



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA

PRESIDENZA

AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

# Progetto di Piano di gestione del rischio di alluvioni

Scenari di intervento strategico  
Bassa Valle del Coghinas



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Documento elaborato nell'ambito dell'**Accordo di collaborazione** scientifica tra l'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna e il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari, finalizzato alla predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni sui principali corsi d'acqua del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE in data 23.10.2007 e dell'art. 7 del Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49.

**DIREZIONE GENERALE DELL'AGENZIA REGIONALE DEL  
DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA**

Direttore Generale: Roberto Silvano

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

Gruppo di lavoro: Simona Angioni, Alessandra Boy, Giuseppe Canè, Piercarlo Ciabatti, Giovanni Cocco (SardegnaIT), Andrea Lazzari, Giovanni Luise, Gianluigi Mancosu, Luisa Manigas, Gianluca Marras, Maria Cristina Muntoni, Maria Antonietta Murru Perra, Stefania Nascimben, Corrado Sechi, Riccardo Todde

**UNIVERSITA' DI CAGLIARI – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE, AMBIENTALE E ARCHITETTURA**

Responsabile Scientifico: Giovanni Maria Sechi

Gruppo di lavoro: Saverio Liberatore, Italo Frau, Alessandro Salis, Roberta Floris, Sara Frongia, Jacopo Napolitano, Riccardo Zucca.

Con il contributo, per le parti di competenza, della **Direzione  
Generale della Protezione Civile – Regione Sardegna**

Direttore Generale: Graziano Nudda

Direttore del Servizio pianificazione e gestione delle emergenze:  
Maria Antonietta Raimondo

Direttore del Servizio di previsione e prevenzione rischi: Paolo Botti

Gruppo di lavoro: Michele Chessa



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## Sommario

Premessa.....	1
1. Attività di pianificazione già svolta in merito alla definizione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvioni .....	3
2. Integrazione della pianificazione già svolta, aggiornamento del censimento delle opere di difesa idraulica e delle opere interferenti esistenti. ....	4
3. Studio e valutazione delle azioni strutturali per la riduzione della pericolosità e del rischio	5
4. Valutazione degli interventi e definizione dell'ordine di priorità di realizzazione .....	6
5. Bacino pilota della basse valle del fiume Coghinas: Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF .....	7
6. Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale.....	14
6.1. Dimensionamento idraulico delle arginature attuali.....	17
6.2. Volume di piena e aree esondate .....	20
7. Uso del suolo per i territori interessati da pericolosità idraulica e categorie di danno degli elementi esposti .....	21
7.1. Database degli elementi esposti.....	21
8. Criteri metodologici per la valutazione economica del danno da eventi di piena.....	28
8.1. Proposta metodologica ISPRA per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio	28
8.2. Determinazione del Rischio Specifico e del Rischio Totale.....	38
8.3. Proposta metodologica di HKV Consultants, richiesto dal Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2007. ....	39
8.3.1. Uso Residenziale .....	41
8.3.2. Uso Commerciale .....	43



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

8.3.3.	Usò Industriale.....	44
8.3.4.	Strade e Infrastrutture.....	45
8.3.5.	Usò Agricolo .....	47
8.4.	Elaborazione della proposta metodologica per la valutazione del danno da alluvione .....	48
8.5.	Validazione della Metodologia di Stima del Danno di Alluvione .....	52
8.5.1.	Categoria d'uso del suolo Residenziale. ....	54
8.5.2.	Categoria d'uso del suolo Commerciale.....	63
8.5.2.1.	Analisi sulla base dell'Area del Lotto Catastale sul territorio di Capoterra.....	63
8.5.3.	Categoria d'uso del suolo Agricola.....	69
8.5.3.1.	Analisi sulla base delle informazioni dichiarate nelle richieste d'indennizzo.....	69
8.5.3.2.	Analisi sulla base dell'Area Catastale dei mappali localizzati.....	71
8.5.4.	Sintesi dei Risultati della validazione .....	77
9.	Analisi territoriale per l'individuazione delle categorie d'uso del suolo e definizione del DBEE – Data Base degli Elementi Esposti al danno di piena .....	80
9.1.	Tipologie di cespiti territoriali contenute nella carta degli elementi esposti della Regione	81
9.1.1.	Aree a destinazione insediativa o produttiva .....	81
9.1.2.	Reti di trasporto: .....	83
9.1.3.	Aree con beni culturali, storici e ambientali suscettibili di danni non tangibili.....	84
10.	Procedura operativa per il calcolo del danno di piena nel Bacino Pilota della Bassa valle del Coghinas .....	86
11.	Interventi di mitigazione del danno .....	91
11.1.	Metodologia di individuazione degli interventi.....	91
11.2.	Inquadramento dello stato di fatto delle opere di salvaguardia idraulica nel bacino della bassa valle del Coghinas.....	93



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

11.3.	Definizione tipologica delle opere di sistemazione idraulica.....	99
11.4.	Descrizione degli interventi ipotizzati a salvaguardia delle aree esondate .....	100
11.4.1.	Intervento A. Nuovo argine in terra in sponda DX a protezione di Viddalba .....	100
11.4.2.	Intervento B. Adeguamento protezione in sponda SX (fino a Lu Lamaiu) .....	101
11.4.3.	Intervento C. Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas .....	103
11.4.4.	Intervento D. Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas 103	
11.4.5.	Intervento E. Adeguamento argine in terra in sponda SX (1° e 2° tronco) .....	103
11.4.6.	Intervento F. Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba.....	104
11.4.7.	Intervento G. Demolizione del ponte al km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria).....	105
11.4.8.	Intervento O. Demolizione del ponte sul rio Badu Crabile lungo la SP35 e variante stradale .....	106
11.4.9.	Intervento P. Interventi di messa in sicurezza del ponte sul f. Coghinas lungo la SP146 per Viddalba .....	106
11.5.	Stima del costo di realizzazione degli interventi.....	107
12.	Scenari strategici di riferimento .....	110
12.1.	Criteri di individuazione .....	110
12.2.	Scenario 0 (stato attuale) .....	110
12.3.	Scenario 1 .....	112
12.4.	Scenario 2.....	114
12.5.	Scenario 3.....	116
	Scenario 4.....	117
13.	Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento.....	120



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

13.1. Premesse.....	120
13.2. Interazioni tra PGRA e piani di emergenza.....	124
13.3. Obiettivi e definizione degli scenari strategici .....	128
13.4. Analisi economica degli scenari d'intervento ipotizzati.....	132
13.4.1. Scenario 0 – Situazione attuale.....	134
13.4.2. Scenario 1 – Opere di protezione Viddalba .....	135
13.4.3. Scenario 2 – Opere di protezione di Santa Maria Coghinas .....	136
13.4.4. Scenario 3 – Opere di protezione di Viddalba e Santa Maria Coghinas.....	138
13.4.5. Scenario 4 – Opere di protezione della bassa valle.....	139

## Premessa

Tra le misure non strutturali, il PGRA prevede la predisposizione di studi finalizzati alla definizione di scenari strategici di riferimento e coordinamento territoriale per la programmazione e realizzazione delle opere di mitigazione del rischio idrogeologico.

Nell'ambito dell'*Accordo istituzionale di collaborazione scientifica*, l'Università di Cagliari ha predisposto degli studi specifici per ogni sottobacino in cui è suddiviso il bacino della Sardegna, ciascuno dei quali riporta la descrizione delle principali caratteristiche e delle criticità idrogeologiche dello specifico sottobacino e conseguentemente individua possibili scenari di intervento per la riduzione del rischio.

Gli scenari ipotizzati sono supportati da una valutazione di costi e benefici derivanti dalla realizzazione delle opere, i quali tengono conto della presenza di diversi elementi potenzialmente a rischio.

Per ogni sottobacino vengono quindi individuati:

- 1) gli interventi strutturali che consentano la protezione diretta dei beni esposti alla pericolosità e al rischio di alluvioni;
- 2) le regole che devono garantire la corretta gestione dei corsi d'acqua, nella situazione attuale ed a seguito della realizzazione di specifici interventi strutturali;
- 3) ipotesi di azioni di prevenzione da eseguire attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Le attività previste dall'Accordo rappresentano la fase successiva (3° fase) all'attività di pianificazione già svolta dall'Agenzia di Distretto Idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, che ha portato alla definizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni contenute nel Piano di Assetto idrogeologico (PAI) e nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF).

Si specifica che in questa terza fase di definizione degli scenari strategici di intervento, gli elementi conoscitivi e modellistici contenuti in PAI e PSFF si intendono acquisiti come definitivi per le valutazioni di caratterizzazione idrologica e per la definizione dei vincoli sul



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

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

territorio derivanti dall'assetto di pericolosità allo stato attuale e non sono oggetto di ulteriori indagini.

Al fine di definire la metodologia di analisi si è proceduto prioritariamente, nella presente fase di progetto di Piano, all'analisi del bacino idrografico pilota della bassa valle del fiume Coghinas ricadente nel Sub-Bacino 3 mentre i successivi bacini verranno studiati nelle successive fasi di redazione del PGRA.





REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 1. Attività di pianificazione già svolta in merito alla definizione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvioni

La pianificazione effettuata dall'Autorità di Bacino, che costituisce la base per la redazione del Piano di gestione del rischio di Alluvioni, consiste essenzialmente in:

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) relativo a tutto il territorio regionale approvato con Decreto Presidente della Regione n. 67 del 10.07.2006 e successive varianti approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino;

Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato "Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Regione Sardegna (PSFF)";

Studio dei fenomeni di inondazione costiera in corso di redazione da parte dell'Agenzia in collaborazione con l'Università di Cagliari e l'Assessorato Difesa Ambiente della RAS;

Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/16 del 4 aprile 2006;

Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna, di cui alla Direttiva 2000/60/CE, che è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale con delibera n. 1 del 25.02.2010 e con delibera n. 1 del 3.6.2010, e che è finalizzato al risanamento ed al miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei al fine di agevolare un utilizzo sostenibile delle risorse idriche.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 2. Integrazione della pianificazione già svolta, aggiornamento del censimento delle opere di difesa idraulica e delle opere interferenti esistenti.

E' previsto che, ai fini dell'aggiornamento dovranno essere acquisiti i progetti delle opere idrauliche realizzate successivamente alla pianificazione già svolta, e gli eventuali progetti di interventi non ancora realizzati, ma comunque già programmati, per poter definire nel modo più aderente gli scenari di intervento ipotizzabili per le opere di difesa idraulica.

Ai fini operativi, come sarà meglio precisato nel seguito, si prevede di realizzare una prima fase di modellazione idraulica replicando il funzionamento del modello HEC-RAS di simulazione del deflusso in condizioni di piena già utilizzato in PSFF e considerando la base dati disponibile in tale studio. La modellazione idraulica dovrà essere in grado di definire i battenti idrici nelle aree soggette ad alluvione per ottenere un adeguata valutazione del danno atteso sia nello stato attuale che a seguito della realizzazione degli scenari di intervento.

In una seconda fase di studio ulteriori elementi che potranno essere introdotti saranno finalizzati a tenere in considerazione l'effetto della laminazione realizzata dai bacini artificiali esistenti, nel caso in cui si ipotizzino differenti regole gestionali o interventi sugli organi di scarico. In particolare saranno prese in esame le eventuali modifiche al volume di laminazione delle piene vincolato negli invasi. Una nuova determinazione delle portate di piena laminate a valle potrà essere oggetto di specifica modellazione che, comunque, in linea di massima opererà considerando il medesimo criterio di riduzione della portata al colmo, già utilizzato in PSFF, basato sul rapporto tra volume di piena e volume di laminazione (formula di Marone). Necessariamente, in questa procedura di ridefinizione del volume di laminazione si dovrà anche prendere in esame la verifica che gli invasi mantengano adeguata affidabilità nei confronti del soddisfacimento delle utenze connesse, a seguito dell'aggiornamento della capacità utile di regolazione. Questa procedura dovrà necessariamente utilizzare un modello di simulazione complessiva del sistema di approvvigionamento multisettoriale e, a tal fine, sarà utilizzato il modello WARGI predisposto dal CINSA - DICAAR.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 3. Studio e valutazione delle azioni strutturali per la riduzione della pericolosità e del rischio

Nei tronchi idrici esaminati saranno individuati gli scenari strategici contenenti gli interventi di sistemazione idraulica che si rendono necessari realizzare ex novo, ovvero gli interventi necessari per adeguare e integrare le opere di difesa esistenti, di modo da riportare nel territorio limitrofo al corso d'acqua le condizioni di pericolosità a livello compatibile con il corretto sviluppo del territorio.

Un elenco (non esaustivo) delle categorie di opere alle quali fare riferimento per i corsi d'acqua può essere definito nei seguenti punti:

- manutenzione ordinaria e straordinaria degli alvei e delle opere idrauliche di difesa esistenti, con lo scopo di massimizzare la funzionalità del sistema di sistemazione e protezione idraulica esistente;
- incremento degli effetti di laminazione degli invasi artificiali esistenti con funzioni di uso plurimo, compatibilmente con le altre finalità legate all'uso della risorsa idrica, qualora successivamente alla verifica della loro gestione siano ipotizzabili modifiche delle regole operative di gestione degli invasi, anche ai sensi dell'art. 7 comma 5 del D.Lgs. n. 49/2010;
- ulteriori interventi di laminazione delle onde di piena con espansione controllata in territori a tal fine vincolati;
- interventi di diversione dei deflussi di piena;
- interventi di sistemazione idraulica di tipo passivo, consistenti principalmente in arginature, opere di difesa longitudinali o trasversali in alveo;
- opere di inalveamento e risagomatura degli alvei;
- adeguamento delle opere viarie ed infrastrutturali esistenti, interferenti con il corso d'acqua.

E' previsto che nello studio gli interventi siano esaminati a livello di scenario strategico di riferimento, per ognuno dei tronchi critici analizzati. In definitiva, si ritiene opportuno considerare differenti Scenari di intervento che siano funzionalmente efficienti e possibilmente inseriti in un contesto di eventuale realizzazione anche per step funzionali successivi, ma che comunque mantengano, esaminati singolarmente, adeguata efficienza tecnica nel mitigare la pericolosità da eventi di piena.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#### 4. Valutazione degli interventi e definizione dell'ordine di priorità di realizzazione

Una volta definiti gli scenari strategici, sarà effettuata una analisi dei relativi costi e riduzione dei danni di piena conseguenti. A tal fine sarà predisposto un **programma di attuazione degli scenari di intervento**, organizzato per lotti funzionali, nel quale dovranno essere fornite giustificazioni tecnico-economiche della convenienza del singolo scenario di intervento, relativamente sia al singolo corso d'acqua che, in una fase finale di sintesi, all'insieme dei corsi d'acqua e dei tratti costieri analizzati in ambito regionale.

Una impostazione di tale tipo è coerente con quanto contenuto nel punto 3 dell'articolo 7 della Direttiva Europea 2007/60 e ripreso nell'Allegato 1 del DL n. 49/2010 che prevede per i bacini idrografici interessati dal rischio idraulico sia impostata un metodologia sostanzialmente basata sull'analisi costi-benefici per valutare le misure di mitigazione previste nel piano. Le priorità d'intervento dovranno, pertanto, essere stabilite in funzione della Analisi Costi-Benefici che prenda in considerazione sia i costi associati all'intervento ed i benefici derivanti dalla realizzazione dello stesso intervento, quantificabili in termini di riduzione del danno atteso, sia in funzione del soddisfacimento vincoli o esigenze irrinunciabili e non tangibili, ovvero a vincoli tecnologici imposti, ad esempio, da esigenze irrinunciabili nella sequenza realizzativa del sistema difensivo in cui vengono inseriti.

## 5. Bacino pilota della basse valle del fiume Coghinas: Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF

E' già stato detto in premessa che, ai fini operativi, si è concordato di realizzare una **prima fase di modellazione** replicando nel presente studio il funzionamento del modello HER-RAS di simulazione idraulica utilizzato in PSFF, considerando pertanto la base dati disponibile in tale studio.

Per il Bacino della Bassa valle Coghinas, utilizzato come Bacino pilota, nel PSFF viene individuata la causa degli allagamenti sia della generale inadeguatezza delle arginature fluviali presenti in destra e sinistra idraulica lungo il tronco fluviale, sia per l'insufficienza degli attraversamenti del corso d'acqua da parte delle infrastrutture stradali attualmente esistenti, parte delle quali già da tempo dismesse ma mai demolite, sostituite da opere d'arte più recentemente realizzate.

Giova qui richiamare brevemente la metodologia di analisi utilizzata nello studio del PSFF che ha determinato la perimetrazione delle aree esondabili per la bassa valle del fiume Coghinas. Lo studio idraulico ha analizzato il comportamento idraulico del tronco fluviale constatando come le arginature e le opere di attraversamento presenti lungo l'alveo siano in grado di contenere solamente le portate più frequenti (in particolare quelle con tempo di ritorno di 2 anni, il tempo di ritorno più piccolo tra quelli considerati nelle analisi PSFF). Per riscontrare questo risultato, nel modello idraulico realizzato con HecRAS è stata utilizzata l'opzione *levee* (argine) sui rilevati arginali, la quale consente di modellare la presenza di un'opera di contenimento della corrente idrica.

In generale, come effetto di tale opzione (cui è sempre associata una quota topografica) si ha che:

se la corrente idrica non supera la quota indicata, la sezione idraulica considerata nella simulazione sarà quella delimitata dall'arginatura e dalle sponde naturali,

nel caso in cui le quote idriche calcolate fossero maggiori della quota di levee, il calcolo idraulico considera come sezione attiva quella delle sole sponde naturali, ignorando la presenza dell'azione di contenimento dell'arginatura anche se morfologicamente presente. Questa condizione esprime come risultato l'esondazione della sponda sovrastata dalla corrente idrica.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Relativamente alla prima ipotesi sopra indicata (situazioni di non superamento delle quote arginali) il modello idraulico del PSFF è stato denominato “ad argini non sormontabili”. Esso è ottenuto considerando l’opzione *levee* nel senso sopra esposto, specificando come quota topografica non quella propria dell’arginatura fisicamente esistente ma una quota fittizia, molto più elevata, in grado di poter contenere il profilo di corrente corrispondente all’evento simulato e di poter determinare, in una prospettiva di progetto, quale sia la ipotetica quota arginale di contenimento della corrente stessa.

Relativamente alla seconda ipotesi come sopra indicata (superamento delle quote arginali), il modello del PSFF è stato denominato “ad argini sormontabili”, ottenuto senza considerare l’opzione *levee* anzidetta e quindi ipotizzando l’assenza della funzione di ritenuta delle arginature in terra esistenti. Questa configurazione modellistica è stata utilizzata per delimitare le aree esondabili.

Nel bacino pilota, i risultati riportati nel PSFF, mostrano particolare criticità nei centri abitati di Viddalba, Santa Maria Coghinas e Valledoria quest’ultimo relativamente alle aree rurali mentre i primi sono interessati da allagamenti anche nelle zone residenziali e nella viabilità di collegamento oltre che in quelle rurali.

Inoltre è stata riscontrata la criticità in corrispondenza di insediamenti turistici “Baia delle Mimose” fondati in aree dunali costiere soggette a progressiva azione erosiva. In corrispondenza della zona fociva in sponda sinistra, si ha anche il parziale interessamento delle aree di un camping.

Nella seguente Figura 5.1 si riportano alcuni dettagli su tali zone.

In particolare, le perimetrazioni delle aree allagabili mostrano come il centro abitato di Viddalba sia interessato da una criticità derivante dalle quote idriche raggiunte dal F. Coghinas in corrispondenza della confluenza in destra del rio Badu Crabili la cui incisione determina l’intrusione della piena nell’alveo verso monte e in un’area di cintura dell’abitato, oltre alla apparente sommersione del raccordo stradale esistente in corrispondenza della viabilità di collegamento verso Santa Maria Coghinas.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

In sponda sinistra, l'allagamento interessa le aree estese di territorio fino ad interessare gli edifici dell'abitato di Santa Maria Coghinas, la strada principale interna fino a circa la zona centrale.

Oltre l'abitato di Santa Maria Coghinas e verso il tratto finale, superata l'ampia curva verso destra, le acque di piena provvedono ad invadere il fondovalle per tutta la larghezza disponibile, con una larghezza di allagamento di circa 3.5 km in corrispondenza della zona del rilievo denominato "Monte di Campu".

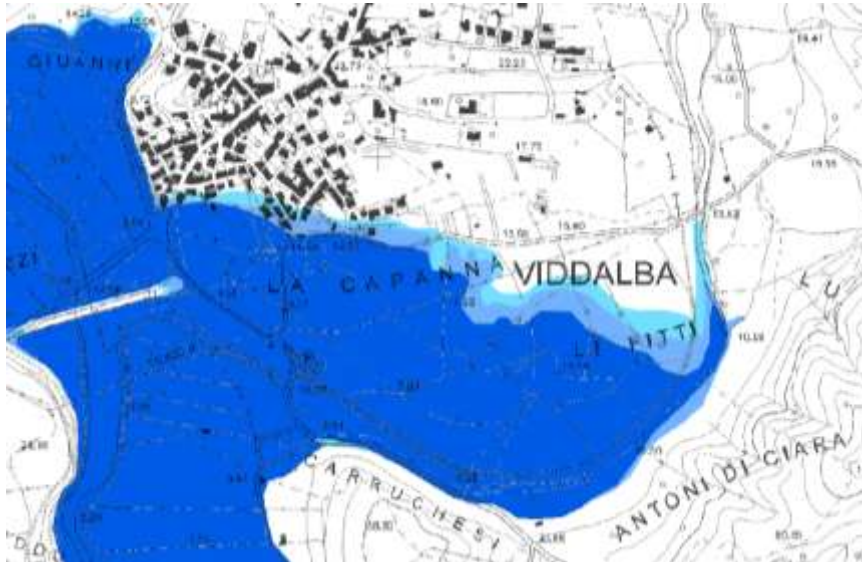
Similmente che in sponda sinistra, in destra idraulica le arginature sono tracimate dalla portata cinquantenaria fin dai primi tratti presidiati dalle arginature in zona Padula, a monte del Ponte Coghinas sulla SP 90 e interessando tutta l'area morfologicamente disponibile.

Infine, nel tratto più vallivo, ove il Fiume percorre un tratto parallelo alla zona dunale, è stato evidenziato l'allagamento del complesso Baia delle Mimose in località Li Frati in sponda destra e la chiavica posta in corrispondenza dell'idrovora in prossimità del camping "La Foce".



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA





---

Figura 5.1 - Criticità individuate dal PSFF per Viddalba, Santa Maria Coghinas e Valledoria

Con riferimento alla piena bicentenaria, il PSFF ha individuato le infrastrutture di maggiore interesse per la rete stradale che insistono lungo il tronco della bassa valle del f. Coghinas e che sono affette da grave criticità:

- **Ponte pedonale presso lo stabilimento termale di Casteldoria:** esso risulta quasi totalmente sommerso ed impraticabile essendo la quota massima all'estradosso della trave principale pari a 16.8 m slm a fronte di una quota idrica di 16.3, senza variazioni rispetto alle condizioni di tracimabilità delle arginature;
- **Nuovo ponte lungo la SP 146 presso Viddalba:** l'intera struttura non appare essere sommersa nell'estradosso dell'impalcato, avendo calcolato una quota idrica m 12.7 (12.6 per argini tracimabili) con piano viabile a m 13.5 slm; tuttavia appaiono sommerse le rampe di accesso alle campate stesse per cui esso è impraticabile;
- **ponte dismesso ex SP 146 presso Viddalba:** struttura interamente sommersa (battente idrico di +3.5 m sopra il piano viabile) e impraticabile;
- **ponte sul F. Coghinas presso Monte di Campu,** parallelo alla SP90: In condizioni di argini non tracimabili, benché in condizioni di piena vi sia ancora un ridotto franco libero di 40 cm (quota idrica 7.80 m slm e una quota di intradosso della travata principale pari a 8.20 slm) la struttura è in condizioni di pericolosità ai sensi dell'art. 21 del PAI (Indirizzi per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture); nella situazione "ad argini sormontabili" invece l'altezza della luce libera è pari a  $(8.2-4.7=)$  3.5 m;
- **ponte sul rio Badu Crabile** lungo la SP 35 in direzione Bordigiadas in prossimità del depuratore di Viddalba: con la quota della carreggiata a 10.70 m slm rispetto alla quota idrica di rigurgito di 12.7 m (12.6 con argini tracimabili), il ponte è sommerso e impraticabile.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

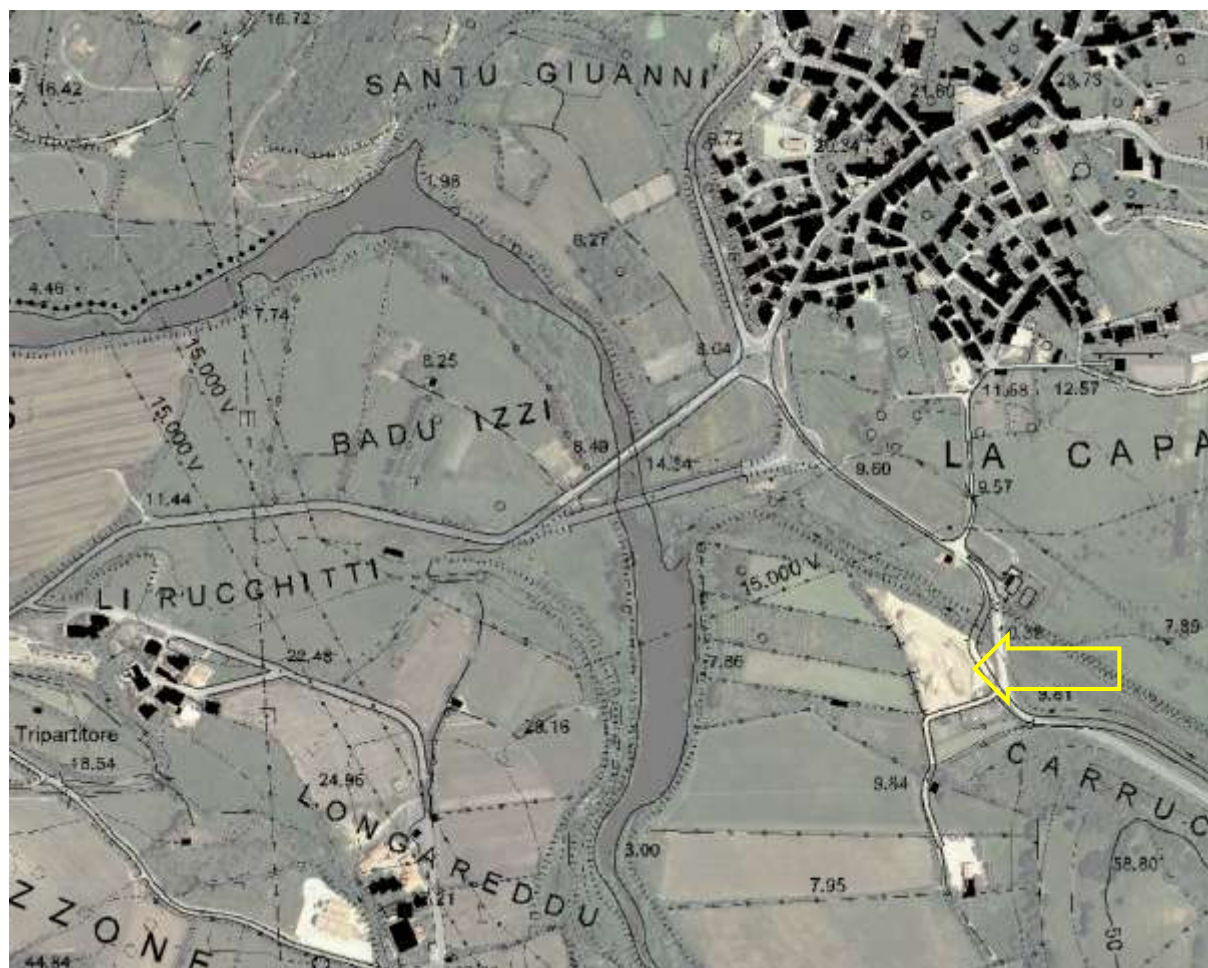


Figura 5.2 - Collegamenti stradali dell'abitato di Viddalba. La freccia indica la posizione del ponte sul rio Badu Crabile

Oltre alle strutture stradali, altre opere di trasporto appaiono essere interessate dalle aree allagabili, con in particolare per il settore idrico, con opere lungo linea o con tubazioni fondate in aree soggette all'azione della corrente fluviale. Dall'osservazione della cartografia disponibile, che presenta una ubicazione indicativa dei tracciati effettivi, si riscontra quanto di seguito descritto:

Adduzione irrigua del Consorzio di Bonifica della Bassa valle: attraversamento aereo su ponte tubo a struttura metallica) e circa 600 metri di condotta ipogea risultano in area allagabile;



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Adduzione multisetoriale denominata “Coghinas 1”: un tratto di condotta metallica del DN1375, della lunghezza di 1500 m circa, in arrivo dalla vasca di carico e dal serbatoio di Casteldoria, ricade in aree sottoposte all'azione della corrente di piena.

Infine, riguardo alle linee elettriche aree, si osserva che alcuni piloni delle linee a 15kV sono fondati in zone di scorrimento o in prossimità dell'alveo attivo.

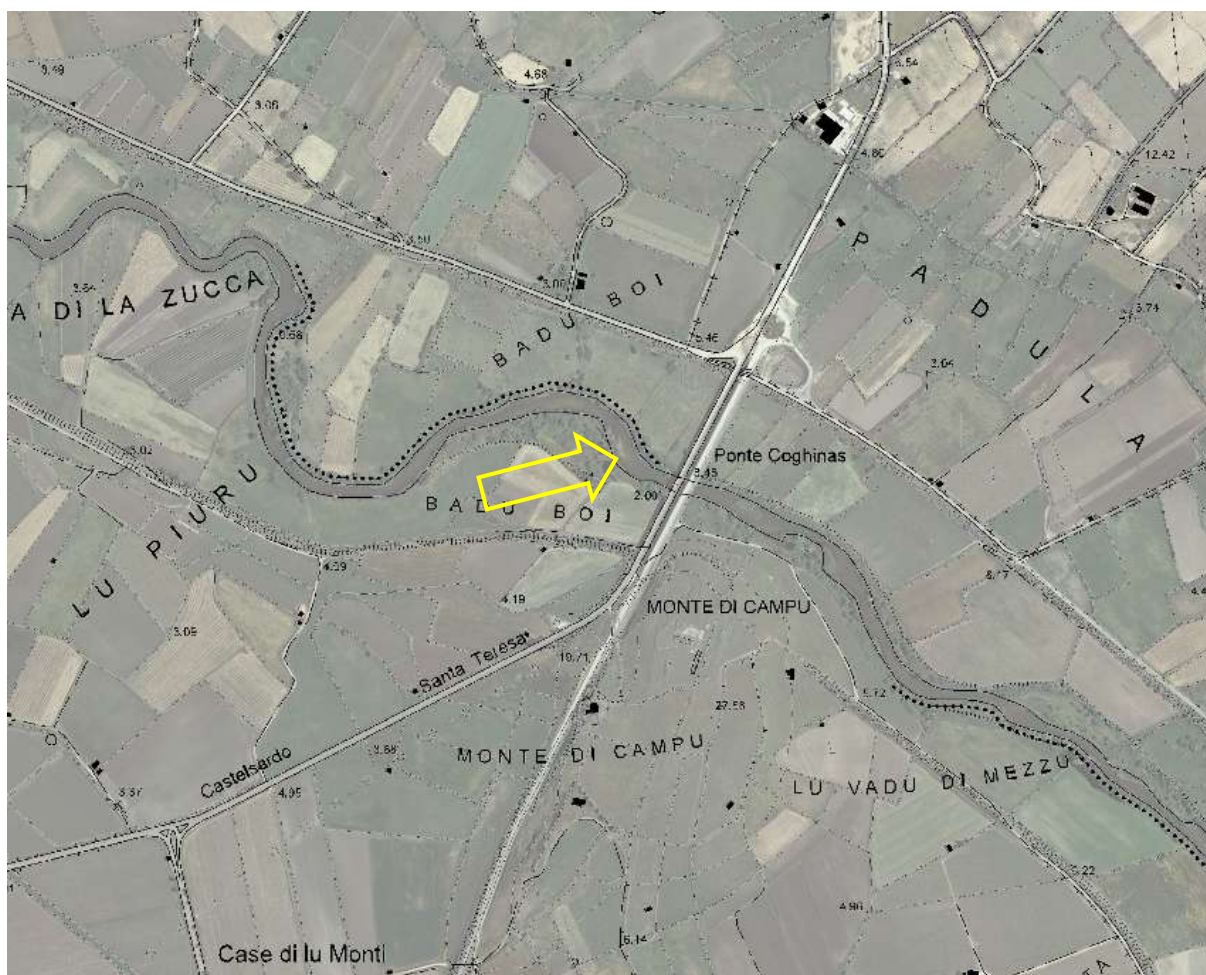


Figura 5.3 - Viabilità della SP90 in corrispondenza del f. Coghinas: la freccia indica il ponte



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 6. Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale

Le giustificazioni che hanno indotto a eseguire l'aggiornamento della modellazione idraulica nello stato attuale, rispetto a quella sviluppata dal PSFF, si fondano in parte sulle considerazioni svolte nel paragrafo precedente riguardo alla disponibilità di ulteriori informazioni sul territorio, ma anche sullo sviluppo metodologico dell'analisi costi-benefici che sarà sviluppata nello studio per dare giustificazione degli interventi previsti. Sulla base di quanto evidenziato nei paragrafi precedenti, il presente studio si propone, infatti, di valutare il danno di piena prendendo in considerazione le effettive quote idriche di allagamento riscontrabili ai diversi tempi di ritorno degli eventi attesi. Si ricorda che il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha prodotto esclusivamente le perimetrazioni delle pericolosità idrauliche ai diversi tempi di ritorno. Essenziale, ai fini dell'aggiornamento, è inoltre la disponibilità dei dati LIDAR con risoluzione spaziale a maglia di 1 m di lato, per la fascia costiera del bacino e per il territorio percorso dal corso d'acqua, rendendo quindi possibile un dettaglio topografico assai utile nel delineare sia la geometria del modello che le aree allagabili e i relativi battenti idrici.

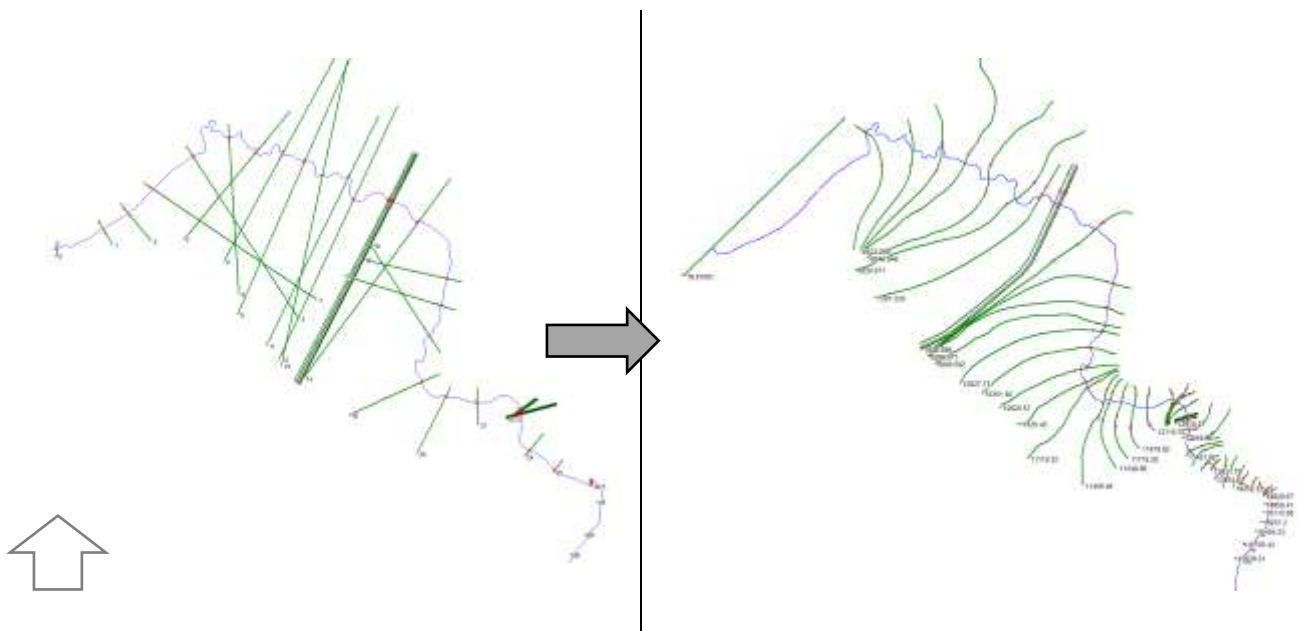
Il modello unidimensionale del corso d'acqua ha considerato il medesimo tronco fluviale analizzato dal PSFF. Nel modello idraulico predisposto in questo studio si è optato per conservare sia l'attribuzione dei coefficienti di scabrezza, come considerati nel PSFF, sia le condizioni al contorno, le quali sono state mantenute a monte (portate in ingresso alla sezione di monte in corrispondenza dello sbarramento di Casteldoria) come a valle (livello idrico sulla spiaggia pari a +1.80 sul medio mare). Anche la geometria delle strutture trasversali di attraversamento in quanto dichiaratamente originata da un rilievo locale, è stata conservata.

L'analisi idraulica è stata eseguita per eventi con i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

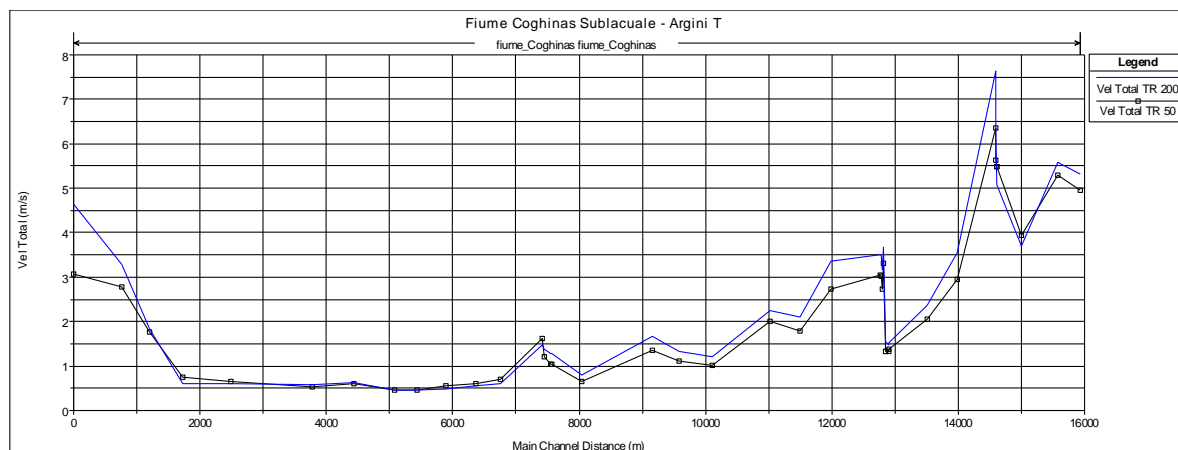
Riguardo alla presenza delle arginature, il modello aggiornato ha considerato la efficacia degli stessi nel contenimento della corrente di piena purché la quota del pelo libero non superi quella corrispondente al franco di 50 cm rispetto al colmo arginale. Nel caso di quote idriche maggiori della soglia indicata, l'argine viene considerato sovrastato (opzione levee non applicata).

Rispetto al modello idraulico del PSFF (con arginature sormontabili) il risultato delle simulazioni ha confermato l'estensione delle aree allagabili: differenze non significative per le finalità del PGRA, si presentano localmente dovute all'aggiornamento della base topografica utilizzata nella costruzione della geometria delle sezioni trasversali.

E' confermato che nell'allagamento è coinvolto l'intero fondovalle, soprattutto nel tronco a valle dell'abitato di S. Maria Coghinas, data l'insufficienza delle arginature rispetto alle portate in esame. In particolare il nuovo modello ha evidenziato come critica la progressiva sez. 11119 presso l'abitato di S. Maria Coghinas nella quale, in corrispondenza dell'evento cinquantennale, è superata la soglia critica e l'arginatura è considerata inefficace. La causa maggiore appare essere riconducibile sia all'effetto delle portate in gioco sia alla conformazione planimetrica delle arginature attuali le quali determinano un progressivo restringimento delle sezioni di deflusso a fronte dell'ampiezza evidente della bassa valle.



**Figura 6.1 – Sezioni trasversali utilizzate nel modello idraulico del tronco della bassa valle del fiume Coghinas: a sinistra il modello del PSFF a destra il nuovo modello**



**Figura 6.2 - Profilo di velocità media sull'intera sezione (modello PSFF): si osservi il valore di velocità elevatissima in corrispondenza dell'origine (sezione di foce).**

Lo studio idraulico ha consentito di attribuire ai circa 16 kmq di aree allagate un battente idrico con risoluzione spaziale di 1 m con la disponibilità delle velocità all'interno di 40 porzioni di perimetro bagnato per ciascuna sezione trasversale.

In corrispondenza delle opere di attraversamento, con riferimento alla piena bicentenaria, sono state rideterminate le quote idriche, ritrovando, in liea di massima il quadro di criticità già delineato nel PSFF:

- Nuovo ponte lungo la SP 146 presso Viddalba: pur non essendo la struttura dell'impalcato interamente sommersa la quota idrica lambisce l'intradosso dell'impalcato a m 10.74 con conseguente assenza di franco libero;
- ponte dismesso ex SP 146 presso Viddalba: struttura interamente sommersa;
- ponte sul F. Coghinas presso Monte di Campu, parallelo alla SP90 : benché in condizioni di piena vi sia ancora un ridotto franco libero di 40 cm (quota idrica 7.80 m slm e una quota di intradosso della travata principale pari a 8.20 slm) la struttura è in condizioni di pericolosità ai sensi dell'art. 21 del PAI (Indirizzi per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture);
- ponte sul rio Badu Crabile lungo la SP 35 in direzione Bordigiadas in prossimità del depuratore di Viddalba: con la quota della carreggiata a 10.70 m slm rispetto alla quota idrica di rigurgito di 11.50 m, il ponte è sommerso e impraticabile.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 6.1. Dimensionamento idraulico delle arginature attuali

L'ipotesi del collasso arginale è stata valutata con riferimento all'azione esercitata dalle acque sulla base dei soli dati geometrici disponibili, mancando allo stato attuale una caratterizzazione geotecnica che documenti le condizioni interne delle arginature, utili alla valutazione il coefficiente di sicurezza dell'ammasso terroso.

A tale proposito si precisa che gli argini del Coghinas sono da considerarsi come non tracimabili in quanto non sono dotati di soglie impermeabili che consentano il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso.

Il collasso del corpo arginale è nel seguito ipotizzato come dovuto al sormonto dello stesso e dunque trascurando l'incidenza dei possibili fenomeni di sifonamento.

La geometria del modello idraulico, aggiornato con l'utilizzo dei dati Lidar, ha permesso di stabilire in maniera sistematica l'andamento altimetrico del suolo e degli argini con una densità di circa 1.5 punti per m<sup>2</sup> e un'accuratezza altimetrica corrispondente +/- 1 s che corrisponde ad un errore medio +/- 15 cm. Considerando che generalmente le aree sulle sommità arginali sono sgombre da vegetazione massiva o di alto fusto, si può considerare la migliore prestazione del dato rilevabile con l'ausilio del Lidar. In tal senso, l'incertezza derivante dal dato altimetrico sulla geometria degli argini e quindi sulla stabilità sotto l'azione idraulica deve essere necessariamente rapportato a quella accuratezza: nel seguito pertanto la condizione che induce al sormonto e, conseguentemente, all'apertura di una breccia nel corpo arginale viene fatta corrispondere al superamento della quota idrica corrispondente a un franco minimo di ampiezza minore o uguale a 20 cm<sup>1</sup>.

La portata di piena  $Q_{amm}$  corrispondente a tale valore limite è stata valutata mediante l'analisi idraulica del tronco fluviale della Bassa valle del f. Coghinas ripetuta sistematicamente per valori differenti e per intervalli costanti, individuando di volta in volta le sezioni che presentano il franco idraulico minore. Tali portate sono state associate ad

---

<sup>1</sup> Tale scelta è in linea con l'orientamento di altre Autorità di Distretto idrografico (per. es. vedasi Distr. Idr. Alpi Orientali. *Predisposizione delle mappe di allagabilità e rischio* - Documento di sintesi - 2013 pag. 16)



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

un tempo di ritorno T utilizzando i coefficienti di laminazione  $\epsilon_p(T) = Q_u/Q_i$  (rapporto tra la portata massima di laminazione in uscita dal serbatoio e la portata massima di piena) corrispondente al tempo di ritorno T e contenuti nel PSFF<sup>2</sup>. Successivamente, mediante l'inversione della metodo diretto TCEV, è stato valutato il valore del tempo di ritorno da associare alla portata non laminata.

Operativamente, considerando i valori di  $\epsilon_p(T)$ , da riferirsi al tronco fluviale a valle del serbatoio di Muzzone (Tabella 6.1) e fino alla sezione di foce, è stata determinata la relazione regressiva tra T e  $\epsilon_p(T)$ :

$$\epsilon_p(T) = 5.8323 \cdot e^{-6 \cdot T^2} - 0.000246876 \cdot T + 0.680725 .$$

Il valore della portata non laminata è ottenuto dalla relazione:

$$Q_p(T) = Q_{amm} / \epsilon_p(T)$$

mentre  $T=T(Q_p)$  si ottiene invertendo il metodo TCEV diretto.

I risultati dell'indagine sono di seguito presentati suddividendo il tratto fluviale in tre tronchi come appresso specificato. Nelle tabelle che seguono sono indicati sia i tempi di ritorno relativi alle portate che determinano il franco idraulico di 20 cm e l'annullamento dello stesso sia la sezione maggiormente critica, riportando per completezza il risultato della modellazione idraulica

**Tabella 6.1 – Valori del rapporto  $Q_u/Q_i$  nel tronco fluviale a valle del serbatoio di Muzzone per i tempi di ritorno indicati**

T (anni)	$\epsilon_p(E)$
2	0.680
50	0.683
100	0.714

<sup>2</sup> Piano stralcio per le fasce fluviali: Allegato 3\_02\_1\_1\_2\_Relazione monografica. Pag. 48

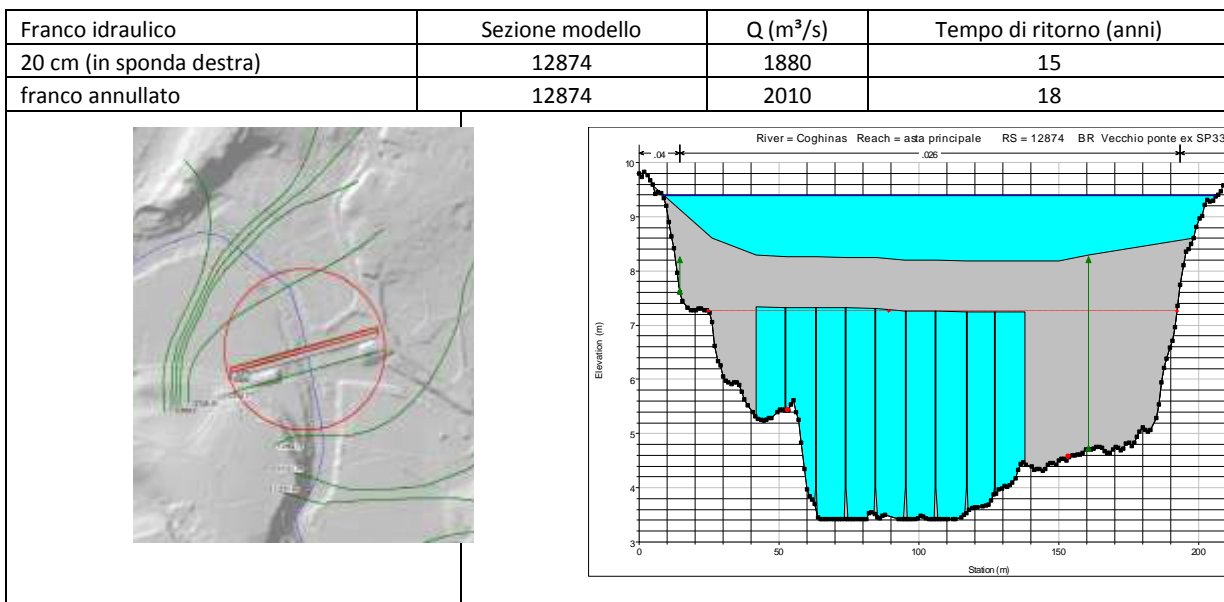




REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

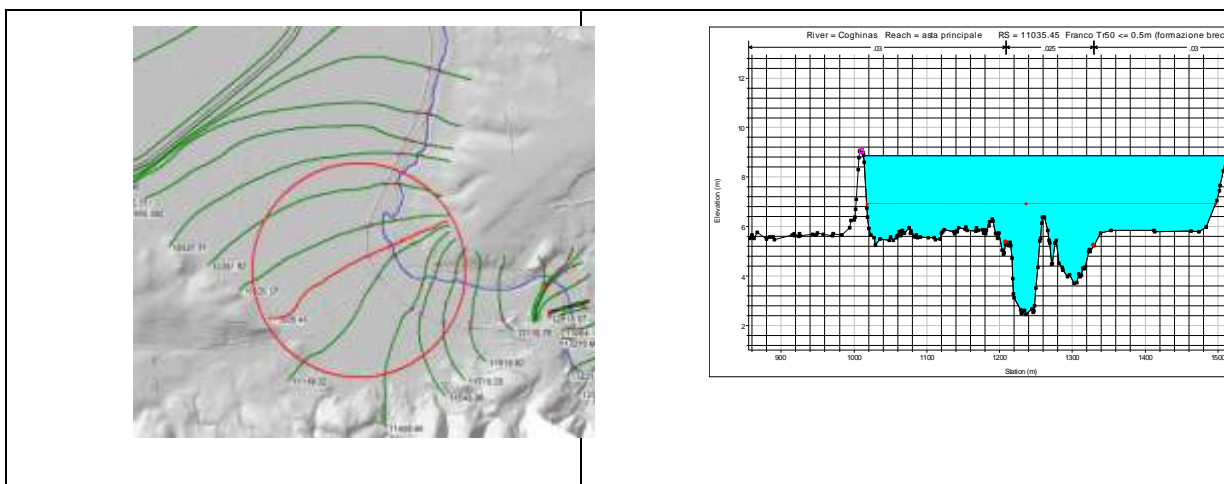
PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

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



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

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



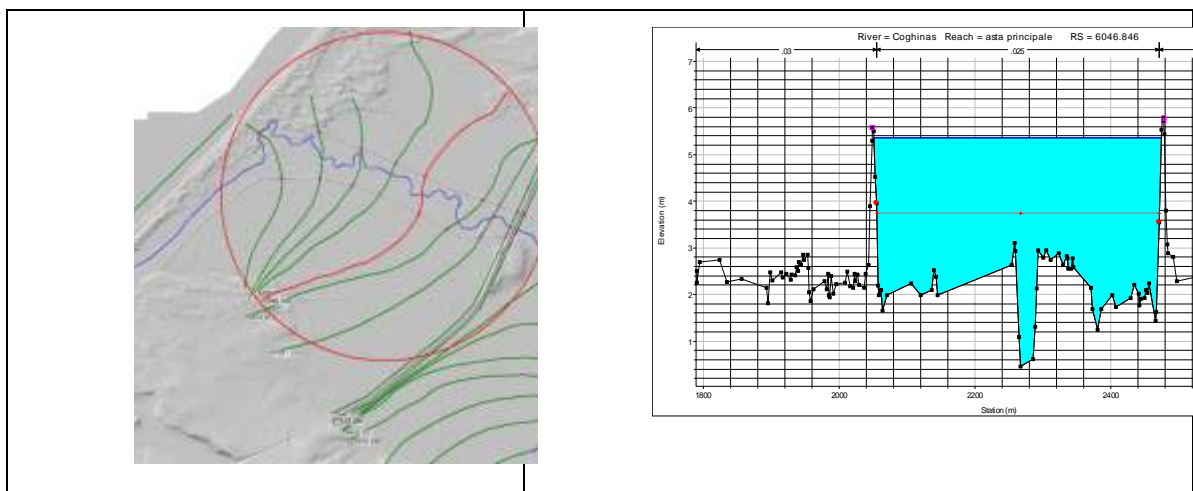


REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 3° Tronco: Dal ponte SP90 fino a foce:

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



## 6.2. Volume di piena e aree esondate

Inoltre, sulla base delle analisi idrauliche, sono stati calcolati i volumi idrici che determinano l'allagamento delle aree perimetrate: il valore è stato ottenuto sommando i valori del battente idrico calcolati come indicati nel dataset di allagamento (in formato GRID) determinato per ciascuno dei tempi di ritorno.

Tabella 6.2 - Volumi di allagamento allo stato attuale

Tr (anni)	W (m <sup>3</sup> )
50	28'222'500
100	32'859'200
200	36'831'100



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 7. Uso del suolo per i territori interessati da pericolosità idraulica e categorie di danno degli elementi esposti

### 7.1. Database degli elementi esposti

Nelle elaborazioni finalizzate alla caratterizzazione del valore economico degli elementi esposti a pericolosità idraulica, si è fatto riferimento al database geografico messo a disposizione da ARDIS, che si basa sul sistema informativo geografico regionale della copertura del suolo e sulla carta del danno potenziale redatta ai sensi dell'articolo 6 del D.Lgs. n. 49/2010.

La carta dell'uso del suolo della Regione (prima edizione del 2003) è strutturato come database territoriale utilizzando i dati della carta tecnica regionale numerica (CTR) in scala 1:10.000 e altre informazioni sulla utilizzazione dei suoli. Queste provengono dall'ortofotocarta realizzata dall'AGEA, dalle ortofoto a colori del 2000, da immagini Landsat5 sia estive che invernali, dalla carta forestale realizzata dalla ex Stazione Sperimentale del Sughero, dall'Atlante dell'irrigazione delle regioni meridionali (INEA, 2001) e infine dai dati sulle aree percorse da incendi raccolti dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale.

Coerentemente con la precisione offerta della CTR, disponibile per l'intero territorio regionale, nel database dell'uso del suolo sono state mantenute le precisioni geometriche degli elementi lineari relativi all'idrografia, alla viabilità e alle linee di costa, cartografando le unità territoriali minime fino a 1.56 ettari per il territorio extraurbano e di 1 ettaro per le aree urbane. I successivi aggiornamenti effettuati sulla base delle ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 200, hanno anche portato la risoluzione spaziale dell'unità cartografica a 0,5 ettari all'interno dell'area urbana e 0,75 ettari nell'area extra urbana.

L'organizzazione delle informazioni territoriali contenute nel database dell'uso del suolo segue l'impostazione originaria del progetto *Corine Land Cover*, organizzata secondo una legenda articolata in tre livelli gerarchici via via modificati per tenere conto delle specificità



PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

della regione per giungere, con la legenda finale riportata nella tabella seguente, a un totale di 77 voci organizzare in 5 livelli gerarchici.

Per ottimizzare l'utilizzo dell'informazione disponibile, per i fini del presente studio, il database cartografico è stato ricodificato seguendo la medesima impostazione originaria dei 5 livelli gerarchici, nei quali, accanto alle voci tipiche degli usi codificati sono state aggiunte altre voci, non prettamente di utilizzo del suolo ma relative alla classificazione dei soprassuoli, quali per esempio gli edifici e le infrastrutture (pubbliche o private), giungendo anche alla loro caratterizzazione (ed esempio in scuole primarie e secondarie, ospedali e residenze sanitarie) insieme ad altri usi particolari e specifiche destinazioni di uso non previste nella legenda Corine, ma presenti nel sistema informativo regionale come elementi della CTR numerica.

L'esigenza di codificare tutti gli elementi individuati nel database risultante come assoggettabili a un potenziale danno (in particolare: danno da piena della rete idrografica) ha imposto la codifica puntuale di ciascuno di essi all'interno del sistema gerarchico di cui sopra.

Naturalmente ciò ha portato ad un notevole incremento del numero delle voci presenti, influenzato sia dal maggior dettaglio della CTR rispetto alla carta degli usi esistente (aspetto che comunque è stato trascurabile in quanto gestito tramite il sistema informativo) sia per la puntuale individuazione degli edifici ad uso scolastico (scuola primaria, secondaria di 1° e 2° grado etc.), quelli di edilizia sanitaria (ospedali, RSA, di riabilitazione etc.) ed altre strutture sensibili (Tabella 7.1). Come è possibile osservare nella tabella, alcune voci sono risultate indicare elementi sostanzialmente simili fino a presentarsi semplici varianti tipografiche della medesima voce: nella codifica, a tali voci individuate come equivalenti è stato attribuito il medesimo codice a 5 cifre.

Al termine di tale fase, è stato costituito un sistema informativo degli elementi esposti (DBEE) ove ogni voce presente nel database è stata codificata e classificata secondo una legenda che, allo stato attuale conta 201 voci.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 7.1 - Legenda del database informativo degli elementi esposti

#	COD	DESCRIZIONE
1	10000	SUPERFICI ARTIFICIALI
2	11000	Zone urbanizzate di tipo residenziale
3	11100	Zone residenziali a tessuto continuo
4	11110	Tessuto residenziale compatto e denso
5	11120	Tessuto residenziale rado
6	11200	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
7	11210	Tessuto residenziale rado e nucleiforme
8	11220	Fabbricati rurali
9	11230	Edificio di culto
10	11240	Aree funerarie
11	11300	Architetture religiose
12	12000	Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali
13	12100	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
14	12100	Insedamenti industriali, artigianali e commerciali e spazi annessi
15	12100	Insedamento di grandi impianti di servizi
16	12110	Manufatti industriali
17	12120	Complesso IPPC: impianto integrato trattamento rifiuti e liquami
18	12130	Allevamento zootecnico
19	12130	Insedamento produttivo: allevamento zootecnico
20	12140	Azienda agro zootecnica



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#	COD	DESCRIZIONE
21	12140	Insedimento produttivo: azienda agro zootecnica
22	12150	Impianto di acquacoltura
23	12150	Insedimento produttivo: impianto di acquacoltura
24	12160	Impianto trattamento acque reflue
25	12160	Impianto di Depurazione: acque reflue urbane
26	12200	Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche
27	12210	Reti stradali e infrastrutture tecniche
28	12210	Reti stradali e spazi accessori
29	12211	Strade comunali
30	12212	Strade provinciali
31	12213	Strade statali
32	12220	Reti ferroviarie e infrastrutture tecniche
33	12220	Reti ferroviarie e spazi annessi
34	12230	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci
35	12240	Impianti a servizio delle reti di distribuzione
36	12241	Rete di approvvigionamento di acqua potabile
37	12242	Impianti a servizio delle reti di distribuzione del gas
38	12243	Stazione di rifornimento carburante
39	12244	Tratto di linea della rete elettrica
40	12300	Aree portuali
41	12400	Aeroporti
42	12500	Strutture Sanitarie
43	12510	Ospedale
44	12510	Struttura sanitaria - Ospedale



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#	COD	DESCRIZIONE
45	12520	R.S.A.
46	12520	Struttura sanitaria - R.S.A.
47	12530	Struttura di riabilitazione
48	12530	Struttura sanitaria - Struttura di riabilitazione
49	12600	Edifici pubblici e Strutture Scolastiche
50	12600	Edificio pubblico
51	12600	Sede di amministrazione comunale
52	12600	Struttura scolastica
53	12600	Ufficio postale
54	12610	Istituto Comprensivo
55	12610	Struttura scolastica - Istituto Comprensivo
56	12620	Scuola dell'infanzia
57	12620	Struttura scolastica - Scuola dell'infanzia
58	12630	Scuola primaria
59	12630	Struttura scolastica - Scuola primaria
60	12640	Scuola secondaria di primo grado
61	12640	Struttura scolastica - Scuola secondaria di primo grado
62	12650	Scuola secondaria di secondo grado
63	12650	Struttura scolastica - Scuola secondaria di secondo grado
64	13000	Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati
65	13100	Aree estrattive
66	13200	Discariche e depositi di rottami
67	13210	Discariche
68	13210	Inerti



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#	COD	DESCRIZIONE
69	13210	Discarica inerti
70	13220	Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli
71	13300	Cantieri
72	14000	Zone verdi artificiali non agricole
73	14100	Aree verdi urbane
74	14200	Aree ricreative e sportive
75	14210	Aree ricreative e sportive
76	14220	Aree archeologiche
77	14220	Insedimenti archeologici
78	14300	Cimiteri
79	20000	SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE
80	21000	Seminativi
81	21100	Seminativi in aree non irrigue
82	21110	Colture intensive
83	21120	Colture estensive
84	21200	Seminativi in aree irrigue
85	21210	Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo
86	21220	Risaie
87	21230	Vivai
88	21240	Coltura in serra
89	21240	Colture in serra
90	22000	Colture permanenti
91	22100	Vigneti
92	22200	Frutteti e frutti minori





REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#	COD	DESCRIZIONE
93	22300	Oliveti
94	22400	Colture orticole
95	23000	Prati stabili
96	23100	Prati stabili (foraggiere permanenti)
97	23200	Prati stabili (altri usi)
98	23200	Prati artificiali
99	24000	Zone agricole eterogenee
100	24100	Colture temporanee associate a colture permanenti
101	24110	Colture temporanee associate all'olivo
102	24120	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO
103	24130	Colture temporanee associate ad altre colture permanenti



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 8. Criteri metodologici per la valutazione economica del danno da eventi di piena

Seguendo le indicazioni della legislazione vigente, il cui obiettivo è quello della riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (art. 7 e Allegato I del D.L. 23 febbraio 2010 n. 49 e art. 7 della Direttiva 2007/60/CE), lo studio è stato sviluppato con il fine di individuare criteri oggettivi per la valutazione del danno atteso per le zone a rischio di alluvione e coerentemente impostare una analisi costi-benefici per la definizione degli scenari strategici di riferimento per le opere di mitigazione della pericolosità idraulica.

Nel definire il frame metodologico, sono da richiamare due documenti di particolare rilevanza operativa:

*Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio*, pubblicata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Luglio 2013;

*Flood damage functions for EU member states*, dell'azienda olandese HKV Consultants, sviluppato da H.J. Huizinga come richiesto dal Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2007.

Di seguito si riprenderanno alcuni tra gli aspetti più significativi contenuti in tali studi.

### 8.1. Proposta metodologica ISPRA per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio

Le linee guida dell'ISPRA forniscono indicazioni sulla attuazione della Direttiva Europea 2007/60 seguendo anche le specificità imposte dal Decreto Legislativo nazionale 23 Febbraio 2010 n° 49, "Attuazione della direttiva 2007/60/CE". Per coerenza con quanto predisposto dalla normativa italiana in precedenza, l'ISPRA prevede che venga rispettato anche quanto definito nella Legge 18 Maggio 1989 n° 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e della Legge 3 agosto 1998, n. 267 di conversione del Decreto "Sarno" (D.L. 180/1998). Quest'ultimo decreto, in particolare, aveva previsto la redazione di Piani Straordinari per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e la definizione di misure di salvaguardia sulle aree



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

perimetrare sulla base di criteri omogenei per la valutazione del rischio, codificati nell'Atto d'indirizzo (D.P.C.M. 29/09/1998).

Per ottenere risultati omogenei a livello nazionale, il 26 luglio 2011 in sede di Commissione Ambiente ed Energia della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome è stata posta l'esigenza di costituire un Gruppo di Lavoro finalizzato alla stesura di "Linee Guida, indirizzi omogenei e sperimentazioni" per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE. Il Gruppo di Lavoro (GdL), costituito presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) da rappresentanti delle Regioni e Province Autonome (Piemonte, Sardegna, Calabria, Emilia Romagna, Basilicata, Toscana), del Dipartimento della Protezione Civile, delle Autorità di bacino dei Fiumi Po, Adige, dell'Alto Adriatico, Arno, Serchio, Tevere e Liri-Garigliano e Volturno e dell'ISPRA. In seguito a diversi incontri sono stati messi in luce gli aspetti rilevanti richiesti dalla normativa ma anche diverse criticità per le quali sono state proposte diverse tecniche di risoluzione delle problematiche. Nella riunione avvenuta nel Luglio del 2013 è stata predisposta la presente Linea Guida.

Il documento esamina principalmente come adempiere alla richiesta del Decreto Legislativo 49/2010 e Direttiva Europea 2007/60 in merito alla realizzazione le mappe della pericolosità da alluvione e delle mappe del rischio di alluvioni per le zone ove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni o si ritenga che questo si possa generare in futuro.

Secondo la Direttiva 2007/60/CE il "rischio di alluvioni" si ottiene dalla combinazione della probabilità di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e l'attività economica derivanti da tale evento. Il rischio di piena è dunque inteso come una relazione funzionale dovuta alla probabilità di accadimento di un evento di piena di determinata intensità su una data area e in un intervallo temporale prefissato e le potenziali conseguenze avverse ad esso associate.

La Direttiva 2007/60/CE stabilisce che le mappe di rischio debbano mostrare le potenziali conseguenze avverse associate alle inondazioni nell'ambito di ciascuno scenario di evento, esprimendo tali conseguenze in termini di:

- numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- tipo di attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- impianti di cui all'allegato I della direttiva 96/61/CE del Consiglio, del 24 settembre 1996, sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione;
- aree protette potenzialmente interessate;
- altre informazioni considerate utili, come l'indicazione delle aree in cui possono verificarsi alluvioni con elevato volume di sedimenti trasportati e colate detritiche e informazioni su altre notevoli fonti di inquinamento.

Il documento ISPRA fornisce, inoltre, una base propositiva per la determinazione delle mappe di pericolosità e delle mappe di rischio inondazione per delineare un percorso di omogeneizzazione delle metodologie di definizione e rappresentazione delle mappe suddette.

In particolare, le proposte per la realizzazione delle mappe della pericolosità riguardano gli argini, la rappresentazione delle altezze idriche e delle velocità, la valutazione della significatività e incertezza delle velocità e battenti idrici, si individuano inoltre considerazioni in merito ad aree alluvionali caratterizzate da un elevato volume di sedimenti trasportati e colate detritiche.

Per quanto riguarda gli argini occorre descrivere con quali modalità è stata valutata la loro presenza nella modellazione idraulica, il franco idraulico che li caratterizza e qualora fossero disponibili eventuali rappresentazioni cartografiche di possibili cedimenti avvenuti nel passato o mappe tematiche connesse al rischio arginale. La rappresentazione suggerita delle altezze idriche è legata al livello di dettaglio delle informazioni disponibili e all'ipotesi che il layer che li rappresenta sia un grid. Quest'ultima ipotesi suggerisce che ogni cella dell'area esondata venga rappresentata con uno di 5 diversi colori delle gradazioni del blu. Ogni gradazione definisce un intervallo di 0.5 m di battente idrico come descritto nella Figura 8.4 oppure nel caso in cui sia disponibile solo il superamento o meno di un certo valore di soglia si considerano solo due gradazioni del blu come ad esempio i colori indicati nella Figura 8.5.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.1 - Scala di colori per la rappresentazione delle altezze idriche (fonte: ISPRA)**

h (m)	Colore	R	G	B
$h < 0.5$		182	237	240
$0.5 \cdot h < 1$		116	180	232
$1 \cdot h < 1.5$		31	131	224
$1.5 \cdot h < 2$		29	68	184
$h \geq 2$		9	9	145

**Tabella 8.2 - Scala di colori per la rappresentazione delle altezze idriche rispetto a un valore di soglia (fonte: ISPRA)**

h (m)	Colore	R	G	B
$h < 1$		182	237	240
$h \geq 1$		116	180	232

La Direttiva Europea 2007/60 non richiede la rappresentazione delle velocità mentre viene richiesta dalla normativa nazionale. Le linee guida ISPRA ipotizzano di rappresentare le velocità solo quando viene superato un valore limite e in tal caso l'area viene descritta mediante una retinatura diagonale.

In termini di significatività dei valori di battenti idrici e velocità, come sopra detto, se ottenuti da modellazione idraulica mono o quasi dimensionale saranno affetti da un valore di incertezza; per questo motivo le linee guida consigliano di associare un livello di confidenza ai risultati.

Per quanto concerne la classificazione degli elementi a rischio ISPRA prende atto che il metodo di classificazione nel territorio nazionale è abbastanza eterogeneo. La vulnerabilità degli elementi viene dai più considerata pari a uno al verificarsi dell'evento critico oppure viene classificata mediante quattro classi la cui attribuzione avviene con dei criteri soggettivi e non esplicitati. Il metodo di classificazione del rischio maggiormente riscontrato prevede la sovrapposizione delle classi di pericolosità agli elementi esposti



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

presenti sul territorio per poi classificare il risultato in quattro classi differenti. Le criticità potrebbero provenire dalle mappe dell'uso del suolo se il livello di dettaglio con cui vengono rappresentati gli elementi a rischio non fosse sufficiente. Il GdL prevede che sia necessario realizzare un'attenta analisi nell'individuazione degli elementi a rischio presenti sul territorio e successiva categorizzazione in base all'utilizzo del suolo.

Secondo le Linee guida, gli elementi esposti individuati nelle mappe vengono affidati a una categoria con cui viene rappresentata la mappa dell'uso del suolo coerentemente con il livello III della Corine Land Cover. La legislazione italiana prevede quattro macrocategorie:

- popolazione;
- attività economiche;
- beni culturali - archeologici (ricadono nella voce "altre informazioni considerate utili dagli Stati membri");
- beni ambientali.

Le linee guida pubblicano la classificazione statistica delle attività economiche nella Comunità Europea, secondo la Tabella 8.3, e una lista delle possibili classi di uso del suolo con riferimenti alle fonti e alle classi della CLC2000 nella Tabella 8.4.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.3 - Classificazione statistica delle attività economiche nella Comunità Europea (estratto da NACE rev.2)**

A	AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHING	AGRICOLTURA, SILVICOLTURA E PESCA
B	MINING AND QUARRYING	ATTIVITÀ ESTRATTIVA
C	MANUFACTURING	ATTIVITÀ MANIFATTURIERE
D	ELECTRICITY, GAS, STEAM AND AIR CONDITIONING SUPPLY	FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA, GAS, VAPORE E ARIA CONDIZIONATA
E	WATER SUPPLY; SEWERAGE, WASTE MANAGEMENT AND REMEDIATION ACTIVITIES	FORNITURA DI ACQUA; RETI FOGNARIE, ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI E RISANAMENTO
F	CONSTRUCTION	COSTRUZIONI
G	WHOLESALE AND RETAIL TRADE; REPAIR OF MOTOR VEHICLES AND MOTORCYCLES	COMMERCIO ALL'INGROSSO E AL DETTAGLIO; RIPARAZIONE DI AUTOVEICOLI E MOTOCICLI
H	TRANSPORTATION AND STORAGE	TRASPORTO E MAGAZZINAGGIO
I	ACCOMMODATION AND FOOD SERVICE ACTIVITIES	SERVIZI DI ALLOGGIO E DI RISTORAZIONE
J	INFORMATION AND COMMUNICATION	SERVIZI DI INFORMAZIONE E COMUNICAZIONE
K	FINANCIAL AND INSURANCE ACTIVITIES	ATTIVITÀ FINANZIARIE E ASSICURATIVE
L	REAL ESTATE ACTIVITIES	ATTIVITÀ IMMOBILIARI
M	PROFESSIONAL, SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACTIVITIES	ATTIVITÀ PROFESSIONALI, SCIENTIFICHE E TECNICHE
N	ADMINISTRATIVE AND SUPPORT SERVICE ACTIVITIES	ATTIVITÀ AMMINISTRATIVE E DI SERVIZI DI SUPPORTO
O	PUBLIC ADMINISTRATION AND DEFENCE; COMPULSORY SOCIAL SECURITY	AMMINISTRAZIONE PUBBLICA E DIFESA; ASSICURAZIONE SOCIALE OBBLIGATORIA
P	EDUCATION	ISTRUZIONE
Q	HUMAN HEALTH AND SOCIAL WORK ACTIVITIES	SANITÀ E ASSISTENZA SOCIALE
S	OTHER SERVICE ACTIVITIES	ALTRE ATTIVITÀ DI SERVIZI
T	ACTIVITIES OF HOUSEHOLDS AS EMPLOYERS; UNDIFFERENTIATED GOODS- AND SERVICESPRODUCING ACTIVITIES OF HOUSEHOLDS FOR OWN USE	ATTIVITÀ DI FAMIGLIE E CONVIVENZE COME DATORI DI LAVORO PER PERSONALE DOMESTICO; PRODUZIONE DI BENI E SERVIZI INDIFFERENZIATI PER USO PROPRIO DA PARTE DI FAMIGLIE E CONVIVENZE
U	ACTIVITIES OF EXTRATERRITORIAL ORGANISATIONS AND BODIES	ATTIVITÀ DI ORGANIZZAZIONI E ORGANISMI EXTRATERRITORIALI



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 8.4 - Classi di uso del suolo e fonti del dato

ID	NOME
1	Residenziale (comprende tutti gli elementi afferenti al tessuto urbano ad eccezione di quelli di cui al punto 3,4,8,9)
	CLC classi 1.1.1, 1.1.2, 1.3.3,1.4.1,1.4.2
2	Commerciale (comprese quelle artigianali) non ricadenti nella categoria 1 e industriale (comprese aree estrattive)
	CLC classi 1.2.1, 1.3.1
3	Strutture ospedaliere, sanitarie, assistenza sociale, (ospedali, case di cura, case di accoglienza per anziani, disabili, portatori di handicap, ecc.), scuole e università
4	Edifici sede di servizi pubblici essenziali <sup>5</sup> (municipi, carceri, caserme, prefetture, ecc., non ricadenti nelle categorie 1 e 3)
5	Agricolo specializzato (superfici agricole seminate, permanenti ed eterogenee)
	CLC classi 2.1,2.2,2.4.
6	Agricolo non specializzato (aree boscate, prati, pascoli)
	CLC classi 2.3,3.
7	Turistico-Ricreativo (campeggi, stabilimenti balneari, piste da sci, cinema, teatri, centri polifunzionali, pesca sportiva, ecc., non ricadenti nella categoria 1)
8	Reti di comunicazione e trasporto primarie (aeroporti, Porti, Autostrade, Superstrade, Strade Regionali, Ferrovie)
	Geoportale Nazionale del MATTM mediante servizio Web Feature Service (WFS) all'URL: <a href="http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_stradale.map">http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_stradale.map</a> (Infrastrutture ferroviarie)(Infrastrutture stradali: autostrade, strade statali, provinciali, locali) <a href="http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_ferroviaria.map">http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_ferroviaria.map</a> (Infrastrutture ferroviarie)
9	Reti di comunicazione e trasporto secondarie (Strade Provinciali e Comunali)
	Geoportale Nazionale del MATTM mediante servizio Web Feature Service (WFS) all'URL: <a href="http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_stradale.map">http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_stradale.map</a> (Infrastrutture stradali: autostrade, strade statali, provinciali, locali) (Infrastrutture ferroviarie)(Infrastrutture stradali: autostrade, strade statali, provinciali, locali)
10	Reti tecnologiche e di servizio (fornitura gas, elettricità, acqua, fognature, linee telefoniche, ecc., non ricadenti nella categoria 1)
11	Strutture e impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto, tecnologiche e di servizio (edifici e strutture aeroportuali e portuali, stazioni ferroviarie, aree di servizio, parcheggi, centrali, cabine elettriche, serbatoi, potabilizzatori, ecc., non ricadenti nella categoria 1)
12	Discariche, impianti di trattamento dei rifiuti, depuratori, impianti che possono costituire importanti fonti di inquinamento in caso di inondazione (non ricadenti in quelli di cui al punto 13)
13	Impianti di cui all'allegato I del decreto legislativo n. 59 del 18 febbraio 2005
	Impianti sottoposti a Procedura di AIA di competenza statale - Aggiornamento al 31/05/2010 MATTM <a href="http://cart.ancitel.it/index.html?progetto=32598B49-3B4C-4843-A6A6-ED943A2AEE14&amp;map=EEC7E870-CA34-6140-9BA8-1F85DE09C552WFS">http://cart.ancitel.it/index.html?progetto=32598B49-3B4C-4843-A6A6-ED943A2AEE14&amp;map=EEC7E870-CA34-6140-9BA8-1F85DE09C552WFS</a> = <a href="http://cart.ancitel.it/wfs/32598B49-3B4C-4843-A6A6-ED943A2AEE14/EEC7E870-CA34-6140-9BA8-1F85DE09C552">http://cart.ancitel.it/wfs/32598B49-3B4C-4843-A6A6-ED943A2AEE14/EEC7E870-CA34-6140-9BA8-1F85DE09C552</a>
14	Aree protette individuate all'allegato 9 alla parte III del decreto legislativo n. 152 del 2006
	Sistema Informativo Nazionale per la Tutela delle Acque Italiane (SINTAI) – ISPRA (accesso con credenziali); Piani di Gestione
15	Beni di rilievo storico-culturale e archeologico
	MIBAC (paragrafo 8.3)





REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

La determinazione del danno non fa riferimento ad una metodologia univoca: può avvenire su scale differenti in funzione del dettaglio richiesto per i risultati, ad es.: macro, meso e microscala. Il dettaglio delle informazioni aumenta nel passare dalla macroscala (ampie unità territoriali come comuni o regioni) alla microscala (singoli elementi come edifici, veicoli o infrastrutture). Pur lasciando spazio a adattamenti necessari localmente, la tecnica proposta prevede di valutare l'impatto dell'inondazione con un livello di aggregazione delle informazioni riconducibile alla meso-scala. In termini pratici si consiglia un grid le cui celle hanno dimensione determinata dalla risoluzione del DEM. Per ogni scenario di pericolosità ad ogni cella deve essere associato un valore di battente idrico, possibilmente della velocità e l'uso del suolo. Il risultato prevede la disponibilità di quattro grid, uno per ogni macrocategoria considerata.

Il danno, in quanto combinazione dell'elemento esposto al rischio e della sua vulnerabilità, può variare in funzione della magnitudo dell'evento e della significatività socio-economica del danno stesso. Sebbene un elemento possa ricadere all'interno dell'area di esondazione esso non necessariamente sarà soggetto a un danno. Infatti le caratteristiche spaziali e temporali dell'evento unite a fattori interni dell'elemento, come per esempio la resistenza se si parlasse di un'abitazione, sono determinanti nel computo del danno.

Il danno associato alla presenza umana rimane un aspetto ancora non chiaramente definito: potrebbe essere indicato collocando nelle diverse aree individuate dall'ISTAT simboli di dimensione crescente al crescere dell'entità della popolazione.

La vulnerabilità associata alla presenza umana si valuta in funzione dell'instabilità della posizione d'equilibrio determinata dal battente idrico, dalla velocità del flusso o da valori critici del prodotto delle due grandezze idrauliche. Le linee guida ISPRA propongono alcuni metodi di analisi al riguardo ma non sono chiaramente definite procedure che possano essere utilizzate in un contesto realmente operativo a livello di predisposizione del Piano.

La normativa richiede l'indicazione della distribuzione spaziale e della tipologia delle attività economiche nel territorio, la cui categorizzazione è stata descritta precedentemente, insistenti sull'area inondabile e la valutazione delle potenziali



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

conseguenze negative per le varie tipologie di attività. La metodologia proposta definisce per ciascuna categoria di uso del suolo tre classi che esprimono il grado di perdita in funzione del battente idrico  $h$ , della velocità del flusso  $v$  o del loro prodotto  $h \cdot v$ .

Nell'attribuzione del valore relativo di danno ai beni esposti le Linee Guida evidenziano l'opportunità di individuare la rilevanza che una certa tipologia di attività (per esempio agricola piuttosto che industriale) ha in un determinato contesto territoriale rispetto alle altre presenti. Per quanto concerne la vulnerabilità degli edifici anche in questo caso vengono proposte alcune tecniche di analisi che, ad esempio, tengono conto che gli edifici possono collassare se la differenza in livello idrico fra esterno ed interno supera 0.5 m, che danni consistenti possono verificarsi se tale differenza raggiunge il metro di altezza, o se la differenza di 0.5 m si verifica in concomitanza con deflussi idrici ad alta velocità (maggiore di circa 3 m/s).

Per quanto riguarda invece il valore esposto associato alle attività economiche occorre definire una scala di valori relativi che tenga conto dei costi di ripristino, di mancata produzione, di mancata fruizione del servizio, ecc. Inoltre, va tenuto conto della rilevanza locale delle specifiche attività economiche, nel senso di attribuire ai settori agricolo, industriale commerciale e turistico-ricreativo valori relativi commisurati, ad esempio, a dati ISTAT.

L'individuazione del danno associato alla presenza di beni culturali viene richiesta esplicitamente nel D.Lgs. 49/2010, mentre la Direttiva 2007/60/CE la inserisce con la voce "*cultural heritage*" nella fase di Valutazione Preliminare del Rischio, tra le categorie di potenziali conseguenze avverse associabili ad un evento di piena passato o possibile in futuro, sia tra gli ambiti rispetto ai quali effettuare la valutazione delle conseguenze negative (la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche). La computazione del danno, allo stato attuale, non dispone di elementi conoscitivi o informativi tali da stabilire una vulnerabilità specifica dei singoli beni in funzione delle caratteristiche dell'inondazione, né si ritiene possibile stabilire una scala di valori circa l'importanza relativa dei beni stessi. Pertanto, per quanto si preveda un approfondimento che permetta almeno una differenziazione per tipologia (museo, biblioteca, edificio storico



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

o monumento, sito archeologico, ecc.), si ritiene cautelativo associare un valore di danno relativo unitario.

La valutazione del danno in termini di componente ambientale considera che, per quanto gli eventi di piena siano perturbazioni con una molteplicità di benefici ambientali nel carattere dinamico dei deflussi fluviali e giochino un ruolo chiave per il mantenimento dell'integrità ecologica di molti sistemi, tuttavia, le attività antropiche introducono alterazioni nei regimi idrici, modifiche significative all'assetto paesaggistico e, in generale, potenziali fonti di rischio che incidono sulla suscettibilità ambientale.

Evers (2006) descrive la suscettibilità ambientale rispetto alle inondazioni mediante tre indicatori: contaminazione/inquinamento, erosione, "spazi aperti". La contaminazione è causata essenzialmente da tre sorgenti: industrie, rifiuti umani/animali, stagnazione delle acque esondate. L'erosione può causare disturbi alla superficie del terreno e alla copertura vegetale oltre che compromettere eventuali infrastrutture. Gli spazi aperti si riferiscono alle aree con ambiente naturale usate per le attività ricreative all'esterno, quali attrazioni turistiche e riserve naturali. L'approccio che si intende proporre è quello di utilizzare il *layer* delle Aree Protette individuando le cinque aree:

aree designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano a norma dell'articolo 7 (*Acque utilizzate per l'estrazione di acqua potabile*);

aree designate per la protezione di specie acquatiche significative dal punto di vista economico relative a categorie di Aree protette non previste nella Dir. 2007/60/CE;

corpi idrici intesi a scopo ricreativo, comprese le aree designate come acque di *balneazione* a norma della direttiva 76/160/CEE;

aree sensibili rispetto ai nutrienti, comprese quelle designate come zone vulnerabili a norma della direttiva 91/676/CEE (*Nitrati*) e le zone designate come aree sensibili a norma della direttiva 91/271/CEE (*Reflui urbani*);

aree designate per la protezione degli habitat e delle specie, nelle quali mantenere o migliorare lo stato delle acque è importante per la loro protezione, compresi i siti pertinenti della rete *Natura 2000* istituiti a norma della direttiva 92/43/CEE (*Direttiva Habitat*) e della direttiva 79/409/CEE (*Direttiva Uccelli*).

Tali aree si ritiene opportuno vengano riportate in un apposito layer e poi sovrapposte alla mappa delle aree di esondazione. Occorre valutare l'eventuale presenza di impianti IED, discariche, impianti di trattamento dei rifiuti, depuratori, impianti che possono costituire importanti fonti di inquinamento in caso di inondazione nel bacino a monte dell'area.

## 8.2. Determinazione del Rischio Specifico e del Rischio Totale

La valutazione del rischio avviene, secondo le Linee Guida, determinando prima di tutto il rischio specifico, ovvero il rischio a cui sarà soggetta ciascuna macrocategoria, mentre successivamente si procede ad una riformulazione del giudizio complessivo in termini di "rischio totale" per gli adempimenti previsti nel D.Lgs. 49/2010, il quale richiede di considerare contemporaneamente tutte le categorie di elementi esposti.

Il rischio specifico per la singola categoria di elementi esposti deriva dalla combinazione di danno e probabilità per i tre scenari di pericolosità, normalizzata rispetto al rischio specifico massimo. Dato che alla *i*-esima cella possono corrispondere fino a tre diversi valori del prodotto *probabilità x danno* e quindi tre diversi valori di rischio, il rischio specifico associato è uguale a:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^3 P_{i,j} \cdot D_{i,j}}{\sum_{j=1}^3 P_{i,j}} \quad (8.1)$$

dove  $P_{i,j}$  è la pericolosità associata alla *i*-esima cella per il *j*-esimo tempo di ritorno (posta uguale a zero qualora la cella non sia inondata dall'evento con il *j*-esimo tempo di ritorno) e  $D_{i,j}$  è il corrispondente danno per la categoria di elementi esposti considerata.





Per valutare il rischio totale per ogni scenario di pericolosità si sovrappongono i 4 *grid* di danno assumendo cautelativamente che ad una data cella *i*-esima il danno associato sia il massimo fra i 4 valori possibili:

$$D_i = \max \{ D_{p_i}, D_{e_i}, D_{c_i}, D_{a_i} \} \quad (8.2)$$

A questo punto si applica la stessa procedura definita per il “rischio specifico”.

Calcolato il valore di  $R_i$  si procede all’attribuzione della classe di rischio e alla relativa rappresentazione secondo quanto riportato nella Tabella 8.5. Al termine della procedura si prevede che il grid venga trasformato in shape file in modo da aggregare ogni cella con il medesimo valore di rischio.

**Tabella 8.5 Intervalli di valori di  $R_i$  e attribuzione della classe di rischio (fonte: ISPRA)**

CLASSE - DEFINIZIONE DEL RISCHIO	VALORI DI $R_i$	COLORE	R	G	B
<b>moderato</b> (R1): per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali	$0 \leq R_i \leq 0.25$		245	245	0
<b>medio</b> (R2): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche	$0.25 \leq R_i \leq 0.50$		245	122	0
<b>elevato</b> (R3): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale	$0.50 \leq R_i \leq 0.75$		200	0	0
<b>molto elevato</b> (R4): per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socioeconomiche.	$0.75 \leq R_i \leq 1$		112	48	160

### 8.3. [Proposta metodologica di HKV Consultants, richiesto dal Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2007.](#)

In seguito all’analisi di diversi eventi alluvionali avvenuti nel territorio europeo, HKV ha individuato una procedura di valutazione del danno alluvionale potenziale. Il danno alluvionale si può manifestare come danno tangibile, ovvero monetizzabile, o danno intangibile, non monetizzabile. Il danno tangibile è ulteriormente distinto in danno tangibile



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

diretto e indiretto, rispettivamente se causato o meno dal diretto contatto degli elementi con l'acqua. L'analisi del danno svolta da Huizinga (2007) per HKV considera nella classificazione suddetta solo il danno tangibile diretto.

Attraverso un'attenta ricerca dei dati disponibili e la diffusione di questionari, sono state raccolte le informazioni sugli eventi alluvionali che si sono verificati prima del 2007 nel territorio europeo. In tal modo sono state caratterizzate le curve di danno di alluvione della Repubblica Ceca, Danimarca, Francia, Belgio, Germania, Ungheria, Norvegia, Svezia, Svizzera, Olanda e Regno Unito.

Poiché l'analisi è essenzialmente di natura economica, è stato necessario individuare un valore economico di base per la valutazione del danno nelle diverse condizioni alluvionali. L'indicatore economico, considerato come rappresentativo della ricchezza della nazione, è il prodotto interno lordo per abitante e il potere d'acquisto della nazione stessa, sulla base delle ricerche fatte sui dati Eurostat e Worldbank. Mentre come indicatore idraulico del danno associato all'evento di piena si è considerato il battente idrico in un range che si sviluppa dai zero ai sei metri. Il battente idrico è stato messo in relazione con il danno da alluvione ottenendo due tipologie di curve di danno:

curva di danno assoluto ( il danno espresso in €);

curva di danno relativo ( il danno viene espresso con un fattore di danno 0-1).

La curva di danno assoluto valuta il danno in Euro a metro quadro ed è caratterizzata da un andamento crescente proporzionalmente al battente idrico. La funzione di danno relativo esprime il coefficiente di danno, in un intervallo è tra zero e uno: è anch'esso crescente in modo proporzionalmente al battente idrico.

Il territorio è stato classificato sulla base della Corine Land Cover e sono individuate cinque categorie di uso del suolo:

- Residenziale;
- Commerciale;
- Industriale;
- Strade e Infrastrutture;
- Agraria.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

La curva di danno assoluto esprime il danno economico determinato dalla piena sulla base del massimo battente idrico riscontrato, valutato sulla base della documentazione reperita. Il processo di analisi dei risultati ha evidenziato un divario rilevante nei dati delle diverse nazioni, perciò i risultati hanno richiesto un processo di normalizzazione per poter essere tra loro comparati.

Il risultato del processo di analisi individua i valori medi del danno massimo per il territorio europeo e sono riportati in Tabella 8.6. Le informazioni dei dati di PIL di ogni singola nazione, disponibili da Eurostat o Worldbank, hanno permesso di individuare il valore medio di danno massimo per ogni categoria di uso del suolo anche nel caso dell'Italia i cui dati sono mostrati in Tabella 8.6.

**Tabella 8.6 - Valore Medio del Danno Massimo nel territorio europeo e in Italia (€/m<sup>2</sup>)**

CATEGORIE	EU	ITALIA
Residenziale	750	618
Commerciale	621	511
Industriale	534	440
Strade e Infrastrutture	24	20
Agricola	0.77	0.63

Sull'andamento delle funzioni di danno relativo è stato applicato un processo di armonizzazione in modo da ottenere una curva di danno relativo per ogni singola categoria d'uso del suolo.

Nelle sottoparagrafi che seguono sono riportate per ogni singola categoria d'uso del suolo le curve di danno assoluto, le curve di danno relative ricavate per le singole nazioni e la curva armonizzata del danno relativo.

### 8.3.1. Uso Residenziale

La categoria d'uso del suolo residenziale è stata analizzata per la quantificazione del danno che prevede anche il relativo ripristino. Dall'osservazione dei risultati è presente una notevole differenza tra i danni causati nelle diverse nazioni. Le curve di danno



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

assoluto relative alla Svizzera e al Regno Unito hanno una differenza rilevante rispetto ai valori individuati per le altre nazioni. Il processo di ottenimento del valore medio del danno massimo ha permesso di individuare per l'Italia, in corrispondenza di un battente idrico di sei metri, il valore di 750 €/m<sup>2</sup>.

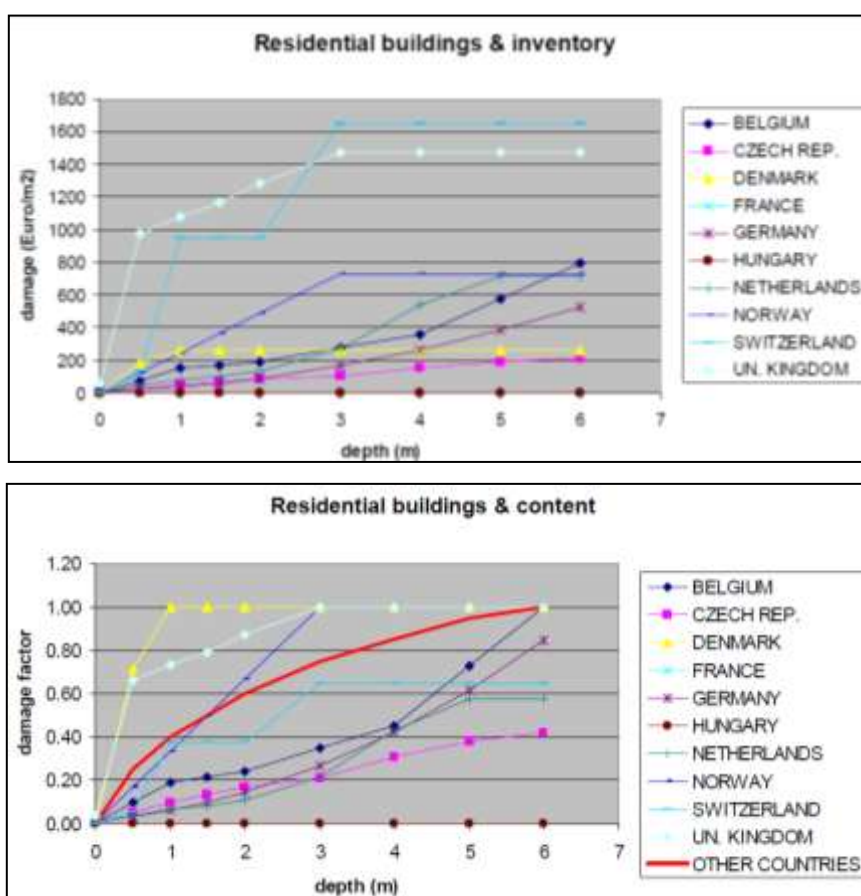


Figura 8.1 - Curva di Danno Assoluto, Curva di Danno Relativo per battente idrico (categoria Residenziale)

Tabella 8.7- Discretizzazione del fattore di danno per battente idrico per la categoria Residenziale (fonte HKV)

Battente Idrico (m)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
Fattore di Danno	0	0.25	0.4	0.5	0.6	0.75	0.85	0.95	1





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 8.3.2. Uso Commerciale

La categoria d'uso del suolo commerciale è stata analizzata valutando anche il relativo ripristino. In questo caso solo la Svizzera presenta un valore di danno massimo particolarmente rilevante, rispetto al valore di danno massimo riscontrato per le altre nazioni per un battente idrico di sei metri. Il valore di danno per nazioni come Germania o Francia sono infatti inferiori a 500 €/m<sup>2</sup> contro il valore di 2200 €/m<sup>2</sup> circa che è utilizzato per la Svizzera o di 1600 €/m<sup>2</sup> per il Belgio. Il processo di calcolo del valore medio del danno massimo sulla curva armonizzata ha permesso di individuare per l'Italia il valore di 621 €/m<sup>2</sup>.

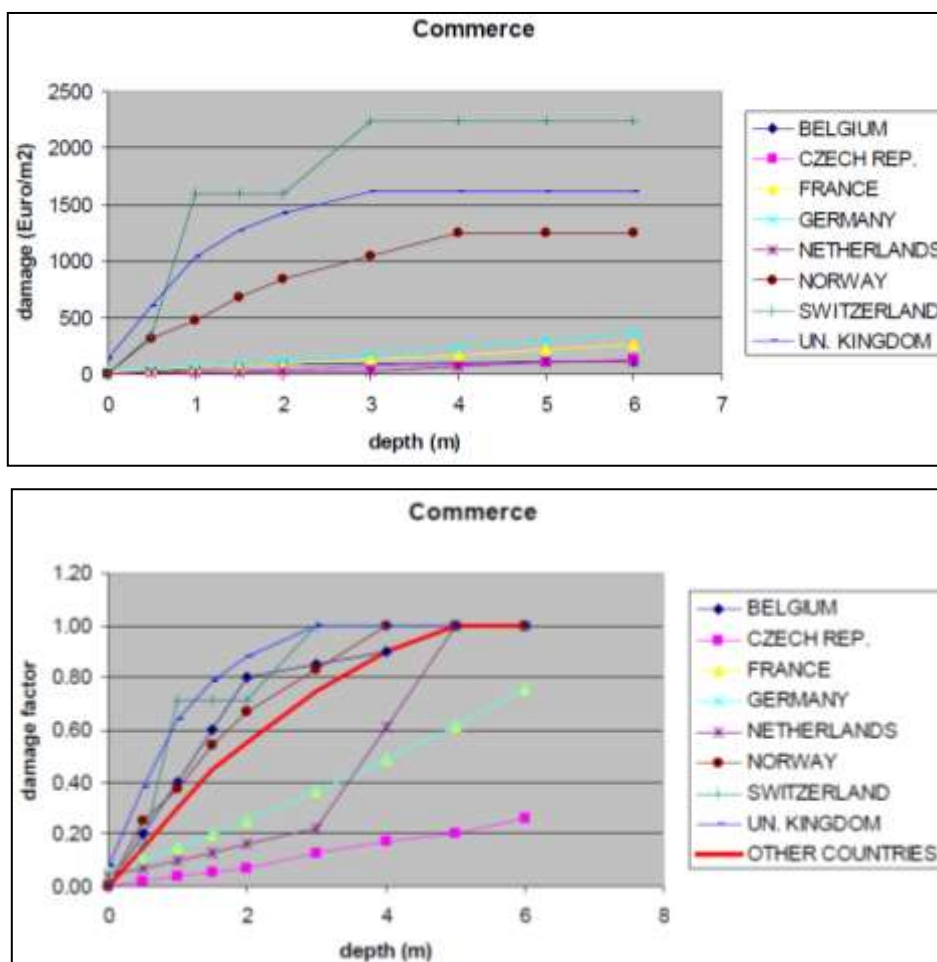


Figura 8.2 - Curva di Danno Assoluto, Curva di Danno Relativo per battente idrico (categoria Commerciale - fonte HKV).



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.8 - discretizzazione del fattore di danno per battente idrico per la categoria Commerciale (fonte HKV).**

Battente Idrico (m)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
Fattore di Danno	0	0.15	0.3	0.45	0.55	0.75	0.9	1	1

### 8.3.3. Uso Industriale

La categoria d'uso del suolo industriale è stata analizzata valutando anche il relativo inventario. Per tale categoria d'uso del suolo si osserva che per la Svizzera si è verificato un valore massimo del danno pari a 3000 €/m<sup>2</sup>, e di 1250 €/m<sup>2</sup> per Norvegia e Regno Unito, mentre i valori di danno massimo verificatisi nelle altre nazioni sono nettamente più bassi e inferiori a 300 €/m<sup>2</sup>. Il valore medio di danno massimo che è stato ricavato per la categoria d'uso del suolo industriale è pari a 534 €/m<sup>2</sup>.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

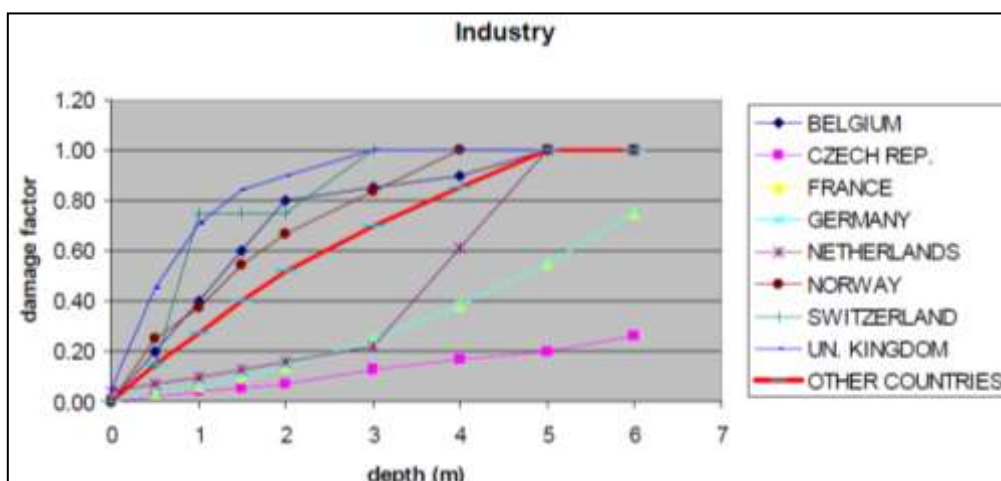
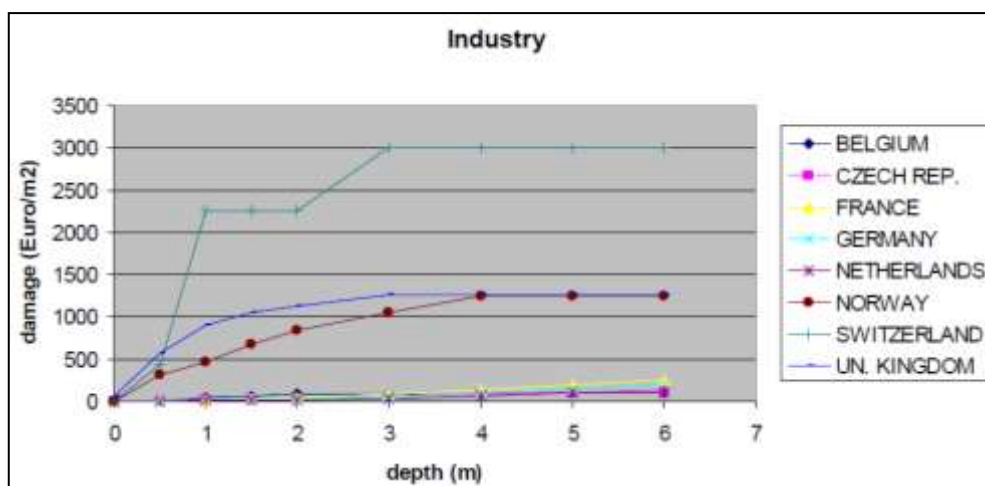


Figura 8.3 - Curva di Danno Assoluto, Curva di Danno Relativo per battente idrico (categoria Industriale - fonte HKV)

Tabella 8.9 - Discretizzazione del fattore di danno per battente idrico per la categoria Industriale (fonte HKV)

Battente Idrico (m)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
Fattore di Danno	0	0.15	0.27	0.4	0.53	0.7	0.85	1	1

### 8.3.4. Strade e Infrastrutture

L'andamento del danno per la categoria d'uso del suolo che descrive la rete stradale e le infrastrutture ha dei picchi di valore di danno massimo superiori ai 60 €/m<sup>2</sup> per il Belgio e l'Olanda mentre nelle altre nazioni è stato calcolato un valore intorno ai 10 €/m<sup>2</sup>. Il valore



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

medio del danno massimo ottenuto è pari a 24 €/m<sup>2</sup> se si verifica un battente idrico di sei metri.

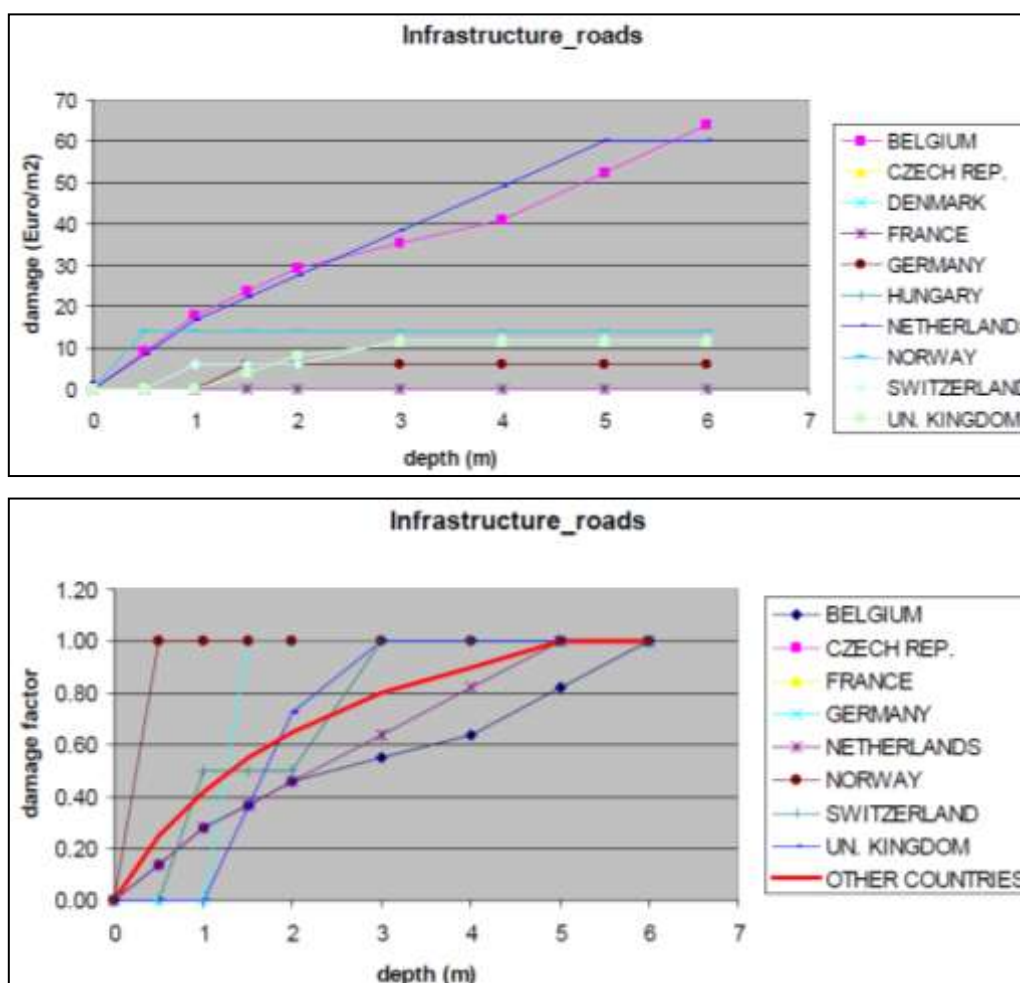


Figura 8.4 - Curva di Danno Assoluto, Curva di Danno Relativo per battente idrico (categoria di Strade e Infrastrutture - fonte HKV).

Tabella 8.10 - discretizzazione del fattore di danno per battente idrico per la categoria di Strade e Infrastrutture (fonte HKV)

Battente Idrico (m)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
Fattore di Danno	0	0.25	0.42	0.55	0.65	0.8	0.9	1	1



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 8.3.5. Uso Agricolo

L'analisi dei costi per la categoria d'uso del suolo agricolo evidenzia alcuni valori particolarmente bassi: in Svizzera si riscontra un danno massimo di circa 3.25 €/m<sup>2</sup> ma nelle restanti nazioni il valore riscontrato è intorno ai 0.50 €/m<sup>2</sup>.

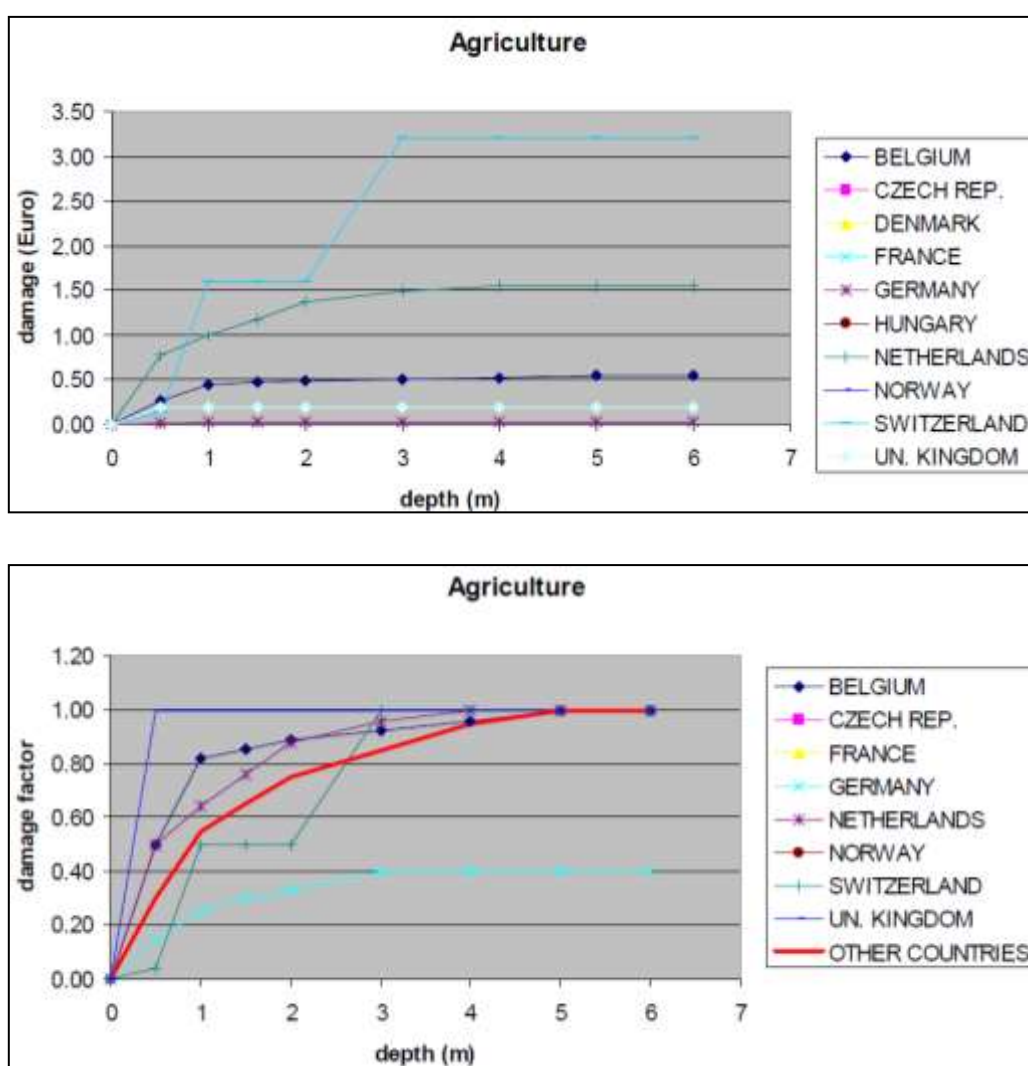


Figura 8.5 - Curva di Danno Assoluto, Curva di Danno Relativo per battente idrico per la categoria Agricola (fonte HKV)

**Tabella 8.11 - Discretizzazione del fattore di danno per battente idrico per la categoria Agricola (fonte HKV)**

Battente Idrico (m)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
Fattore di Danno	0	0.3	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1	1

#### 8.4. Elaborazione della proposta metodologica per la valutazione del danno da alluvione

Seguendo l'impostazione metodologica definita da HKV per il Joint Research Centre Institute, in prima analisi si è osservato che il Fattore di Danno stimabile per l'Italia con le curve armonizzate raggiunge il valore unitario in corrispondenza di un battente idrico pari a 5 metri, ad eccezione della categoria d'uso del suolo residenziale dove per lo stesso battente assume il valore di 0.95.

Si è comunque optato per considerare un range del battente idrico fino ai 5 metri ipotizzando che il valore di danno massimo per ciascuna categoria d'uso del suolo sia raggiunto in corrispondenza del battente idrico di cinque metri.

Nelle figure seguenti sono quindi fornite le curve di danno relativo fino ad un battente idrico massimo di 5 metri corredate delle espressioni polinomiali che interpretano i valori in ciascuna curva.

La procedura di stima è stata sviluppata per individuare per ciascuna maglia della griglia il danno conseguente al raggiungimento del battente idrico determinato dalla modellazione idraulica. Le espressioni per valutare il danno conseguente al rischio di esondazione seguono le indicazioni delle Linee Guida ISPRA. Di seguito, si è quindi determinato il rischio specifico, cui sarà soggetta ciascuna macrocategoria di uso del suolo e, di seguito, si è proceduto alla determinazione del danno complessivo che quantifica in termini economici il "rischio totale", considerando contemporaneamente tutte le categorie di elementi esposti.

Il rischio specifico per la singola categoria di elementi esposti è stata, quindi, valutata in termini economici e deriva dalla combinazione di un fattore di danno specifico, valore economico massimo associato all'unità di superficie con un dato uso del suolo, e dalla probabilità associata allo scenario di pericolosità esaminato.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Per realizzare questa procedura, la mappa dell'esondazione è stata trasferita nel grid come battente idrico in modo che a ogni singola cella corrispondesse uno specifico valore di altezza idrica di esondazione. La successiva sovrapposizione della mappa dell'uso del suolo, anch'essa in formato grid con celle delle stesse dimensioni delle celle della mappa dell'esondazione, ha permesso di valutare il danno di cella sulla base della categoria alla quale la cella appartiene.

In un determinato scenario di pericolosità (con tempo di ritorno  $T_R$  dell'evento di piena predefinito) il danno  $D_{i,k}$ , atteso nella cella  $j$  con riferimento alla categoria di uso del suolo  $k$ , si ottiene (in Euro) moltiplicando il danno specifico massimo  $D_{max,k}$  per l'uso per l'area della cella  $A_{i,k}$  e per il fattore di danno  $\alpha_k$  che è funzione del battente idrico  $h_i$ .

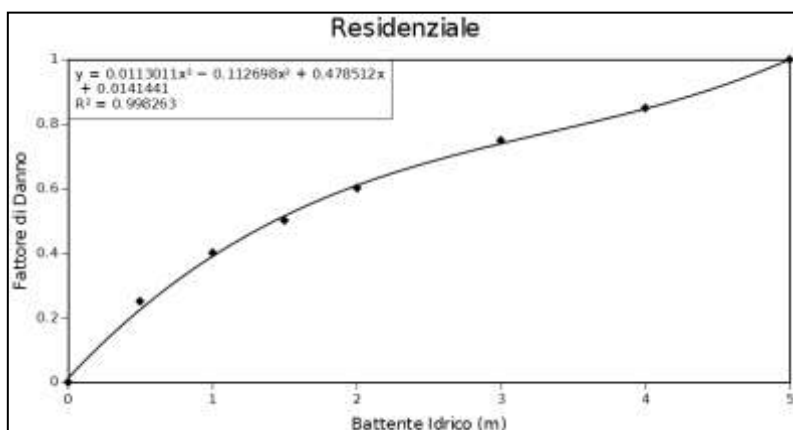


Figura 8.6 - Curva di Danno Relativo Rielaborata per la categoria Residenziale



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

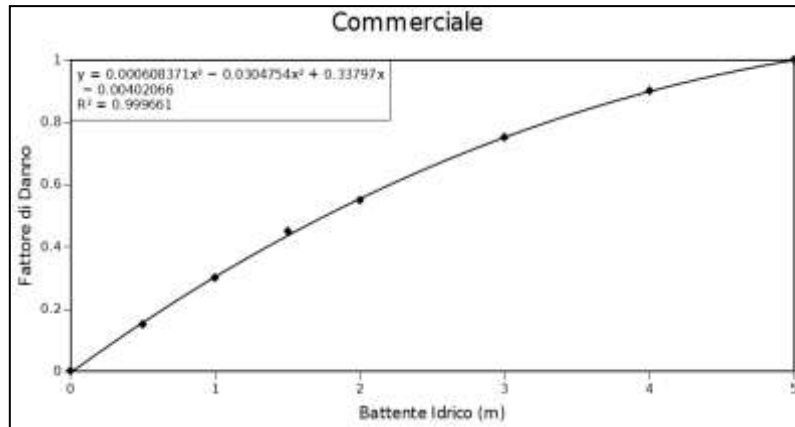


Figura 8.7 - Curva di Danno Relativo Rielaborata per la categoria Commerciale

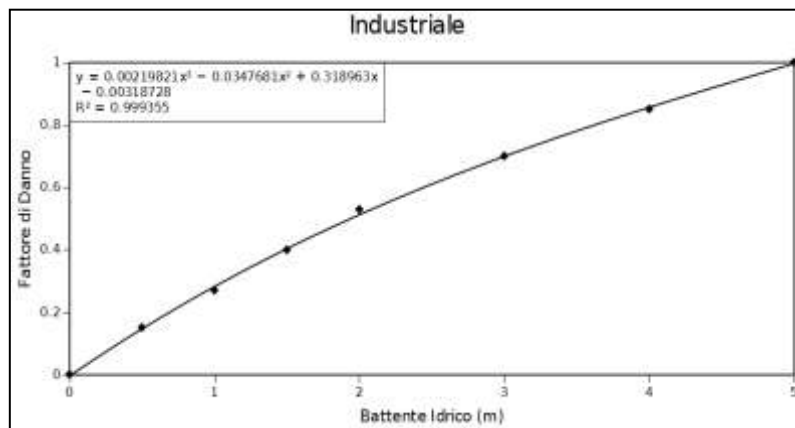


Figura 8.8 - Curva di Danno Relativo Rielaborata per la categoria Industriale

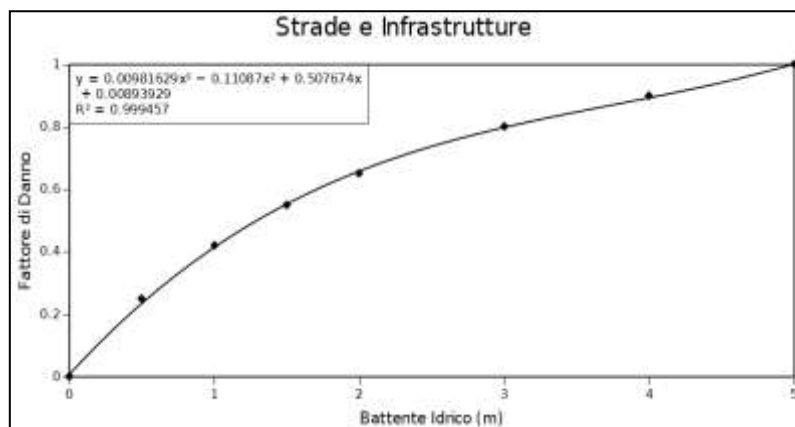


Figura 8.9 - Curva di Danno Relativo Rielaborata per la categoria di Strade e Infrastrutture





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

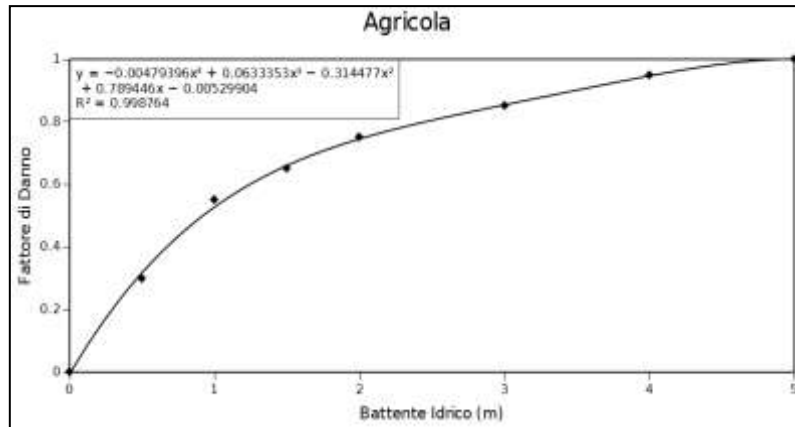


Figura 8.10 - Curva di Danno Relativo Rielaborata per la categoria Agricola

Si può quindi fare riferimento alla seguente espressione del danno da evento di piena nella cella  $i$ -esima della categoria  $k$ -esima:

$$D_{i,k} = \frac{h_i}{h_k} A_{i,k} D_{m,k} \quad (8.3)$$

Noto il danno in ogni singola cella è possibile valutare il danno per categoria d'uso del suolo per l'intero territorio a rischio di esondazione considerando la somma del danno nelle celle attribuite alla stessa categoria. Nella seguente espressione è effettuata la sommatoria estesa a tutte le celle  $N_k$  interessate dall'esondazione per la categoria  $k$  di uso del suolo:

$$D_k = \sum_{i=1, N_k} D_{k,i} \quad (8.4)$$

Il danno totale a seguito di un evento meteorico caratterizzato da un tempo di ritorno  $T_R$  sarà valutato dalla somma del danno computato per ogni categoria di uso del suolo.

Risulta pertanto:

$$D_{T_R} = \sum_{k=1, K} D_k \quad (8.5)$$

dove con  $K$  si è indicato il numero di categorie nell'uso del suolo individuate come economicamente significative per il territorio a rischio di esondazione. Se si considera la suddivisione dell'uso del suolo come individuata da HKV, le categorie sarebbero cinque (residenziale, commerciale, industriale, strade e infrastrutture, agricola) ma in questo



PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

studio, come si vedrà nel seguito, le categorie sono state ampliate considerando un maggiore numero di possibili caratterizzazioni.

Come già detto nelle premesse, nella valutazione costi-benefici i benefici devono essere intesi come riduzione dei danni. Pertanto, per la valutazione dei benefici occorre associare a ciascun valore della portata di piena, ovvero alla sua probabilità di accadimento, la corrispondente entità del danno conseguente. Questa relazione deve essere determinata con riferimento alla situazione antecedente alla realizzazione delle opere (stato attuale) e alla situazione successiva alla realizzazione delle opere (scenari di intervento).

Preliminarmente alla applicazione di questa procedura di stima del danno da alluvione, la stessa è stata sottoposta ad un processo di validazione per il territorio della Sardegna, del quale si riferisce di seguito.

#### 8.5. Validazione della Metodologia di Stima del Danno di Alluvione

La metodologia di stima del danno di piena è stata sottoposta a un processo di validazione utilizzando i dati disponibili per l'alluvione che il 22 Ottobre 2008 ha interessato la Sardegna meridionale. In particolar modo l'attenzione è stata focalizzata nell'analisi dei dati disponibili per il territorio del comune di Capoterra. Per verificare i risultati conseguenti all'applicazione della metodologia di stima del danno illustrata nel precedente paragrafo, è stata preliminarmente eseguita una ricerca sugli indennizzi richiesti, sulla base di perizie effettuate dai tecnici, e liquidati per i danni nelle categorie d'uso del territorio Residenziale, Commerciale e Agricola.

Le informazioni sulle pratiche d'indennizzo delle categorie Residenziale e Commerciale sono state reperite presso il Comune di Capoterra e sono state preliminarmente georeferenziate per poter effettuare l'analisi del danno secondo le procedure illustrate nel precedente paragrafo. L'Agenzia regionale ARGEA-Sardegna ha fornito le informazioni riguardanti la categoria d'uso del suolo Agricola che consente di verificare anche per tale categoria la procedura di valutazione del danno.

La georeferenziazione delle unità immobiliari presenti nelle pratiche di indennizzo è avvenuta incrociando le informazioni reperite e Google Maps© (utilizzando la



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

localizzazione delle pratiche mediante il numero civico della residenza/attività commerciale) e lo shape file catastale di Capoterra. Questi dati hanno permesso, in prima analisi, di conoscere l'area catastale totale danneggiata dall'evento di piena e il relativo danno totale periziato, riportati nelle Tabella 8.12 e Tabella 8.13. Per la categoria Residenziale con le perizie si è stimato un danno totale di 11.53 Milioni di Euro su un territorio di 507945.57 m<sup>2</sup>, mentre per la categoria d'uso del suolo Commerciale il danno totale è stato stimato pari a 0.37 Milioni di Euro per una superficie totale di 37606.10 m<sup>2</sup>.

**Tabella 8.12 - Danno Totale periziato e relativa area danneggiata per la categoria d'uso del suolo Residenziale**

Residenziale	
Danno Totale Periziato (Mln €)	Area Catastale Totale Danneggiata (m <sup>2</sup> )
11.53	507945.57

**Tabella 8.13 - Danno Totale periziato e relativa area danneggiata per la categoria d'uso del suolo Commerciale**

Commerciale	
Danno Totale Periziato (Mln €)	Area Catastale Totale Danneggiata (m <sup>2</sup> )
0.37	37606.10

L'analisi delle informazioni per la categoria d'uso del suolo Agricola differisce, necessariamente, da quello applicato per le categorie d'uso del suolo Residenziale e Commerciale. Le informazioni trasmesse dall'ARGEASardegna consistono in dati catastali, quali foglio e mappali dei terreni agricoli con dilavamento e danneggiamento delle strutture produttive (ad es.: serre e tunnel), fabbricati, strutture aziendali, perdita di capi di bestiame, scorte morte e anche perdite di impianti arborei e colture in atto, coerentemente con la Delibera Regionale 69/28 del 10 Dicembre 2008 relativa alla ripresa dell'attività economica e produttiva delle aziende agricole.

La localizzazione dei mappali delle pratiche di indennizzo nello shapefile catastale di Capoterra ha permesso di individuare 36 aziende danneggiate per le quali è stata presentata una richiesta di indennizzo contro le 189 segnalate dal comune di Capoterra. In tutte le pratiche era segnalato il totale di ettari danneggiati e l'importo richiesto, tuttavia per alcune domande non tutti i mappali sono stati individuati nello shape file e di alcune domande non tutti i mappali erano stati correttamente indicati. Per questo motivo le

domande analizzabili per l'individuazione del danno specifico della categoria agricola, da 36 disponibili, si sono ridotte a 17.

Se si considerassero tutte le 36 domande trasmesse dall'ARGEA, il danno totale richiesto è pari a 5.01 Milioni di Euro per un totale di area danneggiata di 11858.10 m<sup>2</sup>, come indicato in Tabella 8.14. La stima del danno limitata alle sole pratiche completamente localizzabili nel territorio fornisce una stima del danno totale pari a 2.36 Milioni di Euro su una superficie totale di 4347.22 m<sup>2</sup>, come indicato in Tabella 8.15.

**Tabella 8.14 - Danno Totale da evento di piena e relativa area danneggiata per le 36 aziende risarcite.**

Agricola	
Danno totale richiesto (Mln €)	Superficie (m <sup>2</sup> )
5.01	11858.10

**Tabella 8.15 - Danno Totale da evento di piena e relativa area danneggiata per le 17 aziende localizzate**

Agricola Localizzabili	
Danno totale richiesto (Mln €)	Superficie (m <sup>2</sup> )
2.36	4347.22

### 8.5.1. Categoria d'uso del suolo Residenziale.

#### 8.5.1.1. *Analisi sulla base dell'Area dei Lotti Catastali*

Il danno periziato e l'area catastale del relativo lotto hanno permesso di conoscere l'entità del danno specifico in Euro per metro quadro di superficie catastale (€/m<sup>2</sup>) di ogni singola pratica. Con tale procedura si è ottenuto un valore medio del danno di 40.78 €/m<sup>2</sup> e un danno massimo di 630.58 €/m<sup>2</sup>, come indicato in Tabella 8.16. Si ricorda che il valore di danno massimo calcolato per l'Italia con la procedura illustrata nel paragrafo precedente per la categoria residenziale è stato pari a 618 €/m<sup>2</sup>: si può perciò riscontrare che, in termini di danno massimo, con questa analisi si ottiene un valore molto prossimo. Tuttavia il valore di del danno medio, risultato pari a 40.78 €/m<sup>2</sup>, evidenzia invece un valore molto basso, ad esso corrisponderebbe un battente idrico di soli 0.13 m, come si riscontra dalla Figura 8.12.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 8.16 - Analisi Statistica del Danno Specifico. Categoria Residenziale

Analisi del Danno Specifico €/m <sup>2</sup>							
Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
40.78	50.99	0.14	630.58	27.55	91.76	142.75	4.87

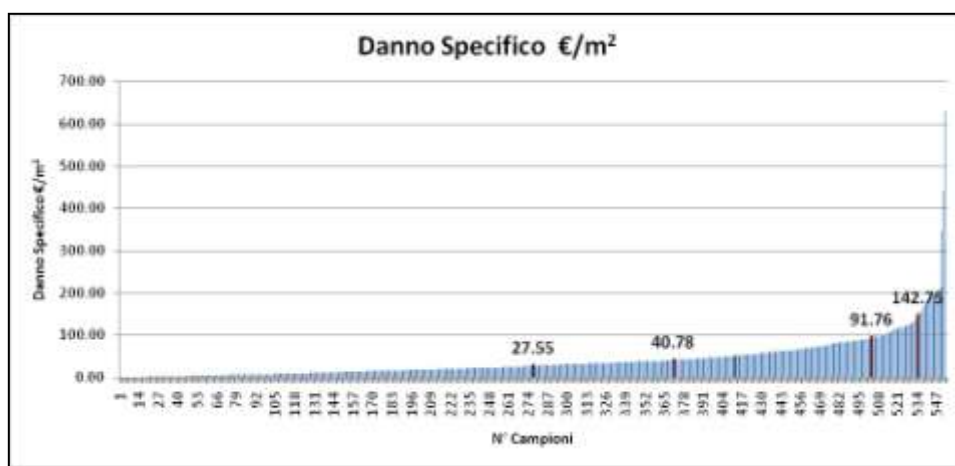


Figura 8.11 - Istogramma del Danno Specifico. Categoria Residenziale



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

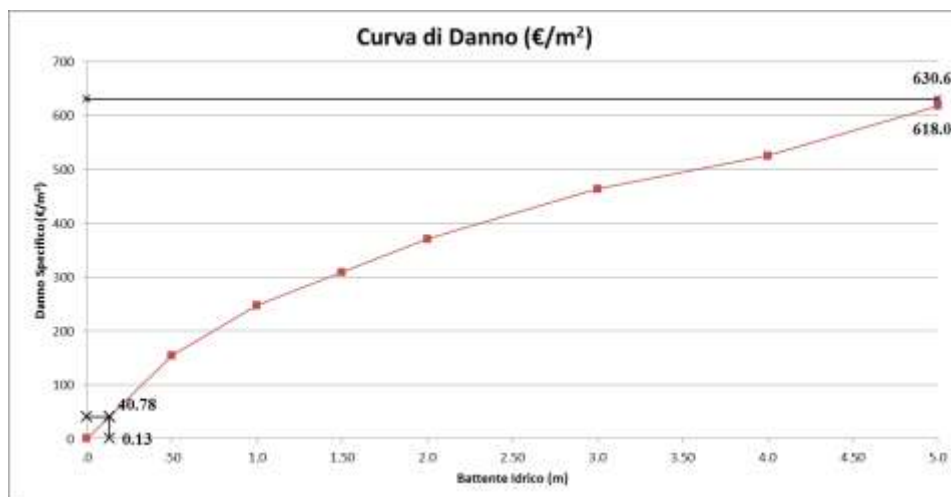


Figura 8.12 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi su Capoterra. Categoria Residenziale

### 8.5.1.2. *Analisi sulla base dell'Area del Lotto Catastale su Rio San Girolamo e La Maddalena*

Grazie alla disponibilità della ricostruzione per l'evento del 2008 delle caratteristiche dell'esondazione del Rio San Girolamo e del Rio Masone Ollastu è stato possibile affinare l'analisi di stima dei danni. Infatti, in una seconda fase, sono stati selezionati i soli record che ricadono nell'area di esondazione e a ognuno di essi è stato assegnato il battente idrico massimo che si è verificato durante l'evento, come sintetizzato in Figura 8.13.

Limitatamente al territorio in prossimità del Rio San Girolamo e La Maddalena, interessati dall'esondazione diretta dei corsi d'acqua, il danno massimo così stimato è di 203.06 €/m<sup>2</sup>, mentre il valore medio del danno risulta pari a 43.90 €/m<sup>2</sup> (v. Tabella 8.17).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

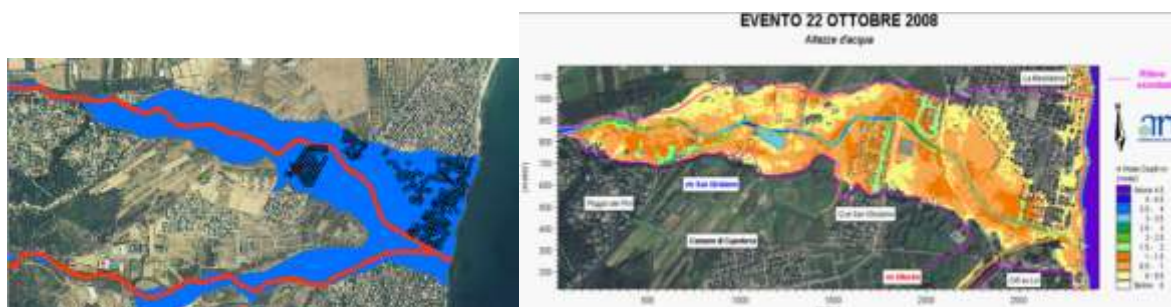


Figura 8.13 - Mappa dell'area esondata e relativa individuazione dei battenti idrici massimi nell'area di Rio San Girolamo e Rio Masone Ollastu. Categoria Residenziale

Tabella 8.17 - Analisi Statistica del Danno Specifico. Categoria Residenziale nell'area di Rio San Girolamo e La Maddalena

Analisi del Danno Specifico €/m <sup>2</sup>							
Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
43.90	36.21	0.14	203.06	35.38	80.11	116.32	1.64

L'andamento dei risultati ottenuti, anche con questo filtro non seguono correttamente l'andamento della curva normalizzata europea. Si riscontra dalla Figura 8.14 come i valori periziati siano in genere più bassi rispetto alla curva normalizzata.

In termini globali, applicando il processo di valutazione del danno illustrato nel precedente paragrafo, si ottiene una stima del danno totale pari 101.73 Mln di € (e una superficie di 304403.92 m<sup>2</sup>) contro i 9.21 Mln di € periziati (v. Tabella 8.18).

In conformità con questi risultati, si è ritenuto che la procedura di valutazione del danno dovesse essere modificata **valutando il danno sull'area effettivamente coperta dalle unità immobiliari**. Questo dato è stato ottenuto utilizzando l'indice di fabbricabilità che fornisce l'aliquota di copertura in funzione della zona di urbanizzazione su cui ricade il lotto.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 8.18 - Confronto tra Danno Totale Periziato e Danno Totale Potenziale per l'area di Rio San Girolamo e La Maddalena

Area Totale Danneggiata (m <sup>2</sup> )	Danno Totale (Mln €)	
	Periziato	EU sulla base dell'area catastale del lotto
304403.92	9.21	101.73

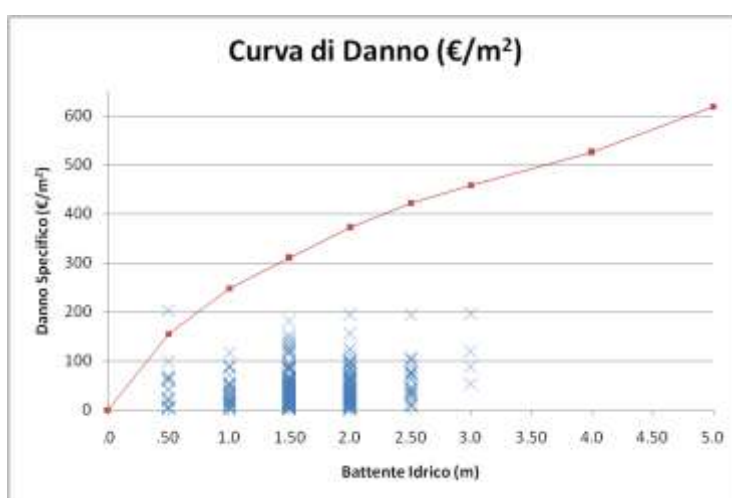


Figura 8.14 - Curva di Danno del JRC e distribuzione dei dati Residenziale per Rio San Girolamo e La Maddalena

### 8.5.1.3. Analisi sulla base dell'Area effettivamente coperta

Per il calcolo dell'area coperta, in ciascuna pratica sono stati recuperati la mappa che individua la zonizzazione del territorio e il piano di fabbricabilità. Incrociando questi dati è stato possibile conoscere l'indice di copertura di ogni lotto interessato. Il codice in Figura 8.15 sintetizza l'attribuzione dell'indice di fabbricabilità che per la zona considerata si evidenzia, in genere, particolarmente basso.

L'attendibilità di queste attribuzioni è stata verificata con una procedura che in modo casuale ha estratto 61 elementi del data-base e ha verificato con una attenta analisi i valori ottenuti. Individuata sull'ortofoto e l'area catastale del lotto il rapporto tra l'area dell'edificio e l'area del lotto è stata calcolata con l'ausilio dello shape file catastale. Come mostrato in Tabella 8.19, i risultati ottenuti verificano ampiamente quanto valutato sulla base degli indici di fabbricabilità.





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Il danno totale risarcito resta, ovviamente, pari a 11.538 Mln di Euro, come già riportato, ma lo stesso è associato a una superficie di 165869.59 m<sup>2</sup> contro i 507945.57 m<sup>2</sup> dati precedentemente (vedi Tabella 8.20).

Conseguentemente, il valore medio del danno aumenta a 117.7 €/m<sup>2</sup> (nella curva corrisponde a un battente idrico di 0.38 m). Dall'istogramma in Figura 8.16 si osserva la nuova distribuzione della curva del danno.

```

Dim C, IdC
C=[CodicZoniz]

select case C
case "A1": IdC=0.9
case "B1": IdC=0.6
case "C1": IdC=0.3
case "C1a": IdC=0.3
case "C1b": IdC=0.3
case "C1c": IdC=0.3
case "C1d": IdC=0.3
case "C2": IdC=0.25
case "C3": IdC=0.25

end select

```

**Tabella 8.19 - Verifica degli Indici di Copertura del Piano di Fabbricabilità**

Codice Zonizzazione	IdC Indice di Copertura (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Valore Verificato
A1	0.90	0.84
B1	0.60	0.56
C1	0.30	0.30
C2	0.25	0.25

**Figura 8.15 - Attribuzione ad ogni record del relativo Indice di Copertura**

**Tabella 8.20 - Confronto dell'area Totale Catastale e relativa area Coperta**

Residenziale		
Danno Totale Periziato (Mln €)	Area Totale Catastale Danneggiata (m2)	Area Totale Coperta Danneggiata (m2)
11.538	507945.57	165869.59

**Tabella 8.21 Analisi Statistica del Danno Specifico per l'area coperta. Categoria Residenziale**

Analisi del Danno Specifico €/m2							
Valore Medio (μ)	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	μ + SD	μ + 2SD	Coef. Asimmetria
117.97	127.11	0.46	1050.97	78.35	245.07	372.18	2.43



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

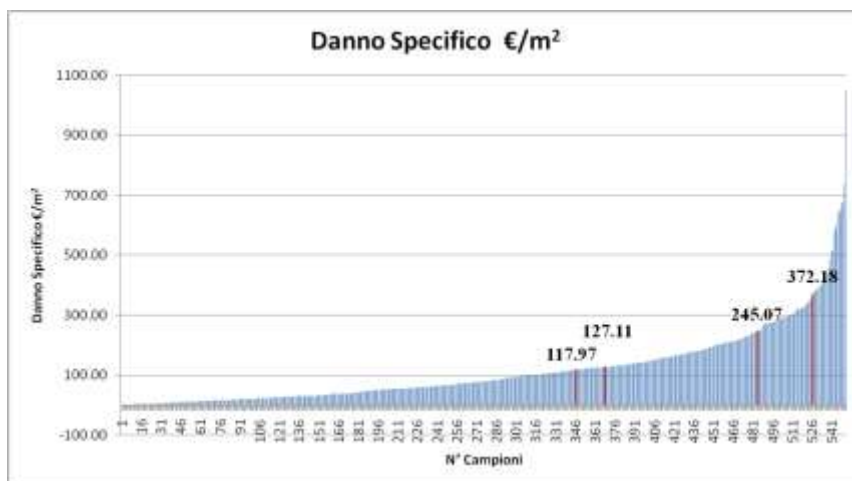


Figura 8.16 - Istogramma del Danno Specifico per l'area coperta. Categoria Residenziale

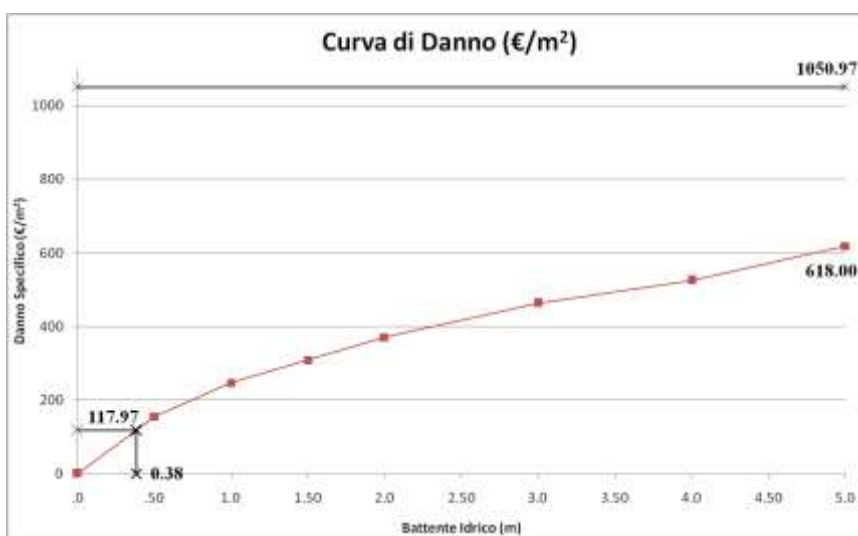


Figura 8.17 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi dei dati di Capoterra per l'area coperta. Categoria Residenziale

#### 8.5.1.4. Analisi su Area effettivamente Coperta nelle zone del Rio San Girolamo e La Maddalena

Come in precedenza, per poter valutare il danno con la procedura proposta e confrontare i dati con quelli periziati, l'analisi è stata limitata all'area di effettiva esondazione del fiume. I nuovi risultati sono riportati Figura 8.18. Il valore medio del danno, come mostra la



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 8.22, è di 146.37 €/m<sup>2</sup> a cui corrisponderebbe un battente idrico di 0.47 m, (v. Figura 8.19). Il valore massimo del danno è di 676.87 €/m<sup>2</sup>, prossimo al valore di 618 €/m<sup>2</sup>, che si dovrebbe verificare qualora il battente idrico fosse pari o superiore ai 5 m.

Tabella 8.22 - Analisi Statistica del Danno Specifico per l'area coperta per RIO S.GIROLAMO e La Maddalena. Categoria Residenziale

Analisi del Danno Specifico €/m <sup>2</sup>							
Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
146.37	120.69	0.46	676.87	117.94	267.05	387.74	1.64

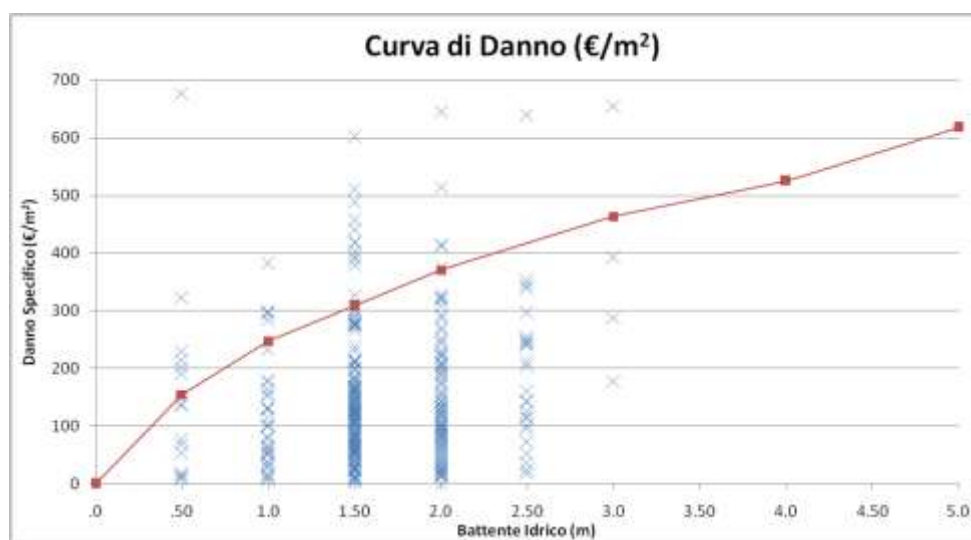


Figura 8.18 - Curva di Danno del JRC e distribuzione dei dati Residenziale per Rio San Girolamo e La Maddalena per l'area coperta



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

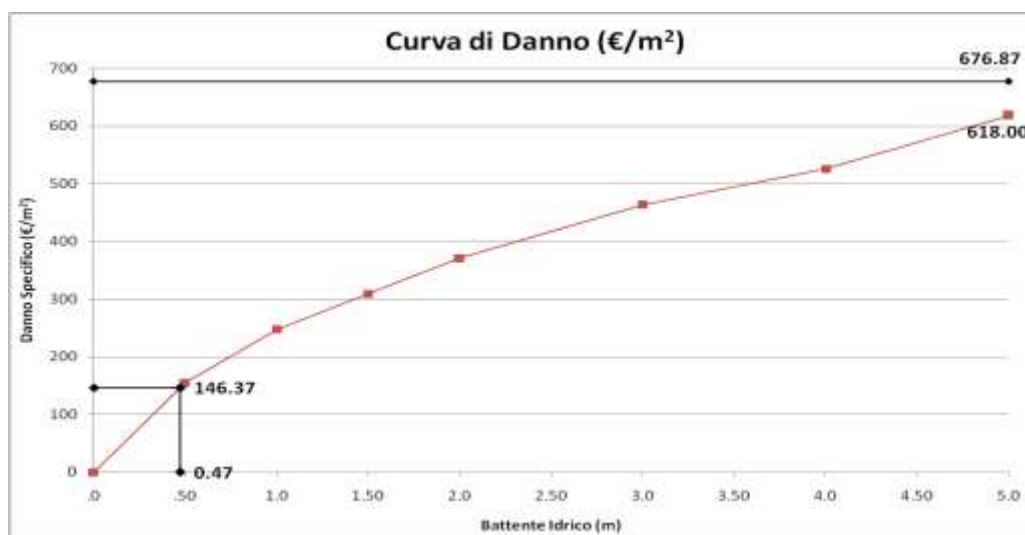


Figura 8.19 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi dei dati di Capoterra per l'area coperta per RIO S.GIROLAMO e La Maddalena. Categoria Residenziale.

In termini di danno totale, i valori in Tabella 8.23 mostrano una riduzione dell'area totale danneggiata che, come area coperta, scende da 304403.93 m<sup>2</sup> a 91279.01 m<sup>2</sup>. Si ottiene, inoltre, un notevole avvicinamento nella stima ottenuta per il danno totale con la procedura proposta che da 101.73 Mln di € si riduce a 30.51 Mln di € per il territorio considerato.

Anche sulla base di valutazioni di altro tipo realizzate sulle conseguenze dell'evento, si può ritenere che tale valore sia molto prossimo al valore del danno reale nel comparto dell'area residenziale. Un rapporto di 1 a 3 tra valori periziati ai fini delle richieste di indennizzo e valore del danno effettivo si può ritenere prossimo alla situazione reale.

Tabella 8.23 - Confronto tra Danno Totale Risarcito e Danno Totale Potenziale (in milioni di Euro) per l'intera area catastale e la sola area coperta. Rio San Girolamo e La Maddalena

Periziato	EU computato sull'area dell'intero lotto catastale (Area Danneggiata in ettari)	EU computato in base all'IdC (Area Danneggiata in ettari)
9.21	101.73 (30.5)	30.51 (91.3)



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

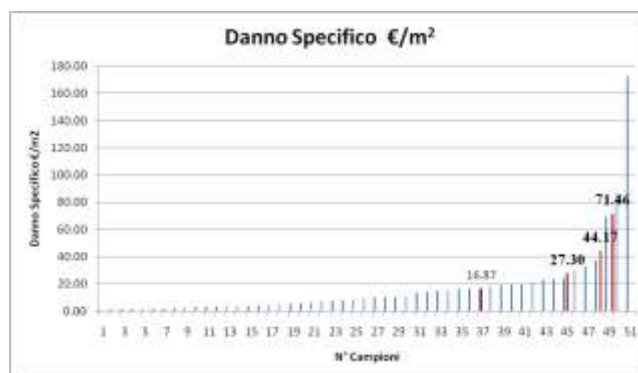
## 8.5.2. Categoria d'uso del suolo Commerciale

### 8.5.2.1. Analisi sulla base dell'Area del Lotto Catastale sul territorio di Capoterra

Il danno periziato e la relativa area catastale del lotto corrispondente nel caso della categoria d'uso del suolo Commerciale ha permesso di conoscere l'entità del danno in Euro per metro quadro di superficie catastale di ogni singola pratica. Le informazioni ricavate sono state sottoposte ad analisi statistica, come nell'uso residenziale, e si è ottenuto un valore medio del danno di 16.87 €/m<sup>2</sup> e un danno massimo di 172.05 €/m<sup>2</sup>, (v. Tabella 8.24). Anche in questa categoria d'uso i valori ottenuti sono molto inferiori rispetto a quelli attesi (v. Figura 8.20 e Figura 8.21).

**Tabella 8.24 - Analisi Statistica del Danno Specifico. Categoria Commerciale**

Analisi del Danno Specifico €/m <sup>2</sup>							
Valore Medio (μ)	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	μ + SD	μ + 2SD	Coef. Asimmetria
16.87	27.30	1.13	172.05	9.88	44.17	71.46	4.28



**Figura 8.20 - Istogramma del Danno Specifico. Categoria Commerciale**



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

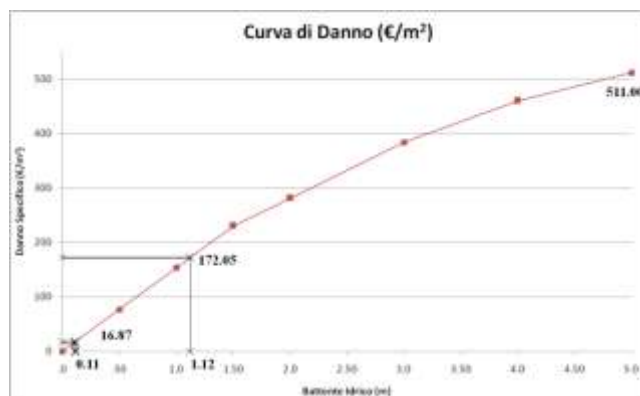


Figura 8.21 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi su Capoterra. Categoria Commerciale

Tabella 8.25 - Analisi Statistica del Danno Specifico. Categoria Commerciale nell'area di Rio San Girolamo e La Maddalena

Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
8.72	6.82	2.00	23.35	7.05	15.54	22.36	0.96

Anche in questo caso sono stati selezionati i records che ricadono nell'area di esondazione del Rio San Girolamo e il Rio Masone Ollastu per i quali è valutabile il battente idrico (v. Figura 8.22).

Questa analisi ha riscontrato un valore medio di soli a 8.72 €/m<sup>2</sup>, ovvero la metà rispetto al valore di 16.87 €/m<sup>2</sup> ottenuto sull'intero territorio, (v. Tabella 8.25). Questo risultato è da mettere in relazione col fatto che non sono presenti importanti attività commerciali nella zona di esondazione.

A riscontro di ciò si ha che il risultato della stima con la procedura proposta fornisce un risultato nettamente superiore rispetto al valore periziato (v. Tabella 8.26). In una seconda fase, anche per la categoria d'uso del suolo Commerciale ogni pratica è stata definita in termini della zonizzazione stima dell'indice di copertura, come avvenuto per la categoria d'uso del suolo Residenziale.

I risultati di quest'analisi sono riportati in Tabella 8.27 ove, tuttavia, si riscontra solo un leggero innalzamento del valore medio del danno specifico.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Infine, l'analisi è stata ripetuta sui dati che ricadono all'interno dell'area di esondazione. Dalla Figura 8.26, si riscontra come i valori si incrementano: il valore medio (v. Tabella 8.29) è di 28.15 €/m<sup>2</sup> a cui corrisponderebbe un battente idrico di 0.18 m ; il valore massimo è invece di soli 77.83 €/m<sup>2</sup>.

Relativamente a questa tipologia di uso, si vuole tuttavia rimarcare la limitatezza del campione e la tipologia delle attività commerciali di modeste dimensioni in questo ambito territoriale.

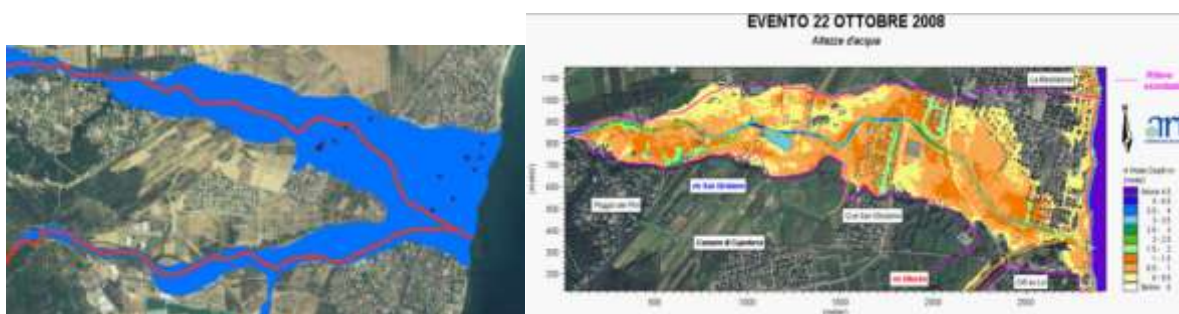


Figura 8.22 - Mappa dell'area esondata e relativa individuazione dei battenti idrici massimi nell'area di Rio San Girolamo e Rio Masone Ollastu. Categoria Commerciale

Tabella 8.26 - Confronto tra Danno Totale Periziato e Danno Totale Potenziale (in milioni di Euro) per l'area di Rio San Girolamo e La Maddalena (su un'area totale danneggiata di 18883 m<sup>2</sup>)

Danno totale periziato (Mln €)	Danno EU sulla base dell'area catastale del lotto (Mln €)
0.13	4.90



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.27 - Confronto dell'area totale catastale e la sola area coperta per la categoria commerciale**

Danno Totale Periziato (Mln €)	Totale Area Catastale Danneggiata (m <sup>2</sup> )	Totale Area Coperta Danneggiata (m <sup>2</sup> )
0.372	37606	15678

**Tabella 8.28 - Analisi Statistica del Danno Specifico in €/m<sup>2</sup> valutato per l'area coperta. Categoria Commerciale**

Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
36.01	56.83	1.89	289.56	20.18	92.84	149.66	3.73



**Figura 8.23 - Curva di Danno del JRC e distribuzione dei dati Commerciali per Rio San Girolamo e La Maddalena**

**Tabella 8.29 - Analisi Statistica del Danno Specifico in €/m<sup>2</sup> valutato per l'area coperta per Rio S.Girolamo e La Maddalena. Categoria Commerciale**

Analisi del Danno Specifico							
Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
28.15	23.02	6.68	77.83	18.56	51.17	74.20	1.04





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

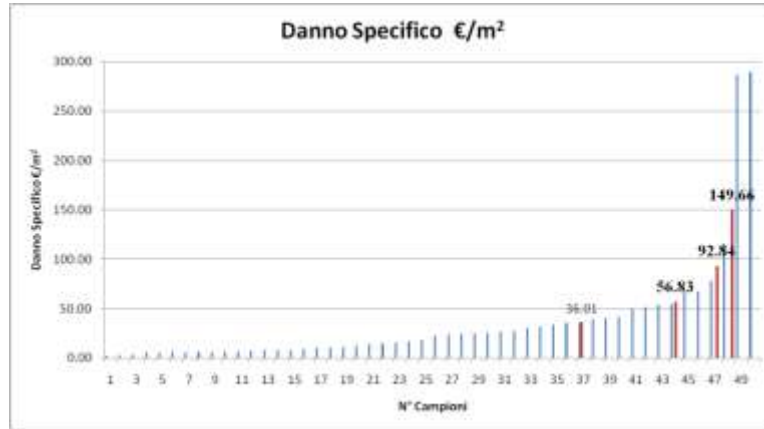


Figura 8.24 - Istogramma del Danno Specifico per l'area coperta. Categoria Commerciale

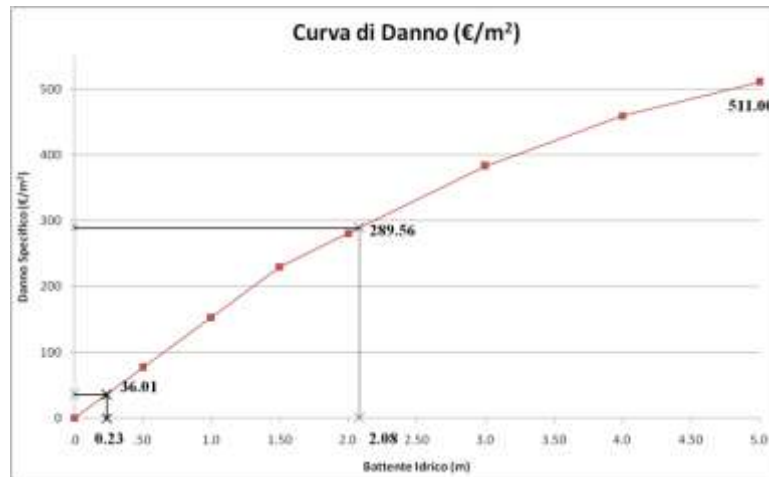


Figura 8.25 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi dei dati di Capoterra per l'area coperta. Categoria Commerciale

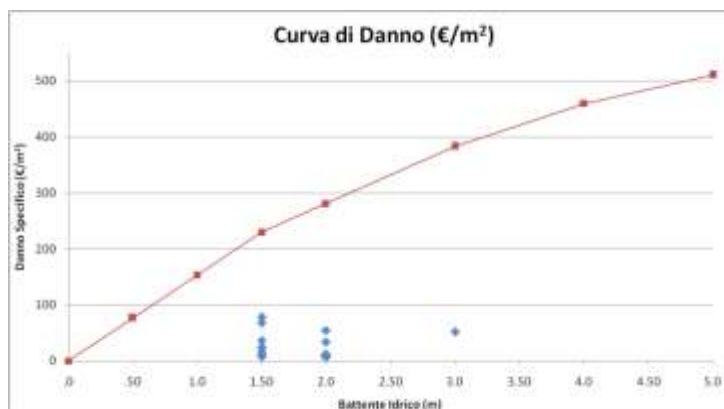


REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.30 - Confronto tra Danno Totale Risarcito, Danno Totale Potenziale per l'intera area catastale e dell'area coperta. Rio San Girolamo e La Maddalena**

Danno Totale Mln €		
Periziato	EU computato sull'area dell'intero lotto catastale	EU computato in base all'IdC
0.13	4.90	1.53
Area Danneggiata (m <sup>2</sup> )	18883.60	5924.71



**Figura 8.26 Curva di Danno del JRC e distribuzione dei dati Commerciali per Rio S. Girolamo e La Maddalena per l'area coperta**



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

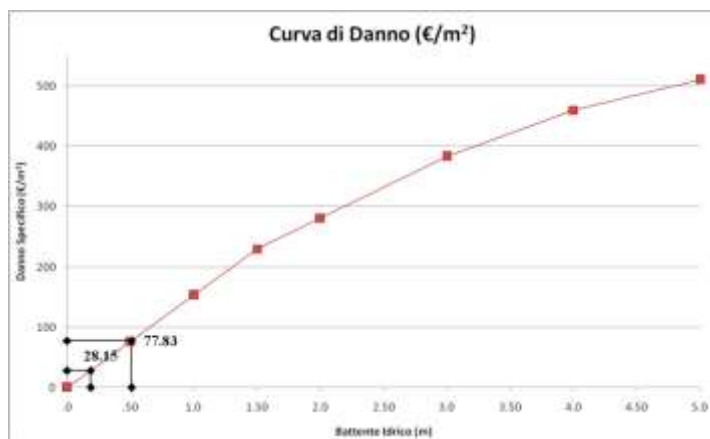


Figura 8.27 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi dei dati di Capoterra per l'area coperta per Rio S.Girolamo e La Maddalena. Categoria Commerciali

### 8.5.3. Categoria d'uso del suolo Agricola.

#### 8.5.3.1. Analisi sulla base delle informazioni dichiarate nelle richieste d'indennizzo.

Il danno richiesto come indennizzo dalle 17 aziende agricole localizzabili nel territorio e la relativa area danneggiata hanno permesso di conoscere l'entità del danno specifico in Euro per metro quadro di superficie ( $\text{€/m}^2$ ) per ogni singola azienda agricola, (v. Tabella 8.31). Le informazioni ricavate sono state sottoposte ad analisi statistica e si è ottenuto un valore medio del danno molto elevato, pari a  $1101.01 \text{ €/m}^2$ , e un danno massimo di  $9932.02 \text{ €/m}^2$ , (v. Tabella 8.32 e Figura 8.29).



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.31 - Dati delle 17 aziende agricole localizzate nel catastrale interamente**

ID	Importo Richiesto (€)	Superficie dichiarata (m <sup>2</sup> )	Danno Specifico per pratica (€/m <sup>2</sup> )
1	81 608	117	697.51
3	143 756	196	733.45
4	844 221	85	9 932.02
6	138 227	130	1 063.28
10	187 144	134	1 398.48
12	33 275	211	157.39
17	3 575	65	55.00
18	11 985	61	196.47
19	4 753	26	182.81
20	229 255	95	2 413.21
21	42 272	80	528.53
23	138 485	617	224.45
29	45 250	471	96.07
30	24 499	471	52.02
31	385 199	1478	260.62
32	32 754	62	528.29
33	9 482	48	197.53

**Tabella 8.32 - Analisi Statistica del Danno Specifico. Categoria Agricola**

Analisi del Danno Specifico €/m <sup>2</sup>							
Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
1101.01	2355.83	52.02	9932.02	260.62	3456.84	5812.67	3.70



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

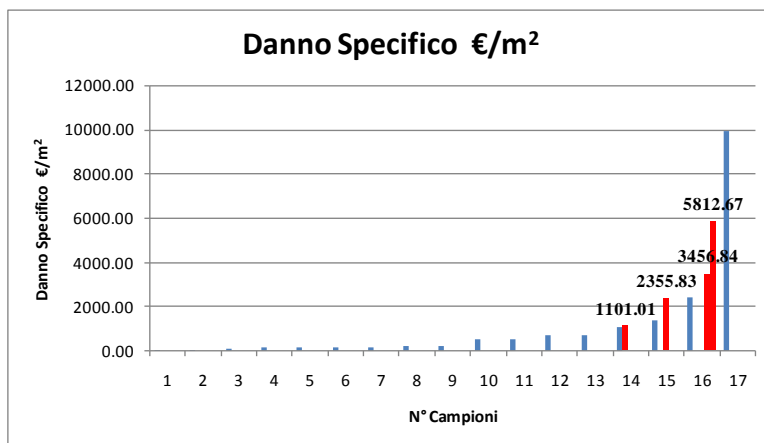


Figura 8.28 - Istogramma del Danno Specifico. Categoria Agricola

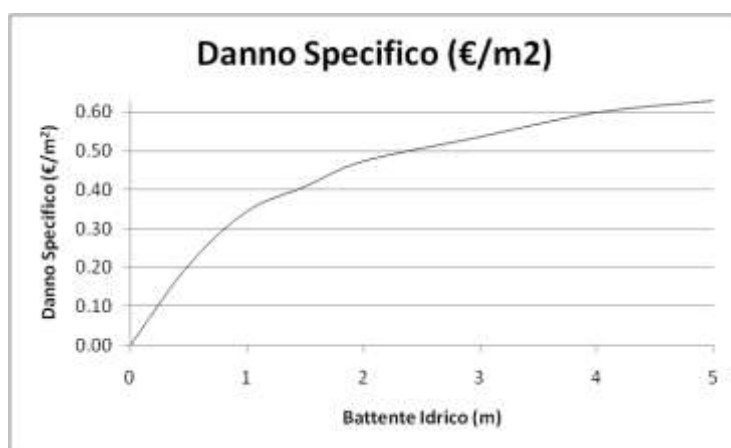


Figura 8.29 - Curva di Danno Assoluto del JRC e risultati dell'analisi su Capoterra. Categoria Agricola

### 8.5.3.2. Analisi sulla base dell'Area Catastale dei mappali localizzati.

Ipotizzando un'erronea valutazione della superficie danneggiata presente nella domanda di risarcimento, si è ricalcolata l'area danneggiata grazie alle informazioni presenti nello shape file catastale di Capoterra e relative alle domande caratterizzate dalla completa localizzazione delle informazioni. I risultati, sono mostrati in Tabella 8.33, ed evidenziano che le superfici rilevate nel catastale sono nettamente superiori rispetto a quelle presentate in domanda (v. Tabella 8.31).



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

L'analisi statistica determina un valore medio pari a 6.38 €/m<sup>2</sup>, un valore di deviazione standard di 12.12 €/m<sup>2</sup> e valore massimo di 52.00 €/m<sup>2</sup>.

Numero Pratica	Area Totale (m2)	Indennizzo Richiesto (€)	Danno Specifico (€/m2)
1	37 025.70	81 608.40	2.20
3	31 461.68	143 756.00	4.57
4	16 234.46	844 221.00	52.00
6	37 214.37	138 227.00	3.71
10	21 951.34	187 144.00	8.53
12	19 001.24	33 275.00	1.75
17	5 576.36	3 575.15	0.64
18	15 113.85	11 984.60	0.79
19	8 146.70	4 752.95	0.58



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

20	18 472.25	229 255.00	12.41
21	14 453.34	42 271.80	2.92
23	31 450.31	138 485.00	4.40
29	13 661.56	45 250.00	3.31
30	13 151.71	24 499.50	1.86
31	107 227.50	385 199.00	3.59
32	10 830.80	32 754.20	3.02
33	4 472.23	9 481.50	2.12

Tabella 8.34

Non è stato possibile calcolare il potenziale danno da evento di piena con la tecnica illustrata nel precedente paragrafo in quanto non ci sono sufficienti informazioni relative al battente idrico nei terreni agricoli interessati. Dalla Figura 8.31 si evidenzia la localizzazione delle aree agricole danneggiate. In termini qualitativi, analizzando la Figura 8.32, si può ritenere che gran parte dell'area agricola sia stata interessata con battente idrico di circa 1 metro mentre una parte di superficie minore è stata danneggiata con il battente idrico massimo di 1.5 metri, come indicato dalla leggenda a lato della stessa figura.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.33 - Dati delle 17 aziende agricole correttamente localizzate e con le relative aree catastali**

Numero Pratica	Area Totale (m <sup>2</sup> )	Indennizzo Richiesto (€)	Danno Specifico (€/m <sup>2</sup> )
1	37 025.70	81 608.40	2.20
3	31 461.68	143 756.00	4.57
4	16 234.46	844 221.00	52.00
6	37 214.37	138 227.00	3.71
10	21 951.34	187 144.00	8.53
12	19 001.24	33 275.00	1.75
17	5 576.36	3 575.15	0.64
18	15 113.85	11 984.60	0.79
19	8 146.70	4 752.95	0.58
20	18 472.25	229 255.00	12.41
21	14 453.34	42 271.80	2.92
23	31 450.31	138 485.00	4.40
29	13 661.56	45 250.00	3.31
30	13 151.71	24 499.50	1.86
31	107 227.50	385 199.00	3.59
32	10 830.80	32 754.20	3.02
33	4 472.23	9 481.50	2.12

**Tabella 8.34 - Analisi Statistica del Danno Specifico sulla base dell'area dello shape file catastale. Categoria Agricola**

Analisi del Danno Specifico €/m <sup>2</sup>							
Valore Medio ( $\mu$ )	Deviazione Std (SD)	Valore Min	Valore Max	Mediana	$\mu + SD$	$\mu + 2SD$	Coef. Asimmetria
6.38	12.12	0.58	52.00	3.02	18.50	30.63	3.74





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

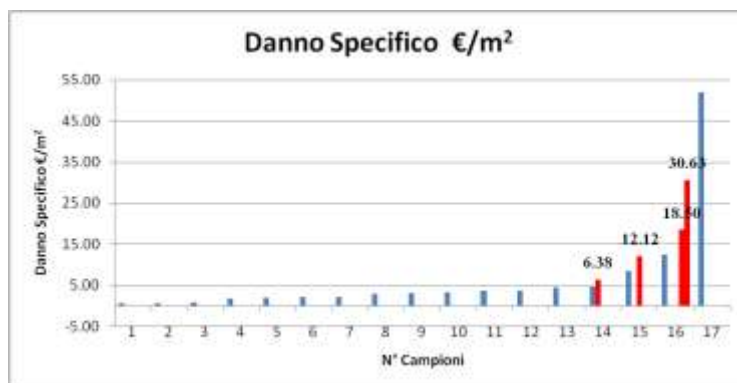


Figura 8.30 - Istogramma del Danno Specifico sulla base dell'area dello shape file catastale. Categoria Agricola



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA



Figura 8.31 - Mappa dell'area esondata nel 2008 e localizzazione delle 17 aziende agricole danneggiate



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

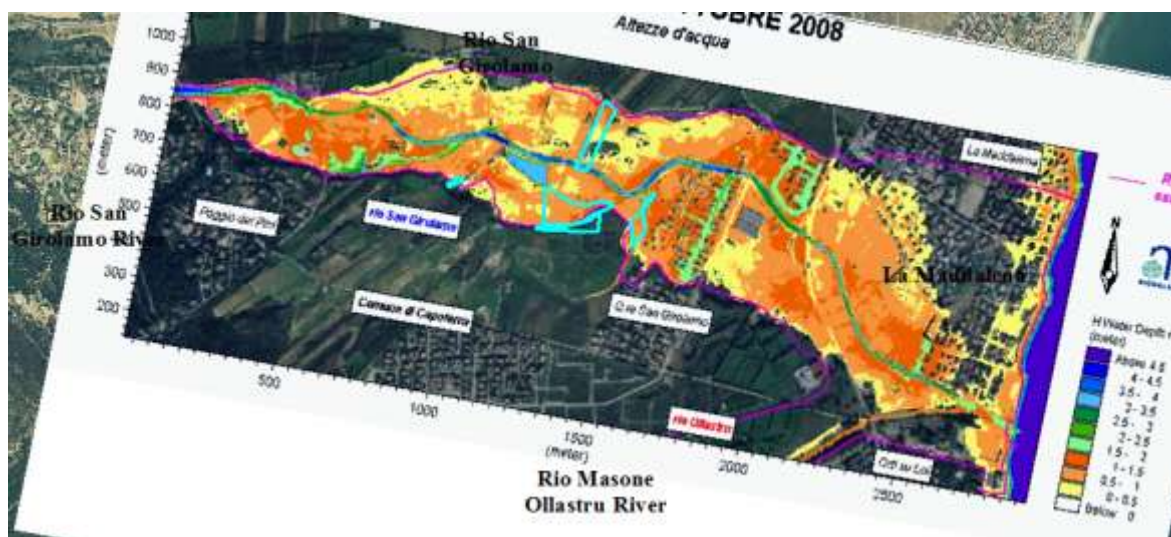


Figura 8.32 - Mappa dei battenti idrici per l'area esondata a valle e individuazione dell'azienda agricola danneggiata

#### 8.5.4. Sintesi dei Risultati della validazione

Nelle tabelle: Tabella 8.35, Tabella 8.36 e Tabella 8.37, sono riassunti i risultati finali delle analisi effettuate sugli indennizzi periziati per le categorie d'uso del suolo residenziale, commerciale e agricola per l'evento di piena che ha colpito il territorio di Capoterra nell'autunno del 2008. I valori sono espressi in termini di valore medio del danno e valore massimo riscontrati e valutati in Euro per metro quadro di superficie danneggiata. In sintesi si può ritenere che il processo di validazione della procedura illustrata nei paragrafi precedenti si possa ritenere soddisfacente per la categoria di uso del suolo residenziale, mentre per quella commerciale e agricola la limitatezza del campione e le peculiarità del territorio interessato non consentono di realizzare valutazioni comparative adeguate.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.35 - Risultati finali delle analisi sui dati della categoria d'uso del suolo Residenziale (evento di piena Capoterra 2008)**

Danno Specifico sulla base dell'area del lotto catastale (€/m <sup>2</sup> )				Danno Specifico sulla base dell'area coperta (€/m <sup>2</sup> )			
Intero territorio		Sola area esondata Rio S.G. e Rio M.O.		Intero territorio		Sola area esondata Rio S.G. e Rio M.O.	
Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max
40.78	630.58	43.9	203.06	117.97	1050.97	146.37	676.87

**Tabella 8.36 - Risultati finali delle analisi sui dati della categoria d'uso del suolo Commerciale (evento di piena Capoterra 2008)**

Danno Specifico sulla base dell'area del lotto catastale (€/m <sup>2</sup> )				Danno Specifico sulla base dell'area coperta (€/m <sup>2</sup> )			
Intero territorio		Area Esondata Rio S.G. e Rio M.O.		Intero territorio		Area Esondata Rio S.G. e Rio M.O.	
Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max
16.87	172.05	8.72	23.35	36.01	289.56	28.15	77.83



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 8.37 - Risultati finali delle analisi sui dati della categoria d'uso del suolo Agricola (evento di piena Capoterra 2008)**

Danno Specifico sulla base delle aree dichiarate (€/m <sup>2</sup> )		Danno Specifico sulla base delle aree del catastale (€/m <sup>2</sup> )	
Valore Medio (μ)	Valore Max	Valore Medio (μ)	Valore Max
1101.01	9932.02	6.38	52



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 9. Analisi territoriale per l'individuazione delle categorie d'uso del suolo e definizione del DBEE – Data Base degli Elementi Esposti al danno di piena

Coerentemente con quanto esposto in precedenza, nella stima del valore del danno subito dagli elementi vulnerati da un evento di allagamento è necessario procedere preliminarmente alla individuazione di “classi d'uso del suolo” cui attribuire un valore che può rappresentare quello di surrogazione del bene o il costo di ripristino della funzionalità a seguito del danno patito con l'alluvione. E' però necessario precisare che l'individuazione delle classi di uso del suolo non consente da sola l'univoca individuazione del danno perché, ad esempio, nella stessa zona cui è attribuito il medesimo uso possono insistere beni di valore assai differente oppure si possono avere elementi omogenei ma assai diversamente vulnerati e, in tal senso, sarebbe necessario entrare nel dettaglio della stima valutando aspetti di merito che tuttavia esulano dagli obiettivi del presente studio.

In questa fase si è comunque ritenuto importante che l'analisi costi-benefici fornisca una giustificazione economica della realizzazione degli interventi entrando, eventualmente in una fase successiva, nel merito di eventuali altri elementi, quali ad esempio la presenza di danni non tangibili e quindi difficilmente valutabili con i metodi usuali.

Pertanto, gli interventi individuati nello studio tengono conto dell'analisi dell'assetto territoriale a livello generale, quale quello consentito dal livello di dettaglio della cartografia, un esempio del quale è riportato nelle Norme di Attuazione del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) (Titolo II – Assetto territoriale, art. 16 – Ricognizione e disciplina) ove si individuano 3 assetti principali (ambientale, storico-culturale e insediativo) per ciascuno dei quali sono individuati dal punto di vista paesaggistico i beni e le componenti al fine della individuazione della loro disciplina generale.

Naturalmente gli aspetti di rilievo per il PPR riguardano particolarmente l'esigenza di dare tutela, valorizzazione e conservazione degli elementi (ambientali, storici e culturali) e disciplina delle modificazioni territoriali (dalle attività abitative, sociali ed economiche).

Sulla base di quanto riportato nel paragrafo precedente, in questo Studio si adotta una analoga ripartizione dei contenuti territoriali (aree e beni) inizialmente al fine di distinguere quelli suscettibili di un valore tangibile e misurabile, tipico dei beni reali, da quelli aventi valore non tangibile (come per i beni storici, culturali ed, in buona misura, quelli

ambientali) per i quali è meno immediato stabilire un valore sulla base degli usuali metodi di stima.

**Tabella 99.1 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo**

	DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL	COSTO (€/m <sup>2</sup> )
1	area con edificio residenziale	R	618.00
2	area con edificio commerciale	C	511.00
3	area con edificio industriale	I	440.00
4	zona Agricola	A	0.63
5	strade comunali	N	10.00
6	strade provinciali	P	20.00
7	strade importanti	S	40.00
8	area con elementi di infrastrutture a rete (idriche, elettriche)	T	40.00
9	aree occupate da corpi idrici	H	0.00
10	aree protette di pregio ambientale	J	0.00
11	aree storiche e archeologiche	K	0.00
12	altre aree con danni non tangibili	X	0.00

### 9.1. Tipologie di cespiti territoriali contenute nella carta degli elementi esposti della Regione

In particolare, considerando gli elementi tipologici della Tabella 99.1 e quelli presenti nella cartografia degli elementi esposti della Regione Sardegna elaborata dall'ARDIS (Servizio Difesa del Suolo) sono stati individuati tre gruppi tipologici di uso del territorio come appresso descritto:

- la prima tipologia attiene alle aree a destinazione insediativa, commerciale, di servizi e produttiva;
- la seconda tipologia raggruppa le reti di comunicazione e di trasporto dei beni
- la terza tipologia territoriale raggruppa le aree con beni culturali, storici e ambientali suscettibili di danni non tangibili.

#### 9.1.1. Aree a destinazione insediativa o produttiva

Ricadono in tale gruppo tipologico le aree e i beni del patrimonio edilizio in genere, (residenziale o commerciale), aree e beni per la produzione industriale, artigianale, aeroporti, strutture sanitarie, strutture pubbliche etc. In particolare sono state incluse:



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#### **I. AREE RESIDENZIALI**

- 1) superfici artificiali
- 2) zone urbanizzate di tipo residenziale, a tessuto continuo, o compatto e denso, o rado, o discontinuo e rado, o rado e nucleiforme
- 3) fabbricati rurali
- 4) aree portuali e aeroporti
- 5) strutture sanitarie, ospedale, r.s.a., struttura di riabilitazione
- 6) edifici pubblici di strutture scolastiche, istituto comprensivo, scuola dell'infanzia, scuola primaria, scuola secondaria di primo grado, scuola secondaria di secondo grado
- 7) zone verdi artificiali non agricole o aree verdi urbane
- 8) cimiteri
- 9) edificio pubblico o sede di amministrazione comunale, provinciale, statale
- 10) ufficio postale

#### **II. AREE A DESTINAZIONE COMMERCIALE:**

- 1) zone commerciali o infrastrutturali
- 2) grandi impianti di concentrazione e smistamento merci
- 3) aree commerciali e dei servizi pubblici e privati
- 4) stazione di rifornimento carburante
- 5) aree ricreative e sportive
- 6) insediamenti commerciali e spazi annessi
- 7)

#### **III. AREE INDUSTRIALI O ARTIGIANALI:**

- 1) zone industriali ed infrastrutturali
- 2) aree industriali e dei servizi pubblici e privati
- 3) manufatti industriali
- 4) complesso IPPC: impianto integrato trattamento rifiuti e liquami o impianto trattamento acque reflue o impianto di depurazione: acque reflue urbane
- 5) allevamento zootecnico, azienda agro zootecnica
- 6) impianto di acquacoltura
- 7) discariche e depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli
- 8) cantieri
- 9) discarica inerti
- 10) insediamenti industriali, artigianali e spazi annessi
- 11) insediamento produttivo: allevamento zootecnico, agro zootecnica, impianto di acquacoltura

#### **IV. AREE E BENI CONNESSI ALLA PRATICA AGRICOLA O FORESTALE:**

- 1) superfici agricole utilizzate
- 2) seminativi, seminativi in aree non irrigue
- 3) colture intensive o estensive
- 4) seminativi in aree irrigue
- 5) seminativi semplici e colture orticole a pieno campo
- 6) risaie, vivai, coltura in serra
- 7) colture permanenti
- 8) vigneti, frutteti e frutti minori, oliveti
- 9) colture orticole
- 10) prati stabili, prati stabili (foraggiere permanenti), prati stabili (altri usi)
- 11) zone agricole eterogenee
- 12) colture temporanee associate a colture permanenti dell'olivo, vigneto, altre colture
- 13) sistemi colturali e particellari complessi





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

- 14) aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
- 15) aree agroforestali, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone boscate
- 16) boschi di latifoglie, boschi a prevalenza di leccio e/o sughera
- 17) arboricoltura con essenze forestali di latifoglie
- 18) pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste
- 19) sugherete, castagneti da frutto
- 20) altri usi connessi alla pratica forestale
- 21) boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile (acero-frassino, carpino nero-orniello)
- 22) boschi a prevalenza di castagno, boschi a prevalenza di faggio
- 23) boschi a prevalenza di specie igrofile (boschi a prevalenza di salici e/o pioppi e/o ontani, ecc)
- 24) boschi e piantagioni a prevalenza di latifoglie non native (robinia, eucalpti, ailanto,
- 25) boschi di conifere, boschi a prevalenza di pini mediterranei (pino domestico, pino marittimo) e cipressete
- 26) arboricoltura con essenze forestali di conifere
- 27) boschi a prevalenza di abete bianco e/o abete rosso, boschi a prevalenza di larice e/o pino cembro, boschi e piantagioni a prevalenza di conifere non native (douglasia, pino insignie, pino strobo, ...),
- 28) boschi misti di conifere e latifoglie
- 29) zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea
- 30) aree a pascolo naturale e praterie, praterie continue, praterie discontinue
- 31) brughiere e cespuglieti, cespuglieti e arbusteti
- 32) formazioni di ripa non arboree
- 33) aree a vegetazione sclerofilla
- 34) macchia mediterranea, macchia bassa e garighe
- 35) aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
- 36) aree a ricolonizzazione naturale
- 37) aree a ricolonizzazione artificiale
- 38) zone aperte con vegetazione rada o assente
- 39) colture in serra
- 40) prati artificiali

#### 9.1.2. Reti di trasporto:

In tale gruppo ricadono gli elementi appartenenti alla rete di trasporto territoriali inclusa la viabilità stradale, ferroviaria, le reti elettriche, acquedottistiche, gas etc. e loro infrastrutture tecniche. In particolare:

- V. STRADE COMUNALI
- VI. STRADE PROVINCIALI
- VII. STRADE IMPORTANTI
  - 1) Elementi della rete stradale statale
  - 2) Elementi della Rete ferroviaria
- VIII. INFRASTRUTTURE DELLE RETI IDRICHE, ELETTRICHE ETC
  - 1) impianti a servizio delle reti di distribuzione
  - 2) rete di approvvigionamento di acqua potabile
  - 3) impianti a servizio delle reti di distribuzione del gas
  - 4) linea della rete elettrica
  - 5) insediamento di grandi impianti di servizi



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

- 6) reti ferroviarie e spazi annessi
- 7) spazi accessori delle reti stradali

### 9.1.3. Aree con beni culturali, storici e ambientali suscettibili di danni non tangibili

In tale gruppo ricadono gli elementi territoriali ambientali, parchi, aree umide e di interesse per la tutela del patrimonio culturale per i quali non è stato stimato con gli usuali metodi estimativi un valore tangibile. Le classi di elementi territoriali inserite in questo gruppo tipologico sono le seguenti:

#### IX. CORPI IDRICI

- 1) letti di torrenti di ampiezza superiore a 25m
- 2) acque continentali
- 3) corsi d'acqua, canali e idrovie
- 4) fiumi, torrenti e fossi
- 5) canali e idrovie
- 6) bacini d'acqua
- 7) bacini d'acqua naturali
- 8) bacini d'acqua artificiali
- 9) acque marittime
- 10) lagune, laghi e stagni costieri
- 11) lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale
- 12) acquacolture in lagune, laghi e stagni costieri
- 13) corpi idrici non definiti in legenda
- 14) estuari e delta
- 15) mari
- 16) aree marine a produzione ittica naturale
- 17) acquacolture in mare libero
- 18) bacini artificiali
- 19) bacini naturali

#### X. AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE

- 1) parchi nazionali, regionali ed aree protette
- 2) spiagge di ampiezza superiore a 25 m

#### XI. AREE A VALORE STORICO, ARTISTICO O ARCHEOLOGICO

- 1) edificio di culto
- 2) aree funerarie
- 3) architetture religiose
- 4) insediamenti archeologici o aree archeologiche
- 5)

#### XII. ALTRE AREE DI INTERESSE e/o CON DANNI NON TANGIBILI

- 1) zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati
- 2) spiagge, dune e sabbie, spiagge di ampiezza superiore a 25m
- 3) aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25m
- 4) aree dunali coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25m
- 5) distese di sabbia
- 6) rocce nude, falesie, rupi, affioramenti



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

- 7) aree con vegetazione rada
- 8) aree percorse da incendi
- 9) zone umide, zone umide interne, paludi interne
- 10) torbiere
- 11) zone umide marittime, paludi salmastre, saline e zone intertidali
- 12) aree a pascolo naturale
- 13) aree con vegetazione rada <5% e >40%
- 14) bosco di conifere, latifoglie, cespuglieti ed arbusteti, gariga
- 15) pareti rocciose e falesie

Dalla classificazione precedente si deduce, in definitiva, una ripartizione in 12 classi secondo categorie associate al danno di piena, le quali sono state ricomprese nel **sistema informativo del Data-Base degli Elementi Esposti – DBEE - considerati nel presente Studio.**



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 10. Procedura operativa per il calcolo del danno di piena nel Bacino Pilota della Bassa valle del Coghinas

La procedura per la determinazione del danno si basa sul database DBEE degli elementi d'uso riclassificati in categorie di danno e, a ciascuno di tali elementi, come specificato nel capitolo precedente, è stato associato un valore massimo di danno specifico espresso in euro a metro quadrato.

E' già stato precisato che per le elaborazioni per la definizione del DBEE si è fatto riferimento alla carta dell'uso del suolo della Regione, strutturato come database territoriale utilizzando i dati della carta tecnica regionale numerica (CTR) in scala 1:10'000, e altre informazioni sulla utilizzazione dei suoli. Queste provengono dall'ortofotocarta realizzata dall'AGEA, dalle ortofoto a colori del 2000, da immagini Landsat5 sia estive che invernali, dalla carta forestale realizzata dalla ex Stazione Sperimentale del Sughero, dall'Atlante dell'irrigazione delle regioni meridionali (INEA, 2001) e infine dai dati sulle aree percorse da incendi raccolti dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale. Nel database dell'uso del suolo sono state mantenute le precisioni geometriche degli elementi lineari relativi all' idrografia, alla viabilità e alle linee di costa, individuando le unità territoriali minime fino a 1.56 ettari per il territorio extraurbano e di 1 ettaro per le aree urbane. I successivi aggiornamenti effettuati sulla base delle ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 200, hanno anche portato la risoluzione spaziale dell'unità cartografica a 0,5 ettari all'interno dell'area urbana e 0,75 ettari nell'area extra urbana.

E' già stato anche precisato come l'organizzazione delle informazioni territoriali contenute nel database dell'uso del suolo segue l'impostazione originaria del progetto Corine Land Cover, organizzata secondo una legenda articolata in tre livelli gerarchici via via modificati per tenere conto delle specificità della regione per giungere, con la legenda finale riportata nelle tabelle date precedentemente.

Un ulteriore strato informativo di base per la valutazione del danno è rappresentato dalla mappa batimetrica delle aree allagate relativa all'evento con assegnato tempo di ritorno, avente la medesima risoluzione spaziale del modello digitale di terreno (DTM) utilizzato per la costruzione del modello idraulico.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Per poter associare a ciascun elemento della mappa allagabile la destinazione d'uso propria della mappa degli elementi esposti del DBEE è necessario effettuare la sovrapposizione con lo strato informativo batimetrico per un assegnato tempo di ritorno. Per effettuare tale sovrapposizione, la mappa delle aree allagabile con i battenti idrici (in formato raster) nativamente alla risoluzione di 1 m è stata oggetto di ricampionamento con una risoluzione al terreno di 3 x 3 metri e quindi vettorializzata con tema poligonale. Il risultato è rappresentato da uno strato informativo contenente la batimetria dell'allagamento, ad elementi quadrangolari ciascuno avente area minore o al più uguale a 9 m<sup>2</sup>.

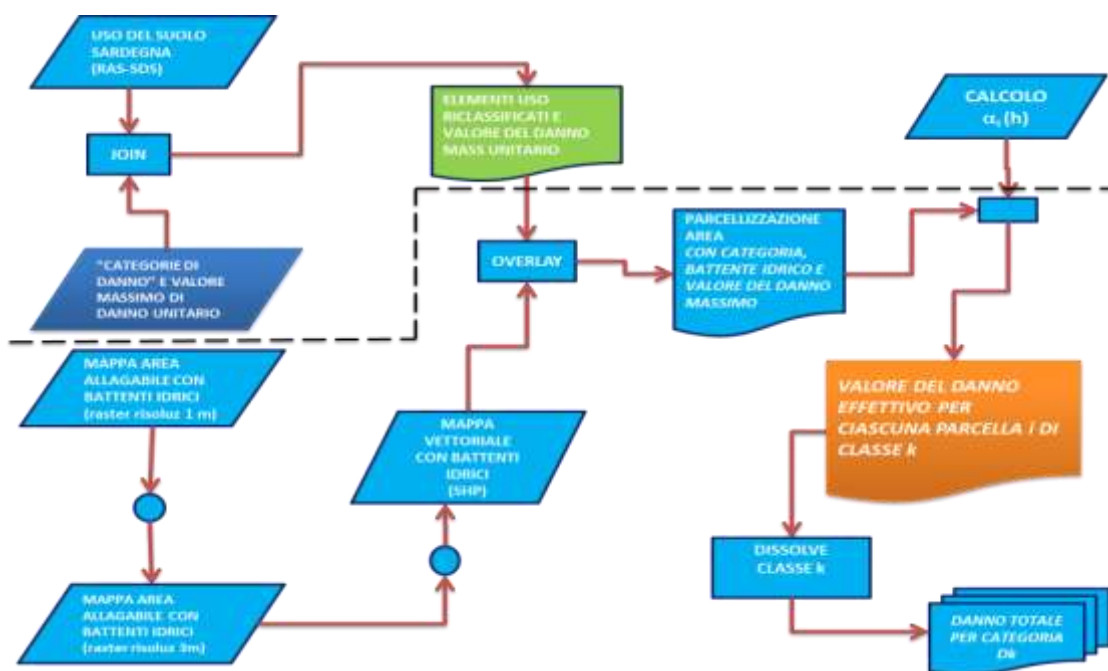


Figura 100.1 - Procedura di calcolo ALFA per la determinazione del danno per ciascuna categoria di elemento esposto: diagramma di flusso

Mediante la procedura di intersezione (overlay) degli strati informativi è stato creato un tema che contiene per ciascun record presente oltre alla categoria di danno del bene stesso, anche il battente idrico che insiste sulla medesima parcella territoriale individuata nella batimetria.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

A ciascun record presente nello strato informativo degli elementi esposti corrisponde un coefficiente di parcellizzazione del valore del danno di piena, coefficiente  $\alpha_k(h_i)$ , il quale dipende dalla  $k$ -esima categoria di danno dell'elemento esposto e dal battente idrico presente nella  $i$ -esima parcella di territorio occupata dal bene stesso. Per la sua definizione si rimanda ai paragrafi precedenti.

La procedura sviluppata nello Studio determina quindi, preliminarmente, il valore del coefficiente di parcellizzazione di piena  $\alpha_k(h_i)$  in relazione alla categoria  $k$  di appartenenza dell'elemento del rischio secondo la classificazione in 12 classi come esplicitato nella tabella precedente. La determinazione del coefficiente di parcellizzazione è affidata ad altrettante espressioni le quali esprimono con un'espressione polinomiale le curve di danno in funzione del battente idrico, come descritto nei paragrafi precedenti. Si osserva che per battenti idrici maggiori di 5 m il coefficiente alfa assume il valore unitario mentre battenti idrici inferiori a 1 cm si associano a un valore nullo dello stesso coefficiente. Si osservi inoltre che le categorie cui corrisponde un costo non-tangibile (aree protette di pregio ambientale, aree storiche e archeologiche, aree occupate da corpi idrici, altre aree con danni non tangibili) corrisponderà anche coefficiente di danno di piena nullo.

La **procedura di calcolo ALFA** esegue la stima del valore del coefficiente di parcellizzazione di danno in funzione del battente idrico per ciascun record presente nello strato informativo: il valore del danno effettivo per ciascuna parcella  $i$ -esima occupata dall'elemento classificato in  $k$  è data dal prodotto dell'area allagata della parcella  $A_i$  per il valore del danno massimo unitario  $D_k$  moltiplicato ancora il valore del coefficiente di parcellizzazione di danno  $\alpha_j(h_i)$  in funzione del battente idrico.

Infine, attraverso una procedura informatica di aggregazione nelle varie classi delle categorie  $k = 1, K$  di danno (dissolving) è quindi possibile calcolare il danno totale associato per ciascuna categoria. La procedura di determinazione del danno è rappresentata mediante il diagramma di flusso in Figura 100.1.

Danno di piena relativo allo stato attuale

Preliminarmente, considerando lo stato di fatto attuale, la simulazione idraulica degli eventi di piena assunti a riferimento ( $Tr=50, 100$  e  $200$  anni) ha individuato l'estensione

dell'area vulnerata come indicato nei paragrafi precedenti. Complessivamente sono interessati circa 16 km<sup>2</sup> di territorio destinati alle categorie d'uso individuate in Tabella 3.

Sulla base della suddivisione in classi degli elementi territoriali, nella

Tabella 10.1 sono riportate le aree interessate ed esposte al danno di piena complessivamente e per categoria attribuita. In Tabella la estensione è riportata con riferimento ai tre tempi di ritorno dell'evento di piena. Per ciascun evento, la tabella riporta, inoltre, la stima del valore del danno di piena.

La figura successiva (Figura 100.2) evidenzia come, all'aumentare del tempo di ritorno dell'evento, a fronte della modesta crescita della superficie esondata (variabile tra 1 e il 2%) corrisponde un incremento del valore del danno del 25% (tra l'evento cinquantennale e quello centenario) e del 18% (da quello centenario a quello bicentenario). Questa crescita decisamente superiore del danno è ovviamente da attribuire all'incremento del battente idrico.

**Tabella 10.1 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno**

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



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

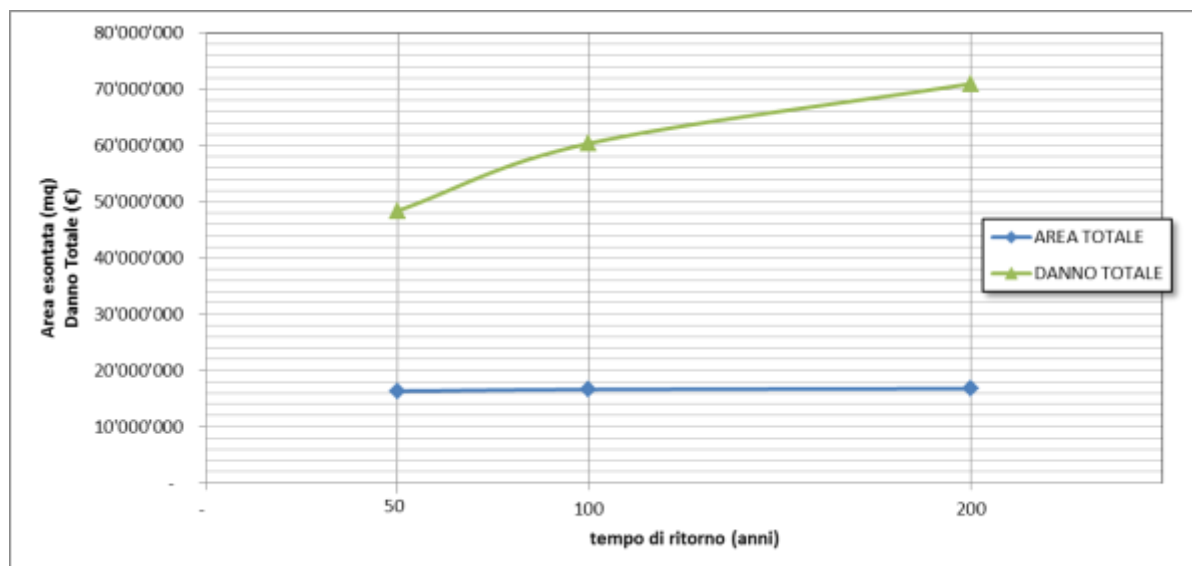


Figura 100.2 – Stato Attuale: grafico dell'andamento del danno da piena rispetto alla crescita dell'area allagata.





REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 11. Interventi di mitigazione del danno

### 11.1. Metodologia di individuazione degli interventi

Come richiamato nelle premesse di questa relazione, tutti gli interventi delineati con la metodologia di seguito illustrata sono stati ritenuti coerenti con gli obiettivi esposti in premessa e ipotizzabili nel Piano di Gestione inteso come strumento di pianificazione territoriale sovraordinata, secondo quanto previsto dalle norme Comunitarie, Nazionali e regionali applicabili. Si richiamano pertanto le Norme di Attuazione del PAI della Regione Autonoma della Sardegna in particolare agli articoli 14 (Norme per la sistemazione della rete idrografica), 21 (Indirizzi per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture) e 24 (Studi di compatibilità idraulica).

La procedura di individuazione degli interventi per la salvaguardia delle aree territoriali dotate di pericolosità idraulica ha tenuto conto della mappatura di pericolosità contenuta nel PSFF la quale, come più volte rimarcato, rappresenta il punto di riferimento per le analisi svolte nel presente studio, anche riguardo alle simulazioni idrauliche effettuate sulla base della situazione attuale.

**Il dimensionamento delle opere di arginali è effettuato prendendo come riferimento le quote idriche relative all'evento di piena bicentenario ( $Tr = 200$  anni).** Tale criterio, ovviamente, ammette il persistere di una pericolosità residua di livello moderato, in caso di insufficienza dell'opera, in considerazione della quale le Norme di Attuazione delegano agli strumenti urbanistici e ai piani di settore vigenti le prescrizioni sull'uso del territorio capaci di ridurre le pericolosità residue attraverso usi, tipologie e tecniche costruttive adatte allo scopo.

In sintesi viene di seguito esplicitata la metodologia adottata per la caratterizzazione degli interventi proposti e la loro aggregazione in scenari di intervento per la mitigazione della pericolosità:

- **analisi delle pericolosità allo stato attuale**, definizione sulla base dei risultati delle simulazioni idrauliche effettuate ai diversi tempi di ritorno e conseguente quantificazione del danno medio annuo atteso; in tale fase è inoltre documentata



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

la massima portata che può defluire nell'alveo allo stato attuale senza alcuna esondazione lungo il tronco studiato;

- **definizione tipologica degli interventi** di salvaguardia e criteri per il dimensionamento delle opere in considerazione dell'impatto prevedibile e delle peculiarità ambientali;
- **individuazione dei singoli interventi** mirati alla risoluzione di specifiche criticità e loro caratterizzazione dimensionale ed economica preliminare;
- **composizione dei singoli interventi in possibili scenari progettuali** tra loro alternativi e loro caratterizzazione economica;
- **analisi di modellazione idraulica della configurazione con scenari progettuali**, sia per evento critico preso a riferimento per la definizione dei requisiti dimensionali delle opere che per gli altri tempi di ritorno (tempo di ritorno di 50 e 100 anni) e corrispondente definizione delle eventuali aree residue con pericolosità idraulica;
- **comparazione tecnica economica** tra le diverse alternative di intervento mediante l'analisi costi-benefici;
- **definizione di una ipotesi di phasing** nella realizzazione degli interventi e scelta dello scenario di intervento in considerazione delle pericolosità affrontate.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 11.2. Inquadramento dello stato di fatto delle opere di salvaguardia idraulica nel bacino della bassa valle del Coghinas

Come già detto nei paragrafi precedenti, l'area d'indagine comprende, principalmente, i territori dei comuni di Valledoria, S. Maria Coghinas, Viddalba, in provincia di Sassari.

costiera del Coghinas che presenta una configurazione ad anfiteatro confinato da rilievi, alla base dei quali si allineano gli insediamenti e alcune infrastrutture viarie, principalmente la strada che collega Castelsardo con Santa Teresa di Gallura.

A monte dell'area d'indagine si trovano di due sbarramenti: la diga di Muzzone che determina un lago artificiale con volume totale di invaso (ai sensi del DM 24/03/1982) di 283.56 milioni di m<sup>3</sup>, gestito da ENEL a fini idroelettrici, ma che deve garantire anche adeguata laminazione delle piene e il soddisfacimento delle utenze multi-settoriali di carattere civile, irrigue e industriali, come sarà più ampiamente descritto nel seguito, e la diga di Casteldoria che sottende un invaso di dimensioni ridotte con volume totale di invaso (ai sensi del DM 24/03/1982) di 8.03 milioni di m<sup>3</sup>, completamente tracimabile, utilizzato a fini idroelettrici e come presa per le utenze

5 km. A

valle dello sbarramento, il fiume prosegue per circa 2 k

Come ampiamente descritto in PSFF, nei pressi di Viddalba si apre un'ampia zona pianeggiante, principalmente destinata all'agricoltura, in cui l'alveo inciso ha andamento sinuoso, quote di fondo prossime al livello medio marino per quasi tutto il tratto. Nell'attraversamento della piana costiera l'alveo, in seguito alla bonifica effettuata nei primi decenni del secolo scorso, scorre tra i rilevati arginali, alcuni rilievi collinari e la duna costiera. In un primo tratto, l'alveo presenta un andamento debolmente sinuoso con una modesta tendenza alla ramificazione. Più a valle, l'alveo si allarga e a

nei pressi

della duna costiera presso la quale l'alveo si rettifica e si allarga progressivamente fino a diventare una sorta di laguna, parallela alla costa, per poi giungere finalmente al mare



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

attraverso una bocca che ha dimensioni variabili a seguito delle situazioni di deflusso che attraversa la linea delle dune litoranee.

Il rilevato arginale, in sponda sinistra, ha inizio appena a valle di S. Maria Coghinas e prosegue sino alla foce, nei pressi di Valledoria, salvo una breve interruzione nella zona di Ponte Coghinas, in corrispondenza del Monte di Campu. Poco a monte di quest'ultimo, appena a valle dell'immissione del Canale Nurag

immediatamente a valle di un'immissione di un canale irriguo controllato da una chiavica.

Nelle aree oggetto dello studio ricadono anche vaste estensioni di interesse paesaggistico lungo le sponde del f. Coghinas, tutelate per legge per una fascia di ampiezza di 150 m, e la fascia di rispetto costiero (300 m) (ex art. 142 D.Lgs 42/2004 come sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Altre zone di pregio ambientale sono individuabili nella zona costiera tra le quali l'area del Sito di interesse comunitario (SIC "Foci del Coghinas"), e una zona di protezione regionale (ZPS) che include il compendio dunale sabbioso della fascia litoranea.

Per quel che riguarda l'assetto ambientale e paesaggistico, tra i numerosi elementi di particolare pregio, individuati nell'ambito del Piano Paesaggistico Regionale, si ricordano: le sorgenti termali alla base del rilievo del castello dei Doria, che rappresentano una potenziale risorsa per il territorio; le zone umide di foce fluviale del Coghinas, che si aprono attraverso il lido sabbioso di Valledoria e rappresentano un importante ecosistem

o da importanti coperture vegetali di formazioni a ginepro. Di particolare pregio risulta, inoltre, l'alveo ordinario e di piena attuale del basso corso del Coghinas, delimitato dalla fascia alluvionale terrazzata che accompagna il tracciato meandriforme nella piana oltre che le aree di interesse botanico delle foci del Coghinas e delle dune di Badesi.

Le conseguenze sul territorio degli eventi di piena simulati per la situazione attuale (Scenario 0), illustrati nei paragrafi precedenti, hanno evidenziato la possibilità che vaste aree della piana della bassa valle del fiume Coghinas siano interessate dall'esondazione



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

con modeste differenze in termini di area di superficie occupata, rispetto alla variazione del tempo di ritorno associabile all'evento, ma con significative differenze nei danni conseguenti ai diversi battenti idrici determinati dalle portate di piena per i diversi tempi di ritorno considerati.

La bassa valle è interessata da arginature di una conformazione attuale delle opere di difesa presenta uno sviluppo di arginature in terra di circa 8500 m in parte sinistra e di circa 1600 m in destra idraulica, quest'ultima a protezione di un'area con estensione di circa 290 ettari caratterizzata da usi prettamente agricoli (seminativi, ortive) e priva di insediamenti abitativi.

Per descriverle in modo adeguato, le strutture arginali esistenti in sponda sinistra, da monte verso valle sono state schematicamente suddivise in 3 tronchi, come riportato nella Figura 111.1:

- il primo tronco della lunghezza 870 m da monte dell'abitato di S. Maria Coghinas fino alla zona "Su Lamaiu" alla periferia nord-est dell'abitato;
- il 2° tronco, connesso al primo, della lunghezza di 3238 m, fino al rilievo Monte di Campu prima del ponte della SP90;
- il 3° tronco, dalla ripresa a valle della SP90 fino all'idrovora, per una lunghezza di 4387 m.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA



Figura 111.1 - Opere arginali della bassa valle del f. Coghinas: la suddivisione dell'argine in 1° e 2° tronco è ideale, per cui esso in realtà non ha soluzione di continuità.

Le attuali opere di sistemazione idraulica connesse con i rilevati arginali sono articolate nella rete di drenaggio secondaria con fossi di raccolta che immettono nei canali colatori le portate provenienti da monte che sono immesse nell'alveo arginato mediante chiaviche dotata di idrovore. Di tali impianti, lungo il tratto considerato, sono stati individuati rispettivamente:

- idrovora di sponda destra presso Viddalba (quota m 8.50 slm)
- idrovora di sponda destra presso loc. Pischina Miali (quota m 2 slm)
- idrovora di sponda sinistra presso un camping in prossimità della foce (quota m 0.5 slm circa).



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA



a)



b)



c)

**Figura 111.2 – Nella figura sono presentate le idrovore di Viddalba (a), quella in sponda destra con chiavica a quota m 2 slm (b) e quella in sponda sinistra con chiavica a quota 0.5 s slm (c).**

Ciascuno di tali impianti sottende una propria area di drenaggio e una parte della rete idrografica del territorio: l'impianto esistente a monte di Viddalba sottende un'area di circa 1 km<sup>2</sup> che comprende anche buona parte dell'abitato, il cui drenaggio avviene attraverso un unico elemento idrico naturale di raccolta che porta a consegna il deflusso presso l'idrovora mediante una breve canalizzazione artificiale. L'impianto è costituito da una vasca di calma e da un impianto di presa delle pompe idrovore in una struttura collocata presso la rotatoria all'incrocio con la SP146 (Figura 111.2).

Un secondo impianto è presente a quota 2 m slm in sponda destra idraulica: esso sottende un bacino assai più importante che comprende i rilievi a sud-est dell'abitato di Badesi ed ha una estensione di 9.3 km<sup>2</sup> che si colloca in posizione contermina rispetto al bacino principale del f. Coghinas e al rio Balbara Farru. La rete di drenaggio è costituita da un torrente (rio La Tozza) che drena la parte più montana del bacino mentre, a quote più basse, esso riceve i contributi da due canalizzazioni pressoché parallele che si sviluppano ad altimetria sfalsata.

Un terzo impianto di idrovora è presente a quota 0.5 slm: esso sottende l'area a valle della lunga arginatura di sponda sinistra, da Valledoria a S. Maria Coghinas, per circa 12 km<sup>2</sup> alimentata da una rete di canali che attraversano l'ampia valle. La rete di drenaggio è quindi estesa e ben ramificata con due collettori principali di scolo disposti entrambi in direzione parallela alla lunga arginatura dei quali, quello più a occidente,



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

accoglie i contributi dei versanti delle modeste alture costituenti la sponda sinistra morfologica del f. Coghinas.

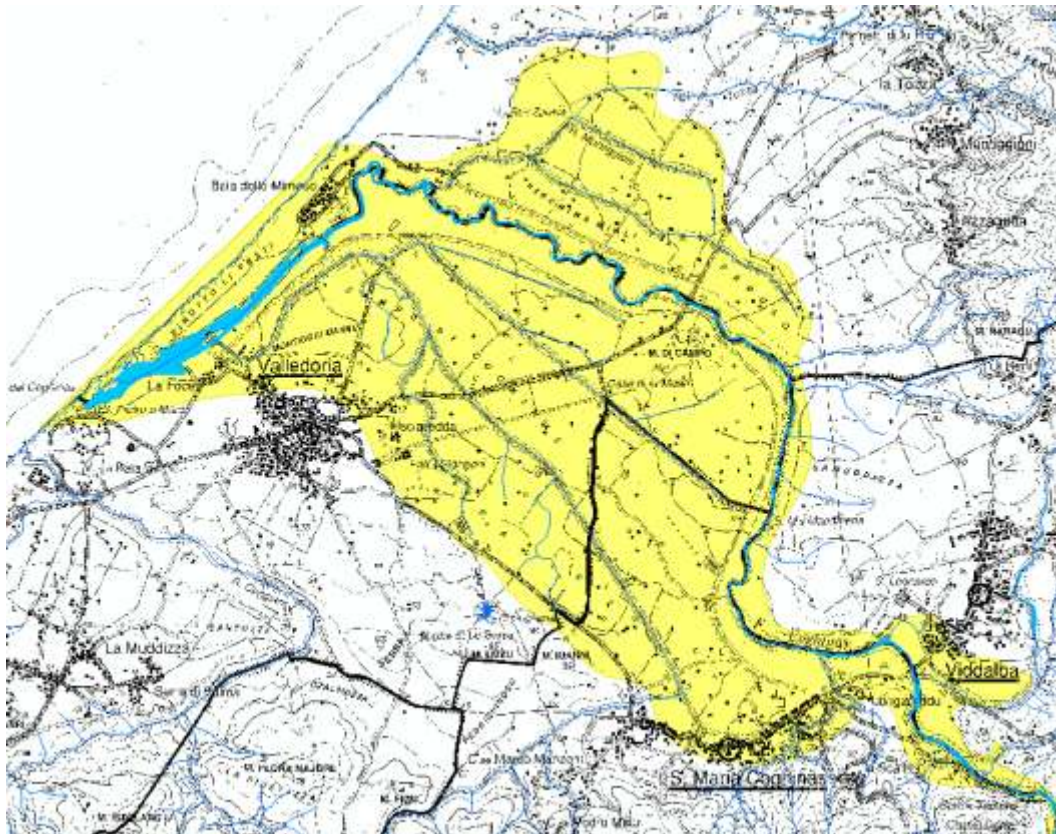


Figura 11.3 - Estensione territoriale dell'area oggetto di studio





REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA



Figura 11.4 - Foce del f. Coghinas vista dalla sommità del compendio dunale (in direz. SW) e di alcuni edifici del complesso turistico edificato sull'area dunale.

### 11.3. Definizione tipologica delle opere di sistemazione idraulica

In considerazione della situazione specifica del territorio e della criticità dello stato di fatto, sono state considerate le seguenti tipologie di intervento, individuate come applicabili in relazione al contesto ambientale esistente, suddivisi in:

- **interventi di costruzione e/o demolizione:**
  - realizzazione di nuove arginature e adeguamento delle quote di quelle esistenti.
  - demolizione senza ricostruzione di ponti e attraversamenti stradali per carreggiate a una e a due corsie;
  - Interventi sulla viabilità: varianti stradali
- **interventi non strutturali (manutenzione ordinaria e/o straordinaria):**
  - manutenzioni periodiche delle formazioni arginali esistenti;
  - manutenzioni periodiche delle nuove arginature.

Sarà inoltre fornita, in una fase successiva, una specifica relazione che contiene le valutazioni che portano a possibili variazioni sulle portate di piena laminate nella bassa valle del Coghinas a seguito della modifica delle ipotesi gestionali dell'invaso di Muzzone.

Le caratteristiche dimensionali delle opere di arginatura sono finalizzate al contenimento della piena aventi tempo di ritorno di 200 anni con il franco assegnato pari a 1.20 m; esse sono state quantificate anche in relazione alla presenza degli argini esistenti dei quali si



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

prevede l'eventuale l'adeguamento piano-altimetrico. I rilievi dello stato attuale sono stati eseguiti sulla base del DTM (LIDAR), stimando il volume corrispondente alle geometrie di progetto sulla base dei risultati dell'analisi idraulica.

La loro geometria consente sia la percorribilità sommitale con uno stradello ricavato al colmo dell'argine per le attività di manutenzione e sorveglianza, da raccordarsi alla viabilità pedonale o ciclabile sia la fruizione pubblica dei piani arginali, agevolata dalla loro moderata pendenza trasversale (scarpa 2/1 su tutte le varianti tipologiche adottate).

Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria rappresentano il necessario impegno per garantire la funzionalità dell'opera per l'intero arco temporale di vita utile prevista e comprende anche interventi di risagomatura o ricarica dei rilevati, la pulizia dalla vegetazione, il recupero di rifiuti eventualmente presenti.

Accanto alle sopradescritti interventi di manutenzione sulle opere di difesa attiva, sono stati previsti alcuni interventi di demolizione di strutture di attraversamento esistenti che in relazione alla insufficiente luce libera determinano problemi al deflusso di piena, soprattutto in quanto questo è in pratica sempre accompagnato da materiale flottante di varia natura. Nel seguito gli interventi urgenti di demolizione verranno individuati con dettaglio.

Altri interventi riguardano la necessità di adeguamento del franco in corrispondenza dei ponti lungo la SP35 (sommerso) (rio Badu Crabile) e il ponte a campate sul f. Coghinas lungo la SP146 (franco annullato). Mentre per il primo non appare ipotizzabile un intervento di adeguamento in quanto l'intera struttura risulta soggiacente alla corrente idrica, nel secondo caso si presume che sia attuabile il ripristino del franco libero.

#### 11.4. Descrizione degli interventi ipotizzati a salvaguardia delle aree esondate

##### 11.4.1. Intervento A. Nuovo argine in terra in sponda DX a protezione di Viddalba

La realizzazione della nuova arginatura in corrispondenza dell'abitato di Viddalba è funzionale alla eliminazione dell'allagamento provocato direttamente dalla piena del fiume Coghinas ed indirettamente dal rigurgito della stessa lungo l'alveo del Rio Badu Crabile.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

L'arginatura si sviluppa per circa 1390 m e protegge anche l'area del depuratore dei reflui urbani con un percorso planimetrico che interseca lo svincolo con la SP 146, proseguendo poi alla base di un terrazzo fluviale che risulta attualmente interessato dagli edifici abitativi. Quindi segue la direzione della sponda destra verso valle raccordandosi successivamente con la morfologia del versante dopo circa 350 m dalla rotatoria in corrispondenza del ponte. In considerazione delle geometrie delle sponde tale arginatura possiede un'altezza media sul piano di campagna di 3.5 m e la pista al colmo del rilevato dovrà essere raccordata alla viabilità locale.

Nel medesimo compendio di Viddalba, a causa della insufficienza del ponte sulla strada per Bordigiadas, soggetto a sormonto da parte del rigurgito della piena del f. Coghinas nell'alveo del r. Badu Crabile, dovrà esserne predisposta la rimozione dell'impalcato e la chiusura di un breve tratto stradale con una variante stradale che garantirà l'accesso alle aree dalla viabilità esistente (intervento O).

La Figura 111.5 illustra schematicamente l'intervento previsto.

#### 11.4.2. Intervento B. Adeguamento protezione in sponda SX (fino a Lu Lamaiu)

L'intervento prevede il sollevamento delle quote della sede stradale lungo la strada provinciale 146 per circa 650 metri in direzione di Viddalba al fine del ripristino dei necessari franchi idraulici rispetto alla piena di riferimento e consentire il transito in sicurezza sul piano della carreggiata. L'intervento si estende fino alla spalla di sponda sinistra del ponte all'ingresso dell'abitato di Viddalba.

In successione, l'intervento prevede anche l'adeguamento del 1° tronco dell'argine esistente in sponda sinistra a ridosso dell'abitato di Santa Maria Coghinas per una lunghezza complessiva di 870 m. L'altezza del colmo arginale rispetto al piano di campagna è elevato mediamente di +5.8 m anche per garantire il rispetto del franco idraulico assegnato (1.2 m).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

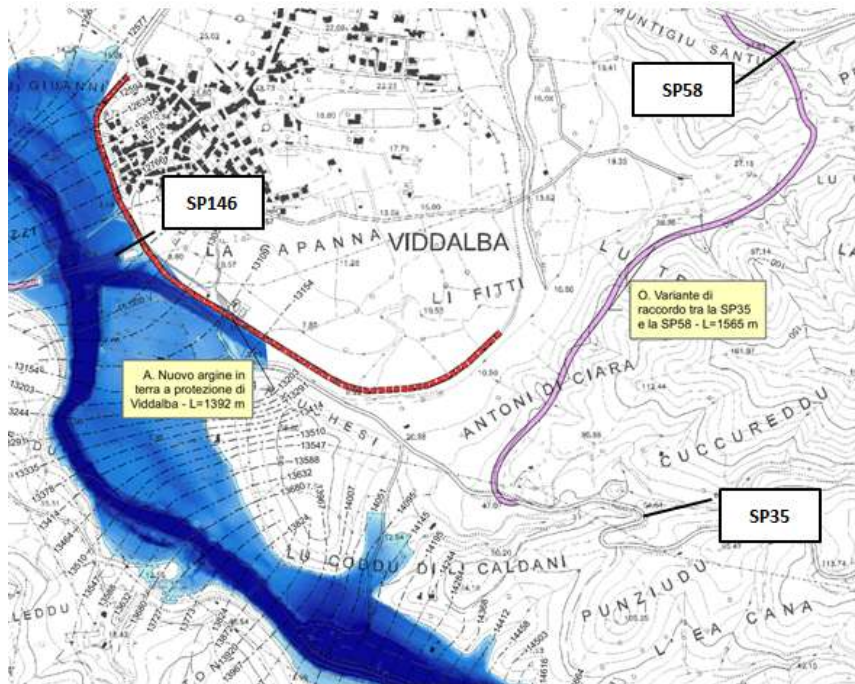


Figura 111.5 – Interventi di difesa idraulica e sulla viabilità di collegamento presso Viddalba.

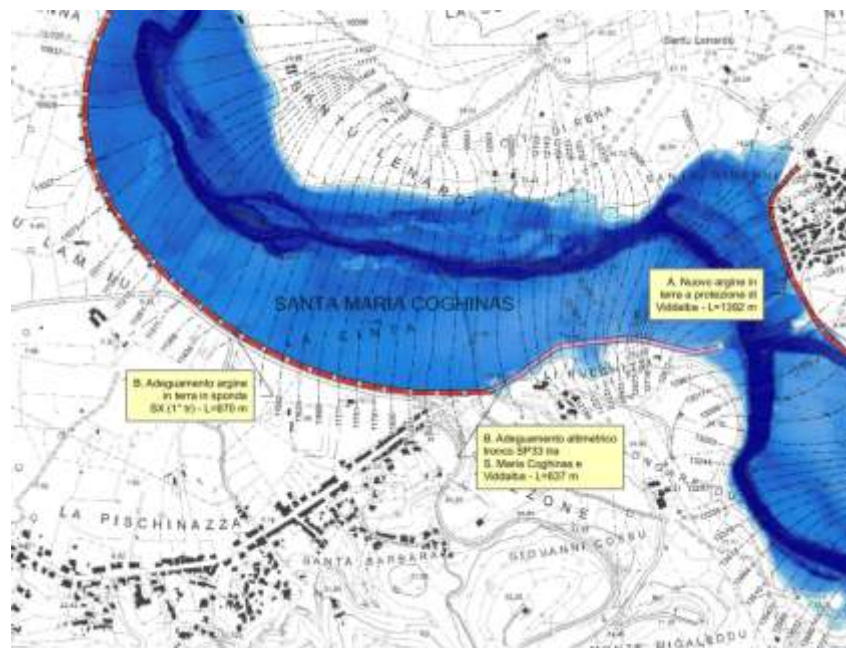


Figura 111.6 - Articolazione degli interventi nel tratto fluviale tra Viddalba e S. Maria Coghinas



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#### 11.4.3. Intervento C. Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas

Con particolare riferimento alle situazioni di insufficienza idraulica di sponda sinistra e al modesto gradiente altimetrico della piana esondata, per effetto della quale si hanno ampie aree allagate anche con modesti battenti idrici, si ipotizza la realizzazione di un argine trasversale posto a valle dell'abitato di Santa Maria Coghinas per prevenire che la lunghezza del profilo di esondazione del tratto di valle del fiume provochi l'allagamento delle aree a monte fino al centro abitato.

L'intervento prevede la realizzazione di una appendice arginale della lunghezza di circa 1050 m parallelamente alla SP 33bis a nord di S. Maria Coghinas, planimetricamente intestato all'estremo di valle del 1° tronco arginale e su un modesto rilievo sulla sponda morfologica della valle in prossimità dell'innesto tra la SP33 e la SP33bis.

Si prevede un'altezza massima del colmo arginale sul piano di campagna pari a 3 m.

#### 11.4.4. Intervento D. Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas

L'intervento connesso alla realizzazione del nuovo argine in terra a protezione di Santa Maria Coghinas, prevede anche la necessaria sistemazione idraulica del reticolo a monte della stessa arginatura, tra il centro abitato e l'arginatura stessa, in modo tale da poter garantire l'ordinato accesso dei deflussi provenienti da monte verso i loro recapiti naturali i quali attualmente consistono nel canale di dreno principale la cui testata arriva fino all'abitato di Santa Maria Coghinas. Per effetto della presenza del rilevato arginale di cui al punto precedente, il canale sarà deviato verso un canale colatore esterno per l'aggiramento dell'argine o con la realizzazione di un impianto idrovoro asservito alla rete di canali dell'area tributaria di monte. L'estensione stimata della zona oggetto di sistemazione ammonta a circa 100 ha all'interno della quale area si prevede la riapertura di nuovi canali con opere accessorie e la realizzazione di attraversamenti che consentono il ripristino delle viabilità eventualmente interrotte.

#### 11.4.5. Intervento E. Adeguamento argine in terra in sponda SX (1° e 2° tronco)

L'intervento prevede l'adeguamento del 1° e del 2° tronco di arginature esistenti in sponda sinistra, le quali attualmente si sviluppano dalla periferia Sud-Est di Santa Maria Coghinas



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

fino al rilievo Monte di Campu per una lunghezza che (con il 1° tronco) ammonta a complessivi 4750 m.

Analogamente che nell'intervento A, con la realizzazione dell'adeguamento si ottiene il sollevamento del petto arginale fino alla quota atta a garantire il deflusso delle acque di piena relativo all'evento di portata bicentenaria con il franco assegnato di m 1.20.

Poiché tale intervento è un adeguamento di una struttura esistente esso non determina la necessità di realizzare particolari sistemazioni idrauliche.

A fronte della nuova realizzazione, per effetto della geometria dell'argine in progetto potrà eventualmente verificarsi l'impegno delle aree al lato campagna immediatamente a ridosso dell'argine attuale, ora occupate dalla viabilità locale. Per tenere conto della delocalizzazione di tale viabilità e del ripristino dei collegamenti è stata prevista una apposita voce inclusa nel capitolo delle spese per espropriazioni.

#### 11.4.6. Intervento F. Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba

L'intervento di demolizione riguarda una struttura dismessa della lunghezza complessiva di circa 116 m e mai rimossa, posta in parallelo all'attuale ponte di collegamento sulla strada provinciale 146 all'ingresso dell'abitato di Viddalba, la quale consiste in un ponte a campate multiple fondate su pile disposte in alveo.

L'intervento prevede l'asportazione delle campate mediante demolizione oppure taglio e rimozione mediante attrezzature di sollevamento, la demolizione delle pile in alveo con l'asportazione delle fondazioni o riduzione delle stesse fino al piano di spiccato sia sulle sponde che sul alveo.

L'intervento comprende inoltre la pulizia delle sponde, la regolarizzazione delle scarpate in modo da favorire il ritorno alla naturalità delle aree di sedime.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA



Figura 11.7 - Vecchia struttura di attraversamento presso Viddalba. Sulla sinistra si osserva il nuovo ponte.

#### 11.4.7. Intervento G. Demolizione del ponte al km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)

In analogia con l'intervento definito al punto precedente anche in tal caso si tratta della demolizione di una struttura che rappresenta una duplicazione rispetto a quella esistente di nuova realizzazione. Tale struttura, che attualmente è utilizzata nella viabilità alternativa di collegamento con Valledoria, ha una lunghezza di poco superiore ai 350 m ed è rappresentata da un ponte a campate multiple le quali poggiano su pile fondate in alveo con piano di carreggiata a due corsie.

Tale intervento sia per la lunghezza del ponte che per la larghezza delle campate, risulta essere più impegnativo del precedente ma parimenti non presenta situazioni di particolare difficoltà in vista del ripristino dei luoghi.

Il raccordo della viabilità che attualmente sfrutta quella struttura con la SP 90 la cui carreggiata dista poche decine di metri dal ponte, può essere realizzata mediante la predisposizione di un incrocio a raso nel punto considerato più favorevole per la sicurezza della circolazione.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

#### 11.4.8. Intervento O. Demolizione del ponte sul rio Badu Crabile lungo la SP35 e variante stradale

Per effetto della grave insufficienza idraulica del ponte della lunghezza di 60 m in prossimità dell'impianto di trattamento dei reflui di Viddalba, l'intervento prevede la demolizione e rimozione della struttura dell'impalcato. La connessione con la viabilità provinciale sarebbe comunque ripristinata a fronte di una variante stradale di collegamento dalla SP35 per Bordigiadas il cui innesto potrà realizzarsi a circa 1 km dal ponte in demolizione per raccordarsi alla SP58 in prossimità della periferia est dello stesso abitato a circa 800 m da esso.

La lunghezza della variante stradale è di circa 1500 m e non si prevedono particolari opere d'arte lungo il tratto ad esclusione delle necessarie tombinature per il ripristino degli scoli.

#### 11.4.9. Intervento P. Interventi di messa in sicurezza del ponte sul f. Coghinas lungo la SP146 per Viddalba

Come evidenziato nel capitolo delle criticità individuate mediante l'analisi idraulica, la compatibilità del nuovo ponte lungo la SP146 presso Viddalba è in parte compromessa, rispetto all'evento bicentenario, in quanto il deflusso avviene a franco nullo.

L'intervento strutturale potrebbe quindi riguardare il sollevamento della quota dell'impalcato per circa 1.2 m (dimensione del franco assunto a riferimento) al fine di garantire la necessaria luce libera all'intradosso della struttura.

Una seconda ipotesi riguarda l'intervento non strutturale di adozione di procedure di protezione civile che prevedano l'interdizione dell'opera in condizioni di piena per il corso d'acqua. In relazione agli elevati costi di adeguamento della struttura, peraltro di recente entrata in servizio, nell'ambito dello studio si è fatto riferimento a tale ipotesi di intervento non strutturale.





REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 11.5. Stima del costo di realizzazione degli interventi

La necessità di ottenere una valutazione degli interventi coerente con il livello di dettaglio consentito in tale fase ha indotto a considerare le necessarie generalizzazioni in fase di stima delle opere e delle esecuzioni in fase di realizzazione.

A tale scopo è stata adottata una procedura di determinazione geometrica delle quantità che utilizza, per quanto possibile, il modello digitale di terreno LIDAR ad alta risoluzione per la predisposizione di elaborati che implicano la realizzazioni di profili di terreno (profili longitudinali, sezioni trasversali etc) necessari a definire con la migliore approssimazione disponibile la geometria dell'opera attualmente esistente e quella in progetto.

La stima dei costi degli interventi sulle arginature è stata effettuata considerando la geometria relativa alla dell'opera in progetto sulla base delle tipologie precostituite e indicate nell'allegato R6, ove il prezzo di analisi è valutato riportando all'unità di misura dimensionalmente tipica per l'opera in progetto (unità di lunghezza per le opere lineari, unità di superficie per gli interventi areali). In particolare, nell'ambito del progetto di adeguamento delle arginature, queste sono state valutate sulla base dell'incidenza media (in metri cubi a metro) del volume dell'opera in relazione alla lunghezza di progetto. Pertanto eventuali variazioni in più o in meno della lunghezza di progetto introdotte nell'analisi- benefici non hanno comportato la necessità di ripetere il computo metrico dell'opera.

Per la stima economica si è fatto riferimento:

- al prezziario regionale delle opere pubbliche,
- a prezziari ed elenchi pubblicati in sede di gara d'appalto per la realizzazione di opere similari nel territorio isolano da parte di amministrazioni, enti pubblici o società di gestione.

Nella tabella successiva sono sintetizzate le descrizioni degli interventi come sopra delineati e sono inoltre riportate le stime dei costi per ciascuno rimandando il prospetto analitico di computo all'allegato R6 specifico.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Nella valutazione complessiva degli interventi, oltre ai costi di realizzazione delle opere, sono stati considerati i costi relativi alle spese generali quantificati in sede di valutazione degli scenari specifici di intervento come descritti nel seguito della relazione.

Per ciascuno scenario, nella valutazione economica delle spese generali sono state considerate le somme per espropri, oneri per l'attuazione della normativa sulla sicurezza, per i rilievi, indagini geognostiche e per le spese tecniche. La quantificazione degli imprevisti è stata stimata nel 5 % mentre la stima complessiva delle spese generali è stata pertanto valutata in circa il 15%-16% del valore delle opere iscritte a quadro economico.

Si ipotizza che l'origine dei finanziamenti per la realizzazione delle opere designate sia di provenienza statale e pertanto non si è ritenuto utile, per la procedura di individuazione dello scenario progettuale economicamente e finanziariamente sostenibile, considerare l'IVA nel quadro economico.

Nel quadro economico generale dello scenario un capitolo di spesa separato riguarda gli oneri di manutenzione delle opere esistenti e quelle previste, i quali appaiono pertanto evidenziati e riferiti a un intervallo temporale annuale pur considerando che, in relazione a particolari condizioni, questi si potrebbero presentare più o meno frequentemente (due interventi all'anno, un intervento ogni due anni oppure tre anni ecc.) nella programmazione dei lavori.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 111.1 – Valutazione economica degli interventi**

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	323 049.99
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 Bordigadas e variante stradale (1600 m)	-	-	187 000

## 12. Scenari strategici di riferimento

### 12.1. Criteri di individuazione

Come già detto, l'articolazione degli scenari nei quali trovano corretta collocazione i singoli interventi illustrati precedentemente, segue il criterio di verifica della fattibilità tecnica, giustificazione economica e possibilità di realizzazione in step funzionali successivi. Ovviamente gli scenari trovano la loro prima giustificazione in relazione alle criticità idrauliche riscontrate nello stato attuale, espresse come pericolosità idraulica riscontrate ai diversi tempi di ritorno dall'analisi idraulica nel territorio in studio.

Lo studio degli scenari di intervento prevede anche la formulazione di ipotesi progettuali alternative mettendo in evidenza la variabilità dei danni patiti (e dei benefici ritraibili in termini di loro riduzione) a fronte degli impegni economici sopportati.

Particolare attenzione è stata riservata per le aree nelle quali sono presenti cespiti con danno potenziale elevato (edifici residenziali o commerciali, industriali, strade importanti e ferrovie, se presenti) prevedendo i conseguenti interventi di salvaguardia i quali hanno privilegiato l'adeguamento di opere già esistenti per limitare gli impatti derivanti dalla realizzazione di nuove infrastrutture. Nella modulazione degli scenari si è tenuto in considerazione l'esigenza di procedere nella realizzazione per lotti funzionali che, pur nella loro parzialità, garantiscano un adeguato controllo e prevenzione delle pericolosità idrauliche.

Nel seguito sono illustrati i cinque scenari di riferimento ipotizzati, con una sintetica descrizione delle varie componenti sia dal punto di vista progettuale che dal punto di vista dell'analisi costi benefici.

### 12.2. Scenario 0 (stato attuale)

Nello scenario zero sono stati comunque inseriti interventi di demolizione del vecchio ponte lungo la strada provinciale 146 presso l'abitato di Viddalba la demolizione del ponte al km 13 della strada provinciale 90 in direzione Valledoria per un totale lavori di circa € 418.500. Tali lavori si rendono necessari per il miglioramento delle condizioni deflusso dell'alveo fluviale senza interventi aggiuntivi se non quelli di ordinaria manutenzione come previsti nell'apposita voce che prevede la manutenzione degli argini esistenti allo stato



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

attuale. Gli oneri di manutenzione computati nel presente scenario sono valutati in € 118.740 all'anno.

Considerando anche la valutazione delle spese generali in una percentuale del 15% si ottiene un totale lavori e spese che ammonta a € 485.000, come consegnato nella tabella seguente.

Sono stati inoltre valutati oneri annui di manutenzione per le opere esistenti pari a circa 120.000 euro per anno.

**Tabella 12.1 - Valutazione dei costi relativi allo "scenario 0"**

INTERVENTI	IMPORTO
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
TOTALE LAVORI	418 450
SPESE GENERALI (15%)	62 767
TOTALE LAVORI E SPESE	481 217
in cifra tonda	€ 485 000
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	118 742

Nel seguito si riporta per comodità la valutazione dei danni da piena, già fornita nel capitolo precedente e riferita allo stato attuale, la quale è stata assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere strutturali individuate tra gli interventi precedentemente descritti.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 122.2 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno**

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

### 12.3.Scenario 1

Nello scenario 1 sono stati inseriti, oltre agli interventi F) e G) già individuati nello scenario 0, anche l'intervento A) denominato **Nuovo argine interno in sponda destra a protezione di Viddalba** il quale comprende come opere complementari anche la demolizione dell'attuale ponte sulla provinciale per Bordigiadas e la creazione di una variante stradale per circa 1,6 km per la creazione di una viabilità alternativa.

Non appare necessario prevedere specifiche sistemazioni idrauliche delle aree scolanti dominate dallo sviluppo dell'arginatura in quanto attualmente esiste già una organizzazione di canali di raccolta che fanno capo ad un impianto idrovoro già descritto. In tale scenario pertanto si effettua il parziale adeguamento di un'arginatura già esistente con riferimento al tratto fluviale a ridosso dell'impianto di depurazione, fino al raccordo stradale a rotatoria all'ingresso di Viddalba. Rispetto ad esso e verso valle invece, poiché l'arginatura si realizza seguendo il tracciato di una strada esistente giacente su un versante terrazzato della sponda del f. Coghinas, non vi sono aree scolanti che verrebbero occluse.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

La valutazione complessiva di tali interventi come sopra sinteticamente descritta è di circa 3 milioni di euro cui vanno ad aggiungersi le spese generali da valutarsi per circa € 500.000 per un totale di lavori e spese di circa € 3.500.000. Tra gli oneri di manutenzione annui sono stati quindi individuati quelli relativi alla manutenzione delle nuove opere di arginatura in aggiunta a quelle relative agli argini esistenti allo stato attuale per un totale di circa € 155.000 per anno.

Il prospetto dei costi è presentato nella tabella seguente, insieme con l'entità stimata per gli oneri di manutenzione

**Tabella 122.3 - Valutazione dei costi relativi allo "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

L'obiettivo principale dello scenario 1 è ovviamente quello della salvaguardia dell'abitato di Viddalba è stato conseguito con la creazione dell'arginatura in progetto che ha consentito la protezione delle aree a ridosso del depuratore le quali sono attualmente presidiate da una modesta arginatura. Rispetto alla situazione attuale si osserva quindi una diminuzione dell'estensione delle aree allagate. Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree esondate con la configurazione studiata delle opere per tutti i tempi di ritorno studiati, anche la valutazione dei danni conseguenti in capo a ciascuna categoria di beni.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 12.4 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno**

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

#### 12.4.Scenario 2

Lo scenario 2 ha come obiettivo la protezione idraulica dell'abitato di Santa Maria Coghinas. Questo è da realizzarsi mediante opere di adeguamento di arginature già esistenti in sponda sinistra del fiume Coghinas e nella creazione di un nuovo argine in terra già individuato come intervento C) per una lunghezza di circa 1054 m, oltre alla sistemazione del tratto stradale di collegamento tra il centro abitato e quello di Viddalba con il sopra elevamento della sede stradale in modo da garantire anche il contenimento delle acque di piena all'interno delle fasce golenali. Completa l'intervento la sistemazione idraulica delle aree dominate dal tracciato dell'arginatura di nuova realizzazione e la demolizione del vecchio ponte a corsia unica lungo la ex SP 146 all'ingresso di Viddalba.

Il totale lavori ammonta a poco meno di 5 milioni di euro cui andranno ad aggiungersi il 16% per spese generali per un totale cifra tonda di circa 5.6 milioni di euro.

Gli oneri annui di manutenzione derivano dalla necessità di garantire la manutenzione alle arginature esistenti e a quelle di nuova formazione e sono valutati per circa € 166.000.

Il prospetto dei costi e degli oneri annui di manutenzione è presentato nella tabella seguente.





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 122.5 - Valutazione dei costi relativi allo "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

La realizzazione dell'opera consente sia la protezione dell'abitato che quella di un'area di circa 72 ettari ricompresi tra la SP146 e l'arginatura fluviale, attualmente occupate in prevalenza da attività agricole ma che, data la vicinanza con il centro abitato, da un impianto sportivo (campo di calcio, tennis e strutture annesse) per circa 3 ettari, edifici rurali, linee elettriche e viabilità stradale.

**Tabella 12.6 – Scenario 2: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno**

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



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 12.5.Scenario 3

Lo scenario 3 comprende gli interventi seguenti sintetizzati nella Tabella 122.7 seguente nella quale si può osservare come lo scenario 3 persegua sia obiettivo della protezione dell'abitato di Viddalba che quello di Santa Maria Coghinas e pertanto gli interventi inclusi nello scenario sono i medesimi che risultano dalla composizione dello scenario 1 e dello scenario 2 precedentemente descritti (oltre che le opere di demolizione previste per tutti gli scenari).

**Tabella 122.7 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 3"**

INTERVENTI	IMPORTO
A. Nuovo argine in terra in sponda DX a protezione di Viddalba	2'385'240
B. Adeguamento argine in terra in sponda SX (fino a Lu Lamaiu)	2'591'160
C. Nuovo argine in terra a protezione di SM Coghinas	1'808'664
D. Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas	330'000
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)	187'010
<b>TOTALE LAVORI</b>	<b>7'720'524</b>
<b>TOTALE SPESE GENERALI (16%)</b>	<b>1'235'284</b>
<b>TOTALE LAVORI E SPESE</b>	<b>8'955'807</b>
in cifra tonda	8'960'000
<b>TOTALE oneri manutenzione (per anno)</b>	<b>201'916</b>

Il totale lavori corrispondente alle opere su elencate ammonta a circa 7.8 milioni di euro cui andranno ad aggiungersi 1.3 milioni di euro circa per spese generali con un totale in cifra tonda di 8.96 milioni di euro per lavori e spese. Riguardo invece alla valutazione degli oneri di manutenzione, essa è legata come sempre alla manutenzione e al mantenimento della funzionalità della protezione degli argini esistenti e di nuova formazione per un totale di circa € 202.000 per anno.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 122.8 – Scenario 3: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore cumulato (€)	Area (mq)	Valore cumulato (€)	Area (mq)	Valore cumulato (€)
A - AGRICOLA	12 533 933	4 861 758	12 677 043	5 340 898	12 749 326	5 678 723
C - COMMERCIALE	18 831	3 487 808	19 095	4 198 423	19 283	4 777 744
I - INDUSTRIALI	46 562	5 412 460	50 438	6 775 584	63 154	8 109 361
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2 175 973	-	2 234 691	-	2 275 426	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	52 896	-	54 174	-	55 289	-
N - STRADE COMUNALI	40 710	151 500	42 917	186 315	46 488	214 651
P - STRADE PROVINCIALI	78 490	533 796	83 019	681 296	88 687	803 648
R - RESIDENZIALE	62 755	14 956 483	69 183	18 245 105	74 281	20 902 660
T - INFRASTRUTTURE E RETI	194 753	2 955 128	198 974	3 435 161	201 699	3 825 203
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	640 612	-	657 993	-	672 406	-
Totale	15 845 515	32 358 933	16 087 527	38 862 782	16 246 038	44 311 991

#### Scenario 4

Nello scenario 4 è stato affrontato l'obiettivo della protezione idraulica complessiva della Bassa Valle del f. Coghinas, degli abitati di Viddalba, di Santa Maria Coghinas e di Valledoria attraverso l'adeguamento dell'arginatura di sponda sinistra esistente mentre in sponda destra è previsto unicamente l'intervento individuato al punto A) dell'elenco generale degli interventi ovvero il nuovo argine in terra a protezione di Viddalba con le opere annesse.

L'adeguamento dell'intero sviluppo arginale di sponda sinistra coinvolge 8495 m di lunghezza di opere esistenti e circa 2029 m di lunghezza di nuove opere di contenimento nelle quali sono compresi anche 637 m di adeguamento altimetrico della SP 146 tra S. Maria Coghinas e Viddalba.

La valutazione degli interventi dello scenario quattro ammonta a circa 18.7 milioni di euro per soli lavori cui andranno a sommarsi circa 3.0 milioni di euro per spese generali con un totale di circa 21.7 milioni di euro. Gli oneri di manutenzione annui per la manutenzione

dei nuovi argini nella conformazione prevista dello scenario ammontano a circa € 274.000 all'anno.

Nella tabella successiva sono sintetizzate le voci di costo previste per tale scenario.

**Tabella 12.9 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 4"**

INTERVENTI	IMPORTO
A. Nuovo argine in terra in sponda DX a protezione di Viddalba	2'385'240
E. Adeguamento argine in terra in sponda SX	15'673'944
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 Bortigiadas e variante stradale (1600 m)	187'010
<b>TOTALE LAVORI</b>	<b>18'664'644</b>
TOTALE SPESE GENERALI (16%)	2'986'343
TOTALE LAVORI E SPESE	21'650'986.61
in cifra tonda	21'655'000
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	273'624

Come è possibile osservare, non si prevede alcuna opera di protezione aggiuntiva sulla sponda destra a valle dell'abitato di Santa Maria Coghinas in loc. Pischina Miali e loc. Padula, al fine di evitare la formazione di un corridoio fluviale eccessivamente stretto per le portate più elevate come appare confermato dallo stato attuale del tracciato delle arginature. Tale considerazione mantiene una situazione di potenziale pericolosità in quelle aree che tuttavia appare sostenibile rispetto all'uso agricolo cui sono destinate. Le arginature esistenti in sponda destra, in fase di realizzazione dello scenario di riferimento (Scenario 4) potranno essere demoliti con il possibile riutilizzo dei volumi terrosi per l'adeguamento degli argini di sponda sinistra in progetto.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 12.10 – Scenario 4: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore cumulato (€)	Area (mq)	Valore cumulato (€)	Area (mq)	Valore cumulato (€)
A - AGRICOLA	4 319 298	2 427 457	4 357 614	2 542 281	4 396 981	2 634 604
C - COMMERCIALE	18 890	6 669 257	19 136	7 430 968	19 359	7 956 705
I - INDUSTRIALI	11 947	3 333 775	11 974	3 402 500	11 983	3 843 127
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2 437 801	-	2 542 692	-	2 616 783	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	32 083	-	33 679	-	34 736	-
N - STRADE COMUNALI	27 529	218 202	27 667	235 546	28 629	252 514
P - STRADE PROVINCIALI	14 940	158 655	21 288	225 245	23 967	291 544
R - RESIDENZIALE	47 618	13 306 680	53 437	16 892 655	58 371	19 842 025
T - INFRASTRUTTURE E RETI	75 514	2 312 239	78 287	2 528 998	80 929	2 742 693
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	618 436	-	635 210	-	648 948	-
Totale	7 604 057	28 426 264	7 780 984	33 258 193	7 920 688	37 563 213



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

## 13. Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento

### 13.1. Premesse

Il punto 3 dell'articolo 7 della Direttiva Europea 2007/60/CE, ripreso nell'Allegato 1 del D.Lgs. 49/2010, prevede che per i bacini idrografici interessati dal rischio idraulico sia impostata una metodologia sostanzialmente basata sull'analisi costi-benefici per valutare le misure di mitigazione. L'analisi Costi-Benefici considera sia i costi associati all'intervento ed i benefici derivanti dalla realizzazione dello stesso intervento, quantificabili in termini di riduzione del danno atteso, sia in funzione del soddisfacimento vincoli o esigenze irrinunciabili e non tangibili, ovvero a vincoli tecnologici imposti, ad esempio, da esigenze tecniche nella sequenza realizzativa del sistema di protezione in cui vengono inseriti.

Com'è noto, l'analisi costi-benefici in ambito di investimenti pubblici è una tecnica di valutazione utilizzata per prevedere gli effetti di un progetto, di un programma o di un investimento, verificando se, con la realizzazione dell'intervento, la società ottenga un beneficio o un costo netto. È uno strumento di supporto alla decisione che, inoltre, per mezzo del calcolo dei benefici e dei costi associati alla realizzazione di proposte alternative, evidenzia la proposta migliore fra le alternative progettuali. L'analisi costi-benefici ha quindi origine dalla necessità dell'operatore pubblico di dotarsi di uno strumento di calcolo per valutare il suo intervento ed infatti è stata introdotta ufficialmente in Italia dal F.I.O. (Fondo Investimenti Occupazione) nel 1988.

La principale teoria economica su cui basare questi ragionamenti è quella neoclassica o liberistica, che prevede un equilibrio generale tra domanda ed offerta. Questo equilibrio genera un sistema dei prezzi che (almeno in teoria) prevede una ottima allocazione di risorse tra usi alternativi, in cui sia il profitto dei produttori sia l'utilità dei consumatori sono massimizzati (entro i limiti di budget, o la disponibilità delle risorse). Perché ciò avvenga, è necessario che vi sia efficienza nel mercato ma, nella realtà, queste efficienze non sono sempre garantite e, soprattutto, intervengono i seguenti aspetti: a) non vi è una equa distribuzione di reddito e di ricchezza tra i soggetti; b) siamo in condizioni di concorrenza "imperfetta" (monopolio, oligopolio, ecc.).



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

In questo quadro, si situano anche le valutazioni degli “interventi pubblici” per la difesa dagli eventi di piena, per i quali il sistema classico dell’analisi costi-benefici mostra i suoi limiti applicativi. In termini generali, nella definizione e valutazione dei costi e dei benefici bisogna tenere conto della loro distinzione in “diretti” e “indiretti”. In particolare i secondi sono spesso difficilmente determinabili in quanto conseguono da effetti indiretti dell’intervento di protezione; inoltre in questa categoria ricadono generalmente voci difficilmente monetizzabili quali, per esempio, gli effetti sull’ambiente, che preferibilmente vanno quindi considerati come vincoli nel problema decisionale. Una volta individuati e stimati in termini monetari omogenei tutti i costi e i benefici, la valutazione vera e propria richiede siano considerate e valutate le voci e confrontate fra loro. In linea di principio, seguendo la metodologia classica della massimizzazione del valore attuale netto (VAN), si considera un prefissato orizzonte temporale di riferimento (vita delle opere in progetto) e per ciascun anno di vita del progetto si calcola un beneficio “totale attualizzato” a cui andrà sottratto il corrispondente costo “totale attualizzato”, ottenendo di ciascun anno di vita del progetto un “beneficio attuale netto” che dovrà essere aggregato in un valore finale sull’arco temporale di analisi. Questo valore cumulato del beneficio attuale netto, in ultima analisi, permette di valutare il progetto. Una volta attualizzati e aggregati i valori, si opera il vero e proprio confronto tra benefici e costi.

In alternativa, metodi di confronto si basano su altri due indici:

- Il Rapporto Benefici-Costi (RBC):
- Il saggio di rendimento interno (SRI)

Nell’analisi finanziaria privata, dove si applicano i prezzi di mercato, questi indici possono essere giustificati da investimenti alternativi a quello in esame, ma in questo caso di opere di difesa dai fenomeni di alluvione siamo tipicamente nel settore pubblico e alcuni “indicatori” non hanno un’agevole giustificazione.

Riprendendo il discorso sulla valutazione del VAN, un primo problema in questo percorso metodologico è dovuto al fatto che spesso intervengono aspetti non strettamente finanziari poiché questi soli non sono esaustivi nel descrivere i possibili impatti (positivi e negativi) di un progetto di difesa dalle piene. L’analisi dovrà necessariamente introdurre giudizi di opportunità anche su criteri sociali, calcolati dai risultati dell’analisi finanziaria



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

mediante opportune correzioni per derivare il complesso dei costi e dei benefici legati all'opera in esame. Le variabili considerate da quest'analisi saranno spesso, quindi, oltre che economiche (più facilmente derivabili da analisi di tipo finanziario) anche di tipo sociale, naturalistico, di salvaguardia del patrimonio storico-architettonico, ecc. Non è, quindi, in genere possibile un'aggregazione diretta di tutte le voci considerate in quanto vi è una generale "disomogeneità" degli elementi che intervengono. Un'analisi di questo tipo richiederebbe necessariamente approcci di tipo multi-obiettivo che introducano procedure di pesatura sulla funzione obiettivo o, in alternativa, di vincolo nel modello di ottimizzazione dell'intervento considerato.

Sarebbe inoltre opportuno sviluppare un'analisi di sensitività in corrispondenza dei valori adottati: In qu "prezzi ombra" (o prezzi di sconto). I prezzi ombra non sono prezzi reali, ma valutano gli impatti che un'attività, progetto, o investimento, ha sulla funzione di benessere misurata come la variazione marginale delle risorse considerate. Possono anche essere intesi come costi derivanti da un danno causato a una risorsa ambientale che altrimenti poteva essere pienamente goduta. In pratica possono essere considerati come una perdita di benefici. Un semplice esempio, può essere fatto considerando un aumento del livello di inquinanti ammesso in un corso d'acqua o nell'atmosfera a seguito della maggiore o minore efficienza degli impianti di trattamento (e dei relativi costi) previsti e valutando come questa variazione induce vari "danni" quantificabili monetariamente come una maggior spesa sanitaria, e, nel nostro caso di difesa dalle piene, una maggior spesa per interventi di restauro di edifici, monumenti, ecc.

In alternativa a quest'approccio fondamentalmente basato su una modellazione matematica del processo decisionale, si possono adottare degli approcci indiretti che implicano indagini di tipo più qualitativo sulle preferenze degli stakeholders (portatori di interesse):

- la valutazione contingente,
- l'analisi del comportamento:
- la valutazione basata su ).





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Nella valutazione contingente, i soggetti della comunità interessata dal progetto devono dichiarare (attraverso questionari, generalmente) in modo diretto il valore che darebbero a quel dato bene intangibile o ambientale impat

accettare” (willingness to ac

evitare un danno B).

Nell’analisi di comportamento ci si basa sulla idea che certi valori economici siano il risultato di una aggregazione di caratteristiche diverse non valutabili separatamente e si stimano tramite i prezzi impliciti dei beni coinvolti.

(o insieme di beni) rispetto ad un altro, in relazione ad un determinato scopo; per esempio, un impiego alternativo di capitali: il costo di una strategia di prevenzione dell’abbandono dei rifiuti, in situazione terreno contaminato.

Considerate le incertezze nelle valutazioni economiche sopra richiamate, nel seguito ci si rifarà alla trattazione classica della massimizzazione del VAN impostando un modello di tipo matematico per la stima delle grandezze considerate. In sintesi si stimeranno con le procedure precedentemente illustrate i benefici intesi come riduzione dei danni da alluvione e i costi delle opere di difesa, introducendo le necessarie procedure di attualizzazione dei flussi monetari.

Procedure alternative, che implicano una valutazione di preferenza delle comunità coinvolte, potranno eventualmente essere prese in considerazione dopo l’avviamento della fase di consultazione pubblica sugli interventi previsti nei singoli scenari strategici di riferimento che il PGRA definirà come azioni non strutturali.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 13.2. Interazioni tra PGRA e piani di emergenza

Le procedure di gestione del rischio di alluvione dovrebbero integrare tra loro diverse tipologie di azioni svolte dagli Enti preposti, ma anche dalle comunità e da singoli individui per ridurre a un livello accettabile i danni conseguenti agli eventi di piena. Le misure non strutturali consistono in misure di emergenza da attuare prima degli eventi, a seguito degli allertamenti, misure da attuare durante le fasi di emergenza e misure di post-evento.

Con adeguato anticipo rispetto agli eventi di piena, le popolazioni dovranno essere allertate, potranno essere evacuate e si potranno adottare quelle azioni che limitano i danni dell'esondazione sulle infrastrutture e sui beni più sensibili. Prima e durante l'evento si dovranno adottare misure di intervento e sorveglianza sul territorio: esempi tipici possono essere rappresentati da interdizione all'uso d'infrastrutture di trasporto, realizzazione di lavori temporanei di innalzamento di strutture di protezione, apertura di varchi per agevolare il deflusso, ecc. Dopo la piena dovranno essere adottate le misure che agevolano un rapido recupero nella possibilità di svolgere le regolari attività produttive, e la riutilizzazione delle infrastrutture temporaneamente interdette.

Nel territorio soggetto a pericolosità idraulica è necessario che le misure di allertamento e le conseguenti attività previste per la protezione della popolazione e dei beni sensibili siano precedentemente studiate, predisposte e verificate con azioni simulative che mettono a conoscenza la popolazione sulle modalità di comportamento da attuare a seguito di una allerta per un evento di piena.

L'analisi economica di efficienza, nella stima della riduzione dei danni, di queste misure di emergenza non è agevole: essa è complicata dal fatto che sono difficilmente prevedibili le tendenze individuali ad agire. Spesso questo avviene in maniera non uniforme e talvolta non facilmente prevedibile, specie se il territorio non ha subito vulnerazioni da piena in tempi recenti che consentano ai singoli, anche sulla base del senso comune, di attivarsi con le modalità corrette per affrontare e superare le situazione di pericolosità. La variabilità nella efficienza delle azioni adottate in una fase di emergenza per piena dipende, inoltre, dalla dimensione e dal livello delle infrastrutture disponibili nel territorio interessato e dalla loro stessa vulnerabilità agli eventi. La stessa configurazione del territorio e la tipologia degli edifici può modificare la possibilità di adottare in modo



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

agevole anche procedure ovvie per la salvaguardia della popolazione. Pertanto, il piano di emergenza dovrà necessariamente essere specificatamente riferito al territorio a rischio e richiede sia possibilmente ivi validato con operazioni di simulazione delle situazioni di pericolo.

Un'interazione importate tra PGRA e piani di protezione civile riguarda la **definizione del livello di pericolosità** da associare a tratti omogenei del corso d'acqua o a specifiche infrastrutture e, conseguentemente, al territorio sotteso interessato dalla inondazione. In specifico per la bassa valle del Coghinas, si ricorda che nelle analisi di dettaglio sviluppate nei capitoli precedenti si sono date le informazioni sulle aree attualmente a pericolosità di alluvione e sono riportati i risultati ottenuti con la modellazione idraulica aggiornata. Questo ha permesso, inoltre, di stabilire che il collasso delle arginature, che viene fatto corrispondere al superamento della quota idrica corrispondente a un franco di altezza inferiore a 20 cm, avvenga già con portate di piena di circa  $1900 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{amm}$ ) Per portate inferiori a  $Q_{amm}$  si ha assenza di esondazioni. Nella situazione attuale di gestione dell'invaso di Muzzone si è ottenuto che il valore del tempo di ritorno associato alla portata  $Q_{amm}=1900 \text{ m}^3$  15 anni nella zona del 1° Tronco (parte più montana). Nella parte più valliva (2° e 3° Tronco) i tempi di ritorno dell'evento critico sono sensibilmente più alti. Tutto ciò, e con riferimento all'intero territorio regionale, sarà utilizzato per la definizione delle soglie idrauliche di allertamento che saranno definite nella stesura del PGRA.

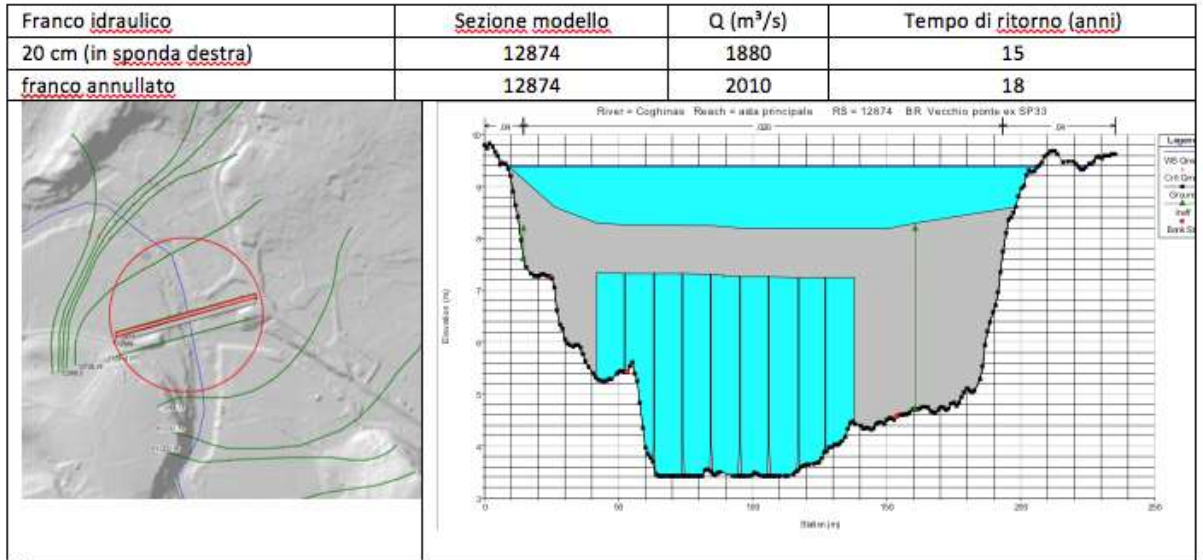
Si riportano di seguito le tabelle che sintetizzano per tronchi omogenei le criticità attuali e le portate massime transitabili con franco minimo assunto di 20 cm e con franco azzerato.



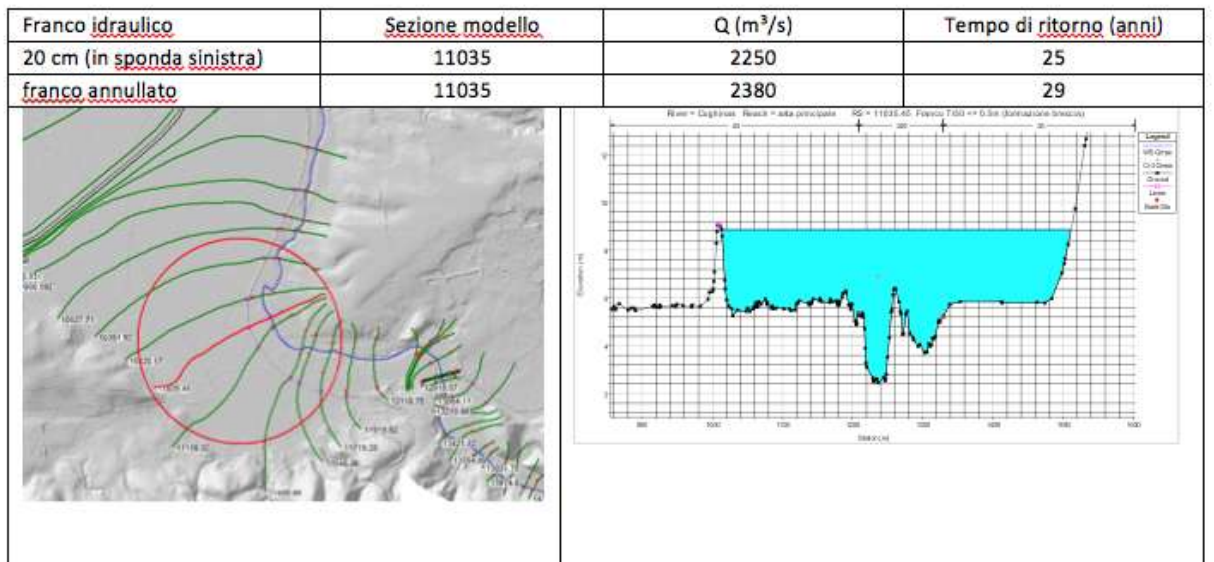
REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

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



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

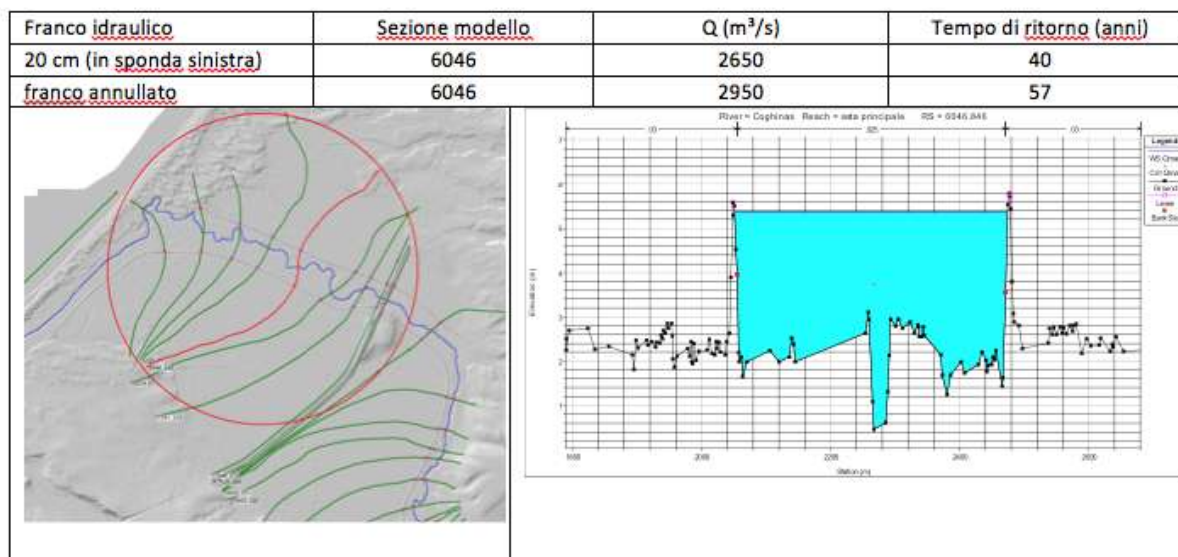




REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

3° Tronco: Dal ponte SP90 fino a foce:



In sintesi si ritiene che nella stesura attuale del PGRA si dovrà necessariamente fornire una analisi degli elementi critici di interazione con in deflusso delle acque, sia in termini di opere di protezione esistenti che di infrastrutture che, comunque, interagiscono con i corsi d'acqua al fine di definire le portate che possono defluire senza pericolo per i territori adiacenti con la attuale capacità di deflusso negli alvei.

A seguire può essere impostata una operazione di inversione della funzione che dà luogo alla curva probabilistica degli eventi estremi di piena e determinare il tempo di ritorno atteso per l'evento che diviene critico per il territorio. Quest'operazione è però spesso complicata dal dover considerare la riduzione sulle portate operate dai serbatoi di laminazione a monte. In linea di massima, come già detto nei paragrafi precedenti, nel PGRA si opererà con le tecniche di modellazione idrologica già utilizzate nel PSFF e richiamate in precedenza.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

### 13.3. Obiettivi e definizione degli scenari strategici

Rifacendoci all'ambito di ottimizzazione economica classica, come già detto l'obiettivo primario dell'intervento pubblico è quello di massimizzare il benessere della comunità, anche se questo criterio non è sempre facilmente traducibile in criteri operativi per il pianificatore nei specifici contesti esaminati. Per una trattazione degli aspetti generali legati alla definizione dei concetti e obiettivi della pianificazione nell'ambito dei sistemi di protezione dalle piene si vedano, ad esempio, i testi di L.D. James & R.R. Lee (1971) e Maass & al., 1962. Tradizionalmente la misura della performance di un intervento è espressa in termini di benefici conseguibili e di relativi valori marginali conseguenti all'analisi economica e sono normalmente espressi in funzione delle probabilità di accadimento dell'evento di progetto (evento per il quale si dimensionano le opere di difesa). Ciascun valore marginale di costo e beneficio dovrebbe riflettere la combinazione di interventi strutturali e non strutturali richiesti ed i danni residui attesi. Un ugual livello di protezione dalle piene (in termini di danni attesi) può essere definito con diverse combinazioni di opere e interventi. In Maass (1962) è considerato l'esempio della realizzazione di opere di invaso per la laminazione dalle piene e, in alternativa, del miglioramento delle opere di inalveamento della parte valliva di un corso d'acqua. La procedura per individuare l'assetto ottimo deve necessariamente prendere in esame diverse combinazioni delle possibili alternative, con riferimento a ciascun livello di protezione ipotizzato.

In termini generali, la definizione della funzione di produzione (funzione che esprime le relazioni tra input e output del sistema in condizioni di massima efficienza tecnologica) per gli interventi di protezione dalle piene richiede che la sua formulazione sia ottenuta in due fasi successive: 1) con la prima si esprime la relazione tra input (costi dei fattori produttivi) e le dimensioni delle opere; 2) con la seconda si esprime la relazione tra le dimensioni delle opere e gli output del sistema (portate defluenti e conseguenti aree interessate dall'esonazione). La prima fase riguarda questioni più strettamente ingegneristiche di dimensionamento delle opere e può essere risolta compendiando i risultati nella funzione di costo delle opere che devono essere realizzate. La seconda fase è, in molti casi, più complessa, richiede l'interazione tra modelli idrologici e idraulici con l'assetto del territorio



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

e la relazione che si può ottenere ha, di norma, un carattere probabilistico legato alla natura stocastica degli input idrologici.

Nel caso illustrato in Maass & al. (1962), i serbatoi di laminazione hanno la funzione di accumulare una parte dei volumi di piena riducendo le portate al colmo che defluiscono a valle della diga in modo tale che tali deflussi possano comunque transitare nell'alveo di valle entro una struttura adeguata a evitare rischi di esondazione. Data la natura degli eventi di piena si deve fare uso di relazioni di tipo probabilistico che legano le portate al colmo col tempo di ritorno ipotizzabile per tali eventi.

In termini modellistici, le relazioni di ottimalità marginale per ricavare la combinazione delle variabili nella configurazione ottima delle opere dovranno considerare l'espressione differenziale che mette in relazione il rapporto tra i costi marginali ( $CM$ ) con il saggio di sostituzione tecnica dei fattori produttivi ( $SST$ ):

$$\frac{CM_i}{CM_h} = SST_{hi} \quad (13.1)$$

Questa relazione tra le variabili di progetto massimizza il beneficio netto del sistema garantendo i livelli di protezione adeguata per l'area in esame. Inoltre, i costi marginali del sistema dovranno essere messi a raffronto con i rispettivi benefici, in termini di riduzione dai danni, per determinare la combinazione ottimale nelle dimensioni delle strutture e il livello ottimale di protezione dalle piene.

Poiché, come già detto, la funzione di produzione ha sostanzialmente caratteristiche di tipo stocastico, anche la funzione obiettivo del problema non potrà che essere espressa in termini stocastici. Dovrà, pertanto, essere utilizzato il concetto di "valore annuo atteso" dei benefici netti. Questi saranno ricavati sulla base della valutazione dei benefici lordi e dovranno essere intesi come riduzione dei danni conseguenti agli eventi di piena, attesi con una certa probabilità di accadimento, a seguito alla realizzazione delle opere di invaso e di difesa arginale, e dei costi di realizzazione delle stesse opere.

Nel PGRA, come già detto, si acquisiscono i risultati di analisi idrologica elaborati nel PSFF e, pertanto, si considera conosciuta l'entità delle portate al colmo in funzione dei



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

tempi di ritorno, ovvero delle probabilità di superamento, o di non superamento, degli eventi di piena alle sezioni di interesse. Si ricorda che la relazione tra tempi di ritorno  $T_r$

$P_s$  e non superamento  $P_{ns}$  sono le seguenti:

$$P_s = \frac{1}{T_r} \quad ; \quad P_{ns} = 1 - \frac{1}{T_r} \quad (13.2)$$

Per la valutazione dei benefici occorre associare a ciascun valore della portata di piena, e della relativa probabilità, la corrispondente entità del danno conseguente. Quest'operazione richiede che sia realizzata la procedura di modellazione idraulica descritta nei paragrafi precedenti e la stima dei danni sulla base dell'approccio modellistico ugualmente descritto nei paragrafi precedenti. Le procedure consentono, tramite l'applicazione delle espressioni, di mettere in relazione la stima del danno con le caratteristiche d'uso del territorio e con il battente della lama d'acqua che si attende in caso di alluvione con assegnato tempo di ritorno.

La stima del valore di danno annuo atteso con riferimento alla "situazione attuale" ed a seguito della realizzazione di un assegnato "scenario di intervento" nella realizzazione delle opere è data dall'area sotto la curva che rappresenta l'andamento del danno al variare della probabilità di superamento:

$$E(D) = \int_0^1 D_s d(P_s) \quad (13.3)$$

Nella espressione (13.3) si è indicato con  $D_s$  il danno, valutato in termini economici, che si ha in corrispondenza delle probabilità di accadimento dell'evento di piena cui corrisponde la probabilità di superamento  $P_s$ .

L'espressione precedente si può modificare nella seguente:

$$\square E(D) = \int_0^\infty P_s d(D_s) \quad (13.4)$$

Nei calcoli pratici si lavora per intervalli di tempi di ritorno:  $T_{r1}, T_{r2} \dots$

$$: P_{s1} = 1/T_{r1}, P_{s2} = 1/T_{r2} \dots$$

L'espressione (13.4), operando su tempi di ritorno discreti, si modifica nella seguente:





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

$$E(D) = \sum_{i=1, N} [(D_i^{\text{inf}} + D_i^{\text{sup}})/2] [(1/T_r^{\text{inf}}) - (1/T_r^{\text{sup}})] \quad (13.5)$$

nella quale  $T_r^{\text{inf}}$  e  $T_r^{\text{sup}}$  sono i valori del tempo di ritorno all'estremo superiore e inferiore dell'intervallo di calcolo del danno atteso  $D_i$ .

La funzione di produzione deve essere quindi intesa come la relazione che lega la portata di piena  $Q_c$  attesa con un certo tempo di ritorno  $T_r$ , che si può ritenere controllata completamente dal sistema (alla quale corrisponde quindi un danno nullo) a seguito della realizzazione delle opere di difesa e di invaso.

Formalmente si può esprimere questa relazione nel seguente modo:

$$f(Q_{c, T_r}, x, y) = 0 \quad (13.6)$$

Con  $x$  ed  $y$  si intendono i vettori delle variabili rappresentanti, in termini economici omogenei, i fattori produttivi (in questo caso i costi per la realizzazione delle opere di difesa da alluvione) ed i prodotti (in questo caso i benefici conseguenti sul territorio) considerati negli scenari di intervento.

La ricerca dell'insieme dei punti che per ogni livello di tempo di ritorno  $T_r$ , ovvero per ogni livello di probabilità  $P_s$ , garantisce il soddisfacimento della espressione di ottimalità marginale (13.1) definisce il cosiddetto "percorso di espansione ottima" ossia la combinazione delle opere di protezione  $x$  che fornisce il livello di riduzione dei danni piena  $y$  al minimo costo.

Nell'ambito teorico dell'ottimizzazione economica dell'intervento pubblico, ossia ponendoci l'obiettivo di massimizzare il benessere della comunità, dovremmo prescindere dalla definizione a-priori di un tempo di ritorno dell'intervento, anche se questo criterio non è sempre facilmente traducibile in criteri operativi per il pianificatore. Occorrerebbe, a questo punto ricavare la funzione che rappresenta i benefici lordi del progetto equiparati, per definizione, alla differenza fra il valori attesi del danno in presenza di opere di protezione o in assenza di esse. I benefici sono quindi definiti come riduzione del valore atteso del danno, valutati rispetto a quelli attesi precedentemente la realizzazione del progetto.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

In proposito, sarebbe da osservare che spesso la realizzazione delle opere di protezione è utilizzata per svincolare ampie zone di territorio nelle quali, precedentemente alla costruzione delle opere di protezione, erano impedita la realizzazione di infrastrutture di pregio. La conseguenza di questa variazione d'uso è importante nella quantificazione complessiva del danno medio annuo atteso, e può comportare effetti addirittura opposti rispetto alla definizione dei benefici attesa.

L'andamento della curva dei benefici lordi medi annui, assieme a quella dei costi medi annui di intervento, in funzione dell'entità dell'evento di piena per il quale si ha protezione completa consente di definire la soluzione corrispondente al massimo valore dei benefici netti medi annui che coincide con l'uguaglianza dei rispettivi valori marginali con la produzione marginale (PM) definibile con l'intervento:

$$\frac{CM_i}{BM_j} = PM_{j,i} \quad (13.7)$$

In termini applicativi, nei prossimi paragrafi, per ognuno degli scenari di intervento definiti nel Capitolo 12

valore finale del VAN secondo la metodologia ed i criteri di valutazione economica riportati di seguito in questa relazione.

#### 13.4. [Analisi economica degli scenari d'intervento ipotizzati](#)

Per ognuno degli scenari d'intervento definiti nel Capitolo 12, to l'andamento del flusso attualizzato di costi e benefici e il valore finale del VAN secondo la metodologia ed i criteri di valutazione economica precedentemente illustrati. Per eseguire correttamente l'analisi dei costi e dei benefici è necessario introdurre fattori di omogeneizzazione dei flussi finanziari che permettono di rendere i valori comparabili in un predefinito istante temporale, normalmente assunto coincidente con l'anno di inizio dell'investimento. I valori vengono "attualizzati", ossia resi omogenei utilizzando un "tasso di attualizzazione" del capitale o flusso di cassa  $F_i$  che si realizza nell'anno  $i$ -esimo che è attualizzato (scontato) all'anno zero con l'equazione:



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

$$F_0 = \left[ \frac{1}{(1+r)^i} \right] F_i \quad (13.8)$$

e che l'investimento iniziale per la realizzazione dello scenario d'intervento dia luogo ad

concentrati al termine dell'esercizio stesso. Nell'analisi sono considerati i valori cumulati di costi e benefici per tutto l'orizzonte temporale. Come già valutazione economica che considera la valutazione dei costi (flussi in uscita) e dei benefici (flussi in entrata) con le usuali regole di attualizzazione. I parametri necessari per le valutazioni sono:

$n$  = numero di anni considerati nello scenario, spesso coincidente con la vita utile dell'opera;

$r$  = tasso di interesse utilizzato.

La scelta del valore del tasso  $r$  cumulated

: 1)

adottare i tassi di interesse applicati dalle banche e dalle aziende di commerciali ai prestiti a lungo termine; 2)decidere i tassi di sconto sulla base di scelte realizzate a livello politico che considerano anche aspetti di equità e solidarietà sociale; 3) adottare il tasso di rendimento dell'investimento della risorsa finanziaria, anche con riferimento a aspetti produttivi alternativi.

Nelle applicazioni che seguono, si è fatto riferimento a un tasso  $r$  relativamente basso, assunto pari al 3% che può essere giustificato con riferimento al secondo punto sopra dato.

L'orizzonte temporale nell'analisi economica è stato assunto pari a 100 anni per tutti gli scenari di intervento esaminati. Considerata la tipologia delle opere questo scenario si ritiene coerente con le analisi da realizzare. Per alcuni interventi potranno essere considerati ulteriori oneri di sostituzione di apparecchiature o rifacimento di opere, quando necessari su questo arco temporale.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Di seguito si considereranno sinteticamente gli scenari d'intervento ipotizzati nella bassa valle del Coghinas, riprendendo per ciascuno di essi le caratterizzazioni economiche più estesamente descritte nel Capitolo 12.

#### 13.4.1. Scenario 0 – Situazione attuale

Nello scenario zero, pur non inserendo nuove opere infrastrutturali, sono stati inseriti interventi ritenuti assolutamente necessari per il miglioramento delle condizioni deflusso che prevedono la demolizione del vecchio ponte sul Coghinas presso l'abitato di Viddalba e la demolizione del ponte lungo la strada provinciale per Valle Doria per un totale lavori di circa € 418.500. La valutazione delle spese generali è quantificata in valore percentuale del 15%. Pertanto, si ottiene un totale lavori e spese che ammonta a € 485.000.

Sono inoltre previsti i lavori di ordinaria manutenzione degli argini esistenti nello stato attuale. Gli oneri di manutenzione sono valutati in € 118.740 per anno.

I valori dei oneri sopra forniti saranno sempre sottratti agli oneri conseguenti agli scenari di intervento che saranno considerati di seguito.

La valutazione dei danni di piena riferita allo stato attuale, già fornita nel Capitolo 10 è riportata per comodità nella tabella seguente, ed è assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere considerate negli scenari di intervento.

In definitiva, i benefici medi annui conseguenti dalla realizzazione degli scenari saranno valutati come differenza tra i danni medi annui attesi nello scenario zero e i danni medi annui attesi a seguito della realizzazione degli interventi.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

**Tabella 13.1 – Scenario 0 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	16'352'066	48'382'292	16'615'603	60'369'036	16'793'446	71'006'292

#### 13.4.2. Scenario 1 – Opere di protezione Viddalba

Nello scenario 1 sono stati inseriti gli interventi del nuovo argine in sponda destra a protezione dell'abitato di Viddalba. In questo scenario sono inserite come opere complementari anche la demolizione dell'attuale ponte sulla provinciale per Bortigiadas e la creazione di una variante stradale per circa 1,6 km per la creazione di una viabilità adeguata all'estensione della esondazione.

La valutazione complessiva degli oneri derivanti da tali interventi è di 3.337.892,00 euro.

Gli oneri di manutenzione annui sono stati valutati pari a € 154.882 per anno.

Rispetto alla situazione attuale si riscontra la riduzione dell'estensione delle aree allagate. Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree vulnerate con la configurazione ipotizzata per tutti i tempi di ritorno, anche la valutazione dei danni conseguenti.

Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a soli  $42.6 \cdot 10^3$  euro/anno.

La Figura 13.1 visualizza i flussi attualizzati di costi e benefici e come, nell'arco temporale esaminato, questo scenario non determina una convenienza economica conseguente alla sua realizzazione (non si raggiunge un incrocio fra le curve dei valori attualizzati).

**Tabella 133.2 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	16 500 700	48 341 153	16 756 746	58 649 176	16 938 561	67 201 884



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

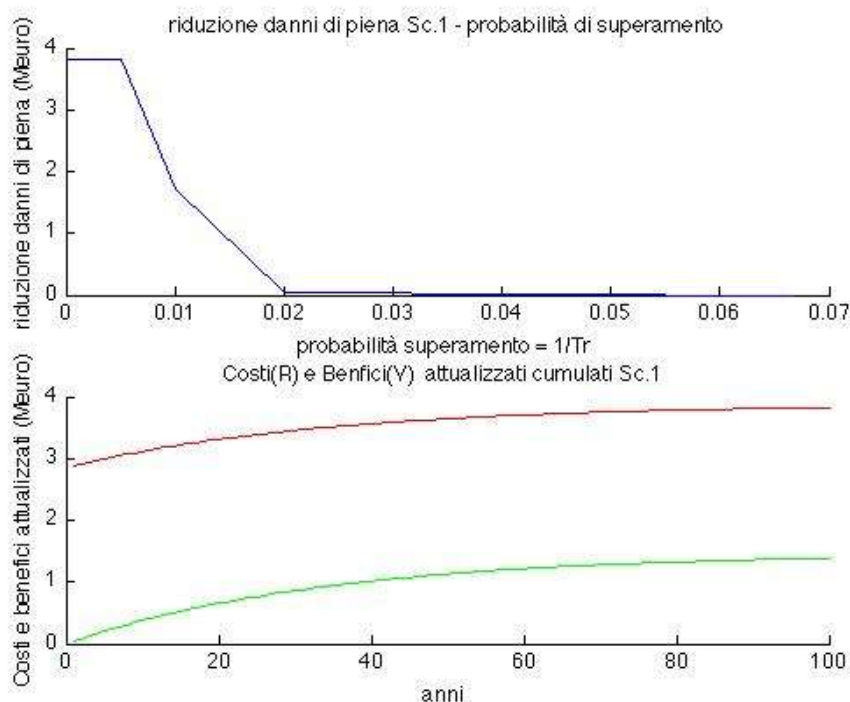


Figura 13.1 - Scenario 1: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici

#### 13.4.3. Scenario 2 – Opere di protezione di Santa Maria Coghinas

Lo scenario 2, come descritto nel Capitolo 12, ha come obiettivo la protezione idraulica dell'abitato di Santa Maria Coghinas. Questo è da realizzarsi mediante opere di adeguamento di arginature già esistenti in sponda sinistra del fiume Coghinas e nella creazione di un nuovo argine in terra con una lunghezza di circa 1054 m, oltre alla sistemazione del tratto stradale di collegamento tra il centro abitato e quello di Viddalba con il sopraelevamento della sede stradale in modo da non interferire con le aree vulnerate e garantire il contenimento del deflusso all'interno delle fasce golenali

L'importo complessivo dei lavori ammonta a poco più di 5 milioni di euro cui vanno ad aggiungersi il 16% per spese generali per un totale di circa 5.975 milioni di euro.

Gli oneri annui di manutenzione delle arginature esistenti e di nuova formazione e valutati in circa 166.000 euro.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

La realizzazione dell'opera consente la protezione dell'abitato e di un'area di circa 72 ettari compresi tra la SP146 e l'arginatura fluviale che, data la vicinanza con il centro abitato, ha una valenza elevata essendo attualmente interessata, oltre che da attività agricole, da un impianto sportivo (campo di calcio, tennis e strutture annesse) per circa 3 ettari, edifici rurali, linee elettriche e viabilità stradale.

Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a  $789,1 \cdot 10^3$  euro/anno.

La Figura 13.2 visualizza come questo scenario evidenzia una convenienza economica dalla sua realizzazione anche considerando una vita dell'opera relativamente breve, dell'ordine dei 15 anni, e come sull'intero orizzonte temporale considerato il beneficio totale sia superiore ai 10 milioni di euro.

**Tabella 133.3 – Scenario 2: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	15 925 557	32 782 150	16 174 828	39 628 507	16 338 725	45 467 834



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

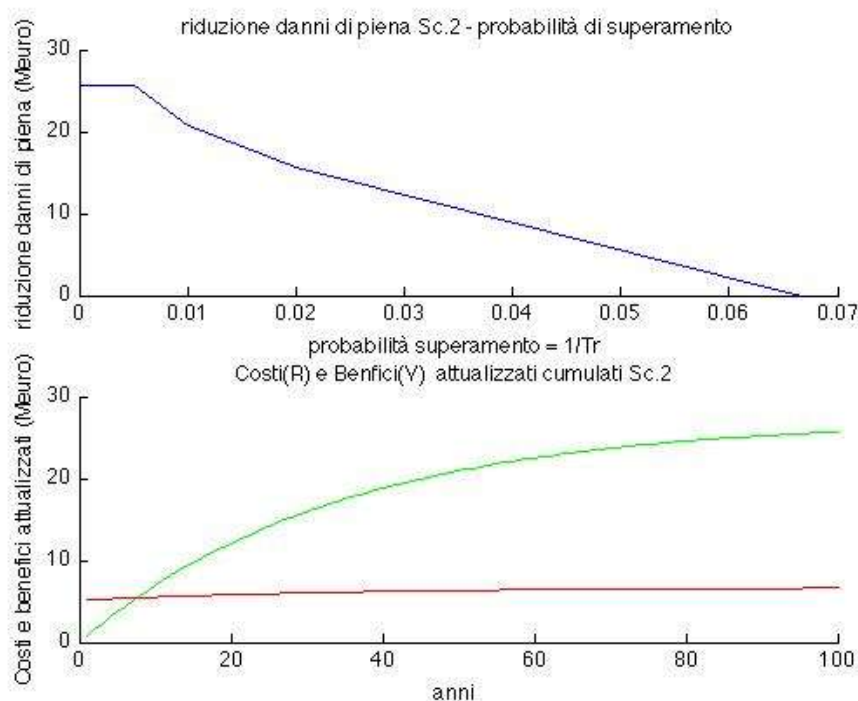


Figura 13.2 - Scenario 2: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici

#### 13.4.4. Scenario 3 – Opere di protezione di Viddalba e Santa Maria Coghinas

Lo scenario 3 comprende gli interventi per la protezione degli abitati di Viddalba e di Santa Maria Coghinas e pertanto gli interventi inclusi nello scenario 3 sono quelli che risultano dalla composizione dello scenario 1 e dello scenario 2 precedentemente descritti (oltre che le opere di demolizione dei ponti previste per tutti gli scenari).

Tabella 13.4 – Scenario 3: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	15 845 515	32 358 933	16 087 527	38 862 782	16 246 038	44 311 991





REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

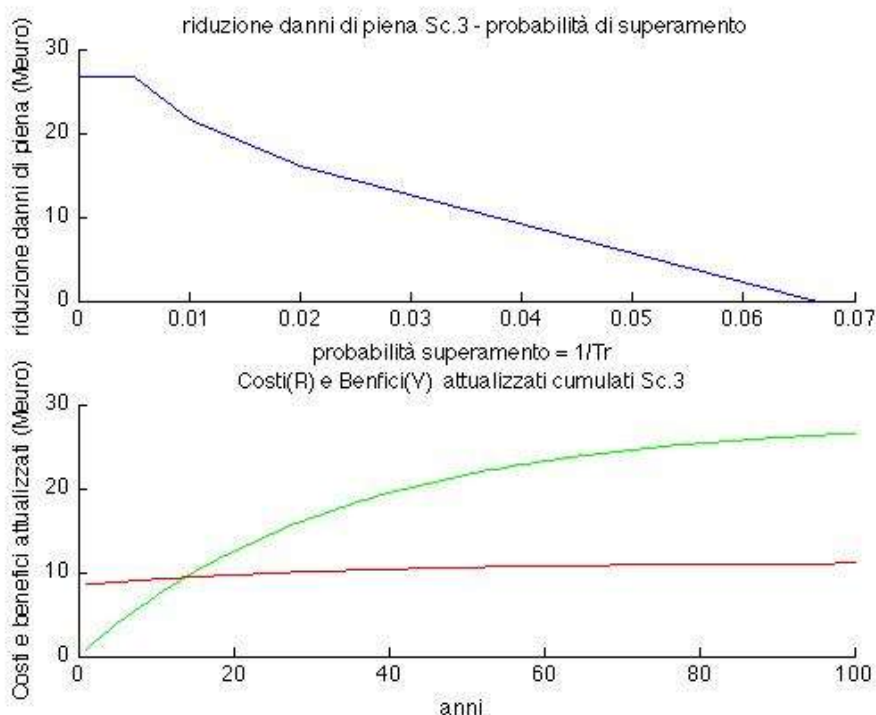


Figura 133.3 - Scenario 3: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici

Il totale dei lavori richiede un impegno di 8.960 milioni di euro per lavori e spese. La manutenzione e mantenimento della funzionalità degli argini esistenti e di nuova formazione richiede un totale di circa 202.000 euro per anno. Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a 815,4 · 103 euro/anno. La Figura 133.3 visualizza come anche questo scenario evidenzia una convenienza economica dalla sua realizzazione pur considerando un orizzonte temporale relativamente breve.

#### 13.4.5. Scenario 4 – Opere di protezione della bassa valle

Nello scenario 4 è stato affrontato l'obiettivo della protezione idraulica complessiva della Bassa Valle del fiume Coghinas, degli abitati di Viddalba, di Santa Maria Coghinas e di Valledoria con l'adeguamento dell'arginatura di sponda sinistra esistente mentre in sponda destra è previsto unicamente l'intervento individuato come scenario 1, ossia il nuovo argine a protezione di Viddalba con le opere annesse. L'adeguamento dell'intero



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

sviluppo arginale di sponda sinistra si estende per 8495 m di lunghezza con adeguamento di opere esistenti e circa 2029 m di lunghezza di nuove opere di contenimento nelle quali sono compresi 637 m di adeguamento altimetrico della SP 146 tra S. Maria Coghinas e Viddalba. Ovviamente in tale scenario non si prevede la realizzazione di alcuna opera di protezione aggiuntiva sulla sponda sinistra per l'abitato di Santa Maria Coghinas.

Come illustrato nel Capitolo 12, la valutazione degli interventi inseriti in questo scenario determina un impegno economico considerevole, pari a circa 18.7 milioni di euro per soli lavori cui andranno a sommarsi circa 3.0 milioni di euro per spese generali con un totale di circa 21.655 milioni di euro.

Gli oneri annui di manutenzione per la manutenzione dei nuovi argini nella conformazione prevista dello scenario ammontano a circa € 274.000 per anno. Conseguentemente all'impegno economico richiesto per questo scenario, il raggiungimento dell'equilibrio tra benefici e costi si ha solo dopo 40 anni dalla realizzazione dell'intervento.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA  
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Tabella 13.5 – Scenario 4: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore cumulado (€)	Area (mq)	Valore cumulado (€)	Area (mq)	Valore cumulado (€)
Totale	7 604 057	28 426 264	7 780 984	33 258 193	7 920 688	37 563 213

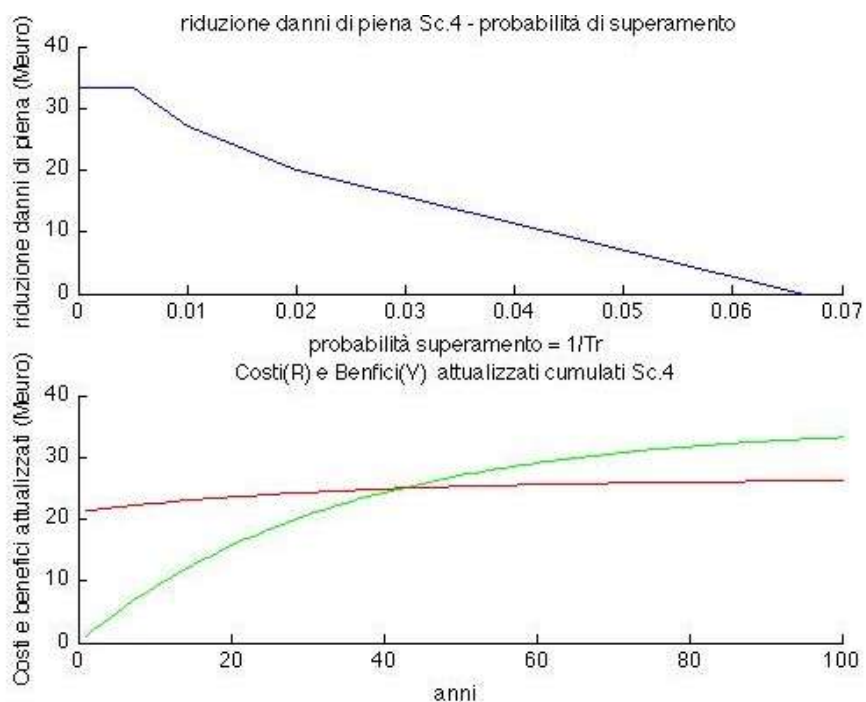


Figura 13.4 - - Scenario 4: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attuali