

**INDICE**

<b>VOLUME</b>	<b>TITOLO</b>
1 di 12	Relazione GENERALE
2 di 12	Relazione TECNICA
3 di 12	Relazione CAMPO PROVE
4 di 12	Relazione INDAGINI
5 di 12	Elaborati GRAFICI
6 di 12	Prime INDICAZIONI e disposizioni per la stesura dei PIANI della SICUREZZA
7 di 12	Calcolo Sommario della SPESA e QUADRO ECONOMICO
8 di 12	CRONO PROGRAMMA dell'intervento
9 di 12	Documento di FATTIBILITÀ delle ALTERNATIVE Progettuali
<b>10 di 12</b>	<b>Studio Preliminare AMBIENTALE</b>
11 di 12	Studio di INSERIMENTO URBANISTICO
12 di 12	Relazioni di INCIDENZA

<i>Paragrafo</i>	<i>Titolo</i>	<i>Pag.</i>
1	CONTENUTO .....	1
1.1	INTRODUZIONE.....	1
1.2	SCOPO dell'INCARICO .....	1
1.3	CONTENUTO del PRESENTE ELABORATO .....	2
2	INQUADRAMENTI PRELIMINARI .....	3
2.1	L'OGGETTO DELLA VERIFICA PRELIMINARE AMBIENTALE .....	3
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....	4
3.1	QUADRO GENERALE .....	4
4	GLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	6
4.1	INQUADRAMENTO PROGETTUALE: ALTERNATIVE E SOLUZIONI .....	6
4.1.1	INTEGRAZIONI DELLO SCHERMO DI TENUTA .....	6
4.1.2	RIVESTIMENTO DEL PARAMENTO DI MONTE.....	6
4.2	LA CANTIERIZZAZIONE .....	8
4.2.1	AREE di CANTIERE.....	8
4.2.2	FASI LAVORATIVE.....	9
4.2.3	IL BILANCIO MATERIALI .....	11
5	COERENZE e CONFORMITÀ.....	13
5.1	GLI STRUMENTI di PIANIFICAZIONE di RIFERIMENTO .....	13
5.1.1	Lo STATO della PIANIFICAZIONE.....	13
5.1.2	LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE .....	13
5.2	IL SISTEMA dei VINCOLI e delle DISCIPLINE di TUTELA AMBIENTALE .....	17
5.2.1	AMBITO TEMATICO di ANALISI e FONTI CONOSCITIVE .....	17
5.2.2	I BENI CULTURALI .....	18
5.2.3	I BENI PAESAGGISTICI.....	19
5.2.4	Le AREE NATURALI PROTETTE e la RETE NATURA 2000.....	19
5.2.5	AREE SOGGETTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO .....	20
5.3	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	20
6	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	22
6.1	SISTEMA ANTROPICO .....	22
6.1.1	STRUTTURA INSEDIATIVA.....	22
6.1.2	USI in ATTO .....	23
6.1.3	PAESAGGIO.....	25
6.2	SISTEMA BIOTICO .....	27
6.2.1	BIODIVERSITÀ .....	27
6.3	SISTEMA ABIOTICO.....	36
6.3.1	SUOLO ED ACQUE .....	36
6.3.2	ARIA E CLIMA.....	48
6.3.3	CLIMA ACUSTICO .....	53
7	SIGNIFICATIVITÀ dei POTENZIALI EFFETTI AMBIENTALI .....	56
7.1	METODOLOGIE DI LAVORO.....	56

---

7.2	MODALITÀ di STIMA della SIGNIFICATIVITÀ degli EFFETTI POTENZIALI .....	57
7.3	GLI EFFETTI INDAGATI E LA LORO SIGNIFICATIVITÀ.....	58
7.3.1	QUADRO SINOTTICO DELLE CATEGORIE E TIPOLOGIE DI EFFETTI CONSIDERATI .....	58
7.4	INTERAZIONE CON IL SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE TUTELE .....	59
7.5	PRODUZIONE DI EMISSIONE E RESIDUI.....	60
7.5.1	MODIFICA DEL CLIMA ACUSTICO .....	60
7.5.2	MODIFICA DELLE CONDIZIONI DI QUALITÀ DELL'ARIA.....	62
7.5.3	PRODUZIONE DI RIFIUTI .....	64
7.5.4	MODIFICA DELLE CARATTERISTICHE QUALITATIVE DELLE ACQUE E DEI SUOLI .....	65
7.6	USO DI RISORSE .....	67
7.6.1	PERDITA DI SUOLO .....	67
7.6.2	CONSUMO di SUOLO.....	67
7.7	INTERAZIONI CON BENI E FENOMENI AMBIENTALI .....	68
7.7.1	SOTTRAZIONE DI HABITAT.....	68
7.7.2	INTERFERENZE CON LA RETE ECOLOGICA.....	71
7.7.3	MODIFICA DELL'USO DEL SUOLO .....	71
7.7.4	MODIFICA DELL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO .....	72
7.7.5	MODIFICA DELLA STRUTTURA DEL PAESAGGIO E MODIFICA DELLE CONDIZIONI PERCETTIVE E DEL PAESAGGIO PERCETTIVO .....	73
8	SINTESI DEGLI ELEMENTI DI SENSIBILITÀ AMBIENTALE IDENTIFICATI .....	75
8.1	TABELLA SINOTTICA DEGLI ELEMENTI DI SENSIBILITÀ RICONOSCIUTI.....	75
9	CONCLUSIONI .....	77
10	BIBLIOGRAFIA .....	78

<i>Lista delle Figure</i>	<i>pag.</i>
<i>Figura 2.1.1: Bacino Medau Zirimilis con in primo piano il paramento di monte della diga principale.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3.1.1: Localizzazione e ripresa fotografica dell'area interessata dagli interventi oggetto del presente Studio ...</i>	<i>4</i>
<i>Figura 4.1.1: Diga di Medau, stato fessurativo.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4.1.2: Diga di Carru Segau, Stato fessurativo.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4.2.1: Aree dei due stralci.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4.2.2: Avandiga durante la fase di costruzione.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4.2.3: Cronoprogramma dei lavori.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6.1.1: Sistema insediativo.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 6.1.2: Uso del suolo a prevalenza di ambiti naturali.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6.1.3: Uso del suolo a prevalenza di ambiti agricoli.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6.1.4: Macro Unità di paesaggio regionale (Direzione Regionale Beni Culturali e Paesaggistici della Sardegna).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6.1.5: Riprese dell'ambito paesaggistico nel quale si inserisce l'infrastruttura.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6.1.6: Riprese dell'ambito paesaggistico nel quale si inserisce l'infrastruttura.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6.2.1: Stralcio della Carta Fitoclimatica d'Italia (Fonte: PCM – MATTM).....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6.2.2: Stralcio della Carta delle Ecoregioni d'Italia (Fonte: Contributo tematico alla Strategia Nazionale per la biodiversità – Le Ecoregioni D'Italia, 2010).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6.2.3: Stralcio della Carta della vegetazione d'Italia (Fonte: Geoportale MATTM).....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6.2.4: Stralcio della Carta della vegetazione (Fonte: Cartografia del Piano di Gestione ZSC, 2008).....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6.2.5: Aree Naturali Protette (Fonte: Portale Cartografico Nazionale, MATTM).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6.2.6: Elaborato 08a Promozione della Rete Ecologica Regionale (Fonte: Piano Urbanistico Provinciale di Cagliari - Variante in adeguamento al PPR - primo ambito omogeneo: fascia costiera).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6.2.7: Ecosistema Naturale.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6.2.8: Ecosistema delle aree umide.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6.2.9: Agroecosistemi.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6.2.10: Ecosistemi Urbani.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6.3.1: Carta Geologica Schematica del territorio a Sud di Siliqua, 1:100'000 (Calvino, 1972).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6.3.2: Carta Geologica (SP) – Progetto Esecutivo, 1972.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6.3.3: Stralcio del Foglio Geologico CARG n. 556 "Assemini".....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 6.3.4: Piano di Assetto Idrogeologico, Pericolo Frana (Fonte: Geoportale Regione Sardegna).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 6.3.5: Inquadramento geografico del sub bacino Flumendosa - Campidano - Cixerri.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6.3.6: Reticolo idrografico all'intorno del bacino Medau Zirimilis (Fonte: Geoportale Regione Sardegna).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 6.3.7: Stralcio del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (Fonte: Geoportale Regione Sardegna).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 5-21 Tavola 15 -rete di monitoraggio (Fonte Piano di Tutela delle acque).....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 5-22 Stato ecologico delle acque.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 7-1 Stralcio della Carta della vegetazione (Fonte: Cartografia del Piano di Gestione ZSC, 2008).....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 7.7.2: Raffronto temporale dei livelli idrici nell'invaso di Medau Zirimilis: da sinistra 10 Settembre 2004, 26 Luglio 2015, 10 Agosto 2019 (Fonte: Google Earth).....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 8.1.1: Raffronto temporale dei livelli idrici nell'invaso di Medau Zirimilis: da sinistra 10 Settembre 2004, 26 Luglio 2015, 10 Agosto 2019 (Fonte: Google Earth).....</i>	<i>77</i>

<i>Lista delle Tabelle</i>	<i>pag.</i>
<i>Tabella 3.1.1: Diga di Medau Zirimilis, caratteristiche principali.....</i>	4
<i>Tabella 3.1.2: Diga secondaria di Carru Segau, caratteristiche principali .....</i>	5
<i>Tabella 3.1.3: Avandiga, caratteristiche principali.....</i>	5
<i>Tabella 4.2.1: Attività previste nel progetto di cantierizzazione .....</i>	10
<i>Tabella 4.2.2: Tabella di sintesi Bilancio materiali .....</i>	11
<i>Tabella 5.1.1: Strumenti di Pianificazione ordinaria.....</i>	13
<i>Tabella 6.1.1: Usi in atto di area vasta (Fonte: Uso del suolo Regione Sardegna).....</i>	24
<i>Tabella 6.3.1: Strumenti normativi di Pianificazione in vigore per le acque e il reticolo idrografico .....</i>	43
<i>Tabella 6.3.2: Maggiori corsi d'acqua del Bacino idrografico Cixerri .....</i>	45
<i>Tabella 6.3.4: Riepilogo dei superamenti rilevati – Area del Campidano Centrale .....</i>	53
<i>Tabella 6.3.5: Valori limite di emissione ed assoluti di immissione .....</i>	55
<i>Tabella 7.3.1: Quadro sinottico delle categorie e tipologie di effetti considerati .....</i>	58
<i>Tabella 7.3.2: Tipologico della tabella di sintesi della significatività dell'effetto .....</i>	59
<i>Tabella 7.4.1: Tipologico della tabella di sintesi della significatività dell'effetto .....</i>	59
<i>Tabella 7.5.1: Tabella di sintesi dei criteri di intervento per la gestione di criticità legate al rumore.....</i>	61
<i>Tabella 7.5.2: Valori limite di emissione ed assoluti di immissione per le aree di tipo misto .....</i>	61
<i>Tabella 7.5.3: Sintesi della significatività dell'effetto del clima acustico.....</i>	62
<i>Tabella 7.5.4: Sintesi della significatività dell'effetto sulla modifica delle condizioni di qualità dell'aria .....</i>	64
<i>Tabella 7.5.5: Sintesi della significatività dell'effetto sulla produzione di rifiuti.....</i>	65
<i>Tabella 7.5.6: Sintesi della significatività dell'effetto sulla modifica delle caratteristiche qualitative delle acque e dei suoli</i>	66
<i>Tabella 7.6.1: Sintesi della significatività dell'effetto sulla perdita di suolo .....</i>	67
<i>Tabella 7.6.2: Sintesi della significatività dell'effetto sul consumo di suolo .....</i>	68
<i>Tabella 7.7.1: Sintesi della significatività dell'effetto sulla sottrazione di habitat.....</i>	71
<i>Tabella 7.7.2: Sintesi della significatività dell'effetto sulla Rete ecologica .....</i>	71
<i>Tabella 7.7.3: Sintesi della significatività della modifica dell'uso del suolo.....</i>	72
<i>Tabella 7.7.4: Sintesi della significatività della modifica dell'assetto geomorfologico.....</i>	73
<i>Tabella 7.7.5: Sintesi della significatività della modifica della struttura del paesaggio e delle condizioni percettive.....</i>	74
<i>Tabella 8.1.1: Tabella sinottica del sistema dei vincoli e delle tutele .....</i>	75
<i>Tabella 8.1.2: Tabella sinottica degli elementi di sensibilità riconosciuti .....</i>	76

#### DICHIARAZIONE DI ESCLUSIONE DI RESPONSABILITÀ

Le Società Studio Ing. G. Pietrangeli s.r.l. (SP) sottolinea che varie sezioni di questo rapporto si basano su dati forniti da o provenienti da fonti di terze parti. SP non si assume alcuna responsabilità per perdite o danni subiti dal cliente o da terzi a causa di errori o inesattezze in tali dati.

# 1 CONTENUTO

## 1.1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato è stato redatto in conformità allo schema di contratto di Appalto per " AFFIDAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "MEDAU ZIRIMILIS (7D.S3): INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PARAMENTO DI MONTE DELLA DIGA PRINCIPALE E DELLA DIGA SECONDARIA ED INTEGRAZIONE DELLO SCHERMO DI TENUTA", CON INCARICO OPZIONALE PER DIREZIONE DEI LAVORI E ASSISTENZA AL COLLAUDO, PROVE DI ACCETTAZIONE, CONTABILITÀ DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN ESECUZIONE" entrato in forza con verbale del 13 Novembre 2020.

## 1.2 SCOPO dell'INCARICO

L'art. 3 dello Schema di Contratto di Appalto, così recita

*"1. Il contratto ha ad oggetto l'incarico professionale relativo ai servizi di cui in premessa e di seguito indicati:*

- *Prestazioni principali*
  - *Progettazione di fattibilità tecnica ed economica comprensiva del documento di fattibilità delle alternative progettuali (articolo 3, comma 1, lettera ggggg-quater del D.Lgs. 50/2016) dell'intero compendio delle opere, che individui nel dettaglio i due stralci previsti:*
    - *(I° stralcio) "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e integrazione dello schermo di tenuta";*
    - *(II° stralcio) "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga secondaria";*
  - *progettazione esecutiva e prestazioni inerenti la sicurezza in fase di progettazione, ex D. Lgs. 81/2008, per l' "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e integrazione dello schermo di tenuta" (I° stralcio)*
  - *progettazione esecutiva e prestazioni inerenti la sicurezza in fase di progettazione, ex D. Lgs. 81/2008, per l' "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga secondaria" (II° stralcio)"*

Inoltre, come attività opzionale:

*"Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione, contabilità dei lavori, prestazioni inerenti la sicurezza in fase di esecuzione, ex D. Lgs. 81/2008, dell' "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e integrazione dello schermo di tenuta" (I° stralcio);  
Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione, contabilità dei lavori, coordinamento della sicurezza in esecuzione dell'Intervento di ripristino del paramento di monte della diga secondaria (II° stralcio)."*

### **1.3 CONTENUTO del PRESENTE ELABORATO**

Il presente elaborato, facente parte dello studio di Fattibilità Tecnica – Economica, contiene lo Studio Preliminare Ambientale avente come finalità l'istanza di Verifica preliminare ai sensi dell'art.6 co.9 del D.Lgs 152/2006 dell'intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale di Medau Zirimilis e della diga secondaria di Carru Segau ed integrazione dello schermo di tenuta.

Il rapporto è suddiviso nei seguenti capitoli:

- INQUADRAMENTI PRELIMINARI  
In questo capitolo è illustrata brevemente l'area di intervento per la quale verranno analizzati i potenziali effetti ambientali.
- DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO  
In questo capitolo sono sintetizzate brevemente le opere principali del sistema interessato dagli interventi. Per maggiori dettagli si consulti la Relazione Generale.
- GLI INTERVENTI IN PROGETTO  
In questo capitolo sono riassunte le alternative progettuali proposte in Fattibilità e la selezione dell'alternativa preferenziale. Per ulteriori dettagli si consulti la Relazione Generale e Relazione Tecnica.
- COERENZE E CONFORMITÀ  
Il capitolo illustra gli strumenti pianificatori territoriali vigenti ed il sistema dei vincoli delle discipline di tutela ambientale
- INQUADRAMENTO TERRITORIALE  
Il capitolo inquadra le caratteristiche del contesto territoriale di riferimento per l'area oggetto di intervento.
- SIGNIFICATIVITÀ DEI POTENZIALI EFFETTI AMBIENTALI  
Il capitolo analizza e descrive i probabili effetti sull'ambiente determinati dalla realizzazione del progetto in esame e la loro significatività.
- TABELLA DI SINTESI DEGLI ELEMENTI DI SENSIBILITÀ AMBIENTALE IDENTIFICATI  
Il capitolo presenta la tabella sinottica degli elementi di sensibilità riconosciuti dall'analisi dei potenziali effetti ambientali.
- CONCLUSIONI  
Nel presente capitolo sono sintetizzate le principali risultanze derivanti da presente studio.
- BIBLIOGRAFIA

## 2 INQUADRAMENTI PRELIMINARI

### 2.1 L'OGGETTO DELLA VERIFICA PRELIMINARE AMBIENTALE

Il presente Studio preliminare ambientale è finalizzato all'istanza Verifica Preliminare ai sensi dell'art.6 co.9 D.Lgs 152/2006 del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica Medau Zirimilis: Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e della diga secondaria ed integrazione dello schermo di tenuta.

Il presente Studio è redatto in conformità con il D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. Allegati alla parte II - Allegato IV-bis "Contenuti dello Studio Preliminare Ambientale di cui all'articolo 19" così come modificato dall'art. 22 del d.lgs. n. 104 del 2017.

In base alla specificità delle opere in progetto, i potenziali effetti ambientali sono connessi in prevalenza alla fase realizzativa in quanto l'opera è esistente. Le dighe di Medau Zirimilis (diga principale) e Carru Segau (diga secondaria) sono state realizzate negli anni '80 per la regolazione pluriennale ad uso irriguo, delle portate sul rio Casteddu, affluente del Cixerri. Sono dighe di materiali sciolti, omogenee, con manto di tenuta impermeabile in conglomerato bituminoso. Le dighe sono in esercizio sperimentale con quota autorizzata inferiore di 10,5 m rispetto alla massima regolazione (145.50 m s.m.) in quanto necessitano di interventi di manutenzione straordinaria, ottimizzazione del sistema di monitoraggio e delle apparecchiature elettromeccaniche degli scarichi e della derivazione.



*Figura 2.1.1: Bacino Medau Zirimilis con in primo piano il paramento di monte della diga principale*



## 3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

### 3.1 QUADRO GENERALE

La diga sbarra il Rio Casteddu in località Medau Zirimilis, nel comune di Siliqua (Provincia di Cagliari). Il bacino artificiale è formato dalla diga principale (Medau Zirimilis) e da uno sbarramento minore (Carru Segau) che sono stati realizzati tra il 1981 e il 1990.



Figura 3.1.1: Localizzazione e ripresa fotografica dell'area interessata dagli interventi oggetto del presente Studio

Le opere principali sono sinteticamente descritte di seguito e accompagnate da tabelle esplicative delle loro caratteristiche principali:

- DIGA PRINCIPALE (Medau Zirimilis) in rockfill, omogenea, con manto di tenuta in conglomerato bituminoso sul paramento di monte, coronamento a quota 151.0 m s.m., altezza 53 m.

Quota coronamento	151.0	m s.l.m.
Max altezza diga	53	m
Sviluppo coronamento	429	m
Larghezza coronamento	8	m
Pendenza paramento di monte	1 / 2 (V/O)	-
Pendenza paramento valle	1 / 1.85	-
Volume totale rilevato	1.4	Mm <sup>3</sup>
Superficie manto	41,500	m <sup>2</sup>

Tabella 3.1.1: Diga di Medau Zirimilis, caratteristiche principali

- DIGA SECONDARIA (Carru Segau) in rockfill, omogenea, con manto di tenuta in conglomerato bituminoso sul paramento di monte, coronamento a quota 150.0 m s.m., altezza 27 m.

Quota coronamento	150.0	m s.l.m.
Max altezza diga	27	m
Sviluppo coronamento	1220	m
Larghezza coronamento	5	m
Pendenza paramento di monte	1 / 2 (V/O)	-
Pendenza paramento valle	1 / 2 (V/O)	-
Volume totale rilevato	0.6	Mm <sup>3</sup>
Superficie manto	34,900	m <sup>2</sup>

*Tabella 3.1.2: Diga secondaria di Carru Segau, caratteristiche principali*

- SCARICO di SUPERFICIE ubicato in sponda sinistra, costituito da una soglia sfiorante, a quota 145.5 m s.m., di lunghezza 185 m, seguito da un canale di fuga di sviluppo di circa 80 m.
- SCARICO di FONDO ubicato in sinistra, con soglia all'imbocco a quota 117,00 m s.m., seguita da una galleria di circa 280 m di sviluppo, che termina in corrispondenza del manufatto del dissipatore, accorpato con quello dello scarico di superficie;
- PRESA dal SERBATOIO costituita da due tubazioni di 700 mm di diametro che derivano le acque a monte delle paratoie dello scarico di fondo (mediante by-pass) e corrono nella soletta di base della galleria a pelo libero e si collegano al sistema di adduzione e distribuzione mediante un'opera di consegna alloggiata nel manufatto che ospita anche i due dissipatori degli scarichi.
- AVANDIGA, la quale secondo i documenti di progetto risulta esser stata realizzata con materiale proveniente dagli scavi e impermeabilizzata con fogli di polietilene stesi sul paramento di monte. Durante il primo invaso è stata realizzata una breccia lungo il coronamento dell'avandiga al fine di consentire un progressivo riempimento tra il serbatoio a monte dell'avandiga e l'area intercorrente tra essa e la diga stessa. Attualmente l'avandiga risulta sommersa. I dati principali dell'avandiga sono riportati nella tabella seguente

118.0	m s.l.m.	Quota coronamento
14	m	Max altezza diga
260	m	Sviluppo coronamento
4	m	Larghezza coronamento
1 / 2.5 (V/O)	-	Pendenza paramento di monte
1 / 2.5 (V/O)	-	Pendenza paramento valle
0.120	Mm <sup>3</sup>	Volume totale rilevato

*Tabella 3.1.3: Avandiga, caratteristiche principali*

Si rimanda alla Relazione GENERALE per ulteriori dettagli sulle opere che saranno oggetto degli interventi di ripristino.

## 4 GLI INTERVENTI IN PROGETTO

### 4.1 INQUADRAMENTO PROGETTUALE: ALTERNATIVE E SOLUZIONI

#### 4.1.1 INTEGRAZIONI DELLO SCHERMO DI TENUTA

##### ANALISI DELLO SCHERMO DI PROGETTO E OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Lo schermo di tenuta esistente è costituito da due file di iniezioni spaziate 0.8 m costituite da fori con interasse pari a 2 m, inclinati di 30° verso la spalla sinistra e destra e profondità pari al locale carico idrostatico (circa 50 m). Lo schermo, realizzato dal plinto a monte del cunicolo di ispezione, è stato realizzato con miscele acqua/cemento/bentonite con rapporto c/a variabile tra 0.25 e 1.0 (con progressivo inspessimento della miscela in funzione degli assorbimenti) e metodologia "a rifiuto" con pressioni variabili da 3 a 20 atm in funzione della profondità. Il cemento adottato è del tipo 325 con finezza Blaine non inferiore a 3000 cm<sup>2</sup>/gr, percentuale di trattenuto sul vaglio 90 µm pari a 0 (D100 < 90 µm), percentuale di trattenuto sul vaglio di 60 µm minore del 2.5% (di D97.5 < 60 µm). Lo schermo, dopo il suo completamento avvenuto nel maggio 1987, è stato testato con prove d'acqua tipo Lugeon. Queste prove hanno evidenziato una permeabilità massima inferiore a 2 unità Lugeon, corrispondente approssimativamente a 2E-7 m/s ossia un ordine di grandezza in meno rispetto alla permeabilità media originale dell'ammasso (i.e. 2E-6 m/s).

Lo scopo dell'intervento di integrazione dello schermo di tenuta nella zona centrale della diga è quello di mantenere la stabilità dell'opera nei confronti del rischio di piping (erosione sotterranea) e focalizzare l'attenzione sulla limitazione del valore del gradiente d'efflusso.

Diverse alternative sono state studiate al fine di migliorare la tenuta dello schermo di iniezione.

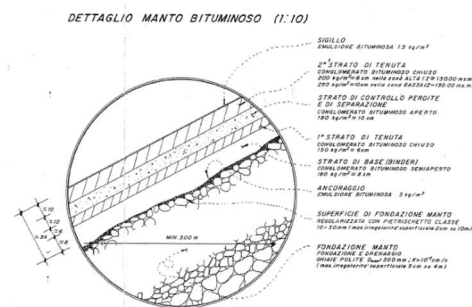
Sulla base delle considerazioni esposte nella Relazione Generale e Relazione Tecnica, rispettivamente Volume 1 e 2, la soluzione di allargamento dello schermo di iniezione, denominata inspessimento Bulbo, risulta la sola percorribile, sia da un punto di vista tecnico che realizzativo in termini temporali.

#### 4.1.2 RIVESTIMENTO DEL PARAMENTO DI MONTE

##### ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEGLI ATTUALI PARAMENTI

Il manto in conglomerato bituminoso esistente è di tipo sandwich, con uno spessore complessivo di circa 30 cm:

- manto di sigillo, dosato a 1,5 kg/m<sup>2</sup> di bitume;
- strato superiore di tenuta da 8 / 10 cm;
- strato drenante da 10 cm;
- strato inferiore chiuso da 6 cm;
- strato di base (binder) da 8 cm;
- fondazione manto.



A seguito di un sopralluogo condotto nel mese di Novembre 2020 sono stati individuati:

- lo stato FESSURATIVO del manto;
- lo stato delle GIUNZIONI tra manto e calcestruzzo;
- lo stato delle SALDATURE tra le strisciate;
- presenza di SETTORI DEFORMATI;
- presenza di BOLLE e RIGONFIAMENTI;
- PUSTOLE da corrosione;
- FUORIUSCITE di LEGANTE.

I manti delle due dighe si presentano in condizioni molto differenti tra loro. La Diga di Medau Zirimilis si presenta con una serie di fessure sviluppatasi lungo i giunti di costruzione (tra le strisciate parallele), che presumibilmente hanno generato, a causa del loro scorrimento, anche delle fessure perpendicolari ad esse. Il manto della diga di Carru Segau si presenta invece con un fenomeno superficiale chiamato "pelle di elefante" e su alcuni giunti di strisciate una chiara non idonea sovrapposizione, tuttavia questi fenomeni appaiono molto più ridotti rispetto la diga di Medau Zirimilis e comunque non sembra intacchino strati profondi.



Figura 4.1.1: Diga di Medau, stato fessurativo

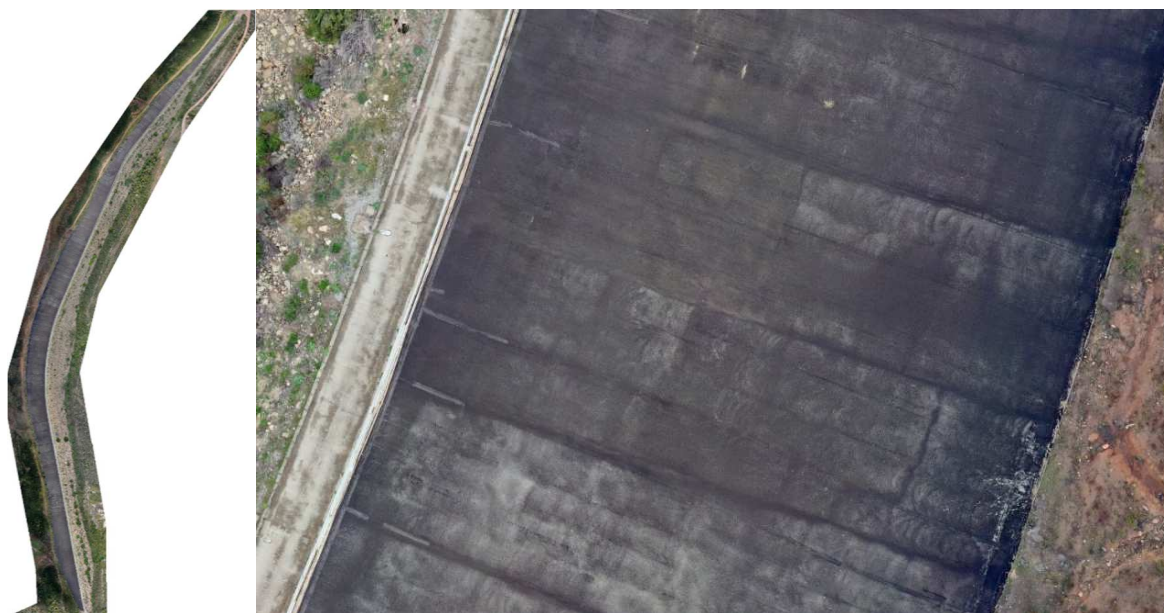


Figura 4.1.2: Diga di Carru Segau, Stato fessurativo

Due alternative per l'intervento di riparazione del manto bituminoso sono state indagate:



- Rivestimento con Geomembrane in PVC;
- Rifacimento conglomerato bituminoso.

Sulla base delle considerazioni esposte nella Relazione Generale e nel Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali, rispettivamente Volume 1 e 9, la soluzione del ripristino del conglomerato bituminoso con membrana in PVC, risulta essere quella da preferirsi

## 4.2 LA CANTIERIZZAZIONE

### 4.2.1 AREE di CANTIERE

La diga di Medau Zirimilis è uno sbarramento artificiale situato nell'omonima località, in territorio di Siliqua, provincia del Sud Sardegna. Realizzata sul rio Casteddu per scopi agricoli e idropotabili genera, associato ad un altro sbarramento minore, l'omonimo lago. Alla quota di massimo invaso, prevista a 146,70 m s.l.m., il bacino generato dalla diga ha una superficie dello specchio liquido di circa 1,385 km<sup>2</sup> mentre il suo volume totale è calcolato in 18,60 milioni di m<sup>3</sup>. La superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso risulta pari a 12 km<sup>2</sup>. La diga secondaria (Carru Segau) si sviluppa per circa 1,220 m. Il corpo diga, sulla base della documentazione disponibile, sembrerebbe costituito, anche per questo sbarramento, dalle alluvioni ghiaioso-sabbiose del Rio Casteddu. L'impianto, di proprietà della Regione Sardegna, fa parte del sistema idrico multisettoriale regionale ed è gestito dall'Ente acque della Sardegna.

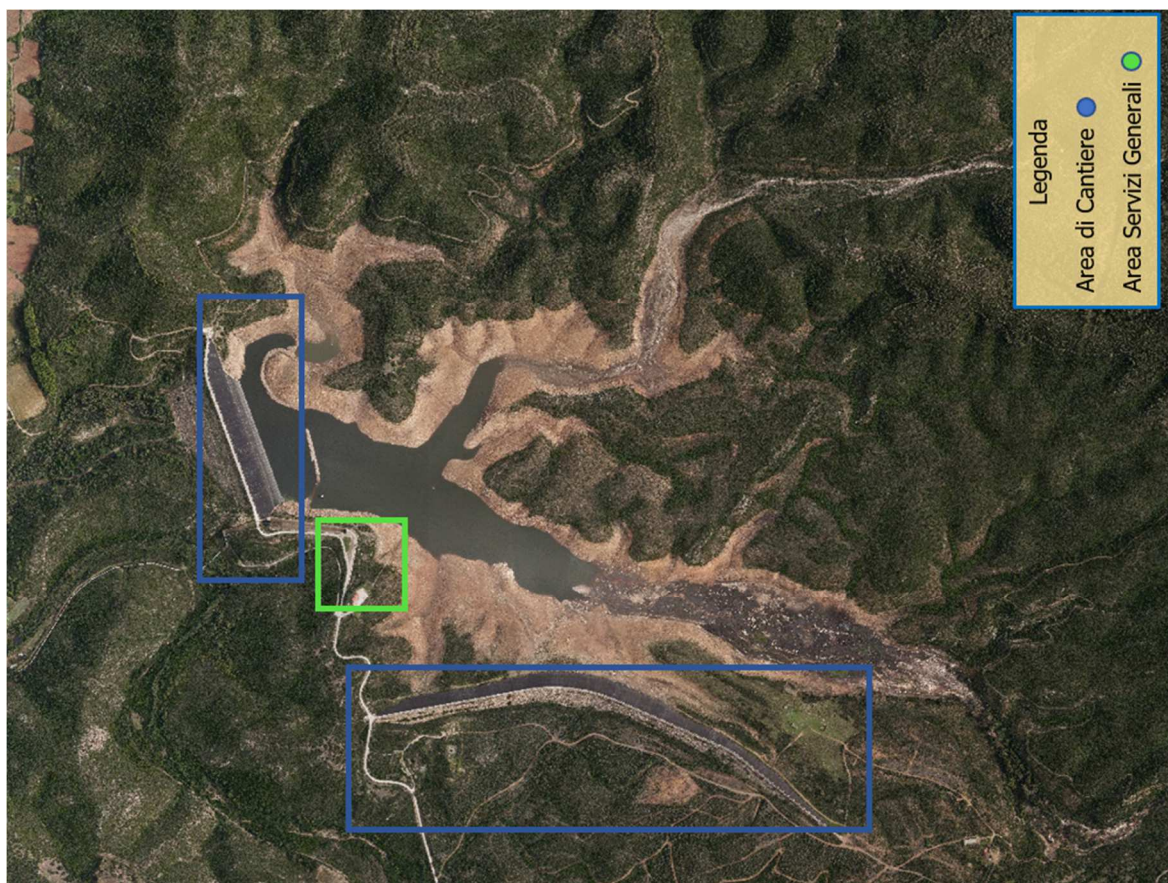


Figura 4.2.1: Aree dei due stralci

#### 4.2.2 FASI LAVORATIVE

Le attività sono state scomposte e raggruppate, per esigenze di sintetizzazione, nelle seguenti fasi:

- Fase 0: rappresenta tutto l'insieme degli interventi propedeutici alle successive fasi, inclusi quelli inerenti l'avandiga;
- Fase 1A: interventi di ripristino del manto sul paramento di monte della diga di Medau;
- Fase 1B: interventi di ripristino del paramento di monte della diga di Carru Segau;
- Fase 2A: interventi di iniezione (metodo GIN) previsti all'interno del cunicolo di base della diga di Medau;
- Fase 2B: interventi di iniezione (metodo GIN) previsti fuori dal cunicolo, in prossimità del plinto.

Tutti gli esercizi sono condotti sulla base della necessità di provvedere, in fase 0, alla riduzione del livello idrico del bacino, all'analisi dell'avandiga ed al suo restauro. La riduzione del livello e l'esame dell'avandiga saranno eseguiti a partire dalla stagione secca. Tutte le restanti attività, afferenti alle altre fasi eccettuata la 2A (interna al cunicolo e dunque all'asciutto), possono invece essere contenute in una finestra temporale compresa tra Maggio ed Ottobre. In tale periodo, infatti, le portate di piena del bacino con tempi di ritorno valevoli, sono inferiori al valore di 20 m<sup>3</sup>/s trattabile dallo scarico di fondo. All'epoca della realizzazione dell'opera il sistema di deviazione delle acque era realizzato tramite una avandiga di monte e un tunnel di scarico di fondo utilizzato come tunnel di deviazione.



Figura 4.2.2: Avandiga durante la fase di costruzione

Allo stesso modo per i lavori oggetto di valutazione dovrà essere mantenuto all'asciutto il piede di monte della diga. La deviazione delle acque dovrà garantire un'adeguata sicurezza al personale che opererà nelle aree di lavoro dunque le opere di deviazione per le dighe dovranno essere dimensionate per evacuare piene con tempi di ritorno variabile, in base al rischio, tra 10 anni e 20 anni e per consentire il deflusso di portate dell'ordine dei 50/80 m<sup>3</sup>/s. Ai fini di ottenere tali risultati si dovrebbe ristabilire il sistema di deviazione utilizzato durante la costruzione della diga, cioè con l'imbocco della galleria a quota 106.5 m s.l. e senza restringimenti della sezione del tunnel in corrispondenza della camera delle paratoie.

Attualmente tali opere necessitano di interventi onde ripristinare il Sistema di deviazione tramite:

- avandiga da rialzare con coronamento a quota 119.0 m s.l.;
- l'utilizzo della tubazione di esaurimento del 500mm con saracinesca aperta;
- l'utilizzo della soglia libera di sfioro dello scarico di fondo a quota 117.0 m s.l.

Le attività previste nelle lavorazioni sono riportate nella tabella che segue comprensiva di quantitativi.

<b>Fase</b>	<b>Attività</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Quantità</b>
0	Cantierizzazione - esecuzione strada di accesso	metri quadri	7.500,00
0	Esecuzione strada d'accesso	metri cubi	2.250,00
0	Scavo del primo metro dell'avandiga, supposto completamente rovinato	metri cubi	2.040,00
0	Fornitura e posa di rilevato per l'avandiga, fino a rialzare a quota 119 mslm	metri cubi	2.525,84
0	Fornitura e posa di rilevato per l'avandiga, in spalla destra fino a raggiungere quota 119 mslm	metri cubi	16.875,00
0	Rimozione e trasporto della guaina dell'avandiga, supposta non più utilizzabile	metri quadri	8.239,05
0	Riesecuzione dell'impermeabilizzazione del paramento di monte dell'avandiga	metri quadri	9.854,55
1A	Impermeabilizzazione con telo in PVC come da relazione 7.3	metri quadri	41.400,00
1A	Pulitura preventiva della superficie	metri quadri	41.400,00
1B	Pulitura preventiva della superficie	metri quadri	33.300,00
1B	Impermeabilizzazione con telo in PVC come da relazione 7.3	metri quadri	33.300,00
2A	Perforazioni dall'interno del cunicolo	metri	6.800
2A	Perforazioni dall'interno del cunicolo	metri	-
2A	Perforazioni dall'interno del cunicolo	metri	-
2A	Sovrapprezzo alla perforazione	metri	6.800
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo	kilogrammi	-
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo	kilogrammi	1.408.430,23
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo	kilogrammi	-
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo	kilogrammi	-
2B	Perforazioni dall'esterno del cunicolo	metri	10.200
2B	Perforazioni dall'esterno del cunicolo	metri	-
2B	Perforazioni dall'esterno del cunicolo	metri	-
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo	kilogrammi	-
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo	kilogrammi	1.927.325,58
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo	kilogrammi	-
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo	kilogrammi	-

*Tabella 4.2.1: Attività previste nel progetto di cantierizzazione*

Per quanto riguarda i mezzi che verranno utilizzati, quantificati in 4 camion, in relazione alle attività descritte (alcuni mezzi possono essere desunti dalla lista stessa).

- Movimento Terre ed esecuzione strada d'accesso
  1. Escavatore;
  2. Camion;
  3. Autocisterna;
  4. Grader;
  5. Rullo
- Pulitura Superficie
  - Idropulitrici o sabbiatrici con pressione adatta
- Membrana in PVC
  - Camion Gru per il trasporto dei rotoli
- Iniezioni e Perforazioni
  - Trivelle, Impianto Cantiere per Grouting (cisterna mobile, miscelatore, serbatoio per additivi)
- Ulteriori macchinari possibili fonti di rumore
  - Generatori, motocompressori ad aria compressa per pulitura superfici di cantiere

Tutti gli interventi saranno realizzati entro la fine della stagione secca assunta convenzionalmente ad inizio Ottobre. Tra le attività oggetto di intervento, se per le iniezioni l'attività all'interno del cunicolo si può dire svincolata dalla finestra secca, ciò non è vero per le attività di rifacimento del paramento di monte.

A seguire si riporta il cronoprogramma delle attività che evidenzia come gli interventi siano concentrati tra il mese di marzo e il mese di Ottobre.

#### 4.2.3 IL BILANCIO MATERIALI

I materiali principali coinvolti nella realizzazione delle opere oggetto dell'appalto sono costituiti da:

- inerti per rilevati e riempimenti in ingresso al cantiere;
- terre e rocce da scavo in uscita dal cantiere;
- calcestruzzo in ingresso al cantiere;

Nella tabella che segue si sintetizzano i volumi dei materiali principali da movimentare.

<i>FASE</i>	<i>Terre provenienti dagli scavi (mc)</i>	<i>Fabbisogno cemento per iniezioni (kg)</i>	<i>Fabbisogno terre (mc)</i>
0	3'540		21'650.84
2A		1'408'430.23	
2B		1'927'325.58	

Tabella 4.2.2: Tabella di sintesi Bilancio materiali



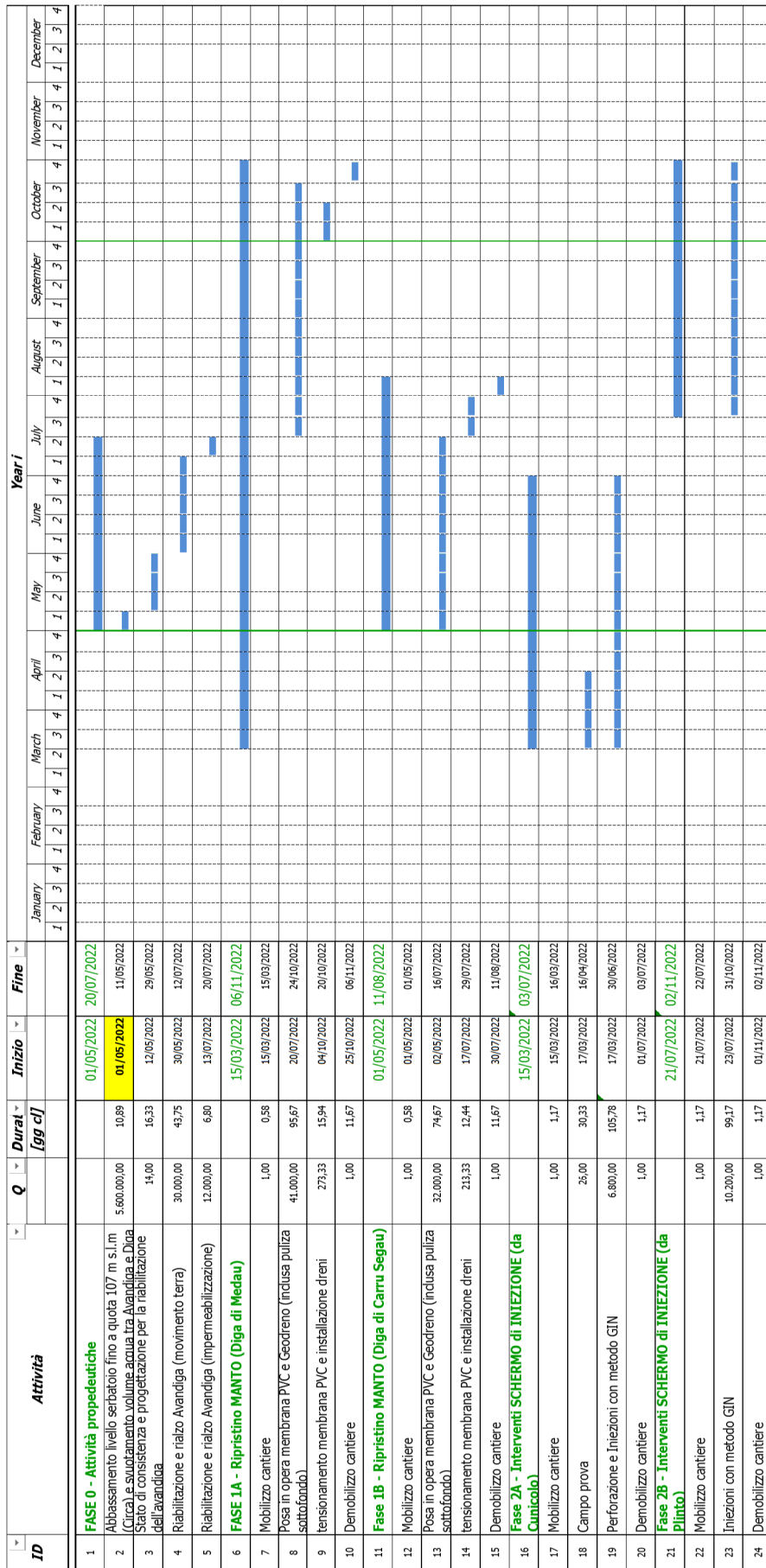


Figura 4.2.3: Cronoprogramma dei lavori

## 5 COERENZE e CONFORMITÀ

### 5.1 GLI STRUMENTI di PIANIFICAZIONE di RIFERIMENTO

#### 5.1.1 Lo STATO della PIANIFICAZIONE

<i>Ambito</i>	<i>Strumento</i>	<i>Estremi approvativi</i>
Regionale	Piano Paesaggistico Regionale della Sardegna (PPR)	Approvato con D.G.R. n. 36/7 del 5/9/2006
Provinciale	Piano Urbanistico Provinciale / Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Cagliari <sup>1</sup>	Approvato con D.C.P. n. 133 del 19/12/2002, vigente dal 19/02/2004. Variante al PUP in adeguamento al PPR relativa all'ambito omogeneo costiero approvata con D.C.P. n. 44 del 27/06/2011
Comunale	PUC di Siliqua	Approvato con Del. Comm. ad acta N. 3 del 17/04/2003, con ultima variante apportata dalla Del. C.C. N. 4 del 27/05/2015

*Tabella 5.1.1: Strumenti di Pianificazione ordinaria*

#### 5.1.2 LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

##### PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE DELLA SARDEGNA (PPR)

Il Piano Paesaggistico Regionale è stato approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n° 36/7 del 5 settembre 2006, e rappresenta uno strumento di governo del territorio che persegue il fine di preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo, proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale con la relativa biodiversità, e assicurare la salvaguardia del territorio e promuoverne forme di sviluppo sostenibile al fine di migliorarne le qualità.

A tal fine si sono seguite le diverse fasi di:

- analisi delle caratteristiche ambientali, storico-culturali e insediative dell'intero territorio regionale nelle loro reciproche interrelazioni;
- analisi delle dinamiche di trasformazione del territorio attraverso l'individuazione dei fattori di rischio e degli elementi di vulnerabilità del paesaggio, nonché la comparazione con gli altri atti di programmazione, di pianificazione e di difesa del suolo;
- determinazione delle misure per la conservazione dei caratteri connotativi e dei criteri di gestione degli interventi di valorizzazione paesaggistica degli immobili e delle aree dichiarati di notevole interesse pubblico e delle aree tutelate per legge.

<sup>1</sup> L'intervento a livello territoriale ricade all'interno della Provincia Sud Sardegna, ma a livello di cartografia di Piano ricade nel PUP/PTCP di Cagliari

Il PPR caratterizza e disciplina il territorio regionale relativamente ai differenti caratteri del paesaggio regionale. L'analisi territoriale effettuata nel PPR costituisce la base della rilevazione e della conoscenza per il riconoscimento delle caratteristiche naturali, storiche e insediative nelle loro reciproche interrelazioni e si articola in:

- o Assetto Ambientale;
- o Assetto Storico-culturale;
- o Assetto Insediativo.

L'elaborato relativo al Pianificazione regionale (PPR), relativamente alle aree di intervento, per quanto riguarda l'Assetto Ambientale si configurano come aree antropizzate, limitrofe ad aree ad utilizzazione agro-forestale con colture erbacee specializzate, aree agroforestali, aree incolte (seminativi in aree non irrigue, prati artificiali, seminati semplici e colture orticole a pieno campo, risaie, vivai, colture in serra, sistemi colturali e particellari complessi, aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti, aree agroforestali, aree incolte). Secondo quanto stabilisce l'art.21 delle NTA, possono essere realizzati gli interventi pubblici del sistema delle infrastrutture di cui all'art.102 ricompresi nei rispettivi piani di settore, non altrimenti localizzabili ed inoltre devono essere orientati qualora sussistano alternative, verso le aree ad utilizzazione agro-forestali non fruibili a fini produttivi o verso quelle a naturalità meno elevata, e comunque verso situazioni in cui l'evoluzione risulti ammissibile e non contrasti con i valori paesaggistici del contesto. In particolare, l'art.29 definisce le prescrizioni per le aree a utilizzazione agro-forestale, vietando le trasformazioni per destinazioni e utilizzazioni diverse da quelle agricole di cui non sia dimostrata la rilevanza pubblica economica e sociale e l'impossibilità di localizzazione alternativa.

Inoltre, per quanto riguarda l'Assetto Storico-Culturale non ci sono interferenze dirette, e per i beni più prossimi si rimanda alla sezione dei vincoli e delle discipline di tutela, mentre per l'Assetto Insediativo, viene segnalato come una zona di intervento sia classificata come aree delle infrastrutture (sistema delle infrastrutture).

Secondo l'articolo 61 delle NTA, relativamente alle prescrizioni sull'Assetto Insediativo, i Comuni nell'adeguamento degli strumenti urbanistici al PPR devono orientare la loro pianificazione a riqualificazione e completamento dell'insediamento esistente e prevedere esplicite norme per la progettazione e realizzazione delle opere infrastrutturali di rete o puntuali rispettando il loro corretto inserimento nel paesaggio e nell'ambiente.

Infine l'articolo 103 delle NTA definisce le prescrizioni da ottemperare per il sistema delle infrastrutture, nel quale viene fatto riferimento ad ampliamenti delle infrastrutture esistenti e alla localizzazione di nuove infrastrutture che sono ammesse se previste nei rispettivi piani di settore, i quali devono tenere in considerazione le previsioni del PPR, devono essere ubicate in aree di minor pregio paesaggistico e progettate sulla base di studi orientati alla mitigazione degli impatti visivi ed ambientali.

#### PIANO URBANISTICO PROVINCIALE/ PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO (PUP/PTC) DI CAGLIARI

Il Piano Urbanistico Provinciale/Piano Territoriale di Coordinamento di Cagliari, definito dall'art. 20 del D.Lgs. 267/2000 e dagli artt. 4 e 16 della L.R. 45/89 "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale", ha iniziato il suo iter con la stipula del Protocollo d'Intesa tra R.A.S e Province (novembre 1996) nel quale si stabilivano

contenuti, obiettivi e fasi in cui doveva articolarsi l'attività di predisposizione del PUP. Tale attività, che ha avuto inizio alla fine del 1998 con la costituzione (dopo opportuna selezione) dell'Ufficio del Piano, ha avuto diversi momenti di verifica, anche politiche:

- 1) approvazione delle prime tre fasi di lavoro del Piano (previste dal Protocollo d'Intesa RAS-Provincia) comprendenti il lavoro di analisi del territorio e le linee guida del procedimento di formazione, approvazione e attuazione – Del. C.P. n. 12 del 03.02.2000;
- 2) approvazione Bozza di Piano (comprensiva delle fasi 4 e 5 del Protocollo) – Del. C.P. n. 10 del 13.02.2001;
- 3) adozione del PUP avvenuta il 30.07.02 - Del. C.P. n. 55 del 31.07.2002;
- 4) approvazione del PUP - Del. C.P. n. 133 del 19.12.2002.
- 5) approvazione definitiva da parte del Comitato Tecnico Regionale dell'Urbanistica e pubblicazione sul BURAS del 19.02.2004 (data di vigenza del Piano).

Il Piano Urbanistico Provinciale/Piano Territoriale di Coordinamento si articola in quattro momenti sia conoscitivi che strumentali:

- a) conoscenza di sfondo – raccolta e organizzazione dei dati territoriali che costituiscono la base conoscitiva del Piano, secondo settori di studio che vengono definiti geografie;
- b) ecologie – l'ecologia è una porzione del territorio che individua un sistema complesso di relazioni tra processi ambientali, insediativi, agrario-forestali e del patrimonio culturale. I processi vengono definiti all'interno delle componenti elementari che formano l'ecologia stessa;
- c) sistemi di organizzazione dello spazio – modalità di gestione dei servizi pubblici, infrastrutturali, urbani;
- d) campi del progetto ambientale - aree territoriali caratterizzate da risorse, problemi e potenzialità comuni cui si riconosce una precisa rilevanza in ordine al progetto del territorio. La loro individuazione costituisce l'avvio del processo progettuale del tipo collaborativo che coinvolge diversi soggetti territoriali per la costruzione di accordi di campo su specifici ambiti o campi problematici.

La Normativa del Piano si articola secondo tre Titoli:

- o Titolo I - contiene le finalità e la natura del piano;
- o Titolo II - Normativa di coordinamento degli usi – si articola secondo due Capi:
  - o Capo I – Ecologie;
  - o Capo II - Sistemi di organizzazione dello spazio;
- o Titolo III - Normativa di Coordinamento delle Procedure - contiene i Campi del progetto ambientale.

Successivamente è stata approvata la Variante al PUP in adeguamento al PPR relativa all'ambito omogeneo costiero, con Deliberazione C.P. n. 44 del 27.06.2011.

L'intervento è inquadrato per quanto riguarda le ecologie insediative come "129 Ecologia della Centralità Ambientale del Massiccio del Sulcis e della Dorsale di Terraseo-Rosas" e più nello specifico in relazione alle componenti insediative elementari come "12942 - Ambito del sistema infrastrutturale ambientale del Lago artificiale di Medau Zirimilis". Per quanto concerne le ecologie geo-ambientali invece l'intervento ricade in "264

Ecologia della corona paleozoica occidentale del massiccio del Sulcis" e per le componenti geo-ambientali in "26410 Lago artificiale di Medau Zirimilis".

In relazione invece alla Tavola A.07 Pianificazione Provinciale (PTCP) l'intervento rientra tra le ulteriori aree di interesse al fine della definizione di altri elementi della rete (Corridoi Ecologici).

#### PIANO URBANISTICO COMUNALE DI SILIQUA

Il Piano Urbanistico Comunale (PUC) del comune di Siliqua, è stato approvato con Deliberazione del Commissario ad acta n.3 del 17/04/2003 e l'ultima variante è stata apportata dalla Delibera del Consiglio Comunale n. 4 del 27/05/2015.

Il piano, ai sensi del titolo IV della Legge Regionale n°45 del 22.12.1989 e successive modificazioni e integrazioni, promuove il miglior utilizzo delle risorse e la riqualificazione del territorio comunale nel suo insieme e governa i processi di trasformazione del territorio perseguendo le finalità di cui all'Art. 1 della legge regionale 45/89.

Il PUC ha validità giuridica a tempo indeterminato, si basa su una previsione decennale e può essere soggetto a revisioni periodiche, nei modi e con le procedure di cui all'art.20 della L.R.45/89. Le prescrizioni ed i vincoli contenuti nel piano hanno efficacia nei confronti dei privati e delle pubbliche Amministrazioni nei limiti previsti dalla legislazione nazionale e regionale in materia. In caso di contrasto nell'applicazione dei diversi elaborati del PUC, le prescrizioni delle norme prevalgono rispetto agli elaborati grafici. Le norme infatti, unitamente agli elaborati grafici, dettano indicazioni e prescrizioni per la stesura degli strumenti di attuazione del PUC, ai sensi degli art. 21 e 22 della L.R. n° 45/89, della legislazione nazionale vigente e come specificato nelle norme tecniche di attuazione.

L'intervento ricade in area H4 "Zona di rispetto lacuale" (rif. Art. 21 NTA) secondo la tavola A.08 Pianificazione Comunale (PUC).

L'art. 21, relativo alla "zona di rispetto lacuale", disciplina come *"Entro questa zona H deve essere garantita la conservazione integrale dei singoli caratteri naturalistici, storici, morfologici e dei rispettivi insiemi, non sono ammesse alterazioni allo stato attuale dei luoghi e sono consentiti, previa autorizzazione di cui all'ex art. 7 della L. 1497/39 ora Decreto Legislativo 22 Gennaio 2004 n°42 sostituito dal T.U. i soli interventi volti alla conservazione, difesa, ripristino, restauro e fruizione della risorsa e in particolare, quindi compatibilmente con l'intervento di progetto:*

- *"interventi connessi alla realizzazione di opere pubbliche o di preminente interesse pubblico".*

## 5.2 IL SISTEMA dei VINCOLI e delle DISCIPLINE di TUTELA AMBIENTALE

### 5.2.1 AMBITO TEMATICO di ANALISI e FONTI CONOSCITIVE

La finalità dell'analisi documentata nel presente paragrafo risiede nel verificare l'esistenza di interferenze fisiche tra le opere in progetto ed il sistema dei vincoli e delle tutele, quest'ultimo inteso con riferimento alle tipologie di beni nel seguito descritte rispetto alla loro natura e riferimenti normativi:

- *Beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.*

Secondo quanto disposto dal co. 1 dell'articolo 10 del suddetto decreto «sono beni culturali le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, ivi compresi gli enti ecclesiastici civilmente riconosciuti, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico», nonché quelli richiamati ai commi 2, 3 e 4 del medesimo articolo.

Ai sensi di quanto disposto dal successivo articolo 12 «le cose indicate all'articolo 10, comma 1, che siano opera di autore non più vivente e la cui esecuzione risalga ad oltre settanta anni, sono sottoposte alle disposizioni della presente Parte fino a quando non sia stata effettuata la verifica di cui al comma 2», ossia sino a quando i competenti organi del Ministero, d'ufficio o su richiesta formulata dai soggetti cui le cose appartengono, non abbiano condotto la verifica della sussistenza dell'interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico.

Ai sensi dell'articolo 45 co. 1, «il Ministero ha facoltà di prescrivere le distanze, le misure e le altre norme dirette ad evitare che sia messa in pericolo l'integrità dei beni culturali immobili, ne sia danneggiata la prospettiva o la luce o ne siano alterate le condizioni di ambiente e di decoro».

- *Beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i. e segnatamente ex artt. 136 "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico", 142 "Aree tutelate per legge", 143 "Piano paesaggistico"*

Come noto, i beni di cui all'articolo 136 sono costituiti dalle "bellezze individue" (co. 1 lett. a) e b)) e dalle "bellezze d'insieme" (co. 1 lett. c) e d)), individuate ai sensi degli articoli 138 "Avvio del procedimento di dichiarazione di notevole interesse pubblico" e 141 "Provvedimenti ministeriali".

Per quanto riguarda le aree tutelate per legge, queste sono costituite da un insieme di categorie di elementi territoriali, per l'appunto oggetto di tutela ope legis in quanto tali, identificati al comma 1 del suddetto articolo dalla lettera a) alla m). A titolo esemplificativo, rientrano all'interno di dette categorie i corsi d'acqua e le relative fasce di ampiezza pari a 150 metri per sponda, i territori coperti da boschi e foreste, etc. L'art. 143 invece è relativo agli elementi che possono essere individuati dal Piano paesaggistico, quali ad esempio ulteriori immobili, aree o contesti.

- *Aree naturali protette, così come definite dalla L n. 394/1991 e dalla LR n. 31/89, ed aree della Rete Natura 2000*

Ai sensi di quanto disposto dall'articolo 1 della L n. 394/1991, le aree naturali protette sono costituite da quei territori che, presentando «formazioni fisiche, geologiche, geomorfologiche e biologiche, o gruppi di esse, che hanno rilevante valore naturalistico e ambientale», sono soggetti a specifico regime

di tutela e gestione. In tal senso, secondo quanto disposto dal successivo articolo 2 della citata legge, le aree naturali protette sono costituite da parchi nazionali, parchi naturali regionali, riserve naturali. Ai sensi dell'art. 1 della LR n. 31/89, la Regione Sardegna, ai fini della conservazione, del recupero e della promozione del patrimonio biologico, naturalistico ed ambientale del territorio della Sardegna, definisce con la presente legge il sistema regionale dei parchi, delle riserve, dei monumenti naturali, nonché delle altre aree di rilevanza naturalistica ed ambientale.

Ai sensi di quanto previsto dalla Direttiva 92/43/CEE "Habitat", con Rete Natura 2000 si intende l'insieme dei territori soggetti a disciplina di tutela costituito da aree di particolare pregio naturalistico, quali le Zone Speciali di Conservazione (ZSC) ovvero i Siti di Interesse Comunitario (SIC), e comprendente anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS), istituite ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli", abrogata e sostituita dalla Direttiva 2009/147/CE.

- *Aree soggette a vincolo idrogeologico ai sensi del RD 3267/1923*

Come chiaramente definito dall'articolo 1, il "vincolo per scopi idrogeologici" attiene ai quei «terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9, possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque».

In tal senso e, soprattutto, letto nell'attuale prospettiva, è possibile affermare che detto vincolo definisce un regime d'uso e trasformazione (dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo) di dette tipologie di terreni, il quale, oltre a prevenire il danno pubblico, è volto a garantire l'equilibrio ecosistemico.

Al fine di inquadrare l'opera in progetto con il suddetto sistema dei vincoli e delle tutele, la ricognizione dei vincoli e delle aree soggette a disciplina di tutela è stata operata sulla base delle informazioni tratte dalle seguenti fonti conoscitive:

- *MiC, Vincoli in rete*, al fine di individuare la localizzazione dei Beni culturali tutelati ai sensi della Parte II del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.;
- *Regione Sardegna, Piano Paesaggistico della Regione Sardegna, Cartografia scala 1:50.000, Foglio 556 - Provincia di Cagliari, Carbonia-Iglesias e Medio-Campidano, Geoportale della Regione Sardegna e Opendata della Regione Sardegna*, al fine di individuare la localizzazione dei Beni paesaggistici tutelati ai sensi della Parte III del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i. e del Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/23;
- *MiTE, Geoportale Nazionale*, al fine di individuare la localizzazione dei siti appartenenti alle Aree naturali protette e alla Rete Natura 2000;

## 5.2.2 I BENI CULTURALI

La ricognizione dei Beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs. 42/2004, condotta sulla scorta delle fonti conoscitive consultate anzidette, i cui esiti sono rappresentati all'interno della Tavola "Vincoli e tutele" allegata alla presente relazione, non ha evidenziato l'interessamento diretto di Beni Culturali nell'ambito del territorio all'interno del quale ricadono le opere in progetto.

### 5.2.3 I BENI PAESAGGISTICI

Mediante la medesima Tavola "Vincoli e tutele" si evince come il contesto territoriale indagato sia caratterizzato dalla presenza di beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.Lgs. 42/04, che interessano direttamente le opere in progetto e relative aree di cantiere previste, quali:

- Aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142, comma 1:
  - lettera b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi (Medau Zirimilis)
  - lettera c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna
  - lettera g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227 (norma abrogata, ora il riferimento è agli articoli 3 e 4 del decreto legislativo n. 34 del 2018); La definizione di queste aree boscate viene, come decretato dall' art. 2 del D. Lgs. 227/01, da disposizioni regionali, e precisamente dalla Legge Forestale della Sardegna (L.R. 26 Aprile 2016 n.8), la quale all'art.4 stabilisce la definizione di "bosco ed altre aree assimilate". Quindi è stato possibile reperire, prelevandolo dall'Opendata della Regione Sardegna, in rispondenza a quanto definito dai dettami della suddetta legge regionale forestale, lo shapefile "Bosco", proveniente dal Database geotopografico alla scala 1:10.000 della Regione Sardegna, ossia tutte le aree con "un terreno coperto da vegetazione arborea e/o arbustiva e/o cespugliati di specie forestale, di origine naturale od artificiale, a qualsiasi stadio di sviluppo, la cui area di insidenza (proiezione sul terreno della chioma delle piante) non sia inferiore al 20%, di estensione non inferiore a 2000 metri quadrati e di larghezza maggiore di 20 mt, misurata al piede delle piante di confine".
- Beni da piano paesaggistico (art. 143):
  - Parco geominerario ambientale e storico (Sulcis - Iglesias - Guspinese)

Sono invece prossime alle aree di intervento ma non interferenti direttamente, altre aree tutelate ai sensi dell'art.143 (beni paesaggistici ambientali) quali "Laghi naturali, invasi artificiali stagni, lagune" e "Fiumi torrenti e altri corsi d'acqua" ed alcune aree dichiarate di notevole interesse pubblico vincolate con provvedimento amministrativo (artt. 136 e 157).

### 5.2.4 Le AREE NATURALI PROTETTE e la RETE NATURA 2000

Per quanto riguarda la Rete Natura 2000, l'area di intervento ricade interamente all'interno della ZSC Foresta di Monte Arcosu (ITB041105) mentre a 5 km circa in direzione sud si trova la ZPS Foresta di Monte Arcosu (ITB044009). In relazione ad altre aree tutelate in prossimità degli interventi, a circa 1 km in direzione sud si trova un Parco regionale istituito ai sensi della L.R. 31/89 (Gutturu Mannu - Legge Regionale 24 ottobre 2014,



n. 20), ed a circa 2 km a nord invece il monumento naturale istituito ai sensi della L.R. 31/89 Domo Andesitico di Acquafredda (EUAP0461).

### 5.2.5 AREE SOGGETTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

Le aree soggette a vincolo idrogeologico (R.D. 3267/23) non interessano in maniera diretta le aree di intervento.

## 5.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con riferimento al paragrafo 5.1 riguardante i rapporti intercorrenti tra le opere in progetto e gli strumenti pianificatori territoriali e urbanistici di riferimento, emerge come si trovi sostanziale compatibilità.

Questo si evince a partire dall'analisi del PPR dove le aree di intervento sono inquadrare come aree antropizzate e relative alle aree dedicate al sistema delle infrastrutture, per finire a quelle del PUC di Siliqua (interventi ricadenti in area di rispetto lacuale) che disciplina come siano consentiti interventi volti alla conservazione, difesa, ripristino, restauro e fruizione della risorsa e in particolare quelli connessi alla realizzazione di opere pubbliche o di preminente interesse pubblico.

Per quanto attiene al sistema dei vincoli e delle tutele, la cui analisi è stata condotta al paragrafo 5.1, si riporta un riepilogo relativo ai rapporti intercorrenti tra le aree soggette a tutela e le aree interessate dagli interventi di progetto:

- Beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.  
Non si evidenzia la presenza di beni culturali in prossimità delle aree di intervento
- Beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.  
Le aree di intervento interessano delle aree tutelate ai sensi dell'art. 142 c.1 lett. b), c), g) e dell'art. 143 del D.Lgs. 42/04;
- Aree protette così come definite dalla L. n. 394/1991 e dalla LR n.31/89  
Le aree di intervento sono a circa 1 km da un Parco regionale istituito ai sensi della L. 31/89
- Siti appartenenti alla Rete Natura 2000  
Le aree di intervento ricadono all'interno della ZSC Foresta di Monte Arcosu (ITB041105)
- Vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923  
Si segnala la stretta prossimità delle aree tutelate ai sensi del R.D. 3267/23, senza però interferire direttamente con le aree di intervento

In riferimento quindi alle interferenze di tipo diretto, per quello che concerne la fascia di rispetto del lago e del corso d'acqua, aree tutelata per legge ai sensi dell'art. 142 del D.lgs. 42/2004 e smi, seppur direttamente

interferita dalle alternative di progetto, come specificato dallo stesso disposto normativo al comma 1 del citato articolo, dette tipologie di beni «sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo [ossia il Titolo I "Tutela e valorizzazione"]», ed ai fini dell'analisi della compatibilità degli interventi in progetto con le disposizioni dettate dal vincolo, si sottolinea come i vincoli di cui all'articolo 142 non hanno a fondamento il riconoscimento di un notevole interesse pubblico del bene tutelato, come per l'appunto nel caso di quelli vincolati in base all'articolo 136, quanto invece la stessa sussistenza di detto bene, considerata a prescindere dal suo specifico valore ed interesse.

A fronte di quanto esposto nel caso in esame, inoltre, le opere di progetto si andrebbero a configurare come intervento su un'infrastruttura già esistente, che quindi non comportano variazione dei rapporti di interrelazione tra l'opera stessa e le aree sottoposte a tutela.

La stessa mancata modifica di configurazione dell'assetto, si registra per quanto riguarda l'interferenza relativa ai beni ex art. 143 del D.Lgs. 42/04.

Per quanto concerne invece l'interferenza con la ZSC Foresta di Monte Arcosu (ITB041105) si rimanda allo Studio di Incidenza Ambientale allegato al presente studio.

## 6 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### 6.1 SISTEMA ANTROPICO

#### 6.1.1 STRUTTURA INSEDIATIVA

Le attività progettuali sono previste nel settore meridionale della Sardegna, in aree ricomprese all'interno della Città Metropolitana di Cagliari e nella provincia del Sud Sardegna, all'interno del territorio comunale di Siliqua. Su larga scala il sistema di riferimento per inquadrare la struttura insediativa è riconducibile al Sulcis-Iglesiente che coincide con il più grande bacino minerario della Sardegna ed ha costituito storicamente un'area strategica per l'estrazione. Si tratta di un territorio complesso, che occupa tutta la fascia costiera di sud ovest, e nel quale si ritrovano rilievi quali il Monte Arcosu e il sistema del Marganai-Linas-Arcuentu, separati dalla valle del Cixerri ed altre brevi piane costiere.

La struttura insediativa di questo territorio è il risultato dei processi e dei sistemi di utilizzo delle sue risorse come quelle metallifere, la cui importanza è testimoniata dalle fonderie nuragiche, così come dai pozzi medioevali e dal rapporto con il mare. Già nel XIII secolo questo territorio si presentava come uno dei poli della grande ricolonizzazione a partire dall'anno mille e che ha visto l'intera Sardegna interessata da una intensa rinascita fatta di nuclei monastici, bonifiche e ripopolamento di vasti spazi.

La struttura attuale dell'insediamento è costituita dagli sviluppi che si sono stratificati a partire dall'impianto base dei "medaus" o "furriadroxius". Questi sono nuclei abitativi e produttivi a base familiare nelle quali risulta evidente la commistione tra le funzioni abitative e quelle produttive. I loggiati per il bestiame si affiancano senza soluzione di continuità ai corpi di fabbrica elementari, in sequenze lineari o articolate secondo le necessità della vita rurale. I medaus hanno colonizzato l'intero territorio, ad eccezione degli ambiti montani, con la finalità di presidiare e utilizzare il territorio, in rapporto alla sua produttività agricola e pastorale. Questa tipologia permane nelle aree interne mentre negli ambiti costieri la struttura insediativa è stata profondamente modificata per assolvere a funzioni prevalentemente turistiche.



Figura 6.1.1: Sistema insediativo

**6.1.2 USI in ATTO**

L'analisi dell'area oggetto di studio sotto l'aspetto degli usi in atto utile alla caratterizzazione del territorio e la definizione dell'uso prevalente del suolo è stata desunta a partire dalla cartografia dell'uso del suolo della Regione. Tale cartografia tematica è relativa all'uso reale del suolo ottenuto attraverso la fotointerpretazione, delle ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 2004 e altri materiali ausiliari affinate poi mediante sopralluoghi diretti in campo. Con l'aggiornamento del 2008 è stata anche elaborata la Carta delle colture utilizzando le informazioni relative alle principali colture della Sardegna. Sulla base della Carta di Uso del Suolo è emersa la presenza di quattro su cinque macrocategorie di suddivisione del territorio:

1. Territori modellati artificialmente, che include le aree urbane, gli insediamenti produttivi e i servizi, la viabilità e il tessuto urbano ed extraurbano discontinuo;
2. Territori agricoli, che includono i territori modificati dall'uomo per scopi agricoli;
3. Territori boscati e altri ambienti seminaturali, che comprendono le formazioni botaniche appartenenti a tutti gli strati fisionomici della copertura vegetale;
4. Corpi idrici, che includono le aree che sono perennemente interessate dalla presenza di acqua, sia in ambito continentale che marino.

Sulla base di questa classificazione i dati emersi a seguito dell'analisi evidenziano una netta distinzione tra il territorio a monte del bacino Medau Zirimilis e il territorio presente a valle. Nel primo caso l'uso prevalente è quello naturale con presenza di boschi di latifoglie e di conifere e aree a ricolonizzazione naturale all'interno delle quali, trovandosi in presenza di un bacino artificiale, risultano molto rappresentative le formazioni ripariali. Nel secondo caso il territorio attraversa una fascia di transizione che a partire dal limite delle aree boscate passa da un paesaggio vegetale prettamente naturale verso un paesaggio con forte connotazione rurale in cui le utilizzazioni agricole assumono maggiore rilevanza, in particolare oliveti e zone agricole eterogenee.

Nella tabella che segue si riportano le risultanze della caratterizzazione ambientale fatta su una superficie presente all'intorno del bacino artificiale di circa 9.422 ha con una incidenza percentuale prevalente delle Zone boscate con circa il 39.5% e delle Associazioni vegetali arbustive e erbacee con circa il 51.2%.

<b>Legenda Uso del suolo Regione Sardegna, 2008</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Territori modellati artificialmente</b>		
<i>(131 - Aree estrattive, 1122 - Fabbricati rurali, 1224 - Impianti a servizio delle reti di distribuzione)</i>	16	0,2%
<b>Territori agricoli - Seminativi</b>		
<i>(2111 - Seminativi in aree non irrigue, 2112 - Prati artificiali, 2121 - Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo)</i>	599	6,4%
<b>Territori agricoli - Colture permanenti</b>		
<i>(221 - Vigneti, 223 - Oliveti)</i>	14	0,1%
<b>Territori agricoli - Zone agricole eterogenee</b>		
<i>(2411 - Colture temporanee associate all'olivo, 242 - Sistemi particellari e colturali complessi, 243 - Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti)</i>	12	0,1%

<b>Legenda Uso del suolo Regione Sardegna, 2008</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Territori boscati ed altri ambienti seminaturali - Zone boscate</b>		
<i>(3111 - Sistemi particellari e colturali complessi, 31121 - Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste, 3121 - Bosco di conifere)</i>	3725	39,5%
<b>Territori boscati ed altri ambienti seminaturali - Associaz. vegetali arbustive e/o erbacee</b>		
<i>(321 - Aree a pascolo naturale, 3222 - Formazioni di ripa non arboree, 3231 - Macchi amediterranea, 3232 - Gariga, 3241 - Aree a ricolonizzazione naturale, 3242 - Aree a ricolonizzazione artificiale)</i>	4828	51,2%
<b>Territori boscati ed altri ambienti seminaturali - Zone aperte con vegetazione rada o assente</b>		
<i>(3311 - Spiagge di ampiezza superiore a 25 mt, 333 - Aree con vegetazione rada &gt; 5% e &lt; 40%)</i>	142	1,5%
<b>Corpi idrici - Acque continentali</b>		
<i>(5122 - Bacini artificiali)</i>	86	0,9%
<b>Totale</b>	<b>9.422</b>	

Tabella 6.1.1: Usi in atto di area vasta (Fonte: Uso del suolo Regione Sardegna)



Figura 6.1.2: Uso del suolo a prevalenza di ambiti naturali



Figura 6.1.3: Uso del suolo a prevalenza di ambiti agricoli



### 6.1.3 PAESAGGIO

Le macro-unità di paesaggio principali seguono una suddivisione dettata dal fattore litologico e pedologico. Sulla base di una prima elementare suddivisione è possibile definire una prima sequenza di tipologie di paesaggio definite per substrato e per base pedogenico-tassonomica. A partire da tale sequenza è poi necessario effettuare un passaggio alla realtà dei sistemi complessi, dove i paesaggi non sono ripetibili sulla base di tali elementi oro-morfo-lito-climatici, ma sono frutto dei fenomeni e delle attività che nel corso dei millenni si sono svolte in tali aree. Sulla base di tali presupposti fisici, biologici e culturali, è stata effettuata una suddivisione in macro-unità, delle quali si riporta uno stralcio che inquadra l'area vasta che comprende l'intervento in oggetto:



Figura 6.1.4: Macro Unità di paesaggio regionale (Direzione Regionale Beni Culturali e Paesaggistici della Sardegna)

A livello di area vasta, la porzione di macro-unità di paesaggio nel quale ricade l'intervento è quella del Sulcis-Iglesiente meridionale, formata da rocce intrusive e sedimentarie del Paleozoico, con forme aspre, forti pendenze ed incisioni. Le rocce metamorfiche sono prevalentemente date da quarziti che, data la loro scarsa alterabilità, danno origine a queste forme; per lo stesso motivo la pedogenesi è molto lenta.

I paesaggi delle piane costiere del settore di Chia e di Pula testimoniano un utilizzo estensivo delle superfici, spesso poco produttive ed associate alle trasformazioni del dopoguerra. La copertura originaria era data prevalentemente da leccio (*Quercus ilex*), utilizzato come legname da miniera, legna da ardere, carbone. Ovunque restano i segni di questa attività, con piccolissimi insediamenti utilizzati per periodi molto limitati (dispense), strade campestri e sentieri.

Non mancano tratti con morfologia più dolce, formati dalle arenarie o scisti arenacei, sui quali prevale la sughera come copertura vegetale. Su queste forme prevale il pascolo ovino, mentre nelle precedenti prevale quello caprino.

L'intero territorio è privo di grandi insediamenti, ad esclusione di quello minerario di S. Leone, scarsamente utilizzato dopo la chiusura dell'attività mineraria.

Scendendo di dettaglio a livello di area di intervento, ossia il lago di Medau Zirimilis, invaso artificiale del bacino di confluenza del Cixerri, realizzato dallo sbarramento degli affluenti del rio de su Casteddu, in località Camboneddu, in riferimento al paesaggio circostante si può affermare come si trovi una vegetazione fittissima di carrubi, oleandri, filliree e mirti, nel punto dove ha inizio l'invaso della diga di Medau Zirimilis, risalendo il corso del rio Camboni. Laddove sorge quindi l'infrastruttura, sono riportate di seguito delle riprese che inquadrano i caratteri peculiari del paesaggio nel quale la stessa si inserisce.



*Figura 6.1.5: Riprese dell'ambito paesaggistico nel quale si inserisce l'infrastruttura*



*Figura 6.1.6: Riprese dell'ambito paesaggistico nel quale si inserisce l'infrastruttura*

## 6.2 SISTEMA BIOTICO

### 6.2.1 BIODIVERSITÀ

#### ASPETTI VEGETAZIONALI

L'area oggetto di studio ricade nella parte sud-occidentale della Sardegna, in un territorio ricompreso tra il Campidano di Cagliari e l'Iglesiente Sulcis che può essere inquadrato come al margine meridionale della Valle del Cixerri, delimitata a Sud-Est dai rilievi del Monte Arcosu, a Sud dal Monte Lattias ed is Caravius, ad ovest dal complesso del Monte Orri.

L'ambito in cui si inserisce l'intervento, in base alle caratteristiche fitoclimatiche, è caratterizzato da regione bioclimatica mediterranea oceanica secca con clima mediterraneo oceanico-semicontinentale del medio e basso Adriatico dello Ionio e delle isole maggiori con una discreta presenza anche nelle regioni del medio e alto Tirreno (Mesomediterraneo/termomediterraneo secco-subumido). Il ruolo del clima nella distribuzione della copertura vegetale e della pedogenesi è di fondamentale importanza e si manifesta attraverso la distribuzione annuale della temperatura e delle precipitazioni, intervenendo nello sviluppo della vegetazione e del suolo in tutti gli stadi evolutivi.

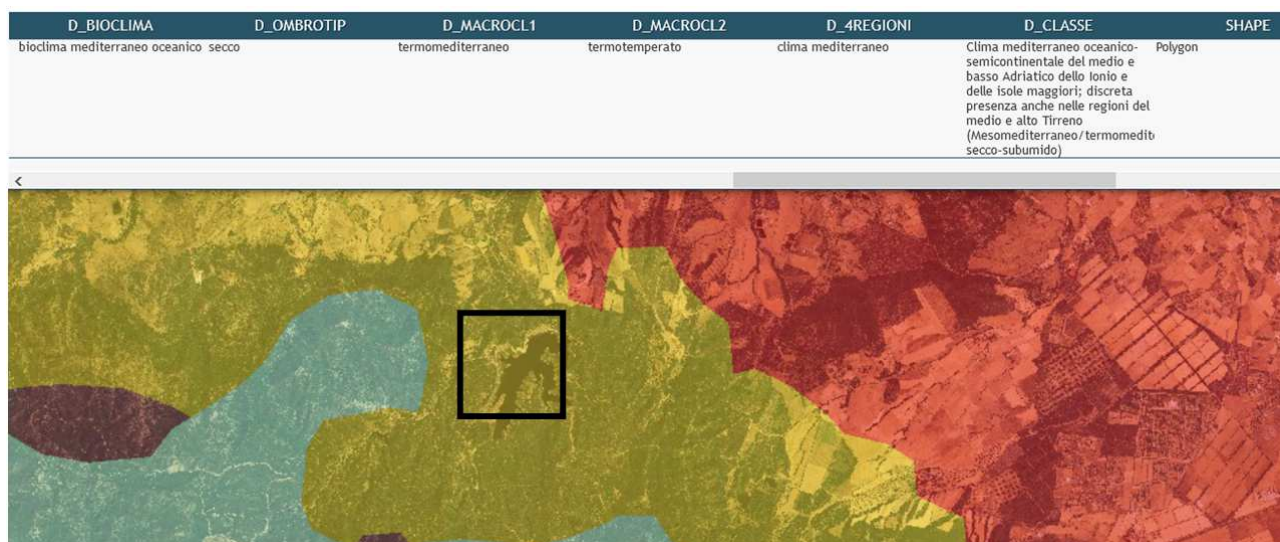


Figura 6.2.1: Stralcio della Carta Fitoclimatica d'Italia (Fonte: PCM – MATTM)

A seguito del bioclima tramite la classificazione ecoregionale, pubblicata nel "Contributo tematico alla Strategia Nazionale per la Biodiversità (SNB) - Le Ecoregioni d'Italia", è possibile individuare la vegetazione potenziale dell'area di studio. In base a tale fonte l'area risulta ricadere nella Divisione Mediterranea, Provincia del Blocco Sardo-Corso e interessa una zona di transizione tra la Sezione del Campidano-Sassarese (22b) e la Sezione dell'Iglesiente (22c).





Figura 6.2.2: Stralcio della Carta delle Ecoregioni d'Italia (Fonte: Contributo tematico alla Strategia Nazionale per la biodiversità – Le Ecoregioni D'Italia, 2010)

La classificazione ecologica fornisce una restituzione delle serie di vegetazione rappresentative su scala vasta e nel caso in esame la fisionomia di vegetazione potenziale è rappresentata dai boschi a *Quercus ilex* mentre la fisionomia diffusa è rappresentata dai boschi a *Quercus suber*.

A partire da tali informazioni è possibile scendere di dettaglio attraverso la consultazione della Carta delle serie di vegetazione di Italia all'interno della quale sono rappresentati gli ambiti territoriali aventi la stessa tipologia di serie di vegetazione, in quanto vocati alla stessa vegetazione naturale potenziale, cioè la vegetazione che un dato sito può ospitare, nelle attuali condizioni climatiche e pedologiche, in assenza di disturbo (Tuexen, 1956). Sulla base di tale rilievo sono state individuate due serie di vegetazione:

- 15 - Serie sarda calcicola, mesomediterranea, del leccio (*Prasio majoris-Quercetum ilicis quercetosum virgilianae*);
  - Fisionomia, struttura e caratterizzazione floristica dello stadio maturo: microboschi termofili a *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* e *Quercus ilex* nello strato arboreo. Nello strato arbustivo sono presenti *Chamaerops humilis*, *Pistacia lentiscus*, *Tamus communis*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius* e *Prasium majus*. Lo strato erbaceo è meno abbondante rispetto alla serie precedente e comprende *Arisarum vulgare*, *Carex distachya* e *Cyclamen repandum*.
  - Caratterizzazione litomorfologica e climatica: serie sarda del leccio con palma nana predilige i calcari mesozoici costieri e le arenarie ad altitudini non superiori ai 100 m s.l.m., quindi del piano fitoclimatico termomediterraneo superiore con ombrotipi variabili dal secco superiore al subumido inferiore.
  - Stadi della serie: le cenosi di sostituzione sono rappresentate dalla macchia a *Pistacia lentiscus* e *Chamaerops humilis* (*Pistacio-Chamaeropetum humilis*), dalle garighe a *Cistus creticus* subsp. *eriocephalus* (*Dorycnio penthaphylli-Cistetum eriocephali*), dalle praterie emicriptofitiche delle associazioni *Scillo obtusifoliae-Bellidetum sylvestris* e *Asphodelo africani-Brachypodietum retusi* e dalle comunità terofitiche della classe *Tuberarietea guttatae*.

- 19 - Serie sarda, calcifuga, termo-mesomediterranea, della sughera (*Galio scabri-Quercetum suberis*)
  - Fisionomia, struttura e caratterizzazione floristica dello stadio maturo: mesoboschi a *Quercus suber* con *Q. ilex*, *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Phillyrea latifolia*, *Myrtus communis* subsp. *communis*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*. Lo strato erbaceo è caratterizzato da *Galium scabrum*, *Cyclamen repandum* e *Ruscus aculeatus*. Comprende la subass. tipica *quercetosum suberis* e la subass. *ramnetosum alaterni*.
  - Caratterizzazione litomorfológica e climatica: la serie si sviluppa su substrati granitici della Sardegna orientale e centro-meridionale (subass. *quercetosum suberis*), talvolta su metamorfiti (subass. *ramnetosum alaterni*), ad altitudini comprese tra 200 e 550 m s.l.m., sempre in ambito bioclimatico Mediterraneo pluvistagionale oceanico, con condizioni termo- ed ombrotipiche variabili dal termomediterraneo superiore subumido inferiore al mesomediterraneo inferiore subumido superiore.
  - Stadi della serie: la vegetazione forestale è sostituita da formazioni arbustive riferibili all'associazione *Erico arborea-Arbutetum unedonis* e da garighe a *Cistus monspeliensis* e *C. salviifolius*; seguono prati stabili emicriptofitici della classe *Poetea bulbosae* e pratelli terofitici riferibili alla classe *Tuberarietea guttata*



Figura 6.2.3: Stralcio della Carta della vegetazione d'Italia (Fonte: Geoportale MATTM)

La classificazione ecologica adottata integrata con la cartografia delle Serie di Vegetazione e le conoscenze sull'uso e copertura del suolo offrono la possibilità oltre che di definire la vegetazione potenziale anche indicazioni circa la vegetazione reale.

In termini di vegetazione reale la forma prevalente è il bosco di tipo mediterraneo, con maggiore frequenza e densità di elementi arborei nelle zone umide ed una presenza più diradata e meno assidua nei territori secchi e aridi. L'elemento boschivo è rappresentato in gran parte da boschi di querce a copertura semi-naturale, a copertura agro-forestale con impianti boschivi artificiali e con colture arboree specializzate.

Per la definizione delle cenosi presenti si è fatto riferimento alla Carta della vegetazione redatta ai fini del quadro conoscitivo del Piano di Gestione Ambientale del sito comunitario. Tale cartografia è stata creata a

partire dalle informazioni di uso del suolo e integrate con le informazioni sulla vegetazione reale, se ne riporta uno stralcio nella figura seguente.

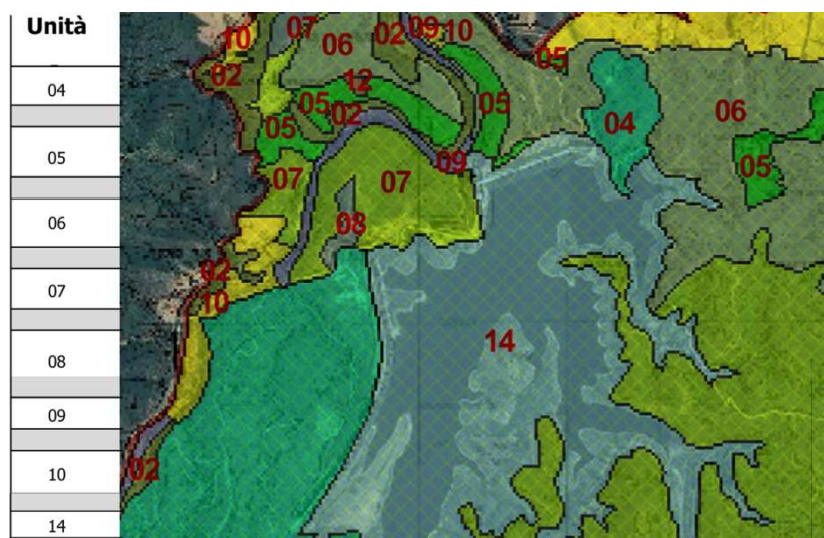


Figura 6.2.4: Stralcio della Carta della vegetazione (Fonte: Cartografia del Piano di Gestione ZSC, 2008)

Dallo stralcio cartografico precedente in termini di vegetazione reale che interessa l'area oggetto di intervento emergono:

- nell'area della diga di Medau Zirmilis:
  - Popolamenti artificiali di conifere e impianti artificiali di eucalipto in sostituzione delle leccete e sugherete. Si ritrovano associazioni *Erico arborea*-*Arboretum unedonis* e *Pistacio lentisci*-*Calicotometum villosae* (su substrati acidi) e *Clematido cirrhosae*-*Pistacio lentisci* (su substrati alcalini). Localmente si ritrovano garighe di degradazione a *Cistus monspeliensis* e *C. salvifolius*, riferibili all'associazione *Lavandulo stoechadis*-*Cistetum monspeliensis*. Meno comuni le cenosi di degradazione riferibili all'associazione *Crataego monogynae*-*Pistacietum lentisci* con *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Pyrus spinose*, *Crataegus monogyna*, *Myrtus communis* ss. *Communis* (Unità 04);
  - Boscaglie o macchie termofile ed edafoxerofile a dominanza di *Juniperus turbinata* e *Olea europaea* var. *sylvestris* con *Asparagus albus*, *Euphorbia dendroides*, *Pistacia lentiscus* e *Phillyrea angustifolia* (Unità 05);
  - Boschi cedui matricinati, composti o a struttura irregolare, a prevalenza di leccio (*Quercus ilex*) con copertura media del suolo <60%. Cenosi di sostituzione delle leccete e delle sugherete: associazioni *Erico arborea*-*Arboretum unedonis* e *Pistacio lintisci* (sui substrati alcalini). Localmente, garighe di degradazione a *Cistus monspeliensis* e *C. salvifolius*, riferibili all'associazione *Lavandulo stoechadis*-*Cistetum monspeliensis* (Unità 06);
  - Zone ripariali edificate da boscaglie residuali di *Anus glutinosa* alternate a saliceti (Unità 09).
- Nell'area della diga di Carru Segau:
  - Boschi cedui matricinati, composti o a struttura irregolare, a prevalenza di leccio (*Quercus ilex*) con copertura media del suolo <60%. Cenosi di sostituzione delle leccete e delle sugherete: associazioni *Erico arborea*-*Arboretum unedonis* e *Pistacio lintisci* (sui substrati alcalini). Localmente, garighe di

degradazione a *Cistus monspeliensis* e *C. salvifolius*, riferibili all'associazione Lavandulo stoechadis-Cistetum monspeliensis (*Unità 06*).

#### RETI ECOLOGICHE, ECOSISTEMI E ASPETTI FAUNISTICI

L'area oggetto di analisi ospita una componente faunistica in parte antropica per la presenza di aree edificate e infrastrutture di vario tipo e in parte naturale grazie alla presenza di numerose aree naturali. Questa peculiarità deriva dall'isolamento geografico della regione che gli conferiscono ruolo di hotspot di biodiversità, e importanza strategica per la conservazione delle popolazioni di alcune specie.

Con questa finalità molta importanza riveste la Rete Ecologica Regionale che si costituisce di tutte le aree naturali protette regionali nelle quali è necessario garantire, promuovere, conservare e valorizzare il patrimonio naturale di specie animali e vegetali di associazioni forestali, di singolarità geologiche, di valori scenici e panoramici, di equilibri ecologici.

La strategia regionale per la Rete Ecologica mira a sviluppare e rafforzare il sistema delle aree protette e della Rete Natura 2000 oltre a migliorare la gestione dei siti contribuendo a contrastare la perdita di biodiversità e incrementare la qualità dell'ambiente naturale dell'intero territorio regionale. Nella Regione Sardegna tale strumento è normato nel Piano Paesaggistico Regionale nel quale vengono individuati in cartografia: le Componenti di paesaggio con valenza ambientale, le Aree di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate e i Beni paesaggistici ambientali ex art.142 D.Lgs.42/04 e ss.mm.ii. per ogni singolo ambito di paesaggio; sono inoltre definiti gli indirizzi attuativi, anche riguardo alla predisposizione della rete ecologica, che i Comuni e le Provincie (art.4 delle Norme Tecniche di Attuazione del PPR) dovranno recepire ed attuare nei loro strumenti di governo del territorio.

Come si evince dalle figure che seguono dalla prima si evince come l'area oggetto di studio ricade all'interno della ZSC ITB041105 "Foreste del Monte Arcosu" elemento trattato in dettaglio nello Studio di Incidenza Ambientale allegato al PFTE. Sono inoltre presenti: l'area EUAP denominata Monumento naturale Domo Andesitico di Acquafredda (EUAP0461) a 2.5 km a nord dell'area di intervento; la ZPS ITB044009, che è anche area EUAP Riserva di Monte Arcosu (EUAP0469) posta a una distanza maggiore di 5 km; infine nell'area costiera a sud ad una distanza maggiore di 20 km sono presenti un'altra ZPS, la ITB040023, delle altre ZSC e un'area IBA. Riguardo il secondo stralcio si riporta la Rete Ecologica nell'ambito costiero della Provincia di Cagliari (PUP/PTCP) nel quale l'area del bacino risulta inserita nelle ulteriori aree di interesse di altri elementi della Rete.



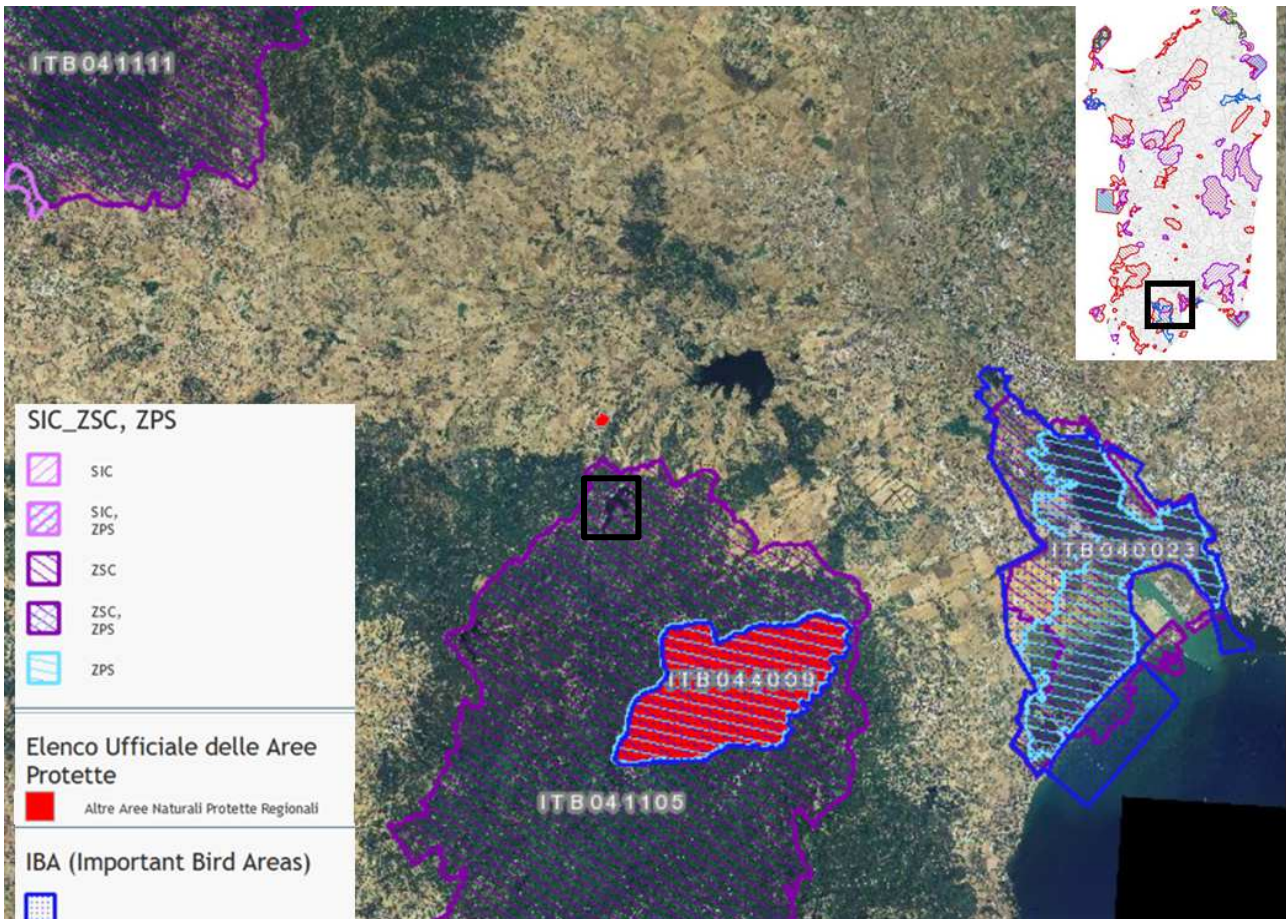


Figura 6.2.5: Aree Naturali Protette (Fonte: Portale Cartografico Nazionale, MATTM)

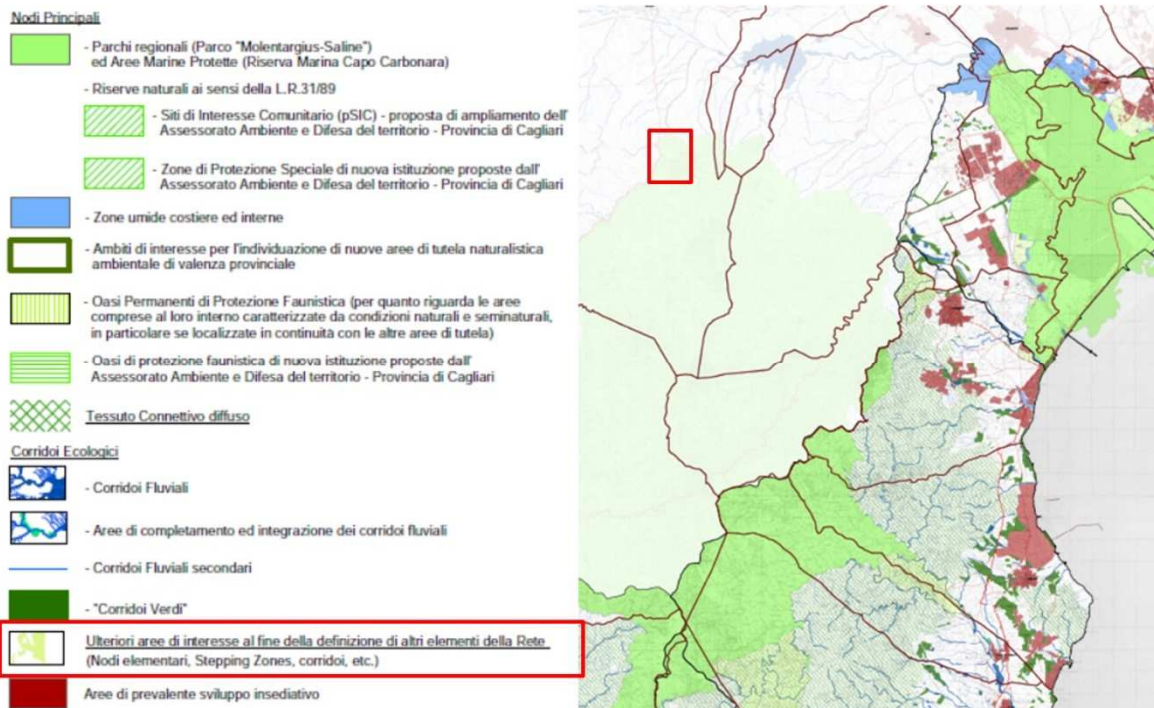


Figura 6.2.6: Elaborato 08a Promozione della Rete Ecologica Regionale (Fonte: Piano Urbanistico Provinciale di Cagliari - Variante in adeguamento al PPR - primo ambito omogeneo: fascia costiera)



Per quanto riguarda gli aspetti ecosistemi il paesaggio che caratterizza l'area di studio è una delle espressioni più tipiche della trasformazione provocata dalle attività antropiche che hanno sottratto con il tempo superficie alle aree boschive a fini zootecnici e agricoli che sono anche responsabili della realizzazione del bacino artificiale. L'area indagata per effettuare l'analisi ecosistemica risulta caratterizzata principalmente da Sistema boschi e agricolo con estese aree boscate sui versanti e numerosi elementi naturali lineari. Di seguito si riporta una descrizione dei diversi ecosistemi presenti con l'analisi delle specie faunistiche.

### ECOSISTEMI NATURALI

Si tratta di superfici con coperture vegetazionali naturali, semi-naturali e artificiali rappresentate da superfici boschive con sughere e lecci, rimboschimenti di conifere e eucalipti, aree a gariga e a macchia mediterranea. Da un punto di vista faunistico si tratta dell'ecosistema più diversificato al quale si associano molte specie di interesse conservazionistico. Alcune di queste sono ormai rare su tutto il territorio regionale come il gatto selvatico (*Felis silvestris*) o il cervo sardo (*Cervus Elephus Corsicanus*). Parte della fauna come l'astore sardo e la cerambice della quercia hanno esigenze ecologiche molto specifiche, e si trovano esclusivamente in ambienti ben conservati quali i boschi maturi. Negli ambiti di macchia invece si osserva una distribuzione più ampia e di maggiore adattabilità agli habitat ad essa collegati caratterizzati dall'afflusso di milioni di uccelli provenienti dal nord Europa, che si fermano durante la migrazione e vi sostano per tutto l'inverno.

Da un punto di vista faunistico la macrocategoria degli ambienti naturali si caratterizza per la presenza di un contingente di specie piuttosto diversificato. Sono presenti habitat idonei per pipistrelli, volpe, cinghiale, martora, donnola, topo selvatico, quercino sardo, sparviere, astore sardo, calandro, fanello, colombaccio, pettirosso, ecc.). Tra le specie appartenenti ai Rettili sono presenti la natrice del Cetti, la lucertola campestre, la lucertola tirrenica, l'algiroide di Fitzinger e il gongilo. Tra gli uccelli sono presenti l'astore sardo, lo sparviere, il colombaccio e la ghiandaia che si associano agli ambiti boschi, oltre alla magnanina sarda, la sterpazzola di Sardegna, sterpazzolina, la magnanina comune, il calandro, l'aquila reale, l'aquila del bonelli, il succiacapre, il fanello, la poiana, la pernice sarda e la calandrella che si associano agli ambienti di macchia.



Figura 6.2.7: Ecosistema Naturale

### ECOSISTEMI DELLE AREE UMIDE

Questa macrocategoria è rappresentata dall'invaso del Medau Zirimilis che si caratterizza da un punto di vista faunistico per la presenza di specie appartenenti alla classe Aves e Amphibia. Al suo interno sono presenti habitat idonei per anfibi anuri autoctoni della Regione: rospo smeraldino, raganella tirrenica e discoglossa sardo. Il bacino d'acqua ha inoltre notevole idoneità per molte specie di uccelli legati alla vegetazione ripariale degli alvei fluviali e delle sponde degli invasi e alle acque libere. Il gruppo più numeroso è quello degli anatidi che annoverano: moriglione, moretta, moretta tabaccata, alzavola, mestolone, fistione turco, marzaiola, canapiglia, germano reale e fischione alle quali si uniscono, folaga, gallinella d'acqua, svasso maggiore, tuffetto e cormorano. Per quanto riguarda i mammiferi sono presenti due chiroteri il vespertilio di Capaccini e il vespertilio di Daubenton i quali risultano legate agli habitat acquatici esclusivamente per motivi alimentari.



Figura 6.2.8: *Ecosistema delle aree umide*

### AGROECOSISTEMI

In tale categoria sono raggruppate le superfici ad uso seminativo, con foraggere prevalenti, le superfici con colture legnose di vigneti, oliveti e frutteti e le superfici agroforestali. Tale copertura del suolo, di origine artificiale, è mantenuta nel territorio attraverso la costante attività antropica che modella i confini dei coltivi riducendo gli arbusteti, in genere con specie sclerofille, o elementi arborei relittuali autoctoni. Le formazioni erbacee sono in prevalenza costituite da elementi delle classi fitosociologiche della Poetea, Thero-Brachypodietea, Tuberarietea, Stellarietea e Artemisietea. La fauna associata è rappresentata principalmente dagli uccelli tra i quali si segnalano: la pavoncella, il tordo bottaccio, l'upupa, il merlo, il tordo sassello, lo scricciolo, occhiocotto, lo storno nero, lo storno comune, la tortora selvatica, il verzellino, il saltimpalo, il picchio rosso maggiore, la passera lagia, la capinera, la passera mattugia, la passera sarda, cinciallegra, la cinciarella, l'assiolo, il pigliamosche, lo strillozzo, la calandra, l'allodola, l'usignolo, il tottavilla, la quaglia, ecc... Si tratta perlopiù di specie piuttosto comuni, nidificanti su quasi tutto il territorio regionale. Numerosi sono anche i mammiferi tra i quali si annoverano chiroteri, topi, cinghiali, la lepre sarda e il coniglio selvatico. Specie ampiamente diffuse sul territorio regionale, caratteristiche dei piccoli appezzamenti coltivati a seminativi alternati ad aree cespugliate a macchia mediterranea.



Figura 6.2.9: Agroecosistemi

### ECOSISTEMI URBANI

Il territorio in esame non risulta essere particolarmente edificato, e pertanto si riscontrano poche aree con superfici impermeabilizzate e le aree edificate risultano sporadiche e a destinazione d'uso prevalente di tipo rurale. L'assetto infrastrutturale, in prevalenza costituito da strade locali, strade di accesso ai campi e al Sistema infrastrutturale legato agli sbarramenti che generano il bacino idrico artificiale Medau Zirimilis. Da un punto di vista faunistico si caratterizzano per la presenza di specie piuttosto comuni e tolleranti al disturbo derivante dalle attività umane. Specie sinantropiche e generaliste in termini di alimentazione e dotate di flessibilità nella scelta dei siti riproduttivi, di alimentazione e rifugio. L'elevata disponibilità trofica, la costante presenza d'acqua, il minor numero di predatori e un elevato numero di siti idonei alla riproduzione/sosta favorisce specie quali: rondone maggiore, rondone comune, rondone pallido e rondine, storno, piccione, gabbiano reale zampegiale, ratto nero, topo domestico, alcune specie di chiroteri e il gecko comune.



Figura 6.2.10: Ecosistemi Urbani



Per quanto riguarda le specie faunistiche oggetto a maggiore rilevanza si segnalano i chiroteri, la mammalofauna che tra le altre nel sito evidenzia la presenza della volpe (*Vulpes vulpes*), del daino (Dama dama) e del cinghiale (*Sus scrofa meridionalis*). In termini di erpetofauna si segnalano il tarantolino (*Euleptes europaea*), l'algiroide nano (*Algyroides fitzingeri*), il gongilo (*Chalcides ocellatus*), la lucertola campestre (*Podarcis sicula*) e la lucertola tirrenica (*Podarcis tiliguerta*) (DePous et al., 2012; S. Piazzini, 2013, Piano Forestale Particolareggiato di Gutturu Mannu-Is Cannoneris 2018). Tra queste specie la sola *Euleptes europaea* risulta di interesse comunitario ai sensi della Direttiva Habitat in quanto elencata negli allegati II e IV. Si segnala anche la potenziale presenza testuggine palustre (*Emys orbicularis*) Per le specie di invertebrati sono tra le altre presenti le specie *Papilio hospiton* e *Cerambyx cerdo*, entrambe elencate negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE). Per la classe dei pesci si segnala la trota macrostigma (*Salmo trutta macrostigma*) che è potenzialmente interessata dagli interventi in esame. Difatti il Piano di Gestione della ZSC ITB051105 sottolinea come la presenza della diga sul Rio de su Casteddu abbia un effetto positivo per la fauna ittica e per questa specie in particolare che è stata rilevata all'interno dell'invaso artificiale in periodo siccitoso, come ad indicare un ruolo efficace di ricovero nella stagione avversa, mentre il tratto fluviale di monte si presenta in asciutta completa per diversi chilometri (AAVV 2015), allo stesso tempo la presenza della diga impedisce la risalita di qualunque specie esotica. La *Salmo trutta macrostigma* risulta possedere uno status di conservazione "in pericolo critico" e risulta elencata anche nell'allegato II della Direttiva Habitat (92/43/CEE).

Per approfondimenti in merito alle specie di interesse comunitario presenti si rimanda allo Studio di Incidenza Ambientale allegato al PFTE.

## 6.3 SISTEMA ABIOTICO

### 6.3.1 SUOLO ED ACQUE

#### ASPETTI GEOLOGICI

La descrizione geologica di inquadramento generale viene riportata così come descritta da Calvino (1972) da considerarsi attuale ed invariata. La figura seguente riproduce la situazione geologica del territorio da Siliqua a Nord e fino al Monte Is Caravius a Sud, includendo l'area di studio e la porzione meridionale del Fiume Cixerri.

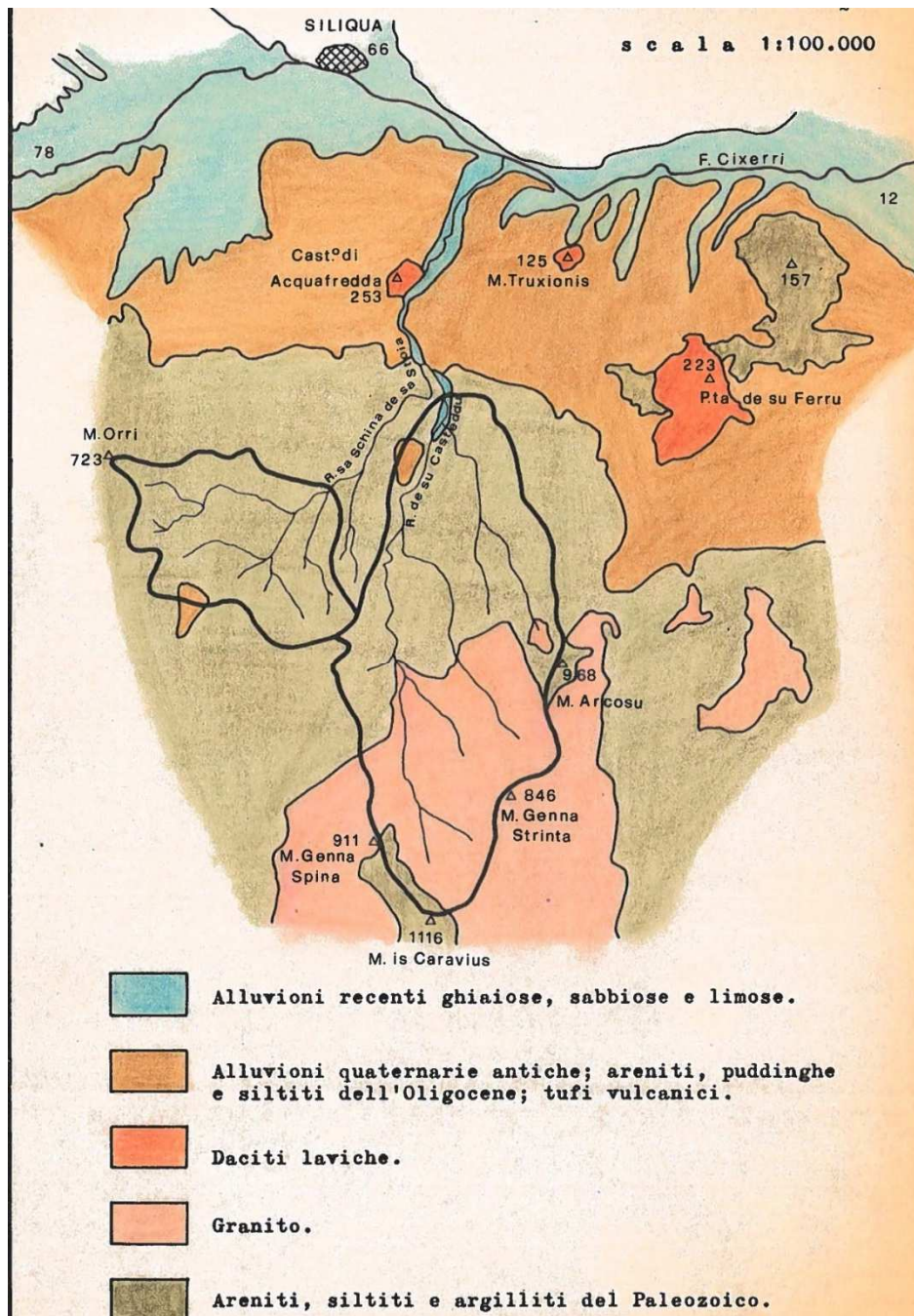


Figura 6.3.1: Carta Geologica Schematica del territorio a Sud di Siliqua, 1:100'000 (Calvino, 1972)

Il Rio de su Casteddu appartiene a quel fascio di corsi d'acqua, lunghi 10-15 chilometri e poco anastomizzati, che dai monti del Sulcis a Sud e da quelli dell'Iglesiente a Nord si riversano nel Fiume Cixerri. Benché sprovvisto di proprio bacino montano, questo fiume funge da collettore principale lungo l'omonima depressione tettonica Est-Ovest, di età paleogenica terziaria, a sua volta sfociante nella Fossa Campidanese, sprofondata nel corso del Neogene o Terziario superiore.

L'ampio fondovalle del Cixerri è modellato in prevalenza nella caratteristica "Formazione del Cixerri", attribuita all'Oligocene anche su basi paleontologiche, consistente soprattutto in areniti e puddinghe di deposito fluviale e lacustre, dal colore violaceo o rossastro tipico degli antichi sedimenti continentali.

Di tale formazione, a struttura pressoché tabulare, spuntano qua e là prominente del basamento paleozoico ed edifici vulcanici a chimismo meso-ipo-silicico, mentre la ricopre una coltre assai estesa di antiche alluvioni

terrazzate del Quaternario antico, che fa anche da raccordo fra le spianate di fondovalle e le pendici montuose che delimitano la vallata. I rilievi periferici sono costituiti da rocce sedimentarie paleozoiche, del Cambriano (calcari, dolomie, areniti, siltiti ed argilliti) e del Siluriano e Post-siluriano (areniti, siltiti, argilliti e rari calcari), intensamente dislocate e ripiegate dal corrugamento ercinico queste, ed anche dalla "fase-sarda" del corrugamento caledoniano. Le intrusioni granitiche, prodottesi al termine dell'orogenesi ercinica, indussero un esteso metamorfismo nelle formazioni paleozoiche.

Come si osserva nella precedente figura, che riproduce la situazione geologica del territorio a Sud di Siliqua e cioè un tratto del versante destro (meridionale) del Cixerri, il bacino imbrifero del Rio de su Casteddu, sotteso dalla sezione di sbarramento di Medau Zirimilis, si estende interamente, salvo rare placche di Oligocene e di Quaternario antico, in formazioni paleozoiche clastiche ed in particolare in rocce prevalentemente arenacee del Siluriano e, probabilmente, anche del Devoniano, giungendo, nelle parti più elevate, ad interessare un lobo del batolite granitico del Sulcis.

Per quanto riguarda l'area di pertinenza dell'intervento le principali litologie presenti sono rappresentate da ARENITI e SILTITI appartenenti alla formazione paleozoica in banchi omogenei di vari metri di spessore, con reciproche intercalazioni di piccolo spessore.

Si tratta di rocce sedimentarie clastiche leggermente metamorfosate e scistose, più o meno ricche di fillosilicati ed in particolare di sericite.

Le areniti passano talora a QUARZITI micacee, mentre le siltiti possono assumere carattere di ARGILLITI o scisti sericitici.

La stratificazione all'interno dell'ammasso roccioso non risulta sempre evidente a causa dei processi metamorfici e deformativi. Tuttavia, essa appare riconoscibile e più fitta nei termini arenitici rispetto a quelli siltitici, caratterizzati da un aspetto tipicamente fissile. I giunti di stratificazione nelle areniti, comunque, sono in genere abbastanza serrati e talora presentano patine limoniti che derivanti dall'ossidazione della pirite della roccia.

Completano la geologia della stretta le seguenti unità quaternarie (vedi figura seguente):

- la coltre alluvionale attuale e recente (campitura azzurra), potente pochi metri, che ricopre il fondovalle di ghiaia sabbiosa con massi;
- le falde detritiche (retino puntinato) che rivestono i versanti, costituite da pietrisco naturale in matrice a componente argillosa, in genere sottili salvo che in certi punti al piede dei pendii, dove può raggiungere qualche metro di spessore.

La geologia di superficie della zona di sbarramento è riportata nell'estratto della carta geologica riportato qui di seguito e derivante dal Progetto Esecutivo (1972) e rimasta invariata nel Progetto di Variante (1982), e ripresa negli studi successivi (ad esempio in Celico, 1992, 1996) e ad oggi non superata da significativi approfondimenti.

Dalla planimetria si individuano le due seguenti litologie principali:

- ARENITI (no campitura): areniti micacee paleozoiche, resistenti, fessurate ed a tratti scistose / quarziti micacee;

- SILTITI (beige): Siltiti sericitiche paleozoiche, resistenti, fessurate e fissili.



Figura 6.3.2: Carta Geologica (SP) – Progetto Esecutivo, 1972

Le ARENITI sono il tipo litologico prevalente e sono costituite da granuli di quarzo, per lo più di diametro compreso fra 0,1 e 0,02 mm, cementati da matrice quarzoso-micacea nella quale sono presenti sericite e clorite, mentre rade lamine iso-orientate di muscovite conferiscono un principio di scistosità all'aggregato. Frequenti sono le venuzze di quarzo e talora di calcite e di barite, qua e là presenti nella regione anche in veri e propri filoni. Questi apporti idrotermali sono stati accompagnati da impregnazioni locali di pirite. La scistosità è per lo più appena accennata e così la stratificazione. Le areniti passano talora a QUARZITI micacee. Altamente resistenti alle martellate le areniti sono praticamente prive di porosità e sono caratterizzate da un carico di rottura a compressione superiore a 100 Mpa ed un peso di volume di circa 27 KN/m<sup>3</sup>. Tra le areniti si individuano inoltre le QUARZITI, poco stratificate e scarsamente scistose, estremamente resistenti e più povere di fillosilicati.

Le SILTITI si distinguono per la grana molto più fine e l'abbondanza di fillosilicati. Le siltiti possono assumere carattere di ARGILLITI o scisti sericitici. In esse la scistosità, più marcata e coincidente con la stratificazione, è tale da rendere fissile la roccia, cioè riducibile in lastre sottili. Anche le siltiti sono fessurate, ma trattandosi di rocce meno rigide delle areniti la fessurazione conseguente alle sollecitazioni tettoniche è meno accentuata.

Per quanto infine riguarda l'assetto strutturale dell'area esso è costituito da una monoclinale complessa, immergente verso Sud-Ovest con inclinazione compresa tra 30° e 45°, composta da più blocchi dislocati da



altrettante faglie dirette di modesto rigetto. Ciò significa che le bancate della sponda destra immergono al di sotto di quelle della sponda sinistra, con forte componente di immersione verso monte. In particolare, per quanto riguarda le principali linee di dislocazione tettonica, le direzioni principali sono N-S, E-W, NW-SE e NE-SW. Si tratta di faglie, talora mascherate da coltri detritiche che isolano blocchi di roccia a giacitura omogenea e che si presentano sul terreno con lineazioni continue, più o meno diritte e, spesso, a labbri serrati. Di particolare interesse per i fini di questo studio è l'ipotesi di un'importante faglia chilometrica longitudinale alla valle del Riu Casteddu e passante per il fondovalle (Celico, 1996) e la conseguente presenza di una zona cataclasata profonda (> 100m).

Per completezza si evidenzia che il foglio geologico n. 556 "Assemini" del progetto CARG attribuisce l'area di studio alle ARENARIE DI SAN VITO, descritte come alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie medio-fini, metasiltiti con laminazioni piano-parallele, ondulate ed incrociate, e metasiltiti micacee di colore grigio. Intercalazioni di metamicroconglomerati poligenici. Altresì lo stralcio del Foglio geologico n. 556 "Assemini" non riporta, il lineamento tettonico descritto da Celico (1996).

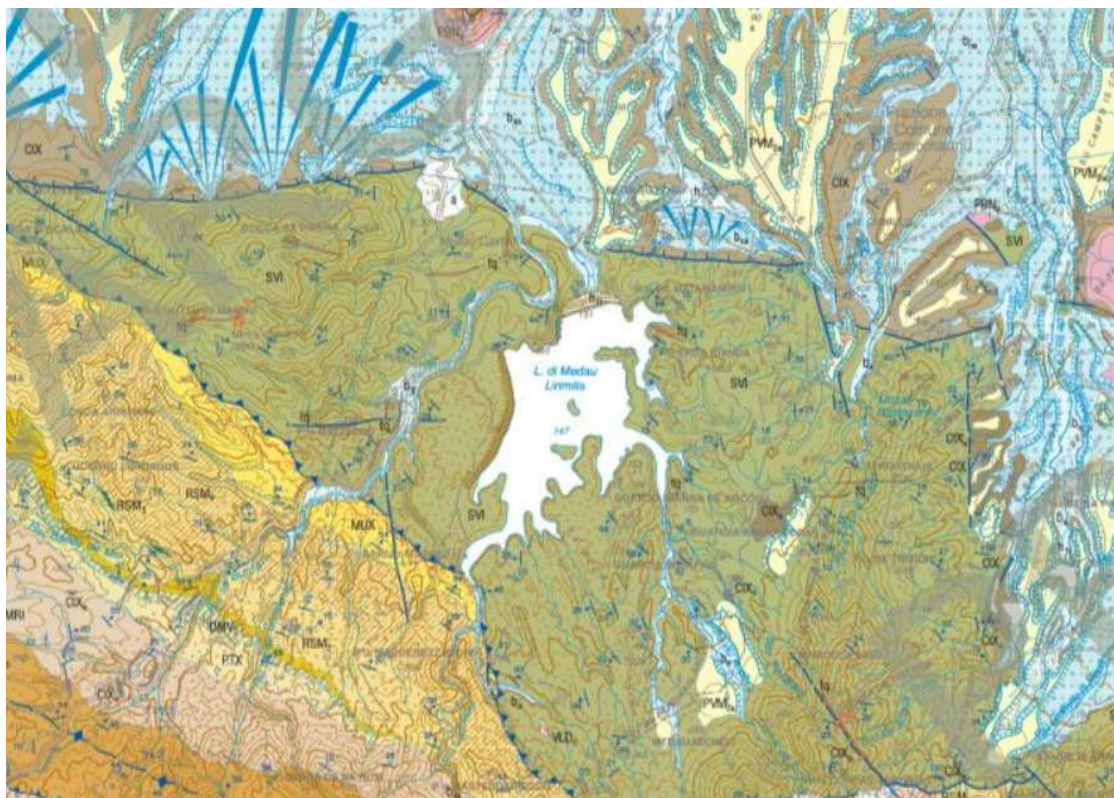


Figura 6.3.3: Stralcio del Foglio Geologico CARG n. 556 "Assemini"

### ASPETTI GEOMORFOLOGICI

L'area oggetto di analisi ricade nella porzione marginale nord del massiccio del Sulcis che per la posizione che occupa assume al ruolo di spartiacque tra i corsi d'acqua che scorrono verso il mare a ovest della Sardegna e i corsi d'acqua che drenano verso la pianura del Campidano ed il Canale di Sardegna a E. I processi geomorfodinamici che hanno interessato questo territorio hanno agito in prevalenza sulle linee di debolezza strutturale che caratterizzano il paesaggio innescando processi di erosione selettiva e intensi processi di

spianamento. Il paesaggio è stato modellato in una notevole varietà di forme che nel complesso possono essere ricondotte a tre tipologie di paesaggi morfologici: metamorfico, granitico e detritico-alluvionale.

Dove affiorano le rocce metamorfiche la morfologia assume delle forme ben delineate, rettilinee ed allungate, con un'aspra morfologia dei versanti e pendenze spesso superiori al 50% nei settori caratterizzati dalle quote più elevate. Nei settori pedemontani le linee di cresta sono più arrotondate e l'orografia si presenta con pendenze più ridotte. In corrispondenza del fronte di sovrapposizione tettonica e lungo le più importanti linee di faglia si verificano brusche variazioni dell'acclività nei versanti, in particolare nelle zone di contatto tra le unità tettoniche.

Per quanto riguarda l'area circostante alla diga di Medau Zirimilis questa si presenta con acclività elevata e diffusi affioramenti rocciosi, soprattutto nella parte alta granitica, ai quali si alternano numerosi e non troppo estesi depositi di versante. Il bacino è costituito prevalentemente da terreni di età paleozoica, si mostra con una conformazione orografica che varia da una bassa montagna a collina, con escursioni altimetriche vanno da quote minime di circa 100 m s.l.m. nell'area dello sbarramento e nella parte bassa della valle del Rio Casteddu, fino ad un massimo di 948 m.s.l.m. di Monte Arcosu e di 1116 m s.l.m., di MonteLattias, le cime più elevate di tutto il Sulcis.

Le zone morfologicamente più elevate e dai versanti più acclivi sono ubicati nella parte alta, nel settore meridionale del bacino idrografico sotteso dalla diga di Medau Zirimilis, lungo la linea spartiacque, che lo separa dalla valle del Gutturu Mannu. Le quote degradano da sud-est a nord-ovest con variazioni di pendenza irregolari e con valli più profonde nell'area scistoso arenacea rispetto all'area in cui affiorano le rocce granitoidi, fino a degradare e addolcirsi nel settore più a nord-est per poi raccordarsi con la piana del Rio Cixerri. Le profonde incisioni vallive dettate dai caratteri strutturali, seguono orientazioni prevalenti sud sud-est e nord nord-ovest, talvolta delineando anche variazioni di compattezza e o alterazioni delle rocce scistose il reticolo idrografico ricalca pertanto l'andamento delle strutture.

Sulla destra idrografica del Rio Casteddu subito avalle dello sbarramento di Medau Zirimilis i rilievi si presentano invece più dolci e si evidenziano le aree di raccordo degli scisti, nei pressi di Medau su Campu, con un antico glacis reinciso dai corsi d'acqua.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla pericolosità idrogeologica, facendo riferimento al Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (PAI), approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006, non si evidenziano situazioni caratterizzate da pericolosità geomorfologica o rischio frane ad eccezione per un'area in sponda destra del bacino che viene interessata dagli interventi e che viene riportata nella figura che segue. Si evidenziano delle aree a pericolosità Hg1 e Hg2 ovvero rispettivamente a pericolosità moderata e media.



Figura 6.3.4: Piano di Assetto Idrogeologico, Pericolo Frana (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)

### ASPETTI IDROGEOLOGICI

Le litologie che interessano l'area in esame sono costituite da rocce parametamorfiche terrigene quali: filladi, micacisti, gneiss, miloniti, filoniti, fels, quarziti, ecc.; rocce caratterizzate da permeabilità bassa per fratturazione (fonte Geoportale Reigona Sardegna). La loro genesi, le caratteristiche strutturali e tessiturali, fanno sì che possano mostrare una determinata capacità di accumulo soltanto nei casi in cui, sia presente porosità secondaria ovvero per fratturazione prodotta, in questo caso, da variazioni principalmente di tipo meccanico, nel caso del basamento e dei complessi granitici, in sistemi di fratture connesse tra loro. Nei settori in cui le litologie si presentano più fratturate e alterate l'acqua può trovare le condizioni favorevoli alla formazione di piccoli acquiferi. L'incontro tra zone a diversa fratturazione o nei cambi litologici e il profilo topografico fa sì che spesso è segnato dalla presenza di risorgive a carattere stagionale le cui acque vanno ad alimentare le principali vie di deflusso superficiale.

Nel dettaglio dell'area del territorio studiato le caratteristiche idrogeologiche dipendono dall'assetto geologico strutturale dell'area che vede il bacino formato da prevalenti litologie scistose paleozoiche con limitata circolazione idrica sotterranea presente negli strati più superficiali che si presentano alterati e fratturati spesso con fratture e giunti aperti. La morfologia dell'acquifero, in queste formazioni ha la tendenza ad adattarsi all'andamento della topografia che spesso ricalca l'andamento delle principali faglie e fratture. In queste condizioni la circolazione idrica sotterranea, si approfondisce mantenendo le acque con un maggior tempo di contatto con la roccia serbatoio. Le caratteristiche degli acquiferi nell'area paleozoica, presentano una scarsa potenzialità idrica, fenomeno confermato dal basso numero di pozzi e dalle portate ridotte delle principali sorgenti. Negli anni 90' il comune di Siliqua ha realizzato a valle dello sbarramento di Madau Zirimilis due pozzi ubicati a valle, della linea di faglia nella quale è impostato l'acquifero.

Per quanto attiene all'area più propriamente dell'invaso le sue caratteristiche idrogeologiche hanno evidenziato una maggiore permeabilità delle rocce scistose arenaceo-siltitiche, nei primi 15 m di profondità nei versanti e fino a profondità elevate nel fondovalle. Nell'area di imposta dello sbarramento, erano state valutate con le

indagini preliminari alla costruzione della diga, permeabilità di circa  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s indicanti che nel bacino del Rio Casteddu erano assenti sorgenti con grandi portate. Si segnalava inoltre la presenza di una captazione mediante trincea drenante alimentata dalla falda subalvea impostata nella coltre detritica di esiguo spessore ricoprente il fondovalle. Quest' ultima captazione che ha alimentato a partite dal 1909, l'acquedotto comunale di Siliqua, si è poi dimostrata nella prima fase di invaso sperimentale, una delle probabili cause dei problemi di infiltrazione nel rilevato in terra dello sbarramento di Medau Zirimilis.

#### ACQUE E RETICOLO IDROGRAFICO

<i>Piano</i>	<i>Estremi approvativi</i>
Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale (PAI)	Approvato con D.P.R. n.67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.R n. 121 del 10.11.2015
Piano Stralcio delle Fasce Fluviali	Approvato con Delibera n. 2 del 17.12.2015
Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	Approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.2 del 15/03/2016 e con D.P.C.M. 27.10.2016
Piano di Tutela delle Acque (PTA)	Approvato con D.G.R. n. 14/16 del 04.04.2006
Piano Regionale di Gestione Distretto Idrografico	Adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale con delibera n. 1 del 25.02.2010.
Progetto del Riesame e Aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna" - Terzo ciclo di pianificazione 2021	Approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 4 del 21.12.2020
Piano Stralcio Direttore di Bacino Regionale per l'utilizzo delle risorse idriche (PSDRI)	Approvato con Ordinanza del Commissario Governativo per l'Emergenza idrica in Sardegna n. 334 del 31.12.2002
Piano Stralcio per l'utilizzazione delle risorse idriche (PSURI)	Adottato con D.G.R. n. 17/15 del 26.4.2006

Tabella 6.3.1: Strumenti normativi di Pianificazione in vigore per le acque e il reticolo idrografico

L'idrografia della Sardegna presenta i caratteri tipici delle regioni con corsi d'acqua che sono caratterizzati da un regime torrentizio con presenza di fenomeni di piena nei mesi autunnali ed a periodi di magra durante l'estate.

Coerentemente con la Direttiva 2000/60/Cee e la Legge Regionale n. 19 del 6 dicembre 2006 (Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici) l'intero territorio della Sardegna è delimitato come un unico Bacino Idrografico di competenza regionale suddiviso in sette sub-bacini ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche e idrologiche di seguito elencate:

- 1) Sulcis
- 2) Tirso
- 3) Coghinas-Mannu di Porto Torres-Temo



- 4) Liscia
- 5) Posada-Cedrino
- 6) Sud Orientale
- 7) Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Inoltre, il territorio regionale è stato suddiviso in Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.) ognuna costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi in grado di tener conto:

- delle relazioni tra le varie pressioni insistenti sul territorio e i rispettivi corpi idrici;
- dei rapporti esistenti tra i vari corpi idrici (ad es. interconnessioni, pozzi, ingressione marina);
- delle pressioni derivanti dalle attività anche al di là dei confini del singolo bacino idrografico.

La U.I.O. di riferimento per il progetto in esame è Flumini Mannu di Cagliari-Cixerri la quale è la più estesa tra le U.I.O. con i suoi 3.566 kmq di superficie. Essa comprende, oltre ai bacini principali del Flumini Mannu e del Cixerri, aventi un'estensione rispettivamente di circa 1779,46 e 618,14 kmq, una serie di bacini minori costieri della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a ovest, a Capo Carbonara, a est.

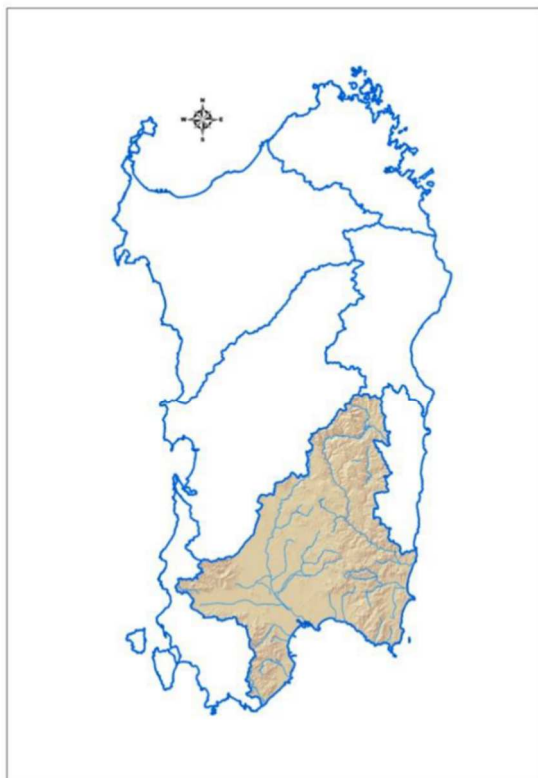


Figura 6.3.5: Inquadramento geografico del sub bacino Flumendosa - Campidano - Cixerri.

In termini di maggior dettaglio il reticolo idrografico presente può essere considerato di tipo dendritico con deflussi di gran parte del territorio che vengono raccolti in diversi casi dal bacino artificiale di Medau Zirimilis che raccoglie soprattutto le acque dei versanti settentrionali dei rilievi del Monte Arcosu. Le acque di deflusso possono essere inquadrare nel bacino idrografico del Rio Cixerri che nasce a sud di Iglesias ed è caratterizzato

da un complesso carbonatico e quindi con scarso drenaggio superficiale. Di seguito si riporta sotto forma tabellare l'elenco dei fiumi e torrenti che appartengono a questo bacino ed uno stralcio con il dettaglio dell'area del lago Medau Zirimilis.

Fiume/torrente	Origini	Immissario	Note
Rio Guardia Muta	Monte Arrembubu (451 m slm)	Riu de Su Casteddu	Il corso d'acqua attraversa con andamento irregolare un territorio prevalentemente naturale. Una diga sbarra il rio convogliando, tramite una condotta, le acque nel Lago Medau Zirimilis.
Riu de Su Casteddu	Confluenza Rio Camboni e Rio Marroccu	Lago Medau Zirimilis	Il tratto prelacuale è lungo circa 1 Km e totalmente asciutto anche per periodi prolungati. A valle della diga il rio presenta durante tutto l'anno una discreta portata grazie allo scarico della diga che garantisce un apporto, seppur minimo ma costante, di acqua in alveo. Dopo aver percorso circa 7 km il Rio de Su Casteddu confluisce nel Rio Cixerri poco a monte dell'omonimo bacino
Rio Camboni	Monte Genna Spina (460 mt slm)	Lago Medau Zirimilis	Il corso d'acqua scorre con andamento irregolare in un ambiente ad elevata naturalità
Rio is Abius	Monte Genna Srinta (760 m slm)	Rio Camboni	Il corso d'acqua scorre in un ambiente ad elevata naturalità.
Rio Marroccu	Monte Genna Srinta (760 mt slm)	Rio Camboni	Il corso d'acqua scorre in un ambiente ad elevata naturalità.
Rio de Arcosu	Monte Arcosu (910 mt slm)	Lago Medau Zirimilis	L'intero corso d'acqua presenta un regime idraulico effimero con prolungati periodi di asciutta anche per lunghi tratti.
Rio Cixerri	Monte Croccoriga (300 mt slm)	Stagno di Santa Gilla	I principali affluenti sono il rio s'Arriali, il rio Figu, il rio s'Arrixeddu e il rio Forresu in sinistra idrografica ed il rio de Bauliana, il rio de su Casteddu e il rio Salamida in destra. Una diga sbarra il corso d'acqua in prossimità di Siliqua creando un grosso invaso per uso agricolo, civile e industriale.

Tabella 6.3.2: *Maggiori corsi d'acqua del Bacino idrografico Cixerri*



Figura 6.3.6: Reticolo idrografico all'intorno del bacino Medau Zirimilis (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)

In termini di pericolosità idraulica la perimetrazione delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica è stata mappata nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) adottato con Deliberazioni del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 1 del 20/06/2013 e n. 1 del 05/12/2013. In tale ambito si segnala l'appartenenza all'area C: Fascia geomorfologica nel tratto a a valle dell'invaso artificiale come si evince dalla figura che segue.



Figura 6.3.7: Stralcio del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)



La fascia C o area di inondazione per piena catastrofica è stata tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici e rappresenta l'involuppo esterno della fascia C geomorfologica (involuppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale integrate con la rappresentazione altimetrica del territorio e gli effetti delle opere idrauliche e delle infrastrutture interferenti) e dell'area inondabile per l'evento con tempo di ritorno 500 anni (limite delle aree in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici di piena). Tale fascia interessa generalmente i corsi d'acqua secondari.

### STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE

Lo stato ecologico delle acque è stato desunto dal Piano di Tutela delle Acque che è un piano stralcio di settore del piano di bacino ai sensi dell'art. 17 comma 6-ter, della L. 183/89, è da intendersi quale strumento sovraordinato, ai sensi del comma 4 dell'art. 17 della medesima legge. Il PTA è uno strumento conoscitivo e programmatico che si pone come obiettivo l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica e ha tra le proprie finalità quella di costituire uno strumento programmatico nonché dinamico attraverso azioni di monitoraggio.

Considerando le tavole del PTA relative al bacino del Medau Zirimilis si osserva un carico di fosforo e azoto di tipo basso per quanto riguarda la componente zootecnica, mentre è di tipo medio-basso per quanto riguarda la componente agricola. La superficie SAU all'interno del bacino idrografico è pari a 41.22 ha. Il fosforo annuo totale è pari 8.76 t mentre l'azoto totale è pari a 45.26 t. L'invaso del Medau Zirimilis non è stato analizzato dal PTA e non possiede una classificazione ecologica.

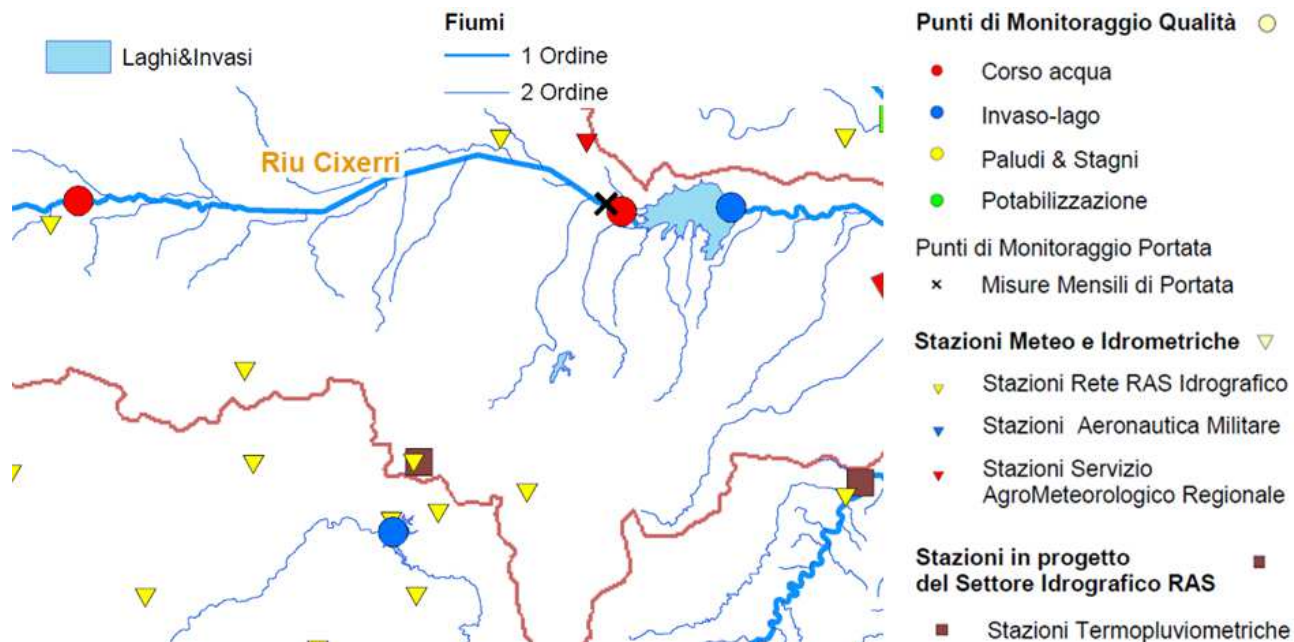


Figure 6-8 Tavola 15 -rete di monitoraggio (Fonte Piano di Tutela delle acque)

Gli invasi presenti in Sardegna, in base al Decreto n. 156 del 27 novembre 2013, e alla Direttiva 2000/60/CE, rientrano tra i corpi idrici fortemente modificati identificati tutti come a rischio, trattandosi di aree sensibili, e pertanto sono sottoposti a monitoraggio operativo. I valori soglia per la valutazione del buon potenziale ecologico sono stati definiti in base ai criteri del D.M 260/2010 relativamente agli elementi di qualità chimico-fisica e all'indice biologico fitoplancton. Di seguito si riporta un estratto della tabella dello stato ecologico

dell'invaso interessato dalle opere in cui si descrive lo stato trofico delle acque lacustri considerando i seguenti parametri: Fosforo totale; Trasparenza e Concentrazione ossigeno ipolimnico e rappresentando le risultanze attraverso un indice di tre classi: Elevato, Buono o Sufficiente.

Anagrafica dei corpi idrici		Giudizi complessivi derivanti dagli EQ per il triennio 2012-2014				Classificazione stato ecologico laghi/invasi	
Tipo	Denominazione	Giudizio EQB triennale	Livello di confidenza giudizio EQB	Giudizio LTL eco 2012-2014	Livello di confidenza giudizio LTL eco	Classificazione stato ecologico	Livello di confidenza Classificazione stato ecologico
ME-3	Rio Casteddu a Medau Zirimilis	Buono	Medio	Buono	Basso	Buono	Basso

Figure 6-9 Stato ecologico delle acque

### 6.3.2 ARIA E CLIMA

#### IL QUADRO NORMATIVO NAZIONALE:

Il D. Lgs. 155/2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", con le modifiche introdotte dal Decreto Legislativo 250/2012 recepisce la Direttiva 2008/50/CE 107/CE. Quest'unica norma sostituisce sia la legge quadro (DL 351/99) sia i decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti) ribadendo i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio e introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM2.5, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti. Nella tabella seguente vengono riportati il riepilogo degli adeguamenti normativi stabiliti dal D. Lgs. 155/2010.

La responsabilità di provvedere alle attività di valutazione della qualità dell'aria, finalizzate all'identificazione delle misure più efficaci per il rispetto degli standard di qualità dell'aria e la responsabilità dell'attuazione delle stesse misure, è attribuita alle regioni e alle province autonome.

#### IL PIANO REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE 2017

La Giunta Regionale, con delibera n. 52/19 del 10/12/2013 ha provveduto al riesame della zonizzazione e classificazione delle zone della Sardegna, attraverso il documento denominato: "Zonizzazione e classificazione del territorio regionale" ed ha, inoltre, con la delibera della Giunta Regionale 1/3 del 10 gennaio 2017, recante "Piano regionale di qualità dell'aria ambiente (sensi del D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii.)", emanato il nuovo piano di qualità dell'aria, la cui attuazione consentirà sia di ridurre le emissioni dei parametri inquinanti specifici in materia di qualità dell'aria (polveri sottili, ossidi di azoto, benzene, benzo(a)pirene, IPA ecc.), sia di ridurre il consumo di risorse e di limitare anche le emissioni di gas climalteranti.

Il "Piano regionale di qualità dell'aria ambiente (sensi del D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii)" individua le misure da adottarsi per ridurre i livelli degli inquinanti nelle aree con superamenti dei valori limite di legge, nonché le misure aggiuntive per preservare la migliore qualità dell'aria in tutto il territorio regionale.

La zonizzazione della regione Sardegna così come riesaminata con delibera n. 52/19 del 10/12/2013 è stata effettuata sulla base dei valori di emissione registrati. Si è pertanto pervenuti ad una proposta per la suddivisione del territorio regionale in zone di qualità dell'aria, che possa favorire la gestione delle criticità ambientali grazie all'accorpamento di aree il più possibile omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sull'aria ambiente.

La zonizzazione di seguito proposta è stata realizzata per la protezione della salute umana per gli inquinanti PM10, PM2,5, NO2, SO2, CO, Pb, Benzene, As, Cd, Ni, B(a)P.

Codice zona	Nome zona
IT2007	Agglomerato di Cagliari
IT2008	Zona urbana
IT2009	Zona industriale
IT2010	Zona rurale
IT2011	Zona Ozono

Figura 6-1 Zone ed agglomerati di qualità dell'aria individuati ai sensi del D.Lgs. 155/2010 fonte: Zonizzazione del territorio e classificazione di zone e agglomerati- Regione autonoma della Sardegna

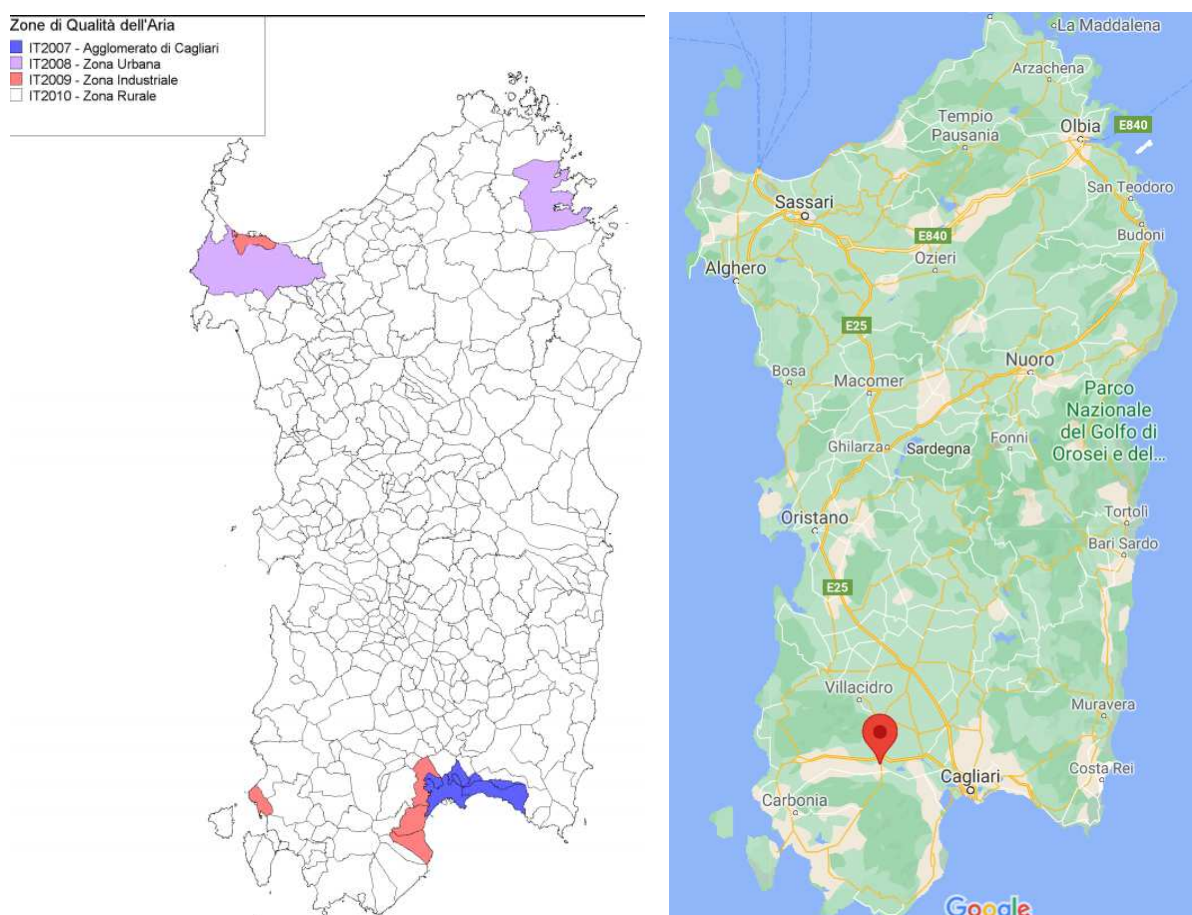


Figura 6-2 Zonizzazione Regione Sardegna fonte: Zonizzazione del territorio e classificazione di zone e agglomerati- Regione autonoma della Sardegna

La diga di Medau è situata nel Comune di Siliqua che sulla base della zonizzazione del Piano regionale è classificata come **"Zona Rurale"**.

I risultati del monitoraggio relativo agli anni dal 2007 al 2011 sono stati utilizzati per valutare l'eventuale superamento delle soglie di valutazione delle nuove zone; occorre sottolineare che ciascuna zona deve essere caratterizzata dalla situazione peggiore registrata nel suo territorio.

Nella tabella sottostante con la x sono indicati per ciascuna zona gli inquinanti per cui si ritiene opportuno condurre il monitoraggio in siti fissi, sulla base dei risultati del monitoraggio eseguito negli anni dal 2007 al 2011 nei quali sono stati presi in considerazione i risultati peggiori rilevati da una delle stazioni situate sul territorio di ciascuna zona.

Tra questi, quelli cui corrispondono le celle verdi, sono quelli per cui sussiste l'obbligo di monitoraggio in base ai requisiti stabiliti dalla normativa.

Inquinante	IT2007 Agglomerato di Cagliari	IT2008 Zona urbana	IT2009 Zona industriale	IT2010 Zona rurale	IT2011 Zona per l'ozono
SO <sub>2</sub>	-	x	x	-	-
NO <sub>2</sub>	x	x	x	x	-
PM <sub>10</sub>	x	x	x	x	-
PM <sub>2,5</sub>	x	x	-	-	-
As	x	-	x	-	-
Cd	x	-	x	-	-
Ni	x	-	x	-	-
BaP	x	x	x	x	-
Pb	x	-	x	-	-
B	x	x	-	-	-
CO	x	x	-	-	-
O <sub>3</sub>	-	-	-	-	x

Figura 6-3 Classificazione delle zone di qualità dell'aria fonte: Piano regionale di qualità dell'aria ambiente 2017

Dalla tabella emerge che nei territori rurali l'obbligo di monitoraggio in siti fissi è previsto solo per il parametro PM10.

L'area in cui sorge la Diga di Medau nel Comune di Siliqua è pertanto sottoposta a controllo e monitoraggio per il parametro relativo alle **polveri** (PM10).

#### LA RETE DI MONITORAGGIO REGIONALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da ARPAS è attualmente costituita da 43 centraline automatiche fisse di misura dislocate nel territorio regionale e ubicate nei territori comunali di seguito indicati:

- Provincia di Cagliari n. 10 centraline: Assemini (3, di cui 2 a Macchiareddu), Cagliari (1), Monserrato (1), Quartu Sant'Elena (1), Sarroch (3), Seulo (1);
- Provincia di Carbonia-Iglesias n. 8 centraline: Carbonia (1), Gonnese (1), Iglesias (1), Portoscuso (4), Sant'Antioco (1);
- Provincia del Medio Campidano n. 3 centraline: Nuraminis (1), San Gavino (1), Villasor (1);
- Provincia di Nuoro n. 5 centraline: Macomer (1), Nuoro (2), Ottana (1), Siniscola (1);



- Provincia dell'Ogliastra n. 1 centralina: Tortolì - Arbatax (1);
- Provincia di Olbia-Tempio n. 2 centraline: Olbia (2);
- Provincia di Oristano n. 3 centraline: Oristano (2), Santa Giusta (1);
- Provincia di Sassari n. 11 centraline: Alghero (1), Porto Torres (4), Sassari (6).

La rete delle centraline si completa con un centro operativo di acquisizione ed elaborazione dati, ubicato presso la direzione tecnico-scientifica dell'ARPAS. I dati vengono trasferiti in tempo reale al sistema informativo regionale ambientale (S.i.r.a.).

L'assetto attuale della rete di monitoraggio regionale, nonché gli inquinanti monitorati, è riassunto nella seguente Tabella 5.

Area	Stazione	C6H6	CO	H2S	NMHC	NO2	O3	PM10	SO2	PM2,5
Agglomerato di Cagliari	CENCA1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENMO1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENQU1	✓				✓	✓	✓	✓	
Sassari	CENS12		✓			✓	✓	✓	✓	
	CENS13		✓			✓	✓	✓	✓	
	CENS16	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENS17		✓			✓	✓	✓	✓	
Olbia	CEOLB1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	CENS10		✓			✓		✓	✓	
Assemini	CENAS6					✓		✓	✓	
	CENAS8		✓			✓	✓	✓	✓	
	CENAS9					✓		✓	✓	
Sarroch	CENSA1			✓		✓	✓	✓	✓	✓
	CENSA2	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	CENSA3	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Portoscuso	CENPS2					✓		✓	✓	
	CENPS4		✓			✓		✓	✓	
	CENPS6					✓		✓	✓	✓
	CENPS7	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
Porto Torres	CENPT1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENSS2					✓	✓	✓	✓	
	CENSS3		✓			✓	✓	✓	✓	
	CENSS4	✓				✓		✓	✓	
	CENSS5							✓	✓	
	CENSS8							✓	✓	
Sulcis Iglesiente	CENST1					✓		✓	✓	
	CENCB2	✓				✓	✓	✓	✓	
	CENIG1					✓	✓	✓	✓	
	CENNF1					✓		✓	✓	
Campidano Centrale	CENNM1					✓	✓	✓	✓	
	CENSG3					✓		✓	✓	
	CENVS1			✓		✓		✓	✓	
Oristano	CENOR1					✓	✓	✓	✓	✓
	CENOR2	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	CESG1		✓			✓		✓	✓	
Nuoro	CENNU1	✓	✓			✓		✓	✓	
	CENNU2		✓			✓	✓	✓	✓	
Sardegna Centro Settentrionale	CENMA1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENOT3	✓				✓	✓	✓	✓	
	CENSN1					✓		✓	✓	
	CENTO1							✓	✓	
Seulo	CEALG1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	CENSE0		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 6-4 Rete di monitoraggio Regione Sardegna fonte: "Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna nel 2016" giugno 2017 ARPAS



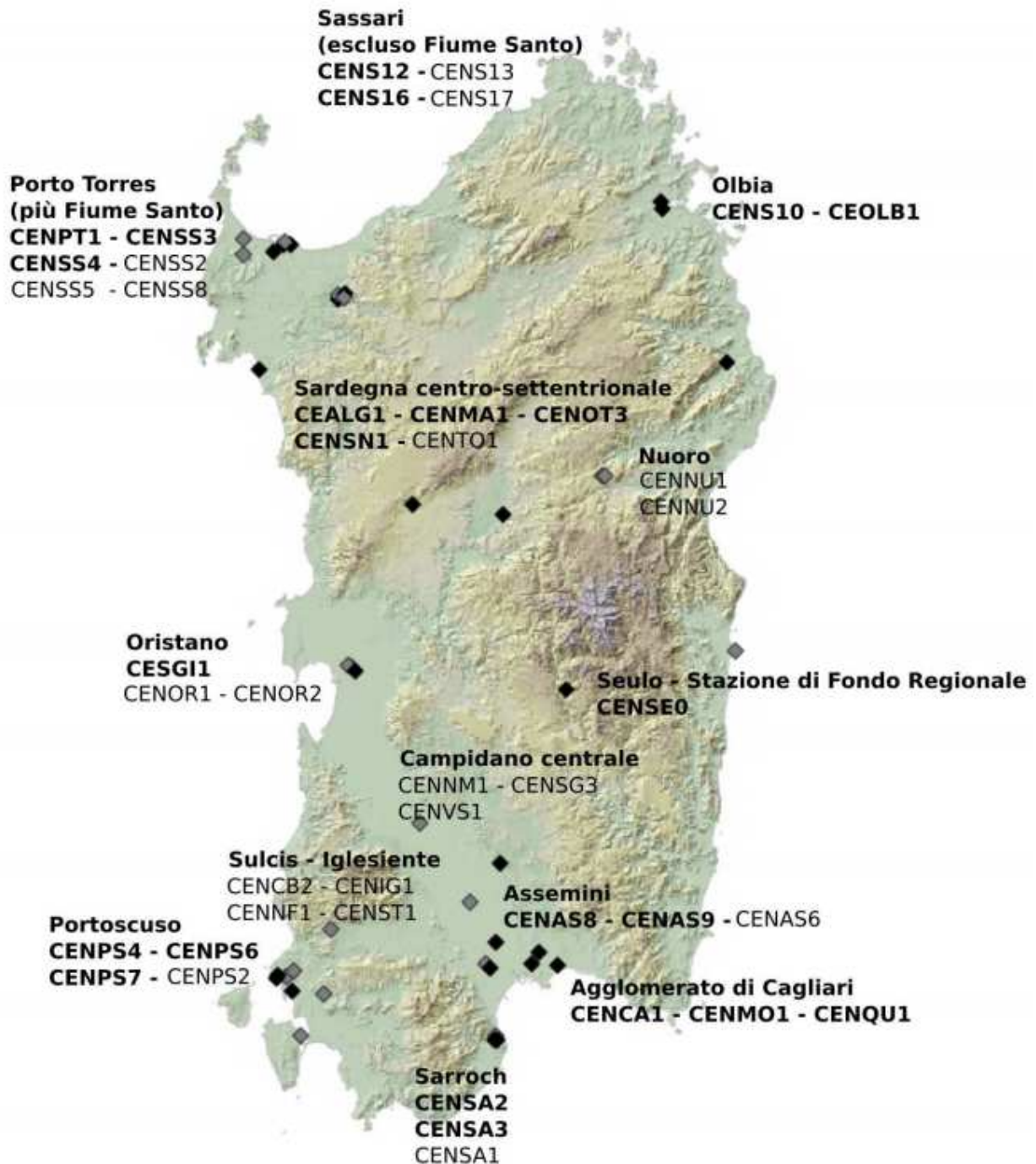


Figura 6-5 Localizzazione stazioni fisse di monitoraggio fonte: "Annuario dei dati ambientali della Sardegna 2016" - ARPAS

Le stazioni di monitoraggio più vicine alla diga di Medau sono quelle di Sarroch ed Assemini ma esse sono poco rappresentative del contesto in cui è localizzato l'impianto idroelettrico in quanto presidiano rispettivamente un'area industriale CENSA1 ed urbana CENSA3 a Sarroch, la zona industriale di Macchiareddu CENAS6 e CENAS8 e urbana CENAS9 ad Assemini.

L'area rurale del Campidano Centrale è sensibilmente più lontana ma molto più rappresentativa della realtà della zona dell'invaso di Medau e dunque può essere presa come riferimento per la condizione della qualità dell'aria nell'intorno dell'area di intervento della Diga di Medau.

In particolare, il monitoraggio in tale zona è assicurato da tre stazioni di monitoraggio sono posizionate rispettivamente nel comune di Nuraminis CENNM1, nel Comune di San Gavino Monreale CENSG3 e nel Comune di Villasor CENVS1.

Comune	Stazione	C6H6	CO	NO2	O3	PM10	SO2	PM2,5
Nuraminis	CENNM1	-	-	91	94	94	94	-
S. Gavino M.	CENSG3	-	-	92	-	94	93	-
Villasor	CENVS1	-	-	71	-	70	71	-

Tabella 28 – Percentuali di funzionamento della strumentazione – Area del Campidano Centrale

Comune	Stazione	C6H6		NO2			O3			PM10		SO2			PM2,5
		MA	M8	MO	MO	MA	MO	MO	M8	MG	MA	MO	MO	MG	MA
		PSU	PSU	PSU	SA	PSU	SI	SA	VO	PSU	PSU	PSU	SA	PSU	PSU
		5	10	200	400	40	180	240	120	50	40	350	500	125	25
				18				25	35		24		3		
Nuraminis	CENNM1	-	-					0 <sub>(1)</sub>	6					-	
S. Gavino M.	CENSG3	-	-					-	-	53				-	

Tabella 6.3.3: Riepilogo dei superamenti rilevati – Area del Campidano Centrale

Nell'area del Campidano Centrale, le stazioni della Rete hanno una percentuale media di dati validi per l'anno in esame pari al 93%.

Le stazioni di misura hanno registrato vari superamenti dei limiti eccedendo nel numero massimo di superamenti consentito dalla normativa per il PM10.

Le simulazioni dimostrano una potenziale criticità PM10 diffusa, con valori di fondo elevati, che si estende da Cagliari, per tutto il Campidano, fino ad Oristano, per proseguire poi nel nord Sardegna, con una netta prevalenza del PM10 Antropico nel sud-ovest dell'isola, zone industriali comprese.

L'area del Campidano Centrale mostra quindi una qualità dell'aria critica per il PM10.

Tali risultanze rappresentano un significativo termine di riferimento per tutte le azioni progettuali che possono avere un'incidenza sulla qualità dell'aria ed in particolare sulle polveri.

Nello specifico dato che la qualità dell'aria della zona di interesse per gli interventi della Diga di Medau presenta una criticità legata alla concentrazione delle polveri, qualunque azione od intervento progettuale che preveda in fase di cantierizzazione, scavi e movimenti terre deve essere gestito adeguatamente e nel pieno rispetto delle buone pratiche di gestione ambientale delle attività di cantiere.

### 6.3.3 CLIMA ACUSTICO

L'esigenza di tutelare il benessere pubblico dallo stress acustico urbano si è concretizzata con l'approvazione del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1° marzo 1991, il quale impone ai Comuni di suddividere il territorio in classi acustiche in funzione della destinazione d'uso delle varie aree (residenziali, industriali, ecc.), stabilendo poi, per ciascuna classe, i limiti delle emissioni sonore tollerabili, sia di giorno che di notte. La Zonizzazione Acustica costituisce quindi un atto tecnico-politico di governo del territorio in quanto ne disciplina l'uso e le modalità di sviluppo delle attività. L'obiettivo è quello di prevenire il deterioramento di zone acusticamente non inquinate e di fornire un indispensabile strumento di pianificazione, di prevenzione e di

risanamento dello sviluppo urbanistico, commerciale, artigianale e industriale, coerente con livelli di emissioni sonore compatibili con le destinazioni d'uso del territorio. La Regione Sardegna, con Deliberazione n. 62/9 del 14.11.2008 ha approvato il documento "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale e disposizioni in materia di acustica ambientale" ritenendo necessaria l'adozione dei Piani di Zonizzazione Acustica su tutto il territorio regionale, al fine di poter procedere con la predisposizione del Piano Regionale Triennale di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico che, espressamente previsto all'art. 4, comma 2, della legge n. 447/1995, deve essere redatto dalla Regione in collaborazione con le Province. L'Assessorato della difesa dell'ambiente ha pubblicato lo stato di attuazione del procedimento di adozione e approvazione dei Piani comunali di Classificazione Acustica (PCA), ai sensi della legge n. 447/1995, nel documento "Stato di avanzamento del procedimento di redazione e approvazione del PCA nei vari Comuni dell'Isola.

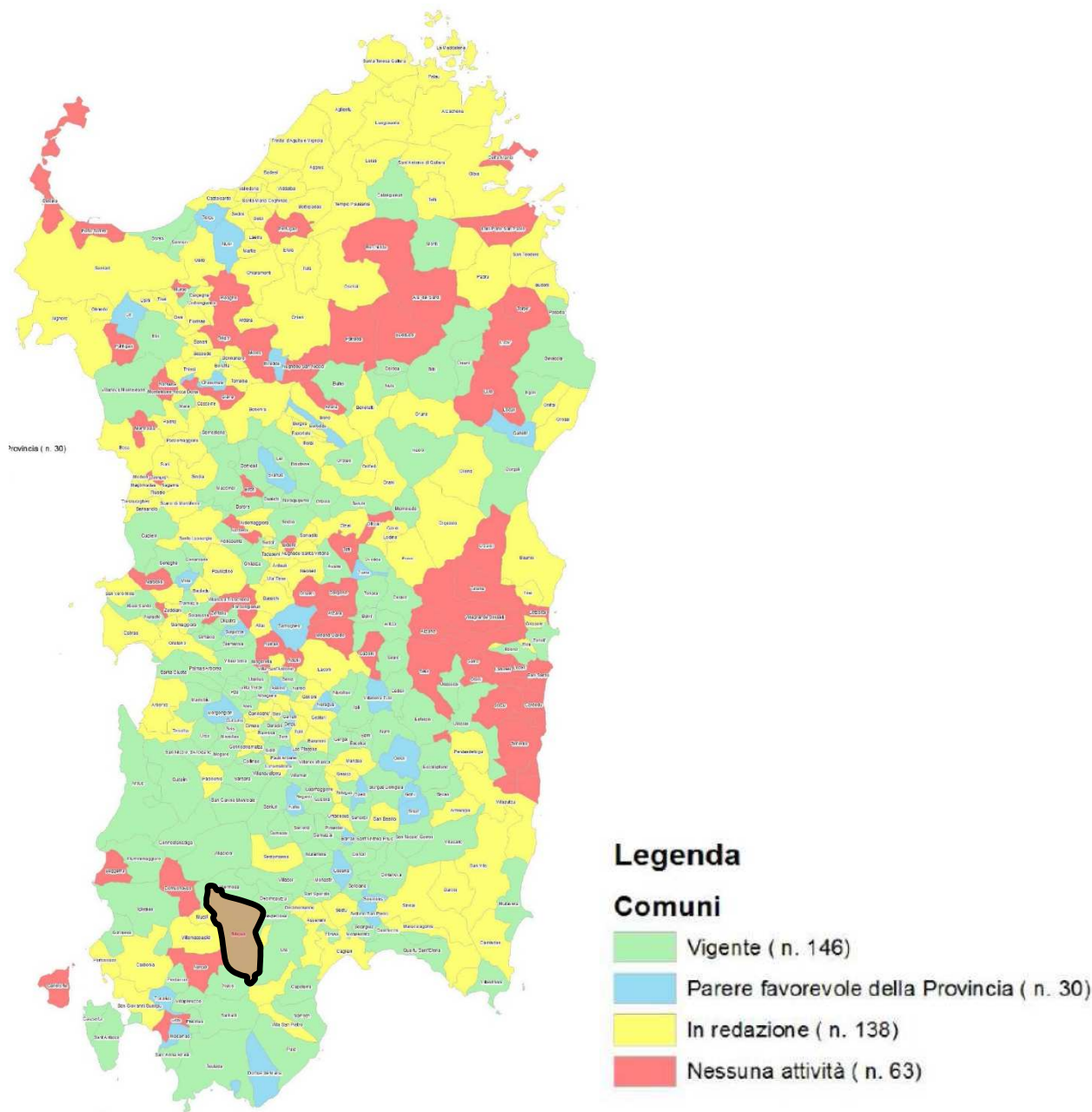


Figura 6-6 Stato di adozione e approvazione dei Piani di Classificazione Acustica Comunali (Fonte Regione Sardegna) - Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Siliqua Vigente (perimetro nero)

Il Piano di zonizzazione acustica del Comune di Siliqua, direttamente interessato dalle attività in progetto, è stato approvato con Delibera C.C. n. 57 del 30/10/2008.

Sulla base del Piano Urbanistico Comunale del Comune di Siliqua lo sbarramento rientra in aree classificate con la seguente destinazione d'uso:

**ZONA HAM** (zona di interesse paesistico e naturalistico);

**ZONA HI** (zona di rispetto lacuale).

Sulla base dell'art.6 delle Norme Tecniche del PZA le aree di pertinenza dello sbarramento della Diga Medau, così come precedentemente richiamate dal Piano Urbanistico Comunale, sono classificate come aree di Classe III "**Aree di tipo misto**" che secondo quanto in allegato al D.P.C.M. 14/11/1997 individua i seguenti valori limite di emissione ed assoluti di immissione:

<b>Valori limite di emissione - Leq in dB(A)</b>		
Classi di destinazione d'uso	Tempi di riferimento del territorio	
	Diurno - (06:00-22:00)	Notturmo - (22:00-06:00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
<b>III aree di tipo misto</b>	<b>55</b>	<b>45</b>
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65
<b>Valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A)</b>		
Classi di destinazione d'uso	Tempi di riferimento del territorio	
	Diurno - (06:00-22:00)	Notturmo - (22:00-06:00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
<b>III aree di tipo misto</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	70
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 6.3.4: Valori limite di emissione ed assoluti di immissione

Il territorio del Comune di Siliqua è interessato dall'attraversamento della principale direttrice stradale della Regione Sardegna sud Occidentale, rappresentata dalla SS 130 che consente il congiungimento della Città di Cagliari con l'insediamento di Iglesias. Le attività produttive si basano prevalentemente su un'economia agropastorale, commerciali ed anche piccolo industriale/artigianale.

Allo stato attuale la principale sorgente di rumore è riconducibile al traffico veicolare e la presenza degli impianti di sbarramento non costituisce una fonte di rumore. Per quanto attiene il progetto, oggetto della presente valutazione, la produzione di emissioni sonore in fase di cantiere, sarà connessa essenzialmente all'impiego di mezzi meccanici e alla realizzazione delle opere sugli sbarramenti. La natura delle lavorazioni previste durante la fase di cantiere è tale da generare potenziali emissioni sonore caratterizzate da rumore discontinuo e variabile distribuito su un orario di lavoro determinato e individuato nella fascia oraria diurna.

## 7 SIGNIFICATIVITÀ dei POTENZIALI EFFETTI AMBIENTALI

### 7.1 METODOLOGIE DI LAVORO

In coerenza con quanto disposto dal DLgs 152/2006 e smi e dal DLgs 50/2016, il presente documento ha la finalità di individuare e descrivere i probabili effetti sull'ambiente determinati dalla realizzazione del progetto in esame.

Il primo tema da definire riguarda la determinazione delle procedure inerenti all'analisi ambientale delle opere in progetto. In tale ottica è utile affrontare l'analisi attraverso la scomposizione delle attività secondo due dimensioni di analisi:

- Fase di cantiere, intesa rispetto alle attività necessarie alla sua realizzazione ed alle esigenze che ne conseguono, in termini di materiali, opere ed aree di servizio alla cantierizzazione, nonché di traffici di cantierizzazione indotti;
- Fase operativa, intesa sia in termini di ingombro effettivo dell'opera sia nella sua operatività con riferimento al suo funzionamento.

A seguito della definizione delle attività per la definizione dei potenziali effetti ambientali si fa riferimento alla catena logica intercorrente tra le azioni di progetto e i fattori causali definiti come segue:

- Azione di progetto, attività dell'opera che presenta una potenziale rilevanza sotto il profilo ambientale;
- Fattore causale, azione di progetto che determina gli effetti che possono interessare l'ambiente.

Per quanto concerne le Azioni di progetto queste sono l'esito di un'operazione di analisi che, partendo dalla considerazione dell'opera in termini complessivi, ne conduce una progressiva scomposizione volta ad individuarne i singoli aspetti che possono rivestire una rilevanza ambientale.

Per quanto riguarda i Fattori causali, la loro individuazione è stata operata a fronte di una preventiva sistematizzazione, condotta in considerazione della revisione delle logiche di analisi ambientale operata dal DLgs 104/2017 e della connessa rimodulazione dei contenuti dello Studio preliminare ambientale (Allegato IV bis) e dello Studio di impatto ambientale (Allegato VII). Coerentemente con quanto disposto dall'Allegato IV bis, laddove questo prescrive, tra i contenuti dello Studio preliminare ambientale, la «descrizione di tutti i probabili effetti rilevanti del progetto sull'ambiente, risultanti da: a) i residui e le emissioni previste e la produzione di rifiuti, ove pertinente; b) l'uso delle risorse naturali, in particolare suolo, territorio, acqua e biodiversità»<sup>2</sup>, nel presente studio è stata assunta la scelta di articolare i Fattori causali secondo le tre seguenti categorie (Categorie Fattore):

A. Produzione di emissioni e residui

<sup>2</sup> DLgs 152/2006 e smi – Allegato IV bis, co. 3

- B. Uso di risorse
- C. Interazione con beni e fenomeni ambientali

Muovendo da dette tre categorie, sulla scorta della logica prima descritta, sono state successivamente individuate le tipologie di effetti potenziali originati dalle azioni di progetto sui diversi fattori identificati al comma 1 lettera c) del DLgs 152/2006, così come modificato dall'articolo 2 del DLgs 104/2017, ossia popolazione e salute umana, biodiversità, territorio, suolo ed acqua, aria e clima, patrimonio culturale e paesaggio.

Ad integrazione di dette categorie è stata trattata anche l'interazione con il sistema dei vincoli e delle tutele per la quale verrà evidenziata la presenza o meno di un interessamento diretto delle aree di cantiere non impiegando dunque la valutazione qualitativa in quattro livelli.

## **7.2 MODALITÀ di STIMA della SIGNIFICATIVITÀ degli EFFETTI POTENZIALI**

Per quanto concerne la tipologia di risultati che le scelte progettuali di cui sopra possono conseguire, in considerazione di quanto riportato al punto 7 dell'Allegato VII "Contenuti dello Studio di impatto ambientale di cui all'articolo 22", così come modificato dall'art. 22 del D.Lgs 104/2017, laddove è stabilito che lo SIA debba contenere una «descrizione delle misure previste per evitare, prevenire, ridurre o, se possibile, compensare gli impatti ambientali significativi e negativi identificati del progetto», detti risultati sono stati così classificati:

- Effetto prevenibile
- Effetto mitigabile
- Effetto parzialmente mitigabile
- Effetto compensabile
- Effetto non mitigabile e/o compensabile

Nella pratica, l'attribuzione di dette tipologie di risultati è stata condotta non solo in riferimento alla tipologia di effetto potenziale in esame, quanto anche in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto e del contesto ambientale e territoriale da questa interessato.

Operativamente, per quanto attiene alla stima della significatività degli effetti attesi, questa è stata operata sulla scorta dei parametri riportati al punto 3 dell'Allegato V "Criteri per la verifica di assoggettabilità di cui all'art. 19" così come modificato dall'art. 22 del D.lgs. 104/2017 ed è stata espressa secondo una scala qualitativa articolata in quattro livelli:

- Trascurabile
- Bassa
- Significativa
- Altamente significativa



## 7.3 GLI EFFETTI INDAGATI E LA LORO SIGNIFICATIVITÀ

### 7.3.1 QUADRO SINOTTICO DELLE CATEGORIE E TIPOLOGIE DI EFFETTI CONSIDERATI

Secondo la metodologia di lavoro assunta alla base del presente studio, il quadro degli effetti potenziali, distinti per categorie e tipologie, e correlati alla dimensione di analisi ambientale rispetto alla quale è presumibile che questi si determinino sono rappresentati nella tabella che segue e analizzati nel dettaglio nei successivi paragrafi. In particolare, viene introdotto l'elemento chiave per la valutazione dell'effettiva significatività degli effetti ambientali rappresentato dalla "Tipologia di effetti".

Categoria fattore	Dim.	Tipologia di effetti
Interazione con il sistema dei vincoli e delle tutele	C	Interferenza con i beni culturali
	O	
	C	Interferenza con i beni paesaggistici oggetto di vincoli dichiarativi
	O	
	C	Interferenza con beni paesaggistici tutelati ope legis
	O	
	C	Interferenza con aree protette e Rete Natura 2000
	O	
C	Interferenza con aree soggette a vincolo idrogeologico	
O		
Produzione di emissioni e residui	C	Modifica del clima acustico
	C	Modifica delle condizioni di qualità dell'aria
	C	Modifiche delle caratteristiche qualitative delle acque e dei suoli
Uso di risorse	C	Perdita di suolo
	O	Consumo di suolo
Interazione con beni e fenomeni ambientali	C	Sottrazione di habitat
	O	
	O	Interferenze con la Rete ecologica
	O	Modifica dell'uso del suolo
	C	Modifica delle condizioni di deflusso
	C	Modifica della struttura del paesaggio e delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo

Tabella 7.3.1: Quadro sinottico delle categorie e tipologie di effetti considerati

Il giudizio complessivo in merito alla relativa significatività tiene conto delle diverse situazioni evidenziate nel corso delle analisi propedeutiche alla redazione del presente Studio.

In tal senso, secondo l'approccio metodologico assunto alla base del presente studio, i profili di significatività classificati nelle successive tabelle di sintesi riguardano unicamente quelle situazioni per le quali si è rilevata una potenziale significatività degli effetti attesi, classificata secondo i quattro livelli indicati nel precedente paragrafo, mentre nei casi in cui le azioni di progetto e/o le condizioni di contesto non configurino alcun rapporto opera – ambiente, tale circostanza è stata riportata come "assenza di effetto".

L'attribuzione del giudizio di significatività è stata operata secondo la seguente matrice di correlazione.

Categoria Fattore		Tipologia effetti		Fase	Significatività
-		-		C/O	
-		-		C/O	
-		-		C/O	
Legenda					
C	Fase di cantiere		O	Fase Operativa	
	Assenza di effetto				
	Trascurabile				
	Poco significativo				
	Significativo				

Tabella 7.3.2: Tipologico della tabella di sintesi della significatività dell'effetto

## 7.4 INTERAZIONE CON IL SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE TUTELE

La categoria di effetti "Interazione con il sistema dei vincoli e delle tutele" riguarda da un lato il rapporto intercorrente tra le opere in progetto ed i beni culturali e paesaggistici di cui al D.Lgs. 42/2004 e smi, e dall'altro le aree protette intese in senso ampio e le aree soggette a vincolo idrogeologico.

Per quanto concerne le fonti conoscitive sulla scorta delle quali è stato ricostruito detto rapporto, queste sono rappresentate dal Geoportale della Regione Sardegna, relativamente all'insieme delle aree e dei beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.Lgs. 42/2004 e smi, al vincolo idrogeologico (R.D. 3267/1923), nonché alle aree protette (EUAP e Rete Natura 2000); per queste ultime è stato consultato anche il Geoportale Nazionale del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE); in merito ai beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs. 42/2004 e smi è stato consultato il sistema Vincoli in rete del Ministero della Cultura (MiC).

Come illustrato nel precedente paragrafo 5.1, le opere in progetto e relative aree di cantiere previste ai fini della loro realizzazione interessano in maniera diretta beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.Lgs. 42/04 ed un sito della Rete Natura 2000, mentre così non è per quanto concerne i beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs. 42/2004, le aree protette di cui alla L. 394/91 o individuate ai sensi della L.R. 31/89 e le aree soggette a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Per una maggiore esplicitazione delle relazioni tra l'opera in progetto e il sistema dei vincoli e delle discipline di tutela, si riporta di seguito in forma tabellare il quadro complessivo di quanto è emerso.

Tipologia Area tutelata	Interazione diretta con le aree di intervento
Beni culturali (Parte II D:Lgs.42/04)	-
Beni paesaggistici (Parte III D:Lgs.42/04)	●
Aree naturali protette	-
Rete Natura 2000	●
Aree soggette a vincolo idrogeologico	-

Tabella 7.4.1: Tipologico della tabella di sintesi della significatività dell'effetto

## 7.5 PRODUZIONE DI EMISSIONE E RESIDUI

### 7.5.1 MODIFICA DEL CLIMA ACUSTICO

La modifica del clima acustico discende dalle emissioni acustiche prodotte dal complesso delle attività condotte in fase di realizzazione dell'opera e in quella di esercizio. Con riferimento alle fasi oggetto di analisi ai fini del presente studio è stata presa in considerazione la sola fase di cantiere in quanto non si prevedono effetti significativi nella fase di esercizio.

Le attività che sono all'origine delle emissioni acustiche sono rappresentate, da un lato, dall'insieme delle lavorazioni e dell'operatività dei mezzi d'opera, e, dall'altro, dal transito dei mezzi adibiti al trasporto dei materiali (autocarri, autobetoniere, ecc.).

I fattori rilevanti per la valutazione della significatività degli impatti acustici sono i seguenti:

- le lavorazioni in relazione ai valori di potenza sonora dei mezzi d'opera e macchinari utilizzati;
- il tempo di durata delle lavorazioni;
- la sovrapposizione di più lavorazioni ritenute critiche ai fini di impatto acustico;
- la localizzazione delle aree e viabilità di cantiere in relazione a ricettori o aree sensibili;

In ragione della modesta entità dei flussi di mezzi pesanti indotti dalle lavorazioni essi non contribuiscono in maniera significativa alla modifica del clima acustico e pertanto possono ritenersi trascurabili.

Con riferimento al caso in esame il progetto prevede interventi in un'area priva di ricettori sensibili con lavorazioni che si concentreranno a ridosso degli attuali paramenti del bacino. Le viabilità di cantiere ricadono in aree a carattere prevalentemente naturale e presentano dati di traffico quasi nulli.

In base alle analisi condotte sul luogo è stato possibile evidenziare la non sussistenza di aree sensibili nella zona oggetto di studio.

La mancanza di bersagli sensibili in prossimità delle aree di cantiere non può comunque sollevare dal considerare gli aspetti in grado di generare pressione sonora e quindi guidare a definire e pianificare azioni migliorative e di mitigazione appropriate. Le lavorazioni determinano una condizione di rischio con conseguente alterazione del clima acustico ma in considerazione del fatto che tali impatti sono da considerarsi locali e temporanei e della natura del contesto locale l'impatto si può ritenere "trascurabile".

In ragione della vulnerabilità naturalistica dell'area si ritiene comunque opportuno definire delle procedure di gestione degli aspetti ambientali delle attività di cantiere che mirano a salvaguardare lo stato del clima acustico attuale attraverso l'adozione di interventi ed accorgimenti di carattere mitigativo finalizzati a ridurre e limitare la pressione acustica dovuta alle lavorazioni previste.

Si riportano di seguito, allo scopo, i criteri ed i metodi di intervento che, laddove necessario, potranno essere adottati con la finalità di gestire le criticità dovute alle emissioni sonore:

Pressione Ambientale	Aspetto Ambientale Specifico	Criteri e metodi di intervento
emissioni energia Acustica	transito macchine operatrici	interventi di manutenzione ordinaria del manto stradale
		preparazione del fondo stradale provvisoria
		manutenzione di mezzi pesanti dispositivi e attrezzature
		controllo degli usi impropri di veicoli
		utilizzo barriere antirumore
	attività macchine operatrici	manutenzione di mezzi d'opera dispositivi e attrezzature
		utilizzo barriere antirumore o quinte vegetali
		utilizzo barriere antirumore o quinte vegetali
	rumori impulsivi	riduzione delle altezze di scarico di benne e cassoni
		utilizzo barriere antirumore o quinte vegetali
rumori non impulsivi	utilizzo barriere antirumore o quinte vegetali	
	ingrassaggio dei giunti meccanici di utensili rumorosi	

Tabella 7.5.1: Tabella di sintesi dei criteri di intervento per la gestione di criticità legate al rumore

Il PZA del Comune di Siliqua, come definito in precedenza, all'art.11 "Norme di Esercizio" definisce quanto segue:

### "11.3 Attività edili

Le eventuali attività rumorose riconducibili all'edilizia devono essere autorizzate previa presentazione di specifica domanda riportante:

la localizzazione dell'intervento;

i nominativi delle imprese coinvolte ed il relativo organico medio;

gli orari di lavoro con specificazione degli orari ove si prevede l'impiego di attrezzature rumorose o l'esecuzione di interventi di scasso.

Qualora l'intervento ecceda i 15 gg. ovvero avvenga in aree classificate in Classe I e II l'impresa dovrà rendere disponibile una documentazione attestante la previsione dell'impatto acustico sui possibili ricettori."

Quanto riportato significa che nella fase di progettazione esecutiva ed in ogni caso prima dell'avvio dei lavori l'impresa dovrà rendere disponibile una documentazione attestante la previsione dell'impatto acustico sui possibili ricettori con la finalità di chiedere un'autorizzazione in deroga ai limiti stabiliti dalla classe acustica di appartenenza delle aree interessate dai lavori.

Nel caso specifico la documentazione attestante la previsione di impatto acustico dovrà verificare se sulla base delle lavorazioni previste siano o meno superati i limiti di immissione ed emissione ovvero i limiti differenziali previsti dal PZA per le aree di Classe III "Aree di tipo misto".

Valori limite di emissione - Leq in dB(A)	Tempi di riferimento del territorio	
Classi di destinazione d'uso	Diurno - (06:00-22:00)	Notturmo - (22:00-06:00)
<b>III aree di tipo misto</b>	<b>55</b>	<b>45</b>
Valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A)		
<b>III aree di tipo misto</b>	<b>60</b>	<b>50</b>

Tabella 7.5.2: Valori limite di emissione ed assoluti di immissione per le aree di tipo misto

Sulla base di quanto precedentemente analizzato e riportato si valuta "trascurabile" la significatività dell'impatto delle emissioni sonore.

Categoria Fattore	Tipologia effetti	Fase	Significatività
Produzione di emissioni e residui	Modifica del clima acustico	C	
		O	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.5.3: Sintesi della significatività dell'effetto del clima acustico

## 7.5.2 MODIFICA DELLE CONDIZIONI DI QUALITÀ DELL'ARIA

Le azioni di progetto responsabili della produzione di emissioni in atmosfera ed in particolare alle polveri-PM10 sono riconducibili alla fase di cantiere così come evidenziate nella successiva tabella (in rosso):

Fase	Attività
0	Cantierizzazione - esecuzione strada di accesso
0	Esecuzione strada d'accesso
0	Scavo del primo metro dell'avandiga, supposto completamente rovinato
0	Fornitura e posa di rilevato per l'avandiga, fino a rialzare a quota 119 mslm
0	Fornitura e posa di rilevato per l'avandiga, in spalla destra fino a raggiungere quota 119 mslm
0	Rimozione e trasporto della guaina dell'avandiga, supposta non più utilizzabile
0	Riesecuzione dell'impermeabilizzazione del paramento di monte dell'avandiga
1A	Impermeabilizzazione con telo in PVC come da relazione 7.3
1A	Pulitura preventiva della superficie
1B	Pulitura preventiva della superficie
1B	Impermeabilizzazione con telo in PVC come da relazione 7.3
2A	Perforazioni dall'interno del cunicolo
2A	Perforazioni dall'interno del cunicolo
2A	Perforazioni dall'interno del cunicolo
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo
2A	Iniezioni dall'interno del cunicolo per bulbo
2B	Perforazioni dall'esterno del cunicolo
2B	Perforazioni dall'esterno del cunicolo
2B	Perforazioni dall'esterno del cunicolo
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo
2B	Iniezioni dall'esterno del cunicolo

Le azioni di progetto precedentemente evidenziate rappresenteranno una sorgente di emissione di particolato ed emissioni gassose che si protrarrà per un tempo limitato e transitorio riconducibile alla sola fase di esecuzione di tali attività.

Tali azioni di progetto sono dunque sinteticamente riconducibili a:

- *Diffusione di polveri* – Il settore si presenta praticamente privo di bersagli sensibili. Assenza di popolazione in prossimità del cantiere o nei primi chilometri di strade in allontanamento da questo. Le caratteristiche anemometriche consentono la distribuzione delle polveri associate alle attività di demolizione della sommità dello sbarramento (per altro in gran parte già realizzate) in direzione ovest



quindi verso il lago. Gli aspetti operativi da attenzionare, pur se poco impattanti, saranno quindi associati alla gestione del cantiere ed aree operative. Saranno oggetto di specifica pianificazione e gestione le attività di movimento terre in corrispondenza della zona di alveo;

- *Emissioni gassose* – Si tratta dei contributi emissivi generati dai mezzi d’opera. In considerazione dell’evoluzione che ha caratterizzato l’efficientamento dei mezzi d’opera grazie all’entrata in vigore dei percorsi previsti a livello Europeo (STAGE) e volti a garantire la riduzione delle emissioni inquinanti, è possibile affermare come possa ritenersi contenuto tale contributo.

Il carattere di temporaneità di tali azioni contribuisce a restituire una bassa significatività in termini di impatto sulla qualità dell’aria soprattutto se adeguatamente gestite attraverso l’adozione e l’applicazione di specifiche procedure ed accorgimenti atti a ridurre, contenere e limitare la produzione e la dispersione di particolato in atmosfera.

Come già anticipato al §5.3.2 Aria e Clima, infatti, il monitoraggio della qualità dell’aria, operato mediante le centraline fisse di monitoraggio di ARPA Sardegna, ha evidenziato per questi contesti territoriali una criticità legata proprio alla concentrazione delle polveri PM10, dunque appare dirimente attuare una corretta gestione ambientale delle attività di cantiere riconducibili alle azioni di mitigazione evidenziate di seguito:

Pressione ambientale	Aspetto Ambientale e Specifico	idrocarburi totali	CO	NOX	PM10	metalli pesanti	SO2	CH4, C2H2	VOC	Criteri e metodi di intervento
emissioni in atmosfera	polveri	X	X	X	X	X	X		X	riduzione velocità veicoli a 30 km/h nelle piste di cantiere
					X					bagnatura delle piste
					X					nebulizzazione acqua sui fronti di scavo
					X					limitazione dei transiti
					X					impianti lavaruate
					X					bagnatura dei cumuli
					X					copertura dei cumuli
					X					limitazione di punti di stoccaggio
					X					protezione dei cumuli dal vento (posizione ridossata)
					X					posizionamento teli antipolvere o quinte vegetali frangivento

Stante quanto illustrato e considerato l’effetto temporaneo e localizzato e le procedure operative previste durante le lavorazioni atte a contenere le emissioni polverulente prodotte dai cantieri, come ad esempio l’attività di bagnatura dell’area di cantiere l’effetto in esame è stato considerato “trascurabile”.

Categoria Fattore	Tipologia effetti	Dim.	Significatività
Produzione di emissioni e residui	Modifica delle condizioni di qualità dell'aria	C	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.5.4: Sintesi della significatività dell'effetto sulla modifica delle condizioni di qualità dell'aria

### 7.5.3 PRODUZIONE DI RIFIUTI

La produzione di materiali di risulta discende dall'esecuzione delle lavorazioni volte all'approntamento delle aree di cantiere ed alla realizzazione dell'impermeabilizzazione dei paramenti. Tale effetto deriva, oltre che dalle attività di scotico, da quelle di scavo e di demolizione di eventuali manufatti interferenti con le opere dell'opera in progetto. In tal senso si fa riferimento unicamente alla fase di cantiere per la stima della significatività.

Per quanto attiene ai fattori di analisi che concorrono a configurare detto effetto in termini generali questi sono rappresentati, relativamente a quelli di progetto, dai quantitativi in gioco, ossia dai volumi di terre e rocce da scavo e di demolizioni di cui se ne prevede la produzione, e dalle modalità secondo le quali si intende gestirli. Per quanto concerne invece i fattori di contesto, questi sono individuabili nella consistenza della dotazione territoriale di impianti per il recupero e lo smaltimento di materiali di risulta, e nelle caratteristiche chimico fisiche di detti materiali.

Relativamente ai fattori di progetto ed in particolare ai quantitativi in gioco, secondo quanto riportato nel citato elaborato, la realizzazione dell'opera in progetto comporterà

- La rimozione e il trasporto di circa 2.040 mc provenienti dall'avandiga;
- La rimozione e il trasporto della guaina dell'avandiga per circa 824 mc;

La modalità di gestione dei materiali di risulta prevede che questa avvenga in regime di rifiuti, ai sensi quindi della Parte IV D.lgs. 152/06 e s.m.i., privilegiando il conferimento presso siti esterni autorizzati al recupero e, secondariamente, prevedendo lo smaltimento finale in discarica autorizzata.

In considerazione della ridotta entità delle volumetrie in gioco è possibile affermare che la significatività dell'effetto in esame possa essere considerata "poco significativa".

Categoria Fattore	Tipologia effetti	Dim.	Significatività
Produzione di emissioni e residui	Produzione di rifiuti	C	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.5.5: Sintesi della significatività dell'effetto sulla produzione di rifiuti

#### 7.5.4 MODIFICA DELLE CARATTERISTICHE QUALITATIVE DELLE ACQUE E DEI SUOLI

In termini generali, la modifica delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee, nonché dei suoli, è il risultato di una variazione dei parametri chimico-fisici, microbiologici e biologici, che può derivare da un complesso di Azioni di progetto che, seppur nel loro insieme ascrivibili alla fase costruttiva, presentano Fattori causali tra loro differenti in ragione della diversa origine delle sostanze potenzialmente inquinanti prodotte durante il ciclo costruttivo.

In breve, un primo fattore causale all'origine dell'effetto in esame può essere rappresentato dall'uso di sostanze potenzialmente inquinanti nell'ambito ed ai fini dell'esecuzione di specifiche lavorazioni; tale situazione, ad esempio, si determina nel caso della realizzazione delle integrazioni dello schermo di tenuta.

Ulteriori fattori all'origine del medesimo effetto possono essere rappresentati da altre cause che sono, invece, correlate alle lavorazioni o, più in generale, alle attività di cantiere. Dette cause possono essere così sinteticamente individuate:

- Produzione di acque che possono veicolare nei corpi idrici ricettori e/o nel suolo eventuali inquinanti, distinguendo tra:
  - Produzione delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate delle aree di cantiere fisso, quali ad esempio quelle realizzate in corrispondenza dei punti di stoccaggio di sostanze potenzialmente inquinanti
  - Produzione di acque reflue derivanti dallo svolgimento delle attività di cantiere, quali lavaggio mezzi d'opera e bagnatura cumuli
- Produzione di liquidi inquinanti derivanti dallo sversamento accidentale di olii o altre sostanze inquinanti provenienti dagli organici meccanici e/o dai serbatoi dei mezzi d'opera.

Per quanto riguarda la produzione di sostanze potenzialmente inquinanti dovuta alla realizzazione delle opere di integrazione dello schermo di tenuta, il parametro sulla scorta del quale si valuta la potenziale significatività dell'effetto, è da individuarsi nel rapporto tra le caratteristiche idrogeologiche del contesto di intervento e quelle costruttive delle opere. In tal senso, i fattori di contesto possono essere identificati nella vulnerabilità degli acquiferi interessati e nei diversi fattori che concorrono a definirla (soggiacenza; conducibilità idraulica; acclività della superficie topografica; etc).

Sulla base dei dati reperiti l'area del lago è caratterizzata da alta per alta porosità, in corrispondenza degli alvei fluviali, e da bassa permeabilità per fratturazione lungo i versanti. Non si configurano dunque elementi critici individuabili negli interventi in particolare per quanto riguarda l'integrazione dello schermo di tenuta. Questi ultimi si pongono come obiettivo quello di integrare lo schermo di tenuta nella zona centrale della diga principale e mantenere la stabilità dell'opera nei confronti del rischio di piping (erosione sotterranea) e focalizzare l'attenzione sulla limitazione del valore del gradiente d'efflusso.

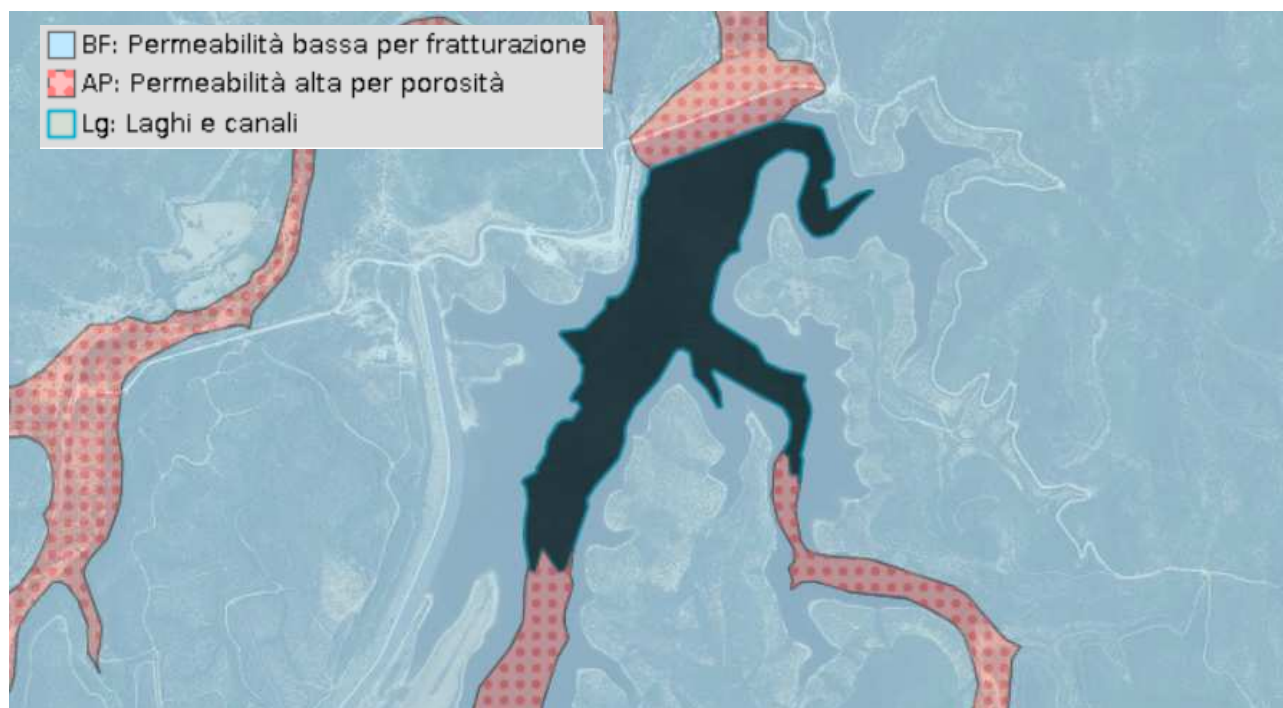


Figura 7-1 Carta delle permeabilità 2019 (Geoportale Regione Sardegna)

Relativamente alla produzione di sostanze potenzialmente inquinanti connesse alle attività di cantiere il potenziale effetto si configura invece nelle tipologie di misure ed interventi previsti e in eventuali sversamenti accidentali che possono cadere al suolo. Tali situazioni sono prevenibili attraverso appositi interventi di mitigazione in fase di cantiere come l'apprestamento delle aree di cantiere e la gestione delle attività costruttive.

In generale in base a quanto analizzato è possibile stimare "trascurabili" i potenziali effetti.

Categoria Fattore	Tipologia effetti	Dim.	Significatività
Produzione di emissioni e residui	Modifica delle caratteristiche qualitative delle acque e dei suoli	C	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.5.6: Sintesi della significatività dell'effetto sulla modifica delle caratteristiche qualitative delle acque e dei suoli

## 7.6 USO DI RISORSE

### 7.6.1 PERDITA DI SUOLO

Nella prassi, al termine "suolo" viene attribuita una pluralità di significati che variano dal contesto nel quale detto termine è collocato, assumendo l'accezione di suolo, suolo e sottosuolo, territorio, etc. Ai fini della presente analisi con il termine "suolo" si è inteso unicamente riferirsi allo «strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi», così come definito dall'articolo 2 comma 1 let. b) del DPR 120/2017.

Conseguentemente, l'effetto "perdita di suolo" è stato identificato nello smaltimento del terreno vegetale prodotto dalle operazioni di scotico finalizzate all'approntamento delle aree di cantiere fisso e delle aree di lavoro. La significatività di detto effetto discende, oltre che dall'estensione areale delle opere in progetto e dalla tipologia infrastrutturale prevalente, dalle modalità di gestione del terreno vegetale, nonché dalle caratteristiche del contesto territoriale interessato.

Nel caso in specie gli interventi in oggetto non comportano consumo di suolo ricadendo all'interno delle aree di pertinenza degli sbarramenti e dell'invaso che verrà successivamente sommerso al termine delle lavorazioni. Se oltre ciò si considera il ripristino delle aree di cantiere la significatività dell'effetto in esame può essere considerata "assenza di effetto".

Categoria Fattore	Tipologia di effetti	Dim.	Significatività
Uso di risorse	Perdita di suolo	C	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.6.1: Sintesi della significatività dell'effetto sulla perdita di suolo

### 7.6.2 CONSUMO di SUOLO

Come definito in letteratura e segnatamente da ISPRA nell'edizione 2019 del rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", «il consumo di suolo è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con copertura artificiale» e, in tal senso, è un fenomeno derivante da un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali. In buona sostanza, come riportato nel citato rapporto, «il consumo di suolo è definito come la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) ad una copertura artificiale del suolo (suolo consumato)».

Al fine di comprendere i termini nei quali si sostanzia il fenomeno in esame, occorre ricordare che il suolo, essendo composto da una componente abiotica, ossia i diversi minerali che lo compongono, e da una componente biotica, rappresentata dalle differenti specie di organismi viventi che lo popolano, è un sistema



complesso nel quale le due succitate componenti interagiscono continuamente. Il coprire il suolo con materiale impermeabilizzante, ossia il variarne la copertura da non artificiale ad artificiale, comporta la compromissione della componente biotica e, con essa, dei servizi ecosistemici da questo offerti, quali – a titolo esemplificativo - il supporto ed il sostentamento per la componente biotica, e l'assorbimento della CO<sub>2</sub>.

In considerazione dei tempi estremamente lunghi necessari alla sua produzione, il suolo può essere considerato come una risorsa non rinnovabile e scarsa. Stante sinteticamente richiamato ne consegue che, secondo la logica di lettura assunta alla base della presente analisi, l'entità di tale tipologia di effetto potenziale è direttamente dipendente dall'estensione areale delle opere e dal livello di artificializzazione delle aree interessate.

Entrando nel merito del caso in specie, rispetto alla estensione complessiva delle opere in progetto gli interventi riguardano delle aree classificate come aree delle infrastrutture le quali sono già artificializzate mentre il consumo di suolo potrebbe essere individuabile nella perdita delle spiagge al margine del bacino. Tale effetto è però viziato dalla motivazione per cui si rendono necessari gli interventi sugli sbarramenti che hanno portato alla riduzione del livello delle acque del bacino e all'aumentare della superficie delle spiagge. La sistemazione degli sbarramenti dunque con la messa in esercizio della diga a livello di progetto porterà le acque a ricolonizzare gli ambiti marginali del bacino.

In ragione di quanto detto sin ora, risulta possibile ritenere che l'effetto potenziale in esame possa essere ragionevolmente ritenuto "trascurabile".

Categoria Fattore	Tipologia di effetti	Dim.	Significatività
Uso di risorse	Consumo di suolo	0	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.6.2: Sintesi della significatività dell'effetto sul consumo di suolo

## 7.7 INTERAZIONI CON BENI E FENOMENI AMBIENTALI

### 7.7.1 SOTTRAZIONE DI HABITAT

La sottrazione di habitat e biocenosi è determinata dalle operazioni di approntamento delle aree di cantiere e di quelle di lavoro espressamente funzionali alla realizzazione delle opere che nell'intervento in esame sono da considerarsi poco rilevanti. Diversamente l'innalzamento del volume delle acque può comportare la sommersione di aree attualmente vegetate.

Il territorio in esame si presenta piuttosto omogeneo dal punto di vista naturalistico, con l'unico elemento di differenziazione portato dall'attività umana, attraverso l'esercizio della pastorizia, il rimboschimento e la

presenza delle dighe e del bacino artificiale, attività decisamente impattanti ma che, col passare del tempo, hanno sicuramente dato luogo ad un equilibrio "ecologico", sia dal punto di vista vegetazionale, che faunistico. In generale per definire i potenziali effetti su habitat e fauna devono essere considerate distintamente la fase di cantiere e la fase di esercizio dell'opera.

Per quanto riguarda i cantieri i potenziali effetti sono riconducibili nella:

- *Sottrazione di vegetazione erbacea e arbustiva* – Stimabile in prossimità delle aree di cantiere e logistiche. La quantità di vegetazione interferita non è molto rilevante e se a questo si aggiunge la possibilità di mitigare l'impatto alla fine dei lavori, quest'ultimo appare nel complesso di modesta entità e facilmente ricucibile. Questa considerazione non deve comunque indurre a trascurare gli effetti dell'impatto in oggetto, ma piuttosto a dare loro la giusta rilevanza e a puntualizzare l'importanza delle opere di ripristino, senza le quali un impatto anche di lieve entità può diventare una vera e propria ferita nel territorio, con gravi conseguenze per il futuro.
- *Alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali* – Le aree di cantiere ed interessate dalle lavorazioni non rappresentano ambienti su cui sono attivi fenomeni evolutivi del contesto vegetazionale. Tale condizione attribuisce a questo effetto impatto nullo;
- *Disturbo alla fauna* – Pur trattandosi di un disturbo reversibile l'analisi delle lavorazioni riconosce un livello di rischio contenuto. Data la stagionalità di fauna volatile migratoria, la cantierizzazione concentra interventi più impattanti nel periodo primaverile-estivo. In particolare, l'elemento con maggiori criticità è rappresentato dalla necessità di ridurre il volume dell'invaso e permettere la realizzazione dei lavori sugli sbarramenti in quanto viene interessato un sito di Importanza Comunitaria (SIC) della Rete Natura 2000 in Sardegna – SIC ITB041105 Foresta di Monte Arcosu). Difatti tra le specie appartenenti alla classe dei pesci si segnala la presenza della trota macrostigma (*Salmo trutta macrostigma*) che si ripara nel bacino. Difatti la trota sarda è stata rilevata all'interno dell'invaso artificiale in periodo siccitoso durante la stagione secca, mentre il tratto fluviale di monte si presenta in asciutta completa per diversi chilometri (AAVV 2015). La *Salmo trutta macrostigma* inoltre risulta possedere uno status di conservazione "in pericolo critico" e risulta elencata anche nell'allegato II della Direttiva Habitat (92/43/CEE).

Per quanto riguarda il bacino con il livello idrico nella fase di esercizio i potenziali effetti sono riconducibili nella:

- *Sottrazione di vegetazione erbacea e arbustiva* – L'incremento del livello di invaso si stima in circa 20.8 m slm, considerando l'attuale livello di circa 124 m slm e il livello di nuova quota di 144,80 m slm. Tale incremento comporterà una riduzione di circa 62 ettari sulla fascia circumlacuale soggetta a sommersione, nella quale si avrà una sottrazione di superfici. Si sottolinea come attualmente tali superfici siano composte da spiagge prive di vegetazione.

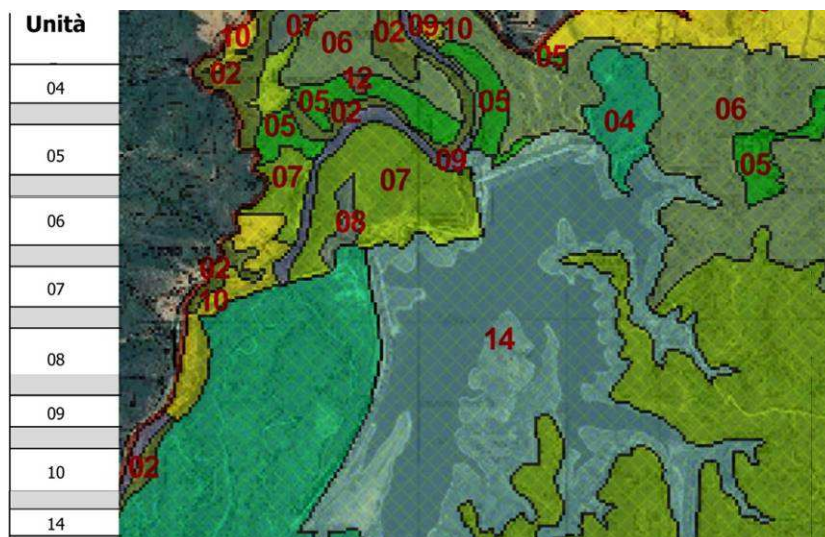


Figure 7-1 Stralcio della Carta della vegetazione (Fonte: Cartografia del Piano di Gestione ZSC, 2008)

Operativamente, i parametri principali che, in termini generali, concorrono a determinare la significatività dell'effetto in questione sono rappresentati dall'incidenza sulle componenti analizzate e se l'innalzamento del livello idrico compromette o meno elementi naturali di buona valenza. Come detto le attività di cantiere sono potenzialmente significative per la fauna ittica per la quale si registra la maggiore criticità e, nonostante l'impiego di interventi di mitigazione ad hoc per la sua tutela, si renderà necessario monitorare la presenza della specie nel bacino durante le lavorazioni. Un aspetto ulteriore che è doveroso riportare è che il livello idrico nel bacino sia stato ridotto nel novembre 2019 per effettuare degli interventi di manutenzione e in tale occasione il volume invasato è stato portato a circa 0,6 Mm<sup>3</sup>, con un livello associato pari a 117 m slm (fonte dato ENAS). A seguito di tale riduzione di livello non si sono registrate interferenze con la fauna ittica.

Di seguito si riporta una analisi temporale dei livelli idrici del bacino dal 2004 al 2019.



Figura 7.7.2: Raffronto temporale dei livelli idrici nell'invaso di Medau Zirimilis: da sinistra 10 Settembre 2004, 26 Luglio 2015, 10 Agosto 2019 (Fonte: Google Earth)

Per ulteriori valutazioni in merito alla presenza di fauna di rilevante valore si rimanda allo Studio di Incidenza Ambientale allegato al presente Studio.

Sulla base di tali osservazioni non si può escludere la significatività sulla componente faunistica dunque è lecito ritenere "poco significativo" l'effetto in fase di cantiere e ricorrere a interventi atti a mitigarlo mentre si può ritenere "assente" in fase di esercizio che è da considerarsi migliorativa rispetto alla situazione attuale.

Categoria Fattore	Tipologia di effetti	Dim.	Significatività
Interazione con beni e fenomeni ambientali	Sottrazione di habitat	C	
		O	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.7.1: Sintesi della significatività dell'effetto sulla sottrazione di habitat

### 7.7.2 INTERFERENZE CON LA RETE ECOLOGICA

L'effetto in esame si sostanzia nella limitazione e/o impedimento delle dinamiche di spostamento della fauna, per effetto della presenza delle opere in progetto che possono costituire, per l'appunto, degli elementi di condizionamento e/o vincolo rispetto ai movimenti della fauna. La modifica della connettività ecologica risulta maggiormente rilevante in corrispondenza di margini di transizione tra ambienti ad ecologia diversa, ecotoni, o di corsi d'acqua.

Tale effetto è da considerarsi "assente" per gli interventi oggetto di valutazione in quanto ci si attende un miglioramento dell'attuale assetto della rete ecologica esistente.

Categoria Fattore	Tipologia di effetti	Dim.	Significatività
Interazione con beni e fenomeni ambientali	Interferenze con la Rete ecologica	O	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.7.2: Sintesi della significatività dell'effetto sulla Rete ecologica

### 7.7.3 MODIFICA DELL'USO DEL SUOLO

L'uso del suolo è un concetto collegato, ma distinto da quello di copertura del suolo. Secondo quanto riportato da ISPRA nell'edizione 2019 del rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", per copertura del suolo si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, così come definita dalla

Direttiva 2007/2/CE3, mentre per uso del suolo si intende, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce, quindi, una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro.

A questo riguardo, la modifica degli usi in atto viene intesa come il processo di transizione tra le diverse categorie di uso del suolo, che – generalmente - determina una trasformazione da un uso naturale ad un uso semi-naturale, sino ad un uso artificiale.

Stante quanto sopra sinteticamente richiamato e in base a quanto precedentemente esposto tale effetto può considerarsi "trascurabile".

Categoria Fattore	Tipologia effetti	Dim.	Significatività
Interazione con beni e fenomeni ambientali	Modifica dell'uso del suolo	O	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.7.3: Sintesi della significatività della modifica dell'uso del suolo

#### 7.7.4 MODIFICA DELL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'effetto in questione, consistente nella modifica della dinamica delle acque superficiali e delle aree inondabili ed è ascrivibile – in termini generali - sia alla fase di cantiere che operativa delle opere in progetto. Nel primo caso, ossia in fase di cantierizzazione, le azioni di progetto all'origine dell'effetto in questione è rappresentata dalla messa in opera di opere provvisorie atte a consentire la realizzazione degli elementi costruttivi delle opere come ad esempio l'avandiga. L'effetto è di natura temporanea e si propone come mitigazione proprio per mantenere parte del bacino idrico attiva.

Nel caso del post operam non sono presenti azioni che possono apportare effetti negativi sulle condizioni di deflusso in quanto gli sbarramenti sono già presenti.

In ultimo come si evince dal par. 5.3.2 la sovrapposizione dell'area con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali evidenzia come non vi siano situazioni da attenzionare e di conseguenza la significatività dell'effetto in questione può essere considerato "trascurabile".

<sup>3</sup> La Direttiva 2007/2/CE istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Inspire) per gli scopi delle politiche ambientali e delle politiche o delle attività che possono avere ripercussioni sull'ambiente. L'Italia ha recepito detta direttiva con l'emanazione del DLgs 32/2010.



Categoria Fattore	Tipologia effetti	Dim.	Significatività
Interazione con beni e fenomeni ambientali	Modifica dell'assetto geomorfologico	C	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.7.4: Sintesi della significatività della modifica dell'assetto geomorfologico

### 7.7.5 MODIFICA DELLA STRUTTURA DEL PAESAGGIO E MODIFICA DELLE CONDIZIONI PERCETTIVE E DEL PAESAGGIO PERCETTIVO

La modifica della struttura del paesaggio e delle condizioni percettive andrà valutata nella fase di cantiere in quanto per la dimensione operativa non si rilevano effetti afferenti alla tematica in oggetto.

In relazione ad una possibile compromissione di aree sensibili dal punto di vista paesaggistico, in riferimento alle azioni di progetto e le relative attività considerate come significative, si possono quindi considerare come effetti potenziali, la modificazione dell'assetto percettivo, scenico e panoramico, la modificazione della morfologia dei luoghi e l'alterazione dei sistemi paesaggistici.

Con riferimento alla dimensione costruttiva, la finalità dell'indagine è quindi quella di verificare le potenziali interferenze che le attività di cantiere connesse alla realizzazione dell'opera possono indurre sul paesaggio e patrimonio culturale in termini di modifica degli aspetti connessi al paesaggio nel suo assetto percettivo, scenico e panoramico.

L'indagine operata si è sviluppata mediante analisi relazionali tra gli aspetti strutturali e cognitivi del paesaggio e le azioni di progetto relative alla dimensione costruttiva, evidenziando di quest'ultime quelle che possono maggiormente influire in riferimento all'alterazione delle condizioni percettive del paesaggio.

In ragione di tale approccio si ipotizza che le attività riconducibili all'approntamento delle aree di cantiere per la presenza di mezzi d'opera e, più in generale, quella delle diverse tipologie di elementi relativi alle aree di cantiere, possano costituire elementi di intrusione visiva, originando così una modificazione delle condizioni percettive, nonché comportare un'alterazione del significato dei luoghi, determinando una modificazione del paesaggio percettivo.

Per la modificazione dell'assetto percettivo, scenico e panoramico, l'entità degli effetti derivanti dalle installazioni dei cantieri previsti può tuttavia considerarsi di livello medio-basso, perché se è vero che da un lato su alcune aree la percezione generale del territorio potrà variare a livello di ingombro fisico, dall'altro c'è da sottolineare come questa rivesta sempre carattere temporaneo.

In riferimento alle aree di cantiere previste dal progetto, alla conclusione dei lavori di realizzazione degli interventi, tali aree saranno smantellate, con la pulizia delle aree interferite, con asportazione di eventuali rifiuti e/o residui di lavorazione. Successivamente si procederà al rimodellamento morfologico locale e puntuale in maniera tale da raccordare l'area oggetto di smantellamento con le adiacenti superfici del fondo; si può

perciò affermare che le attività connesse all'approntamento di tali aree determineranno degli effetti pressoché trascurabili in termini di modificazione della morfologia del paesaggio.

Infine, analizzando la struttura paesaggistica nel suo insieme, a partire dalle variazioni nei suoi caratteri percettivi scenici e panoramici per poi valutarne anche tutti gli altri aspetti sia di tipo fisico, che naturale ed antropico, per quanto riguarda le aree di cantiere analizzate, si può affermare come resti pressoché invariata. Le uniche alterazioni sono di tipo temporaneo e ad ogni modo di modesta entità a livello di intrusione visiva, ad esempio in relazione alla presenza costante di mezzi d'opera, che per la loro stessa conformazione, saranno temporanee e limitate ai tratti stradali esistenti che permettono l'accesso all'infrastruttura da mantenere.

Pertanto, l'alterazione dei sistemi paesaggistici, non si rileva come significativa in quanto i sistemi paesaggistici nell'area di indagine restano riconoscibili anche durante la fase di cantierizzazione che non ne modifica i caratteri sostanziali, fondamentalmente per la modesta entità degli interventi in relazione all'estensione dei sistemi e dei loro caratteri peculiari.

In conclusione, quindi, in merito alle operazioni legate alla fase di cantiere, si prevede che la significatività degli effetti in questa fase possa essere generalmente considerata di livello basso e comunque di tipo reversibile.

Dopo aver introdotto e specificato quindi quali possano essere le caratteristiche specifiche di ogni tipo di effetto analizzato inerente alla dimensione di tipo costruttivo in merito alla modifica della struttura del paesaggio e delle condizioni percettive, l'effetto può ragionevolmente considerarsi "assente".

Categoria Fattore	Tipologia di effetti	Dim.	Significatività
Interazione con beni e fenomeni ambientali	Modifica della struttura del paesaggio e delle condizioni percettive	C	
Legenda			
	Assenza di effetto		
	Trascurabile		
	Poco significativo		
	Significativo		

Tabella 7.7.5: Sintesi della significatività della modifica della struttura del paesaggio e delle condizioni percettive

## 8 SINTESI DEGLI ELEMENTI DI SENSIBILITÀ AMBIENTALE IDENTIFICATI

### 8.1 TABELLA SINOTTICA DEGLI ELEMENTI DI SENSIBILITÀ RICONOSCIUTI

Le tabelle successive riportano, per ciascuna componente analizzata, gli elementi di sensibilità riconosciuti.

Categoria fattore	Tipologia di effetti	Interazione diretta
Interazione con il sistema dei vincoli e delle tutele	Beni culturali (Parte II D:Lgs.42/04)	
	Beni paesaggistici (Parte III D:Lgs.42/04)	•
	Aree naturali protette	
	Rete Natura 2000	•
	Aree soggette a vincolo idrogeologico	

Tabella 8.1.1: Tabella sinottica del sistema dei vincoli e delle tutele

Categoria fattore	Dim.	Tipologia di effetti	Significatività	Azione mitigativa
Produzione di emissioni e residui	C	Modifica del clima acustico	trascurabile	- Impiego di mezzi omologati STAGE V
	C	Modifica delle condizioni di qualità dell'aria	trascurabile	- Interventi di bagnatura, spazzatura viabilità interferita
	C	Produzione di rifiuti	poco significativa	-
	C	Modifiche delle caratteristiche qualitative delle acque e dei suoli	trascurabile	- Adozione presidi anti inquinamento durante lavori in alveo; - Impermeabilizzazione aree cantiere; - caratterizzazione ante e post opera
Uso di risorse	C	Perdita di suolo	assente	-
	O	Consumo di suolo	trascurabile	-
Interazione con beni e fenomeni ambientali	C	Sottrazione di habitat e disturbo alla fauna	poco significativa	- Monitoraggio sulla componente ittica e sulla qualità delle acque del lago durante la fase di cantiere
	O		assente	-
	O	Interferenze con la Rete ecologica	assente	-
	O	Modifica dell'uso del suolo	trascurabile	-

<b>Categoria fattore</b>	<b>Dim.</b>	<b>Tipologia di effetti</b>	<b>Significatività</b>	<b>Azione mitigativa</b>
	O	Modifica delle condizioni di deflusso	trascurabile	-
	C	Modifica della struttura del paesaggio e Modifica delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo	assente	-

*Tabella 8.1.2: Tabella sinottica degli elementi di sensibilità riconosciuti*

## 9 CONCLUSIONI

Il presente Studio ha valutato i potenziali effetti sulle componenti ambientali associati agli interventi di adeguamento degli sbarramenti presenti sul bacino artificiale di Medau Zirimilis.

L'analisi è stata fatta per ciascuna delle matrici ambientali ritenute rilevanti e potenzialmente interessate dagli interventi, ha reso possibile identificare le principali azioni del progetto impattanti e gli aspetti sensibili caratterizzanti il territorio.

Tale analisi ha affrontato i potenziali effetti attraverso una distinzione di quelli presenti in fase di cantiere, caratterizzati da natura "transitoria" e dunque di tipo temporaneo, da quelli potenzialmente presenti durante la fase di esercizio. Riguardo la fase di cantiere il principale effetto è riconducibile al disturbo alla fauna e alla fauna ittica presente mentre al termine dei lavori il principale effetto è da attribuirsi all'innalzamento del livello delle acque del bacino che se da un lato apporteranno notevoli benefici in termini di fauna porteranno alla sommersione di circa 62 ettari di terreno attualmente occupato da spiagge.

Un approfondimento è stato dedicato alla fase di cantiere ed alle criticità legate al livello idrico del bacino che dovrà essere ridotta per lasciare in asciutto i paramenti di monte degli sbarramenti. In questa fase si interverrà preservando un'area di ricovero per la fauna ittica, che dovrà essere inoltre monitorata durante tutto lo svolgimento dei lavori, i quali, come detto, verranno eseguiti durante la fase di magra.

Considerando infine la capacità del nuovo invaso di raggiungere l'obiettivo di gestione della nuova portata e al contempo garantire un incremento del volume di acqua in deposito, gli aspetti sociali legati ai lavori di adeguamento degli sbarramenti rappresentano un elemento di deciso vantaggio ancor più se rapportati alla tipologia ed entità degli effetti generati dagli interventi ed associati prevalentemente alla fase di cantiere.

Si riporta in conclusione una analisi multi-temporale del livello del bacino, già utilizzata nell'analisi degli effetti sulla biodiversità, per ricordare come il livello del bacino sia stato recentemente ridotto per motivi manutentivi.



Figura 8.1.1: *Raffronto temporale dei livelli idrici nell'invaso di Medau Zirimilis: da sinistra 10 Settembre 2004, 26 Luglio 2015, 10 Agosto 2019 (Fonte: Google Earth)*



## 10 BIBLIOGRAFIA

- 1962\_ICOS, INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLA DIGA DI MEDAU ZIRIMILIS – PROGETTO DI MASSIMA.
- 1972\_Calvino (SP) – RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO – Allegato B1
- 1972\_SP, INDAGINI 1971-72 - SONDAGGI –PROVE ACQUA e CEMENTAZIONI - Allegato B8
- 1974\_Calvino (SP) - RELAZIONE GEOLOGICA INTEGRATIVA – Allegato B\_21
- 1982\_Calvino (SP) - RELAZIONE GEOLOGICA, PROGETTO di VARIANTE - (codice P177 C 30.101.1)
- 1982\_ICOS, INDAGINI GEOGNOSTICHE sul Rio "Su Casteddu" in località Medau Zirimilis
- 1989\_Scafati, INTERVENTI PER L'INTEGRAZIONE DEI DISPOSITIVI DI TENUTA - RELAZIONE TECNICA
- 1992\_Celico, RELAZIONE IDROGEOLOGICA sui risultati delle indagini geologiche ed allegati
- 1996\_Celico, NOTA su CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE E IDROGEOLOGICA della ZONA d'IMPOSTA della Diga di Medau Zirimilis
- 1999\_Artizzu, RAPPORTO GEOLOGICO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- 1999\_Ibba, RAPPORTO GEOLOGICO CONCLUSIVO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- 2003\_Miliziano, RELAZIONE DI CONSULENZA GEOTECNICA FINALIZZATA ALLA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI COMPLETAMENTO E RISANAMENTO SCHERMO TENUTA
- Carmignani L., Coccozza T., Gandin A., Pertusati P.C. (1982) - Lineamenti della geologia dell'Iglesiente Sulcis. In: Guida alla Geologia del Paleozoico Sardo. Società Geologica Italiana, Cagliari
- Poll J.J.K., (1966) The geology of Rosas Terraseo area, Sulcis, south Sardinia. Leidse Geol. Meded, 117-208.
- Pala A. Pecorini G. Porcu A. (1976) Struttura Idrogeologica della soglia di Siliqua tra la fossa del Campidano e la fossa del Cixerri. "Boll. Soc. Geol. It. 95, pag. 705-724, Roma.
- Formulario Standard siti Natura 2000 (aggiornamenti 2020).
- La gestione dei siti della rete Natura 2000. Guida all'interpretazione dell'art. 6 della Direttiva Habitat 92/43/CEE. Ufficio delle pubblicazioni delle Comunità Europee, 2018.
- Documento di orientamento sull'articolo 6, paragrafo 4, della Direttiva "Habitat". (92/43/CEE). "Chiarificazione dei concetti di: soluzioni alternative, motivi Imperativi di rilevante interesse pubblico, misure compensative, Coerenza globale, parere della commissione".
- "Valutazione di piani e progetti aventi un'incidenza significativa sui siti della rete Natura 2000. Guida metodologica alle disposizioni dell'articolo 6, paragrafi 3 e 4 della direttiva "Habitat" 92/43/CEE" - Commissione europea DG Ambiente, Novembre 2001.
- "Manuale per la gestione dei siti Natura 2000", elaborato dal MITE nell'ambito del progetto LIFE Natura 99/NAT/IT/006279
- Manuale italiano di interpretazione degli habitat (Direttiva 92/43/CEE) (2010) <http://vnr.unipg.it/habitat/>
- A.A., V.V., 1994-Piano del Parco del Sulcis. Parte 1-2. Regione Sardegna, Assessorato della difesa dell'ambiente, Cagliari.

- AA.VV. Carte ittiche dieci anni dopo. – A.I.I.A.D. Associazione italiana ittiologi acque dolci; Atti del VI Convegno Nazionale, Varese Ligure.
- ABELARDI R., 1986-Ricerche geoambientali per il recupero della zona mineraria di S. Leone. Tesi di Laurea, A. A. 1985-86. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari.
- ANGIOLINI C., BACCHETTA G., 2000-Contributo alla conoscenza delle cenosi a Santolina insularis (Gennari ex Fiori) Arrigoni della Sardegna. IV Congresso della Società Italiana di Fitosociologia. Milano, 14-16/9/00.
- ANGIOLINO C., CHIAPPINI M., 1983-La flora del Monte Linas (Sardegna Sud-Occidentale). *Morisia*, 5: 3-56.
- ANGIOLINO C., CHIAPPINI M., 1988-Il paleo-endemismo *Helichrysum montelinasanum* E. Schmid in Sardegna non è esclusivo del M.te Linas. *Candollea*, 43: 331-334.
- ARRIGONI P.V., 1964-Flora e vegetazione della foresta di Pixinamanna. *Webbia*, 19(1): 349-454.
- ARRIGONI P.V., 1968-Fitoclimatologia della Sardegna. *Webbia*, 23(1): 1-100.
- ARRIGONI P.V., 1983. Aspetti corologici della flora sarda. *Lav. Soc. Ital. Biogeogr.*, n.s., 8: 83-109.
- ARRIGONI P.V., CAMARDA I., CORRIAS B., DIANA CORRIAS S., NARDI E., RAFFAELLI M. &
- VALSECCHI F., (1976) 1977-1991. Le piante endemiche della Sardegna: 1-202. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, 16-28.
- ARU A. 1974-Aspetti della degradazione del suolo nella Sardegna Centrale, *Biologia Contemporanea*, Anno I, 3: 105-112.