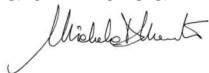


# PROGETTAZIONE

## SOGGETTI

**NORD MILANO CONSULT s.r.l.**

Società d'ingegneria  
IL DIRETTORE TECNICO  
(dott. arch. Michela Di Mento)



**STUDIO TECNICO**

**DOTT. ING. ANDREA SANGUINETTI**

(dott. ing. Andrea Sanguinetti)



**DOTT. GEOL. COSIMA ATZORI**

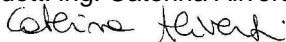
(dott. geol. Cosima Atzori)



## RESPONSABILI

**PROGETTISTI**

(dott. ing. Caterina Aliverti)

  
(dott. ing. Sara Bordonaro)

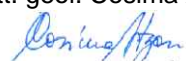


PROGETTISTA E COORDINATORE IN MATERIA DI  
SICUREZZA E DI SALUTE  
IN FASE DI PROGETTAZIONE  
(dott. ing. Andrea Sanguinetti)



**GEOLOGO**

(dott. geol. Cosima Atzori)



REV.	DATA	DIS.	CONTR.	APPR.	DESCRIZIONI REVISIONI

Stazione appaltante:



Oggetto:

**LAVORI PER MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO  
(TR 50 ANNI) DELLA BASSA VALLE DEL COGHINAS**

Fase progettuale	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	Allegato n.	Disegno n.
		2	44929
			Scala //
Titolo		Data	
	Quadro progettuale		Dicembre 2018

RTP Mandataria



nord  
milano  
consult  
21052 BUSTO ARSIZIO (VA)  
Via Bruno Raimondi, 5  
tel. 0331/636702 - fax. 0331/636713  
e-mail: segreteria@normil.com

Mandante

STUDIO TECNICO  
dott. ing. Andrea Sanguinetti  
09125 - CAGLIARI  
Via della Pineta, 69  
tel. 070/7546507 - fax 070/7345998  
e-mail: ing.andrea.sanguinetti@gmail.com

Mandante

dott. ing. Alberto Melis  
09045 - QUARTU S.ELENA (CA)  
Via Mascagni, 3  
tel. 349/5982845 - fax 070/7546507  
e-mail: ing.albertomelis@gmail.com

Mandante



dott. geol. Cosima Atzori  
09033 - DECIMOMANNU (CA)  
Via Bologna, 30  
tel. 070/7346004 - fax 070/7345998  
e-mail: geol.cosima.atzori@gmail.com



---

LAVORI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (TR 50 ANNI)  
DELLA BASSA VALLE DEL COGHINAS

---

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Quadro progettuale

Dicembre 2018

## Sommario

<b>1.</b>	<b>Premesse.....</b>	<b>2</b>
1.1.	Linee guida per la programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico .....	4
<b>2.</b>	<b>Finalità e obiettivi dell'intervento .....</b>	<b>6</b>
2.1.	Criteri di progettazione .....	6
2.1.1	<i>Conformità con gli strumenti di pianificazione e programmazione sovraordinati .....</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>Integrazione della componente ambientale-paesaggistica .....</i>	<i>6</i>
2.2.	Obiettivi.....	7
2.2.1	<i>Riduzione rischio idraulico.....</i>	<i>7</i>
2.2.2	<i>Riqualificazione paesaggistica e ambientale .....</i>	<i>7</i>
<b>3.</b>	<b>STUDI E INDAGINI EFFETTUATE .....</b>	<b>8</b>
3.1.	Topografia .....	8
3.2.	Idrologia e idraulica.....	8
3.3.	Geologia, geotecnica e sismica .....	9
3.4.	Studio preliminare ambientale e vincoli .....	9
3.5.	Archeologia .....	10
3.6.	Censimento delle interferenze.....	10
3.7.	Piano di gestione delle materie .....	10
3.8.	Espropri .....	10
<b>4.</b>	<b>LE AREE DI INTERVENTO.....</b>	<b>11</b>
4.1.	Inquadramento dell'ambito di paesaggio e territorio .....	12
<b>5.</b>	<b>SCELTA DELLE ALTERNATIVE .....</b>	<b>16</b>
5.1.	Soluzioni progettuali analizzate .....	16
5.1.1	<i>Dimensionamento opere per piene con tempo di ritorno 50 anni e 200 anni .....</i>	<i>16</i>
5.1.2	<i>Adeguamento argine in dx a monte del ponte al km 13 della SP90 sul Fiume Coghinas .....</i>	<i>17</i>
5.1.3	<i>Demolizione del ponte sul Riu Badu Crabile lungo la SP35 per Bordigadas e variante stradale .....</i>	<i>17</i>
5.1.4	<i>Modalità di adeguamento dei rilevati arginali esistenti e di realizzazione dei nuovi rilevati arginali .....</i>	<i>18</i>
<b>6.</b>	<b>PROGETTO DELLA SOLUZIONE SELEZIONATA .....</b>	<b>20</b>
6.1.	Definizione degli interventi .....	20
6.2.	Descrizione della soluzione selezionata.....	21
6.3.	Interventi di sistemazione a verde per rialzi arginali e simulazioni .....	25
6.4.	Fattibilità dell'intervento .....	26

## 1. PREMESSE

Il Consorzio di Bonifica del Nord Sardegna, in esito a gara pubblica, conferiva, con Determinazione del Dirigente del Servizio Tecnico Agrario 13/11/2014 n.549, allo scrivente RTP l'incarico professionale di "Progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, verifica di compatibilità, Direzione Lavori, coordinamento della sicurezza sia in fase di progettazione che di esecuzione dei lavori di Difesa del centro abitato di Santa Maria Coghinas".

Con ulteriore Determinazione del Dirigente del Servizio Tecnico Agrario 13/05/2016 n.259, il Consorzio di Bonifica del Nord Sardegna conferiva alla società AQA s.r.l. di Quarto Sant'Elena (CA) l'incarico per l'esecuzione delle indagini geognostiche relative.

Emergeva nel corso dell'avvio delle attività la necessità di inquadrare l'intervento nell'ambito più generale della messa in sicurezza della bassa valle del Coghinas, per cui il Dirigente del Servizio Tecnico Agrario estendeva l'incarico di redazione del relativo progetto preliminare allo scrivente raggruppamento con Determinazione 10/06/2016 n.290: in particolare esso avrebbe dovuto essere sviluppato con riferimento allo "Scenario 5" – contemplante l'utilizzo della diga di Muzzone, oltre che a scopo idroelettrico, come bacino di accumulo e laminazione della portata in arrivo da monte –, contenuto nei possibili scenari di intervento del PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico della Regione Sardegna), approvato nella sua versione definitiva il 15/03/2016.

Successivamente, con nota 12/12/2016 prot. 8645, il RUP trasmetteva allo scrivente raggruppamento le risultanze delle indagini geognostiche propedeutiche alla progettazione.

Nel frattempo, nel corso degli incontri fra i soggetti interessati ed a vario titolo competenti, per la formalizzazione dell'utilizzo della Diga di Muzzone, non si acquisiva il consenso dell'Ente gestore. Pertanto il suddetto "Scenario 5" veniva stralciato dal PGRA e il riferimento diventava lo "Scenario 4".

L'impossibilità di diminuire la portata transitante in alveo utilizzando l'invaso di Muzzone si traduce nella necessità di difendere il territorio solamente tramite opere di aumento della capacità di deflusso in alveo (aumento delle altezze degli argini già presenti in sito) per la protezione dei centri abitati e tramite aree di esondazione controllata, ove possibile.

Le dimensioni arginali necessarie al contenimento della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni sono però notevoli: questo determina problemi di natura tecnica (elevata altezza/larghezza arginale, "falso senso di sicurezza" degli edifici a ridosso dell'argine, etc.) e di natura economica (elevato costo dell'opera).

Perciò, nel corso degli incontri fra i soggetti interessati ed a vario titolo competenti ed in particolare in quello del 10/02/2017 presso l'ADIS di Cagliari, è stata avanzata l'ipotesi di dare priorità alla mitigazione del rischio idraulico con tempo di ritorno pari a 50 anni rispetto alla messa in sicurezza definitiva del territorio con TR 200 anni.

Essa risulta altresì conforme alle LINEE GUIDA PER LA PROGRAMMAZIONE E PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI PER IL CONTRASTO DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO del Maggio 2016, di cui al documento della Presidenza del Consiglio dei Ministri Italia Sicura.

Le Linee Guida sono documento di indirizzo, che non impone regole o prescrizioni specifiche, ma si pone un obiettivo ambizioso: fornire un agile supporto in materia di programmazione e progettazione degli

interventi per la prevenzione di frane e alluvioni ai professionisti ed alle amministrazioni impegnate in questo settore (si veda paragrafo 1.1).

E' stato perciò richiesto allo scrivente raggruppamento di effettuare la specifica simulazione e di procedere al relativo pre-dimensionamento e quantificazione di larga massima degli interventi di mitigazione del rischio idraulico con tempo di ritorno pari a 50 anni. Le risultanze delle prime analisi svolte sono state illustrate, nel corso dello stesso mese di maggio 2017, ai competenti funzionari dell'Agenzia regionale del Distretto Idrografico della Sardegna presso l'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna al fine di condividere le impostazioni progettuali e di poter dare avvio alla progettazione preliminare delle opere.

Dalle prime analisi svolte in sede di progettazione è emersa inoltre la necessità di aggiornare il modello digitale del terreno disponibile al fine di migliorare l'affidabilità del modello idraulico e la sua corrispondenza al fenomeno reale in relazione alle variazioni planimetriche ed altimetriche subite dal fondo alveo a seguito degli eventi di piena verificatisi. Tale DTM è stato rassegnato dalla società Compucart di Cagliari nel mese di novembre 2017.

Lo scrivente raggruppamento ha pertanto redatto il progetto di fattibilità tecnica ed economica al fine di definire le caratteristiche qualitative e funzionali degli interventi di mitigazione del rischio idraulico della Bassa Valle del Fiume Coghinas, nonché di precisare il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire nel rispetto delle indicazioni del documento preliminare alla progettazione e dei competenti uffici dell'ADIS di Cagliari.

### 1.1. Linee guida per la programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico

Si riportano qui di seguito alcuni estratti dal documento ufficiale, consultabile nella sua versione integrale al sito <http://italiasicura.governo.it/site/home/dissesto/linee-guida>.

“La gestione del rischio idrogeologico è una questione di grande complessità. Una catena di processi fortemente non lineari, a partire dal clima che costituisce la forzante primaria, spesso irriducibili a qualsiasi semplificazione e che richiedono di essere trattati con gli strumenti della complessità. Se è vero che le opere strutturali costituiscono l’elemento strategico fondamentale della lotta al dissesto, è pur vero che sulle loro spalle non può essere gravato l’intero compito della sicurezza. Il dissesto, i danni, le vittime che leggiamo così spesso sulle pagine dei giornali sono frutto di una catena fenomenologica che le sole opere strutturali non sono in grado di intercettare per intero. Al contrario, per almeno un ventennio, si è ritenuto che l’assetto idrogeologico fosse solo una questione di soldi, che bastasse reperire le risorse per far partire a breve numerosi progetti. Abbiamo vissuto per trent’anni in una sorta di circolo vizioso, per il quale tutto andava risolto con le opere, ciò richiedeva tempi e risorse impossibili, ergo molti interventi restavano incompleti, altri ancora si facevano ma con fatica e tempi ingentissimi.

**La via della sicurezza idrogeologica è una guerra integrata nella quale la collaborazione proattiva dei territori, la polifunzionalità degli interventi, l’integrazione delle diverse strategie di mitigazione del rischio, costituiscono solo alcune delle armi che permettono, tutte insieme, di arrivare al successo.**

In particolare, per quanto riguarda la parte strutturale, occorre un approccio più forte che in passato. D’altro canto, proprio questo è lo spirito della Direttiva europea sulle alluvioni 2007/60 CE, che riporta i due cardini cui fare riferimento: “valutazione” e “gestione” del rischio. La “gestione”, per quanto attiene alle opere, ci riporta subito al fatto che **è ineludibile un approccio di pianificazione “per gradi”** che, basato su analisi quantitative tra benefici e costi, possa consentire alla *Struttura tecnica di missione*, un adeguato indirizzo delle risorse. Il concetto di “valutazione”, invece, risulta utile a comprendere che l’opera non è un elemento a se stante che, di per sé, risolve tutto, ma è parte di un contesto spaziale e temporale che va conosciuto e analizzato: il rischio, prodotto del valore esposto, della relativa vulnerabilità e della probabilità di accadimento dell’evento temibile, deve essere valutato negli scenari ante operam e post operam in modo da supportare il decisore attraverso l’analisi differenziale, qualitativa e quantitativa.”

Relativamente al tema di mitigazione del rischio idraulico trattato nel presente Rapporto Preliminare, si riporta di seguito un altro stralcio delle Linee Guida (capitolo 3: *Coerenza dell’intervento con la pianificazione e programmazione vigente*), utile a comprendere l’ipotesi di progettazione adottata:

“La sequenza realizzativa degli interventi di gestione del rischio, per quanto riguarda le alluvioni, i dissesti gravitativi e i fenomeni costieri, è fortemente influenzata dalla complessità e varietà degli strumenti di pianificazione e programmazione operanti alle diverse scale territoriali (PGRA, PAI, Piani di gestione/difesa della costa, Piani straordinari, Accordi di Programma, etc.), dalla disponibilità dei relativi flussi finanziari ed è infine condizionata dagli iter autorizzativi che seguono tempistiche proprie, spesso disgiunte da una logica strettamente operativa e di consequenzialità o interazione tra le diverse opere. È pertanto fondamentale conservare l’unitarietà della visione programmatica, facendo sì che **gli interventi di più immediata realizzazione non pregiudichino l’efficacia, o addirittura la realizzazione, di quelli futuri**. Per questo è necessario verificare sistematicamente la pianificazione e la programmazione in atto, rispetto alle attività in fase di realizzazione, identificando eventuali interferenze e operando le relative azioni correttive.”

Per quanto riguarda la scelta di dimensionare le opere di contenimento della piena riferendosi ad un tempo di ritorno di 50 anni, si precisa che le Linee Guida non danno specifiche indicazioni su quale tempo di ritorno utilizzare allo scopo di difendere il territorio, ma fanno chiarezza sul concetto di **resilienza prestazionale dell'intervento**:

“La progettazione degli interventi strutturali di gestione del rischio idrogeologico prevede solitamente uno scenario di riferimento, prodotto da forzanti di assegnata frequenza, in corrispondenza del quale l'opera deve garantire assegnate prestazioni. Gli effetti del cambiamento climatico potrebbero però determinare, in tempi confrontabili con quelli del ciclo di vita dell'intervento, variazioni nella frequenza corrispondente alla sollecitazione prevista. Occorre per questo **valutare la risposta dell'intervento nell'intorno della frequenza di riferimento** o “punto di progetto”, cioè anche per sollecitazioni corrispondenti a frequenze diverse dal punto di progetto, preferendo soluzioni tecniche che garantiscano indici prestazionali relativamente prossimi a quelli di riferimento. Considerando la successione logaritmica dei tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 anni, **saranno da preferire quelle soluzioni che garantiscano significativi effetti positivi dell'intervento, oltre che per lo scenario preso a riferimento, anche per quelli immediatamente inferiori e superiori**. Ad esempio, il comportamento di un'opera progettata per abbattere la pericolosità su eventi bersaglio di 50 anni di tempo di ritorno sarà valutato anche per eventi ventennali e centennali e si adotteranno, ove disponibili, soluzioni tecniche che garantiscano comunque accettabili indicazioni di efficacia. Il progettista viene così chiamato ad una visione ancora più integrata del territorio e delle strategie complessive della gestione del rischio residuo.”

## 2. FINALITÀ E OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Gli interventi di cui al presente progetto di fattibilità tecnica ed economica sono **finalizzati mitigazione del rischio idraulico della Bassa Valle del Fiume Coghinas per eventi di piena con tempo di ritorno pari a 50 anni**, in relazione alle valutazioni e previsioni contenute nel PGRA, che ne individua una priorità alta in relazione alla finalità dell'opera, poiché l'intervento si configura come un ampliamento di opere di 2<sup>a</sup> categoria.

### 2.1. Criteri di progettazione

#### 2.1.1 Conformità con gli strumenti di pianificazione e programmazione sovraordinati

Le opere previste in progetto sono conformi agli strumenti di pianificazione e programmazione sovraordinati e riprendono gli interventi individuati nello Scenario n. 4 di intervento strategico e coordinato Coghinas del PGRA (si veda §**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) ma sono dimensionati per la mitigazione del rischio idraulico relativamente ad eventi di piena con **tempo di ritorno pari 50 anni**, rispetto alla messa in sicurezza definitiva del territorio con Tr 200 anni, così come concordato con i competenti uffici dell'ADIS di Cagliari.

Tutti gli interventi proposti saranno inoltre verificati al fine di non pregiudicare l'efficacia, o addirittura la realizzazione, di futuri interventi per la riduzione del rischio di allagamento relativo a piene con tempi di ritorno di 200 anni (ex. eventuali ulteriori sopralzi arginali fino ad arrivare alle quote previste nel PGRA).

La conformità con gli strumenti di pianificazione e programmazione sovraordinati si attua anche nella definizione dei rilevati arginali che sono stati progettati conformemente alle indicazioni contenute nell'allegato 5 del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po "Quaderno delle opere tipo" sia relativamente alla forma del rilevato arginale che al contenimento della linea di imbibizione.

#### 2.1.2 Integrazione della componente ambientale-paesaggistica

Nella definizione delle scelte progettuali verranno seguiti i seguenti criteri: minimo impatto strutturale sul territorio, scelta di tecniche ecocompatibili, riutilizzo dei materiali e conseguente sostenibilità ambientale a parità di funzionalità delle opere e di riduzione del livello di pericolosità idraulica (*Riduzione dell'impronta ecologica*).

Al fine di integrare gli interventi previsti in progetto con la componente ambientale e paesaggistica dell'area, nella definizione delle scelte progettuali, saranno privilegiate soluzioni tecniche a basso impatto ambientale promuovendo l'uso di tecniche di ingegneria naturalistica, l'utilizzo di materiali riciclati certificati, il riutilizzo, laddove possibile, di materiali provenienti da cantieri della zona secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di terre e rocce da scavo al fine di abbattere la percentuale di materiali provenienti da cave.

Relativamente al materiale necessario per l'adeguamento dei rilevati arginali, si dovrà valutare preventivamente la possibilità di recuperare e/o riutilizzare il materiale, qualora possieda i requisiti idonei, proveniente dagli scavi nell'ambito del medesimo cantiere o da altri lavori che verranno appaltati nello stesso periodo e in aree vicine all'area di intervento. In questa fase sarà fondamentale coordinarsi con il Committente in quanto lo stesso è soggetto attuatore di altri interventi previsti di sistemazione idraulica e manutenzione dell'asta fluviale e delle opere idrauliche connesse.



Gli obiettivi relativi alla difesa dal rischio idrogeologico ed alla tutela del fiume sono maggiormente garantiti dal rispetto, ove possibile, della “fascia di pertinenza fluviale”. In particolare la scelta della soluzione progettuale più idonea terrà in considerazione una serie di fattori, in primis la conservazione:

- della continuità longitudinale dei corsi d’acqua;
- della diversificazione dei microambienti;
- dei rapporti idrodinamici fra i corsi d’acqua e l’ambiente ripario;
- della naturalità della morfologia degli alvei e delle fasce riparie;
- della biodiversità dei corsi d’acqua;
- del valore paesaggistico;
- delle possibilità di fruizione.

## **2.2. Obiettivi**

### **2.2.1 Riduzione rischio idraulico**

Il primo obiettivo che si intende perseguire è sicuramente quello di mitigare il rischio di allagamento, per eventi con tempo di ritorno 50 anni, dei centri abitati della Bassa Valle del Fiume Coghinas (Santa Maria Coghinas, Viddalba e Valledoria) in occasione di eventi di piena attraverso la riduzione della pericolosità idraulica associata all’asta fluviale.

La riduzione delle pericolosità idraulica, oltre a salvaguardare il paese da possibili danni a persone e cose che un’eventuale piena potrebbe causare, potrebbe permettere di svincolare i territori attualmente inseriti nei Piani Stralcio con diversi gradi di pericolosità idraulica, consentendo un eventuale sviluppo socio-economico-urbanistico.

### **2.2.2 Riqualificazione paesaggistica e ambientale**

Il secondo obiettivo consiste nella riqualificazione paesaggistica e ambientale dell’area che non può prescindere da uno studio specifico sull’asta fluviale. L’intervento proposto è inserito in un’analisi di contesto volta a valorizzare gli elementi presenti e a mitigare gli eventuali effetti indotti dall’opera stessa attraverso interventi strutturali e opere di ingegneria naturalistica, capaci di limitare al minimo l’impatto ambientale delle opere e garantendo una totale integrazione con l’ambiente circostante.

Nel Piano Paesaggistico Regionale l’area interessata ricade all’interno dell’Ambito di Paesaggio Costiero n.15 “Bassa Valle del Coghinas” ed è pertanto soggetta a vincolo paesaggistico. Da un’analisi del PPR si evince che tra gli indirizzi previsti per l’ambito di paesaggio in oggetto, assume una particolare rilevanza il seguente punto: *“Conservare la funzionalità ecologica del fiume Coghinas, attraverso la ricostituzione della naturalità dell’alveo fluviale, anche mediante la valorizzazione degli argini in terra, la mitigazione delle interferenze generate dalle infrastrutture ed il recupero della percezione e delle funzioni di connessione ecologica del corridoio fluviale, in relazione alla pianura alluvionale circostante”*.

### **3. STUDI E INDAGINI EFFETTUATE**

Si riportano di seguito gli studi e le indagini effettuate per la redazione del presente progetto di fattibilità tecnica ed economica.

#### **3.1. Topografia**

Come base cartografica dell'area di interesse è stato utilizzato il Modello Digitale del Terreno (DTM), passo 1m, della Regione Sardegna (fonte <http://www.sardegnageoportale.it>) estratto da una nuvola di punti rilevati attraverso il sistema Laser Scanning LIDAR (sistema di scansione che utilizza la tecnica laser per la modellazione del terreno).

Per una corretta e puntuale progettazione delle opere in oggetto è stato eseguito poi un attento sopralluogo delle aree oggetto di intervento, volto alla ricognizione del contesto in cui è inserita l'opera.

La base cartografica di riferimento è stata integrata da un rilievo di dettaglio plano-altimetrico, eseguito dallo scrivente raggruppamento, lungo le zone interessate dal sopralzo dell'argine sinistro del Fiume Coghinas in corrispondenza dell'abitato di Santa Maria Coghinas fino alla località Lu Lamaiu. Tale campagna di rilievo, effettuata nel mese di maggio 2015, è stata eseguita con metodo celerimetrico mediante l'impiego di stazione totale e distanziometro elettronico nonché di GPS centimetrico ed è stata georeferenziata, sia a livello planimetrico che altimetrico, con gli strumenti di pianificazione e programmazione sovraordinata.

Il puntuale e dettagliato rilievo topografico ha consentito di definire i parametri morfometrici dell'alveo e risulterà altresì utile e importante al fine di definire ed individuare, nelle successive fasi di progettazione, l'ottimale cantierabilità dei lavori. Ciò consentirà di definire, con il minor impatto possibile, le modalità di accesso alle aree oggetto di intervento e le eventuali strade e aree al servizio del cantiere stesso sia per consentire l'effettiva realizzazione delle opere quanto per disporre di luoghi per il temporaneo deposito del materiale e per l'alloggiamento di strutture logistiche del cantiere.

Successivamente, a seguito della necessità di inquadrare l'intervento nell'ambito più generale della messa in sicurezza dell'intera Bassa Valle del Coghinas è stato richiesto un aggiornamento del DTM a disposizione al fine di migliorare l'affidabilità del modello idraulico e la sua corrispondenza al fenomeno reale in relazione alle variazioni planimetriche ed altimetriche subite dal fondo alveo a seguito degli eventi di piena verificatisi successivamente al rilievo LIDAR a base dell'extrapolazione del DTM della Regione Sardegna.

È stato pertanto affidato alla società Compucart di Cagliari l'incarico per la generazione di un DTM cartografico con passo 50 cm ricavato da una ripresa aerea datata 2016, avente colore con profondità 8 bit per un canale e valore medio di GSD (Ground Sampling Distance) di 12 m.

#### **3.2. Idrologia e idraulica**

Per la determinazione del predimensionamento delle opere in progetto, è stata condotta un'analisi idraulica utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS, che ha consentito la modellazione dell'andamento dei profili di corrente in moto permanente gradualmente variato, includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali etc.

Nel caso specifico il codice di calcolo HEC-RAS è stato utilizzato in condizioni di moto permanente e sono stati simulati eventi di piena con tempo di ritorno crescente compresi tra 2 e 500 anni, conformemente agli strumenti di pianificazione sovraordinati (PAI, PSFF e PGRA). Le geometrie del tratto, in termini di sezioni trasversali e caratteristiche delle strutture, sono state definite sulla base del rilievo topografico appositamente realizzato, del DTM integrativo estratto nel dicembre 2017, del DTM della Regione Sardegna e delle informazioni geometriche disponibili nel PSFF e nel PGRA.

Per tutti i dettagli relativi all'analisi idraulica condotta, si rimanda *all'Allegato 2.1 - Relazione idrologica e idraulica*.

### **3.3. Geologia, geotecnica e sismica**

Le indagini geognostiche eseguite hanno perfezionato le conoscenze dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio sia dal punto di vista dei caratteri litostratigrafici e fisico-meccanici dei terreni interessati dalle opere previste in progetto, ma hanno anche permesso di approfondire la conoscenza della composizione delle opere idrauliche esistenti e del loro stato di conservazione al fine di individuare eventuali criticità e prevederne la risoluzione.

A tale scopo oltre alle conoscenze storiche, si sono utilizzati i dati messi a disposizione dalla committenza in relazione alla campagna geognostica effettuata nei mesi di settembre e ottobre 2016. A tali dati si sono affiancate una serie di valutazioni in sito, necessarie per completare il quadro delle informazioni e per allineare gli studi pregressi allo stato attuale.

In generale le problematiche riscontrate possono essere così riassunte:

- Scarsa resistenza rilevato arginale in alcuni tratti – necessità di consolidamento in previsione di sovralti importanti
- Eccessiva permeabilità del corpo arginale riscontrata in taluni tratti – necessità di porre in essere interventi di impermeabilizzazione
- Scarsa portanza terreni naturali in alcuni tratti – possibili effetti di cedimento differenziale con nuovi carichi
- Eccessiva eteropia di facies – difficoltà di ricondurre il sito a pochi e rappresentativi modelli geologici

Per tutti i dettagli inerenti agli studi ed alle indagini di carattere geologico, geotecnico e sismico condotti si rimanda alle specifiche relazioni *Allegato 2.2 - Relazione geologica* e *Allegato 2.3 – Relazione geotecnica* a firma della dott.geol. Cosima Atzori.

### **3.4. Studio preliminare ambientale e vincoli**

Relativamente agli studi e indagini di carattere urbanistico e vincoli si rimanda alla specifica relazione *Allegato 3 - Studio preliminare ambientale* allegato al presente progetto preliminare.

Dalle valutazioni effettuate relativamente ai potenziali effetti dell'opera in esame sulle differenti componenti ambientali, ai fini dell'esclusione dalla procedura di VIA, si può affermare che il progetto in esame non ha impatti negativi e significativi sull'ambiente.

In particolare l'intervento in oggetto risulta migliorativo nella misura in cui consente di adeguare i margini del Fiume Coghinas all'interno della più ampia strategia di mitigazione del rischio idraulico.

### **3.5. Archeologia**

Relativamente agli studi e indagini di carattere archeologico si rimanda alla specifica relazione *Allegato 2.4 - Relazione archeologica* a firma della dottoressa Archeologa Cristiana Cilla.

### **3.6. Censimento delle interferenze**

La localizzazione delle reti dei servizi presenti costituisce lo strumento necessario per una più certa localizzazione delle opere in progetto, evidenziando eventuali interferenze e quindi anche i necessari interventi di risoluzione delle stesse al fine di consentire la realizzazione delle opere in progetto.

Dai primi accertamenti svolti in sede di redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica, con le riserve del caso, non si è riscontrata la presenza nelle aree oggetto di intervento di reti dei servizi interferenti con la realizzazione delle opere previste.

### **3.7. Piano di gestione delle materie**

Per la realizzazione delle opere in progetto si prevede che le terre e rocce di scavo provenienti dagli scavi per l'esecuzione delle opere saranno reimpiegati nel medesimo sito di produzione per rinterri, riempimenti o per rimodellazione morfologica delle aree interessate dai lavori.

I materiali alloctoni necessari per la realizzazione delle opere, in particolar modo i volumi di terra che verranno utilizzati per l'adeguamento delle difese arginali esistenti, potranno essere reperiti in prima istanza presso altri cantieri che verranno appaltati nello stesso periodo e in aree vicine all'area di intervento ed in secondo luogo presso cave locali autorizzate.

### **3.8. Espropri**

Gli interventi previsti nel presente progetto ricadono in parte all'interno di aree di demanio pubblico ed in parte in aree di proprietà pubblica e pertanto ne è già assicurata la disponibilità. Per le restanti aree, di proprietà privata, si dovranno avviare, con riferimento all'*Allegato 10 - Piano particellare preliminare*, le relative procedure inerenti l'esproprio e l'occupazione.

#### 4. LE AREE DI INTERVENTO

Il Coghinas è il più importante fiume della provincia di Sassari e con una lunghezza di 116 km è il terzo fiume della Sardegna dopo il Tirso e il Flumendosa, risultando però 2° per ampiezza di bacino dopo il Tirso e il 2° dopo il Flumendosa per portata media d'acque

L'area di intervento riguarda il tratto focivo del Rio Coghinas.

Nell'attraversamento della piana costiera, in seguito alla bonifica effettuata negli anni compresi tra il 1913 e il 1938, il Coghinas scorre tra rilevati arginali, versanti collinari e la duna costiera. In un primo tratto, tra Viddalba e il ponte della S.P.90, l'alveo presenta un andamento debolmente sinuoso con una modesta tendenz alla ramificazione, visibile soprattutto nella cartografia storica. A valle del ponte della SP.90 l'asta fluviale assume un andamento francamente meandriforme, finché non giunge nei pressi della duna costiera. Di qua, dopo un paio di ulteriori meandri, l'alveo si rettifica e si allarga progressivamente fino a diventare una sorta di laguna, per poi giungere finalmente al mare attraverso una piccola bocca, che attraversa la linea delle dune di fronte alla località la Foce.



Figura 1: Ortofoto volo 2016

L'intero fondovalle è soggetto ad allagamento in occasione di eventi di piena del Fiume Coghinas, soprattutto nel tronco a valle dell'abitato di S. Maria Coghinas, data l'insufficienza delle arginature rispetto alle portate in esame. In particolare il PGRA e il PSFF evidenziano come critica la progressiva 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.

#### **4.1. Inquadramento dell'ambito di paesaggio e territorio**

Il progetto si sviluppa nella parte terminale della bassa valle del Fiume Coghinas, lungo il corso del fiume stesso, a protezione dei centri abitati che circondano la valle. Come già indicato nel PPR, tale territorio ricade nell'Ambito n. 15 – Foci del Coghinas.

I limiti dell'area sono definiti dal sistema insediativo dei centri collinari alcuni dei quali sono interessati dagli interventi di mitigazione del rischio idraulico ovvero. Santa Maria Coghinas, Viddalba, Badesi e Villadoria.

L'organizzazione territoriale è caratterizzata dalla disposizione degli insediamenti disposti alla base dei rilievi che si configurano ad anfiteatro intorno alla piana alluvionale costiera del Coghinas e da alcune componenti infrastrutturali viarie all'intersezione delle quali si localizza una direttrice insediativa di nuclei a carattere di residenza permanente e rurale.

L'attività agricola comprende attività zootecniche con allevamenti di tipo semintensivo quasi esclusivamente bovino, l'orticoltura di pieno campo e la coltura specializzata della vite, prevalentemente localizzata nel territorio di Badesi. Le attività agricole ricadono in genere sulle aree irrigue in prevalenza in piano e dotate di reti consortili per la distribuzione dell'acqua proveniente dall'invaso del Coghinas. La componente ambientale del Fiume Coghinas costituisce un elemento di connessione fra Badesi, Viddalba e Santa Maria Coghinas, Bortigiadas.

Gli elementi ambientali del sistema paesaggistico dell'ambito interessati dagli interventi sono:

- le zone umide di foce fluviale del Coghinas, che si aprono attraverso il lido sabbioso di Valledoria e rappresentano un importante ecosistema umido costiero,
- l'alveo ordinario e di piena attuale del basso corso del Coghinas, delimitato dalla fascia alluvionale terrazzata che accompagna il tracciato meandriforme nella piana,
- il sistema idrografico secondario individuato dall'affluente Rio Badu Crabili;
- le aree di interesse botanico delle foci del Coghinas e delle dune di Badesi.

Viste panoramiche



Figura 2 – Fiume Coghinass con il centro abitato di Viddalba –  
Ponte della SP33 che collega Santa Maria Coghinass a Viddalba



Figura 3 - Piana del Coghinass da Badesi – in rosso l'area di intervento nel comune di Villedoria



Figura 4 - Foci del Coghinass nel comune di Villedoria – in rosso l'area di intervento



### Viste di dettaglio



*Sponda dx del Rio Badu Crabile in Viddalba verso monte*



*Sponda dx del Rio Badu Crabile in Viddalba verso valle*



*Ponte sul Rio Badu Crabile lungo la SP146 "Bordigiadas-Viddalba"*



*Fiume Coghinas dal ponte tra Viddalba e Santa Maria Coghinas*



*Vista dell'argine in sx verso l'area golenale tra Santa Maria Coghinas e Lu Lamaiu*



*Vista dell'argine in sx dall'area golenale tra Santa Maria Coghinas e Lu Lamaiu*



*Pista ciclopedonale sull'argine in sx in località Lu Lamaiu*



*Vista dell'argine in sx verso l'area golenale tra Lu Lamaiu e Santa Maria Coghinas*





*Vista dell'argine in sx dalla strada verso Monte di Campu*



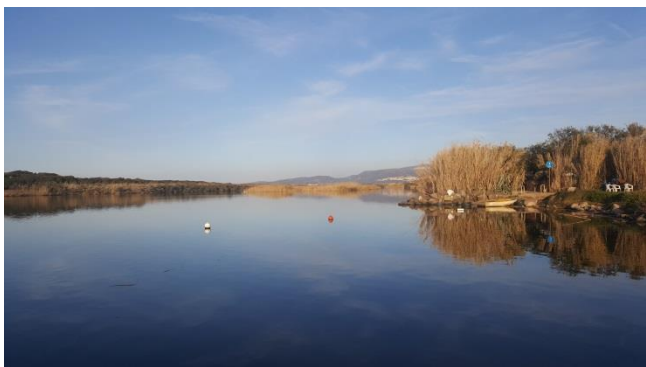
*Ponte della SP 90 "Badesi-Valledoria" sul Fiume Coghinas*



*Vista dell'area golenale e dell'argine in sx del Fiume Coghinas da ponte delle SP 90*



*Vista dell'argine in sx dell'area golenale in località Lo Roccu*



*Vista della sponda in sx verso monte alle Foci del Fiume Coghinas*



*Vista della sponda in sx verso valle alle Foci del Fiume Coghinas*



*Ponte della SP 90 "Badesi-Valledoria" sul Fiume Coghinas dall'argine in dx*



*Vista dell'argine in dx del Fiume Coghinas in Badesi*

## 5. SCELTA DELLE ALTERNATIVE

### 5.1. Soluzioni progettuali analizzate

La metodologia proposta ha previsto che, una volta definito lo stato di fatto e analizzate le principali criticità, siano studiate diverse soluzioni progettuali finalizzate al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Sebbene, infatti, sia già presente un'idea progetto, il metodo più idoneo per arrivare alla scelta della migliore soluzione progettuale, prevede un confronto tra le diverse alternative fattibili, anche attraverso l'analisi multicriteriale. Gli strumenti tipici delle tecniche multicriteriali, infatti, consentono di valutare le potenzialità attuali e future degli interventi, di valutarne l'efficienza globale, di esplicitare gli interessi delle diverse componenti sociali coinvolte dall'intervento, di stimare il consenso sociale raggiunto e/o di identificare gli eventuali motivi di contrasto.

A questa valutazione delle alternative progettuali va, tuttavia, affiancata anche l'analisi costi-benefici.

Nel dettaglio le soluzioni progettuali analizzate sono state:

- 1) Dimensionamento opere per piene con tempo di ritorno 50 anni e 200 anni
- 2) Adeguamento argine in dx a monte del ponte al km 13 della SP90 sul Fiume Coghinas
- 3) Demolizione del ponte sul Riu Badu Crabile lungo la SP35 per Bordigadas e variante stradale
- 4) Modalità di adeguamento dei rilevati arginali esistenti e di realizzazione dei nuovi rilevati arginali

Vengono di seguito illustrate le diverse soluzioni progettuali analizzate.

#### 5.1.1 Dimensionamento opere per piene con tempo di ritorno 50 anni e 200 anni

È stata effettuata una prima valutazione relativamente alla realizzazione degli interventi così come previsti nello scenario n.4 del PGRA per la difesa della Bassa Valle del Fiume Coghinas (§**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) da eventi di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

In questo caso si rendono necessari imponenti rialzi arginali con conseguenti ricadute sia di natura tecnica (elevata altezza/larghezza arginale, "falso senso di sicurezza" degli edifici a ridosso dell'argine, etc.) che di natura economica (elevato costo dell'opera).

Pertanto in occasione degli incontri fra i soggetti interessati ed a vario titolo competenti ed in particolare in quello del 10/02/2017 presso l'ADIS di Cagliari, è stata avanzata l'ipotesi di dare priorità alla mitigazione del rischio idraulico con tempo di ritorno pari a 50 anni rispetto alla messa in sicurezza definitiva del territorio con TR 200 anni, conformemente alle LINEE GUIDA PER LA PROGRAMMAZIONE E PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI PER IL CONTRASTO DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO del Maggio 2016, di cui al documento della Presidenza del Consiglio dei Ministri Italia Sicura (§1.1).

Nel successivo incontro in data 15/05/2017 presso l'ADIS di Cagliari, i vari soggetti interessati ed a vario titolo competenti hanno concordato l'impostazione progettuale di dimensionamento delle opere di mitigazione del rischio idraulico con riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 50 anni e verificare le opere in progetto in relazione ad eventi di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni al fine di non impedire la realizzazione di futuri interventi.



### 5.1.2 Adeguamento argine in dx a monte del ponte al km 13 della SP90 sul Fiume Coghinas

In sede di progettazione degli interventi per la mitigazione del rischio con Tr 50 anni, è stato valutato l'intervento di adeguamento dell'argine in sponda idrografica destra del Fiume Coghinas nel tratto a monte del ponte al km 13 della SP90 sul corso d'acqua, intervento evidenziato in verde nello stralcio planimetrico sotto riportato.

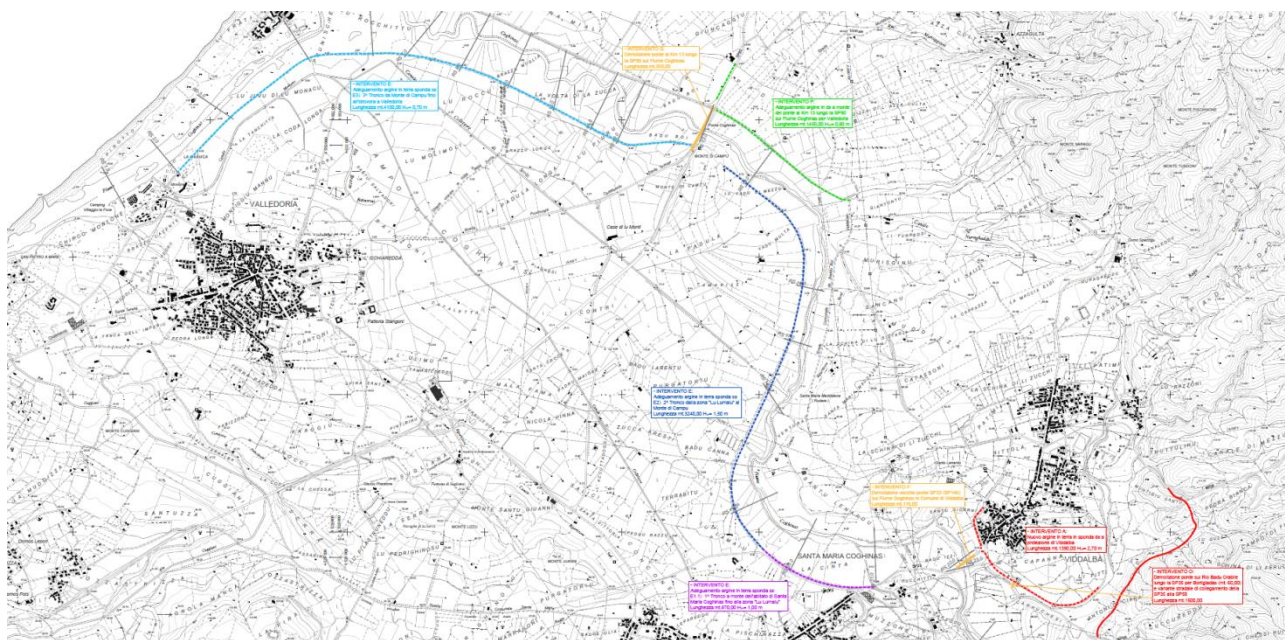


Figura 5: Ipotesi di interventi di mitigazione del rischio idraulico con Tr 50 discussi con i funzionari di ADIS in data 15/05/2017

L'intervento ipotizzato prevedeva il rialzo dell'argine esistente in destra idrografica del Fiume Coghinas per un tratto di lunghezza di circa 1.450,00 mt e per un'altezza media di circa 0,80 mt al fine di proteggere la sede stradale della SP90 da possibili esondazioni e consentirne la fruibilità anche nel corso di eventi di piena.

Nel citato incontro in data 15/05/2017 presso l'ADIS di Cagliari si è convenuto di stralciare tale intervento, in quanto verrà gestito con misure non strutturali di adozione di procedure di protezione civile che prevedano l'interdizione delle opere in condizione di piena per il corso d'acqua, a favore di un intervento di manutenzione straordinaria dell'intero argine in destra idrografica al fine di renderlo idoneo al sormonto, essendo previsto nel citato scenarion.4 del PGRA di lasciare esondare le acque di piena in destra idrografica nelle zone coltivate esterne fino alla periferia di Villedoria.

### 5.1.3 Demolizione del ponte sul Riu Badu Crabile lungo la SP35 per Bordigiadas e variante stradale

Nello scenario n.4 del PGRA è prevista la demolizione del ponte sul Riu Badu Crabile ed una variante stradale della SP 35 per risolvere la criticità idraulica dell'attraversamento stradale esistente. Si riporta di seguito nel dettaglio quanto previsto nel PGRA<sup>1</sup>:

#### *"9.4.8 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*

<sup>1</sup> PGRA - Scenari di intervento strategico e coordinato: Coghinas – Relazione

*dell'impalcato. La connessione con la viabilità provinciale sarebbe comunque ripristinata a fronte di una variante stradale di collegamento dalla SP35 per Bordigadas 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 scolì."*

Da un'analisi dei profili altimetrici dei terreni, eseguita grazie all'integrazione del modello digitale del terreno disponibile, è stato possibile studiare più nel dettaglio la livelletta stradale della variante della SP35 prevista nel PGRA, che è risultata a mezza costa e pertanto richiederà la realizzazione di muri di sostegno e opere d'arti particolari inoltre, prima della interconnessione con la SP35 dovrà comunque essere realizzato un ponte per l'attraversamento di un canale colatore.

Si è pertanto ritenuto opportuno studiare una soluzione tecnica alternativa per la risoluzione dei problemi di criticità idraulica dell'attraversamento stradale esistente che prevede la realizzazione di un nuovo ponte poco più a monte di quello esistente da demolire, ma con adeguato franco idraulico e relativa variante stradale di sensibile minor sviluppo, circa 650 m, rispetto alla precedente soluzione.

#### 5.1.4 Modalità di adeguamento dei rilevati arginali esistenti e di realizzazione dei nuovi rilevati arginali

Nell'ambito della progettazione preliminare sono state valutate attentamente le modalità di realizzazione dei rialzi arginali, con specifico riferimento alle pendenze dei paramenti, sia lato fiume che lato campagna, considerato che determinano occupazioni di suolo più o meno ampio, ed in particolare le seguenti tipologie, come rappresentate in Figura 6:

- a) Rilevato in terra naturale con scarpa 2/1 simmetrico (colore verde)
- b) Rilevato in terra armata con inclinazione 60° simmetrico (colore rosso)
- c) Soluzione mista con rinforzo in terra armata 60° nel paramento lato campagna e terra naturale con scarpa 2/1 nel paramento lato fiume (colore blu)

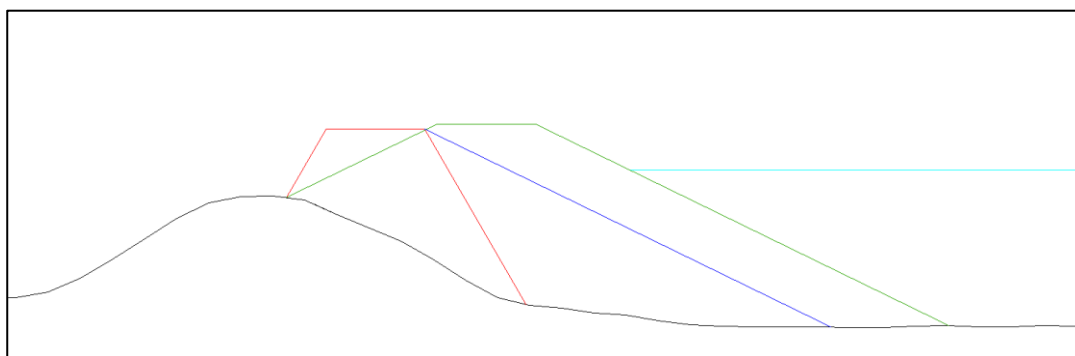


Figura 6:  
Tipologie di rialzo  
arginale  
analizzate

Con l'obiettivo di valutare le possibili alternative ed arrivare alla scelta ottimale, è stato effettuato un confronto che non focalizzi l'attenzione solo sul parametro economico ma che comprenda anche fattori non monetari quali l'impatto delle opere sull'ambiente e sul territorio circostante.

Come risulta evidente la soluzione b) con le terre armate risulta quella ottimale in termini di minor occupazione del suolo e dell'area golenale in termini di riduzione delle sezione idraulica utile, viceversa la soluzione di cui alla lettera a) risulta la peggiore per questi due aspetti, mentre la soluzione c) si pone

sostanzialmente a cavallo. Per una completa valutazione tecnico-economica si è condotta un'analisi dei costi che ha evidenziato invece che la soluzione c) risulta la meno costosa, mentre la soluzione b) la più onerosa con delle oscillazioni di costo tra una tipologia di intervento e l'altra dell'ordine circa del 10-15% in più o in meno.

Pertanto si ritiene che la soluzione mista con rinforzo in terra armata a 60° sul paramento lato campagna e terra naturale con scarpa 2/1 sul paramento lato fiume nel rapporto costo-benefici possa essere considerata la soluzione ottimale da adottare. Nel caso invece di rialzi arginali modesti invece la soluzione adottata è quella con paramenti simmetrici in terra naturale con scarpa 2/1 simmetrico.

## 6. PROGETTO DELLA SOLUZIONE SELEZIONATA

### 6.1. Definizione degli interventi

Per la puntuale definizione degli interventi da prevedersi nell'ambito del progetto preliminare, oltre all'analisi delle informazioni topografiche ottenute dal rilievo di celerimensura eseguito e dai DTM disponibili, allo studio delle indicazioni contenute nel documento preliminare alla progettazione e all'esame degli strumenti di programmazione sovraordinati (PSFF e PGRA), si è ritenuto opportuno organizzare alcuni incontri propedeutici con i funzionari dell'ADIS di Cagliari, al fine di condividere le conoscenze in merito alle problematiche ed alla natura dei lavori da realizzare nonché di concordare preliminarmente i criteri di progettazione da adottare.

Si riportano di seguito gli aspetti fondamentali dei criteri di progettazione adottati.

#### Verifica della quota del rilevato arginale

La quota di adeguamento del rilevato arginale è stata definita a seguito della modellazione idraulica eseguita al fine di contenere il profilo dell'involuppo di piena della portata con tempo di ritorno 50 anni, siccome concordato con i competenti uffici dell'ADIS di Cagliari, con un franco idraulico pari a 1,20 mt, conformemente a quanto previsto nel PGRA.

È stato inoltre verificato che l'altezza arginale così determinata rispetti la quota profilo dell'involuppo di piena della portata con tempo di ritorno 200 anni senza alcun franco idraulico.

#### Verifica della sagoma dei rialzi arginali

La sagoma dei rialzi arginali è stata studiata in modo da consentire il futuro sopralzo relativo ad una portata di progetto con tempo di ritorno pari a 200 anni e relativo franco idraulico di 1,20 m.

In particolare l'ingombro del rilevato arginale è stato dimensionato tenendo in considerazione il futuro intervento di sopralzo arginale fino alla quota di progetto per Tr 200 anni: la sagoma di detto rilevato arginale è stata definita in modo che il futuro rialzo non richieda un ulteriore ringrosso al piede.

Conformemente al Quaderno delle opere tipo del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, per altezze di argine superiori a 4,00 m dal piano campagna è prevista la formazione di una banca intermedia della larghezza minima di 2,50 m.

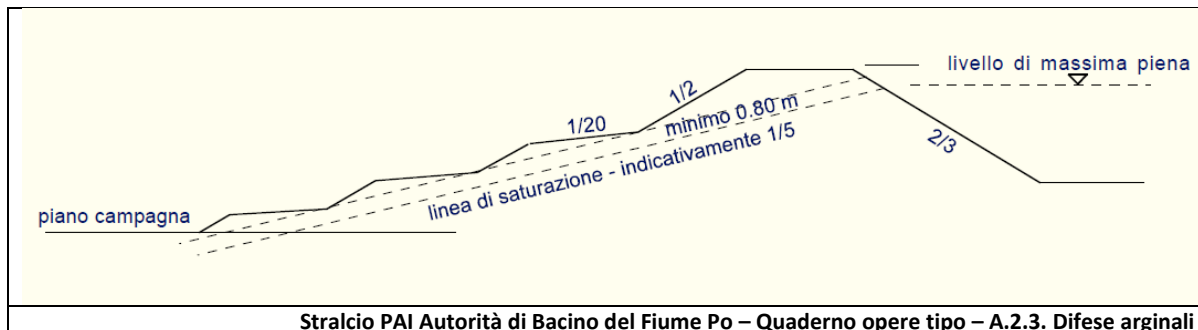
#### Verifica della cadente piezometrica

Il Quaderno delle opere tipo, Allegato 5 del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, evidenzia come le arginature non siano solo opere idrauliche atte a contrastare l'esondazione per sormonto, ma devono scongiurare il pericolo di rotte per sifonamento. Un ruolo predominante in tal senso è svolto dalla pendenza piezometrica, ovvero dalla linea di imbibizione che si determina all'interno del corpo arginale relativamente al paramento esterno, nonché dalla velocità di decrescita dei livelli per quanto concerne quello interno.

In prima approssimazione è stato ipotizzato, conformemente a quanto indicato al punto A.2.3 del Quaderno delle opere tipo del PAI, che la linea freatica abbia andamento rettilineo a partire dal livello di massima piena (TR 200 anni) con pendenza pari a 1/5.

È stato pertanto verificato se il paramento esterno del corpo arginale, così come risultante dal rialzo arginale previsto, sia sagomato in maniera tale da garantire che la linea freatica sia costantemente

ricoperta da uno spessore di terreno non inferiore a 0,80 m: dalle verifiche effettuate il rilevato arginale non garantisce tale ricoprimento. Peraltro si evidenzia che tale condizione si verifica anche nel caso si fosse adottata la modalità di adeguamento del rilevato arginale in terra naturale con scarpa 2/1 simmetrica.



Al fine di contenere la cadente piezometrica ed evitare fenomeni di filtrazione nel rilevato arginale, la soluzione progettuale adottata prevede la posa di un Geocomposito bentonitico sul paramento lato fiume del rilevato arginale, atteso che la modifica della sagoma del rilevato arginale necessaria per contenere comporterebbe un considerevole ingrosso lato campagna dell'opera di difesa idraulica con significativi impatti sia dal punto di vista delle aree da espropriare che dal punto di vista di inserimento paesaggistico-ambientale delle opere.

#### Protezione del rilevato arginale sormontabile

Per la definizione della tipologia di protezione del tratto di rilevato arginale in destra idrografica che il PGRA prevede sormontabile in tempo di piena, si è fatto riferimento alle risultanze della sperimentazione, a scala reale, effettuata nell'ambito dell'*Interreg IIIB North Sea Programme – COMCOAST* finalizzata alla valutazione dell'efficacia delle tecniche di protezione dei rilevati arginali a protezione dei sormonti delle onde di piena nelle province del Noord-Holland in Netherlands.

Da tali sperimentazioni è emerso che la posa di una geogriglia tridimensionale rinverdata sulla testa e sul paramento del rilevato arginale sormontato ha fornito ottimi risultati alla protezione del corpo arginale dai fenomeni di erosione che si verificano in occasione dei sormonti delle onde di piena, riducendo di conseguenza in maniera significativa anche il rischio di fenomeni di rottura arginale.

È stata pertanto adottata quale soluzione tecnica a protezione dei rilevati arginali sormontabili la posa di una geogriglia tridimensionale rinverdata attese le buone risultanze della sperimentazione citata ed i costi di investimento ridotti rispetto alla soluzione tecnica che prevede la posa di massi cementati nonché anche il miglior inserimento delle opere dal punto di vista paesaggistico.

## **6.2. Descrizione della soluzione selezionata**

La soluzione individuata prevede, con riferimento alla tipologia delle opere da realizzare, nel dettaglio i seguenti interventi:

- 1° Lotto - Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rialzo e ringrosso arginale con formazione di banca intermedia e costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma



anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramento lato fiume in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile, e realizzazione di paramento lato campagna con struttura in terra rinforzata rinverdibile con inclinazione 60°. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

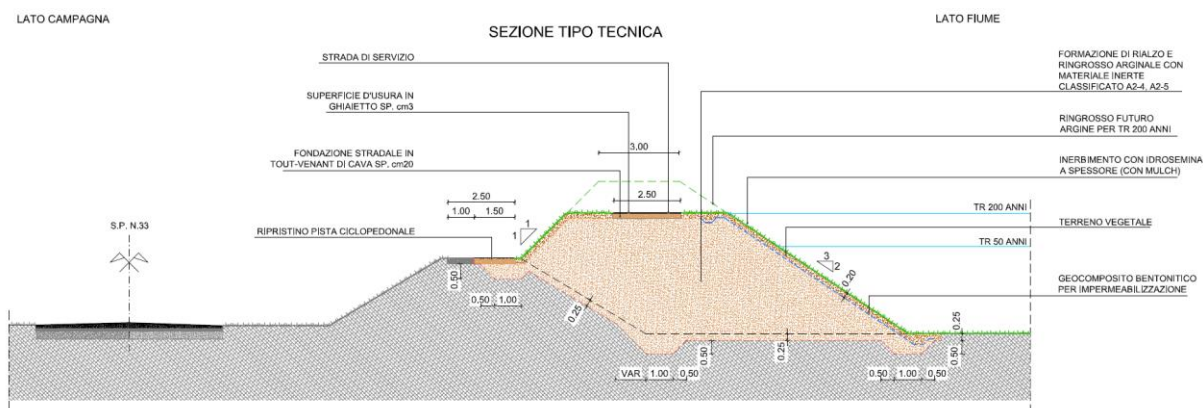


Figura 7: Sezione tipo 1° Lotto

- 2° Lotto - Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da Lu Lamaiu al rilievo Monte di Campu (Lunghezza mt.3200,00 Hm= 1,20 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rialzo e ringrosso arginale con formazione di banca intermedia e costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramento lato fiume in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile, e realizzazione di paramento lato campagna con struttura in terra rinforzata rinverdibile con inclinazione 60°. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

- 3° Lotto - Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da rilievo Monte di Campu alla foce in Valledoria (Lunghezza mt.4390,00 Hm= 1,80 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rialzo e ringrosso arginale con formazione di banca intermedia e costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramento lato fiume in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile, e realizzazione di paramento lato campagna con struttura in terra rinforzata rinverdibile con inclinazione 60°, previa posa di geogriglia di rinforzo per aumentare la capacità portante della sottofondazione. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.



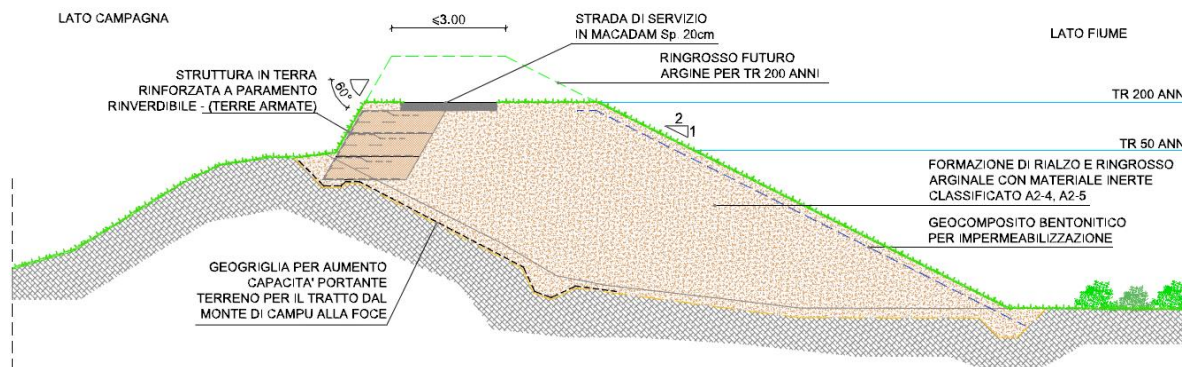


Figura 8: Sezione tipo 3°Lotto

- 4° Lotto - Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rilevato arginale in fregio alla banchina stradale meridionale, con funzione di difesa arginale formazione, costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramenti in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam e la sostituzione dell'esistente parapetto "a giorno" del ponte in prossimità dell'abitato di Santa Maria Coghinas con parapetto in cls rivestito in pietra.

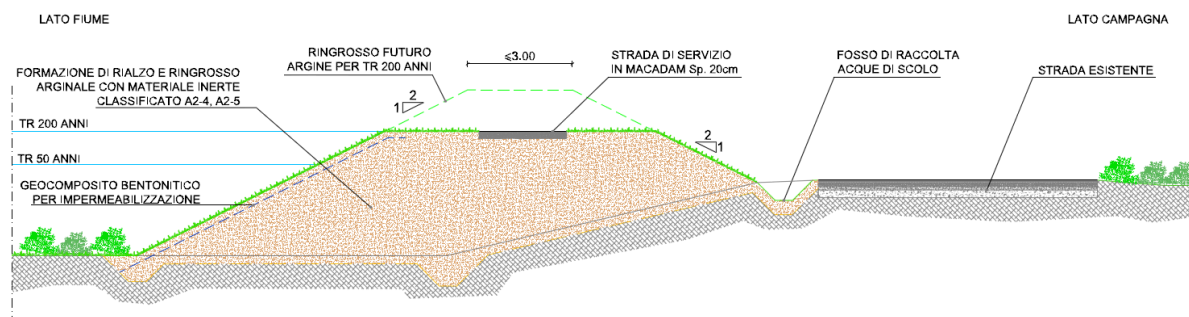


Figura 9: Sezione tipo 4° e 5°Lotto

- 5° Lotto - Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.490,00 Hm= 1,40 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rilevato arginale in fregio alla banchina stradale meridionale, con funzione di difesa arginale formazione, costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramenti in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

- 6° Lotto - Demolizione del ponte esistente sul Rio Badu Crabile lungo la SP 146 "Bordigiadas-Viddalba", realizzazione di nuovo ponte sul medesimo Rio e relativa variante stradale della SP 146 (Lunghezza mt.650,00)

L'intervento prevede la demolizione dell'esistente ponte sul Riu Badu e la formazione di nuovo ponte a circa 170 m a monte di quello esistente con una luce di circa 40,00 m e da realizzarsi conformemente alla Deliberazione n. 3 del 18/12/2014 "Indirizzi relativi all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" inerenti al franco idraulico degli attraversamenti dei corsi d'acqua" dell'Autorità di bacino regionale della Sardegna.

La variante stradale di raccordo tra il nuovo ponte e la SP146 esistente sarà realizzata conformemente alla piattaforma stradale Tipo C per strade extraurbane e sarà prevalentemente in rilevato.

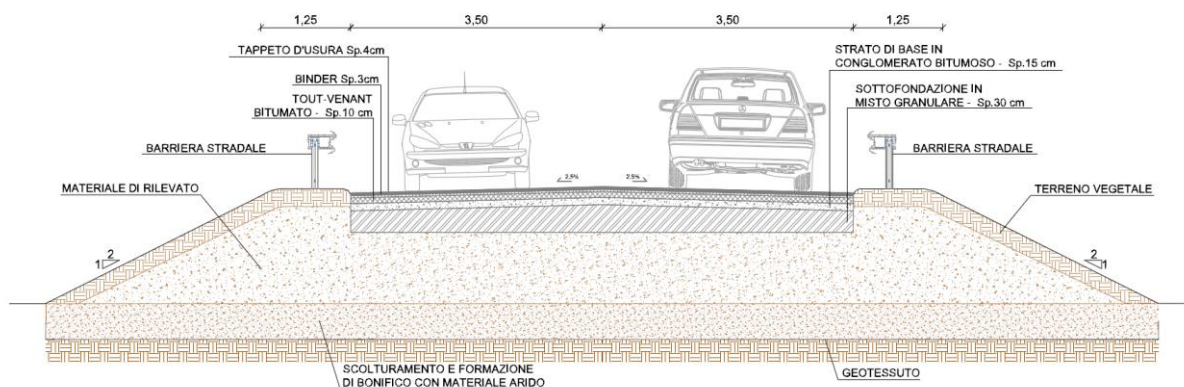


Figura 10: Sezione tipo variante stradale

- 7° Lotto - Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)

L'intervento prevede la realizzazione di una difesa arginale costituita da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramenti in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

DIFESA ARGINALE IN SPONDA DX DEL RIO BADU A PROTEZIONE DI VIDDALBA

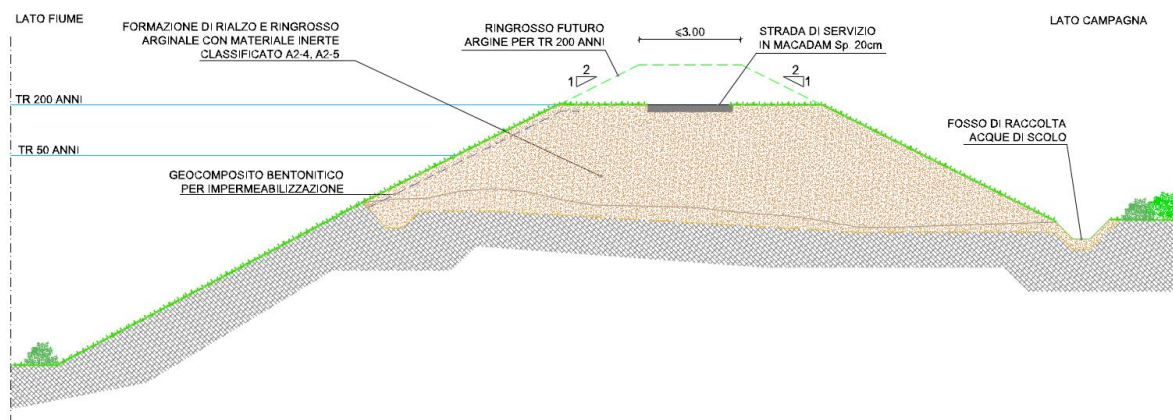


Figura 11: Sezione tipo 7°Lotto

- 8° Lotto - Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00)

L'intervento prevede la posa sul paramento lato fiume dell'argine esistente di geocomposito bentonico, previa formazione di piano di posa, e successivo ricoprimento con strato di terra di coltura e inerbimento. Il rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna sarà realizzato con la posa di geogriglia tridimensionale in fibra di poliestere ad elevato modulo con rivestimento polimerico, previa formazione del piano di posa, e successivo intasamento con terra e semina a spaglio o idrosemina per il relativo inerbimento.

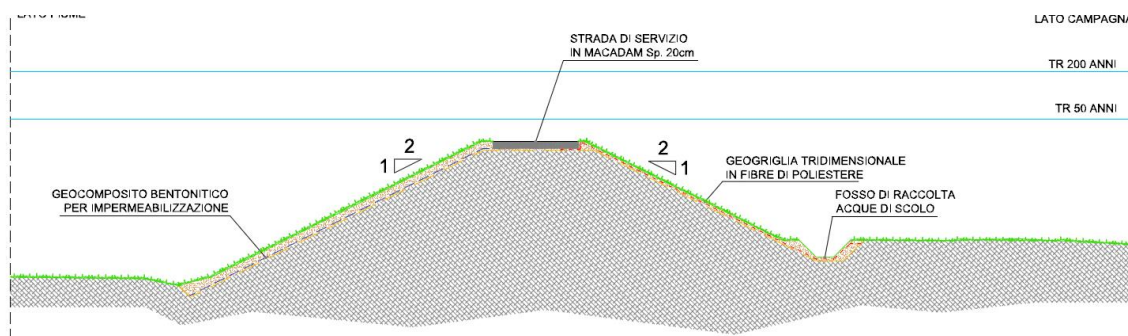


Figura 12: Sezione tipo 8°Lotto

- 9°Lotto - Demolizione del ponte al Km 13 della SP 90 "Badesi-Valledoria" sul Fiume Coghinas (Lunghezza mt.350,00)

Si prevede la demolizione dell'esistente ponte della SP90 in affiancamento di quello di più recente realizzazione.

### 6.3. Interventi di sistemazione a verde per rialzi arginali e simulazioni

Le opere di rialzo e ringrosso arginale si completano con la fornitura e stesa di uno strato di terreno vegetale dello spessore di cm.20 per il rivestimento del paramento lato fiume e del rialzo lato strada ed il successivo inerbimento con idrosemina a spessore (con MULCH) al fine di assicurare un rapido attecchimento del manto erboso.



#### **6.4. Fattibilità dell'intervento**

La fattibilità della soluzione selezionata è garantita dagli studi, rilievi ed indagini preliminari eseguiti nonché dalle risultanze dello studio di impatto ambientale.