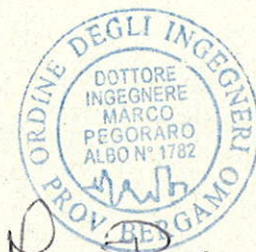


# DIGA DI CASSIGLIO

## RELAZIONE GENERALE



2			
1	Prima emissione	20/02/2018	Marco Pegoraro
0	Bozza	20/02/2018	Marco Pegoraro
No.	Revisione	DATA	AUTORE

CONTENUTI

1.	Premessa	3
2.	Descrizione del manufatto	3
3.	Descrizione dell'intervento	4
4.	Azioni intraprese sulla base delle Richieste della Divisione 4 della D.G.Dighe del 27.02.2017	5

## 1. PREMESSA

La presente relazione di inquadramento generale ha lo scopo di descrivere le caratteristiche principali dell'attuale stato di consistenza della diga di Cassiglio, delle opere previste nel progetto di appesantimento della stessa e le azioni intraprese sulla base delle richieste di approfondimenti del 27.02.2017 avanzate dalla Divisione 4 della D.G.Dighe.

Tutto quanto qui brevemente descritto è riportato in forma estesa e dettagliata negli altri elaborati di progetto.

## 2. DESCRIZIONE DEL MANUFATTO

La diga di Cassiglio, di proprietà della Italgel S.p.A, fa parte dell'impianto idroelettrico di Olmo al Brembo, che sfrutta a fine energetico le acque dell'alta valle Brembana.

Costruita nei primi anni '50, sorge poco a monte dell'abitato omonimo, all'inizio della stretta della Val Cassiglio, in corrispondenza dello sbocco della secondaria Valle dei Faggi. Immediatamente a monte dello sbarramento la valle si apre in un ampio pianoro, costeggiato ad est da pascoli in lieve pendenza e ad ovest da ripidi pendii boscosi.

Il bacino imbrifero direttamente sotteso ha un'estensione di 11 Km<sup>2</sup>, mentre quello allacciato mediante canali in galleria è di 57 Km<sup>2</sup>.

Lo sbarramento colletta le acque del bacino direttamente sotteso e quelle del torrente Stabina, nella valle omonima adiacente, mediante opera di presa e canale di derivazione, che sbocca nel lago in prossimità della diga e della valle dei Faggi. L'opera di presa (180\*180 cm), posta in sponda destra orografica immediatamente a monte dello sbarramento, convoglia le acque alla Centrale idroelettrica di Olmo al Brembo tramite condotta forzata (φ180 cm). La capacità utile del serbatoio è di ~56.000 mc. E' presente, sempre in sponda destra orografica, uno scarico di fondo con paratoia 180\*180 cm la cui soglia di imbocco nel corpo diga è a quota ~ 612.3 m.s.l.m. Lo sbarramento è sfiorante a quota 626.00 m.s.l.m. nella parte centrale, per una larghezza pari a 21.3 m.

La diga, a gravità, con coronamento a quota 629,30 m.s.l.m., ha uno sviluppo longitudinale di ~67,15 m, per una altezza dal piano di imposta, nel tratto più profondo, di 20.6 m. La passerella, larga 210 cm, poggia su due pile aventi dimensione ~60\*180 cm e sovrasta lo sfioratore che, mediante uno scivolo ed una vasca di deflusso, convoglia le acque a valle. La pendenza del paramento di monte è del ~5%, mentre quello di valle del ~61%.

L'ingresso del cunicolo è raggiungibile da valle in sponda orografica sinistra, mediante sentiero e scaletta di accesso in C.A.. Il cunicolo, di larghezza pari a 1.4 m per un'altezza massima di 2 m, ha uno sviluppo totale di ~51 m.

L'accesso al coronamento della diga avviene dalla strada forestale tramite galleria scavata in roccia larga 210 cm.

Sopra l'opera di presa è presente una casupola di comando.

Il sistema drenante, costituito da canne di drenaggio della struttura φ127 e da quelle di fondazione φ215, con interasse di 2 metri, è in buono stato e funziona correttamente. Esso è stato ripristinato e riportato a normativa nell'anno 1989.

Il sistema di controllo del comportamento della struttura è basato sulla raccolta delle seguenti grandezze:

- idrometeorologia
- perdite della diga

- spostamenti orizzontali e verticali della diga rilevati mediante collimazione
- deformazione della diga e della fondazione rilevate da estensimetri a lunga base (installati nel corso dell'anno 1988)
- sottopressioni.

### 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'adeguamento statico-funzionale della diga consta in un getto di appesantimento in cls sul lato del paramento di monte di spessore variabile in funzione dell'altezza. Partendo dal substrato roccioso, posto nella sezione di massima altezza a quota 608,70 m.s.l.m., fino a quota 612,30 m.s.l.m., si prevede un getto avente uno spessore di base pari a 4 metri e superficie di contatto con l'acqua verticale. Da quota 612,30 m.s.l.m. fino a quota 624,00 m.s.l.m., lo spessore del paramento di monte si riduce da 3,53 m a 2 m, esso poi rimane costante fino alla sommità per la sezione emergente, mentre per quella tracimabile il getto si raccorda con il precedente ciglio sfiorante. Nel nuovo appesantimento è previsto un cunicolo che corre parallelo a quello esistente: esso raccoglie le perdite dei dreni di fondazione (passo 2,0 m e diametro  $\phi$  215 mm) e dei dreni nel nuovo paramento del corpo diga, ed è collegato al cunicolo esistente a cui afferisce anche le perdite.

Il collegamento tra vecchio e nuovo getto viene assicurato tramite barre di acciaio inox ad aderenza migliorata, immorsate con resina nel corpo diga esistente per una lunghezza pari a 120 cm (110 cm nella parte più alta), e sporgenti 150 cm (fino a 80 cm nella parte più alta). Il passo delle barre varia con la distanza dalla superficie di base: partendo con ferri ogni 75/75 cm immediatamente sopra il substrato roccioso, si passa ad una maglia 75/150 cm ed infine a 150/150 cm.

La superficie di contatto tra vecchio e nuovo getto viene preparata tramite idropulitura e stesura di uno strato di resina.

Il nuovo appesantimento è a conci, posizionati in corrispondenza di quelli esistenti sul corpo diga, ed aventi larghezza massima pari a circa 12 m. Tra concio e concio si prevede la realizzazione del giunto mediante l'interposizione di una doppia membrana elastomerica bitumata di spessore 4 mm: la sigillatura dei giunti verticali avviene esternamente mediante un sistema di tenuta a bandella. Lungo il perimetro delle superfici di ripresa di getto si posa un profilo idroespandente, tale da delimitare perfettamente la porzione di calcestruzzo interessata.

La nuova portata di piena considerata nei calcoli idraulici ha reso necessario l'innalzamento del vecchio corpo diga e della passerella sullo sfioratore per avere un franco netto regolamentare. Si fa comunque notare che non è stata modificata la quota del ciglio sfiorante. Pertanto il nuovo coronamento ha quota 630,10 m.s.l.m., con una variazione rispetto al precedente di 80 cm. Per la particolare conformazione dell'ingresso alla diga, che avviene tramite galleria dalla strada forestale, non è stato possibile estendere tale intervento a tutta la lunghezza del coronamento: sono state comunque previste delle strutture a tenuta idraulica in calcestruzzo, con estradosso pure a quota 630,10 m, per mantenere inalterato il franco netto regolamentare.

Il raccordo tra la quota di ingresso in galleria ed il nuovo coronamento è realizzato tramite una rampa con pendenza 8,8% che consente l'accesso alla passerella anche ai mezzi di manutenzione. La casetta di guardia con la sala comandi posta a lato della diga, in corrispondenza dell'opera di presa da cui parte la galleria in pressione per la centrale di Olmo al Brembo, non verrà modificata. L'unico intervento necessario risulta essere il posizionamento di un tubo metallico per spostare più in alto la presa d'aria della condotta forzata: l'attuale presa d'aria situata sotto la casetta, infatti, risulterebbe sommersa in caso di piena millenaria. Le chiusure sul pavimento, a quota 629,30 m, sono realizzate a tenuta.

Per allargare la luce libera tra le pile fino alla distanza regolamentare si demoliscono gli attuali due sostegni e se ne ricostruirà solamente uno in posizione centrale, opportunamente sagomato per meglio accompagnare, in caso di sfioro, la vena fluida sul paramento di valle.

La nuova portata di progetto rende necessaria inoltre la demolizione della vecchia vasca di deflusso e la costruzione di una nuova vasca dissipatrice. Sulla base dei calcoli effettuati, tale vasca si estende per circa 34 m dal giunto con il corpo diga, mantenendo la larghezza attuale. Alla fine della vasca, un gradino di 3,10 m (che si estende per altri 7,15 m) consente la dissipazione dell'energia accumulata mantenendo il risalto idraulico entro il manufatto e restituendo l'acqua in alveo alla velocità critica. In corrispondenza del gradino ed a livello della pavimentazione, una tubazione di diametro 600 mm permette di mantenere vuota la vasca in condizioni non sfioranti. Muri di altezza pari a circa 7,0 m consentono di contenere la vena fluida, anche in condizioni estreme di piena millenaria. La vasca, di spessore 130 cm, è ancorata stabilmente al fondo tramite perfo in acciaio inox inghisati per 120 cm nella roccia dell'alveo, e disposti a quinconce con passo 150 cm.

In corrispondenza dello scarico di fondo si lascia nel nuovo getto un'apertura (230\*180÷300 cm) con architrave opportunamente smussata ed imbocco ad imbuto per il regolare deflusso dell'acqua. Per poter effettuare lo sfilamento e quindi la manutenzione della paratoia, è prevista una feritoia a tutta altezza avente dimensione 200\*90 cm, in cui corrono anche le aste di comando della serranda.

#### 4. AZIONI INTRAPRESE SULLA BASE DELLE RICHIESTE DELLA DIVISIONE 4 DELLA D.G.DIGHE DEL 27.02.2017

Le richieste riguardano essenzialmente problematiche di natura geomeccanica e geotecnica, di definizione dei materiali (esistenti e da utilizzare), di natura sismica, computazionale (aspetti legati ai calcoli statici e dinamici) e di definizione di metodologie e organizzazione di cantiere.

La relazione geotecnica descrive le attività svolte sullo studio della roccia di fondazione.

Sono stati integrati i dati delle precedenti campagne geognostiche con due carotaggi e un rilevamento geostrutturale a valle del piede della diga. L'insieme dei dati è stato utilizzato per rivedere il modello geotecnico alla luce delle recenti normative e dei recenti standard geomeccanici internazionali e italiani.

Sono state eseguite le verifiche di portanza della roccia di fondazione con metodi di meccanica delle rocce appropriati a rappresentare la natura discontinua dell'ammasso roccioso di fondazione. Le verifiche tengono quindi conto della resistenza al taglio delle diaclasi e dei giunti di strato, nonché della loro orientazione in relazione ai carichi applicati alla roccia dalla diga. Nelle verifiche, eseguite sia con metodo analitici che con analisi FEM in stato di deformazione piana, sono stati utilizzati i carichi in fondazione prodotti dai calcoli strutturali. I modelli FEM hanno permesso anche di stimare il modulo di sottofondo (coefficiente di Winkler) da utilizzare nei calcoli strutturali.

Un'ulteriore verifica riguarda la roccia di fondazione nei confronti delle azioni applicate dalla vasca di dissipazione.

Infine, è stato progettato lo schermo di iniezioni impermeabilizzanti, descritto da un'apposita tavola.

La elaborazione statistica delle prove sul calcestruzzo esistente ha portato alla ridefinizione dei parametri meccanici da utilizzare nei calcoli esecutivi, mentre i materiali da utilizzare per i giunti e le riprese di getto sono definiti in una specifica relazione con relativo disegno.

L'aspetto relativo all'approfondimento sismico è stato trattato mediante esecuzione di prove in situ.

E' stata eseguita una prova dinamica ambientale per caratterizzare il comportamento dinamico dell'opera attraverso la registrazione e successiva analisi delle vibrazioni ambientali per la valutazione delle prime frequenze proprie fondamentali e relative deformate modali nella condizione di esercizio. Il comportamento dinamico rilevato sperimentalmente è stato impiegato per verificare e mettere a punto la modellazione numerica FEM della diga allo stato

di fatto.

Con le prove HVSR sulla diga e sul terreno è stato possibile identificare le modalità di vibrazione e individuare le frequenze fondamentali.

Per determinare la categoria del sottosuolo in accordo a quanto specificato al §3.2.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) è stata eseguita un'indagine sismica con stendimento MASW al fine di determinare il parametro Vs30 relativo alla velocità Vs delle onde sismiche nei 30 metri sottostanti il piano di fondazione.

Le prove dinamiche ambientali sono servite per la calibrazione del modello di calcolo FEM, che è stato rivisto e aggiornato anche per quanto riguarda l'interfaccia con il sottosuolo, sulle risultanze delle prove dinamiche in sito e delle considerazioni espresse nella relazione geotecnica.

Nel modello è stato anche considerato il comportamento reologico del calcestruzzo per studiare i fenomeni di ritiro e lo sviluppo della temperatura nei getti massivi per poter definire la tempistica dei getti dei conci di appesantimento.

Una relazione dedicata studia i problemi della cantieristica e illustra un cronoprogramma dei getti di appesantimento sulla scorta degli esiti dei calcoli sopra citati.

Prove preliminari sui materiali da utilizzare nei lavori e prove in corso d'opera per verificare la bontà della esecuzione delle opere e confermare il corretto funzionamento dei sistemi di ancoraggio progettati vengono trattati in un documento dedicato.