Impianto idroelettrico di Vinchiana – Diga di Vinchiana

Renewable Energies Italy - O&M Hydro Italy
Northern Central Area - Territorial Unit Lucca - UE Piano della Rocca

Comune di Lucca - Provincia di Lucca

Miglioramento della capacità di scarico della diga

Progetto esecutivo

H – RELAZIONI GENERALI

Relazione tecnica illustrativa

Settembre 2019

IL COMMITTENTE enel Green Power **ENEL GREEN POWER SPA** Renewable Energies Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area	06/09/2019 DATA	 ING. M. SESSEGO
IL PROGETTISTA IM Engineering HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE **RTI - IM MAGGIA ENGINEERING SA - HYDRODATA S.p.A.** IM MAGGIA ENGINEERING SA VIA S. FRANSCINI 5/CH-6601 LOCARNO 1/SVIZZERA Tel. +41 91 756 68 11 info@im-maggia.ch, www.im-maggia.ch HYDRODATA S.p.A. VIA POMBA 23/I-10123 TORINO/ITALIA Tel. +39 011 55 92 811 hydrodata@hydrodata.it, www.hydrodata.it	06/09/2019 DATA	 ING. R. BERTERO

IL DIRETTORE LAVORI		L' INGEGNERE RESPONSABILE		IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	
06/09/2019		06/09/2019		06/09/2019	
DATA	ING. L. FRESIA	DATA	ING. S. GABBRIELLI	DATA	ING. R. BERTERO

INDICE

1. Premessa 1
1.1 Descrizione delle opere esistenti 2
1.2 Motivazioni del progetto 4
2. Indagini e rilievi 6
2.1 Rilievi topografici 6
2.2 Indagini geognostiche 6
3. Geologia e geotecnica 8
3.1 Geologia 8
3.2 Geotecnica 11
4. Idraulica 12
5. Opere a valle della diga 13
5.1 Paratia in micropali 13
5.2 Muro di sostegno della strada Brancoli – Interventi di consolidamento 13
5.3 Vasche in c.a. 17
5.4 Passerella in acciaio 20
5.5 Fasi esecutive delle opere a valle della diga 22
5.6 Nuovo comando della paratoia a ventola 22
5.7 Nuove postazioni di misura delle perdite 24
6. Interventi a monte della diga 25
6.1 Barriera frangionde 25
6.2 Interventi sul paramento di monte 26
6.3 Paratoia dello scarico di fondo 27
6.4 Accesso alla galleria di derivazione 29
6.5 Manutenzione della galleria Borgo-Vinchiana 30
7. Interventi ed opere nella zona di imbocco del by-pass 31
7.1 Imbocco del by-pass 31
7.2 Briglia a pettine 32
7.3 Interventi di sistemazione e protezione delle sponde e dell'alveo 33
7.4 Interventi nella galleria di by-pass 34
8. Interventi nella centrale di Vinchiana 36
8.1 Descrizione generale del sistema e funzionamento 36
8.2 Considerazioni e calcoli idraulici 37
8.3 Dimensioni ed esecuzione del pozzo di dissipazione 38

8.4 Dimensioni ed esecuzione della galleria di scarico 40
8.5 Impianti idromeccanici 40
9. Cantierizzazione 43
10. Cronoprogramma 49
11. Normativa di riferimento 52

1. Premessa

La presente relazione ha la finalità di illustrare il Progetto Esecutivo dei lavori di miglioramento della capacità di scarico della diga dell'impianto idroelettrico di Vinchiana, in provincia di Lucca.

A seguito della richiesta di adeguamento dell'Ufficio Tecnico delle Dighe di Firenze-UTDFI (note n. UTDFI/1163 del 13.10.2008 e n. UTDFI/1191 del 17.10.2008), l'Unità di Ingegneria Civile di Firenze di Enel Produzione SpA ha redatto il Progetto Definitivo che, trasmesso a UTDFI e alla Direzione Generale per le Dighe nel 2009 (nota Enel-Pro n. 47942 del 23.12.2009) e con integrazioni nel 2010 (nota Enel-Pro n. 54314 del 29.12.2010), è stato approvato con prescrizioni nel 2015 dalla Div.5 della Direzione per le Dighe con nota n. 3772 del 23.02.2015.

Successivamente, con nota n. 21034 del 03/10/2016 l'Unità di Ingegneria Civile di Firenze di Enel Produzione SpA ha inviato all'Ufficio Tecnico delle Dighe di Firenze-UTDFI e alla Direzione Generale per le Dighe la prima parte del Progetto Esecutivo, comprensivo della relazione geologica a firma del dott. Geol. Piero Castellucci; con nota n. 22508 del 01.12.2016, l'UTD di Firenze ha trasmesso un proprio "nulla osta con osservazioni" e la propria relazione istruttoria in merito alla prima fase del progetto Esecutivo. La Direzione Generale per le Dighe – Sede Centrale – con nota prot.4281 del 17/02/2017 ha trasmesso il parere (corredato dalle relative relazioni istruttorie della Div.5 e dell'UTDFI) rilasciato dalla Div. 5 della DG Dighe.

Successivamente, con nota Enel prot. n. 3326 del 05/02/2019 e, in esito ad un esame preliminare del progetto consegnato (nota della D.G. Dighe Div.5 prot. n. 7483 del 26/03/2019), con nota Enel prot. n. 8141 del 28/03/2019, Enel ha trasmesso a UTDFI e alla Sede Centrale della Direzione Dighe gli elaborati del progetto esecutivo ai fini dell'approvazione.

Infine con lettera Enel n. 9786 del 15/04/2019, secondo quanto concordato in sede di riunione del 15/03/2019 presso la Sede Centrale della Direzione Dighe e ribadito con la suddetta nota della D.G. Dighe Div.5 prot. n. 7483 del 26/03/2019, è stato confermato l'inquadramento dell'intervento come **intervento di miglioramento idraulico** ai sensi del paragrafo H.2.2 delle NTD2014, basato sulla portata con tempo di ritorno di 500 anni, in quanto trattasi di intervento su una diga esistente, che non comporta modifiche della tipologia o della classe d'uso dello sbarramento e non modifica le quote idriche di progetto.

La presente Relazione, con gli elaborati grafici e testuali allegati ed elencati al § 12 costituisce il Progetto Esecutivo dell'intervento.

Gli interventi oggetto della progettazione esecutiva realizzano la soluzione individuata a livello di progettazione definitiva per conseguire la sicurezza idraulica dello sbarramento. La soluzione concepita non modifica la capacità di scarico degli organi di cui la diga dispone, consentendo in tal modo di non alterare le portate scaricate nell'alveo naturale del torrente Vinchiana, bensì consiste nello sfruttare la potenziale capacità di scarico disponibile in centrale, tramite l'installazione di una nuova valvola dissipatrice e l'utilizzo di opere idrauliche esistenti.

Le opere oggetto di progettazione sono suddivise in due lotti:

- **Lotto 1 - Lavori nella centrale di Vinchiana** – All'interno della centrale idroelettrica sarà installata una nuova valvola sferica e una nuova valvola dissipatrice a getto conico di tipo Howell-Bunger (fixed cone valve), verticale con sbocco sommerso, avente la funzione di scaricare nel canale inferiore della centrale e da qui nel fiume Serchio, il deficit di portata non esitabile dallo sbarramento di Vinchiana, e di dissiparne il carico idraulico prima della restituzione. Il nuovo dispositivo costituirà un organo di scarico supplementare dello sbarramento per garantirne la sicurezza idraulica. Si specifica che nel progetto esecutivo il dimensionamento è stato effettuato per una portata di 40 m^3/s, ma il dimensionamento costruttivo del sistema considererà la portata di 30 m^3/s, corrispondente ad una piena con tempo di ritorno pari a 500 anni.

La valvola sarà alloggiata nel pozzo che fu previsto per la sede del quarto gruppo di produzione che non fu mai installato. La realizzazione del nuovo dispositivo di scarico ed il suo allacciamento alle opere esistenti comporteranno l'approfondimento del pozzo esistente, la costruzione di una camera di dissipazione e di una galleria di raccordo tra il pozzo ed il canale di scarico inferiore della centrale, nonché la predisposizione delle tubazioni di raccordo ed intercettazione tra la valvola Howell-Bunger e la condotta forzata.

- **Lotto 2 - Lavori nella zona della diga** – sono suddivisi in:
  - *Lavori a valle della diga*: consistono sostanzialmente nella realizzazione di un nuovo sistema di vasche in c.a. a valle dello scarico di superficie e dello sbocco della galleria di by-pass, delle relative opere di sostegno (paratie di micropali), della nuova passerella metallica per la manutenzione e del consolidamento del muro di sostegno esistente della strada di Brancoli;
  - *Lavori a monte della diga*: si prevede la realizzazione di un nuovo sistema di movimentazione oleodinamico della paratoia a ventola esistente che regola lo scarico di superficie, della barriera frangionde sul coronamento della diga per l'adeguamento del franco netto, la manutenzione del paramento di monte e del contatto con le travi coprigiunto, il ripristino dei dispositivi di tenuta della paratoia di intercettazione dello scarico di fondo;
  - *Lavori a monte dell'imbocco della galleria di by-pass*: consistono nella realizzazione di un nuovo imbocco della galleria di by-pass e nella sistemazione dell'alveo del torrente Vinchiana nel tratto immediatamente a monte.

Tenendo conto che i tempi di progettazione per il sistema di dissipazione della valvola tipo Howell-Bunger (HB) hanno una durata di circa 6 mesi, che l'inizio della fabbricazione della valvola è vincolato all'ottenimento dell'approvazione del progetto della stessa da parte della Direzione Generale Dighe e che la successiva fabbricazione richiede 6-7 mesi di tempo, nell'ottica di effettuare tutti i lavori di adeguamento nel biennio 2020-2021, il progetto ed il cronoprogramma dei lavori di adeguamento sono sviluppati nell'ipotesi di suddividere i lavori in due diversi lotti, corrispondenti a due diverse gare d'appalto e conseguenti contratti.

Il lotto 1 riguarda i lavori nella centrale di Vinchiana, mentre il lotto 2 riguarda i lavori in corrispondenza della diga. In questo modo sarà possibile anticipare l'affidamento della progettazione della valvola HB e di tutto il sistema di dissipazione nel 2019. Come da cronoprogramma di dettaglio allegato, infatti, si evince che l'avvio della gara per l'affidamento dei lavori in centrale è prevista nell'aprile del 2019, stimando un perfezionamento del contratto a chiusura della gara per novembre 2019. Pertanto, nel secondo semestre del 2020 si prevede che il progetto esecutivo possa essere disponibile e inviato alla Direzione Generale Dighe per la relativa approvazione.

Per quanto riguarda il lotto dei lavori in corrispondenza della diga si prevede di utilizzare il primo semestre del 2019 per le autorizzazioni e la predisposizione della documentazione per un'ulteriore gara d'appalto. In questo modo, a seguito dell'aggiudicazione della stessa, è prevedibile l'inizio delle attività in diga per marzo 2020.

In tale ottica la progettazione esecutiva delle opere in corrispondenza della diga è dettagliatamente descritta nelle relazioni ed è rappresentata negli elaborati grafici del presente progetto, sulla base delle precedenti fasi progettuali, al fine di definire compiutamente le opere che verranno realizzate, mentre per la progettazione delle opere in centrale sono stati svolti approfondimenti rispetto al progetto del 2016, comprensivi del dimensionamento esecutivo delle opere in c.a., da confermare a seguito della progettazione costruttiva della valvola tipo Howell-Bunger.

1.1 Descrizione delle opere esistenti

Il bacino di Vinchiana opera come vasca di oscillazione a servizio della omonima centrale idroelettrica. Il bacino idrografico del torrente Vinchiana direttamente sotteso dalla sezione individuata dalla diga non risulta in concessione.

In condizioni ordinarie, le acque del torrente vengono deviate a monte del serbatoio tramite una galleria di by-pass, realizzata all'epoca della costruzione della diga, che le convoglia direttamente a valle dello sbarramento; all'invaso afferiscono le portate intercettate sul Fiume Serchio dalla traversa di Borgo a Mozzano, attraverso una galleria di adduzione, e parte dei deflussi di piena del torrente Vinchiana.

In condizioni di piena, a monte dell'invaso, le portate del torrente Vinchiana vengono in parte deviate dalla galleria di by-pass e da questa convogliate direttamente a valle diga, e in parte confluiscono nel bacino tramite uno sfioratore che sottopassa la strada comunale di Brancoli, che corre lungo la sponda destra dell'invaso in questa zona.

La diga di Vinchiana è del tipo a gravità alleggerita, a speroni, in calcestruzzo, con andamento planimetrico rettilineo. In particolare, lo sbarramento è costituito nella parte centrale da speroni separati da giunti di contrazione verticali, posti ad una distanza reciproca di 10 m, e nelle parti laterali da due tronchi massicci a gravità. Gli speroni sono caratterizzati da sezioni orizzontali a doppia espansione; la testa di ogni sperone è delimitata a monte da tre facce piane, di larghezza costante per tutta l'altezza della diga.

Dati principali della diga da FCEM:

Altezza della diga (ai sensi del DM 24.03.1982)	22.50 m
Altezza della diga (ai sensi della L. 584/1994)	22.20 m
Altezza di massima ritenuta	20.20 m
Quota di coronamento	92.20 m s.m.
Franco (ai sensi del DM n°44 del 24.03.1982)	1.00 m
Franco netto (ai sensi del DM n°44 del 24.03.1982)	0.78 m
Sviluppo del coronamento	95.85 m
Volume della diga	6.000 m^3
Grado di sismicità assunto nel progetto	S=0
Classifica ai sensi del DM 24.03.1982	Diga a gravità alleggerita, a speroni

Dati principali del serbatoio da FCEM:

Quota di massimo invaso	91.20 m s.m.
Quota di massima regolazione	90.85 m s.m.
Quota minima di regolazione	79.50 m s.m.
Superficie dello specchio liquido:	
- Alla quota di massimo invaso	0.0128 km^2
- Alla quota massima di regolazione	0.0126 km^2
- Alla quota minima di regolazione	0.004 km^2
Volume totale di invaso (ai sensi del DM 24.03.1982)	$0.12x10^6$ m^3
Volume totale di invaso (ai sensi della L. 584/1994)	$0.12x10^6$ m^3
Volume utile di regolazione	$0.103x10^6$ m^3
Volume utile di laminazione	$0.003x10^6$ m^3
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso (ma non in concessione)	7.33 km^2
Superficie del bacino imbrifero allacciato (tramite derivazione)	1099 km^2

Lo sbarramento dispone dei seguenti due organi di scarico:

- Scarico di superficie; ubicato all'estremità destra dello sbarramento, questo scarico è costituito da una luce sfiorante con soglia a quota 90.0 m s.l.m., presidiata da una paratoia a ventola autolivellante di 8.0 x 0.85 m, che si aziona automaticamente per spinta idraulica al superamento della quota di massima regolazione, pari a 90.85 m s.l.m.; dalla paratoia la portata tracima su uno scivolo fino a defluire in un pozzo circolare che si immette nel tratto terminale della galleria di by-pass. Allo sbocco della galleria l'acqua, scorrendo su un sistema di vasche dissipatrici a gradoni, confluisce nel canale dello scarico di fondo in direzione a questo perpendicolare, poco prima del sottopasso della strada comunale di Brancoli e della successiva restituzione all'alveo del torrente Vinchiana;

- Scarico di fondo; è ricavato tra le espansioni di monte dei due speroni centrali. La sezione di imbocco, con soglia a quota 71.0 m s.l.m., è munita di paratoia piana di dimensioni 1.2 x 1.8 m movimentabile con motore elettrico. A valle della paratoia la portata defluisce in un canale che, dopo aver raccolto in destra la portata uscente dalla galleria di by-pass, sottopassa la strada comunale di Brancoli fino a sboccare nell'alveo del torrente Vinchiana.

Sul lato sinistro del bacino di Vinchiana è ubicata l'opera di presa, consistente in un pozzo esagonale sormontato da tre piani di griglie, con soglia a quota 75.6 m s.l.m.. Dalla presa si diparte una galleria di adduzione di circa 1110 m di lunghezza e diametro pari a 5.2 m, che convoglia le acque, con flusso in pressione, al pozzo piezometrico.

A valle del pozzo, successivamente ad una paratoia piana di intercettazione e ad un tubo aeroforo, si diparte la condotta forzata, che ha un diametro di 4.8 m e una lunghezza complessiva di 86.2 m.

Dal collettore, all'interno della centrale si dipartono quattro ramali, tre dei quali sono allacciati ai tre gruppi generatori. Il quarto ramale, posto più a monte, è chiuso da un fondello e corrisponde ad un quarto gruppo che, pur se previsto in fase di progetto dell'impianto, in realtà non è mai stato realizzato.

Il complesso delle opere di restituzione è costituito da due canali di scarico, uno denominato "inferiore" ed uno denominato "superiore":
- Il canale inferiore raccoglie le portate provenienti dai gruppi GR n.2 e n.3 e le convoglia, con un tratto di 350 m, ad un canale a cielo aperto, di lunghezza 490 m che le restituisce al fiume Serchio;
- Il canale superiore raccoglie le portate turbinate dal gruppo GR n.1 e le convoglia ad un canale demaniale, costruito in epoca precedente all'impianto idroelettrico, che adduce l'acqua ad un sistema di canalizzazioni irrigue e sanitarie a servizio della piana di Lucca.

1.2 Motivazioni del progetto

L'intervento ha la finalità di migliorare la capacità di scarico della diga di Vinchiana, con riferimento alla piena cinquecentenaria, al fine di garantire la sicurezza idraulica dello sbarramento, che ad oggi, a seguito di una rivalutazione idrologica, redatta dal Gestore e convalidata dall' Autorità competente che le ha richieste per tutte le dighe esistenti, presenta un'insufficienza degli scarichi; la soluzione individuata assicura il rispetto del franco di sicurezza regolamentare tra la quota di massimo invaso e la quota di coronamento in caso di evento di piena, senza alterare i dati di targa (massimo invaso e regolazione) della diga.

L'analisi idrologica del bacino di versante del torrente Vinchiana, effettuato da Enel nel 2001 ed approvato nel 2003 dagli organi competenti, ha permesso di stabilire le nuove portate di piena che si possono attendere a monte del serbatoio di Vinchiana. Le portate al colmo di piena del torrente sono le seguenti:

- Q_{50} = 61 m^3/s
- Q_{100} = 72 m^3/s
- Q_{200} = 82 m^3/s
- Q_{500} = 95 m^3/s
- $Q_{1'000}$ = 106 m^3/s

L'intervento fa seguito alla richiesta dell'autorità tutoria che ha prescritto la redazione di un progetto per l'adeguamento idraulico dello sbarramento; più in particolare l'Ufficio delle Dighe di Firenze del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, con nota n. UTDFI/1191 del 17.10.2008 ha dichiarato che "*In relazione all'attuale inadeguatezza della capacità di scarico della diga, è confermata quindi la necessità di definizione di interventi per l'incremento delle condizioni di sicurezza idraulica della diga* […] *Si ritiene che il Concessionario debba presentare una soluzione che assicuri il rispetto del franco di sicurezza regolamentare tra quota di massimo invaso e quota di coronamento*" e ha prescritto di trasmettere "*una proposta tecnica che definisca concretamente gli interventi necessari per assicurare le condizioni di sicurezza idraulica della diga. La soluzione prospettata dovrà assicurare il rispetto del franco di sicurezza regolamentare tra quota di massimo invaso e quota di coronamento.*

Si evidenzia la possibilità di impiego definitivo della derivazione come organo di scarico ausiliario e che, a tal fine, venga dotata di dispositivi (by-pass di sicurezza con dissipatore) che ne garantiscano il funzionamento indipendentemente dalle regole di esercizio e dallo stato di manutenzione della Centrale di Vinchiana.[…]".

Nelle precedenti fasi progettuali, inizialmente con la relazione "Analisi e proposta tecnica preliminare" del 20/07/2009, poi con progetto definitivo del 23/12/2009 ed integrazione del 20/12/2010 e successivamente con una prima parte di progetto esecutivo del 29/09/2016, è stato definito l'intervento di adeguamento alla rivalutazione della piena millenaria; secondo quanto definito nelle precedenti fasi progettuali ed approvative, la capacità di scarico di progetto, in condizioni di piena millenaria risulta complessivamente suddivisa tra i diversi scarichi costituiti dalla galleria di by-pass, dallo scarico di superficie, dallo scarico di fondo e dalla valvola dissipatrice di tipo Howell-Bunger installata nella centrale di Vinchiana.

L'entrata in vigore della nuova normativa tecnica sulle dighe ha modificato l'impostazione progettuale, passando da un adeguamento con riferimento alla Q millenaria a un **miglioramento con riferimento alla Q cinquecentenaria**; tale impostazione è stata concordata con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Divisione 5: coordinamento controllo dighe in esercizio (Nota U.0007483 del 26/03/2019). Il nuovo valore di Q di riferimento, di solo 11 mc/s inferiore, non ha variato la sostanza di progetto ma ha modificato solo il dimensionamento delle opere previste in centrale.

2. Indagini e rilievi

2.1 Rilievi topografici

In data 1-2/10/2018, sono stati effettuati i rilievi topografici celerimetrici delle seguenti aree:
- Area a valle dell'opera di sbarramento (Elaborato R.1),
- Area di imbocco del by-pass (Elaborato R.2),
- Centrale – Piano terra (Elaborato R.3) – sono state rilevate le aree esterne e alcune quote della parte interna alla centrale
- Centrale – Piani sotterranei (Elaborato R.4) – al fine di integrare la documentazione storica della centrale, sono stati rilevati alcuni punti relativi agli elementi di interesse per la progettazione della nuova valvola HB.

2.2 Indagini geognostiche

Per integrazione e affinamento del modello geologico descritto nella "Relazione geologica" a firma del dott. Geol. Piero Castellucci (vedere elaborato S.1), redatta nell'ambito della precedente fase di studio geologico, sono stati eseguiti due sondaggi geognostici brevi con carotatrice elettrica (S1, S2), nelle posizioni indicate in Figura 2.1 e Figura 2.2. I sondaggi hanno avuto la seguente finalità:
- Il sondaggio S1 (3.2 m, inclinato a 55°) ha consentito di indagare la natura del terreno di fondazione del muro di sostegno della sede stradale, a integrazione del dato stratigrafico derivante dal sondaggio breve eseguito nell'ambito dello studio geologico 2016 (S2-2016);
- il sondaggio S2 (6.5 m, verticale), è stato realizzato per confermare la profondità del substrato arenaceo, ben visibile in affioramento a valle dell'attuale vasca a chiocciola, ma nel settore specifico mascherato da riporti, al fine di valutare la necessità di sostegno degli scavi.

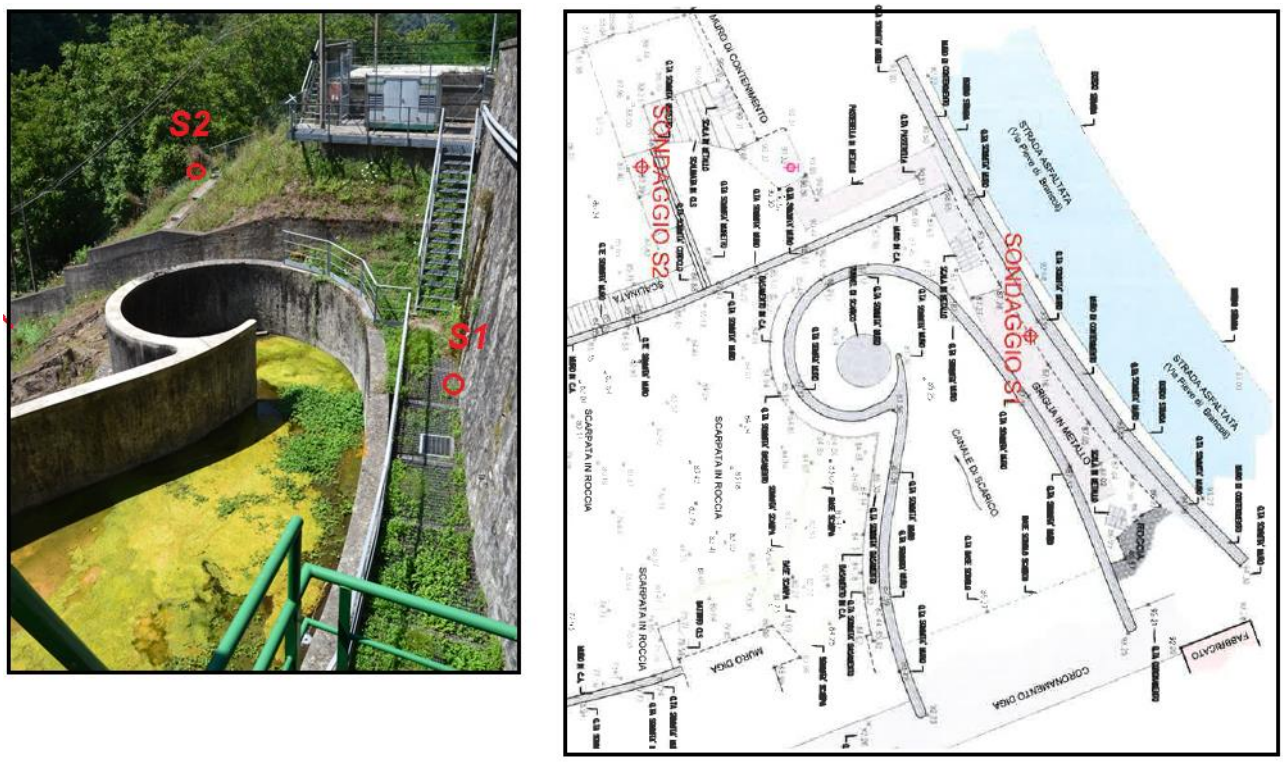


Figura 2.1: Localizzazione dei sondaggi geognostici S1, S2

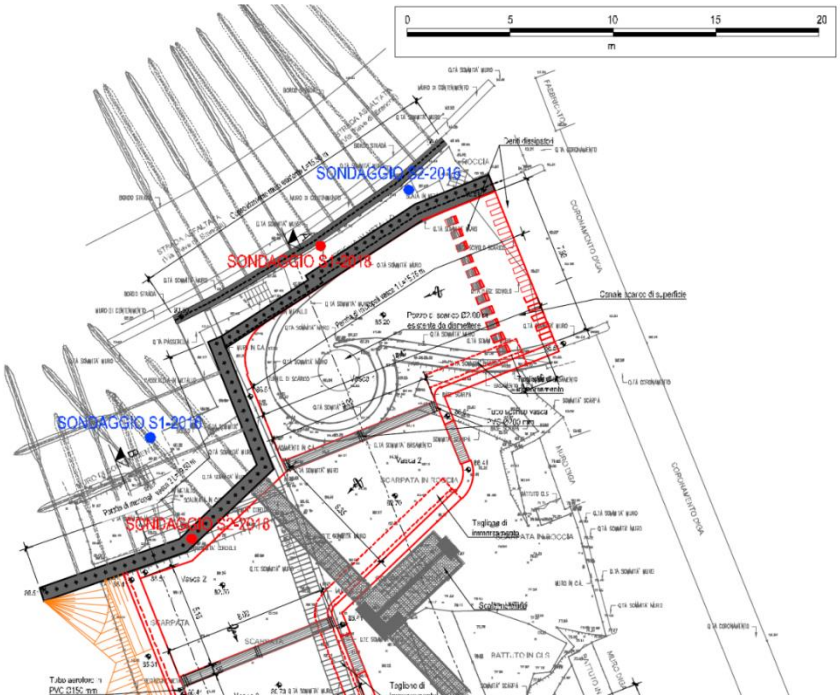


Figura 2.2: Localizzazione dei sondaggi 2016 e 2018 su planimetria di progetto

L'area della centrale, dove è previsto il completamento del tratto di galleria di scarico, è stata oggetto di un ulteriore sondaggio geognostico S3 (9.0 m, verticale) realizzato con carotatrice elettrica a partire dal locale cabina manovra paratoie.

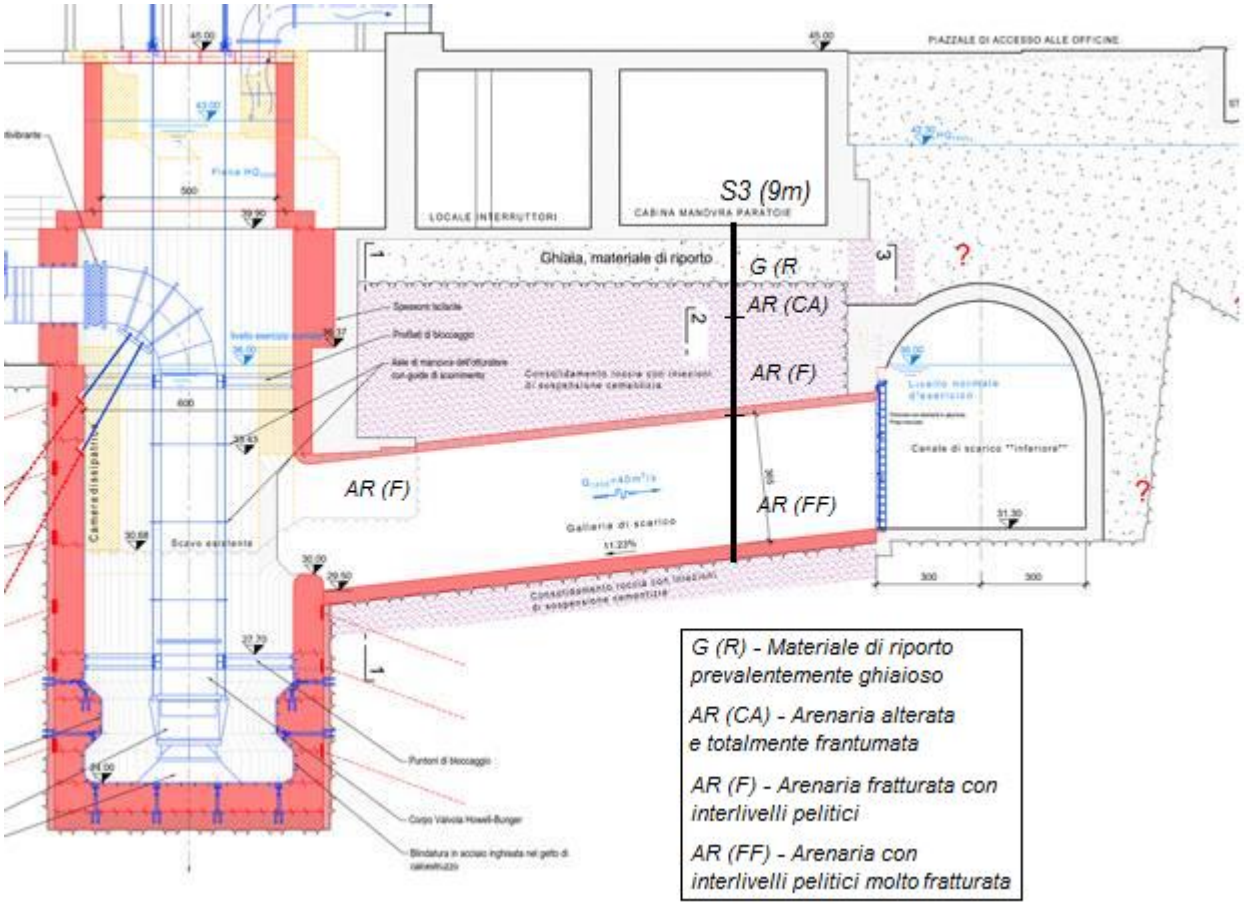


Figura 2.3: Posizione del sondaggio S3 in centrale e profilo geologico del canale di scarico

3. Geologia e geotecnica

3.1 Geologia

Settore a valle della diga

La “Relazione geologica” è stata redatta nell’ambito della precedente fase progettuale (progetto esecutivo 2016) a firma del dott. Geol. Piero Castellucci (vedere elaborato S.1); nell’ambito del presente progetto vengono confermati i contenuti di tale relazione, alla quale si rimanda per ogni dettaglio, integrando alcuni aspetti, in esito alle indagini svolte.

Dalla correlazione dei dati stratigrafici nei sondaggi eseguiti nel settore superiore di intervento con la localizzazione degli affioramenti rilevabili in sito immediatamente a valle, sono stati realizzati i profili geologici di progetto, dai quali si rileva quanto segue:

- Profilo 1 - realizzato sul versante, in corrispondenza del parcheggio sulla strada Brancoli (in asse alle vasche 3-5 in progetto)

Nella porzione superiore del versante sono presenti detriti e materiale di riporto nell’ambito del piazzale in fregio alla strada, caratterizzati con il sondaggio S1-2016 (40 m). Immediatamente a monte della vasca 2 in progetto, dove è prevista la realizzazione di opera di sostegno (paratia di micropali con tiranti), lo spessore residuo dei materiali sciolti, sul substrato arenaceo fratturato, è risultato dell’ordine di soli 1.2 m (sondaggio S2).
A valle, nel settore di realizzazione delle nuove vasche, il substrato arenaceo è subaffiorante. Sul profilo è stato convenzionalmente indicato un livello superficiale dell’ordine di 1 m circa, costituito da detrito e terreno superficiale, livelli superficiali di alterazione /frantumati del substrato arenaceo, assimilabili a materiale sciolto.
A profondità superiori, nell’ambito dell’intera fascia superficiale interessata dagli scavi per le nuove vasche, si fa riferimento a un litotipo arenaceo alterato, molto fratturato, come riscontrato nel sondaggio S1-2016 al disotto dei terreni di riporto.

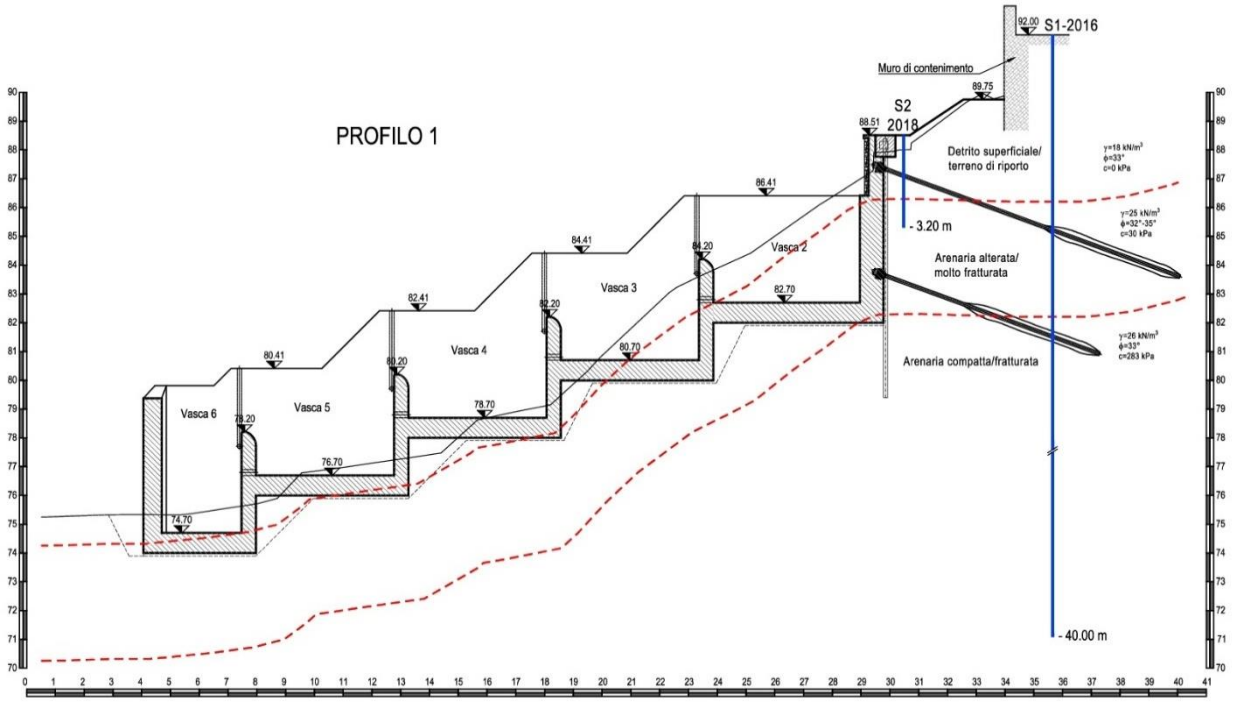


Figura 3.1: Profilo 1 - realizzato sul versante, in corrispondenza dell’asse delle vasche 3-5 in progetto.

Il substrato costituito da arenarie fratturate (come da caratterizzazione geomeccanica nella relazione 2016) è subaffiorante nella zona delle attuali vasche e immediatamente a valle, con minime coperture detritico colluviali.
Dal sondaggio S1 (inclinato 55°) a piede muro si è evidenziato come il muro stesso, lungo il profilo in esame sia fondato direttamente sulle arenarie fratturate, ma in cui sono presenti anche livelli meno cementati più francamente sabbiosi (perdita parziale carotaggio).
A partire dalla profondità di 5-5.5 m circa si è intercettata nel sondaggio S1 una bancata arenacea compatta, la cui continuità stratigrafica non può essere certa considerato il fondo foro a 6,5 m.
Nel profilo, in forma indicativa, si è riportato tale limite alla profondità in cui è riscontrato nel sondaggio, e con inclinazione pari alla superficie di stratificazione S0 indicata dal rilievo strutturale nella relazione geologica 2016, pressoché coincidente con l'inclinazione media del versante.

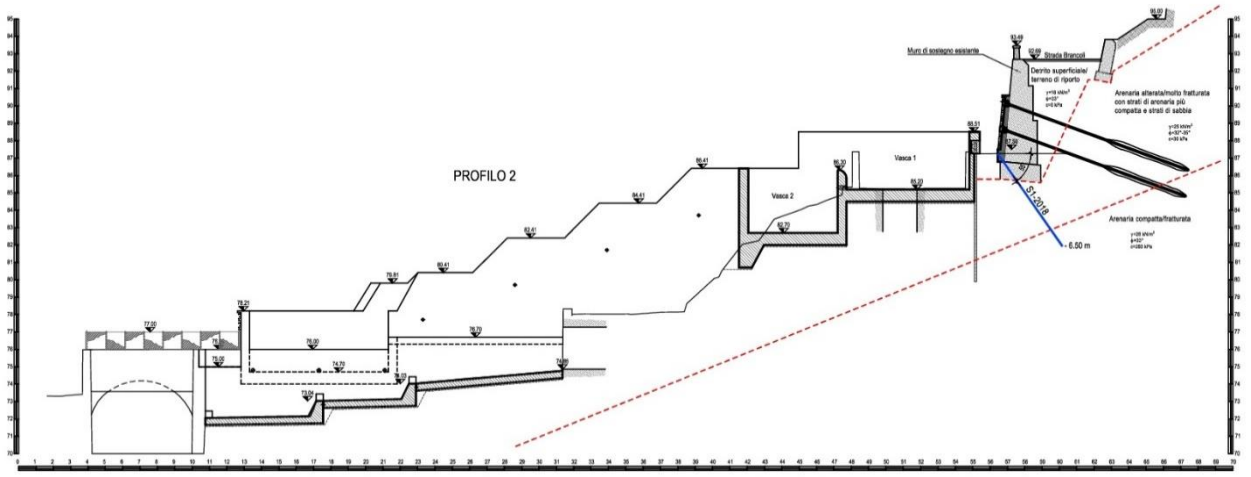


Figura 3.2: Profilo 2 - realizzato sul versante, in corrispondenza della mezzeria del muro di sostegno esistente (in asse alla galleria di by-pass).

Settore "centrale di Vinchiana"

A livello di inquadramento generale (Figura 3.3), il settore si localizza in una zona di contatto strutturale compressivo, nell'unità arenaceo-pelitica del "Macigno", Serie Toscana, lungo la fascia tettonizzata di contatto con le Unità del Dominio Ligure (flysch di Ortonovo). Tale elemento ha rilevanza nel determinare lo stato fisico di fratturazione dei litotipi.

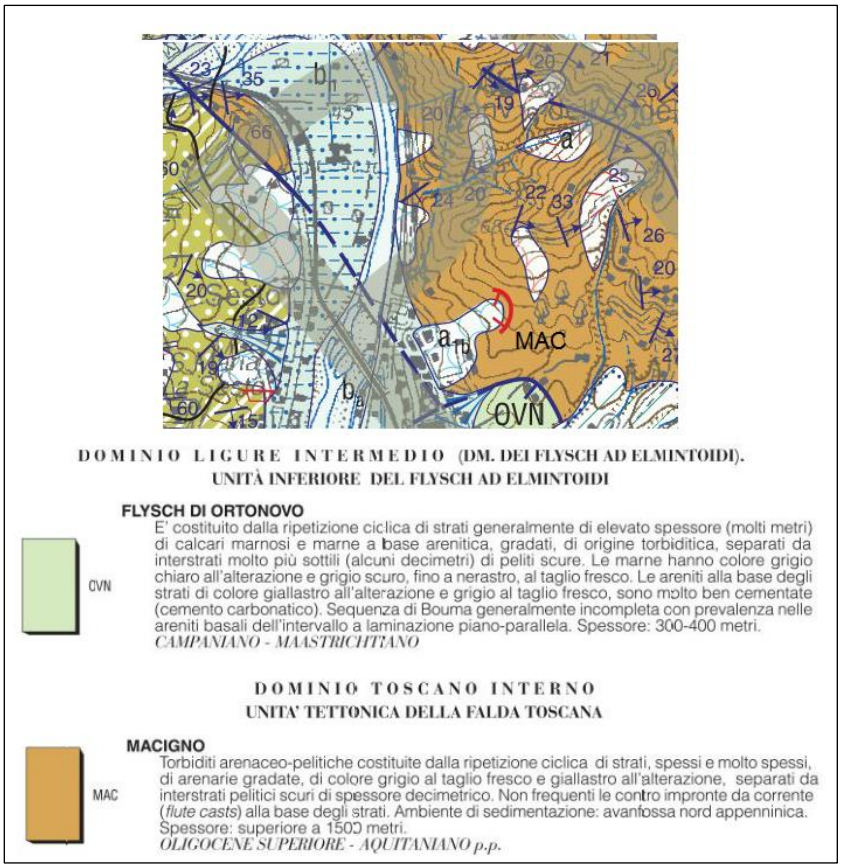


Figura 3.3: Quadro geologico da cartografia CARG – Il settore si localizza nell'unità arenaceo-pelitica del "Macigno", Serie Toscana, lungo la fascia tettonizzata di contatto con le Unità del Dominio Ligure (flysch di Ortonovo)

La caratterizzazione del settore in oggetto si basa su:
- osservazione e rilievi speditivi nel tratto di imbocco galleria esistente,
- sondaggio geognostico realizzato con carotatrice elettrica a partire dal locale cabina manovra paratoie.

Il fronte di scavo, si presenta prevalentemente stabilizzato con spritz-beton e non è possibile dunque effettuare un rilievo geomeccanico-strutturale completo. I piani di discontinuità osservabili, presentano una giacitura media circa 70°x20°, coerente con la giacitura della superficie litologica S0 rilevabile sugli affioramenti in area esterna. Sono inoltre individuabili almeno due ulteriori sistemi subverticali K1, K2, a spaziatura <0.5-1m, anche se la suddetta presenza di spritz beton, oltre all'impossibilità di accedere in sicurezza ai settori di fronte scavo invece non stabilizzati, non consente un rilievo sistematico e di maggior dettaglio delle discontinuità.
Sulla base dell'osservazione qualitativa dei settori affioranti, l'ammasso è stato classificato sulla base dell'indice GSI per la classe specifica (*"GSI for the hetereogeneous rock masse sas flysch"*, Hoek & Marinos, 2000).
Si valuta un GSI ≈ 25, compatibile anche con lo stato di fratturazione del litotipo nel sondaggio geognostico S3, che risulta RQD≈0 in particolare nel tratto di profondità corrispondente allo scavo in galleria.

3.2 Geotecnica

Terreni a valle della diga

Riguardo la parametrizzazione geotecnica dei materiali sono stati considerati rappresentativi i seguenti:

Detrito superficiale-terreno di riporto:
φ = 33° (valore cautelativo in detrito a matrice clastica grossolana);
c = 0
γ = 18-20 kN/m^3

Arenaria da compatta a mediamente fratturata:
Si è fatto riferimento ai parametri geomeccanici di ammasso ricavati nell'ambito della relazione geologica 2016, paragrafo 2.3.2, a cui si rimanda, per correlazione con il valore di RMR ricavato dalla classificazione secondo Bieniawski (RMR = 56) con stima dei parametri equivalenti di angolo di attrito, φ e coesione, c), attraverso le seguenti formule:
φ = 5+RMR/2 **c**=5 x RMR
da cui i valori di
φ (condizioni umide) = 33°
c (condizioni umide) = 283 KPa
γ = 18-20 kN/m^3

Arenaria molto fratturata:
Si è fatto riferimento, per massima cautelatività, a una coesione di ammasso significativamente ridotta, in funzione di un valore di RMR ≈ 6-8, caratteristica di condizioni geomeccaniche della classe V di Bieniawski, "Molto scadenti", da cui
c ≈ 30÷40 kPa
Come noto, l'applicazione delle formule per la correlazione tra RMR e φ conduce a valori di φ troppo bassi nel caso di ammassi nel campo inferiore dei valori di RMR (come per la classe V di qualità geomeccanica). Si è fatto dunque riferimento a valori dell'ordine di φ ≈ 32°-35°, ovvero non inferiori a valori cautelativi per il pezzame a spigoli vivi dell'ammasso eventualmente in condizioni frantumate.

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche, si esclude la presenza di falda permanente alle profondità di scavo e bulbo di fondazione delle opere, ma eventualmente la presenza discontinua di acqua di filtrazione.

Terreni nella zona della centrale

A partire dall'indice GSI secondo le usuali correlazioni con i parametri geomeccanici di ammasso, si stimano i seguenti:
GSI = 25
GSI = RMR_{base} – 5 = 20 (classe IV)
φ = 5 + RMR/2 = 15 [approssimiamo a 20°]
C = 5*RMR = 125 KPa
φ_{giunti} = 20°
Coesione giunti = 0
γ = 23 KN/m^3
E_d = 2 GPa

Roccia intatta
Modulo elastico roccia intatta Ei ≈ 10 GB
UCS ≈ 75 MPa

Falda

Riguardo alla valutazione delle condizioni idrogeologiche e livelli di falda, lo scavo esistente nell'attuale pozzo dove sarà collocata la valvola HB costituisce un riferimento piezometrico, in quanto risulta permanentemente allagato dalle acque di filtrazione, fino in media alla quota 36 m s.l.m. circa, ed è oggetto di saltuario svuotamento per verifiche e manutenzioni. La quota in oggetto è compatibile con la quota del livello normale di esercizio nell'attuale canale di scarico "inferiore" e con la quota di fondo alveo del F. Serchio, come da sezioni dello studio idraulico. Si assume dunque una quota di falda di riferimento cautelativamente più elevata, pari a 37-38 m s.l.m., ovvero 1-2 m più elevata rispetto alla suddetta quota piezometrica nello scavo esistente.

4. Idraulica

L'intervento di adeguamento alla rivalutazione della piena millenaria è stato definito nelle precedenti fasi progettuali, con progetto definitivo nel 2009 ed integrazione del 2010 e successivamente con una prima parte di progetto esecutivo nel 2016.

Le verifiche idrauliche effettuate concernono i calcoli idraulici della configurazione degli scarichi definita nelle fasi progettuali precedenti, effettuati da Enel, per l'adeguamento della capacità di scarico alla rivalutazione della piena millenaria (aumentata da 66 m^3/s a 106 m^3/s).

La capacità di scarico, in condizioni di piena risulta complessivamente suddivisa tra i diversi scarichi costituiti: dalla galleria di by-pass, dallo scarico di superficie, dallo scarico di fondo e dalla valvola dissipatrice di tipo Howell-Bunger installata nella centrale di Vinchiana.

Nel progetto costruttivo il dimensionamento dello scarico in centrale considererà la portata con tempo di ritorno pari a 500 anni, stimata complessivamente pari a 94 m^3/s; in tali condizioni, nel nuovo scarico da realizzare in centrale si prevede di esitare una portata di 30 m^3/s.

La verifica idraulica del nuovo sistema di vasche a valle dello scarico di superficie è stata eseguita nelle condizioni di massimo invaso, sia nell'ipotesi di buon funzionamento di tutti gli organi di scarico sia nell'ipotesi del mancato funzionamento della paratoia a ventola installata sullo scarico di superficie. I calcoli effettuati con queste condizioni confermano il buon funzionamento idraulico delle vasche.

Il calcolo effettuato per la portata massima di progetto mostra che, per i livelli d'acqua ottenuti, i muri delle vasche rispettano il franco bordo di 1.0 m. Questo franco bordo potrà essere anche lievemente inferiore localmente a causa di eventuali innalzamenti del piano d'acqua dovuti ai cambi di direzione del flusso nelle vasche.

La portata che giunge al piede della diga è in grado di fluire sotto il ponte della strada comunale di Brancoli nelle stesse condizioni della situazione attuale.

Per evitare/limitare il rischio di ostruzione dell'imbocco della galleria di by-pass e garantirne il suo funzionamento sono state previste delle soluzioni costruttive. La soluzione proposta è la realizzazione di una traversa per l'ostruzione meccanica del materiale galleggiante (legname) che permetta di tenere libero l'imbocco della galleria (briglia filtrante a pettine).

Il comportamento idraulico alla confluenza dei tre scarichi di piena è stato analizzato qualitativamente essendo un flusso tridimensionale molto complesso. Dall'analisi dei risultati dei calcoli idraulici e dallo studio del comportamento delle confluenze si può confermare il buon funzionamento della soluzione proposta. Rispetto ai calcoli ci potranno essere delle contenute variazioni locali del livello d'acqua lungo tutto il sistema di evacuazione delle piene dovuti ai cambi di direzione ed alle confluenze.

5. Opere a valle della diga

5.1 Paratia in micropali

La paratia di micropali viene realizzata al fine di permettere lo scavo per la costruzione delle nuove vasche costituenti lo scarico di superficie; planimetricamente viene posizionata a valle del muro di sostegno esistente della strada Brancoli, in posizione adiacente alle vasche 1 e 2 in progetto.

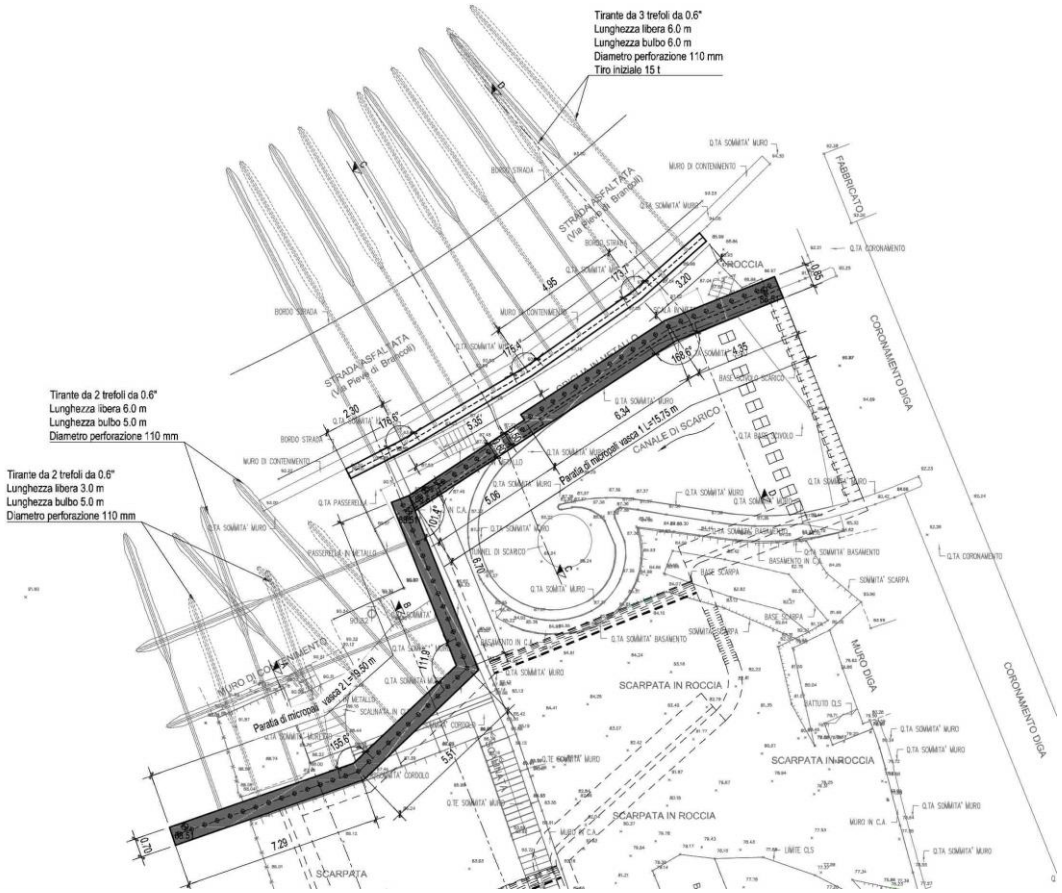


Figura 5.1: stralcio planimetrico della paratia di micropali

La paratia è costituita da micropali di lunghezza complessiva 8.0 e 9.0 m, posti in opera con un interasse di 50 cm, con armatura tubolare in acciaio tipo S355 di diametro Φ139.7 mm e spessore 10 mm, diametro di perforazione Φ200 mm, vincolata in testa da un cordolo in c.a. di sezione 50x75 cm. Tale paratia viene intirantata da due ordini di tiranti, costituiti da n°2 trefoli da 0.6", una lunghezza libera di 3.0 m e 6.0 m ed un bulbo di diametro Φ110 mm e lunghezza 5.0 m, con un interasse in pianta di 3.0 m, inclinati di circa 20° sull'orizzontale e vincolati su travi di ripartizione in acciaio 2xUPN 140.

5.2 Muro di sostegno della strada Brancoli – Interventi di consolidamento

Il muro di sostegno esistente è stato realizzato contestualmente alla diga di sbarramento nei primi anni '50, per sostenere la strada comunale di Brancoli che, essendo collocata in sponda sinistra in posizione adiacente all'alveo fluviale, doveva essere ricollocata in sponda destra per non interferire con la nuova opera e consentire il collegamento monte-valle dell'opera di sbarramento stessa.

Il muro esistente è a gravità, è realizzato in calcestruzzo con paramento esterno inclinato rispetto alla verticale (pendenza 1/10), rivestito in pietra locale e, nel tratto interessato dal consolidamento, ha un'altezza variabile da circa 5.5 m a 6.5 m.

Sebbene non siano disponibili disegni specifici relativi al tratto in esame, la geometria del muro esistente è desumibile dai disegni di progetto della strada, relativi al tratto immediatamente a monte della diga, disponibili presso Enel, dei quali si riportano nel seguito alcuni stralci.

Figura 5.2: stralcio planimetrico del progetto della strada Brancoli

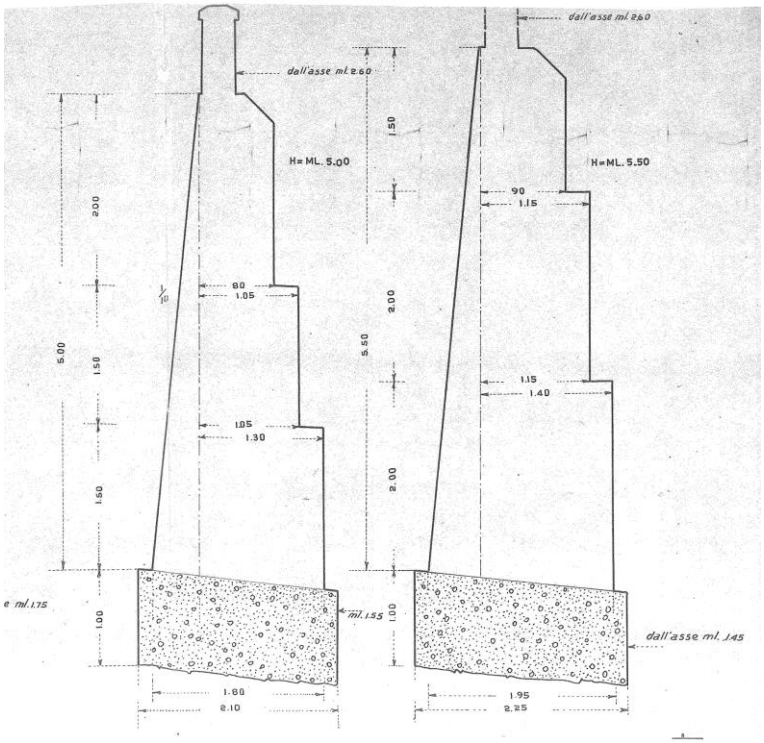


Figura 5.3: sezioni tipo del progetto dei muri di sostegno della strada Brancoli

Si evidenzia che non sono disponibili relazioni di calcolo dell'opera in oggetto, né sono noti i materiali con i quali è stata realizzata; a tale riguardo si può ipotizzare che, essendo stata realizzata contestualmente all'opera di sbarramento e alle vasche a valle della stessa, abbia materiali con caratteristiche analoghe; essendo un muro a gravità si ipotizza che non siano presenti armature.
Si riportano nel seguito alcune fotografie dell'opera nello stato attuale.

Figura 5.4: vista d'insieme del muro di sostegno della strada Brancoli

Figura 5.5: vista da valle del muro di sostegno della strada Brancoli

Figura 5.6: dettaglio del muro di sostegno della strada Brancoli

L'opera oggi si presenta generalmente in un buono stato conservativo, ma si riscontrano sul paramento due importanti segni di vulnerabilità dell'opera:

- Nel tratto centrale è visibile una fessura verticale lungo l'intero paramento del muro, che evidenzia una discontinuità strutturale a tutt'altezza;

- Nel tratto più a valle sono presenti alcune venute d'acqua a metà altezza del paramento, in corrispondenza di barbacani posti all'interno dell'opera di sostegno.

Tali elementi di fragilità e le incertezze sulla effettiva geometria e sui materiali costituenti l'opera di sostegno hanno determinato la necessità di prevedere un intervento di consolidamento dell'opera, volto a garantire le adeguate condizioni di sicurezza nelle diverse fasi di realizzazione delle vasche in c.a. previste in progetto, in particolare durante la realizzazione della paratia di micropali al piede del muro esistente e degli scavi a valle della stessa. Tale intervento consiste nella realizzazione di un placcaggio costituito da un sistema di tiranti, posti a due livelli, collegati da un graticcio di travi metalliche di ripartizione; contestualmente, al fine di evitare il ristagno di acqua a tergo dell'opera di sostegno, le venute d'acqua dei barbacani esistenti saranno convogliate all'esterno del nuovo paramento mediante l'inserimento di tubi in PVC.
Si precisa che l'intervento avrà un carattere definitivo oltre che provvisionale, al fine di garantire le condizioni di sicurezza del muro di sostegno per tutta la vita nominale delle opere in progetto; per tale motivo è previsto un riempimento in c.a. tra le travi, con rivestimento in pietra locale.

Più in dettaglio l'intervento è descritto nel seguito:

- **Placcaggio ed intirantatura del muro esistente** costituita da due ordini di tiranti posti rispettivamente ad una distanza dalla testa del muro di circa 2.67 m e 4.17 m, costituiti da n°3 trefoli da 0.6", una lunghezza libera di 6.0 m ed un bulbo di diametro Φ110 mm e lunghezza 6.0 m, con un interasse in pianta di 2.5 m, inclinati di circa 20° sull'orizzontale, con un precarico da 150 kN e vincolati su graticcio di travi di ripartizione orizzontali in acciaio 2xUPN 140 (orizzontali) e travi di ripartizione verticali IPE 140 con interasse 1.25 m. Si prevede in seguito di realizzare un rivestimento definitivo in c.a. di spessore 21 cm, collegato con bolzoni Φ12 mm e maglia 60x60 cm, ancorati per almeno 20 cm all'interno del muro esistente mediante ancoranti chimici.

Al fine di fornire un quadro completo, nella relazione di calcolo (elaborato A.3.1) vengono svolte le verifiche globali e strutturali del muro sia nelle condizioni attuali sia nelle condizioni di progetto; vengono inoltre svolte le verifiche di stabilità del pendio, in entrambe le condizioni.

5.3 Vasche in c.a.

Le vasche esistenti sono costituite da:

- Una vasca con scarico a chiocciola nella quale vengono convogliate le acque dello scarico di superficie per farle confluire nella galleria di by-pass, derivante dall'incile dell'invaso;
- Una serie di tre vasche poste a valle dello sbocco della galleria di by-pass, che consentono alle acque di confluire nel canale dello scarico di fondo della diga.

Le vasche esistenti sono state realizzate contestualmente alla diga di sbarramento nei primi anni '50. Sono realizzate in calcestruzzo con le seguenti caratteristiche:

- Vasca con scarico a chiocciola: dallo scarico di superficie, di larghezza pari a circa 8.0 m, la vasca si stringe fino ad una larghezza minima di circa 2.5 m per convogliare le acque nella chiocciola avente un foro di scarico di diametro pari a circa 2.0 m; la vasca ha una lunghezza complessiva di circa 15.8 m. In corrispondenza della chiocciola le pareti della vasca, di spessore pari a circa 37 cm, hanno un'altezza (dal fondo della vasca) di circa 2.1 m. Nel corso di recenti sopralluoghi le indagini speditive sclerometriche effettuate hanno rilevato resistenze medie dei calcestruzzi in opera pari a 45-50 N/mm^2 e le ricerche con pacometro hanno consentito di individuare sui muri della vasca delle armature, di diametro pari a 10-12 mm collocate con maglia 20 x 20 cm.
  In progetto è prevista la demolizione della vasca per consentire la realizzazione di una serie di nuove vasche in c.a. che consentono il collegamento dello scarico di superficie con le vasche a valle della galleria di by-pass, senza convogliare le acque nella galleria stessa.
- Vasche poste a valle dello sbocco della galleria di by-pass:

- la vasca immediatamente a valle dello sbocco della galleria di by-pass ha una larghezza variabile da 2.9 m a 7.8 m ed una lunghezza di circa 9.0 m; i muri laterali hanno un'altezza pari a circa 2.0 m
- le due vasche a valle hanno il fondo rispettivamente ad 1.0 m e a 2.0 m dal fondo della prima vasca e hanno una larghezza sostanzialmente costante pari a 8.0 m; la lunghezza complessiva delle due vasche è di circa 11 m Il muro in sinistra ha un andamento regolare, con la quota di testa che prosegue dalla prima vasca e presenta un salto di circa 50 cm in prossimità del salto tra la seconda e la terza vasca. Il muro in destra presenta la sovrapposizione di un muro realizzato in un secondo tempo per contenere il terreno e il camminamento a tergo dello stesso.

Le tre vasche presentano sul fondo dei blocchi e dei muretti di dissipazione.
Le analisi speditive sclerometriche hanno rilevato resistenze medie dei calcestruzzi in opera pari a 45-50 N/mm^2 con le seguenti disposizioni di armatura:

- nella parte inferiore delle vasche e delle pareti: le ricerche con pacometro non hanno rilevato armature;
- nel muro sovrastante il muro in destra: le ricerche con pacometro hanno rilevato armature di diametro pari a 10-12 mm collocate con maglia 20 x 20 cm.

Si evidenzia che non sono disponibili relazioni di calcolo dell'opera in oggetto. Si riportano nel seguito alcune fotografie dell'opera nello stato attuale.

Figura 5.7: vista d'insieme del sistema di vasche di scarico del by-pass

Figura 5.8: dettaglio della vasca a chiocciola dello scarico di superficie

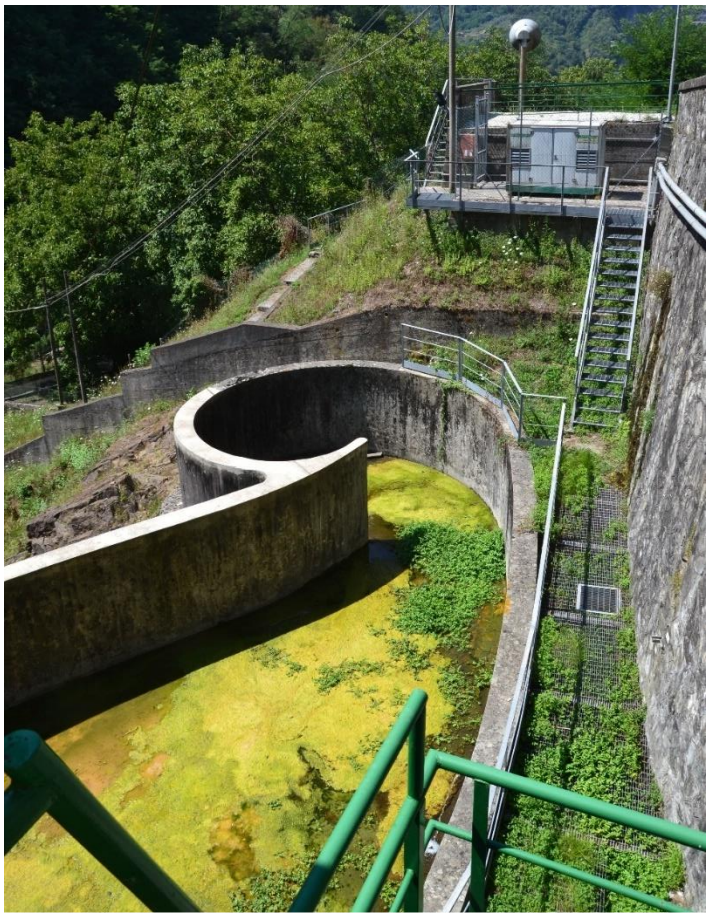


Figura 5.9: vista da monte della vasca a chiocciola dello scarico di superficie

Figura 5.10: vista da monte del sistema di vasche di scarico del by-pass

Viste le incertezze sulla consistenza delle opere esistenti e nell'ottica di rinnovare l'intero sistema di scarico della diga, allungando la vita utile dell'opera, si è scelto di realizzare delle nuove vasche in c.a., aventi la stessa geometria dell'intervento previsto nel progetto preliminare del 2009-2010.
Le vasche in c.a. di nuova realizzazione a valle della diga saranno le seguenti:

- **Vasche in c.a. – canale di scarico di superficie -** costituite da pareti in c.a. di spessore variabile da un minimo di 23 cm sino ad un massimo di 50 cm e di altezza variabile da un minimo di 3.7 m sino ad un massimo di 5.8 m, incastrate all'interno di una platea di fondazione di spessore 70 cm;

- **Vasche in c.a. – canale di scarico by-pass -** costituite da pareti in c.a. di spessore variabile da un minimo di 30 cm sino ad un massimo di 40 cm e di altezza variabile da un minimo di 2.0 m sino ad un massimo di 3.9 m, incastrate all'interno di una platea di fondazione di spessore 40 cm.

Sulla sommità dei muri in sinistra delle vasche a valle del by-pass, del muro esistente in sinistra del canale dello scarico di fondo e del muretto sul ponticello della strada Brancoli si prevede il posizionamento di una barriera per gli schizzi d'acqua, realizzata con lastre in PMMA tipo plexiglass.

5.4 Passerella in acciaio

Al fine di svolgere le attività di controllo e manutenzione nonché per effettuare le misurazioni meteo e delle perdite per le infiltrazioni dello sbarramento, è necessario garantire un percorso di accesso al piede a valle della diga di Vinchiana.

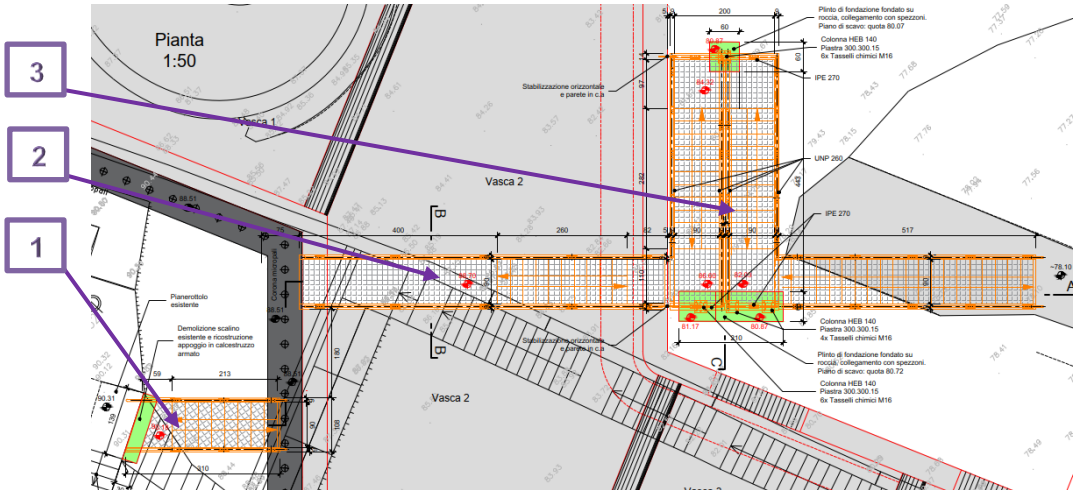


Figura 5.11: Pianta del percorso di accesso ai piedi della Diga Vinchiana

Tale percorso è costituito da una scala di accesso al cordolo dei micropali (1), una passerella sulle vasche del canale di scarico in superficie (2), una scala di accesso ai piedi della diga (3) e si ricollega alla scala metallica esistente accessibile dal piazzale a bordo della strada. Tutti gli elementi sono metallici e sono protetti da corrosione grazie a un bagno di zincatura a caldo.

Le travi portanti delle scale e della passerella sono formate da profili laminati a caldo di tipo UNP 260. Essi permettono una semplice posa di scalini metallici prefabbricati e di grigliati pedonali, consentono la formazione automatica del fermapiede e oltretutto dispongono di una buona inerzia flessionale. Gli scalini e le griglie metalliche sono dimensionati per un carico utile dinamico per edifici pubblici di 6 kN/m^2, che simula una concentrazione di persone sui grigliati.

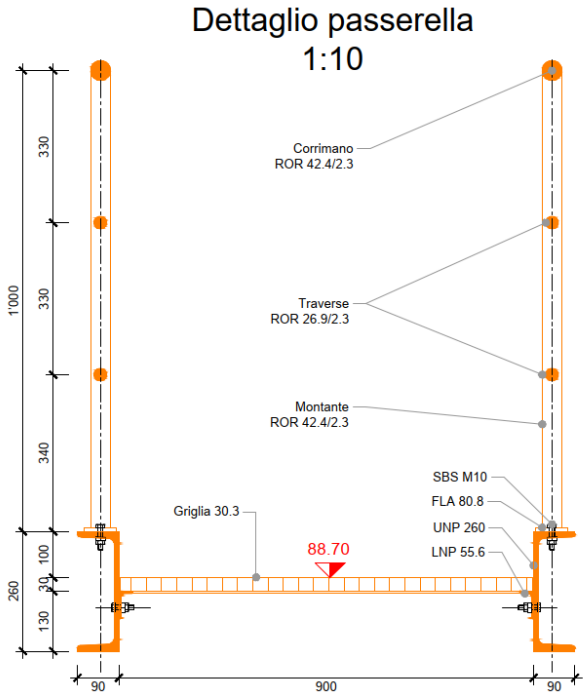


Figura 5.12: Sezione di dettaglio della passerella metallica sulle vasche

La larghezza utile del percorso pedonale è di 90 centimetri. Ogni suo lato è protetto da un parapetto formato da corrimano, una o due traverse longitudinali e da montanti verticali. Tutti i suoi elementi sono formati da profili rotondi tipo ROR.

Per le scale di accesso 1 e 2 le fondazioni sono in calcestruzzo, costituite da plinti fondati su un piano orizzontale scavato nello strato roccioso, al quale dovranno essere ancorati tramite spinotti, formati da barre d'armatura, collegati con ancorante chimico.

5.5 Fasi esecutive delle opere a valle della diga

Le opere a valle della diga saranno realizzate con le seguenti macro-fasi esecutive:

Fase 1 – tale fase è contemporanea ai lavori a monte dell'imbocco di by-pass, durante i quali la galleria di bypass viene messa fuori servizio e le acque del torrente Vinchiana vengono deviate direttamente nell'invaso, limitandone il livello idrico a quota 89.50 m s.l.m.:

- Consolidamento del muro esistente di sostegno della strada Brancoli:
  - Preparazione dell'area di cantiere e parzializzazione del traffico sulla strada Brancoli;
  - Rimozione delle scale metalliche, passerelle, griglie esistenti adiacenti alla vasca 1 e all'area di parcheggio esistente;
  - Scavi e realizzazione dei tiranti, con posa in opera del graticcio di travi metalliche;
- Vasca 1 - Realizzazione micropali;
- Lavori di realizzazione delle vasche in c.a. a valle della galleria di by-pass;

Fase 2 – tale fase è contemporanea ai lavori sul paramento di monte della diga, durante i quali è previsto lo svaso totale:

- Realizzazione dei micropali della vasca 2;
- Nuove vasche 4-5-6: demolizioni, scavi, armatura e getto;
- Nuova vasca 3: demolizioni, scavi, armatura e getto;
- Nuove vasche 2 e 1: demolizioni, scavi, armatura e getto;
- Realizzazione del muro in c.a. e del rivestimento in pietra del muro di sostegno della strada di Brancoli.

Si precisa che la sola realizzazione delle nuove vasche 1 e 2 necessita lo svaso totale, mentre per tutte le altre attività, in caso di necessità, lo scarico di superficie può essere utilizzabile sfruttando l'attuale vasca a chiocciola e il relativo scarico nella galleria di by-pass.

Fase 3 – Opere di completamento e di finitura:

- Realizzazione della passerella in acciaio e posa delle lastre in PMMA tipo plexiglass;
- Sistemazione delle aree di cantiere.

5.6 Nuovo comando della paratoia a ventola

Lo scarico di superficie, posto in prossimità della spalla destra dello sbarramento, è regolato da una paratoia a ventola autolivellante, che si aziona automaticamente per sola spinta idraulica, al superamento della quota massima di regolazione, pari a 90.85 m s.l.m., tramite un sistema a contrappeso: il cinematismo autolivellante attualmente funzionante è composto da un contrappeso, costituito da una trave metallica riempita di calcestruzzo che, mediante funi in acciaio su pulegge ancorate alle strutture portanti della diga, permette il movimento della paratoia in funzione del carico idrostatico.

La paratoia in oggetto è realizzata con uno scudo di lamiera che presenta sulla sommità una travatura orizzontale alle cui estremità si impegnano le "orecchie" di ancoraggio cui sono fissate le funi in acciaio di rinvio con il contrappeso. In posizione intermedia vi è una travatura orizzontale realizzata con profilo H 300 ed una serie di nervature verticali che terminano in basso sui 5 snodi di fissaggio ancorati nel manufatto della diga e sui quali ruota lo scudo in essere. La paratoia risulta posizionata nella condizione di riposo (paratoia chiusa) con l'asse posizionato con un angolo pari a 60° rispetto il pelo libero del bacino di ritenuta.

Si riepilogano nel seguito le principali dimensioni e le caratteristiche della paratoia a ventola e della luce di scarico:

- larghezza della luce: 8.0 m
- lunghezza del mantello: 1150 mm
- spessore del mantello: circa 8 mm
- inclinazione del mantello rispetto all'orizzontale (paratoia sollevata): circa 60°
- dispositivi di rotazioni muniti di boccole
- tenute laterali in neoprene
- controtenute laterali in acciaio
- tenuta inferiore in neoprene

Gli elementi costituenti la paratoia si presentano mediamente in buone condizioni ma, al fine di garantire l'adeguata durabilità del sistema, si rendono necessari alcuni interventi di manutenzione:

- Sostituzione delle guarnizioni laterali della paratoia;
- Sostituzione della guarnizione di fondo della paratoia;
- Sostituzione delle funi di ancoraggio della paratoia e del contrappeso;
- Manutenzione dei cardini inferiori della paratoia (pulizia, lubrificazione);
- Manutenzione dei supporti delle pulegge di rinvio (pulizia, lubrificazione);
- Manutenzione superficiale della paratoia ed accessori connessi (pulizia, verniciatura);

Le attività manutentive sopra elencate derivano da una valutazione delle condizioni generali della paratoia; durante i lavori e le attività di smontaggio della paratoia sarà necessario verificare con maggior dettaglio ogni componente della paratoia stessa e valutare la necessità di ulteriori manutenzioni e/o sostituzioni, al fine di garantire gli adeguati standard di sicurezza e durabilità delle opere

La movimentazione della paratoia attualmente è garantita anche da due paranchi a comando manuale della capacità di 5 t cadauno, posizionati sulla travatura superiore esistente realizzata in HEA 140; detti accessori vengono impiegati attualmente per permettere il sollevamento manuale del contrappeso di contrasto e quindi attuare efficacemente l'abbattimento della paratoia.

È previsto in progetto un intervento di sostituzione di tale sistema manuale con un "nuovo sistema di comando volontario" atto alla movimentazione della paratoia esistente in apertura, indipendente-

mente dal livello del bacino di ritenuta; tale sistema consiste nell'inserimento di 2 attuatori oleodinamici, da posizionare su apposita trave di ancoraggio, in sostituzione degli attuali provvisori paranchi di sollevamento del contrappeso esistente.

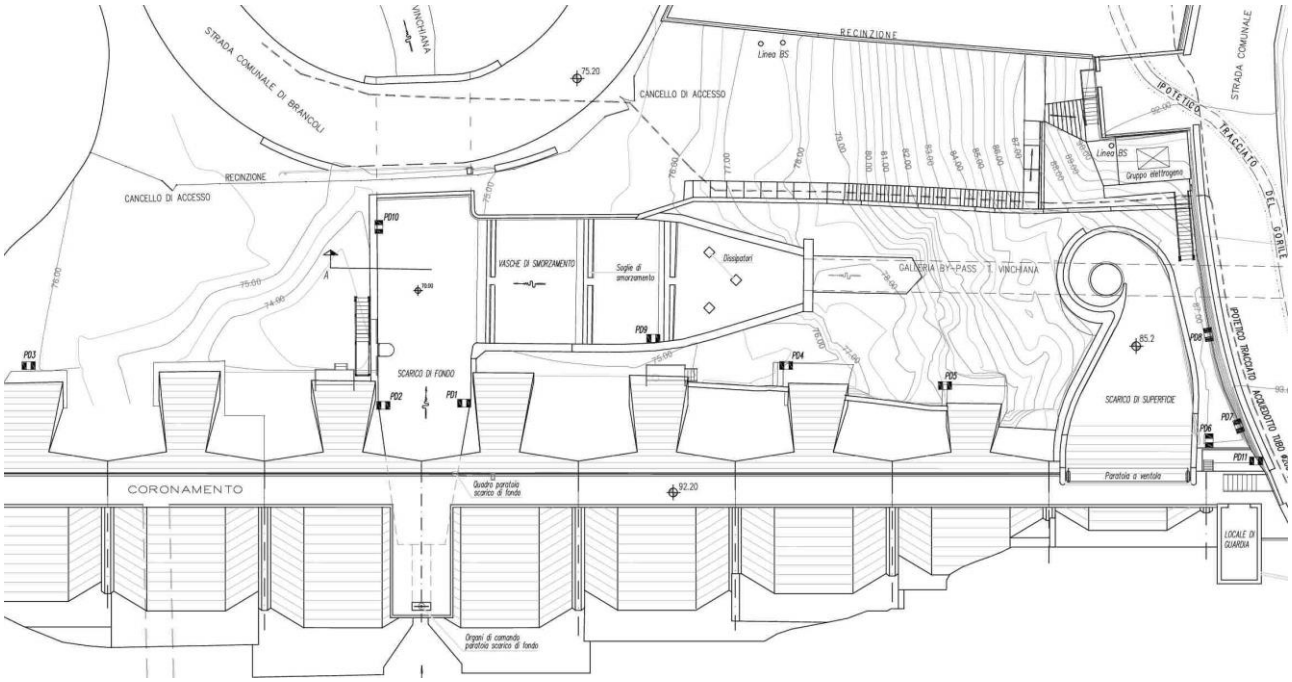
Il sistema proposto non ostacola in nessun modo il funzionamento automatico autolivellante della paratoia, bensì permette, a seconda delle necessità di esercizio, l'abbattimento totale a comando della stessa provocandone l'apertura completa. I lavori previsti sono i seguenti:

- Sostituzione della trave superiore di ancoraggio dei paranchi, con nuovo "portale" dimensionato per l'applicazione dei sistemi di sollevamento volontario del contrappeso;
- Installazione di nuovi cilindri oleodinamici con glifo sul portale di sostegno superiore;
- Installazione sul contrappeso di nuovi montanti per l'interconnessione con i glifi dei cilindri di movimentazione;
- Installazione della nuova centralina oleodinamica dedicata alla movimentazione dei cilindri oleodinamici;
- Cablaggio oleoidraulico ed elettrico della nuova sensoristica installata;
- Installazione dei sensori di posizione dei cilindri oleodinamici;
- Installazione dei sensori di posizione delle pulegge esistenti (controllo della posizione di apertura della paratoia).

Al fine di incrementare il livello di sicurezza della paratoia, è previsto infine che la movimentazione del contrappeso sia attivata automaticamente nel caso che nell'invaso venga raggiunto un determinato livello idrico (quota 92.0 m s.l.m.), grazie ad un galleggiante che sarà posto nell'invaso stesso, in posizione adiacente al paramento dello sbarramento.

5.7 Nuove postazioni di misura delle perdite

La misura delle perdite allo stato attuale viene effettuato mediante 11 punti di misura ubicati a valle della diga, come indicato nella figura seguente.



La maggior parte dei punti di misura non sono interessati dai lavori e resteranno in funzione per tutto il periodo transitorio dei lavori e ad opere ultimate.

Alcuni di essi invece interferiscono con le nuove opere e la loro funzionalità dovrà essere garantita sia nel corso dei lavori che ad opere ultimate. In particolare i punti interferenti con le nuove opere sono i seguenti:

- PD6: è collocato in corrispondenza del cordolo della nuova paratia di micropali della vasca 1; a fine lavori la sua posizione dovrà essere leggermente spostata verso il muro di sostegno della strada Brancoli, prolungando i collegamenti dell'attuale punto di misura e realizzando un nuovo pozzetto;
- PD7 e PD8: sono collocati al piede del muro esistente di sostegno della strada Brancoli; a fine lavori la loro posizione rimarrà sostanzialmente la stessa, ma in corrispondenza del cordolo di fondazione dell'opera di consolidamento dovranno essere predisposte tubazioni di collegamento e pozzetti specifici, atti a consentire la misura;
- PD9: è collocato in corrispondenza della seconda vasca a valle dello sbocco della galleria di by-pass; tale punto dovrà essere ricollocato al piede della diga, in corrispondenza del contrafforte esistente adiacente all'attuale posizione del punto di misura, realizzando un nuovo pozzetto.

6. Interventi a monte della diga

6.1 Barriera frangionde

Il calcolo idraulico ha mostrato che il franco netto attuale è insufficiente, ai sensi delle NTD2014, e il coronamento della diga dovrà essere innalzato di 40 cm. Si prevede di realizzare una barriera frangionde predisponendo lungo il lato di monte del coronamento un muretto di calcestruzzo armato con un'altezza di 40 cm. Il muretto viene interrotto nella zona di accesso alla zona di manovra della paratoia dello scarico di fondo. Lungo il bordo della piattaforma della zona di manovra dello scarico di fondo si prevede, invece, di realizzare la barriera frangionde mediante una lamiera di acciaio inox avente un'altezza anch'essa di 40 cm. Tale scelta progettuale è dovuta allo spessore della soletta della piattaforma della zona di manovra, insufficiente a riprendere il peso del muretto e permettere il collegamento strutturale con la stessa.

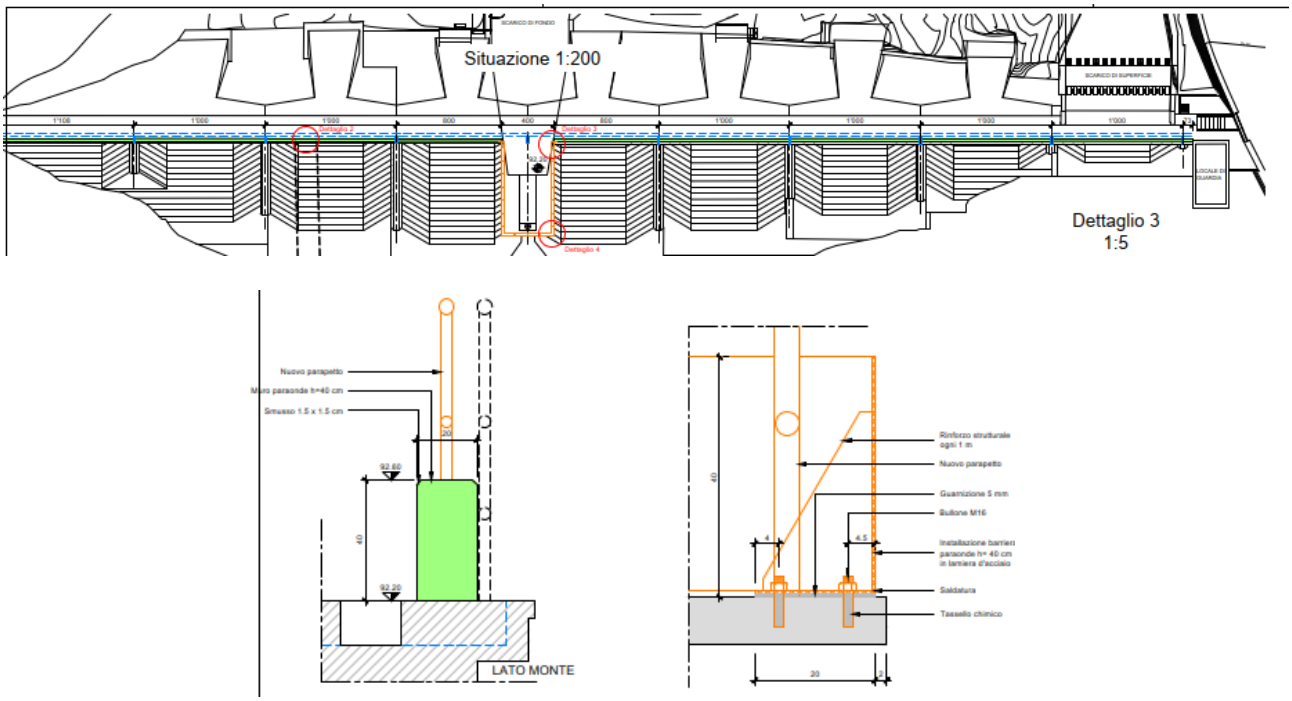


Figura 6.1: muro frangionde lungo il coronamento della diga (sopra situazione e sotto la sezione e il dettaglio di fissaggio)

6.2 Interventi sul paramento di monte

Si devono prevedere dei lavori di manutenzione del paramento di monte e della zona di contatto con le travi coprigiunto. Nelle zone in cui l'intonaco del paramento di monte presenta dei distacchi, delle spaccature e/o del degrado sarà effettuato un intervento di ripristino localizzato consistente in:

- demolizione e scarifica dell'intonaco degradato o in fase di distacco;
- pulizia della superficie del calcestruzzo;
- posa dello spessore di intonaco in malta tixotropica a ritiro compensato.

Inoltre, poiché dall'osservazione delle fasce di paramento periodicamente emerse è stata riscontrata la presenza di ammaloramenti e distacchi in prossimità del contatto con le travi coprigiunto, nonché degrado delle travi stesse, si procederà anche ad una loro manutenzione.

Per il ripristino dell'intonaco in prossimità della trave coprigiunto e per una migliore protezione di questo contatto si prevede di effettuare il seguente intervento:

- demolizione del calcestruzzo degradato o in fase di distacco al contatto con la trave coprigiunto;
- pulizia del bitume deteriorato presente;
- perforazioni per ancoraggio di ganci di armatura;
- posa di barra di diametro 12 mm longitudinalmente lungo l'intera altezza del giunto;
- posa di ganci di armatura di diametro 8/25 mm ancorati con resina chimica;
- riempimento con malta o betoncino antiritiro per ripristino in spessore, previa interposizione con la trave coprigiunto di uno spessore di polistirolo;
- rifacimento dell'intonaco;
- realizzazione in opera di una geo-membrana liquida armata con tessuto non tessuto, a creare un ulteriore rivestimento impermeabilizzante di pochi mm di spessore per una fascia di circa 2 m a cavallo della trave coprigiunto.

Per l'esecuzione di queste lavorazioni sarà necessario predisporre dei ponteggi per tutto lo sviluppo in altezza dei giunti ed il bacino dovrà essere in condizione di svaso totale.

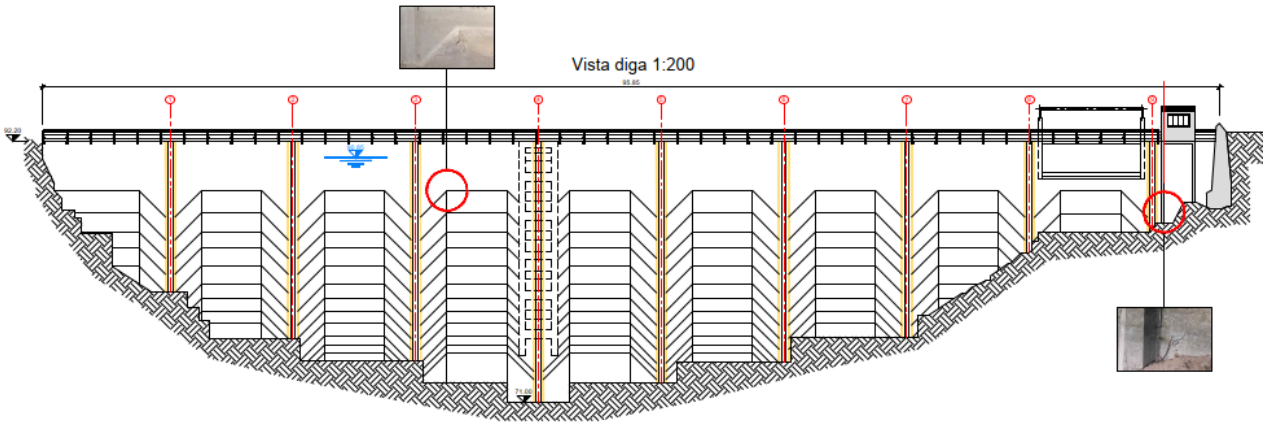


Figura 6.2: vista di monte del paramento della diga con la posizione dei giunti da ripristinare

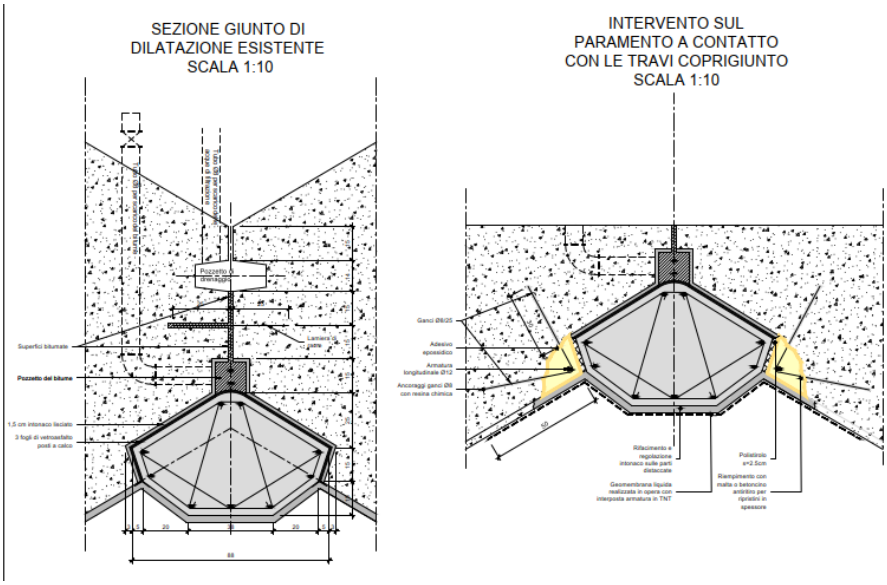


Figura 6.3: dettaglio del ripristino dei giunti dei giunti da ripristinare

6.3 Paratoia dello scarico di fondo

L'intervento sulla paratoia dello scarico di fondo e degli annessi componenti di sollevamento è un intervento manutentivo e di miglioramento della stessa.

L'intervento prevede due fasi manutentive, una in officina e una in sito. Dopo lo smontaggio della paratoia e dei suoi componenti, si valuterà lo stato del manufatto attraverso l'esecuzione di prove non distruttive, a queste indagini seguiranno i rilievi geometrici necessari per una corretta esecuzione dei piani di dettaglio e dei lavori in officina e in sito.

Gli elementi principali che compongono la paratoia dello scarico di fondo sono:

1. Parti meccaniche fisse
    - Telaio di battuta della paratoia (gargami, soglia e battuta superiore)
    - Piastre guida dell'asta di comando
    - Telaio in acciaio di appoggio del motore elettrico
    - Basamento in calcestruzzo
2. Parti meccaniche mobili
    - Paratoia
    - Asta di comando della paratoia (parte liscia e giunti aste)
    - Vite di manovra e riduttore (accoppiamento del motore elettrico con vite di manovra)
    - Giunti (accoppiamenti tra aste)
3. Parti elettriche
    - Servomotore elettrico di sollevamento
    - Quadro di comando
    - Cavi elettrici
4. Minuterie
    - Viti di fissaggio

Figura 6.4: vista d'insieme dello scarico di fondo e dettaglio della paratoia

Figura 6.5: Dettaglio dell'ancoraggio dell'asta di comando e vite di manovra

Le parti meccaniche fisse dovranno essere sabbiate in sito e verranno sottoposte a controlli non distruttivi dove necessario.

Sulle guide e le battute superiore e inferiore, verranno saldate delle lamine di acciaio inox AISI 316 cioè X5CrNi 17 12 secondo UNI EN 10027-2.

Le piastre guida dell'asta di comando verranno sabbiate e sarà realizzata una nuova protezione anticorrosiva; tali piastre risultano in parte annegate nel getto di c.a. e quindi dovrebbero essere prive di viti di fissaggio. In caso di presenza di viti di fissaggio, queste verranno sostituite.

Figura 6.6: Dettaglio della posizione di comando (locale), telaio in acciaio e zoccolo in c.a.

Il telaio in acciaio dove appoggia il motore elettrico verrà smontato, portato in officina, sabbiato (Sa 2 ½) e riverniciato.

Per il basamento in calcestruzzo sono previste delle prove (visive e non distruttive) per verificare e comprovare la sua idoneità, altrimenti dovrà essere riparato o ricostruito.

La paratoia verrà smontata e trasportata in officina, sabbiata, rilevata e modificata per l'inserimento di guarnizioni in bronzo con cilindretti di materiale plastico (PTFE-Poliammide) autolubrificante, tali guarnizioni metalliche autolubrificanti garantiranno la tenuta laterale e ridurranno gli attriti dovuti allo scorrimento sulla parte fissa.

L'asta di comando della paratoia (parte liscia dell'asta) verrà smontata e portata in officina per i controlli non distruttivi. Se necessario verranno effettuate delle riparazioni (saldature in caso di mancanza di materiale dovuto a corrosione); a queste seguirà la sabbiatura (SA 2 ½) e la nuova protezione alla corrosione.

La vite senza fine ed il riduttore con il motore elettrico verranno portati in officina, puliti e sottoposti a controlli non distruttivi; a seconda del loro stato di usura potranno essere sostituiti.

La potenza del motore elettrico esistente è di 4 kW; tale motore, con il relativo ingranaggio, è in grado di generare una forza di trazione di circa 180 kN. Con i nuovi gargami la forza di attrito sarà inferiore a quella attuale, mentre il peso della paratoia rimarrà invariato; dai calcoli effettuati risulta che per movimentare la paratoia è necessaria una forza di trazione di circa 120 kN, inferiore alla forza che il motore e l'ingranaggio sono in grado di generare. Di conseguenza, la potenza del motore sarà adeguata con un margine di riserva sufficiente.

Il quadro elettrico di comando ed i relativi cavi elettrici dovranno essere sostituiti. Le viti di fissaggio saranno sostituite con viti in inox.

6.4 Accesso alla galleria di derivazione

L'imbocco della galleria di derivazione è collocato in corrispondenza di un torrino costituito da pilastri in c.a. e pareti in griglie metalliche, chiuse su tutti i lati. L'intervento ha lo scopo di realizzare un nuovo accesso alla galleria utilizzabile nel corso delle operazioni di svaso.

Dopo avere tagliato e rimosso il grigliato esistente in corrispondenza della nuova opera di accesso, verrà collocato un telaio metallico, sul quale verrà installato un nuovo grigliato, fissato mediante bulloni M16, in modo che sia rimovibile all'occorrenza.

6.5 Manutenzione della galleria Borgo-Vinchiana

Lo stato attuale della galleria da Borgo a Vinchiana è stato desunto dal rapporto di ispezione fornito dal Committente; mediamente si riscontrano le seguenti tipologie di ammaloramenti:

- Venute d'acqua dalle pareti laterali e dalla calotta, in corrispondenza di fessure, lesioni circolari e/o longitudinali, riprese di getto;
- Splaccature del rivestimento
- Erosioni del rivestimento e in platea

In linea di principio gli interventi previsti riguardano preliminarmente la rimozione del fango presente in galleria e la pulizia da detriti o altri elementi di ostacolo al flusso, e successivamente la riparazione degli elementi ammalorati, mediante le seguenti lavorazioni:

- Taglio e pulizia degli elementi in calcestruzzo
- Inserimento di tubo di scarico per le venute d'acqua
- Realizzazione di un primo strato di spritz beton
- Sigillatura perimetrale con malta impermeabile
- Inserimento di un ancoraggio metallico in roccia
- Posa di rete elettrosaldata
- Chiusura con secondo strato di spritz beton

La tipologia specifica dell'intervento e la relativa estensione, per la sistemazione dei diversi ammaloramenti presenti lungo la galleria, saranno definiti con l'impresa nel corso di sopralluoghi preliminari con il Committente e la DL.

7. Interventi ed opere nella zona di imbocco del by-pass

7.1 Imbocco del by-pass

La nuova costruzione dell'imbocco della galleria di by-pass è costituita interamente in calcestruzzo armato e la quota superiore del manufatto corrisponde circa alla quota di piena dell'acqua a monte del ponticello della strada comunale di Brancoli.

La sua forma idrodinamica è stata scelta in modo da permettere un corretto afflusso dell'acqua all'interno della galleria, quando la quota dell'acqua raggiunge la quota del manufatto. Per garantire un deflusso a pelo libero dell'acqua all'interno della galleria è presente un tubo aeroforo di diametro pari a circa 300 mm in acciaio zincato a caldo.

Figura 7.1: situazione esistente con paratoia e assonometria del nuovo manufatto di imbocco

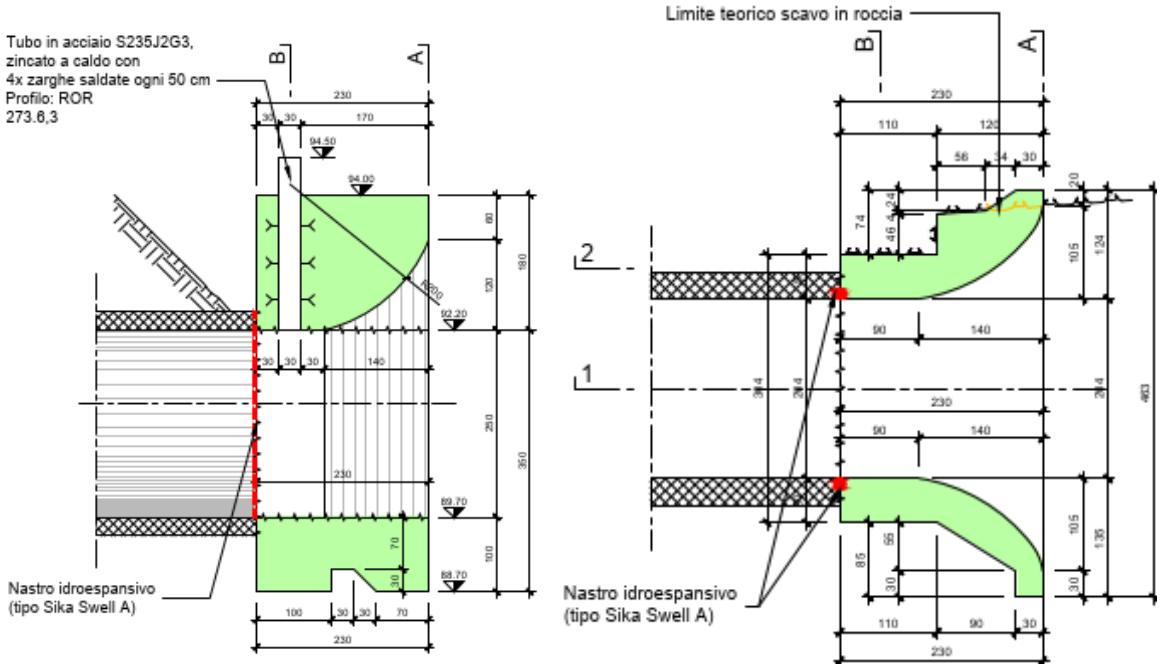


Figura 7.2: sezione verticale e orizzontale nel nuovo manufatto

Per la costruzione del nuovo imbocco occorre demolire la paratoia esistente e la parte iniziale della galleria. La nuova costruzione sarà saldamente fondata sul suolo roccioso sia in platea che sulle pareti, e verrà ancorata allo stesso con degli spinotti formati da barre di acciaio d'armatura e ancoranti chimici. Non è previsto il ripristino della paratoia esistente all'imbocco della galleria e non viene realizzato il relativo sentiero di accesso in quanto, in base all'esperienza di lavori pregressi, per le attività manutentive all'interno della galleria di by-pass risulta più sicuro e più funzionale realizzare una tura a monte dell'imbocco e deviare temporaneamente il torrente nell'invaso mediante tubazioni provvisorie.

7.2 Briglia a pettine

La briglia a pettine ha lo scopo di evitare che la galleria di by-pass venga otturata da materiale solido di grandi dimensioni come per esempio tronchi di alberi, trasporto caratteristico soprattutto di piene di grande intensità.

La briglia è costituita da una fondazione continua a più livelli e di larghezza variabile, nella quale vengono incastrati dei pali metallici verticali. Essi raggiungono la quota di 94.50 m s.l.m., cioè 50 cm più alti rispetto alla quota della massima piena, così da bloccare il materiale solido che viene trasportato in superficie.

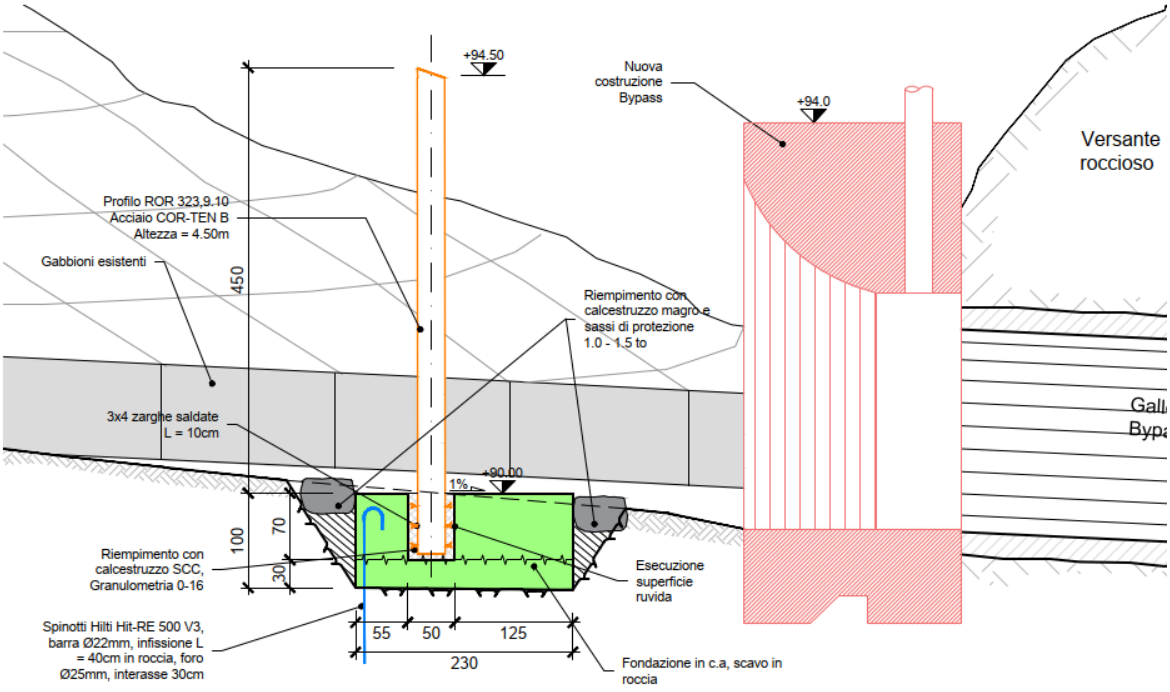


Figura 7.3: sezione verticale della briglia a pettine in asse alla galleria By-Pass

Essa è posizionata di fronte al nuovo manufatto d'entrata alla galleria, in obliquo, così che eventuale materiale solido bloccatosi davanti possa, grazie alla corrente di piena, scivolare a fianco. Si è scelto di utilizzare dei profili tubolari ROR di diametro circa 300 mm in materiale acciaio COR-TEN B, caratterizzato da alte resistenze alla corrosione.

Le fondazioni che sostengono i pali della briglia sono in calcestruzzo armato e vengono gettate previo scavo in roccia sotto il letto del fiume, così da non generare sporgenze nell'alveo del fiume stesso. Esse vengono ancorate con degli spinotti costituiti da barre d'armatura. Il bicchiere di incasso dei pali deve essere gettato con superfici ruvide e l'intercapedine tra palo e fondazione sarà riempito con calcestruzzo autocompattante o malte a ritiro compensato.

7.3 Interventi di sistemazione e protezione delle sponde e dell'alveo

Il tratto terminale del torrente Vinchiana, immediatamente a monte dell'imbocco della galleria di by-pass, costituisce la zona ove le portate di piena del torrente si diramano nelle due direzioni by-pass/bacino di Vinchiana. L'alveo del torrente in questa zona, così come le sponde, presenta un fondo roccioso, con affioramento di pacchi anche di elevate dimensioni, come evidenziato nelle seguenti immagini.

Figura 7.4: affioramenti dello strato roccioso a monte dell'imbocco della galleria di by-pass

In corrispondenza della diramazione, l'alveo attualmente è sistemato in sponda sinistra con una serie di gabbioni metallici riempiti con pietrame, il cui estradosso si posiziona ad una quota di circa 91.00 m s.l.m., al di sopra della quale la sponda è costituita da terreno di riporto vegetato, ben costipato, presumibilmente messo in posto con la costruzione della strada Brancoli. L'accesso all'alveo dalla strada Brancoli attualmente è costituito, nella parte superiore del paramento del rilevato, da una gradinata in terra con alzate in legno e da una traccia di sentiero in terra nella parte inferiore del rilevato stesso.

Figura 7.5: alveo del torrente Vinchiana a monte dell'imbocco del by-pass e gradinata in legno esistente

Sulla base di tali considerazioni non si ravvisa la necessità di realizzare la protezione dell'alveo roccioso (es. con una scogliera cementata da delimitarsi alle estremità da soglie di fondo), ma si ritiene opportuno proteggere la sponda sinistra con una mantellata di materassi in pietrame tipo Reno.

Preliminarmente ai lavori di sistemazione dell'alveo sarà necessario effettuare le seguenti lavorazioni:

- Pulizia e regolarizzazione dell'alveo dai detriti e dalle alluvioni presenti;
- Pulizia e regolarizzazione del piano a quota 91.00 m s.l.m. di deflusso verso lo sfioratore;

- Rimozione della vegetazione arbustiva presente sulle sponde fino ad una quota di 95 m s.l.m.

Al fine di consentire le lavorazioni previste in progetto nel canale di by-pass e a valle dello stesso, è necessario realizzare una tura a monte dell'area allo scopo di poter deviare, in condizioni di deflusso ordinario del corso d'acqua, le portate del torrente direttamente nel bacino, tramite un'apposita tubazione in polietilene corrugato, di diametro interno Ø 600 mm.

Tale tura sarà realizzata con materiale inerte derivante dagli scavi adeguatamente compattato e sarà tracimabile dalle piene in modo da non costituire ostacolo al naturale deflusso delle portate di piena transitanti in alveo; avrà una sezione trasversale trapezia, con la larghezza minima del piano superiore pari a 1.0 m e con scarpate di pendenza pari a 1 / 1 (H / V), se compatibile con il materiale inerte utilizzato, o con pendenza inferiore.

Si precisa che la tura in alveo ha un carattere provvisionale e a lavori ultimati sarà rimossa, unitamente alla tubazione provvisoria, in modo da risistemare il terreno secondo la configurazione finale di progetto.

La sistemazione definitiva della sponda sinistra dell'alveo sarà costituita dai seguenti elementi:

- Sistemazione superficiale del paramento del rilevato stradale con materassi in pietrame tipo Reno, di spessore pari a 30 cm;
- Posa in opera di gabbioni in rete metallica e pietrame, alla base del quarto di cono, dai gabbioni esistenti fino alla spalla del ponticello della strada Brancoli;
- Realizzazione di un nuovo accesso all'alveo dalla strada Brancoli, costituito da una gradinata in terra con alzate in legno, provvisto di parapetto in legno. La nuova scalinata avrà la stessa posizione planimetrica dell'attuale, con prolungamento fino alla base del rilevato stradale.

7.4 Interventi nella galleria di by-pass

In esito all'ispezione della galleria by-pass avvenuta nell'autunno del 2018, si è potuto constatare il più che buono stato di conservazione del manufatto, anche grazie ad Enel, che nel 2017 ha eseguito un risanamento importante della platea.

Considerando il buono stato generale della galleria di by-pass, si ritiene che la staticità del manufatto sia garantita; i possibili interventi all'interno della galleria sarebbero solo di natura superficiale e non di carattere strutturale (ripristino di alcuni danneggiamenti puntuali) e verranno eseguiti da Enel prima dell'inizio dei lavori.

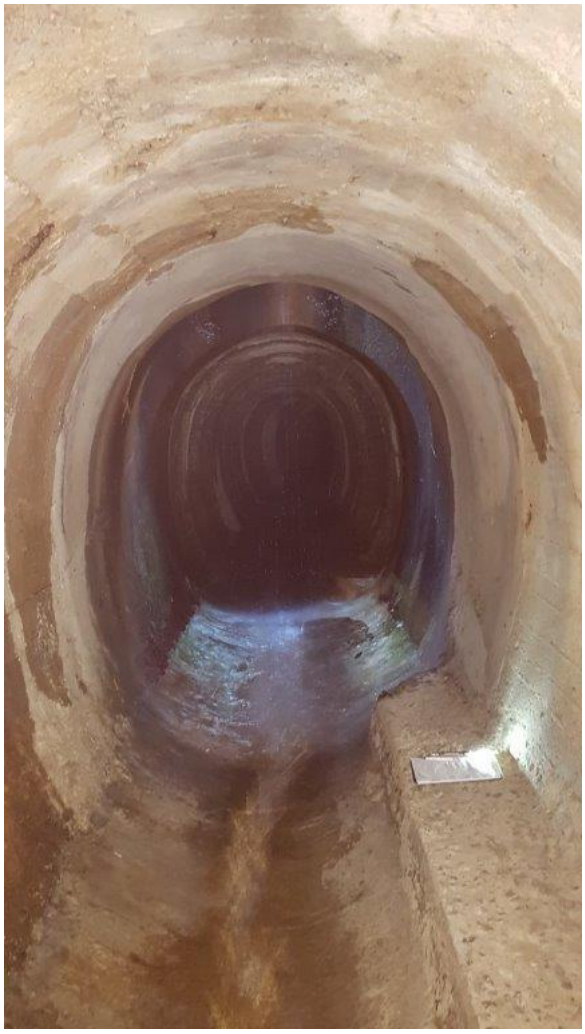


Figura 7.6: vista da valle verso monte, circa alla progressiva metrica 275, posizione tra lo scarico della chiocciola e lo sbocco della galleria alle vasche di dissipazione.

8. Interventi nella centrale di Vinchiana

8.1 Descrizione generale del sistema e funzionamento

All'interno della centrale idroelettrica sarà installata una valvola dissipatrice a getto conico di tipo Howell-Bunger (fixed cone valve), verticale con sbocco sommerso.
La valvola ha la funzione di scaricare nel canale inferiore della centrale, e da qui nel fiume Serchio, il deficit di portata non esitabile dallo sbarramento di Vinchiana (30 m^3/s) e di dissiparne il carico idraulico prima della restituzione. Il nuovo dispositivo costituirà un organo di scarico supplementare dello sbarramento per garantirne la sicurezza idraulica.
La valvola sarà alloggiata nel pozzo che fu previsto per la sede del quarto gruppo di produzione che non fu mai installato. La realizzazione del nuovo dispositivo di scarico ed il suo allacciamento alle opere esistenti comporteranno l'approfondimento del pozzo esistente, la costruzione di una camera di dissipazione e di una galleria di raccordo tra il pozzo ed il canale di scarico inferiore della centrale, nonché la predisposizione delle tubazioni di raccordo ed intercettazione tra la valvola Howell-Bunger (HB) e la condotta forzata.
Non si prevedono interventi alle opere esistenti in quanto sia le opere di derivazione dell'impianto (galleria e condotta forzata) sia i canali di scarico della centrale sono dimensionati per una portata massima pari a 60 m^3/s.

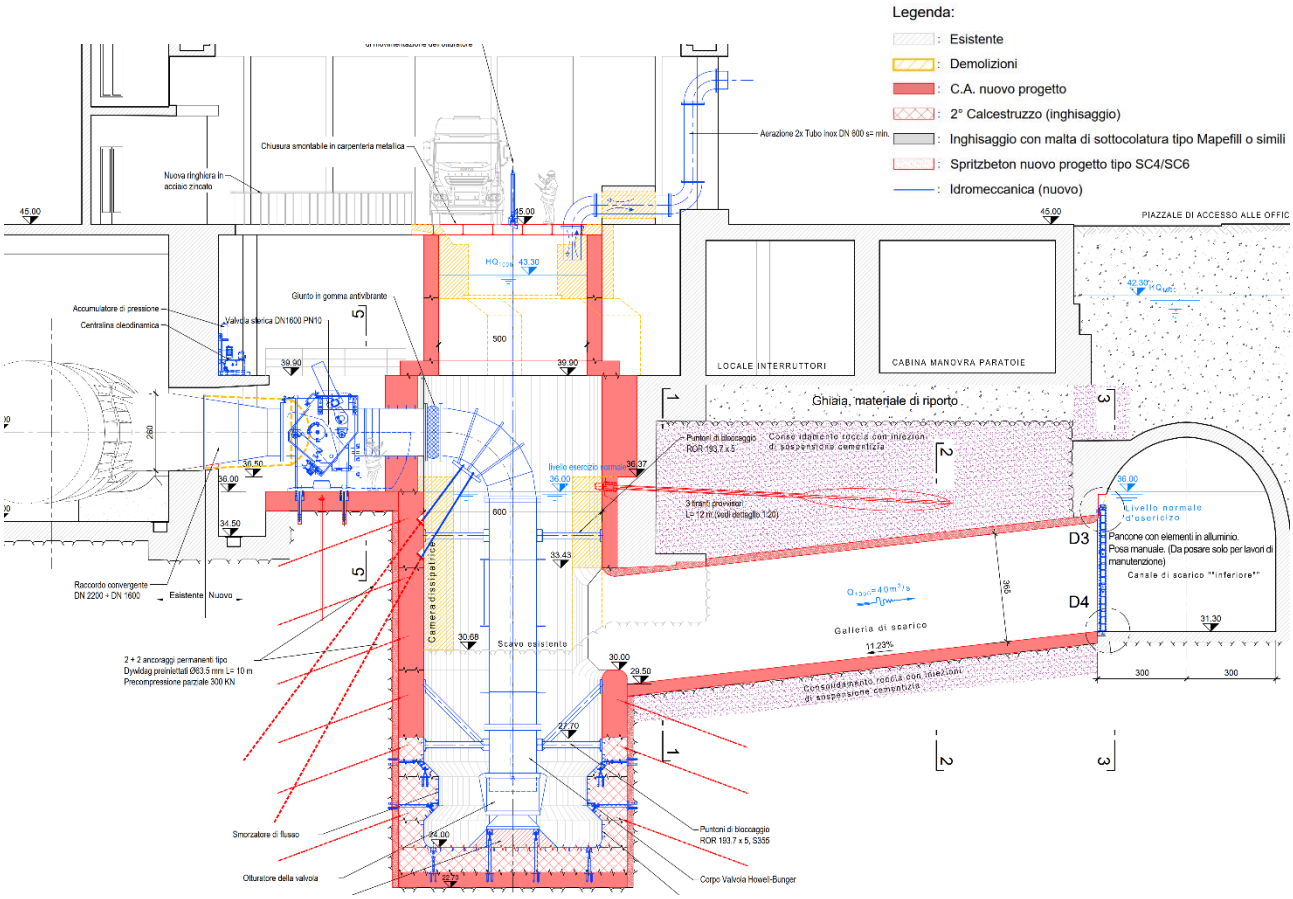


Figura 8.1: Piano di disposizione del sistema di dissipazione - sezione sull'asse macchina e galleria raccordo

Figura 8.2: Foto della zona del gruppo 4 mai installato e attualmente coperto con una lamiera

8.2 Considerazioni e calcoli idraulici

Il diametro della condotta e valvola HB è stato determinato sulla base della velocità massima di 25 m/s prevista per una valvola a disposizione orizzontale con dissipazione atmosferica. Per il pozzo verticale sommerso di Vinchiana, è stata considerata una velocità massima di 20 m/s che corrisponde ad un diametro della valvola di 1600 mm. Tali valori saranno da ridefinire in funzione della portata (30 mc/s) nell'ambito del progetto costruttivo.

La valvola da sola non è in grado di dissipare l'intera energia. La dissipazione totale sarà garantita e completata dalla camera di smorzamento costruita in acciaio (blindaggio), che dovrà essere progettata specificamente per il caso in oggetto. La complessità fisica di funzionamento del processo di dissipazione d'energia necessiterà lo svolgimento di simulazioni numeriche e/o la realizzazione di un modello fisico in scala per determinare la geometria per le condizioni specifiche di questo impianto.

La perdita di carico tra il pozzo e il canale di scarico è ridotta. Per la portata di 40 m^3/s raggiunge un valore di ΔH = 1.0 m. Il livello dinamico nel pozzo, nella situazione di livello del fiume Serchio a quota 42.30 m s.l.m. (corrispondente alla piena HQ_{1000}) si troverà a quota 43.30 m s.l.m.. Rimane quindi un bordo libero di più di 2 m fino alla testa del pozzo (livello sala macchine, 45.00 m s.l.m.); le verifiche della valvola-smorzatore nel progetto costruttivo saranno eseguite con una portata di 30 m^3/s e con diversi livelli sul F. Serchio.

In funzione delle condizioni idrauliche, il sistema avrà bisogno durante le fasi transitorie di una aerazione in pressione o in depressione. La portata d'aria da evacuare all'esterno della centrale o da aspirare dall'esterno sarà equivalente alla portata massima d'acqua quindi 30 m^3/s.
Per canalizzare l'aria necessaria si installeranno due tubi DN600 in acciaio inox. L'uscita dei tubi è prevista sulla facciata lato fiume a quota ca. 50.0 m s.l.m. in modo da permettere l'aspirazione e l'espulsione d'aria in tutta sicurezza. L'uscita dei tubi sulla facciata sarà protetta con apposite griglie realizzate in acciaio inox.

Per quanto riguarda l'influenza sull'onda di piena*, l'ipotesi dello studio dell'onda di piena per manovra volontaria degli scarichi è di alveo asciutto. Nel caso dell'attivazione della valvola di dissipazione, i 3 gruppi saranno messi fuori servizio e quindi l'afflusso totale nel canale di scarico che alimenta il*

fiume sarà al massimo di 30 m^3/s, ossia 30 m^3/s in meno che durante l'esercizio normale della centrale (capacità max. del canale di scarico = 60 m^3/s).

In conclusione, lo scarico attraverso la centrale del deficit di portata non esitabile dallo sbarramento di Vinchiana in caso di piena non ha ripercussioni significative sull'onda di piena del fiume.

8.3 Dimensioni ed esecuzione del pozzo di dissipazione

Il pozzo avrà un diametro interno di 6.0 m ed una profondità totale di 21 m (da fondo pozzo finito fino al livello della sala macchina). L'esecuzione del pozzo necessiterà la demolizione delle fondazioni del generatore e l'allargamento del pozzo attuale in forma ellittica di 6 x 4 m che attualmente è scavato fino a quota 30.70 m s.l.m.. L'allargamento ed abbassamento fino a fondo scavo (22.70 m s.l.m.) si farà meccanicamente con un martello idraulico montato su un escavatore elettrico radiocomandato (tipo Brokk 500 - 800 o simile). La messa in sicurezza sistematica dello scavo in roccia si farà con spritzbeton e chiodi provvisori. L'intero pozzo sarà rivestito in calcestruzzo armato massiccio (spessori fino a 80 cm). La parte superiore del pozzo da quota 39.90 m s.l.m. fino a quota 45.0 m s.l.m. (sala macchina) sarà rettangolare e formata da quattro muri in calcestruzzo armato di 50 cm si spessore. La testa del pozzo sarà coperta da una copertura carrabile in carpenteria metallica, rimovibile con l'uso del carroponte.

Figura 8.3: Foto delle fondazioni del gruppo 4 non installato (a sinistra) e foto dell'innesto alla galleria di scarico (a destra)

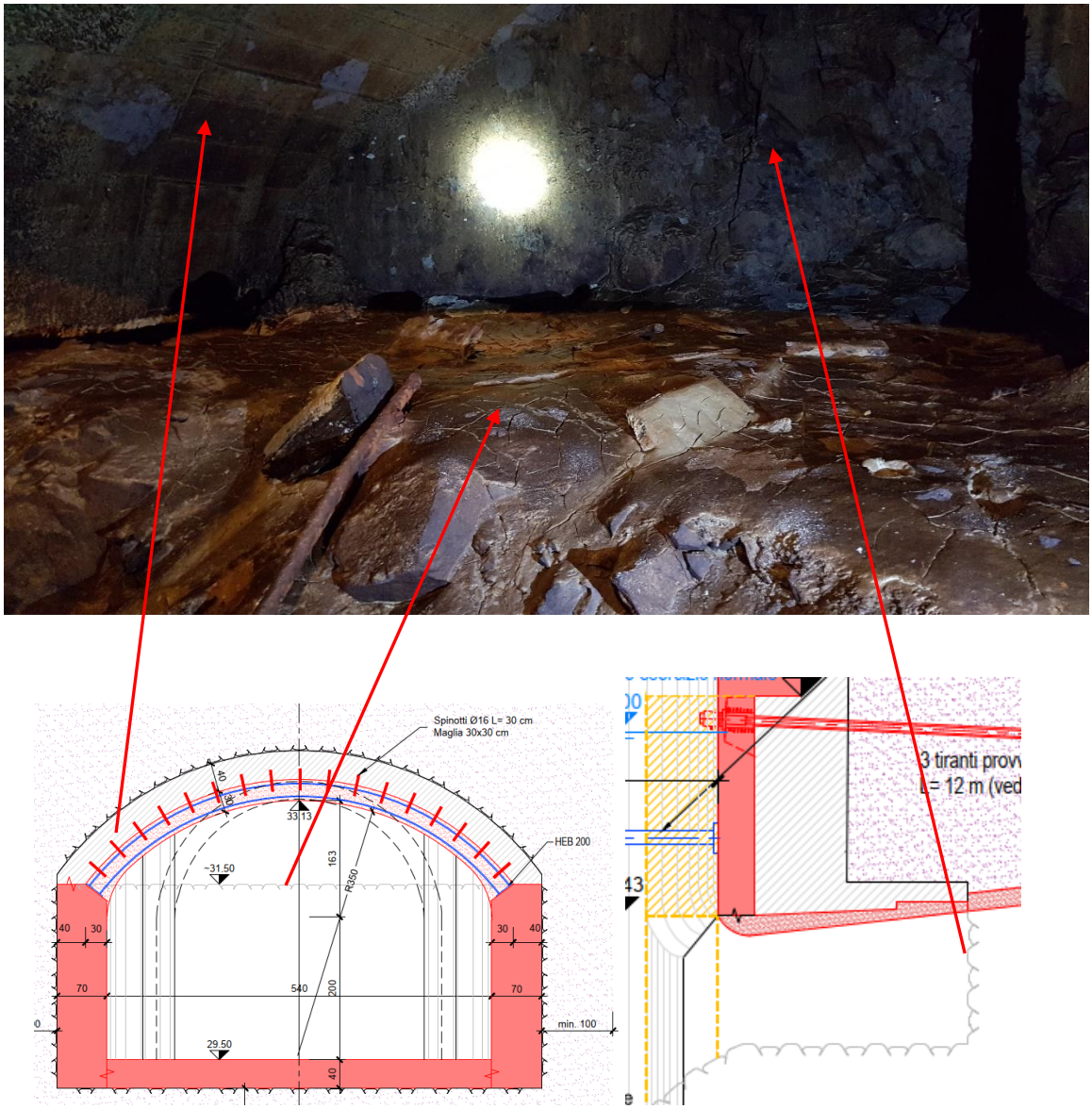


Figura 8.4: Foto del fronte e rivestimento dell'innesto attuale alla galleria di scarico / estratti del progetto

Figura 8.5: Esempio di scavo con scavatore elettrico radiocomandato tipo Brokk 500 - 800.

8.4 Dimensioni ed esecuzione della galleria di scarico

La copertura rocciosa sopra la calotta è limitata (da 3 a 4 m) e la qualità dell'ammasso roccioso è piuttosto bassa. Per garantire la stabilità dello scavo e minimizzare i rischi di assestamenti delle fondazioni della centrale o eventuali fornelli (crolli) che potrebbero raggiungere il livello 39.90 m s.l.m. (locale interruttori e cabina di manovra delle paratoie), si prevede un consolidamento preliminare della roccia tramite iniezioni di sospensione di cemento.

La galleria di scarico sarà eseguita a partire dell'innesto esistente già prescavato e rivestito (solo la calotta) su una lunghezza di ca. 4 m. Questa prima tratta sarà sottomurata per abbassare lo scavo fino alla quota 29.00 m s.l.m., inizio della nuova galleria di scarico. Successivamente si procederà al rinforzo della calotta esistente (con centine e Spritzbeton) e all'esecuzione della piccola galleria a forma da ferro di cavallo e di dimensioni interna 3.50 x 3.65 m. Lo scavo verrà eseguito in tratti di lunghezza massima pari ad 1 m, con lo stesso metodo e le medesime attrezzature del pozzo. E' prevista la posa di centine costituite da profili HEB 140 (chiuse), progressivamente rinforzate con reti elettrosaldate e Spritzbeton. La platea sarà gettata in calcestruzzo armato in due fasi.

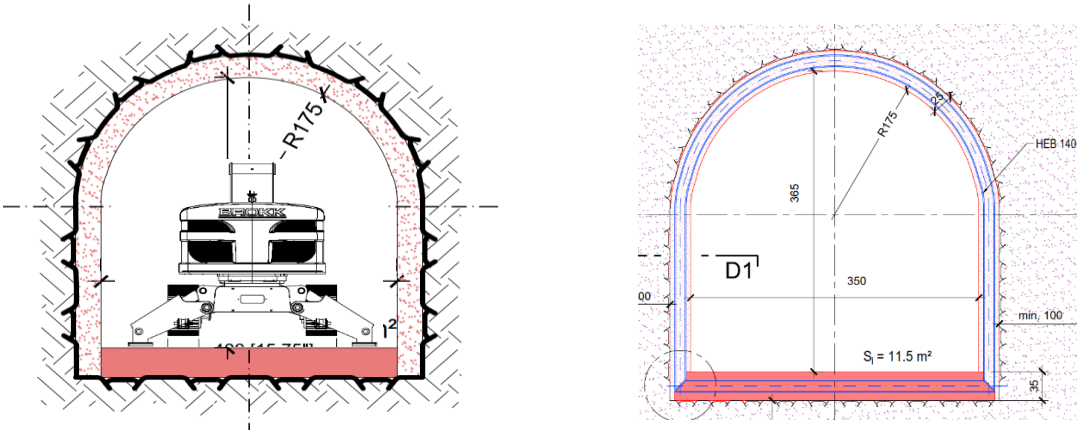


***Figura 8.6**:* Sezione di progetto con ingombro della scavatrice/demolitore tipo Brokk e profilo normale esecutivo

8.5 Impianti idromeccanici

<u>Valvola sferica di controllo:</u>

Con una velocità del flusso di 20 m/s (per una sezione di 1600 mm), si prevede l'installazione di una valvola di tipo sferica, in quanto una valvola a farfalla (più compatta e più economica) non può funzionare con tale velocità.

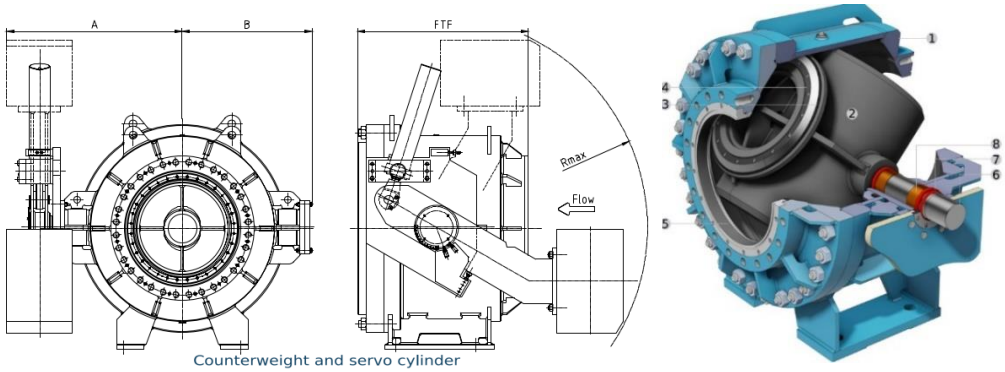


Figura 8.7: Tipo di valvola considerato per il progetto (o simile da altri fornitori)

La valvola sarà costruita in modo da permettere la sua apertura d'emergenza in modo passivo tramite il contrappeso (e non il contrario come nei casi usuali concepiti per una chiusura d'emergenza). La chiusura della valvola sarà effettuata mediante un servomotore a movimentazione oleodinamica.

La valvola sarà azionata dalla stessa centralina oleodinamica della valvola HB. Diverse ridondanze sono previste per garantire la massima affidabilità dell'apertura del sistema (per maggiori informazioni vedere la descrizione dell'impianto oleodinamico e dell'automazione più avanti).

Valvola di dissipazione Howell-Bunger

La progettazione di dettaglio esecutivo dovrà essere necessariamente rimandata al fornitore/costruttore della valvola. Le verifiche e i calcoli di seguito riportati sul sistema di smorzamento si riferiscono a formule di letteratura tecnica e casistica esistente oltre che ad indicazioni concesse da costruttori di valvole di questo tipo.
Data la singolarità dell'opera, la cui progettazione fuori standard richiede specifiche modellazioni, i costruttori di valvole possono procedere alla progettazione esecutiva del sistema dissipativo solo dopo l'affidamento della fornitura. Pertanto, il progetto esecutivo della valvola HB sarà affidato al fornitore che si aggiudicherà la gara d'appalto e sarà inviato alla Direzione Generale Dighe per l'iter istruttorio nel corso del 2020.

Figura 8.8: Schizzo di principio di funzionamento e foto esempio valvola Howell Bunger

L'otturatore della valvola sarà movimentato tramite due servomotori oleodinamici verticali fissati sulla struttura della copertura metallica di copertura del pozzo (quota sala macchina). L'alimentazione di questi ultimi si farà con una centralina oleodinamica con le seguenti caratteristiche:

- due pompe indipendente con motori elettrici di ca. 2 kVA (U=400 V), concetto di ridondanza;
- accumulatore di pressione dimensionato per un'apertura ed una chiusura in caso d'interruzione corrente o guasto delle due pompe;
- pompa manuale come ulteriore sicurezza;
- alimentazione d'emergenza delle valvole e sensori con batterie ausiliarie (24-36V);
- tubazioni in acciaio inox;

Alcuni dati tecnici principali

- Pressione nominale del sistema: 100 bar (definita da ENEL)
- Velocità di apertura: 1.0 m/min
- Velocità di chiusura: max. 0.5 m/min
- Tempo di apertura della valvola: 115 sec.
- Tempo di chiusura della valvola: 56 sec.
- Tipo d'olio: Biodegradabile tipo AGIP ARNICA S o simile

Pancone di chiusura della galleria di scarico

Per potere procedere ad un controllo e/o a lavori di manutenzione del pozzo o della valvola HB, sarà predisposto un sistema di fissaggio che permetterà il montaggio manuale di un pancone (tipo paratie protezione alluvione, con elementi standard in alluminio di sezione 200 x 150 mm) posato allo

sbocco della galleria di scarico nel canale inferiore. Quest'operazione richiede chiaramente la messa fuori servizio della centrale per alcune ore e il pompaggio dell'acqua rimanente nel canale di scarico. Il concetto del pancone è evidenziato sui piani di disposizione. Il progetto definitivo, dimensionamento e piani di costruzione sono da eseguire a cura del fornitore. La Figura 8.9 illustra un esempio di un pancone con elementi in alluminio.

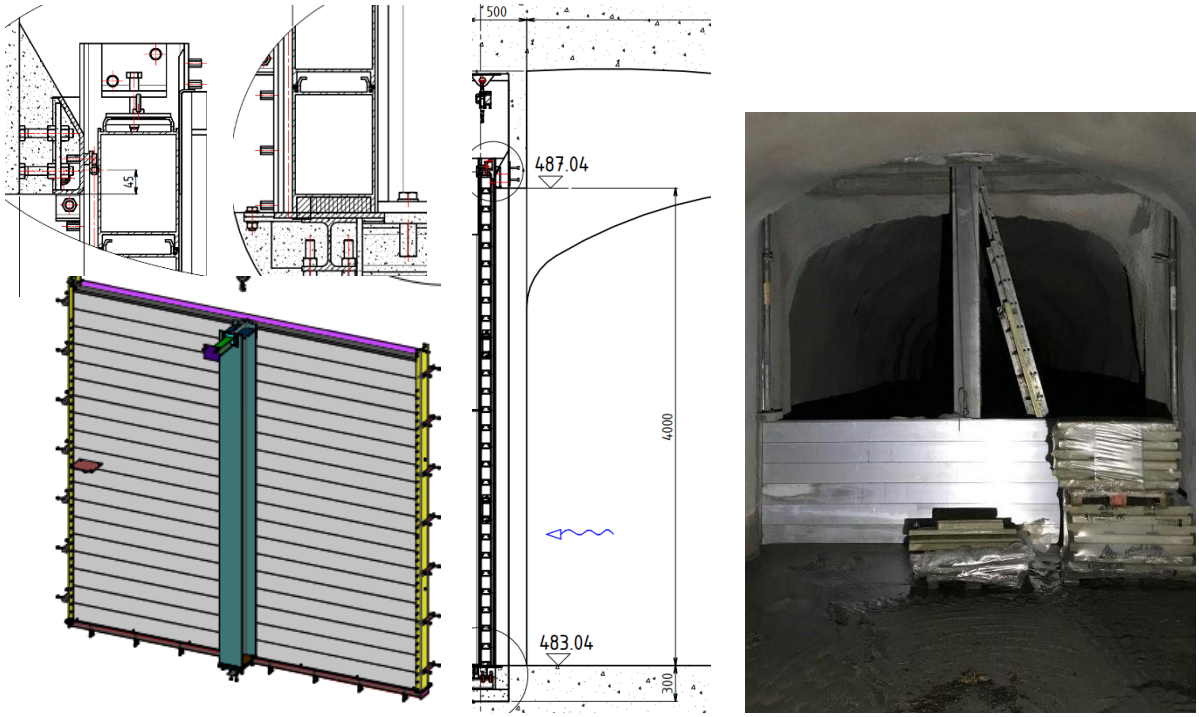


Figura 8.9: Esempio pancone a posa manuale con elementi in alluminio - Ofima SA - Centrale Borgnone 2018, TI, (CH)

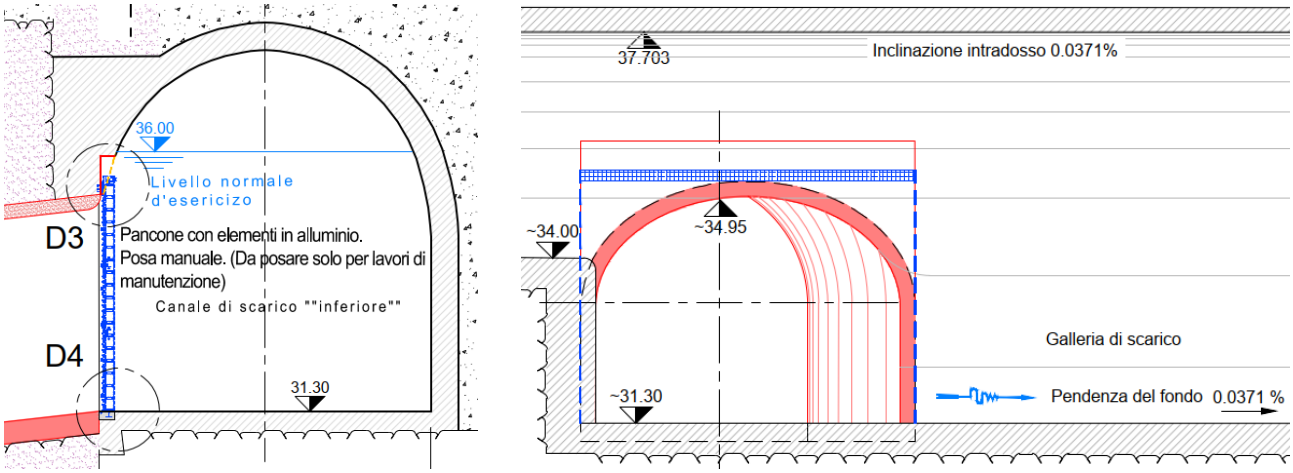


Figura 8.10: Estratto del piano disposizione del progetto con rappresentazione in sezione e vista dal pancone manuale

9. Cantierizzazione

Gli interventi in progetto si dividono su due anni ed interessano nel 2020 gli interventi alla diga e opere annesse, mentre nel 2021 sono pianificati gli interventi in centrale. La scelta di eseguire i lavori su due anni garantisce la sicurezza degli operatori e degli impianti.

Le principali zone di intervento dei lavori di miglioramento della capacità di scarico dell'impianto di Vinchiana sono:

- a monte della diga, la zona imbocco galleria di by-pass;
- a valle della diga, la zona vasche di dissipazione;
- in centrale la zona del previsto e mai installato gruppo macchina n°4

Si possono quindi distinguere due zone di cantiere, la zona di cantiere "Diga" e la zona di cantiere "Centrale".

I lavori relativi alla zona di cantiere "Diga" sono suddivisi in base alle seguenti aree di intervento:

Lotto 2 – Area Diga

A valle della diga:
- Messa in sicurezza della parete sottoscarpa con micropali
- Muro di sostegno della strada Brancoli
- Realizzazione di vasche di dissipazione
- Montaggio passarella in acciaio
- Adeguamento della paratoia a ventola
- Postazioni di misura delle perdite

A monte e sulla diga:
- Realizzazione di opere provvisorie, come pista di cantiere
- Realizzazione del frangionda sul coronamento della diga
- Manutenzione del paramento a monte dello sbarramento
- Manutenzione paratoia dello scarico di fondo

Galleria by-pass:
- Modifica dell'imbocco della galleria by-pass, briglia a pettine
- Sistemazione e protezione delle sponde e dell'alveo

Lotto 1 – Area Centrale

Gli interventi nella zona di cantiere "Centrale" sono suddivisi nelle seguenti attività:

- Realizzazione pozzo e connessione con il canale di scarico esistente
- Montaggio della valvola di intercettazione (sferica) e della valvola dissipatrice di tipo Howell-Bunger (HB).

Il grosso delle infrastrutture provvisorie necessarie interesserà il cantiere "Diga" in quanto è necessario prevedere gli allacciamenti elettrici per movimentare la gru a torre e gli allacciamenti idrici per l'impianto di lavaggio delle ruote dei mezzi che si sposteranno dal cantiere per non sporcare la strada comunale (via Pieve di Brancoli) e per attività sia di demolizione che di costruzione.
Durante la fase di costruzione delle nuove vasche di dissipazione a valle della diga la strada comunale (via Pieve di Brancoli) sarà interessata da un restringimento della carreggiata.

Il documento "E.1 – Organizzazione del cantiere – Relazione descrittiva" approfondisce tutte le tematiche inerenti a:

- Installazioni provvisorie e di cantiere
- Sbarramenti acque provvisori
- Segnaletica di cantiere
- Stoccaggio temporaneo dei materiali
- Pista di cantiere
- Gru a torre
- Ponteggi
- Impianto di lavaggio ruote mezzi da cantiere
- Impianto di neutralizzazione delle acque
- Restringimento della carreggiata strada adiacente la diga (via Pieve di Brancoli)
- Rischi naturali
- Misure ambientali
- Progetti vicini
- Cronoprogramma
- Coordinamento del cantiere
- Lista delle attrezzature

Sulla base delle considerazioni esposte nel documento “E.1 – Organizzazione del cantiere – Relazione descrittiva” sono state identificate le aree di stoccaggio dei materiali, le aree per i containers, le aree per i bagni chimici e quelle per i parcheggi (provvisori) per gli automezzi che interessano il cantiere ed il personale.

Lotto 1 - Lavori nella centrale di Vinchiana
Si riporta nel seguito la planimetria di cantiere.

***Figura 9.1**: Organizzazione delle aree di cantiere del lotto 1 - Centrale*

Lotto 2 - Lavori nella zona della diga

Si riporta nella figura seguente lo schema planimetrico relativo alla disposizione planimetrica delle aree di cantiere e al loro collegamento mediante piste di cantiere.

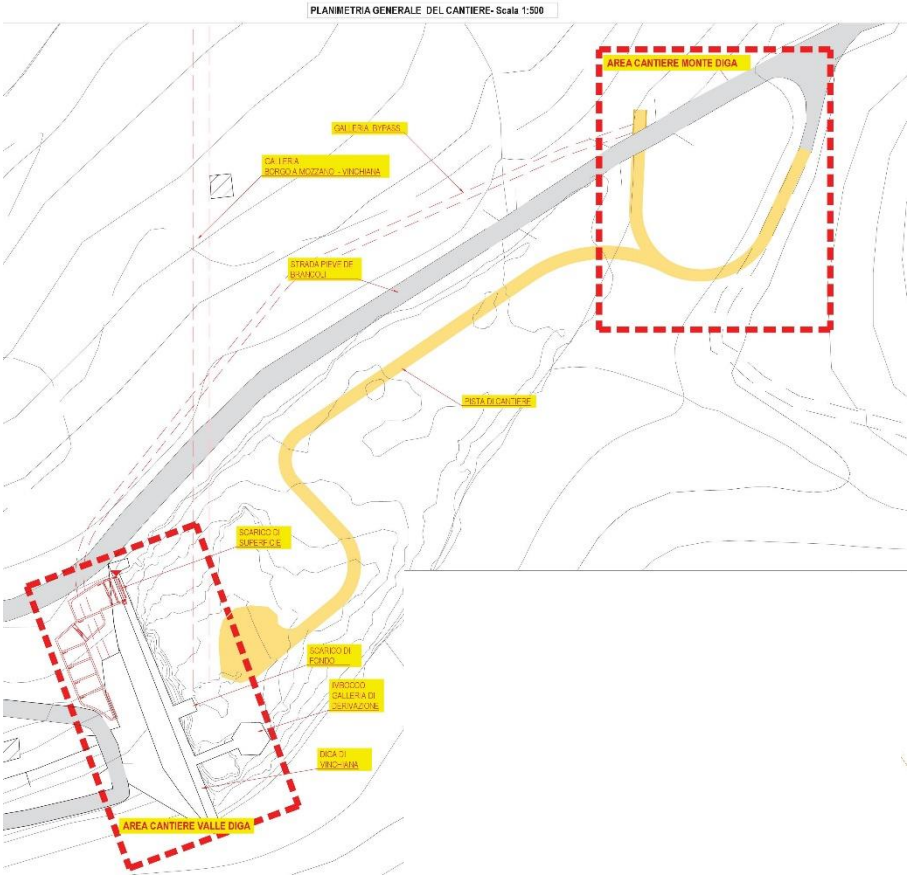


***Figura 9.2**: Organizzazione delle aree di cantiere del lotto 2 – Diga - Schema generale*

Si riportano nel seguito due schemi planimetrici di cantiere.

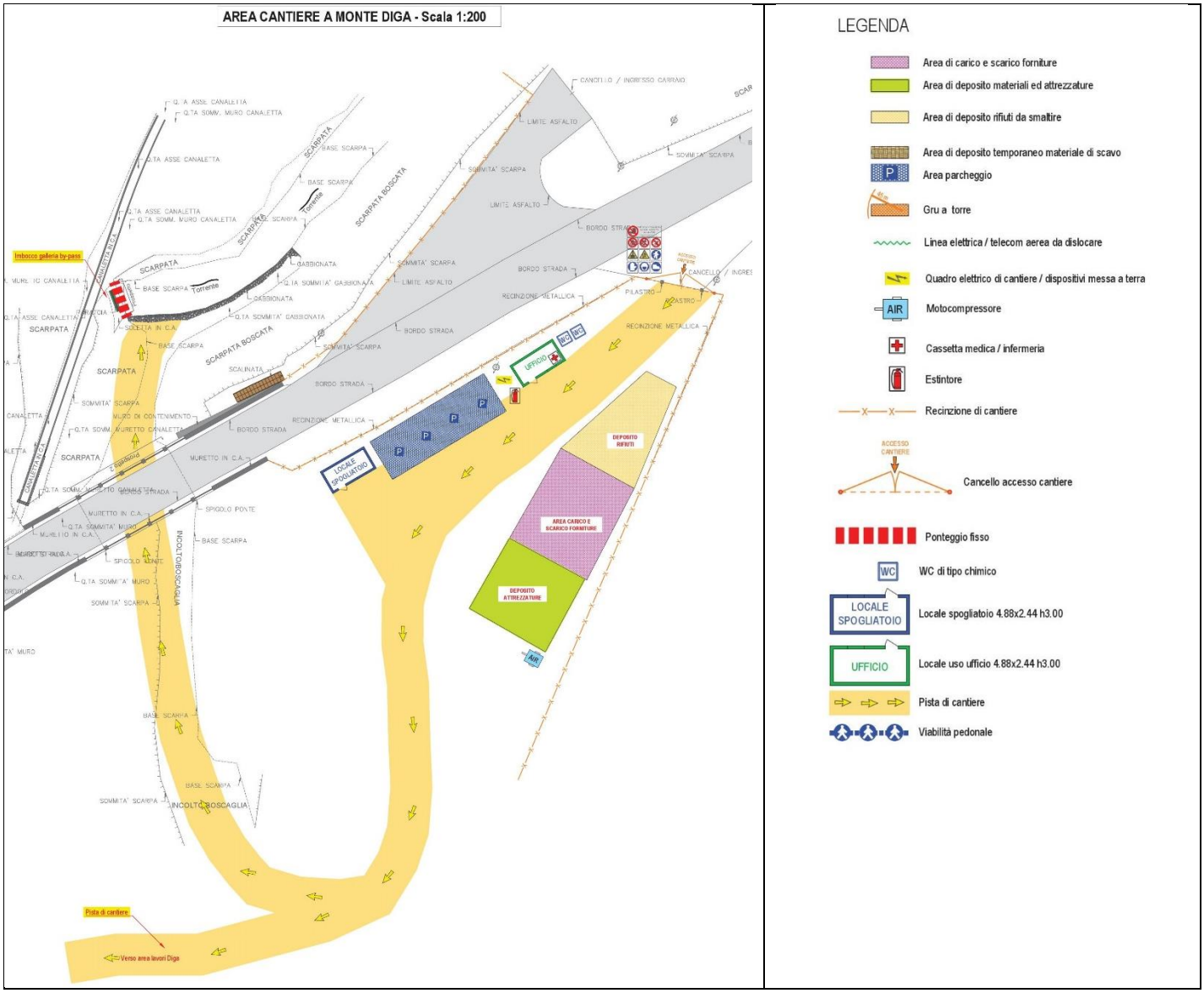


***Figura 9.3**: Organizzazione dell'area di cantiere del lotto 2 – Dettaglio area a monte del by-pass*

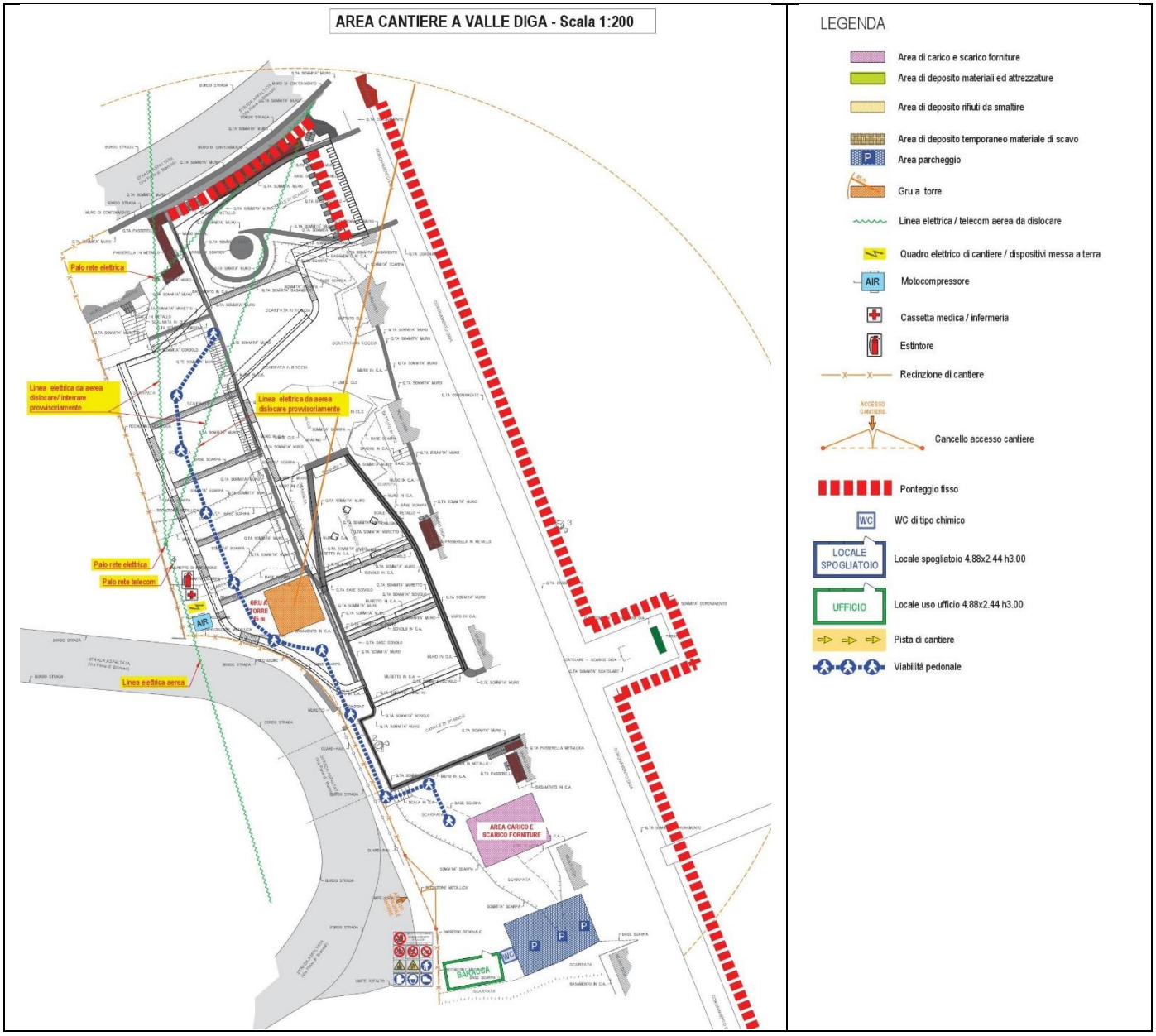


***Figura 9.4**: Organizzazione dell'area di cantiere del lotto 2 – Dettaglio area a valle dello sbarramento*

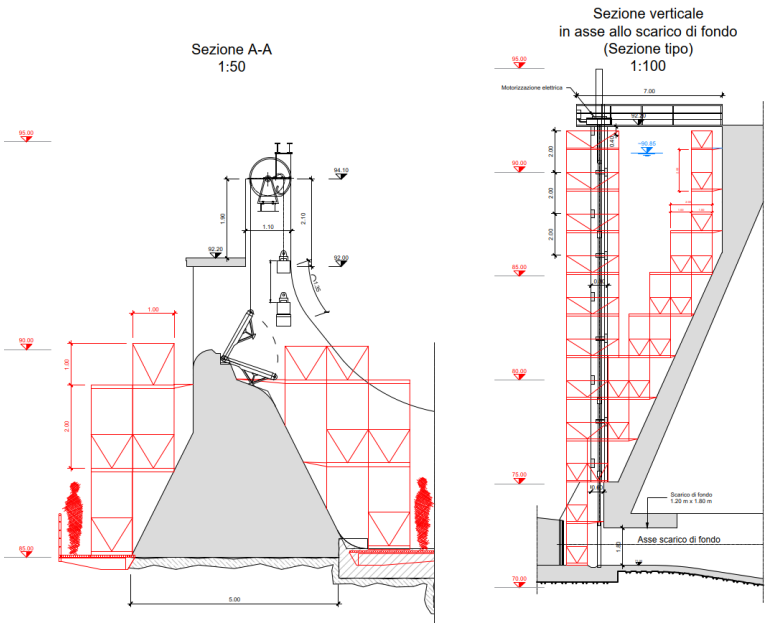


***Figura 9.5**: dettaglio rappresentativo dei ponteggi in zona della paratoia a ventola (figura di sinistra) e dello scarico di fondo (figura di destra). Per i lavori di manutenzione sul paramento di monte relativi alle nove travi coprigiunto, si utilizzeranno le indicazioni della parte inclinata e ancorata sullo sbarramento del ponteggio dello scarico di fondo.*

10. Cronoprogramma

Tenendo conto che i tempi di progettazione per il sistema di dissipazione della valvola tipo Howell-Bunger (HB) sono lunghi (circa 6 mesi), che l'inizio della fabbricazione della valvola è vincolato all'ottenimento dell'autorizzazione sul progetto della stessa da parte della Direzione Generale Dighe e che la stessa fabbricazione richiede 6-7 mesi di tempo, nell'ottica di prevedere i lavori di miglioramento della diga di Vinchiana nel biennio 2020-2021, il progetto ed il cronoprogramma dei lavori sono sviluppati nell'ipotesi di prevedere due diversi lotti dei lavori, corrispondenti a due diverse gare d'appalto e conseguenti contratti. Il lotto 1 riguarda i lavori in centrale e comprende la progettazione esecutiva del sistema di dissipazione della valvola HB, mentre il lotto 2 riguarda i lavori in corrispondenza della diga. In questo modo sarà possibile anticipare l'affidamento della progettazione della valvola HB e di tutto il sistema di dissipazione nel 2019. Come da cronoprogramma di dettaglio allegato, infatti, si evince che l'avvio della gara per l'affidamento della partita dei lavori in centrale è prevista nell'aprile del 2019, stimando un perfezionamento del contratto a chiusura della gara per novembre 2019. Pertanto, nel secondo semestre del 2020 si prevede che il progetto esecutivo possa essere disponibile e inviato alla Direzione Generale Dighe per la relativa approvazione.
Per quanto riguarda il lotto diga è previsto di utilizzare il primo semestre del 2019 per le autorizzazioni e la predisposizione della documentazione per un'ulteriore gara d'appalto. In questo modo, a seguito dell'aggiudicazione della stessa, è prevedibile l'inizio delle attività in diga per marzo 2020.

Inoltre, il cronoprogramma è stato sviluppato tenendo in considerazione dei vincoli di sicurezza per gli operatori e degli impianti e delle opere di Vinchiana.
I lavori saranno svolti in due lotti distinti in modo tale che, durante le attività al sito diga, siano disponibili i gruppi di centrale per l'esitazione di un'eventuale piena. In questo modo saranno ridotte le interferenze dovute ad una eventuale piena con le attività in corso nel cantiere a valle diga.

Tutte queste attività sono state sviluppate in dettaglio ed integrate in un cronoprogramma (in MS-project), che tiene conto delle sinergie tra i vari lotti, dell'abbassamento dell'invaso e del mantenimento del livello del lago alla quota 89.50 m s.l.m. e dello svaso totale.

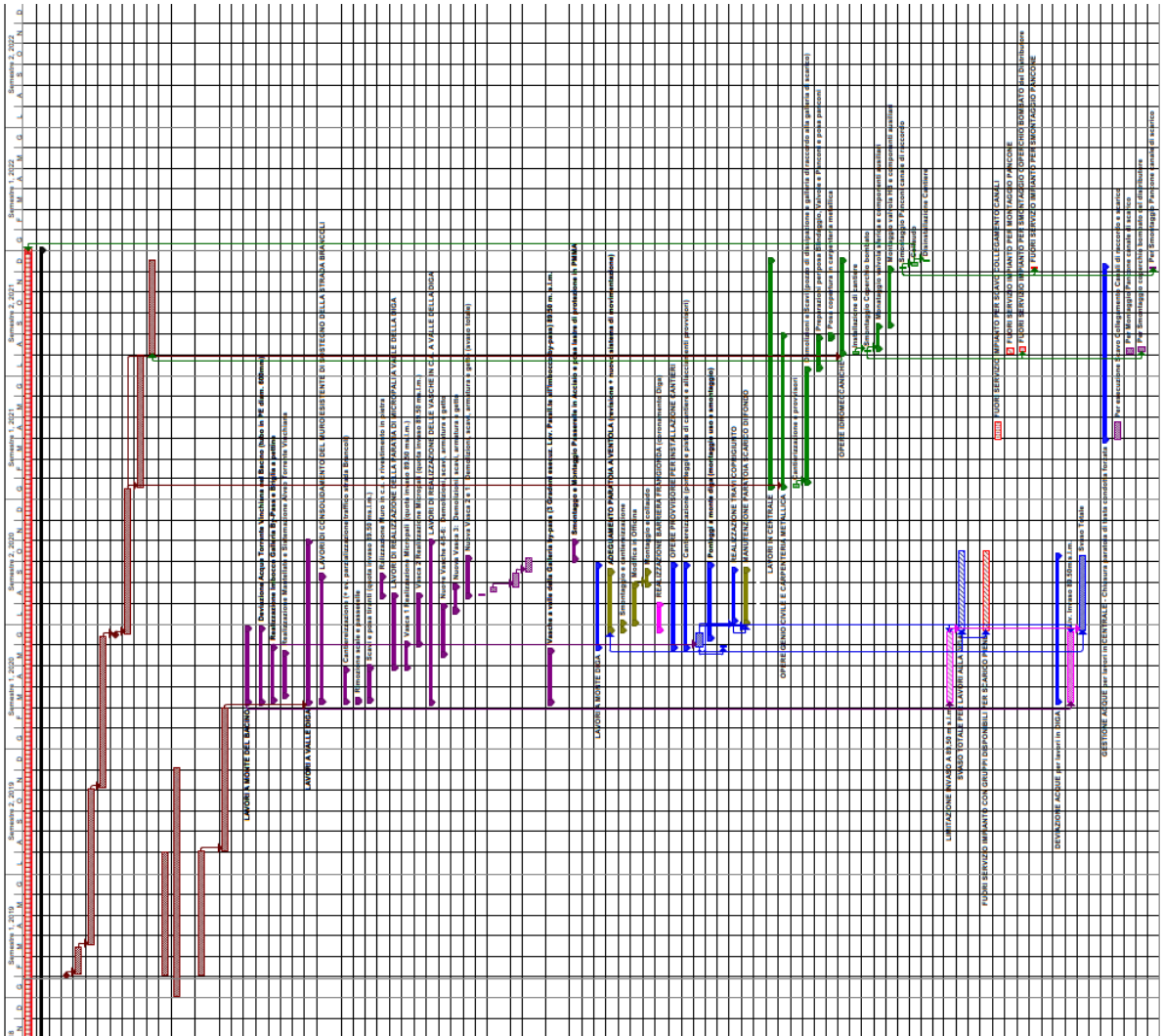


***Figura 10.1**: rappresentazione delle macro-attività del cronoprogramma.*

I cantieri come le attività sono qui di seguito suddivise ed elencate:

2020 – "cantiere diga" – da inizio marzo a fine novembre 2020
Gli interventi si dividono in tre differenti zone rispettivamente a monte del bacino, a valle della diga e a monte della diga.

Per permettere l'esecuzione degli adeguamenti il livello del lago verrà mantenuto a quota 89.50 m s.l.m. da fine febbraio a metà giugno 2020 e successivamente verrà eseguito lo svaso da metà giugno a inizio ottobre 2020. In questo periodo di tempo verranno eseguiti i seguenti interventi:

- **a monte del bacino** - da inizio marzo a fine giugno 2020 - si prevedono le seguenti attività:
  - Sbarramento provvisorio (imbocco galleria by-pass)
  - Realizzazione nuovo imbocco della galleria di by-pass
  - Esecuzione briglia a pettine
  - Esecuzione delle mantellate dell'alveo

- **a monte della diga** - da fine maggio a fine settembre 2020 - si prevedono le seguenti attività:
  - Opere provvisorie per installazione cantieri
    - *realizzazione pista di cantiere nell'alveo*
    - *ponteggio a monte diga*
    - *preparazione per allacciamenti*
  - Adeguamento paratoia a ventola
  - Realizzazione barriera frangionda (coronamento diga)
  - Manutenzione travi coprigiunto
  - Manutenzione paratoia scarico di fondo

- **a valle della diga** - da inizio marzo a fine ottobre 2020 - si prevedono le seguenti attività:
  - Opere provvisorie per installazione cantieri
  - *Consolidamento del muro esistente di sostegno della strada Brancoli*
    - *I quale richiedono una "parzializzazione" del traffico sulla strada Brancoli, cioè una riduzione della carreggiata stradale per un periodo approssimativo di 35 giorni lavorativi.*
  - Realizzazione della paratia di micropali
    - intervenendo in successione partendo dalla vasca nr. 1 (vasca a valle della paratoia a ventola) alla vasca nr. 2 (vasca a scendere)
  - Realizzazione delle vasche in c.a.
    - Partendo con l'esecuzione delle vasche a valle, salendo verso monte. Quindi verranno realizzate nella prima fase le vasche nr. 6 – 5 – 4, nella seconda fase la vasca nr. 3 e come ultima fase esecutiva verranno realizzate le vasche nr. 1 e 2 a valle della paratoia a ventola.
    - Adeguamento delle postazioni di misura
  - Realizzazione delle 3 vasche di dissipazione a valle della galleria by-pass.
    - I 3 gradoni esistenti verranno demoliti e ricostruiti.
      Quest'intervento sarà svolto da inizio marzo fino a fine maggio in sinergia con la realizzazione del nuovo imbocco alla galleria di by-pass.
      In questo modo si ha la possibilità di usufruire della galleria by-pass per la gestione delle piene durante il periodo di svaso totale, previsto da fine giugno a metà ottobre 2020.
  - Montaggio nuova passerelle in acciaio (sopra la vasca nr. 2) e passerelle esistenti (precedentemente smontate)

2021 – "cantiere centrale" – da fine gennaio 2021 a metà dicembre 2021
Gli interventi sono tutti concentrati nella centrale di Vinchiana e si dividono in opere di genio civile, di carpenteria metallica e di opere idromeccaniche.

In questo periodo di tempo verranno eseguiti i seguenti interventi:

- **genio civile e carpenteria metallica** - da fine gennaio 2021 a fine agosto 2021
  - Esecuzione lavori provvisori (sbarramento temporaneo sul canale che sfocia nel fiume Serchio)
  - Iniezioni consolidamento della galleria di scarico dal locale paratoie
  - Demolizioni (aperture a pavimento zona sala macchine)
  - Scavo ed esecuzione galleria di scarico e pozzo della valvola dissipatrice
  - Demolizione della parete tra la valvola sferica ed il pozzo della valvola dissipatrice
  - Preparazione e posa blindaggio
  - Preparazione e posa panconi nel canale di raccordo
  - Preparazione e posa valvola sferica, centralina idraulica e armadi elettrici (carotaggi ecc.)
  - Posa copertura in carpenteria metallica
- **opere idromeccaniche** - da inizio agosto 2021 a metà dicembre 2021
  - Smontaggio coperchio bombato (con chiusura della paratoia sulla condotta, a monte della centrale)
  - Montaggio valvola sferica, centralina idraulica e allacciamenti
  - Montaggio valvola dissipatrice HB e sistema di aereazione
  - Montaggio componentistiche, posa degli armadi e quadri elettrici incluso cablaggi
  - Smontaggio panconi canale di raccordo
  - Collaudo del sistema

La messa in sicurezza delle opere, degli impianti e del personale durante i lavori in centrale è affidata a dei fuori servizi programmati. Si andrà quindi ad intervenire sulla paratoia di testa della condotta forzata a monte della centrale per permettere:

- la realizzazione del canale di raccordo dell'impianto di dissipazione con il canale di scarico,
- lo smontaggio del coperchio bombato del distributore e la posa della valvola sferica,
- la posa e rimozione dei panconi provvisori alla fine del canale di raccordo (verso il canale di scarico).

11. Normativa di riferimento

Decreto Min. Infrastrutture e dei Trasporti 26 Giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)

Decreto Min. Infrastrutture e dei Trasporti 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni"

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie – Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al DM 26/06/2014(NTD14) e al DM 17/01/2018 (NTC18) – Luglio 2018

Inoltre nei calcoli e nelle verifiche strutturali sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

UNI EN 1991 – Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture
UNI EN 1992 – Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo
UNI EN 1993 – Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
UNI EN 1997 – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica
UNI EN 1998 – Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica