

Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agro-Pastorale



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
ORISTANO



PROGETTO ESECUTIVO

CUP - CAT. P0418

*Interventi di manutenzione straordinaria per la messa in sicurezza
dello sbarramento collinare in localita' "Mura Cabonis"
in agro di Milis*

Elaborato:

Relazione paesaggistica

All. G

n° prog.

Coordinatore per la progettazione
ing. Massimo Sanna

V. il Resp. del procedimento
ing. Roberto Sanna

Gruppo di progettazione
Studio Chiarini Associati
ing. Gian Luca Zuddas
geol. Simone Manconi
ing. Andrea Murrancu

Scala

Data giugno 2021

Rev. 2

Sommario

1	Premessa	2
2	Iter istruttorio del progetto	3
3	Descrizione dello sbarramento	5
4	Inquadramento territoriale	6
5	Stato attuale dell'area di intervento	13
6	Interventi ed opere previste nel progetto	20
6.1	Impermeabilizzazione del paramento di monte mediante la realizzazione di un manto superficiale di tenuta in conglomerato bituminoso	20
6.2	Adeguamento in quota del coronamento e risagomatura dei paramenti dello sbarramento	23
6.3	Adeguamento dello sfioratore superficiale e del canale di imbocco	23
6.4	Rifacimento del canale fuggatore	23
6.5	Canale di drenaggio	24
6.6	Scarico di fondo	24
6.7	Strumentazione di monitoraggio	25
6.7.1	Piezometri	25
6.7.2	Mira	25
6.7.3	Idrometro	26
6.8	Interventi ed opere di progetto complementari	26
6.8.1	Misuratori di portata ed elettrovalvole	26
6.8.2	Installazione sul coronamento di nuovi parapetti dotati di corpi illuminanti	26
6.8.3	Illuminazione del corpo diga e del sentiero di accesso alla camera di manovra	27
6.8.4	Cartelli monitori	28
6.8.5	Linea elettrica e digitale	28
6.8.6	Modifica livelletta stradale	29
7	Simulazione fotorealistica delle opere di progetto	30
8	Effetti conseguenti alla realizzazione degli interventi di progetto	34

1 Premessa

L'Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agro-Pastorale, nel Programma di sviluppo Rurale 2014 -2020- ha pubblicato il bando per la presentazione delle domande di sostegno relative alla Misura 4 "Investimenti in immobilizzazioni materiali" Sottomisura 4.3" Sostegno a investimenti nell'infrastruttura necessaria allo sviluppo, all'ammodernamento e all'adeguamento dell'agricoltura della silvicoltura".

La sottomisura ha come obiettivo quello di rendere più efficiente l'uso dell'acqua in agricoltura attraverso il risparmio idrico, grazie alla diminuzione delle perdite, e attraverso la realizzazione di investimenti che incidano sulla capacità di accumulo delle acque ai fini irrigui.

Le operazioni finanziate con la sottomisura 4.3.2 riguardano l'ammodernamento, il miglioramento e l'ampliamento di infrastrutture esistenti, nonché la messa in sicurezza dei bacini di accumulo.

In tal modo sarà possibile realizzare su larga scala un sistema di infrastrutture idriche che possano interessare tutto il territorio regionale.

2 Iter istruttorio del progetto

Il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese ha presentato la domanda di sostegno in data 28.02.2018, avente per oggetto la messa in sicurezza dell'invaso di "Mura Cabonis nel comune di Milis.

Con determinazione del Distretto di Servizio Archiviazione Pagamenti e Controlli FEASR, n.4451 del 08.08.2018 è stata approvata la graduatoria Unica Regionale relativa alla sottomisura 4.3.2.

Tra i soggetti la cui domanda è risultata ammissibile e finanziabile è presente anche quella del Consorzio.

Al Consorzio sono stati assegnati per la redazione del progetto esecutivo 180 giorni e un importo di 1.050.000,00€ per l'esecuzione dei lavori.

Il progetto esecutivo, approntato entro il settembre 2018, è stato trasmesso in data 02.10.2018 al Servizio Opere Idriche e Idrologiche (SOI) dell'Assessorato dei Lavori Pubblici della RAS per la indispensabile approvazione.

Successivamente, esaminati i documenti trasmessi, con la nota n. 43530 del 11.12.2018, il S.O.I. sollecitava una serie di integrazioni e modifiche alla documentazione consegnata.

Nella stessa nota veniva sollecitata la presentazione di un progetto completo di adeguamento e messa in sicurezza dello sbarramento che ha richiesto laboriose indagini specialistiche di carattere geologico, geofisico, e geotecnico.

In data 31.01.2019, il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese trasmetteva il Progetto Esecutivo all'Agenzia Regionale per il sostegno dell'Agricoltura, entro i termini previsti dal bando, allegando una nota con la quale si chiedeva una proroga di 180 giorni.

Tale proroga risultava necessaria al fine di poter ottenere da parte degli Enti competenti le autorizzazioni necessarie all'approvazione del progetto, sulla base di una convocazione di una Conferenza dei Servizi.

In data 29.04.2019 prot. N° 26156 il funzionario di ARGEA incaricato proponeva di accogliere la richiesta del CBO per la presentazione del progetto esecutivo al 03.08.2019.

In data 20.02.2019, redatto il progetto di adeguamento richiesto dal SOI, il C.B.O. indicava specifica conferenza di Servizi decisoria, ai sensi dell'art. 14, c.2, legge n. 241/1990 e s.m.i., da effettuarsi in forma semplificata ed in modalità asincrona ex art. 14-bis, legge n. 241/1990 e s.m.i., al fine di acquisire tutti i pareri necessari per l'esecuzione dell'opera.

Il S.O.I., nei termini previsti per la richiesta integrazioni documentali o chiarimenti, con nota n. 6914 del 28.02.2019, chiedeva sostanziali modifiche al progetto, mostrando inoltre alcune perplessità sulle modalità di intervento proposte. Il procedimento è stato pertanto sospeso in attesa della revisione del progetto.

Il progetto integrato e modificato è stato acquisito dal SOI con prot. N.15285 del 13.05.2019.

Infine, predisposta l'istruttoria, il SOI trasmetteva all'Unità Tecnica Regionale il progetto esecutivo di cui sopra per il parere ai sensi dell'art.31, allegato A, della L.R. 12/20017.

L'Unità Tecnica Regionale, in occasione della seduta del 30 luglio 2019, preso atto e fatte proprie le Prescrizioni individuate nella Monografia Istruttoria predisposta dal SOI, esprimeva parere negativo alla realizzazione delle opere contenute nel progetto trasmesso.

In particolare nel predetto parere era indicato che **«In definitiva non si ritiene che la tecnica del Jet grouting proposta in progetto possa rappresentare una soluzione percorribile per il risanamento dello sbarramento.**

In alternativa, considerato anche lo stato del paramento di monte, che andrà comunque regolarizzato con materiale di granulometria adeguata, si suggerisce l'impiego dei leganti e conglomerati bituminosi che in questi ultimi anni sono stati utilizzati nella realizzazione di impermeabilizzazione degli invasi artificiali e dei paramenti delle dighe. Le miscele bituminose per questo tipo di applicazione, vengono progettate con il principale scopo di fornire protezione agli sbarramenti in terra e garantire l'impermeabilizzazione delle superfici. La tipologia dei materiali e le tecniche di posa sono ovviamente adeguate rispetto alle tradizionali applicazioni in campo stradale per le maggiori complessità che si incontrano nella fase di posa in opera. Il materiale deve essere posato ad elevate temperature (in genere comprese tra i 140 e 160 °C a seconda della classe di bitume) e immediatamente compattato per raggiungere le densità richieste in di progetto. L'inclinazione delle superfici di stesa e i ridotti spazi di manovra implicano l'utilizzo di specifici macchinari ed attrezzature, pertanto sono necessarie specifiche frese, rulli e vibrofinitrici speciali per eseguire lavori di impermeabilizzazione sui paramenti delle dighe.»

Nello specifico i Redattori condividevano le critiche sulla scelta progettuale utilizzata dal CBO per il risanamento dello sbarramento, finalizzate alla riduzione delle infiltrazioni in corpo diga, attraverso la tecnologia del jet-grouting in corpo diga ritenuto intervento invasivo e dagli esiti incerti.

Alla luce di quanto sopra esposto il CBO ha provveduto alla stesura di un nuovo progetto sulla base delle osservazioni e ulteriori prescrizioni formulate da parte dei componenti dell'UTR sul progetto in esame, accogliendo il suggerimento dell'UTR e prevedendo quindi un'impermeabilizzazione del paramento di monte dello sbarramento mediante la realizzazione di uno strato superficiale impermeabile in conglomerato bituminoso.

3 Descrizione dello sbarramento

Il serbatoio, situato in località Mura Cabonis nel comune di Milis (OR), è alimentato dalle acque di supero provenienti dalla presa del Cannargia, e da una adduzione integrativa che preleva le acque dal Canale Adduttore in destra Tirso, le convoglia al serbatoio attraverso due sollevamenti.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dello sbarramento in esame:

- Classificazione in base al L.R. 12/2007: tipologia I – categoria B2
- Classificazione in base al D.M. 26 giugno 2014: b2
- Tipologia costruttiva : diga in materiali sciolti con struttura di ritenuta interna costituita da un nucleo di argilla
- Sviluppo al coronamento circa 200 metri;
- Altezza dello sbarramento : m 9.55;
- Quota coronamento 116.85 s.l.m.
- Quota punto più depresso paramento di valle 107.30 m s.l.m.
- Larghezza coronamento: circa 4.5 m
- Pendenza paramento di monte circa 3/1, ormai irregolare
- Pendenza paramento di valle circa 2/1, ormai irregolare
- Superficie del bacino imbrifero 0.62 Km²
- Portata di massima piena : 13.14 m³/s (Tr= 1000 anni)
- Volume di invaso 70.000 m³
- Quota del coronamento: 116.85 m s.l.m.
- Quota minima superficie di fondazione : 107.30 m s.l.m.
- Quota di massima regolazione: 115.84 m s.l.m.
- Quota di massima piena: 116.33 m s.l.m.
- Franco netto: 0.52 m (semiampiezza d'onda ritenuta pari a m 0.00)
- Scarico di superficie costituito da uno stramazzo a larga soglia in calcestruzzo di lunghezza pari a 26.55 m, situato in sponda sinistra, fuori dal corpo diga, raccordato al canale fagatore sezione trapezia variabile nei primi tratti e rettangolare nel tratto successivo, avente lunghezza di circa 140 m
- Scarico di fondo: DN 250 in derivazione da una condotta DN 350 uscente dal corpo diga. L'originario scarico di fondo del DN 350 è attualmente utilizzato quale presa irrigua, che alimenta il comprensorio di Milis

4 Inquadramento territoriale

Come accennato in premessa, la diga di Mura Cabonis e il suo invaso ricadono all'interno del territorio comunale di Milis, nella provincia di Oristano.

In Figura 4-1 viene riportato uno stralcio di ortofoto con in evidenza i confini comunali. Si può osservare come l'invaso si trovi quasi al confine con i Comuni di Bauladu e di Bonarcado.



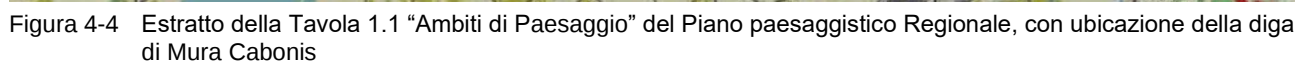
Figura 4-1 Ortofoto dell'area di interesse - in rosso la diga di Mura Cabonis



Figura 4-2 Vista aerea della diga di Mura Cabonis



Il comune di Milis è uno dei 26 comuni del Campidano di Oristano e il suo territorio ricade in parte all'interno dell'ambito di paesaggio n°9 Golfo di Oristano, in parte all'interno dell'ambito di paesaggio n°10 Montiferru e, in parte, all'esterno degli ambiti di paesaggio. In particolare, come si evince dalla Figura 4-4 in cui è riportato un estratto della Tavola 1.1 "Ambiti di Paesaggio" del Piano paesaggistico Regionale, la diga Mura Cabonis è esterna agli ambiti di paesaggio 9 e 10.



Il territorio comunale si estende per una lunghezza di circa 8 km e per una profondità di circa 2 km lungo il corso del Riu Mannu, sulla sponda destra del fiume Tirso. L'area è ricchissima d'acque sorgive, che si raccolgono in numerosi piccoli corsi d'acqua, affluenti del Riu Mannu.

L'area dell'invaso di Mura Cabonis è caratterizzata dalla presenza di numerosi corsi d'acqua naturali frutto di un lungo processo erosivo condotto dalle correnti. Tra questi risulta essere particolarmente interessante il rio Mura Cabonis, identificato come 095027_FIUME_28820 tra gli elementi idrici della Regione Sardegna, perché contribuisce in maniera importante all'invaso della diga. Tale corso d'acqua è un piccolo affluente in sinistra del Rio De Sa Tanca (rio Corongiu), il quale a sua volta è affluente in destra del Riu Mannu.

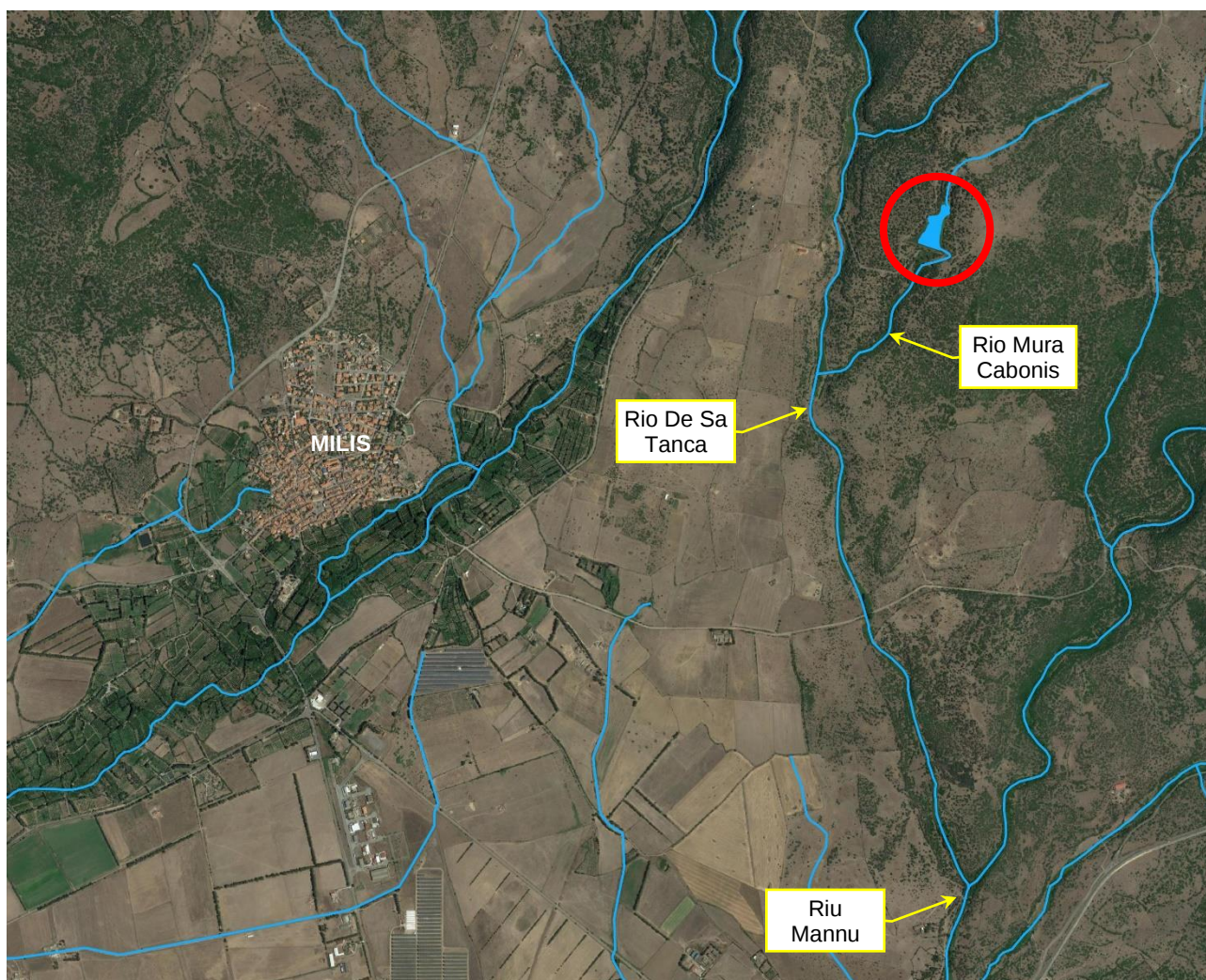


Figura 4-5 Idrografia con indicazione della diga di Mura Cabonis (in rosso)

In Figura 4-6 è rappresentata l'ubicazione dello sbarramento di Mura Cabonis su un estratto della “*Cartografia degli Ambiti di paesaggio costieri – tavola 514_I*” in scala 1:25'000 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con D.G.R. n° 36/7 del 5 settembre 2006, dal quale si evince che il paramento di valle dello sbarramento della diga interessa aree classificate dal P.P.R. come “**Vegetazione a macchia e in aree umide**”, appartenente alle *componenti di paesaggio con valenza ambientale* dei **beni paesaggistici ambientali ex art. 142 del D. Lgs 42/2004**, mentre il paramento di monte ricade all'interno di un'area classificata come “**Laghi naturali, invasi artificiali, stagni, lagune**”, appartenente ai **beni paesaggistici ambientali ex art. 143 del D. Lgs 42/2004**.



BENI PAESAGGISTICI AMBIENTALI EX ART. 143 D.Lgs. N°42/04 e succ. mod.

- Fascia costiera
- Sistemi a baie e promontori, falesie e piccole isole
- Campi dunari e sistemi di spiaggia
- Zone umide costiere
- Aree a quota superiore ai 900 m s.l.m.
- Aree rocciose di cresta
- Laghi naturali, invasi artificiali, stagni, lagune
- Fiumi, torrenti e altri corsi d'acqua

- Praterie e formazioni steppiche
- Praterie di posidonia oceanica
- Aree di ulteriore interesse naturalistico:
 - Aree di notevole interesse faunistico
 - Aree di notevole interesse botanico e fitogeografico
- Grotte, caverne
- Alberi monumentali
- Monumenti naturali istituiti l.r. 31/89

BENI PAESAGGISTICI AMBIENTALI EX ART. 142 D.Lgs. N°42/04 e succ. mod.

- Parchi e aree protette nazionali l.q.n. 394/91
- Vulcani
- Boschi e foreste (Art. 2 Comma 6 D.Lgs. 227/01)
- Aree gravate da usi civili

COMPONENTI DI PAESAGGIO CON VALENZA AMBIENTALE

Dalla carta dell'Uso del Suolo 1:25.000

AREE NATURALI E SUBNATURALI

- Vegetazione a macchia e in aree umide
Aree con vegetazione rada > 5% e < 40%; formazioni di ripa non arboree; macchia mediterranea; letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m; paludi interne; paludi salmastre; pareti rocciose.
- Boschi
Boschi misti di conifere e latifoglie; boschi di latifoglie.

AREE SEMINANTALI

- Praterie
Prati stabili; aree a pascolo naturale; cespuglieti e arbusteti; gariga; aree a ricolonizzazione naturale.
- Sugherete; castagneti da frutto

AREE AD UTILIZZAZIONE AGRO-FORESTALE

- Colture specializzate e arboree
Vigneti; Frutteti e frutti minori; oliveti; colture temporanee associate all'olivo; colture temporanee associate al vigneto; colture temporanee associate ad altre colture permanenti.
- Impianti boschivi artificiali
Boschi di conifere; Pioppeti, saliceti, eucalitetti; altri impianti arborei da legno; arboricoltura con essenze forestali di conifere; aree a ricolonizzazione artificiale.
- Colture erbacee specializzate, aree agroforestali, aree incolte
Seminativi in aree non irrigue; prati artificiali; seminativi semplici e colture orticole a pieno campo; risaie; viva; colture in serra; sistemi colturali e particolari complessi; aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti; aree agroforestali; aree incolte.

BENI PAESAGGISTICI EX ART. 143 D.Lgs. N°42/04 e succ. mod.

AREE CARATTERIZZATE DA EDIFICI E MANUFATTI DI VALENZA STORICO - CULTURALE

- Aree caratterizzate da preesistenze con valenza storico culturale

BENI DI INTERESSE PALEONTOLOGICO

LUOGHI DI CULTO DAL PREISTORICO ALL'ALTO MEDIOEVO

- Circolo megalitico
- Menhir
- Tophet
- Fonte-pozzo
- Tempio

AREE FUNERARIE DAL PREISTORICO ALL'ALTO MEDIOEVO

- Allée couverte
- Dolmen
- Tomba
- Betilo
- Domus de janus
- Grotta
- Cimitero
- Sepoltura
- Ipogeo funerario
- Necropoli
- Tomba dei giganti

INSEDIAMENTI ARCHEOLOGICI DAL PRENURAGICO ALL'ETA' MODERNA, COMPREDENTI SIA INSEDIAMENTI TIPO VILLAGGIO, SIA INSEDIAMENTI DI TIPO URBANO, SIA INSEDIAMENTI RURALI

- Abitato
- Anfiteatro
- Capanne
- Rinvenimenti
- Terme
- Cava
- Cisterna
- Complesso
- Ruedi
- Villaggio
- Deposito
- Insediamento
- Nuraghe
- Presenza prenuragica
- Grotta riparo

Figura 4-6 Piano Paesaggistico Regionale approvato con D.G.R. n° 36/7 del 5 settembre 2006. Estratto della "Cartografia degli Ambiti di paesaggio costieri – tavola 514_I" in scala 1:25'000, con ubicazione della diga di Mura Carbos (in rosso)

In Figura 4-7 è riportata invece la sovrapposizione tra l'invaso e lo sbarramento di Mura Cabonis e la Tav. 2.1 "Tavola di insieme" (Fogli 514 II e 515 III) del Piano Paesaggistico Regionale approvato in via preliminare con della Giunta Regionale n. 45/2 del 25 ottobre 2013, dal quale si evince che il paramento di valle dello sbarramento della diga interessa aree tutelate per legge e classificate come *"Territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dal D.Lgs. 227/01"* di cui all'art. 142, comma 1 lettera g) del D.Lgs. 42/2004.

Preme inoltre precisare che, secondo quanto risulta dalla predetta sovrapposizione (vedi Figura 4-7), lo sbarramento e l'invaso non interessano aree in cui è presente il vincolo relativo ai *"Fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R.D. 1775/33, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna"*, di cui all'art. 142, comma 1 lettera c) del D.Lgs. 42/2004, né aree in cui è presente il vincolo relativo ai *"Territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi"*, di cui all'art. 142, comma 1 lettera c) del D.Lgs. 42/2004.

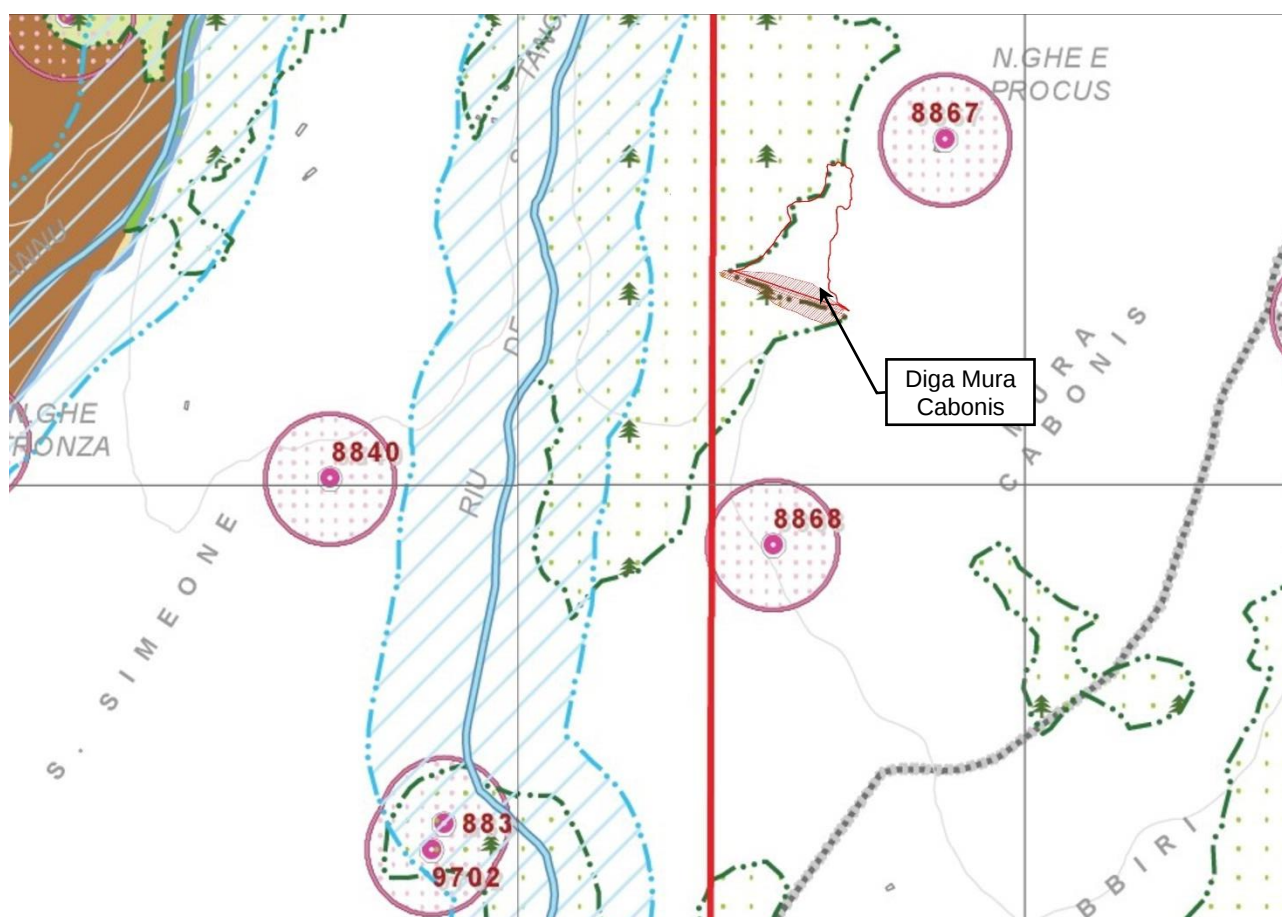


Figura 4-7 Piano Paesaggistico Regionale approvato in via preliminare con della Giunta Regionale n. 45/2 del 25 ottobre 2013 – Estratto della Tav. 2.1 (Fogli 514II e 515 III) con ubicazione delle opere di progetto (in rosso)

Territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare		
Territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi		LG89
Fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R.D. 1775/33, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150m ciascuna	Area di vincolo effettivo	
	Area con valore cautelativo	
Montagne per la parte eccedente 1200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole		1200 0021
Parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi		PR7
Territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dal D.lgs. 227/01		
Zone umide incluse nell'elenco previsto dal d.P.R. 448/76		
Vulcani		VL50
Zone di interesse archeologico		AR1989 151269

Figura 4-8 Piano Paesaggistico Regionale approvato in via preliminare con della Giunta Regionale n. 45/2 del 25 ottobre 2013 – Estratto della legenda delle Aree tutelate per legge, di cui alla della Tav. 2.1 (Fogli 514II e 515 III)

Fascia costiera		
Morfologie a baie e promontori, promontori singoli, falesie e piccole isole		
Campi dunari e compendi sabbiosi		
Aree a quota superiore ai 900 m s.l.m.		900 006
Grotte e caveme		GC2006
Monumenti naturali istituiti ai sensi della L.R. 31/89		MN69
Zone umide		
Corsi d'acqua di interesse paesaggistico	Area di vincolo effettivo	
	Area con valore cautelativo	
Aree di notevole interesse faunistico		✓ ✓
Aree di notevole interesse botanico e fitogeografico		
Alberi monumentali		AM103
Insedimenti storici di notevole valore paesaggistico		271006
Aree caratterizzate da edifici e manufatti di valenza storico-culturale		BP190 151269

Figura 4-9 Piano Paesaggistico Regionale approvato in via preliminare con della Giunta Regionale n. 45/2 del 25 ottobre 2013 – Estratto della legenda dei beni paesaggistici tutelati dal PPR, di cui alla della Tav. 2.1 (Fogli 514II e 515 III)

Nella Figura 4-10 è riportato un estratto della cartografia delle aree vincolate per scopi idrogeologici (fonte Geoportale della Sardegna), dal quale si evince che la diga di Mura Cabonis non ricade all'interno di aree in cui sussiste il vincolo idrogeologico.

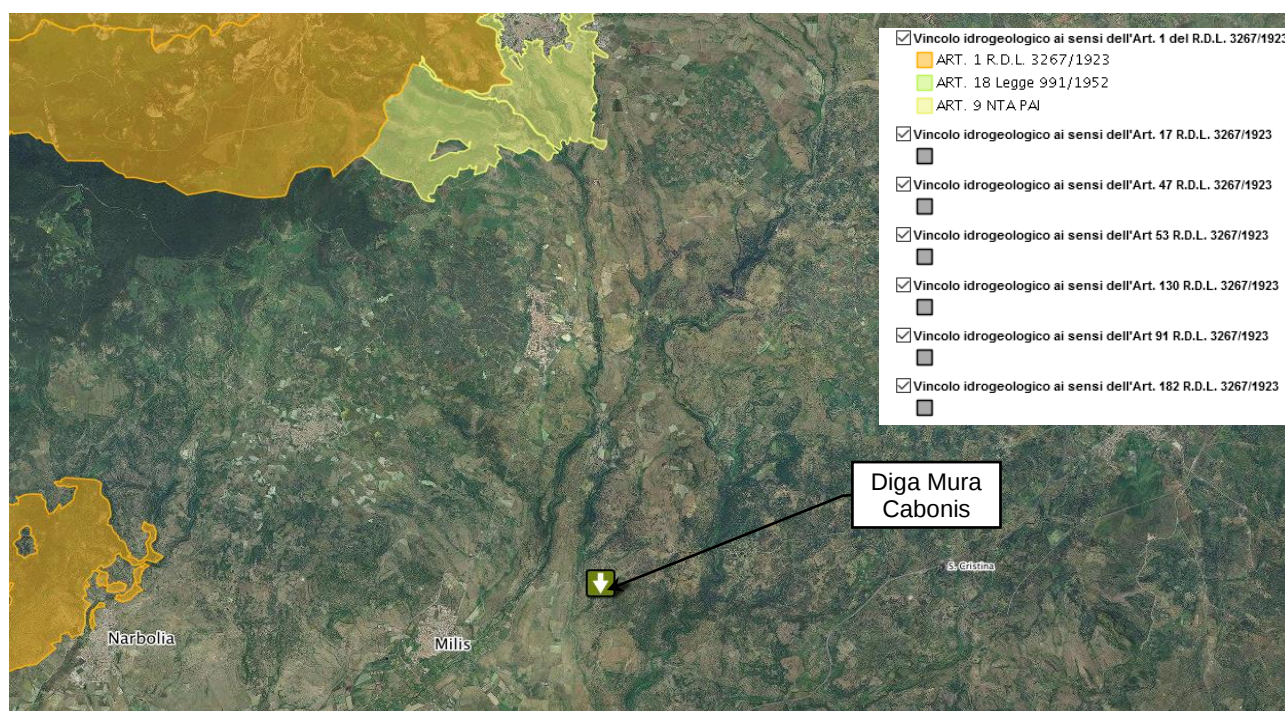


Figura 4-10 Aree vincolate per scopi idrogeologici (fonte Geoportale della Sardegna).

5 Stato attuale dell'area di intervento

Lo sbarramento sul Rio Mura Cabonis è costituito da un rilevato in materiale sciolto scarsamente permeabile (argilla), con materiale semi permeabile sistemato in aderenza al paramento di monte e a quello di valle, quest'ultimo inerbito. Allo stato attuale il paramento di monte dello sbarramento presenta una pendenza sostanzialmente regolare e pari a circa 1 su 3 (verticale/orizzontale), il paramento di valle invece si osserva che lo stesso ha una pendenza media pari a 1 su 2 (verticale/orizzontale), ma presenta in alcuni punti irregolarità locali e molto marcate le quali, con evidenti rischi legati all'instaurarsi di potenziali fenomeni di instabilità del paramento. Sul coronamento, che ha una larghezza media di circa 4.5 m, è presente una pista di servizio in terra battuta accessibile per le operazioni di polizia idraulica e per le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.



Figura 5-1 Vista dal coronamento dell'Invaso rio Mura Cabonis



Figura 5-2 Vista dal coronamento dell'Invaso rio Mura Cabonis



Figura 5-3 Vista del paramento di valle dello sbarramento della diga Mura Cabonis



Figura 5-3 Canale di imbocco allo sfioratore



Figura 5-4 Vista dal coronamento dello sbarramento del paramento di monte della diga e dell'invaso, in condizioni di invaso vuoto



Figura 5-5 Vista dal coronamento dello sbarramento della diga e dell'invaso, in condizioni di invaso vuoto



Figura 5-6 Vista dalla sponda sinistra dell'invaso del paramento di monte dello sbarramento e dell'invaso, in condizioni di invaso vuoto

Durante il corso dei sopralluoghi effettuati dall'Ente Gestore sono state individuate inoltre criticità legate a venute di acqua dal paramento di valle dello sbarramento.

Più precisamente sono state individuate due perdite puntuali evidenti in prossimità del centro della diga, e una perdita lineare distribuita posta più sulla sinistra idraulica. Di seguito si riportano alcune foto eseguite durante il sopralluogo suddetto.

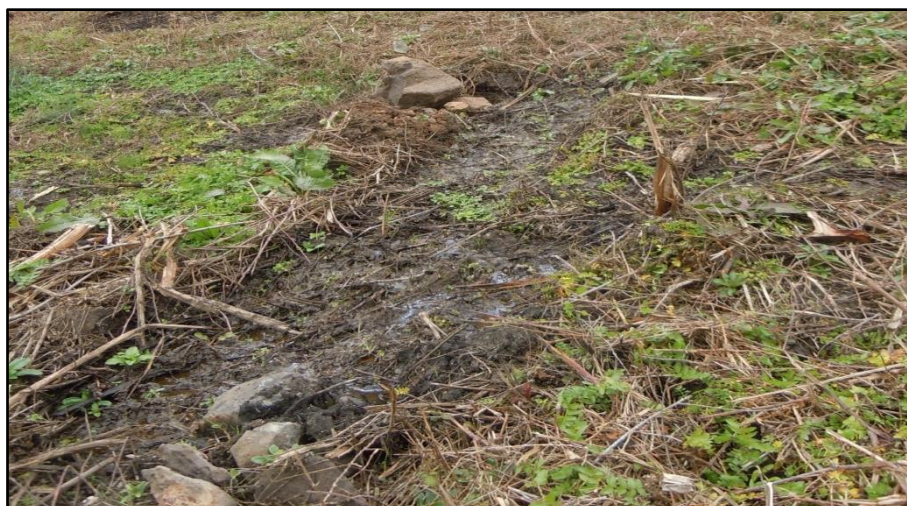


Figura 5-4 - Perdita localizzata 1



Figura 5-5 - Perdita localizzata 1



Figura 5-6 - Perdita localizzata 2



Figura 5-7 - Perdita lineare 3

Per quanto riguarda il manufatto di sfioro, lo stesso è costituito da uno sfioratore superficiale dotato di stramazzo in calcestruzzo. Il manufatto si presenta generalmente in buono stato ad eccezione di un punto (indicato in rosso nella Figura 5-8) in cui si possono osservare perdite dovute alla fessurazione del calcestruzzo.

Tale manufatto, come meglio dettagliato nella relazione idrologico-idraulica, garantisce però un franco netto calcolato sull'evento di piena di riferimento (Tempo di ritorno $TR=1000$ anni) pari a 1,01 m e pertanto non consente di rispettare il valore di 1,5 m, prescritto dal D.M. del 26.06.2014. Per tale motivo risulta necessario provvedere alla demolizione del manufatto attuale ed alla realizzazione di un nuovo sfioratore, analogo per dimensioni e tipologia a quello esistente, ma posto ad una quota inferiore.



Figura 5-8 - Sfiatore superficiale e imbocco del canale fugatore

Il canale fugatore attuale in calcestruzzo posto a valle dello sfioratore di superficie ha una lunghezza di circa 140 metri. Nel tratto iniziale, in corrispondenza dello sfioratore, presenta una sezione trapezia mentre a valle, fino alla sua confluenza con il corso d'acqua originario, ha sezione rettangolare.

Il canale si presenta in buono stato di conservazione per tutto il suo sviluppo, eccetto che in un punto (indicato in rosso nella Figura 5-9) posto sulla sponda sinistra, che risulta danneggiato a causa di un albero ad alto fusto che ha fratturato il muro di calcestruzzo con il proprio apparato radicale.



Figura 5-9 Canale fuggatore

Pochi metri a monte dello sfioratore superficiale, è presente un pozzetto di forma rettangolare all'interno del quale è alloggiata una condotta in acciaio DN 500 di mandata che riceve le acque pompate dalla stazione di sollevamento posta a valle in località "Murdegu". Dal pozzetto l'acqua viene convogliata nel l'invaso tramite un canale in terra.



Figura 5-10 - Pozzetto di mandata "Murdegu"; vista dallo sfioratore verso l'invaso

6 Interventi ed opere previste nel progetto

La diga di Mura Cabonis ha necessità di una serie di interventi atti primariamente alla messa in sicurezza dello sbarramento e alla sua conformità alla normativa vigente, anche al fine di poter ottenere il permesso alla prosecuzione di esercizio.

I sopralluoghi, come già detto, hanno messo in evidenza diffuse perdite indici del fatto che il nucleo impermeabilizzante in argilla non è più efficace.

Gli studi specialistici, e in particolare quello idraulico, hanno definito una serie di criticità legate fondamentalmente al rispetto del franco di idraulico di sicurezza e ricollegabili allo sfioratore di superficie al canale fugatore.

Inoltre, le Norme Tecniche sugli sbarramenti prevedono dei requisiti minimi che essi devono possedere, sia in termini di prestazioni che in termini di elementi accessori. Stante quanto sopra, il presente progetto si pone l'obiettivo di conformare la diga di Mura Cabonis alla norma mediante i seguenti interventi:

- impermeabilizzazione del paramento di monte mediante la realizzazione di un manto superficiale di tenuta in conglomerato bituminoso;
- miscele bituminose;
- ricarica del coronamento e risagomatura dei paramenti;
- abbassamento della soglia sfiorante e adeguamento del profilo dello sfioratore, previa demolizione dello sfioratore superficiale;
- realizzazione di un canale di imbocco allo sfioratore;
- demolizione e rifacimento del canale fugatore;
- realizzazione di una vasca di dissipazione a valle del canale fugatore;
- realizzazione di un canale di dreno lungo il piede del paramento di valle per le acque di filtrazione;
- adeguamento dello scarico di fondo;
- predisposizione di strumentazione di monitoraggio;
- illuminazione dello sbarramento;
- inserimento di misuratori di portati ed elettrovalvole in punti di interesse;
- posa di cartelli monitori.

6.1 Impermeabilizzazione del paramento di monte mediante la realizzazione di un manto superficiale di tenuta in conglomerato bituminoso

Al fine di ripristinare le condizioni di tenuta dello sbarramento della diga di Mura Cabonis ed eliminare pertanto le attuali infiltrazioni nel corpo diga e le conseguenti perdite diffuse sul paramento di valle il presente progetto, accogliendo l'indicazione contenuta nel verbale di voto n.209 reso dall'Unità Tecnica Regionale per i lavori Pubblici (U.T.R.) nella seduta del 30 agosto 2019, prevede l'impermeabilizzazione del paramento di monte dello sbarramento mediante la realizzazione di un manto superficiale di tenuta in conglomerato bituminoso.

Il conglomerato di bitume quale materiale costitutivo di manti di tenuta delle dighe di materiali sciolti ha incontrato favori crescenti derivanti da alcune qualità fondamentali proprie di tale materiale:

- l'alta deformabilità plastica per cui, pur senza giunti, il manto segue senza danno gli assestamenti del rilevato;

- la resistenza alle azioni dinamiche del moto ondoso e l'insensibilità al gelo.

Per raggiungere spessori globali di manto che insieme garantiscano tenuta e resistenze meccaniche, nonché per ovviare alle conseguenze di eventuali difetti di sutura fra i getti eseguiti in momenti diversi, vengono sovrapposti più strati a giunti sfalsati che, nel caso specifico, saranno costituiti dal basso verso l'alto da uno strato di collegamento binder di spessore pari a circa 10 cm, da uno strato di tenuta in conglomerato bituminoso di spessore pari a 8 cm e da un sigillo di protezione in mastice bituminoso.

Rimandando alla relazione generale per maggiori dettagli, le lavorazioni previste dal progetto per la realizzazione del manto di tenuta consisteranno sostanzialmente in:

- realizzazione di un taglione (*cutoff*) perimetrale in c.a. posto in corrispondenza dell'unghia del paramento di monte della diga, necessario per consentire l'attacco al piede del nuovo manto di tenuta;
- preparazione del sottofondo su cui verrà realizzato il manto di tenuta;
- applicazione a spruzzo di emulsione bituminosa cationica con titolo di bitume non inferiore al 55%, in ragione di 2÷5 kg/mq;
- stesa e compattazione degli strati di conglomerato bituminoso, previa applicazione a spruzzo di emulsione bituminosa cationica con contenuto di bitume non inferiore al 55%, in ragione di 0,25 Kg/mq, tra gli strati di conglomerato bituminoso;
- collegamento del manto impermeabile al taglione (*cutoff*) posto al piede del paramento di monte;
- esecuzione del sigillo di protezione in mastice bituminoso (spessore pari a circa 2mm) sull'ultimo strato di tenuta in conglomerato bituminoso.

Al fine di garantire che lo strato di sottofondo abbia una portanza ed una continuità strutturale idonea alla successiva realizzazione della sovrastruttura in conglomerato bituminoso, il progetto prevede che tutto il paramento di monte dello sbarramento venga preventivamente compattato mediante l'impiego di un rullo vibrante, vincolato mediante funi di acciaio ad un carro argano posto sul coronamento della diga, che consentirà di compattare il materiale del sottofondo lungo la linea di massima pendenza affinché possano essere soddisfatti i requisiti minimi di portanza del terreno, che dovranno essere verificato in opera mediante specifiche prove di portanza

Una volta terminate le operazioni di rullatura dello strato esistente si procederà alla spruzzatura dell'intera superficie con un diserbante naturale e alla successiva spruzzatura della superficie con emulsione bituminosa cationica con contenuto di bitume non inferiore al 55%, in ragione di 2÷5 kg/mq, a seconda della natura del sottofondo, necessaria per consentire l'ancoraggio dello strato di binder

Successivamente si provvederà alla realizzazione del manto impermeabile in conglomerato bituminoso.

La stesa del conglomerato bituminoso, eseguita mediante l'impiego di una vibrofinitrice in grado di lavorare sul paramento inclinato dello sbarramento, verrà seguita dalla compattazione di ogni singolo strato mediante l'impiego di rulli vibranti in grado di garantire livelli di compattazione del materiale tali da ottenere un valore di vuoti residui molto basso.

Una volta stesi tutti gli strati di conglomerato bituminoso si procederà al loro collegamento con il taglione in c.a. (cutoff) che verrà realizzato in corrispondenza dell'unghia del paramento di monte della diga, così come riportato negli elaborati grafici di progetto e nella successiva Figura 6-1.

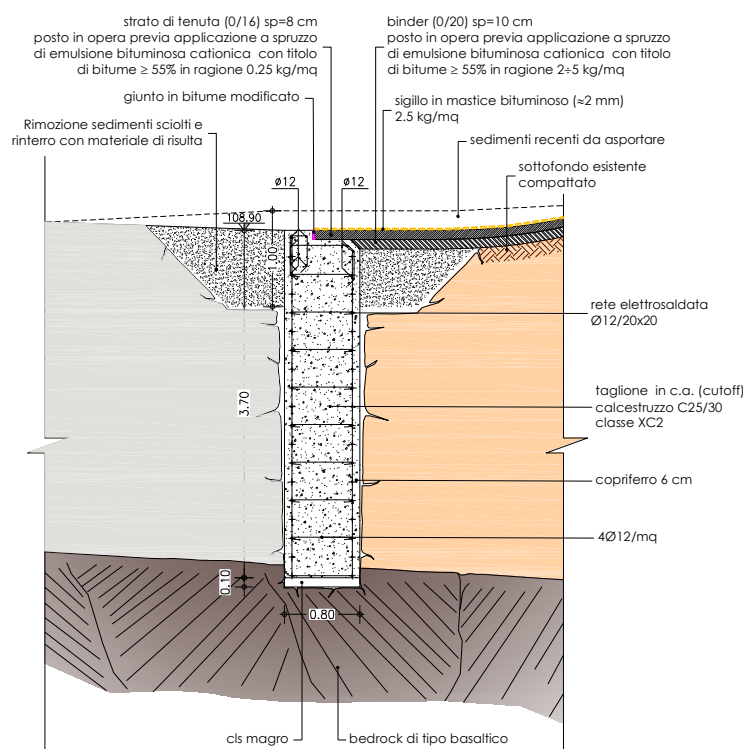


Figura 6-1 Dettaglio di collegamento del manto impermeabile al taglione posto in corrispondenza dell'unghia del paramento di monte

Il giunto di collegamento superiore al cordolo posto in corrispondenza del coronamento della diga (vedi Figura 6-2) sarà realizzato mediante l'esecuzione di un blocco di asfalto impermeabile, avente una larghezza di 50 cm e spessore complessivo di 18 cm. A contatto con il cordolo superiore, analogamente al collegamento inferiore, sarà lasciato un giunto di 2 cm di larghezza da riempire con bitume modificato colato a caldo.

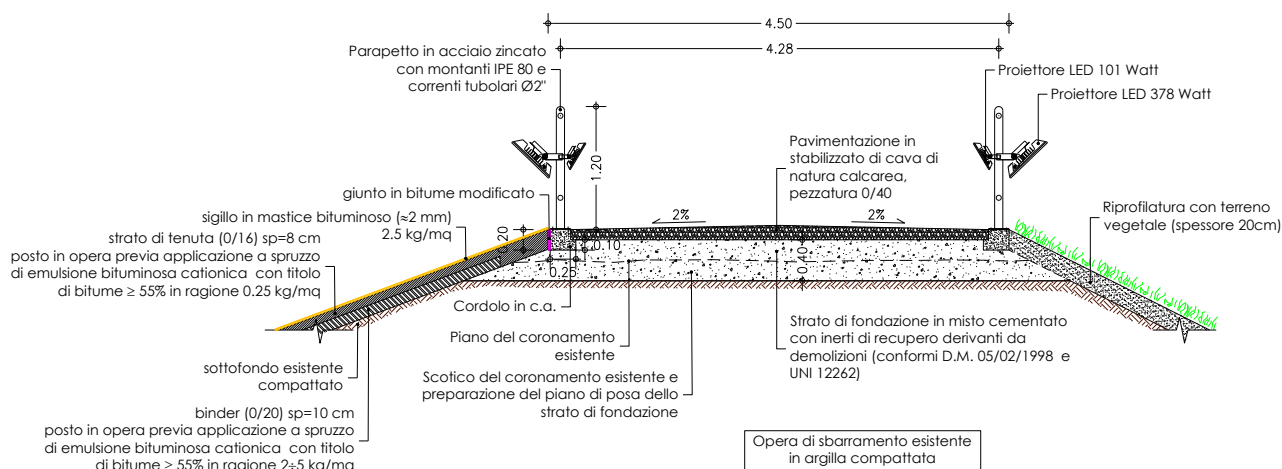


Figura 6-2 Opere ed interventi previsti sul coronamento della diga e con rappresentazione del collegamento del manto impermeabile al cordolo posto in corrispondenza coronamento della diga

6.2 Adeguamento in quota del coronamento e risagomatura dei paramenti dello sbarramento

Come si è potuto osservare con la campagna di rilievi condotta, il profilo del coronamento risulta essere irregolare sicché si rende necessario eseguire una ricarica nei punti più depressi.

Inoltre, dovendo garantire un franco netto di almeno 1,50 m rispetto al coronamento, l'intervento di ricarica dello stesso consentirà di minimizzare gli interventi di adeguamento dello sfioratore superficiale. Più precisamente, si procederà come di seguito descritto:

- Si eseguirà lo scotico del coronamento presente fino ad arrivare alla quota di 116,80 m slm;
- Previa regolarizzazione del piano di posa tramite costipamento, si realizzerà uno strato di 40 cm in misto cementato, così da garantire anche una maggiore portanza per i mezzi che verranno utilizzati per l'impermeabilizzazione del paramento di monte;
- Posa di uno strato di finitura in pietrisco di circa 10 cm così da arrivare alla quota di progetto finita, ovvero già esauriti i fenomeni di assestamento, di 117,25 m slm.

Contestualmente alla ricarica del coronamento si procederà anche alla riprofilatura dei paramenti di monte e di valle: nel primo caso l'intervento si rende necessario per poter eseguire le lavorazioni di impermeabilizzazione del paramento di monte, in quanto le stesse dovranno essere eseguite su un piano di posa quanto più omogeneo; nel secondo caso invece l'intervento consentirà di ripristinare gli avvallamenti e le irregolarità presenti, precisando che l'intervento consentirà di ripristinare la pendenza di 1 su 2, come suggerito dal Manuale Tecnico per la progettazione, costruzione e gestione degli sbarramenti ed invasi di competenza della Regione Piemonte.

6.3 Adeguamento dello sfioratore superficiale e del canale di imbocco

Come premesso al paragrafo 6.2 e descritto nella relazione idrologica e idraulica, per poter rispettare il franco netto previsto dalla normativa vigente si rende necessario abbassare la soglia sfiorante.

A tal fine si dovrà procedere preliminarmente alla demolizione dell'attuale soglia in calcestruzzo e allo sbancamento del canale di imbocco che convoglia le acque verso lo sfioratore fino alla quota di progetto.

Il nuovo sfioratore sarà sempre costituito da una soglia sfiorante in cls armato con rete elettrosaldata, da sagomare secondo il classico profilo Creager-Scimemi, di lunghezza pari a 26,55 m, con quota superiore pari a 115,27 m slm, ovvero con un abbassamento di 57 cm rispetto alla configurazione esistente.

Come anticipato, al fine di garantire il non superamento della quota di massimo invaso prevista dal progetto, l'intervento di adeguamento dello sfioratore superficiale rende necessario anche l'adeguamento del canale di imbocco allo sfioratore superficiale. Il canale di imbocco, che verrà risagomato mediante l'esecuzione di uno scavo di sbancamento da eseguirsi principalmente in roccia, avrà una pendenza del fondo costante e pari ad 1.50% verso l'invaso, al fine di evitare ristagni.

6.4 Rifacimento del canale fagatore

Come meglio dettagliato nella relazione idraulica, la configurazione geometrica attuale del canale fagatore è in grado di smaltire la portata millenaria uscente dallo sbarramento senza però rispettare un adeguato franco di sicurezza. Tale circostanza, unita all'abbassamento dello sfioratore, rende pertanto necessario l'adeguamento della sezione di deflusso e del profilo longitudinale del canale fagatore.

In particolare si dovrà in primo luogo procedere alla demolizione dell'intero canale fagatore esistente ed allo scavo del terreno in situ fino ad arrivare alla quota di progetto. Successivamente si potrà procedere con la realizzazione del nuovo canale fagatore, che sarà completamente rivestito in cls armato con rete elettrosaldata, il quale può essere sostanzialmente suddiviso in due tratti omogenei.

Il primo tratto, di lunghezza pari allo sfioratore, funge da canale di gronda e raccoglie le acque dello scarico di superficie. Esso avrà sezione simil-trapezia variabile lungo il suo sviluppo con fondo posto alla quota di 113,85 m s.l.m.

Il secondo tratto, di lunghezza pari a circa 124 m e sezione rettangolare in cls con larghezza di 3 m e altezza di 1,50 m, ripercorre il tracciato attuale con una pendenza costante di 0,083 m/m, fino ad arrivare alla vasca di dissipazione. Quest'ultima, anch'essa in cls, presenta diversi elementi che permettono di frangere il flusso in arrivo, dotato di un'importante componente cinetica, e quindi di convogliare le acque nel rio Mura Cabonis a valle con un'energia drasticamente ridotta.

A valle della soglia della vasca di dissipazione sono previsti massi di grossa pezzatura per proteggere il piede dell'opera dalla possibile erosione.

6.5 Canale di drenaggio

Alla base del paramento di valle è presente un'unghia drenante con la funzione di captare le acque di filtrazione evitando che possano insorgere sorgenti sospese sul rilevato.

A causa delle condizioni attuali del nucleo di argilla infatti, allo stato attuale si verificano perdite lungo il paramento, così come descritto nel paragrafo 5. In seguito agli interventi proposti, però, si ha l'obiettivo di impermeabilizzare il paramento di monte e di deprimere l'eventuale linea di saturazione. Ciò premesso preme osservare che, trattandosi di una diga in terra, potrebbe risultare comunque difficile eliminare totalmente le perdite e, pertanto, risulta opportuno realizzare un canale di raccolta delle acque di drenaggio lungo la base del paramento di valle. Tale canale, con sezione trapezia rivestita in cls e diviso in due tratti, confluirà all'interno di un pozzetto a base rettangolare.

6.6 Scarico di fondo

Lo scarico di fondo è in diramazione rispetto alla condotta uscente dalla diga, con diametro DN350. Il progetto prevede il *relining* della condotta principale nel tratto che collega l'opera di presa con la camera di manovra e sostituzione dell'attuale diramazione in DN250 con un DN350 in acciaio, in conformità al progetto originario, nonché l'inserimento di una saracinesca manuale col volantino movibile da sopra il grigliato di copertura del pozzetto di ispezione.

Avendo inserito apparecchiature idrauliche, quali misuratore di portata ed elettrovalvole, tra la diramazione dello scarico di fondo e l'immissione del by-pass, si è reso necessario arretrare la posizione della prima di circa 9 m verso il paramento di valle dello sbarramento.

Le acque verranno scaricate a valle della diga all'interno di un canale a sezione trapezia di altezza pari a 1,00 m, sponde inclinate 1:1 e base inferiore di 1 m, in cui verranno immesse anche le acque derivanti dal canale di dreno di cui al paragrafo precedente.

6.7 Strumentazione di monitoraggio

In fase di esercizio è necessario eseguire diversi controlli sullo sbarramento finalizzati alla misura degli spostamenti, delle perdite d'acqua, delle pressioni e degli assestamenti tipici dei rilevati realizzati in materiali sciolti. A tal fine si prevede l'installazione della seguente strumentazione:

- n.2 coppie di piezometri, finalizzati al controllo della linea di saturazione;
- n.1 stazione per collimatore e n.4 mire sul coronamento, per valutarne l'allineamento;
- n.2 idrometri, di cui uno del tipo a piezometro a sonda da poggiare sul paramento di monte e uno ad ultrasuoni sul canale di raccolta dei dreni così da valutare le perdite;

Gli strumenti dovranno essere dotati di uscita 4-20 mA così da poter utilizzare il segnale con qualsiasi software aperto nonché di datalogger per remotare le misure effettuate.

6.7.1 Piezometri

Visto il materiale costituente la diga si sono scelti i piezometri a tubo aperto, adatti per terreni con permeabilità medio alta. Essi saranno costituiti da tubi in PVC di diametro non inferiore a 75 mm, inseriti entro fori di sondaggio per il controllo delle oscillazioni nel tempo della tavola d'acqua.

La profondità da raggiungere è stimata in 10 m per quello di monte e 7 m per quello di valle, ovvero deve essere tale da superare la profondità della base del rilevato.

Da un punto di vista planimetrico si dovranno installare due coppie di piezometri lungo due sezioni poste a sinistra e a destra rispetto alla sezione più alta della diga. Un piezometro andrà inserito 1 m a monte del coronamento, mentre il secondo circa 8 m a valle e comunque a monte dell'unghia drenante, come suggerito dal Manuale per gli sbarramenti di competenza regionale redatto dalla Regione Piemonte approvato con D.G.R n. 65 - 15352 del 12 aprile 2005.

6.7.2 Mira

Fissata la posizione del collimatore in sponda destra in corrispondenza del piccolo spiazzo presente, dovranno essere predisposte le mire fisse sul coronamento.

La base per la mira verrà installata su un pilastro in calcestruzzo di dimensioni 300x300x300 mm. Nella zona centrale del pilastro dovrà essere realizzato un vano per accogliere il bullone di ancoraggio. Quindi si dovrà murare la vite a testa esagono controllando l'allineamento con il collimatore posizionato nella propria postazione, precedentemente fissata. A questo punto si dovrà mettere in posizione e bloccare la base per mire e, infine, controllare l'orizzontalità della base così eventualmente da agire sulle tre viti calanti (tra viti calanti e calcestruzzo sono disposti tre dischetti metallici, ripartitori della pressione di appoggio).

Una volta individuata la posizione definitiva, si dovrà calzare la base con malta di calcestruzzo.

Poiché il coronamento è carrabile il pilastro dovrà essere realizzato in apposita nicchia sul coronamento, avendo cura che la superficie finita sia appena superiore allo strato finito di "usura" e che si trovi al centro della carreggiata per evitare che le ruote dei mezzi possano danneggiarlo.

6.7.3 Idrometro

Nelle posizioni indicate nella tavola 9.1 dovranno essere installati due misuratori di livello, uno per il livello dell'invaso e uno per la valutazione delle portate di filtrazione.

Il misuratore di livello dell'invaso sarà del tipo a piezometro con sonda (piezoresistivo), ovvero sarà costituito da un classico tubo forato poggiato sul paramento di monte finito, da ancorare mediante sistemi meccanici ovvero mediante saldatura di elementi catramati, all'interno del quale inserire una sonda che misura la lunghezza bagnata. La proiezione in verticale di tale valore permetterà di ottenere il livello del pelo libero dell'invaso.

Il misuratore di livello dei dreni sarà del tipo ad ultrasuoni per livelli con range molto bassi (0,05m – 1,50m) e sarà posizionato al di sopra dello stramazzo del canale di raccolta dei dreni tramite una staffa di supporto con braccio telescopico, montato su una piantana da fissare adeguatamente al bordo del canale medesimo.

6.8 Interventi ed opere di progetto complementari

Come interventi complementari si intendono tutti gli interventi, più o meno importanti, funzionali ad una corretta gestione dell'invaso, inteso sia da un punto di vista di risorsa idrica che da un punto di vista fisico in termini di diga.

6.8.1 Misuratori di portata ed elettrovalvole

Al fine di una corretta gestione della risorsa idrica è necessario poter misurare quali sono le portate in ingresso e in uscita dall'invaso. Per questo motivo verranno predisposti due misuratori di portata elettromagnetici in linea: uno DN500 sulla condotta di Murdegu in ingresso nella diga, in corrispondenza dell'omonimo pozzetto, e uno DN350 sulla condotta in uscita dalla diga, a valle dello scarico di fondo, così da valutare la portata immessa nella rete.

Ancora, nell'ottica di un controllo da remoto, dovranno essere installate elettrovalvole in ingresso alle due diramazioni dal pozzetto di Murdegu (principale verso l'invaso e bypass) e a valle del misuratore di portata, nonché dello scarico di fondo, e a monte dell'immissione del bypass lungo la condotta uscente dallo sbarramento. Le idrovalvole saranno del tipo a comando idraulico a membrana con la funzione di pilotaggio on/off di apertura/chiusura remota tramite comando elettrico

Oltre a quanto sopra verranno predisposti misuratori di pressione, sfiati e valvole a farfalla.

6.8.2 Installazione sul coronamento di nuovi parapetti dotati di corpi illuminanti

Allo stato attuale lungo il coronamento non è presente nessuna protezione contro le cadute sul lato di monte, mentre su quello di valle è presente una recinzione pastorale alta circa 2 m.

Sulla scorta di ciò si è scelto di predisporre su ambo i lati un parapetto di altezza di 1,20 m con montanti saldati su piastre fissate sul cordolo in c.a. mediante barre filettate.

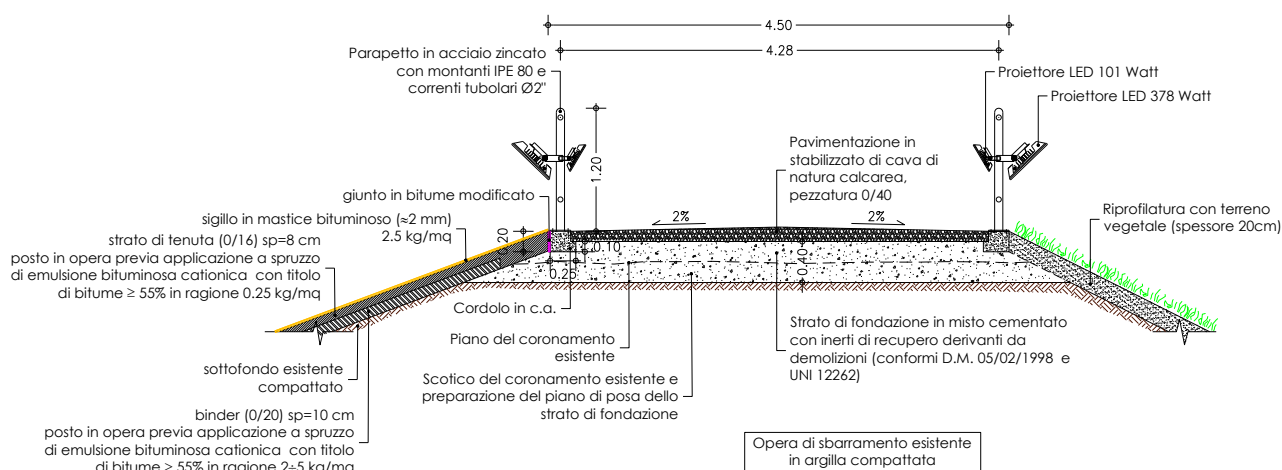


Figura 6-3 Opere ed interventi previsti sul coronamento della diga

In linea generale la normativa e gli atti autorizzativi prescrivono che gli sbarramenti siano dotati di una idonea illuminazione dei due paramenti, così da poter monitorare e controllare in qualsiasi momento lo stato della diga e delle opere connesse. Nel caso specifico, non essendo presente alcuna fonte elettrica, non è mai stato realizzato un sistema di illuminazione. Per tale motivo, nonostante siano ancora in corso le attività preliminari per la richiesta di allaccio elettrico, il progetto prevede la predisposizione di un impianto elettrico atto all'illuminazione dei suddetti paramenti mediante faretti LED da fissare sui parapetti con interasse di 8 m. Oltre all'illuminazione dei paramenti verrà garantita anche l'illuminazione del coronamento con faretti posti sui due lati con interasse di 16 m.

Sulla stessa linea di pensiero si sono previsti fari anche nella camera di manovra dello sbarramento così da garantire l'illuminazione delle opere di sezionamento dello scarico di fondo.

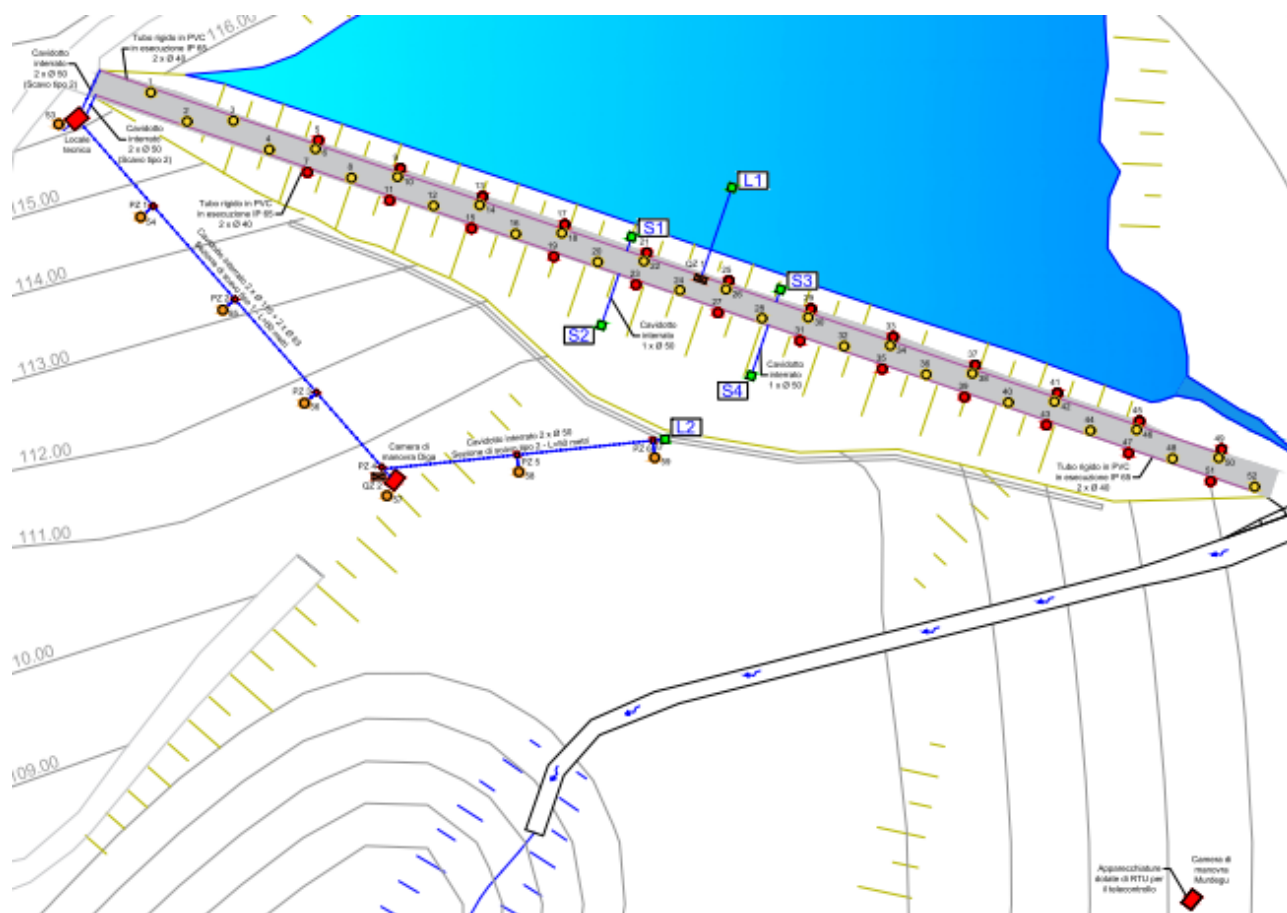
6.8.3 Illuminazione del corpo diga e del sentiero di accesso alla camera di manovra

L'illuminazione del coronamento e dei paramenti dello sbarramento, per tutta la sua estensione, sarà realizzata da proiettori a tecnologia LED di adeguata potenza solidamente fissati, così come anticipato al precedente paragrafo 6.8.2, alla struttura dei parapetti in acciaio posti lungo il coronamento.

L'illuminazione del sentiero di accesso alla camera di manovra sarà invece affidata a classici pali stradali dall'altezza limitata (4 metri fuori terra) verniciati di idonea tonalità per ridurre l'impatto visivo.

Gli impianti faranno capo a quadri elettrici di comando e di protezione che verranno installati all'interno di un nuovo locale tecnico, di tipo prefabbricato, posto in prossimità del cancello di ingresso al coronamento.

In prossimità della camera di manovra Diga e dei sensori previsti sul corpo dello sbarramento (S1, S2, S3, S4, L1) si installeranno due armadi stradali contenenti ciascuno le necessarie apparecchiature volte a raccogliere i segnali di campo previsti e trasmetterli via radio al PLC, ubicato all'interno del locale tecnico.



-  Proiettore LED 101 Watt (illuminazione coronamento) - Art. D.1090.2601
-  Proiettore LED 378 Watt (illuminazione versanti di monte e valle) - Art. D.1090.2602
-  Armatura stradale LED 205 Watt (illuminazione locali tecnici) - Art. D.1090.2603
-  Punto di misura con piezometro (piezometri S1, S2, S3, S4) - Art. D.1091.0001
-  Misuratore di livello di tipo piezoresistivo (Livello invaso) - Art. D.1090.2201
-  Misuratore di livello ad ultrasuoni (Livello drenaggi) - Art. D.1090.2202

Figura 6-4 planimetria della diga con indicazione dei corpi illuminanti, delle linee elettriche e del nuovo locale tecnico

6.8.4 Cartelli monitori

Gli studi idraulici hanno messo in evidenza la presenza di alcune criticità lungo il corso d'acqua a valle della diga già per tempi di ritorno moderati (50 anni).

Rimandando agli allegati B.1 e B.2 del presente progetto per maggiori dettagli, si riconoscono quali punti maggiormente critici la strada limitrofa allo sbarramento, i sentieri di accesso all'alveo e i ponti delle strade provinciali SP9 e SP17. In corrispondenza di essi si provvederà a predisporre cartelli monitori del tipo "Piena Improvvisa", ai sensi della Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 28 agosto 1986, n. 1125.

6.8.5 Linea elettrica e digitale

A partire dal locale tecnica che verrà disposta sul piazzale in destra idraulica del coronamento, verrà realizzata una linea elettrica che permetta l'approvvigionamento della corrente dei fari, dei trasduttori all'interno dei piezometri e delle apparecchiature idrauliche e dell'illuminazione nella camera di manovra della diga.

Il pozzetto di Murdegu e il misuratore di livello ad ultrasuoni verranno alimentati da pannelli solari autonomi al fine di evitare la posa di cavidotti in tratti umidi.

Oltre a quanto sopra, verrà realizzato un cavidotto per il bus digitale con il quale trasportare i segnali dei vari strumenti di monitoraggio all'interno della cabina suddetta, da cui remotare i dati.

6.8.6 Modifica livelletta stradale

In prossimità dell'accesso al coronamento si rende necessario alzare la livelletta della strada asfaltata vicinale, al fine di raccorderla alla nuova quota del coronamento pari a 117,25 m slm. A tal fine si procederà con la fresatura dello strato superficiale esistente, la formazione di un nuovo sottofondo e quindi con la stesa del conglomerato bituminoso.

Quanto sopra si rende oltremodo necessario in quanto la quota della strada a monte del coronamento è inferiore a quella di progetto per cui, nella remota eventualità in cui il franco della diga venisse annullato, l'acqua fuoriuscirebbe sulla sponda destra del coronamento.

L'intervento appena descritto avrà uno sviluppo lineare di circa 80 m.

7 Simulazione fotorealistica delle opere di progetto

Nelle immagini che seguono sono rappresentate alcune riprese fotografiche dei luoghi allo stato *ante-operam*, nonché le simulazioni fotorealistiche *post-operam* delle opere previste dal presente progetto.



Figura 7-1 Vista del coronamento dello sbarramento della diga Mura Cabonis. Stato **ante-operam** in condizioni di invaso pieno



Figura 7-2 Vista del coronamento dello sbarramento della diga Mura Cabonis. Simulazioni fotorealistica dello stato **post-operam** in condizioni di invaso pieno



Figura 7-3 Vista dalla sponda sinistra dell'invaso della diga Mura Cabonis. Stato **ante-operam** in condizioni di invaso vuoto



Figura 7-4 Vista dalla sponda sinistra dell'invaso della diga Mura Cabonis. Simulazioni fotorealistica dello stato **post-operam** in condizioni di invaso vuoto



Figura 7-4 Vista dalla sponda sinistra dell'invaso della diga Mura Cabonis. Simulazioni fotorealistica dello stato **post-operam** in condizioni di invaso pieno



Figura 7-5 Vista da monte del paramento dello sbarramento della diga Mura Cabonis. Stato attuale in condizioni di invaso vuoto



Figura 7-6 Vista da monte del paramento dello sbarramento della diga Mura Cabonis. Simulazioni fotorealistica dello stato **post-operam** in condizioni di invaso vuoto



Figura 7-7 Vista del paramento di valle dello sbarramento nella zona in corrispondenza del cancello di ingresso al coronamento. Stato attuale



Figura 7-8 Vista del paramento di valle dello sbarramento nella zona in corrispondenza del cancello di ingresso al coronamento. Simulazioni fotorealistica dello stato **post-operam** con inserimento del nuovo locale tecnico

8 Effetti conseguenti alla realizzazione degli interventi di progetto.

Sulla scorta degli interventi di progetto descritti nei paragrafi precedenti si riporta di seguito un'analisi degli effetti indotti dalla realizzazione delle principali opere previste dal progetto:

- impermeabilizzazione del paramento di monte dello sbarramento: come si evince anche dalle simulazioni con inserimento fotorealistico riportate nel precedente paragrafo, la realizzazione del manto impermeabile in conglomerato bituminoso sul paramento di monte dello sbarramento non determinerà impatti significativi sul paesaggio circostante, specialmente nei periodi in cui l'invaso si presenterà pieno e la parte emergente dall'acqua corrisponderà a quella della parte sommitale dello sbarramento.

Nei periodi in cui il livello di invaso sarà invece sensibilmente più basso del livello di massima regolazione ed il paramento di monte non sarà mascherato dall'acqua, l'impatto paesaggistico sarà sostanzialmente contenuto in quanto, anche allo stato attuale, il paramento si presenta spoglio con una superficie inclinata del tutto priva di vegetazione;

- adeguamento in quota del coronamento e regolarizzazione del paramento di valle: come anticipato nei paragrafi precedenti il progetto prevede l'adeguamento in quota del coronamento e la risagomatura del paramento di valle. Tale intervento non determinerà particolari impatti sul paesaggio in quanto l'adeguamento in quota del coronamento ne determinerà un rialzamento medio di circa 45 cm rispetto alla quota attuale dello stesso. Anche per quanto riguarda la regolarizzazione del paramento di valle non sono attesi particolari impatti paesaggistici in quanto sullo stesso non sono presenti alberature e aree verdi di particolare interesse. In particolare il progetto prevede solo la regolarizzazione del paramento senza modificarne la pendenza media, che rimarrà come quella attuale e pari a 1 su 2 (verticale/orizzontale). Inoltre al termine delle operazioni di regolarizzazione, è prevista la stesa di uno strato superficiale di terreno vegetale avente spessore di circa 20 cm, il quale consentirà il rapido sviluppo delle essenze vegetali pioniere presenti nell'area circostante alla diga;
- adeguamento dello sfioratore superficiale: il nuovo sfioratore sarà costituito, analogamente a quello esistente, da una soglia sfiorante in cls armato che verrà realizzata nella stessa posizione planimetrica dello sfioratore attuale, ma ad una quota più bassa di 57 cm rispetto alla configurazione esistente. Per tale motivo si ritiene che l'impatto sul paesaggio della nuova opera sia sostanzialmente lo stesso di quello determinato dall'opera attuale;
- demolizione e rifacimento del canale fagatore: come anticipato nei paragrafi precedenti il progetto prevede la realizzazione di un nuovo canale fagatore, previa demolizione di quello esistente, che riesca a garantire lo smaltimento della portata millenaria con il franco prescritto dalla normativa vigente. Il nuovo canale sarà realizzato nella stessa posizione di quello attuale, ma ad una quota più bassa e, per tale motivo, l'impatto paesaggistico che ne deriva sarà sostanzialmente lo stesso di quello determinato dal canale esistente;
- installazione sul coronamento di nuovi parapetti dotati di corpi illuminanti ed illuminazione del corpo diga e del sentiero di accesso alla camera di manovra: l'installazione dei parapetti e dei corpi illuminanti lungo il coronamento è stata motivata dalla necessità di garantire la sicurezza degli operatori durante le fasi di manutenzione, ma anche durante le operazioni di polizia idraulica nel corso di eventi meteorologici che

possano determinare la necessità di vigilanza dello sbarramento. Ciò premesso si ritiene comunque che la turbativa sul paesaggio determinata dall'installazione dei parapetti, e dai corpi illuminanti, sia modesta in quanto associata alla rimozione della rete pastorale esistente, avente un'altezza di 2 m, posta sul ciglio di valle del coronamento. Anche la realizzazione dell'impianto di illuminazione lungo il sentiero di accesso alla camera di manovra determinerà un impatto minimo sul paesaggio in quanto il progetto prevede l'installazione di 7 lampioni stradali di altezza limitata e pari a 4 m dal piano campagna.

Per quanto riguarda il locale tecnico prefabbricato destinato a contenere i quadri elettrici e di potenza, si rileva che lo stesso avrà dimensioni in pianta di 3,00 m x 2,50, con un'altezza massima misurata al colmo della copertura di 3,00 m. Per tale motivo, tenuto conto che il manufatto potrà essere tinteggiato esternamente con colori del tutto simili quelli dello spazio circostante e che la copertura potrà essere realizzata con coppi in laterizio, si ritiene che l'impatto sul paesaggio non sia rilevante.

Con riferimento all'area interessata dagli interventi di progetto, si può pertanto affermare quanto segue:

- nei siti di lavoro **non si rilevano** emergenze rocciose particolari e non si evidenziano alberature e aree verdi che svolgono un ruolo nodale nel sistema del verde;
- **non si ha** contiguità con particolari percorsi poderali o manufatti rurali di particolare pregio sotto il profilo storico-agrario;
- **non si ha** contiguità con centri o nuclei aventi interesse storico artistico quali chiese, cappelle, siti archeologici, mura storiche etc., luoghi connessi a siti religiosi, percorsi processionali, rievocativi e comunque luoghi di aggregazione e riferimento per la popolazione insediata;
- **non si rilevano** interferenze negative con particolari punti di vista panoramici, con belvedere o particolari visuali prospettiche;
- i siti di intervento **non si collocano** lungo percorsi locali di fruizione paesistico-ambientale come piste ciclabili, sentieri naturalistici etc;
- **non si ha** contiguità con sistemi paesistici di particolare interesse naturalistico;
- **non si rilevano** interferenze con relazioni percettive significative con elementi locali di interesse storico, artistico e monumentale;
- Si può affermare in conclusione, che le opere oggetto della presente relazione evidenziano una **bassa sensibilità paesistica** e una pressoché **bassa interferenza visiva** nel contesto.