

**IMPIANTO DI RIGOSO - DIGA DI LAGO BALLANO E LAGO VERDE:  
SERVIZI DI PROGETTAZIONE**



**RECUPERO DELLA DIGA DI LAGO VERDE  
PROGETTO DEFINITIVO**

   
STRATEGIES FOR WATER  
con la consulenza di 

TITOLO

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

CODICE OPERA

**C732**

CODICE ELABORATO

**R201**

REVISIONE	DATA	NOTE
1	30/05/2023	Revisione 1 con adeguamento ai commenti del DGD del 30/09/2022

Contratto: n° 1401366462

Oggetto: **IMPIANTO DI RIGOSO\_ DIGA DI LAGO BALLANO E LAGO VERDE:  
SERVIZI DI PROGETTAZIONE**

Data contratto: 5 giugno 2020

Durata: 36 mesi

G

Cliente: **Enel Green Power S.p.A.**

Gestore del Contratto Ing. Federica Cella

Gestione Tecnica Ing. Luca Dal Canto

ATI: STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l. (Mandataria)  
Frosio Next S.r.l. (Mandante)  
Waterways S.r.l. (Consulente)

ATI PM: Gianluca Gatto

ATI Staff Federico Bisci, Gioele Filippi, Piero Civollani, Fabrizio Cassone, Simone Di Lorenzo, Alessandro Ferrera, (Speri)  
Matteo Rebuschi, Luigi Papetti, Caterina Frosio (Frosio Next)  
Luciano Serra, Federico Marini, Anxhela Zaza (Waterways)

#### Storia del documento

Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Note
0	30/04/2022	Luciano Serra	Gianluca Gatto Luciano Serra	Giorgio Lupoi	Prima emissione
1	30/05/2023	Luciano Serra	Gianluca Gatto Luciano Serra	Giorgio Lupoi	Revisione 1 con adeguamento ai commenti del DGD del 30/09/2022

**STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l. e Frosio Next S.r.l.** non si assumono alcuna responsabilità per l'utilizzo da parte di terzi di risultati o metodi presentati in questo rapporto.

Le Società sottolineano inoltre che varie sezioni di questo rapporto si basano su dati forniti da o provenienti da fonti di terze parti. **STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l. e Frosio Next S.r.l.** non si assumono alcuna responsabilità per perdite o danni subiti dal cliente o da terzi a causa di errori o inesattezze in tali dati da terze parti.

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>2. STRUTTURA DELLA DOCUMENTAZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>3. UBICAZIONE DELL’IMPIANTO.....</b>	<b>5</b>
<b>4. CONTESTUALIZZAZIONE DELL’IMPIANTO .....</b>	<b>7</b>
<b>5. PRECEDENTI E STATO ATTUALE.....</b>	<b>8</b>
<b>6. CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO .....</b>	<b>14</b>
<b>7. ALTERNATIVE PROGETTUALI.....</b>	<b>18</b>
<b>8. CARATTERISTICHE DELL’OPERA DI SBARRAMENTO.....</b>	<b>20</b>
<b>8.1 DATI PRINCIPALI.....</b>	<b>20</b>
<b>8.2 GEOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>8.3 DIGA .....</b>	<b>24</b>
<b>8.4 SFIORATORE.....</b>	<b>28</b>
<b>8.5 SCARICO DI FONDO .....</b>	<b>33</b>
<b>10. STABILITÀ DELL’OPERA.....</b>	<b>37</b>
<b>10.1 GENERALITÀ.....</b>	<b>37</b>
<b>10.2 VERIFICHE.....</b>	<b>38</b>
10.2.1 <i>RISULTATI DELLE VERIFICHE.....</i>	<i>38</i>
10.2.2 <i>RISULTATI ALLO SLU.....</i>	<i>38</i>
10.2.2.1 <i>COMBINAZIONE 1 Fondamentale SLU – Esercizio normale Invaso Pieno .....</i>	<i>38</i>
10.2.2.2 <i>COMBINAZIONE 2 Eccezionale SLU – Massimo Invaso per la piena di progetto .....</i>	<i>39</i>
10.2.2.3 <i>COMBINAZIONE 3 Sismica SLC – invaso pieno con terremoto prevalente verso valle .....</i>	<i>40</i>
10.2.2.4 <i>COMBINAZIONE 4 Sismica SLC – invaso pieno con terremoto prevalente verso l’alto .....</i>	<i>40</i>
10.2.3 <i>RISULTATI ALLO SLE e SLD.....</i>	<i>40</i>
<b>10.3 CONSOLIDAMENTO DEL CORPO MURARIO. ....</b>	<b>41</b>
<b>10.4 SISTEMA DRENANTE A VALLE DELLA DIGA. ....</b>	<b>42</b>
<b>11. STRUMENTAZIONE.....</b>	<b>43</b>
<b>11.1 GENERALITÀ.....</b>	<b>43</b>
<b>11.2 SISTEMA DI CONTROLLO ATTUALE.....</b>	<b>44</b>
<b>11.3 SISTEMA DI CONTROLLO PROPOSTO .....</b>	<b>45</b>
<b>11.4 LIVELLO DI INVASO.....</b>	<b>46</b>

11.5	TEMPERATURE.....	47
11.6	PRECIPITAZIONI .....	48
11.7	SPESSORE MANTO NEVOSO.....	49
11.8	SPESSORE GHIACCIO.....	50
11.9	PERDITE .....	51
11.10	PIEZOMETRI.....	52
11.11	LIVELLAZIONE TOPOGRAFICA .....	53
11.12	3SISTEMA DI ACQUISIZIONE AUTOMATICO.....	54
<b>12.</b>	<b>INSERIMENTO NELL'AMBIENTE.....</b>	<b>55</b>
12.1	ELEMENTI DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE IN FASE DI CANTIERE.....	55
12.2	ELEMENTI DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE IN FASE DI GESTIONE .....	57
12.2.1	<i>Elementi di compensazione.....</i>	<i>57</i>
12.2.2	<i>Piantumazioni ed inerbimenti.....</i>	<i>57</i>
12.2.3	<i>Organizzazione della fruibilità .....</i>	<i>57</i>
12.2.4	<i>Demolizione ex sfioratore di superficie .....</i>	<i>59</i>
12.2.5	<i>Pista d'accesso .....</i>	<i>59</i>
12.2.6	<i>Superfici visibili.....</i>	<i>59</i>
12.2.7	<i>Sentiero circumlacuale.....</i>	<i>61</i>
12.2.8	<i>Finiture.....</i>	<i>62</i>
<b>13.</b>	<b>RECUPERO DEI MATERIALI.....</b>	<b>66</b>
13.1	GENERALITÀ.....	66
13.2	PROVE EFFETTUATE.....	67
13.3	CARATTERIZZAZIONE DELLE MATERIE SECONDO L'ORIGINE .....	68
13.4	QUANTITÀ STIMATE .....	69
13.5	COLLOCAZIONE NELL'OPERA.....	70
<b>14.</b>	<b>PROGRAMMA DEI LAVORI.....</b>	<b>71</b>
14.1	FLUSSO DELLE ATTIVITÀ.....	71
<b>15.</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>75</b>
15.1	PREMESSA .....	75
15.2	ACCESSO .....	76
15.3	AREE PRINCIPALI .....	77
15.4	ALIMENTAZIONE .....	78

<b>15.5</b>	<b>DERIVAZIONE PROVVISORIA .....</b>	<b>79</b>
<b>15.6</b>	<b>DEVIAZIONE DEL FIUME.....</b>	<b>80</b>
<b>15.7</b>	<b>PISTE.....</b>	<b>81</b>
<b>15.8</b>	<b>CANTIERE EST .....</b>	<b>82</b>
<b>15.9</b>	<b>CANTIERE SUD .....</b>	<b>83</b>

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Ubicazione dell'impianto .....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - Ubicazione all'interno del Parco regionale Valli del Cedra e del Parma .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 Schema dell'impianto di Rigoso .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4 – Sezione primitiva della diga .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5 - Planimetria .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 6 - Sezione trasversale .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7 – Vista satellitare da nord .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 8 – Ortofoto del serbatoio attuale .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 9 - Curva quote - aree .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 10 - Curva quote – volumi regolati – volumi totali .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 11 - Sezione trasversale dello sbarramento .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12 - Pianta dello sbarramento .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 13 – Stato del paramento di valle .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14 – Stato del paramento di monte .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 15 – Diga e sfioratore in sinistra .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16 – Soglia dello sfioratore attuale .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 17 – Profilo idraulico dello sfioratore e sezioni rilevanti .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 18 - Pianta .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19 - Profilo longitudinale .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 20 Imbocco dello scarico di fondo .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 21 – Organi di sezionamento attuali .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 22 - Processo di svuotamento dell'invaso - variazione volume e quote in funzione del tempo .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 23 - Aree proposte per la compensazione ambientale .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 24 – Sentiero circumlacuale .....</i>	<i>62</i>

Figura 25 - Rivestimento della scala di accesso alle banchine ed alle terrazze .....	63
Figura 26 - Rivestimento delle banchine .....	63
Figura 27 - Muro in pietrame e malta .....	63
Figura 28 - Sistemazione del fondo di un canale con gabbioni e materassi .....	63
Figura 29 - Rivestimento della copertura del torrino di manovra .....	64
Figura 30 - Rivestimento delle pareti degli edifici di manovra .....	64
Figura 31 - Esempio passerella di collegamento delle due banchine .....	64
Figura 32 - Arredo urbano da inserire lungo il sentiero circumlacuale .....	65
Figura 33 - campioni sottoposti al test di cessione .....	67
Figura 34 - Classificazione del materiale da demolizione .....	68
Figura 35 - Particolare aree di lavoro sbarramento ed area di cantiere est .....	84
Figura 36 - Inquadramento generale aree di cantiere e di lavoro .....	85

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Quote - aree - volumi totali - volumi regolati .....	17
Tabella 2 - Risultati ottenuti col codice di calcolo Hec - Ras .....	30
Tabella 3 - Finiture .....	61
Tabella 4 - Stima dei volumi della demolizione .....	69
Tabella 5 - Riutilizzo del materiale da demolizione .....	70
Tabella 6 - Cronoprogramma .....	72
Tabella 7 - Suddivisione temporale dei lavori .....	73
Tabella 8 - Cronoprogramma .....	74

## 1. INTRODUZIONE

Con contratto numero 1401366462 Enel Green Power Italia Srl ha affidato all'Associazione Temporanea d'Impresa (di seguito ATI), composta dalla società mandataria STUDIO SPERI Società di Ingegneria S.r.l e dalla società mandante FROSIO NEXT S.r.l., l'incarico di redigere il progetto definitivo, esecutivo e la direzione dei lavori delle opere oggetto del sopraccitato contratto "Impianto di Rigoso\_ diga di Lago Ballano e Lago Verde: Servizi di Progettazione".

La progettazione delle opere oggetto del contratto è stata eseguita con il contributo all'ATI della società Waterways S.r.l. quale consulente

La diga di Lago Verde risulta sostanzialmente fuori esercizio dal 18/3/1964, a seguito di lettera Enel indirizzata al Genio Civile di Parma, nella quale si comunicava che, a causa delle problematiche geologiche e strutturali dello sbarramento, la stessa non sarebbe più stata messa in carico.

Il presente progetto definitivo di recupero della diga di Lago Verde ha avuto pertanto come scopo principale il massimo recupero di volume di risorsa idrica accumulabile nell'invaso in assicurazione di compatibilità con le caratteristiche del territorio (geologia, sismicità e pregio ambientale) e di rispetto delle più recenti normative di sicurezza di settore (strutturale e idraulica).

In conseguenza degli interventi progettati il nuovo coronamento della diga si posizionerà alla quota di 1505,00 m s.l.m. e lo sfioratore superficiale avrà soglia alla quota 1498,00 m s.l.m..

L'intervento di recupero dello sbarramento di Lago Verde consentirà quindi all'invaso di raggiungere la quota di massima di regolazione fissata a 1.498,00 m s.l.m., corrispondente ad un nuovo volume massimo di regolazione di circa 460.000 metri cubi (totali circa 720.000 metri cubi) per una altezza d'acqua di circa 9 metri superiore al massimo livello idrico attualmente raggiungibile.

Particolari attenzioni in fase progettuale sono state rivolte ad ottenere un corretto inserimento ambientale dell'opera consolidata e per futuri sviluppi di fruizione turistica.

Tali caratteristiche determineranno la classificazione dell'opera a "diga di competenza regionale" (MinLLPP95) e a "diga di dimensioni contenute", conseguentemente lo sbarramento ricadrà nella categoria delle "dighe di importanza normale" (NTD14, Par. C.7.7.2).

La posizione amministrativa è regolata e identificata nei seguenti atti:

- Certificato di collaudo n. 422 del 24.01.1933, rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Sezione Servizio Dighe.
- Disciplinare di concessione DS. n. 487 del 10.04.1937, rilasciato dal Genio Civile di Parma.
- Concessione della derivazione, rilasciata con Regio Decreto n. 925 del 07.01.1938.

La presente relazione è stata redatta in variante della prima versione datata 30/4/22 per assolvere alle prescrizioni della DGD (istruttoria del 30/09/2022). Per semplicità di trattazione, le parti modificate rispetto alla prima emissione, sono riportate evidenziate in ciano.

## 2. STRUTTURA DELLA DOCUMENTAZIONE

La redazione del progetto definitivo comporta la redazione dei seguenti documenti:

- a. relazione generale
- b. relazioni tecniche e relazioni specialistiche;
- c. rilievi planoaltimetrici e studio dettagliato di inserimento urbanistico;
- d. elaborati grafici;
- e. studio di impatto ambientale ove previsto dalle vigenti normative ovvero studio di fattibilità ambientale;
- f. calcoli delle strutture e degli impianti secondo quanto specificato all'articolo 28, comma 2, lettere
- g. disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici;
- h. censimento e progetto di risoluzione delle interferenze;
- i. piano particellare di esproprio;
- j. elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi;
- k. computo metrico estimativo;
- l. aggiornamento del documento contenente le prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza;
- m. quadro economico con l'indicazione dei costi della sicurezza desunti sulla base del documento di cui alla lettera n).

La correlazione tra le prescrizioni di legge e la struttura dei documenti forniti in allegato al presente documento è specificata nella tabella seguente.

<b>Norma</b>	<b>Specifica</b>
Relazione generale	La presente relazione tecnica illustrativa
Relazioni specialistiche	Relazione geologica
	Relazione geotecnica
	Relazione idrologica
	Relazione idraulica
Studio di impatto ambientale ove previsto dalle vigenti normative o studio di fattibilità ambientale;	La procedura è prevista sia fornita separatamente dal presente documento
Calcoli delle strutture e degli impianti	Relazione di verifiche di stabilità

	Relazione impiantistica
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	Disciplinare prestazionale
Censimento e progetto di risoluzione delle interferenze	Sono parte della progettazione e non costituiscono un documento separato essendo tutte le interferenze interne all'impianto esistente
Piano particellare di esproprio	Non sono previsti espropri
Elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi	Inclusi nella relazione computi e stime che viene prodotta con l'esecutivo
Computo metrico estimativo	Inclusi nella relazione computi e stime
Piani di sicurezza e relativo piano economico	La procedura è prevista sia fornita separatamente dal presente documento

È inoltre previsto un piano di cantierizzazione, con programma preliminare dei lavori, non previsto dalla norma ma eseguito comunque.

Le relazioni allegate sono:

R202	Relazione geologica e geomorfologica
R203	Relazione geotecnica e geomeccanica
R204	Relazione idrologica
R205	Relazione idraulica
R206	Relazione sulle verifiche di stabilità
R207	Relazione impiantistica
R208	Disciplinare prestazionale
R210	Relazione di cantierizzazione
R006	Relazione sismotettonica e pericolosità

Per gli elaborati grafici si fornisce un elenco separato con il codice VDD. I rilievi planoaltimetrici e studio dettagliato di inserimento urbanistico sono contenuti negli elaborati grafici in forma digitale. Il progetto investe la modifica di opere esistenti e non comporta impatti sulla struttura urbanistica dei luoghi.

## Elenco delle tavole

D201	Ubicazione
D202	Corografia
D203	Geologia regionale
D204	Geologia della stretta, stato attuale
D205	Geologia della stretta, progetto
D206	Stato di consistenza, planimetria
D207	Stato di consistenza, sezione tipo diga
D208	Stato di consistenza, scarico di fondo
D209	Serbatoio
D210	Planimetria generale delle opere
D211	Planimetria della diga
D212	Sezione tipo della diga
D213	Interventi al piede di monte della diga
D214	Profilo longitudinale delle opere
D215	Sfioratore, planimetria e profilo
D216	Sfioratore, sezioni e dettagli
D217	Sfioratore, sezioni e dettagli
D218	Sfioratore, sezioni e dettagli
D219	Scarico di fondo, pianta e profilo
D220	Scarico di fondo, dettaglio terminale
D221	Scarico di fondo, sezioni e dettagli
D222	Torrino di manovra, pianta e profilo
D223	Torrino di manovra, sezioni
D224	Torrino di manovra, sezioni
D225	Pila della passerella
D226	Cabina di manovra, sezioni e dettagli
D227	Cabina di manovra, sezioni e dettagli
D228	Cabina di manovra, sezioni e dettagli
D229	Prospetti
D230	Sezioni sul taglione
D231	Modello delle opere
D232	Strada di accesso
D233	Sentiero circumlacuale
D234	Ipotesi di cantierizzazione

### 3. UBICAZIONE DELL'IMPIANTO

I bacini formati dalla diga di Ballano e quello di Lago Verde, sono situati nel comune di Monchio delle Corti, in provincia di Parma; entrambi alimentano l'impianto Idroelettrico di Rigoso e a seguire l'asta del Cedra Enza.

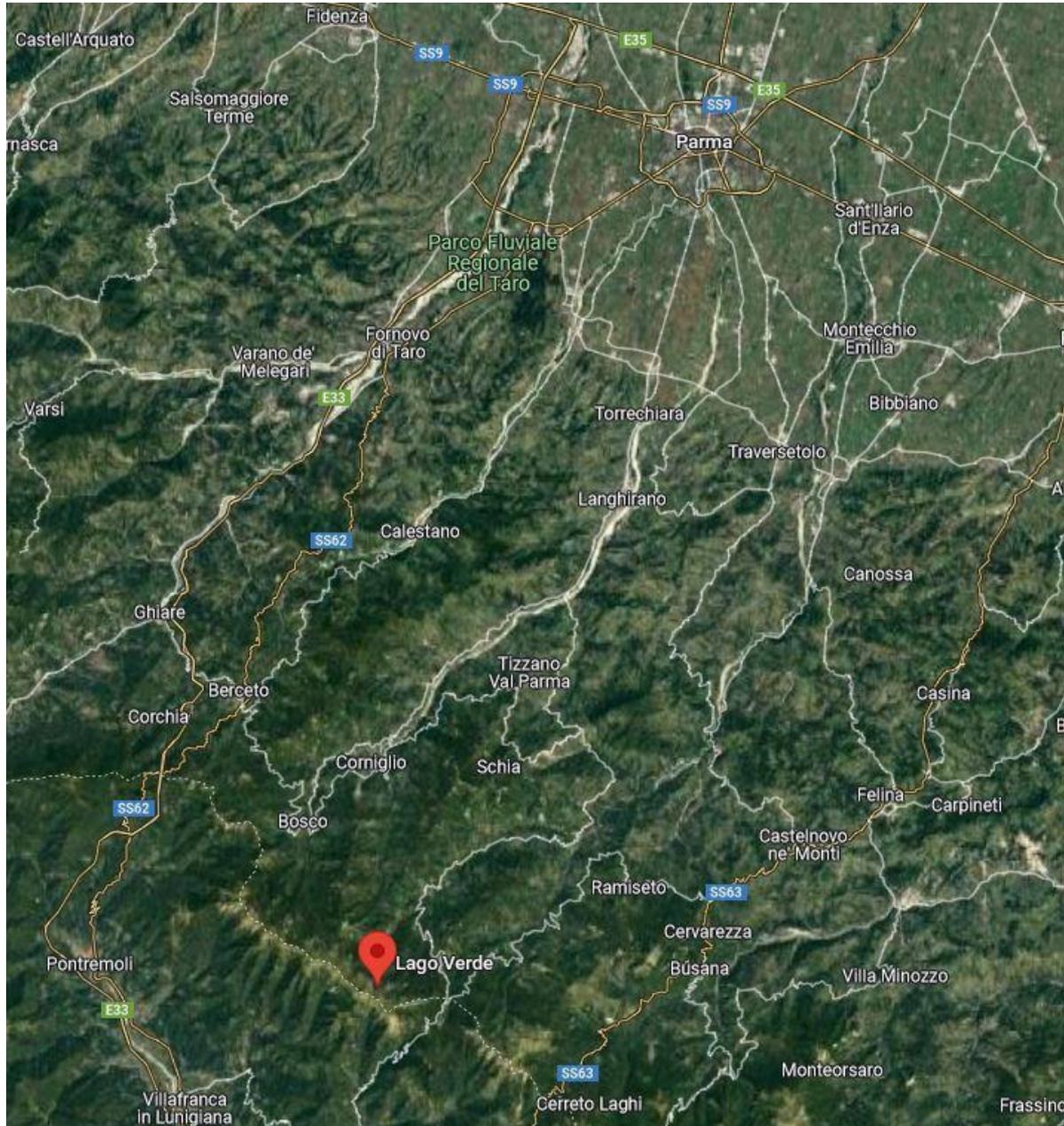
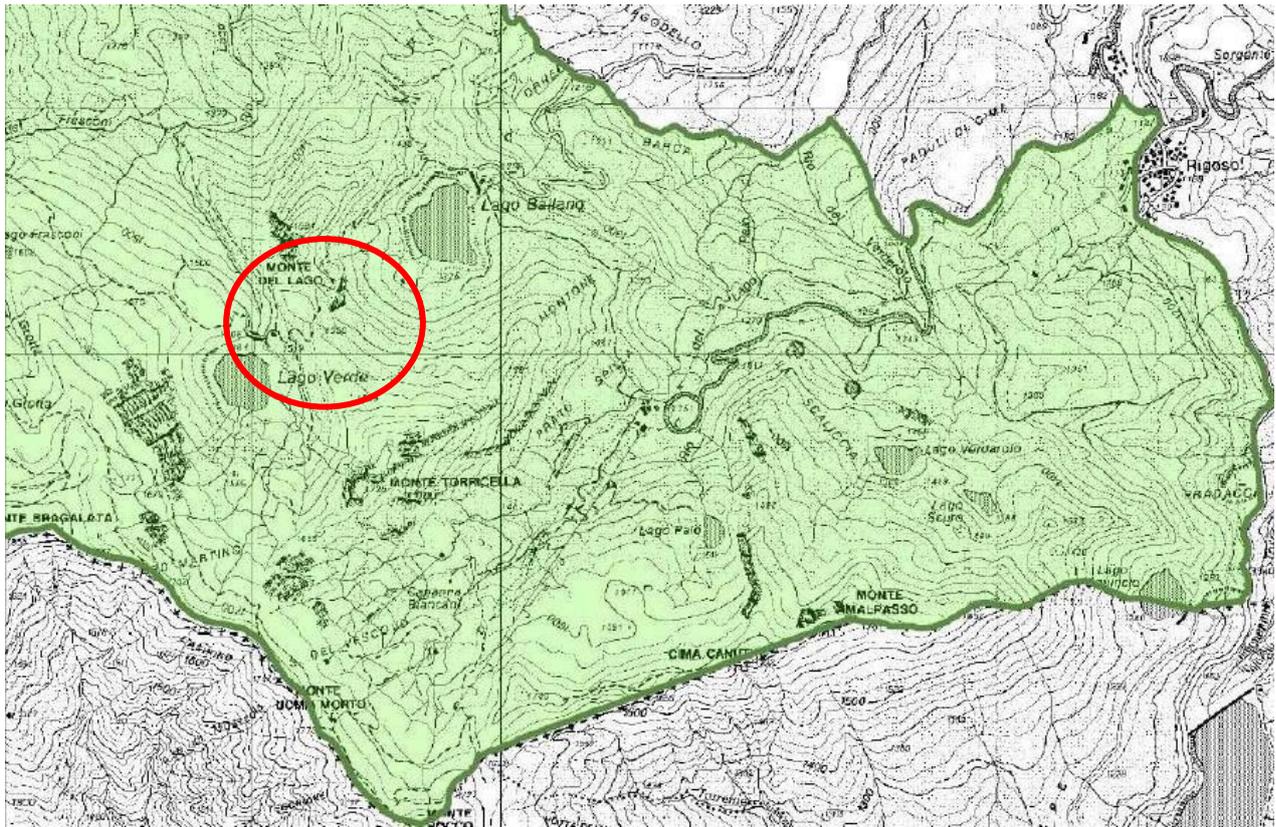


Figura 1 – Ubicazione dell'impianto



**Figura 2 - Ubicazione all'interno del Parco regionale Valli del Cedra e del Parma**

L'Area di intervento risulta compresa nel territorio del Parco regionale Valli del Cedra e del Parma oltre che all'interno dei SIC-ZPS IT4020020 – Crinale dell'Appennino parmense.

La diga di Lago Verde è raggiungibile percorrendo la Strada Statale 655 del Passo del Lagastrello fino all'abitato di Tre Fiumi e da quest'ultimo percorrendo la Strada comunale dei laghi; giunti alla diga del Lago Ballano si prosegue percorrendo una pista ad accesso regolato, percorribile esclusivamente con mezzi fuori strada, dallo sviluppo approssimativo di 1650 m., fino a giungere al coronamento della diga.

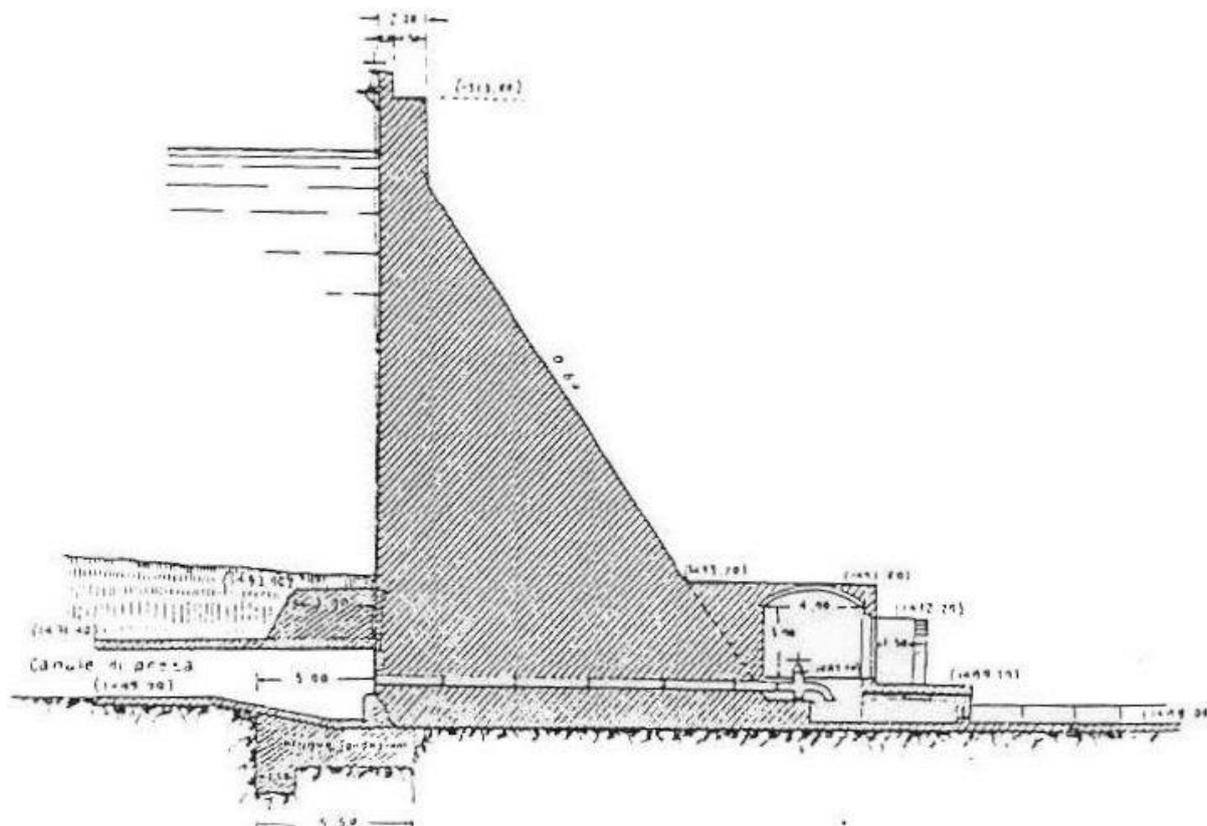
Questa strada sarà migliorata quale componente del progetto esecutivo del lago di Ballano, attualmente in corso di redazione.



## 5. PRECEDENTI E STATO ATTUALE

L'opera è stata realizzata negli anni 1907-1908, contemporaneamente alla costruzione della diga di Lago Ballano, dalla Compagnia delle Imprese Elettriche Liguri (CIELI).

Realizzata a gravità massiccia, in muratura di pietrame con malta di calce idraulica, con profilo fondamentale triangolare, paramento di monte verticale e andamento planimetrico arcuato con raggio di 100 m, fu impostata direttamente sulla copertura detritico morenica dello spessore di alcuni metri sovrastante la formazione di arenaria in posto.



**Figura 4 – Sezione primitiva della diga**

A seguito della prescrizione della Commissione Gleno furono eseguiti lavori radicali di irrobustimento del corpo diga originario, addossando al paramento di monte una nuova struttura in muratura di pietrame a secco. La nuova struttura presenta un paramento di monte costituito da un solettone in calcestruzzo armato poggiato ad uno strato di muratura in malta di cemento.

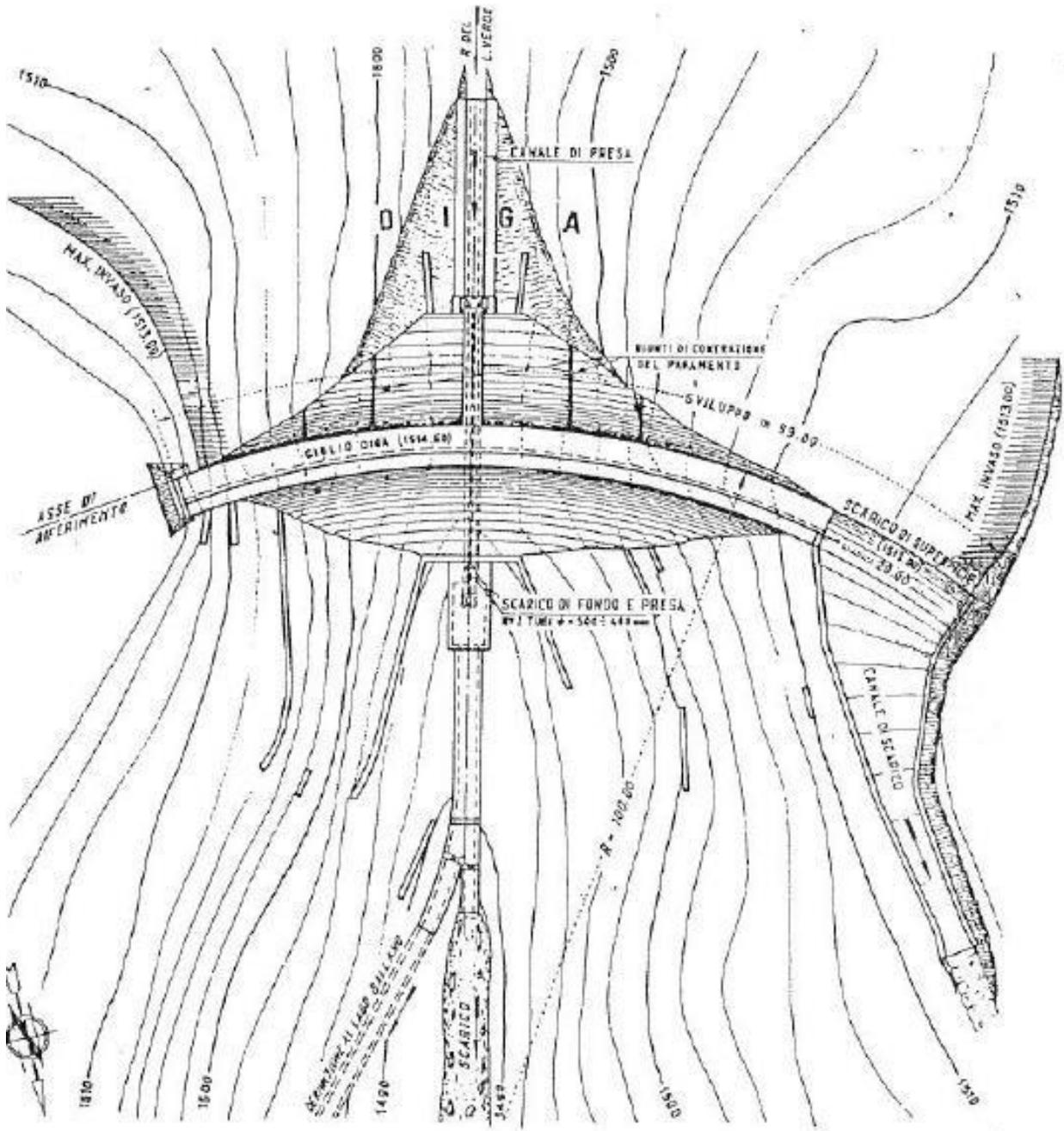


Figura 5 - Planimetria

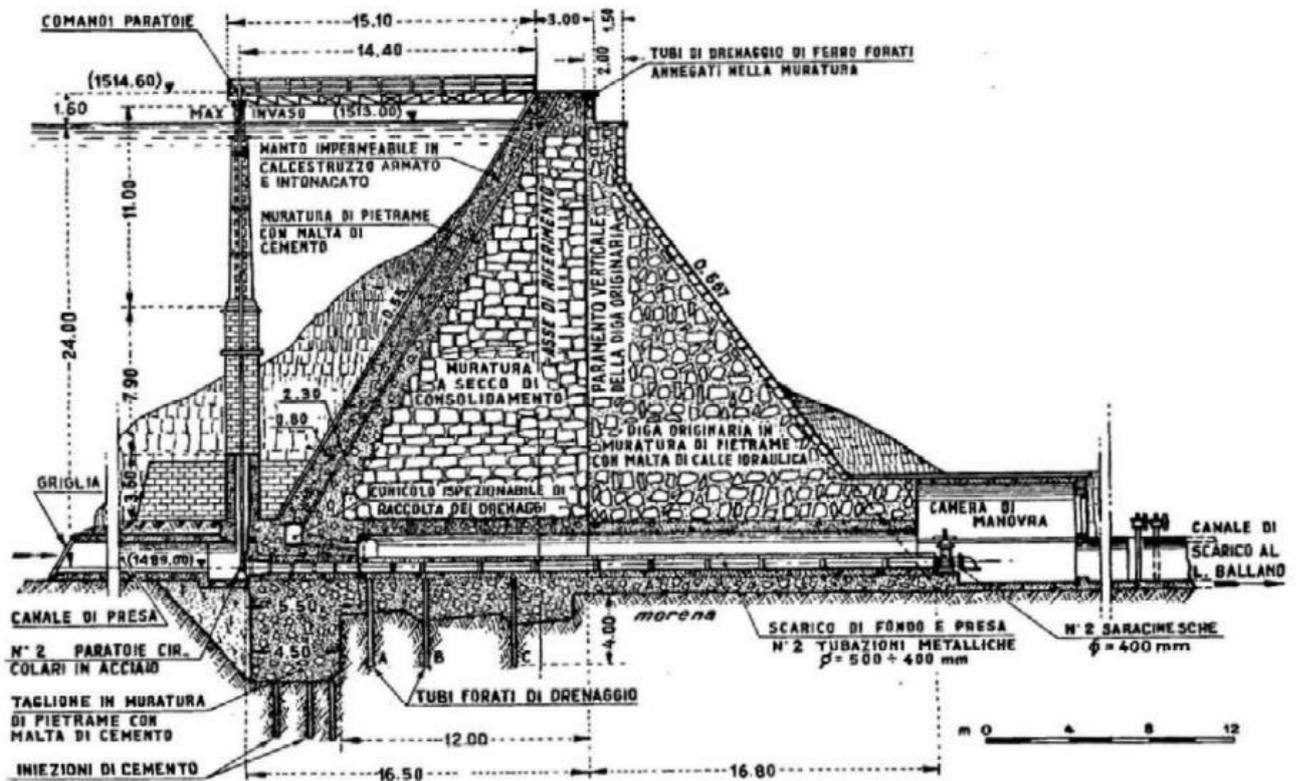


Figura 6 - Sezione trasversale

Nell'impossibilità di raggiungere la roccia in fondazione, in quanto l'opera risultava fondata su morena, la fondazione della parte aggiunta fu approfondita e munita a monte di un taglione in muratura di pietrame e malta di cemento. Fu ampliata anche la capacità dello sfioratore, portandone la luce da 8 m a 20 m, con opportune sistemazioni della soglia posta a quota 1513.00 m s.l.m.. Il nuovo coronamento fu realizzato a quota 1514.50 m s.l.m..

Il progetto dell'intervento trovò il consenso della 3a Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Dighe, che il 29/10/1930 rilasciò il certificato di collaudo dell'opera, cui fece seguito l'approvazione del Ministero dei Lavori Pubblici, Direzione Generale delle Acque e degli Impianti Elettrici, div. XIII il 2/12/1930.

Il 10/4/1937 il Ministero dei Lavori Pubblici, Corpo Reale del Genio Civile di Parma, emise il Disciplinare di Concessione, mentre il 7/1/1938 il Ministero dei Lavori Pubblici emise il Decreto di Concessione, con cui consentiva alla Compagnia Imprese Elettriche Liguri di derivare dai due affluenti del Torrente Cedra, detti Cedra dei Tre Fiumi e Cedra di Val di Tacca, in territorio del Comune di Monchio delle Corti (Parma) per la produzione di energia elettrica nella Centrale di Rigoso.

Negli anni successivi all'intervento di consolidamento si verificò un progressivo deterioramento del paramento di monte, dovuto principalmente all'azione del gelo, con un conseguente manifestarsi di infiltrazioni di una certa entità attraverso il corpo e le fondazioni della diga.

A seguito di ciò, negli anni '50 la Società CIELI limitò il livello di esercizio alla quota 1503 m s.l.m., dieci metri più bassa rispetto all'originaria quota massima di regolazione di 1513 m s.l.m..

Il 28/2/1964, con lettera n. 2212, l'Ufficio di Parma del Corpo del Genio Civile, a seguito delle istruzioni avute dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, IV Sezione, Servizio Dighe, invitava l'Enel, nel frattempo subentrata alla Società CIELI, a presentare un progetto atto ad ovviare ai problemi di infiltrazione che si verificavano durante la messa in carico della diga.

Il 5/3/1964 Enel comunicava al Genio Civile di Parma che, non essendo conveniente sotto alcun punto di vista un intervento rilevante di ripristino della diga di Lago Verde, la stessa non sarebbe più stata messa in carico. La diga sarebbe stata resa inoperante con l'esecuzione di un varco al posto dello scarico di fondo/opera di presa, che avrebbe permesso il libero deflusso delle acque.

Con lettera n. 3914 del 18/3/1964 Enel comunicava la messa fuori servizio della diga.

In occasione della visita di sopralluogo in data 8/6/1964, il Genio Civile di Parma riscontrava il bacino quasi completamente vuoto, buone condizioni di stabilità dell'opera di sbarramento e infiltrazioni trascurabili, ma rimarcava la mancata presentazione del progetto di ampliamento dello scarico di fondo, consistente in un varco di dimensioni tali da garantire il libero deflusso delle acque senza mettere in carico la diga.

Il progetto di modifica dello scarico di fondo della diga, che avrebbe reso inoperante il serbatoio fu presentato dall'Enel al Genio Civile di Parma con lettera n. 1621 del 1/7/1964.

Il progetto ricevette il parere favorevole dello stesso Genio Civile di Parma e quindi del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Dighe IV.

Dopo una proroga di un anno richiesta per sviluppare nuovi studi sulla possibilità di recupero del serbatoio di Lago Verde, Enel comunicava con lettera n. 7517 del 17/9/1965 al Genio Civile di Parma che i lavori avrebbero avuto inizio dopo i lavori di sistemazione della strada di accesso alla diga.

Nel dicembre 1965 i lavori furono interrotti per avverse condizioni meteorologiche, ma risultavano già eseguite le opere necessarie a rendere efficace e funzionante il nuovo scarico di fondo attraverso il corpo della diga. In particolare furono eseguiti i lavori di:

- demolizione e ricostruzione della camera di imbocco del cunicolo di presa a monte della diga
- demolizione del tampone in calcestruzzo in corrispondenza del piede di monte della diga
- demolizione parziale della soletta della camera di manovra delle saracinesche
- asportazione delle paratoie e delle saracinesche di intercettazione delle due condotte di derivazione e scarico.

Nel maggio 1966 furono ripresi i lavori per l'ultimazione delle modifiche da apportare allo scarico di fondo.

In data 11/8/1966 il Genio Civile di Parma effettuò una visita sopralluogo al fine di accertare la conclusione dei lavori di modifica. Durante la visita il livello del bacino risultò attestato alla quota 1489.00 m s.l.m., essendosi conservato il solo lago naturale, e le infiltrazioni attraverso lo sbarramento apparvero esaurite.

La medesima situazione fu riscontrata dal Genio Civile di Parma nelle successive visite effettuate fino al 1968.

### **Periodo 1965 - attuale**

A seguito della prescrizione della Commissione durante gli anni '70 ed '80 le condizioni della diga e dell'invaso si mantennero inalterate e fu proseguito l'esercizio della derivazione ad acqua fluente.

Il 25/7/1996 in sede di visita sopralluogo, l'Ufficio Periferico di Milano della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Nazionale Dighe, prese atto dello stato del serbatoio di Lago Verde ma, in mancanza di un atto formale di dismissione, evidenziò che lo sbarramento doveva ritenersi sempre in esercizio e che pertanto dovevano essere assolti gli adempimenti formali previsti dalla Normativa vigente sull'esercizio delle dighe.

Dal 1996 lo stesso Ufficio di Milano ha effettuato regolari visite di vigilanza alla diga.

L'azione del Servizio Nazionale Dighe si concretizzò inoltre nell'approvazione del nuovo Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione della diga, approvato il 9/10/2002 dallo stesso Servizio e quindi sottoscritto dall'allora Concessionario Enel Green Power SpA.

Il nuovo Foglio di Condizioni confermava in particolare l'esercizio della presa ad acqua fluente e l'accorpamento della guardiania con la diga di Lago Ballano, esplicandosi poi la sorveglianza dell'opera mediante visite ed ispezioni settimanali.

In considerazione della limitazione d'invaso imposta al Lago Ballano dal 1994 e dello svuotamento dell'invaso di Lago Verde, in essere fino dal 1965, nel 2000 Enel sviluppò un progetto preliminare per il recupero parziale dei due invasi, finalizzato a restituire maggiore flessibilità e producibilità agli impianti dell'asta Cedra – Enza.

### **Progetto di rifacimento diga - 2003**

La Società Enel Green Power SpA, Gruppo Enel, allora Concessionario della diga di Lago Verde, incaricò nel 2002 la società Soil Water Structures Engineering SpA di Trento (SWS) per lo sviluppo di un nuovo progetto, che prevedeva il recupero dell'invaso di Lago Verde mediante la riduzione di circa 10 m dell'altezza della diga e la realizzazione di un nuovo rivestimento in calcestruzzo del paramento di monte, di uno scarico di superficie con canale fagatore coperto, di un nuovo condotto di scarico di fondo e presa, di uno schermo di impermeabilizzazione dei terreni di fondazione mediante jettinazione, di un rilevato in materiale arido addossato al paramento di valle, oltre ad altre lavorazioni accessorie.

Il processo autorizzativo ha previsto:

- 19/6/2003; con lettera n. DI-355/03, il progetto di recupero della diga di Lago Verde viene presentato all'Ufficio Periferico di Milano del Servizio Nazionale Dighe
- 15/7/2004; a seguito degli approfondimenti svolti durante l'istruttoria dell'Ufficio Coordinamento Progetti e Lavori del Registro Italiano Dighe, con lettera n. DI-308/04 vengono presentati nuovi elaborati progettuali, integrati e modificati a cura della stessa società SWS.
- 8/6/2006; con voto n. 95 la IV Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici esprime il parere richiesto da Registro Italiano Dighe al termine dell'istruttoria: "gli aspetti tecnici finalizzati alle valutazioni di sicurezza dei progetti di recupero delle dighe di Lago Verde e Lago Ballano non sono sufficientemente sviluppati per poter esprimere valutazioni sulle soluzioni prospettate".
- 29/12/2006; con nota n. RID/13525/UCPL del Registro Italiano Dighe, viene chiesta ad Enel la rielaborazione e l'adeguamento degli elaborati progettuali, in funzione delle

valutazioni espresse nella istruttoria e delle osservazioni formulate dalla IV Sezione.

- 9/1/2008; viene emesso il Decreto di compatibilità ambientale da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

### **Progetto di rifacimento diga – revisione 2012**

In ragione del Decreto di compatibilità ambientale, l'Ingegneria Civile Idraulica di Enel, sviluppa un nuovo progetto senza modificare in alcuna misura le caratteristiche dimensionali, idrauliche, funzionali e ambientali delle opere; il progetto, già trasmesso con lettera prot. n. 0016468 del 8/4/2011 all'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, è stato successivamente sottoposto ad una ulteriore revisione e ad alcune modifiche ed integrazioni, a seguito delle osservazioni e valutazioni espresse dalla Divisione 4 – Ufficio Coordinamento Progetti e Vigilanza Lavori, e dalla Divisione 8 – Ufficio di Geologia Applicata, della Direzione Generale per le Dighe, in occasione sia di alcuni incontri tecnici organizzati allo scopo, sia dei sopralluoghi sulle opere interessate del 4/8/2011 e del 29/9/2011.

Il 29/3/2013, con nota n. 4420, la Direzione Generale per le Dighe fa proprie le indicazioni del voto n. 67 del 28/2/2013 della IV Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e “approva i progetti definitivi di manutenzione straordinaria per il recupero dell'ordinario esercizio degli invasi delle dighe di Lago Verde e Lago Ballano (rev.1 aprile 2012), subordinatamente al recepimento delle prescrizioni sopra riportate”.

Negli anni successivi, a causa del contesto economico mutato e della diminuzione di redditività e di investimenti nel settore, Enel non ha dato corso alla esecuzione di questo progetto e di conseguenza, in data 13/10/2015, con nota prot. n. 20656 l'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, revoca il precedente nulla osta e prescrive la sostanziale messa fuori servizio della diga di Lago Ballano e prescrive la redazione di un progetto preliminare finalizzato alla definitiva dismissione degli sbarramenti dei laghi Verde e Ballano.

Il progetto, redatto da ENEL Green Power, è alla base della presente progettazione definitiva.

## 6. CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

Il serbatoio è originato dal sopralzo di un lago naturale situato circa a quota 1496 m s.l.m., posto alla testata della valle del Rio del Lago, presso lo spartiacque fra i bacini dell'Enza e del Magra.

In origine il lago presentava una superficie di 60.000 m<sup>2</sup> ed un invaso di 650.000 m<sup>3</sup>. Esso risulta alimentato da un bacino imbrifero di 1.08 km<sup>2</sup>.

Negli anni 1907-1908 fu realizzato lo sbarramento che, elevandosi di 16 m al di sopra del pelo libero dell'invaso naturale, portò la superficie dello specchio liquido a 117.000 m<sup>2</sup> ed il volume complessivo a 215.0000 m<sup>3</sup>.

L'opera di presa fu posizionata 7 m al di sotto del pelo libero dell'invaso naturale, rendendo disponibili circa 360.000 dei 650.000 m<sup>3</sup> di acqua in esso contenuti. In tal modo il volume utile risultò essere di 1.860.000 m<sup>3</sup>.

Fin dall'origine le portate derivate dal Lago Verde, unitamente a quelle derivate dal sottostante Lago Ballano nel quale sono convogliate, alimentano in cascata le centrali di Rigoso, Rimagna, Isola di Palanzano e Selvanizza, alle quali compete una producibilità media annua di 71.33 GWh.

Dal 1965 il serbatoio è stato reso inoperante e ridotto al residuo lago di origine glaciale al di sotto della quota 1489 m s.l.m..

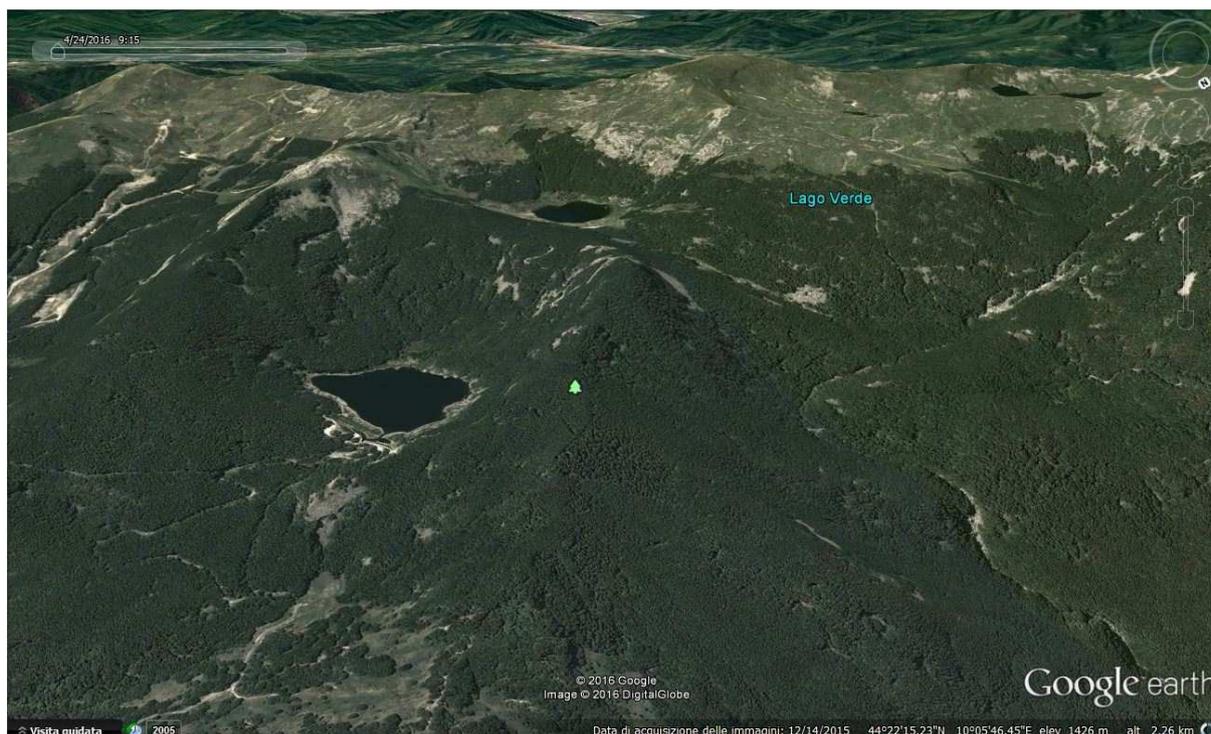


Figura 7 – Vista satellitare da nord



**Figura 8 – Ortofoto del serbatoio attuale**

L'intervento di recupero dello sbarramento di Lago Verde consentirà di raggiungere la quota di massima regolazione fino a 1.498 m s.l.m., corrispondente ad un volume massimo di regolazione di circa 460.000 metri cubi su una altezza di circa 9 metri.

Nei grafici che seguono si riportano le curve delle aree e dei volumi desunti dal foglio condizioni esercizio e manutenzione della diga. I volumi regolati si distinguono dai volumi totali, in quanto il serbatoio possiede una capacità al di sotto della quota di imbocco dell'opera di presa, situata a quota 1488,6 m s.l.m..

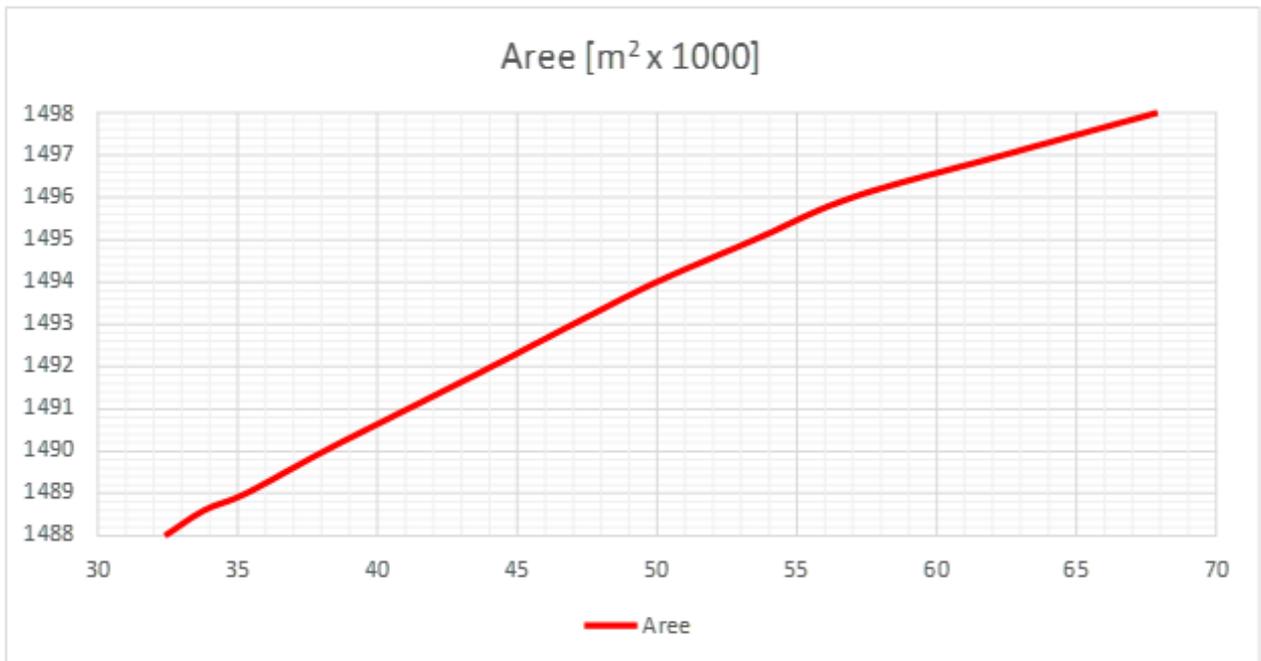


Figura 9 - Curva quote - aree

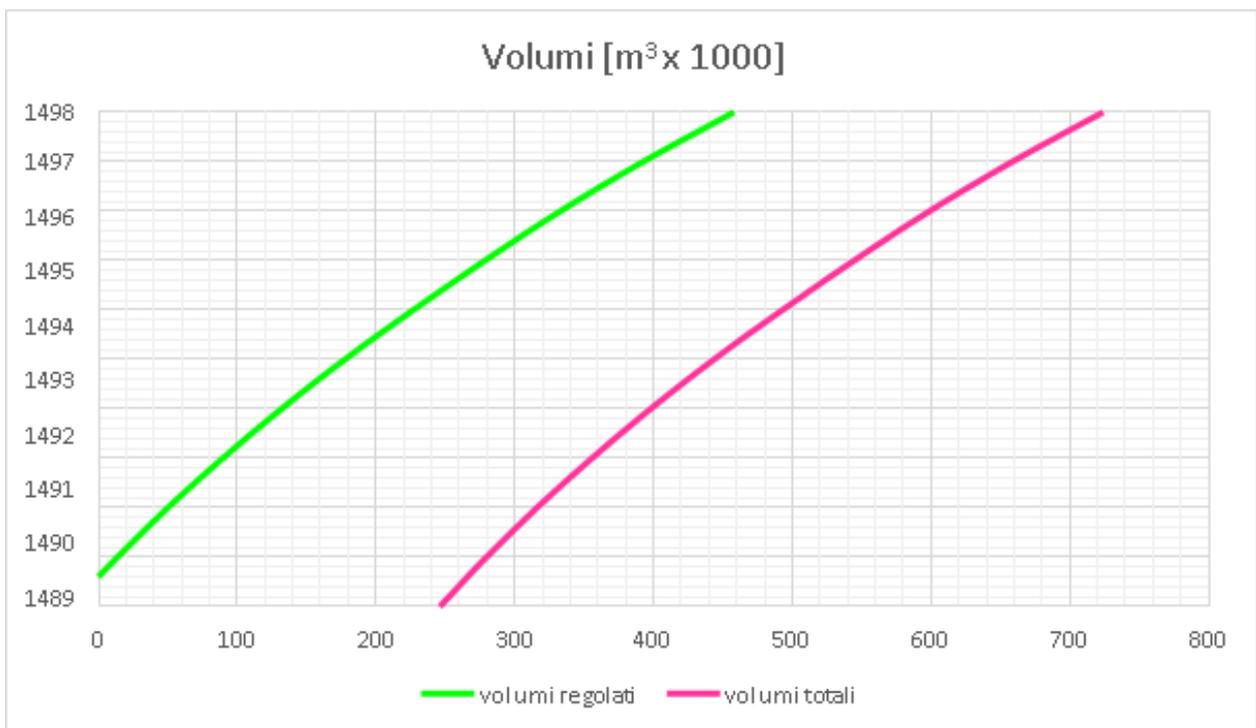


Figura 10 - Curva quote – volumi regolati – volumi totali

<b>Quota [m slm]</b>	<b>Aree [m<sup>2</sup> * 10<sup>3</sup>]</b>	<b>Volumi totali [m<sup>3</sup> * 10<sup>3</sup>]</b>	<b>Volumi regolati [m<sup>3</sup> * 10<sup>3</sup>]</b>
1498,0	67,9	724,0	458,1
1497,0	62,4	658,7	392,8
1496,0	57,0	599,0	333,1
1495,0	53,5	544,7	278,8
1494,0	50,0	493,0	227,1
1493,0	47,0	443,6	177,7
1492,0	44,1	398,0	132,1
1491,0	41,1	355,6	89,7
1490,0	38,1	316,0	50,1
1489,0	35,3	279,7	13,8
1488,6	33,8	265,9	0,0

**Tabella 1 - Quote - aree - volumi totali - volumi regolati**

## 7. ALTERNATIVE PROGETTUALI

Le alternative principali esaminate riguardano:

1. La demolizione della diga
2. La strada di accesso
3. Lo sfioratore

Per la demolizione della diga si è valutata la parte di opera da lasciare e quella da demolire, dato che era possibile fermare la demolizione a diversi livelli.

Lasciando l'opera a livelli alti (a parte il varco per lo sfioratore, che è fisso alla quota 1498) il beneficio consiste nella riduzione delle demolizioni, il che procura un vantaggio per la ricollocazione del materiale demolito e diminuisce i costi di lavorazione. Inoltre, ad alti volumi di demolizione corrispondono tempi di esecuzione più lunghi ed un maggiore disturbo sull'ambiente del parco. Si consideri che durante l'inverno è improbabile lavorare, e che in primavera si dovranno osservare limitazioni per gli impatti del cantiere, quindi i tempi tendono ad allungarsi.

Per contro due spalle molto alte rispetto al varco dello sfioratore sarebbero state impositive dal punto di vista ambientale ed avrebbero costituito un elemento strutturale di cui garantire la stabilità, particolarmente in concomitanza di un evento sismico.

Sono stati considerati vari livelli di splateamento, a quota 1498, 1505 e 1510 e ci si è orientati verso la soluzione intermedia, che consentiva di disporre di due terrazze fruibili ma a livelli contenuti, e consentiva al contempo una discreta riduzione dei volumi di demolizione.

Questa soluzione tiene anche conto delle esigenze di stabilità dell'opera.

Altri dispositivi non consentono alternative, si tratta di necessità tecniche, come gli interventi di consolidamento del taglione della diga e la sostituzione della piastra del paramento di monte.

La strada di accesso è un'opera difficile ed impattante. Sono stati considerati diversi tracciati possibili, principalmente un tracciato dalla ex casa di guardia alla cabina di manovra, che tuttavia avrebbe interferito in modo pesante con la sponda a valle della diga, in destra idraulica, sponda boscata ed intatta.

Si è quindi scelto di rinunciare a questa possibilità per sfruttare i percorsi esistenti che dalla ex casa di guardia vanno verso il lago e che già definiscono dei tracciati che saranno solamente da perfezionare, e che necessariamente saranno utilizzati anche in sede di esecuzione delle opere.

Questa opzione comporta il frazionamento del cantiere in due periodi nettamente distinti, dato che si rende possibile accedere con i mezzi d'opera a valle della diga solo dopo aver effettuato il completamento dello splateamento della diga almeno fino a quota 1501,50, in modo da poter sfruttare la banchina a lato dello sfioratore in destra idraulica.

Dopo tale circostanza si renderà possibile giungere con i mezzi a valle della diga sul canale dello sfioratore e alla cabina di manovra dello scarico di fondo.

Questa tratta di pista di accesso sarà utilizzata in permanenza per l'esercizio delle opere.

Le alternative relative allo sfioratore concernono dei dettagli soprattutto idraulici e come le opere si sarebbero inserite nell'ambiente. La soglia è stata mantenuta piana e larga dieci metri

come previsto nelle progettazioni precedenti. Ridurre la larghezza della soglia avrebbe comportato l'innalzamento della lama d'acqua e dell'energia del flusso in caso di piena.

Nel canale fugatore invece si sono eliminate le briglie intermedie precedentemente previste per diminuire i calcestruzzi a valle della diga e per modellare il canale fugatore secondo linee regolari e progettando una modellazione del pendio regolare e con superfici da sistemare a verde o rivestite in pietrame.

La vasca di calma invece, dato che sopporta turbolenze è stata prevista in calcestruzzo, ma riducendone al minimo la lunghezza, conseguentemente riducendone l'impatto. Il che comporta una protezione del primo tratto di raccordo all'alveo naturale, ma pensato in gabbioni, quindi opere più flessibili e facilmente inseribili nell'ambiente.

Per quanto riguarda le sistemazioni ambientali non si tratta di un esame di alternative, ma di un vincolo di ottimizzazione dell'inserimento dell'opera nell'ambiente, cosa che si è curata al massimo.

## 8. CARATTERISTICHE DELL'OPERA DI SBARRAMENTO

### 8.1 Dati principali

SERBATOIO	Impianto attuale	Progetto
Quota massimo invaso	1513.30 m s.l.m.	1499,84 m s.l.m.
Quota massima regolazione	1513 m s.l.m.	1498 m s.l.m.
Quota soglia di derivazione	1489 m s.l.m.	1489 m s.l.m.
Superficie del lago alla quota di massimo invaso	0,118 km <sup>2</sup>	0,75 km <sup>2</sup>
Alla quota di massima regolazione	0,117 km <sup>2</sup>	0,68 km <sup>2</sup>
Alla quota della soglia di derivazione	0,36 km <sup>2</sup>	0,36 km <sup>2</sup>
Volume totale invaso	2,2 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,724 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Volume utile di regolazione	1,88 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,46 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Volume di laminazione	0,05 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,144 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Bacino imbrifero sotteso	1,15 km <sup>2</sup>	1,15 km <sup>2</sup>
Portata di massima piena	41 m <sup>3</sup> /s	41 m <sup>3</sup> /s

DIGA	Impianto attuale	Progetto
Sviluppo <b>longitudinale</b>	99 m	43,37 m
Sviluppo scarico di superficie	20 m	10 m
Quota coronamento	1514,6 m s.l.m.	<b>1501,5 m s.l.m.</b>
Franco	1,3 m	1,31 m
Quota più depresso delle fondazioni (piede di monte)	1495 m s.l.m.	1495 m s.l.m.
Altezza diga (2014)	19,60 m	10 m
Grado sismicità	9	9
Classificazione	A.a.1	A.a.1

## 8.2 Geologia

La diga di Lago Verde è ubicata lungo il crinale appenninico, in corrispondenza di depressioni e gradini rocciosi formatisi, per erosione differenziata, all'interno di truogoli e circhi glaciali. L'intera superficie in esame, che comprende oltre allo sbarramento anche il retrostante bacino, si svolge sul versante Nord-orientale di uno spartiacque allungato in direzione Sud-Est, Nord-Ovest, pressoché coincidente con l'allineamento Monte Orsaro – Monte Bocco – Monte Sillara - Alpe di Succiso, il cui prolungamento, collegandosi a Sud con i monti Albani e quelli del Chianti, definisce la più grande struttura geologica dell'Appennino Settentrionale.

Lo sbarramento del Lago Verde si colloca sul fianco superiore di una piega coricata, con vergenza nord orientale (appenninica), che ha interessato in massima parte la formazione torbidica del Macigno (Oligocene-Miocene).

Tale formazione, appartenente all'Unità Toscana, si immerge verso Nord-Est al disotto dell'Unità di Canetolo (Paleocene-Eocene), terreni alloctoni di affinità subliguride, qui costituiti dalle Formazioni delle Argille e Calcari di Canetolo e delle Arenarie di Ponte Bratica.

Il rilevamento geologico effettuato, integrato dai dati delle campagne geognostiche, porta a concludere che la sequenza lito-stratigrafica, comprendente sia l'area d'imposta della diga esistente che il retrostante bacino, è costituita da terreni detritici di origine glaciale e gravitativa a cui, localmente, si sovrappongono sedimenti di genesi lacustre. Il substrato è interamente rappresentato da una formazione arenacea in facies di flysch che affiora nella porzione superiore dei versanti e si immerge al disotto della diga, che invece è interamente fondata sui terreni morenici.

Nell'area del bacino non sono stati rilevati, durante la ricognizione geologica e di fotointerpretazione delle pendici, fenomeni gravitativi di rilievo. Sui tratti mediani dei versanti, sono presenti modeste manifestazioni di scivolamento e crollo di blocchi lapidei, legate soprattutto all'orientamento della stratificazione e agli intensi fenomeni di termo e crioclastismo stagionale che si esplicano su quest'area.

La presenza di numerose trincee, gradini morfologici e depressioni chiuse, sono un indubbio segnale che è attivo un generale allentamento degli ammassi rocciosi. La loro presenza continua ed estesa lungo i versanti indica che gli stessi possono essere interessati da Deformazioni Gravitative Profonde (DGPV).

Numerosi e spesso concomitanti sono i fattori predisponenti il fenomeno, nella zona esaminata, modellata da morfogenesi glaciale, il principale fattore può essere individuato nella notevole glacio-decompressione di cui è stata oggetto. Questi meccanismi gravitativi, che presentano normalmente un'evoluzione estremamente lenta, raggiungono raramente collasso.

Per la caratterizzazione dei materiali dello sbarramento e dei terreni di substrato nell'anno 2008 è stata condotta una campagna geognostica con 'esecuzione di N. 4 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza circa 40 m eseguiti lungo lo sviluppo planimetrico della diga attuale. In ogni foro sono state eseguite prove di tipo SPT ed idrauliche, sono stati inoltre prelevati campioni di terreno per l'invio al laboratorio geotecnico. I fori CH1V, CH2V e CH3V sono stati eseguiti a distruzione di nucleo al fine di eseguire prove di tipo Cross-Hole tra le coppie costituite con il limitrofo foro carotato. Al fine della caratterizzazione degli ammassi rocciosi i sondaggi geognostici sono stati integrati da rilievi geomeccanici di superficie su vari affioramenti dell'area.

Alla sostanziale stabilità delle sponde non corrisponde una situazione positiva per quanto riguarda invece la permeabilità della formazione morenica su cui invece si basa la diga, che è soggetta a permeazioni, sia pure modeste dato l'alto contenuto di fini della formazione, che sotto tirante potrebbero determinare un fenomeno di erosione interna dell'ammasso e quindi fenomeni di instabilità nel tempo.

Per questo motivo è richiesto il contenimento del tirante idrico e un intervento di consolidamento ed impermeabilizzazione a livello del taglione e delle formazioni su cui la struttura di sottofondazione insiste.

### 8.3 Diga

Lo sbarramento è costituito da una porzione della diga precedente, il cui coronamento era ubicato alla 1514,60 m s.l.m.

Tutta la porzione superiore della diga esistente è rimossa, e l'opera residua, declassata da grande diga essendo la sua altezza inferiore ai 15 metri ed il volume sotteso allo sbarramento inferiore al milione di metri cubi, è ridotta a livelli inferiori posti a quote differenti.

La quota delle ampie terrazze che costituiscono il piano superiore di demolizione, in destra e in sinistra, sono alla quota 1.505,00 m s.l.m.. Esse potrebbero essere considerate il coronamento della diga. Tuttavia, il franco è stato calcolato rispetto alla quota delle banchine dello sfioratore ed alla quota del ponte di accesso al torrino di manovra.

La diga è fondata direttamente sulla soglia morenica di un lago di origine glaciale, il cui fondo si trova ad una quota di oltre 15 m inferiore rispetto al piede di monte della diga.

Con la realizzazione della diga, la soglia morenica è stata incisa per uno spessore di circa 7 m, anche allo scopo di rendere regolabile una parte maggiore del volume invasato.

La diga originaria, realizzata negli anni 1907-1908, è una struttura costituita da muratura di pietrame con malta di calce idraulica, con profilo fondamentale triangolare, paramento di monte verticale e paramento di valle inclinato di 0.69.

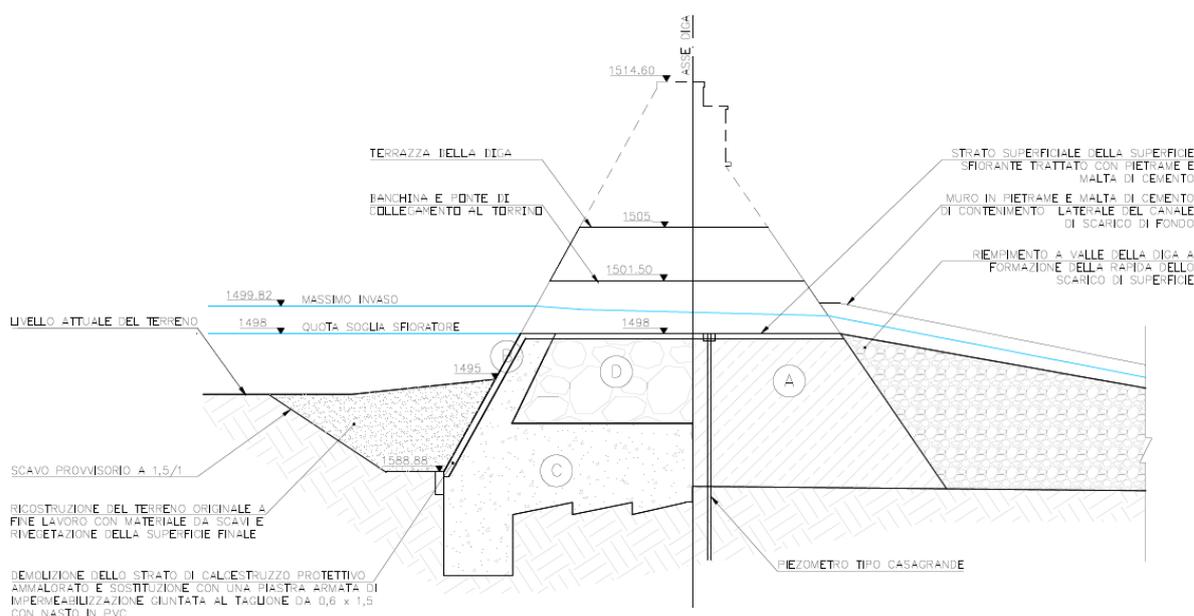


Figura 11 - Sezione trasversale dello sbarramento

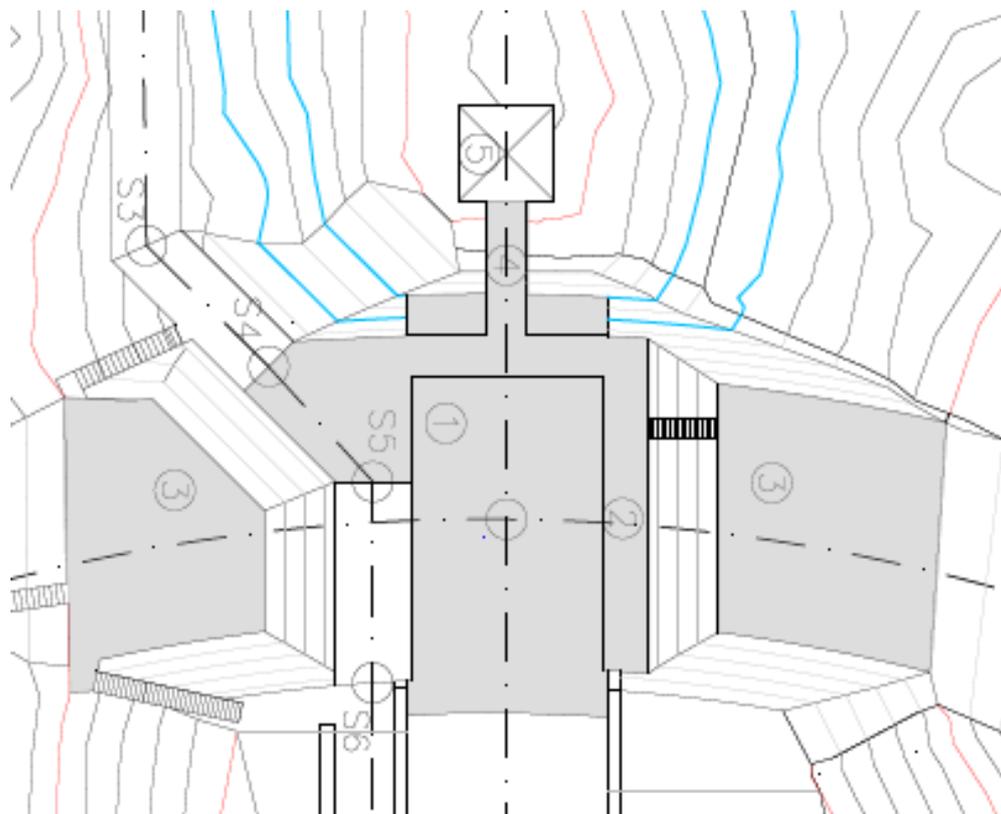


Figura 12 - Pianta dello sbarramento

Il paramento di valle è rivestito in bognini di arenaria, mentre il paramento di monte era rivestito con intonaco di cemento. Questo paramento è in discrete condizioni e si prevede di lasciarlo tal quale, salvo sistemazioni locali e rifiniture.



Figura 13 - Stato del paramento di valle

La parte aggiunta negli anni 1928-29 è costituita da un corpo in muratura a secco addossato al paramento di monte della struttura originaria, rivestito lato monte da uno strato di muratura in pietrame legata con malta cementizia con sovrapposto uno strato di calcestruzzo armato.

Il paramento di monte è in pessime condizioni, per cui si prevede la demolizione della lastra di rivestimento, e la sua integrale sostituzione con una nuova lastra di conglomerato cementizio armato e ancorato alla diga.

Il nuovo rivestimento si ferma alla quota 1501,5 m s.l.m., quindi leggermente al di sopra del massimo livello di invaso, ed è previsto ancorato alla struttura retrostante. La porzione sovrastante del paramento, fino a quota 1505 m s.l.m., viene sistemata riprendendo le profilature della muratura che è generalmente in buone condizioni e si presenta ragionevolmente bene anche dal punto di vista dell'inserimento ambientale.



**Figura 14 – Stato del paramento di monte**

Nella porzione centrale è prevista l'ubicazione dello sfioratore, alla quota 1.498,00 m s.l.m.. Esso è largo 10 metri ed è costituito da un piano orizzontale che si estende per tutta lo spessore della diga.

A fianco dello sfioratore sono ubicate due banchine poste a quota 1501,5 m s.l.m.. Dalle banchine parte un ponticello di collegamento, alla stessa quota, da cui si stacca il ponte di accesso al torrino di manovra del sezionamento dello scarico di fondo, posto a monte della soglia dello sfioratore.

Il franco di coronamento è stato verificato a norma adottando cautele estremamente restrittive a favore della sicurezza e dell'osservanza rigorosa delle prescrizioni di legge interpretandole nel modo più restrittivo. Il minimo richiesto è soddisfatto.

## 8.4 Sfiatore

Lo sfiatore dell'impianto attuale è posto a quota coronamento in spalla sinistra della diga, ma verrà abbandonato e risistemato in sicurezza. Esso è costituito da un manufatto in calcestruzzo armato ubicato in fregio al coronamento in sponda sinistra, della larghezza di 20.00 m, con soglia alla quota 1513 m s.l.m..

Nelle figure si evidenzia la sistemazione attuale.



**Figura 15 – Diga e sfiatore in sinistra**



**Figura 16 – Soglia dello sfiatore attuale**

Lo sfioratore in progetto è assimilato ad una soglia grossa.

Il canale fugatore è largo 10 m ed ha pendenza del 20% circa.

Il canale fugatore termina con una briglia di calcestruzzo, da cui inizia la vasca di dissipazione.

La vasca, con fondo a quota costante di 1.488 m s.l.m., è dotata di quattro denti di dissipazione, alti 2 m, larghi 1 m, lunghi 1,50 m con distanza di 1,25 m l'uno dall'altro

A valle della vasca è prevista una protezione di raccordo con l'alveo naturale che devia in sinistra idraulica, lungo circa una ventina di metri.

Il canale fugatore è delimitato lateralmente da muri in pietrame cementato con malta e fondo realizzato in gabbioni riempiti con materiale proveniente dalla demolizione della diga,

La vasca di calma sarà interamente in calcestruzzo, mentre il raccordo con l'alveo naturale sarà in gabbioni riempiti con materiale proveniente dalla demolizione della diga.

Il canale di scarico dello sfioratore, la vasca di calma e la restituzione in alveo sono larghi costantemente 10 metri.

L'opera di sfioro è capace di smaltire la piena millenaria ( $41 \text{ m}^3/\text{s}$ ) con un tirante di **1,84** metri.

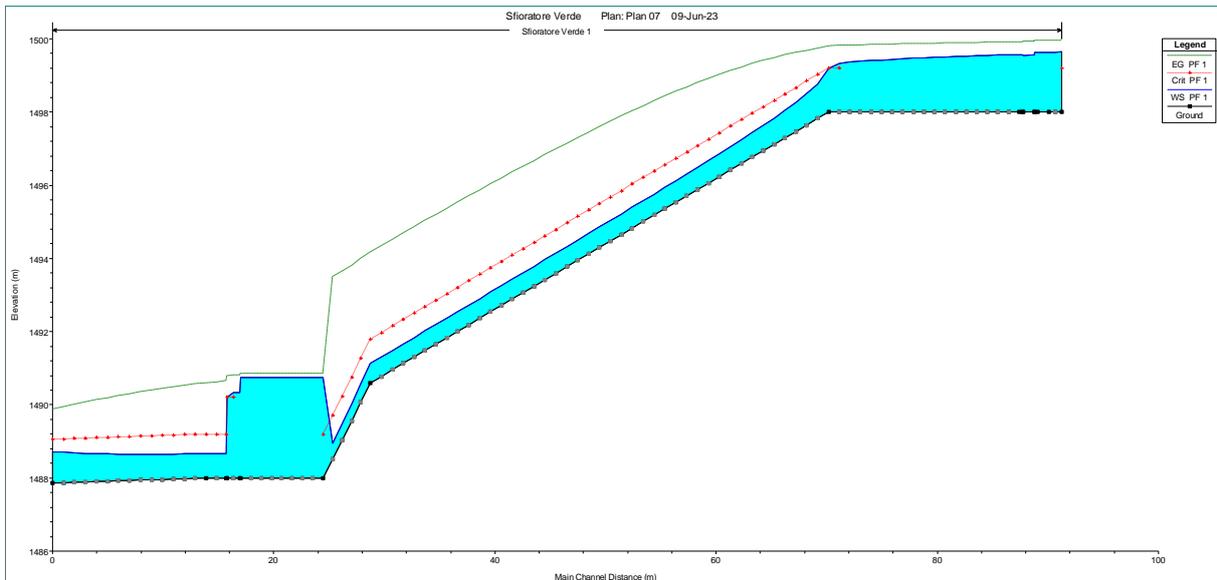
I calcoli idraulici sono stati eseguiti per tutta l'opera di scarico (sfioratore, canale fugatore, vasca di dissipazione e recapito all'alveo naturale) per mezzo del codice di calcolo Hec-Ras.

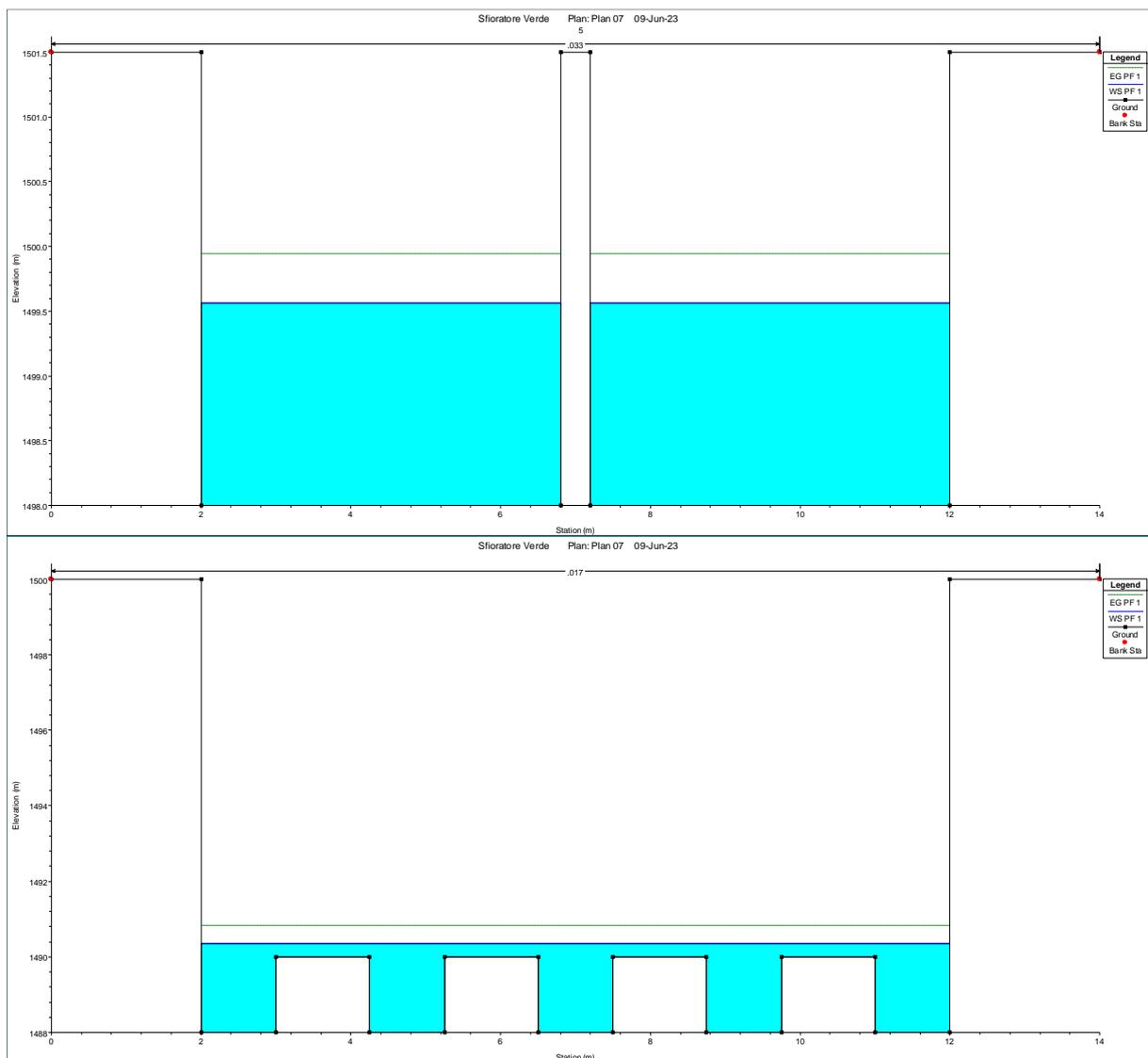
Il modello idraulico è stato così costruito:

- altezza definita pari a 1.499,84 m s.l.m. nella prima sezione di monte, rappresentata dall'inizio della soglia dello sfioratore di superficie
- altezza di moto uniforme nella sezione di valle dell'alveo naturale
- pila sullo sfioratore larga 40 cm
- un valore del coefficiente di Strickler di  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  lungo tutto il canale fugatore, tranne le sezioni della briglia e della vasca di dissipazione
- un valore del coefficiente di Strickler di  $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  lungo le sezioni della briglia e della vasca di dissipazione
- stato di moto permanente

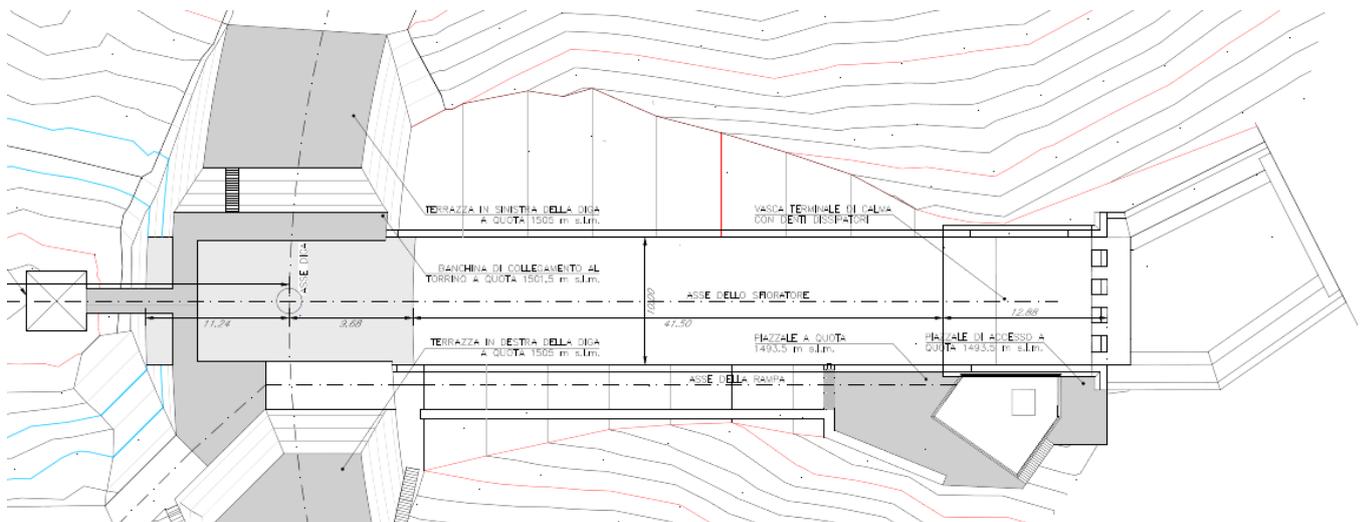
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	10	PF 1	41.00	1498.00	1499.64	1499.19	1499.96	0.005104	2.49	16.43	10.00	0.62
1	9.5	PF 1	41.00	1498.00	1499.64		1499.96	0.005189	2.51	16.35	10.00	0.63
1	9.1	PF 1	41.00	1498.00	1499.63		1499.95	0.005259	2.52	16.27	10.00	0.63
1	9.05	PF 1	41.00	1498.00	1499.63		1499.95	0.005283	2.52	16.25	10.00	0.63
1	9	PF 1	41.00	1498.00	1499.56		1499.94	0.008765	2.73	14.99	9.60	0.70
1	8.5	PF 1	41.00	1498.00	1499.55		1499.94	0.009031	2.76	14.84	9.60	0.71
1	8.4	PF 1	41.00	1498.00	1499.58		1499.92	0.005791	2.60	15.76	10.00	0.66
1	8.2	PF 1	41.00	1498.00	1499.57		1499.92	0.005820	2.61	15.73	10.00	0.66
1	8	PF 1	41.00	1498.00	1499.19	1499.19	1499.80	0.013558	3.44	11.92	10.00	1.01
1	7.5	PF 1	41.00	1490.60	1491.13	1491.79	1494.18	0.173346	7.73	5.30	10.00	3.39
1	7	PF 1	41.00	1488.00	1490.74	1489.19	1490.86	0.000301	1.49	27.43	10.00	0.29
1	6.5	PF 1	41.00	1488.00	1490.74		1490.86	0.000302	1.50	27.40	10.00	0.29
1	6	PF 1	41.00	1488.00	1490.34		1490.82	0.008090	3.05	13.44	10.00	0.84
1	5	PF 1	41.00	1488.00	1490.20	1490.20	1490.80	0.011814	3.43	11.95	10.00	1.00
1	4.5	PF 1	41.00	1488.00	1488.66	1489.19	1490.65	0.023476	6.26	6.55	10.00	2.47
1	4.1	PF 1	41.00	1488.00	1488.67	1489.19	1490.59	0.022044	6.14	6.68	10.00	2.40
1	4	PF 1	41.00	1487.86	1488.72	1489.05	1489.89	0.037899	4.79	8.56	10.00	1.65

**Tabella 2 - Risultati ottenuti col codice di calcolo Hec - Ras**

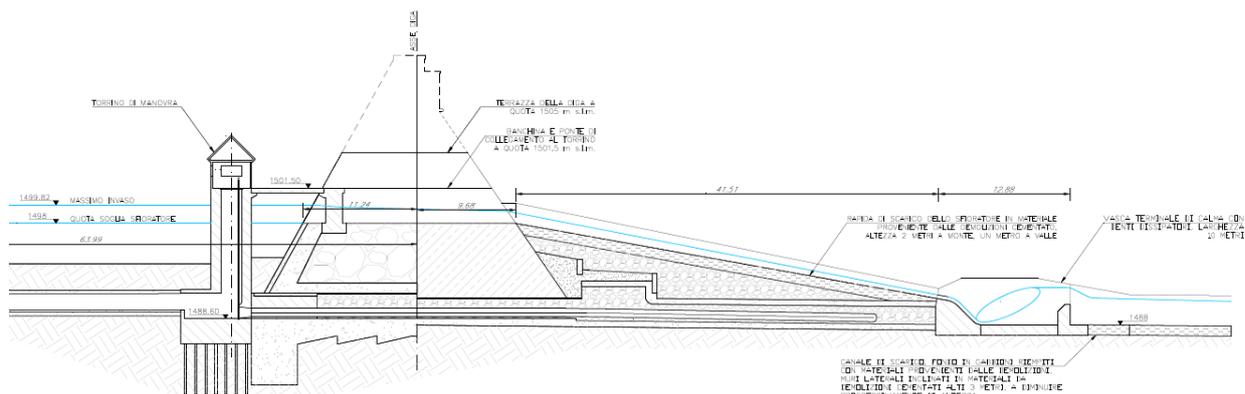




**Figura 17 – Profilo idraulico dello sfioratore e sezioni rilevanti**



**Figura 18 - Pianta**



**Figura 19 - Profilo longitudinale**

Il complesso dello sfioratore e delle relative opere di scarico è stato verificato anche in corrispondenza di portate inferiori a quelle di progetto, come previsto dalla norma, con risultati ovviamente inferiori a quelli massimi di progetto in termini di velocità e altezze idriche.

La portata di piena che annulla il franco è stata verificata e il risultato corrisponde a un tempo di ritorno praticamente infinito, questo data l'estrema modestia del bacino imbrifero.

## 8.5 Scarico di fondo

Lo scarico di fondo, posto a quota 1488.60 m s.l.m., attraversa le fondazioni della diga e costituisce al tempo stesso anche l'opera di presa.

Lo scarico di fondo era originariamente costituito da un imbocco e cunicolo di adduzione di collegamento idraulico al lago, ed in corpo diga da due tubazioni metalliche del diametro di 400 mm poste con asse alla quota di 1489.00 m s.l.m., intercettate a monte da paratoie lenticolari e a valle da saracinesche. Nel 1965 lo scarico di fondo è stato ampliato e privato di organi di intercettazione, al fine di rendere inoperante il serbatoio.

Nelle figure si mostra l'imbocco e le paratoie di regolazione, a sinistra dello scarico in alveo e a destra di alimentazione della adduzione a Ballano, che invece saranno demolite e sostituite da altri organi di controllo.



Figura 20 Imbocco dello scarico di fondo



Figura 21 – Organi di sezionamento attuali

Lo scarico di fondo a servizio del progetto dello sbarramento qui descritto è realizzato mediante una condotta d'acciaio di 800 mm di diametro, posata all'interno del cunicolo esistente, con gli opportuni adattamenti. **La condotta è totalmente cementata fino alla cabina di manovra, giudicando la cementazione quale sistema di massima sicurezza per la conservazione nel tempo del dispositivo.**

A monte dello sbarramento lo scarico di fondo sarà presidiato da una paratoia a strisciamento, ubicata in un torrino di comando, nel quale si potrà accedere grazie ad una passerella.

La condotta seguirà l'asse del vecchio scarico di fondo, deviando in destra idrografica verso la camera di manovra.

La camera di manovra consente di indirizzare le portate verso la vasca di calma dello sfioratore, e quindi al drenaggio naturale, ovvero alla derivazione di alimentazione del lago di Ballano. Una derivazione separata e regolabile di 300 mm di diametro consente di gestire il rilascio del minimo deflusso vitale.

La portata dello scarico di fondo è stata ottenuta considerando una legge di efflusso a battente.

$$Q = C_c A \sqrt{2 g h}$$

Dove:

- A è l'area della sezione della tubazione [m<sup>2</sup>]
- C<sub>c</sub> è il coefficiente di contrazione di Kirchhoff assunto di valore 0,60
- h è il carico idrico e varia in funzione del livello d'invaso [m]

Considerando le seguenti quote:

- quota imbocco scarico di fondo = 1.488,60 m s.l.m.
- quota massima regolazione = 1.498 m s.l.m.

si ottiene la seguente tabella delle velocità e delle portate in funzione del carico idrico:

h	Portata scaricata	Velocità corrente
[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]
0.00	0.00	0.00
0.50	0.94	1.88
1.00	1.34	2.66
1.50	1.64	3.25
2.00	1.89	3.76
2.50	2.11	4.20
3.00	2.31	4.60
3.50	2.50	4.97
4.00	2.67	5.32
4.50	2.83	5.64
5.00	2.99	5.94
5.50	3.13	6.23
6.00	3.27	6.51
6.50	3.41	6.78
7.00	3.53	7.03
7.50	3.66	7.28
8.00	3.78	7.52
8.50	3.89	7.75
9.00	4.01	7.97
9.40	4.10	8.15

Il 75% del volume utile di regolazione è pari a circa 344.000 m<sup>3</sup>; il tempo di svuotamento per scaricare questo volume (a partire dal massimo invaso) è pari a circa 29 ore.

Si sarebbe potuto installare una tubazione di minore diametro, dato che il minimo normativo per lo svuotamento è previsto di 3 giorni, ma le esigenze di adduzione di picco a Ballano richiedono portate di una certa importanza.

Pertanto, lo scarico di fondo è dimensionato in modo conforme alla norma.

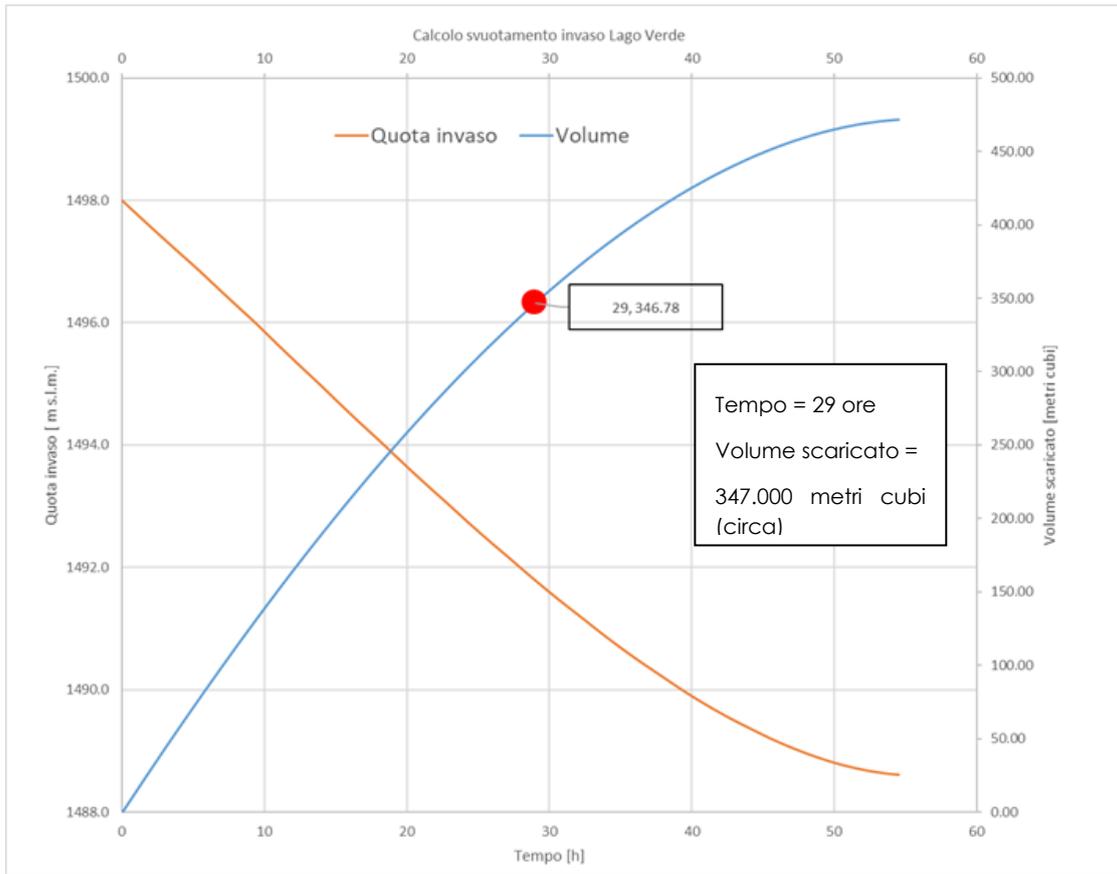


Figura 22 - Processo di svuotamento dell'invaso - variazione volume e quote in funzione del tempo

## 9. STABILITÀ DELL'OPERA

### 9.1 Generalità.

L'opera è vetusta e ammalorata, soprattutto nelle fondazioni che insistono su morena e sono soggette a infiltrazioni.

L'abbassamento del tirante idrico è sostanziale, così come la riduzione delle strutture in elevazione,

Nelle condizioni finali, dopo la demolizione e la finitura prevista in questo progetto definitivo, la diga risulta stabile, ma al limite delle gravose richieste di verifica; tuttavia, giustificate dalle modeste condizioni di imbasamento dell'opera e dalla disomogeneità della struttura che è stata eseguita in tempi differenti con aggiunte di modesta consistenza.

Per questo motivo, nella ricerca di soluzioni durante il processo di elaborazione del progetto, sono state esaminate soluzioni diverse e di più modesto tirante idrico. Tuttavia la richiesta degli organi interessati alla conformazione finale dell'opera, hanno manifestato l'esigenza, per ragioni ambientali e funzionali, di massimizzare l'entità del serbatoio utile.

Conseguentemente il progetto ha portato il livello di massima ritenuta al massimo ragionevolmente possibile. Tuttavia, sono stati attuati dei dispositivi di sicurezza volti a consolidare la struttura e a drenare le fondazioni per diminuire le sottopressioni.

Nei paragrafi successivi vengono riassunti i risultati delle verifiche di sicurezza e gli approcci seguiti. Per ulteriori dettagli è possibile far riferimento alla relazione di calcolo.

## 9.2 Verifiche

### 9.2.1 RISULTATI DELLE VERIFICHE

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate nei confronti dello SLU di scorrimento su piani orizzontali a differenti quote (ogni metro) e sul piano di posa della fondazione.

La stabilità allo scorrimento è stata valutata attraverso il calcolo del fattore di sicurezza FSS, identificato nel rapporto tra il taglio resistente e il taglio sollecitante. Il taglio resistente è stato calcolato considerando un criterio di resistenza alla Mohr-Coulomb con effetto del contributo coesivo solo per la lunghezza compresa della sezione di calcolo (USACE 1995).

La lunghezza compresa dei giunti viene calcolata con gli approcci proposti negli standard internazionali (USBR 1987), prendendo in considerazione la possibilità che questi possano fessurarsi nel caso in cui venga superata la loro resistenza a trazione. Gli approcci consistono in un'analisi tensionale iterativa basata sui metodi dell'equilibrio limite e sulla teoria della trave (USACE 1995).

La stabilità nei confronti del ribaltamento è stata valutata esclusivamente in presenza di stati tensionali che superano la resistenza a trazione del giunto e quindi compatibili con un meccanismo di ribaltamento rigido della diga o di sue porzioni.

La resistenza a trazione per la valutazione della formazione delle fessure sui piani orizzontali della muratura nelle verifiche allo SLU è stata assunta cautelativamente pari a  $0,21 \cdot f_{ctm} = 0,21 \cdot f_{ctk} / 0,7 = 0,3 \cdot f_{ctk} = 9 \text{ kPa}$  (NTC18 par. 11.2.10.2) valida per combinazioni di carico rare (SLE).

La compressione massima deve essere sempre inferiore a  $0,25 \cdot f_{ck} = 1 \text{ MPa}$  anche questa cautelativamente valida in principio per le combinazioni rare (SLE).

Le verifiche di sicurezza nei confronti del meccanismo di collasso del sifonamento sono state svolte tramite il metodo del gradiente idraulico (NTD14 Par. E.5.1 ed NTC18 Par. 6.2.4.2). In via estremamente cautelativa è stato trascurato il contributo favorevole del rinterro di valle, quindi è stata considerata la condizione più gravosa di frontiera di efflusso libera e flusso prevalentemente verticale. In queste condizioni, la normativa nazionale di riferimento prescrive che:

$$i_{med} < \frac{i_c}{3} = 0,38$$

Con:

- $i_{med}$  gradiente idraulico medio;
- $i_c$  gradiente idraulico critico pari a:  $i_c = (\gamma_{sat} - \gamma_w) / \gamma_w \approx (21,0 - 9,8) / 9,8 = 1,14$ .

Il materiale dell'unità UL1 (ghiaia con sabbia limosa al Par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) risulta essere internamente stabile in base ai metodi proposti in letteratura (Wan e Fell 2004). Pertanto il materiale non è soggetto al meccanismo di erosione interna della soffusione.

### 9.2.2 RISULTATI ALLO SLU

#### 9.2.2.1 COMBINAZIONE 1 Fondamentale SLU – Esercizio normale Invaso Pieno

Questa condizione di carico presenta uno stato tensionale sempre di compressione sia a monte che a valle per via della forma generosa della sezione della diga.

Le compressioni massime si presentano al piede di valle **154 kPa** e tale valore è ampiamente inferiore al limite di resistenza proposto (1 MPa).

Le sezioni di verifica sono interamente reagenti a trazione e per tale motivo i coefficienti di sicurezza allo scivolamento nel corpo diga sono notevolmente superiori (**SSFpeak = 4,99**) al minimo prescritto (FSS = 1,15).

Anche il giunto di base è sempre compresso e mostra un coefficiente di sicurezza (**SSFpeak= 4,09**) ampiamente maggiore del minimo richiesto.

Per quanto riguarda le verifiche a sifonamento è possibile calcolare il gradiente idraulico medio come:

$$i_{med} = \frac{\Delta H}{L} = \frac{9,12}{32,00} = 0,304$$

Con:

- L lunghezza del più breve dei percorsi di filtrazione, assunta pari a 32 m, ovvero alla lunghezza della base della diga (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). In via estremamente cautelativa è stato trascurato il contributo benefico del taglione di monte, profondo circa 6,0 m e largo circa 5,0 m, e l'inclinazione del piano di fondazione.
- $\Delta H = H_{monte} - H_{valle} = 1498,00 - 1488,88 = 9,12 \text{ m.}$

Il gradiente medio risulta pari a 0,31 ed è inferiore a al gradiente massimo normativo pari a 0,38. Pertanto la verifica a sifonamento risulta soddisfatta con un ampio margine di sicurezza in ragione delle ipotesi estremamente cautelative considerate nelle analisi (assenza di rinterro a valle, frontiera di efflusso libera, flusso prevalentemente verticale ed assenza del taglione di monte).

#### 9.2.2.2 COMBINAZIONE 2 Eccezionale SLU – Massimo Invaso per la piena di progetto

Anche questa condizione di carico presenta uno stato tensionale sempre di compressione sia a monte che a valle. Cautelativamente non è stato tenuto in conto il peso stabilizzante della lama d'acqua sulla superficie sfiorante.

Le compressioni massime si presentano al piede di valle **145 kPa** e tale valore è ampiamente inferiore al limite di resistenza proposto (1 MPa).

Le sezioni di verifica sono interamente reagenti a trazione e per tale motivo i coefficienti di sicurezza allo scivolamento nel corpo diga sono notevolmente superiori (**SSFpeak = 6,70**) al minimo prescritto (FSS = 1,15).

Anche il giunto di base è sempre compresso e mostra un coefficiente di sicurezza (**SSFpeak= 5,60**) ampiamente maggiore del minimo richiesto.

L'adozione del coefficiente amplificativo per i carichi sfavorevoli (1,3) nella combinazione di carico 1 allo SLU ha comportato che le tensioni ed il coefficiente di sicurezza allo scorrimento allo siano più gravose nella combinazione per carichi di esercizio che in caso di piena.

Questo è dovuto anche alla piccola differenza esistente tra il livello di massima regolazione e quello di massimo invaso che non compensa la differenza indotta dal coefficiente di amplificazione dei carichi.

#### 9.2.2.3 COMBINAZIONE 3 Sismica SLC – invaso pieno con terremoto prevalente verso valle

Nonostante l'importanza del coefficiente sismico orizzontale (0,641) anche questa condizione di carico presenta uno stato tensionale sempre di compressione sia a monte che a valle.

Le compressioni massime si presentano al piede di valle 228 kPa e tale valore è ampiamente inferiore al limite di resistenza proposto (1 MPa).

Il giunto di base è sempre compresso e mostra un coefficiente di sicurezza ( $SSF_{peak} = 1,18$ ) maggiore del minimo richiesto ( $FSS = 1,15$ ).

E' stata svolta anche un'ulteriore analisi considerando il contributo benefico dovuto all'inclinazione del giunto di base, che risulta essere pari a circa 15 %. Per le analisi, l'inclinazione è stata limitata al 5 %, corrispondente a quella massima consentita dalla normativa nazionale (NTD14 Par. D.1.3). In questo caso il fattore di sicurezza si eleva fino a raggiungere un valore pari a 1,30, molto maggiore del minimo normativo.

#### 9.2.2.4 COMBINAZIONE 4 Sismica SLC – invaso pieno con terremoto prevalente verso l'alto

Questa condizione di carico sismica è meno importante della precedente e presenta anch'essa uno stato tensionale sempre di compressione sia a monte che a valle.

Le compressioni massime si presentano al piede di valle 144 kPa e tale valore è ampiamente inferiore al limite di resistenza proposto (1 MPa).

Il giunto di base è sempre compresso e mostra un coefficiente di sicurezza ( $SSF_{peak} = 3,75$ ) maggiore del minimo richiesto ( $FSS = 1,15$ ).

### 9.2.3 **RISULTATI ALLO SLE e SLD**

Siccome per tutte le combinazioni di carico allo SLU e SLC prima mostrate lo stato di sollecitazione valutato per mezzo di analisi elastiche lineari è sempre di compressione e sempre inferiore alle resistenze del materiale valutate con riferimento ai limiti proposti dallo SLE, le verifiche allo SLE e SLD sono automaticamente soddisfatte.

### 9.3 Consolidamento del corpo murario.

Il corpo murario dell'opera, nella porzione di monte, è costituito da pietrame a secco, contenuto da un fascione disposto lungo il paramento di monte, costituito da pietrame con malta cementizia.

A fronte delle severe regole di verifica di stabilità imposte anche nelle condizioni di esercizio più gravose, si è ritenuto necessario prevedere il consolidamento della struttura, per conferirle caratteristiche di resistenza e sinergizzante le componenti. Il consolidamento verrà effettuato dopo la demolizione delle porzioni superiori, dal piano del coronamento e dello sfioratore, mediante iniezioni a bassa pressione di malta cementizia.

La maglia, che preventivamente è prevista di 4 x 4 metri e profondità tale da attraversare tutta la zona di pietrame non cementato, per tutta la estensione longitudinale della diga, sarà oggetto di un campo prove in sede di esecuzione per valutare la diluizione della miscela, le pressioni eventuali e la maglia delle perforazioni. Il metodo di perforazione sarà adottato in funzione dei test di assorbimento rilevati nei test.

Esso potrà essere, se l'assorbimento avviene facilmente per colamento di miscele fluide, dal basso verso l'alto, utilizzando packers e tubazioni forate, ovvero dall'alto verso il basso, se si richiedesse una certa pressione per facilitare gli assorbimenti, riproforando il foro ricementato per brevi tratte verticali, in modo da poter esercitare efficacemente la pressione, sia pur modesta.

#### **9.4 Sistema drenante a valle della diga.**

Un controllo della falda a valle della diga è necessario per garantire il contenimento delle sottopressioni.

Lo scarico di fondo occupa il cunicolo attualmente in uso. Una condotta in acciaio viene posata nel vano, e questo viene successivamente riempito con materiale drenante.

Quale mezzo di controllo delle perdite vengono posti due tubi da 20 cm in PVC microfessurati ed avvolti in tessuto non tessuto. I due tubi, uno per ogni lato della condotta in acciaio, hanno un recapito nella cabina di manovra dove si rende possibile la misura.

Il cunicolo drenante ha comunque uno sbocco libero nel fiume. La briglia terminale del canale dello sfioratore sarà forata in corrispondenza allo sbocco del canale. Pertanto, le perdite minori saranno recapitate nelle tubazioni di drenaggio e misurate, mentre eventuali (ed improbabili) perdite di maggiore consistenza troveranno sfogo direttamente verso il fiume.

Entro la diga questo cunicolo si trova a breve distanza dalla fondazione. Sono previsti fori disposti ad intervalli di due metri e profondi 3 metri, con tubazione di supporto del cavo, riempiti in materiale drenante e filtrante per evitare migrazione di fini, per azzerare le sottopressioni direttamente al di sotto della fondazione della diga.

Il sistema di alleggerimento delle sottopressioni sotto la diga ed a valle si integra con il sistema di consolidamento del taglione e delle cuciture previste nel terreno contiguo. Queste cuciture sono estese ad una tratta di circa 25 metri nella porzione centrale della diga, nella parte di maggiore altezza e fino a che la fondazione non si elevi decisamente verso le spalle.

Dato che il sistema di drenaggio insiste su una sola sezione trasversale, vengono previsti dei dreni orizzontali da eseguirsi dal cunicolo prima del suo tombamento, a valle del piede della diga, nella zona dell'attuale camera di manovra in cui si dispone di un utile spazio per consentire la lavorazione.

I dreni orizzontali saranno lunghi 15 metri, di 10 cm di diametro utile, tubati con tubazioni microfessurate e riempiti con materiale drenante e dispositivi di barriera dei fini. Essi saranno disposti, rispetto all'asse trasversale della diga, ai due lati del cunicolo, in due file simmetriche di 3 fori disposti a 2 metri uno dall'altro.

Con questi dispositivi si garantisce un ottimo controllo delle sottopressioni (monitorabili con il sistema di misura delle perdite e con i 6 piezometri a tubo aperto previsti).

Questo dispositivo è concentrato nella fascia centrale della diga, che è quella vulnerabile a instabilità dovute alle sottopressioni, mentre le fasce laterali diminuiscono rapidamente di altezza e non sono aggravate da tiranti idrici rilevanti a monte, dato che il livello di invaso è molto basso rispetto al coronamento della diga.

## 10. STRUMENTAZIONE

### 10.1 Generalità

Attualmente il serbatoio è reso inoperante con scarico di fondo aperto. Vengono effettuate le necessarie ispezioni e controlli settimanalmente, rilevando la quota di livello di invaso.

Tutte le procedure di controllo sono state recepite nel Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione in vigore.

Nell'ottica di recuperare l'esercizio del serbatoio, almeno parzialmente e per quanto consentito dalla sicurezza, scopo del presente progetto, si è ritenuto ragionevole dotare il nuovo impianto di un sistema di controllo strumentale.

## 10.2 Sistema di controllo attuale

Non è installata alcuna strumentazione per il controllo degli spostamenti planoaltimetrici e per la misura delle perdite. L'unica misura che viene effettuata è la quota del livello di invaso, in occasione delle visite di controllo settimanali. Per questa misura si utilizza un'asta graduata con livello di precisione di  $\pm 0,05$  m, posizionata sulla soglia dello scarico di fondo.

### 10.3 Sistema di controllo proposto

Il progetto si propone il recupero dell'invaso fino a quota 1498 m s.l.m. e prevede la demolizione della parte superiore dello sbarramento compresa tra la quota dell'attuale coronamento (1514.60 m s.l.m.) e quella del nuovo coronamento (1505.00 m s.l.m.). Il corpo diga assumerà quindi un nuovo profilo.

Poiché la nuova diga sarà molto ridimensionata nell'altezza e si ridurrà, in asse di sbarramento, ad una traversa più larga che lunga, è stata valutata superflua l'installazione di pendoli, inclinometri o altro.

Si prevede quindi di installare:

- 1 idrometro
- 1 termometro manuale ed una serie di sonde termometriche per l'acqua
- 1 termometro per l'aria
- 1 pluviometro
- 1 rilevatore di spessore manto nevoso
- 1 rilevatore di spessore ghiaccio;
- 1 postazione di misura delle perdite
- 6 piezometri
- 8 punti per la livellazione topografica

#### **10.4 Livello di invaso**

La postazione di misura sarà collocata nel torrino di manovra dello scarico di fondo.

La misura automatica sarà rilevata con sensore di pressione con elettronica incorporata.

La misura manuale sarà effettuata tramite lettura di asta idrometrica con frequenza settimanale, mentre giornalmente sarà effettuato il rilevamento automatico.

## 10.5 Temperature

Il termometro di massima e di minima per il rilevamento delle temperature dell'aria, CHE sarà installato nella cabina di comando del torrino di manovra.

Per il rilevamento della temperatura dell'acqua in superficie e a 5 m di profondità, sarà previsto rilievo diretto con termometro a mercurio munito di protezione.

Il rilievo automatico sarà effettuato tramite sonde di temperatura PT100, poste a quote intervallate di un metro.

Le letture saranno effettuate manualmente con frequenza settimanale, mentre giornalmente sarà effettuato il rilevamento automatico.

## 10.6 Precipitazioni

Sarà installato un pluviometro presso l'edificio di servizio, in prossimità della spalla destra della diga, in una area recintata o entro la eventuale area di riattazione della ex casa di guardia. Sarà prevista l'acquisizione automatica dei dati, mentre la lettura manuale sarà effettuata con frequenza settimanale.

## 10.7 Spessore manto nevoso

Un nivometro verrà posizionato presso l'edificio di servizio di cui sopra.  
Sarà effettuata l'acquisizione automatica dei dati.

## 10.8 Spessore ghiaccio

Lo strumento sarà posizionato in prossimità del locale di manovra a lato del torrino dello scarico di fondo.

L'acquisizione dei dati sarà automatica.

## 10.9 Perdite

Sarà prevista una stazione di misura delle perdite nella cabina di manovra dello scarico di fondo a recupero della raccolta delle eventuali filtrazioni entro gli attuali cunicoli riempiti con materiale di risulta dalle demolizioni e raccolte da due condotte microfessurate avvolte in tessuto non tessuto.

La misura automatica sarà effettuata mediante l'adduzione dell'acqua in una vasca di calma rilevando l'altezza di carico sulla soglia di una bocca tarata.

La portata verrà calcolata con algoritmi preimpostati sul sistema di acquisizione.

Per il rilevamento dell'altezza di carico, sarà utilizzato un trasduttore di pressione del tipo ad immersione, con elettronica incorporata.

Il sistema di acquisizione automatico provvederà alla registrazione continua dei dati rilevati, al loro confronto ed alla loro memorizzazione giornaliera.

Saranno effettuate misure manuali tramite recipiente tarato e contasecondi con frequenza settimanale.

## 10.10 Piezometri

Il monitoraggio di presidio delle sottopressioni sarà imperniato sul rilievo automatico dei livelli di falda.

I piezometri saranno realizzati con tubi in PVC finestrati nell'ultimo metro di lunghezza. I tubi saranno rivestiti nel tratto finestrato da filtro in sabbia e ghiaietto, avvolto in tessuto non tessuto. L'estremità inferiore sarà chiusa da un fondello e quella superiore, con tratto a vite munito di sfiato, spoggerà circa 20 cm dal terreno.

Il sensore per la misura automatica sarà alloggiato all'interno del tubo piezometrico alla quota desiderata, direttamente sospeso al cavo di collegamento autoportante.

Il tubo piezometrico dovrà rimanere a diretto contatto con l'atmosfera al fine di evitare sovrappressioni interne che alterino la misura.

L'estremità superiore del tubo sarà munita di protezione al fine di prevenire la caduta di materiale all'interno dello stesso, removibile per l'effettuazione dei rilievi manuali di verifica con sonda freaticometrica.

Il rilievo manuale sarà effettuato come verifica di eventuali anomalie del sistema automatico e ogniqualvolta ce ne sia necessità, mentre il sistema automatico permetterà la registrazione continua e la memorizzazione giornaliera dei dati.

I piezometri saranno ubicati:

- 2 sulle banchine a lato del canale dello sfioratore;
- 2 sul coronamento a quota 1505, sulle terrazze in destra ed in sinistra, a valle e sulla porzione più distante dall'asse trasversale della diga
- 2 sul rinterro di valle nella parte terminale agli estremi della briglia di testa della vasca di calma del canale dello sfioratore

### **10.11 Livellazione topografica**

Per il controllo degli spostamenti della diga saranno previsti n. 8 punti di misura posti sul coronamento dell'opera ed un caposaldo posto in sponda sinistra.

Non è prevista l'acquisizione automatica delle misure, ma solo quella manuale che verrà effettuata con frequenza annuale.

### **10.123 Sistema di acquisizione automatico**

Nel sistema di monitoraggio della diga di Lago Verde sarà previsto un sistema di acquisizione automatico che, nello specifico, permetterà di rilevare le misure di tutti i sensori impiegati in diga e nello specifico:

Il sistema permetterà l'acquisizione delle misure di tutti i sensori impiegati in diga e provvederà alla registrazione continua dei dati rilevati, al loro confronto ed alla loro memorizzazione giornaliera.

Per l'acquisizione dati sarà previsto un sistema di monitoraggio permanente industriale realizzato utilizzando le tecnologie standard attualmente disponibili sul mercato.

L'architettura sarà modulare e flessibile per permettere un facile adattamento a future configurazioni.

I dati raccolti saranno visualizzati e controllati da quadro di controllo installato nella casa di guardia della diga di Lago Ballano. A tale scopo si prevede la posa, parte in tubo interrato e parte in galleria, di un cavo in fibra ottica che colleghi il quadro di acquisizione, posto all'interno dell'edificio di servizio di Lago Verde, da definire, alternativamente nella cabina di manovra del torrione, con il quadro di controllo posto nel locale di guardiania della diga di Lago Ballano e di un cavo multicoppia telefonico con almeno tre doppini per la linea telefonica. L'hardware sarà composto da moduli industriali da almeno 8 canali ciascuno installati nella cabina di controllo oppure sul campo, vicino ai sensori.

L'installazione dei moduli vicino ai sensori permetterà di ridurre al minimo i costi di impianto. Invece di portare tutti i cavi dei sensori nella cabina di controllo, infatti, sarà sufficiente un cavo di interconnessione dei moduli.

Sarà possibile connettere moduli anche a distanze superiori al chilometro tramite l'impiego di fibre ottiche ed opportune interfacce di conversione elettrica.

I dispositivi saranno corredati di LED di segnalazione di corretto funzionamento.

Le dimensioni dei moduli saranno contenute e la robustezza sarà adeguata al funzionamento descritto, in particolare saranno preferiti contenitori completamente realizzati in metallo.

Saranno previste due diverse tipologie di input analogico: tensioni/correnti e temperature.

## 11. INSERIMENTO NELL'AMBIENTE

### 11.1 Elementi di mitigazione e compensazione in fase di cantiere

In fase di cantiere verranno adottate tutte le soluzioni atte a ridurre o eliminare gli eventuali impatti generati; si riporta un elenco esemplificativo delle soluzioni adottate in fase di cantiere (eventualmente da integrare in funzione delle integrazioni concordate con gli Enti):

- Le piste di accesso verranno eventualmente bagnate per limitare la movimentazione di polveri; si prevede un letto di ghiaia per le piste più frequentate
- La tipologia di frantoio mobile è stata scelta affinché limiti la dispersione di polveri e rumore
- La tipologia di frantoio mobile è stata scelta affinché limiti il consumo idrico
- Prima di scavi su terreni eccessivamente secchi si provvederà ad una bagnatura preliminare del suolo
- Le superfici da demolire verranno preventivamente bagnate
- Non si lavorerà nei periodi di riproduzione della fauna autoctona (da concordare con il Parco)
- Si adotteranno impianti fissi e macchinari a basso impatto acustico
- I servizi igienici non scaricano su suolo bensì saranno asserviti ad una vasca Imhoff e ad un pozzo perdente
- In cantiere sarà sempre presente del materiale assorbente per limitare la dispersione di sversamenti accidentali
- Il deposito degli idrocarburi dovrà essere posizionato lontano dal corpo idrico; la vasca impermeabilizzata dovrà essere posizionata su un piano orizzontale collegata ad una cisterna per stoccare gli eventuali sversamenti
- L'impianto di lavaggio ruote è stato pensato utilizzando l'acqua del lago (si riempirà una cisterna fissa)
- Per limitare il numero di viaggi che devono sostenere le maestranze è stato previsto un refettorio dotato di cucina
- Il gruppo elettrogeno sarà dotato di fondo impermeabile e stagno; la vasca impermeabilizzata dovrà essere posizionata su un piano orizzontale collegata ad una cisterna per stoccare gli eventuali sversamenti
- I rifiuti verranno stoccati in cassoni carrabili a tenuta stagna, coperti
- Tutti i rifiuti si porteranno a valle, esclusi quelli trattati della demolizione, che verranno impiegati per i riempimenti ed i ripristini morfologici; gli eventuali esuberanti si porteranno a valle
- La movimentazione del materiale escavato e demolito sarà limitata in quanto si sono previste opportune aree di deposito temporaneo nei pressi delle zone di produzione
- Gli eventuali additivi necessari alla produzione del calcestruzzo saranno individuati tra quelli a ridotto impatto ambientale
- Tutti i composti impiegati in fase di cantiere, se dispersi nell'ambiente, saranno a basso impatto ambientale
- Limite della velocità dei mezzi in cantiere e nelle strade di accesso agli stessi: 20 km/h

- Lavorare sempre all'asciutto, lontano dall'invaso, per evitare contaminazioni del corpo idrico
- Durante i periodi nei quali la viabilità turistico – pedonale è interdetta a causa del cantiere si dovrà prevedere apposita cartellonistica con sopra riportati i sentieri alternativi

## 11.2 Elementi di mitigazione e compensazione in fase di gestione

### 11.2.1 Elementi di compensazione

Il progetto è pensato per consentire l'inserimento ambientale dell'opera e per consentirne la migliore fruizione.

Nei paragrafi successivi si descrivono le aree di intervento in cui l'azione di inserimento ambientale si articola.

### 11.2.2 Piantumazioni ed inerbimenti

Come intervento di compensazione ambientale si prevede la piantumazione ed inerbimenti per una superficie di circa 12.200 m<sup>2</sup>, a fronte di una riduzione della superficie boscata di circa 1.500 m<sup>2</sup> (area valle diga).

Quest'area individuata per la compensazione si suddivide negli intorno del lago e comprende sia aree di cantiere sia aree in parte già vegetate.

Le aree identificate hanno carattere puramente informativo, in quanto l'esatta posizione areale, la quantità di individui vegetali e lo specifico tipo di intervento (es: microcolletivi o piantumazioni isolate delle specie desiderate) saranno da concordare preventivamente con l'Ente Parco.

È possibile anche ripristinare le aree di cantiere con fasce ecotonali prative. Inoltre, può essere considerato un intervento di compensazione, legato al modesto impatto dell'opera, quello di prevedere delle tane per chiroteri nei pressi della ex casa di guardia; tale intervento sarà naturalmente, da concordare con l'Ente Parco, e farà parte del prevedibile piano di recupero della ex casa di guardia, che non fa parte del presente progetto.

### 11.2.3 Organizzazione della fruibilità

Un altro intervento assimilabile a quelli compensativi è costituito dalla organizzazione della fruibilità della struttura, che comprende:

- La passerella che unisce le due banchine a lato dello sfioratore dello sbarramento di Verde
- Le scalette che collegano le varie parti della diga, dall'accesso in spalla destra dalla strada proveniente da Ballano, fino alle due terrazze e alle banchine dello sfioratore
- Le due terrazze, che saranno vegetate e servite per la fruizione pubblica
- La pista di servizio della diga e il sentiero circumlacuale attrezzato

Il ponticello che collega le due banchine ai lati dello sfioratore consente anche l'accesso al torrino di manovra da parte degli operatori Enel, protetto da un cancello e non accessibile al pubblico.



Figura 23 - Aree proposte per la compensazione ambientale

#### 11.2.4 Demolizione ex sfioratore di superficie

La demolizione ed il successivo riempimento dello sfioratore di superficie attuale necessitano di un intervento di riporto di materiale vegetale e successiva piantumazione o inerbimento della superficie risultante; il riporto di terreno vegetale sul materiale da demolizione (trattato e preventivamente rullato) consente di:

- ottenere una nuova superficie da piantumare o inerbire
- prevedere specie autoctone atte a consolidare il materiale e ridurre i cedimenti

Questo intervento verrà meglio concordato con gli Enti, anche in virtù della possibilità di prevedere un'area turistica attrezzata invece di un'area da destinare a bosco/prato.

Il luogo è raggiungibile mediante una pista di cantiere che sarà preservata per la fruizione.

#### 11.2.5 Pista d'accesso

La pista verrà parzialmente nascosta grazie alla piantumazione di diversi individui vegetali a nord; il fondo della pista è stato pensato utilizzando il pietrame prodotto dalla demolizione dello sbarramento o, comunque, con la posa di inerte prodotto in loco.

Le opere di sostegno della pista sono pensate utilizzando:

- Pietrame e malta qualora sia necessario un muro di sostegno verticale
- Tecniche di ingegneria naturalistica nei punti di minore pendenza e di maggiore stabilità del pendio

#### 11.2.6 Superfici visibili

La costruzione della diga e del nuovo canale fuggatore modificherà sostanzialmente i luoghi e genererà un nuovo ambiente, ma non disomogeneo da quello attuale; non genera impatti ambientali negativi, ma l'opera indurrà una percezione alterata dei luoghi, come del resto la presenza della diga.

A questo riguardo si deve notare che la percezione di non naturalità viene ridotta rispetto all'impatto dovuto alla diga attuale, che è molto più impositiva sull'ambiente e sul paesaggio (anche se questo tipo di opere non sono repulsive, anzi vengono infine acquisite come un landmark positivo).

Per armonizzare le forme dell'opera con il contesto naturale si è provveduto ad una progettazione mirata delle superfici che resteranno visibili.

Piede di monte della diga	Il piede di monte della diga sarà ricostituito dopo le lavorazioni riutilizzando il materiale di scavo, e sistemando in loco il terreno vegetale e le essenze preesistenti
Paramento di monte della diga	Il paramento attuale è degradato e verrà totalmente rimosso. Si provvederà a realizzare una nuova lastra di calcestruzzo armata ed ancorata alla diga fino alla quota di massimo invaso, alla 1.500 m s.l.m., mentre la porzione di paramento superiore verrà lasciata a vista trattandosi di un artefatto pregevole ed in buone condizioni, avendo cura di intervenire con rifiniture e rinforzi accurati ove necessario.

Sponde sopra quota 1505	Sopra quota 1505 m s.l.m. la diga viene totalmente demolita. Alle due sponde resterebbe in vista la fondazione della diga. Questa verrà demolita fino a ricostituire la continuità con i pendii naturali adiacenti. Il fondo verrà gradonato per consentire un apporto stabile di terreno vegetale, provvedendo anche sostegni mediante sistemi compatibili naturalisticamente e quindi si provvederà alla piantumazione. Con questo intervento le due cospicue superfici dovrebbero virtualmente scomparire.
Terrazze	Le due terrazze a quota 1505 sono un elemento portante del sistema di fruizione previsto. Esse saranno inghiaiate, dotate di ringhiere di legno, rese accessibili con scalette (dotate di ringhiere in legno e gradini in pietra), attrezzate con arredi idonei al riposo ed al picnic, come tavoli di legno con panchine fisse, attrezzature da fitness semplici realizzate con materiali provvisti localmente, zone verdi vegetate.  Il sentiero circumlacuale attrezzato parte da queste terrazze.
Pareti a fianco delle due banchine	Le pareti saranno trattate con pietrame locale proveniente dalla demolizione della diga o risultante come superficie dopo la demolizione, avendo cura, come per il paramento di monte al di sopra di quota 1500, di rifinirlo e consolidarlo.
Pavimentazione delle banchine e ringhiere	Previste in lastre di pietra di pregio antiscivolo e le ringhiere di protezione saranno in legno, esistono dei manufatti di qualità idonei a costituire barriere sicure e gradevoli alla vista.
Superficie dello sfioratore in corrispondenza alla diga	Il manufatto deve essere necessariamente in calcestruzzo e non potrà essere accessibile.
Muri del canale dello sfioratore	Sono previsti in pietrame con malta di cemento con pietrame grosso ottenuto dalla demolizione delle opere murarie.
Fondo del canale dello sfioratore	È previsto in gabbioni riempiti con pietrame grosso ottenuto dalla demolizione delle opere murarie.
Vasca di calma dello sfioratore	Il manufatto deve essere necessariamente in calcestruzzo e non potrà essere accessibile.
Raccordo con l'alveo naturale	È previsto in gabbioni riempiti con pietrame grosso ottenuto dalla demolizione delle opere murarie.
Pista di servizio, pavimentazione	In pietrame compatto e trattato con impregnazione di bitume o cemento misto a calce per creare uno stabilizzato resistente ma gradevole alla vista
Pista di servizio, muri di contenimento	Sono previsti in pietrame con malta di cemento con pietrame grosso ottenuto dalla demolizione delle opere murarie.
Pista di servizio, tagli e scarpate	Inerbiti e sistemati con cespugli seguendo tecniche di ingegneria naturalistica.

Cabina di manovra dello scarico di fondo	In calcestruzzo rivestito con lastre composite in pietra
Torrino di manovra, tetto	Lastre di pietra pregiata tipo Laserna o ardesia
Torrino di manovra, pareti	In calcestruzzo rivestito con lastre composite in pietra alla quota in cui il manufatto presenta superfici piane, superiore al massimo invaso e in calcestruzzo al di sotto
Ponticelli di collegamento sullo sfioratore	Ponticelli in carpenteria metallica di buona finitura
Sistemazione delle aree di cantiere	Sarà onere prescritto dell'impresa rimuovere totalmente i manufatti e ricostituire le condizioni precedenti all'apertura del cantiere.

**Tabella 3 - Finiture**

### 11.2.7 Sentiero circumlacuale

È prevista la sistemazione di un percorso sentieristico che ottimizzi le cospicue possibilità di fruizione turistica e naturalistica offerte dal Lago.

Il sentiero verrà sistemato su un tracciato convenuto con l'Ente Parco, di cui si prevede fin d'ora la possibile conformazione.

Il sentiero parte dalla ex casa di guardia posta in destra diga all'arrivo della pista di 1m65 km proveniente dal lago di Ballano. Il percorso prosegue lungo la strada di accesso della diga, che dalla ex casa di guardia scende verso la sponda destra del lago, e quindi continua al di sopra del massimo livello di invaso.

Il sentiero è collegato alle due terrazze che ornano il coronamento della diga a quota 1505. Queste a loro volta sono attrezzate con scalette che consentono di raggiungere i vari punti accessibili dell'opera, con restrizioni nelle zone di servizio che potrebbero costituire pericolo per i non addetti ai lavori e danno per gli impianti.

Nei punti ideali per le loro posizione sopraelevata sono previste piazzuole di sosta attrezzate semplicemente utilizzando materiali disponibili localmente.

L'anello circumlacuale diventa un pivot per i punti di interesse turistico e naturalistico del parco dei cento laghi e delle strutture di sostegno del turismo qualificato sul crinale tosco emiliano.



**Figura 24 – Sentiero circumlacuale**

### 11.2.8 Finiture

Premesso che il materiale dominante per le finiture sarà quello proveniente dallo sbarramento di Lago Verde, di seguito si riportano esempi sui possibili materiali che verranno impiegati per le finiture delle opere a progetto; nelle fasi progettuali successive i materiali verranno qualificati esattamente in base al tipo di superficie, anche a valle di confronti con gli Enti.



**Figura 25 - Rivestimento della scala di accesso alle banchine ed alle terrazze**



**Figura 26 - Rivestimento delle banchine**



**Figura 27 - Muro in pietrame e malta**



**Figura 28 - Sistemazione del fondo di un canale con gabbioni e materassi**



**Figura 29 - Rivestimento della copertura del torrino di manovra**



**Figura 30 - Rivestimento delle pareti degli edifici di manovra**



**Figura 31 - Esempio passerella di collegamento delle due banchine**



**Figura 32 - Arredo urbano da inserire lungo il sentiero circumlacuale**

## 12. RECUPERO DEI MATERIALI

### 12.1 Generalità

Il deposito dei materiali e delle terre avverrà per accumuli separati e soprattutto senza alcuna interazione con le acque del bacino, la cui quota massima di regolazione sarà tenuta ben al di sotto 1498 m s.l.m.

In definitiva, il processo di recupero dei materiali di cui sopra comporterà l'installazione di un impianto di frantumazione mobile, in grado di produrre una materia prima secondaria con caratteristiche di cui alla norma CNR-UNI 10006.

Gli utilizzi del materiale da demolizione sono differenti, per cui la separazione in cumuli dovrà essere effettuata all'origine:

- Inerte da calcestruzzi
- Pietrame per finiture e muri di sostegno, gabbioni e simili
- Riempimenti qualificati

Il materiale proveniente dalle operazioni di demolizione e destinato alla formazione di inerti da calcestruzzo sarà accumulato in maniera provvisoria in prossimità dell'impianto mobile, dove sarà frantumato.

La materia frantumata sarà depositata nello stoccaggio temporaneo, ricavata a monte della diga in attesa del suo riutilizzo finale.

## 12.2 Prove effettuate

Porzioni rappresentative del materiale costituente lo sbarramento di Lago Verde sono state sottoposte al test di cessione di cui all'allegato 3 del DM 05/02/1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22".

La possibilità di recuperare il materiale da demolizione è data dalla conformità del test di cessione e dalle percentuali di componenti estranee agli aggregati ed al calcestruzzo (es: vetro, ceramica - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio: Circolare 15/07/2005 N. 5205 - Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203); in questa fase è stato eseguito solamente il test di cessione in virtù del materiale, naturale e reperito in loco, che costituisce la diga.

In fase di cantiere saranno necessarie ulteriori indagini, anche per il fatto che il materiale verrà frantumato e riutilizzato, in parte, come aggregato per il calcestruzzo, oltre che per i ritombamenti.

Sono stati sottoposti ad analisi due campioni differenti.

I campioni sono risultati conformi al test di cessione; nell'allegato "RA01 \_ RISULTATI ANALISI DI LABORATORIO" sono stati riportati gli esiti dei test.



Figura 33 - campioni sottoposti al test di cessione

### 12.3 Caratterizzazione delle materie secondo l'origine

Il materiale da demolizione è stato classificato in funzione della matrice prevalente che lo costituisce e dai vari "strati" costituenti lo sbarramento.

Oltre al materiale proveniente dallo sbarramento è stato considerato il materiale da demolizione proveniente dalla soletta dello sfioratore di superficie esistente e dai tratti dello scarico di fondo interessati dalla demolizione.

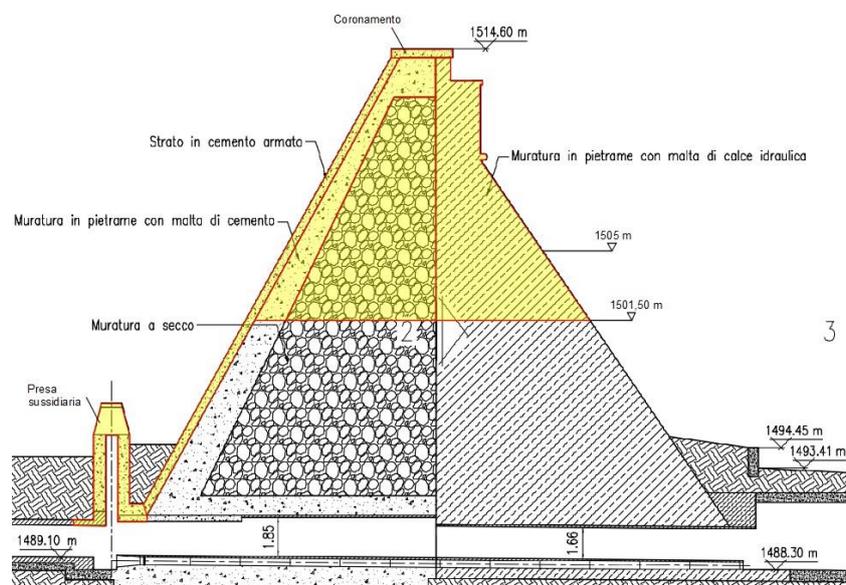


Figura 34 - Classificazione del materiale da demolizione

## 12.4 Quantità stimate

	Demolizione [m <sup>3</sup> ]
Soletta sfioratore esistente	315
Diga calcestruzzo del coronamento	102
Diga lastra di protezione di monte in calcestruzzo	424
Diga pietrame con malta cementizia del rinfianco di monte	955
Diga pietrame a secco del rinfianco di monte	2.502
Diga pietrame con malta di calce del rinfianco di valle	2.261
Torrino esistente - presa sussidiaria	32
Scarico di fondo, demolizione di porzioni dei cunicoli	70
Torrino di accesso alla galleria da valle	50
<b>Totale</b>	<b>6.711</b>

**Tabella 4 - Stima dei volumi della demolizione**

## 12.5 Collocazione nell'opera

Il progetto prevede il riutilizzo in loco di tutto il materiale da demolizione.

	Volume stimato [m <sup>3</sup> ]
Deposito sfioratore esistente	900
Deposito scarico di fondo e nuovo canale fugatore	1.500
Inerte per la nuova strada carrabile	300
Inerte per calcestruzzo	2.000
Risagomature morfologiche post cantiere	2.000
Totale	6.700

**Tabella 5 - Riutilizzo del materiale da demolizione**

## 13. PROGRAMMA DEI LAVORI

### 13.1 Flusso delle attività

La cantierizzazione dipende dal flusso delle attività di cantiere e dalle modalità di esecuzione delle opere in progetto.

La realizzazione dell'opera si prevede richieda circa tre anni e mezzo. Nella tabella che segue si espone l'elenco delle attività principali e il prevedibile periodo di attuazione.

Inoltre, è prevista la sospensione invernale dei lavori.

Fase propedeutica. Completamento progettazione, processo autorizzativo, appalto.	Primo anno e parte del secondo anno
Realizzazione della strada di accesso da Ballano a Lago Verde.	Estate del secondo anno
Impianto cantiere e strade di servizio a Lago Verde	Primavera del terzo anno
Sistemazione delle linee di alimentazione elettrica e dati lungo il percorso da Ballano a Lago Verde	Estate del terzo anno
Interventi sulla trincea a monte della diga. Test di iniezione e prove d'acqua, iniezioni del taglione esistente, test di prova, installazione piezometri.	Terzo anno
Fondazioni del torrino.	Terzo anno
Ritombamento della trincea con materiali da scavo	Autunno del terzo anno.
Inizio della demolizione della diga a partire dal coronamento in spalla destra. Trasporto del materiale di risulta a deposito locale.	Terzo anno
Completamento della demolizione della diga e sistemazione dello sfioratore e delle banchine	Primavera/estate del quarto anno
Realizzazione dei ponti e completamento del torrino	Estate del quarto anno
Apertura della strada di collegamento con l'area a valle della diga sulla banchina in destra dello sfioratore	Estate del quarto anno
Demolizioni nei cunicoli dello scarico di fondo	Estate del quarto anno
Splateamento della rapida dello sfioratore e della vasca di calma	Estate del quarto anno
Calcestruzzi della vasca di calma e muri del canale fuggatore	Autunno del quarto anno
Impianti elettromeccanici e opere metalliche del torrino, finiture	Primavera del quinto anno

Installazione della condotta dello scarico di fondo	Primavera del quinto anno
Opere civili della camera di manovra e raccordo con la galleria di adduzione a Ballano	Estate del quinto anno
Completamenti del canale fugatore dello sfioratore e della restituzione in alveo.	Estate del quinto anno
Finiture delle superfici della diga, opere di tipo murario, scalette di comunicazione, sistemazione scarpate	Estate autunno del quinto anno
Installazione equipaggiamenti elettromeccanici nella camera di manovra e finiture	Autunno del quinto anno
Realizzazione dell'alloggiamento del generatore di emergenza e sua installazione	Autunno del quinto anno
Interventi di finitura, piantumazioni	Primavera del sesto anno
Sistemazione del sentiero circumlacuale	Primavera/estate del sesto anno
Collaudi e rimozione cantiere incluse sistemazioni ambientali	Estate del sesto anno

**Tabella 6 – Cronoprogramma**

<b>Primo anno</b>	<p>Attività a monte della diga, inizio della demolizione del coronamento e dello sfioratore con sollevamento dei materiali demoliti nella zona dello sfioratore o a monte come accumulo temporaneo posto a monte e sullo sfioratore che deve essere parzialmente demolito e che costituirà una delle zone di deposito dei detriti.</p> <p>In questo periodo le piste di accesso di cantiere saranno limitate alla zona sud fino al piede diga e ad ovest verso lo sfioratore, che inizialmente sarà raggiungibile dal coronamento, e, dopo l'inizio dei lavori di demolizione, sarà servito da una pista proveniente da monte e tracciata sulla sponda sinistra.</p>
<b>Secondo anno</b>	<p>Attività di completamento della demolizione di diga e sfioratore, realizzazione del torino dello scarico di fondo, quindi realizzazione dell'accesso a valle diga ed avvio della realizzazione del canale dello sfioratore, vasca di calma e raccordo al fiume, scarico di fondo, camera di manovra, adduzione a Ballano.</p> <p>L'accesso alla zona di valle della diga sarà attuato sul percorso della pista di accesso definitiva, che transita sulla banchina dello sfioratore di destra. Questo tracciato limita infatti altri possibili tracciati di accesso a valle diga che comporterebbero pesanti intrusioni sul bosco in aree di elevata pendenza.</p> <p>L'inconveniente, per la realizzazione delle opere, consiste nel fatto che per il primo anno non sarà possibile portare mezzi d'opera a valle della diga.</p>
<b>Terzo e quarto anno</b>	<p>Attività di completamento delle opere, in particolare impianti elettromeccanici e finiture. In questo periodo si avviano le sistemazioni ambientali ed il ritiro del cantiere, iniziando dal cantiere sull'ex sfioratore e dalle piste che portano in sinistra idrografica.</p> <p>Le piantumazioni definitive e il sentiero circumlacuale saranno completati nella primavera del quarto anno.</p>

**Tabella 7 – Suddivisione temporale dei lavori**



## 14. CANTIERIZZAZIONE

### 14.1 Premessa

La disposizione del cantiere e la sua gestione sono onere dell'impresa di costruzione. Lo scopo del presente documento consiste nella individuazione di una soluzione possibile e nella valutazione degli impatti potenziali sull'ambiente e sui modi di rimediarvi o limitarli.

Sulla base di questo studio e delle valutazioni che ne derivano saranno definiti i vincoli per l'impresa al fine della conformazione del cantiere e della sua gestione. Vincoli ed indicazioni saranno contenute nel capitolato d'appalto.

## 14.2 Accesso

Dalla diga di Lago Ballano è possibile raggiungere la diga di Lago Verde mediante una strada lunga circa 1,6 km, attualmente carrabile con mezzi fuoristrada; l'Enel ha previsto, prima dell'inizio dei lavori di Lago Verde, di effettuare un completo ripristino della strada stessa, che risulterà così pavimentata con misto stabilizzato, ed acciottolato o selciato cementato nei tratti più ripidi e con tornanti.

Questa strada sarà predisposta in un appalto separato e sarà disponibile per i mezzi d'opera. Nel progetto di questa strada si curerà il dimensionamento che consenta il transito dei mezzi di cantiere per l'impianto di Lago Verde.

La strada arriva da sud est e passa nella zona dell'ex casa di guardia, per poi scendere alla diga, a cui transita in vicinanza dell'attacco del coronamento in destra idrografica, e poi prosegue verso il lago.

Il progetto previsto da Ballano si ferma al coronamento della diga, mentre gli accessi permanenti interni all'impianto di Lago Verde e le piste provvisorie di cantiere saranno oggetto del presente progetto.

### 14.3 Aree principali

Si distingue tra aree di cantiere (strutture dell'impresa), ed aree di lavoro. Le aree principali di cantiere sono così previste:

- piste provvisorie
- cantiere est, posto in prossimità dell'ex casa di guardia
- cantiere sud, con le strutture tecniche e di stoccaggio provvisorio

Le aree di lavoro saranno invece

- Ex sfioratore, in sinistra
- Piede di monte della diga
- La diga
- Area a valle della diga

## 14.4 Alimentazione

Il cantiere deve essere alimentato in:

- energia
- acqua
- materiali di consumo
- materiali da costruzione

I materiali da costruzione e di consumo giungono dalla strada proveniente da Ballano.

I materiali di movimento terra e gli inerti sono esclusivamente di produzione locale, almeno per il maggior quantitativo.

L'acqua viene convenientemente prelevata dal lago.

L'energia invece proviene da Ballano con una linea che segue la nuova strada e la galleria di derivazione, e quindi risale lungo la spalla destra della diga fino al cantiere est, e al cantiere sud.

Sicuramente l'impresa sarà tenuta a disporre di un sistema di alimentazione elettrica di riserva o integrativo, dato che la linea proveniente da Ballan si suppone sia di limitata potenza, prevalentemente per l'illuminazione e l'alimentazione degli equipaggiamenti elettromeccanici permanenti della diga.

L'impresa dovrà dunque provvedere alla stesa di una linea provvisoria di maggiore potenza, oppure installare un generatore, con serbatoio, di adeguata capacità.

## 14.5 Derivazione provvisoria

Si prevede che durante il cantiere sia disposto un sistema di pompaggio ed alimentazione della derivazione verso la centrale di Ballano, che funzioni per tutto il periodo dall'inizio dei lavori fino all'apertura della nuova derivazione.

Il sistema potrà essere costituito da un pompaggio e da una condotta che passi la diga e si colleghi alla galleria di adduzione delle acque a Ballano. Il percorso della condotta può passare sopra la diga oppure beneficiare delle condutture esistenti che sottopassano la diga, con adattamenti secondo le varie fasi di lavoro.

Durante il primo anno si prevedono lavori al piede di monte della diga che possono obbligare a realizzare un by-pass provvisorio.

La derivazione consente di disporre di volumi idrici in loco senza realizzare una tubazione da Ballano. L'alimentazione idrica del cantiere deve prevedere un controllo di qualità, necessario dato che comunque il lago per la durata del cantiere sarà soggetto a sversamenti accidentali, improbabili ma non impossibili, da un sistema di potabilizzazione e di accumulo, per il cantiere e per i calcestruzzi ed il lavaggio degli inerti (eventuale) e per la pulizia delle gomme dei veicoli.

L'approvvigionamento idrico servirà anche il cantiere est, che disporrà di un suo serbatoio di accumulo.

## 14.6 Deviazione del fiume

L'approvvigionamento idrico per il cantiere e l'alimentazione della linea di adduzione verso il lago di Ballano riduce il volume del lago e quindi è favorevole per il controllo dei livelli del lago.

Deve essere comunque previsto un argine di protezione delle aree di lavoro che deve essere tale da evitare l'invasione del cantiere, particolarmente l'area al taglione di monte, durante le operazioni di consolidamento del taglione della diga.

Si tratterà di un argine modesto, da compensare almeno per il primo anno con un sistema di pompaggio per tenere all'asciutto il fondo scavo, dato che comunque la morena è permeabile e sono possibili filtrazioni anche importanti.

## 14.7 Piste

Le piste partono dal cantiere est, dove arriverà la strada di collegamento proveniente da Lago Ballano e si svilupperanno nell'area delle sponde del lago e, quella verso l'area di lavoro dell'ex sfioratore, in pendenza sulla sponda sinistra. L'accesso verso valle sfrutta il tracciato della pista definitiva di accesso alla camera di manovra, che passa sulla diga sulla banchina in destra dello sfioratore.

Ci saranno delle piste minori secondarie per collegare tra loro i vari punti di lavoro, che si modificheranno di continuo a seconda delle esigenze.

Relativamente alle caratteristiche generali della pista principale di cantiere, si evidenzia come la carreggiata sarà resa opportunamente solida ed atta a resistere al transito dei mezzi di cui è previsto l'impiego, attraverso la posa di ghiaia, mentre le pendenze delle rampe saranno tali da non creare inconvenienti ai mezzi stessi.

La larghezza delle rampe e passaggi carrabili sarà tale da consentire un franco (per parte) di almeno 70 cm, oltre la sagoma di ingombro del veicolo, favorendo in questo modo il sicuro movimento delle persone e degli automezzi all'interno ed in prossimità delle aree dove si svolgeranno le operazioni previste dal progetto.

La larghezza delle piste principali è prevista di tre metri. Esse saranno pavimentate in pietrame compattato ed impregnato di bitume, e bagnate costantemente per evitare la formazione di polveri.

Le piste saranno dotate di un sistema drenante longitudinale per prevenire l'erosione della carreggiata. Le sponde sono previste con pendenze di 1,5 in orizzontale su 1 in verticale.

Le pendenze sono dell'ordine da 0 a 10%, salvo la pista a valle diga che ha pendenza di circa il 20% e che sarà percorribile da mezzi di cantiere idonei.

La pista in sinistra diretta verso lo sfioratore è impattante e quindi se ne è prevista la minimizzazione, localizzando nell'area di lavoro dello sfioratore il minimo dei mezzi d'opera e prevedendo pendenze elevate, sempre percorribili da mezzi idonei che possono giungere a superare il 45% di pendenza. Questo consente di minimizzare l'estensione e quindi l'impatto dell'intervento sul bosco e facilita i ripristini.

## 14.8 Cantiere est

L'area di cantiere est, corrispondente ad una superficie di circa 1200 m<sup>2</sup> ricavata in prossimità dell'edificio dell'ex casa di guardia, alla quota di 1515 m s.l.m.; in questa si allocheranno:

- un locale adibito ad officina e magazzino
- un locale per l'uffici D.L. e dell'impresa
- area emergenze
- spogliatoio per le maestranze;
- servizi igienici con pre-trattamento
- cisterna di accumulo acqua e potabilizzatore

## 14.9 Cantiere sud

Il cantiere sud è ubicato principalmente in due aree distinte in sponda est del lago, in cui si dispone di aree piane e non boscate. Il collegamento è diretto dalla pista principale che proviene dal cantiere est (ubicato invece all'arrivo della strada da Ballano) e che scende lungo la spalla destra della diga. Alla curva prima che la pista principale svolti verso la zona di monte della diga si diparte una pista, sul tracciato di sentieri esistenti, che prosegue per qualche centinaio di metri e che conduce a due aree distinte.

Il cantiere sud sarà adibito alle attività tecniche ed allo stoccaggio.

- Officina e magazzino, con servizi igienici e docce e zona primo soccorso
- Frantumazione e betonaggio
- Deposito equipaggiamenti e parcheggio mezzi d'opera
- Deposito materiali da costruzione
- Deposito materie da demolizione e scavo, trattate e non trattate Servizi:
- Centrale energetica
- Alimentazione idrica e serbatoio
- Impianto di pulizia gomme

Nel cantiere sud saranno ubicate le attrezzature di frantumazione del materiale da demolizione; in questa, pertanto, sarà posizionato il frantoio mobile, che permetterà il recupero dei materiali provenienti dalle operazioni di demolizione del corpo diga e degli scarichi, secondo quanto previsto dalle normative vigenti.

L'impianto di betonaggio sarà accanto alla frantumazione e ai depositi di inerte e di acqua, cemento ed additivi.

Saranno tuttavia i depositi a richiedere più spazio. Si possono stimare circa 3000 metri quadri.

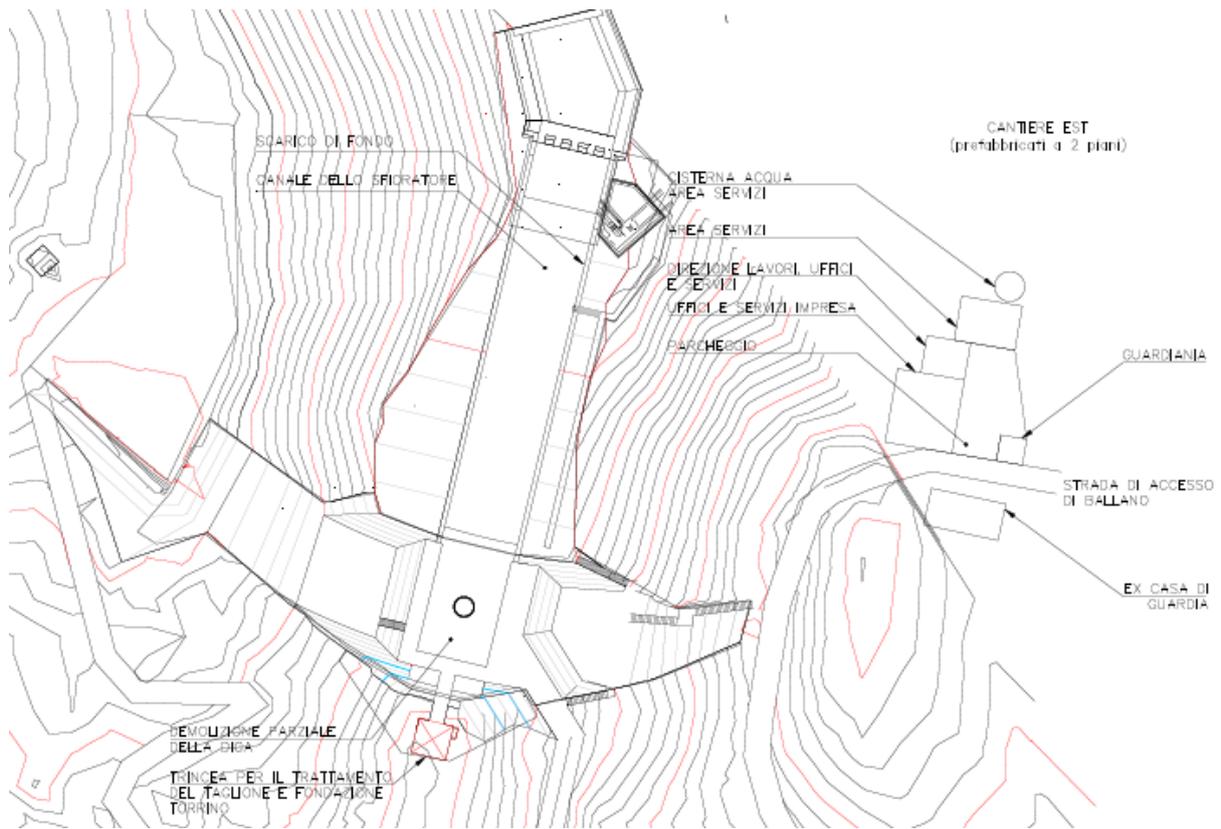


Figura 35 - Particolare aree di lavoro sbarramento ed area di cantiere est

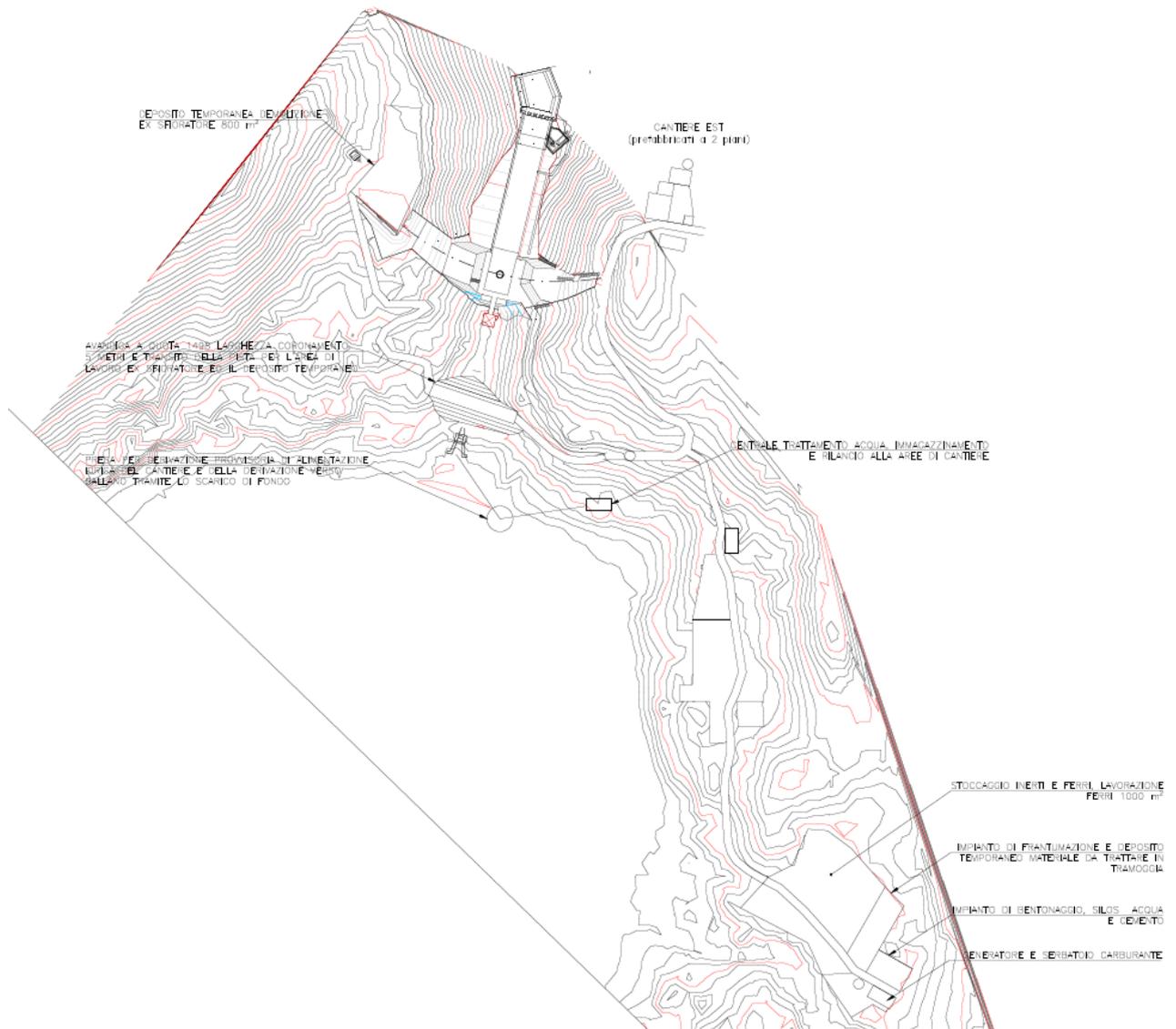


Figura 36 - Inquadramento generale aree di cantiere e di lavoro