



Università di Cagliari  
DICAAR - Sezione di Ingegneria Idraulica

**Pianificazione degli Scenari Strategici di Intervento  
per la Mitigazione del Rischio di Alluvione in Sardegna**  
*Accordo di collaborazione ADIS-DICAAR*  
*Obiettivi, Approccio metodologico, Risultati*

*Giovanni M. Sechi, Saverio Liberatore, Italo Frau, Alessandro Salis, Mauro Piras, Riccardo Zucca,  
Roberta Floris, Mauro Casti, Sara Frongia, Jacopo Napolitano, Andrea Sulis, Clorinda Cortis*

# 0. Obiettivi principali

---

- 1. Approfondire la modellazione idraulica nelle aree a pericolosità PSFF per la valutazione di battenti idrici e velocità delle correnti**
- 2. Valutazione dei danni (tangibili) conseguenti all'accadimento degli eventi con Tr utilizzati in PSFF**
- 3. Individuare gli scenari di intervento sia nel breve termine (6 anni) sia in un contesto di più lungo periodo**
- 4. Contributo nella predisposizione della VAS di Piano**
- 5. Contributo nella pianificazione degli interventi non strutturali per la protezione delle persone e dei beni esposti al rischio di alluvioni (Piani di evacuazione)**
- 6. Contributo nella definizione delle soglie di rischio attribuibili per tronchi omogenei nello scenario attuale**
- 7. Contributo nella definizione di regole la corretta gestione dei corsi d'acqua, nella situazione attuale e a seguito della realizzazione degli interventi**
- 8. Verifiche nelle possibilità di laminazione degli invasi**
- 9. Criteri metodologici nella applicazione del principio dell'invarianza idraulica**

## GLI SCENARI DI INTERVENTO STRATEGICO E COORDINATO

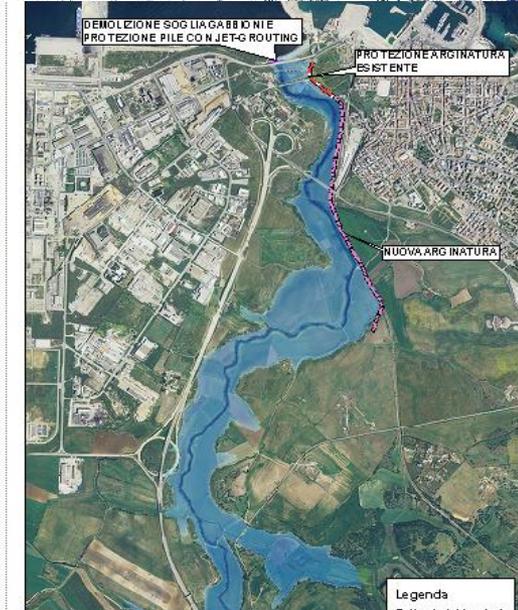
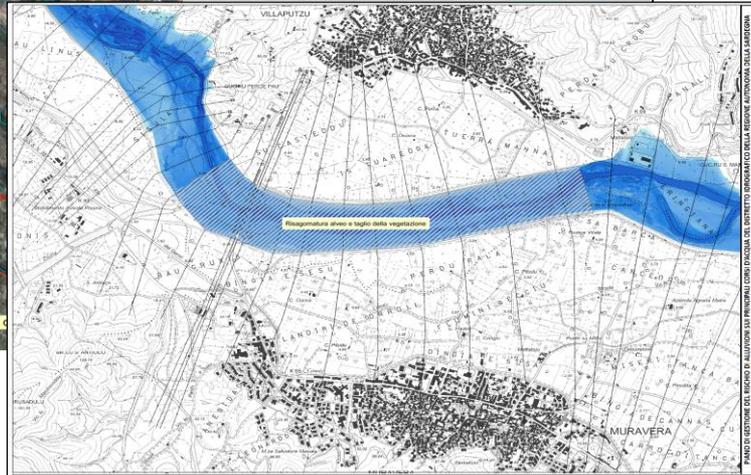
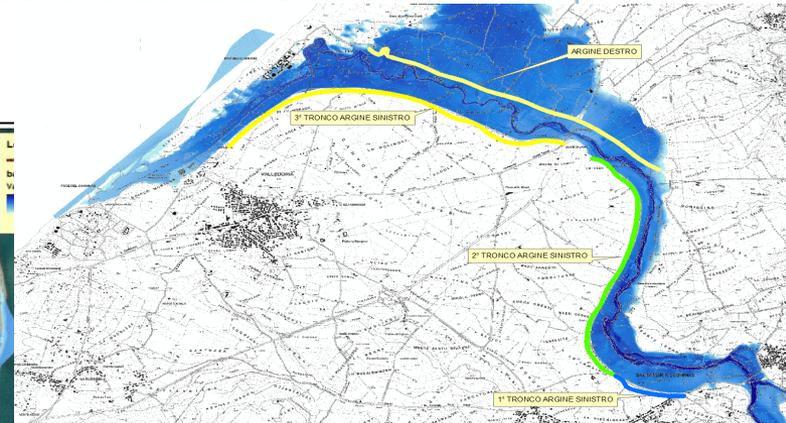
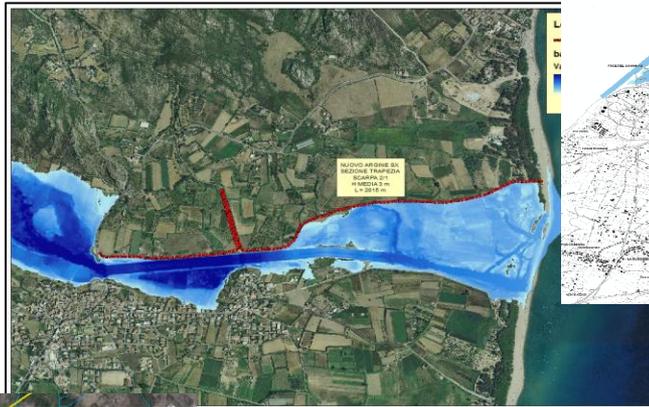
Il PGRA esamina le criticità idrauliche delle principali aste fluviali regionali, definendo per ciascuna di esse diversi scenari strategici per la progettazione di interventi di mitigazione del rischio.

Per ogni asta fluviale esaminata vengono individuati possibili interventi strutturali, indicazioni per la gestione e la manutenzione dei corsi d'acqua e degli invasi, e alcune ipotesi di azioni di prevenzione da mettere in atto attraverso la pianificazione locale.

Per ogni asta fluviale studiata sono state redatte la **Relazione**, la **Relazione Idraulica** e le **Tavole**.

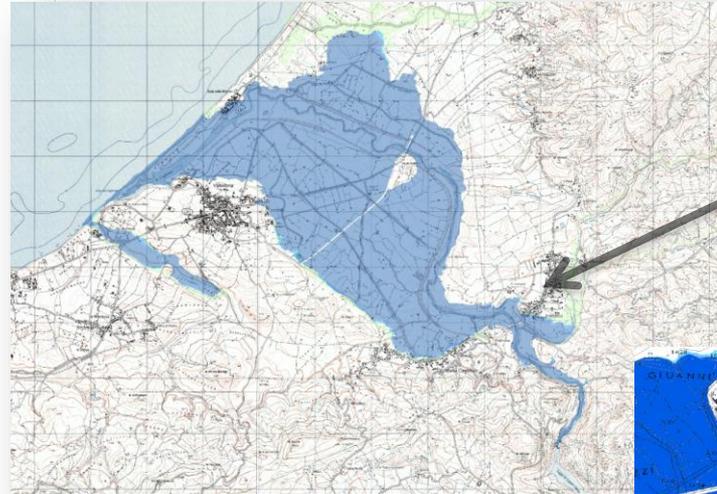
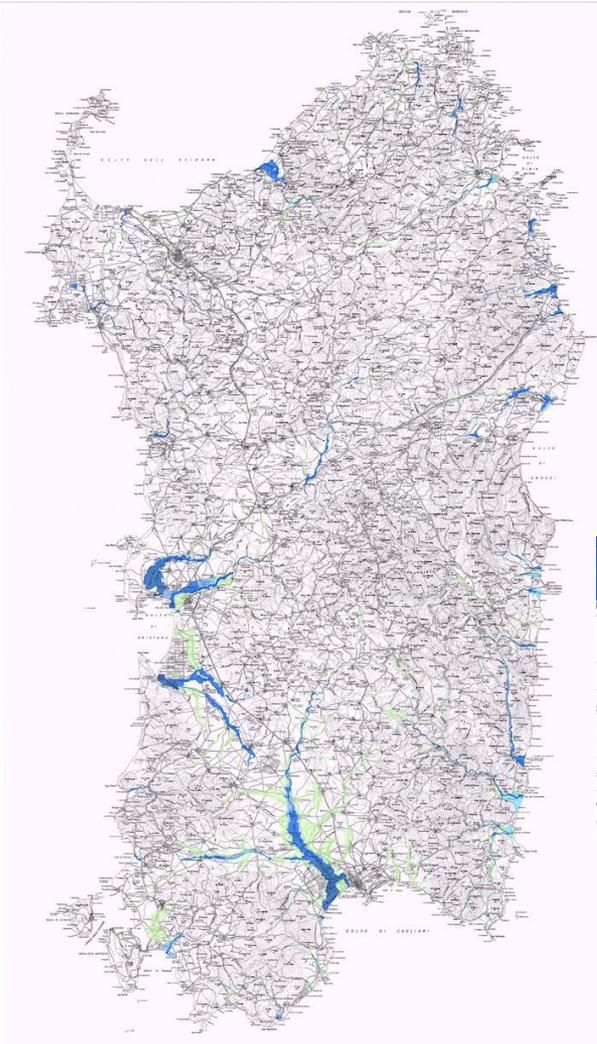
Le aste fluviali studiate in questa prima fase del PGRA sono:

- Coghinas
- Pramaera
- Cedrino
- Riu Mannu di Porto Torres
- Rio Girasole
- Rio Posada
- Flumendosa



# 1.1 Pericolosità idrauliche documentate in PSFF

- Mappatura delle aree a pericolosità idraulica secondo PSFF
- Aree a pericolosità idraulica ( $Tr = 2, 50, 100, 200, 500$  anni)



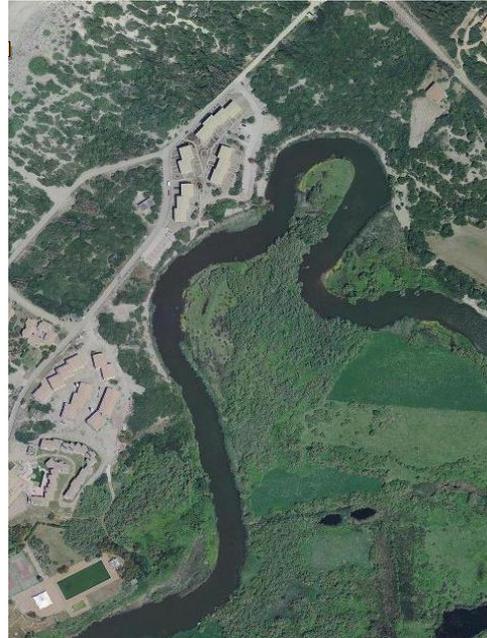
Bacino pilota della bassa valle del Coghinias



## 2.1 Analisi integrative – evoluzione storica



1977

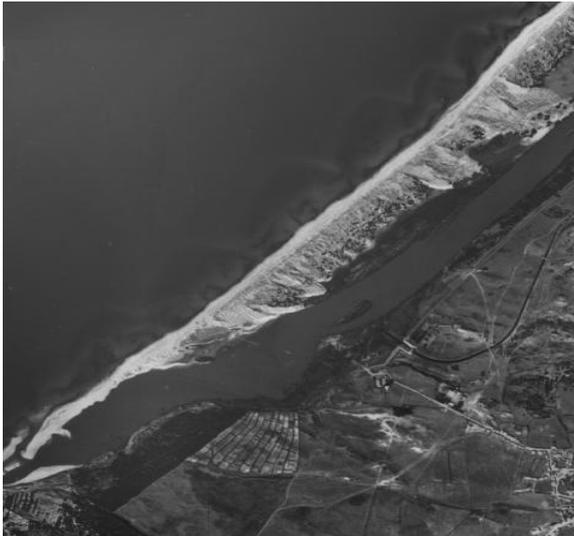


2008

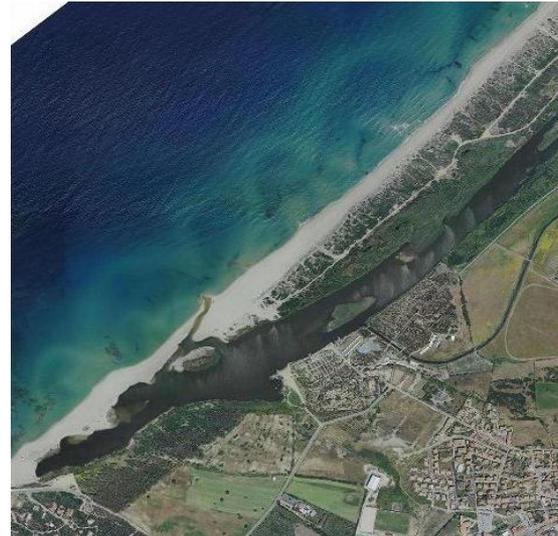


2011

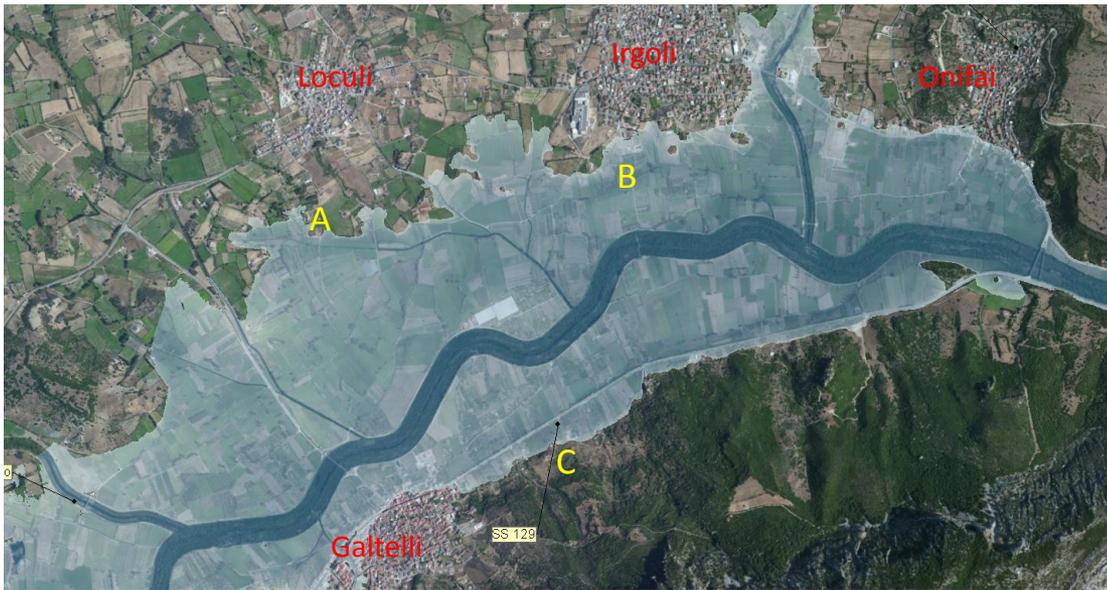
1954



2008



## 2.3 Analisi integrative – eventi documentati



(N.B.: Immagini fiume Cedrino)

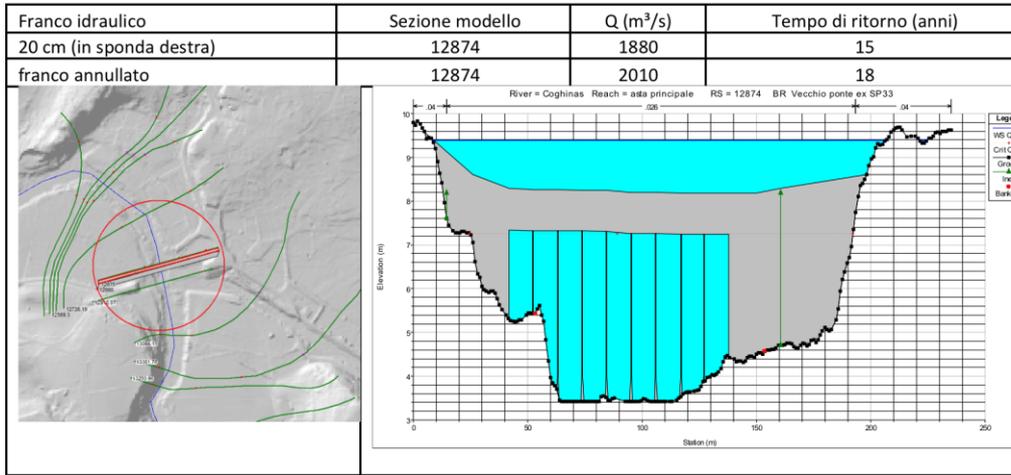
Area di esondazione per l'evento cinquantenario



Immagine dell'alluvione 2013

# 3. Soglie di allerta nello scenario attuale

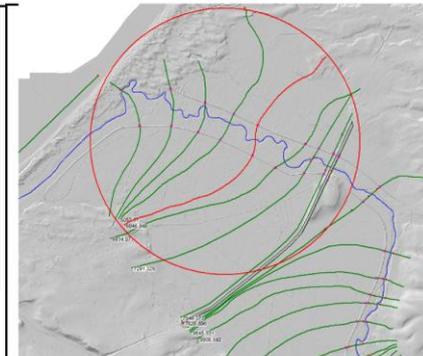
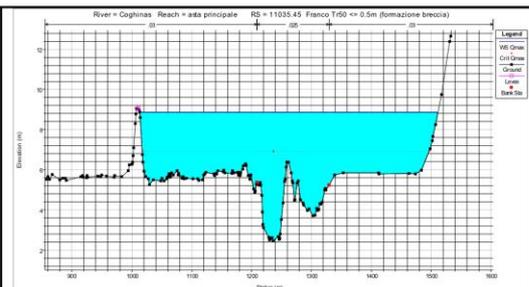
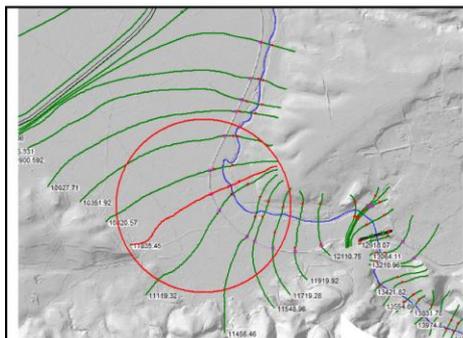
1° Tronco: Dalla diga Casteldoria fino a ponte Viddalba da demolire:



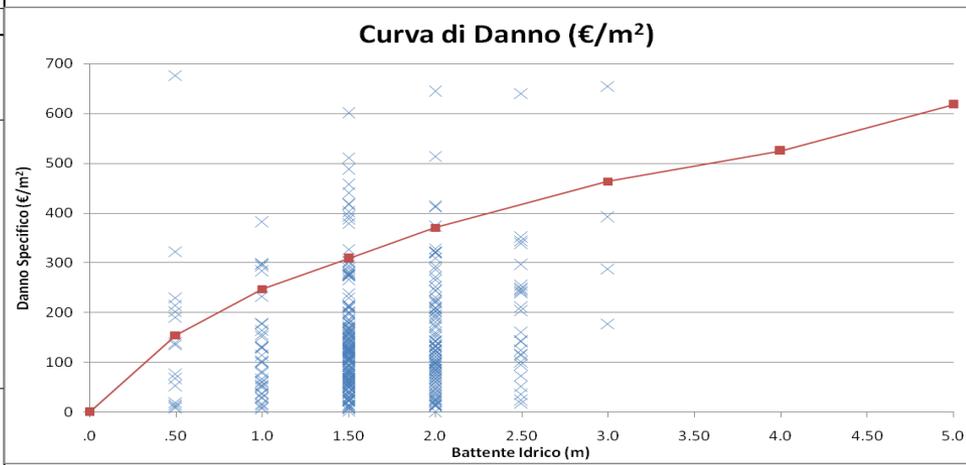
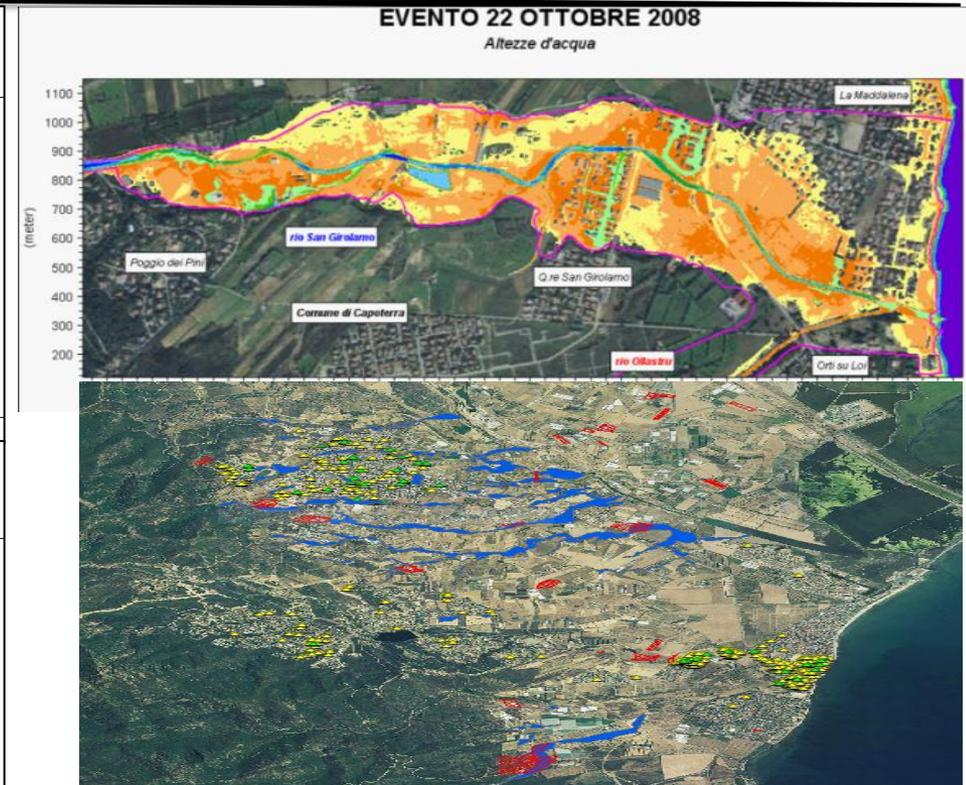
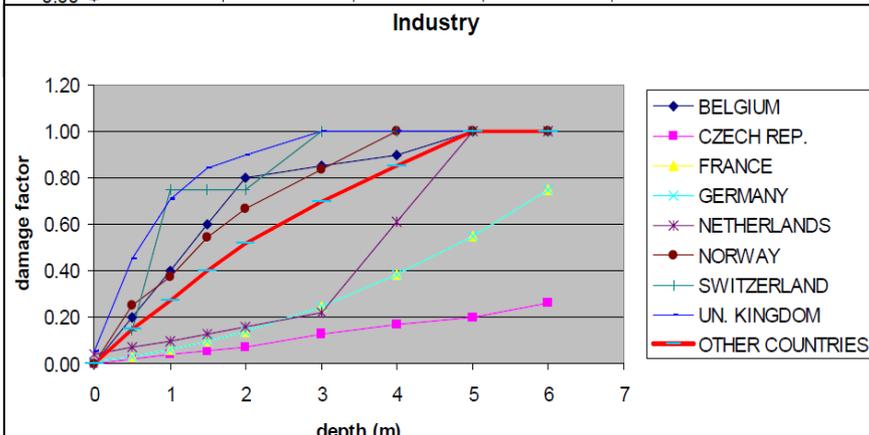
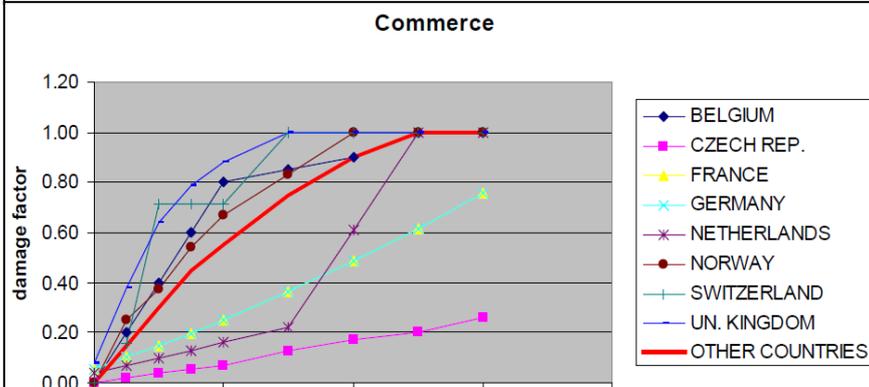
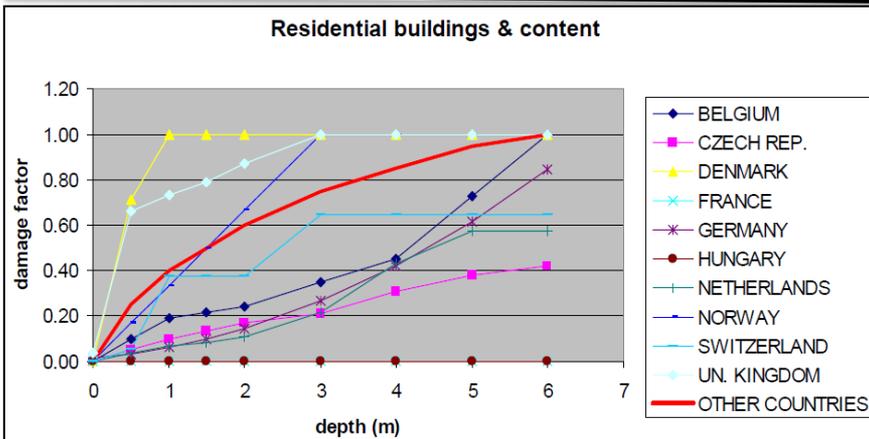
2° Tronco: Dal ponte di Viddalba (da demolire) fino a ponte SP90:

3° Tronco: Dal ponte SP90 fino a foce:

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tempo di ritorno (anni)	Franco idraulico	Sezione modello	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda sinistra)	11035	2250	25	20 cm (in sponda sinistra)	6046	2650	40
franco annullato	11035	2380	29	franco annullato	6046	2950	57

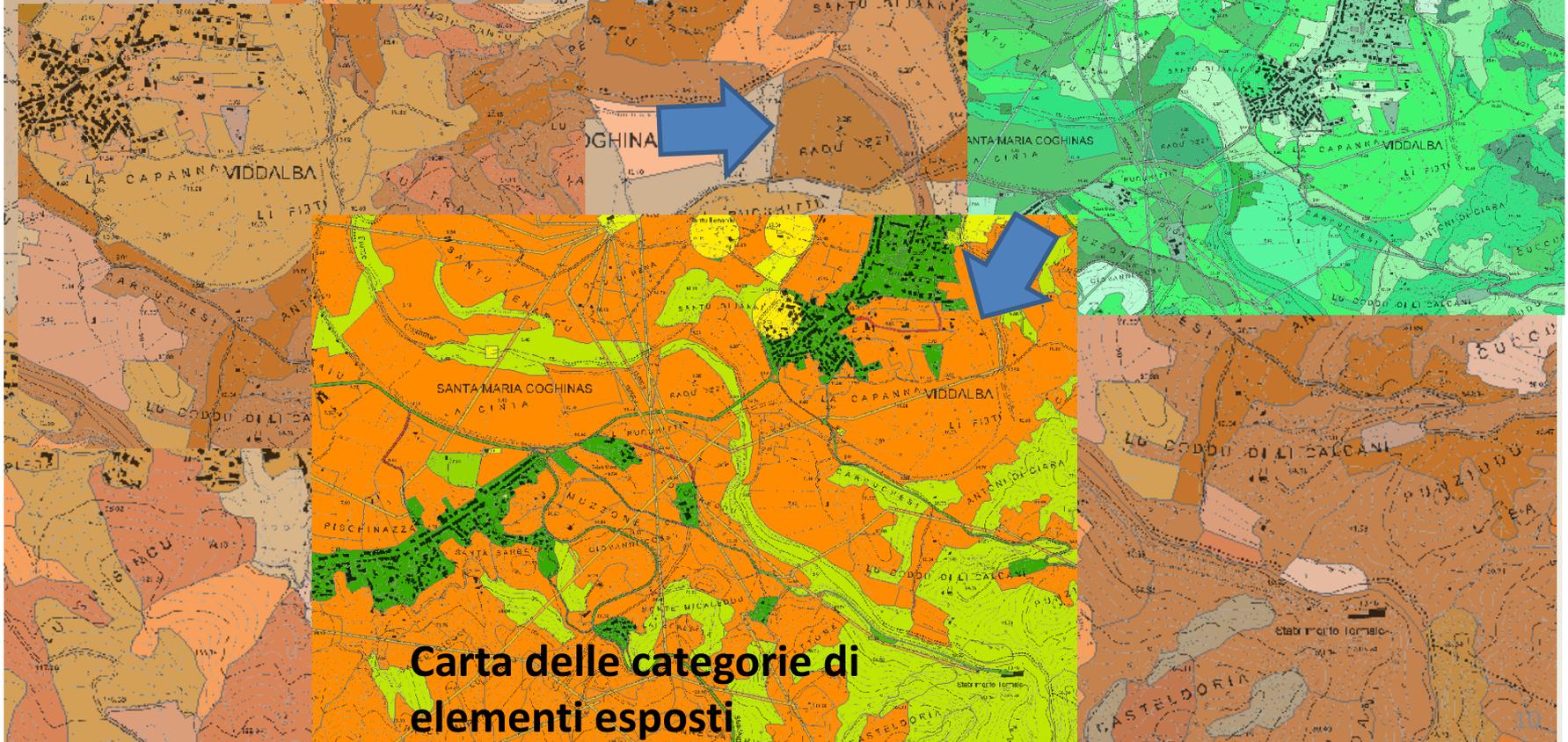


# 4.1 Valutazione danni (tangibili) da eventi di piena metodologia JRC e riscontri nel territorio regionale

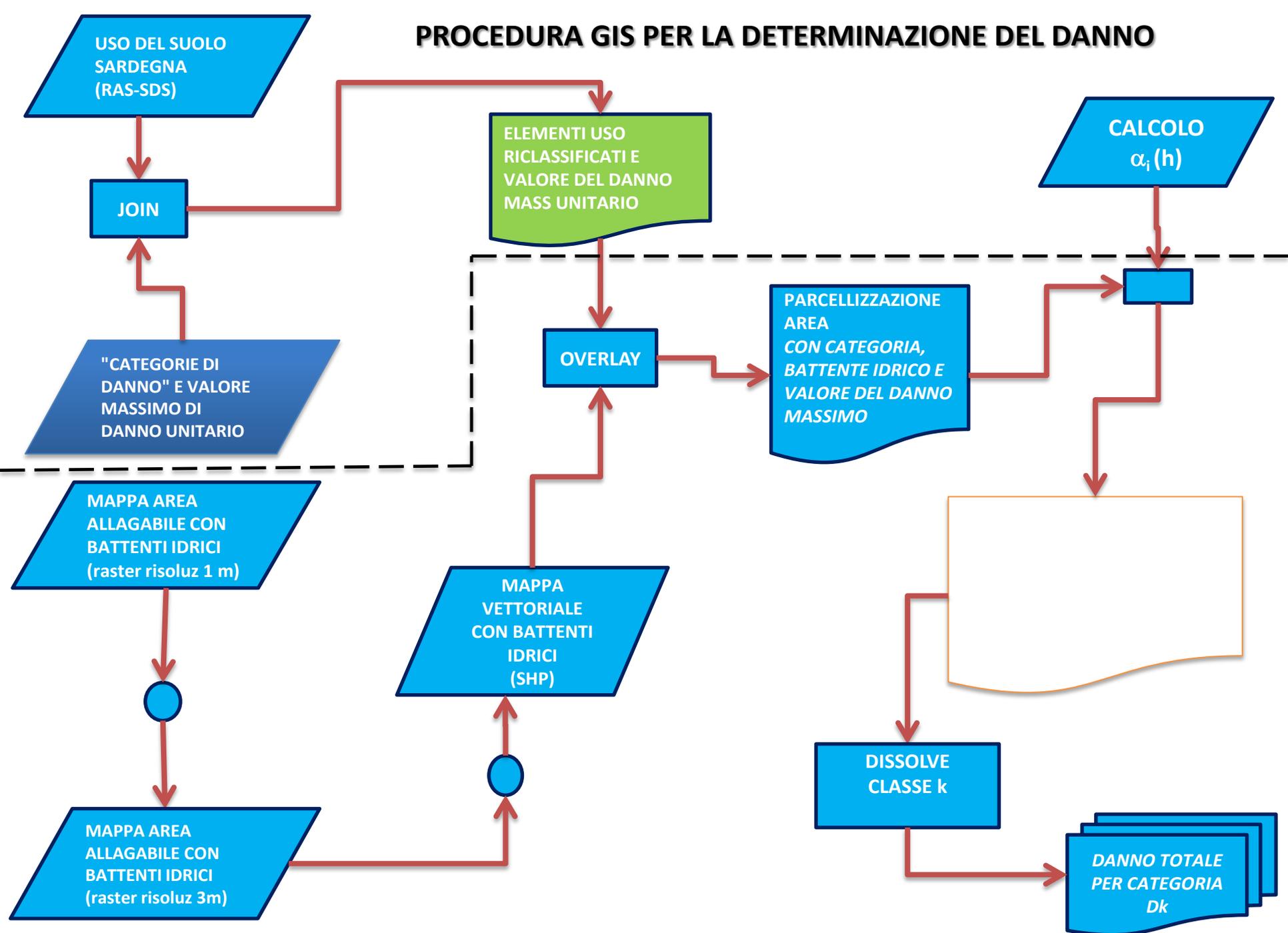


## 4.2 Valutazione danni (tangibili) da eventi di piena

- Codifica base con legenda CORINE LAND COVER
- Uso del Suolo della Regione Sardegna pubblicato nel 2008
- Successivo aggiornamento nel 2013 (carta del danno potenziale)



# PROCEDURA GIS PER LA DETERMINAZIONE DEL DANNO



# 4.3 Risultato dell'applicazione della procedura

## Valutazione del danno per categorie di elementi

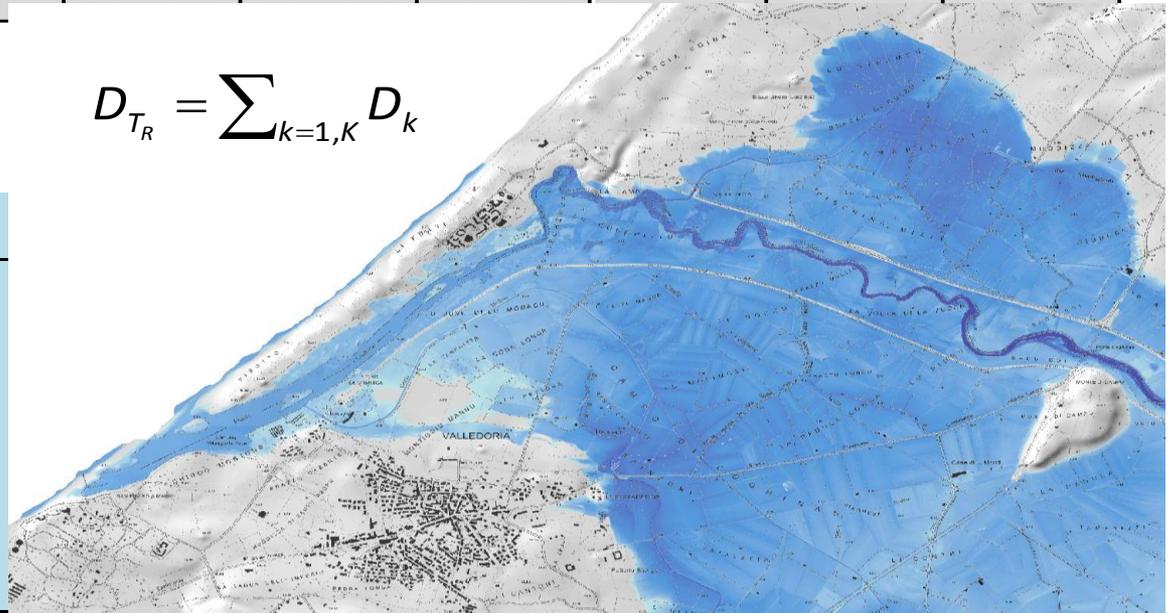
CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	13'055'381	5'221'925	13'219'059	5'688'986	13'319'222	6'019'251
C - COMMERCIALE	41'021	7'581'223	41'969	9'107'924	42'396	10'304'961
I - INDUSTRIALI	53'292	7'193'880	70'330	9'150'344	73'184	10'950'897
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2'075'232	-	2'099'058	-	2'119'113	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	22'310	-	26'687	-	40'014	-
N - STRADE COMUNALI	42'576	168'716	45'321	204'835	45'786	232'406
P - STRADE PROVINCIALI	99'089	802'391	104'138	979'904	111'261	1'137'800
R - RESIDENZIALE	114'945	23'916'273	135'434	31'182'354	148'135	37'856'384
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	213'333	3'497'885	217'036	4'054'690	220'499	4'504'593
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	634'887	-	656'570	-	673'836	-
Totale	16'352'066	48'382'292	16'615'603	60'369'036	16'793'446	71'006'292

$$D_{i,k} = \alpha_k(h_i) A_{i,k} D_m \rho$$

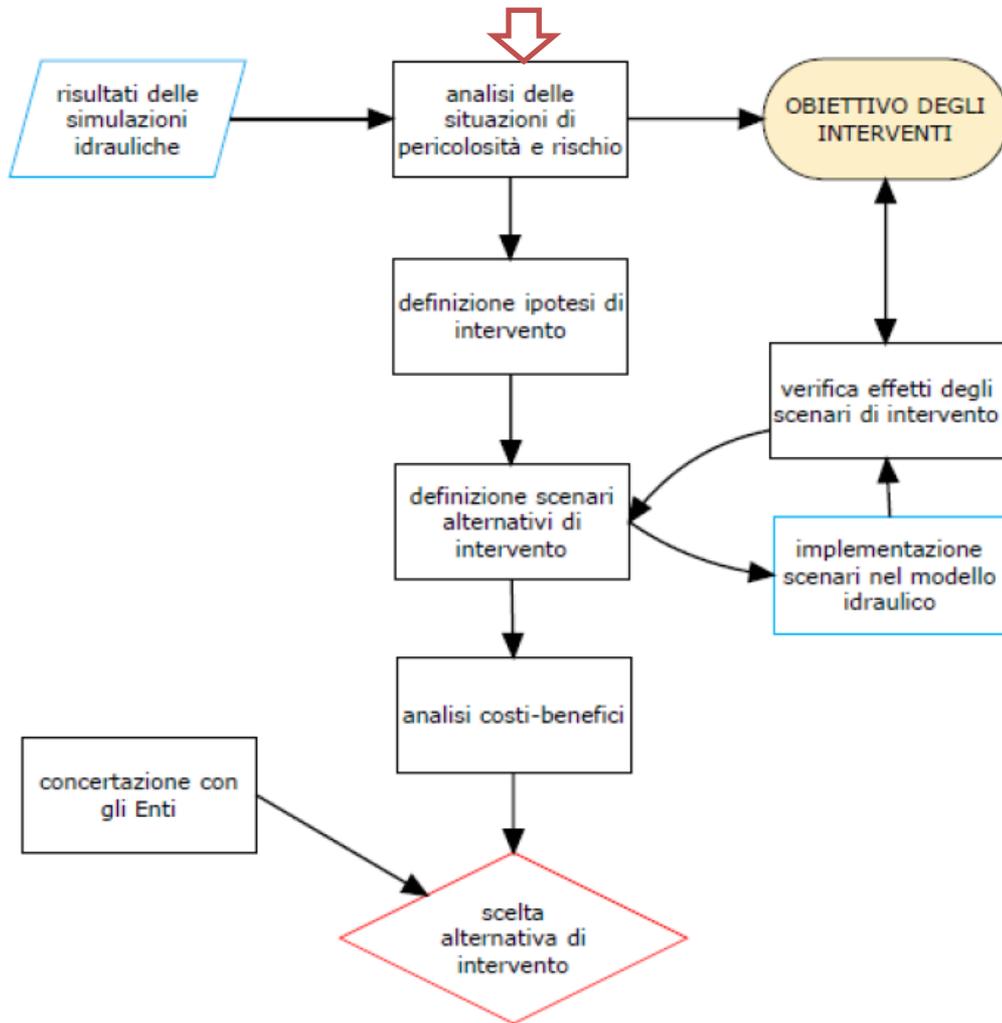
$$D_k = \sum_{i=1, N_K} D_{k,i}$$

$$D_{T_R} = \sum_{k=1, K} D_k$$

DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL
1 RESIDENZIALE	R
2 COMMERCIALE	C
3 INDUSTRIALI	I
4 AGRICOLA	A
5 STRADE COMUNALI	N
6 STRADE PROVINCIALI	P
7 STRADE STATALI	S
8 INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	T
9 Corpi idrici	H
10 Aree protette di pregio ambientale	J
11 Aree Storiche e Archeologiche	K
12 Altre aree con danni non tangibili	X



## 5.1 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI PIENA



- ✓ determinazione di SINGOLI INTERVENTI mirati alla risoluzione di SPECIFICHE criticità idrauliche;
- ✓ SCENARI alternativi costituiti da uno o più interventi
- ✓ verifica dei risultati raggiunti in termini di RISCHIO RESIDUO
- ✓ comparazione tra le diverse alternative di intervento mediante analisi costi-benefici
- ✓ scelta dell'alternativa di intervento

## 5.2 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI PIENA

---

### Tipologie di intervento :

- ✓ STRUTTURALI → per la riduzione della pericolosità
  - **ATTIVI:** per ottenere una riduzione della frequenza dell'esondazione (*scolmatori, aree di espansione, etc*)
  - **PASSIVI:** per aumentare la capacità del territorio a sopportare le sollecitazioni dell'evento naturale senza subire danni (*rialzi arginali, risagomatura del corso d'acqua etc*)
- ✓ NON STRUTTURALI → per la riduzione della vulnerabilità (*delocalizzazioni, piani di evac.*)

### Tipologie di intervento considerate negli scenari :

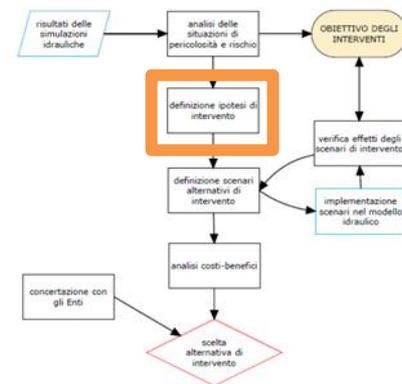
- **risagomatura d'alveo e golenali, arginature**
- **modifiche gestionali degli invasi**
- **aree di espansione**

## 5.3 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI PIENA

### Bacino pilota della bassa valle Coghinas

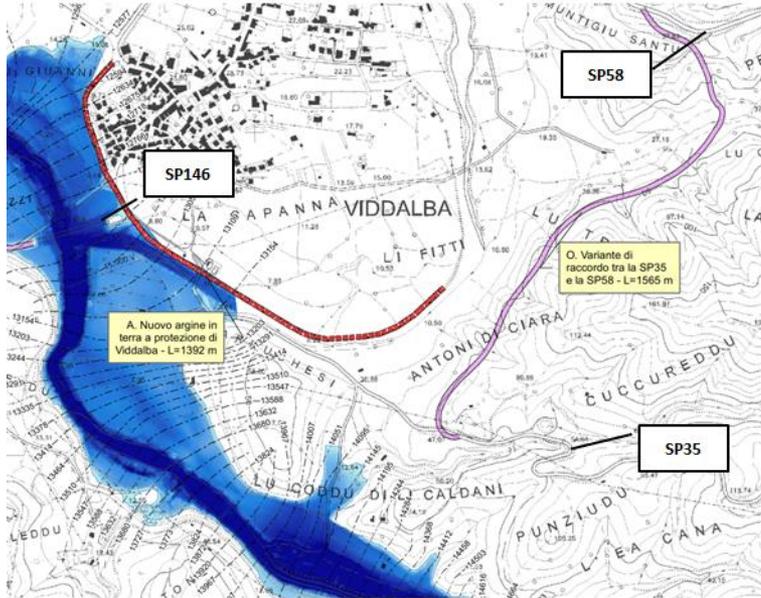
#### Interventi considerati :

- Demolizioni dei vecchi ponti interferenti
- Intervento 1: difesa del centro abitato di Viddalba
- Intervento 2: rialzo arginale a difesa del centro abitato di S. Maria Coghinas
- Intervento 3: rialzi arginali estesi alla bassa valle
- Intervento 4: realizzazione di uno scolmatore nel tratto costiero
- Intervento 5: utilizzazione dei laghi di Muzzone – Casteldoria per incrementare la laminazione
- Intervento 6: delocalizzazione di strutture esistenti
- Intervento 7: interventi non strutturali (sistemi di allertamento, gestione amministrativa dei territori a rischio)
- Intervento 8: riqualificazione ambientale (utilizzo dell'ingegneria naturalistica nella realizzazione degli interventi)

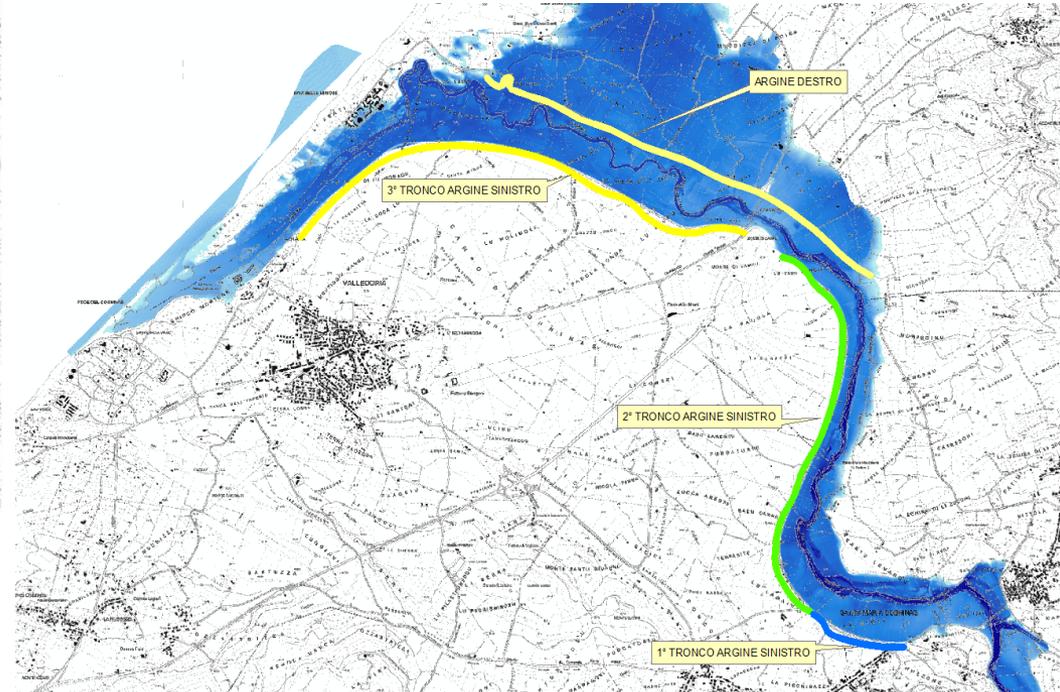


# 5.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI PIENA

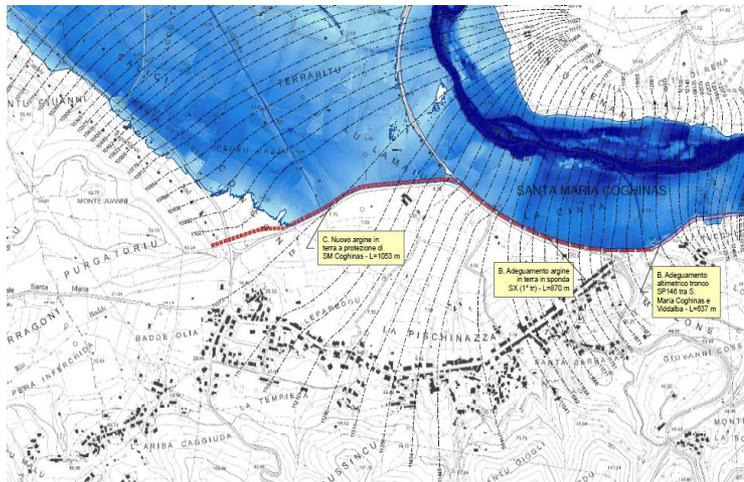
## Bacino pilota della bassa valle Coghinas



Scenario 1



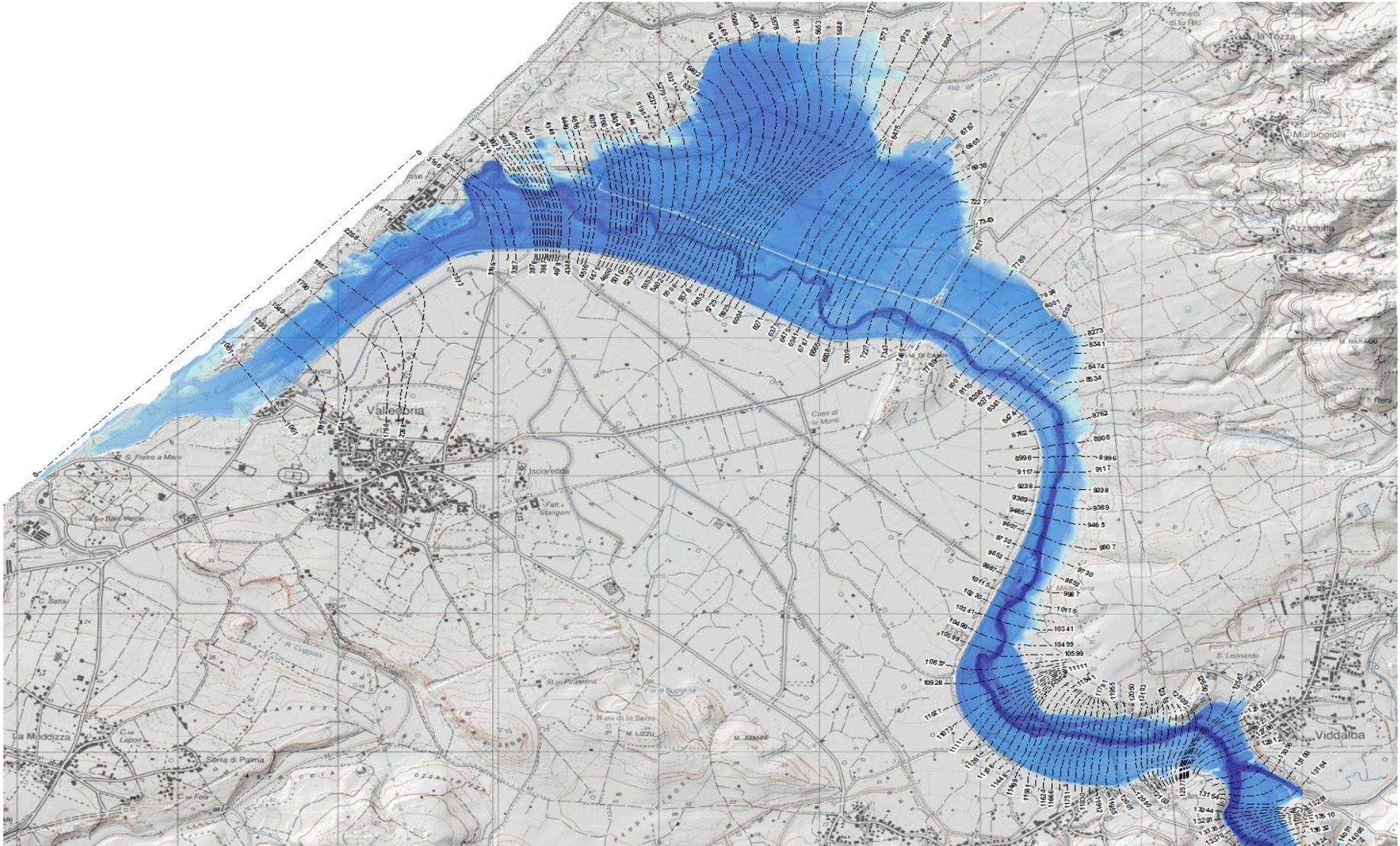
Scenario 4



Scenario 2

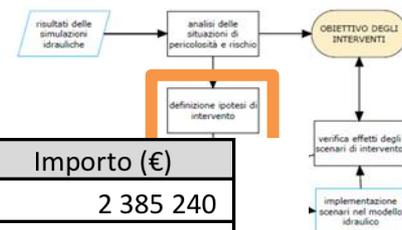
# 5.5 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI PIENA

## Bacino pilota della bassa valle Coghinas



## 5.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI PIENA

### Bacino pilota della bassa valle Coghinas



N.	Descrizione	u.m.	q.ta	Importo (€)
1	A. Nuovo argine in terra in sponda DX a protezione di Viddalba	m	1390	2 385 240
2	B. Adeguamento argine in terra in sponda SX (fino a Lu Lamaiu) e adeguamento della altimetrico della sede stradale SP146	m	1510	2 591 160
3	C. Nuovo argine in terra a protezione di SM Coghinas	m	1054	1 808 664
4	D. Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas	ha	100	330 000
5	E. Adeguamento argine in terra in sponda SX	m	9134	15 673 944
6	F. Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba	m	120	95 400
7	G. Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	m	355	323 049
8	H. Manutenzione degli argini esistenti (scenario attuale)	m	9134	118 742
9	I. Manutenzione nuovi argini nella conformazione progettuale prevista per il punto A (SC.1)	m	1390	36 140
10	L1. Manutenzione nuovi argini nella conformazione progettuale prevista per il punto B e C (SC.2)	m	2564	66 664
11	M1. Manutenzione nuovi argini nella conformazione prevista per il punto A, B e C (SC.3)	m	3954	102 804
12	N. Manutenzione nuovi argini nella conformazione prevista per il punto A ed E (SC.4)	m	10524	273 624
13	L2. Manutenzione degli argini esistenti nella conformazione progettuale prevista per il punto B e C (SC.2)	m	7624	99 112
14	M2. Manutenzione degli argini esistenti nella conformazione prevista per il punto A, B e C (SC.3)	m	7624	99 112
15	O. Demolizione del ponte sul rio Badu Crabile lungo la SP35 per Bordigiadas e variante stradale (1600 m)	-	-	187 000

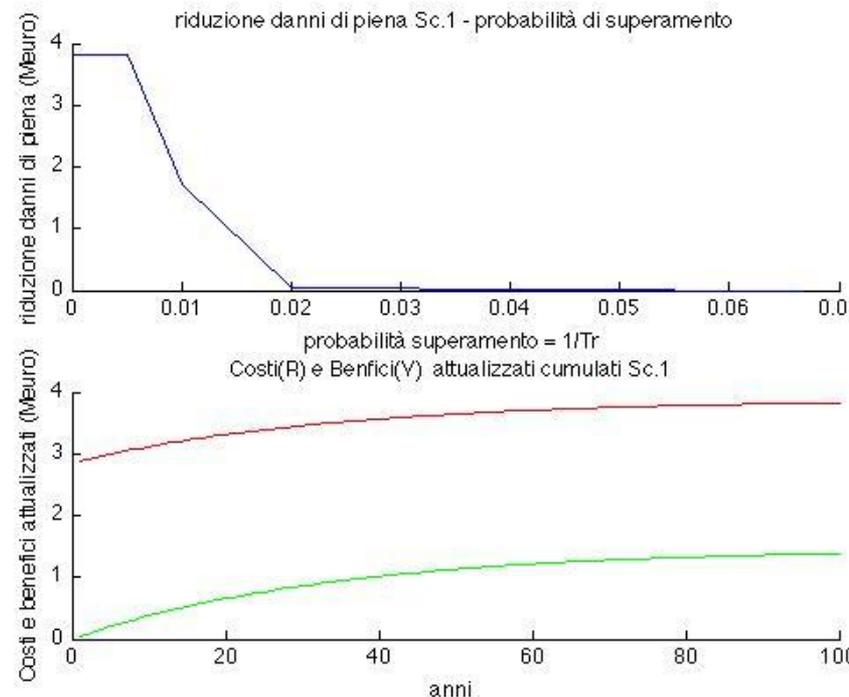
# 6.1 ANALISI ECONOMICA DEGLI SCENARI DI INTERVENTO

## Bacino pilota della bassa valle Coghinas

### Scenario 1

INTERVENTI	IMPORTO
A. Nuovo argine in terra in sponda DX a protezione di Viddalba	2'385'240
F. Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba	95'400
G. Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	323'050
O. Demolizione del ponte sul rio Badu Crabile lungo la SP35 per Bordigiadas e variante stradale (1600 m)	187'000
TOTALE LAVORI	2'877'493
TOTALE SPESE GENERALI (16%)	460'399
TOTALE LAVORI E SPESE	3'337'892
in cifra tonda	3'338'000
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	154'882

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	13 080 839	5 050 304	13 231 261	5 551 696	13 318 783	5 906 546
C - COMMERCIALE	43 209	8 603 950	43 472	10 202 420	43 661	11 463 247
I - INDUSTRIALI	48 191	5 690 279	52 067	7 115 488	64 783	8 494 732
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2 176 178	-	2 234 914	-	2 275 779	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	53 090	-	54 376	-	55 492	-
N - STRADE COMUNALI	43 645	159 764	45 856	197 038	49 426	226 932
P - STRADE PROVINCIALI	94 053	632 530	99 954	810 160	106 090	955 043
R - RESIDENZIALE	110 852	25 106 982	123 504	31 167 719	136 586	36 142 436
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	207 301	3 097 344	211 788	3 604 655	214 758	4 012 946
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	643 342	-	659 554	-	673 203	-
Totale	16 500 700	48 341 153	16 756 746	58 649 176	16 938 561	67 201 884



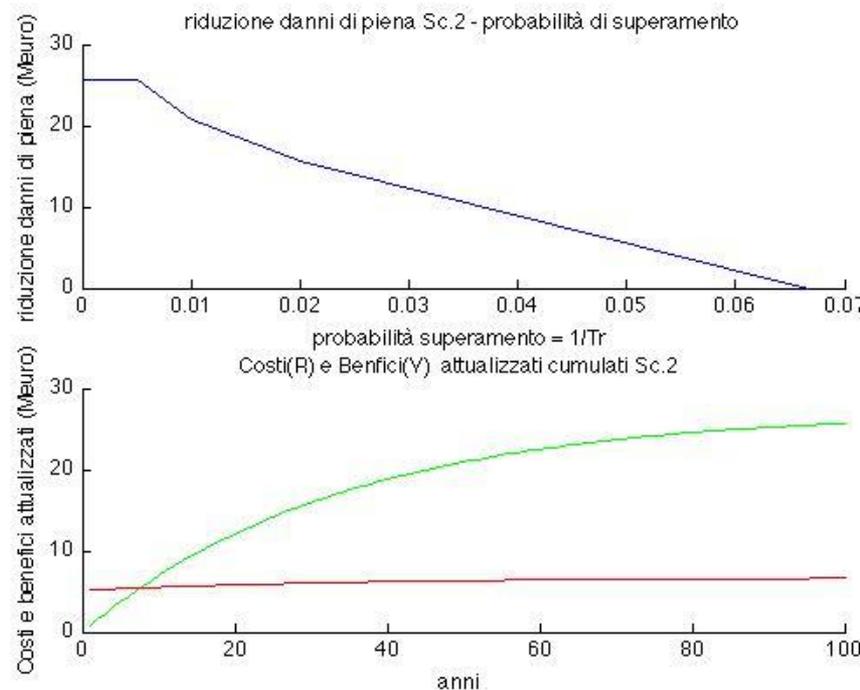
# 6.2 ANALISI ECONOMICA DEGLI SCENARI DI INTERVENTO

## Bacino pilota della bassa valle Coghinas

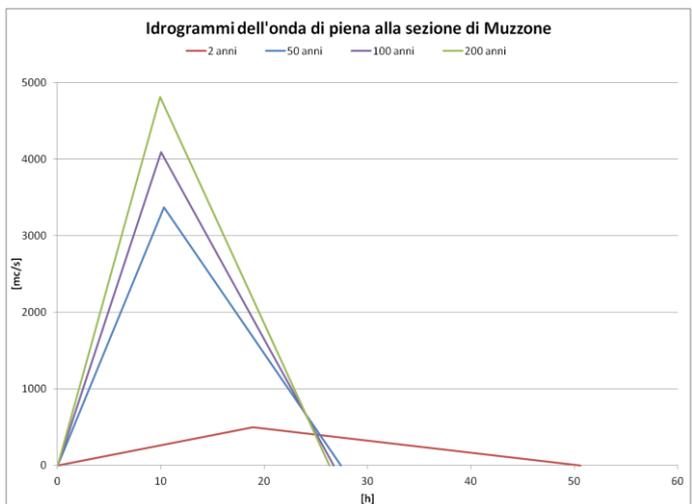
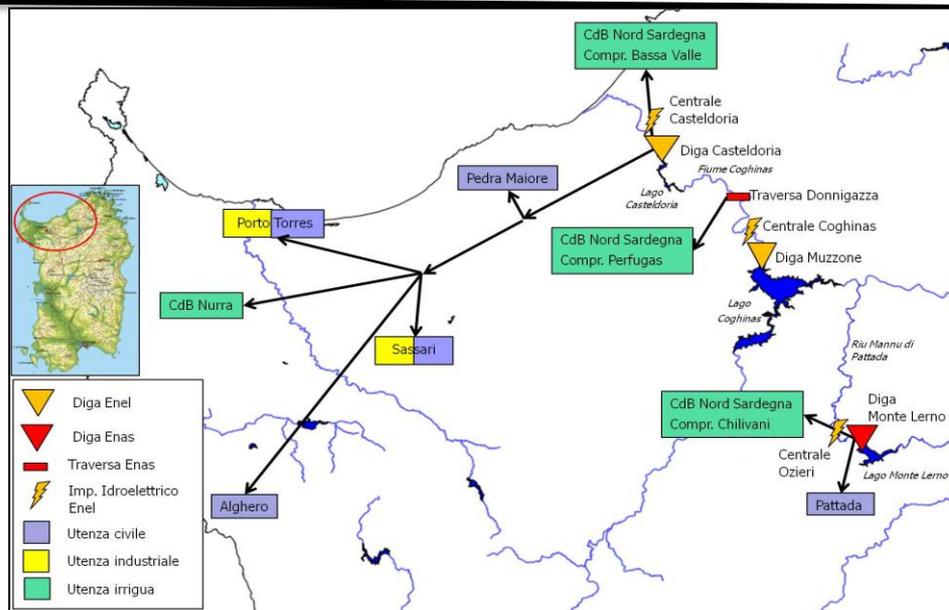
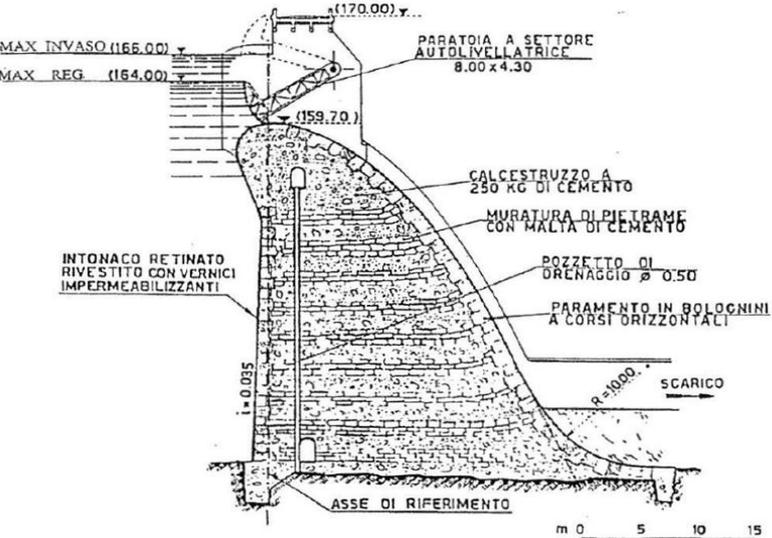
### Scenario 2

	INTERVENTI	IMPORTO
1	B. Adeguamento argine in terra in sponda SX (fino a Lu Lamaiu)	2'591'160
2	C. Nuovo argine in terra a protezione di SM Coghinas	1'808'664
3	D. Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas	330'000
4	F. Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba	95'400
5	G. Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	323'050
TOTALE LAVORI		5'148'274
TOTALE SPESE GENERALI (16%)		823'724
TOTALE LAVORI E SPESE		5'971'997
in cifra tonda		5'975'000
TOTALE oneri manutenzione (per anno)		165'776

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	12 607 437	4 889 401	12 756 263	5 375 035	12 832 105	5 718 055
C - COMMERCIALE	18 831	3 487 745	19 095	4 198 369	19 283	4 777 723
I - INDUSTRIALI	47 430	5 581 607	51 305	6 997 080	64 021	8 370 146
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2 175 939	-	2 234 691	-	2 275 356	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	52 896	-	54 177	-	55 494	-
N - STRADE COMUNALI	40 710	151 503	42 917	186 318	46 488	214 655
P - STRADE PROVINCIALI	79 991	544 272	84 695	697 972	90 615	824 336
R - RESIDENZIALE	63 883	15 125 937	71 633	18 672 803	78 279	21 658 433
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	197 923	3 001 685	202 244	3 500 930	204 874	3 904 487
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	640 518	-	657 807	-	672 209	-
Totale	15 925 557	32 782 150	16 174 828	39 628 507	16 338 725	45 467 834



# 7.1 Verifiche laminazione degli invasi



Scenario	Portata laminata [mc/s]							
	Sezione Muzzone				Sezione E			
	2 anni	50 anni	100 anni	200 anni	2 anni	50 anni	100 anni	200 anni
<b>PSFF</b>	278	1'920	2'403	2'870	433	2'952	3'745	4'460
<b>A1</b>	244	1'199	1'474	1'797	515	2'612	3'172	3'702
<b>A2</b>	164	1'135	1'391	1'748	385	2'451	3'033	3'532
<b>B1</b>	174	802	1'063	1'372	479	2'281	2'802	3'295
<b>B2</b>	0	748	990	1'312	271	2'093	2'636	3'125
<b>C</b>	0	542	1'124	1'266	271	1'905	2'525	3'012
<b>D1</b>	0	812	1'101	1'245	271	2'012	2'581	3'068
<b>D2</b>	0	1'158	1'287	1'435	277	2'424	2'950	3'390
<b>D3</b>	442	1'378	-	-	599	2'995	-	-

## 7.2 Ipotesi gestionali invaso di Muzzone ai fini della regolazione

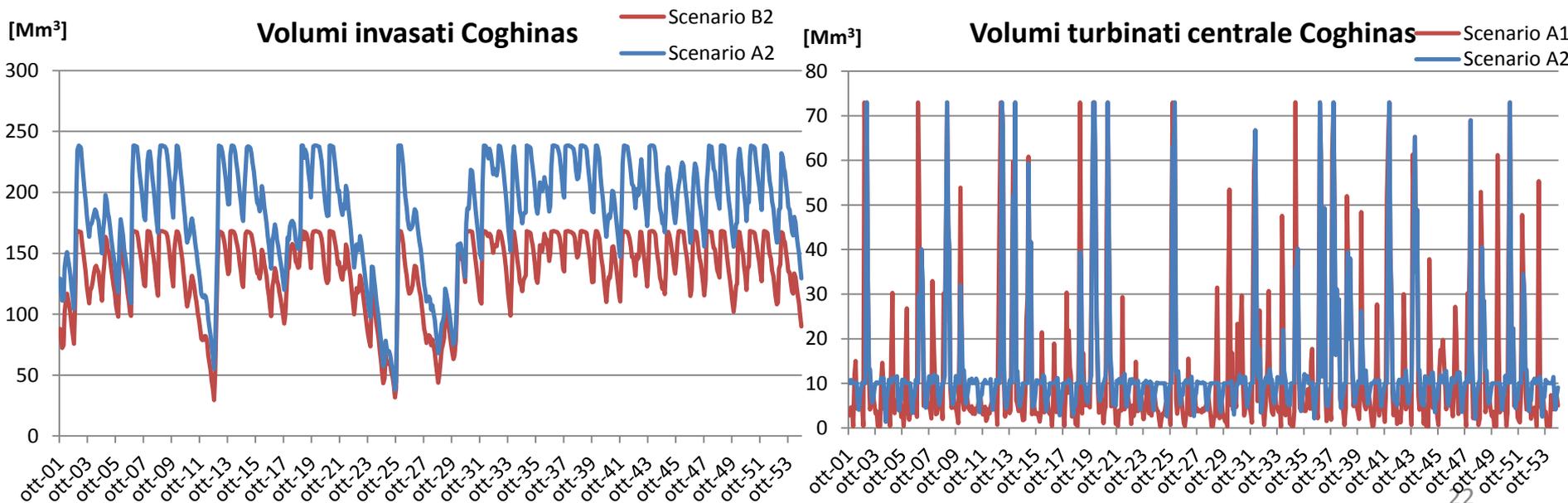
### Quattro scenari di simulazione analizzati con il DSS WARGI

**A1:** Capacità di regolazione attuale senza vincolo di massimizzazione della produzione idroelettrica

**B1:** Capacità ridotta senza vincolo di massimizzazione della produzione idroelettrica (apertura delle paratoie dello scarico di superficie)

**A2:** Capacità attuale con vincolo di massimizzazione della produzione idroelettrica (configurazione riportabile allo **scenario attuale**);

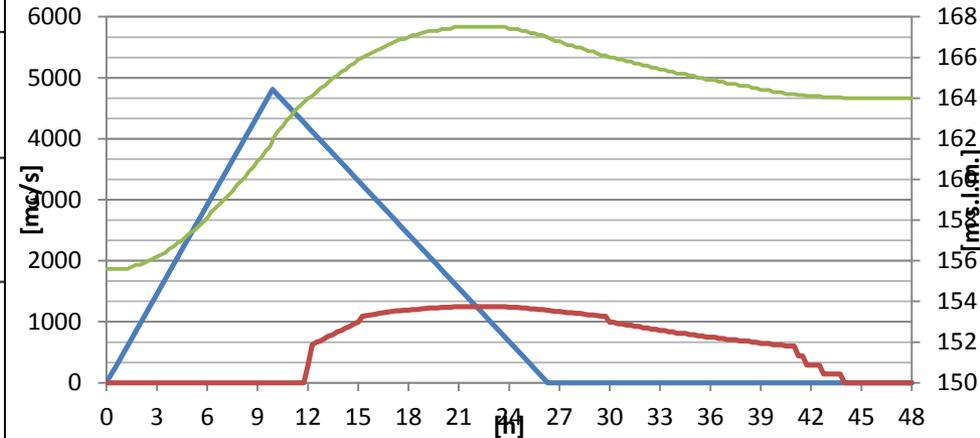
**B2:** Capacità con vincolo di massimizzazione della produzione idroelettrica e apertura costante delle paratoie dello scarico di superficie della diga di Muzzone.



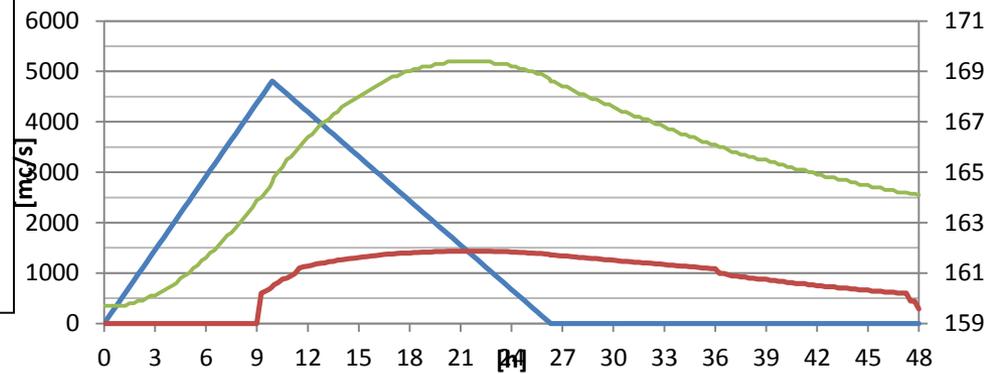
# 7.3 Ipotesi gestionali invaso di Muzzone ai fini della laminazione

Scenario		Paratoie scarico di superficie	Scarico di mezzofondo e alleggerimento	Quota iniziale d'invaso	Regola di apertura delle paratoie
A	1	Assenti	Aperti	159.7	-
	2		Chiusi		
B	1	Assenti	Aperti	155.6	-
	2		Chiusi		
C	1	Presenti	Chiusi	155.6	$H \leq 164$ m paratoie chiuse $164 < H < 166$ apertura pari alla metà della differenza tra livello di invaso e 159,7 m. $H > 166$ m apertura completa delle paratoie.
D	1	Presenti	Chiusi	155.6	$H \leq 164$ m paratoie chiuse
	2			159.7	$H = 164,05$ m apertura completa della 1° paratoia
	3			164.0	$H = 164,10$ m apertura completa della 2° paratoia $H = 164,15$ m apertura completa della 3° paratoia $H = 164,20$ m apertura completa della 4° paratoia

**Scenario D1 - 200 anni** — Portata in ingresso



**Scenario D2 - 200 anni** — Portata in ingresso



## 7.4 Ipotesi gestionali invaso di Muzzone: Portate alle sezioni di valle

Tabella 1. Portate laminata Sezione di Muzzone e Sezione F

Scenario	Portata laminata [mc/s]							
	Sezione Muzzone				Sezione F			
	2anni	50anni	100anni	200anni	2anni	50anni	100anni	200anni
<b>PSFF</b>	278	1'920	2'403	2'870	433	2'952	3'745	4'460
<b>A1</b>	244	1'199	1'474	1'797	515	2'612	3'172	3'702
<b>A2</b>	164	1'135	1'391	1'748	385	2'451	3'033	3'532
<b>B1</b>	174	802	1'063	1'372	479	2'281	2'802	3'295
<b>B2</b>	0	748	990	1'312	271	2'093	2'636	3'125
<b>C</b>	0	542	1'124	1'266	271	1'905	2'525	3'012
<b>D1</b>	0	812	1'101	1'245	271	2'012	2'581	3'068
<b>D2</b>	0	1'158	1'287	1'435	277	2'424	2'950	3'390
<b>D3</b>	442	1'378	-	-	599	2'995	-	-

?

# 8.1 Piani di evacuazione – Bacino pilota della bassa valle Coghinas sviluppato in collaborazione con HR-Wallingford

## *Modellazione idraulica*

AccData e Rapid Flood Spreading Model-  
Explicit Diffusion wave with Acceleration term  
**(RFSM\_EDA)**

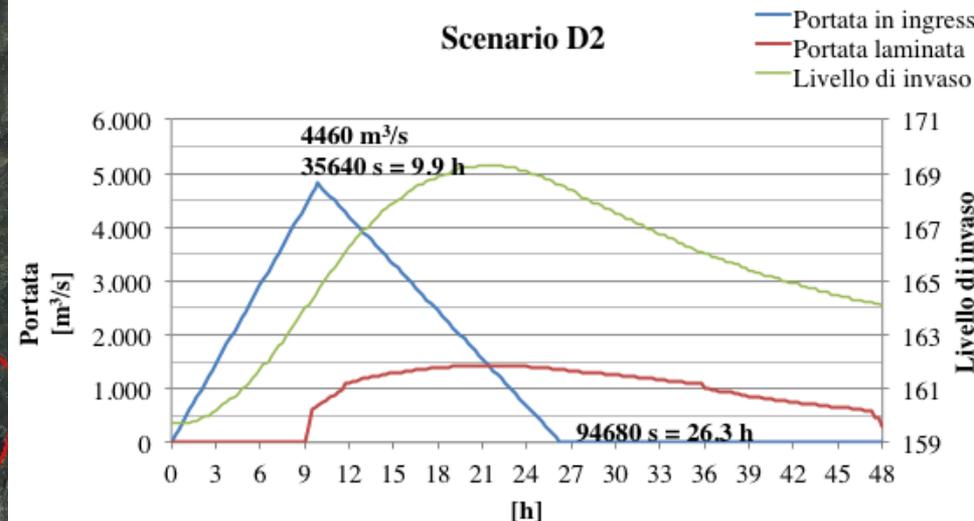
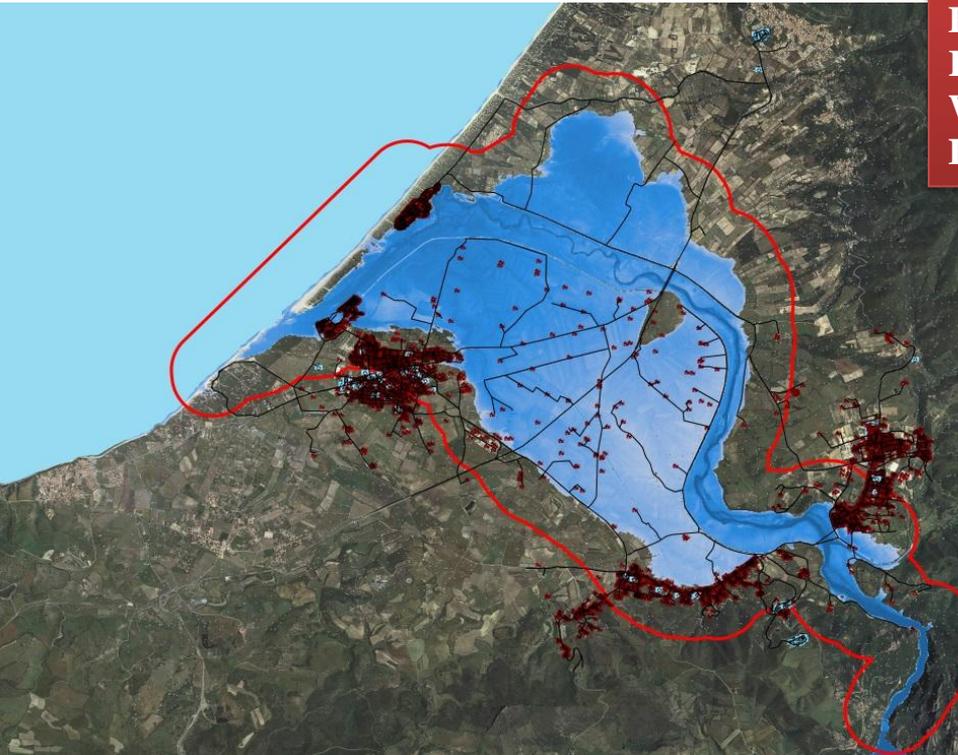


## *Piano di evacuazione*

Life Safety Model  
**(LSM)**

*LSM INPUT :*

**Modellazione Idraulica** (risultati di AccDATA e RFSM\_EDA)  
**Building:** localizzazione e le caratteristiche degli edifici  
**PARU:** Population at Risk Unit definisce le caratteristiche  
**PARG:** Gruppi e Veicoli con caratteristiche di ogni gruppo  
**Road:** Localizzazione e i collegamenti tra i tronchi stradali  
**Warning:** Tempi di avviso di allerta e i tempi di elaborazione  
**Event:** Tipologia e i tempi di attivazione di misure di intervento



# Buildings

## 3372 strutture

RESORT BAIJA DELLE MIMOSE  
(BADESI)(317+74)

CAMPING  
LA FOCE(408)

VALLEDORIA(1051)

