



COMUNE DI SANLURI

Provincia del Sud Sardegna

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL CANALE TOMBATO RIO TRAMAMMA

CUP: J84D22004520002

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

ALLEGATO		SCALA
1	Studio di impatto ambientale	

PROGETTAZIONE



Prof. Ing. Nicola Montaldo
Prof. Ing. Andrea Saba
Ing. Giaime Montaldo
Ing. Michele Vacca
Ing. Mara Giau
Ing. Roberto Corona
Ing. Andrea Gaspa
Ing. Giacomo Baldinu
Arch. Elisa Marcia

Dott. Geol. Fabio Cau

Dott.ssa Archeol. Ilaria Garbi

Consulenti:

Dott. Naturalista Nicola Sulas (Servit Srls)

Ing. Antonio Dedoni (Tecnico competente in acustica)

**Il Responsabile Unico
del Procedimento:**

Ing. Ignazio Pittiu

00	Luglio 2026	Emissione
Rev. n°	Data	Descrizione

<i>Habitat Ingegneria Srl Geol. Fabio Cau Archeol. Ilaria Garbi</i>	<i>Interventi di sistemazione idraulica del canale tombato Rio Tramamma</i>	<i>Valutazione di Impatto Ambientale</i>
---	---	--

Premessa.....	3
1. Descrizione del progetto	4
1.1. Localizzazione del progetto	4
1.2. Inquadramento idrologico	12
1.2.1. Il bacino idrografico	12
1.2.2. Topografia	15
1.2.3. Uso del suolo	16
1.2.4. Pedologia e mappa del CN	17
1.2.5. Eventi pluviometrici estremi e criticità idrauliche del Rio Tramamma.....	18
1.3. Strumenti di pianificazione	21
1.3.1. Vincoli idrogeologici.....	21
1.3.2. Piano paesaggistico regionale	23
1.3.3. Vincoli urbanistici	24
1.4. Descrizione delle opere in progetto.....	26
1.4.1. Rocce e terre da scavo	29
1.5. Indagini di caratterizzazione ambientale.....	33
2. Alternative progettuali	34
2.1. Opzione zero	34
2.2. Alternativa 1	34
2.3. Alternativa 2	36
2.4. Alternativa 3	37
2.5. Alternativa 4	38
2.6. Alternativa 5	40
2.7. Scelta progettuale	41
3. Analisi costi - benefici	42
4. Componenti ambientali, impatti e quadro di riferimento ambientale	46
4.1. Generalità	46
4.2. Impatti sulle componenti ambientali	46
4.3. Modificazione della componente atmosferica e climatologica	48
4.4. Modificazione della componente acqua	49
4.5. Modificazione morfologica suolo e sottosuolo	51
4.6. Modificazione delle componenti flora, fauna, ecosistemi.....	52
4.7. Rumore	69
4.8. Vibrazione	72
4.9. Popolazione e salute umana	73

<i>Habitat Ingegneria Srl Geol. Fabio Cau Archeol. Ilaria Garbi</i>	<i>Interventi di sistemazione idraulica del canale tombato Rio Tramamma</i>	<i>Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica</i>
---	---	---

4.10.	Modificazione del paesaggio.....	74
4.11.	Aspetti socio-economici.....	80
5.	Verifica di vulnerabilità del progetto rispetto al cambiamento climatico	81
6.	Conclusioni	87

Premessa

Il presente elaborato consiste nello Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto di fattibilità tecnico ed economico delle opere relative agli *Interventi di sistemazione idraulica del canale tombato Rio Tramamma* ed è articolato secondo quanto previsto dall'allegato A.3 della DGR n. 18/24 del 22.4.2026 della Regione Autonoma della Sardegna. Il presente intervento è finalizzato alla riduzione delle criticità di natura idrogeologica all'interno del centro abitato del comune di Sanluri nella zona compresa tra la via Giovanni XXIII e la via Marica.

Gli interventi previsti in progetto necessitano della verifica di assoggettabilità alla VIA in quanto rientrano tra quelli dell'Allegato B1 "Categorie di opere da sottoporre alla procedura di verifica di assoggettabilità alla VIA regionale" della Delibera G.R. n. 18/24 del 22.4.2026. In particolare, l'intervento in progetto rientra tra quelli riportati al punto 7, lettera "i": "*Opere di canalizzazione e di regolazione dei corsi d'acqua*". La Regione Sardegna infatti prescrive che i progetti di opere comprese nell'Allegato B1 della citata delibera, qualora non ricadenti neanche parzialmente in aree naturali protette, come definite dalla Legge quadro sulle aree naturali protette (Legge n. 394 del 6 dicembre 1991) e nelle aree designate dall'Amministrazione regionale per l'inserimento nella rete Natura 2000, come disposto dalla Legge regionale sulla finanziaria n. 3 del 2003 art. 20 comma 12, vengano sottoposti a procedura di "screening", per verificare la necessità che siano sottoposti a procedura di VIA, attraverso la valutazione degli effetti del progetto sull'ambiente.

L'intervento previsto in progetto è quello della realizzazione di una vasca di laminazione a monte della via Giovanni XXIII, soluzione valutata più idonea e percorribile in rapporto ai costi e benefici. A seguito delle interlocuzioni intervenute presso il competente Assessorato all'Ambiente della Regione Autonoma della Sardegna in merito alla Procedura di verifica di assoggettabilità a Valutazione di impatto ambientale, vista la natura dell'intervento e con l'obiettivo di una più rapida conclusione dell'iter autorizzativo si è valutato più appropriato procedere fin da subito ad attivare il Procedimento per la Valutazione di Impatto Ambientale.

Il finanziamento regionale disponibile attualmente è quello relativo alle attività di progettazione dell'intervento in oggetto da apposito fondo del competente Assessorato Regionale dei Lavori pubblici.

1. Descrizione del progetto

L'intervento si rende necessario al fine di risolvere le problematiche idrauliche del centro abitato del comune di Sanluri nella zona compresa tra la via Giovanni XXIII e la via Marica, area che nell'ultimo decennio ha subito diverse esondazioni e allagamenti. Nella zona oggetto del presente intervento scorre infatti un corso d'acqua proveniente da Nord, denominato "Rio Tramamma", che in corrispondenza dell'attraversamento dell'abitato è stato incanalato all'interno di una condotta in calcestruzzo rotocompresso interrata del diametro di 1000 mm, la cui sezione idraulica risulta insufficiente a smaltire le portate di piena in occasione di eventi meteorici di precipitazioni intense, determinando conseguentemente condizioni di elevato rischio idraulico in una ampia area del centro urbano di Sanluri.

Tale sistema idrografico è stato infatti interessato da frequenti e recenti eventi calamitosi conseguenti ad eccezionali precipitazioni che hanno causato ingenti danni. L'espansione urbanistica degli ultimi decenni ha determinato l'antropizzazione del territorio circostante con la conseguente crescita del rischio idraulico, cosicché l'insufficienza idraulica del canale che attraversa l'abitato determina oggi le condizioni di rischio idraulico elevato.

Lo scopo del presente intervento è quello di realizzare un sistema di smaltimento delle acque meteoriche che garantisca il deflusso in sicurezza dei fenomeni più intensi e la mitigazione del rischio idraulico attuale, compatibile con l'ambiente e con il regime fluviale.

1.1. Localizzazione del progetto

L'area di intervento ricade nel centro abitato di Sanluri, nella provincia del Sud Sardegna. La zona è inquadrata nelle sezioni 547-030 e 539-015 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10'000 e nel Foglio 547 Sezione 1 dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25'000. Il territorio oggetto di studio riguarda una parte del centro abitato di Sanluri che a partire dalla periferia Nord-Ovest dell'abitato si estende dalla via Giovanni XXIII alla via Marica, attraversando la ex SS.131 fino al parcheggio del Cimitero Comunale (*Figura 1*).

In quest'area scorre il "Rio Tramamma", che in arrivo da Nord, attraversa il centro abitato incanalato all'interno di una condotta interrata in cls rotocompresso del diametro di 1000 mm, che attraversa via Giovanni XXIII, via Marica e la ex S.S. 131 fino all'immissione su un canale esistente in prossimità del piazzale in prossimità del cimitero comunale.

L'analisi storica del territorio ha evidenziato come nel corso degli anni il centro abitato di Sanluri abbia subito una notevole espansione, che ha interessato principalmente l'area in cui il Rio Tramamma attraversa l'abitato. Dalle ortofoto storiche emerge come questa parte del territorio abbia subito una sostanziale modifica trasformando queste zone da aree praticamente prive di abitazioni e dedita ad attività agricole (ortofoto dal 1968 al 2019, da Figura 3 a Figura 5) ad aree urbanizzate densamente popolate (ortofoto 2023, Figura 6). A seguito di tale espansione, nel 1990 venne realizzato il canale tombato che convoglia le acque del Rio Tramamma che ha determinato l'aumento del livello di pericolosità di questa parte del territorio. In occasione dell'evento alluvionale che ha investito la Sardegna e anche Sanluri nel novembre del 2008, le acque ed i detriti trasportati dalla piena hanno occluso la ridotta sezione di imbocco del canale tombato, causando lo scorrimento delle acque in superficie con conseguenti allagamenti delle strade e di civili abitazioni, mettendo conseguentemente ad alto rischio l'incolumità delle persone.

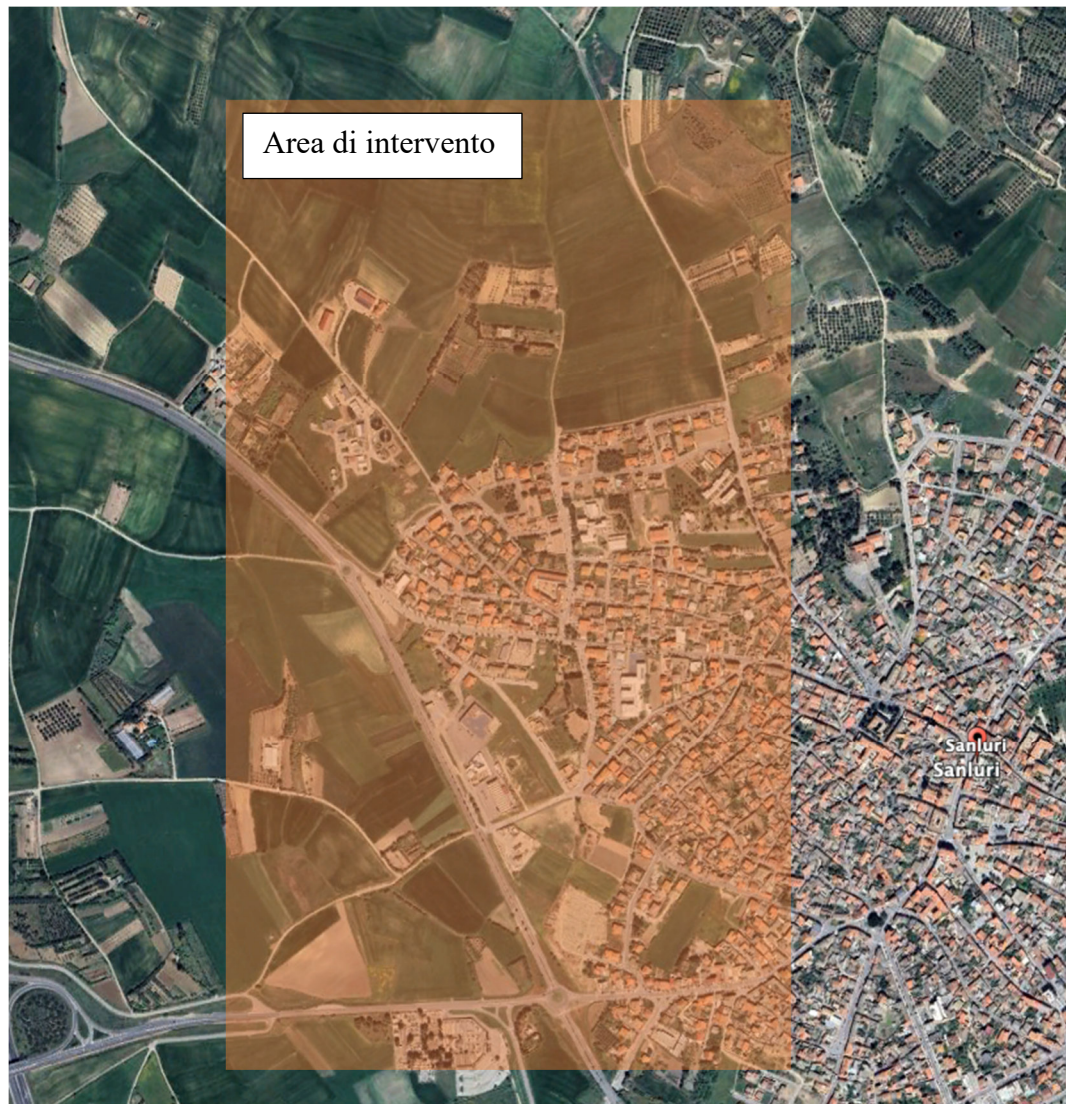


Figura 1 - Inquadramento dell'area in studio



Figura 2 - Canale esistente su ortofoto (tratteggio rosso)



Figura 3 - Ortofoto del 1968



Figura 4 - Ortofoto del 2000



Figura 5 - Ortofoto del 2019

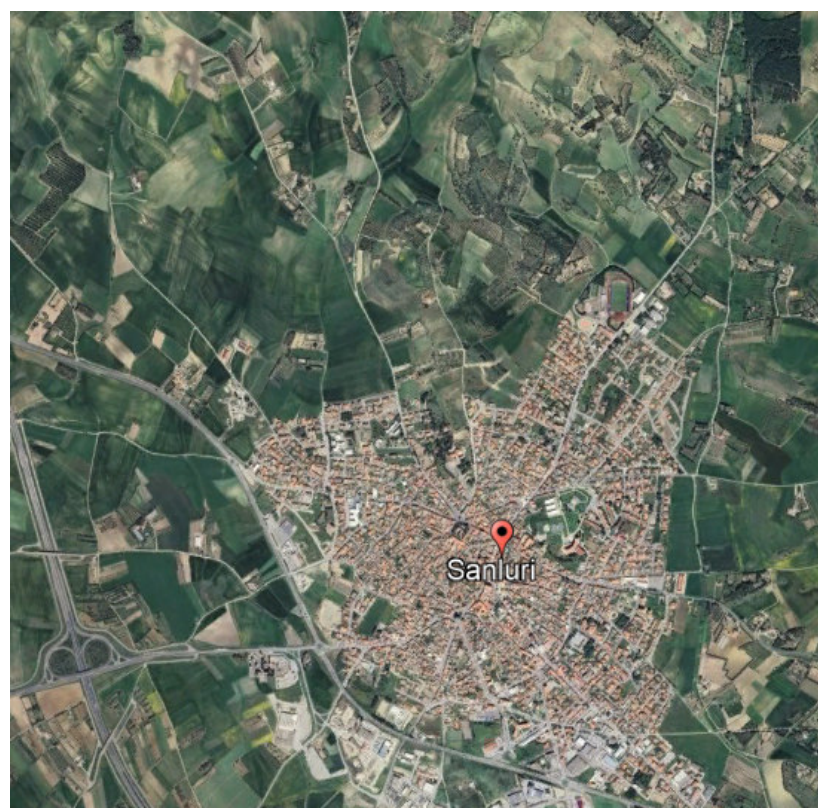


Figura 6 - Ortofoto del 2023 (fonte Google Earth)



Figura 7 – Inizio del tratto tombato del rio Tramamma in via Giovanni XXIII. Vista da monte dell'imbocco.



Figura 8 – Rio Tramamma. Vista verso monte dall'imbocco in via Giovanni XXIII



Figura 9 – Terreni a monte dell'abitato dove sarà realizzata la vasca di laminazione.



Figura 10 - Terreni a monte dell'abitato dove sarà realizzata la vasca di laminazione.

L'area di intervento è ricompresa in una zona che, sulla base dello Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del territorio comunale di Sanluri - art 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. elaborato nel 2016, risulta mappata a pericolosità idraulica Hi4. Le condizioni di elevata pericolosità idraulica e rischio idraulico sono confermate dalle mappature realizzate nell'ambito del presente studio che descrivono la situazione prima dell'intervento in progetto e che evidenziano un rischio idraulico massimo per una significativa porzione di territorio edificato.

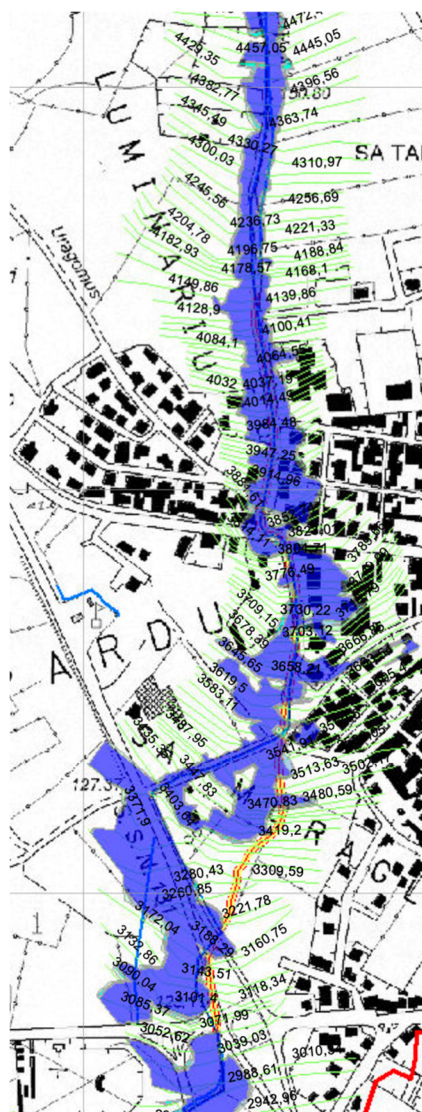


Figura 11 - Mappatura della pericolosità idraulica nello stato attuale (art. 8) elaborato nel 2016.

1.2. Inquadramento idrologico

1.2.1. Il bacino idrografico

Il bacino idrografico sotteso alla sezione terminale del Rio Tramamma è riportato in Figura 12. Le caratteristiche topografiche del bacino sono riportate in Tabella 1. In Figura 13, si riporta il bacino idrografico sotteso all'ingresso del canale tombato, le cui caratteristiche sono invece descritte in Tabella 2. Oltre al bacino principale sono stati definiti i sottobacini indicati nella Figura 9. Dalla Figura 13, si vede che l'incremento di superficie relativo all'area urbanizzata inclusa nel bacino B2 rispetto all'area a monte del bacino B1 è minima e corrisponde a circa 0.11 Km². Lo stesso discorso vale per il bacino B3 che ha una superficie di circa 2 Km².



Figura 12 - Bacino idrografico sotteso dal Rio Tramamma alla sezione terminale di immissione nel canale a cielo aperto.

Tabella 1 Caratteristiche principali del bacino idrografico

	u.m.	simbolo	A
superficie	kmq	S	2.71
lunghezza dell'asta principale	km	L	5.067
pendenza dell'asta principale	m/m	J	0.033
Quota della sezione terminale	m slm	Ho	0.127
Altitudine media	m slm	Hm	182.00



Figura 13 - Bacino idrografico sotteso all'ingresso del canale tombato (B1).

Tabella 2 Caratteristiche principali del bacino idrografico sotteso all'ingresso del canale tombato (B1).

	u.m.	simbolo	A
superficie	kmq	S	1.85
lunghezza dell'asta principale	km	L	3.61
pendenza dell'asta principale	m/m	J	0.04
Quota della sezione terminale	m slm	Ho	0.14
Altitudine media	m slm	Hm	201.31

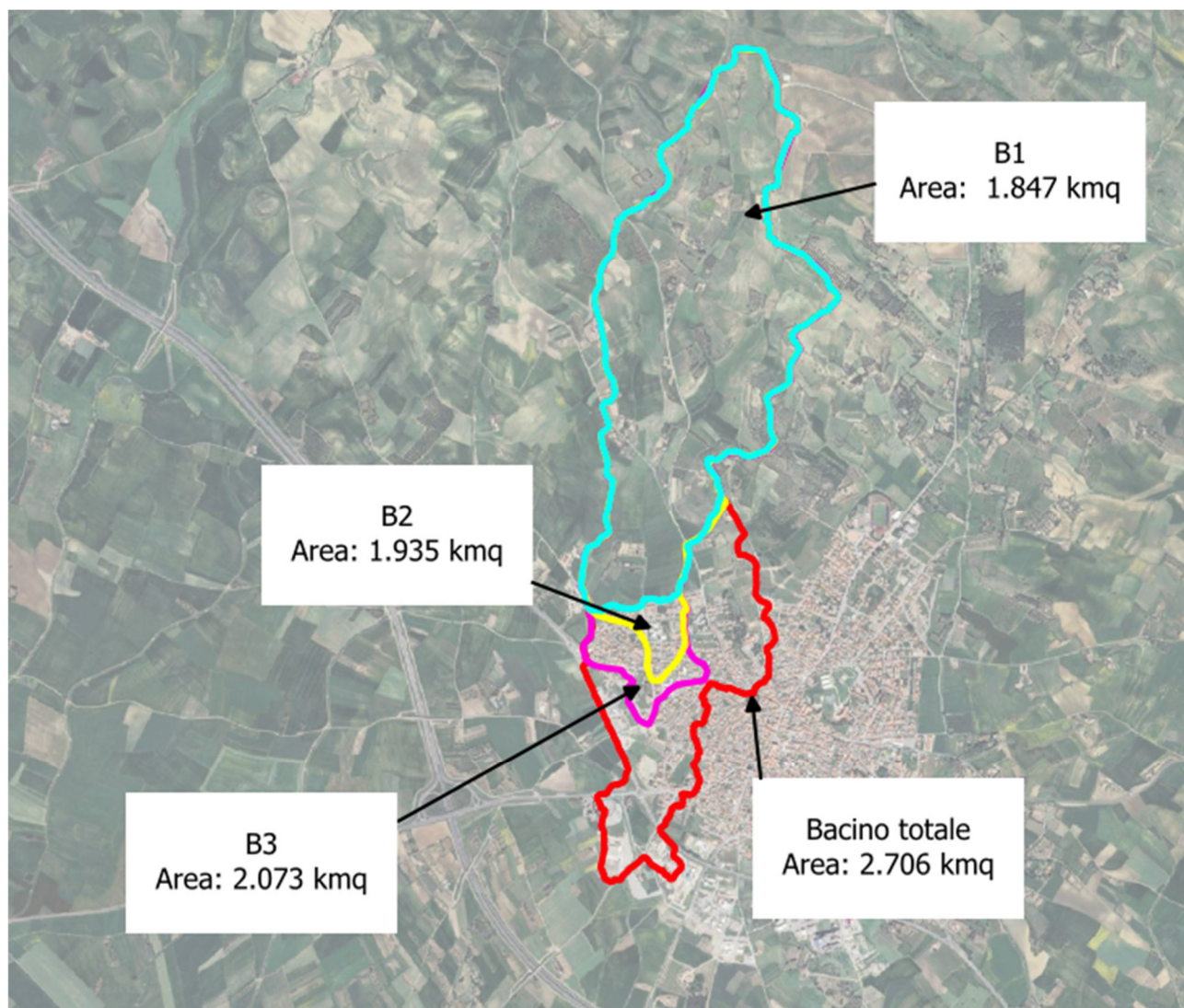


Figura 14 - Bacini idrografici individuati nell'area di studio

1.2.2. Topografia

È disponibile la CTR in scala 1:10000 del 2000 e il modello digitale delle quote (DEM) alla risoluzione di 1 m (Figura 15). Tali informazioni di dettaglio sono state utilizzate per la definizione delle sezioni idrauliche necessarie per il modello idraulico di propagazione del deflusso.



Figura 15 - Modello digitale delle quote (DEM) disponibile per il bacino del Rio Tramamma in sovrapposizione con la carta tecnica Regionale (CTR).

1.2.3. Uso del suolo

Per l'analisi dell'uso del suolo nell'area interessata dall'intervento è stata utilizzata la Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25000 della Regione Sardegna (Figura 16).

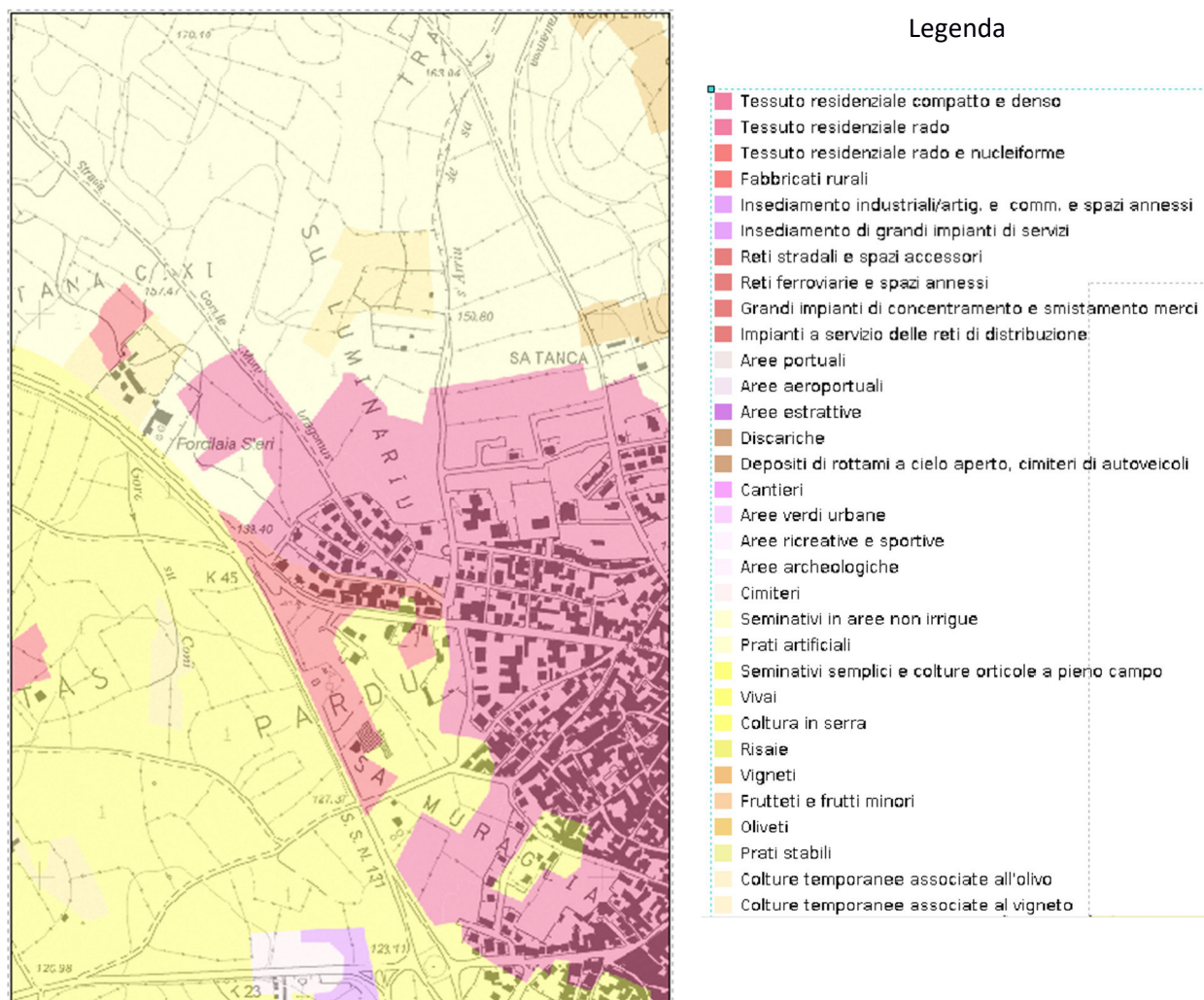


Figura 16 - Carta dell'uso del suolo.

1.2.4. Pedologia e mappa del CN

La Carta dei Suoli della Sardegna in scala 1:25'000 è realizzata sulla base di grandi Unità di Paesaggio in relazione alla litologia e le relative forme. Ciascuna unità è suddivisa in sottounità (unità cartografiche) comprendenti associazioni di suoli in funzione del grado di evoluzione o di degradazione, dell'uso attuale e futuro e della necessità di interventi specifici. In Figura 17 è riportata la carta dei suoli, che risultano di tipo permeabile a bassa fratturazione a Nord, mentre sono permeabili e ad alta fratturazione a sud.

Il valore medio del bacino di CN del metodo SCS-CN risulta essere pari a 95.

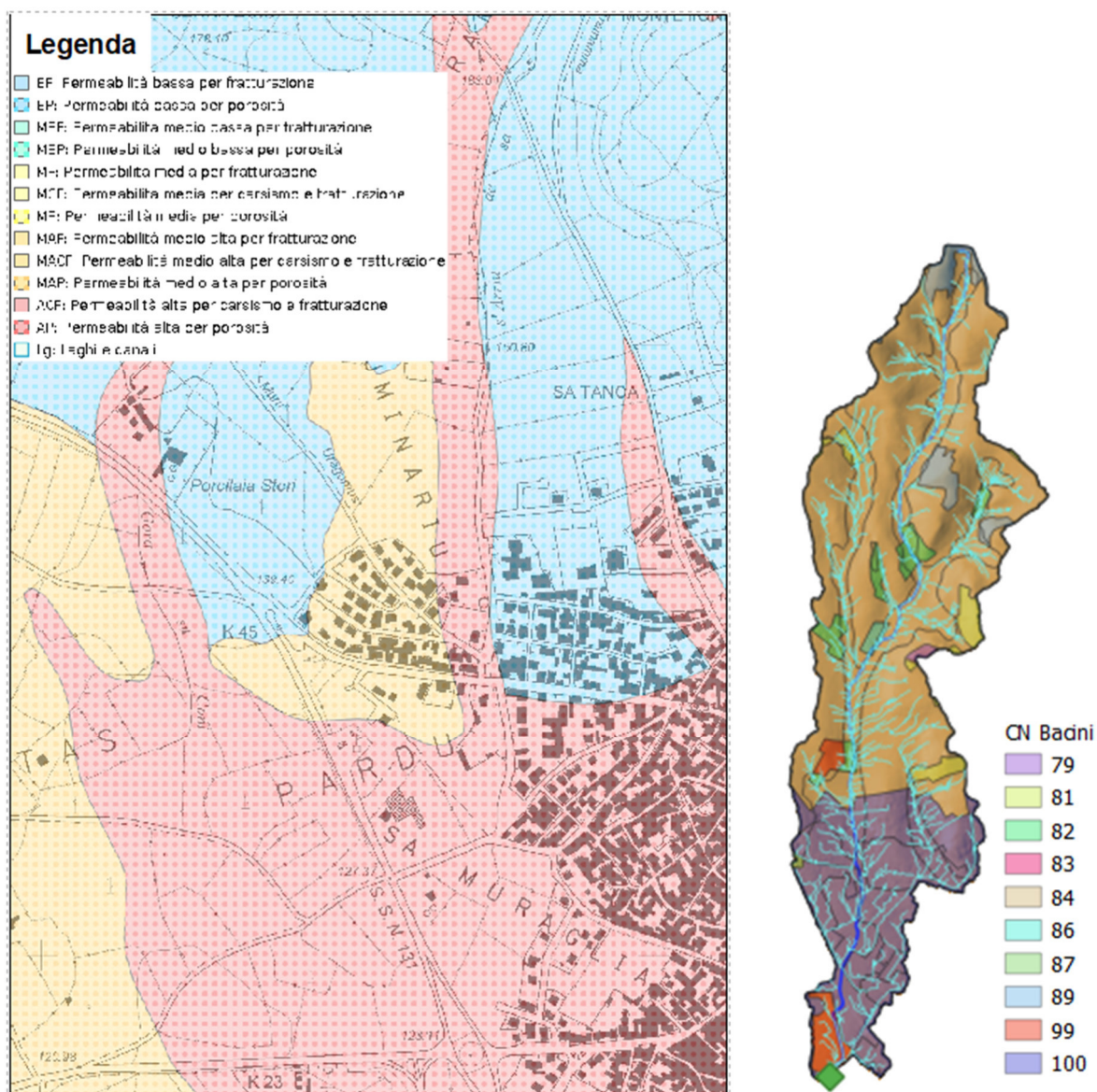


Figura 17 - Carta dei Suoli della Sardegna e mappa del CN.

1.2.5. Eventi pluviometrici estremi e criticità idrauliche del Rio Tramamma

Il 22 ottobre 2008 la Sardegna centro meridionale venne interessata da un violento nubifragio (Puligheddu, 2009 e Figura 18) che in particolare causò ingenti danni e devastazioni nell'area sud della Regione.

Il rio Tramamma è stato interessato anch'esso dall'ondata di maltempo con valori di precipitazione elevati (= 63.8 mm nelle 24 ore registrati nella Stazione CAE denominata Sanluri Strovina, ubicata a Sanluri Stato, frazione del comune di Sanluri) ma non estremi se comparati a quelli delle località vicine. Nonostante ciò, durante l'evento del 2008 le acque di deflusso nel Rio Tramamma sono state tali da non essere smaltite dal canale tombato. Infatti, a causa anche dell'inevitabile trasporto di materiale, l'imbocco del canale tombato si è parzialmente occluso e ha causato l'innalzamento del livello idrico fino al superamento del piano stradale. Pertanto, la portata del Rio Tramamma ha proseguito il suo percorso sull'abitato invadendo strade, case, cortili e seminterrati, causando ingenti danni.



Figura 18 Isoiete delle precipitazioni giornaliere del 22 ottobre 2008 dell'area centro meridionale della Sardegna (da Puligheddu, 2009).

L'analisi della serie storica dei dati di precipitazione giornaliera, ci mostra che a partire dal 1922 si sono verificati degli eventi di precipitazione giornaliera superiori ai 70 mm nelle 24 ore (Figura 19).

Analizzando la serie storica di precipitazione registrate dell'ultimo ventennio (Figura 20) si nota il valore di precipitazione registrato nel 2013 dalla nuova stazione della rete fiduciaria della Regione Sardegna denominata Sanluri Strovina, ubicata nella frazione Sanluri, che ha sostituito la stazione storica di misura denominata Sanluri FC ONC (Figura 21). Nel 2013, l'ondata di maltempo eccezionale che ha interessato in particolare gran parte del territorio orientale e Sud Occidentale della Regione, ha causato ingenti danni proprio a Sanluri Stato. Nella stazione di Sanluri Strovina è stato registrato un valore di precipitazione pari a 86.4 mm. Nella piana di Sanluri Stato, sono stati completamente allagati non meno di 300 ettari di territorio. L'evento non ha fortunatamente interessato il centro abitato di Sanluri.

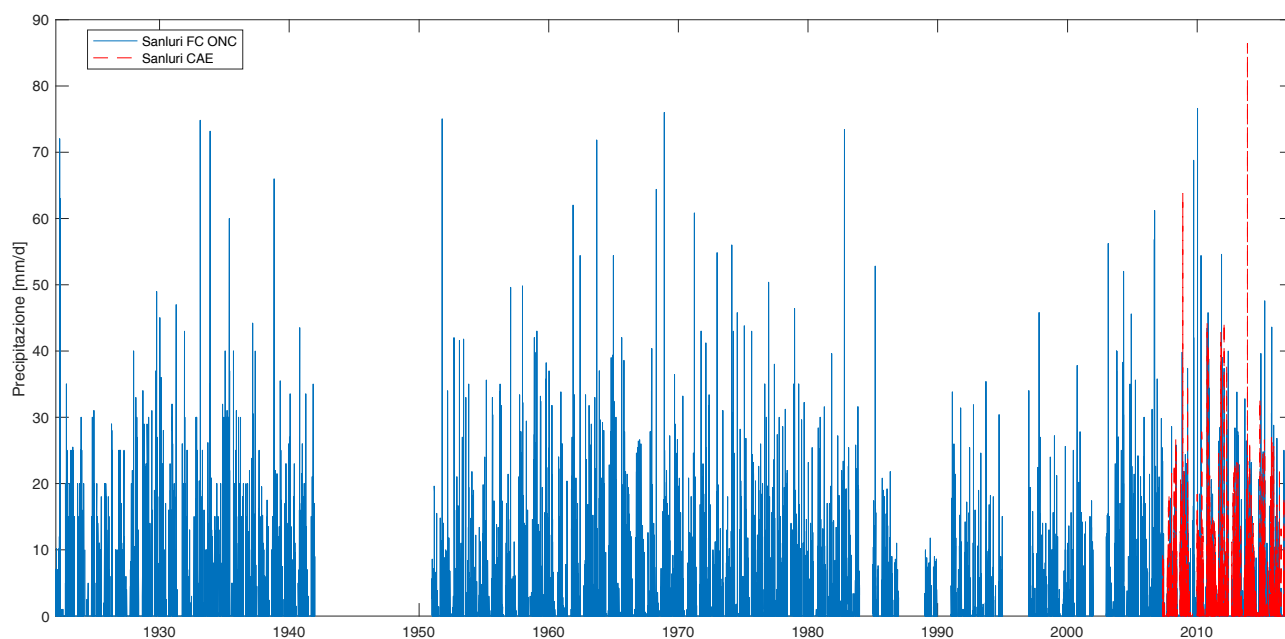


Figura 19 Serie storica di precipitazione giornaliera per le stazioni di Sanluri FC ONC e Sanluri CAE

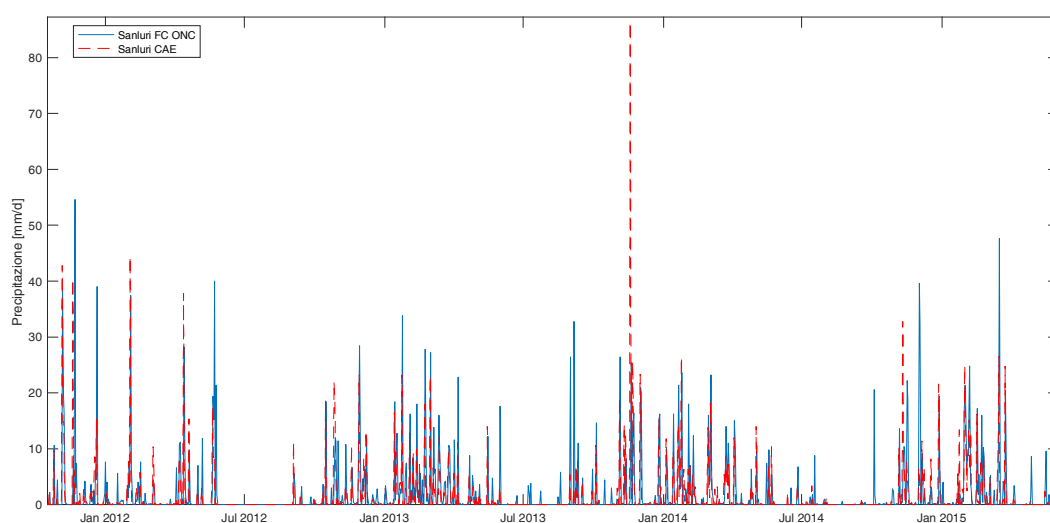


Figura 20 Serie storica di precipitazione giornaliera per le stazioni di Sanluri FC ONC e Sanluri CAE negli ultimi 20 anni



Figura 21 - Inquadramento stazioni di precipitazione

Analisi precipitazioni brevi e intense

Le precipitazioni di breve durata e massima intensità disponibili per l'area di studio sono state registrate dal servizio idrografico nella stazione di Sanluri O.N.C per i periodi 1939-2017 e dalla stazione di Sanluri Strovina per il periodo 2018-2023. Non è stato possibile svolgere un'analisi estesa su tutte le durate brevi superiore alle 0.5 ore a causa della mancanza di dati per il periodo precedente al 2008. I primi 3 casi critici sono stati registrati negli anni 1955, 2013 e 1965, rispettivamente. Nel 1955 e nel 2013 il valore di precipitazione è lo stesso ed è pari a 30.4 mm, mentre nel 1965 sono stati registrati 30 mm. Valori intorno di poco inferiori ai 30 mm sono stati registrati negli anni 1963, 1947 e 1952. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica.

1.3. Strumenti di pianificazione

Di seguito riportiamo le mappe tematiche derivanti dalle informazioni disponibili dalla Regione Sardegna, con le quali si fornisce un quadro generale dei vincoli normativi presenti nell'area interessata.

1.3.1. Vincoli idrogeologici

Le aree oggetto di intervento nonostante le notevoli criticità evidenziate anche nei recenti eventi alluvionali attualmente non risultano ancora mappata né dal Piano stralcio fasce fluviali (PSFF) né dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna.

L'art. 30 ter delle Norme di Attuazione del PAI istituisce e disciplina, per i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale per i quali non sono state determinate le aree di pericolosità idraulica a seguito di modellazione, delle fasce di prima salvaguardia (su entrambi i lati a partire dall'asse del corso d'acqua) definite in funzione dell'ordine gerarchico di Horton-Strahler. Dato l'ordine gerarchico pari a 2 le fasce di prima salvaguardia hanno un'estensione pari a 25 m.

Nell'apposito Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del territorio comunale di Sanluri (aggiornamento 2016) predisposto dal Comune ai sensi dell'art 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI tali aree risultano mappate con pericolosità idraulica Hi4 (Figura 22).

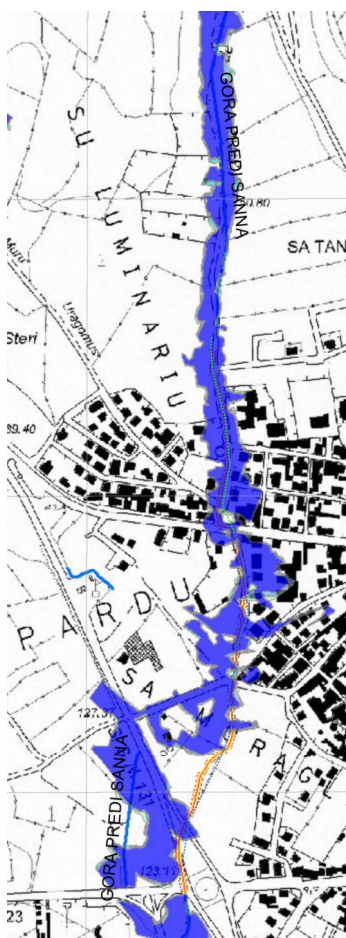


Figura 22 – Planimetria della pericolosità idraulica dello stato attuale (art. 8 comma 2 NTA PAI)

Le condizioni di elevata pericolosità idraulica e rischio idraulico sono confermate anche dalle map-pature realizzate nell'ambito del presente studio che descrivono la situazione prima dell'intervento in progetto e che evidenziano un rischio idraulico massimo per una significativa porzione di territorio edificato.

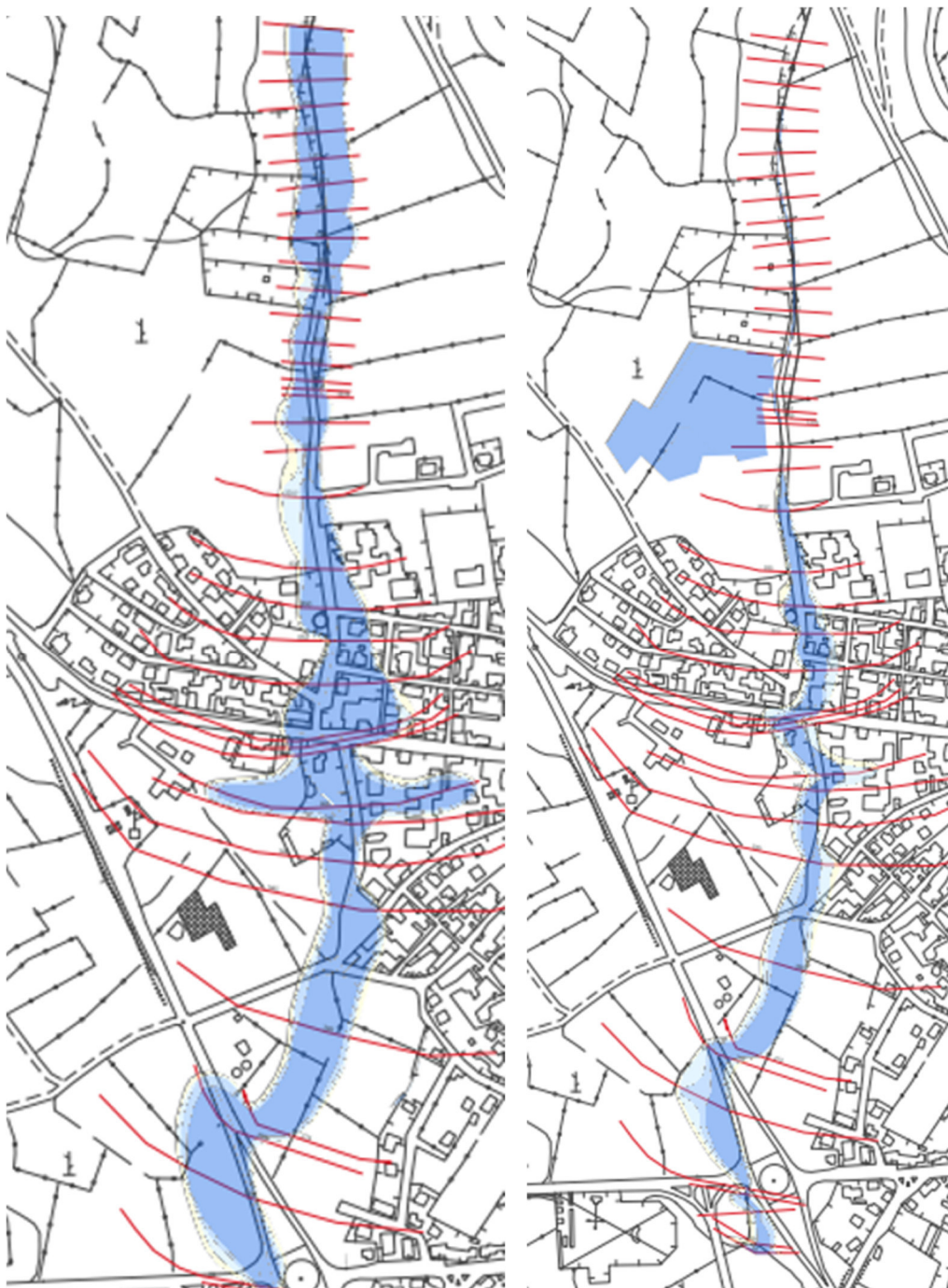


Figura 23: Pericolosità idraulica ante operam aggiornata dallo studio e post operam.

1.3.2. Piano paesaggistico regionale

Il Piano Paesaggistico Regionale è uno strumento che disciplina e promuove la valorizzazione del territorio sardo, attraverso la tutela degli elementi ritenuti fondamentali per lo sviluppo come i caratteri, le tipologie, le forme e gli innumerevoli punti di vista del paesaggio sardo, costituito dalle interazioni della naturalità, della storia e della cultura delle popolazioni locali.

1.3.2.1. Beni paesaggistici e componenti paesaggio ambientale

Gli unici vincoli relativi all'articolo 143 del D.Lgs 42/2004, rappresentati in Figura 24, sono l'alveo inciso del Riu Tramamma. Per quanto riguarda le componenti del paesaggio ambientale le opere in progetto ricadono all'interno della categoria "Colture erbacee specializzate".



Figura 24 - Aree tutelate dall'art. 143 D.Lgs n. 42/2004 (alveo inciso) e componente paesaggio ambientale dell'area di intervento.

1.3.2.2. Componente insediativa

L'assetto insediativo rappresenta l'insieme degli elementi risultanti dai processi di organizzazione del territorio, funzionali all'insediamento degli uomini e delle attività. Le aree di interesse non ricadono in prossimità di componenti insediative. L'area di intervento costeggia "Centri di espansione recente" (Figura 25)

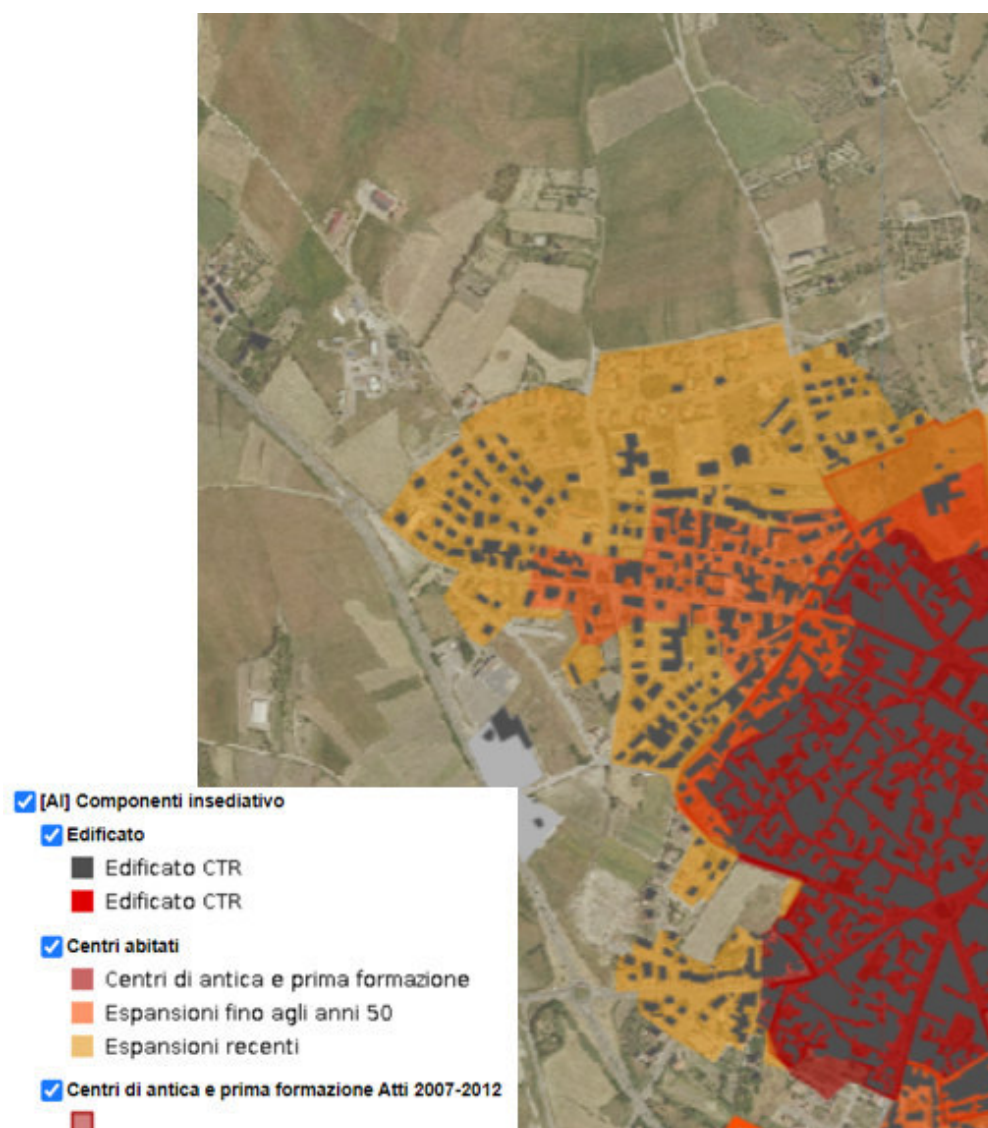


Figura 25 - Componente insediativa

1.3.3. Vincoli urbanistici

Lo strumento urbanistico vigente è il PUC. Il Piano Urbanistico del Comune di Sanluri è stato approvato definitivamente con Delibera del Consiglio Comunale n. 77 del 29/09/2000 ed entrato in vigore a seguito della pubblicazione sul BURAS al Bollettino n. 14 del 27/04/2001. Secondo il PUC l'intervento ricade prevalentemente in zona E – Agricola, interessando tuttavia nel tratto in prossimità della via Giovanni XXIII anche alcune zone C: "Espansione residenziale".

In particolare

- la sottozona E2 - Attività agricola di primaria importanza: aree di primaria importanza per la funzione agricola produttiva, anche in relazione all'estensione, composizione e localizzazione dei terreni (buona suscettività all'uso agricolo);
- la sottozona C4 - Nuova espansione periferia Nord.

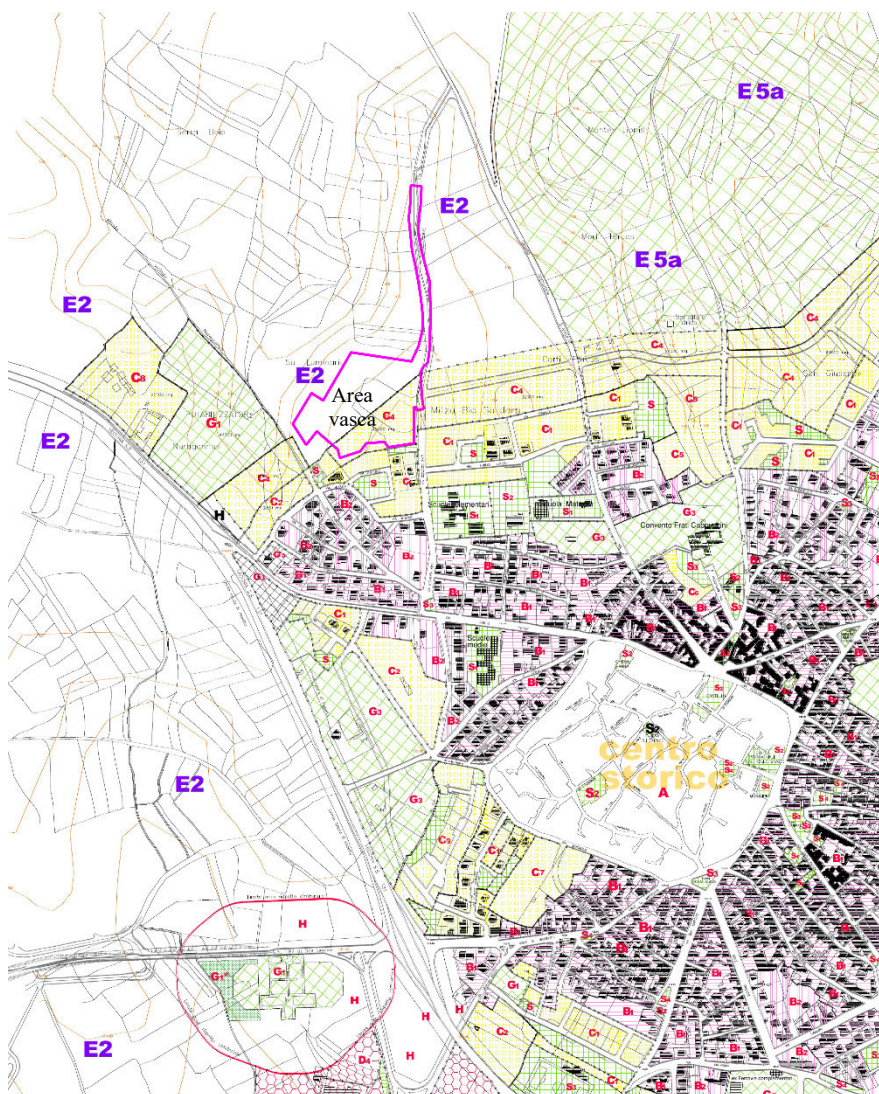


Figura 26 - PUC vigente Comune di Sanluri

1.4. Descrizione delle opere in progetto

La soluzione progettuale proposta (Figura 27) prevede la realizzazione di una vasca di laminazione in derivazione, che consente di accumulare le portate di piena del Rio Tramamma, non smaltibili dal canale tombato esistente, e restituirle solamente quando questo sia in grado di recepirle. Inoltre, l'intervento prevede la risagomatura della sezione utile al deflusso del rio Tramamma per tutto il tratto compreso fra la sezione 810 e la sezione 330 in corrispondenza dell'ingresso al canale tombato.

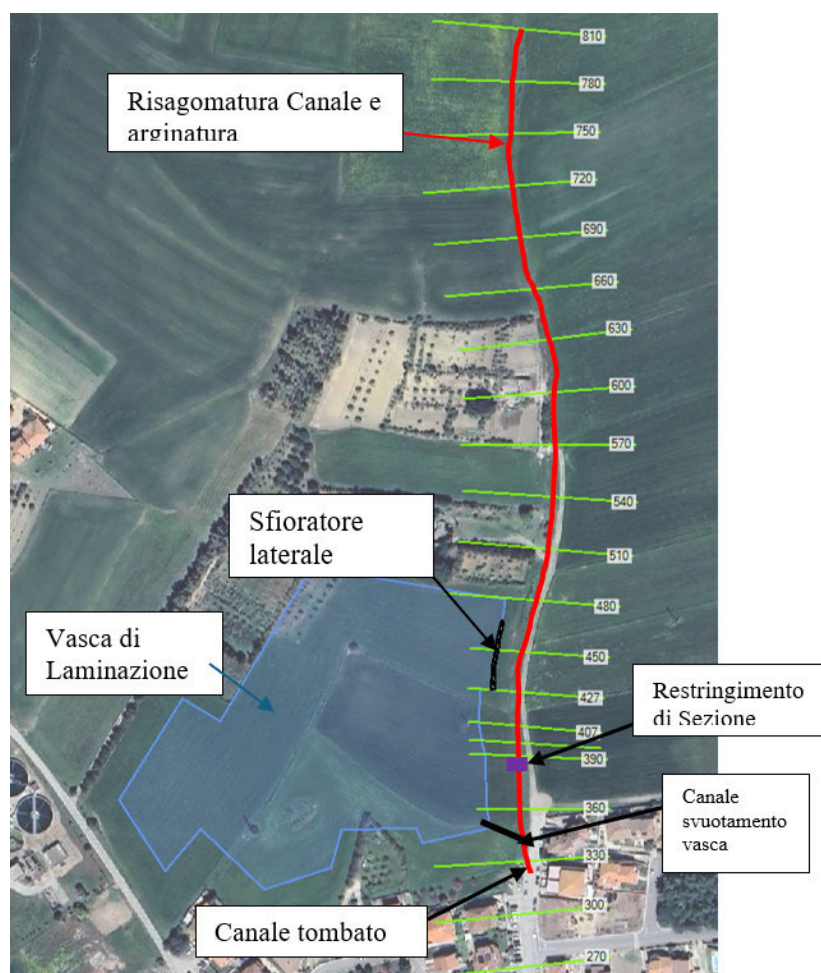


Figura 27 - Planimetria degli interventi di progetto.

Le aree interessate dalla realizzazione della vasca corrispondono ad alcuni terreni agricoli situati a est rispetto al prolungamento sterrato della Via Giovanni XXIII, nei pressi della località "Su Luminariu". Il canale interessato dalla sistemazione e dalla risagomatura (lunghezza totale di circa 500 metri) si trova tra i terreni nei quali verrà realizzata la vasca e la strada sterrata (tratto 330-810).

Il canale progettato garantirà il rispetto del franco idraulico per una portata con tempo di ritorno pari a 200 anni (circa 37 mc/s). La vasca di laminazione sarà realizzata mediante scavo, con una profondità media di 7.5 m e sarà in grado di accumulare un volume pari a 92'700 mc. Le profondità massime saranno raggiunte nel lato nord mentre quelle minime nel lato sud, nella parte più vicina al centro abitato.

La derivazione delle portate all'interno della vasca è ottenuta tramite uno sfioratore laterale in calce-

struzzo che sarà realizzato in sponda destra (Figura 29 e Figura 30). L'entrata in funzione dello sfioratore laterale avverrà in seguito all'innalzamento di livello in corrispondenza del restringimento di sezione che verrà realizzato nella sezione 398. L'opera di restringimento consentirà di innalzare il livello idrico nelle sezioni a monte in modo da poter derivare l'acqua in vasca, consentendo il passaggio verso valle di una portata pari a 1.5 mc/s per la portata avente tempo di ritorno di 200 anni, che è il valore di portata che il canale tombato esistente è in grado di smaltire (senza il rispetto integrale del franco idraulico).

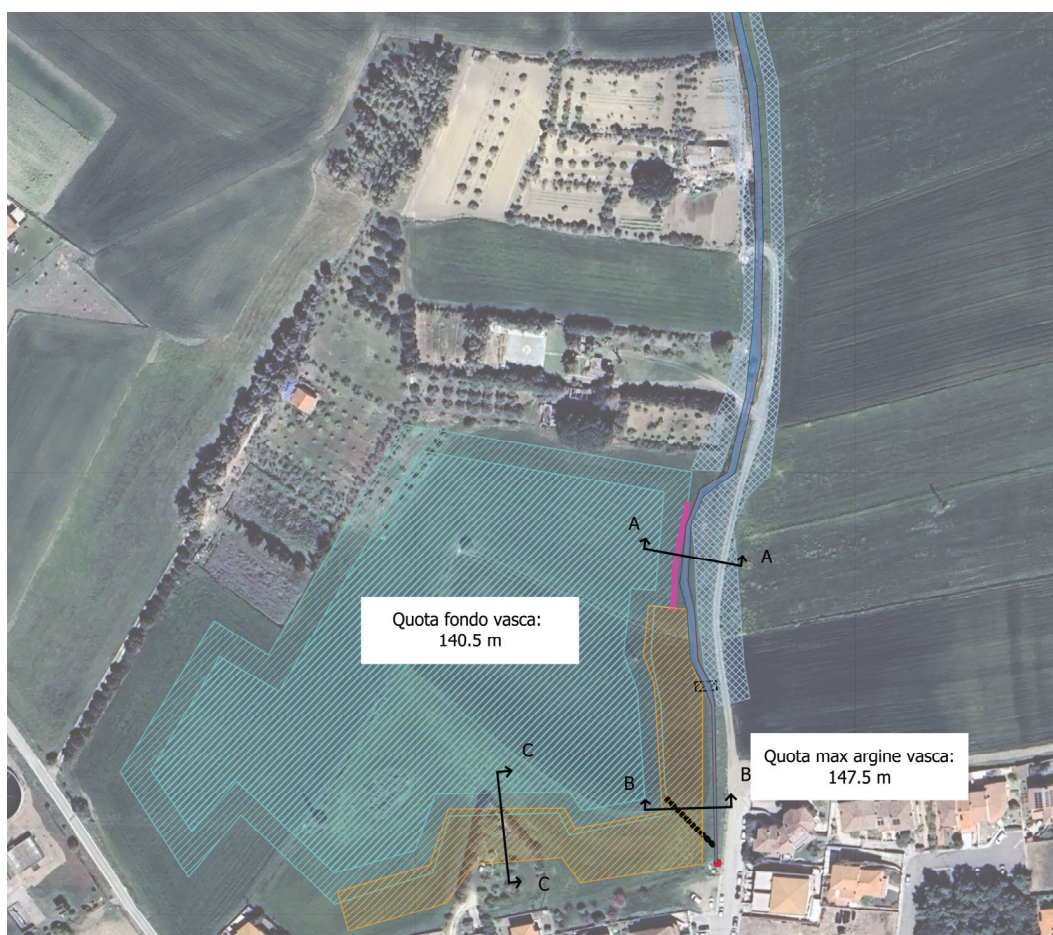


Figura 28 – Planimetria di progetto

L'intervento comporta operazioni di scavo per un volume complessivo di 168.940 m³. Di questi, 12.512 m³ saranno riutilizzati per la formazione delle arginature e delle modellazioni morfologiche, mentre la restante parte, pari a 156.428 m³, sarà destinata a recupero o smaltimento secondo la normativa vigente.

L'intervento comporta l'acquisizione di superfici per circa 24.805 m² in zona agricola (Zona E) e 12.160 m² in zona di espansione urbana (Zona C), con una stima economica per espropri pari a circa € 470.951,83.

Lo svuotamento della vasca avverrà successivamente all'evento di piena tramite uno scarico di fondo con valvola a clapet che entrerà in funzione solo al termine del deflusso della portata di piena lungo il canale. L'invaso avrà comunque carattere temporaneo e risulterà normalmente asciutto, configurandosi come superficie inerbita coerente con il contesto rurale circostante.

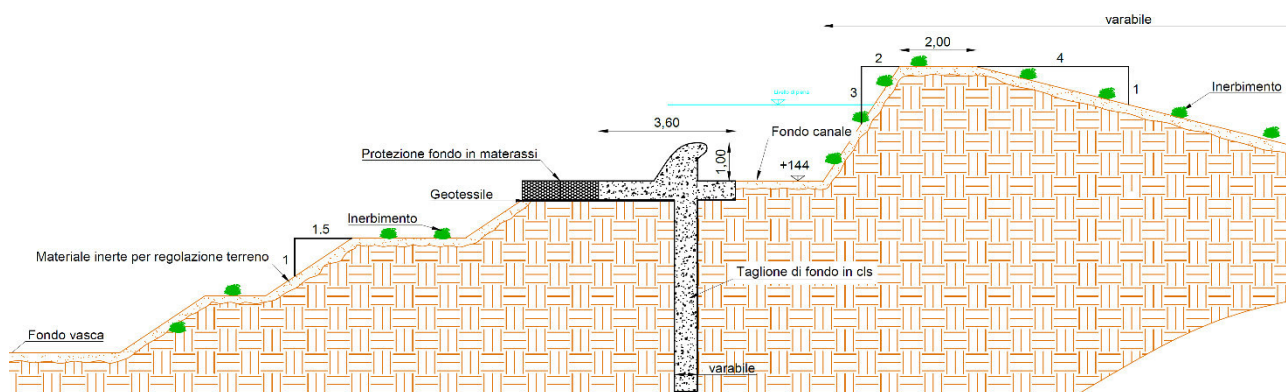


Figura 29 – Sezione AA: opera di presa

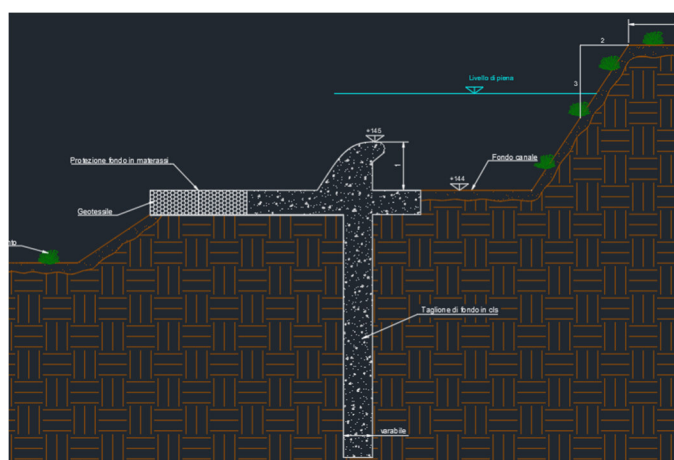


Figura 30 Particolare dello sfioratore laterale.

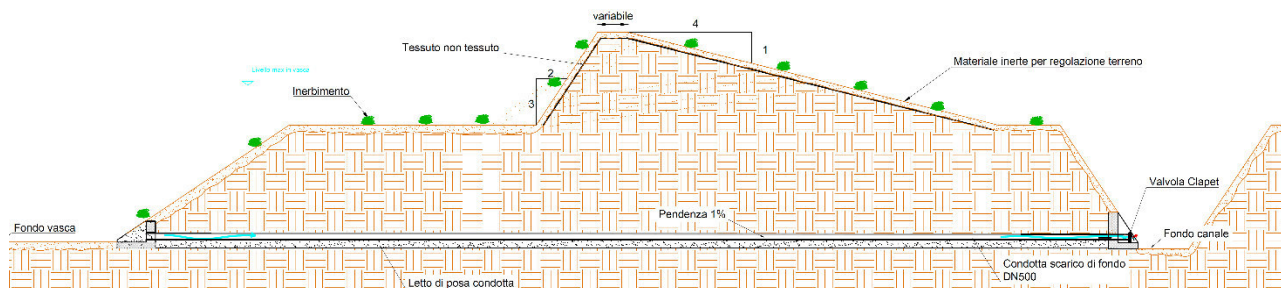


Figura 31 – Sezione BB: organo di scarico vasca

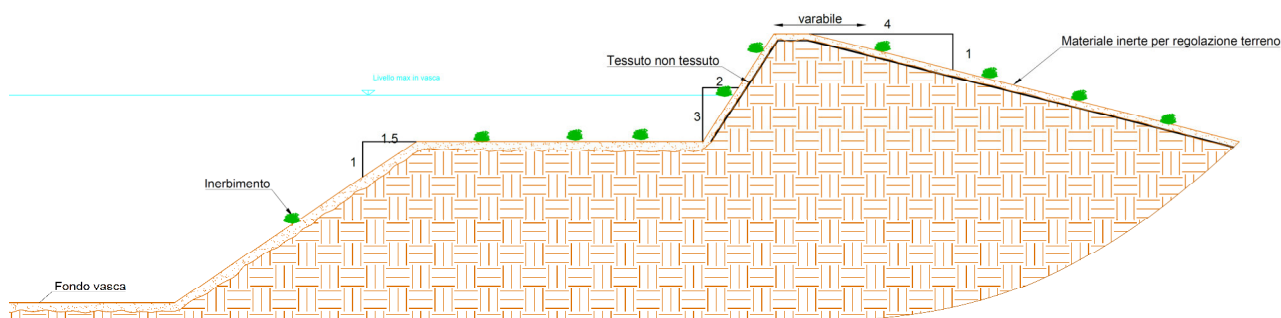


Figura 32 – Sezione tipo arginatura (sezione CC).

Si rimarca che questa soluzione progettuale non prevede la risagomatura del canale tombato esistente in questo stralcio progettuale più urgente, ma è necessario pianificare anche un intervento che permetta la risagomatura anche se modesta del canale tombato con una sezione rettangolare il più possibile aperta, in quanto la sua attuale sezione circolare di diametro Ø 1000 risulta problematica per la sua manutenzione e gestione (ispezione e pulizia).

1.4.1. Rocce e terre da scavo

Considerato che l'intervento in progetto comporta la movimentazione di ingenti quantitativi di terre e rocce da scavo e che tale attività rappresenta uno degli aspetti di maggiore criticità sotto il profilo ambientale, è stato predisposto il Piano di Gestione delle Terre e Rocce da Scavo, redatto ai sensi del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120, con l'obiettivo di definire il bilancio preliminare delle quantità e delle caratteristiche qualitative dei materiali prodotti, i relativi flussi di movimentazione e le modalità della loro gestione.

Il Piano è finalizzato a garantire il massimo recupero delle terre e rocce da scavo che, a seguito delle verifiche previste dalla normativa vigente, risulteranno idonee sotto il profilo ambientale e tecnico, perseguendo gli obiettivi di riduzione della produzione di rifiuti, contenimento del consumo di risorse naturali e minimizzazione del ricorso a materiali provenienti da cave di prestito, in coerenza con i principi dell'economia circolare e dell'uso sostenibile delle risorse.

Le terre e rocce derivanti dagli scavi saranno riutilizzate prioritariamente all'interno del cantiere per la realizzazione delle opere previste dal progetto, quali arginature, rilevati, rinterri e rimodellamenti morfologici, compatibilmente con le caratteristiche geotecniche e ambientali dei materiali e con le esigenze costruttive dell'opera.

I quantitativi eccedenti rispetto al fabbisogno del cantiere saranno integralmente destinati ad interventi di recupero ambientale e riqualificazione morfologica di aree degradate, con particolare riferimento a siti interessati da pregresse attività estrattive (ex cave) e ad altre aree individuate dagli strumenti di pianificazione territoriale e paesaggistica come suscettibili di recupero. Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo consentirà la ricomposizione morfologica dei siti, il miglioramento del loro inserimento paesaggistico e il recupero della funzionalità ambientale delle aree interessate, evitando al contempo il conferimento dei materiali presso impianti di gestione rifiuti e riducendo il prelievo di nuove risorse naturali.

La gestione delle terre e rocce da scavo sarà attuata nel pieno rispetto della normativa vigente, assicurando la tracciabilità dei materiali, la verifica della loro conformità ai requisiti ambientali e il corretto utilizzo nei siti di destinazione. L'approccio adottato costituisce un elemento qualificante del progetto, in quanto consente di trasformare un potenziale impatto ambientale, rappresentato dagli elevati volumi di scavo, in un'opportunità di recupero e riqualificazione del territorio, contribuendo concretamente alla riduzione degli impatti complessivi dell'intervento e al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale.

Tabella 3 – Bilancio dei volumi di terre e rocce da scavo.

Materiale	Scavi (mc)	Riutilizzo per arginature (mc)	Recupero (mc)
Terre e Rocce	168'940	12'512	156'428

Recentemente, aprile 2026, è stata eseguita una campagna di caratterizzazione ambientale e

geognostica che ha previsto il campionamento dei terreni che saranno movimentati durante le fasi esecutive di realizzazione dell'opera.



Figura 33 – Planimetria generale con l'ubicazione delle indagini.

Sono stati prelevati campioni di terre medio composti da sottoporre a prove di laboratorio chimiche, per verificare il non superamento delle concentrazioni del set analitico minimale come da Tabella 4.1 dell'Allegato 4 del DPR 120/2017.

I risultati **non hanno evidenziato** superamenti delle Concentrazioni Soglie di Contaminazione previste nell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/06, e s.m.i. Parte IV, Tabella 1; conseguentemente il materiale di scavo proveniente da questi siti non prevede alcuna limitazione e potrà essere riutilizzato, in situ o come sottoprodotto, o anche gestito come rifiuto con codice CER 17.05.04 secondo quanto indicato nella normativa sopra richiamata.

Ai fini di un potenziale riutilizzo fuori dal sito di produzione sono state eseguite anche le analisi granulometriche di dettaglio sui campioni di terreno prelevati dai sondaggi S1 e S2; esse hanno evidenziato un fuso granulometrico a prevalente componente fine, in cui la frazione passante al setaccio 0,063 mm risulta compresa tra il 39% e il 48% circa. Sulla base delle attuali conoscenze tali terreni possono essere classificati preliminarmente come “terre argillose e limo – argillose” (gruppi A6 e A7-6 secondo la classificazione UNI EN 11531 – 1), con indici di plasticità elevati (IP pari a 20

e 32 rispettivamente) e limiti liquidi compresi tra 39% e 59%, indicativi di una matrice fine di natura coesiva non trascurabile.

Per i risultati analitici delle indagini geognostiche e ambientali si rimanda agli allegati e ai rapporti di prova riportati negli Allegati 8 e 9 dell'elaborato *Relazione geognostica* del PFTE.

Per i materiali di scavo non reimpiegati in cantiere sono state ipotizzate la possibilità di conferire i materiali in alcune aree limitrofe agli interventi stessi (entro un raggio di 20 km).

Le terre e rocce da scavo idonee, classificate come sottoprodotto, saranno riutilizzate prioritariamente all'interno del cantiere per la realizzazione delle arginature; i quantitativi eccedenti saranno invece destinati al recupero ambientale di cave da bonificare nei siti indicati in Figura 36. I siti individuati sono censiti come aree di recupero ambientale dal PPR, così come indicato nelle immagini seguenti tratte dal sito www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnaSIT/pc/index.jsp?mapName=PPR2006.

N° Cava	Comune	Distanza dall'area di intervento (km)
1	Sanluri	3.4
2	Guasila	10.8
3	Serrenti	12.8
4	Serrenti	16.3
5	Serrenti	20.2

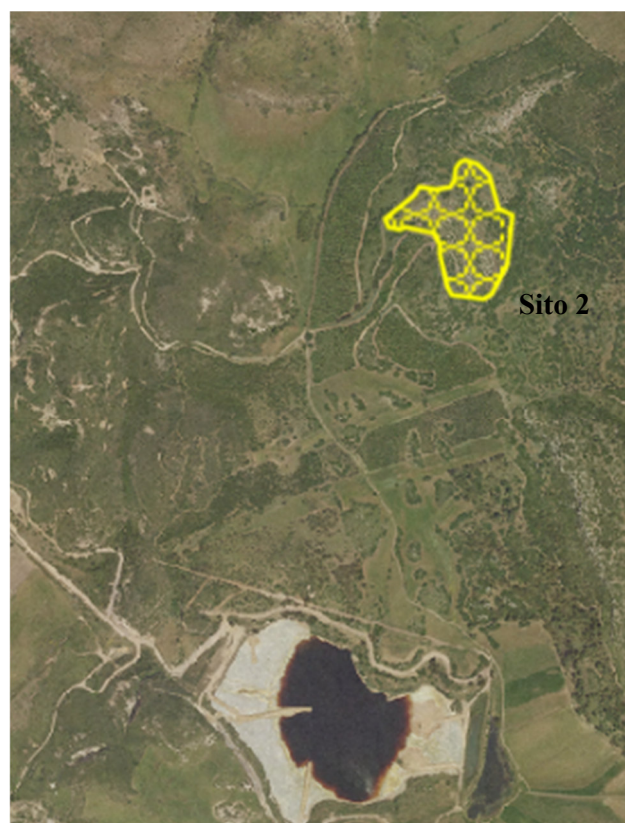


Figura 34 - – Aree di recupero ambientale individuate dal PPR Sardegna



Figura 35 – Aree di recupero ambientale individuate dal PPR Sardegna



Figura 36. Percorsi di trasporto dal sito di progetto alle aree di conferimento

Habitat Ingegneria Srl Geol. Fabio Cau Archeol. Ilaria Garbi	Interventi di sistemazione idraulica del canale tombato Rio Tramamma	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica
--	---	---

Tabella 4 - Cave dismesse identificate: superfici, distanze e volumi stimati

N° Cava	Comune	Superficie (mq)	Distanza (km)	Altezza media cu- muli (m)	Stima materiale per ripristino am- bientale (mc)
1	Sanluri	14189.2	3.5	2.00	28378.4
2	Guasila	37963.1	12	0.20	7592.62
3	Serrenti	14454.3	12.8	0.50	7227.15
4	Serrenti	43570.7	16.3	1.00	43570.7
5	Serrenti	20900.4	20.2	3.40	71061.36
Totale					157830.2

1.5. Indagini di caratterizzazione ambientale

Sono stati prelevati campioni di terre medio composti da sottoporre a prove di laboratorio chimiche, per verificare il non superamento delle concentrazioni del set analitico minimale come da Tabella 4.1 dell'Allegato 4 del DPR 120/2017.

I risultati **non hanno evidenziato** superamenti delle Concentrazioni Soglie di Contaminazione previste nell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/06, e s.m.i. Parte IV, Tabella 1; conseguentemente il materiale di scavo proveniente da questi siti non prevede alcuna limitazione e potrà essere riutilizzato, in situ o come sottoprodotto, o anche gestito come rifiuto con codice CER 17.05.04 secondo quanto indicato nella normativa sopra richiamata.

Ai fini di un potenziale riutilizzo fuori dal sito di produzione sono state eseguite anche le analisi granulometriche di dettaglio sui campioni di terreno prelevati dai sondaggi S1 e S2; esse hanno evidenziato un fuso granulometrico a prevalente componente fine, in cui la frazione passante al setaccio 0,063 mm risulta compresa tra il 39% e il 48% circa. Sulla base delle attuali conoscenze tali terreni possono essere classificati preliminarmente come “terre argillose e limo – argillose” (gruppi A6 e A7-6 secondo la classificazione UNI EN 11531 – 1), con indici di plasticità elevati (IP pari a 20 e 32 rispettivamente) e limiti liquidi compresi tra 39% e 59%, indicativi di una matrice fine di natura coesiva non trascurabile.

Per i risultati analitici delle indagini geognostiche e ambientali si rimanda agli allegati e ai rapporti di prova riportati negli Allegati 8 e 9 dell'elaborato *Relazione geognostica* del PFTE.

2. Alternative progettuali

L'obiettivo generale del progetto è quello di eliminare la condizione di rischio idraulico cui è soggetta attualmente la zona nord ovest dell'abitato a causa dell'insufficienza idraulica del canale tombato esistente che non è in grado di garantire il deflusso in sicurezza della portata di progetto con Tempo di ritorno di 200 anni. Seguendo tale obiettivo, sono state prese in considerazione e analizzate 5 alternative progettuali.

2.1. Opzione zero

Per "opzione zero" si intende la mancata esecuzione dell'intervento di sistemazione idraulica. Questo comporta una situazione di inadeguatezza delle capacità idrauliche con conseguente esposizione al rischio di inondazione per le aree circostanti al corso d'acqua compresi gli insediamenti residenziali e le infrastrutture esistenti.

Alla luce dei cambiamenti climatici in corso che portano ad alterazioni nei fenomeni meteorologici globali, causando eventi sempre più estremi, l'ipotesi di non effettuare i lavori significherebbe peggiorare il rischio idraulico attualmente elevato in una zona che ha già subito ingenti danni.

Un esempio dei danni causati dall'"opzione zero" possono essere considerati gli eventi alluvionali del 2008, 2013 e 2018 che hanno causato ingenti danni. L'impatto negativo più rilevante di questa opzione si avrebbe sicuramente sull'incolumità delle persone e dei beni immobili situati nelle zone limitrofe, in quanto non effettuare alcun intervento va a sfavore della sicurezza.

L'ipotesi della non realizzazione degli interventi non comporta alcuna perturbazione sulle componenti ambientali Atmosfera, Geologia, Vegetazione, Fauna e Paesaggio, di contro ha un impatto negativo sulla componente del settore socio-economico, in quanto il rischio idraulico non diminuisce, anzi aumenta col passare degli anni, aumentando il rischio della perdita di vite umane.

2.2. Alternativa 1

La prima alternativa prevede l'eliminazione del canale tombato attuale e la realizzazione di un nuovo canale a cielo aperto che segue lo stesso tracciato di quello esistente. Il canale è realizzato con una sezione rettangolare in cemento armato di larghezza 4 m e profondità variabile 2-4 m e nei tratti fuori dal centro abitato con sezione trapezia in terra.

Il costo dell'Alternativa 1 è stimato in circa 3'450'000,00 €.

Questa alternativa presenta le seguenti criticità:

- il canale che attraversa la via Giovanni XXIII e la via Marica incontra nel suo tragitto numerose interferenze con sottoservizi, strade, accessi alle abitazioni e attività commerciali ed edifici pubblici, rendendo particolarmente complicata la realizzazione dell'intervento;
- dovrà essere prevalentemente a sezione aperta, ad esclusione dei tratti in corrispondenza degli attraversamenti stradali e dell'accesso alle proprietà, riducendo così gli spazi disponibili lungo queste vie (parcheggi, strade, etc.);
- la risagomatura del canale permette di evitare l'esondazione del fiume nel tratto interessato ma trasla il rischio idraulico a valle, in quanto l'effetto di laminazione che attualmente viene

esercitato dal canale tombato e che determina l'erosione nel centro abitato viene a mancare e quindi la piena si propaga con maggiore velocità e intensità nel tratto vallivo.

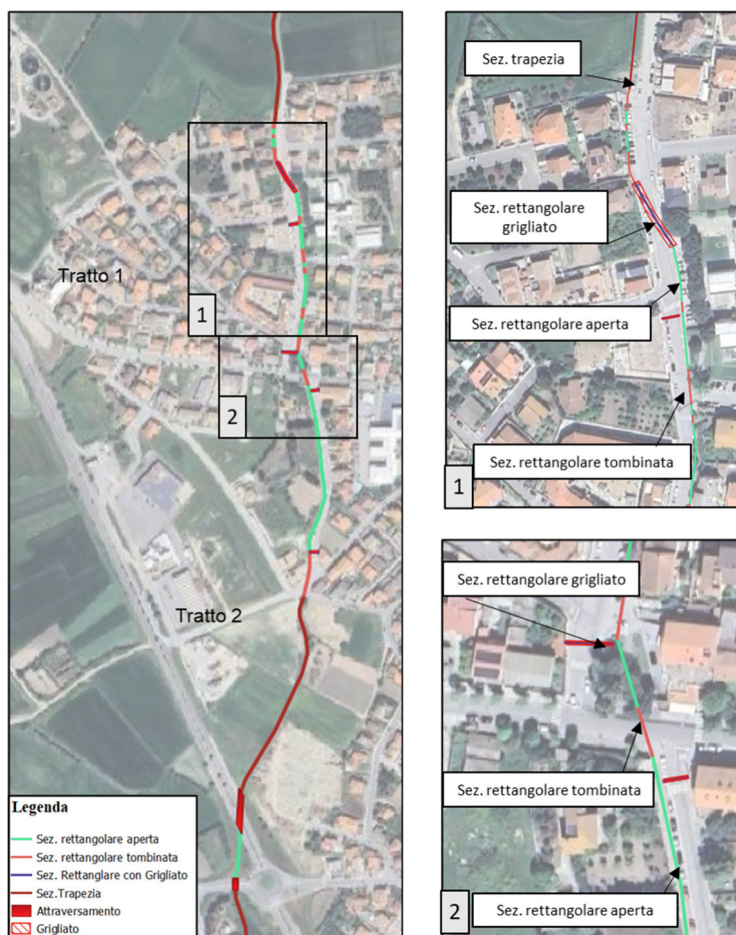


Figura 37 – Planimetria Alternativa 1

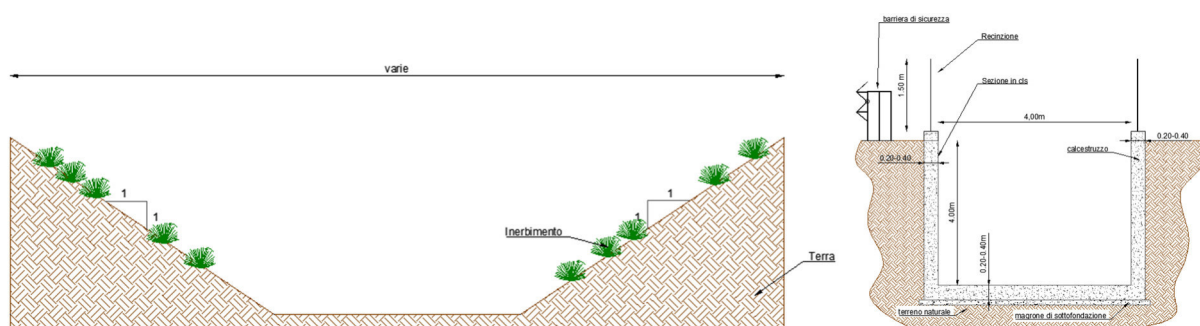


Figura 38 - Sezioni tipo canale – Alternativa 1

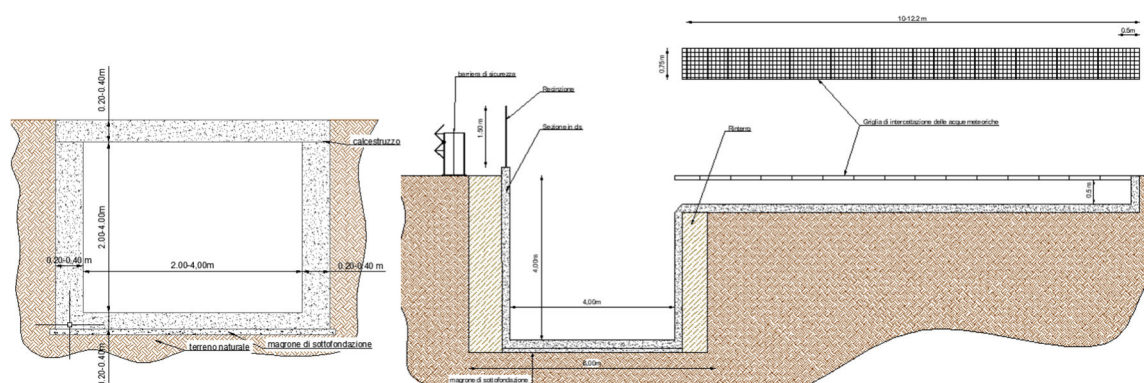


Figura 39 – Sezioni tipo canale – Alternativa 1

Questa alternativa presenta le seguenti criticità:

- il canale che attraversa la via Giovanni XXIII e la via Marica incontra nel suo tragitto numerose interferenze con sottoservizi, strade, accessi alle abitazioni e attività commerciali e edifici pubblici, rendendo particolarmente complicata la realizzazione dell'intervento;
- dovrà essere prevalentemente a sezione aperta, ad esclusione dei tratti in corrispondenza degli attraversamenti stradali e dell'accesso alle proprietà, riducendo così gli spazi disponibili lungo queste vie (parcheggi, strade, etc.);
- la risagomatura del canale permette di evitare l'esondazione del fiume nel tratto interessato ma trasla il rischio idraulico a valle, in quanto l'effetto di laminazione che attualmente viene esercitato dal canale tombato e che determina l'esondazione nel centro abitato viene a mancare e quindi la piena si propaga con maggiore velocità e intensità nel tratto vallivo.

2.3. Alternativa 2

L'alternativa 2 prevede la realizzazione di un canale deviatore che intercetta le acque provenienti dal bacino di monte facendole confluire verso valle. Il nuovo canale deviatore non attraverserà più il centro abitato ma seguirà un nuovo percorso esterno. Questa soluzione consente di evitare le problematiche legate alle numerose interferenze incontrate nell'Alternativa 1, ma necessita della realizzazione di una galleria in profondità per superare il dislivello altimetrico presente tra la via Giovanni XXIII e via Donizetti. Questa soluzione progettuale non prevede la risagomatura del canale tombato esistente.

Il costo dell'Alternativa 2 è stimato in circa 7'700'000,00 €.

Sebbene questa alternativa consenta di risolvere alcune delle criticità dell'alternativa A1, ne presenta delle nuove, quali:

- la necessità di realizzare una galleria in profondità con costi considerevoli;
- la permanenza di un elevato rischio residuo dovuta alla modifica del percorso naturale del fiume;
- Il costo elevato.
- Viene inoltre confermata la criticità relativa al traslare il rischio idraulico a valle.

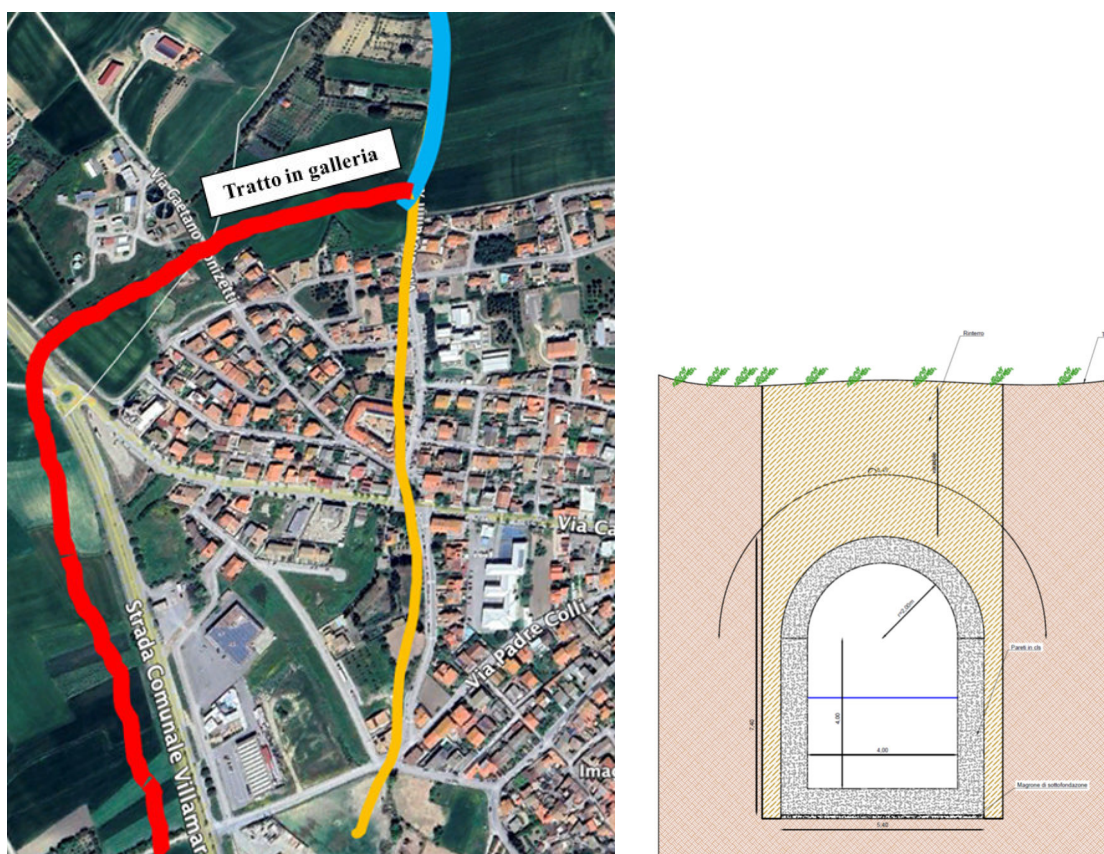


Figura 40 - Planimetria Alternativa 2 (in rosso il percorso del nuovo canale, in giallo il canale tombato esistente) e sezione tipo del tratto in galleria.

2.4. Alternativa 3

L'alternativa 3 prevede la realizzazione di una vasca di derivazione a monte del centro abitato. La vasca permetterà la raccolta e la laminazione della portata di piena in arrivo da monte durante gli eventi di precipitazione intensa e di rilasciarla a valle nel canale tombato esistente in un successivo momento, in quantità e tempi che siano compatibili con il canale tombato esistente. Tale alternativa elimina tutte le criticità delle alternative 1 e 2, ma richiede però che circa 3 ettari di terreno agricolo e di futuro espansione urbanistica vengano espropriati e destinati alla realizzazione della vasca.

Il costo dell'Alternativa 3 è stimato in circa 3'350'000,00 €.

La realizzazione della vasca di laminazione consente inoltre di evitare di traslare il rischio idraulico a valle rispetto alle due precedenti alternative, migliorando quindi le condizioni di propagazione della piena non solo nel tratto interessato dall'intervento ma nel bacino nel suo insieme. Tale soluzione risulta quindi ottimale anche nell'ottica di pianificazione integrata di bacino e di compatibilità ambientale e del regime fluviale. Si noti anche che vengono destinati terreni attualmente con destinazione urbanistica "Nuova espansione periferia Nord" per la realizzazione della vasca di laminazione, e quindi si riconvertono questi terreni alla loro naturale destinazione, quella della regimazione fluviale.

Si noti che questa soluzione progettuale non prevede la risagomatura del canale tombato esistente in tale stralcio progettuale più urgente, ma è necessario pianificare in tempi successivi anche un intervento che permetta la risagomatura anche se modesta del canale tombato con una sezione rettangolare

il più possibile aperta, in quanto la sua attuale sezione circolare di diametro Ø 1000 risulta problematica per la sua manutenzione e gestione (ispezione e pulizia).



Figura 41 – Planimetria schematica dell'Alternativa 3 (vasca di derivazione)

2.5. Alternativa 4

L'alternativa 4 è una variazione dell'alternativa 3 e prevede la realizzazione di una vasca di laminazione in linea invece che in derivazione sempre a monte del centro abitato. Come per l'Alternativa 3 la vasca sarà in grado di accumulare al suo interno la portata di piena in arrivo da monte durante gli eventi di precipitazione intensa e di rilasciarla a valle laminata. Per la sua realizzazione l'Alternativa 4 richiede l'occupazione di circa 2.5 ettari di terreni agricoli.

Tale soluzione, richiede una produzione maggiore di volumi di scavo rispetto all'Alternativa 3 in seguito all'andamento altimetrico dei terreni presenti in sinistra idraulica e richiede la realizzazione di arginature di altezza maggiore determinando quindi un maggiore impatto paesaggistico dell'opera.

Tale soluzione mantiene quindi gli aspetti positivi della Alternativa 3 e quindi anche di evitare di traslare il rischio idraulico a valle grazie alla sua funzione di laminazione della piena, ma confrontata con l'alternativa 3 presenta un maggiore impatto paesaggistico perché lo sbarramento alto 4.5 m si localizza proprio a monte dell'inizio del centro abitato determinando una modifica della vista prospettica e del paesaggio dalla via Giovanni XXIII proprio all'imbocco del canale tombato.

Il costo dell'Alternativa 4 è stimato in circa 3'350'000,00 €.



Figura 42 - Planimetria schematica dell'Alternativa 4 (vasca di laminazione in linea).



Figura 43 – Simulazioni delle viste da via Giovanni XXIII dell'argine della vasca di laminazione in linea (Alternativa 4)



Figura 44 – Simulazioni delle viste da via Giovanni XXIII dell'argine della vasca di laminazione in linea (Alternativa 4)

2.6. Alternativa 5

L'alternativa 5 prevede la realizzazione di 2 vasche di accumulo, una vasca di laminazione in linea posizionata più a monte e una vasca di derivazione collocata poco prima dell'inizio del centro abitato, nella stessa posizione della vasca prevista nell'alternativa 3, ma di dimensioni più ridotte. Tale soluzione, pensata per ridurre le dimensioni della vasca in prossimità delle abitazioni e quindi limitare l'impatto dell'opera in prossimità del centro abitato, oltre a richiedere l'occupazione di 2 differenti aree, per via dell'orografia del terreno richiede una superficie totale di circa 5.3 ettari. Inoltre, come ben noto, l'efficienza delle vasche in linea è ridotta rispetto a quella di una singola vasca.

Il costo dell'Alternativa 5 è stimato in circa 5'060'000,00 €, e quindi chiaramente superiore alla Alternativa 3.



Figura 45 - Planimetria schematica dell'Alternativa 5 (vasca in linea + vasca di derivazione).

2.7. Scelta progettuale

A seguito dell'analisi comparativa delle alternative progettuali, la soluzione prescelta è l'**Alternativa 3**, in quanto rappresenta il miglior compromesso sotto il profilo tecnico, ambientale, paesaggistico ed economico.

Rispetto all'Alternativa 1, essa consente di superare le criticità connesse alle numerose interferenze con sottoservizi, infrastrutture, attività commerciali, edifici residenziali e altre opere esistenti. Analogamente, rispetto all'Alternativa 2, evita le problematiche legate alla realizzazione della galleria e alla deviazione del corso d'acqua esistente, interventi che comporterebbero il permanere di un elevato rischio idraulico residuo.

La realizzazione della vasca di laminazione permette inoltre di evitare che il rischio idraulico venga traslato verso valle, come nel caso delle Alternative 1 e 2, determinando un miglioramento delle condizioni di propagazione della piena non solo nel tratto interessato dall'intervento, ma nell'intero bacino idrografico. La soluzione risulta pertanto coerente con i principi della pianificazione integrata di bacino e della gestione sostenibile del rischio di alluvione.

Anche nel confronto con le Alternative 4 e 5, l'Alternativa 3 presenta i maggiori vantaggi, in quanto determina un minore impatto paesaggistico e garantisce una maggiore efficacia idraulica. Il contesto di intervento è costituito da un'area agricola posta a ridosso della periferia nord del centro abitato; la vasca di laminazione, essendo un'opera prevalentemente in terra e suscettibile di rapido rinverdimento mediante interventi di inerbimento, consente un efficace inserimento paesaggistico. Si prevede pertanto che gli impatti sul contesto ambientale e paesaggistico siano contenuti.

Anche sotto il profilo economico, l'Alternativa 3 risulta la soluzione maggiormente conveniente.

L'intervento prevede la produzione di materiali derivanti principalmente dagli scavi necessari alla realizzazione della vasca di laminazione e, in misura minore, dalle opere di risagomatura dell'alveo del rio Tramamma nel tratto a monte dell'imbocco dell'attuale canale tombato. Tutte le attività saranno condotte secondo i principi della gestione sostenibile delle terre e rocce da scavo, privilegiandone il riutilizzo e minimizzando il conferimento in discarica. In particolare, le terre e rocce da scavo idonee saranno riutilizzate prioritariamente all'interno del cantiere per la realizzazione delle arginature; i quantitativi eccedenti saranno invece destinati al recupero ambientale di cave da bonificare.

3. Analisi costi - benefici

Il Comune di Sanluri come anticipato precedentemente è stato interessato da recenti eventi alluvionali di eccezionale intensità che hanno causato numerosi allagamenti di strade, case, cortili e seminterrati causando ingenti danni di beni, attività ed infrastrutture. Gli effetti di tali eventi sono stati accentuati dalla forte antropizzazione dei luoghi e dal conseguente cambiamento d'uso dei suoli che hanno mutato l'assetto originario del corso d'acqua e le proprietà idrologiche del terreno.

Il giudizio di convenienza sociale delle opere è fondato sulla considerazione degli effetti diretti generati sul territorio da opere di messa in sicurezza idraulica che in questo caso oltre al miglioramento delle dinamiche di smaltimento delle portate di piena lungo il corso d'acqua, determinano degli effetti positivi sulle infrastrutture stradali.

L'Analisi Costi Benefici (ACB) sarà sviluppata come un'analisi comparativa tra i costi per la realizzazione delle opere e il beneficio visto principalmente come danno evitato in conseguenza della realizzazione delle opere ed alla riduzione delle aree di esondazione.

L'obiettivo dell'intervento in progetto è quello della mitigazione del rischio idraulico nel bacino del Rio Tramamma. L'analisi idraulica preliminare dello stato attuale ha confermato l'insufficienza idraulica delle sezioni del Rio Tramamma, attualmente di dimensioni insufficienti a garantire lo smaltimento della portata di piena di progetto con tempo di ritorno di 200 anni.

Un'analisi costi-benefici (ACB) adeguata permette di fare la scelta più corretta sul tipo di progetto da realizzare in quanto mette in relazione i benefici e i costi da essa derivanti. La differenza tra queste due quantità deve essere positiva per poter evidenziare i vantaggi derivanti dalla realizzazione della stessa opera. Uno dei limiti principali di questo strumento è appunto la difficoltà e l'incapacità effettiva di poter misurare in termini monetari tutti gli effetti, positivi e negativi, dovuti all'impatto di un'opera; inoltre, questo tipo di analisi deve inevitabilmente scontrarsi con problemi, non solo legati all'incertezza delle stime e delle previsioni, ma anche di natura etico, sociale e politica.

Obiettivo dell'intervento è, come detto in precedenza, la messa in sicurezza idraulica del territorio. In questo contesto l'analisi costi benefici è stata sviluppata comparando i costi necessari per la realizzazione delle opere col beneficio, inteso come riduzione del danno atteso in seguito a fenomeni di precipitazione intensa, ottenuto grazie alla loro realizzazione. Pertanto, per la valutazione dei benefici, intesi come riduzione dei danni, occorre confrontare le aree di allagamento ante operam e post operam, e calcolare il mancato danno associando a ciascun valore della portata di piena, ovvero delle aree inondate, la corrispondente entità del danno conseguente.

Per poter eseguire una stima più accurata della riduzione del danno, le parti del territorio interessate dalle opere e soggette ad allagamento sono state divise in diverse categorie di uso del suolo (zone agricole, zone residenziali e strade/infrastrutture) e ad ognuna di queste categorie è stato associato un valore del danno, espresso in €/mq.

I valori utilizzati sono quelli riportati nel Capitolo 5 della Relazione Sc7.04.04.1 – Scenario di intervento strategico e coordinato del Flumini Mannu del Piano di gestione del rischio di alluvioni del 2016, nella quale è stato stimato il valore medio del danno per metro quadro di superficie danneggiata (Tabella 5). Tali valori sono stati aggiornati al 2026 e i valori considerati nell'ACB sono riportati nella Tabella 6.

Tabella 5 – Valori del danno per metro quadrato di superficie danneggiata.

Tabella 5.4 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo

	DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL	COSTO (€/m ²)
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

Tabella 6 – Valori attualizzati del danno per metro quadrato di superficie danneggiata.

	Anno 2016 da Progetto PGRA	Attualizzazione al 2026
Tipologia	Danno €/mq	Danno €/mq
Residenziale	618	755.81
Agricolo	0.63	0.7705
Strade comunali	10	12.23

Nell'ambito dell'analisi l'associazione del danno è stata poi correlata alla probabilità di superamento dell'evento per un periodo di vita utile dell'opera pari a 50 anni (Tabella 7).

Tabella 7

T	Periodo o durata (anni)							
(anni)	1	2	5	10	20	30	50	100
500	0,2	0,4	1,0	2,0	3,9	5,8	9,5	18,1
200	0,5	1,0	2,5	4,9	9,5	14,0	22,2	39,4
100	1,0	2,0	4,9	9,6	18,2	26,0	39,5	63,4
50	2,0	4,0	9,6	18,3	33,2	45,5	63,6	86,7

Per la valutazione dei benefici derivanti dal mancato danno ambientale, i metri quadrati risultanti dalla differenza della situazione “ante” e “post” sono stati moltiplicati per i valori medi di danno per tipologia di terreno (Tabella 6) e per il coefficiente probabilistico connesso alle quattro classi di evento corrispondente alla durata di 50 anni (Tabella 7).

Nella Tabella 8 vengono riportati i costi stimati per la realizzazione delle diverse alternative progettuali. Tali costi verranno confrontati coi benefici prodotti dalla realizzazione delle opere, visti in termini di mancato danno.

Tabella 8 – Costi stimati per ciascuna delle alternative studiate. In grassetto la scelta progettuale.

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
€	€	€	€	€
3'450'000,00	7'700'000,00	3'350'000,00	3'350'000,00	5'060'000,00

Di seguito vengono riportate le aree di allagamento ante e post operam, dalle quali è evidente la riduzione della mappatura della pericolosità idraulica in seguito alla realizzazione delle opere.

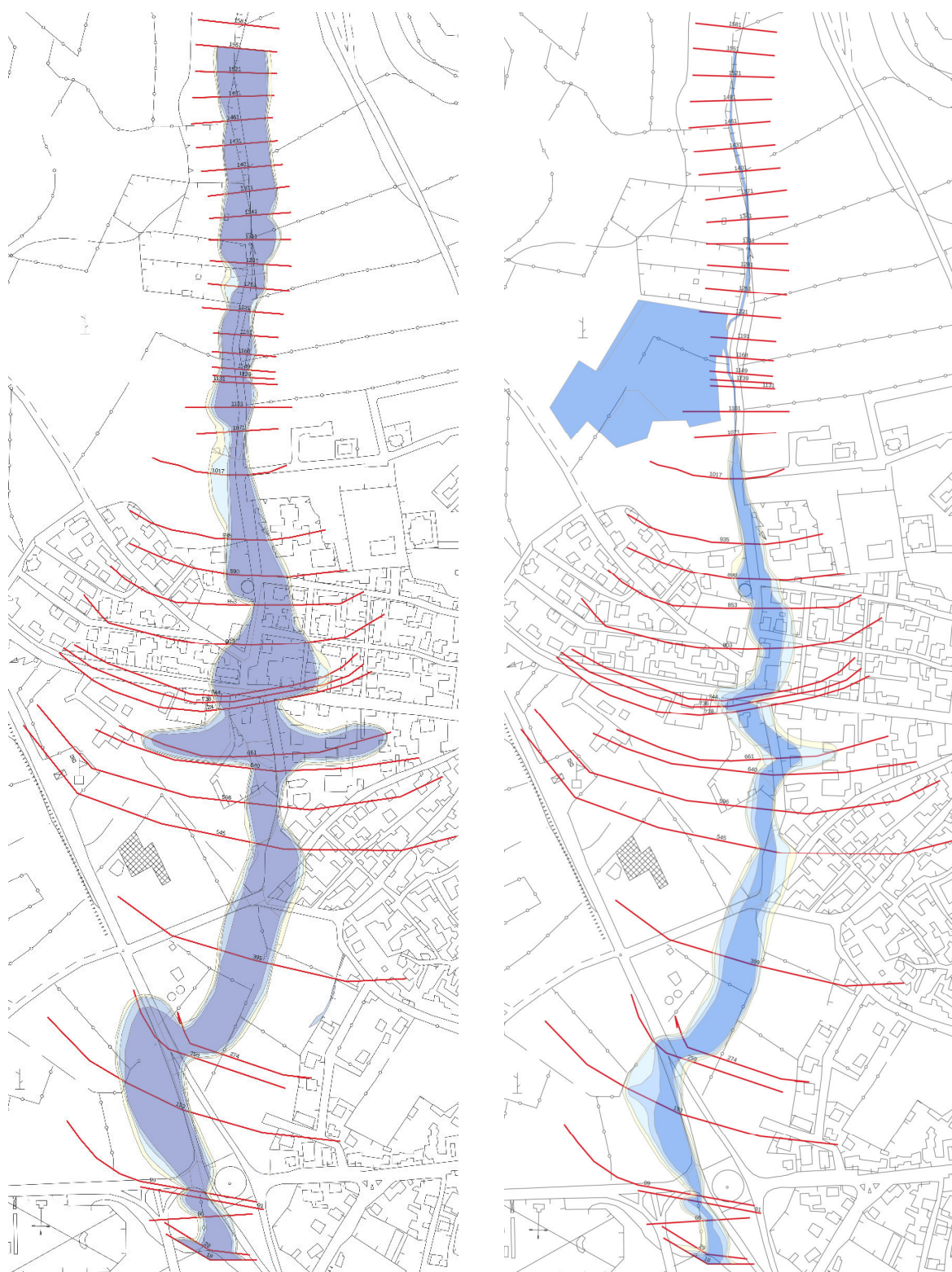


Figura 46 - Pericolosità idraulica prima e dopo l'intervento.

Dalla sovrapposizione delle aree a pericolosità idraulica ante e post operam sono state ricavate le aree sottratte alla piena (Tabella 9), che sono state divise in funzione della destinazione d'uso (Tabella 10).

Habitat Ingegneria Srl Geol. Fabio Cau Archeol. Ilaria Garbi	Interventi di sistemazione idraulica del canale tombato Rio Tramamma	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica
--	---	---

Tabella 9 – Confronto tra le aree a pericolosità idraulica ante e post operam e la loro differenza.

Superfici di allagamento "ante operam"				Superfici di allagamento "post operam"				Differenza			
Hi4 Tr50	Hi3 Tr100	Hi2 Tr200	Hi1 Tr500	Hi4 Tr50	Hi3 Tr100	Hi2 Tr200	Hi1 Tr500	Hi4 Tr50	Hi3 Tr100	Hi2 Tr200	Hi1 Tr500
mq	mq	mq	mq	mq	mq	mq	mq	mq	mq	mq	mq
88308.2	14949.3	10213.1	9721	28312	9045	10887	6959	-59996.1	-5904.5	673.4	-2761.8

Tabella 10 – Aree sottratte all'allagamento suddivise per categoria di uso del suolo.

		Differenza			
		Hi4 (Tr50)	Hi3 (Tr100)	Hi2 (Tr200)	Hi1 (Tr500)
	Danno €/mq	mq	mq	mq	mq
Residenziale	755.81	-22050.10	-5301.45	966.53	-561.33
Agricolo	0.77	-32220.01	-931.28	-1385.54	-2439.93
Strade e infrastrutture	12.23	-5725.99	328.27	1092.39	239.49

Per la valutazione dei benefici derivanti dal mancato danno ambientale, i metri quadrati risultanti dalla differenza della situazione “ante operam” e “post operam” sono stati moltiplicati per il coefficiente probabilistico connesso alle quattro classi di evento corrispondente alla durata di 50 anni e per i valori medi di danno per tipologia di terreno. I risultati sono riportati nella Tabella 11.

Tabella 11 - Stima del mancato danno.

	Mancato danno vita utile dell'opera 50 anni			
	Hi4 (Tr50)	Hi3 (Tr100)	Hi2 (Tr200)	Hi1 (Tr500)
	€	€	€	€
Residenziale	- 1 059 937 730.89 €	-158 272 231.94 €	16 217 339.14 €	- 4 030 458.86 €
Agricolo	-1 577 878.53 €	-28 324.85 €	-23 684.34 €	- 17 848.10€
Strade e infrastrutture	-4 453 833.79 €	158 581.35 €	296 590.44 €	27 825.73€
Totale	- 1 211 641 654.65 €			

Come si vede il progetto permette di conseguire benefici derivanti da mancato danno ambientale valutabili in **1 211 641 654.65 €**.

Questo valore confrontato coi costi necessari per la realizzazione dell'opera, pari a **3 350 000.00 €**, dimostra l'utilità della scelta progettuale ed evidenzia i vantaggi derivanti dalla realizzazione della stessa opera.

Costo di realizzazione	Benefici
3'350'000	1'211'641'654.65 €

L'analisi costi benefici dimostra l'utilità della scelta progettuale ed evidenzia i vantaggi derivanti dalla realizzazione delle opere che portano alla messa in sicurezza del territorio interessato dagli interventi.

4. Componenti ambientali, impatti e quadro di riferimento ambientale

4.1. Generalità

Il quadro di riferimento ambientale fornisce la descrizione delle componenti naturalistiche e antropiche interessate dalla realizzazione del progetto allo scopo di mettere in evidenza le eventuali criticità degli equilibri esistenti, individuando situazioni di particolare sensibilità. Non si prevedono rilevanti impatti generati dal progetto, se non in fase di realizzazione dell'opera e in particolare alle operazioni di scavo che determineranno una trasformazione di un'area di circa 3 ettari di terreno agricolo, parzialmente con destinazione di espansione urbanistica, in cui alcune componenti ambientali e paesaggistiche, potrebbero subire disturbi, seppur temporanei, in quanto l'intervento in progetto prevede la realizzazione di una vasca di laminazione in derivazione, in terreni agricoli che però sono a ridosso di un contesto ormai ampiamente urbanizzato. L'intervento, infatti, prevede il vincolo ambientale – idraulico di circa 1 ettaro attualmente destinati invece ad ulteriore espansione urbanistica, quindi attuando invece una politica di riconversione ambientale alla destinazione originaria di questa parte di territorio, ossia di espansione fluviale per la regimentazione delle acque. L'intervento prevede anche la risagomatura del canale in terra esistente, situato a monte della tombinatura attuale del rio Tramamma, che attualmente non è in grado di garantire il deflusso delle portate di piena verso valle. L'intervento consente la regimentazione delle portate con tempo di ritorno di 200 anni e migliora significativamente la sicurezza idraulica del centro abitato. Di seguito per ogni componente ambientale sulla quale il progetto potrebbe avere un impatto, è riportata la descrizione dello stato di qualità prima dell'intervento e sono individuati gli impatti generati e le misure di mitigazione e compensazione previste.

4.2. Impatti sulle componenti ambientali

Di seguito si riportano le componenti e i fattori ambientali di interesse nella redazione dei SIA:

COMPONENTI E FATTORI AMBIENTALI
a) atmosfera : qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica
b) ambiente idrico : acque sotterranee e acque superficiali (dolci, salmastre e marine), considerate come componenti, come ambienti e come risorse
c) suolo e sottosuolo : intesi sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame, ed anche come risorse non rinnovabili
d) vegetazione, flora, fauna : formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali
e) ecosistemi : complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti, che formano un sistema unitario e identificabile
f) salute pubblica : come individui e comunità
g) rumore e vibrazioni : considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano
h) radiazioni ionizzanti e non ionizzanti : considerati in rapporto all'ambiente sia naturale, che umano
i) paesaggio : aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità umane interessate e relativi beni culturali

Gli impatti sono stimati secondo la tabella:

Impatti negativi	Impatti positivi
Impatto non significativo. Si considera un impatto negativo non significativo quando la componente ambientale interessata non subisce alterazioni rilevabili.	Impatto non significativo. Si considera un impatto positivo non significativo quando la componente ambientale interessata non subisce alterazioni rilevabili.
Impatto Negativo lieve. Un impatto negativo viene considerato "lieve" quando sulla componente ambientale interessata possono essere osservate modificazioni limitate che al cessare delle azioni di progetto, le consentono di tornare ad uno stato simile a quello iniziale.	Impatto Positivo lieve. Un impatto positivo viene considerato "lieve" quando sulla componente ambientale interessata l'entità dei benefici ambientali osservabili risulta essere di breve durata interessando dunque un ambito temporale limitato.
Impatto Negativo moderato. Un impatto negativo viene considerato "moderato" quando sulla componente ambientale interessata possono essere osservate modificazioni che al cessare delle azioni di progetto, comportano una tempistica più lunga affinché il sistema interessato possa tornare ad uno stato simile a quello iniziale. Tali tempi possono essere stimati in circa un anno dalla fine delle attività.	Impatto Positivo moderato. Un impatto positivo viene considerato "moderato" quando sulla componente ambientale interessata l'entità dei benefici ambientali osservabili risulta essere di durata più lunga interessando dunque un ambito temporale più esteso rispetto al livello precedente.
Impatto Negativo elevato. Un impatto negativo viene considerato "elevato" quando sulla componente ambientale interessata possono essere osservate modificazioni che al cessare delle azioni di progetto, comportano non solo una tempistica più lunga rispetto al livello precedente, ma implicano anche che il recupero di condizioni simili a quelle iniziali sia possibile solo adottando opportune misure di protezione e salvaguardia. Il tempo stimato per il ritorno alle condizioni originali è variabile da due a dieci anni.	Impatto Positivo elevato. Un impatto positivo viene considerato "elevato" quando sulla componente ambientale interessata l'entità dei benefici ambientali osservabili risulta essere di durata decisamente prolungata interessando dunque un ambito temporale ancora più vasto rispetto al livello precedente.
Impatto Negativo critico. Un impatto negativo viene considerato "critico" quando sulla componente ambientale interessata possono essere osservate modificazioni irreversibili che al cessare delle azioni di progetto, non consentono al sistema di ritornare a condizioni simili a quelle iniziali, neppure attraverso l'utilizzo di opportune misure di mitigazione. Tali effetti comportano dunque una perdita permanente della qualità ambientale nel sistema considerato.	Impatto Positivo estremamente elevato. Un impatto positivo viene considerato "estremamente elevato" quando sulla componente ambientale interessata l'entità dei benefici ambientali osservabili risulta essere di durata talmente prolungata da far ritenere che tali benefici possano essere considerati totalmente risolutivi, (qualora proposti per ridurre una condizione di disagio).

4.3. Modificazione della componente atmosferica e climatologica

Stato di qualità ante operam

Nello stato attuale dell'area di intervento non si individuano significative qualità della componente atmosfera, tali da rappresentare motivo di preoccupazione in fase di realizzazione e di esercizio dell'opera. Tuttavia, nella fase di realizzazione dell'opera verranno adottati accorgimenti tali da limitare il cambiamento, seppur temporaneo, delle condizioni iniziali.

Individuazione degli impatti generati dal progetto

Il progetto, poiché non prevede alcun tipo di emissione o la produzione di effluenti e di fonti inquinanti, non altera lo stato fisico dell'atmosfera e gli aspetti climatologici.

L'aspetto che sarà affrontato è quello relativo alla produzione di polveri nell'ambito del cantiere, fenomeno limitato alla sola fase di realizzazione delle opere. Inoltre, relativamente alla produzione di emissioni dannose, una minima emissione di sostanze inquinanti è imputabile ai motori dei macchinari da cantiere. Entrambe queste diffusioni sono di carattere discontinuo e limitate alla fase di realizzazione dell'intervento, quindi, determinano un impatto reversibile e transitorio.

Sono da considerarsi mediamente rilevanti gli impatti legati al traffico lungo gli itinerari di cantiere e sulla viabilità ordinaria, dovuti al quantitativo di materiale scavato. In fase di esercizio non si ravvisa alcun impatto significativo sulla componente ambientale in esame.

Misure di mitigazione e compensazione

Durante la fase di realizzazione dell'opera si adotteranno opportuni accorgimenti per limitare il cambiamento, seppur temporaneo della qualità della componente atmosfera:

- il contenimento delle emissioni di sostanze inquinanti derivanti dai motori degli autocarri per il trasporto del materiale e delle macchine movimento terra sarà garantito dalla conformità dei motori stessi alla normativa vigente in materia, adottando per esempio biocarburanti e lubrificanti completamente sintetici e biodegradabili.
- minimizzazione delle emissioni gassose dei motori, adottando accorgimenti procedurali quali lo spegnimento dei mezzi in caso di sosta prolungata e l'impiego di biocarburanti;
- dovrà essere evitata la produzione di polveri, avendo cura di bagnare continuamente le piste per il movimento dei mezzi di scavo e trasporto, e di mantenere, il materiale depositato e in attesa di essere posato in opera, con un sufficiente grado di umidità;
- i mezzi utilizzati per il trasporto delle terre di scavo e dei materiali dovranno essere dotati di specifico telone di chiusura.

4.4. Modificazione della componente acqua

Stato di qualità ante operam

Nello stato attuale dell'area di intervento il corso d'acqua in prossimità dell'inizio dell'abitato è stato incanalato all'interno di un canale tombato a sezione circolare del diametro di 1000 mm. Il canale tombato che venne realizzato più di un secolo fa, modificando il naturale percorso del fiume.

Individuazione degli impatti generati dal progetto

La realizzazione degli interventi previsti non comporta impatti ambientali sulla risorsa idrica, in quanto il rio Tramamma è un corso d'acqua a carattere torrentizio, che si prosciuga durante le stagioni secche e che presenta delle portate solo in occasione di eventi piovosi.

La realizzazione della vasca non influisce quindi sul regolare deflusso del corso d'acqua, ma anzi valorizza il naturale comportamento dell'alveo fluviale, riconvertendo le aree attualmente usate per scopi agricoli in aree di regimentazione fluviale, ossia nella loro destinazione ambientale naturale ed originaria.

L'opera entra in funzione solo in determinate condizioni, che si verificano in occasione di eventi alluvionali intensi, mentre in condizioni normali il deflusso verso valle è garantito in condizioni di sicurezza.

Per quanto riguarda lo sfruttamento della risorsa idrica esso sarà limitato alle quantità previste per la realizzazione delle opere.

Le interferenze con il corso d'acqua nella fase di cantiere sono relative agli impatti sui deflussi legati alla realizzazione delle opere e ai rischi di inquinamento delle acque superficiali e sotterranee causati da sversamenti accidentali di sostanze inquinanti durante il transito dei mezzi operativi.

Inoltre, in fase di realizzazione è previsto l'utilizzo della risorsa idrica anche come misura di mitigazione, per umidificare il suolo, in modo tale che si eviti la dispersione delle polveri in atmosfera; tuttavia, questa prassi non richiede apporti idrici elevati d'acqua.

L'inquinamento delle acque nei cantieri di costruzione può derivare principalmente dallo sversamento nei corpi idrici delle seguenti sostanze: solidi sospesi, oli, idrocarburi, cemento e derivati, metalli pesanti, bentonite, liquami fognari, pesticidi, erbicidi ed altre sostanze pericolose.

Solidi sospesi. I sedimenti in sospensione costituiscono una forma di contaminazione delle acque che si può rilevare particolarmente diffusa per i cantieri in esame. Tale forma di inquinamento può avere origine principalmente dalle attività di scavo e dai lavori di sterro, dai lavori di demolizione e costruzione in vicinanza di corsi d'acqua (fiumi e canali), dal lavaggio delle superfici dei piazzali di cantiere e delle ruote degli automezzi, dal dilavamento ad opera delle acque piovane delle polveri e del fango depositati sulla viabilità impegnata dai mezzi di cantiere.

Oli ed idrocarburi. All'interno delle aree di cantiere gli oli e gli idrocarburi in genere vengono comunemente impiegati: in tali categorie rientrano carburanti, fluidi di lubrificazione e fluidi per impianti idraulici. Le principali cause di inquinamento da oli ed idrocarburi sono da correlarsi a perdite di varia natura, abbandono degli oli usati o incidenti durante l'attività di rifornimento, rotture meccaniche di tubazioni idrauliche, o per capacità inadeguata delle vasche di contenimento. In generale è comunque possibile prevenire inquinamenti da oli ed idrocarburi mediante controlli

periodici degli impianti e tramite la definizione di adeguate procedure per la gestione degli stessi e per l'esecuzione delle attività di rifornimento.

Cemento e prodotti di natura cementizia. L'utilizzo del cemento e di prodotti di natura cementizia sul sito di cantiere presenta rischi di contaminazione dell'ambiente idrico legati all'impiego di acqua nelle lavorazioni. Nel caso di produzione di calcestruzzo in sito viene impiegato un grande quantitativo di acqua, in particolare per il lavaggio dell'impianto. Nel caso in esame, di approvvigionamento dall'esterno tramite autobetoniera, la causa dell'inquinamento può consistere nel lavaggio della stessa betoniera. Se tale attività non viene svolta all'interno di un'area apposita (con raccolta delle acque reflue e loro invio ad un impianto di trattamento) le acque di lavaggio possono confluire nei canali che formano il reticolo idrografico dell'area, alterandone l'equilibrio. Altre possibili fonti di inquinamento (non limitate strettamente all'area di cantiere ma estese alle varie aree di lavoro) derivano inoltre dalle attività di bagnatura del calcestruzzo durante il getto.

Metalli pesanti. La solubilità dei metalli in acqua dipende in genere dal pH delle acque di scarico e dall'acidità del recipiente idrico in cui queste confluiscano. Le attività di cantiere su un sito caratterizzato da un elevato contenuto di metalli (dovuto ad esempio a contaminazione del suolo) possono indurre ossidazione degli stessi e l'incremento della loro concentrazione nei vicini corpi idrici, con effetti anche visibili.

Altre sostanze inquinanti e pericolose impiegate dai cantieri. All'interno dei cantieri possono manifestarsi rischi di inquinamento a causa dell'uso o della diffusione di sostanze di varia natura quali rifiuti, solventi, detersivi, vernici, fluidi di perforazione, erbicidi e altre sostanze chimiche. Al fine di prevenire ogni forma di inquinamento è necessario che vengano predisposte adeguate procedure per la consegna, lo stoccaggio, l'impiego e lo smaltimento di tali sostanze (oltre che dei relativi contenitori). L'impatto sulle acque superficiali può manifestarsi sulla rete di scoli e fossi più prossimi alle aree di cantiere ed alle piste percorse dai mezzi di cantiere. In generale si tratta di variazioni di carattere qualitativo della componente ambientale anche se attività di scarico o di prelievo possono determinare anche variazioni quantitative.

La contaminazione dell'acqua durante le attività di realizzazione delle opere potrebbe essere originata da:

- danneggiamento di sottoservizi esistenti, sia in maniera diretta per perforazione degli stessi, sia in maniera indiretta a causa di cedimenti indotti dal peso dei macchinari impiegati per la perforazione;
- perdite di miscela cementizia all'interno dei terreni;
- contaminazione per dilavamento incontrollato delle acque dal sito di cantiere, in particolare nei casi in cui si impiegano fanghi di perforazione;
- perdite di oli e carburante da parte dei macchinari impiegati nei lavori.

In fase di esercizio

In fase di esercizio troverà piena attuazione la principale finalità dell'intervento, ovvero la messa in sicurezza dell'abitato attraverso il miglioramento della capacità di smaltimento delle acque di piena da parte della rete idrografica. Dal punto di vista prettamente idraulico, pertanto, l'impatto dell'intervento sulla componente acque superficiali risulta positivo.

Il rischio di inquinamento dovuto alla realizzazione degli interventi è da considerarsi non significativo

in quanto la componente ambientale interessata non subisce alterazioni rilevabili.

Misure di mitigazione e compensazione

Durante la fase di realizzazione dell'opera si adotteranno opportuni accorgimenti per limitare gli impatti, seppur esigui, sulla componente idrica:

- dovrà essere controllato l'utilizzo delle acque per bagnare continuamente le piste per il movimento dei mezzi di scavo e trasporto in modo da evitare di trascinare le polveri all'interno del corso d'acqua;
- i mezzi utilizzati per il trasporto delle terre di scavo e dei materiali dovranno essere dotati di specifico telone di chiusura in modo da evitare sversamenti accidentali o il rilascio di materiali nel corso d'acqua.

4.5. Modificazione morfologica suolo e sottosuolo

Stato di qualità ante operam

Allo stato attuale dell'area d'intervento non si riscontrano caratteristiche rilevanti nella morfologia del territorio interessata dalle opere, tali da subire sensibili influenze a seguito della realizzazione dei lavori. Per maggiori informazioni sulla descrizione dello stato attuale si rimanda ai contenuti della relazione geologica.

Individuazione degli impatti generati dal progetto

In generale si può affermare gli impatti si potrebbero verificare durante la fase di cantiere, mentre le alterazioni della morfologia superficiale dovute alla realizzazione della vasca e alle attività di movimentazione delle terre ben si adattano al contesto ambientale e paesaggistico dell'area di intervento.

Nel corso della fase di cantiere, le attività legate alla realizzazione degli interventi che possono determinare impatti sulle componenti suolo, sottosuolo e acque sotterranee sono legate principalmente alla asportazione e alla movimentazione dei terreni. La realizzazione della vasca di laminazione costituisce infatti la fase di maggiore impatto sulle componenti, dal momento che viene a determinarsi una trasformazione complessiva della morfologia del territorio con conseguenti effetti a carattere permanente. I materiali inerti in esubero saranno pertanto oggetto di movimentazione all'esterno dell'area di cantiere secondo le modalità descritte nel documento relativo al "Piano di Gestione delle Terre e rocce da scavo", ai sensi dell'art. 186 del D.lgs. 152/06 e s. m. i..

Si prevede quindi un impatto lievemente negativo durante la sola fase di realizzazione nelle aree occupate dal cantiere. Tali impatti, saranno tuttavia limitati nel tempo e, adottando opportune misure di mitigazione, del tutto reversibili. Lo sversamento accidentale di sostanze potenzialmente inquinanti dovute alla presenza dei mezzi nell'area di cantiere sarà evitato garantendo una corretta organizzazione del cantiere e una periodica manutenzione e pulizia dei mezzi meccanici utilizzati durante le lavorazioni.

Misure di mitigazione e compensazione

In fase di realizzazione dell'opera è opportuno adottare diversi accorgimenti, al fine di limitare la modificazione morfologica del terreno:

- saranno contenuti al minimo indispensabile gli spazi destinati alle aree e piste di cantiere per l'eventuale stoccaggio di materiale movimentato;
- per l'accesso ai siti di intervento, dovrà essere utilizzata la viabilità esistente evitando l'apertura di nuove piste;
- ad opera terminata sarà opportuno provvedere, in sede di smobilitazione del cantiere, al ripristino della normale configurazione delle aree che hanno subito una morfologica modificazione a scopo cantieristico;
- si prevede che parte del materiale scavato sia riutilizzato per la realizzazione delle arginature e per la bonifica di alcuni terreni, ex cave, riducendo così la quantità di materiale da conferire in discarica.

4.6. Modificazione delle componenti flora, fauna, ecosistemi

L'intervento in esame interessa una zona della periferia nord del centro abitato di Sanluri, nella parte centrale della Pianura del Campidano. L'area vasta considerata presenta un aspetto pianeggiante, con pendenze poco accentuate che digradano dolcemente verso la zona di intervento. Le alture di maggiore rilevanza più vicine si trovano a ovest, nel territorio del comune di Furtei, Monte Santu Miali (336 m.s.l.), nel quale si trova l'ex miniera di Campu Braxiu, e a nord nel territorio dei comuni di Villanovaforru e Lunamatrona, che si adagiano sui rilievi che precedono più a nord il Monte Arci e la Giara di Gesturi.

Sebbene i rilievi circostanti non influenzino direttamente la vegetazione e la fauna del sito, è evidente come l'area di interesse si trovi a quota più bassa rispetto alle zone circostanti, fungendo da via preferenziale per le acque meteoriche da esse provenienti.

Le caratteristiche ambientali dell'area risultano strettamente connesse alla storica vocazione agricola della Pianura del Campidano, che nel tempo ha profondamente trasformato l'assetto originario del territorio. Gli ambienti naturali preesistenti erano caratterizzati da una vegetazione spontanea di tipo mediterraneo alternata ad aree palustri colonizzate da vegetazione igrofila progressivamente convertite in suoli agricoli tramite opere di drenaggio, regimentazione delle acque e messa a coltura. Tale processo ha determinato una marcata semplificazione del mosaico ecologico originario e la sostituzione degli habitat naturali con un paesaggio agrario strutturato, articolato in numerose parcelle differenziate per ordinamento colturale e gestione agricola e agronomica.

L'assetto attuale del territorio rappresenta pertanto l'esito delle opere di bonifica e della successiva colonizzazione agraria, che hanno consolidato la vocazione produttiva dell'area fino alla configurazione odierna.

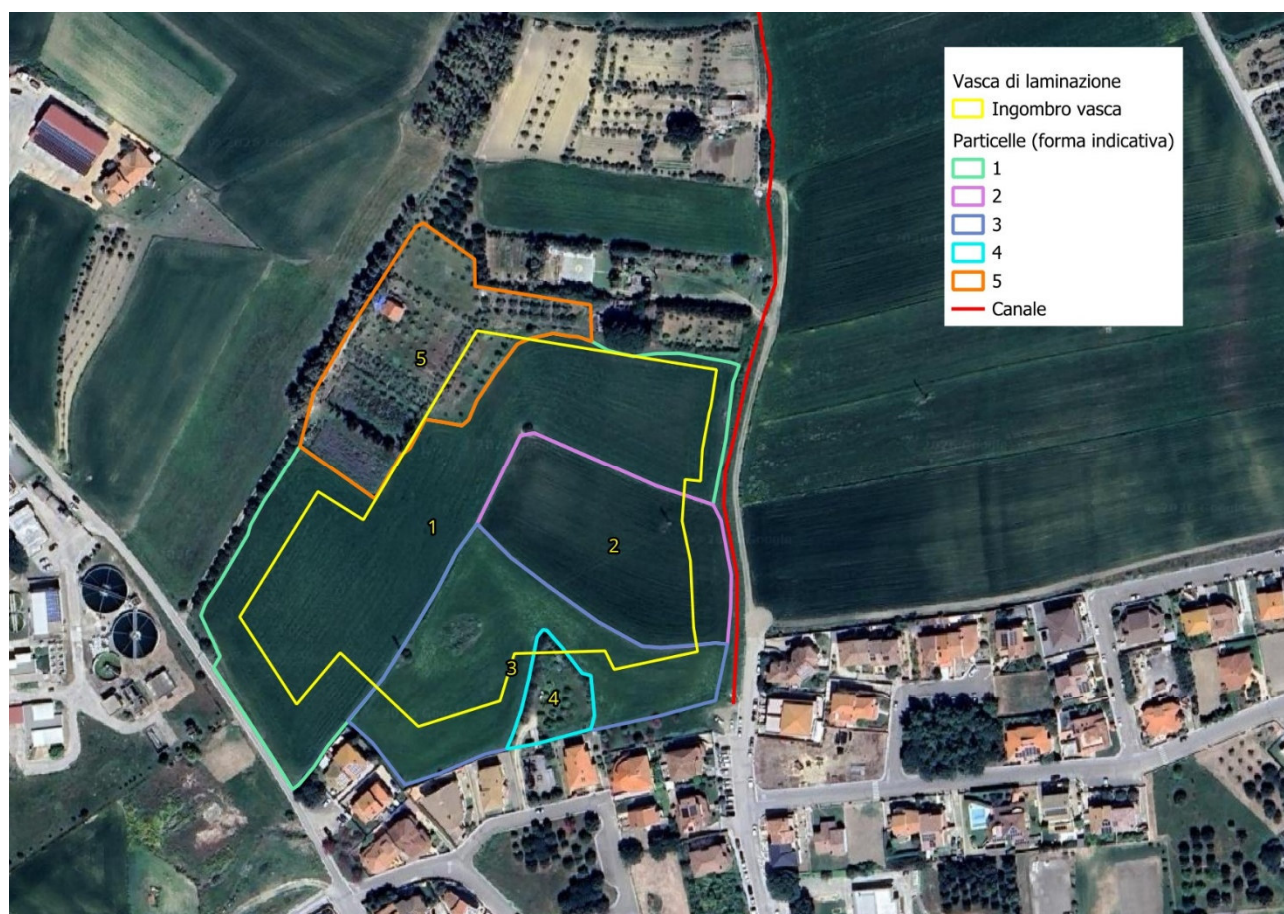
Le aree interessate dalla realizzazione della vasca corrispondono ad alcuni terreni agricoli situati a est rispetto al prolungamento sterrato della Via Giovanni XXIII, nei pressi della località "Su Luminariu". Il canale interessato dalla sistemazione e dalla risagomatura si trova tra i terreni e la strada sterrata, proseguendo a nord oltre i terreni da espropriare per una lunghezza totale di circa 500 metri. L'intervento si inserisce nel quadro delle opere di sistemazione idraulica del Rio Tramamma e prevede la realizzazione di una vasca di laminazione a monte dell'abitato di Sanluri, finalizzata alla mitigazione del rischio idraulico nel tratto urbano attraversato dal canale tombato. L'invaso avrà carattere temporaneo e risulterà normalmente asciutto, configurandosi come superficie inerbita coerente con il contesto rurale circostante.

L'area della vasca

L'area di realizzazione della vasca si trova a ovest del canale e della strada sterrata, nella zona nota come "Su Luminariu". La vasca prevede un ingombro complessivo di circa 3 ettari, compresi gli argini e si sviluppa su 5 parcelle di terreni agricoli: 3 di queste sono seminative/cerealicole mentre le restanti 2, marginali rispetto alle precedenti e occupanti principalmente gli argini, sono aree a frutteto. La vasca avrà una profondità media di circa 7,5 m e la sua realizzazione comporterà una perdita di vegetazione coltivata corrispondente al suo ingombro. Non sarà asportata vegetazione naturale di rilievo di tipo arbustivo o arboreo, sostanzialmente non presente nelle aree interessate. Gli argini della vasca potranno essere rinverditi con essenze scelte in modo da adattarsi alla vegetazione circostante.

Il canale

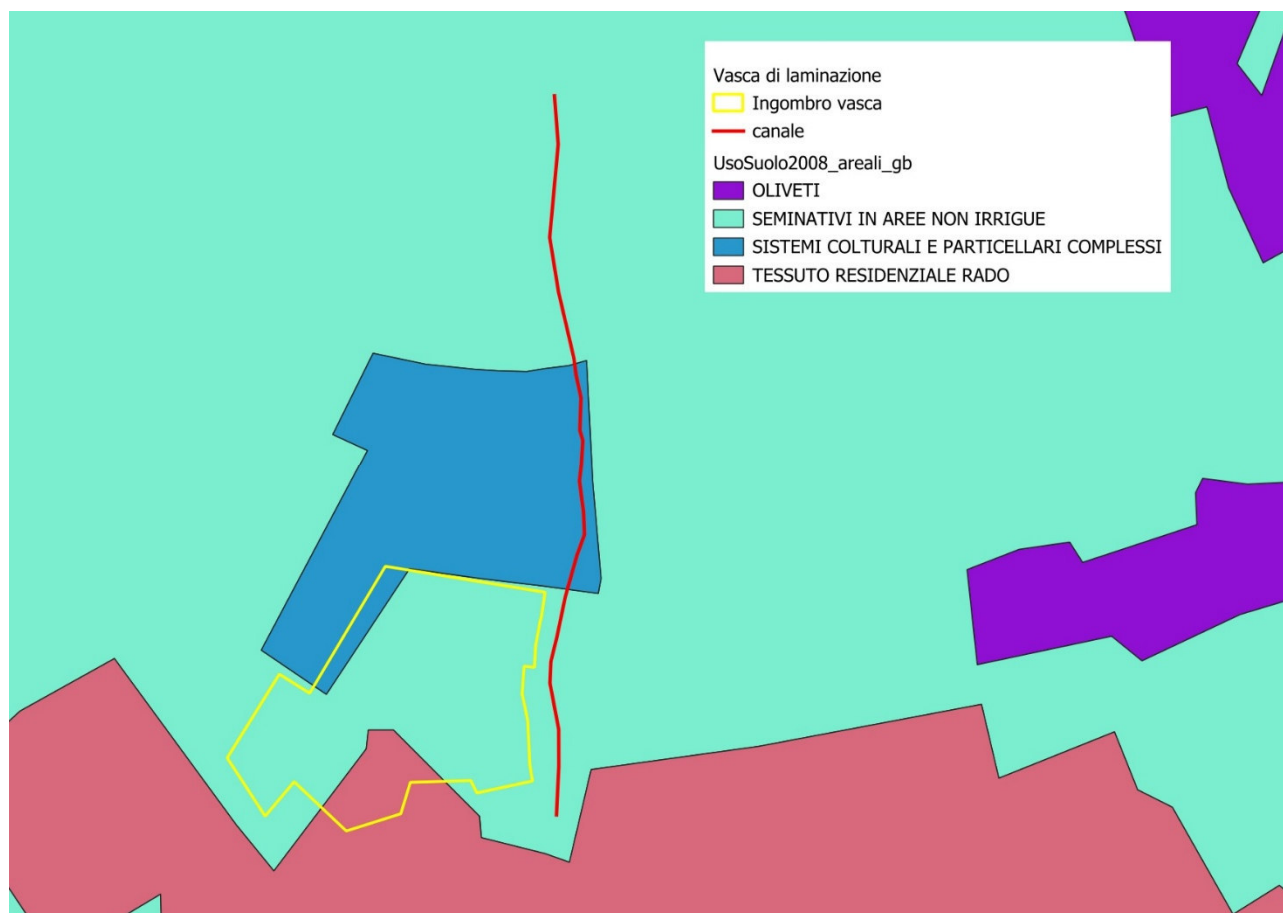
Il canale interessato (Rio Tramamma) scorre da nord verso sud originando poco sopra il limite delle sezioni di intervento dall'unione di due canali di raccolta delle acque meteoriche e d'irrigazione. Il canale ha un alveo di larghezza variabile, misurata durante i sopralluoghi tra circa 0.50 m e 1 m, generalmente colmo di vegetazione erbacea e interessato dalla presenza di rifiuti in alcuni punti. Gli argini si portano senza soluzione di continuità nella strada sterrata e nei terreni agricoli adiacenti. Sul canale verrà realizzata la risagomatura dell'alveo per un tratto di circa cinquecento metri, dal punto in cui la Via Papa Giovanni XXIII confluisce nella strada sterrata a procedere verso nord oltre l'area di realizzazione della vasca. Le operazioni sul canale interesseranno la vegetazione dell'alveo e degli argini, in grande maggioranza di tipo erbaceo e non strettamente legata all'ambiente fluviale e ripariale.



L'ingombro della vasca di laminazione rispetto alle particelle dei terreni agricoli interessate

Uso del suolo

La vocazione agricola dell'area è evidente dall'esame della cartografia Corine 2008 – Uso del suolo (Corine Land Cover o CLC, progetto europeo nato allo scopo di monitorare i cambiamenti del territorio, supportare la pianificazione urbanistica e territoriale e realizzare analisi ambientali. La versione 2008 è quella di maggiore dettaglio per la Sardegna), che discrimina le zone interessate in due categorie, una di **“Seminativi in aree non irrigue”**, corrispondente ai seminativi a cereali o foraggiere e l'altra di **“Sistemi colturali in aree non irrigue”**, corrispondenti alle aziende private dove si attuano colture miste orticole, olearie e ortofrutticole.



Mapa dell'uso del suolo – Corine 2008

Carta della natura della Sardegna

L'esame della Carta della Natura (Progetto nato con Legge quadro sulle aree protette, Legge 6/12/1991 n. 394, allo scopo di realizzare uno strumento conoscitivo dello stato dell'ambiente naturale in Italia, utile a delimitare le Aree Protette e a supportare le valutazioni ambientali e la pianificazione territoriale), conferma le caratteristiche dell'area anche dal punto di vista degli habitat interessati, evidenziando per la componente agricola la presenza di un sistema colturale estensivo. Nella scala di 1:50.000 originaria sono individuati due habitat, di seguito riportati con la descrizione indicata nella Carta.

Culture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi: “Si tratta di aree agricole tradizionali con sistemi di seminativo occupati specialmente da cereali autunno-vernini a basso impatto e quindi con

una flora compagna spesso a rischio. Si possono riferire qui anche i sistemi molto frammentati con piccoli lembi di siepi, boschetti, prati stabili etc.” Nell’area in esame, l’habitat comprende tutta la componente colturale individuata, senza applicare distinzioni.

All’habitat è associata la classe di vegetazione **Stellarietea mediae** (39 Cl STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer & Preising ex Von Rochow 1951), descritta nel Prodromo della Vegetazione italiana come “Vegetazione di erbe infestanti terofitiche effimere, nitrofile e semi-nitrofile, ruderali diffuse in tutto il mondo ad eccezione dei settori tropicali caldi”. La descrizione è coerente con la situazione evidenziata durante i sopralluoghi, è racchiude comunità vegetali formate da specie annuali a rapida crescita, nitrofile e ruderali, che crescono in aree agricole lavorate e nelle aree limitrofe, su suoli ricchi di nutrienti, e spesso infestanti.

Città, centri abitati: “Questa categoria è molto ampia poiché include tutti i centri abitati di varie dimensioni. In realtà vengono accorpate tutte le situazioni di strutture ed infrastrutture dove il livello di habitat e specie naturali è estremamente ridotto”. Nell’area in esame si identifica nell’abitato di Sanluri. Data la scala di 1:50.000 della Carta della Natura, la perimetrazione comprende anche aree limitrofe occupate da piccoli oliveti e frutteti e, in generale, aree coltivate adiacenti alle abitazioni. Possono essere associate all’habitat le classi vegetali **Artemisietea vulgaris** (Prodromo della vegetazione italiana: “Vegetazione erbacea, perenne, pioniera, sinantropica e ruderale e nitrofila, su suoli ricchi di sostanza organica, nei territori eurosiberiani e mediterranei”) e **Stellarietea mediae**, già descritta. Dai sopralluoghi, si è evidenziato come la classe presente sia la seconda, come nell’habitat precedente.



Estratto della Carta della Natura

Aree tutelate

Non sono presenti nella zona di intervento e negli immediati dintorni forme di protezione come aree Natura 2000, aree di interesse faunistico o botanico-fitogeografico, oasi di protezione, aree di ripopolamento, monumenti naturali e alberi monumentali. Le aree Natura 2000 più vicine sono la ZSC ITB042234 Monte Mannu - Monte Ladu (colline di Monte Mannu e Monte Ladu) a sud, la ZSC ITB042237 Monte San Mauro a est, e la ZPS ITB043056 Giara di Siddi a nord. Ciascuna di queste dista almeno otto chilometri dalla zona di interesse e non risente in alcun modo dei possibili effetti sull'ambiente dei lavori in progetto.

È presente una Zona di caccia autogestita che si sviluppa dalla zona di realizzazione della vasca verso nord per un'area di circa 1.000 ettari.

4.6.1.1. Vegetazione

La vegetazione presente nell'area d'intervento è suddivisa per tipologia per le diverse parti interessate nella tabella seguente.

Tipologia vegetazione	Aree interessate
Seminativi (cerealicoli/foraggere)	Particella 1 e 2
Incolti/infestante	Particella 3, bordo canale, canale
Arboreto	Particelle 4 e 5, bordo canale
Vegetazione arbustiva spontanea	Bordo canale

La componente a seminativo è quella maggiormente interessata dall'intervento, in quanto si trova sui terreni agricoli da espropriare per realizzare la vasca di laminazione. Essa è costituita da colture cerealicole/foraggere nelle parcelle di terreno 1, 2 e 3. Quest'ultima, al momento dei sopralluoghi, si presenta come incolto naturale costituito prevalentemente da specie erbacee spontanee. Le particelle 4 e 5 sono costituite da aree ortive private. Al loro interno sono presenti colture arboree a carattere produttivo, prevalentemente alberi da frutto e piante di olivo (*Olea europaea*), riconducibili a un sistema colturale di tipo promiscuo a gestione familiare.

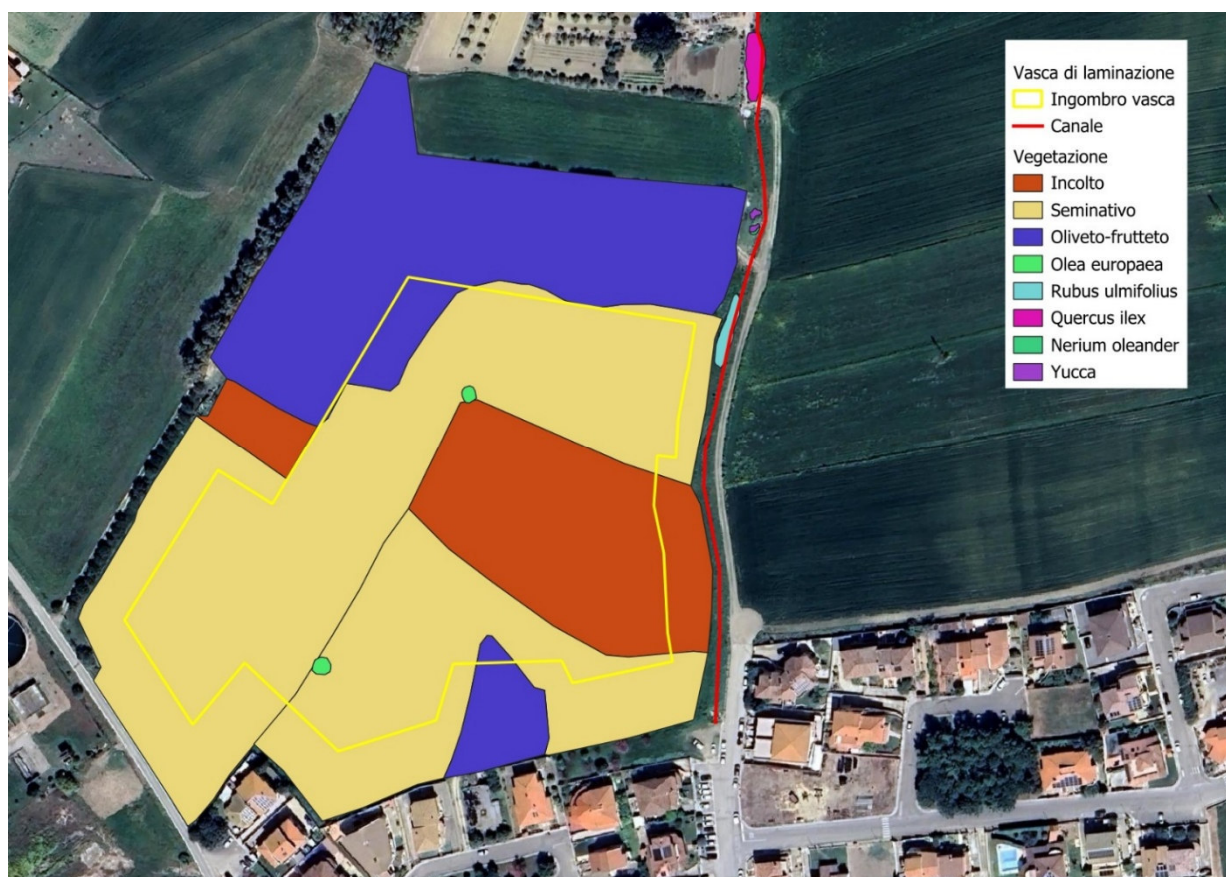
La componente floristica spontanea e colturale risulta dominata da graminacee (Poaceae) e leguminose (Fabaceae), accompagnate da altre famiglie tipiche degli ambienti prativi mediterranei quali Asteraceae, Apiaceae, Brassicaceae, Plantaginaceae e Caryophyllaceae. La composizione vegetazionale appare coerente con i prati secondari delle pianure del Campidano, soggetti a disturbo antropico (pascolamento e lavorazioni pregresse) e caratterizzati da specie annuali e perenni adattate a condizioni xerofile e suoli a tessitura fine.

In tutta l'area di studio, nonché lungo i margini delle superfici coltivate, della viabilità e del canale, è diffusa una vegetazione erbacea ruderale costituita da specie a distribuzione cosmopolita, non strettamente associata a specifiche condizioni ecologiche. Si rileva tuttavia la presenza di alcune specie a carattere nitrofilo, indicatrici di suoli localmente arricchiti in sostanza organica e nutrienti, verosimilmente riconducibili a fenomeni di accumulo e disturbo antropico lungo le fasce marginali.

Analisi della vegetazione

La vegetazione rilevata nell'area di intervento non è riconducibile ad associazioni naturali strutturate o a habitat di particolare interesse ecologico, risultando prevalentemente espressione del contesto agricolo tipico della piana del Campidano. Tale contesto è storicamente caratterizzato da un ordinamento colturale incentrato su seminativi cerealicoli (frumento, orzo, avena), colture foraggere, orticole e arboree (frutteti, vigneti e oliveti), oltre a colture specializzate localmente distribuite.

L'area oggetto di intervento si inserisce pienamente in questo quadro, non presentando negli immediati dintorni elementi colturali o naturalistici di particolare rilevanza. I terreni interessati dalla realizzazione della vasca di accumulo risultano infatti destinati alla produzione cerealicola e foraggera, con una limitata porzione occupata da frutteto.



Vegetazione nell'area di realizzazione della vasca di laminazione

Una maggiore diversità floristica si riscontra nelle fasce marginali, lungo i bordi delle superfici coltivate, in prossimità del canale e della strada sterrata adiacente. Tuttavia, anche in tali ambiti la vegetazione non presenta caratteristiche tali da consentire l'attribuzione a specifiche associazioni fitosociologiche, risultando costituita prevalentemente da specie erbacee a larga distribuzione, diffuse in contesti agricoli e ruderali della Sardegna. Si tratta di specie a larga valenza ecologica, tolleranti differenti condizioni ambientali, incluse situazioni di disturbo e locale arricchimento trofico del suolo. In corrispondenza del canale non è stata riscontrata una presenza evidente e strutturata di vegetazione tipica degli ambienti ripariali o delle acque lotiche. Si segnala solo la presenza sporadica di *Rumex hydrolapathum* Huds., *Ranunculus* spp. e altre specie igrofile, per le quali non è possibile confermare una stabile affermazione, anche in considerazione del carattere stagionale della presenza d'acqua nel canale.

La presenza dell'arbustiva *Rubus ulmifolius* non appare indicativa di particolari condizioni ecologiche. Essa è limitata a una macchia localizzata nel margine nord-orientale dell'area interessata dalla futura vasca e si sviluppa lungo la sponda destra del canale per circa trenta metri, formando un denso intreccio vegetazionale.

Di maggiore interesse risulta invece la presenza di una macchia a *Quercus ilex* lungo il canale, nella porzione settentrionale dell'area di intervento. Gli esemplari, con portamento arbustivo e arboreo, si

sviluppano nella parte superiore della sponda destra per una lunghezza di circa trenta metri e una larghezza di cinque-sei metri. Considerata la localizzazione in prossimità dell'accesso aziendale e ai margini di un'area coltivata a frutteto, è plausibile l'origine antropica della formazione. Tuttavia, trattandosi di un elemento vegetazionale isolato rispetto al contesto circostante e configurandosi come un unicum negli immediati dintorni, se ne ritiene opportuna la salvaguardia nell'ambito dei lavori di sistemazione del canale.

Tra le specie alloctone si segnala la presenza di alcuni esemplari di *Yucca* sp., localizzati lungo la sponda destra del canale poco a nord dell'area di realizzazione della vasca e derivanti da piantumazione a scopo ornamentale. Due individui presentano dimensioni rilevanti. Nella medesima area è presente una piccola formazione di *Nerium oleander*, specie frequentemente associata ai margini dei corsi d'acqua in ambito mediterraneo. Da segnalare la presenza di fico d'India (*Opuntia ficus-indica*) sul margine del canale nella parte nord.



Vegetazione di interesse lungo la parte sud del canale

Da segnalare, infine, ai margini della parte ovest dell'area di realizzazione della vasca alcuni alberelli di *Pistacia lentiscus* e *Olea europea* e una macchia di *Rosmarinus officinalis*, situati a lato della coltivazione a cereali e addossati alla recinzione che separa la proprietà dalla strada. Due esemplari di *Olea europaea* sono inoltre presenti nell'area della futura vasca, nelle aree a seminativo. Tutti questi individui sono originati da piantumazioni e non sono interessati in maniera diretta dai lavori.

4.6.1.2. Elenco floristico

Le specie indicate nella tabella seguente sono quelle rilevate durante i sopralluoghi, svolti nel periodo invernale. Dato il periodo di indagine e data la tipologia delle specie, non è un elenco esaustivo pur rappresentando in maniera esaustiva la situazione. Sono state inserite anche le specie presenti in uno o pochi esemplari se rinvenute nelle fasce spondali ma originate da piantumazioni (come la *Phoenix*, palma, e la *Ziziphus jujuba*, giuggiola, albero da frutto).

Famiglia	Specie	Localizzazione
Amaryllidaceae	<i>Narcissus tazetta</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i> L., 1753	Margini seminativi
Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill., 1768	Bordo canale, bordo strada, incolti
Apiaceae	<i>Conium maculatum</i> L., 1753	Bordo canale, bordo strada, incolti
Apiaceae	<i>Smyrnum olusatrum</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L., 1753	Bordo canale
Arecaceae	<i>Phoenix</i> sp.	Bordo canale
Asparagaceae	<i>Yucca</i> sp.	Bordo canale
Asteraceae	<i>Diitrichia viscosa</i> (L.) Greuter, 1973	Bordo canale, bordo strada, incolti
Asteraceae	<i>Glebionis coronaria</i> (L.) Cass. ex Spach	Bordo canale, bordo strada, incolti
Asteraceae	<i>Sonchus</i> spp.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Asteraceae	<i>Calendula arvensis</i> (Vaill.) L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Boraginaceae	<i>Borago officinalis</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Boraginaceae	<i>Cerinth major</i> L., 1753	Bordo canale, bordo strada, incolti
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Brassicaceae	<i>Arabidopsis</i> sp.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Brassicaceae	<i>Mutarda arvensis</i> (L.) D.A.German	Bordo canale, bordo strada, incolti
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Brassicaceae	<i>Diplotaxis eruroides</i> (L.) DC.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill., 1768	Bordo canale
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Fagaceae	<i>Quercus ilex</i> L., 1753	Bordo canale
Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i> Spenn.	Margini seminativi
Lilaceae	<i>Asphodelus microcarpus</i> Salzm.& Viv.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Malvaceae	<i>Malva</i> sp.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Oleaceae	<i>Olea europaea</i> L.	Margini seminativi
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L., 1753	Bordo canale, bordo strada, incolti
Poaceae	<i>Avena</i> spp.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Polygonaceae	<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i> spp.	Bordo canale, bordo strada, incolti
Rhamnaceae	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.	Bordo canale
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> (Schott, 1818)	Bordo canale
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L., 1753	Bordo canale, bordo strada, incolti

Analisi dei potenziali impatti sulla vegetazione

Gli impatti principali, in termini di estensione, interesseranno le superfici agricole a seminativo cerealicolo e foraggero oggetto di esproprio, sulle quali verrà realizzata la vasca di laminazione. Le colture coinvolte sono prevalentemente erbacee e, in misura secondaria, arboricole (frutteto e oliveto). Trattandosi di superfici già destinate a uso agricolo intensivo, l'intervento non determina sottrazione di habitat naturali né incide su formazioni vegetazionali di interesse conservazionistico; l'impatto sull'ambiente naturale può pertanto considerarsi trascurabile.

L'area di progetto è ubicata nella periferia dell'abitato di Sanluri, in un contesto fortemente antropizzato e caratterizzato da una matrice agricola dominante e continua. In tale quadro, la realizzazione dell'opera non introduce elementi di discontinuità significativi né altera in modo sostanziale la percezione paesaggistica complessiva, risultando coerente con l'assetto territoriale circostante.

Gli impatti più rilevanti sulla vegetazione spontanea si avranno in relazione agli interventi di risagomatura del canale, che interesseranno la vegetazione presente nell'alveo e lungo gli argini. La componente vegetale coinvolta è costituita prevalentemente da specie erbacee diffuse, non riconducibili a formazioni ripariali strutturate né a comunità tipiche e stabili di ambienti lotici. Non si rilevano pertanto elementi floristici o vegetazionali di particolare pregio.

Si segnala tuttavia la presenza puntuale di *Nerium oleander*, *Quercus ilex* e *Rubus ulmifolius*, localizzati in tratti circoscritti del canale. Per tali esemplari è possibile prevedere specifiche misure di tutela e salvaguardia in fase esecutiva, compatibilmente con le esigenze idrauliche dell'intervento. Contestualmente, si ritiene opportuno prevedere l'asportazione delle specie alloctone presenti, rappresentate esclusivamente da esemplari di *Yucca* sp., al fine di favorire il mantenimento di una vegetazione coerente con il contesto locale.

4.6.1.3. Fauna

Sotto il profilo faunistico, il sito è potenzialmente frequentato da passeriformi tipici degli ambienti agricoli mediterranei, quali occhiocotto (*Sylvia melanocephala*), capinera (*Sylvia atricapilla*) e saltimpalo (*Saxicola rubicola*), che utilizzano la vegetazione arbustiva del canale come area di nidificazione, rifugio e alimentazione. Potenzialmente presenti, inoltre, allodola (*Alauda arvensis*), calandra (*Melanocorypha calandra*) e averla piccola (*Lanius collurio*). La presenza di acqua nel canale rende plausibile la frequentazione da parte di anfibi, tra cui raganella sarda (*Hyla sarda*) e rospo smeraldino (*Bufo viridis*), soprattutto nei periodi primaverili. La vegetazione ripariale può inoltre offrire habitat a rettili e piccoli mammiferi. Nel complesso, la naturalità dell'area è medio-bassa, ma la fascia del canale rappresenta un elemento ecologico locale significativo.

Quadro normativo di tutela della fauna potenzialmente presente

Alla luce delle specie potenzialmente presenti nel sito, si riporta di seguito il quadro normativo di tutela applicabile alle principali componenti faunistiche associate agli ambienti agricoli e alle fasce ripariali. Tra l'avifauna di ambienti aperti agricoli si segnala la possibile presenza di allodola (*Alauda arvensis*), specie tutelata ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" nell'ambito del regime generale di protezione delle specie selvatiche, nonché inserita nell'Allegato II della medesima Direttiva e nell'Allegato II della Convenzione di Berna. La specie è considerata tipica degli agroecosistemi e presenta un trend europeo in declino.

Potrebbe inoltre essere presente la calandra (*Melanocorypha calandra*), anch'essa soggetta al regime generale di tutela della Direttiva 2009/147/CE e inserita nell'Allegato II della stessa, nonché nell'Allegato III della Convenzione di Berna. La specie è legata ai seminativi estensivi mediterranei.

Il saltimpalo (*Saxicola rubicola*), associato a margini agricoli e vegetazione arbustiva, rientra nel regime generale di protezione previsto dalla Direttiva 2009/147/CE ed è inserito nell'Allegato II della Convenzione di Berna.

Particolare rilievo conservazionistico assume l'averla piccola (*Lanius collurio*), inserita nell'Allegato I della Direttiva 2009/147/CE, per la quale sono previste misure speciali di conservazione dell'habitat, nonché nell'Allegato II della Convenzione di Berna. Tale specie è strettamente associata a mosaici agricoli con presenza di arbusti e roveti.

Per quanto concerne l'erpetofauna, la presenza del canale rende potenzialmente idoneo il sito per la raganella sarda (*Hyla sarda*), specie endemica sardo-corsa inserita nell'Allegato IV della Direttiva 92/43/CEE "Habitat", che prevede un regime di protezione rigorosa, nonché nell'Allegato II della Convenzione di Berna.

Analogamente, il rospo smeraldino (*Bufotes viridis*) è inserito nell'Allegato IV della Direttiva 92/43/CEE e nell'Allegato II della Convenzione di Berna, risultando pertanto specie di interesse comunitario soggetta a tutela rigorosa.

Tra i rettili potenzialmente presenti si segnala la lucertola tirrenica (*Podarcis tiliguerta*), specie autoctona sardo-corsa inserita nell'Allegato II della Convenzione di Berna, la lucertola campestre (*Podarcis siculus*), anch'essa inclusa nell'Allegato II della Convenzione di Berna, nonché il biacco (*Hierophis viridiflavus*), inserito nel medesimo Allegato.

Nel complesso, tra le specie considerate presentano maggiore rilievo comunitario l'averla piccola, per l'inserimento nell'Allegato I della Direttiva Uccelli, e la raganella sarda e il rospo smeraldino, per l'inclusione nell'Allegato IV della Direttiva Habitat.

4.6.1.4. **Interferenze e potenziali impatti ambientali**

Interferenze e impatti ambientali legati alla realizzazione dell'invaso

La realizzazione della vasca di laminazione comporta una trasformazione permanente dell'assetto morfologico dell'area, attualmente caratterizzata da superfici agricole pianeggianti. L'intervento determina la perdita della destinazione agricola originaria delle superfici interessate e la sostituzione dell'attuale copertura erbacea con un'area modellata a bacino, destinata a inerbimento e gestione estensiva. Le operazioni di scavo, con movimentazione di volumi significativi di terreno, comportano la rimozione dello strato superficiale di suolo (topsoil) e una temporanea alterazione delle caratteristiche pedologiche. In fase di cantiere potranno verificarsi emissioni diffuse di polveri dovute alle attività di scavo e movimentazione dei materiali, emissioni acustiche connesse all'utilizzo di mezzi meccanici e potenziale compattazione del suolo nelle aree di transito e di stoccaggio temporaneo. È inoltre previsto un temporaneo incremento del traffico veicolare per il trasporto dei materiali non riutilizzati in sito.

Dal punto di vista ecologico, la trasformazione delle superfici coltivate e incolte può determinare la perdita di microhabitat utilizzati da specie nidificanti a terra, quali l'allodola (*Alauda arvensis*) e la calandra (*Melanocorypha calandra*), qualora presenti nel periodo riproduttivo. Si evidenzia tuttavia che tali superfici risultano già soggette a lavorazioni agricole periodiche che comportano un disturbo ricorrente.

In fase di esercizio, la vasca sarà normalmente asciutta e si configurerà come superficie inerbita. Durante gli eventi di piena si verificherà un allagamento temporaneo dell'area, con successivo ritorno alle condizioni asciutte. Tale dinamica non comporta un'alterazione continua dell'habitat, ma introduce una variabilità idrica episodica che potrebbe favorire, nel tempo, lo sviluppo di comunità erbacee più diversificate rispetto all'attuale uso agricolo.

Nel complesso, gli impatti legati alla realizzazione dell'invaso risultano permanenti sotto il profilo

morfologico e dell'uso del suolo, ma localizzati e mitigabili sotto il profilo ecologico.

Interferenze e impatti ambientali legati alla risagomatura del canale esistente

La risagomatura del canale a cielo aperto comporta interventi di regolarizzazione della sezione idraulica e di modellazione delle sponde, con rimozione della vegetazione attualmente presente lungo gli argini.

Durante la fase di cantiere si registreranno movimentazioni di terra e asportazione dei roveti e della vegetazione arbustiva spondale, con conseguente perdita locale di habitat utilizzati dall'avifauna di margine e da piccoli vertebrati. Tale intervento potrà determinare un impatto temporaneo sulla fauna che utilizza questi microambienti, in particolare sull'avifauna nidificante associata ai roveti e su eventuali anfibi presenti nel canale.

La modifica della struttura vegetazionale lineare rappresenta l'interferenza ecologica più significativa connessa a questo intervento. Tuttavia, le interferenze risultano limitate allo sviluppo del canale e circoscritte nel tempo alla durata del cantiere.

Non sono interessati habitat naturali di interesse comunitario ai sensi della Direttiva 92/43/CEE né ecosistemi naturali strutturati di elevata valenza ecologica.

In fase di esercizio, il canale manterrà la propria funzione idraulica in assetto regolarizzato; l'impatto permanente principale riguarda la modifica della vegetazione spondale, effetto che risulta mitigabile mediante le misure compensative previste, tra cui la ricostituzione di fascia arbustiva a rovo in area non interferente con la funzionalità idraulica.

Nel complesso, gli impatti legati alla risagomatura del canale sono valutabili come moderati, localizzati e mitigabili, con incidenza prevalente sulla componente vegetazionale lineare e sugli habitat secondari ad essa associati.

4.6.1.5. Misure di mitigazione e compensazione

Le misure previste sono finalizzate a ridurre le interferenze generate dall'intervento e a mantenere la funzionalità ecologica dell'area, con particolare attenzione all'avifauna tipica degli ambienti agricoli aperti e delle fasce di margine.

Durante la fase di cantiere, le lavorazioni maggiormente invasive, quali movimenti terra e risagomatura del canale, saranno programmate, ove tecnicamente compatibile, al di fuori del periodo riproduttivo principale dell'avifauna agricola, indicativamente compreso tra marzo e luglio. Tale misura è finalizzata alla tutela di specie nidificanti a terra, come l'allodola, e di specie legate ai margini vegetati, quali calandra, saltimpalo e averla piccola.

Qualora esigenze operative richiedano interventi nel periodo riproduttivo, sarà effettuata una verifica preventiva da parte di un tecnico qualificato per accertare l'eventuale presenza di nidi attivi nelle superfici incolte o nei roveti. In caso di accertata nidificazione, saranno individuate micro-aree di rispetto temporaneo fino al completamento del ciclo riproduttivo, compatibilmente con le esigenze di sicurezza del cantiere.

Particolare attenzione sarà posta alla rimozione dei roveti lungo il canale, che avverrà in modo graduale e non simultaneo sull'intero sviluppo lineare, al fine di limitare la perdita improvvisa di habitat per l'avifauna. A compensazione della vegetazione rimossa, potrà essere prevista la realizzazione di una fascia arbustiva a rovo in area marginale della vasca, non interferente con la funzionalità idraulica. Tale fascia sarà dimensionata in modo equivalente o superiore alla superficie rimossa e sarà gestita con modalità estensive, garantendo nel tempo la disponibilità di habitat idonei per specie di interesse conservazionistico, tra cui l'averla piccola, inserita nell'Allegato I della Direttiva 2009/147/CE.

Gli esemplari di leccio presenti lungo il canale saranno integralmente mantenuti e protetti durante le lavorazioni, evitando interferenze con gli apparati radicali. La conservazione di tali elementi arborei contribuisce al mantenimento della struttura ecologica dell'area.

I due individui di *Olea europaea* presenti nella parte centrale dell'area della vasca potranno essere espantati e riutilizzati nelle aree limitrofe.

Per quanto riguarda la fauna anfibia potenzialmente presente nel canale, le lavorazioni saranno programmate, ove possibile, al di fuori del periodo primaverile di maggiore sensibilità riproduttiva, e sarà effettuata una verifica preliminare della presenza di individui prima dell'avvio degli interventi sulle sponde. Le sponde saranno modellate con pendenze dolci, evitando configurazioni che possano costituire barriere o trappole ecologiche.

È inoltre prevista la rimozione delle specie vegetali non autoctone presenti (yucca e fico d'India), con sostituzione mediante sistemazioni a verde coerenti con il contesto rurale e con vegetazione autoctona. Le superfici finali saranno inerbite con miscugli compatibili con l'ambiente locale e gestite con modalità estensive, evitando sfalci simultanei sull'intera area.

Nel loro complesso, le misure previste consentono di ridurre gli impatti temporanei legati al cantiere e di compensare la perdita di vegetazione lineare, mantenendo condizioni di idoneità ambientale per l'avifauna agricola e di margine.

4.6.1.6. Documentazione fotografica



Foto 1: Il canale di scolo a cielo aperto. Sulla sinistra in primo piano la particella ad incolto e sullo sfondo quella a seminativo interessate dalla realizzazione della vasca. Il canale e gli argini sono coperti da vegetazione erbacea spontanea a prevalenza di graminacee e specie nitrofile.



Foto 2: Il canale e un'area a seminativo interessata dalla realizzazione della vasca.



Foto 3: Argine del canale interessato dalla presenza di una macchia di rovo.



Foto 4: Attraversamento del canale per l'ingresso in un'azienda privata con gli esemplari di yucca lungo l'argine.



Foto 5: L'argine del canale con gli esemplari di yucca e la stazione a oleandro.



Foto 6: Parte bassa del canale con vegetazione erbacea ruderale e nitrofila.



Foto 7: Argine del canale con la macchia di *Quercus ilex* (leccio).



Foto 8: Argine del canale con presenza di fico d'India



Foto 9: Argine del canale con vegetazione erbacea mista e fico d'India.



Foto 10: Il canale con vegetazione erbacea varia.



Foto 11: Seminativo nell'area di realizzazione della vasca, vista da ovest.

4.7. Rumore

Quadro normativo di riferimento

Le normative generali che disciplinano la materia sono le seguenti:

- Legge 26 Ottobre 1995, n° 447 (Legge Quadro sull'inquinamento acustico): questa legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico;
- D.M. 11 Dicembre 1996 (Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo): questo decreto definisce gli impianti a ciclo produttivo continuo, classifica gli impianti esistenti e gli impianti nuovi e indica i criteri di applicabilità del criterio differenziale;
- D.P.C.M. 14 Novembre 1997 (Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore): questo decreto contiene le definizioni e le quantificazioni relative ai valori di emissione, immissione, differenziali, di attenzione e di qualità che le attività umane sono tenute a rispettare;
- D.P.C.M. 05 Dicembre 1997 (Determinazione dei requisiti acustici degli edifici): questo decreto disciplina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici, i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, rivolto ai progettisti e costruttori;
- Decreto Ministero Ambiente 16 Marzo 1998 (Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico): questo decreto riporta le modalità sulla base delle quali il tecnico competente in acustica deve effettuare le misurazioni fonometriche e redigere il conseguente rapporto di valutazione;
- Deliberazione R.A.S. n° 62/9 del 14/11/2008: "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale e disposizioni in materia di acustica ambientale".
- D.Lgs. 152/2006 Norme in materia ambientale: regola la protezione dell'ambiente in generale e include anche disposizioni relative alla gestione dell'inquinamento acustico, al monitoraggio e all'adozione di misure di contenimento dell'impatto acustico;
- D.Lgs. 194/2005 - Attuazione della Direttiva 2002/49/CE sul rumore ambientale: questo decreto recepisce a livello italiano la Direttiva Europea 2002/49/CE sul rumore ambientale. La legge impone agli Stati membri di determinare l'esposizione al rumore nelle aree urbanizzate e di creare mappe del rumore per monitorare l'impatto acustico delle diverse fonti di rumore sul territorio;
- D.Lgs. 10 aprile 2006, n. 195 "Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore);
- D.Lgs. 81/2008 "Testo unico della Sicurezza";
- Decreto Legislativo 4 settembre 2002, n. 262 - Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto;
- Legge 31 ottobre 2003, n. 306 - "Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003";
- D.P.R. 19.10.2011, n.227 "Semplificazione adempimenti amministrativi in materia ambientale;
- Legge 30 ottobre 2014 n. 161 – Disposizioni per l'adempimento degli obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia all'Unione europea – Legge europea 2013 –bis;

- D.Lgs. 17.02.2017, n. 41 Disposizioni per l'armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico con la direttiva 2000/14/CE e con il regolamento (CE) n. 765/2008, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere i), l) e m) della legge 30 ottobre 2014, n. 161;
- Decreto Legislativo 17 febbraio 2017, n. 42 - Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161;
- UNI ISO 9613-2:2024 Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 2: Metodo tecnico progettuale per la previsione di livelli di pressione sonora all'aperto.

Classe acustica dell'area di studio

L'area circostante viene classificata in zona di classe III ai sensi della Classificazione Acustica del Comune di Sanluri, ovvero aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali e uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici; aree portuali a carattere turistico.

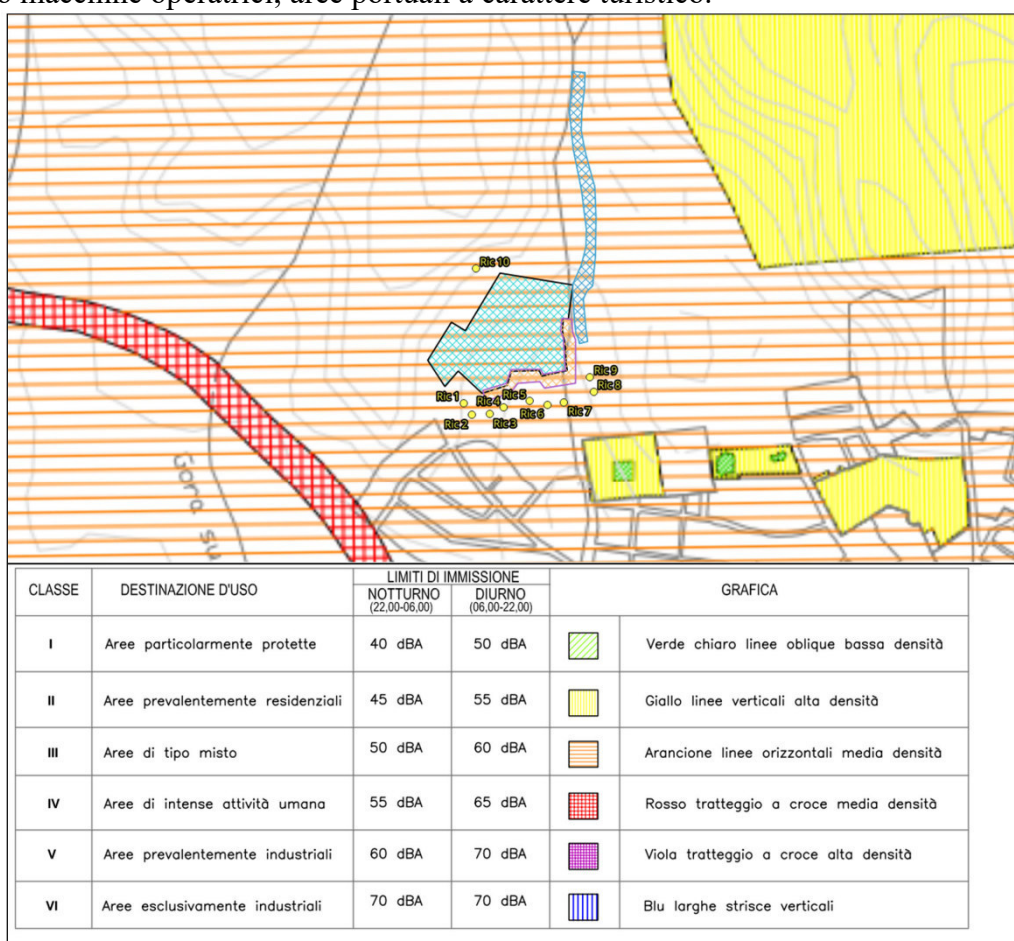


Figura 47 - Piano di classificazione acustica Comunale

Il territorio oggetto degli interventi in progetto può essere acusticamente descritto, nel suo stato ante-opera, come un territorio sostanzialmente ad uso residenziale e caratterizzato da impatti acustici

connessi all'utilizzo antropico del territorio nelle parti urbanizzate.

Non sono presenti nell'area realtà produttive significative che si possano configurare come sorgenti di rumore e pertanto la sola sorgente di rumore in grado di caratterizzare il territorio e costituita dal traffico veicolare che caratterizza la viabilità principale, come pure la viabilità minore della zona.

Sulla base di quanto sopra riportato, è possibile affermare che il territorio oggetto di intervento si trova sostanzialmente in uno stato acustico di relativa quiete, ad esclusione delle zone esposte al rumore prodotto dal traffico veicolare.

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di una vasca di laminazione in derivazione, che consente di accumulare le portate di piena non smaltibili dal canale tombato esistente e restituirle solamente quando questo sia in grado di recepirle. Inoltre, l'intervento prevede la risagomatura della sezione utile al deflusso del rio Tramamma.

Gli interventi principali prevedono:

1. Allestimento cantiere;
2. Scavo per la realizzazione delle vasche di laminazione;
3. Operazioni di carico materiale di scavo;
4. Risagomatura argine;
5. Pulizia canale.

L'impatto acustico di progetto si limiterà esclusivamente alle attività di cantiere, necessarie per la realizzazione delle opere, così come descritte nel quadro progettuale e si configura come significativo nelle aree immediatamente circostanti alle zone di lavoro. Gli impatti sulla componente rumore saranno determinati dalla rumorosità intrinseca dei macchinari impiegati per lo svolgimento delle attività previste per gli scavi e la realizzazione dell'opera e dalle attività ad essa connesse.

Per il tipo di valutazioni compiute in relazione alla natura di cantiere analizzato, è comunque possibile in questa sede affermare che gli interventi progettuali previsti potrebbero determinare, anche se per brevi periodi, condizioni di elevato impatto acustico nei confronti delle abitazioni e dei territori circostanti le aree di lavoro. Da quanto sopra consegue che per l'esecuzione dei lavori si dovrà ricorrere a specifica autorizzazione in deroga.

Relativamente alla logistica di cantiere, è inoltre possibile prevedere azioni atte a limitare, il più possibile alla fonte, il livello di rumorosità dei macchinari impiegati. A tale scopo si riportano le seguenti prescrizioni e attenzioni.

Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazioni:

- utilizzo di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali;
- impiego, se possibile, di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- installazione, se già non previsti e in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati.

Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature:

- eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione e ingrassaggio;
- sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
- controllo e serraggio delle giunzioni;
- bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;

- manutenzione delle sedi stradali interne alle aree di cantiere e delle piste esterne al fine di evitare la formazione di buche.

Transito dei mezzi pesanti:

- riduzione delle velocità di transito in presenza di residenze nelle immediate vicinanze delle piste di cantiere;
- limitazione dei transiti dei mezzi nelle prime ore della mattina e nelle ore serali.

Per maggiori dettagli si rimanda allo studio acustico.

4.8. Vibrazione

Quadro normativo di riferimento

- ISO 2631 “Valutazione sull’esposizione del corpo umano alle vibrazioni”;
- ISO 4866 (edizione 1990) Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici;
- UNI 9614 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”;
- UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici",
- DIN 4150-3 1999 Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti.

Stima degli impatti

Le vibrazioni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta e sugli edifici. Il disturbo sulle persone dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. Le vibrazioni possono in alcune situazioni, od in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica, causare danni agli edifici. Tali situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici di “disturbo”.

L'attività di cantiere può essere fonte di interferenze con gli edifici limitrofi attraverso trasmissione di moti vibratorii causati dalle lavorazioni. Alcuni aspetti sono di carattere generale mentre l'individuazione e la risoluzione di problemi specifici deve essere affrontata attraverso la conoscenza delle caratteristiche del cantiere stesso, delle lavorazioni che si andranno ad eseguire, dei quantitativi di materiale in gioco e della loro modalità di trasporto, del personale presente e della organizzazione del lavoro.

Le fasi di lavoro maggiormente impattanti dal punto di vista della componente sono le seguenti:

- operazioni di scavo;
- movimentazione di mezzi di cantiere (traffico indotto).

Le situazioni di criticità in fase di cantiere dipendono comunque, non solo dalla tipologia delle lavorazioni svolte, ma anche dalla loro durata.

L'impatto delle vibrazioni potrà essere risentito dai ricettori residenziali prossimi alle aree di intervento.

4.9. Popolazione e salute umana

L'obiettivo del progetto è la messa in sicurezza del territorio e gli interventi previsti determinano prevalentemente impatti positivi nell'area di intervento che si ripercuotono sulla popolazione e sulle attività presenti. Il centro abitato di Sanluri è costituito da 8'091 abitanti (aggiornamento marzo 2024) e si sviluppa prevalentemente a Sud dell'area di intervento.

Gli unici impatti negativi sulla salute umana sono di lieve entità e riguardano solamente la fase di cantiere. Gli aspetti del presente progetto che possono influire sullo stato della salute pubblica riguardano principalmente:

- alle emissioni di aero inquinanti;
- all'inquinamento del suolo e delle acque superficiali o sotterranee;
- all'alterazione del clima acustico;
- all'insorgere di vibrazioni.

Gli aspetti sopra elencati sono stati trattati nel dettaglio nei precedenti paragrafi attraverso l'analisi delle "pressioni" prodotte dal progetto sulle singole componenti. L'analisi della compatibilità delle opere in progetto e del loro esercizio in relazione alle ricadute dirette e indirette sul benessere e la salute della popolazione coinvolta viene pertanto affrontata nel presente come sintesi delle risultanze delle analisi eseguite sulle componenti ambientali sopra indicate.

Atmosfera. In fase di esercizio non ci si attende un impatto significativo. Per la fase di realizzazione dell'opera, l'interferenza risulta circoscritta ad ambienti ristretti nell'intorno delle aree di lavoro e lungo la viabilità interessata dal transito dei mezzi di cantiere. Per quanto riguarda le sostanze aeronquinanti l'aspetto più significativo in fase di cantiere è certamente costituito dalla produzione di polveri. Le operazioni di scavo e movimentazione delle terre possono, infatti, comportare localmente elevati valori di concentrazione delle polveri. In relazione ai contesti nei quali si collocano i cantieri in oggetto, risulta essere di fondamentale importanza l'efficacia degli interventi di controllo preventivo della dispersione delle polveri. Pur tenendo conto del carattere temporaneo di queste attività la presenza di polveri può avere ricadute sulla salute pubblica sia dal punto di vista patologico (aggravamenti nei soggetti asmatici e allergici) sia dal punto di vista della vivibilità. A fine di limitare l'impatto andranno rispettate tutte le prescrizioni gestionali che portano ad una diminuzione della dispersione delle polveri in atmosfera (recinzioni con teli antipolvere, bagnatura periodica).

Suolo ed acque superficiali e sotterranee. Le problematiche sulla salute pubblica legate a tale aspetto riguardano soprattutto la fase di costruzione dell'opera, ed in particolare i potenziali rischi di inquinamento dei suoli. In tal senso si evidenzia il potenziale inquinamento derivante dalle lavorazioni connesse alla costruzione delle fondazioni dell'opera di presa e il rischio di inquinamento da oli minerali e metalli derivante da sversamenti accidentali. Per escludere il rischio di inquinamento, nell'ambito delle analisi ambientali svolte nel SIA sono stati individuati una serie di prescrizioni e interventi nelle aree di cantiere che dovranno essere realizzati durante la fase di realizzazione dell'opera. Tali misure consentono di norma di evitare l'insorgere di ricadute sulla salute pubblica.

Rumore. La progettazione degli interventi di mitigazione del rumore ha richiesto la preventiva definizione e classificazione del sistema ricettore. Per maggiori dettagli si rimanda allo studio acustico allegato. Gli impatti sono relativi alla sola fase di cantiere per la quale sono state individuate le principali criticità determinate dalla presenza di alcuni ricettori residenziali. Precise misure gestionali da adottare nella conduzione dei cantieri consentiranno di contenere l'insorgere di situazioni di impatto per assicurare il rispetto di criteri di compatibilità sotto il profilo della salute pubblica.

Vibrazioni. L'insorgere di fenomeni vibratori tali da arrecare un significativo disturbo alla popolazione sono da ricercarsi esclusivamente nella fase di cantiere durante la realizzazione delle opere di fondazione, nelle operazioni di scavo.

L'impatto prodotto dalle vibrazioni e dal rumore che potranno verificarsi durante l'esercizio delle attività di cantiere verrà attenuato rispettando le seguenti prescrizioni:

- selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali;
- impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate; installazione di silenziatori sugli scarichi in particolare sulle macchine di una certa potenza;
- utilizzo di impianti fissi schermati;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e di compressori di recente fabbricazione e insonorizzati.
- minimizzazione delle emissioni gassose dei motori, adottando accorgimenti procedurali quali lo spegnimento dei mezzi in caso di sosta prolungata e l'impiego di biocarburanti;
- dovrà essere evitata la produzione di polveri, avendo cura di bagnare continuamente le piste per il movimento dei mezzi di scavo e trasporto, e di mantenere, il materiale depositato e in attesa di essere posato in opera, con un sufficiente grado di umidità.

4.10. Modificazione del paesaggio

Il Piano Paesaggistico Regionale è uno strumento che disciplina e promuove la valorizzazione del territorio sardo, attraverso la tutela degli elementi ritenuti fondamentali per lo sviluppo come i caratteri, le tipologie, le forme e gli innumerevoli punti di vista del paesaggio sardo, costituito dalle interazioni della naturalità, della storia e della cultura delle popolazioni locali.

Il PPR assicura nel territorio regionale un'adeguata tutela e valorizzazione del paesaggio e costituisce il quadro di riferimento e di coordinamento per gli atti di programmazione e di pianificazione regionale, provinciale e locale per lo sviluppo sostenibile. Il PPR persegue le seguenti finalità:

- a) Preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo;
- b) Proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale e la relativa biodiversità;
- c) Assicurare la salvaguardia del territorio e promuoverne forme di sviluppo sostenibile, al fine di conservarne e migliorarne la qualità.

Il PPR ha contenuto descrittivo, prescrittivo e propositivo e in particolare:

- a) Ripartisce il territorio regionale in ambiti di paesaggio;
- b) Detta indirizzi e prescrizioni per la conservazione ed il mantenimento degli aspetti significativi o caratteristici del paesaggio e individua le azioni necessarie al fine di orientare e armonizzare le sue trasformazioni in una prospettiva di sviluppo sostenibile;
- c) Indica il quadro delle azioni strategiche da attuare e dei relativi strumenti da utilizzare per il perseguimento dei fini di tutela paesaggistica;
- d) Configura un sistema di partecipazione alla gestione del territorio, da parte degli enti locali e delle popolazioni nella definizione e nel coordinamento delle politiche di tutela e valorizzazione paesaggistica, avvalendosi anche del Sistema Informativo Territoriale Regionale (S.I.T.R.).

I principi contenuti nel PPR, assunti a base delle azioni da attuare per il perseguimento dei fini di tutela paesaggistica, costituiscono il quadro di riferimento e coordinamento per lo sviluppo sostenibile del territorio regionale, fondato su un rapporto equilibrato tra i bisogni sociali, l'attività economica e l'ambiente, in coerenza con la Convenzione Europea del Paesaggio e con lo Schema di Sviluppo dello Spazio Europeo.

Le disposizioni del PPR sono cogenti per gli strumenti urbanistici dei Comuni e delle Province e sono

immediatamente prevalenti sulle disposizioni difformi eventualmente contenute negli strumenti urbanistici.

Per quanto attiene alla tutela del paesaggio, le disposizioni del PPR sono comunque prevalenti sulle disposizioni contenute negli altri atti di pianificazione ad incidenza territoriale previsti dalle normative di settore, comprese quelle degli enti gestori delle aree protette, qualora siano meno restrittive.

Beni paesaggistici [Art. 143 - Art 142]. I beni paesaggistici sono quegli elementi territoriali, areali o puntuali, di valore ambientale, storico culturale e insediativo che hanno carattere permanente e sono connotati da specifica identità, la cui tutela e salvaguardia risulta indispensabile per il mantenimento dei valori fondamentali e delle risorse essenziali del territorio, da preservare per le generazioni future. Nelle norme di attuazione del PPR vengono elencati al punto n.2 dell'Art. 8 "Disciplina dei beni paesaggistici e degli altri beni pubblici" le categorie di beni soggetti a tutela.

Stato di qualità ante operam

Allo stato attuale dell'area d'intervento non si riscontrano caratteristiche rilevanti nella morfologia del territorio interessata dalle opere, tali da subire sensibili influenze a seguito della realizzazione dei lavori, in quanto l'area in cui verrà realizzata la vasca è situata in terreni a ridosso dell'abitato e si trova ai margini di un contesto già urbanizzato ed alterato dal punto di vista naturalistico e paesaggistico.

Individuazione degli impatti generati dal progetto

L'intervento si configura come una minima modifica dello stato attuale e gli effetti dell'opera in progetto sul paesaggio sono da considerarsi limitati in quanto si interviene senza stravolgere l'attuale assetto ed equilibrio del territorio.

L'impatto paesaggistico è modesto in quanto l'intervento in progetto riguarda un'area urbanizzata. Le interferenze del progetto possono essere considerate trascurabili poiché il manufatto è situato in luogo prevalentemente antropizzato.

L'opera ultimata presenterà tutti i benefici associabili alla riduzione del rischio idrogeologico di esondazione delle piene. L'intervento ridurrà la pericolosità e il rischio idraulico nelle aree del centro abitato a valle della vasca

Misure di mitigazione e compensazione

Ad opera terminata sarà opportuno provvedere, in sede di smobilitazione del cantiere, al ripristino della normale configurazione delle aree, che hanno subito una morfologica modificazione, a scopo cantieristico.

È necessario attuare delle misure di mitigazione al fine di limitare l'impatto visivo delle opere in progetto. La compatibilità paesaggistica e ambientale dell'intervento verrà garantita grazie alla semina delle scarpate e delle sponde interne degli argini e della vasca con essenze erbacee autoctone, riducendo così ulteriormente l'impatto visivo dell'opera.

Di seguito sono riportate le fotografie delle aree di intervento e le simulazioni fotografiche dello stato delle stesse aree dopo le lavorazioni in progetto.

Per la rappresentazione dei luoghi dopo l'intervento si riportano di seguito le foto dello stato attuale e le simulazioni fotografiche degli interventi proposti.

Le fotosimulazioni dell'intervento mostrano la compatibilità paesaggistica delle opere.

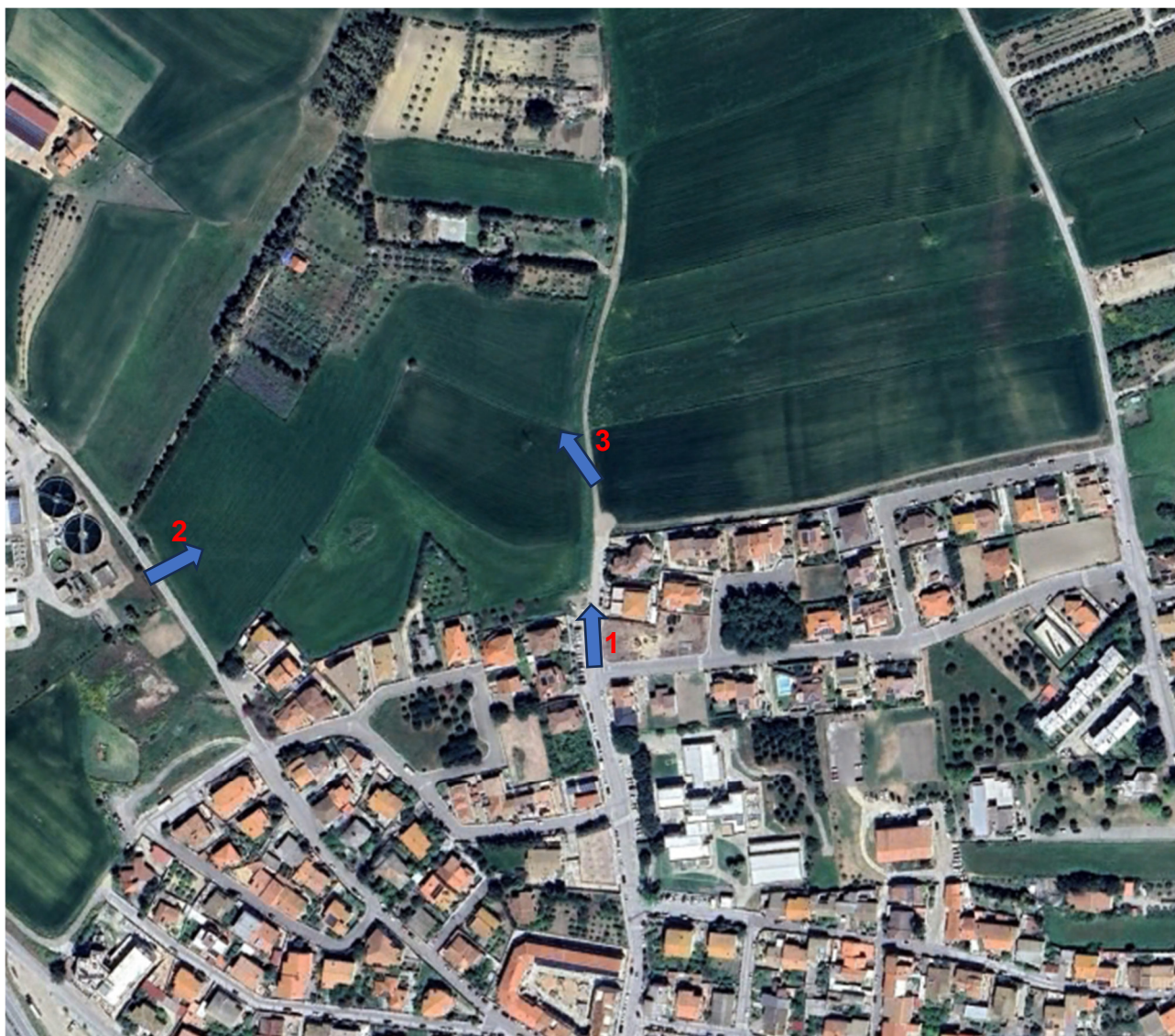


Figura 48 – Planimetria con l'indicazione delle viste.



Figura 49 – Vista 1: stato attuale.



Figura 50 – Vista 1: fotosimulazione.



Figura 51 – Vista 2: stato attuale.



Figura 52 – Vista 2: fotosimulazione.



Figura 53 – Vista 3: stato attuale.



Figura 54 – Vista 3: fotosimulazione.

4.11. Aspetti socio-economici

Fase di cantiere

Indotti occupazionali del cantiere. L'attivazione del cantiere genera un impatto positivo sul sistema socio-economico esprimibile in termini di indotti occupazionali anche se in via preliminare non è possibile quantificare con maggiore dettaglio l'entità. L'impatto considerato può essere classificato positivo in quanto gli indotti occupazionali generati dal cantiere possono incidere positivamente sulle condizioni socio-economiche locali, anche se riferibili alla sola durata del cantiere.

Occupazione delle aree interessate dalla realizzazione dell'opera. In fase di cantiere l'occupazione delle aree interessate dalla realizzazione delle opere genera un impatto diretto sull'alterazione del valore economico dei beni, infrastrutture, manufatti, attività economiche. L'impatto considerato può essere classificato come negativo per quel che riguarda l'occupazione fisica delle aree che comporta una perdita di superficie fondiaria utilizzabile per scopi agricoli anche se la superficie complessiva delle aree è relativamente limitata.

Impatti attesi a carico della mobilità. L'impatto riguarda principalmente gli effetti dovuti al transito di mezzi pesanti utilizzati per il trasporto del materiale scavato lungo il tragitto siti di deposito – cantiere. In questi termini gli impatti sul sistema infrastrutturale devono essere intesi sia come rischio di congestionamento della viabilità esistente (viabilità locale, strada comunale Villamar, E25, etc.), sia come effetti negativi sul sistema insediativo conseguenti al transito dei camion (produzione di polveri e rumori); è opportuno sottolineare che questi aspetti possono interessare anche elementi di viabilità non direttamente coinvolti dal tracciato di progetto. Il materiale prodotto durante le operazioni di scavo ($156'428 \text{ m}^3$) verrà collocato nei terreni individuati per il recupero ambientale, situati a una distanza media di circa 13 km dal cantiere; considerato un peso specifico del terreno di 1.7 t/m^3 e che gli automezzi utilizzati per il trasporto del materiale di escavo abbiano una capacità di carico di circa 25 tonnellate, si stimano circa 24 viaggi giornalieri e un totale di circa 3546 viaggi per 148 giorni (Tabella 12). Tale disagio è comunque limitato alla sola fase di cantiere e risolvibile mediante la deviazione del traffico: durante la cantierizzazione è necessario pianificare gli interventi che interessano la viabilità principale in modo da garantire la continuità dei collegamenti.

Tabella 12

Volumi di terra	[mc]	V	156428
Peso specifico terra	[t/mc]	Ps	1.7
Peso Totale	[t]	$P = V \times Ps$	265927.6
Carico medio camion	[t]	Cc	25
Velocità media camion	[km/h]	Vel_c	40
Distanza media	[km]	D	13
Tempo medio percorrenza	[min]	$Tm = D / Vel_c$	19.5
Tempi accessori	[min]	Ta	20
Tempo totale A/S/R	[min]	$Tt = 2Tm + Ta$	59
Viaggi al giorno per camion su 8h	n°	$Nvc = 8 \times 60 / Tt$	8
Numero di camion previsti	n°	Nc	3
Viaggi totali giornalieri	n°	Nvg	24
Viaggi totali	n°	$Nvt = P / (Cc \times nc)$	3546
Giorni totali	n°	$Gt = Nvt / Nvg$	148

Fase di esercizio

In fase di esercizio gli impatti sono da ritenersi positivi medi permanenti e derivanti dalla messa in sicurezza del territorio con la diminuzione del rischio.

5. Verifica di vulnerabilità del progetto rispetto al cambiamento climatico

Gli interventi previsti nel territorio Comunale di Sanluri, si rendono necessari per la risoluzione delle problematiche idrauliche che da decenni affliggono il territorio. L'area è interessata da un corso d'acqua il quale è stato tombato nel tratto di attraversamento dello stesso nell'abitato. A causa della ridotta sezione idraulica del canale, sono state frequenti le occasioni per le quali l'area è stata inondata, determinando conseguentemente condizioni di elevato rischio idraulico in una ampia area del centro urbano di Sanluri.

La presente verifica è stata redatta al fine di valutare la compatibilità dell'intervento progettuale di realizzazione della vasca di laminazione, con gli obiettivi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, tenendo conto quindi dei possibili effetti dei cambiamenti climatici futuri sull'opera in progetto.

A livello nazionale, il riferimento principale per tale tipologia di analisi è costituito dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Il PNACC, così come richiamato nel documento denominato "Strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici" (SRACC) e adottata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/71 del 22 maggio 2024, raccomanda infatti che tutte le Regioni si dotino di strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici.

Inoltre, la Sardegna ha pubblicato in data 25 Luglio 2025 le linee guida per l'integrazione della verifica climatica nelle valutazioni ambientali. Inoltre, la necessità di includere le verifiche climatiche nelle procedure di valutazione di impatto ambientale è stata definita con la deliberazione n.18/24 del 22.04.2026, "Modifiche alle Direttive regionali in materia di valutazione di impatto ambientale (V.I.A.) e di provvedimento autorizzatorio unico regionale (P.A.U.R.) approvate con la Delib.G.R. n. 11/75 del 24.3.2021."

Nel PNACC vengono inoltre individuati i principali rischi climatici a cui è esposto il territorio italiano e definisce le strategie di adattamento necessarie per ridurre la vulnerabilità degli ecosistemi, delle infrastrutture e delle attività antropiche. Tra i fenomeni ritenuti maggiormente rilevanti per il territorio nazionale rientrano gli eventi meteorologici estremi, l'aumento della frequenza delle precipitazioni intense e il conseguente incremento del rischio idraulico, aspetti che assumono particolare rilevanza per il presente intervento.

In questo contesto, la verifica di vulnerabilità del progetto ha l'obiettivo di determinare gli eventuali effetti dei cambiamenti climatici sul valore di precipitazione impiegato per il calcolo della portata di piena di progetto. Poiché gli scenari climatici futuri forniscono unicamente un dato di precipitazione a scala giornaliera, la verifica consiste nel confrontare la precipitazione delle 24 ore con tempo di ritorno di 200 anni prevista dai modelli climatici futuri con quella impiegata in progetto per il calcolo della portata, in modo da valutare gli eventuali effetti del cambiamento climatico previsti

Scenari di cambiamento climatico futuro

Per l'analisi dei possibili cambiamenti climatici futuri nell'area del Comune di Sanluri, sono stati considerati gli scenari forniti dal Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), l'organismo internazionale che si occupa proprio di valutare la scienza relativa ai cambiamenti climatici (<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>).

L'IPCC è stato istituito nel 1988 da due agenzie delle Nazioni Unite, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP), con l'obiettivo di fornire ai governi valutazioni periodiche e rigorose sulla base scientifica del cambiamento climatico, sui suoi impatti, sui rischi futuri e sulle possibili strategie di adattamento e mitigazione. Attualmente

l'IPCC si trova nel suo settimo ciclo di valutazione, iniziato nel luglio 2023, e continua a rappresentare un'interfaccia unica tra scienza e politica, grazie alla sua natura intergovernativa che coinvolge 195 paesi membri.

È importante sottolineare che l'IPCC non conduce ricerca propria, ma analizza e sintetizza la letteratura scientifica già pubblicata, grazie al lavoro volontario di centinaia di scienziati organizzati in tre gruppi di lavoro dedicati rispettivamente alla base fisica del clima, agli impatti e all'adattamento, e alla mitigazione delle emissioni. Un aspetto centrale del suo mandato è che le valutazioni sono definite "policy-relevant" ma non "policy-prescriptive": ciò significa che l'IPCC presenta ai decisori politici proiezioni e scenari futuri, evidenziando rischi e implicazioni delle diverse scelte possibili, senza però indicare quali politiche specifiche adottare. Proprio in questo si inserisce il valore degli scenari climatici elaborati dall'IPCC, costruiti su diverse ipotesi di andamento delle emissioni globali nei prossimi decenni: questi scenari permettono ai governi di comprendere le possibili traiettorie del clima futuro e di orientare le proprie decisioni di policy sulla base di basi scientifiche condivise e riconosciute a livello internazionale.

In tale verifica, sono stato considerati gli scenari climatici risultanti determinati nell'ambito del progetto CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), che costituisce uno dei principali dataset di input impiegati dal Working Group I dell'IPCC nell'ambito del Sesto Rapporto di Valutazione (AR6). Questi dati, derivanti dal confronto tra i modelli climatici globali sviluppati da diversi centri di ricerca internazionali, permettono di analizzare le proiezioni climatiche future secondo un quadro metodologico standardizzato e condiviso dalla comunità scientifica, garantendo così la coerenza e la confrontabilità dei risultati ottenuti. I dati dei modelli climatici forniscono, per un ampio numero di variabili climatiche, le proiezioni climatiche per il periodo futuro (2015–2100) e la ricostruzione delle stesse grandezze per il periodo storico (1850–2014) ottenute con diversi modelli climatici. Le serie storiche hanno una risoluzione spaziale di circa 100 km, mentre la risoluzione temporale disponibile è giornaliera e mensile. La Sardegna è ricompresa per la maggior parte all'interno di una cella (cella con il contorno giallo in Figura 55) e marginalmente in ulteriori 4 celle. La verifica climatica è stata condotta acquisendo i dati relativi alla cella indicata con il contorno giallo in Figura 55, in quanto è quella che ricopre per la maggior parte il territorio Regionale.

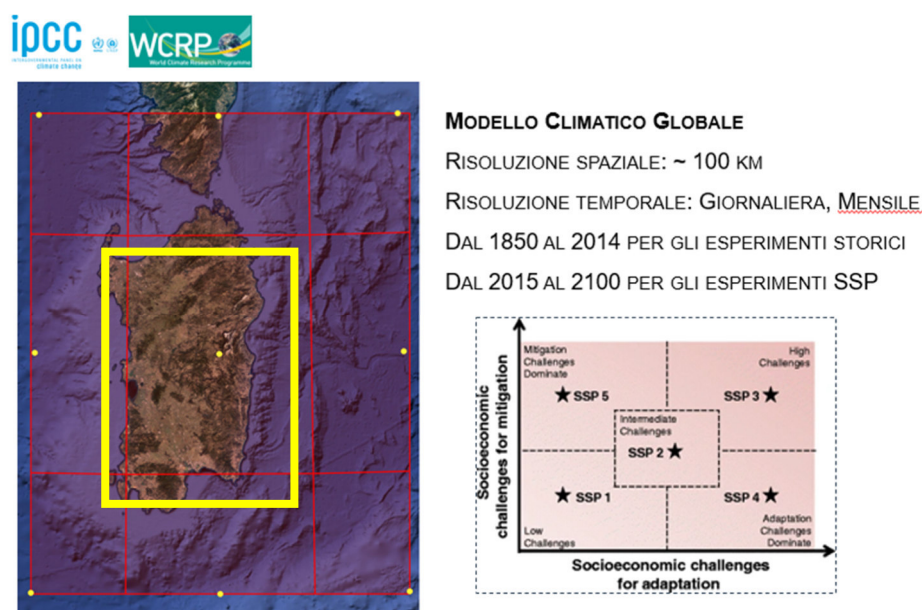


Figura 55 A sinistra la sovrapposizione delle celle di calcolo dei modelli climatici globali; a destra alcune informazioni relative ai modelli climatici.

Relativamente all'area del Mediterraneo, così come individuata nella Figura 56, i modelli climatici comparati nell'ambito del progetto CMIP6 (Figura 57), mettono in evidenza un generale incremento delle temperature medie annue fino a 8°C nel 2100, rispetto al periodo 1850-1900.

Per quanto riguarda il dato di precipitazione, emerge invece una marcata decrescita della precipitazione media annua fino al 30 % nel 2100 (Figura 58)

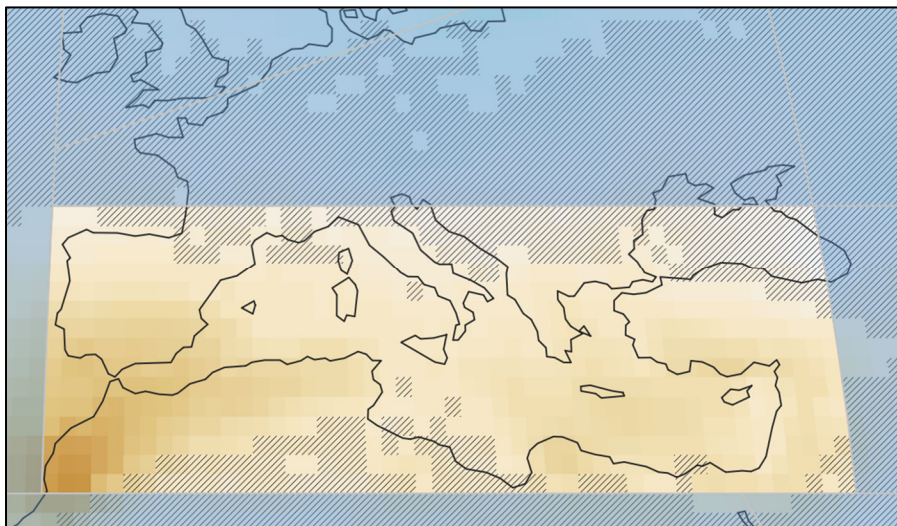


Figura 56 Mappa della fascia Mediterranea definita dall'IPCC relativa all'area per la quale sono stati estratti i dati delle due Figura 57e Figura 58.

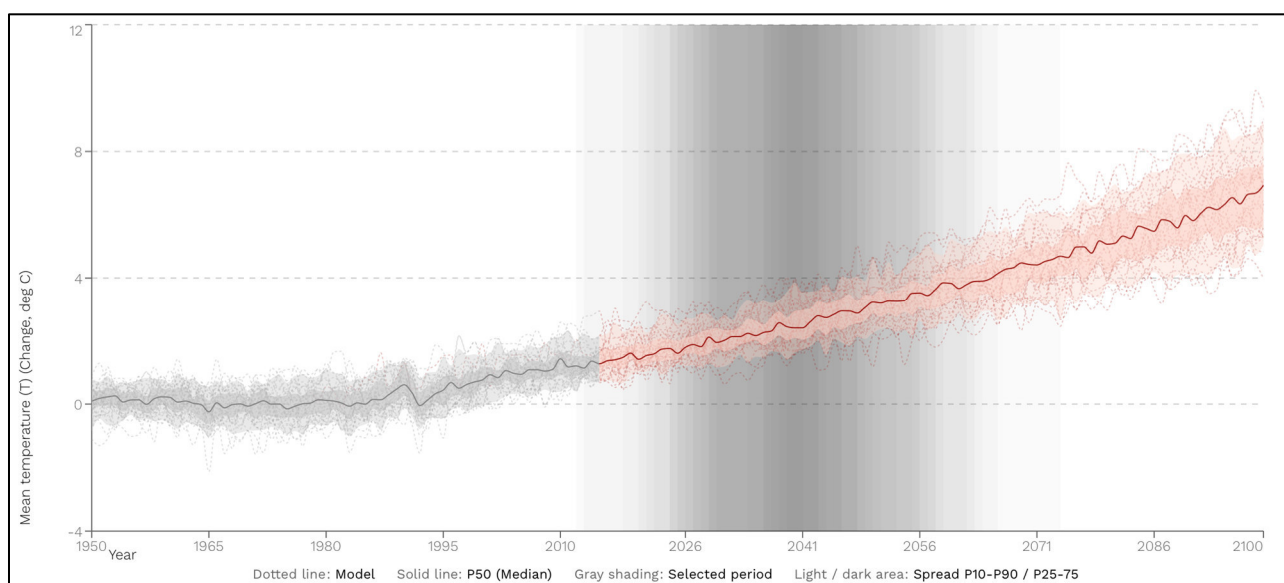


Figura 57 CMIP6: Variazione della temperatura stimata da 34 modelli climatici e valuta rispetto al periodo storico 1850-1900.

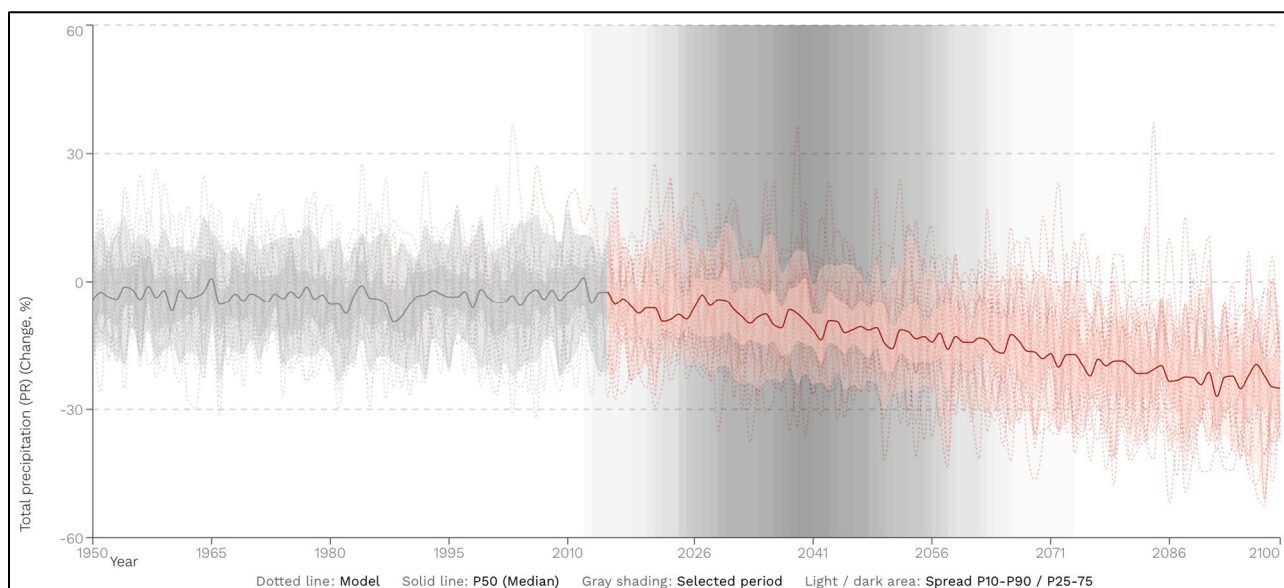


Figura 58 CMIP6: Variazione della precipitazione stimata da 34 modelli climatici e valuta rispetto al periodo storico 1850-1900.

Per condurre le analisi descritte nel presente paragrafo, è stato impiegato un solo scenario climatico fra quelli disponibili, il quale è stato selezionato seguendo l'approccio proposto negli studi di Montaldo N. e Oren R. (2018) e di Montaldo e Corona R. (2024), dove hanno verificato che tra tutti gli scenari climatici futuri resi disponibili dall'IPCC è opportuno selezionare i modelli in grado di riprodurre in maniera più affidabile le osservazioni storiche dell'area in esame. Per il territorio comunale di Sanluri è stato impiegato il modello MPI-ESM1-2-LR, che si è dimostrato adeguato a rappresentare i cambiamenti di precipitazione e temperatura dell'aria osservati in passato per un bacino sardo (Sirigu S. e Montaldo N., 2022).

Prima di poter essere utilizzati, i dati climatici storici e futuri del modello MPI-ESM1-2-LR, nello scenario SSP370 (forcing radiativo da medio ad alto, pari a $7,0 \text{ W/m}^2$ nel 2100), sono stati processati in modo da poter riscaldare i dati dei modelli climatici, la cui risoluzione può arrivare è di circa 100 km, ad una scala locale di bacino. Il metodo del bias correction (Figura 59), oltre alla risoluzione del problema del disallineamento di scala spaziale, applica delle metodologie statistiche che eliminano eventuali errori sistematici presenti nei modelli climatici. Lo scenario climatico futuro è stato generato fino al 2100 per l'area del Comune di Sanluri a partire dalle previsioni del modello MPI-ESM1-2-LR, mediante la tecnica di correzione multivariata "bias correction" (Cannon, 2018). La tecnica utilizza i dati meteorologici osservati al suolo — in questo caso le osservazioni giornaliere della stazione storica Sanluri FC ONC, nel periodo di riferimento 2000–2014 per correggere le proiezioni del modello climatico. L'algoritmo procede in tre fasi: 1) costruzione di una matrice di rotazione ortogonale casuale a distribuzione uniforme, applicata sia ai dati osservati sia ai dati storici del modello climatico; 2) correzione delle distribuzioni marginali dei dati ruotati mediante una mappa quantile-quantile empirica; 3) applicazione della rotazione inversa ai dati corretti. Le tre fasi vengono ripetute fino a convergenza della distribuzione multivariata verso la distribuzione target. Questa procedura ha permesso di effettuare il downscaling statistico della serie futura di precipitazione, portandola dalla risoluzione originaria di circa 150 km ($1,25^\circ$ di latitudine e $1,87^\circ$ di longitudine) alla scala del Comune di Sanluri.

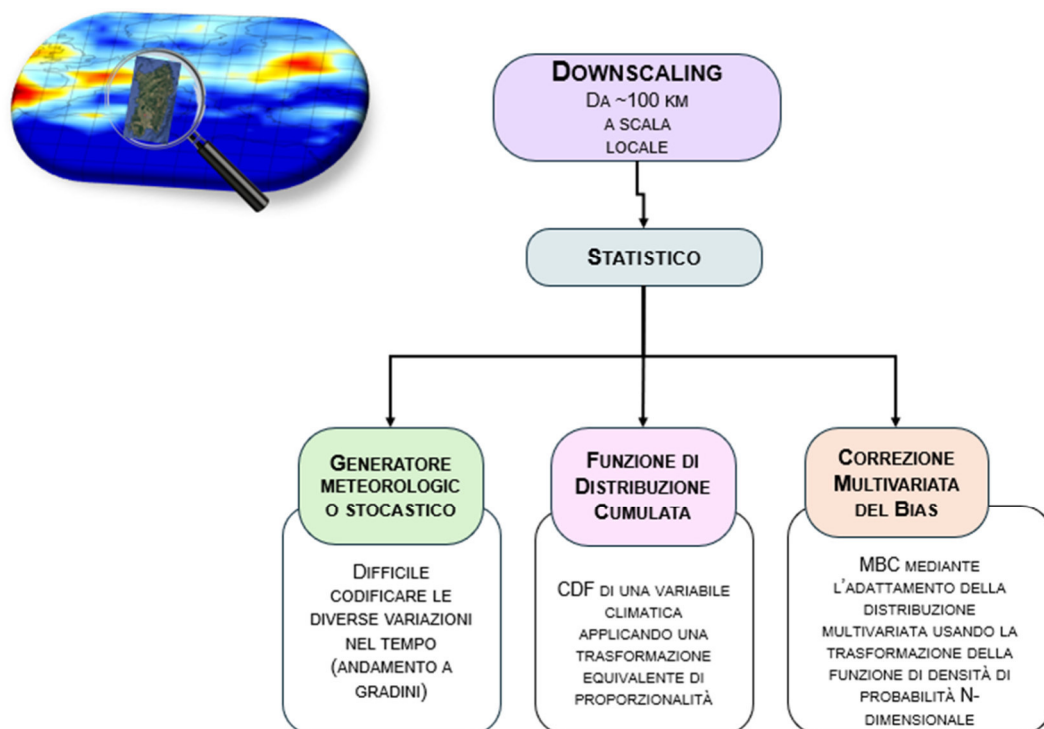


Figura 59 Schema concettuale del metodo del downscaling mediante la tecnica del bias correction

Gli effetti del downscaling statistico sulla serie dei dati di precipitazione sono visibili dal confronto fra le serie dei massimi valori di precipitazione giornaliera downscalata e non downscalata, Figura 60. Emerge che a seguito del downscaling vi sia un sostanziale modifica dei valori di precipitazioni, i quali risultano maggiori rispetto al dato del modello climatico non modificato e corretto statisticamente.

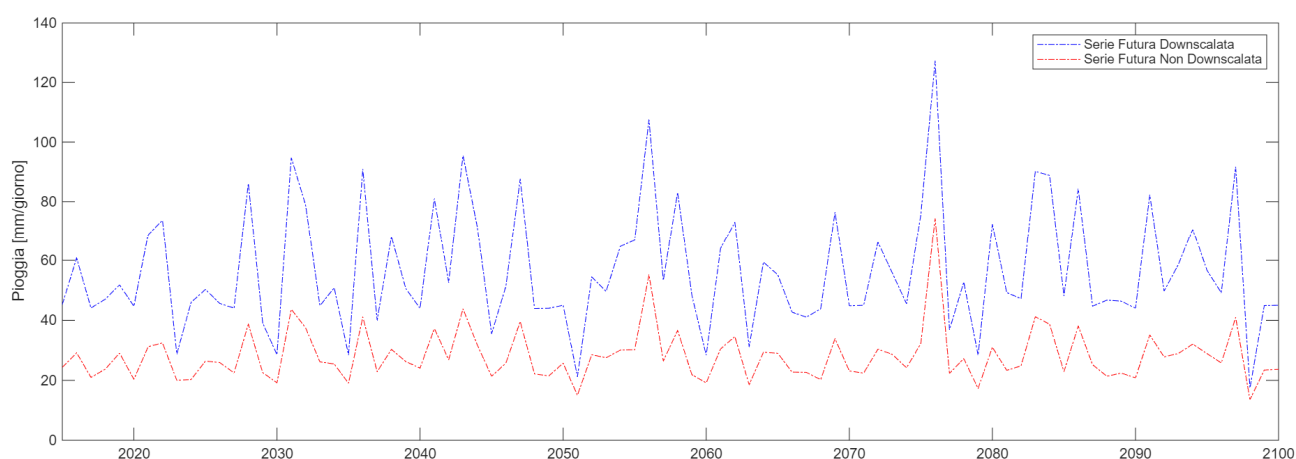


Figura 60 Confronto fra le serie del dato di massima precipitazione annua del modello climatico downscalate (colore blu) e non downscalate (colore rosso).

Determinazione dell'altezza di precipitazione futura

Dalla serie di precipitazione futura downscalata è stata stimata, tramite la distribuzione lognormale, l'altezza di pioggia giornaliera con tempo di ritorno (Tr) pari a 200 anni (Figura 61): il valore ottenuto è pari a 106.2 mm. Utilizzando invece la curva di possibilità pluviometrica regionale GEV adottata in progetto, si ottiene un valore della pioggia giornaliera pari a 104.59 mm, sostanzialmente in linea con quello ottenuto dal modello climatico per il periodo futuro.

Il risultato ottenuto mette in evidenza come la curva di possibilità pluviometrica GEV utilizzata in progetto fornisca stime molto vicine con quelle dello scenario di precipitazione futura, senza significativi scostamenti. Ciò indica che l'opera in progetto risulta dimensionata anche rispetto alle proiezioni climatiche future per il tempo di ritorno considerato.

A conferma di questo risultato, l'analisi è stata ripetuta utilizzando direttamente il dato IPCC non corretto, così da verificare la sensibilità del risultato rispetto alla tecnica di downscaling. In questo caso, l'altezza di pioggia di durata 24 ore con $Tr = 200$ anni, stimata con distribuzione lognormale, risulta pari a 55 mm (Figura 62), un valore nettamente inferiore a quello ottenuto con la serie downscalata (106.2 mm), e prossimo a quello che si otterrebbe dalla curva GEV di progetto per un tempo di corrvazione di 0.5 ore e comunque inferiore a quello reale del bacino (0.64 ore). Anche in questo caso, quindi, il valore climatico futuro risulta inferiore a quello impiegato in progetto.

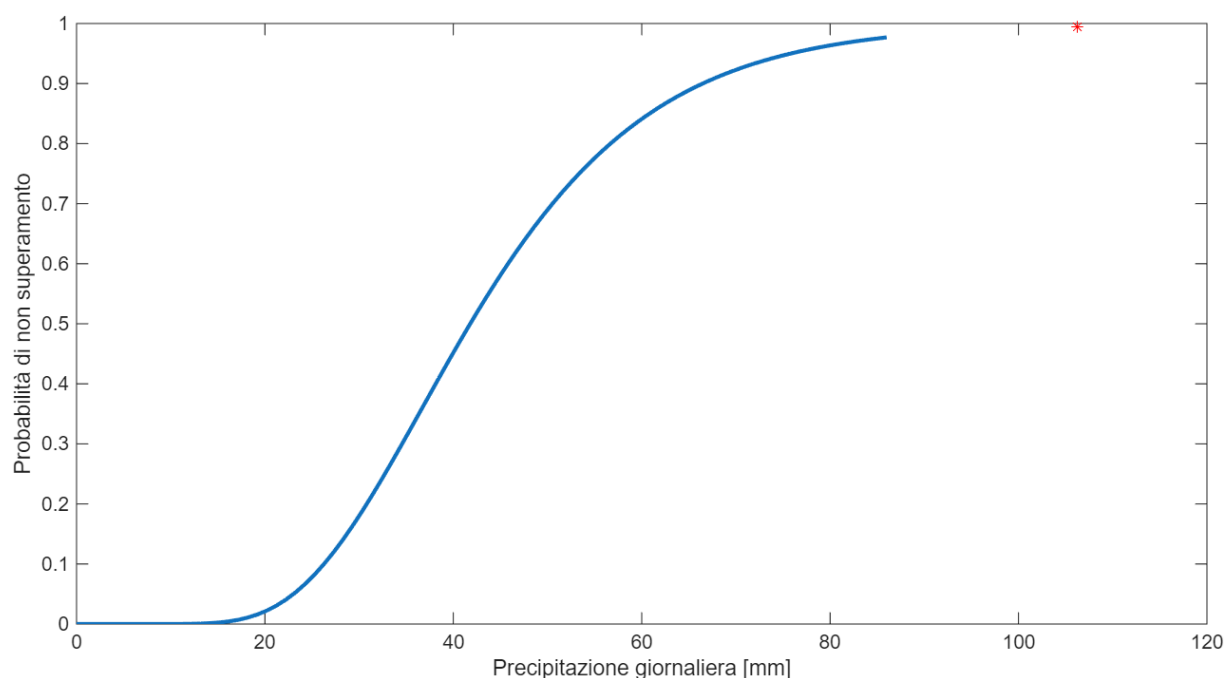


Figura 61 Distribuzione di Probabilità per la serie di precipitazione futura giornaliera downscalata. Il simbolo rosso indica la stima della precipitazione giornaliera associata al Tr 200 anni.

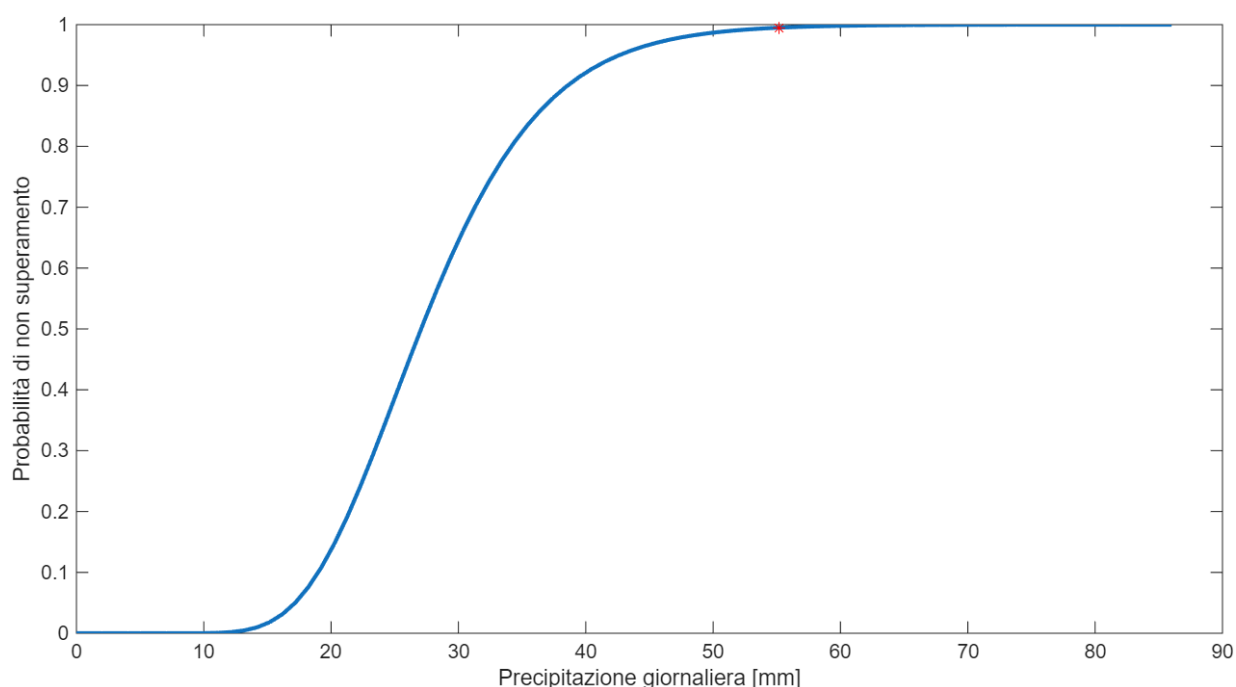


Figura 62 Distribuzione di Probabilità per la serie di precipitazione futura giornaliera non downscalata. Il simbolo rosso indica la stima della precipitazione giornaliera associata al Tr 200 anni.

In conclusione, sia utilizzando la serie di precipitazione futura downscalata sia quella non downscalata, i valori di precipitazione ottenuti risultano inferiori a quelli impiegati per il calcolo della portata di progetto. L'opera risulta pertanto progettata con un adeguato margine di sicurezza e non è suscettibile agli effetti indotti dai cambiamenti climatici futuri.

6. Conclusioni

L'intervento in progetto porta alla messa in sicurezza del territorio interessato dagli interventi.

Sono state prese in considerazione diverse alternative progettuali, compresa l'ipotesi zero, esaminati l'analisi sui costi-benefici e gli impatti che questi avrebbero provocato sull'ambiente circostante, la soluzione prescelta risulta quella ottimale.

Il progetto risulta coerente con gli strumenti di pianificazione e con i piani e programmi dei vari Enti aventi competenza in materia.

L'intervento ha un impatto negativo complessivo molto modesto durante la sua esecuzione.

I risultati di quanto analizzato nei capitoli precedenti, pertanto, mostrano che l'intervento in oggetto compensa i bassi impatti che causa sull'ambiente circostante, migliorando le condizioni del rischio idraulico, a beneficio dell'incolumità delle persone e dei danni ai beni immobili.