

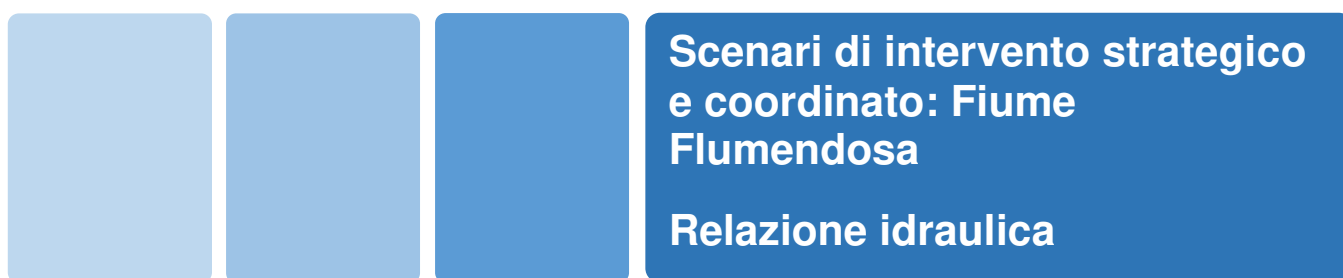


REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

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	5
1.2	Valutazioni sulle portate di deflusso - Aspetti generali di calcolo	6
1.3	Geometria dell'alveo e delle strutture	7
1.4	Scabrezza, condizioni al contorno e portate	11
1.4.1	Coefficienti di scabrezza assegnati	11
1.4.2	Portate di input e condizioni al contorno	16
1.5	Risultati dell'analisi idraulica dello stato attuale	17
1.5.1	Tronco di monte	17
1.5.2	Tronco intermedio	20
1.5.3	Tronco di valle	21
2	Analisi idraulica degli scenari di intervento	25
2.1	Geometria e tipologia degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico	25
2.2	Condizioni al contorno e portate	25
2.3	Risultati dell'analisi idraulica per gli scenari proposti	26
2.3.1	Scenario 1 - Tratto di monte	26
2.3.2	Scenario 1 - Tratto di valle	28
2.3.3	Scenario 2 - Tratto di valle	30

Indice delle Figure

Figura 1 - Il Flumendosa alla confluenza con il flumini Uri (Genio Civile)	5
Figura 2 - DTM a 1 metro - Tratto di valle	6
Figura 3 - Portate adottate dal PSFF	6
Figura 4 - Suddivisione in sottobacini del Flumendosa - PSFF	7
Figura 5 - Modello idraulico tratto di monte	8
Figura 6 - Ponte sulla strada provinciale e veduta della confluenza del riu Bintinoi nei pressi dell'abitato di Ballao (PSFF).....	8
Figura 7 - Trasversa in località Isca Rena.....	9
Figura 8 - Ponti sulle strade vicinali nel tratto intermedio - Fenomeni di sovralluvionamento	9
Figura 9 - Modello idraulico del tratto intermedio	10
Figura 10 - Inizio del tratto arginato in corrispondenza del Riu Cannas - Vista dall'alto e da valle	10
Figura 11 - Modello idraulico del tratto di valle.....	11
Figura 12 - Schede di scabrezza per il tratto intermedio (PSFF)	12
Figura 13 - Schede di scabrezza tratto intermedio (PSFF)	12
Figura 14 -Schede di scabrezza tratto di valle.....	12
Figura 15 - Schede di scabrezza tratto di valle	13
Figura 16 - Schede di scabrezza tratto di valle	13
Figura 17 - Foce del Flumendosa (Genio Civile)	16
Figura 18 - Simulazione dello stato attuale per il tratto di monte - T = 50 anni	18
Figura 19 - Ballao - Perimetrazione T=50 anni	18
Figura 20 - Simulazione dello stato attuale per il tratto di monte - T = 200 anni	19
Figura 21 - Ponte sulla strada provinciale - Tiranti relativi alle portate simulate	19
Figura 22 - Profili di corrente relativi allo stato attuale - Tratto di monte.....	20
Figura 23 - Perimetrazione tratto intermedio (loc. Arcu s'Arena) - T=50 anni	20
Figura 24 - Profili di corrente per il tratto intermedio	21
Figura 25 - Perimetrazione tratto di valle -T=50 anni - In rosso la perimetrazione PSFF.....	21
Figura 26 - Profilo di corrente tratto di valle - T=50 anni - Simulazione ad argini non tracimabili	22
Figura 27 - Ponte sulla vecchia S.S. 125	22
Figura 28 - Comune di Muravera - T=50 anni.....	23
Figura 29 - Esondazione nei pressi di San Vito - T=200 anni	23
Figura 30 - Comune di Villaputzu - T=200 anni	24
Figura 31 - Ballao - Stato attuale T=200 anni	26
Figura 32 - Ballao Scenario di intervento 1 - T=200 anni	26
Figura 33 - Ballao - Difesa spondale da potenziare.....	27
Figura 34 - Profilo di corrente relativo alla simulazione dello Scenraio 1.....	27
Figura 35 - Quota attuale e quota d'intervento	27
Figura 36 - Tratto di valle allo stato attuale - T=50 anni	28
Figura 37 - Tratto di valle - Simulazione dello Scenario 1 - T=50 anni	28
Figura 38 - Scenario 1 - Profilo di corrente prima e dopo l'intervento - T=50 anni	29
Figura 39 - Scenario 1 - Profili di velocità.....	29
Figura 40 - Scenario 1 - Risagomatura della sezione valle della confluenza con il flumini Uri ed in corrispondenza del ponte S.S. 125 - T=50 anni.....	30

Figura 41 - Scenario 1 - Risagomatura delle sezioni a valle del ponte - T=50 anni	30
Figura 42 - Situazione attuale e simulazione dello Scenario 2	30
Figura 43 - Confronto fra lo Scenario 2, Scenario 1 e situazione attuale - T=200 anni.....	31

Indice delle Tabele

Tabella 2 - Valori dei coefficienti di scabrezza per il tratto di monte	14
Tabella 3 - Valori dei coefficienti di scabrezza per il tratto intermedio	14
Tabella 4 - Valori dei coefficienti di scabrezza per il tratto di valle.....	15
Tabella 5 - Portate di input per il tratto di monte.....	17
Tabella 6 - Portate di input per il tratto intermedio	17
Tabella 7 - Portate di input per il tratto di valle	17

1 Analisi idraulica dello stato attuale

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.



Figura 1 - Il Flumendosa alla confluenza con il flumini Uri (Genio Civile)

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.

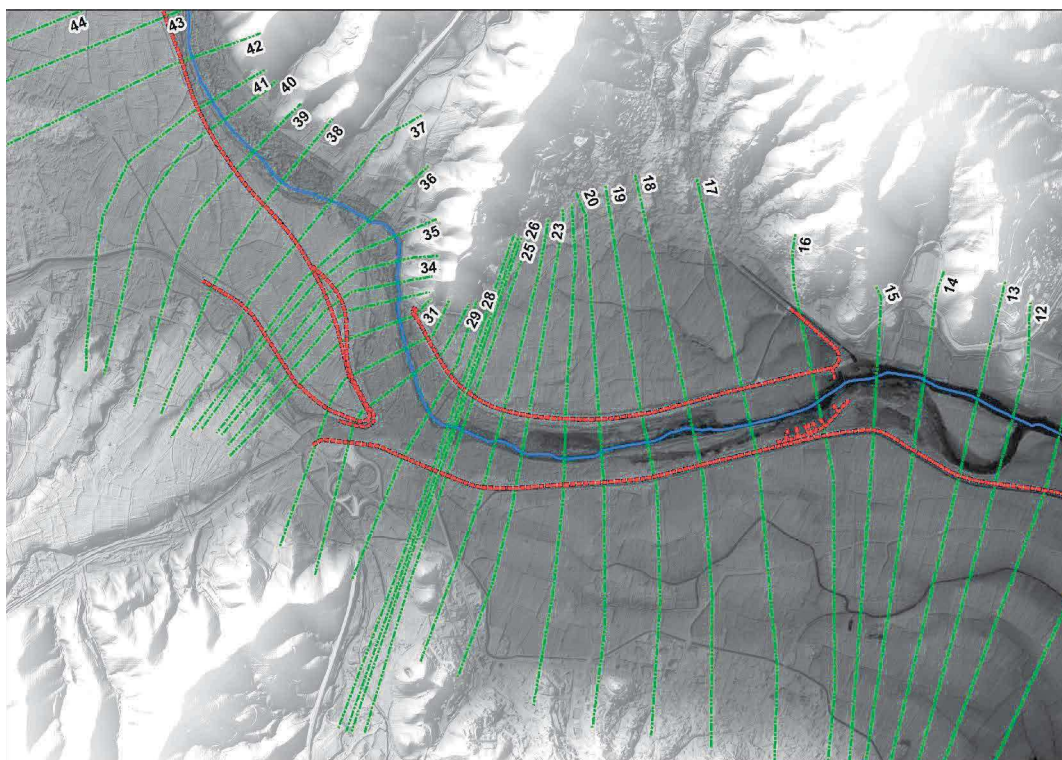


Figura 2 - DTM a 1 metro - Tratto di valle

1.2 VALUTAZIONI SULLE PORTATE DI DEFLUSSO - ASPETTI GENERALI DI CALCOLO

Lo studio idraulico del tronco fluviale vallivo del fiume Flumendosa ha analizzato gli eventi di piena corrispondenti ai tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni lungo i tre tratti analizzati. Le portate considerate sono quelle adottate dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali con la stessa successione di incrementi da monte verso valle. In particolare, le portate adottate per il tratto studiato sono quelle indicate nella tabella seguente a partire dalla sezione D.

Sezione	Area [km ²]	Q(T2) [m ³ /s]	Q(T50) [m ³ /s]	Q(T100) [m ³ /s]	Q(T200) [m ³ /s]	Q(T500) [m ³ /s]
A	754,9	160	1.290	1.640	2.120	2.725
B	786,3	181	1.450	1.790	2.200	2.760
C	970,1	103	1.650	2.070	2.570	3.240
D	1.057,9	157	1.930	2.410	2.950	3.680
E	1.453,8	275	2.730	3.380	4.080	5.020
F	1.544,7	308	2.930	3.620	4.350	5.340
G	1.607,8	325	3.040	3.750	4.510	5.530
H	1.733,0	371	3.320	4.080	4.890	5.970
I	1.868,5	418	3.600	4.420	5.280	6.420

Figura 3 - Portate adottate dal PSFF

La portata in arrivo relativa al tempo di ritorno di 2 anni è stata utilizzata 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.

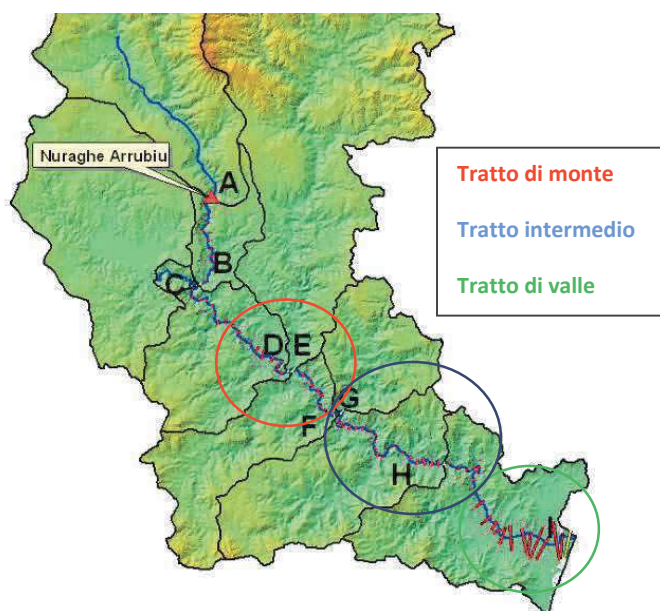


Figura 4 - Suddivisione in sottobacini del Flumendosa - PSFF

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 45.2 km, misurata in asse all'alveo di magra attualmente individuabile dalle ortofoto, compreso fra la sezione n°64 del PSFF e la foce. Al fine di ridurre l'onere computazionale, il tratto di studio è stato suddiviso in tre parti, riservando un maggior dettaglio ai due tronchi del Flumendosa maggiormente antropizzati, costituiti dal tratto di monte, lungo 11.7 km, che lambisce l'abitato di Ballao e il tratto di valle arginato, lungo 10.57 km, che attraversa la piana dei comuni di San Vito, Muravera e Villaputzu.

Il primo tratto, nei primi chilometri a valle della confluenza con il Riu Mulargia, presenta inizialmente le caratteristiche di alveo montano, con versanti stretti e incisi e pendenze elevate, fino ad arrivare in prossimità del centro abitato di Ballao, dove la valle si apre e consente l'allargamento dell'alveo. In questo tratto si registra la presenza del ponte sulla strada provinciale e di un guado e due passerelle pedonali a servizio della popolazione locale, oltre alla confluenza con il riu Bintinoi che attraversa l'abitato.

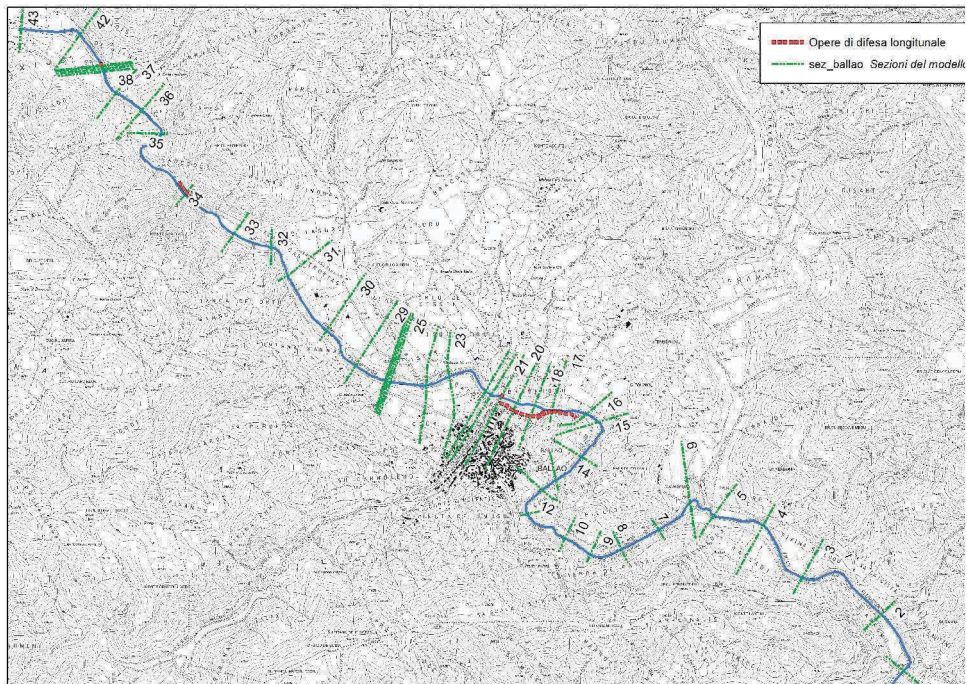


Figura 5 - Modello idraulico tratto di monte



Figura 6 - Ponte sulla strada provinciale e veduta della confluenza del riu Bintinoi nei pressi dell'abitato di Ballao (PSFF)

Superato l'abitato di Ballao, il fiume entra nel tratto intermedio, scorrendo su una piana alluvionale con sezione di deflusso larga e andamento sinuoso, seguendo una serie di meandri fossili scavati nel substrato roccioso alternati a tratti incassati in gole strette. In tale tratto sono presenti tre ponti a servizio di strade comunali o vicinali che risultano trovarsi in condizioni critiche già per la portata di piena ordinaria.



Figura 7 - Traversa in località Isca Rena

In località Isca Rena, a valle della confluenza con il riu Gruppa, è presente una traversa che genera un piccolo bacino ad uso irriguo, potabile e idroelettrico.

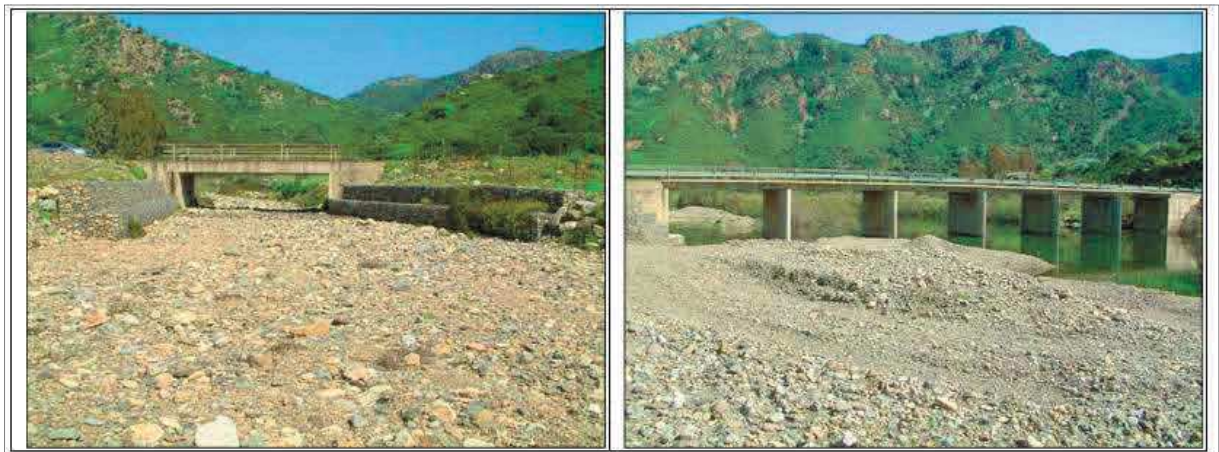


Figura 8 - Ponti sulle strade vicinali nel tratto intermedio - Fenomeni di sovralluvionamento

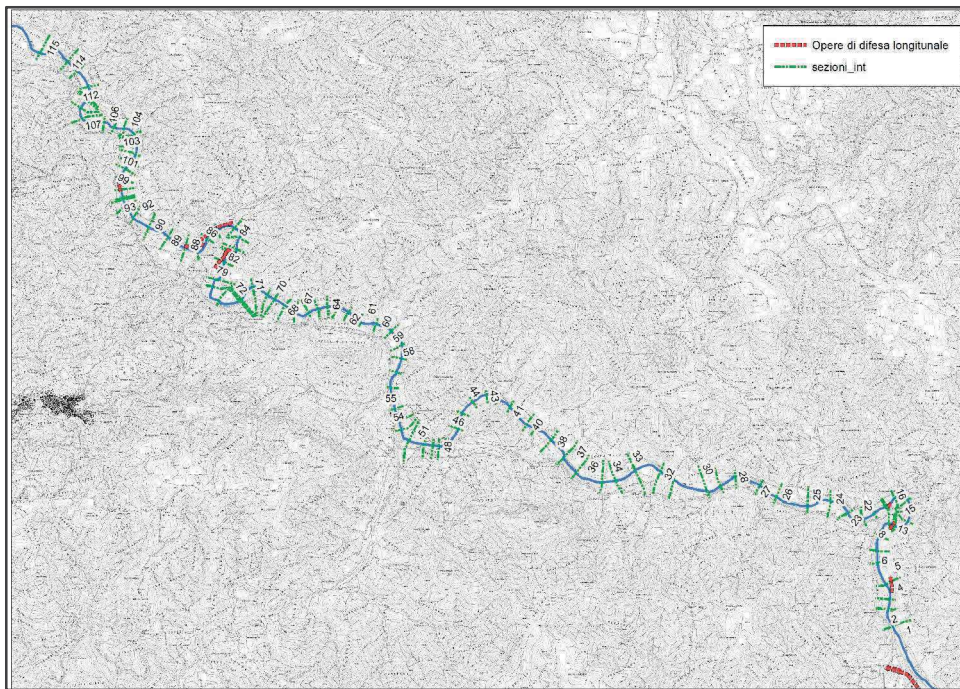


Figura 9 - Modello idraulico del tratto intermedio

Raggiunta la confluenza con il riu Cannas, si entra nel tratto vallivo.

La prima parte di tale tratto è caratterizzata dalla presenza di un argine in terra in sinistra, che si estende per circa 4 km sino ad interrompersi in prossimità della confluenza con il flumini Uri. Superata la confluenza l'arginatura riprende sia in destra che in sinistra idraulica e prosegue sino alla foce del fiume, fatta eccezione per due interruzioni in sponda sinistra per la presenza di due affluenti: il riu Sulis e il riu Gironi: il primo dopo aver attraversato l'abitato di Villaputzu si immette nel Flumendosa regolato da una chiavica, mentre il secondo confluisce non regolato a circa un chilometro dalla foce.



Figura 10 - Inizio del tratto arginato in corrispondenza del Riu Cannas - Vista dall'alto e da valle

Le imponenti arginature in terra sono state realizzate originariamente negli anni 20', ma nel corso degli anni e in seguito a diversi eventi catastrofici, sono state oggetto di ricariche e adeguamenti. L'ultimo intervento, ad opera dell'Enas e del Genio Civile, si è concluso nel 2011.

L'unica infrastruttura di attraversamento presente nel tratto di valle è il ponte a servizio della vecchia Orientale Sarda S.S. 125.

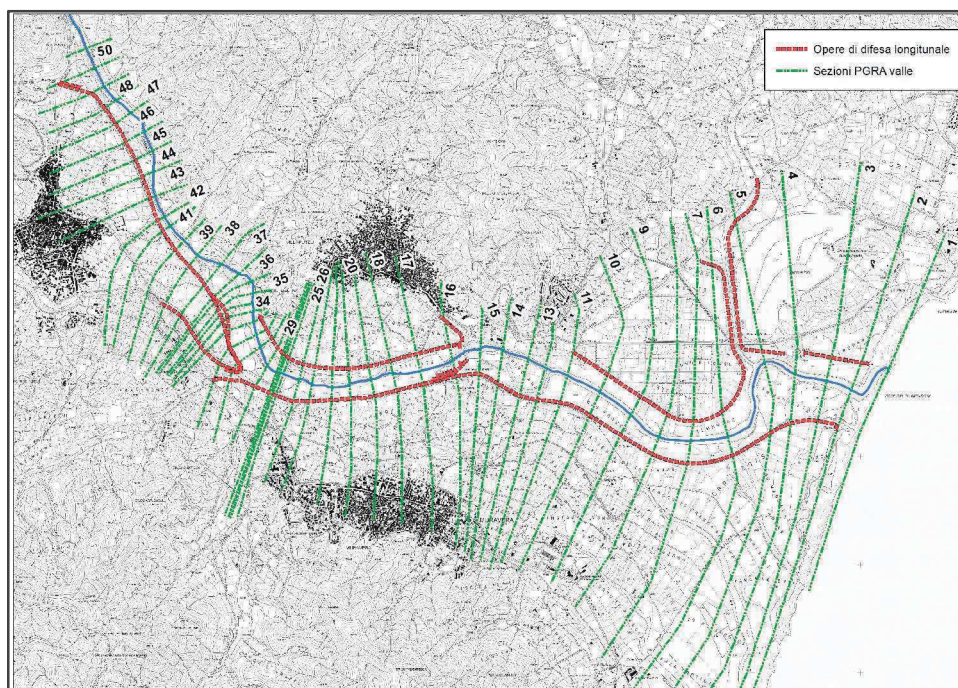


Figura 11 - Modello idraulico del tratto di valle

Come precedentemente anticipato, il modello idraulico è stato realizzato rispetto ai tre tronchi sopra descritti. In particolare, rispetto alle 64 sezioni totali utilizzate dal PSFF per modellare il tratto in esame, nella simulazione PGRA sono state usate:

- 43 sezioni per il tratto di monte
- 115 sezioni per il tratto intermedio
- 50 sezioni per il tratto di valle

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.

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 e e le tabelle con le scabrezze relative ad ogni sezione adottate nelle simulazioni.

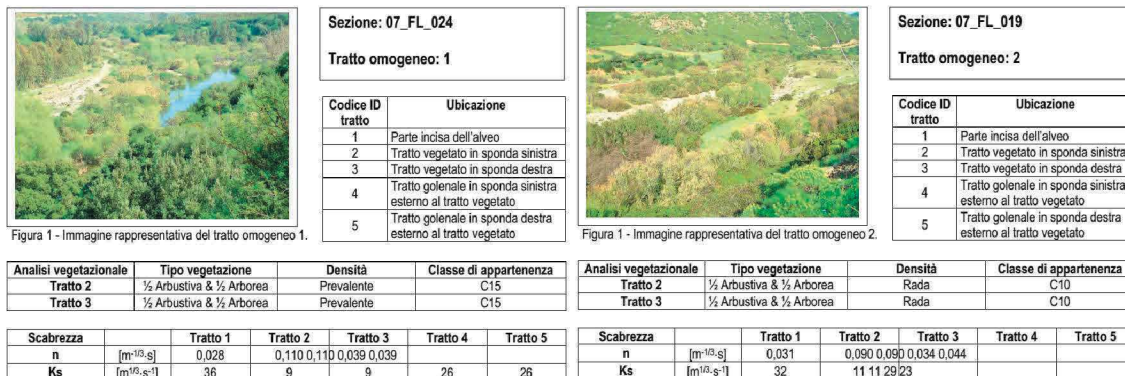


Figura 12 - Schede di scabrezza per il tratto intermedio (PSFF)

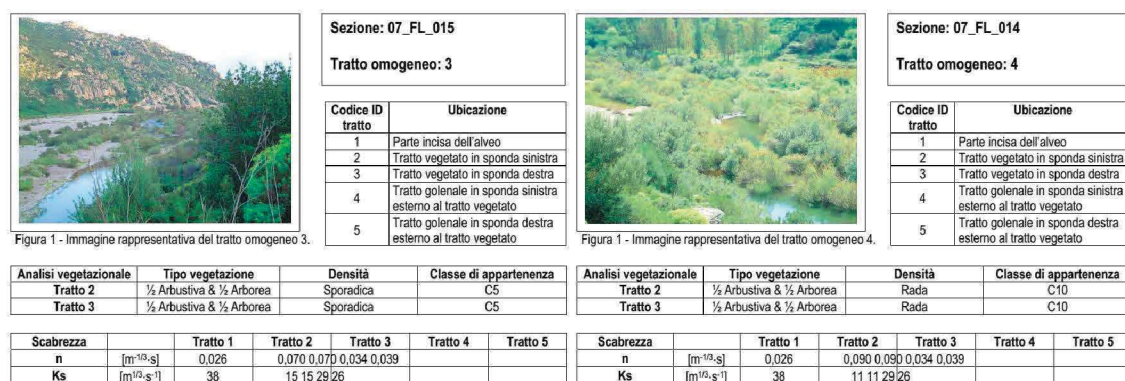


Figura 13 - Schede di scabrezza tratto intermedio (PSFF)

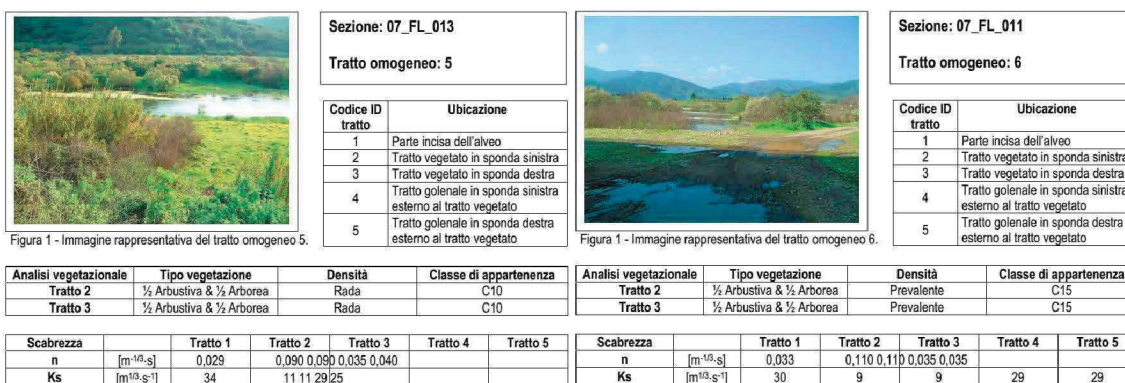


Figura 14 - Schede di scabrezza tratto di valle



Sezione: 07_FL_008	
Tratto omogeneo: 7	
Codice ID tratto	Ubicazione
1	Parte incisa dell'alveo
2	Tratto vegetato in sponda sinistra
3	Tratto vegetato in sponda destra
4	Tratto golenale in sponda sinistra esterno al tratto vegetato
5	Tratto golenale in sponda destra esterno al tratto vegetato

Figura 1 - Immagine rappresentativa del tratto omogeneo 7.



Sezione: 07_FL_006	
Tratto omogeneo: 8	
Codice ID tratto	Ubicazione
1	Parte incisa dell'alveo
2	Tratto vegetato in sponda sinistra
3	Tratto vegetato in sponda destra
4	Tratto golenale in sponda sinistra esterno al tratto vegetato
5	Tratto golenale in sponda destra esterno al tratto vegetato

Figura 1 - Immagine rappresentativa del tratto omogeneo 8.

Analisi vegetazionale	Tipo vegetazione	Densità	Classe di appartenenza
Tratto 2	Arbustiva	Prevalente	C11
Tratto 3	Arbustiva	Prevalente	C11

Analisi vegetazionale	Tipo vegetazione	Densità	Classe di appartenenza
Tratto 2	Arbustiva	Prevalente	C11
Tratto 3	Arbustiva	Prevalente	C11

Scabrezza		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	Tratto 4	Tratto 5
n	[m ^{-1/2} .s]	0,031	0,330 0,330	0,040 0,040		
Ks	[m ^{1/2} .s ⁻¹]	32	3	3	25	25

Scabrezza		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	Tratto 4	Tratto 5
n	[m ^{-1/2} .s]	0,031	0,330 0,330	0,040 0,040		
Ks	[m ^{1/2} .s ⁻¹]	32	3	3	25	25

Figura 15 - Schede di scabrezza tratto di valle



Sezione: 07_FL_004	
Tratto omogeneo: 9	
Codice ID tratto	Ubicazione
1	Parte incisa dell'alveo
2	Tratto vegetato in sponda sinistra
3	Tratto vegetato in sponda destra
4	Tratto golenale in sponda sinistra esterno al tratto vegetato
5	Tratto golenale in sponda destra esterno al tratto vegetato

Figura 1 - Immagine rappresentativa del tratto omogeneo 9.



Sezione: 07_FL_001	
Tratto omogeneo: 10	
Codice ID tratto	Ubicazione
1	Parte incisa dell'alveo
2	Tratto vegetato in sponda sinistra
3	Tratto vegetato in sponda destra
4	Tratto golenale in sponda sinistra esterno al tratto vegetato
5	Tratto golenale in sponda destra esterno al tratto vegetato

Figura 1 - Immagine rappresentativa del tratto omogeneo 10.

Analisi vegetazionale	Tipo vegetazione	Densità	Classe di appartenenza
Tratto 2	½ Arbustiva & ½ Arborea	Rada	C10
Tratto 3	½ Arbustiva & ½ Arborea	Rada	C10

Analisi vegetazionale	Tipo vegetazione	Densità	Classe di appartenenza
Tratto 2	½ Arbustiva & ½ Arborea	Prevalente	C15
Tratto 3	½ Arbustiva & ½ Arborea	Prevalente	C15

Scabrezza		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	Tratto 4	Tratto 5
n	[m ^{-1/2} .s]	0,025	0,080 0,080	0,030 0,030		
Ks	[m ^{1/2} .s ⁻¹]	40	11 11	33 33		

Scabrezza		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	Tratto 4	Tratto 5
n	[m ^{-1/2} .s]	0,031	0,110 0,110	0,030 0,030		
Ks	[m ^{1/2} .s ⁻¹]	32	9	9	33	33

Figura 16 - Schede di scabrezza tratto di valle

Tabella 1 - Valori dei coefficienti di scabrezza per il tratto di monte

Sez	L b	CH	R b	Sez	L b	CH	R b
43	0.045	0.045	0.040	22	0.044	0.040	0.044
42	0.045	0.045	0.040	21	0.044	0.040	0.044
41	0.040	0.045	0.045	20	0.044	0.040	0.044
40	0.040	0.045	0.045	19	0.044	0.040	0.044
39.5		Bridge		18	0.044	0.040	0.044
39	0.040	0.045	0.045	17	0.044	0.040	0.044
38	0.040	0.045	0.045	16	0.044	0.040	0.044
37	0.040	0.04	0.045	15	0.044	0.040	0.044
36	0.040	0.04	0.045	14	0.044	0.040	0.044
35	0.050	0.045	0.05	13	0.044	0.040	0.04
34	0.040	0.04	0.045	12	0.044	0.040	0.044
33	0.044	0.04	0.039	11	0.044	0.040	0.049
32	0.044	0.04	0.039	10	0.039	0.040	0.049
31	0.044	0.04	0.039	9	0.039	0.040	0.049
30	0.044	0.04	0.044	8	0.039	0.040	0.049
29	0.044	0.04	0.039	7	0.044	0.040	0.039
28	0.044	0.044	0.044	6	0.044	0.040	0.039
27	0.044	0.044	0.044	5	0.044	0.040	0.039
26.5		Bridge		4	0.044	0.040	0.039
26	0.044	0.044	0.044	3	0.044	0.040	0.039
25	0.044	0.044	0.044	2	0.044	0.040	0.039
24	0.044	0.040	0.040	1	0.044	0.040	0.039
23	0.044	0.040	0.044				

Tabella 2 - Valori dei coefficienti di scabrezza per il tratto intermedio

Sez	L b	CH	R b	Sez	L b	CH	R b	Sez	L b	CH	R b
115	0.044	0.044	0.044	77	0.044	0.044	0.044	39	0.044	0.044	0.044
114	0.044	0.048	0.044	76	0.044	0.044	0.044	38	0.044	0.044	0.044
113	0.044	0.048	0.044	75	0.044	0.044	0.044	37	0.044	0.044	0.044
112	0.044	0.048	0.044	74	0.044	0.044	0.044	36	0.044	0.044	0.044
111	0.044	0.048	0.044	73.5		Bridge		35	0.044	0.044	0.044
110	0.044	0.048	0.044	73	0.044	0.044	0.044	34	0.044	0.044	0.044
109	0.044	0.048	0.044	72	0.044	0.044	0.044	33	0.044	0.044	0.044
108	0.044	0.048	0.044	71	0.044	0.044	0.044	32	0.044	0.044	0.044
107	0.044	0.048	0.044	70	0.044	0.044	0.044	31	0.039	0.03	0.039
106	0.044	0.048	0.044	69	0.044	0.044	0.044	30	0.039	0.03	0.039
105	0.044	0.048	0.044	68	0.044	0.044	0.044	29	0.039	0.03	0.039
104	0.044	0.048	0.044	67	0.044	0.044	0.044	28	0.039	0.03	0.039
103	0.044	0.048	0.044	66	0.044	0.044	0.044	27	0.039	0.03	0.039
102	0.044	0.048	0.044	65	0.044	0.044	0.044	26	0.039	0.03	0.039
101	0.044	0.048	0.044	64	0.044	0.044	0.044	25	0.039	0.03	0.039
100	0.044	0.048	0.039	63	0.044	0.044	0.044	24	0.039	0.03	0.039
99	0.044	0.048	0.039	62	0.044	0.044	0.044	23	0.039	0.03	0.039

98	0.044	0.048	0.039	61	0.044	0.044	0.044	22	0.039	0.03	0.039
97	0.044	0.048	0.039	60	0.044	0.044	0.044	21	0.039	0.03	0.039
96	0.044	0.043	0.044	59	0.044	0.044	0.044	20	0.039	0.03	0.039
95	0.044	0.043	0.044	58	0.044	0.044	0.044	19	0.039	0.03	0.039
94.5		Bridge		57	0.044	0.044	0.044	18.5		Bridge	
94	0.044	0.044	0.044	56	0.044	0.044	0.044	18	0.036	0.026	0.040
93	0.044	0.044	0.044	55	0.044	0.044	0.044	17	0.036	0.026	0.040
92	0.044	0.044	0.044	54	0.044	0.044	0.044	16	0.036	0.026	0.040
91	0.044	0.044	0.044	53	0.044	0.044	0.044	15	0.036	0.026	0.040
90	0.044	0.044	0.044	52	0.044	0.044	0.044	14	0.036	0.026	0.040
89	0.044	0.044	0.044	51	0.044	0.044	0.044	13	0.036	0.026	0.040
88	0.044	0.044	0.044	50	0.044	0.044	0.044	12	0.036	0.026	0.040
87	0.039	0.039	0.039	49	0.044	0.044	0.044	11	0.036	0.026	0.040
86	0.039	0.039	0.039	48	0.044	0.044	0.044	10	0.036	0.026	0.040
85	0.039	0.039	0.039	47	0.044	0.044	0.044	9	0.036	0.026	0.040
84	0.039	0.039	0.039	46	0.044	0.044	0.044	8	0.036	0.026	0.040
83	0.039	0.039	0.039	45	0.044	0.044	0.044	7	0.036	0.026	0.040
82	0.039	0.039	0.039	44	0.044	0.044	0.044	6	0.036	0.026	0.040
81	0.039	0.039	0.039	43	0.044	0.044	0.044	5	0.036	0.026	0.040
80	0.044	0.044	0.044	42	0.044	0.044	0.044	4	0.036	0.026	0.040
79	0.044	0.044	0.044	41	0.044	0.044	0.044	3	0.036	0.026	0.040
78	0.044	0.044	0.044	40	0.044	0.044	0.044	2	0.036	0.026	0.040
								1	0.036	0.026	0.040

Tabella 3 - Valori dei coefficienti di scabrezza per il tratto di valle

Sez	1	2	3	4	5	Sez	1	2	3	4	5
50	0.040	0.029	0.040			25	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040
49	0.040	0.029	0.040			24	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040
48	0.035	0.090	0.029	0.090	0.040	23	0.035	0.110	0.031	0.110	0.040
47	0.035	0.090	0.029	0.090	0.040	22	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
46	0.035	0.090	0.029	0.090	0.040	21	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
45	0.035	0.090	0.029	0.090	0.040	20	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
44	0.035	0.090	0.029	0.090	0.040	19	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
43	0.035	0.090	0.029	0.090	0.040	18	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
42	0.035	0.110	0.033	0.110	0.040	17	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
41	0.035	0.110	0.033	0.110	0.040	16	0.040	0.330	0.029	0.330	0.040
40	0.035	0.110	0.033	0.110	0.040	15	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
39	0.035	0.110	0.033	0.110	0.040	14	0.040	0.330	0.031	0.330	0.040
38	0.035	0.110	0.033	0.110	0.035	13	0.035	0.090	0.025	0.090	0.035
37	0.035	0.110	0.033	0.110	0.035	12	0.035	0.090	0.025	0.090	0.035
36	0.035	0.110	0.033	0.110	0.035	11	0.035	0.090	0.025	0.090	0.035
35	0.035	0.110	0.033	0.110	0.035	10	0.035	0.090	0.025	0.090	0.035
34	0.040	0.110	0.033	0.110	0.040	9	0.035	0.090	0.025	0.090	0.035
33	0.040	0.110	0.033	0.110	0.040	8	0.030	0.090	0.025	0.090	0.030
32	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040	7	0.030	0.090	0.025	0.090	0.030
31	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040	6	0.030	0.090	0.025	0.090	0.030

30	0.040	0.110	0.033	0.110	0.040	5	0.030	0.090	0.029	0.110	0.030
29	0.040	0.110	0.033	0.110	0.040	4	0.030	0.110	0.031	0.110	0.035
28	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040	3	0.030	0.110	0.031	0.110	0.030
27	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040	2	0.030	0.110	0.031	0.110	0.030
26	0.040	0.110	0.031	0.110	0.040	1	0.060	0.020	0.060		
25.5			Bridge								

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 quelle già considerate per il Flumendosa nel PSFF.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, sia per il tratto di monte che per quello intermedio sono state adottate le condizioni di corrente uniforme sia a monte che a valle: tali condizioni sono state imposte su sezioni sufficientemente lontane dal tratto d'interesse, in modo da non influenzarne la simulazione. Per quanto riguarda il tratto di foce, come 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 17 - Foce del Flumendosa (Genio Civile)

Le portate di input per i tre tratti simulati sono quelle valutate dal Piano Stralcio Fasce Fluviali per le medesime sezioni e vengono riportate nelle tabelle seguenti:

Tabella 4 - Portate di input per il tratto di monte

Sezione	Tratto di monte			
	Q (2 anni)	Q (50 anni)	Q (100 anni)	Q (200 anni)
43	157	1930	2410	2950
7	275	2730	3380	4080
5	308	2930	3620	4350

Tabella 5 - Portate di input per il tratto intermedio

Sezione	Tratto intermedio			
	Q (2 anni)	Q (50 anni)	Q (100 anni)	Q (200 anni)
115	308	2930	3620	4350
87	325	3040	3750	4510
84	371	3320	4080	4890
28	418	3600	4420	5280

Tabella 6 - Portate di input per il tratto di valle

Sezione	Tratto di valle			
	Q (2 anni)	Q (50 anni)	Q (100 anni)	Q (200 anni)
50	418	3600	4420	5280

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.

1.5.1 Tronco di monte

Le simulazioni effettuate per il tratto di monte hanno restituito dei risultati che, in generale, risultano in linea con quelli ottenuti in sede di PSFF, sia per quanto riguarda i tiranti idrici che per le aree di esondazione. In particolare la mappatura delle aree inondabili PGRA, pur confermando quella ottenuta in sede di Piano Stralcio Fasce Fluviali, definisce meglio i limiti e soprattutto i tiranti relativi all'esondazione grazie all'utilizzo del DTM con base 1 metro.

Le maggiori differenze fra le due perimetrazioni si riscontrano soprattutto nel primo tratto, in località "Is iscas trottas", dove la perimetrazione PGRA mostra un'esondazione in sinistra idraulica, con un fronte che supera i 400 metri che arriva ad interessare anche il compluvio del riu Pallaxi.

Superato il ponte sulla SP ci si avvicina all'area maggiormente antropizzata. Anche per la simulazione PGRA viene confermato l'interessamento di diverse costruzioni dell'abitato di Ballao già per le piene relative ad un tempo di ritorno cinquantennale, con tiranti che variano da un massimo di 2.5 metri nella località "Interaquas" per arrivare a una decina di centimetri nella parte di lottizzazione in destra idraulica lambita dall'esondazione. Per tempi di ritorno maggiori l'esondazione può interessare le abitazioni nella parte più depressa dell'abitato, con tiranti che possono arrivare anche ad 1.5 metri per un tempo di ritorno di 200 anni. A partire dal tempo di ritorno di 200 anni una parte della strada

provinciale nei pressi del centro sportivo risulta interessata dall'esonazione, anche se con tiranti abbastanza ridotti. Il depuratore, realizzato in un'area golenale ad est dell'abitato, risulta essere interessato dalla corrente di piena con tiranti che superano i 2 metri già per un tempo di ritorno cinquantennale.

Il ponte sulla strada provinciale permette il transito a pelo libero per tutte le portate simulate, pur senza garantire il franco idraulico necessario: in particolare, per la portata duecentennale il franco è annullato sulle due arcate più basse ed inferiore ai 50 centimetri sulle quattro rimanenti.

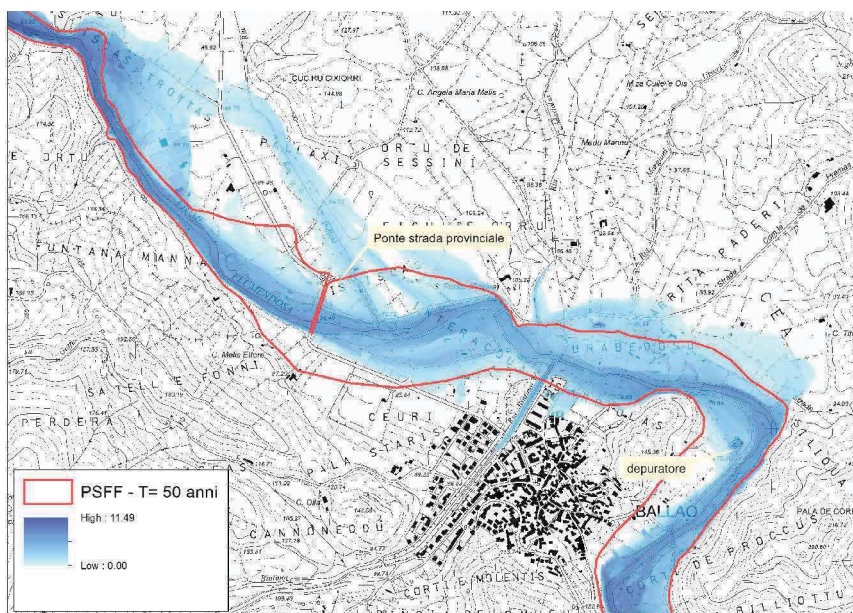


Figura 18 - Simulazione dello stato attuale per il tratto di monte - T = 50 anni

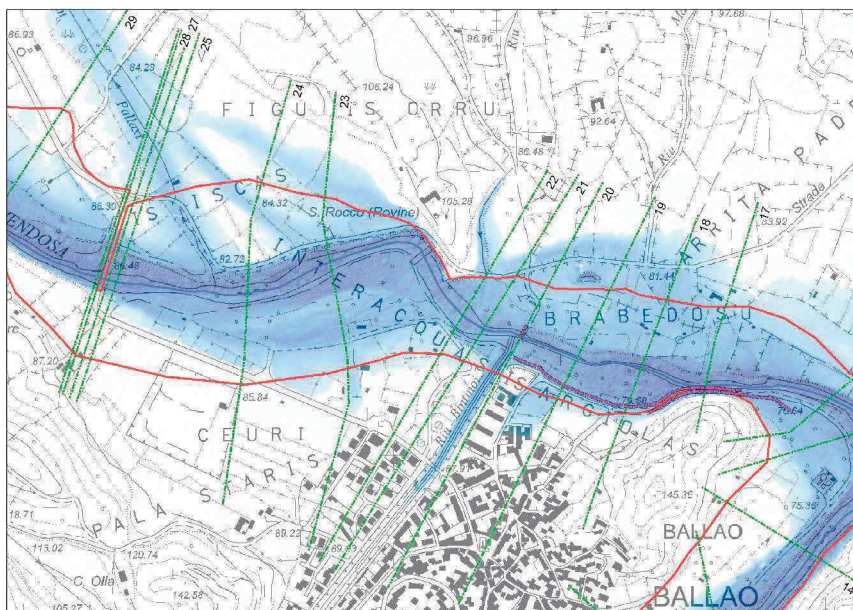


Figura 19 - Ballao - Perimetrazione T=50 anni

Le velocità di deflusso risultano piuttosto elevate, sia a causa dei tiranti elevati con valori medi dell'ordine dei 3 m/s con punte che possono superare i 5 m/s.

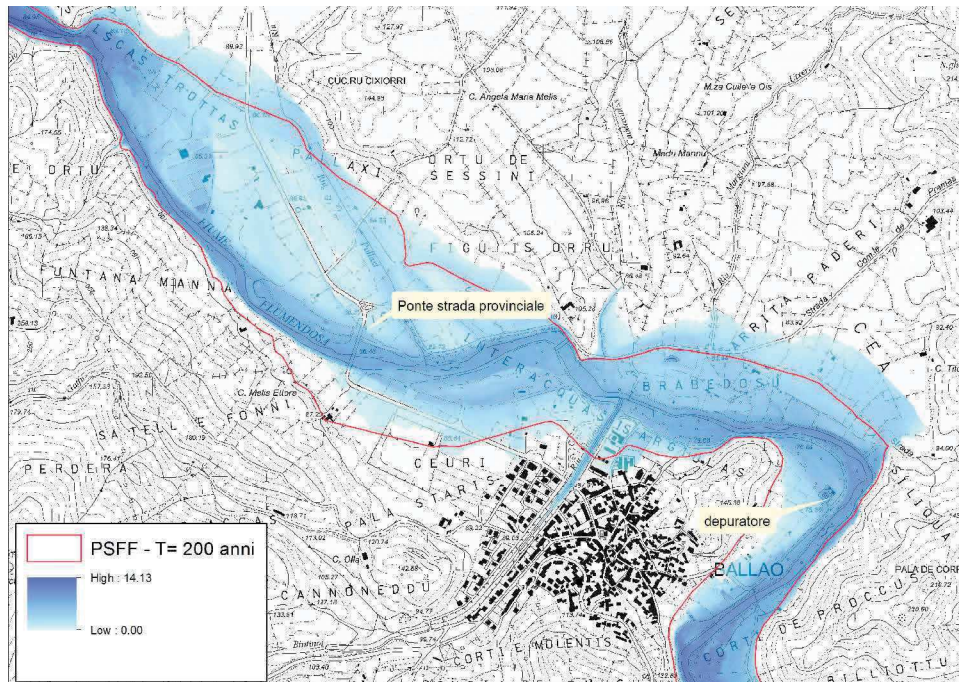


Figura 20 - Simulazione dello stato attuale per il tratto di monte - T = 200 anni

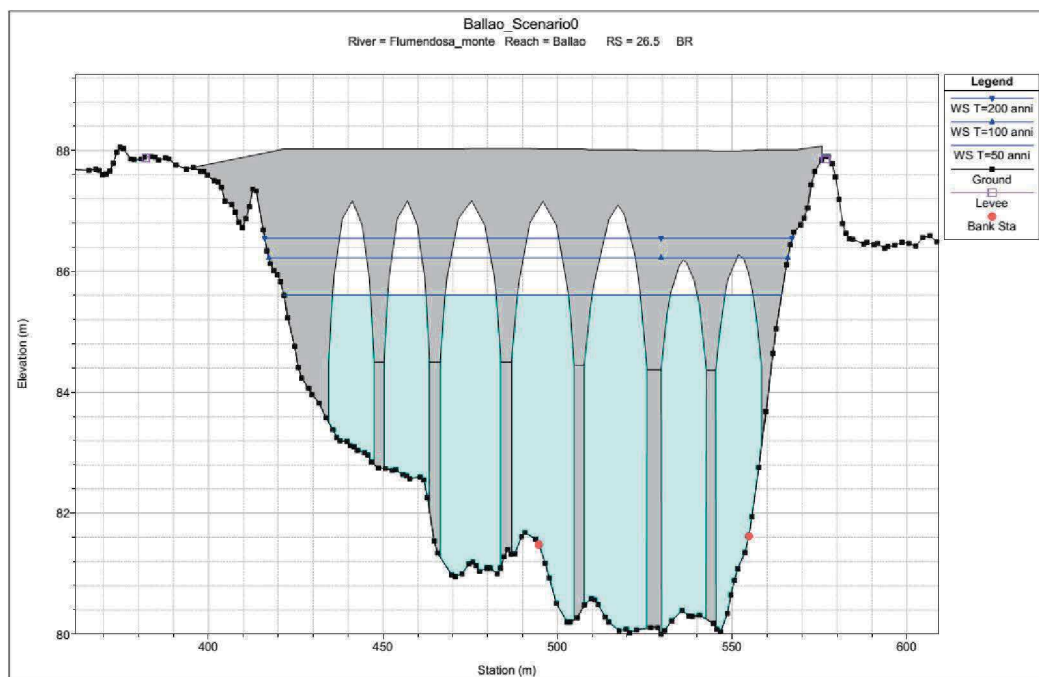


Figura 21 - Ponte sulla strada provinciale - Tiranti relativi alle portate simulate

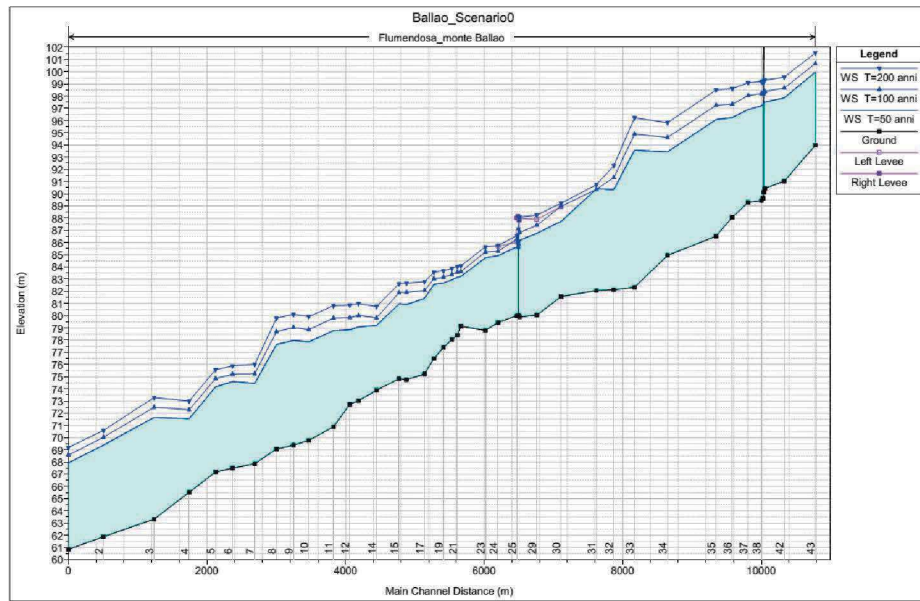


Figura 22 - Profili di corrente relativi allo stato attuale - Tratto di monte

1.5.2 Tronco intermedio

La simulazione del tronco intermedio, fortemente condizionata dall'orografia del territorio, ha restituito risultati molto simili a quelli ottenuti in sede di PSFF. Le uniche differenze, minime, sono dovute esclusivamente al maggior dettaglio del DTM utilizzato

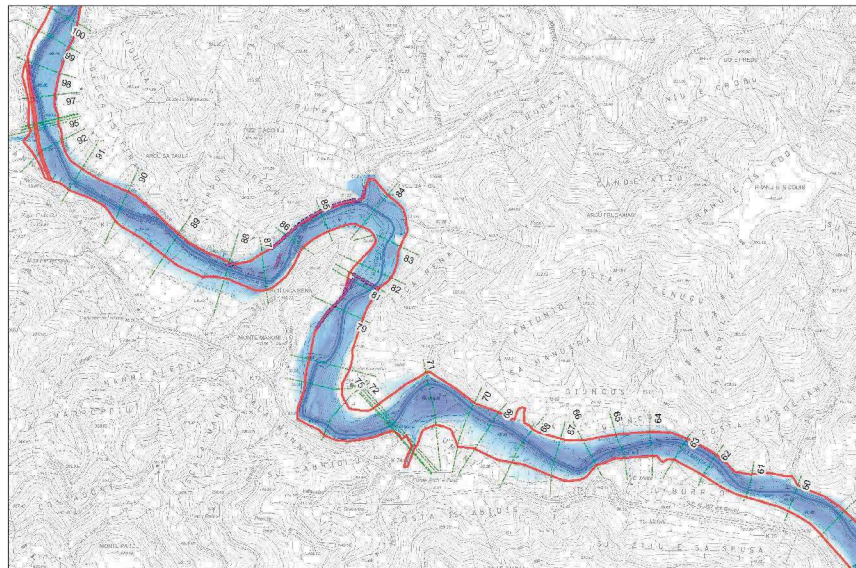


Figura 23 - Perimetrazione tratto intermedio (loc. Arcu s'Arena) - T=50 anni

Le aree di esondazione lungo tutto il tratto sono sempre strettamente pertinenti l'alveo e non interessano attività antropiche, fatti salvi tre ponti, dei quali solo uno risulta consentire il transito della portata di piena ordinaria senza entrare in pressione. Le velocità medie variano dai 2 m/s per le portate relative al tempo di ritorno cinquantennale ed i 3 m/s per le portate relative al tempo di ritorno di 200 anni.

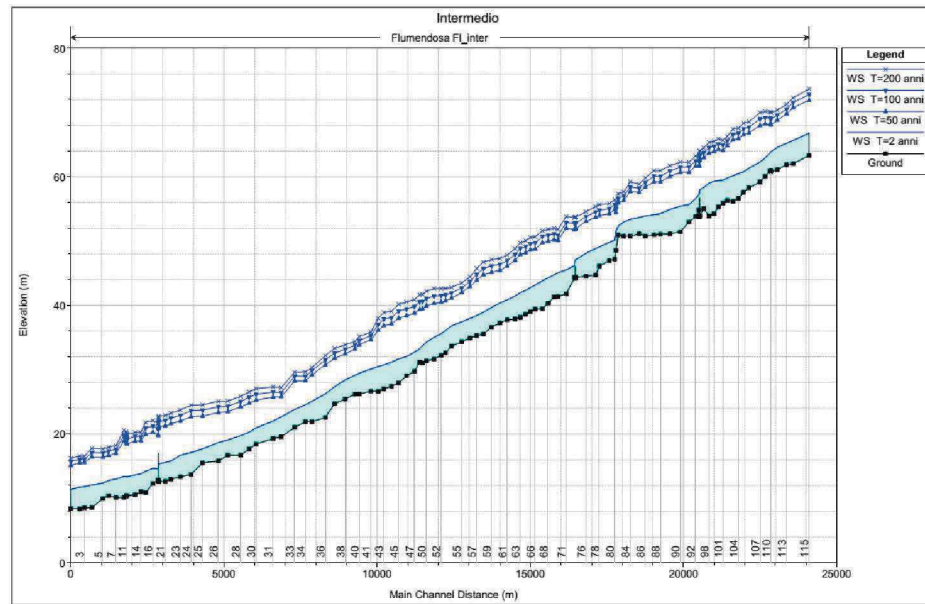


Figura 24 - Profili di corrente per il tratto intermedio

1.5.3 Tronco di valle

La simulazione del tronco di valle è quella che ha restituito dei risultati più gravosi rispetto a quanto ottenuto in sede di PSFF.

Le diverse simulazioni effettuate hanno messo in evidenza come il comportamento idraulico del tratto di valle sia condizionato prevalentemente dalla presenza delle arginature sia in sinistra che in destra idraulica che si estendono sino alla foce del Flumendosa e dal ponte sulla vecchia Orientale Sarda S.S. 125.

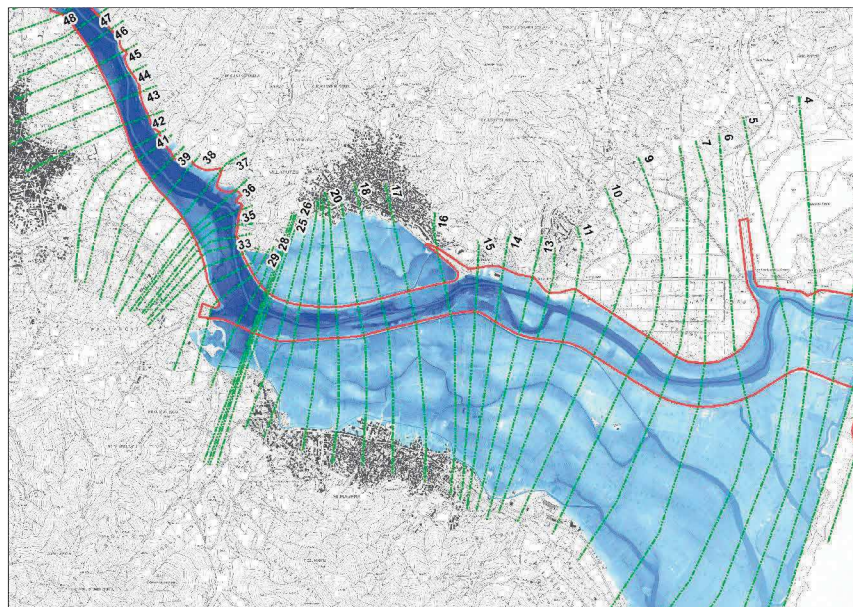


Figura 25 - Perimetrazione tratto di valle -T=50 anni - In rosso la perimetrazione PSFF

Le simulazioni effettuate hanno individuato la maggiore criticità nel ponte della S.S. 125, che risulta essere in grado di smaltire in condizioni di sicurezza la portata relativa ad un tempo di ritorno di 12 anni. Utilizzando come dato di input idrologico la portata relativa al tempo di ritorno cinquantennale, i tiranti idrici superano la quota di intradosso del ponte e sormontano i rilevati di accesso allo stesso, a quota sensibilmente più bassa. Tale situazione provoca quindi l'esonazione al di fuori degli argini a valle del ponte, andando ad interessare tutta la fascia geomorfologica del fiume. A monte e a valle del ponte le quote degli argini risultano sufficienti a contenere al portata cinquantennale, anche se con franchi idraulici molto ridotti.

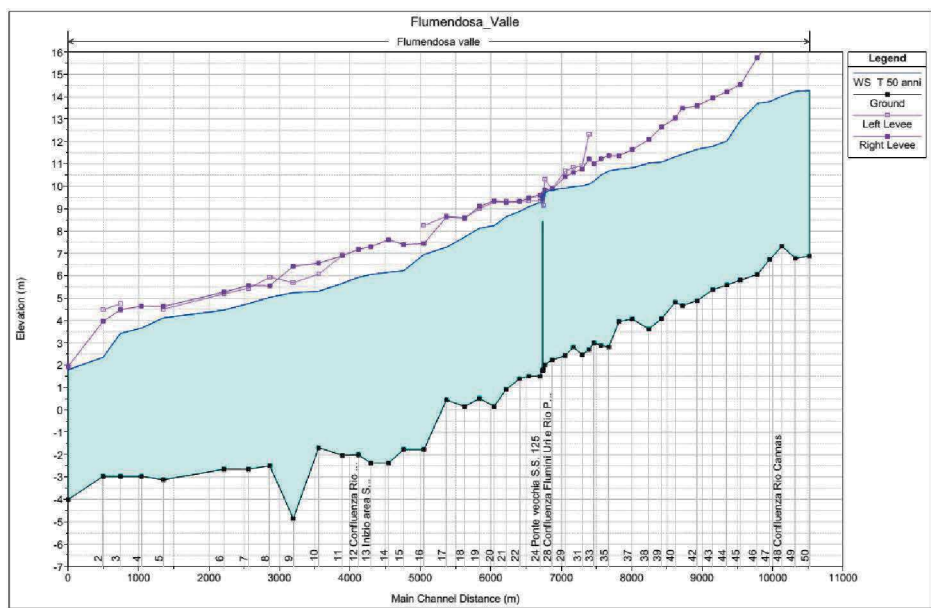


Figura 26 - Profilo di corrente tratto di valle - T=50 anni - Simulazione ad argini non trascinabili

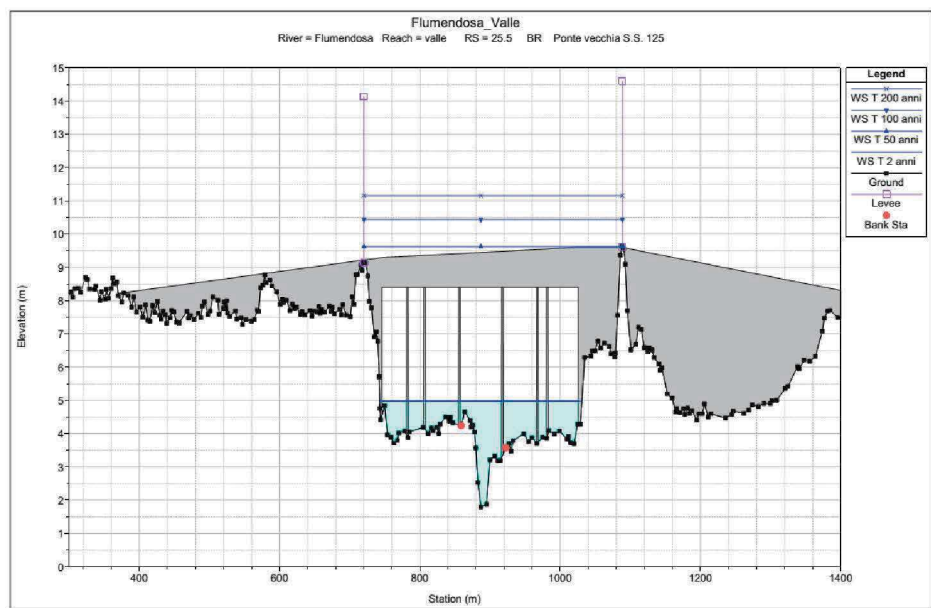


Figura 27 - Ponte sulla vecchia S.S. 125

A valle del ponte, in prossimità di Muravera i tiranti possono raggiungere gli 80 cm, mentre le case a quota più bassa dell'abitato di Villaputzu risultano interessate da un tirante di 10 cm per la portata duecentennale.

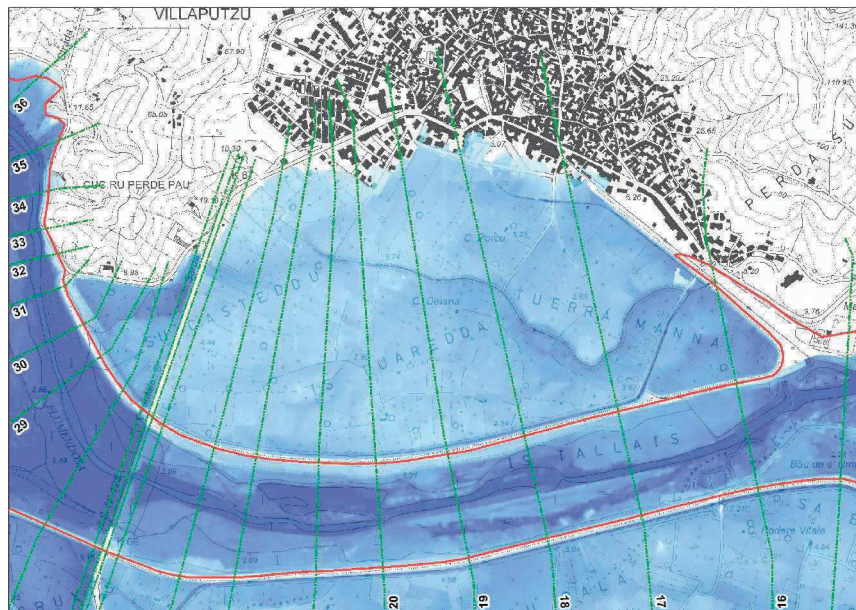


Figura 30 - Comune di Villaputzu - T=200 anni

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. Risagomatura dell'alveo mediante sbancamento del piano golenale e pulizia della sezione nel tratto compreso fra la confluenza con il flumini Uri e l'inizio dell'area SIC a valle del ponte sulla vecchia S.S.125

L'obiettivo dell'intervento è il miglioramento dell'efficienza idraulica mediante l'abbassamento del piano golenale per tutta la sua larghezza e per una profondità media di un metro e mezzo e l'abbattimento della scabrezza dovuta ad una fittissima vegetazione arbustiva. In base alle simulazioni effettuate tale intervento determina una riduzione media del tirante idrico pari a 0.8 metri, consentendo il transito della portata con tempo di ritorno cinquantennale al di sotto del ponte della vecchia S.S. 125, seppure con franco idraulico annullato.

- B. Sopralzo degli argini destro e sinistro del FLumendosa nel tratto di valle

L'intervento prevede il sopralzo dell'arginatura destra e sinistra per tutta la loro lunghezza e per un'altezza media di 1 metro, con l'obiettivo di contenere la portata con tempo di ritorno duecentennale all'interno degli argini e con un franco di sicurezza di 1.2 metri.

- C. Demolizione del ponte sulla vecchia S.S. 125

L'intervento, necessario alla funzionalità del sopralzo arginale, prevede la demolizione dell'attuale ponte ed il rifacimento garantendo una quota dell'intradosso tale da garantire il transito della portata duecentennale in condizioni di sicurezza.

- D. Sopralzo dell'arginatura in prossimità del centro abitato di Ballao

L'intervento prevede l'innalzamento per un'altezza media di circa 2.9 metri dell'attuale opera di difesa longitudinale in gabbioni che accompagna la strada comunale per il depuratore. L'intervento consente la messa in sicurezza dell'abitato per la portata con tempo di ritorno duecentennale.

Sulla base di tali tipologie di intervento sono stati individuati due scenari volti alla mitigazione del rischio idraulico per il tratto vallivo e uno scenario per il tratto di monte.

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 - Tratto di monte

Lo Scenario 1 per il tratto di monte riguarda l'innalzamento della difesa spondale in gabbioni attualmente esistente fino ad una quota tale da garantire il deflusso in condizioni di sicurezza della corrente di piena relativa ad un tempo di ritorno di duecento anni.

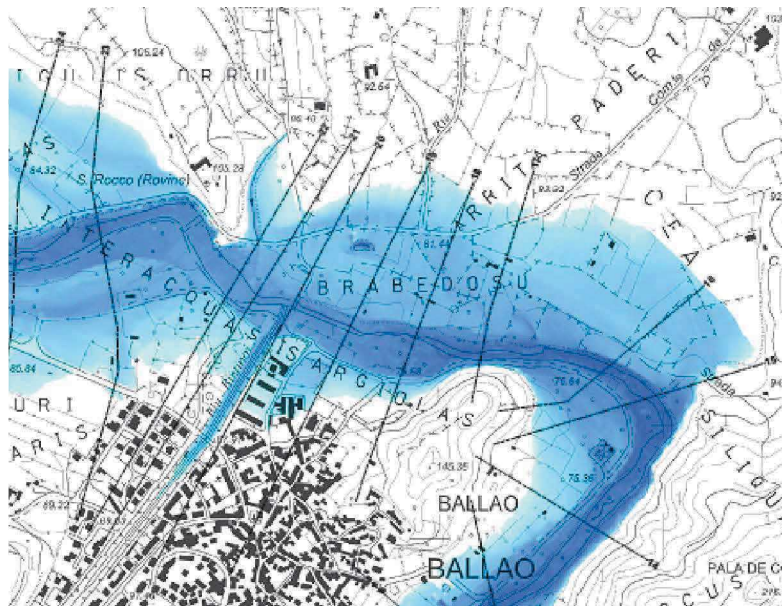


Figura 31 - Ballao - Stato attuale T=200 anni

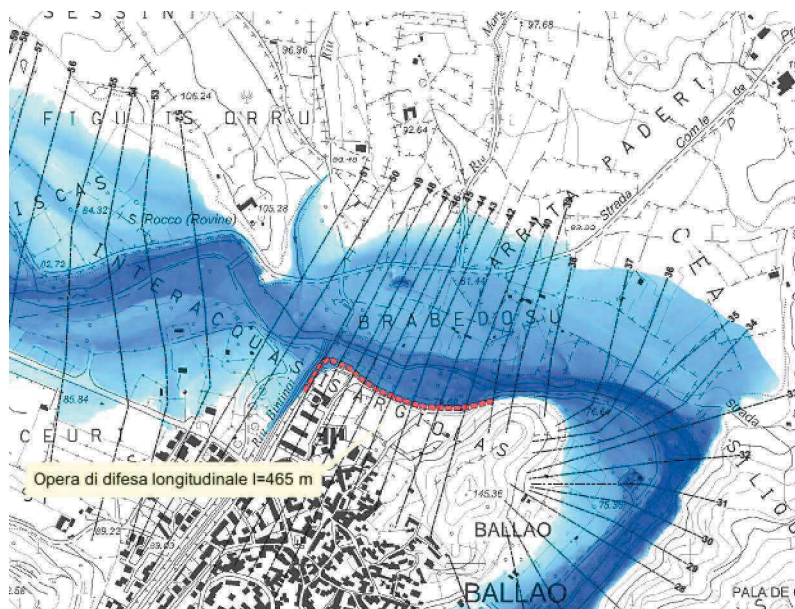


Figura 32 - Ballao Scenario di intervento 1 - T=200 anni



Figura 33 - Ballao - Difesa spondale da potenziare

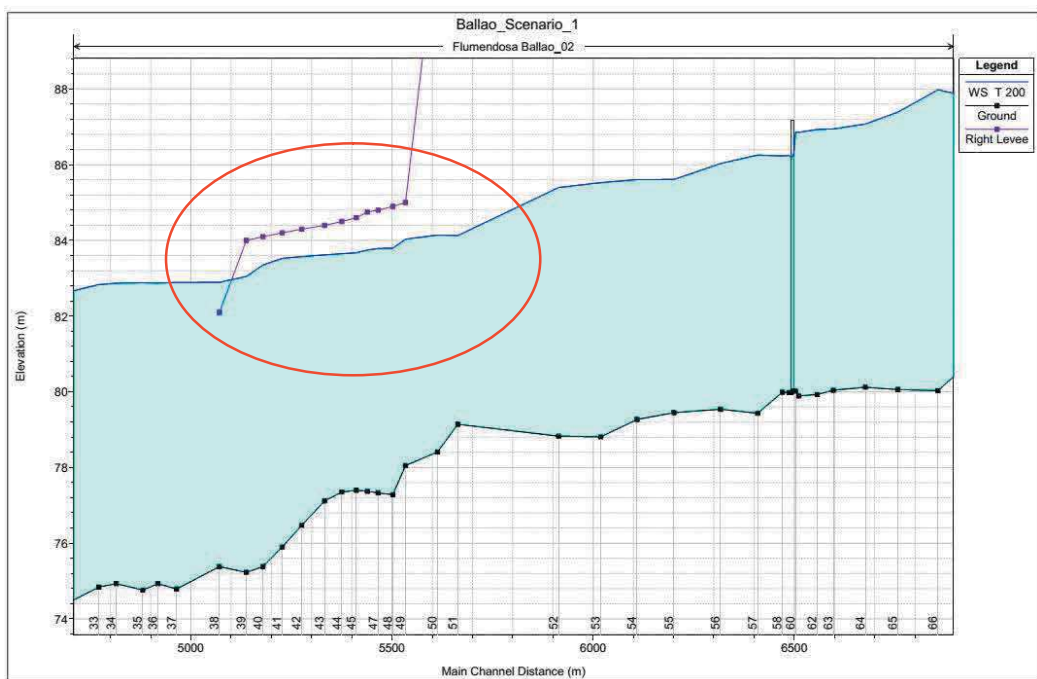


Figura 34 - Profilo di corrente relativo alla simulazione dello Scenario 1

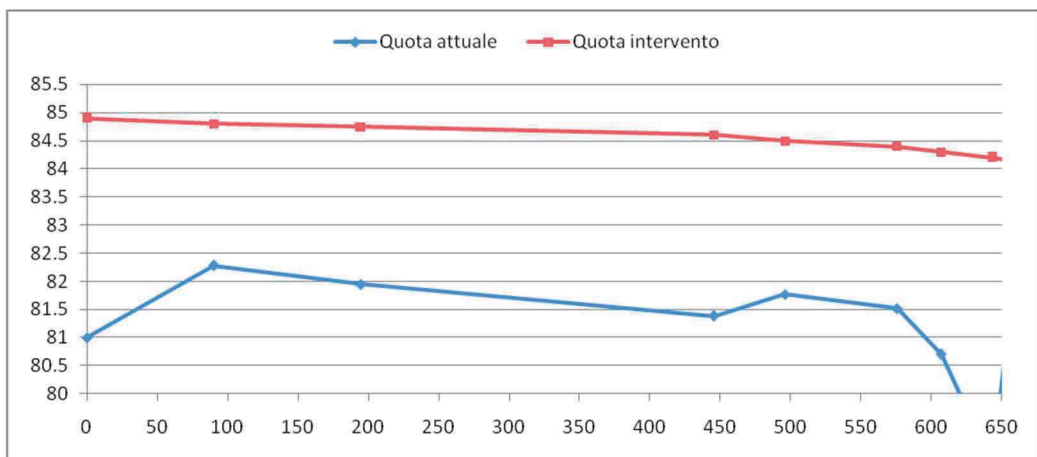


Figura 35 - Quota attuale e quota d'intervento

2.3.2 Scenario 1 - Tratto di valle

Lo scenario 1 prevede l'abbassamento del piano golenale per tutta la sua larghezza e per una profondità media di un metro e mezzo e l'abbattimento della scabrezza dovuta ad una fittissima vegetazione arbustiva. per un tratto lungo 1.7 km. L'intervento, consentendo il transito della portata cinquantenaria al di sotto del ponte della vecchia S.S. 125, pur con un franco quasi annullato, consente il contenimento della portata di piena all'interno delle arginature per tutto il tratto vallivo.

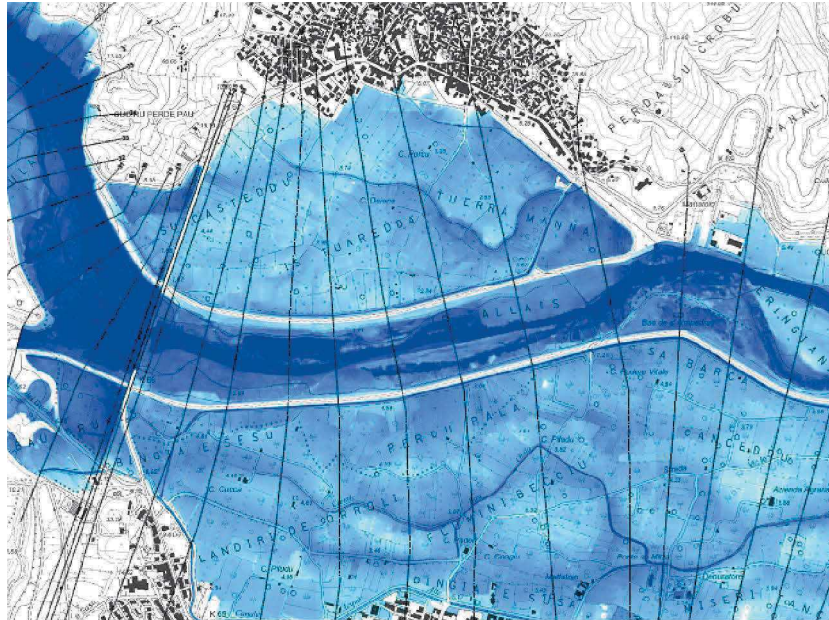


Figura 36 - Tratto di valle allo stato attuale - T=50 anni

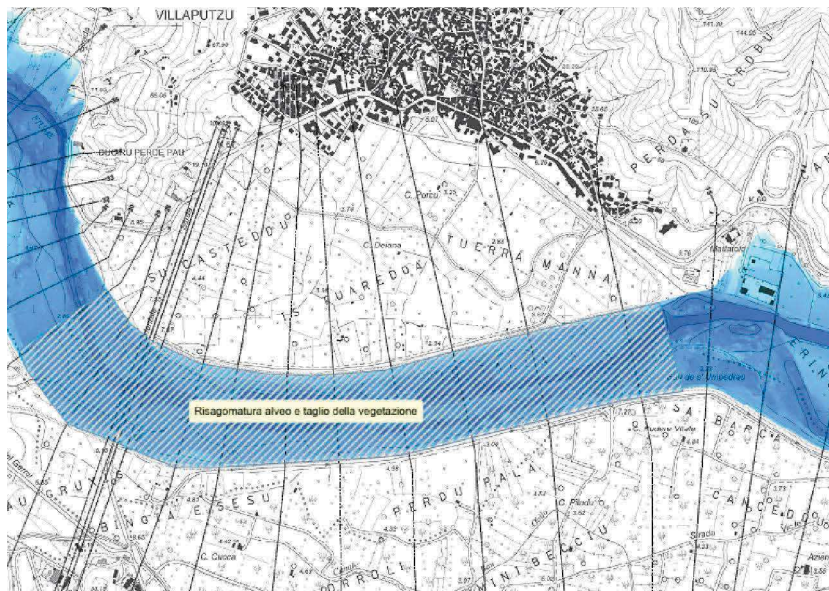


Figura 37 - Tratto di valle - Simulazione dello Scenario 1 - T=50 anni

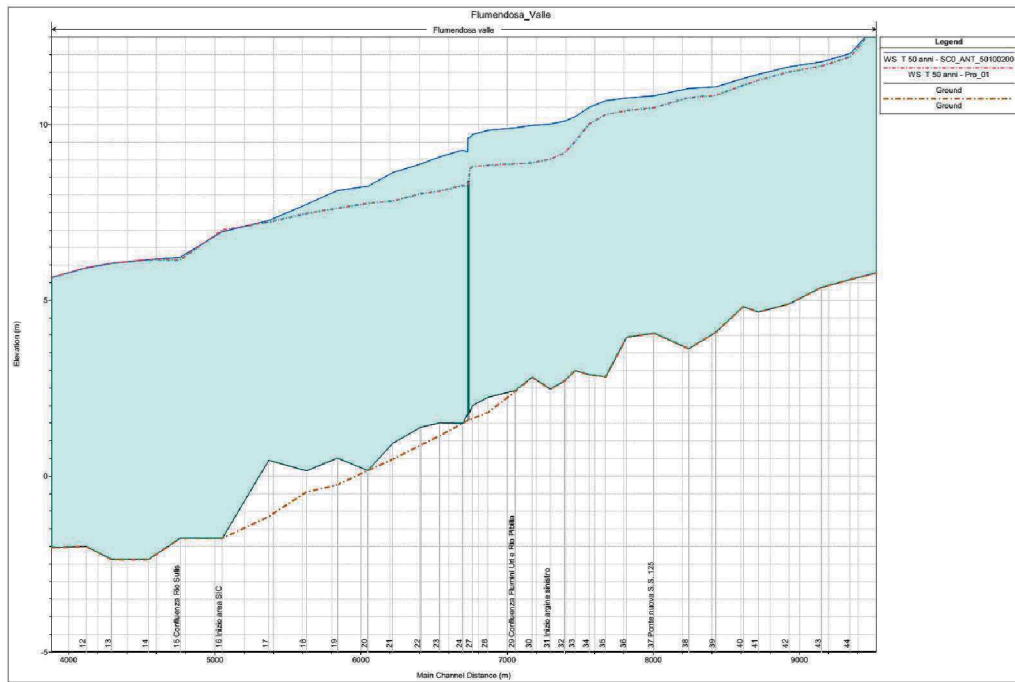


Figura 38 - Scenario 1 - Profilo di corrente prima e dopo l'intervento - T=50 anni

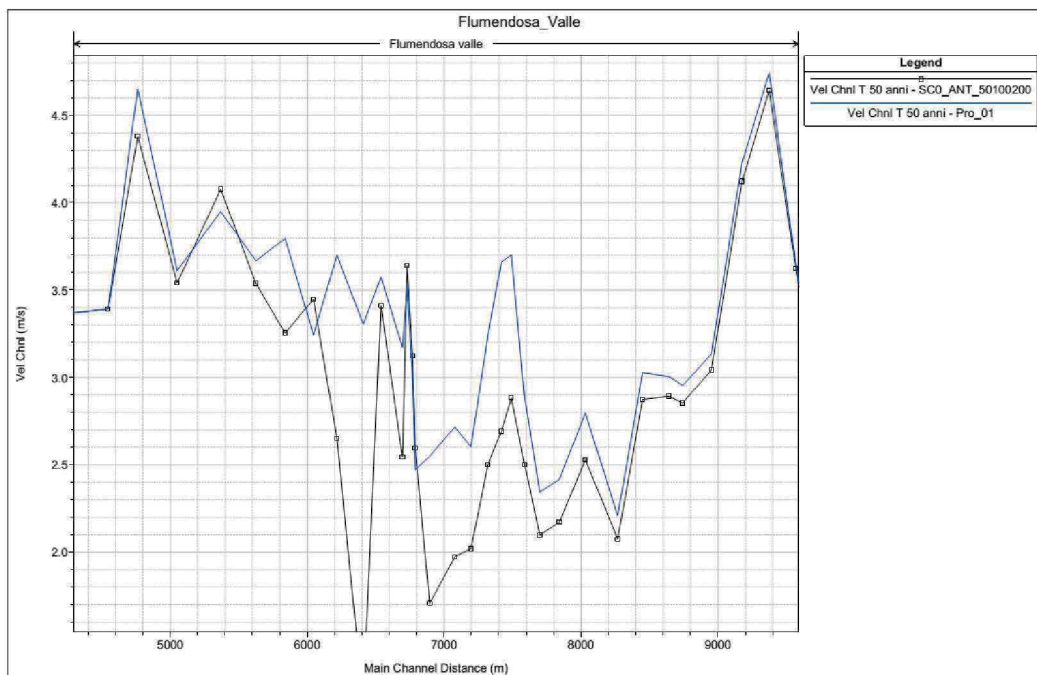


Figura 39 - Scenario 1 - Profili di velocità

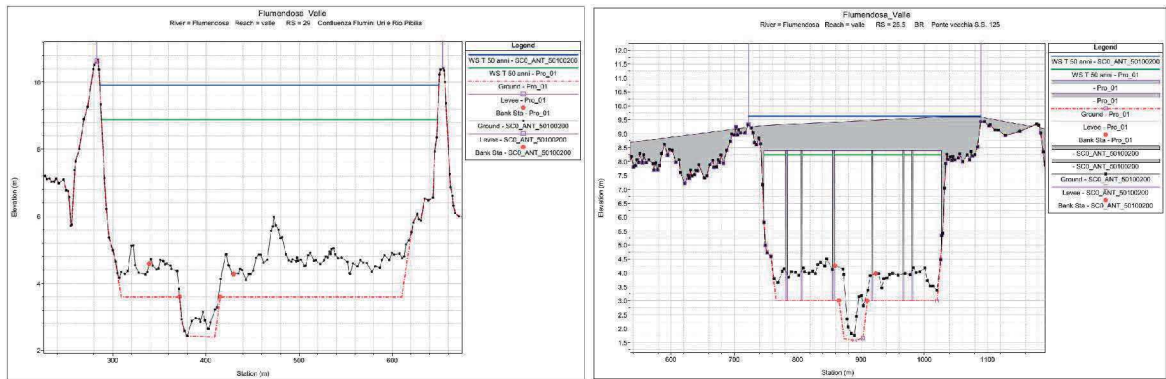


Figura 40 - Scenario 1 - Risagomatura della sezione valle della confluenza con il flumini Uri ed in corrispondenza del ponte S.S. 125 - T=50 anni

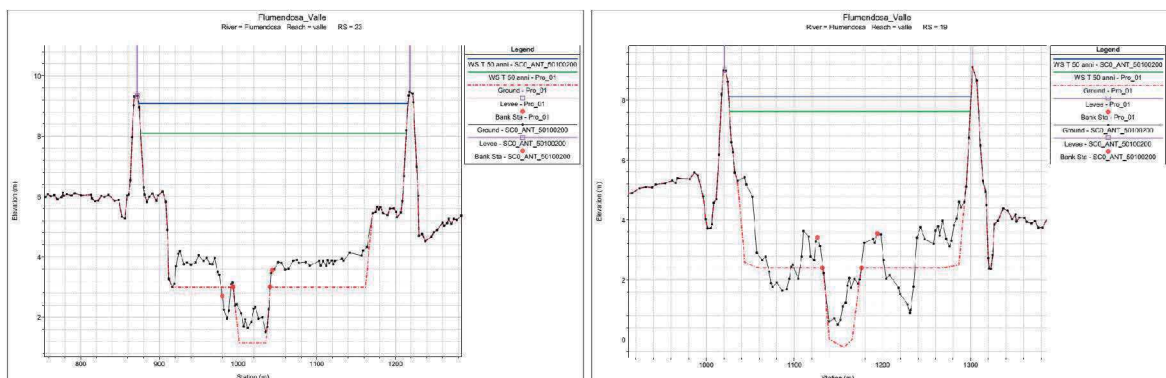


Figura 41 - Scenario 1 - Risagomatura delle sezioni a valle del ponte - T=50 anni

2.3.3 Scenario 2 - Tratto di valle

Lo scenario 2 ha come obiettivo la messa in sicurezza del tratto vallivo in relazione alla portata di ritorno duecentennale. Lo scenario è concepito come successivo alla realizzazione dello scenario 1 e prevede la demolizione del ponte sulla vecchia S.S. 125 e l'innalzamento della quota arginale, in destra ed in sinistra, finalizzato al contenimento della portata duecentennale con un franco idraulico di 1.2 metri.

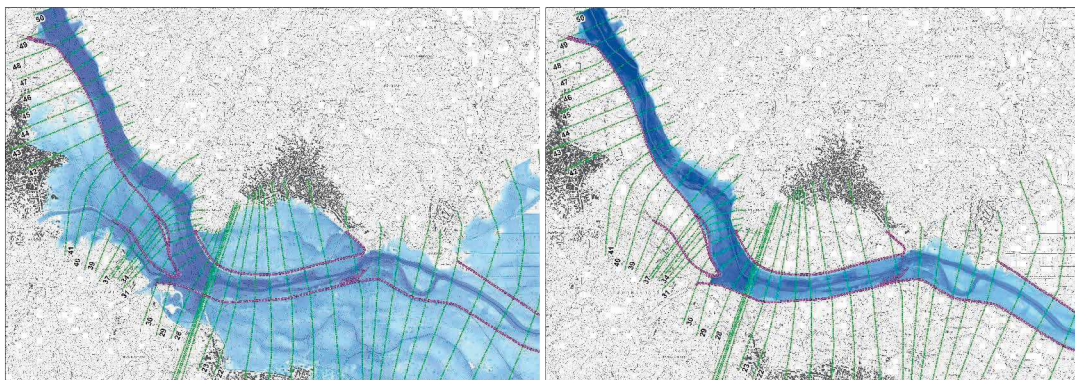


Figura 42 - Situazione attuale e simulazione dello Scenario 2

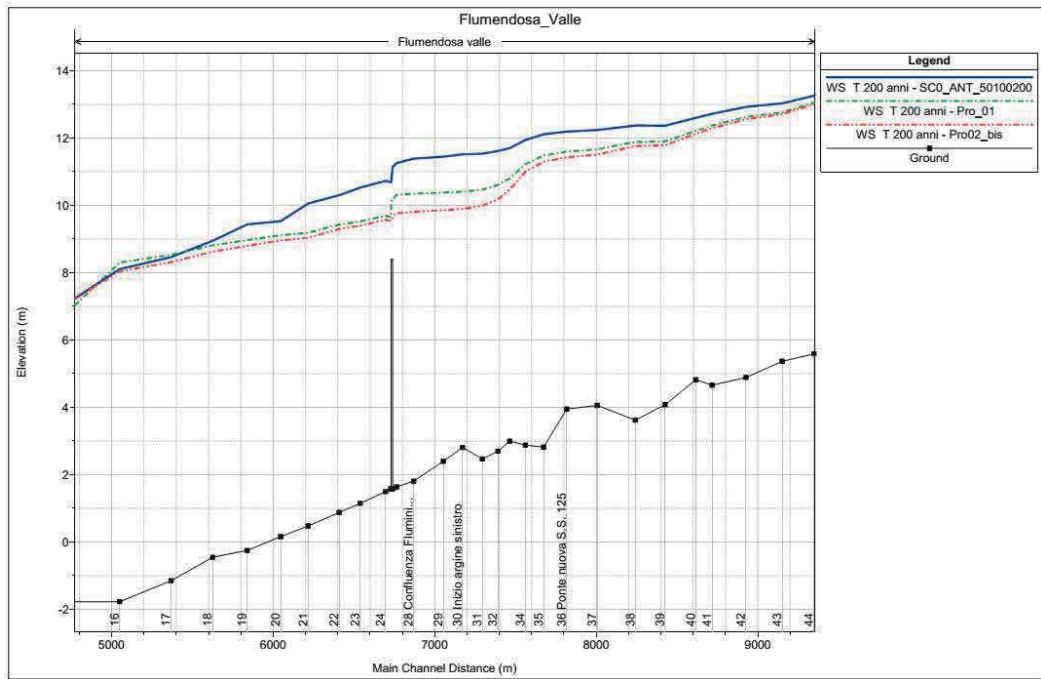


Figura 43 - Confronto fra lo Scenario 2, Scenario 1 e situazione attuale - T=200 anni