Nicolò d'Arcidano.

L'intervento previsto consiste nella realizzazione di una nuova luce a fianco a quella esistente, consentendo il deflusso della piena duecentennale in condizioni di sicurezza.

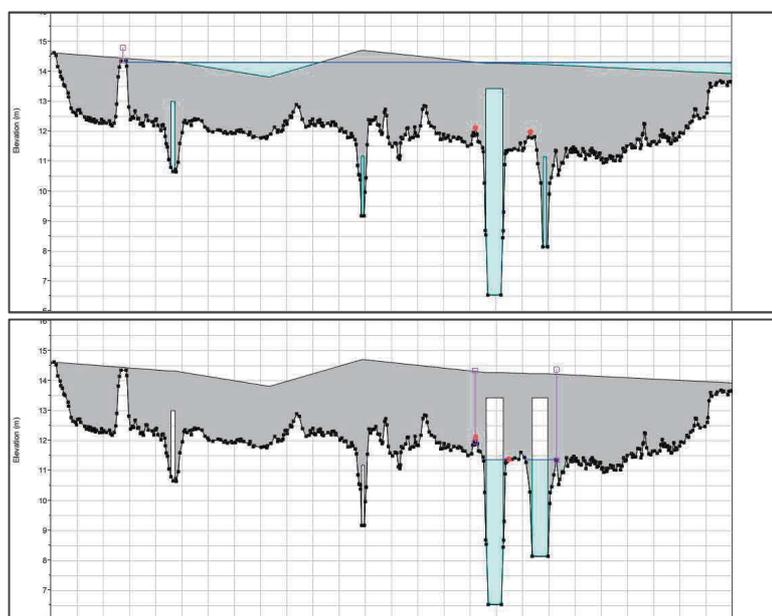


Figura 31 - Intervento di Tipo A – Apertura di una nuova luce nel rilevato stradale della S.S. 126

- B, C, D - Demolizione del ponte della ex S.S. 197, del "ponte Sud" e del ponte della S.S. 197.

L'intervento prevede la demolizione dei tre ponti presenti nel tratto arginato presso il comune di San Gavino, che allo stato attuale non consentono il deflusso della portata cinquantennale, determinando un incremento del livello idrico a monte che favorisce la tracimazione degli argini.

- E - Realizzazione di una nuova sezione arginata

L'intervento consiste nella realizzazione di una nuova sezione nel tratto arginato presso San Gavino che consente il transito della portata duecentennale in condizioni di sicurezza.

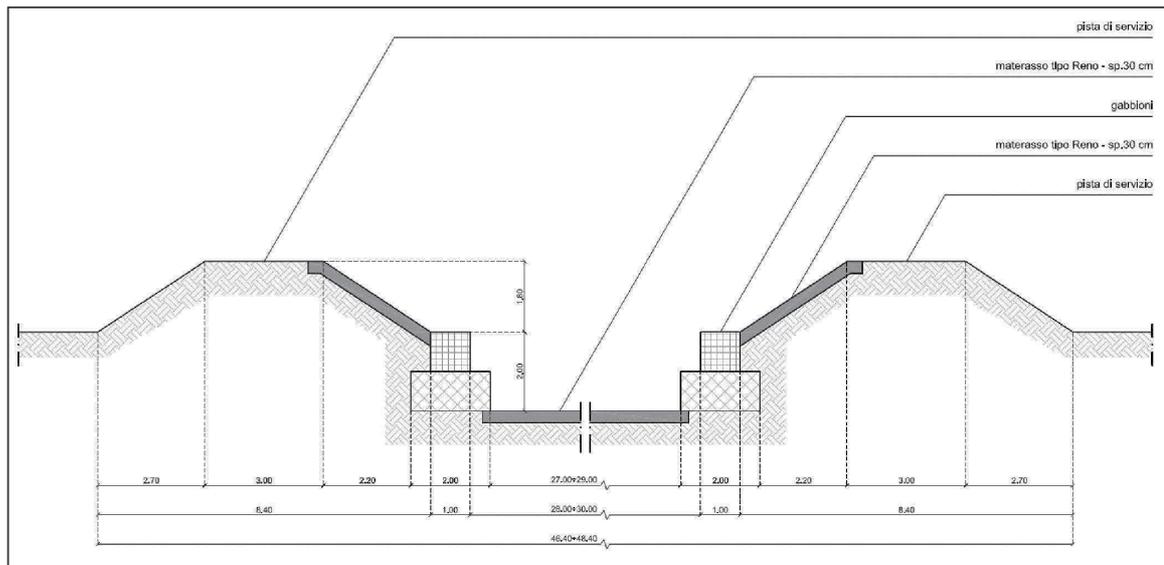


Figura 32 – Intervento di Tipo E – Realizzazione di una nuova sezione arginata presso San Gavino Monreale

- F - Sistemazione rete idrografica secondaria e canali colatori
- G, H - Nuovi ponte sulla S.S. 197 e sulla strada provinciale ex S.S. 197

Gli interventi consistono nella realizzazione dei due ponti demoliti con una luce sufficiente al transito della portata duecentennale in condizioni di sicurezza

2.2 CONDIZIONI AL CONTORNO E PORTATE

Le condizioni al contorno e le portate utilizzate per tutte le simulazioni sono le stesse adottate nella modellazione dello stato attuale vista nel capitolo 1.4.2

2.3 RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA PER GLI SCENARI PROPOSTI

2.3.1 Scenario 1

Lo scenario 1 consiste nella sola realizzazione dell'intervento di Tipo A, con lo scopo di eliminare il pericolo di sormonto del rilevato stradale della S.S. 126 e mettere in sicurezza l'abitato di San Nicolò d'Arcidano.

Come si può osservare dal confronto delle perimetrazioni della pericolosità idraulica rappresentato in Figura 33, l'intervento, favorendo il contenimento della portata all'interno del tratto arginato a valle, determina la messa in sicurezza dell'abitato. Nella Figura 34, che rappresenta il confronto fra il profilo di corrente dello scenario 0 e quello dello scenario 1, si può osservare come l'intervento previsto determini un aumento del tirante idrico, dovuto ad un incremento della portata che defluisce nel tratto arginato. Tale incremento di livello risulta compatibile con le attuali quote arginali.

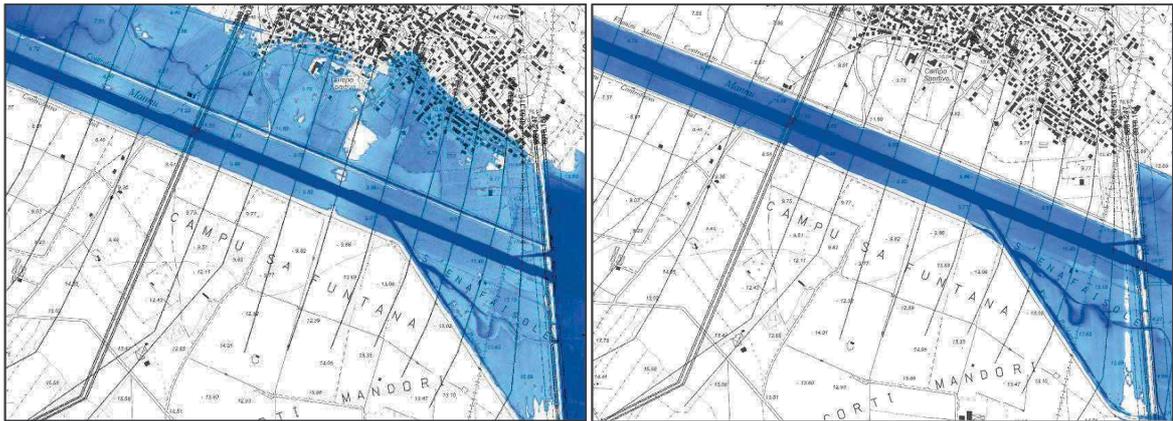


Figura 33 – Pericolosità idraulica – Confronto fra Scenario 0 e Scenario 1

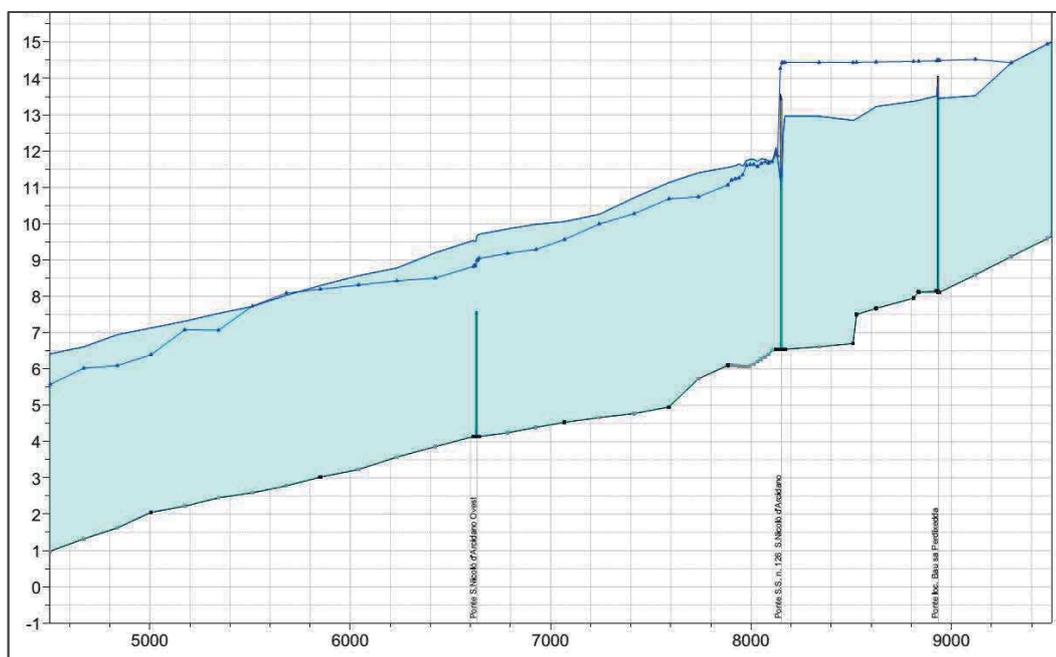


Figura 34 – Confronto fra il profilo di corrente dello stato attuale e quello relativo allo scenario 1 (campito in azzurro) per la portata con tempo di ritorno duecentennale

2.3.2 Scenario 2

Lo scenario 2, oltre ad includere lo Scenario 1, che prevede la messa in sicurezza dell'abitato di San Nicolò d'Arcidano, ha l'obiettivo di mettere in sicurezza il tratto arginato presso l'abitato di San Gavino.

L'intervento prevede, oltre alla demolizione dei tre ponti presenti, nella realizzazione di una nuova sezione arginata, mediante allargamento e approfondimento della sezione attuale e adeguamento delle quote arginali per consentire il contenimento della portata duecentennale rispettando, dove possibile, le quote stradali in prossimità degli attraversamenti.

Nella Figura 35 viene rappresentata una planimetria dell'intervento proposto, che prevede anche la sistemazione della rete di drenaggio secondaria, con la realizzazione dei nuovi canali colatori.

Nella Figura 36 viene rappresentato un confronto fra i profili di corrente dello stato attuale e dello Scenario 2: come si può osservare la demolizione dei ponti e la realizzazione di una nuova sezione determina un abbassamento del profilo di corrente che confrontato con lo stato attuale, risulta dell'ordine dei 50 cm.

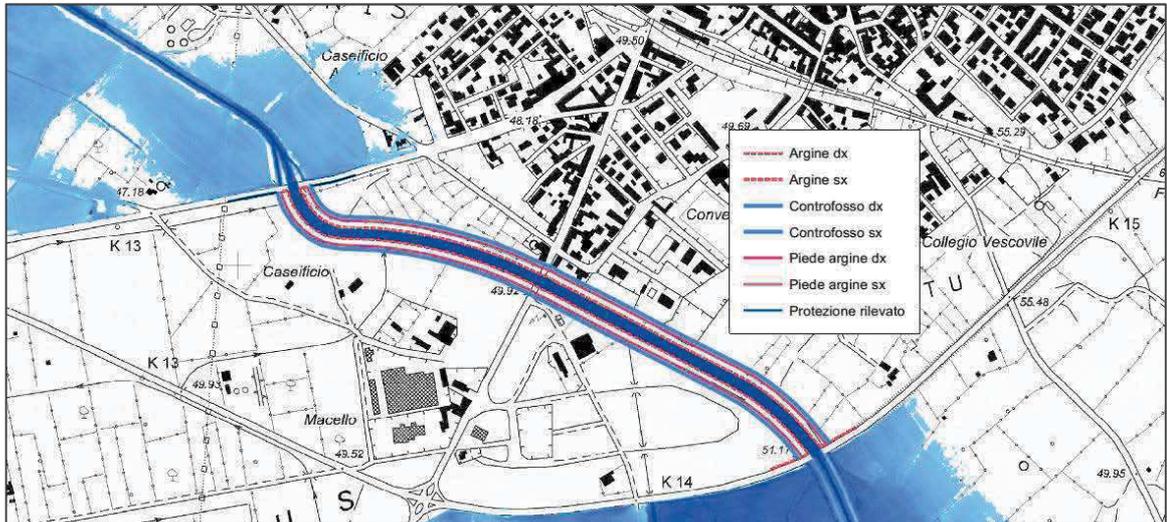


Figura 35 - Simulazione dello Scenario 2 – Pericolosità idraulica $Tr=200$ anni

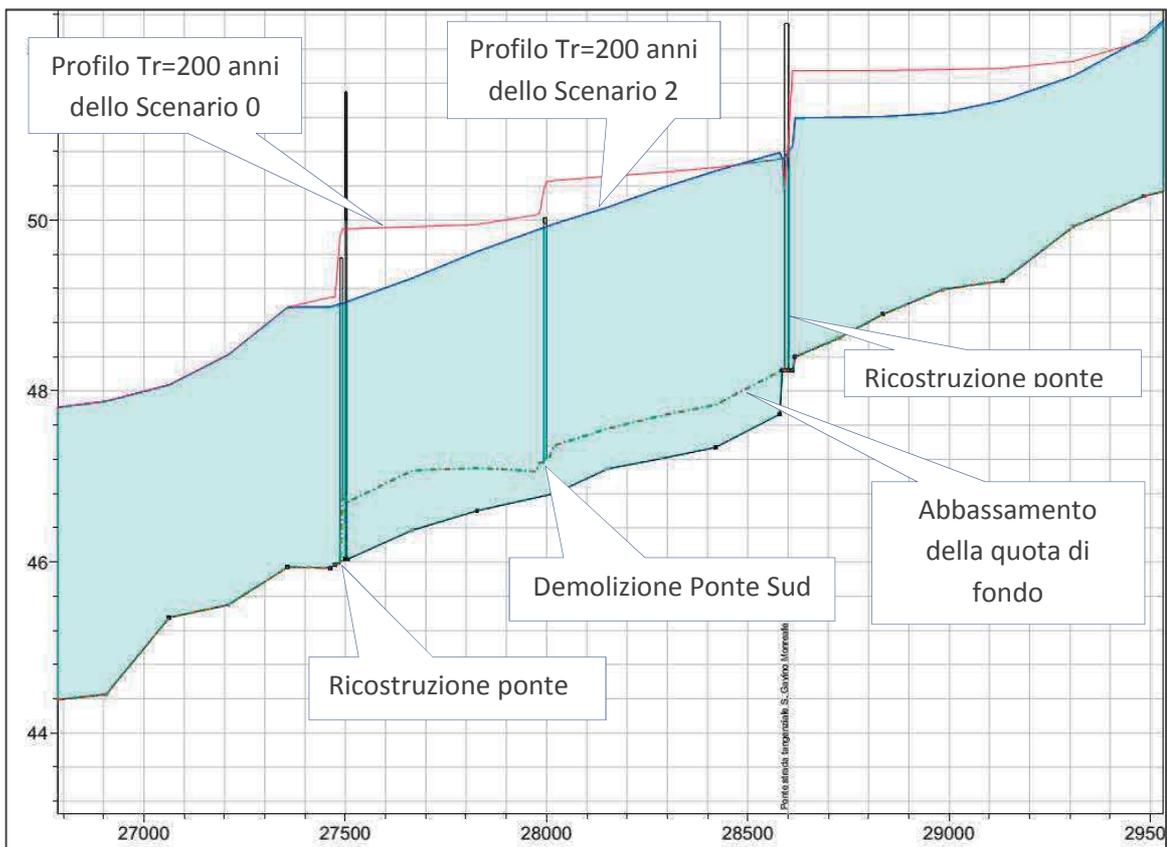


Figura 36 - Confronto fra lo Scenario 0 e lo Scenario 2 – Profilo di corrente - $Tr=200$ anni. In rosso il profilo di corrente relativo allo Scenario 0 e in blu quello relativo allo Scenario 2.