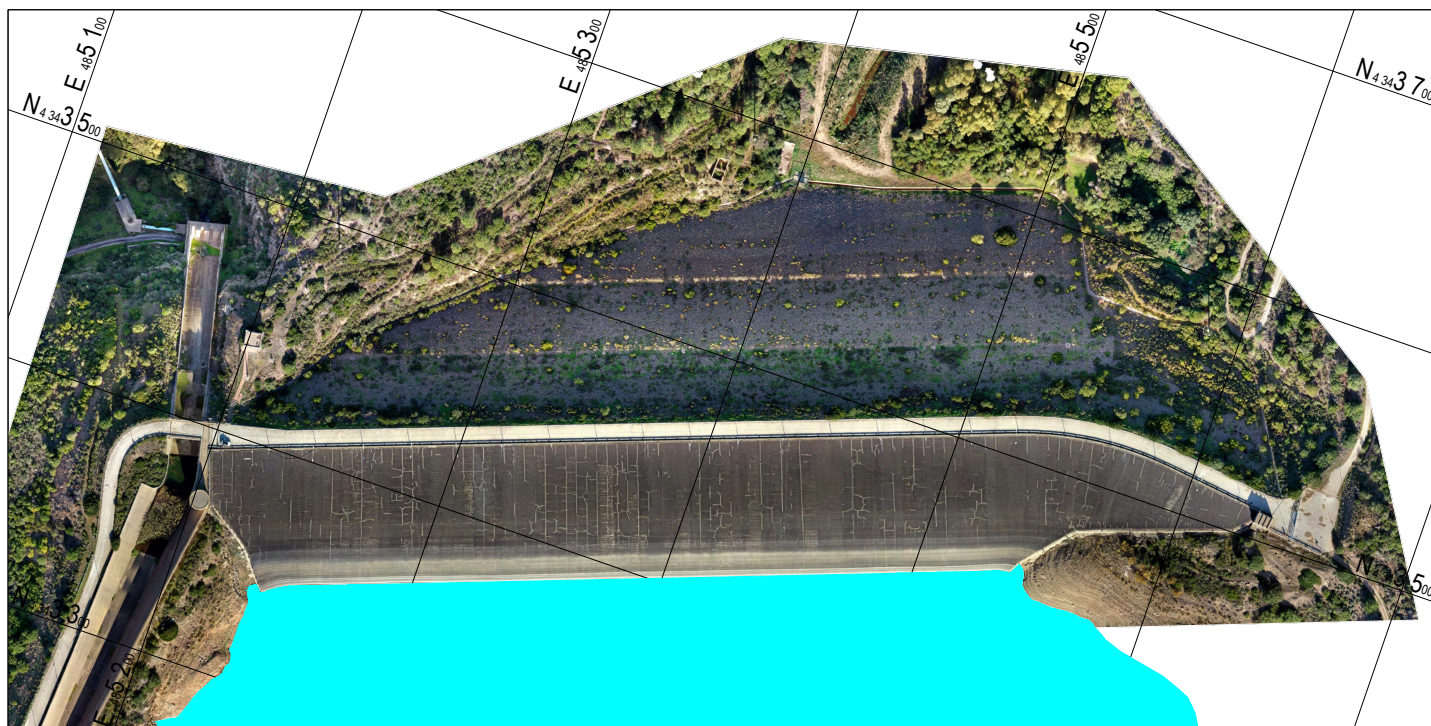




MEDAU

Intervento di ripristino del paramento di monte e della diga secondaria ed integrazione dello schermo di tenuta - Cig 82861868FF - Cup:E73E19002460001



FATTIBILITA' TECNICA - ECONOMICA

Relazione GENERALE Vol. 1 di 13

2 0 0 G E N R S P 0 0 1 F 19 Mar 2022
sezione - sub-sezione - tipo - ufficio - prog. n° - serie - rev. data

Tav./Elab. **E.01**
Rev. **F**

Il Progettista



**Ingegnere Progettista e Responsabile dell'Integrazione
tra le varie Prestazioni Specialistiche**

Dott. Ing. Antonio Brasca
Ordine degli ingegneri di Roma - Iscr. n° 19574 sez. A

Sicurezza in fase di Progettazione

Arch. Andrea Serafini
Ordine degli Architetti della Provincia di Roma -
n° 13448

Geologia

Dott. Andrea Cona
Ordine degli Geologi della Toscana - n° 795

**Il Direttore del Servizio Opere Idriche
e Idrogeologiche - RUP**
Ing. Costantino Azzena

Marzo 2022

Item	Commentatore	Argomento	Commento	Note SP	Stato
1	Regione Sardegna / Ministero della Transizione Ecologica	Generale	E' necessario implementare il perimetro del progetto includendo la documentazione per istruire la pratica di verifica di assoggettabilità a VIA	Implementato. La FTE contiene ora il volume 13 Piano Preliminare di Utilizzo terre e rocce da scavo. SP effettua due invii separati, uno comprensivo di tutta la FTE, un altro, come da formato richiesto dal MiTE, contenente i documenti menzionati nel foglio "MEDAU, Checklist_EsameProcedibilita_VAss_VIA_220114" scambiato per le vie brevi, e predisposto con l'elenco elaborati come da specifiche tecniche del MiTE per le procedure di VAS e VIA ai sensi del D. Lgs 152/2006. Tale invio per l'istruzione della pratica di verifica di assoggettabilità a VIA costituisce di fatto una quotaparte del progetto FTE in revisione F.	Chiuso
2	Rotondo Ingegneri Associati - Verificatore ex. Art. 26	Quadro Economico	si chiede di allegare l'elaborato "calcolo sommario di spesa" poiché il paragrafo contenuto nell'elaborato "quadro economico" non si può considerare esaustivo per la valutazione economica dell'importo lavori ed in ogni caso deve essere un elaborato a se stante;	Il calcolo sommario della spesa è inserito nel capitolo 2.1 del volume 7 e dettaglia quanto espresso alla voce A.1 del Quadro Economico; la stima è effettuata in forma parametrica ricomprendendo nel prezzo unitario tutti gli oneri e lavorazioni accessorie necessari alla corretta esecuzione dell'attività.	Chiuso
3	Verificatore ex. Art. 26 del Codice dei Contratti Pubblici	Generale	si chiede se gli elaborati grafici datati tra maggio e giugno 2021 sono aggiornati agli esiti della conferenza di servizi terminata nel dicembre 2021;	Gli esiti della conferenza dei Servizi terminata nel Dicembre 2021 non modificano il contenuto tecnico ed il perimetro delle lavorazioni, ma solo la loro sequenzialità distribuendola su due lotti separati; SP ritiene pertanto di non dovere aggiornare gli elaborati grafici; ad ogni modo nella successiva fase di progettazione, SP identificherà negli elaborati grafici gli interventi afferenti il primo lotto e quelli afferenti il secondo lotto.	Chiuso
5	Verificatore ex. Art. 26 del Codice dei Contratti Pubblici	Qualità	si chiede di chiarire il motivo per cui nell'elenco elaborati contenuto nel file "Lista-signed signed" risulta presente una sezione denominata "230-idrologia" priva però di documenti della disciplina relativa.	SP conferma che nella Fattibilità Tecnico Economica non ci sono disegni nella sezione "230-idrologia", tuttavia, poiché nella fase di progettazione successiva ci saranno elaborati afferenti l'idrologia, SP ha già impostato, come da standard di qualità, la struttura della lista documenti.	Chiuso
6	Regione Sardegna	Quadro Economico	Si richiede di utilizzare il format M2 per la predisposizione del Quadro Economico	Implementato. Il Quadro Economico è stato redatto secondo il format richiesto come si evince dal capitolo 2.4 del Volume 7	Chiuso
7	Regione Sardegna	Quadro Economico	Si richiede di rinominare il volume 7 in "Calcolo Sommario della spesa e Quadro Economico"	Implementato.	Chiuso
8	NA	Qualità	NA	SP precisa che tutti i volumi che compongono la FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA sono riemessi in revisione F, essendo cambiata la struttura del progetto per via del commento 1.	Chiuso

INDICE

VOLUME	TITOLO
1 di 13	Relazione GENERALE
2 di 13	Relazione TECNICA
3 di 13	Relazione CAMPO PROVE
4 di 13	Relazione INDAGINI
5 di 13	Elaborati GRAFICI
6 di 13	Prime INDICAZIONI e disposizioni per la stesura dei PIANI della SICUREZZA
7 di 13	Calcolo Sommario della Spesa e QUADRO ECONOMICO
8 di 13	CRONO PROGRAMMA dell'intervento
9 di 13	Documento di FATTIBILITÀ delle ALTERNATIVE Progettuali
10 di 13	Studio Preliminare AMBIENTALE
11 di 13	Studio di INSERIMENTO URBANISTICO
12 di 13	Relazioni di INCIDENZA
13 di 13	Piano Preliminare UTILIZZO TERRE in Sito

<i>Paragrafo</i>	<i>Titolo</i>	<i>Pag.</i>
1	CONTENUTO	1
1.1	INTRODUZIONE	1
1.2	STUDIO di FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA.....	1
1.3	CONTENUTO del PRESENTE ELABORATO e STRUTTURA del PROGETTO di FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA	2
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE PRINCIPALI.....	4
2.1	INTRODUZIONE	4
2.2	SERBATOIO	5
2.3	DIGA PRINCIPALE (MEDAU)	5
2.4	DIGA SECONDARIA (CARRU SEGAU).....	6
2.5	SFIORATORE	6
2.6	SCARICO di FONDO e OPERA di PRESA	10
2.7	AVANDIGA.....	10
3	RELAZIONE TECNICA	11
3.1	INTRODUZIONE	11
3.2	DEVIAZIONE DELLE ACQUE.....	11
3.3	SCHERMO IMPERMEABILE DELLA FONDAZIONE.....	13
3.3.1	OBIETTIVI INTEGRAZIONE DELLO SCHERMO DI TENUTA	13
3.3.2	CALCOLI DI FILTRAZIONE	14
4	RELAZIONE CAMPO PROVE.....	19
4.1	INTRODUZIONE	19
4.2	BULBO D'INIEZIONE.....	19
4.3	CAMPO PROVE	20
5	RELAZIONE INDAGINI	21
5.1	INTRODUZIONE	21
5.2	INDAGINI TOPOGRAFICHE.....	21
5.3	INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	22
5.4	INDAGINI IDROLOGICHE	25
6	ELABORATI GRAFICI	27
7	INDICAZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA	29
7.1	INTRODUZIONE	29
7.2	VALUTAZIONE DEI RISCHI E MISURE PREVENTIVE	29
7.2.1	VALUTAZIONE DEI RISCHI E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN RIFERIMENTO ALL'AREA DI CANTIERE.....	29

7.2.2	VALUTAZIONE DEI RISCHI E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN RIFERIMENTO ALL'ORGANIZZAZIONE DI CANTIERE E ALLE LAVORAZIONI ESISTENTI.....	31
7.3	DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEL PSC E DEL FSASCICOLO DELL'OPERA.....	31
8	CALCOLO DELLA SPESA E QUADRO ECONOMICO.....	33
8.1	INTRODUZIONE.....	33
8.2	QUADRO ECONOMICO.....	33
9	CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI.....	35
9.1	INTRODUZIONE.....	35
9.2	CRONOPROGRAMMA.....	35
10	DOCUMENTO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI.....	39
10.1	INTRODUZIONE.....	39
10.2	RIPRISTINO PARAMENTI di MONTE delle DIGHE di MEDAU e CARRU SEGAU.....	39
10.2.1	STATO FESSURATIVO del MANTO.....	39
10.2.2	ALTERNATIVA CON GEOMEMBRANE IN PVC.....	40
10.2.3	ALTERNATIVA CON MANTO BITUMINOSO.....	41
10.2.4	CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE.....	42
10.3	SCHERMO IMPERMEABILE DELLA FONDAZIONE.....	44
11	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE.....	45
11.1	INTRODUZIONE.....	45
11.2	COERENZA E CONFORMITÀ.....	45
11.3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	46
11.3.1	SISTEMA ANTROPICO.....	46
11.3.2	SISTEMA BIOTICO.....	47
11.3.3	SISTEMA ABIOTICO.....	47
11.4	SIGNIFICATIVITÀ DEI POTENZIALI EFFETTI AMBIENTALI.....	48
11.4.1	METODOLOGIA.....	48
11.4.2	QUADRO SINOTTICO DELLE CATEGORIE E TIPOLOGIE DI EFFETTI CONSIDERATI.....	48
11.5	CONCLUSIONI.....	49
12	STUDIO DI INSERIMENTO URBANISTICO.....	50
12.1	INTRODUZIONE.....	50
12.2	COERENZA E CONFORMITÀ.....	50
12.3	CONCLUSIONI.....	51
13	RELAZIONI DI INCIDENZA.....	53
13.1	INTRODUZIONE.....	53
13.2	METODOLOGIA.....	53
13.3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	55
13.3.1	BIOCLIMA E VEGETAZIONE.....	55
13.3.2	RETI ECOLOGICHE, ECOSISTEMI E ASPETTI FAUNISTICI.....	56

13.4	SCREENING LIVELLO 1	58
13.5	VALUTAZIONE APPROPRIATA LIVELLO II	59
14	PIANO PRELIMINARE UTILIZZO TERRE IN SITO	62
14.1	INTRODUZIONE	62
14.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	62
14.3	CARATTERIZZAZIONE E BILANCIO TERRE	64

Lista delle Figure

pag.

Figura 2.5.1:	Medau, Sezione tipica della diga.....	7
Figura 2.5.2:	Medau, Galleria d'ispezione, Profilo longitudinale e sezione tipica	8
Figura 2.5.3:	Medau, Sezione tipica della diga.....	9
Figura 3.2.1:	Soglia Sfiante scarico di fondo, Scala di deflusso.....	12
Figura 3.2.2:	Avandiga, Riabilitazione e Rialzo.....	13
Figura 3.3.1:	Schermo Esistente (quota invaso 146.7 m slm) - Modello di calcolo - Dettaglio.....	15
Figura 3.3.2:	Prolungamento schermo 100 m (invaso 146.7 m slm) - Modello di calcolo, Dettaglio.....	15
Figura 3.3.3:	Pianta schermo integrativo	16
Figura 3.3.4:	Miglioramento schermo esistente $k=2E-08$ m/s (quota invaso 146.7 m slm) – Dettaglio...	16
Figura 3.3.5:	Pianta bulbo integrativo.....	17
Figura 3.3.6:	Diaframma 30 m (quota invaso 146.7 m slm) - Modello di calcolo - Dettaglio.....	18
Figura 4.2.1:	Geometria dell'intervento di "ispessimento" della cortina	19
Figura 5.2.1:	Limite Rilievo Drone.....	21
Figura 5.3.1:	Inquadramento.....	22
Figura 5.3.2:	Frequenza delle classi di RQD all'interno dei sondaggi lungo il cunicolo.....	23
Figura 5.3.3:	Profilo geologico-tecnico.....	24
Figura 13.2.1:	Livelli della Valutazione di Incidenza nella "Guida all'interpretazione dell'articolo 6 della direttiva 92/43/CEE (direttiva Habitat)" C(2018) 7621 final (GU 25.01.2019).....	54
Figura 13.3.1:	Aree Naturali Protette (Fonte: Portale Cartografico Nazionale, MATTM)	57
Figura 13.3.2:	Elaborato 08a Promozione della Rete Ecologica Regionale (Fonte: Piano Urbanistico Provinciale di Cagliari - Variante in adeguamento al PPR - primo ambito omogeneo: fascia costiera)	57
Figura 14.2.1:	Casistica applicata – Terre necessarie.....	64
Figura 14.2.2:	Casistica applicata – Terre scavate	64
Figura 14.3.1:	Punti di campionamento.....	65
Figura 14.3.2:	Aree di produzione e riutilizzo terre	66

<i>Lista delle Tabelle</i>	<i>pag.</i>
<i>Tabella 2.2.1: Serbatoio, Livelli e Volumi.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabella 2.3.1: Diga, Caratteristiche Principali.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabella 2.4.1: Diga, Caratteristiche Secondaria.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2.7.1: Caratteristiche avandiga.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 3.2.1: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate con i vari metodi.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 3.2.2: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate per il periodo secco.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 3.3.1: Risultati delle analisi di filtrazione.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 5.4.1: Dati Geomorfologici e idrogeologici del bacino a Medau-Zirimilis.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 5.4.2: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate con i vari metodi.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 5.4.3: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate per il periodo secco.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 8.2.1: Quadro Economico su due lotti.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 9.2.1: Diagramma di Gantt del Lotto 1.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 9.2.2: Diagramma di Gantt del Lotto 2.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 10.3.1: Risultati delle analisi di filtrazione.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 11.2.1: Strumenti di Pianificazione ordinaria.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 11.4.1: Quadro sinottico delle categorie e tipologie di effetti considerati.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 12.2.1: Strumenti di Pianificazione ordinaria.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 14.3.1: Fabbisogno terre.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 14.3.2: Produzione terre.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabella 14.3.3: Bilancio terre.....</i>	<i>66</i>

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 STUDIO di FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA

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 e STRUTTURA del PROGETTO di FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Il presente elaborato costituisce il documento generale del progetto di fattibilità tecnico economica e, allo stesso tempo, costituisce la chiave di lettura per tutti gli elaborati che lo compongono. Contiene, oltre ad una generica illustrazione del sistema nel quale si deve operare, un riassunto illustrativo che, per ogni aspetto progettuale, menziona le ipotesi fatte, le elaborazioni condotte, i risultati ottenuti e l'affidabilità degli stessi. Per i dettagli di interesse di ciascun capitolo, si rimanda al corrispondente volume del progetto di fattibilità Tecnico Economica.

La struttura del progetto di Fattibilità Tecnico Economica, nella presente revisione, è stata ampliata per inglobare la documentazione necessaria per la verifica di assoggettabilità a VIA, come richiesto con nota Protocollo n. 0040813 del 10-12-2021.

Il presente documento si compone dei seguenti capitoli:

- DESCRIZIONE DELLE OPERE PRINCIPALI

Questo capitolo illustra la diga di Medau e le sue componenti notevoli;

- RELAZIONE TECNICA

Questo capitolo contiene una sintesi dei calcoli idraulici, di filtrazione etc. esperiti al fine di dimensionare gli interventi oggetto dell'incarico. La trattazione completa è contenuta nel volume 2 del presente studio.

- RELAZIONE CAMPO PROVE.

Il presente capitolo contiene la descrizione del campo prova necessario e propedeutico all'esecuzione delle iniezioni di impermeabilizzazione. La trattazione completa è contenuta nel volume 3 del presente studio.

- RELAZIONE INDAGINI

Questo capitolo contiene l'elenco delle indagini raccolte e quelle eseguite utilizzate per la preparazione del progetto di fattibilità. La trattazione completa è contenuta nel volume 4 del presente studio.

- ELABORATI GRAFICI

Questa sezione contiene l'elenco elaborati. I disegni sono contenuti nel volume 5 del presente studio.

- PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI PER I PIANI DELLA SICUREZZA

Questo capitolo contiene una sintesi dell'individuazione dei rischi e delle relative misure preventive e protettive, nonché le disposizioni per la stesura del piano di sicurezza e coordinamento e del fascicolo dell'opera. La trattazione completa è contenuta nel volume 6 del presente studio.

- CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA E QUADRO ECONOMICO

Il presente capitolo contiene il riassunto del quadro economico. La descrizione completa e dettagliata è contenuta nel volume 7 del presente studio;

- CRONOPROGRAMMA DELL'INTERVENTO

Questo capitolo contiene le ipotesi e la programmazione dell'intervento nell'alternativa progettuale auspicata. Una più ampia spiegazione del cronoprogramma è riportata nel volume 8 del presente studio.

- DOCUMENTO di FATTIBILITÀ delle ALTERNATIVE PROGETTUALI
Il presente capitolo illustra una sintesi delle varie alternative progettuali prese in considerazione sotto il profilo tecnico, considerando anche le implicazioni programmatiche ed economiche. Il volume 9 del presente studio risottomette per completezza il documento già discusso ed approvato dal Cliente.
- STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE
Il presente capitolo contiene la tabella di sintesi degli elementi di sensibilità ambientale identificati. La trattazione completa è contenuta nel volume 10 del presente studio.
- STUDIO DI INSERIMENTO URBANISTICO
Questo capitolo contiene una sintesi del quadro normativo di riferimento con specifica attenzione agli strumenti di tutela e governo del territorio, e di relativa promozione di forme di sviluppo sostenibile; nel capitolo si dà una sintesi della valutazione effettuata con riferimento alla compatibilità tra il progetto e gli strumenti menzionati. La trattazione completa è contenuta nel volume 11 del presente studio.
- RELAZIONE DI INCIDENZA
Questo capitolo costituisce lo Studio di INCidenza Ambientale (SINCA) degli interventi di ripristino del paramento di monte della diga principale (Medau Zirimilis) e della diga secondaria (Carru Segau) che insistono sul Rio Casteddu in località Medau Zirimilis, nel comune di Siliqua (CA). L'analisi completa è contenuta nel volume 12 del presente studio.
- PIANO PRELIMINARE UTILIZZO TERRE IN SITO
Questo capitolo fornisce il quadro della gestione delle terre e rocce da scavo prodotte ed utilizzate nell'ambito della realizzazione degli interventi di progetto. Per un'analisi più approfondita del contesto normativo si sensi del quale si produce tale documento, si rimanda alla lettura del volume 13 del presente studio.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE PRINCIPALI

2.1 INTRODUZIONE

La diga di Medau Zirimilis insiste sul Rio Casteddu in località Medau Zirimilis, nel comune di Siliqua (CA).

Le opere principali sono sinteticamente descritte di seguito:

- 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;
- 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
- 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.

L'opera è stata realizzata tra l'1981 e il 1990, dall'impresa Pizzarotti & C. S.p.A. su progetto a firma dell'Ing. G. Pietrangeli.

Nel 1990 (5 Febbraio 1990) venne concessa l'autorizzazione agli invasi sperimentali, non raggiungendo tuttavia mai la quota di massima ritenuta 145.5 m. s.l.m. Il massimo livello è stato raggiunto in data 25 Marzo 2015, registrando un picco fino a quota 137.4 m s.l.m.

Nel 1999 vennero eseguiti degli interventi integrativi dello schermo di tenuta della fondazione, in particolare in corrispondenza:

- MURO di TENUTA in SINISTRA tra il concio 1 e 16;
- SFIORATORE tra il concio 11 e 16;
- CUNICOLO in SINISTRA tra il concio 1 e 9;
- CUNICOLO in DESTRA tra il concio 31 e 48.

2.2 SERBATOIO

I valori caratteristici del serbatoio sono di seguito descritti:

QUOTA	VOLUME	Livelli
m s.m.	Mm3	
146.7	19	Massimo Invaso
145.5	16.6	Massima Ritenuta
117.0	0.6	Minimo Invaso

Tabella 2.2.1: Serbatoio, Livelli e Volumi

2.3 DIGA PRINCIPALE (MEDAU)

L'andamento planimetrico della diga è rettilineo, dalla spalla sinistra a circa 3/4 della stretta, e curvilineo per il restante 1/4 in destra.

Il corpo diga è costituito da tout-venant alluvionale drenante.

Sul paramento di monte, al di sotto del manto in conglomerato bituminoso, è realizzato uno strato di fondazione con pezzatura massima 300 mm, dello spessore (misurato in orizzontale) pari a 3 m.

Il paramento di valle è invece protetto da una scogliera in pietrame, di pezzatura superiore ai 100 mm, con spessore (misurato in orizzontale) pari a 2,5 m.

I dati geometrici principali dello sbarramento sono i seguenti:

151.0	m s.l.	Quota coronamento
53	m	Max altezza diga
429	m	Sviluppo coronamento
8	m	Larghezza coronamento
1 / 2 (V/O)	-	Pendenza paramento di monte
1 / 1.85	-	Pendenza paramento valle
1.4	Mm3	Volume totale rilevato
41,500	m2	Superficie manto

Tabella 2.3.1: Diga, Caratteristiche Principali

La tenuta a monte è costituita da un manto in conglomerato bituminoso di tipo "sandwich" dello spessore di 34 cm, di cui (dal basso verso l'alto):

- o ancoraggio con emulsione bituminosa (3 Kg/m2);
- o 8 cm strato di base semi-aperto;
- o 6 cm strato inferiore impermeabile;
- o 10 cm strato drenante;
- o 10 cm strato superiore impermeabile.

Il manto si intesta, in corrispondenza del piede di monte, sulla sommità del cunicolo, recapitando, attraverso una tubazione, passante per il calcestruzzo, le acque filtrate nel manto.

In corrispondenza del cunicolo è stato eseguito lo schermo d'impermeabilizzazione.

Lo schermo è stato eseguito durante la costruzione dell'opera e interventi di integrazione dello schermo in spalla sinistra e destra sono stati realizzati nel 1999. Un'analisi di dettaglio è riportata nel capitolo relativo allo schermo di iniezione.

Le figure seguenti illustrano la sezione tipo della diga, il profilo e sezione tipo della galleria di ispezione.

2.4 DIGA SECONDARIA (CARRU SEGAU)

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. La tenuta a monte è costituita da un manto in conglomerato bituminoso di tipo "sandwich".

I dati geometrici principali dello sbarramento sono i seguenti:

150.0	m s.l.	Quota coronamento
27	m	Max altezza diga
1220	m	Sviluppo coronamento
5	m	Larghezza coronamento
1 / 2 (V/O)	-	Pendenza paramento di monte
1 / 2 (V/O)	-	Pendenza paramento valle
0.6	Mm3	Volume totale rilevato
34,900	m2	Superficie manto

Tabella 2.4.1: Diga, Caratteristiche Secondaria

2.5 SFIORATORE

Lo scarico di superficie, ubicato in sinistra idraulica ed è costituito da uno sfioratore laterale, di sviluppo di 185 m, con soglia a quota 145,50 m s.m.

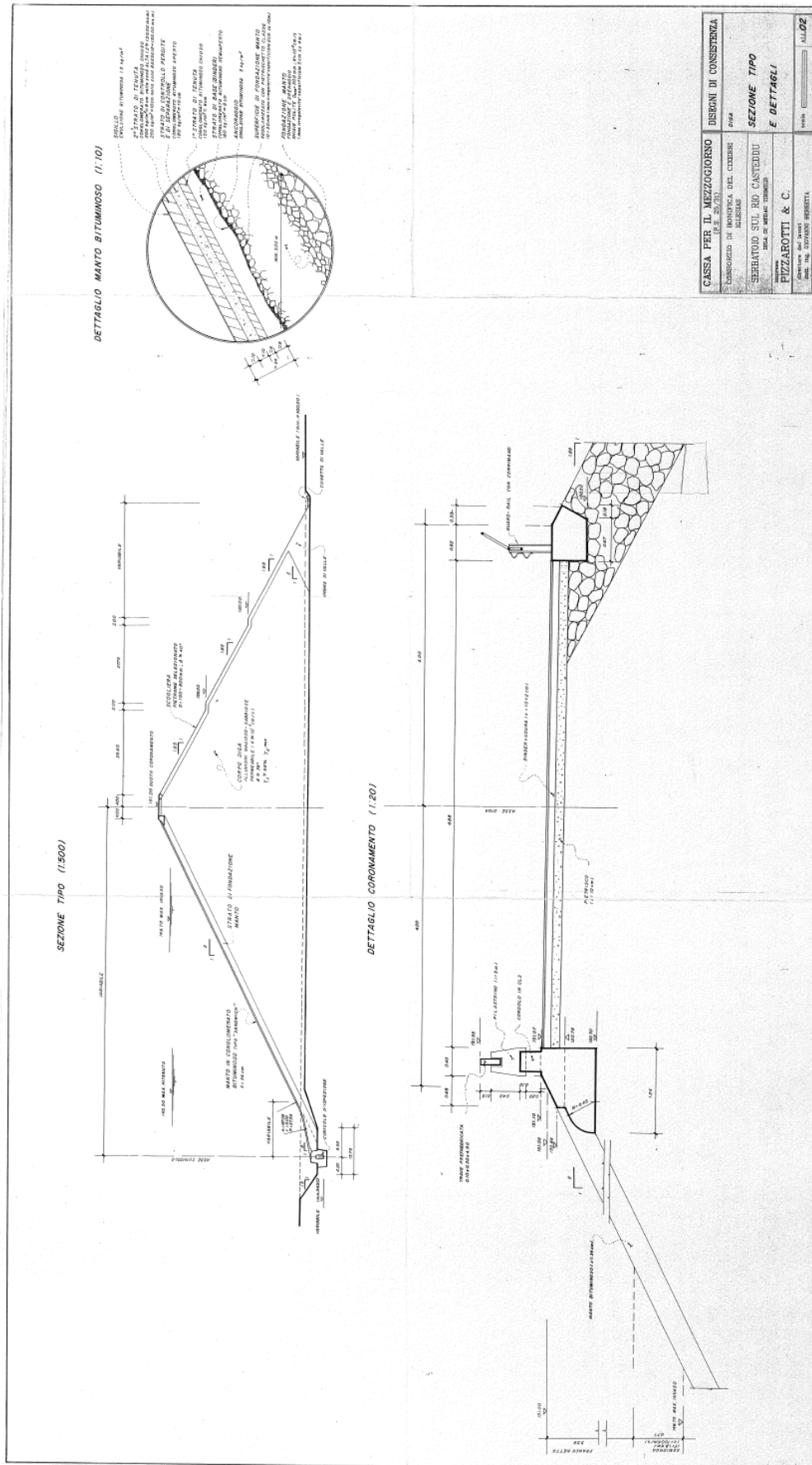
Per la soglia sfiorante è stato adottato il profilo Creager.

La vasca dello sfioratore ha sezione trapezia, con pendenza delle sponde 1,5:1, larghezza sul fondo da 4 ma 13 m, e quota del fondo da 141,30 m s.m. a 134,80 m s.m.

Lo sfioratore è stato dimensionato per una portata di 515 m³/s, con un carico sulla soglia di 1,20 m.

Al termine della vasca dello sfioratore, in corrispondenza di una sezione di controllo con soglia a quota 135,80 m s.m., inizia il canale di fuga. Questo si sviluppa per circa 80 m, con pendenze variabili tra il 7% e il 67% circa, e con sezione rettangolare larga 13 m.

Al termine del canale di fuga è stato realizzato un dissipatore a salto di sci, con quota del labbro a quota 114,80 m s.m.



CASSA PER IL MEZZOGIORNO (P.E. 25/73)	DESEI DI CONSISTENZA
CONSIGLIO DI INGEGNERIA DEL CEDERE INGEGNERI SERENINO SOLO RAO CASTEDDU ING. DI MERIA TONIGLI PIZZAROTTI & C. INGENIERI DEL LAVORO ING. ING. COVARE BERETTA	SEZIONE TIPO E DETTAGLI
FOGLIO	11/02

Figura 2.5.1: Medau, Sezione tipica della diga

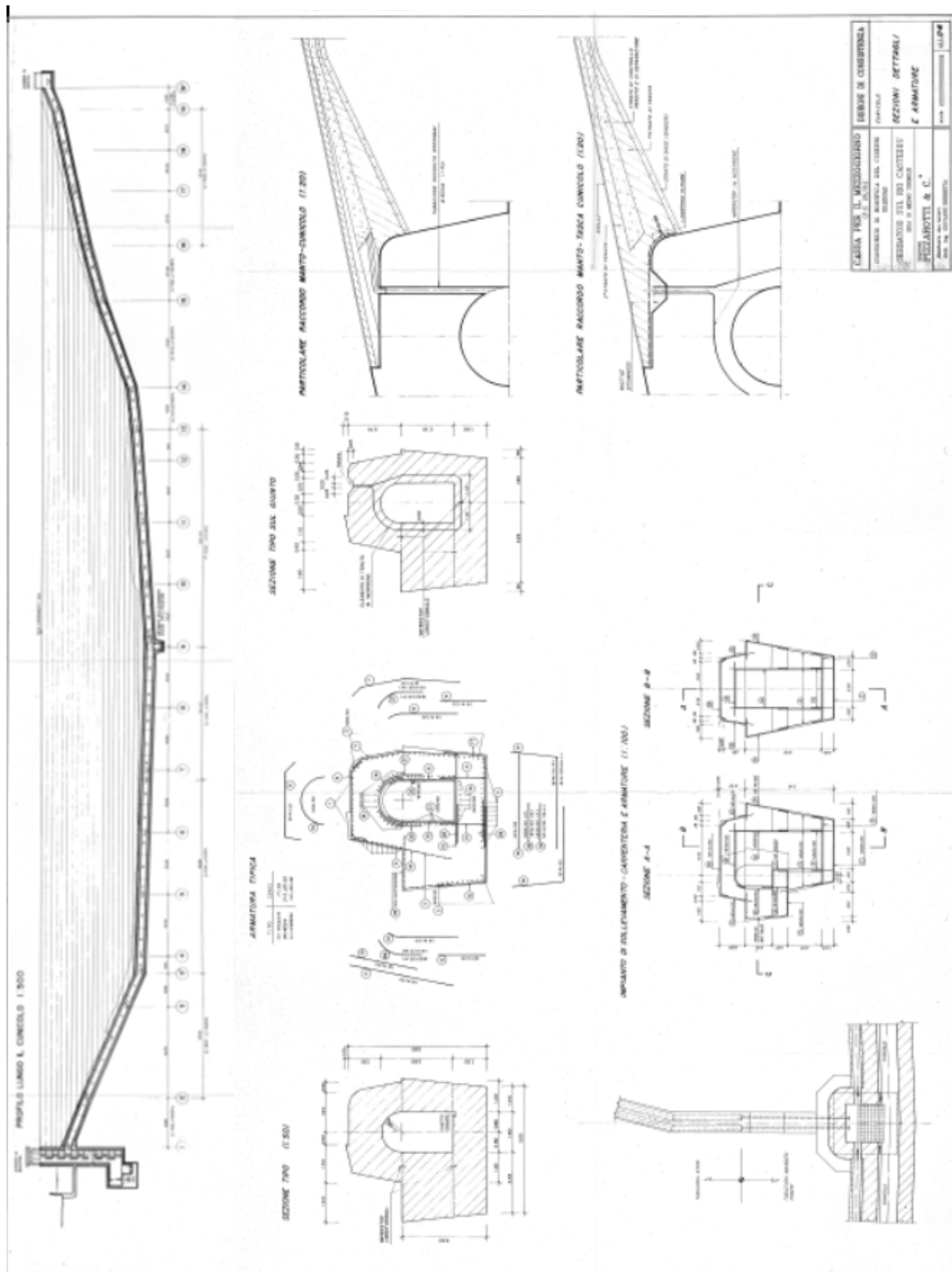


Figura 2.5.2: Medau, Galleria d'ispezione, Profilo longitudinale e sezione tipica

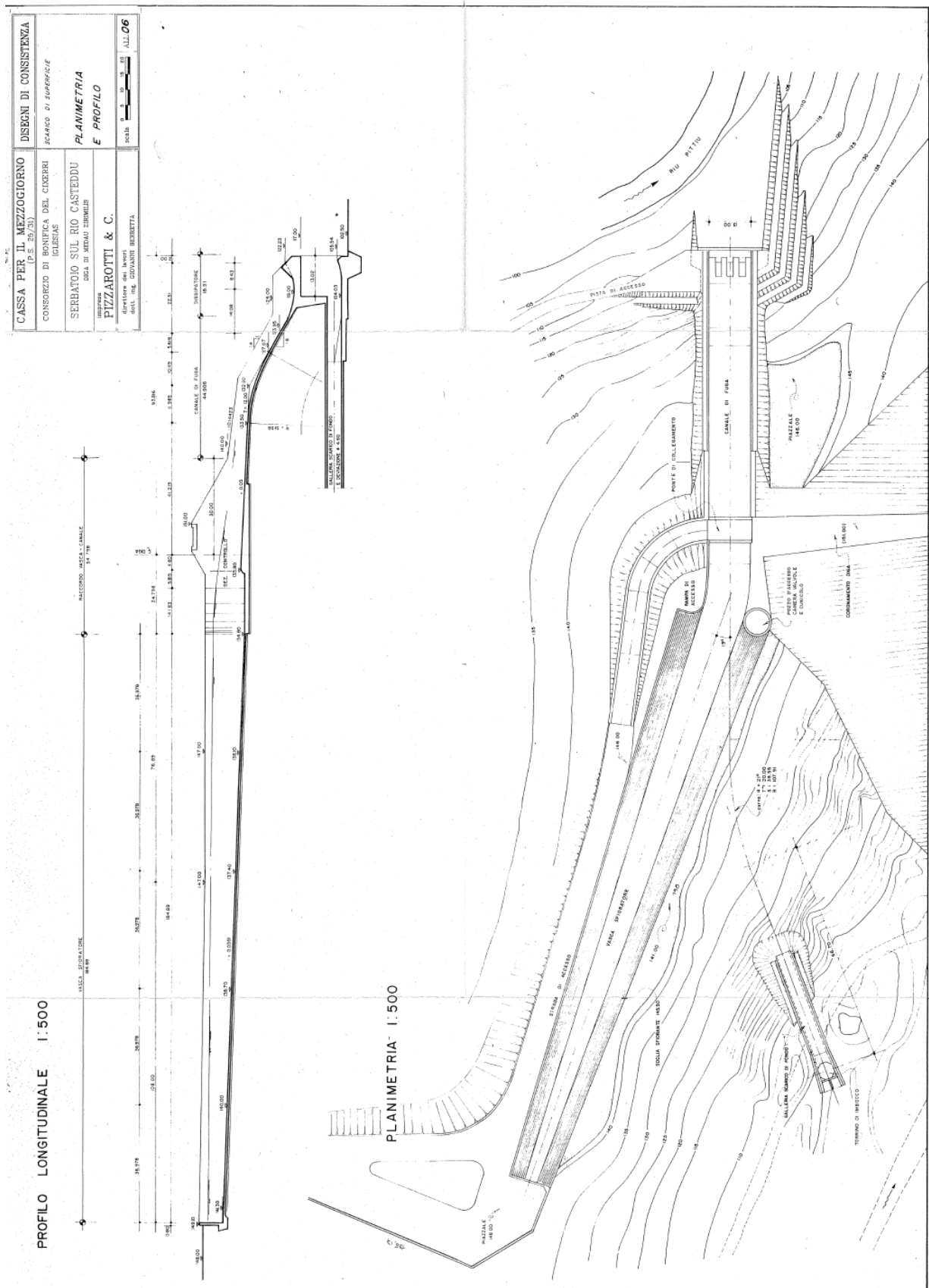


Figura 2.5.3: Medau, Sezione tipica della diga

2.6 SCARICO di FONDO e OPERA di PRESA

Lo scarico di fondo è ubicato in sinistra della diga. Il manufatto d'imbocco è stato utilizzato durante la costruzione come opera di deviazione. Il torrino di presa ha una soglia sfiorante a quota 117 m s.m., è presidiato da griglie, e si innesta in una galleria, di sezione circolare, che ha un andamento leggermente curvilineo nel tratto in pressione (circa 140 m) precedente le paratoie. Segue quindi un tratto rettilineo lungo circa 100 m, con funzionamento a pelo libero, sino all'immissione in un dissipatore a salto di sci, con quota del labbro a 105,41 m s.m.

Il dissipatore dello scarico di fondo forma con quello dello scarico di superficie un unico manufatto.

L'otturazione dello scarico è agita mediante due paratoie a strisciamento. La camera delle valvole è ubicata in corrispondenza dell'intersezione del tracciato dello scarico con l'asse diga.

Essa è collegata con l'esterno mediante un pozzo che consente anche l'accesso al cunicolo. All'interno del pozzo è alloggiato un aerofaro di 900mm di diametro.

Come risulta dai disegni del "come costruito" alla base della torrino, a quota 106.5 m s.m. è posta una tubazione del 500mm, agente come scarico di esaurimento.

Una saracinesca di controllo risulta essere posta all'imbocco della tubazione. Benché dai disegni di consistenza questa valvola non risulti essere installata, se non attraverso una schematica aggiunta grafica fatta a posteriori, il gestore ha confermato la sua esistenza e riporta che essa è manovrabile e funzionante attraverso un volantino posto a quota 116 m s.m., quindi al di sotto della stessa soglia di sfioro dell'imbocco.

2.7 AVANDIGA

Dai documenti di progetto risulta che l'avandiga è stata realizzata con materiale proveniente dagli scavi e che l'impermeabilizzazione è stata realizzata con fogli di polietilene stesi sul paramento di monte.

I dati principali dell'avandiga risulterebbero essere (rif. Progetto 1982, SP):

118.0	m s.l.	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	Mm3	Volume totale rilevato

Tabella 2.7.1: Caratteristiche avandiga

Sempre dalla documentazione disponibile (rif. 1997 Beretta, Perizia Lavori Integrativi Sulle Fondazioni - RELAZIONE GENERALE – all. 1) risulta che 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.

Essendo l'avandiga sommersa non è stato possibile verificare lo stato di consistenza.

3 RELAZIONE TECNICA

3.1 INTRODUZIONE

SP ha analizzato gli aspetti più impattanti dal punto di vista tecnico, modellandoli con strumenti sufficientemente dettagliati per restituire un risultato consistente ed ampiamente adeguato al livello di dettaglio richiesto dal progetto di Fattibilità Tecnico Economica.

Nello specifico si prende in considerazione il fatto che durante la realizzazione degli interventi sul manto bituminoso e dello schermo impermeabile 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.

In secondo luogo, e considerando la prescrizione del Documento di Indirizzo alla Progettazione (paragrafo 2.1.2), è imperativo modellare con sufficiente dettaglio il moto di filtrazione che si innesca tra monte e valle per effetto del gradiente idraulico, analizzandone i risultati in diverse situazioni. Le situazioni considerare corrispondono a diverse configurazioni dello schermo impermeabile da realizzarsi tramite iniezioni nel sottosuolo.

Per i dettagli in merito a tale capitolo si rimanda al Volume 2 di 13 del presente progetto di Fattibilità Tecnico Economica.

3.2 DEVIAZIONE DELLE ACQUE

La deviazione delle acque avverrà utilizzando le seguenti opere esistenti:

- L'AVANDIGA, riabilita e rialzata
- La TUBAZIONE di ESAURIMENTO per le basse portate (minori di 2 m³/s circa);
- La SOGLIA LIBERA di sfioro dello scarico di fondo per portate tra 2 m³/s e 20 m³/s.

Sulla base delle considerazioni già richiamate nel documento 200GENRSP001, vol. 4 di 13 (Relazioni Indagini), risulta che le portate di piena, considerando l'intero anno idrologico, sono:

Q _{piena} (T _r)						
		T _r				
		2	5	10	15	20
Metodo	u.m.					
Lazzari modificato (VAPI)	m ³ /s	11.05	19.34	25.90	29.97	32.98
Lazzari et al. 2000	m ³ /s	8.11	17.36	25.83	31.50	35.87
TCEV	m ³ /s	10.45	21.00	35.21	44.24	50.63
Metodo Razionale	m ³ /s	15.66	36.90	56.49	69.81	81.03

Tabella 3.2.1: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate con i vari metodi

Mentre considerando la sola stagione secca tra Aprile e Ottobre e scegliendo il metodo razionale, si ha:

Q _{piena} (T _r)						
		T _r				
		2	5	10	15	20
Metodo	u.m.					
Metodo Razionale	m ³ /s	2.22	11.39	15.66	17.15	18.88

Tabella 3.2.2: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate per il periodo secco

La deviazione delle acque avverrà utilizzando:

- L'AVANDIGA ESISTENTE

L'avandiga sarà RIALZATA e RIABILITATA, in particolare:

- rialzando il coronamento fino alla quota di 119.0 m s.l.;
- giustappoendo sul paramento di monte una MEMBRANA impermeabile in PVC o BITUMINOSA;
- TUBAZIONE di ESAURIMENTO
Le basse portate (minori di 2 m³/s circa) defluiranno attraverso la tubazione di esaurimento esistente che ha un diametro di 500 mm. La saracinesca dovrà essere sempre lasciata in posizione aperta durante tutte le fasi di costruzione;
- SOGLIA LIBERA
Le portate superiori a 2 m³/s defluiranno attraverso la soglia libera di sfioro dello scarico di fondo posta a quota 117.0 m s.l.

SP ha condotto il calcolo idraulico di entrambi i dispositivi di scarico (tubazione di esaurimento e soglia libera dello scarico di fondo).

Per poter eseguire le lavorazioni sul paramento di monte in condizioni di sicurezza, si è considerato che il sistema di deviazione delle acque debba poter smaltire in sicurezza una portata di 20m³/s. Per poter trattare una simile portata deve agire la soglia sfiorante dello scarico di fondo, che consiste in un manufatto circolare di raggio pari a 2 m e soglia a quota 117.0.

Il calcolo idraulico è stato condotto nelle due ipotesi di funzionamento a soglia sfiorante e sotto battente:

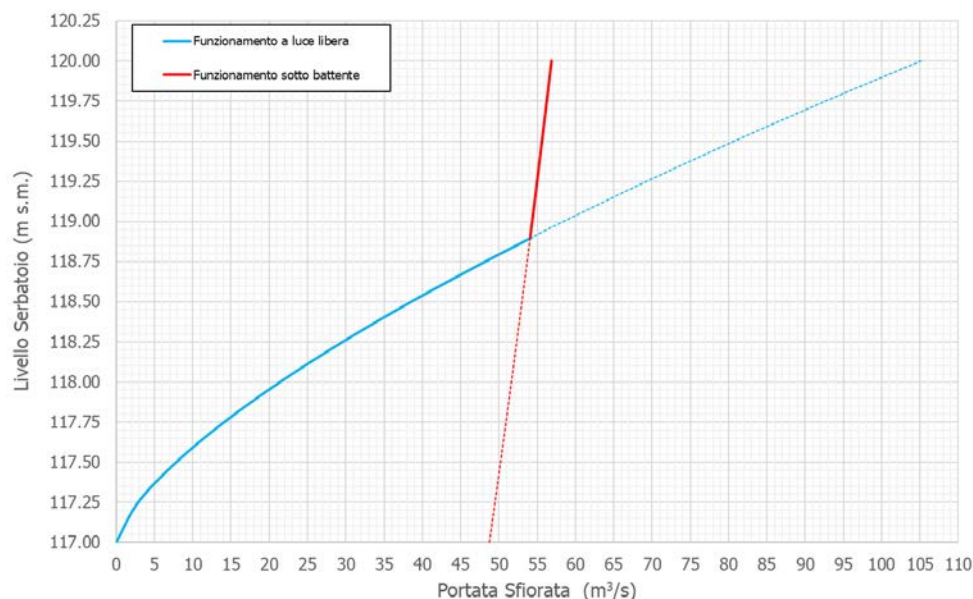


Figura 3.2.1: Soglia Sforante scarico di fondo, Scala di deflusso

Il punto di intersezione fra le due scale di deflusso rappresenta il punto di saturazione, in corrispondenza del quale si verifica l'ingolfamento dello sfioratore a calice. Tale condizione si verifica quando il serbatoio raggiunge i 118.8 m.s.m. smaltendo una portata pari a circa 54m³/s.

Il risultato idraulico mostra che la portata di progetto considerata (20m³/s) viene evacuata con un battente di 1 m sulla soglia, pertanto il livello del serbatoio risulterebbe pari a 118.0 m.s.m..

SP considera dunque che il ripristino dell'avandiga debba portarla a quota 119 m.s.m., garantendo un franco di 1 m sopra la quota di massimo invaso necessaria alla deviazione della portata di progetto.

Di seguito si mostra la sezione dell'avandiga riabilitata:

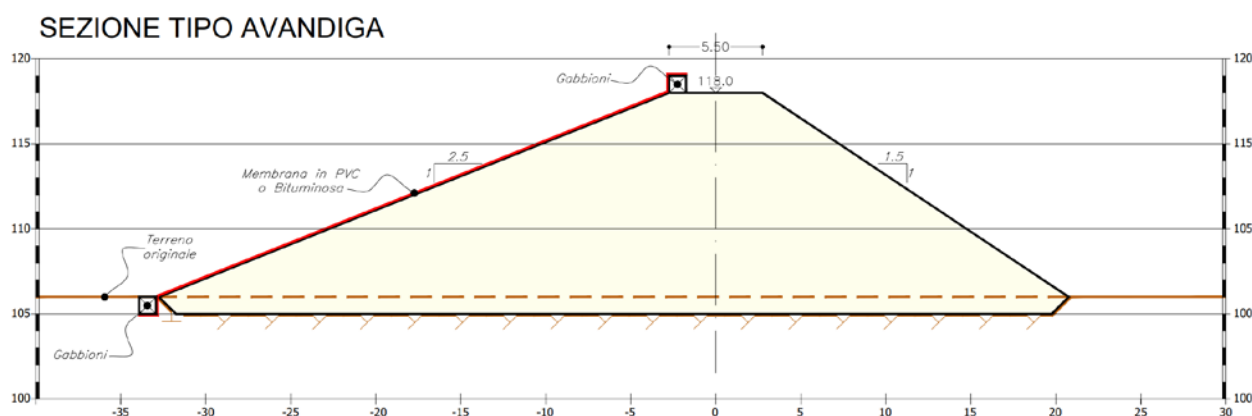


Figura 3.2.2: Avandiga, Riabilitazione e Rialzo

3.3 SCHERMO IMPERMEABILE DELLA FONDAZIONE

3.3.1 OBIETTIVI INTEGRAZIONE DELLO SCHERMO DI TENUTA

Il problema principale che deve essere risolto dall'attività di progettazione dello schermo di tenuta riguarda la garanzia di sicurezza nei confronti del fenomeno di erosione sotterranea (*piping*) così come indicato nel Documento di Indirizzo alla Progettazione (paragrafo 2.1.2.).

Tale documento fa esplicito riferimento alla relazione del 2003 redatta dal prof. Miliziano, le cui principali conclusioni sono richiamate di seguito:

- o Coefficiente di sicurezza rispetto al *piping*

La valutazione del coefficiente di sicurezza rispetto al fenomeno di *piping* è difficilmente ottenibile in via analitica. La strategia adottata nella suddetta relazione è quindi di tipo osservazionale e si basa sull'esame del comportamento dell'opera.

Nella situazione di riferimento, ossia:

- o 123 m slm quota di invaso
- o 2E-6 m/s permeabilità ammasso
- o 2E-7 m/s permeabilità schermo
- o 50 m profondità schermo

il gradiente di efflusso massimo (calcolato subito a valle del cunicolo di ispezione) risulta essere pari a

0.45. Tale valore è considerato ragionevolmente sicuro rispetto al fenomeno di *piping* in quanto, durante gli invasi sperimentali e in presenza di tale gradiente, non sono stati osservati fenomeni erosivi, aumento di torbidità nelle acque di filtrazione, assestamenti etc.

o Gradiente massimo in corrispondenza della quota massima di invaso

Lasciando invariato la geometria e le caratteristiche dello schermo attuale, con il raggiungimento della quota massima di invaso (i.e. 146 m slm) il gradiente massimo raddoppierebbe. Con un gradiente prossimo all'unità *"non si avrebbero garanzie sufficienti nei riguardi dei fenomeni erosivi"*, di conseguenza il progetto di miglioramento delle condizioni di tenuta dello schermo deve essere idoneo a *"consentire il mantenimento, o meglio, la riduzione del gradiente massimo presente nella situazione di riferimento allorquando la quota d'invaso raggiunga il massimo livello previsto"*.

o Possibili strategie progettuali

Le possibili strategie progettuali investigate nella relazione del prof. Miliziano per raggiungere gli obiettivi di cui sopra sono:

- o Migliorare l'attuale schermo tramite iniezioni opportunamente studiate in grado di diminuire la permeabilità della zona trattata da $2E-7$ a $2E-8$ m/s
- o Realizzare, immediatamente a monte dello schermo attuale un diaframma in calcestruzzo bentonitico dello spessore di 1,2 m per una profondità di 30 m.

Entrambi gli interventi, da un punto di vista numerico, permettono di raggiungere gli obiettivi relativi al massimo gradiente ammissibile (0.45). Il secondo intervento, ossia il diaframma in calcestruzzo bentonico, è considerato più affidabile in quanto *"tecnicamente da le maggiori garanzie di riuscita"*. Non risulta efficace invece l'ipotesi di raddoppiare la lunghezza dello schermo esistente mantenendo una permeabilità pari a quella dello schermo attuale (i.e. $2E-7$ m/s).

3.3.2 CALCOLI DI FILTRAZIONE

INTRODUZIONE

E' stato costruito un modello del mezzo filtrante sulla base delle seguenti ipotesi:

- o Materiale del corpo diga omogeneo ed isotropo;
- o Materiale della fondazione omogeneo ed isotropo;
- o Permeabilità dei terreni in condizione di parziale saturazione valutata con il modello "Simple";

La soluzione dell'equazione di governo del problema (Laplace) permette di individuare le linee equipotenziali, e quindi le linee di flusso, che costituiscono il reticolo di filtrazione.

La risoluzione, effettuata agli elementi finiti, è affidata al PHASE2, software bidimensionale, che restituisce i seguenti valori:

- o Livello di falda;
- o Distribuzione delle pressioni interstiziali;

- Reticolo di filtrazione;
- Gradiente idraulico;
- Portata di filtrazione;

Le analisi sono state condotte in diverse configurazioni, riassunte nel seguito:

SCHERMO ESISTENTE

Lo schermo esistente, nella zona centrale della diga (tra i conci 10 e 30), 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 da plinto a monte del cunicolo di ispezione, è stato realizzato con miscele acqua/cemento/bentonite con metodologia "a rifiuto".

La configurazione, che corrisponde all'alternativa zero, è rappresentata graficamente di seguito:

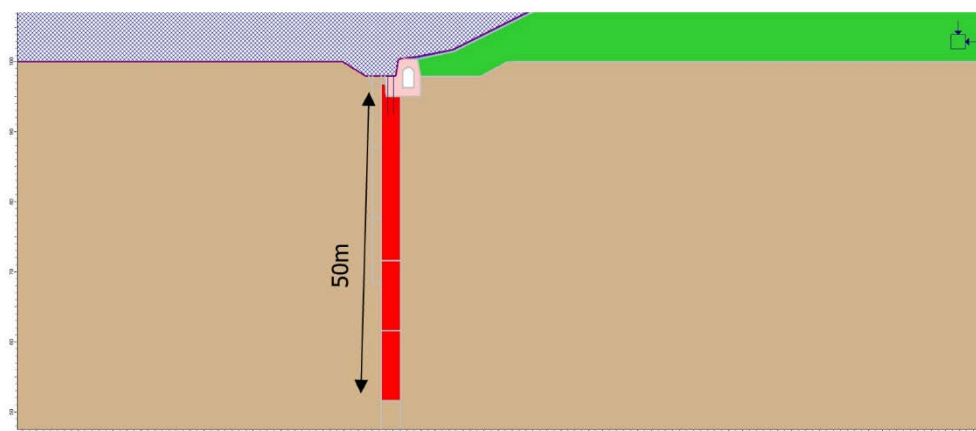


Figura 3.3.1: Schermo Esistente (quota invaso 146.7 m slm) - Modello di calcolo - Dettaglio

PROLUNGAMENTO SCHERMO ESISTENTE (100 M)

La presente soluzione progettuale considera un allungamento dello schermo di iniezione dai 50 m di profondità esistenti a 100m. Le iniezioni saranno condotte attraverso la metodologia nota come GIN (*Grout Intensity Number*). Questa alternativa prevede l'esecuzione di iniezioni da realizzarsi dall'interno del cunicolo di ispezione. Le iniezioni verranno eseguite tra la profondità di 50 m a 100m, avendo un target di iniezione pari a 1 UL (1·E-7 m/s).

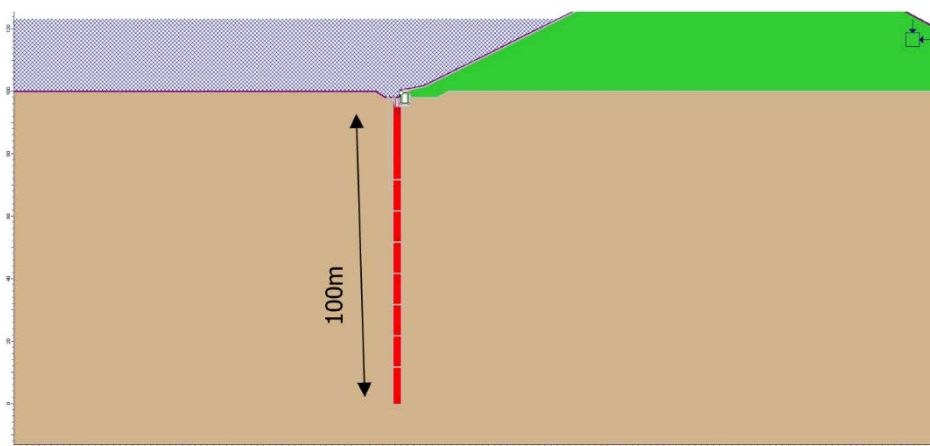


Figura 3.3.2: Prolungamento schermo 100 m (invaso 146.7 m slm) - Modello di calcolo, Dettaglio

MIGLIORAMENTO DELLO SCHERMO ESISTENTE

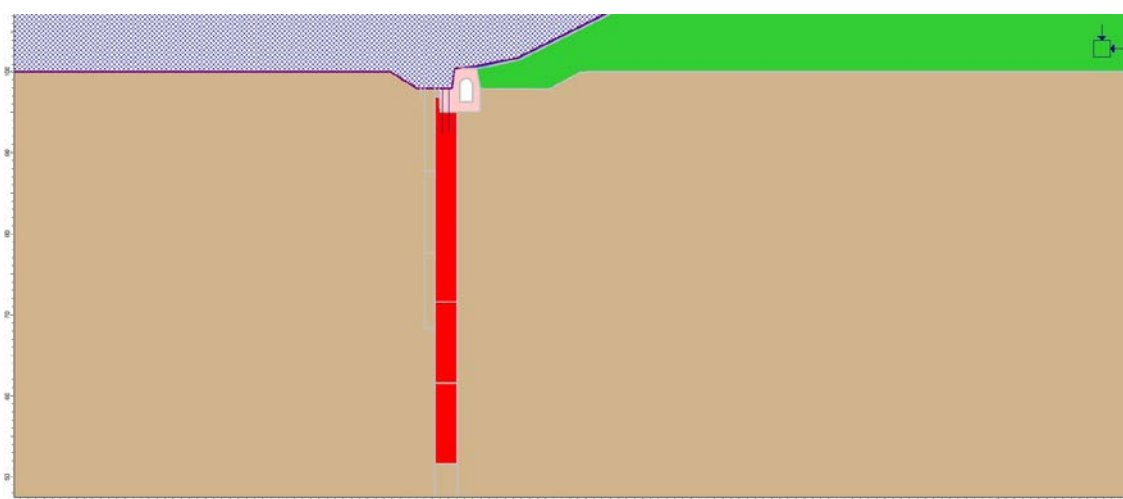
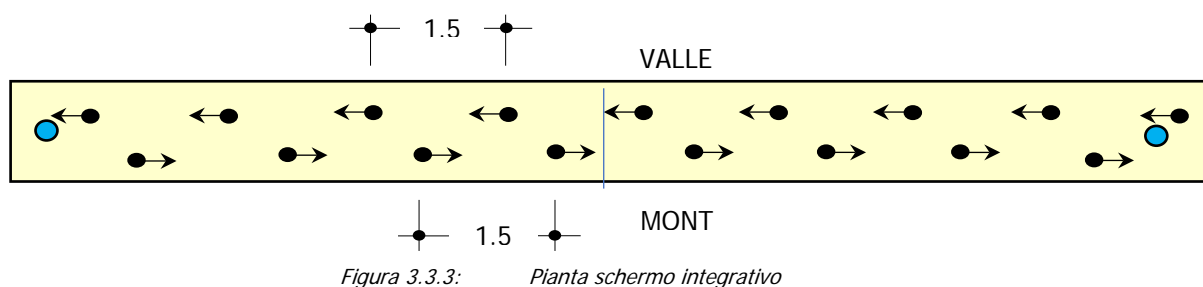
Questa alternativa prevede l'abbattimento, tramite iniezioni opportunamente studiate, della permeabilità dell'attuale schermo sino a $2E-8$ m/s, in accordo con quanto indicato nel disciplinare di gara.

Le iniezioni saranno condotte attraverso la metodologia nota come GIN (*Grout Intensity Number*).

L'intervento di iniezioni integrative è concepito per essere eseguito dal plinto a monte del cunicolo, ossia nella stessa posizione in cui è stato eseguito lo schermo esistente, previo svuotamento dell'invaso parziale attualmente presente.

Lo schermo ha la stessa profondità di quello esistente (circa 50 m dal piano campagna), è costituito da 2 file di fori distanziate 80 cm e costituite da fori con interasse pari a 1.5 m. Tra le due file sono posizionati dei fori di controllo con interasse di 13 m, da testare dopo l'esecuzione dello schermo.

I fori di iniezione sono inclinati di 30 gradi verso le spalle (la fila di valle verso la spalla sinistra, quella di monte verso la spalla destra) per meglio intercettare i giunti sub-verticali che attraversano l'ammasso.

BULBO DI INIEZIONE

Questa alternativa prevede l'esecuzione di iniezioni integrative sia dall'interno del cunicolo di ispezione che dal plinto a monte del cunicolo stesso, al fine di ottenere una zona trattata di maggior spessore (bulbo) profonda circa 20 m e con permeabilità pari a 1 UL ($1 \cdot E-7$ m/s).

Questa alternativa nasce dall'osservazione che i massimi gradienti di efflusso sono localizzati subito a valle del

cunicolo, lungo l'interfaccia tra il cunicolo e la fondazione e diminuiscono rapidamente in profondità e verso valle. È naturale quindi pensare di concentrare i massimi sforzi nel tentativo di migliorare la tenuta della zona sommitale della cortina, a contatto con il cunicolo, piuttosto che approfondire o migliorare la tenuta della cortina in profondità.

Inoltre, la presente alternativa permette di controllare il gradiente di efflusso (ottenendo valori numericamente simili a quelli indicati come accettabili nella relazione del prof. Miliziano), attraverso:

- o inspessimento della zona superiore della cortina (bulbo)
- o riduzione della permeabilità della zona trattata sino a E-7 m/s (i.e. 1 UL).

Questo ultimo valore è di poco inferiore a quello ottenuto in passato (i.e. 2 UL) per mezzo di iniezioni condotte con sistemi tradizionale ed è pertanto più facilmente raggiungibile per mezzo di iniezioni che fanno uso di miscele più penetrabili.

L'intervento è concepito per essere eseguito sia dal plinto a monte del cunicolo, (ossia nella stessa posizione in cui è stato eseguito lo schermo esistente) sia dall'interno del cunicolo.

Il bulbo è costituito da 5 file di iniezioni distanziate approssimativamente 80 cm e costituite da fori con interasse pari a 1.5 m e profondi 20 m dal piano campagna con l'eccezione della fila di monte che è lunga circa 15 m.

La geometria indicativa dell'intervento è mostrata nei due schemi riportati in basso:

Come nella prima alternativa i fori sono inclinati di 30 gradi verso le spalle, per meglio intercettare i giunti sub-verticali che attraversano l'ammasso. La fila di monte è anche inclinata verso monte.

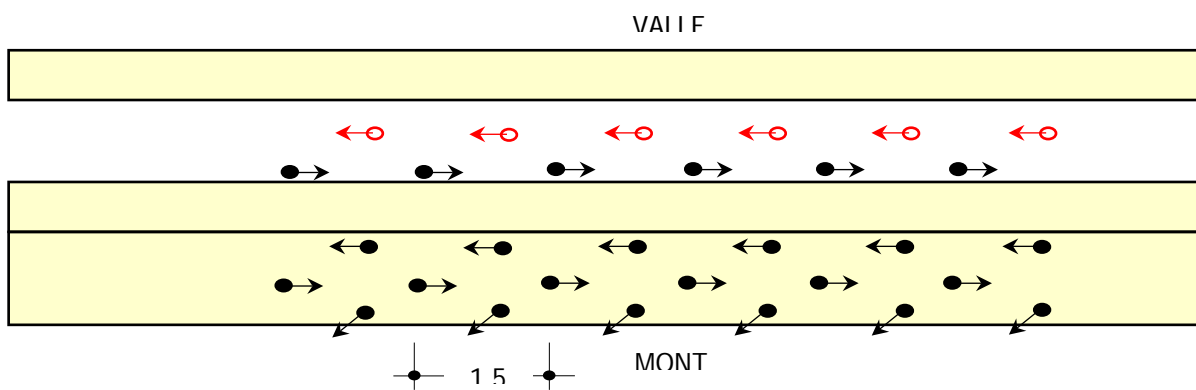


Figura 3.3.5: Pianta bulbo integrativo

DIAFRAMMA PLASTICO (30 M)

La presente alternativa considera la realizzazione di un diaframma plastico.

Il diaframma plastico verrà eseguito immediatamente a monte del plinto della galleria di iniezione, realizzati linearmente da una successione di elementi contigui a sezione rettangolare di spessore 0.8 m e profondità di 30m. Il taglio della roccia fessurata verrà eseguita con l'utilizzo di ruote fresanti.

Il diaframma plastico creare una barriera con una permeabilità che si stima essere di circa $1 \cdot E-9$ m/s.

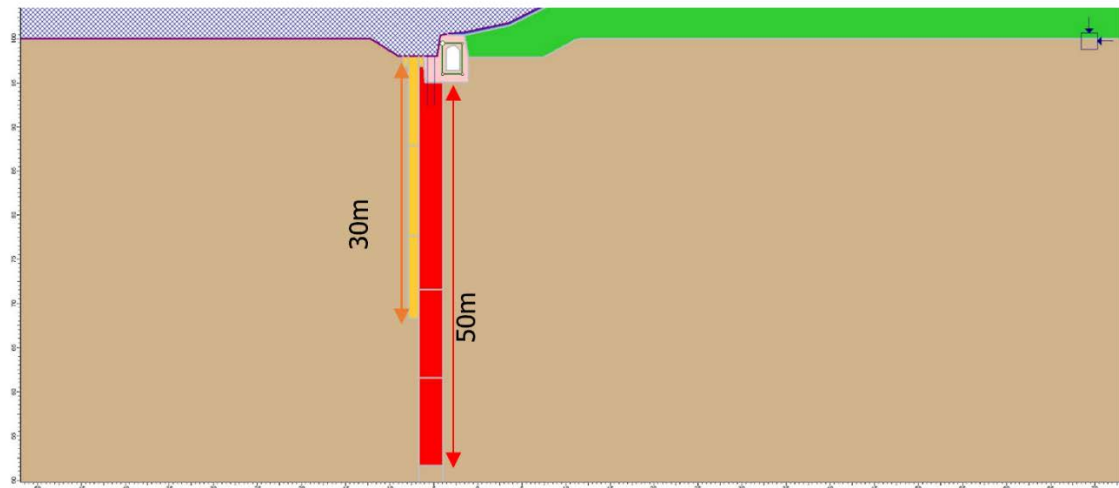


Figura 3.3.6: Diaframma 30 m (quota invaso 146.7 m s.l.m.) - Modello di calcolo - Dettaglio

CONCLUSIONI

I gradienti calcolati sono riassunti nel seguito:

ALTERNATIVE STUDIATE	QUOTA di INVASO	GRADIENTE
	m a.s.l.	-
Schermo Esistente	146.7	1.09
Prolungamento schermo esistente (100m)	146.7	1.09
Miglioramento schermo esistente	146.7	0.34
Bulbo di Iniezione	146.7	0.42
Diaframma (30m)	146.7	0.26

Tabella 3.3.1: Risultati delle analisi di filtrazione

La soluzione che coniuga i migliori risultati, in termini di fattibilità e qualità degli stessi, e che pertanto si suggerisce, è quella relativa al bulbo di iniezione. Per i dettagli si rimanda al vol. 2 di 13 del presente documento.

4 RELAZIONE CAMPO PROVE

4.1 INTRODUZIONE

Come menzionato nella relazione tecnica (vol. 2 di 13) che, relativamente alle iniezioni nel sottosuolo, la soluzione che offre il miglior compromesso tra assicurazione del risultato, fattibilità tecnica, efficacia progettuale, è data dal bulbo di iniezione.

Il presente capitolo illustra brevemente, dopo aver richiamato la geometria dell'alternativa Bulbo d'Iniezione, la configurazione e la relativa metodologia del campo prove. Per maggiori dettagli si rimanda al vol. 3 di 13 del presente documento (Relazione Campo Prove).

4.2 BULBO D'INIEZIONE

Le iniezioni integrative verranno eseguite sia dall'interno del cunicolo di ispezione che dal plinto a monte del cunicolo stesso, al fine di ottenere una zona trattata di maggior spessore (bulbo) profonda circa 20 m e con permeabilità pari a 1 UL ($1 \cdot E-7$ m/s). Questo intervento ha l'intento di ridurre i massimi gradienti di efflusso localizzati subito a valle del cunicolo.

Il bulbo è costituito da 5 file di iniezioni distanziate approssimativamente 80 cm e costituite da fori con interasse pari a 1.5 m e profondi 20 m dal piano campagna con l'eccezione della fila di monte che è lunga circa 15 m. I fori sono inclinati di 30 gradi verso le spalle, per meglio intercettare i giunti sub-verticali che attraversano l'ammasso. La fila di monte è anche inclinata verso monte.

Di seguito è mostrata la schematizzazione dell'intervento in sezione:

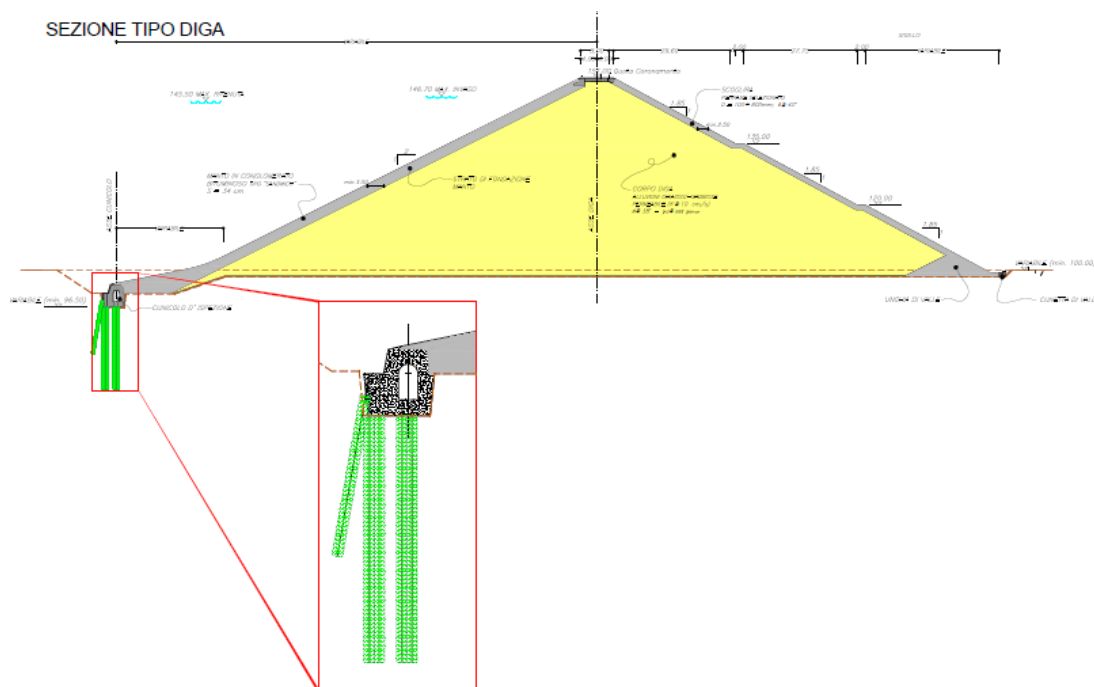


Figura 4.2.1: Geometria dell'intervento di "ispessimento" della cortina

4.3 CAMPO PROVE

Il campo prove sarà costituito da un tratto di cortina di almeno 24m ovvero costituito, per ciascuna fila, da seguenti fori sistematici:

- n. 2 Primari distanziati 12m
- n. 3 Secondari distanziati 12m
- n. 4 Terziari distanziati 6m
- n. 8 Quaternari distanziati 3m

in modo tale che la distanza minima tra i fori sia pari a 1.5m. A questi si aggiungono n.2 fori esplorativi e n.2 fori di controllo. I fori saranno inclinati 30° rispetto alla verticale verso le spalle (fila di valle verso spalla sinistra e fila di monte verso spalla destra) e saranno spinti in profondità fino a coprire la profondità di progetto del bulbo fissata a 20m misurati in verticale a partire dalla fondazione del cunicolo di ispezione.

In prima battuta verranno realizzati i fori Primari Esplorativi che devono essere perforati a recupero e testati mediante prove d'acqua in pressione tipo Lugeon in tratti di 5 m di lunghezza procedendo in discesa, e successivamente iniettati in risalita, salvo problemi di instabilità del foro. Le carote devono essere disposte in cassette catalogatrici adeguatamente predisposte e conservate. Le informazioni del carotaggio, la geologia rinvenuta lungo le carote, e i risultati delle prove d'acqua devono essere adeguatamente ordinati in un log del sondaggio. Successivamente si procederà all'esecuzione del pannello come previsto per il bulbo ovvero cominciando dalla fila di valle per poi passare alla fila di monte. Per ciascuna fila di procederà secondo la metodologia di intercalazione dei fori (split-spacing method) di seguito descritta:

- Esecuzione del foro Primario rimanente
- Esecuzione dei fori Secondari
- Esecuzione dei fori Terziari
- Esecuzione dei fori Quaternari

Una volta completate entrambe le file di fori, verranno eseguiti due fori di controllo collocati in pianta all'interno delle due file di cortina, inclinati 30° sulla verticale verso entrambe le spalle e spinti fino alla massima profondità del pannello di prova. I fori di controllo verranno perforati, testati con prove Lugeon e le carote conservate e loggate in maniera analoga a quanto fatto per i fori esplorativi. Infine, entrambi i fori verranno iniettati con la miscela cementizia utilizzata per l'iniezione dei fori di monte.

5 RELAZIONE INDAGINI

5.1 INTRODUZIONE

SP ha condotto delle esaustive indagini, sia fisiche che documentali, per avere un quadro completo delle principali discipline che costituiscono le basi della progettazione: topografia, geologia/geotecnica, idrologia. La scelta di condurre delle indagini integrative in situ è nata laddove la qualità e quantità delle informazioni reperite in fase di ricerca documentale nel dossier dell'opera, che è passata attraverso diverse fasi di progettazione ed esecuzione, non è stata giudicata sufficiente da parte di SP.

Per i dettagli si rimanda al vol. 4 di 13 del presente documento.

5.2 INDAGINI TOPOGRAFICHE

La topografia è iniziata con un rilievo fotogrammetrico tramite l'impiego di un drone quadricottero. Le aree investigate sono evidenziate nella seguente figura:

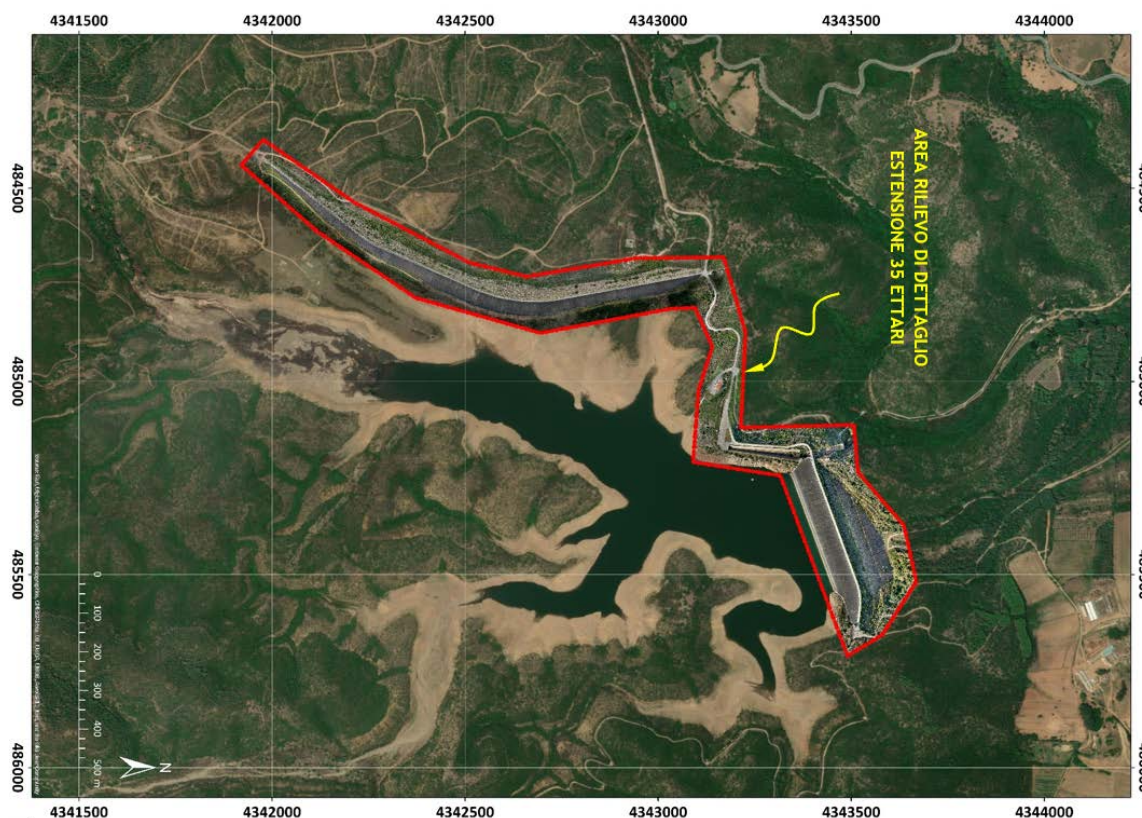


Figura 5.2.1: Limite Rilievo Drone

Il sistema di riferimento orizzontale adottato in fase di rilievo e restituzione di tutti gli elaborati è ETRF2000-RDN in proiezione UTM fuso 32 NORTH. Il sistema è agganciato alla Rete Dinamica Nazionale (RDN) certificata dall'Istituto Geografico Militare Italiano mediante rete di stazioni GPS permanenti afferenti alla rete Italpos/Smartnet.

Il rilievo aereo è stato restituito tridimensionalmente tramite apposito software di elaborazione fotogrammetrica, ricostruendo l'orientamento delle acquisizioni fotografiche a partire dalle informazioni relative ai 14 GCP utilizzati, correggendo le distorsioni introdotte dal sistema obiettivo/sensore e generando le coordinate 3D dei punti omologhi visibili contemporaneamente su più fotografie (principio stereoscopico).

La densità risultante di punti 3D è estremamente alta e prossima a 300 punti/m²; il modello è stato quindi utilizzato per la generazione dei seguenti prodotti:

- o ORTOFOTO ad elevato dettaglio, con risoluzione nominale pari a 2 cm/pixel;
- o MODELLO DIGITALE DI ELEVAZIONE, con risoluzione nominale pari a 10 cm (DSM) e 20 cm (DTM).

5.3 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Al fine di aver e un quadro accurato della geologia e geotecnica dell'area della diga di Medau Zirimilis, sono state analizzate le indagini geognostiche e i relativi studi eseguite a partire dal 1962.

Sostanzialmente, l'attività di SP in quest'area si è articolata attraverso i seguenti passi:

- o L'inquadramento geologico estratto dagli studi precedenti;
- o i dati geologico-strutturali a disposizione;
- o una descrizione del profilo geognostico contenente i dati delle perforazioni eseguite ad oggi lungo il cunicolo di drenaggio.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA STRETTA DIGA

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.

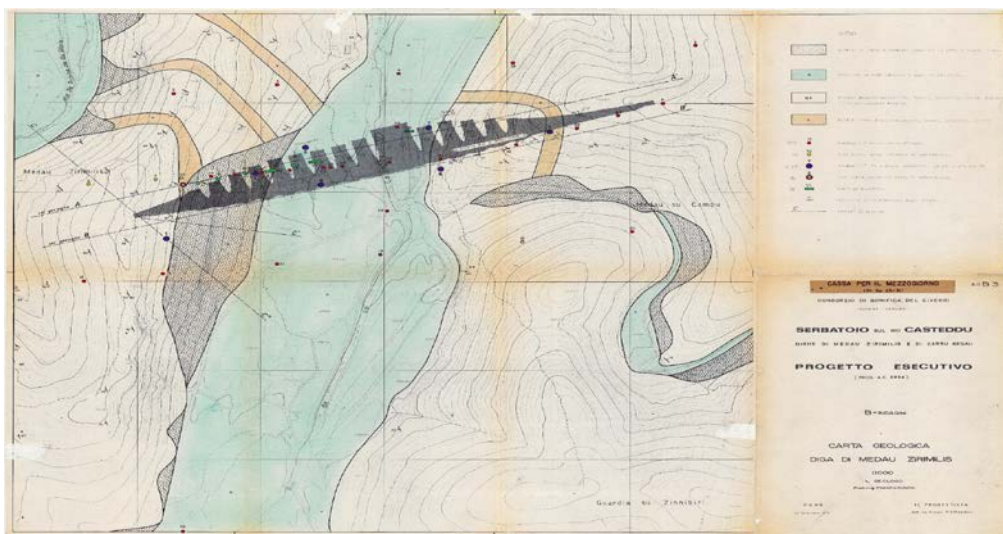


Figura 5.3.1: Inquadramento

PROFILO GEOLOGICO GEOTECNICO

I dati di sondaggio riordinati sono stati utilizzati per realizzare un profilo geologico-geotecnico lungo il cunicolo di drenaggio. A tal fine sono stati utilizzati i sondaggi eseguiti durante le No. 5 campagne di indagine (1962, 1972, 1982, 1990 e 1999), selezionando quelli più prossimi al cunicolo, con distanze planimetriche massime di 30 m.

Lo stile di fratturazione suggerito dai valori di distribuzione di *RQD* è stato analizzato e sintetizzato nei seguenti istogrammi ed è relativo ai sondaggi corrispondenti alle seguenti sezioni: intero profilo, spalla sinistra (conci 1÷9); zona centrale (conci 10÷30); spalla sinistra (conci 31÷48).

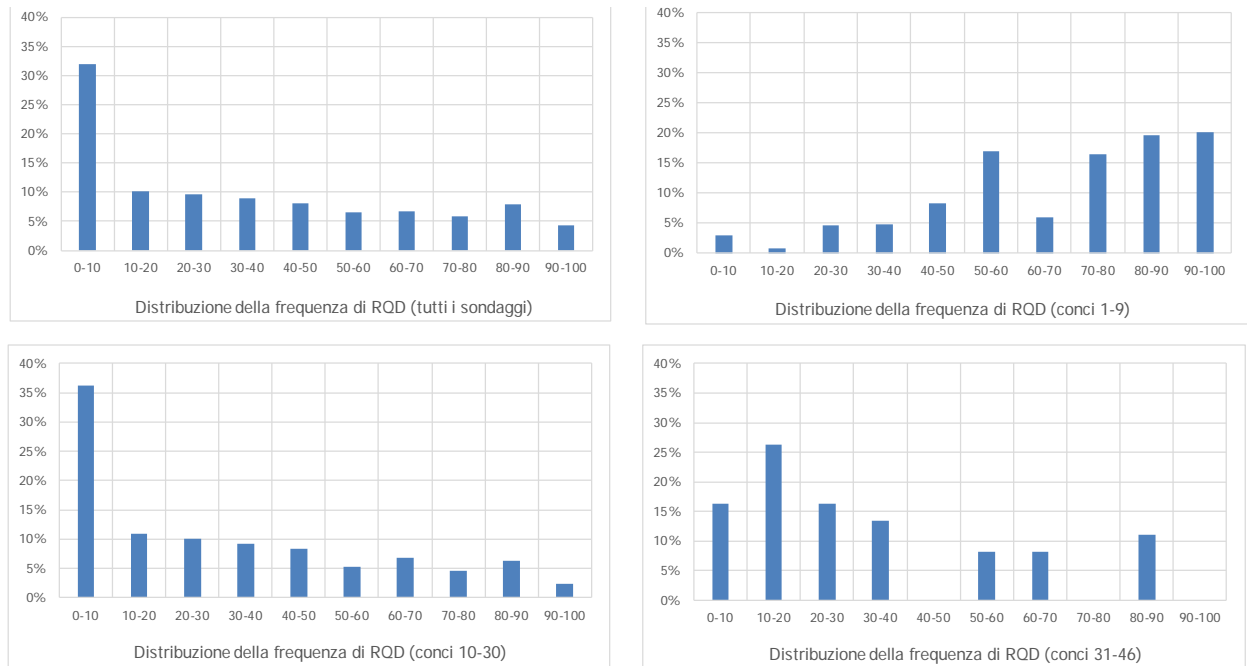


Figura 5.3.2: Frequenza delle classi di RQD all'interno dei sondaggi lungo il cunicolo.

L'analisi sopra riportata è relativa all'andamento della fratturazione all'interno dei sondaggi considerati permette di apprezzare una diminuzione dei valori di RQD ed un conseguente aumento della fratturazione nella zona centrale (conci 10÷30).

Inoltre, si evince che sondaggi della campagna di indagine del 1982 (S104, S105) presentano valori percentuali di *RQD* mediamente più elevati di quelli riportati nei sondaggi del 1990. Tale differenza potrebbe essere dovuta alla presenza di fasce sub-verticali più fratturate di spessore limitato. Si tenga tuttavia presente che tipicamente la presenza di giunti sub-verticali (famiglie J1 e J2) causano una fratturazione meccanica della carota durante la perforazione, inducendo spesso a sottostimare i valori effettivi di *RQD*. Si osserva inoltre che i log di diversi sondaggi (campagne 1972, 1990 e 1999) non riportano informazioni sulla percentuale di recupero di carota. Tale informazione è di grande utilità per la valutazione della eventuale presenza di materiale decomposto di riempimento e di fratture beanti.

In generale, alla luce dei dati disponibili e così riportati nel profilo geologico-geotecnico, si evidenzia la presenza anche in profondità di un ammasso altamente fratturato. Tale assetto potrebbe essere dovuto ad una fascia di debolezza cataclasata (faglia o *shear zone*) ad andamento monte-valle, già ipotizzata da Celico (1996).

La figura seguente mostra il profilo geotecnico in asse al cunicolo.

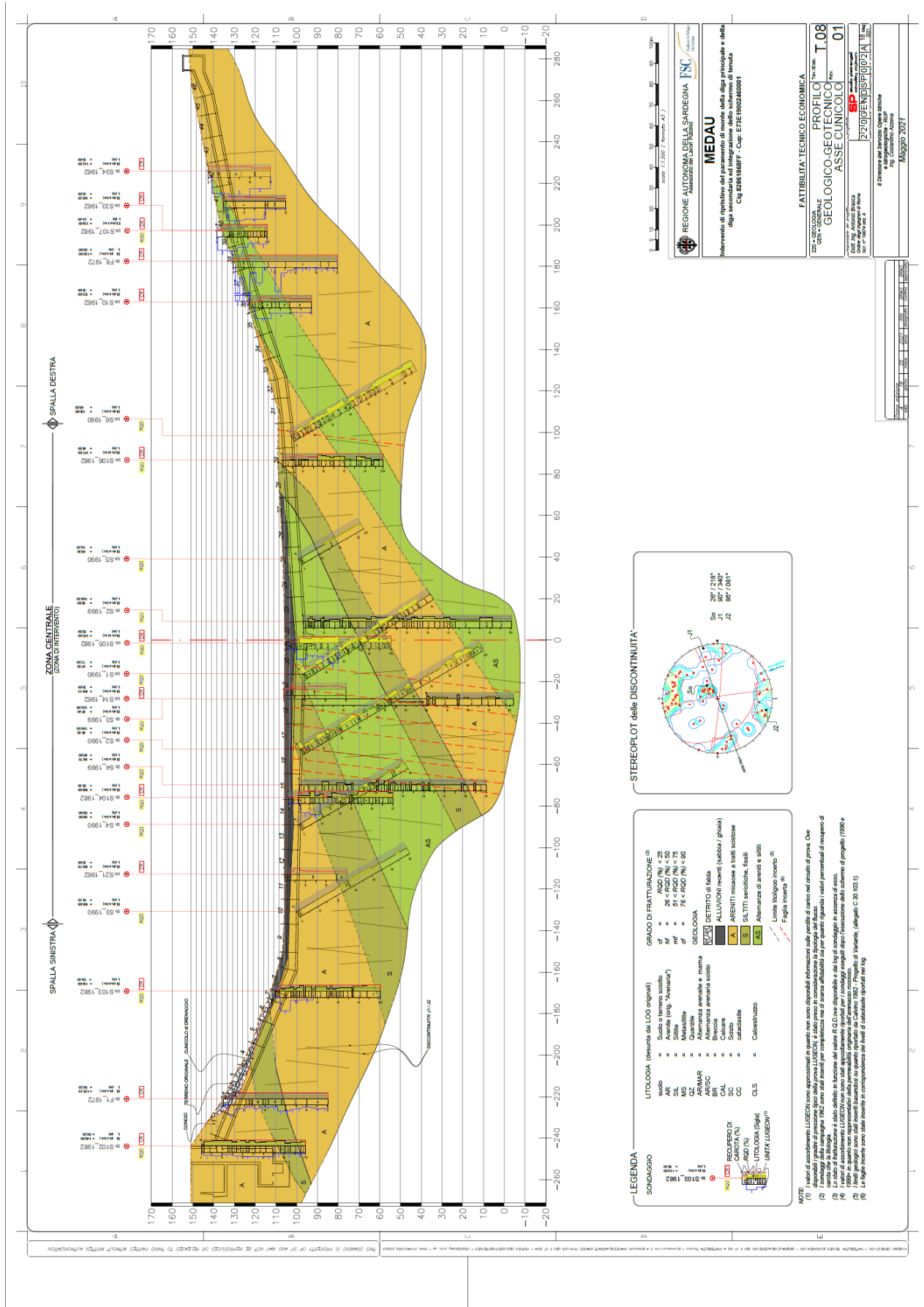


Figura 5.3.3: Profilo geologico-tecnico.

5.4 INDAGINI IDROLOGICHE

SP, non avendo a disposizione misure di portata in alveo, ha condotto l'analisi idrologica basandosi sulla misura delle piogge nella stazione di Medau-Zirnilis ed applicando un modello di trasformazione afflussi-deflussi. Tale modello è stato desunto dal documento "Definizione dei modelli idrologici per la gestione degli eventi di piena nei principali serbatoi artificiali della Sardegna (Convenzione ENAS/UNICA rep.n. 188 del 16/07/2008)".

BACINO IDROGRAFICO

Una sintesi dei dati caratteristici del bacino indicati nei precedenti studi idrologici è illustrata nella seguente tabella che riporta le informazioni geomorfologiche e idrogeologiche disponibili.

Dati del Bacino		
Parametri	u.m.	
Sezione di Chiusura	[#]	MEDAU ZIRIMILIS
Superficie	[m ²]	28740000
Altitudine media	[m asl]	417.00
Quota sezione terminale	[m asl]	100
Lunghezza dell'asta principale	[m]	10700
Pendenza dell'asta principale	[%]	8.00
Curve Number (CN)	[#]	82.01
Antecedent Moisture Condition (AMC)	[#]	III
Velocità media della corrente	[m/s]	1.50
Esposizione	[#]	occidentale
Areal Reduction Factor (ARF)	[#]	1.00
Pioggia indice (μ_d)	[mml]	71.79
Sottozona omogenea (SZO)	[#]	2
Tempo di corrivazione (Tc)	[day]	0.08

Tabella 5.4.1: Dati Geomorfologici e idrogeologici del bacino a Medau-Zirnilis

DATI DI PIOGGIA

Lo studio delle piene, di seguito illustrato, si basa sui dati di pioggia giornaliera fornita dall'ENAS in data 20 Novembre 2020 (nome file "Dati Medau Zirnilis.xlsm"). Questi dati rappresentano una serie storica di piogge giornaliere della durata di 15 anni, dal 2005 al 2020, alla stazione di Medau Zirnilis

CALCOLO DEI DEFLUSSI

Il calcolo, performato considerando l'intero anno idrologico, è stato eseguito con diverse metodologie e con diversi tempi di ritorno assegnati, mettendone a confronto i risultati.

Q _{piena} (T _r)						
		T _r				
		2	5	10	15	20
Metodo	u.m.					
Lazzari modificato (VAPI)	m ³ /s	11.05	19.34	25.90	29.97	32.98
Lazzari et al. 2000	m ³ /s	8.11	17.36	25.83	31.50	35.87
TCEV	m ³ /s	10.45	21.00	35.21	44.24	50.63
Metodo Razionale	m ³ /s	15.66	36.90	56.49	69.81	81.03

Tabella 5.4.2: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate con i vari metodi

La distribuzione di pioggia nell'anno medio evidenzia come la stagione secca può essere considerata da Maggio a Settembre. Limitando i dati a questa finestra temporale si procede di nuovo al calcolo della portata di piena, di cui si mostrano le uscite nella seguente tabella:

Q _{piena} (T _r)						
		T _r				
		2	5	10	15	20
Metodo	u.m.					
Metodo Razionale	m ³ /s	2.22	11.39	15.66	17.15	18.88

Tabella 5.4.3: Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno calcolate per il periodo secco

SP considera che un tempo di ritorno di 20 anni garantisca un sufficiente margine di sicurezza per le attività oggetto del presente progetto di Fattibilità Tecnico Economica. Se ne deduce che il sistema di deviazione acque dovrà essere in grado di fronteggiare un piena con portata pari a 20 m³/s per poter garantire le condizioni di sicurezza.

6 ELABORATI GRAFICI

Lo studio di Fattibilità Tecnico-Economica è corredato da n. 30 tavole grafiche, contenute nel Volume 5. Di seguito si elenca la lista dei disegni allegati allo studio:

200 - GENERALE

- 200GENDSP001A PLANIMETRIA OPERE ESISTENTI, 1K - T. 01
- 200GENDSP002A SEZIONE TIPO DIGA E DETTAGLI - T. 02

210 - TOPOGRAFIA

- 210GENDSP001A QUADRO DI UNIONE 2.5K - T. 03
- 210GENDSP002A TAVOLE DI DETTAGLIO 1K, TAVOLA 1 di 3 - T. 04
- 210GENDSP003A TAVOLE DI DETTAGLIO 1K, TAVOLA 2 di 3 - T. 05
- 210GENDSP004A TAVOLE DI DETTAGLIO 1K, TAVOLA 3 di 3 - T. 06

220 - GEOLOGIA

- 220GENDSP001A PLANIMETRIA INDAGINI 1K - T. 07
- 220GENDSP002A PROFILO GEOLOGICO-GEOTECNICO, ASSE CUNICOLO - T. 08

235 - AVANDIGA

- 235GENDSP001A AVANDIGA, RIABILITAZIONE e RIALZO, SEZIONE TIPICA - T. 09

240 - RIPARAZIONE MANTO

- 240GENDSP001A PLANIMETRIA STATO FESSURATIVO MANTO - T. 10
- 240GENDSP002A MEDAU PLANIMETRIA 2K - T. 11
- 240GENDSP003A CARRU SEGAU PLANIMETRIA 3.5K - T. 12
- 240GENDSP004A GEOCOMPOSITO PVC - DETTAGLI - T. 13

250 - SCHERMO DI INIEZIONE

- 250GENDSP001B PROFILO ASSE CUNICOLO - Iniezioni 1987 e Prove d'acqua - T. 14
- 250GENDSP002B CAMPO PROVE, Fila di VALLE - T. 15
- 250GENDSP003B CAMPO PROVE, Fila di MONTE - T. 16

260 - VIA

- 260GENDSP001B COROGRAFIA 10K - T. 17
- 260GENDSP002B MEDAU ZIRIMILIS, PLANIMETRIA 5K - T. 18
- 260GENDSP003B CARRU SEGAU, PLANIMETRIA 5K - T. 19
- 260GENDSP004B VINCOLI e TUTELE - T. 20
- 260GENDSP005B AREE PROTETTE - T. 21

-
- 260GENDSP006B PIANIFICAZIONE REGIONALE (PPR) - T. 22
 - 260GENDSP007B PIANIFICAZIONE PROVINCIALE (PTCP) - T. 23
 - 260GENDSP008B PIANIFICAZIONE COMUNALE (PUC) - T. 24
 - 260GENDSP009B CARTA GEOLOGICA 10K - T. 25
 - 260GENDSP010B RETICOLO IDROGRAFICO - T. 26
 - 260GENDSP011B USO del SUOLO - T. 27
 - 260GENDSP012B CARTA della VEGETAZIONE - T. 28
 - 260GENDSP013B MORFOLOGIA e PERCEZIONE VISIVA - T. 29
 - 260GENDSP014B HABITAT - T. 30

7 INDICAZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA

7.1 INTRODUZIONE

SP ha elaborato il quadro delle attività legate alla sicurezza in ottemperanza a quanto disposto dal D.lgs 50/2016 e dal D.P.R. 5 Ottobre 2010 n. 207.

Il D. Lgs.50/2016 unitamente al DPR 207/2010 sopra citato, prevede che, in fase di redazione della Fattibilità Tecnico Economica (ex Progetto Preliminare), vengano date le "Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei Piani di Sicurezza e di Coordinamento" come disposto dall'art.17 comma 1, lettera f), con contenuti previsti dal successivo comma 2. La trattazione, muovendo dalla valutazione dei rischi, individua le relative misure preventive e protettive da mettere in campo. SP ha incluso in questa analisi il piano anti-contagio per la prevenzione dal rischio covid-19. Per indicazioni di maggior dettaglio, si rimanda al volume 6 di 13 del presente documento. Le fasi successive alla presente dovranno garantire l'approfondimento dello studio progettuale anche degli aspetti necessari a garantire la sicurezza dei lavori all'interno del cantiere, attraverso la definizione di un Piano di Sicurezza e Coordinamento e un Fascicolo tecnico redatti nel rispetto dei contenuti minimi dell'allegato XV e XVI del D.Lgs. 81/2008 e del presente documento ove non contrasti con le scelte progettuali definite nelle fasi di progettazione successive. Ove saranno ancora vigenti i protocolli anticontagio per la lotta al coronavirus, il PSC dovrà essere integrato con un opportuno Piano Anticontagio di Cantiere (PAC) che dovrà riportare, ulteriormente, i costi COVID relativi ulteriori ai costi della sicurezza.

7.2 VALUTAZIONE DEI RISCHI E MISURE PREVENTIVE

SP ribadisce il principio di riduzione del rischio alla fonte per eliminazione del potenziale pericolo. Da qui discende l'iter progettuale prevenzionistico che si basa sui seguenti principi:

- o ottimizzazione delle aree di cantiere, di transito e di evoluzione di mezzi operativi;
- o scelta di prodotti e materiali atossici o comunque a bassa tossicità e non combustibili;
- o massimizzazione delle prefabbricazioni e dei preassemblaggi;
- o valutazione fase per fase dei rischi impliciti nella costruzione e realizzazione dell'opera;
- o previsione di attività che comportino bassa emissione acustica, di vibrazioni, polveri e gas;
- o minimizzazione di attività interferenti;
- o minimizzazione del numero di Imprese e lavoratori impiegati in cantiere.

7.2.1 VALUTAZIONE DEI RISCHI E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN RIFERIMENTO ALL'AREA DI CANTIERE

Si individuano in questa sezione i fattori di interferenza con altre imprese che possano operare nello stesso luogo, oltre che ovviamente le interferenze con gli operatori stessi della diga intenti a garantire il corretto

funzionamento della stessa. Occorrerà dunque che il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione monitori costantemente i programmi lavori degli attori coinvolti e prevenga sovrapposizioni generatrici di rischi eccessivi.

Al momento della redazione del piano di sicurezza e coordinamento e prima dell'inizio dei lavori sarà necessario valutare se sono presenti altri cantieri in prossimità dell'area in oggetto, per valutare i rischi e definire le misure preventive e protettive legate alle possibili interferenze reciproche.

L'area oggetto dell'intervento dovrà essere organizzata in accessi e percorsi distinti pedonali, carrabili, aree organizzate per la sosta, il carico, lo scarico, il deposito e la conservazione dei materiali e dei rifiuti e per lavorazioni specifiche, cercando di evitare le interferenze fra le diverse attività e l'attività di gestione della diga, a tal fine sarà opportuno l'utilizzo di delimitazioni e di opportuna segnaletica che informi in merito ai rischi che potranno esserci di caduta, scivolamento, contusione, investimento e schiacciamento e deve essere mantenuta sgombra da materiale che può costituire intralcio alla normale circolazione delle persone e dei veicoli.

Prima di ogni operazione con pericolo di contatto con linee aeree, preesistenti o installate successivamente, dovranno essere prese adeguate precauzioni (isolamento linee aeree con comunicazione all'ente fornitore; disattivazione impianti o loro protezione), in particolare sarà necessario mantenere le seguenti distanze di sicurezza da parti attive di linee elettriche e di impianti elettrici non protette o non sufficientemente protette. In vicinanza di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette, o che per circostanze particolari si debbano ritenere non sufficientemente protette, e comunque a distanze inferiori ai limiti riportati in tabella, non possono essere svolte lavorazioni non elettriche, salvo che vengano adottate disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi.

Dal punto di vista degli impatti con la viabilità esterna, non sussistono criticità, essendo la diga situata lontano da insediamenti umani.

Ulteriori misure devono essere predisposte all'interno del PSC e del Fascicolo dell'Opera in relazione alle eventuali attività da svolgere in prossimità dell'alveo del fiume Cixerri, per evitare interferenze rispetto agli elementi essenziali presenti.

Per quanto attiene le condizioni atmosferiche, si nota che l'intero intervento è strutturato in modo tale da essere eseguito prevalentemente nella stagione secca: il sistema di deviazione delle acque, infatti, per come dimensionato (vol. 2 di 13 del presente documento), consente un'adeguata sicurezza solo per portate fino a $20\text{m}^3/\text{s}$, valore limite che è rispettato solo nel periodo Aprile – Ottobre. E' ragionevole ritenere che il personale sarà esposto, per lo meno nel turno diurno, a condizioni atmosferiche stressanti in termini di temperature, raggi solari e ultravioletti. Si dovrà quindi ricorrere ad un'opportuna turnazione con calibrazione delle pause adeguata. Si menziona al riguardo l'importanza dei DPI.

Altro elemento da considerare è certamente il fattore quota: alcune lavorazioni insistono su aree ad elevata pendenza ed in quota. Ciò produce un diffuso rischio di caduta dall'alto.

Le fasi operative di esecuzione dei lavori all'interno del corpo diga necessiteranno di una prodromica valutazione della qualità dell'aria ed un successivo monitoraggio della stessa, al fine di evitare l'insorgenza di situazioni di rischio legate al concretizzarsi di atmosfere pericolose, nello specifico dovute alla riduzione della concentrazione di ossigeno al di sotto della soglia di allerta del 19,5% (OSHA 1910.146) ed eccessiva presenza di gas radon, come conseguenza delle attività antropiche e della presenza permanente di lavoratori all'interno degli ambienti (cunicolo diga Medau Zirimilis).

Durante l'esecuzione dei lavori all'interno del cunicolo della diga Medau Zirimilis, occorrerà tener conto degli spazi disponibili sia per le lavorazioni ordinarie in presenza di attrezzature di lavoro, personale, impianti di gestione dell'aria, sia in caso di evacuazione per emergenze.

Il PSXC infine dovrà trattare anche la corretta modalità di gestione delle terre da scavo e dei luoghi di stoccaggio temporanei all'interno delle aree di cantiere.

7.2.2 VALUTAZIONE DEI RISCHI E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN RIFERIMENTO ALL'ORGANIZZAZIONE DI CANTIERE E ALLE LAVORAZIONI ESISTENTI

Per quanto attiene l'organizzazione del cantiere, si menziona di seguito una serie di aspetti che saranno trattati specificatamente nel vol. 6 di 13 del presente documento:

- o Recinzioni;
- o Accesso al cantiere tramite SP 24;
- o Dotazione di servizi igienico assistenziali;
- o Viabilità principale di cantiere;
- o Dislocazione delle aree di carico e scarico;
- o Zone di deposito attrezzature e stoccaggio materiali e rifiuti;
- o Eventuali zone di deposito di materiali con pericolo d'incendio o di esplosione;
- o Gru;
- o Servizio di pronto soccorso, antincendio ed evacuazione dei lavoratori;
- o Fasi interferenti con altre attività;

7.3 DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEL PSC E DEL FSASCICOLO DELL'OPERA

Lo schema tipo di composizione del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) si articola in due parti:

- o Predisposizioni e principi di carattere generale ed elementi per l'applicazione e gestione del PSC;
- o Elementi costitutivi del PSC vero e proprio;

Nella prima parte il redattore del PSC (Coordinatore della Sicurezza in Fase di Progettazione) individua le prescrizioni di carattere generale concretamente legate al progetto. Tali prescrizioni rappresentano una sorta

di capitolato speciale della sicurezza e sono calate sulla situazione contingente del progetto. Si nota che il redattore del PSC, pur individuando correttamente il quadro normativo di riferimento, deve astenersi dal riportare le disposizioni normative, o dilungarsi in lunghe e poco pratiche argomentazioni intorno al tema della sicurezza. E' di vitale importanza che tale parte consista in un significativo ed efficace riassunto di quanto la norma impone, calato nella particolarità del progetto.

Nella seconda parte del PSC, il redattore deve trattare tutti gli argomenti da riferire ai punti dell'Allegato XV del D. Lgs. 81/08, preferibilmente secondo uno schema con sezioni o tabelle. Si rimanda al vol. 6 di 13 per un maggiore dettaglio in merito agli aspetti trattati ed al livello di approfondimento richiesto.

ATTORI

Si riassume di seguito l'elenco dei soggetti coinvolti nel tema della sicurezza, ai sensi della vigente normativa (D. Lgs. 81/08), rimandando al vol. 6 di 13 per la definizione del perimetro delle responsabilità:

- o Committente e/o responsabile dei lavori;
- o Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione;
- o Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione;
- o Impresa affidataria/Esecutrice;
- o Lavoratore autonomo;

8 CALCOLO DELLA SPESA E QUADRO ECONOMICO

8.1 INTRODUZIONE

SP ha analizzato gli aspetti che concorrono alla formazione del costo totale dell'intervento oggetto della presente relazione. Tali aspetti vanno raggruppati secondo il criterio fornito dal DPR 207 del 5 Ottobre 2010, artt. 16 e 22 che individuano il quadro economico come somma dei seguenti elementi:

- o Calcolo sommario della spesa;
- o Oneri della sicurezza, non soggetti a ribasso;
- o Somme a disposizione della Stazione Appaltante;

Gli aspetti trattati vanno rianalizzati in fase di progettazione esecutiva, calcolando il relativo Computo Metrico Estimativo e verificando che tale elaborazione conduca ad una valutazione del costo totale vicina a quanto viene fatto in questa fase.

Il criterio adottato è di tipo parametrico, verificato con una prima indagine di mercato e con esperienze simili condotte da SP.

Per maggiori dettagli si rimanda al vol. 7 di 13 del presente documento, nel quale è presente il dettaglio parametrico del calcolo sommario della spesa.

8.2 QUADRO ECONOMICO

La suddivisione in stralci individuata nei documenti contrattuale è stata superata dagli esiti delle conference dei servizi tenutesi il 15 Ottobre 2021 e il 7 Dicembre 2021.

Nello specifico, come verrà più ampiamente descritto nel Volume 8 di 13 della presente relazione (cronoprogramma dell'intervento), si è deciso di procedere secondo il seguente modo:

- Lotto 1: ripristino del paramento di monte della diga principale, della diga secondaria e campo prove sperimentale propedeutico alla scelta progettuale per l'integrazione dello schermo di tenuta;
- Lotto 2: integrazione dello schermo di tenuta;

SP rimanda al volume 7 di 13 per i dettagli della stima parametrica del calcolo sommario della spesa. Si riporta di seguito il quadro economico generale calcolato sui due lotti:

"MEDAU ZIRIMILIS (7D.S3): INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PARAMENTO DI MONTE DELLA DIGA PRINCIPALE E DELLA DIGA SECONDARIA E INTEGRAZIONE DELLO SCHERMO DI TENUTA"		Lotto I° (ripristino paramenti + campo prove)	Lotto II° (schermo di tenuta)	Totale Lotto I° + II°
Quadro Economico		Importi in €	Importi in €	Importi in €
A)	Costo dei lavori			
A.1)	Lavori a base d'asta - Calcolo Sommario della Spesa	8.479.540,00	2.486.000,00	10.965.540,00
A.2)	Oneri per la sicurezza - non soggetti a ribasso	458.372,40	136.560,00	594.932,40
A.3)	opere di mitigazione	45.000,00	5.000,00	50.000,00
A.4)	Spese previste da Studio di Impatto Ambientale, Studio Preliminare Ambientale e Progetto di Monitoraggio Ambientale			-
A.5)	Opere connesse			-
	Totale A	8.982.912,00	2.627.560,00	11.610.472,00
B)	Somme a disposizione della stazione appaltante			
B.1)	Indagini aggiuntive	60.000,00	-	60.000,00
B.2)	Spese tecniche per progettazione, direzione lavori, coordinamento sicurezza (compresa cassa previdenza 4%)	695.418,82	198.296,61	893.715,43
B.3)	Verifica della progettazione (compresa cassa previdenza 4%)	47.150,90	11.164,59	58.315,49
B.4)	Collaudo tecnico amministrativo (compresa cassa previdenza 4%)	52.386,93	19.454,03	71.840,96
B.5)	Varie e pubblicazioni	500,00	500,00	1.000,00
B.6)	Accantonamento di cui all'articolo 205 del DLGS 50/2016	125.760,77	36.785,84	162.546,61
B.7)	Maggiori lavori imprevisi	89.829,12	26.275,60	116.104,72
B.8)	IVA al 22% (calcolata su C+E+F+G+H+I)	2.211.870,88	642.408,07	2.854.278,95
B.9)	Contributo ANAC	800,00	600,00	1.400,00
B.10)	Incentivi ex art. 113 D. Lgs 50/2016 (DGR n. 9/51 del 22.02.2019)	136.645,95	32.844,50	169.490,45
B.11)	Altro	835,00	-	835,00
	Totale B	3.421.198,00	968.329,00	4.389.528,00
	Totale (A + B)	12.404.110	3.595.889	16.000.000

Tabella 8.2.1: Quadro Economico su due lotti

9 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

9.1 INTRODUZIONE

Le attività prese in considerazione nell'elaborazione del cronoprogramma sono quelle individuate dalle scelte progettuali maggiormente percorribili (impermeabilizzazione in PVC e bulbo di iniezione) come sottolineato nei volumi 2, e 9 del presente documento.

Il risultato viene presentato sotto forma di diagramma di Gantt e in rapporto con la stagione secca, come citato al capitolo 8 del volume documento di fattibilità delle alternative progettuali (Volume 9 del presente documento).

Si rimanda al vol. 8 di 13 per i dettagli relativi a definizione delle fasi ed ipotesi fatte.

9.2 CRONOPROGRAMMA

Dopo aver scomposto lo scopo del lavoro in 5 fasi, si è individuata la lista delle sotto attività pertinente a ciascuna fase. Alla singola attività, sono state assegnati vincoli logici, quantità, produttività e, come output, tempo di esecuzione.

L'elaborazione del Gantt poggia sulle seguenti ipotesi:

- 1- I giorni lavorativi settimanali assunti pari a 6;
- 2- Festività non considerate;
- 3- Rese unitarie delle attività di posa in opera della membrana in PVC ipotizzate in prima approssimazione ed affinate tramite il confronto con gli addetti del settore;
- 4- Interventi posizionati nell'anno 2022 per mera convenzione;
- 5- Le attività sono considerate su singolo turno di 9 ore/gg;
- 6- La stagione secca è considerata dal 1 Maggio al 30 Settembre;

Il risultato dell'esercizio è mostrato nelle figure seguenti rispettivamente per i lotti 1 e 2:

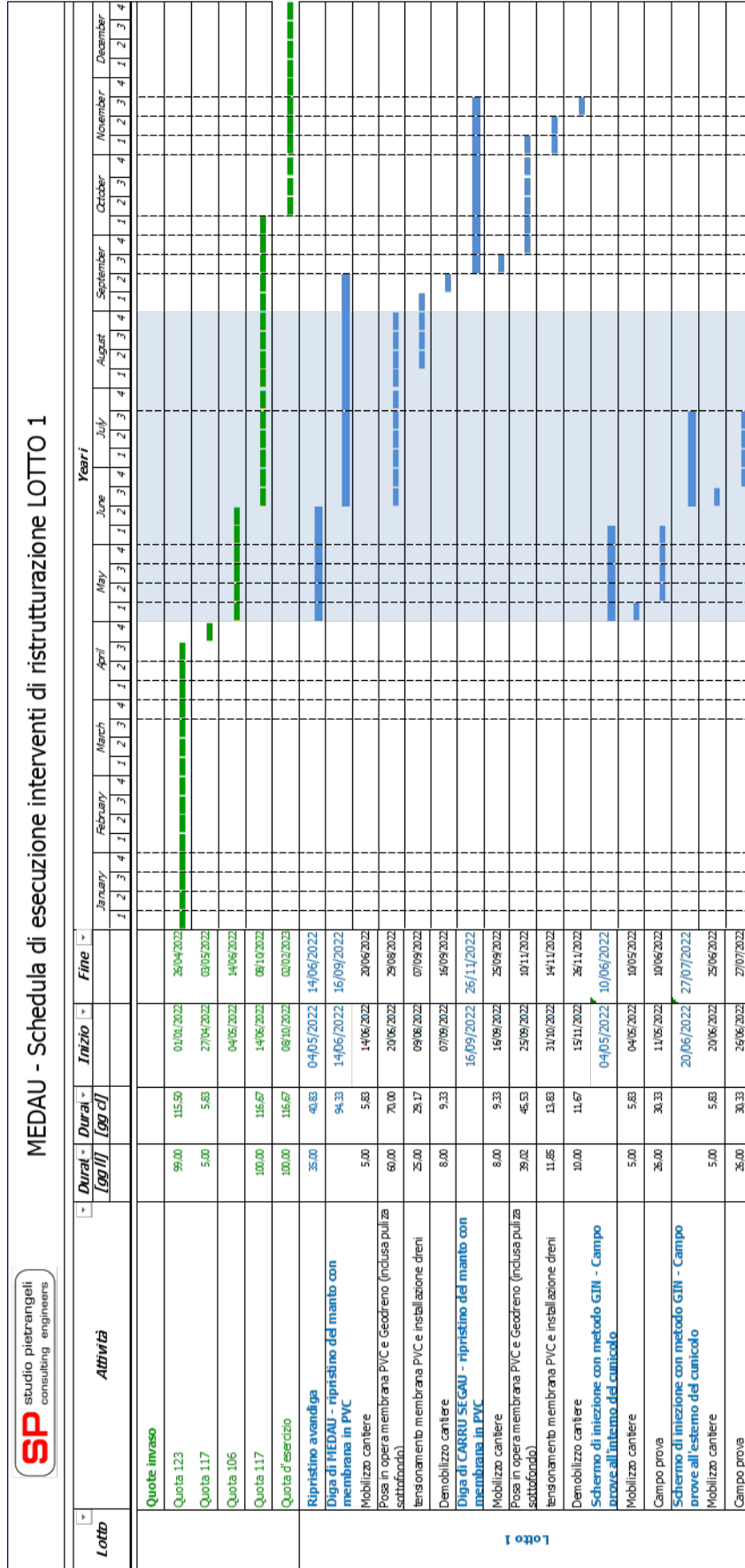


Tabella 9.2.1: Diagramma di Gantt del Lotto 1

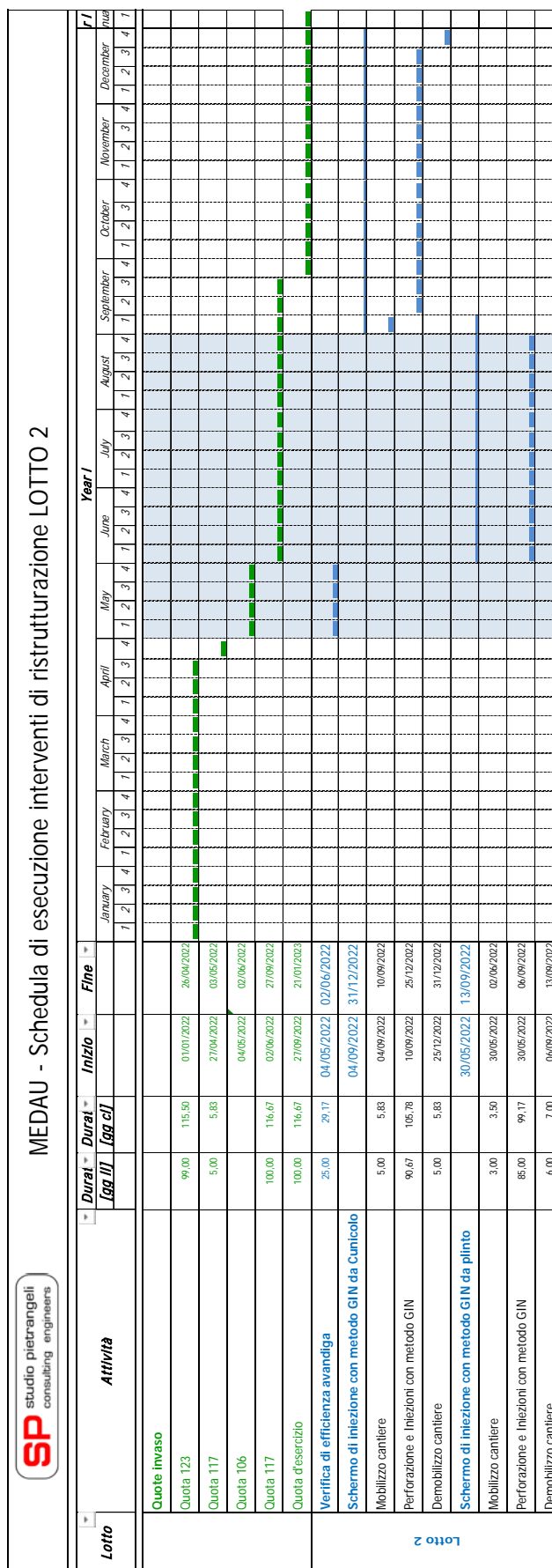


Tabella 9.2.2: Diagramma di Gantt del Lotto 2

Si nota altresì che, in fase di esecuzione, è richiesto un monitoraggio costante, almeno su base settimanale, dell'avanzamento della schedula per identificare in modo tempestivo eventuali deviazioni ed intervenire con azioni correttive: il rispetto della tabella di marcia in un lavoro di questo tipo è imperativo.

10 DOCUMENTO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

10.1 INTRODUZIONE

Il progetto di Fattibilità Tecnico Economica esplora diverse alternative sia sul fronte dello schermo di fondazione della diga di Medau che su quello dai paramenti di monte delle due dighe.

SP fornisce una valutazione di fattibilità delle alternative sotto il profilo tecnico, di efficacia progettuale, di costo e tempo, rimandando per i relativi dettagli al vol. 9 di 13 del presente documento.

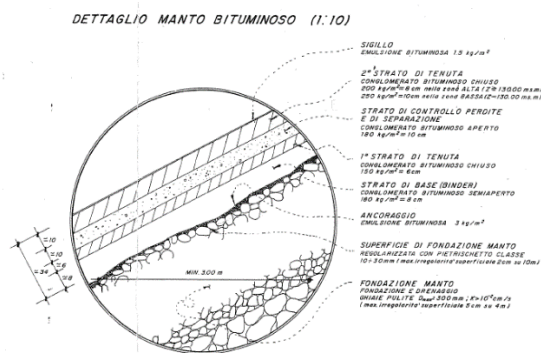
Le elaborazioni condotte per l'esplorazione del comportamento del sistema diga – schermo impermeabile – fondazione sono riassunte meglio nella Relazione Tecnica (vol. 2 di 13) cui si rimanda per i relativi dettagli.

10.2 RIPRISTINO PARAMENTI di MONTE delle DIGHE di MEDAU e CARRU
SEGAU

10.2.1 STATO FESSURATIVO del MANTO

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

- manto di sigillo, dosato a 1,5 kg/m² 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.



Nel mese di Novembre 2020, SP ha effettuato una ricognizione lungo il paramento di monte della diga di Medau Zirimilis e di Carru Segau con l'obiettivo di individuare:

- 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.

In entrambi le dighe non si sono evidenziati:

- settori maggiormente deformati, dovuti ad un cedimento localizzato del sottofondo;
- bolle e rigonfiamenti, che generalmente si formano durante la posa per la formazione di vapore tra due strati o a causa di una sottopressione;
- pustole da corrosione che generalmente sono causate da inclusioni di liquido durante il distacco del rullo.

Lo stato della giunzione tra il manto e il cunicolo non si è potuto visionare, sia a causa della presenza dell'acqua nel serbatoio, sia alle difficoltà nel raggiungimento delle suddette aree.

10.2.2 ALTERNATIVA CON GEOMEMBRANE IN PVC

L'applicazione di un sistema costituito da geomembrana con relativo sistema di fissaggio al paramento e un geodreno interposto tra la membrana stessa ed il paramento di monte. Siffatto sistema garantisce una barriera efficace contro le filtrazioni.

Le sollecitazioni caratteristiche del paramento di monte inducono SP a scegliere membrane prodotte da polimeri di polivinilcloruro (PVC), ampiamente usate nel campo delle opere idrauliche. L'esperienza dei progetti idraulici mostra chiaramente che tale impiego è preferibile alle membrane di polietilene (tipo HDPE o LLDPE) e alle membrane bituminose.

GEOMEBRANA COMPOSITA

La vita utile di una geomembrana è comunemente legata al cambiamento delle proprietà prestazionali nel tempo. Convenzionalmente, questa vita utile è definita come il tempo necessario perché la resistenza a trazione o l'allungamento della geomembrana diminuisca al 50% del valore iniziale.

Un importante fattore di deterioramento delle geomembrane in PVC è l'esposizione per tempi prolungati alle alte temperature e alle radiazioni UV, inoltre alle alte temperature aumentano la perdita di plastificante per migrazione ed evaporazione. Questo fenomeno rende la geomembrana suscettibile allo sfarinamento e alla fessurazione.

Pertanto, risulta fondamentale che la composizione della geomebrana abbia stabilizzatori UV e plastificante ad alto peso molecolare al fine di fornire un'elevata resistenza alla degradazione UV e all'evaporazione del plastificante. Poiché la perdita di plastificante è un fenomeno di tipo diffusivo, la cui velocità è inversamente

proporzionale allo spessore della geomembrana, l'evaporazione del plastificante è più rapida nelle geomembrane più sottili. Per questo motivo, la scelta dello spessore della geomembrana è un fattore chiave per fornire una maggiore durata a beneficio del progetto.

SP ritiene che una geomembrana con le caratteristiche tipo SIBELON, con spessore superiore a 2.5 mm possa garantire la durabilità e resistenza richieste per l'intervento da eseguirsi sulle dighe di Medau e Carru Segau. Si seleziona pertanto un geocomposto tipo SIBELON CNT 440.

Le caratteristiche minime richieste dovranno essere:

- o Spessore minimo della laccatura 3 micron, realizzata con tecnologia heliogravure e realizzata in formulazione di base acrilico-PVC;
- o La laccatura dovrà avere resistenza ai graffi (Test Erichsen 435:20N) e resistenza all'attrito (Test Taber: 25 Cicli con ruota H18);
- o Minima permeabilità (10-6 m³/m²/giorno);
- o Elevata resistenza a trazione, pressione e punzonamento (come indicato nella tabella seguente);
- o Resistenza UV (come indicato nella tabella seguente);

Il sistema di drenaggio risulta invece composto dai seguenti elementi:

- o Geodreno;
- o Condotti Verticali;
- o Collettore Perimetrale;
- o Condotti di Scarico;
- o Condotti di Ventilazione.

Gli altri elementi a corredo del sistema sono i seguenti:

- o Ancoraggio al paramento di monte;
- o Ancoraggio al coronamento;
- o Saldatura dei fogli di geocomposito;

10.2.3 ALTERNATIVA CON MANTO BITUMINOSO

Tale alternativa prevede la fresatura totale dello strato impermeabile superiore e quindi il rifacimento del sigillo superficiale per la diga di Medau. Per quella di Carru Segau, visto lo stato fessurativo mostrato precedentemente, è sufficiente un trattamento delle fessure e sigillo superficiale.

DIGA DI MEDAU

Le analisi dello stato di fatto mostrano che le fessure della diga di Medau hanno intaccato principalmente lo strato superficiale impermeabile.

L'intervento proposto dunque si articola attraverso le seguenti fasi:

- o rimozione delle guaine bituminose poste sul paramento;
- o fresatura per strisce parallele ad una profondità superiore allo spessore dell'ultimo strato di tenuta in conglomerato bituminoso (9-10cm) al fine di avere un irruvidimento dello strato di tenuta sottostante;
- o lavaggio ad alta pressione e ad aria compressa delle aree fresate;
- o ripristino delle lesioni profonde tramite approfondimento della fresatura, pulizia, spruzzatura di emulsione bituminosa e riempimento per strati successivi di conglomerato bituminoso fino a riportarsi al livello del restante paramento, con relativa compattazione;
- o spruzzatura emulsione bituminosa di attacco su tutto il paramento di monte;
- o stesa del nuovo strato di tenuta in conglomerato bituminoso con spessore di 7 cm;
- o compattazione del nuovo strato in conglomerato bituminoso;
- o compattazione e trattamento dei giunti;
- o sigillo superficiale.

DIGA DI CARRU SEGAU

Sulla base delle osservazioni visive fatte sul manto della diga di sella (Carru Segau) si ritiene che l'intervento di riparazione possa limitarsi a:

- o Riparazione delle fessure, che appaiano tutte superficiali, attraverso:
 - o la pulizia della fessura e
 - o l'applicazione di bitume modificato a caldo e sua compattazione

Per alcune fessure che appaiono leggermente più grandi si potrà procedere allargando meccanicamente la fessura e riempiendo con nuovo materiale la cavità per poi compattarla con costipatori a mano fino a garantire la perfetta adesione con gli strati circostanti.

Sopra lo strato esistente di tenuta sarà steso uno strato di sigillo in mastice bituminoso a caldo previa preparazione del paramento con spruzzatura di emulsione bituminosa.

Anche in questo caso, come previsto per la diga di Medau, si potrà applicare una mano di pittura a base di calce per rendere il paramento di colore chiaro.

10.2.4 CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE

Entrambi le soluzioni proposte, sia membrana in PVC che fresatura e ricostruzione dello strato superiore impermeabile in conglomerato bituminoso, hanno una discreta casistica a livello mondiale come interventi di riparazione straordinaria dell'elemento di tenuta del paramento di monte di una diga in rockfill.

I principali pro e i contro della soluzione in PVC possano essere sintetizzati in:

- o PRO
 - o velocità di installazione della geomebrana, che può essere effettuata anche sott'acqua;
 - o facilità di controllo della posa in opere, in particolare delle saldature e ancoraggi perimetrali

- durante la costruzione;
- elevata durabilità della geomembrana. Molte opere simili hanno ormai un esercizio di oltre 30 anni. Test di invecchiamento su membrane in PVC da 3 mm di spessore danno risultati di oltre 100 anni;
 - elevata deformabilità della geomembrana in PVC (Tipo Sibelon):
 - Prova in campana idraulica, volta a valutare la resistenza al punzonamento, sopra un supporto molto aggressivo (elementi di roccia spigolosi) ha raggiunto una pressione di 1 MPa (100 m di carico) per una membrana in PVC da 2.5 mm;
 - Prova in campana idraulica volta a valutare la capacità delle geomembrane di resistere all'intrusione, collocate sopra una larga fessura nel supporto. ha raggiunto una pressione di 2.5 MPa (250 m di carico) per una membrana in PVC da 2.5 mm;
 - Ridondanza della tenuta (tre elementi): 1. Manto in PVC, 2. strato superiore e 3. inferiore di tenuta in conglomerato bituminoso;
 - facilità e velocità di riparazioni durante l'esercizio, anche con possibilità di intervento anche sott'acqua.
 - CONTRO
 - facilità di creare un danno sulla geomembrana a seguito di un atto doloso.

I principali pro e contro della soluzione di riparazione del manto attraverso la fresatura e ricostruzione dello strato superiore, possono essere sintetizzati:

- PRO
 - Ampia casistica positiva sulla durabilità ed efficienza di manti in conglomerato bituminoso, quando eseguiti idoneamente;
 - Riduzione del danno dovuto ad un atto doloso;
- CONTRO
 - Esecuzione della lavorazione all'asciutto ed in assenza di pioggia.

Da un confronto preliminare dei costi tra le due soluzioni, risulta che per la diga di MEDAU ZIRIMILIS si ha:

- 3.6 MEu GEOCOMPOSITO in PVC;
- 6.2 MEu FRESATURA e RICOSTRUZIONE dello STRATO SUPERIORE in CONGLOMERATO BITUMINOSO

Per la diga di CARRU SEGAU si ha:

- 2.9 MEu GEOCOMPOSITO in PVC;
- 1.3 MEu RIPRISTINO SIGILLO in BITUME a CALDO.

Il costo della soluzione del ripristino del sigillo della diga di Carru Segau, è chiaramente minore della soluzione in geocomposito, tuttavia l'efficienza del geocomposito in PVC rispetto al ripristino del solo sigillo è da considerarsi a favore del geocomposito.

10.3 SCHERMO IMPERMEABILE DELLA FONDAZIONE

L'analisi dello schermo di impermeabilizzazione della fondazione è ampiamente trattata nel capitolo Relazione Tecnica del presente documento e nel vol. 2 di 13 del presente progetto di Fattibilità Tecnico Economica. Si richiama brevemente in questo paragrafo l'elenco delle soluzioni progettuali prese in considerazione ed analizzate, con l'obiettivo di farne una sintesi che esponga con chiarezza le ragioni della scelta progettuale consigliata.

Come detto in precedenza, il problema principale che deve essere risolto con l'attività di progettazione dello schermo di tenuta è inerente il fenomeno del *piping*, ovvero l'instabilità del corpo diga per effetto dell'erosione di interi canali all'interno del volume del terreno di fondazione per effetto del moto di filtrazione ingenerato dalla differenza di carico idraulico tra monte e valle, nel caso in cui si abbia dell'affioramento d'acqua a valle.

Le alternative prese in considerazione sono le seguenti:

- o Prolungamento dello schermo esistente;
- o Miglioramento dello schermo esistente;
- o Bulbo d'iniezione;
- o Diaframma plastico;

Si rimanda al capitolo Relazione Tecnica e al vol. 2 di 13 per le caratteristiche delle configurazioni di cui sopra.

I gradienti calcolati sono riassunti nel seguito:

ALTERNATIVE STUDIATE	QUOTA di INVASO	GRADIENTE
	m a.s.l.	-
Schermo Esistente	146.7	1.09
Prolungamento schermo esistente (100m)	146.7	1.09
Miglioramento schermo esistente	146.7	0.34
Bulbo di Iniezione	146.7	0.42
Diaframma (30m)	146.7	0.26

Tabella 10.3.1: Risultati delle analisi di filtrazione

La soluzione che coniuga i migliori risultati, in termini di fattibilità e qualità degli stessi, e che pertanto si suggerisce, è quella relativa al bulbo di iniezione.

11 STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

11.1 INTRODUZIONE

In questo capitolo si affronta la problematica ambientale, articolando l'analisi attraverso i seguenti passi:

- o Coerenza e conformità volte ad individuare gli strumenti pianificatori ed il sistema dei vincoli paesaggistici vigenti nell'area di interesse del progetto;
- o Inquadramento territoriale sotto il profilo del sistema antropico, biotico e abiotico;
- o Significatività dei potenziali effetti ambientali;

Il presente capitolo è una sintesi di quanto contenuto nella Relazione Ambientale (vol. 10 di 13) del progetto di fattibilità Tecnico Economica.

11.2 COERENZA E CONFORMITÀ

Gli strumenti di pianificazione vigenti sono riassunti nella tabella seguente:

<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 ¹	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 11.2.1: Strumenti di Pianificazione ordinaria

Per quanto attiene i citati strumenti di pianificazione, si ritiene che ci sia sostanziale compatibilità tra di essi e gli interventi previsti in progetto.

Per quanto attiene il sistema dei vincoli e delle tutele, si riporta di seguito l'esito della verifica condotta:

¹ 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

BENI CULTURALI

Il riferimento è dato dalla parte seconda del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.. Il riscontro effettuato non ha evidenziato l'interessamento diretto di Beni Culturali nell'ambito del territorio all'interno del quale ricadono le opere in progetto.

BENI PAESAGGISTICI

Il riferimento in questo ambito è dato dalla terza parte del D. Lgs. 42/2004 e s.m.i. e segnatamente dagli articoli 136 "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico", 142 "Aree tutelate per legge", 143 "Piano paesaggistico". In questo ambito ci sono delle aree di interesse e nello specifico si tratta di:

- Art. 142, comma 1, lettera b);
- Art. 142, comma 1, lettera c);
- Art. 142, comma 1, lettera g);
- Art. 143, beni da piano paesaggistico;

AREE NATURALI PROTETTE AI SENSI DELLA L. N. 394/1991 E DELLA L.R. N. 31/89 ED AREE DELLA 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).

AREE SOGGETTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO AI SENSI DEL RD 3267/1923

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

11.3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

11.3.1 SISTEMA ANTROPICO

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.

L'analisi del Sistema antropico si declina attraverso le fasi qui menzionate:

- o Strutture insediative;
- o Usi in atto;
- o Paesaggio;

Per ciascuna fase SP ha analizzato, tramite reportistica fotografica, le tipologie prevalenti nell'area di interesse che, come citato sopra, comporta una notevole complessità.

11.3.2 SISTEMA BIOTICO

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.

Dal punto di vista degli aspetti vegetazionali, sono state individuate le due seguenti serie di vegetazione:

- 15 – serie sarda calcicole, mesomediterranea, del leccio (*Prasio majoris-Quercetum ilicis quercetosum virgilianaë*);
- 19 - Serie sarda, calcifuga, termo-mesomediterranea, della sughera (*Galio scabri-Quercetum suberis*)

Da un punto di vista faunistico, si nota che l'area oggetto di analisi ospita una componente 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.

11.3.3 SISTEMA ABIOTICO

Per quanto attiene i sistemi abiotici, l'inquadramento effettuato da SP ha toccato le seguenti aree:

- Suolo ed acque; in tale area si ha una ottima base di dati ed elaborazioni già richiamate nel vol. 4 di 13 del presente documento;

- Aria e clima; tale inquadramento è fatto sulla base del Quadro normative nazionale che attua la direttiva 2008/50/CE;
- Acustica; tale inquadramento è fatto sulla base delle previsioni del DPCM del 1 Marzo 1991 con riferimento alle classi acustiche individuate per i comuni;

11.4 SIGNIFICATIVITÀ DEI POTENZIALI EFFETTI AMBIENTALI

11.4.1 METODOLOGIA

L'analisi del progetto nel suo complesso permette di effettuare una sistematizzazione, propedeutica alla valutazione dei potenziali effetti ambientali.

Nel progetto in esame l'analisi deve necessariamente declinarsi su due fasi successive, che afferiscono a scenari distinti:

- 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.

La catena logica cui si fa riferimento è la seguente:

- Azione di Progetto, ovvero l'attività dell'opera che presenta una potenziale rilevanza sotto il profilo ambientale;
- Fattore causale, ovvero quelle azioni di Progetto che determinano degli effetti che impattano l'ambiente;

Nel caso in esame, i fattori causali sono stati raggruppati per categorie omogenee:

- Produzione di emission e residui;
- Uso di risorse;
- Interazione con beni e fenomeni ambientali;

Chiaramente l'analisi prosegue con l'individuazione degli effetti e la loro classificazione. Si nota che il quadro normativo vigente prescrive l'individuazione delle misure per evitare, prevenire, ridurre o, se possibile, compensare gli impatti ambientali significative e negative del progetto.

11.4.2 QUADRO SINOTTICO DELLE CATEGORIE E TIPOLOGIE DI EFFETTI CONSIDERATI

Sulla base di quanto sopra esposto, SP ha riassunto i risultati dello studio nel seguente Quadro sinottico:

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	
C	Interferenza con beni paesaggistici tutelati ope legis	

Categoria fattore	Dim.	Tipologia di effetti
	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 11.4.1: Quadro sinottico delle categorie e tipologie di effetti considerati

Per l'analisi di ogni singolo aspetto menzionato nel Quadro, si rimanda alla lettura del vol. 10 di 13 del presente Progetto di Fattivblità Tecnico Economica.

11.5 CONCLUSIONI

L'analisi riassunta nel presente capitolo mostra come l'impatto principale che si ha durante la fase di cantierizzazione consiste nel disturbo della fauna ittica presente; mentre in fase di esercizio il principale disturbo è legato all'innalzamento del livello delle acque che porterà alla sommersione di circa 62 ettari di terreno attualmente occupato da spiagge.

L'attenuazione dell'impatto in fase di cantierizzazione si può ottenere con la predisposizione di un'area di ricovero per la fauna ittica, che dovrà essere monitorata durante tutto lo svolgimento dei lavori. I quali, come detto, verranno eseguiti durante la fase di magra.

Per quanto attiene la fase operativa, si nota come i benefici apportati dall'innalzamento della quota idrica del bacino e il conseguente raggiungimento della funzionalità tecnica, superino decisamente l'impatto di perdita delle aree di spiaggia menzionate sopra.

12 STUDIO DI INSERIMENTO URBANISTICO

12.1 INTRODUZIONE

L'analisi dell'inserimento urbanistico fa parte del progetto di Fattibilità Tecnico Economica a pieno titolo. Cionondimeno sotto questo profilo, SP sottolinea che le opere in progetto si configurano come intervento su un'infrastruttura esistente e quindi non comportano variazione dei rapporti di interrelazione tra l'opera stessa e le aree sottoposte a tutela.

Per maggiori dettagli si rimanda al vol. 11 di 13 del presente documento, Studio di Inserimento Urbanistico.

12.2 COERENZA E CONFORMITÀ

Nell'ambito dell'analisi dell'inserimento urbanistico, si fa notare che i riferimenti normativi di interesse coincidono con quanto indicato al capitolo 11.2 del presente documento. Si richiama nel seguito quanto sopra individuato per semplicità di lettura.

Gli strumenti di pianificazione vigenti sono riassunti nella tabella seguente:

<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 ²	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 12.2.1: Strumenti di Pianificazione ordinaria

Per quanto attiene i citati strumenti di pianificazione, si ritiene che ci sia sostanziale compatibilità tra di essi e gli interventi previsti in progetto.

Per quanto attiene il sistema dei vincoli e delle tutele, si riporta di seguito l'esito della verifica condotta:

² 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

BENI CULTURALI

Il riferimento è dato dalla parte seconda del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.. Il riscontro effettuato non ha evidenziato l'interessamento diretto di Beni Culturali nell'ambito del territorio all'interno del quale ricadono le opere in progetto.

BENI PAESAGGISTICI

Il riferimento in questo ambito è dato dalla terza parte del D. Lgs. 42/2004 e s.m.i. e segnatamente dagli articoli 136 "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico", 142 "Aree tutelate per legge", 143 "Piano paesaggistico". In questo ambito ci sono delle aree di interesse e nello specifico si tratta di:

- Art. 142, comma 1, lettera b);
- Art. 142, comma 1, lettera c);
- Art. 142, comma 1, lettera g);
- Art. 143, beni da piano paesaggistico;

AREE NATURALI PROTETTE AI SENSI DELLA L. N. 394/1991 E DELLA L.R. N. 31/89 ED AREE DELLA 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).

AREE SOGGETTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO AI SENSI DEL RD 3267/1923

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

12.3 CONCLUSIONI

Riguardo ai 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, i cui riferimenti sono dati nel paragrafo 12.2 del presente volume, sussistono dei rapporti intercorrenti tra le aree soggette a tutela e le aree interessate dagli interventi di progetto: i dettagli sono dati nel vol. 11 di 13 del presente progetto di Fattibilità Tecnico Economica. Tuttavia a tal proposito si riprende quanto già anticipato nell'introduzione del presente capitolo: le opere in progetto si configurano come intervento su un'infrastruttura esistente e quindi non comportano variazione dei rapporti di interrelazione tra l'opera stessa e le aree sottoposte a tutela.

13 RELAZIONI DI INCIDENZA

13.1 INTRODUZIONE

Il DPR 357/97 così come modificato dall'art. 6 del DPR 120/2003, e definito dal D.Lgs 104/2017 all'art. 5, comma 1, lett. b-ter), del D.Lgs. 152/2006, definisce lo Studio di Incidenza Ambientale (SINCA) come: *"procedimento di carattere preventivo al quale è necessario sottoporre qualsiasi piano o progetto che possa avere incidenze significative su un sito o su un'area geografica proposta come sito della rete Natura 2000, singolarmente o congiuntamente ad altri piani e progetti e tenuto conto degli obiettivi di conservazione del sito stesso"*.

La Repubblica Italiana ha emesso delle "Linee guida nazionali per la Valutazione di Incidenza (VIInCA) – Direttiva Habitat 92/43/CEE art. 6, paragrafi 3 e 4" (pubblicate su Gazzetta Ufficiale n.303 del 28 dicembre 2019).

Per ottemperare a quanto riportato dalla normativa nazionale e comunitaria, lo studio contiene informazioni sulla localizzazione e caratteristiche del progetto e sulla stima delle potenziali interferenze dello stesso in rapporto alle caratteristiche degli habitat e delle specie tutelati nei siti Natura 2000. In tale contesto, il presente documento è basato sull'analisi della vincolistica presente nella pianificazione territoriale di settore, degli studi bibliografici, sulle informazioni derivabili dai Formulari Standard Natura 2000, dai Piani di Gestione e dalle Misure di Conservazione dei siti Natura 2000 e sul Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE.

Per i dettagli si rimanda al vol. 12 di 13 del presente progetto di Fattibilità Tecnico Economica.

13.2 METODOLOGIA

Il quadro di riferimento normativo è riassunto nel manuale "Gestione dei siti Natura 2000 - Guida all'interpretazione dell'articolo 6 della Direttiva Habitat 92/43/CEE" che ha sostituito la precedente versione del 2002.

Tale manuale prevede una precisa metodologia di riferimento che si articola attraverso tre livelli di analisi, come da figura seguente:

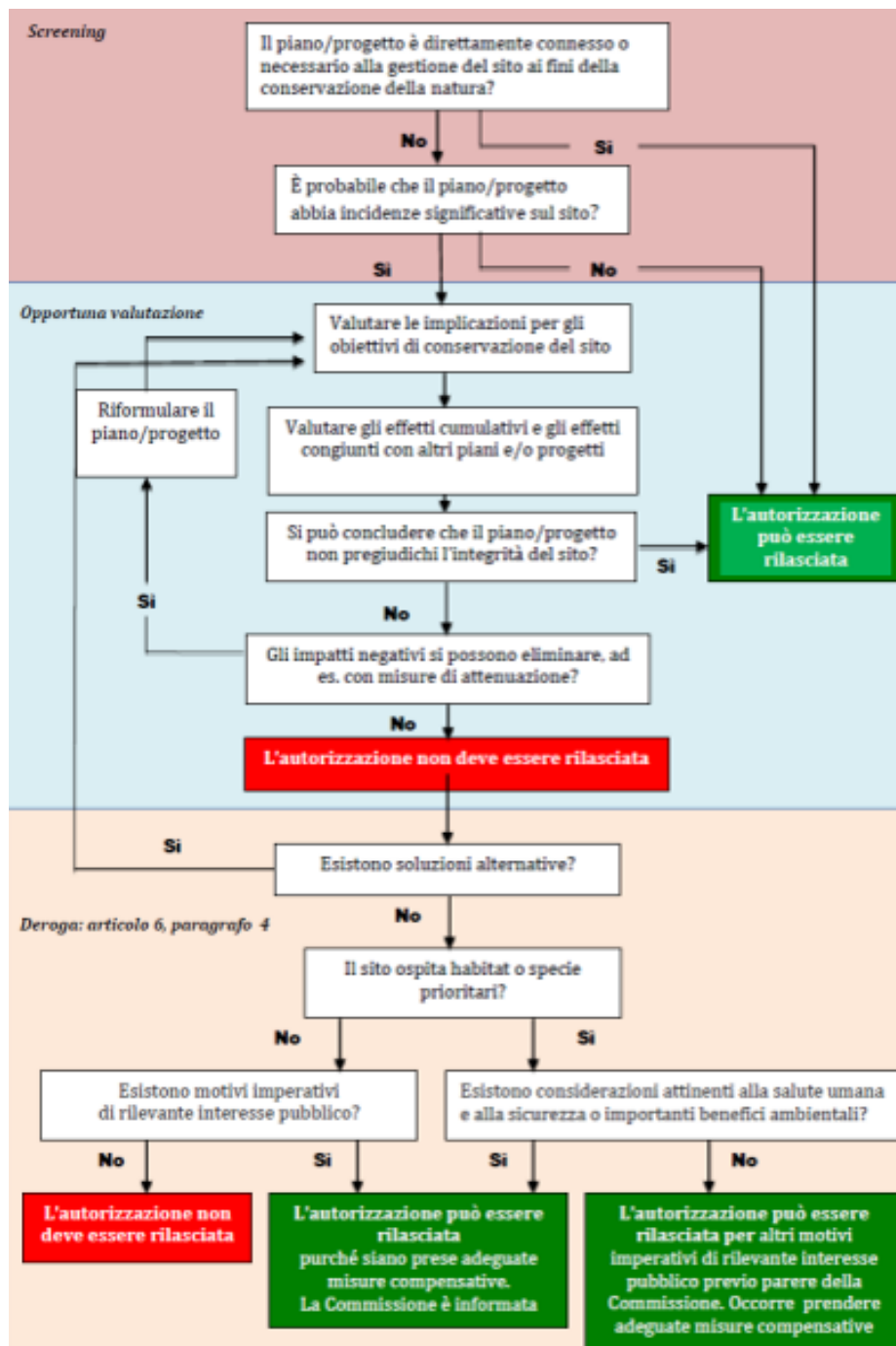


Figura 13.2.1: Livelli della Valutazione di Incidenza nella "Guida all'interpretazione dell'articolo 6 della direttiva 92/43/CEE (direttiva Habitat)" C(2018) 7621 final (GU 25.01.2019)

Nello specifico, il primo livello di analisi (**Livello I**), ovvero lo **Screening**, ha lo scopo ben preciso di verificare l'esistenza o l'assenza di effetti significativi sui siti Natura 2000 interessati direttamente o indirettamente da un piano/progetto. Pertanto, in questa fase occorre determinare se il piano o il progetto sono direttamente connessi o necessari alla gestione dei siti e, in secondo luogo, se è probabile avere un effetto significativo su di loro.

La seconda fase di lavoro (**Livello II**) è riferita alla **Valutazione Appropriata** dei siti Natura 2000 per i quali, sulla base delle valutazioni svolte nella precedente fase di screening, è risultato necessario condurre un

approfondimento sulle possibili interazioni con l'opera in progetto. Obiettivo della fase in questione risiede nella stima e valutazione dell'incidenza del piano/progetto sull'integrità dei siti Natura 2000, anche congiuntamente ad altri piani/progetti e tenendo conto degli obiettivi di conservazione dei siti, e, qualora detta incidenza risulti negativa, nella determinazione delle misure di mitigazione appropriate atte ad eliminare o a limitare tale incidenza al di sotto di un livello significativo.

Qualora, pur a fronte delle mitigazioni previste, il giudizio sull'incidenza permanga negativo, è possibile consentire **deroga all'art. 6, paragrafo 4 della Direttiva Habitat in presenza di determinate condizioni (Livello III)** che comprendono l'assenza di soluzioni alternative, l'esistenza di motivi imperativi di rilevante interesse pubblico prevalente (IROPI), inclusi motivi di natura sociale ed economica, per la realizzazione del progetto e l'individuazione di misure compensative necessarie a garantire che la coerenza globale della Rete Natura 2000 sia tutelata.

In tale contesto, la proposta dovrà essere analizzata sulla base della soluzione con minore interferenza sui siti Natura 2000 potenzialmente interessati dal piano/progetto, facendo prevalere il valore della biodiversità rispetto alle tipologie di proposte, come richiesto dalla Direttiva Habitat.

Nel progetto di Fattibilità Tecnico Economica SP ha proceduto con l'analisi di livello I, sulle risultanze della quale si è implementato il livello II.

13.3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

13.3.1 BIOCLIMA E VEGETAZIONE

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).

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*.

Integrando la classificazione ecologica adottata con la cartografia delle serie di Vegetazione e le conoscenze sull'uso e copertura del suolo si possono ottenere valide indicazioni circa la vegetazione reale dell'area. 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.

13.3.2 RETI ECOLOGICHE, ECOSISTEMI E ASPETTI FAUNISTICI

L'elevato grado di isolamento geografico della zona della diga di Medau conferisce al sito 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. Il Piano Paesaggistico Regionale norma la gestione dei paesaggi 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. Tale piano definisce anche 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.

L'area oggetto di intervento ricade all'interno della ZSV 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.

Le figure seguenti mostrano l'inquadramento della zona di progetto sotto il profilo degli ecosistemi e degli strumenti per la loro tutela:

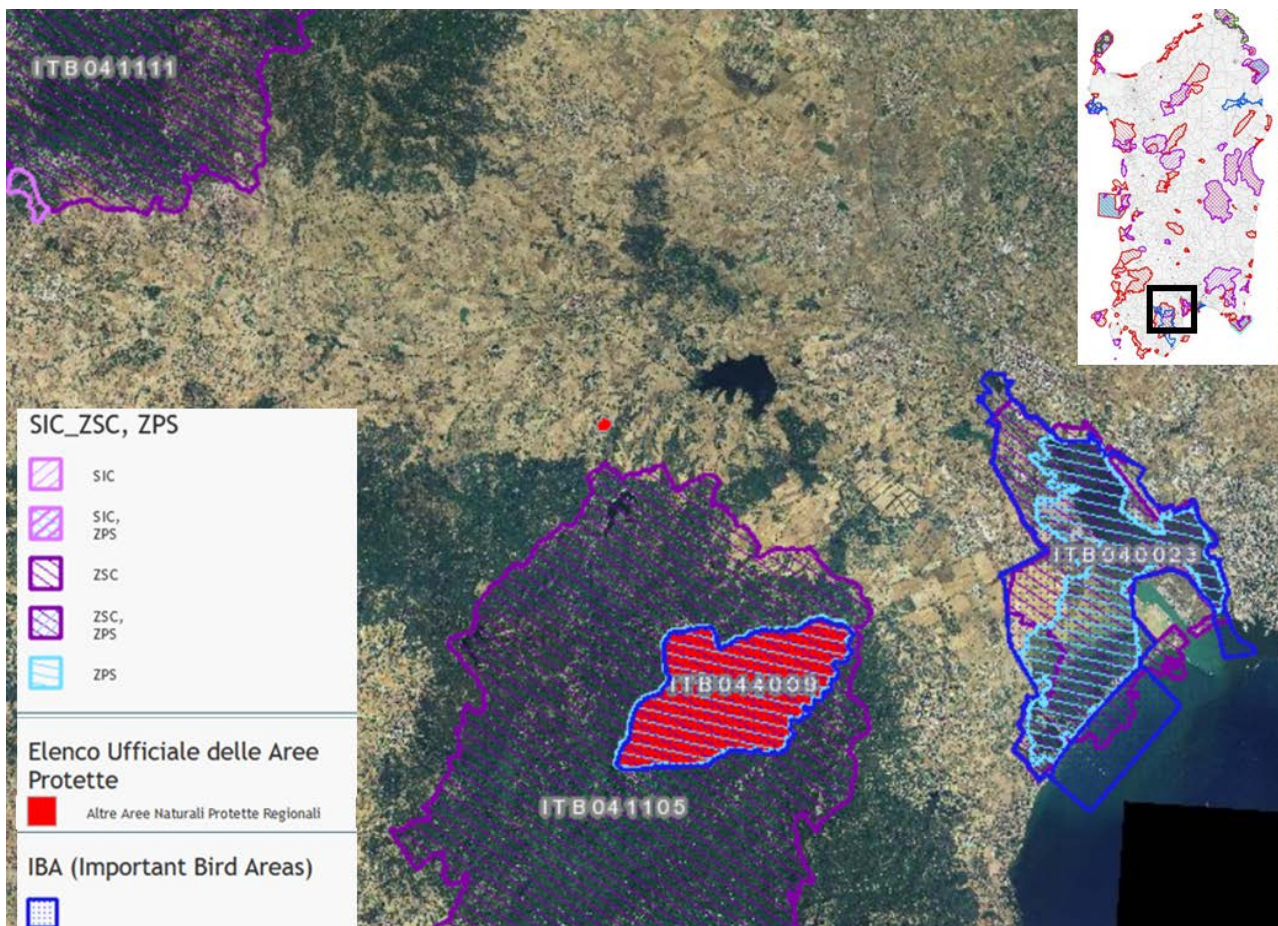


Figura 13.3.1: Aree Naturali Protette (Fonte: Portale Cartografico Nazionale, MATTM)

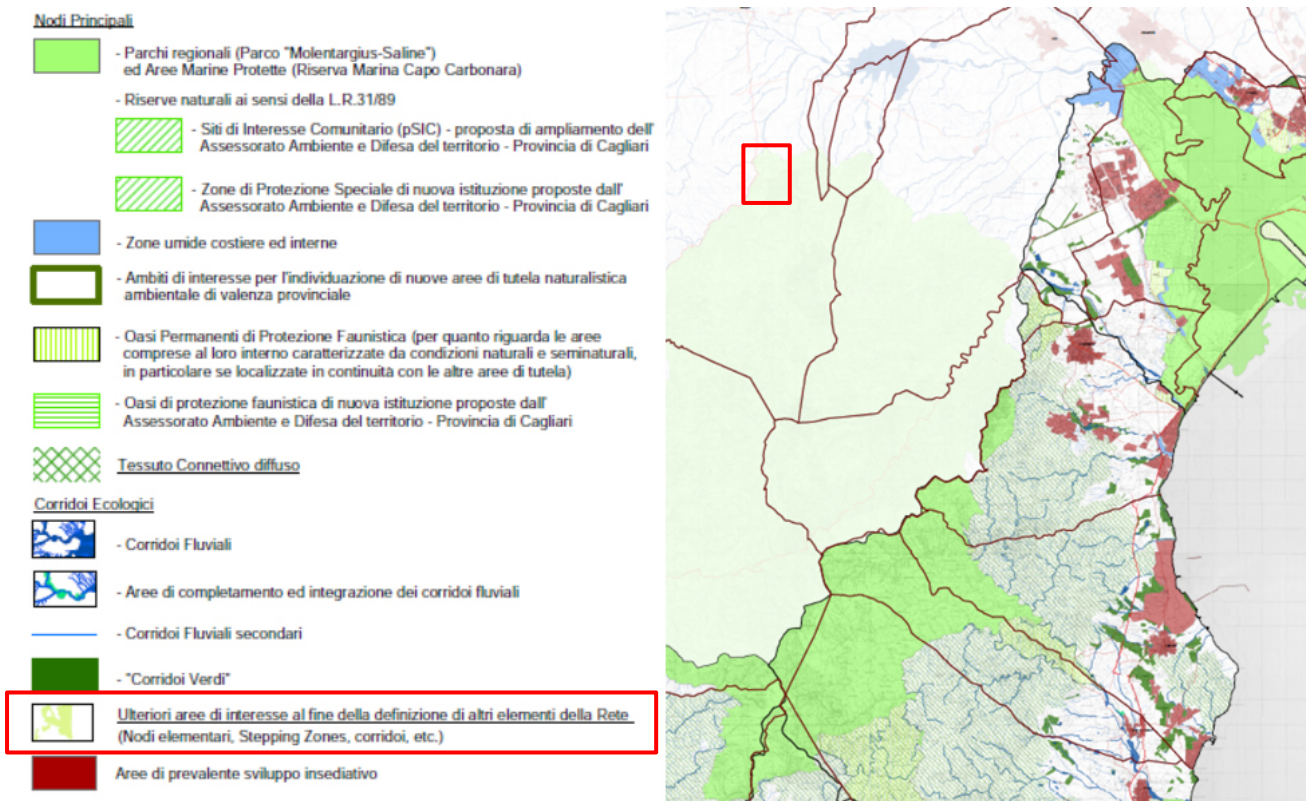


Figura 13.3.2: Elaborato 08a Promozione della Rete Ecologica Regionale (Fonte: Piano Urbanistico Provinciale di Cagliari - Variante in adeguamento al PPR - primo ambito omogeneo: fascia costiera)

La zona di intervento mostra aspetti caratteristici sotto diversi profili, che vengono raggruppati nel seguente elenco, rimandando al vol. 12 di 13 per la loro completa descrizione e definizione:

- o Ecosistemi naturali;
- o Ecosistemi delle aree umide;
- o Agroecosistemi;
- o Ecosistemi urbani;

13.4 SCREENING LIVELLO 1

L'obiettivo di questa prima analisi è di valutare se sussistano effetti significativi determinati dall'opera in progetto sui siti di Natura 2000.

In questa prospettiva, gli aspetti metodologici che occorre preventivamente definire attengono a:

- o delimitazione del campo spaziale di indagine, concernente l'individuazione della porzione territoriale entro la quale è lecito ritenere che possano riflettersi gli effetti originati dall'opera presa in esame;
- o definizione dei tipi di incidenza ed individuazione della correlazione intercorrente con le tipologie di impatto determinate dall'opera in progetto;
- o definizione dei criteri di valutazione della significatività dell'effetto.

Nel seguito si mostrano sinteticamente le risultanze delle attività di cui sopra.

INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO DI STUDIO E DEI SITI NATURA 2000

Delimitando l'analisi alle zone ricomprese entro 3 km dall'intervento in progetto è stata individuato un sito appartenente alla rete Natura 2000: la ZSC ITB041105 "Foresta di Monte Arcosu".

DESCRIZIONE DEL SITO NATURA 2000

La ZSC Foresta di Monte Arcosu si colloca nella regione sud occidentale della Sardegna, si estende per una superficie di 30.369 ha, e ricade nel territorio amministrativo delle province di Cagliari e di Carbonia-Iglesias e di 13 comuni. Gli agglomerati urbani ricadono tutti in un raggio di circa 10 Km dal confine della ZSC. il più vicino è l'abitato di Nuxis che dista meno di 1 Km dalla linea perimetrale mentre a distanza di 10 Km si trova l'abitato di Assemini.

Il sito è caratterizzato da vallate ampie e pianeggianti e da vallate profonde e strette poggianti su graniti tardo ercinici, con processi filoniani. L'idrografia di superficie è caratterizzata da fiumi a prevalente regime torrentizio. Il Clima è Mesomediterraneo inferiore secco e secco-subumido. L'attuale situazione forestale è il risultato di pregresse azioni non regolamentate, come tagli per il legnatico, pascolo e incendi. Le formazioni forestali ed arbustive si presentano essenzialmente con stadi transitori del climax vegetale e soltanto in poche aree si trovano stadi maturi della successione. La macchia mediterranea, caratterizzata da specie sempreverdi sclerofille e malacofille costituisce l'aspetto più diffuso della vegetazione a basse altitudini. La spiccata mediterraneità dell'area è data da una elevata percentuale di terofite ed un grado di copertura forestale elevato con vaste leccete, sugherete e macchie evolute. E' anche presente una percentuale elevata di geofite,

apparentemente legata all'uso antropico del territorio, in particolar modo alla pratica degli incendi (soprattutto nei settori pedemontani) e alle attività di tipo silvopastorale. Significativa è anche la percentuale di idrofite, localizzate essenzialmente lungo i torrenti e presso le sorgenti. Le formazioni di ontano sono ben strutturate e ben conservate e costituiscono nella gran parte dei casi vere e proprie foreste-galleria. Le foreste sarde di *Taxus baccata* sono, anche se circoscritte e a struttura aperta, molto importanti in quanto sono tra le più meridionali del territorio sardo. I gineprei a *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* che normalmente vivono esposti al mare, qui si trovano all'interno costituendo fitte cenosi. Il sito ospita inoltre un contingente di specie endemiche e di importanza biogeografica di indubbio valore. Dal punto di vista faunistico, la sua importanza è data dalla presenza di numerose specie di interesse comunitario, tra cui spiccano il Cervo sardo, l'Aquila reale, l'Astore di Sardegna e diverse specie di Chiroteri.

TIPOLOGIE DI EFFETTI GENERATI DAL PROGETTO SU HABITAT E SPECIE DI INTERESSE COMUNITARIO

L'identificazione delle tipologie di effetti costituisce il punto di arrivo delle Azioni di progetto, funzionale alle successive attività di verifica della presenza/assenza di effetti significativi (Livello I) per cui si ritiene necessario o no procedere con le successive fasi di valutazione.

Tale identificazione deve essere declinata in base a due fasi distinte che si sottolinea di seguito:

- o Fase di esecuzione vera e propria, si sottolinea che la stessa è limitata temporalmente alla finestra temporale Aprile – Ottobre come mostrato vol. 8 e 9 di 13 del presente documento;
- o Fase di esercizio, in cui il parametro fondamentale introdotto dall'intervento di progetto sarà l'innalzamento del livello idrico del bacino;

Si rimanda al volume dedicato (12 di 13) del presente documento per la descrizione delle attività svolte alla luce dei due momenti distinti sopra individuati.

ESITO DELLO SCREENING

SP non può escludere che le azioni di progetto possano comportare effetti significativi sul sito Natura 2000 ZSC ITB041105 "Foresta di Monte Arcosu".

Vista anche la delicatezza dell'area, si è deciso di proseguire con il livello II dell'analisi.

13.5 VALUTAZIONE APPROPRIATA LIVELLO II

L'analisi si è svolta attraverso un approfondimento delle informazioni alla presenza di specie faunistiche di interesse conservazionistico basandosi in particolare sull'analisi degli elaborati del Piano di gestione della ZSC e sulle fonti bibliografiche esistenti.

Gli habitat e le tipologie di specie faunistiche rilevate dall'analisi sono stati confrontati e selezionati sulla base delle Misure di Conservazione sito-specifiche, in quanto ritenuti maggiormente significativi per il mantenimento del giudizio di integrità del sito Natura 2000. Per ultimo, come richiesto dalle Linee guida nazionali, alle specie di importanza comunitaria è stata associata una valutazione della significatività dell'incidenza (nulla, bassa, media, alta) sulla quale si è conclusa la valutazione di incidenza.

HABITAT

Come primo passo dell'analisi di incidenza si è preso atto degli aggiornamenti del Formulario Standard del sito apportati all'elenco degli habitat ad opera del Piano di Gestione. Dall'aggiornamento del 2019 del piano di Gestione della ZSC si evince come gli habitat siano rimasti sostanzialmente invariati, ad eccezione dell'inserimento dell'habitat 8310 "Grotte non ancora sfruttate a livello turistico".

Il Piano di Gestione fornisce una sintetica descrizione di ciascun habitat e del relativo stato di conservazione.

Si riportano di seguito gli habitat registrati:

- o 5210 – Matorral arborescenti di *Juniperus* SPP;
- o 5330 – Arbusteti Termo-mediterranei e pre-desertici;
- o 9320 – Foreste di *Olea* e *Ceratonia*;
- o 9340 – Foreste di *Quercus Ilex* e *Quercus Rotundifolia*;

SPECIE FAUNISTICHE

Per quanto riguarda gli aggiornamenti del Formulario Standard questi riguardano adeguamenti rispetto agli uccelli migratori e l'aggiornamento delle stime della popolazione per l'Aquila reale e l'Astore sardo.

Per quanto riguarda la componente faunistica l'elenco delle specie è stato integrato con l'inserimento tra i mammiferi elencati nell'allegato II della Direttiva Habitat del *Rhinolophus mehelyi* (Mucedda et al., 2018; RAS - Servizio di predisposizione delle misure di conservazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) della Rete Natura 2000 in Sardegna – SIC ITB041105 Foresta di Monte Arcosu) mentre la specie *Myotis punicus* è stata eliminata dall'elenco delle specie inserite nell'allegato II della Direttiva Habitat e viene riportata unicamente tra le specie importanti dal punto di vista conservazionistico in quanto elencata solo nell'allegato IV della Direttiva habitat.

Tra le specie importanti sono stati inoltre inserite altre specie di pipistrelli e oltre all'aggiornamento relativo ai chiroteri il quadro della mammalofauna presente nel sito ha visto l'inserimento di ulteriori 3 taxa: *Vulpes vulpes*, *Dama dama* e *Sus scrofa meridionalis*.

L'analisi delle fonti bibliografiche ha consentito inoltre di incrementare le specie di micromammiferi segnalate per l'area in oggetto.

Per quanto riguarda l'erpetofauna l'aggiornamento ha riguardato l'inserimento di 5 nuove specie: *Euleptes europaea*, *Algyroides fitzingeri*, *Chalcides ocellatus*, *Podarcis sicula* e *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. In particolare, la presenza della testuggine palustre europea nel sito è probabilmente potenziale, in quanto non esistono dati di letteratura (Sindaco et al., 2006; SHI in Ruffo & Stoch, 2007; Corti et al., 2010; Salvi & Bombi, 2010; DePous, et al., 2012).

Per le specie di invertebrati sono state inserite le specie *Papilio hospiton* e *Cerambyx cerdo* specie entrambe elencate negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE). Le informazioni relative alla presenza di queste due specie di invertebrati di interesse conservazionistico provengono dalla cartografia regionale relativa alla distribuzione della fauna protetta.

Per la classe dei pesci non si riportano aggiornamenti se non la valutazione puntuale circa lo stato di conservazione della trota macrostigma (*Salmo trutta macrostigma*) che è potenzialmente interessata dagli interventi in esame. Difatti, una delle pressioni segnalate dal PdG è legata alle interruzioni fluviali (dighe, briglie, guadi carrabili), che non consentono lo spostamento della fauna ittica (*Salmo cetii*) verso le zone più elevate dei rii dove sono presenti le aree riproduttive più idonee. Lo stesso PdG però sottolinea come la presenza della diga sul Rio de su Casteddu abbia un effetto positivo per la fauna ittica, infatti proprio la trota sarda 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) come si evince dalla tabella che segue estratta dall'aggiornamento del PdG.

Si rimanda al vol. 12 di 13 per la descrizione più dettagliata in merito ai relativi stati conservazione, indicazioni gestionali ed indicazioni del piano vigente in riferimento alla tipologie di fauna individuate.

ANALISI DI INCIDENZA

Così come definito in fase di Screening ed alla luce dell'approccio descritto in merito ai criteri di Valutazione Appropriata, è possibile ipotizzare, per l'area in esame, che i potenziali effetti sugli habitat e sulle specie faunistiche di interesse comunitario siano riconducibili prevalentemente alla fase di cantierizzazione, in quanto la fase di esercizio non comporta sottrazione di superficie di habitat comunitario e, in base alle ultime analisi, della fauna ittica.

La fase di cantiere comporta due tipi di effetti:

- Il primo legato al disturbo alla fauna causato dalle lavorazioni che possono avere influenza su un'area di circa 3 km per quanto riguarda l'emissione di polveri in atmosfera e di circa 500 mt per quanto riguarda le emissioni sonore (oltre i 500 mt si prevede un livello di emissioni inferiore ai 50 dB(A)). Come anticipato in fase di Screening, tali effetti, oltre ad essere temporanei, risultano mitigabili attraverso l'adozione di soluzioni progettuali atte a limitarne l'intensità durante le lavorazioni.
- Il secondo riguarda un tema più sensibile, in quanto la fase 0, ossia le attività propedeutiche all'avvio delle lavorazioni, comporta il parziale svuotamento del bacino idrico e dunque una riduzione di un ambiente al quale sono legate numerose specie faunistiche. Riguardo questa ultima osservazione, si è sottolineata la presenza della *Salmo trutta macrostigma*, una specie tutelata a livello comunitario e che, a differenza di altre specie non legate alla presenza d'acqua (ad esempio l'avifauna), non può spostarsi dall'invaso. Riguardo tale specie, osservando le sue caratteristiche ecologiche, si nota come le lavorazioni non coincidano con la sua fase riproduttiva che si verifica in inverno, bensì comportano un effetto negativo per la permanenza della specie durante il periodo di secca che vede poca acqua nei fiumi di montagna e vede la trota rifugiarsi nel bacino di Medau Zirimilis.

Per quest'ultimo aspetto, è doveroso predisporre un'area di ricovero temporaneo per la fauna ittica interessata.

14 PIANO PRELIMINARE UTILIZZO TERRE IN SITO

14.1 INTRODUZIONE

Il presente capitolo è stato redatto in esito alla necessità espressa dal Ministero della Transizione Ecologica di sottoporre il presente Progetto alla verifica di Assoggettabilità a VIA, come comunicato con nota protocollo n. 0040813 da Regione Sardegna.

A tal fine, SP ha provveduto a redigere il Piano Preliminare Utilizzo Terre in Sito, Vol. 13 di 13 della presente relazione. Si riassume nel seguito il contenuto del predetto piano.

14.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La norma di riferimento iniziale è il Testo Unico Ambiente, D. Lgs 152/2006 e s.m.i. che ha abrogato e sostituito il D. Lgs. 22/1997.

La Parte Quarta del citato D. Lgs. dispone che la gestione dei rifiuti – nodo strategico nella protezione ambientale – avvenga secondo i principi europei di precauzione, di prevenzione, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione dei soggetti coinvolti. In particolare il dettato normativo indica una scala di priorità con al primo posto la riduzione dei rifiuti, in secondo luogo il riutilizzo / reimpiego / riciclaggio e, di seguito, il recupero di materia e di energia. Lo smaltimento finale dei rifiuti, in particolare la discarica, deve essere considerata una possibilità residuale.

Lo stesso decreto individua, inoltre, gli ambiti di esclusione dalla disciplina dei rifiuti, che riguardano le seguenti fattispecie:

- le sostanze indicate nell'art. 185.
- i sottoprodotti di cui all'art. 184-bis;
- le sostanze e/o gli oggetti recuperati di cui all'art. 184-ter;

I materiali da scavo di progetti sottoposti a VIA, pertanto, devono seguire una procedura specifica che prevede la redazione di un Piano di Utilizzo ai sensi della normativa, al fine di poter considerare le Terre e Rocce da scavo come sottoprodotti, escludendoli dal regime dei rifiuti.

Quanto deve essere dimostrato non è altro che la rispondenza alle quattro condizioni imposte dal 184-bis:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Qualora una delle sopracitate condizioni non venga rispettata, si rientra nel regime dei rifiuti.

In linea generale occorre far notare come la materia delle Terre e Rocce da scavo sia oltremodo articolata e come la scelta della corretta procedura da seguire sia un'attività complessa in relazione a tutte le casistiche che possono verificarsi, soprattutto nei progetti infrastrutturali complessi.

Il Legislatore ha effettuato una semplificazione al fine di chiarire le procedure da seguire. A tale scopo è stato emanato in data 13/06/2017 il DPR n. 120 pubblicato su G.U. del 07/08/2017 che riordina il citato quadro normativo pur mantenendone i principi generali, effettuando quindi una semplificazione delle procedure mantenendo però gli stessi principi normativi che sono alla base delle sopra richiamate procedure. Stante tale articolato quadro e le modifiche introdotte dal citato DPR dal punto di vista procedurale, è comunque possibile effettuare una schematizzazione delle diverse casistiche, ovvero le tipologie a cui possono essere ricondotte le terre da scavo:

- Suolo: ai sensi dell'articolo 185 del D.Lgs. 152/2006 seguendo quanto disposto e modificato dalla L. 98/2013, applicando quanto previsto dal Titolo IV del citato DPR n. 120;
- Sottoprodotti: ai sensi dell'articolo 184-bis del D.Lgs. 152/2006 applicando quanto previsto dal Titolo II del citato DPR n. 120;
- Rifiuti recuperati: ai sensi dell'articolo 184-ter del D.Lgs. 152/2006 applicando quanto previsto dal D.M. 5/2/98.

Occorre far notare come il citato DPR introduca una modifica sostanziale nell'approccio normativo: viene introdotto il tema del silenzio assenso per i progetti non sottoposti a VIA: ovvero l'autorità competente ai controlli, una volta notificata in merito all'inizio di determinate attività, dispone di un lasso di tempo entro il quale effettuare i controlli prescritti, terminato il quale l'autorizzazione si ritiene rilasciata.

Per i dettagli relativi alle modifiche introdotte e agli iter da seguire, si rimanda al vol. 13 di 13 della presente relazione.

Si riporta di seguito il diagramma di flusso dell'applicabilità dei riferimenti normativi al progetto in parola.

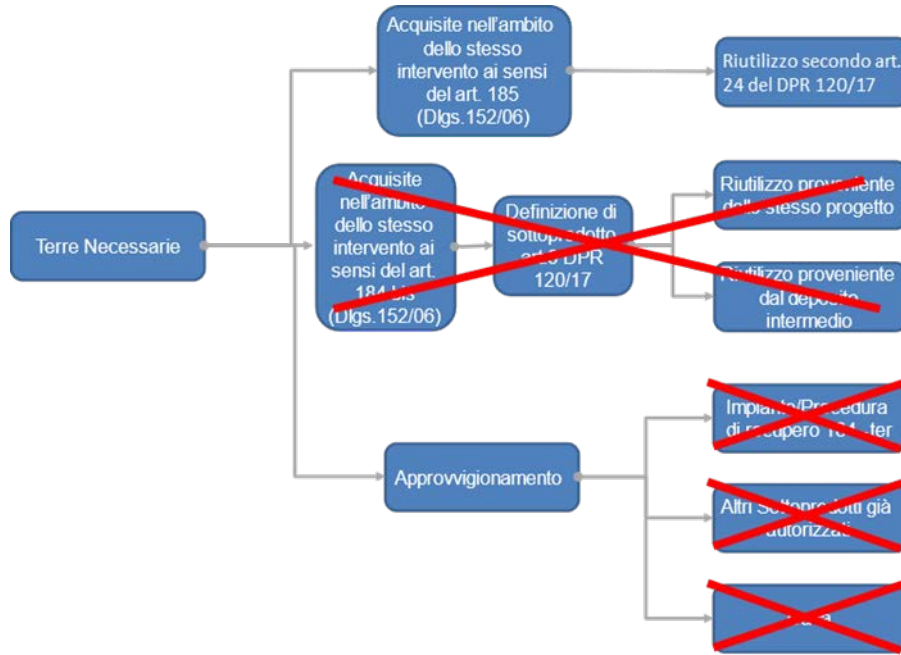


Figura 14.2.1: Casistica applicata – Terre necessarie

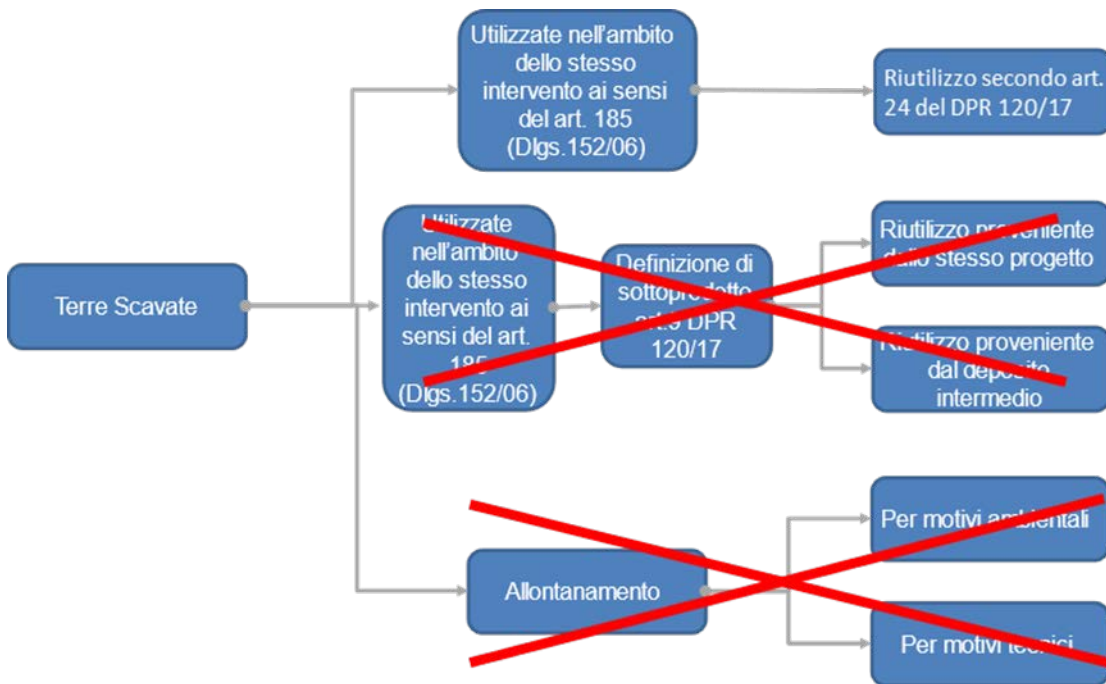


Figura 14.2.2: Casistica applicata – Terre scavate

Per quanto attiene gli inquadramenti territoriale, geologico e idrologico, si rimanda rispettivamente ai paragrafi 11.3, 13.3 e 5.3 della presente relazione, nonché al vol. 13 di 13 per quanto di attinenza al piano preliminare di utilizzo terre in sito.

14.3 CARATTERIZZAZIONE E BILANCIO TERRE

La caratterizzazione e il bilancio terre sono i due punti nevralgici del piano di utilizzo terre in sito.

SP, in esito all'analisi condotta, individua alcuni punti di campionamento, coerentemente con i vincoli normativi (allegato 2 DPR 120/17) e con la realtà progettuale, come mostrato nella figura seguente:

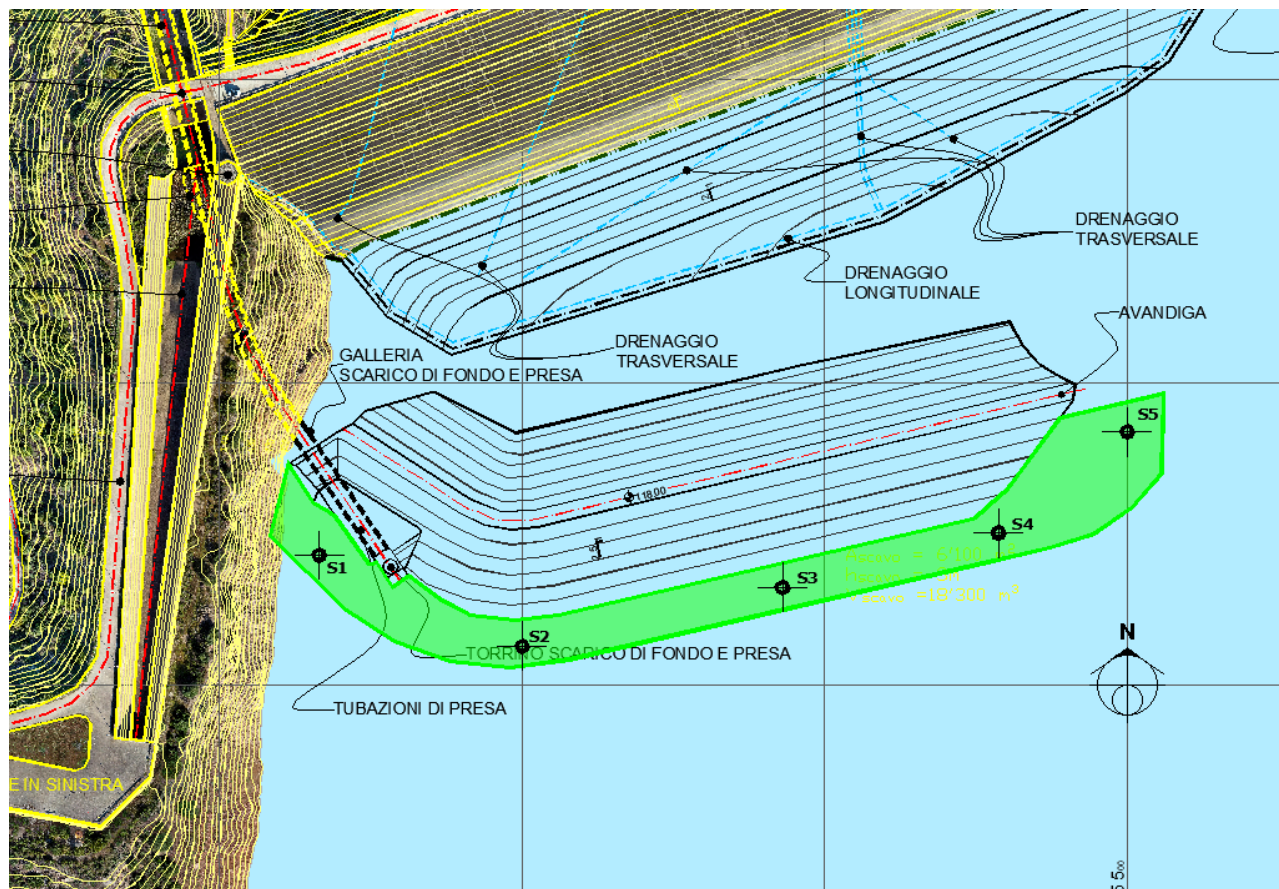


Figura 14.3.1: Punti di campionamento

Sui campioni individuati, verranno condotte analisi di laboratorio volte all'individuazione dei seguenti parametri chimici:

- As, Cd, Co, Cu, Cr totale, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Zn ;
- idrocarburi pesanti con C>12;
- amianto;

I risultati analitici saranno confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla colonna B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006, limiti di riferimento più restrittivi in considerazione della necessità di effettuare riempimenti all'interno dell'impronta di progetto.

In relazione al bilancio dei materiali si prevede la movimentazione dei seguenti materiali.

Fabbisogni	
Materiale	Volume
Terre per riempimenti e rimodellamenti	18.000 mc
Terre per avandiga ed interventi di rimodellamento	21.650 mc

Tabella 14.3.1: Fabbisogno terre

Produzioni	
Materiale	Volume
Terre e rocce da scavo	21.540 mc

Tabella 14.3.2: Produzione terre

Stante il quadro sopra riportato è possibile coprire quota parte dei fabbisogni di terre utilizzato il materiale scavato nell'area. In particolare, saranno riutilizzate circa 21.540 mc ai sensi dell'art. 24 del DPR 120/17.

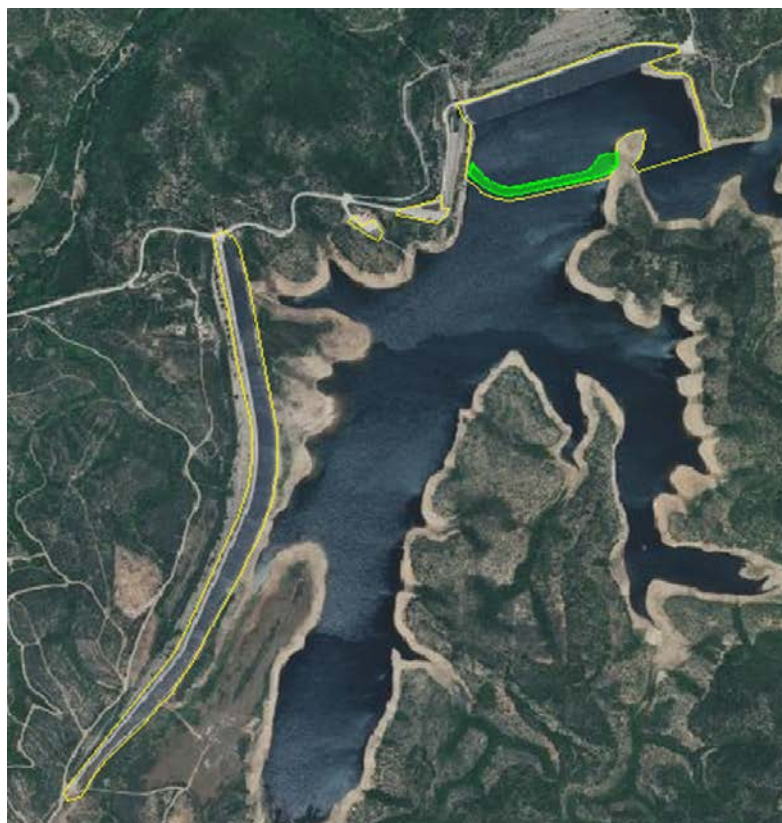
Riutilizzi – Art. 24 DPR 120/17	
Materiale	Volume
Terre e rocce da scavo per rimodellamenti	21.540 mc

Tabella 14.3.3: Bilancio terre

In relazione alle aree di cantiere, quella relativa all'utilizzo delle terre è in prossimità del corpo della diga ed ha una misura di circa 10.000m².

Tale area sarà quindi utilizzata anche per l'accantonamento temporaneo delle terre scavate, le quali pertanto non usciranno dall'area di cantiere ne attraverseranno viabilità pubblica.

Le aree scavate nella parte verde dell'immagine sottostante saranno poi riutilizzate per il riempimento della stessa area una volta terminate le lavorazioni previste dal progetto

**Legenda:**

- Confine aree di cantiere
- Area di produzione e riutilizzo Terre

Figura 14.3.2: Aree di produzione e riutilizzo terre

Per le modalità di scavo si rimanda al vol. 13 di 13 della presente relazione.