



Green Power

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



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



STRATEGIES FOR WATER



con la consulenza di **WATERWAYS**

TITOLO

**DISCIPLINARE PRESTAZIONALE**

CODICE OPERA

**C732**

CODICE ELABORATO

**R208**

REVISIONE	DATA	NOTE
0	30/4/22	Prima emissione

Con la consulenza di

**WATERWAYS**

Contratto:	n° 1401366462
Oggetto:	<b>IMPIANTO DI RIGOSO_ DIGA DI LAGO BALLANO E LAGO VERDE: SERVIZI DI PROGETTAZIONE</b>
Data contratto:	5 giugno 2020
Durata:	36 mesi
Cliente:	<b>Enel Green Power S.p.A.</b>
Gestore del Contratto	Ing. Federica Cella
Gestione Tecnica	Ing. Luca Dal Canto
ATI:	STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l. (Mandataria) Frosio Next S.r.l. (Mandante) Waterways S.r.l. (Consulente)
ATI PM:	Gianluca Gatto
ATI Staff	Federico Bisci, Gioele Filippi, Piero Civollani, Fabrizio Cassone, Simone Di Lorenzo, Alessandro Ferrera, (Speri) Matteo Rebuschi, Luigi Papetti, Caterina Frosio (Frosio Next) Luciano Serra, Federico Marini, Anxhela Zaza (Waterways)

Storia del documento

Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Note
0	30/4/22	LSE	GGA	GLU	Prima emissione

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

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

## INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
2. IMPIANTO E CONDOTTA DEL CANTIERE, RIPRISTINI.....	1
3. DEVIAZIONE PROVVISORIA.....	3
4. SCAVI E RILEVATI.....	4
5. MATERIALI.....	5
5.1 GENERALITÀ.....	5
5.2 CALCESTRUZZO .....	6
5.3 ACCIAIO .....	7
5.4 BOIACCA PER INIEZIONI .....	7
5.5 GEOTESSILE NON TESSUTO .....	7
5.6 GABBIONI.....	8
6. DEMOLIZIONI DELLA DIGA.....	9
7. DEMOLIZIONE E SISTEMAZIONE DELLO SFIORATORE ESISTENTE .....	10
8. DEMOLIZIONI NEI CUNICOLI .....	10
9. TRATTAMENTO DEL MATERIALE DA DEMOLIZIONE .....	10
10. INIEZIONI.....	11
11. LAVORI STRADALI .....	13

## 1. INTRODUZIONE

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

I due sbarramenti sono ubicati nel comune di Monchio delle Corti (PR).

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

Il progetto in esame è finalizzato al recupero della diga di Lago Verde.

A seguito dell'intervento di demolizione e di recupero lo sbarramento, con la conseguente riduzione di altezza dei paramenti e di volume invasato, si avrà il declassamento della diga di Lago Verde a diga di competenza regionale.

Il presente documento elenca le caratteristiche delle prestazioni principali necessarie per l'attuazione del progetto.

Le specifiche tecniche correnti saranno riportate nel capitolato da redigere per l'appalto, da elaborare in sede di progetto esecutivo, nella fase di lavoro prevista per la predisposizione dei documenti di contratto per l'impresa costruttrice.

In questa sede si qualificano le lavorazioni ed i metodi costruttivi per quanto opportuno, fornendo una loro caratterizzazione a livello definitivo. L'approccio è strettamente consistente con la specificità dei lavori da eseguire, per cui in questa sede si identificheranno i criteri su cui basare le lavorazioni e si forniranno i limiti e le raccomandazioni, mentre i capitolati forniranno i termini tecnici usuali ed i parametri di accettazione con cui ogni sezione delle lavorazioni sarà da eseguire, misurare e compensare.

## 2. IMPIANTO E CONDOTTA DEL CANTIERE, RIPRISTINI

La installazione del cantiere riveste una grande importanza per la sicurezza e per l'impatto ambientale, quindi dovrà essere particolarmente curata.

L'area di lavoro è all'interno di un parco naturale, quindi vi saranno specifiche direttive e regole da seguire per non disturbare, o per minimizzare il disturbo all'ecosistema.

Limiti dipendono da fattori climatici, dato che l'impianto è in quota e quindi vi saranno limitazioni per l'accesso durante i mesi invernali, e le temperature non saranno ottimali per la maturazione dei calcestruzzi.

Il trasporto dei mezzi d'opera e delle materie, da costruzione o da discarica, devono essere minimizzati per contenere gli impatti, mediante strategie idonee e scelte strategiche, come l'adozione di mezzi silenziosi, il riutilizzo dei materiali prodotti con gli scavi e le demolizioni, l'uso massimizzato dei materiali già disponibili in loco.

Limitazioni sono da prevedere nel periodo degli accoppiamenti, in primavera. La intesa con l'Ente Parco sarà fondamentale, ma l'impresa e la direzione lavori dovranno dotarsi delle competenze richieste per poter gestire il cantiere in modo ottimale nel rispetto dei requisiti ambientali e per poter dialogare efficacemente con l'Ente Parco.

I fattori di impatto di cui occuparsi maggiormente saranno i rumori e gli inquinanti, a salvaguardia dell'atmosfera e delle acque. Da non trascurare la gestione delle maestranze, che dovranno essere istruite circa le cure sull'ambiente, onde evitare comportamenti che disturbino o danneggino l'ecosistema. Si tratta quindi di dotare il cantiere delle attrezzature idonee ed ottimali, di progettare i servizi per evitare alla fonte gli impatti, di effettuare la formazione del personale e di effettuare controlli efficaci per mettere in atto le disposizioni impartite.

I ripristini saranno da curare e progettare prima dell'impianto del cantiere. Si intende che i luoghi debbono essere restituiti alle condizioni esatte in cui sono stati trovati prima dell'impianto del cantiere, il che non è banale.

Le installazioni vanno previste con strutture prefabbricate facilmente rimovibili, e i basamenti vanno rimossi e trasportati a discarica, per giunta avendo la cura di non attuare dei processi di demolizione e rimozione impattanti.

I materiali utilizzati per la costruzione e per la condotta del cantiere devono essere certificati come non tossici e non inquinanti, comunque non nocivi per la ripiantumazione e per l'ecosistema.

I rifiuti vanno contenuti e stoccati adeguatamente in depositi e contenitori per prevenirne la dispersione nell'ambiente, cosa che avverrebbe se essi venissero semplicemente accantonati in piazzali di stoccaggio. I depositi di carburante e di leganti o additivi dovranno essere contenuti adeguatamente pensando in anticipo agli inevitabili sversamenti, in modo da limitare le bonifiche finali, che sono costose ed impattanti esse stesse.

Il processo di rivegetazione delle aree occupate per il cantiere e per le piste provvisorie deve essere pianificato come parte dell'impianto cantiere, in modo da non dover rimediare alla fine delle approssimazioni o degli errori commessi per carenza di pianificazione.

Il piano di ripiantumazione dovrà tenere conto delle caratteristiche vegetazionali e climatiche dei luoghi, utilizzando le essenze locali e ricreando le associazioni ecosistemiche esistenti, anche per favorire la colonizzazione faunistica. A questo scopo uno studio naturalistico preventivo per l'identificazione delle caratteristiche attuali dell'ecosistema florofaunistico locale è essenziale.

Dato che esiste un gestore del parco, sarà assolutamente raccomandabile che la gestione del cantiere e del ripristino sia effettuata facendo riferimento all'Ente, che poi dovrà curare la gestione corrente e la tutela dell'ecosistema dopo la fine dei lavori. Sarà conveniente che della materia si occupino delle organizzazioni locali di tipo giovanile e volontaristico, che

restino sul territorio, a cui fornire risorse e con cui attuare il recupero del territorio dopo la fine dei lavori, e con cui realizzare il previsto sentiero attrezzato circumlacuale.

Questo provvedimento è raccomandabile e virtuoso e facilita la formazione di competenze e risorse nel territorio e la valorizzazione della fruizione turistica e naturalistica procurando posti di lavoro virtuosi.

Una osservazione su un argomento che non è gestito da questo progetto è costituita dal riutilizzo della ex casa di guardia. Nel progetto non si prevede una risistemazione dell'edificio ed un suo riutilizzo, e quindi si prevede l'allestimento di uffici e servizi nella radura in cui la ex casa di guardia è collocata (cantiere est).

Se si prevedesse di recuperare l'edificio e di destinarlo a un uso temporaneo per il cantiere, e poi definitivo per la gestione e per la fruizione, si eviterebbe l'onere e l'impatto di installare una parte del cantiere, destinato ad un uso temporaneo e da rimuovere alla fine dei lavori.

### 3. DEVIAZIONE PROVVISORIA

L'avandiga è necessaria per contenere eventuali piene dovute a piogge intense. Normalmente il lago si trova a quote basse e non interferisce con le lavorazioni, salvo la trincea al piede di monte della diga, per cui si prevede un sistema di aggotamento per tenere il fondo all'asciutto.

In caso di piogge intense il livello del lago potrebbe alzarsi e provocare l'allagamento dei lavori al piede di monte della diga.

Si considera anche che esiste la possibilità di accedere ai cunicoli interni della diga da monte, quando si sarà aperta la trincea al piede di monte, questo per anticipare i lavori di demolizione all'interno del corpo diga per l'alloggiamento della condotta dello scarico di fondo.

Una laminazione di piena potrebbe quindi determinare l'allagamento del cunicolo in corso di lavorazione. Il danno non sarebbe grave e l'innalzamento del livello del lago non sarebbe subitaneo, ma una buona condotta dei lavori richiederebbe comunque una protezione.

Inoltre l'avandiga è molto utile per assicurare il passaggio della pista verso lo sfioratore attuale, che altrimenti avrebbe una rampa iniziale piuttosto ripida anche per i mezzi di cantiere.

Si prevede anche un sistema di pompaggio nel lago, con una derivazione provvisoria verso valle. Questo sistema di pompaggio ha diverse funzioni:

- Alimenta il cantiere
- Consente di regolare il livello del lago mantenendo spazi di laminazione delle piene
- Consente di derivare portate a valle verso Ballano anche durante i lavori.

A parte questi criteri che saranno sostanzializzati nel capitolato d'appalto, la definizione del sistema di deviazione provvisoria, alimentazione idrica del cantiere e di protezione degli scavi dalle acque sarà responsabilità diretta dell'impresa costruttrice che materializzerà il proprio sistema autonomamente, pur rispettando i requisiti generali imposti.

## 4. SCAVI E RILEVATI

Gli scavi previsti sono contenuti, non prevedono l'uso di esplosivi, non interessano strati rocciosi, o li interessano in minima parte.

Le zone previste di scavo sono:

- Le strade e le piste di servizio durante il cantiere, scavi che interessano strati superficiali per fondare la sovrastruttura stradale, che non sarà pavimentata, ma solo trattata con impregnazioni
- La fondazione dell'avandiga
- La trincea al piede di monte della diga, che sarà a qualche profondità
- La preparazione del terreno per la realizzazione del canale fugatore dello sfioratore, per la vasca di calma, per le gabbionate di raccordo con l'alveo naturale, per la cabina di manovra dello scarico di fondo e della derivazione idrica verso l'impianto di valle a Ballano.

I materiali provenienti dagli scavi sono essenzialmente detriti morenici non consolidati e ricchi di materiali fini. Essi sono poco idonei alla preparazione di inerti, dato il contenuto in fini. Essi possono essere lavati, ma l'operazione, oltre che essere costosa, produce fanghi che non sono inquinanti ma che dovrebbero essere collocati, e che certamente non possono essere indotti nel lago.

I materiali derivati dallo scavo, tuttavia, possono essere vantaggiosamente accantonati per poter essere riutilizzati per colmare gli scavi dopo il completamento di ciascuna lavorazione.

I volumi generati sono complessivamente modesti. Se si tiene conto che lo strato superficiale organico (ivi incluse le materie organiche che si reperiscono nello strato superficiale) deve essere accantonato e riusato per le piantumazioni, e che i volumi necessari a tale finalità sono tutt'altro che trascurabili, risulta chiaro che il volume dei materiali da scavo da sistemare in via definitiva sono modesti se non scarsi,

Va valutato come trattare i resti delle essenze vegetali che derivano dall'apertura degli scavi e delle aree di cantiere. I residui di piccole dimensioni sono naturalmente parte del suolo organico, ma le ramaglie e le radici possono essere ridotte e possono andare ad arricchire il materiale richiesto per le sistemazioni finali.

L'estensione di queste sistemazioni investe:

- Le aree di cantiere
- Le sponde in destra e sinistra della diga al termine delle operazioni di demolizione dell'opera, che vanno vegetate
- La sistemazione a valle della diga lungo il canale di scarico dello sfioratore
- I tagli ed i rilevati della strada di accesso e dell'avandiga

I rilevati sono costituiti essenzialmente dall'avandiga. Il rilevato stradale praticamente non esiste, verrà naturalmente compensato con i tagli operati per l'allargamento della sede

stradale e per la regolarizzazione della livelletta.

La realizzazione dell'avandiga è primaria e va effettuata all'avvio dei lavori, presumibilmente utilizzando il materiale non organico proveniente dagli scavi per la realizzazione della trincea a monte della diga, che è contemporanea.

Possono essere messi in opera nell'avandiga anche materiali provenienti dalla prime demolizioni, ma ciò, se è vero che è fattibile, non è tuttavia probabile, dato che il materiale proveniente dallo scavo della trincea è esattamente accanto, mentre il materiale proveniente dalle demolizioni dovrebbe essere lavorato e dovrebbe seguire un percorso maggiore per essere portato a dimora.

L'avandiga potrà essere utilizzata come deposito per il materiale da utilizzare per i tombamenti successivi, dato che dopo il completamento delle opere al piede di monte della diga, alla fine del primo anno dei lavori, oppure all'avvio del secondo anno delle lavorazioni, essa non è più necessaria.

Va tuttavia considerato che essa ha una certa importanza per semplificare il passaggio della pista diretta verso lo sfioratore, dato che ne contiene la pendenza nel primo tratto.

La trincea al piede di monte della diga richiede una gestione delle acque, dato che si approfondisce e che quindi è soggetta a permeazioni dal lago e che in ogni caso è soggetta alle piogge. Si prevede un sistema di pompaggio nella trincea per recapitare nel lago le permeazioni e per mantenere all'asciutto il fondo.

Il sostegno provvisorio degli scavi sarà determinato in fase di lavorazione sulla base dell'angolo di natural riposo dei tagli provvisori di scavo, che vengono preliminarmente fissati in 1,5 su 1. In alcuni punti si renderà necessario un sostegno diverso, con micropali o equivalente, come ad esempio in corrispondenza del taglio del cunicolo di adduzione della presa dallago, che deve essere parzialmente demolito per poter inserire il torrino di manovra, e che deve essere sostenuto quando si opera in trincea per la realizzazione della fondazione del torrino e per le iniezioni del taglione,

## **5. MATERIALI**

### **5.1 Generalità**

I materiali di cui si prevede l'impiego nell'ambito del progetto e di cui il presente documento illustra sinteticamente i requisiti richiesti, sono i seguenti:

- - Calcestruzzo
- inerti
- cemento
- acqua
- additivi
- - Acciaio
- ferro tondo per cemento armato
- installazioni elettromeccaniche ed opere metalliche in genere

- Boiacca per iniezioni del taglione e del terreno aderente
- Geotessili
- Rete per gabbioni

I requisiti saranno definiti nelle specifiche tecniche e non fanno parte integrante della presente relazione

Tutti i conglomerati da impiegare nell'intervento dovranno essere sottoposti ad indagini di laboratorio prima dell'inizio dei lavori.

I requisiti richiesti sono vincolanti per l'Appaltatore e dovranno quindi essere dimostrati dall'Appaltatore medesimo prima dell'inizio dei lavori.

## 5.2 Calcestruzzo

Tutti i componenti del calcestruzzo devono rispondere a quanto prescritto dalla Normativa vigente]. In particolare le opere in calcestruzzo armato per la diga di Lago Verde riguarderanno:

- Rivestimento del paramento di monte
- Rivestimento delle pareti e del fondo dello sfioratore
- Vasca di calma dello sfioratore
- Torrino di manovra dello scarico di fondo
- Complementi dei ponticelli di accesso al torrino di manovra ed alle banchine dello sfioratore
- Completamenti della condotta dello scarico di fondo nei cunicoli attuali
- Cabina di manovra dello scarico di fondo
- - Muri di sostegno, cordoli ed opere minori

Da considerare anche i muri di contenimento diffusamente previsti in pietrame e malta cementizia, da trattare come un calcestruzzo ciclopico.

Così come riportate nella relazione sui materiali del progetto 2004 [G], l'ipotesi fatta per il confezionamento del calcestruzzo da utilizzare nel progetto di recupero della diga di Lago Verde, è di stabilire un impianto di frantumazione e di betonaggio in loco.

Prima dell'inizio delle lavorazioni l'Appaltatore sarà tenuto a presentare i risultati dello studio preliminare di qualificazione, eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio il cui utilizzo figura nel progetto, al fine di comprovare che il conglomerato proposto abbia i requisiti non inferiori a quelli richiesti.

La classificazione dei calcestruzzi è:

- Descrizione: calcestruzzo strutturale "impermeabile"
- Campo di impiego: sezioni armate e maggiormente sollecitate della diga e opere in c.a. all'aperto o in sotterraneo
- Cementi ammessi: pozzolanico conforme alla EN 197-1:2007

- Classe di esposizione ambientale: XC2+ XF1 (UNI EN 206-1:2006 – UNI 11104:2004)
- Caratteristiche degli aggregati: conforme UNI 12620/2008
- Classe di consistenza minima (UNI EN 206-1:2006 – UNI 11104:2004): S4
- Minima classe di resistenza (UNI EN 206-1:2006 – UNI 11104:2004): C32/40

### 5.3 Acciaio

L'acciaio per il conglomerato cementizio dovrà rispondere a quanto prescritto nelle NTC 2018. È previsto l'utilizzo di acciaio di armatura tipo B450C.

### 5.4 Boiaccia per iniezioni

La boiaccia per iniezioni di consolidamento del taglione preved l'impiego di una miscela "stabile" composta da cemento pozzolanico CEM IV A-32.5N (UNI EN 197-1) ed acqua. Le caratteristiche generali, indicative, sono:

Caratteristiche	Boiaccia per iniezioni
Cemento	CEM IV/A-N
A/C	ca. 0.75
Densità	C=0.9 kg/l A=0.7 kg/l 1.6 kg/l
Viscosità Marsh	38-42 s
Decantazione	Max. 5% dopo 120'
Coesione (Coesimetro a lamina)	4-5 Pa
Resistenza compressione	> 15 N/mm <sup>2</sup>

### 5.5 Geotessile non tessuto

Si prevede estensivamente l'utilizzo (fornitura e posa in opera) di geotessile non tessuto agugliato da fiocco in poliestere, per la separazione, la protezione, la filtrazione, il rinforzo in applicazioni di sistemazione dei terreni e per anti contaminamento di gabbionate e riempimenti.

Si prevedono grammatura da 300 e 1000 gr/m<sup>2</sup>, ma possono anche essere utilizzati altri pesi specifici.

Il geotessile dovrà avere:

Massa areica (EN ISO 9864):	300 g/m <sup>2</sup> ;	1000 g/m <sup>2</sup>
Spessore sotto 2 kPa (EN ISO 9863):	1.40 mm;	4.00 mm
Resistenza a trazione MD (EN ISO 10319):	2.0 kN/m	6.0 kN/m
Resistenza a trazione CMD (EN ISO 10319):	2.0 kN/m	6.0 kN
Deformazione a rottura MD (EN ISO 10319):	60%	70%
Deformazione a rottura CMD (EN ISO 10319):	80%	70%
Resistenza a punzonamento statico CBR (EN ISO 12236):	0.5 kN	1.0 kN
Diametro del foro alla prova di punzonamento dinamico (EN ISO 13433):	30 mm	10 mm
Diametro di filtrazione O90 (EN ISO 12956):	80 µm	70 µm
Permeabilità normale al piano (EN ISO 11058)	58 l/s*m	10 l/s*m

## 5.6 Gabbioni

La lavorazione prevede la fornitura e posa in opera di gabbione scatolare, autoportante, drenante, realizzato con pannelli assemblati, in rete metallica, con filo in acciaio di diametro mm 4 e maglia quadrata cm 65 x 65, compreso il riempimento con materiale proveniente dalle demolizioni, lavorato per renderlo conforme alle specifiche di accettazione dei materiali di riempimento sotto riportati.

Il filo in acciaio è caratterizzato da:

- carico di rottura a trazione superiore a 500 MPa e allungamento medio del 7% in accordo con quanto richiesto dalle norme EN 10233-8, EN 10218-1, EN ISO 6892-1;
- protezione contro la corrosione con trattamento Galfan, lega di zinco al 95% ed alluminio al 5% nel rispetto delle norme EN 10244-2 in Classe A;
- lega di protezione del filo conforme alle norme EN 10223-8 ed EN ISO 9227 per quanto riguarda le "Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina" con 1000 ore di esposizione;
- aderenza della zincatura galvanica a caldo conforme alle norme EN 10244-2, EN 10218-1, EN ISO 7802.

La resistenza al taglio delle saldature deve essere maggiore del 75% della resistenza di rottura a trazione del filo, in ottemperanza alle norme EN 10223-8 ed EN ISO 6892.

Il materiale di riempimento del gabbione è composto da pietrame caratterizzato secondo le norme EN 13383-1 e EN 13383-2 in riferimento a distribuzione granulometrica, indice di forma,

superfici frantumate, massa volumica dei granuli, assorbimento superficiale, resistenza a rottura, resistenza allo sfregamento, rilascio di sostanze pericolose, durabilità ai cicli di gelo/disgelo, durabilità alla cristallizzazione salina, analisi petrografico.

Tutti i componenti del gabbione devono risultare privi di sostanze pericolose a seguito di una valutazione realizzata seguendo le istruzioni del EOTA Technical Report 034 dell'ottobre 2015 "General BWR3 Checklist for EADs/ETAs Dangerous substances"

Il gabbione verrà montato mediante l'assemblaggio di sei pannelli, quattro laterali, uno di fondo ed uno di chiusura, muniti di particolari ganci che garantiscono un'estrema facilità e velocità nell'operazione ed assicurano la monoliticità del gabbione stesso.

Il gabbione, verrà rinforzato ed irrigidito mediante il montaggio di tiranti interni in acciaio, di diametro 6 mm, con le stesse caratteristiche del filo del gabbione, che collegano i pannelli verticali paralleli.

Dovranno essere seguite puntualmente le direttive della ditta produttrice.

Al termine della fase di assemblaggio dei pannelli in rete elettrosaldada, si procederà al riempimento mediante sistemazione manuale e meccanizzata del pietrame. Per le operazioni di legatura in cantiere del coperchio e tra i vari gabbioni, si prevede l'utilizzo di una graffiatrice pneumatica e/o manuale per punti metallici meccanizzati con diametro 3,00 mm.

## 6. DEMOLIZIONI DELLA DIGA

Le demolizioni della diga sono previste che comincino dalla spalla destra e dal coronamento, a scendere fino a raggiungere, presumibilmente nel corso del secondo anno di lavorazione, le quote finali di progetto.

La demolizione avverrà senza l'uso di esplosivi, mediante demolitori pneumatici dotati di supporto.

Bisogna prevedere dispositivi di protezione per prevenire caduta di materiale verso il basso, dato che a monte si hanno lavorazioni in contemporanea al piede della diga.

Importanti anche i sistemi di trasporto del detrito di risulta della demolizione. Questo va raccolto da terra e spostato in benne di raccolta. Per questa funzione può essere impiegato una macchina capace sia di demolire sia di caricare, o due macchine specializzata ciascuna per una delle due funzioni.

Per consentire alle macchine di operare la superficie di operazione deve essere il più possibile continua e deve scendere gradualmente con l'avanzare della lavorazione. Le macchine demolitrici e caricatori debbono restare sul piano di lavoro e scendere con esso.

Si rende quanto meno opportuno un gancio di servizio presumibilmente su una piazzuola posizionata strategicamente. Il gancio consente di sollevare le benne e caricare dei camion o dei dumper a monte della diga. Alternativamente possono essere utilizzate del canale modulari in discesa per alimentare tramogge di carico dei dumper.

I dumper trasportano il materiale demolito alle zone di deposito temporaneo e di lavorazione,

La lastra di protezione del paramento di monte, ammalorata, viene demolita manualmente, con demolitori a benzina o pneumatici, utilizzando impalcature. La demolizione avviene solo per la porzione inferiore alla quota 1505, dato che dove lo sbarramento viene tagliato integralmente la demolizione della lastra di protezione di monte è sintomatica.

## **7. DEMOLIZIONE E SISTEMAZIONE DELLO SFIORATORE ESISTENTE**

Lo sfioratore esistente viene abbandonato ma per essere messo in sicurezza se ne prevede la demolizione parziale. La demolizione interessa la soletta superiore. Il materiale proveniente dalla demolizione viene ammassato nel vano sottostante.

Questa lavorazione crea uno spazio di deposito utile per sistemare esuberanti di materiali non impiegati nelle lavorazioni, per carenza di requisiti o per eccesso di volume.

La sistemazione finale della porzione demolita prevede la posa di terreno vegetale e la piantumazione di essenze arbustive ed erbacee compatibili con l'ecosistema ed il clima locale.

## **8. DEMOLIZIONI NEI CUNICOLI**

La posa della condotta dello scarico di fondo è prevista nel sistema di cunicoli esistenti nella diga (che verranno al termine dei lavori bloccati con un tampone di sigillatura in calcestruzzo almeno nella porzione di monte).

Per la posa si rendono necessarie delle demolizioni locali da eseguirsi a mano con martelli demolitori (o eventualmente con taglio a filo diamantato, secondo le stime di convenienza dell'impresa). Dopo la posa i cunicoli saranno ritombati o con calcestruzzo o con pietrame sistemato adeguatamente, secondo le varie sezioni.

Il materiale di risulta delle demolizioni saranno utilizzati localmente per il ritombamento, dato che sono maggiori i volumi richiesti per il riempimento finale dei vani che non quelli che derivano dalla demolizione.

Possono rendersi necessari dei supporti temporanei o permanenti se si dovessero riscontrare delle instabilità locali della volta, soprattutto in corrispondenza delle tratte in pietrame a secco.

Il cunicolo terminale di 1,3 metri di larghezza non consente di posare la condotta e quindi verrà totalmente demolito con uno scavo dall'alto. Lo scavo verrà chiuso dopo la messa in opera della condotta.

## **9. TRATTAMENTO DEL MATERIALE DA DEMOLIZIONE**

Il materiale proveniente dalle demolizioni viene trattato per i diversi usi previsti, dato che è stato analizzato e risulta privo di elementi tossici ed inquinanti ed è entro i parametri previsti dalla legge.

Si prevede che esso venga utilizzato per inerte da calcestruzzo, pietrame per calcestruzzo ciclopico o gabbioni. Il materiale deve sottostare ai requisiti prescritti per ciascun uso.

Il trattamento prevede l'impiego di una macchina frantumatrice mobile, il cui scopo principale consiste nella scomposizione tra malte e materiale lapideo, almeno nella misura che consenta di conseguire delle pezzature stabili e che non si disgreghino con le lavorazioni.

La macchina frantumatrice e vagliatrice è essenziale per produrre gli inerti per il calcestruzzo di granulometria e caratteristiche controllate.

Il sistema di frantumazione può convenientemente essere anticipato da un vaglio grosso alimentato meccanicamente che consenta la preselezione delle pezzature di maggiori dimensioni, che si rendono utili per il confezionamento dei gabbioni e per essere utilizzate nei muri di pietrame e malta cementizia.

La disponibilità di un vaglio sgrassatore (grizzly) rende molto più efficiente l'impiego della macchina frantumatrice e vagliatrice che risulterà dedicata quasi esclusivamente alla produzione di inerte per calcestruzzi, diminuendo consumi di energia, rumori e polveri.

Il controllo degli inerti e del materiale da costruzione ottenuto si effettua valutando in laboratorio i seguenti parametri:

- Granulometria
- Forma
- L'angolarità o spigolosità. Può essere definita attraverso la misura della percentuale di elementi frantumati in contrapposizione alla percentuale degli elementi che hanno una o più facce tondeggianti
- Resistenza alla frantumazione (o frammentazione). Può essere quindi misurata attraverso una prova tipo Los Angeles o tipo frantumazione dinamica
- Resistenza al consumo per attrito (sulle facce e sugli spigoli)
- Resistenza all'abrasibilità. Interessa i materiali che debbono venire a contatto direttamente col traffico
- Gelività e alterabilità
- Pulizia

## 10. INIEZIONI

Dalle analisi svolte sul corpo murario aggiunto nel 1929 [A] è stata rilevata, nella parte di diga che rimarrà in opera, 10 m circa al di sotto dell'attuale quota di coronamento, la presenza di conci lapidei di forma regolare alternati con ciottoli di forma irregolare e ghiaia, con vuoti e fessure anche centimetriche proprie della muratura di pietrame a secco.

L'estesa porosità è stata indirettamente evidenziata anche dalle perdite d'acqua di perforazione registrate durante l'esecuzione dei sondaggi nel corpo diga.

Una stima dell'assorbimento medio della muratura è stata eseguita facendo variare il peso di

volume secco della muratura nel campo  $\gamma_d = 22 \div 23 \text{ kN/m}^3$  e il peso specifico dei grani del materiale lapideo nel campo  $G_s = 2.6 \div 2.7$ .

Ne deriva una porosità (volume dei vuoti/volume totale) pari a:

$$n = 1 - \gamma_d / (G_s \cdot \gamma_w) = 11 \div 18 \%$$

con un conseguente assorbimento medio pari a 150 l di miscela per  $\text{m}^3$  di muratura trattata.

Le iniezioni a progetto sono previste in fori da 66 mm eseguiti a maglia 1.41x1.41 m per tutta l'estensione del taglione in fondazione. I fori e le operazioni di iniezione saranno operati da una trincea posta al piede di monte della diga. Questa trincea consentirà di effettuare anche le lavorazioni di messa in opera della lastra di protezione del paramento di monte, a difesa del corpo murario residuo dopo la demolizione, per la parte sottoposta a carico idrico, e per la realizzazione delle fondazioni del torrino di manovra dello scarico di fondo.

Non si conosce esattamente l'estensione di questa trincea, salvo formulare ragionevoli previsioni immaginando che essa possa limitarsi a circa 25 metri di lunghezza, impegnando quindi circa il 50% dello sviluppo della diga nella sua parte contrale, riducendosi poi sostanzialmente in corrispondenza delle spalle destra e sinistra.

Questa trincea sarà dotata di un fondo in magrone per facilitare la stazione di perforazione e consentire l'aggettamento.

I fori saranno variamente inclinati per interessare tutto il corpo del taglione, estendendosi al terreno di fondazione immediatamente sottostante e retrostante per consentire la cucitura dell'opera muraria con la formazione naturale e riprendere eventuali fenomeni di erosione interna.

I fori saranno rivestiti con tubo in PVC forato per tutta la lunghezza, procedendo per tratte di circa 2 m, impiegando per la miscela cemento pozzolanico EN 197-1-CEM IVA32.5 N.

Le modalità di iniezione, le pressioni di iniezione e le caratteristiche del fluido saranno definite a fronte dei risultati ottenuti nel campo prova previsto allo scopo all'inizio delle lavorazioni.

Durante le iniezioni, per ogni foro, saranno annotati i parametri di iniezione, le quantità e le caratteristiche della miscela iniettata e quanto altro ritenuto significativo per il giudizio finale sui risultati. La loro congruenza sarà verificata con i valori scelti come ottimali nel campo prove.

Salvo diversa indicazione, saranno effettuate per ogni  $150 \text{ m}^3$  di muratura del taglione trattata e comunque prima di ogni operazione di iniezione, i seguenti controlli sulla miscela:

- Viscosità Marsh;
- Coesione mediante coesimetro a lamina;
- Decantazione dopo 15, 30, 60, 90, 120 min. mediante misura in cilindro;
- Densità.

Tali grandezze dovranno essere conformi ai valori definiti dopo la fase di qualificazione eseguita nel campo prove.

Scopo del campo prove è la definizione della migliore tecnica e delle caratteristiche della miscela da impiegare nelle iniezioni previste.

Il programma prevede la variazione dei parametri di iniezione in un campo sufficientemente

ampio e definisce i controlli da porre in atto per il raggiungimento delle finalità previste in progetto.

La pressione di iniezione sarà fatta variare per ogni blocco dal valore di 1 bar a 4 bar per step di 1 bar, iniziando la sperimentazione con la pressione di 1 bar.

In generale, l'iniezione in un foro sarà interrotta solo quando raggiunta la pressione massima questa tenderà ad aumentare oppure si verificherà un assorbimento inferiore a 5 litri in 15 minuti.

Tuttavia nel caso in cui durante l'iniezione, la miscela fuoriesca da un foro adiacente si interromperà l'iniezione in quella tratta e si passerà alla tratta successiva.

## 11. LAVORI STRADALI

Il trattamento della massicciata stradale con trattamenti di stabilizzazione a calce o a cemento consente di utilizzare vantaggiosamente i materiali presenti localmente praticamente senza sfridi, ovvero di utilizzare i materiali derivati dalla frantumazione del prodotto di demolizione di minor pregio.

Nel caso di piste soggette a traffico pesante e continuo, tipicamente durante le fasi di cantiere, le piste possono vantaggiosamente essere trattate con stese di graniglia e impregnazione di emulsioni bituminose, che consentono una migliore aderenza ed il superamento di pendenze elevate.

In ogni caso è essenziale che la massicciata stradale sia protetta con un sistema di drenaggio efficace. Il sistema di drenaggio deve prevedere una canaletta longitudinale a monte per la raccolta ed il convogliamento delle acque superficiali, e frequenti sagome trasversali per rallentare il flusso idrico superficiale.