

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 1 di 20

Impianto idroelettrico di Coghinas – Diga di Muzzone

Renewable Energies Italy - O&M Hydro Italy
 Northern Central Area - Territorial Unit Cagliari - UE Coghinas

Comune di Oschiri - Provincia di Sassari

Ripristino dello scarico di fondo

Progetto Esecutivo

Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo

Specifica Tecnica

IL COMMITTENTE  ENEL GREEN POWER ITALIA SRL Renewable Energies Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area		05.01.2024	
		DATA	ING. M. SESSEGO
IL PROGETTISTA  LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI Lombardi SA Ingegneri Consulenti Via Rinaldo Simen, 19 6648 Minusio (Svizzera)		05.01.2024	
		DATA	ING. M.BRAGHINI
IL DIRETTORE LAVORI		L' INGEGNERE RESPONSABILE	
		05.01.2024	
		05.01.2024	
DATA		DATA	ING. M. ARU
		DATA	ING. A.BALESTRA

LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI



Lombardi SA Ingegneri Consulenti
 Via del Tiglio, 2, C.P. 934
 6512 Bellinzona Giubiasco (Svizzera)

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 2 di 20

B	05.01.2024	Agi/MFr	Bal
A	25.08.2022	AGi/MFr	Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
 Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
 Telefono +41(0)91 735 31 00
 www.lombardi.group, info@lombardi.group

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 3 di 20

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	Contesto generale e scopo del lavoro	4
1.2	Struttura del rapporto	6
1.3	Documenti di riferimento	6
1.3.1	Documenti del progetto definitivo e di istruttoria	6
1.3.2	Riferimenti normativi e linee guida	8
1.3.3	Indagini sul corpo murario principale	8
1.4	Elaborati di progetto	8
2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
2.1	Generalità	9
2.2	Condizioni dello scarico di fondo	11
3.	PROGETTO	13
3.1	Premessa	13
3.2	Descrizione del progetto	13
4.	CAMPO PROVE	16
4.1	Consistenza delle Murature	16
4.2	Dimensionamento del Campo Prova	17
4.3	Campo prova per la perforazione	18
4.4	Campo prova per il fissaggio della paratia di contenimento	19
4.5	Report Campo Prova	19

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 4 di 20

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

Enel Green Power Italia S.r.l. – O&M Hydro Italy – Area Centro Nord – Unità Territoriale di Cagliari, nel seguito Enel GP, Gestore dell'impianto idroelettrico di Coghinas, nel Comune di Oschiri (OT), ha incaricato nel luglio 2020 Lombardi SA per attività d'ingegneria relative alla diga di Muzzone.

Obiettivo dell'incarico è la progettazione esecutiva dell'intervento di ripristino dello scarico di fondo, da sviluppare sulla base del progetto definitivo realizzato da Enel GP nell'aprile del 2016 ed approvato dall'Autorità di Controllo, Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari (in seguito, UTDC), Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche (in seguito, DGD) del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con nota n. 27175 del 14/12/2020.

Rispetto al progetto definitivo approvato, Lombardi SA ha proposto in fase di progettazione esecutiva l'innalzamento dello sbocco del nuovo scarico di fondo, con quota terminale dell'asse dello scarico che passa dalla quota 113.10 m s.l.m alla quota 121.20 m s.l.m. Le motivazioni della variante tecnica sono ascrivibili ad una ottimizzazione del disegno tecnico:

- la necessità di eseguire le opere a progetto mantenendosi al di sopra delle quote del rigurgito delle acque scaricate a valle dagli scarichi intermedi, di cui è previsto l'utilizzo per il controllo del livello d'invaso del Coghinas a quota di sicurezza durante i lavori;
- la scelta di allontanare verso valle rispetto alla diga il punto di maggior dissipazione energetica delle acque scaricate, a mezzo di uno ski-jump, da realizzare al termine del nuovo scarico, evitando in questo modo possibili erosioni puntuali a ridosso della diga.

Il progetto definitivo sviluppato da Enel GP è stato approvato con alcune prescrizioni. In particolare, nella Relazione Istruttoria del dicembre 2020, N. Arch. S.N.D. 91, trasmessa in allegato alla nota citata, al capitolo 5. Conclusioni, si prescrive quanto trascritto nel seguito

- *in merito alle verifiche di sicurezza:*
 - *per quel che riguarda le valutazioni della sicurezza conseguenti all'aumento della quota di massimo invaso di progetto (NTD2014, §H.2.1 e §H.1), fermo restando quanto già disposto con la nota 26286/RU del 03/12/2020, con la quale si è chiesto al Concessionario/Gestore di aggiornare e completare le verifiche di sicurezza della diga, si specifica che l'esito di tali verifiche sarà vincolante per il prosieguo dell'iter approvativo del progetto del nuovo scarico di fondo, di cui alla presente istruttoria.*
 - *per quel che riguarda le valutazioni della sicurezza conseguenti all'intervento di ripristino dello scarico di fondo (NTD2014, § H.2.3), nel prendere atto delle positive risultanze delle verifiche presentate, tenuto conto anche di quanto affermato in occasione della riunione in vcf tenutasi il*

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 5 di 20

- 02/12/2020, si ritiene necessario che il Concessionario/Gestore provveda a fare ordine con gli elaborati nella successiva fase di progettazione, presentando i risultati delle analisi svolte con modalità conformi a quanto indicato dal cap. 10 delle NTC2018.*
- *come suggerito in progetto, si ritiene necessario programmare nuovamente il rilievo degli spessori delle condotte degli scarichi profondi entro i prossimi 5 anni.*
 - *per quanto riguarda la fase esecutiva di perforazione del corpo diga, al fine di verificare e monitorare la risposta della struttura, si ritiene necessario che prima dell'inizio dei lavori il Concessionario/Gestore:*
 - *esegua un attento campo prove, durante il quale venga individuata la migliore tecnologia di scavo da adottare e le conseguenti modalità di scavo;*
 - *predisponga un "piano speciale di monitoraggio dell'opera" che consenta di controllare, durante le fasi di perforazione, le varie parti della diga e degli scarichi in essa realizzati.*

Scopo del presente rapporto è la **Specifica Tecnica relativa al Campo Prove** per l'identificazione della miglior tecnologia di scavo da adottare. I contenuti del rapporto sono dunque i seguenti:

- una descrizione generale dell'opera con particolare riferimento alle consistenze murarie rilevate dalle indagini eseguite;
- una descrizione del progetto, con le informazioni necessarie per l'impianto da parte dell'appaltatore del campo prova per le tecnologie di prevista applicazione.

Lo scopo è la verifica dell'applicabilità delle modalità tecniche previste dal progettista per l'esecuzione della perforazione del nuovo scarico nel corpo diga, secondo le geometrie del progetto esecutivo.

Sulla base della presente specifica, l'Appaltatore provvederà a predisporre un proprio Method Statement preliminare all'esecuzione del campo prova, con descrizione delle tecnologie di scavo che intende proporre e di conseguenza delle modalità di implementazione del campo prova che ritiene più opportune e adeguate. Il documento sarà sottoposto alla valutazione preliminare di Enel GP, e della Direzione Lavori.

Per quanto riguarda le modalità di scavo, si richiede che l'Appaltatore, dopo l'esecuzione del campo prove, provveda ad emettere un proprio rapporto tecnico di esecuzione e di valutazione comparativa delle tecnologie applicate verso il Committente Enel GP ed al Direttore Lavori, comprendente:

- valutazione degli aspetti di sicurezza per il personale impegnato;
- valutazione degli aspetti di sicurezza generale dello scarico e dell'opera di ritenuta, con particolare riferimento agli accorgimenti finalizzati ad evitare perdite di portata non controllate anche di limitata entità (iniezioni di impermeabilizzazione preliminari nelle murature, iniezioni di impermeabilizzazione in avanzamento durante lo scavo della cavità del nuovo scarico, foro guida da utilizzare per il monitoraggio di eventuali venute d'acqua attraverso le murature durante lo scavo, controlli dimensionali periodici sullo scavo, ecc.);

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 6 di 20

- rapidità e facilità dell'esecuzione;
- qualità attesa finale dell'installazione;
- riduzione delle esigenze di manutenzione delle nuove opere.

Le valutazioni di sicurezza dovranno essere riferite sia alla soluzione di scavo da valle, con installazione in avanzamento o finale del rivestimento metallico e delle paratoie, che alla soluzione di scavo da monte, eseguita dall'interno della camera limitata dalla paratia di contenimento, in questo caso da realizzare con dimensioni ed accessi dall'esterno adeguati alle attività.

Sulla base dei risultati, l'Appaltatore provvederà, in funzione delle conseguenti valutazioni dei risultati ottenuti, all'emissione di un proprio Method Statement con dettaglio di ogni lavorazione per la successiva esecuzione, da sottoporre all'approvazione di Enel GP e del Direttore Lavori.

Il documento, definitivamente approvato, sarà il riferimento tecnico finale per l'esecuzione.

1.2 Struttura del rapporto

Il presente rapporto ha la seguente struttura:

- **Capitolo 1:** contiene l'introduzione al lavoro;
- **Capitolo 2:** descrive brevemente le caratteristiche della diga esistente e la condizione dello scarico di fondo allo stato attuale;
- **Capitolo 3:** presenta una breve descrizione degli interventi proposti nel progetto;
- **Capitolo 4:** descrive le informazioni disponibili sulle murature e quindi riporta le prescrizioni per la campagna di prova.

1.3 Documenti di riferimento

1.3.1 Documenti del progetto definitivo e di istruttoria

Per la redazione del presente rapporto è stato fatto riferimento ai documenti elencati nel seguito, compresi nella documentazione d'incarico ricevuta da ENEL GP:

- [1] Diga di Muzzone in comune di Oschiri (SS) (n. arch. S.N.D. 91). Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, F.C.E.M. (1999).

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 7 di 20

- [2] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Relazione idrologica e idraulica, 2016.
- [3] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Relazione tecnico illustrativa, 2016.
- [4] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Relazione sulle modalità operative, 2016.
- [5] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Tavole di progetto, 2016.
- [6] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Integrazioni, 2019.
- [7] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Aggiornamento ed integrazioni verifiche di sicurezza, 2019.
- [8] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Verifiche di sicurezza in relazione al nuovo massimo invaso, 2019.
- [9] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Caratterizzazione geologica e geomeccanica della roccia di fondazione, 2019.
- [10] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Div. 5 – Coordinamento Controllo Dighe in Esercizio – Diga di Muzzone sul fiume Coghinas, in comune di Oschiri (SS), n° arch. S.N.D. 91 – Nota 26286/RU del 03/12/2020 – Verifiche di sicurezza in relazione al nuovo livello massimo invaso. Richiesta aggiornamento e completamento delle verifiche – Relazione Istruttoria.
- [11] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Div. 5 – Coordinamento Controllo Dighe in Esercizio – Diga di Muzzone sul fiume Coghinas, in comune di Oschiri (SS), n° arch. S.N.D. 91 – Nota 25312/RU del 25/11/2020 – Studio idrologico-idraulico – Parere.
- [12] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Div. 5 – Coordinamento Controllo Dighe in Esercizio – Diga di Muzzone sul fiume Coghinas, in comune di Oschiri (SS), n° arch. S.N.D. 91 – Progetto Definitivo di

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 8 di 20

Ripristino dello Scarico di Fondo – Progetto Definitivo 2016 – Integrazioni 2019 – Relazione Istruttoria.

1.3.2 Riferimenti normativi e linee guida

[13] NTD2014: Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse), di cui al D.MIT del 26.06.2014.

[14] NTC2018: Norme Tecniche per le costruzioni, di cui al D.M. del 17.01.2018.

1.3.3 Indagini sul corpo murario principale

[15] Lombardi SA, documento 2020.0240.002-GT-GEN-ST-501_02 Indagini strutturali e geognostiche, codice CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.010.02, 20 maggio 2021;

[16] Lombardi SA, documento 2020.0240.002-GT-GEN-RT-501.01 Indagini strutturali e geognostiche eseguite, codice CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.011.00, 11 gennaio 2022.

1.4 Elaborati di progetto

Il Progetto Esecutivo in oggetto è costituito degli elaborati indicati nel documento “2020.0240.002-GC-GEN-EE-001 – Elenco Elaborati”.

Nel seguito si provvede ad una descrizione sommaria del progetto finalizzata agli scopi del documento: per ogni necessario approfondimento si rimanda agli elaborati del progetto esecutivo.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 9 di 20

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

2.1 Generalità

La diga di Muzzone, costruita fra il 1924 ed il 1927, è ubicata in corrispondenza dell'omonima stretta lungo il corso del Fiume Coghinas, circa 7 km a valle della confluenza del Rio Mannu di Ozieri e del Rio Mannu di Berchidda nel Comune di Oschiri, Provincia di Sassari. La diga origina a monte un serbatoio di oltre 240×10^6 m³, con un bacino imbrifero direttamente sotteso di circa 1'900 km².

Il serbatoio permette la regolazione stagionale delle portate del fiume Coghinas sia per la produzione di energia elettrica nella sottostante centrale del Coghinas che per uso irriguo, industriale e potabile.

Dal punto di vista statico si tratta di una diga a gravità ordinaria (Aa1), a pianta rettilinea e sezione triangolare, realizzata in muratura costituita da un conglomerato cementizio composto da inerti di pezzatura variabile comprendente numerosi elementi di grosse dimensioni (inerti maggiori di 20- 40 cm), legati da malta di cemento e materiale fino.

La diga è provvista di sei giunti verticali disposti alla distanza media di circa 20 m. La tenuta dei giunti è assicurata da un pozzo verticale riempito di bitume in prossimità del paramento di monte e da un foglio di speciale feltro impermeabile applicato con una leggera incassatura. Verso l'acqua il giunto è chiuso mediante una soletta coprigiunto in cemento armato.

Il paramento di valle è rivestito in pietrame di granito con pezzatura irregolare. Il paramento di monte in calcestruzzo è rivestito con intonaco retinato impermeabilizzato con apposite vernici. Nel corpo diga, in prossimità del paramento di monte, sono predisposti pozzi verticali drenanti, collegati superiormente ed inferiormente da due gallerie d'ispezione.

Come riportato nel F.C.E.M. attuale, la diga è dotata dei seguenti organi di scarico:

- Scarico di superficie: è costituito da quattro luci di 8.00 m ciascuna, realizzate in fregio al coronamento, nella parte centrale della diga, con soglia a quota 159.70 m s.l.m., intercettate da paratoie a settore autolivellanti di m 8.00x4.30.
- Scarico di mezzofondo: è costituito da due condotti circolari affiancati del diametro di m 2.40, attraversanti la diga nella parte centrale, con l'asse a quota 138.00 m s.l.m. Sono intercettati, in prossimità dello sbocco, da due paratoie piane a strisciamento di m 2.25x2.00 a comando oleodinamico.
- Scarico di alleggerimento: consiste in una tubazione metallica del diametro di m 1.60, con asse a quota 133.50 m s.l.m. ed intercettata a valle da due paratoie piane a strisciamento di m 1.20x0.90, inserita nella sede della preesistente derivazione forzata.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
	Data 05.01.2024	
Pagina 10 di 20		

- Scarico di fondo: consiste in una tubazione metallica del diametro di m 2.20, che attraversa il corpo diga un poco obliquamente rispetto ad essa; pressoché orizzontale, sbocca a valle con asse a quota 114.15 m s.l.m. Presso l'estremità a valle è disposta una paratoia piana, ormai bloccata in posizione di chiusura a causa dell'ossidazione degli organi di manovra. Oggi l'imbocco di questo scarico risulta completamente al di sotto dei sedimenti e la tubazione è stata definitivamente chiusa con un tampone in calcestruzzo.



Figura 1: Aerofoto della diga di Muzzone.

Il bacino imbrifero comprende una vasta zona interna della parte settentrionale della Sardegna e ricade in terreni granitici e trachitici. Le sponde sono in prevalenza ricoperte da terreno vegetale con macchia mediterranea, degradanti con leggera pendenza verso l'invaso. L'alveo a valle corre tortuosamente incassato tra sponde rocciose, fino a sfociare nell'invaso di Casteldoria.

Le principali caratteristiche dell'opera si riassumono in seguito (rif. F.C.E.M.):

- altezza della diga (ai sensi del DM 24/03/1982): 58.00 m
- altezza della diga (ai sensi della L. 584/94): 54.00 m
- altezza di massima ritenuta: 50.00 m
- quota coronamento: 170.00 m s.l.m.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 11 di 20

– quota di massimo invaso:	166.00	m s.l.m.
– quota di massimo invaso rivalutata:	167.60	m s.l.m.
– quota di massima regolazione:	164.00	m s.l.m.
– quota di minima regolazione:	143.00	m s.l.m.
– volume totale d'invaso (ai sensi del D.M. 24/03/82):	283.56x10 ⁶	m ³
– volume d'invaso (ai sensi della L. 584/94):	258.74x10 ⁶	m ³
– volume utile di regolazione:	223.90x10 ⁶	m ³
– portata di massima piena di progetto:	1'200	m ³ /s

2.2 Condizioni dello scarico di fondo

Attualmente lo scarico di fondo si presenta fuori servizio ed in condizioni di sicurezza. L'imbocco di monte è completamente interrato. Una batimetria effettuata nel 1988 ha evidenziato che i sedimenti al tempo raggiungevano all'incirca quota 121.00 m s.l.m., circa 8 m al di sopra dell'imbocco dello scarico di fondo posto a quota 113.00 m s.l.m.

L'ultima batimetria effettuata nel 2011 evidenzia una quota dei sedimenti nel tratto antistante il paramento della diga di 125.50 m s.l.m., con altezza del banco fino a 12.50 m al di sopra dell'imbocco come rappresentato in **Figura 2**.

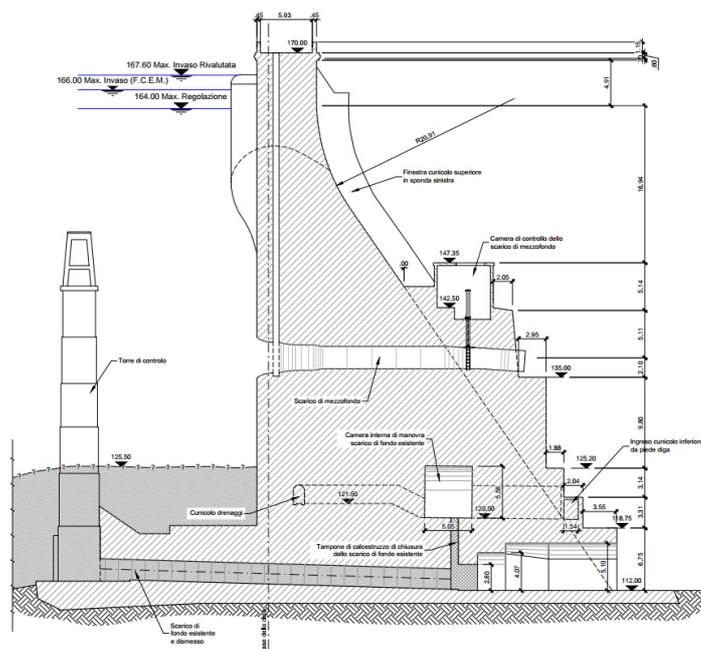


Figura 2: Diga di Muzzone – Stato di fatto: sezione del concio oggetto di intervento.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 12 di 20

Nel corso del 2012 lo scarico di fondo è stato oggetto di lavori di messa in sicurezza, con la chiusura definitiva dello scarico mediante la realizzazione di un tampone in calcestruzzo, a tergo della paratoia di intercettazione, di spessore 200 cm ed inghisato alle murature esistenti (v. **Figura 2**). Le pareti del tratto di galleria esistente a contatto con il tampone sono state rinvivate e sagomate in modo da ottenere una superficie concava che impedisca a quest'ultimo di spostarsi in virtù della sua forma geometrica. La tenuta idraulica fra vecchio e nuovo calcestruzzo è stata ottenuta tramite iniezioni effettuate, dopo la maturazione del calcestruzzo, con tubi disposti entro il getto con estremità di uscita lungo il contatto tra vecchio e nuovo calcestruzzo.

A seguito dei lavori effettuati lo scarico di fondo originario è stato pertanto messo definitivamente fuori servizio. In **Figura 3** una fotografia dello scarico di fondo della Diga di Muzzone scattata da valle in occasione del sopralluogo eseguito in data 18 settembre 2020.



Figura 3: Diga di Muzzone – Vista da valle: Stato di fatto scarico di fondo e scarico di alleggerimento.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 13 di 20

3. PROGETTO

3.1 Premessa

Il progetto esecutivo è finalizzato al ripristino dello scarico di fondo della diga di Muzzone. Il nuovo scarico in progetto è costituito da una tubazione in acciaio alloggiata all'interno del corpo diga con imbocco ad una quota superiore rispetto al livello attuale dell'interrimento e dotato di due paratoie piane di intercettazione poste in prossimità dell'uscita della condotta dal corpo diga.

L'asse dello scarico in prossimità dell'imbocco è ubicato a quota 127.50 m s.l.m. mentre l'uscita è prevista con asse a quota 121.20 m s.l.m., ovvero 8.10 m al di sopra rispetto a quanto inizialmente previsto in fase di progetto definitivo (v. **Figura 4**).

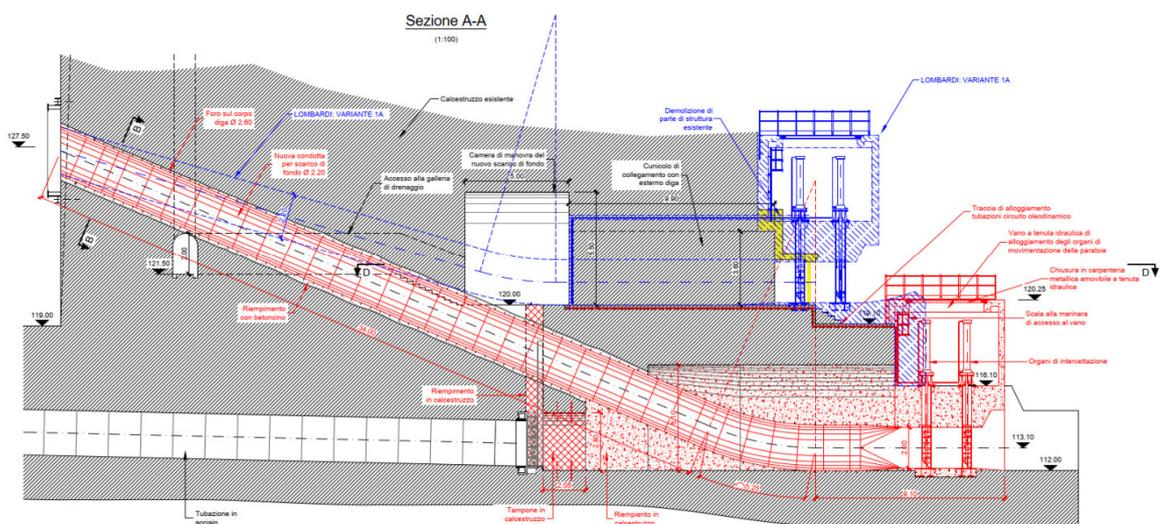


Figura 4: Sezione del nuovo scarico di fondo (rosso: progetto definitivo ENEL, blu: variante Lombardi).

3.2 Descrizione del progetto

La costruzione del nuovo scarico di fondo richiede la perforazione di un foro di diametro 2'600 mm nel concio della diga contenente lo scarico di fondo esistente. La tubazione metallica da inserire all'interno della perforazione è prevista con diametro interno pari a 2'200 mm, spessore 15 mm ed annegata nel betoncino di riempimento utilizzato per l'inghisaggio.

Lo scarico sarà composto da un primo tratto inclinato collegato tramite raccordo curvo ad un tratto finale orizzontale, sezionato nella parte terminale da due paratoie piane di intercettazione

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 14 di 20

immediatamente a valle dell'uscita dal corpo diga. L'asse dell'imbocco è a quota 127.50 m s.l.m., mentre quello dell'uscita è a quota 121.20 m s.l.m. come rappresentato in **Figura 5**:

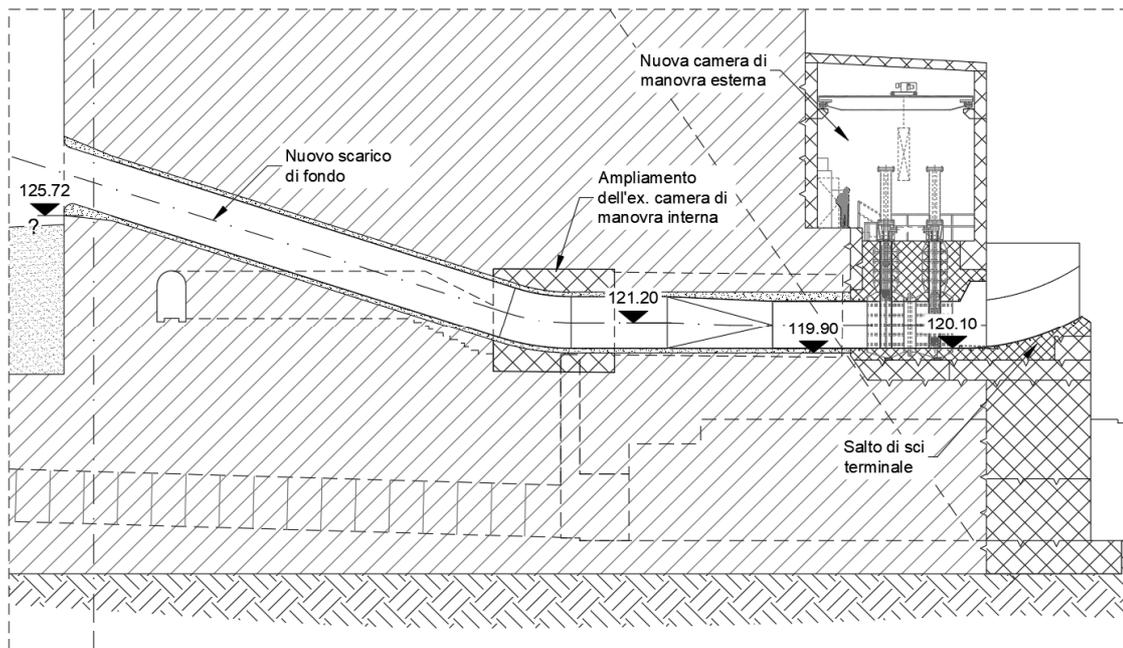


Figura 5: Sezione in asse al nuovo scarico di fondo in corpo diga.

Al fine di evitare interferenze con i cunicoli e le gallerie interne presenti nel concio in questione e mantenere dunque una singola linea d'asse del condotto lungo la perforazione, il tracciato planimetrico del nuovo scarico risulta spostato in pianta di ca. 4.0 m rispetto all'originale. Per questa nuova posizione, si prevede l'ampliamento verso destra dell'ex camera di manovra interna e il suo utilizzo come area di scavo e montaggio. La vecchia camera di manovra superiore sarà utilizzata come camera di scavo e montaggio, e per questo scopo se ne prevede l'allargamento e la modifica dell'accesso dall'esterno, previsto a partire dal camminamento alla quota 119.10 m s.l.m.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 15 di 20

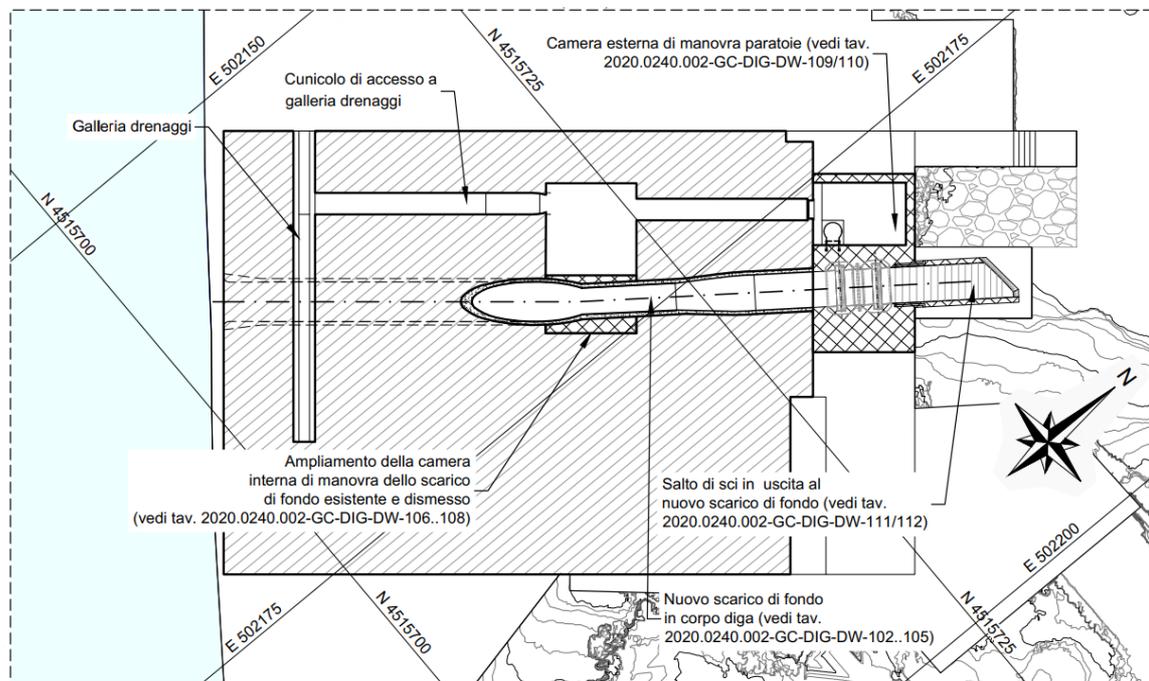


Figura 6: Rappresentazione in piante del nuovo scarico di fondo in corpo diga.

Oltre a quanto esposto, il progetto prevede:

- inghisaggio del gomito dello scarico all'interno dei volumi della camera di montaggio e blindaggio del tratto finale in uscita di sezione quadrata 2'000 mm x 2'000 mm;
- installazione delle due paratoie allo sbocco dello scarico ed all'interno di una camera di manovra esterna, al di sopra del battente lato valle creato dall'esercizio degli scarichi (paratoia di esercizio e paratoia di manutenzione);
- evacuazione delle portate in uscita dallo scarico di fondo mediante uno ski-jump opportunamente dimensionato per la dissipazione in aria dell'energia della portata scaricata.
- deviazione del tratto finale in orizzontale di tre gradi rispetto alla direzione monte-valle, al fine di evitare che il getto d'acqua in uscita vada ad impattare contro lo sperone in roccia sulla sponda destra, su cui si ubica il cosiddetto "edificio Torretta".

La geometria di dettaglio dello scarico di fondo, camera di manovra e del salto di sci è rappresentata nelle tavole progettuali 2020.0240.002-GC-DIG-DW-101/.../105, 109/.../112.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 16 di 20

4. CAMPO PROVE

4.1 Consistenza delle Murature

Dal punto di vista dell'impianto di un campo prova che sia in grado di dare risultati effettivamente significativi al fine della verifica dell'applicabilità delle soluzioni tecniche di perforazione previste a progetto od in alternativa proposte dall'impresa, è necessario che le condizioni del campo riproducano, in scala geometrica di prototipo 1:1 od in scala di modello ridotto (in ogni caso non al di sotto di 1:2), le caratteristiche delle opere murarie del corpo della diga, con particolare riferimento alle caratteristiche meccaniche di resistenza effettiva delle parti murarie del corpo diga nei volumi interessati dai lavori (concio principale dello scarico di fondo).

La costruzione è stata eseguita con calcestruzzo con inerti di classe granulometrica variabile da ordinaria a ciclopica (queste confermate dalle indagini eseguite, dove risultano evidenti grosse pezzature).

Dalle indagini eseguite da TECNO IN Geosolutions S.p.A. nel 2021,[16], il concio verticale attraversato dagli scarichi profondi e dalla tubazione di presa mostra una costruzione eseguita per strati con inerti di diversa pezzatura, eventualmente intasati con malta.

Sulla base della stratigrafia del sondaggio P1, e dei carotaggi interni nei cunicoli si ricavano le seguenti indicazioni sulle murature da riprodurre nell'ambito del campo prova:

- Gli strati in conglomerato cementizio sono in calcestruzzo ordinario, con inerti locali, granulometria ordinaria, con caratteristiche di resistenza da prove di laboratorio su campioni di grande diametro P1 a P5 come da Figura 7 in [16].
- Il materiale lapideo ciclopico delle murature è leucogranito con diabase, con caratteristiche di resistenza da prove di laboratorio su campioni C1 a C10 come da Figura 11 in [16].
- Durante la campagna di prove non è stato possibile, per la frantumazione dei campioni, ricavare alcuna informazione sulla malta utilizzata per l'intasamento degli strati in materiale ciclopico. In ogni caso si suppone si tratti di una malta non particolarmente resistente e comunque poco compatta (si veda al proposito l'esito delle prove Lugeon LG1 ed LG3 eseguite all'interno degli strati in muratura, rif. All. 2 in [16]).

Non è prevista l'esecuzione del campo prova direttamente sulle opere murarie della diga, per motivi di sicurezza dell'opera.

Tutte le forniture ed apprestamenti necessari per il campo prova sono a carico dell'Appaltatore.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 17 di 20

4.2 Dimensionamento del Campo Prova

Le prove potranno essere eseguite sia presso la diga, in un'area che Enel GP metterà temporaneamente a disposizione all'interno dei sedimi di proprietà, sia in un'area presso l'Appaltatore: in ogni caso i materiali lapidei da impiegare dovranno essere della stessa qualità di quelli presenti nelle opere murarie esistenti (inerti e blocchi da leucograniti e diabase).

Nel caso le prove siano eseguite in un'area messa temporaneamente a disposizione da parte di Enel GP, questa dovrà essere ripristinata nelle condizioni originarie dopo l'esecuzione del campo prova ed in ogni caso prima dello sgombero del cantiere dopo l'esecuzione dei lavori principali.

Per l'esecuzione del campo prova valgono tutte le disposizioni di tutela ambientale previste per l'intervento principale, così come sono da ritenersi egualmente da applicare le disposizioni ai fini safety presenti per l'attività di perforazione nello specifico capitolo del PSC.

Fra le prescrizioni a tutela ambientale a carico dell'impresa esecutrice è compreso il controllo della qualità delle acque risultanti dalle perforazioni eseguite nel campo prova, aspetto di maggior rilievo ambientale delle modalità esecutive previste.

Nella costruzione dell'elemento di muratura da sottoporre a perforazione si adotteranno le seguenti prescrizioni:

- Costruzione di un elemento in muratura da perforare per ogni tipo di tecnologia di perforazione da sottoporre a test.
- L'appoggio in fondazione del corpo murario, considerate le sue dimensioni, dovrà essere perfettamente stabile sul piano di imposta, questo preferibilmente in roccia.
- Poiché la struttura muraria è temporanea non si ritiene per questa necessario uno specifico titolo amministrativo autorizzativo.
- Spessore del corpo murario: non inferiore a 2 volte il diametro di perforazione D, e questo a sua volta non inferiore a 0.5 volte il diametro netto di progetto ($D \geq 1.40$ m).
- Larghezza e altezza: tali da garantire su tutti i lati della perforazione la presenza di uno spessore di muratura non inferiore ad $0.8D$, con la sola eccezione nella parte inferiore dove il limite è a $0.5D$.
- Inclinazione in avanzamento della perforazione: come da progetto.
- Gli strati di muratura (calcestruzzo ordinario e muratura di massi ciclopici intasata con malta) saranno di spessore e posizione tali da riprodurre per quanto possibile e con il fattore di scala prescelto la stratigrafia rilevata dal sondaggio alla profondità di perforazione.
- La muratura sarà sottoposta a maturazione di durata non inferiore a 30 gg dalla data di conclusione della costruzione prima dell'avvio della perforazione prevista.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 18 di 20

- Dalla muratura saranno, preliminarmente alla perforazione principale, prelevati con carotiere ed in punti non interessati dalla perforazione alcuni provini cilindrici da sottoporre a prove di laboratorio: prima dell'inizio della perforazione i risultati delle prove di laboratorio saranno confrontati con le resistenze rilevate dai campioni ricavati nella campagna di indagine al fine di valutarne la significatività e rappresentatività della situazione di fatto delle opere murarie della diga.
- Gli strati in calcestruzzo ordinario saranno realizzati con classe di resistenza C12/15, XC2, massa volumica dell'ordine di 2200 kg/m³ (rif. Figura 11 in documento [16]).
- Gli strati in muratura saranno realizzati con blocchi lapidei di leucogranito e diabase a cui sarà applicato lo stesso fattore di scala adottato per la perforazione (dimensioni dell'ordine di 20-40 cm per lato principale), possibilmente con caratteristiche di resistenza assimilabili a quelle ricavate dalla campagna di indagini geognostiche (rif. Figura 7 in [16]).
- Per quanto riguarda la malta di intasamento, non sono al momento disponibili dati ottenuti dalla campagna geognostica: le relative caratteristiche dovranno essere proposte per l'approvazione dall'Appaltatore ad Enel GP ed al Direttore Lavori previa una campagna speditiva in posto con sclerometro e valutazioni a vista eseguite sulle parti visibili degli strati in muratura all'interno dei cunicoli.

4.3 Campo prova per la perforazione

Dopo la maturazione del blocco murario, si darà corso alla perforazione con lo stesso personale e con le stesse attrezzature proposte dall'Appaltatore, in riferimento alle tecnologie ammesse per l'intervento:

- a) Idrodemolizione in alta pressione
- b) Taglio con filo diamantato
- c) Taglio con corona perimetrale di carotaggi
- d) Splitter meccanici
- e) Altre tecniche eventualmente proposte dall'Appaltatore

Durante la perforazione si provvederà all'impianto delle misure di controllo di stabilità dimensionale ai fini di sicurezza all'interno della perforazione secondo le indicazioni di specifica, per verificarne la fattibilità, l'efficacia e l'interferenza con i lavori degli schemi di misura proposti sulle basi fisse da installare in avanzamento.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 19 di 20

Nel caso la tecnologia di perforazione proposta in prova sia giudicata inefficiente od inadeguata, la prova potrà essere sospesa prima del completamento della perforazione e l'appaltatore dovrà provvedere al reimpianto della perforazione con l'impiego di diversa tecnologia.

Il riuso della muratura non completamente perforata ed eventuali interventi di risarcimento (con relative modalità), in alternativa alla costruzione di un nuovo blocco murario, saranno valutati dal Committente e dalla Direzione Lavori, secondo l'effettivo avanzamento.

4.4 Campo prova per il fissaggio della paratia di contenimento

La principale difficoltà nella realizzazione del nuovo scarico consiste nell'eseguire la perforazione nel corpo diga in presenza di un battente idraulico sul lato di monte, ridotto al minimo per quanto consentito dalle obbligazioni di esercizio dell'invaso e dagli organi di scarico disponibili, ma comunque significativo.

Per superare questa difficoltà si prevede il collocamento di un guscio a tenuta idraulica sul paramento di monte in prossimità dello sbocco della perforazione. Questo elemento avrà dunque l'importante funzione di isolare l'area di esecuzione dell'intervento in progetto dall'invaso e garantire l'esecuzione delle lavorazioni in totale sicurezza.

Anche per il fissaggio a tenuta idraulica di questo elemento è prevista l'esecuzione di una specifica prova.

La superficie lato monte del blocco murario realizzato per il campo prova della perforazione, intonacata con intonaco impermeabile di qualità simile a quello utilizzato per il paramento di monte della diga secondo indicazioni della Direzione Lavori, sarà utilizzata per una prova di fissaggio a tenuta idraulica di un fondello di dimensioni D=60 cm mediante lo stesso sistema di fissaggio meccanico ed i prodotti di sigillatura iniettabili di previsto utilizzo per l'intervento di perforazione principale a progetto.

La tenuta del fondello e del fissaggio al paramento sarà verificata mediante messa in pressione per alcune ore, con valori a gradini, fino al massimo carico di progetto, secondo modalità di dettaglio espresse dall'impresa nel proprio Method Statement per l'esecuzione del campo prova, e quindi valutate ed approvate da Enel GP e dalla Direzione Lavori.

4.5 Report Campo Prova

In corso d'opera l'Assistente di Cantiere dell'Appaltatore dovrà provvedere a:

- Documentazione fotografica, con adeguata frequenza (piu' volte al giorno).

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Campo Prove per l'Individuazione della Miglior Tecnologia di Scavo – Specifica Tecnica</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701
		Data 05.01.2024
		Pagina 20 di 20

- Misure di avanzamento e di controllo sulla tolleranza dimensionale, con registrazione delle produzioni effettivamente ottenute.
- Rilievo degli schemi di installazione delle attrezzature, compreso eventuali modifiche in avanzamento.
- Misure sistematiche di controllo della stabilità della perforazione, secondo le modalità e gli schemi di controllo specificati.
- Redazione di rapporti giornalieri di attività sui quali sia registrato ogni fatto rilevante relativo alla condotta tecnica dei lavori ed agli accorgimenti correttivi di volta apportati all'organizzazione di squadra ed alle attrezzature, compreso eventuali interventi puntuali di demolizione eseguiti con mezzi diversi dalla tecnologia principale sottoposta a prova, ed eventuali interventi di risarcimento.

Tutta la documentazione raccolta in corso d'opera sarà utilizzata per la predisposizione di un Rapporto del Campo Prova da parte del Direttore Tecnico dell'Appaltatore, contenente indicazioni e proposte per il generale miglioramento della prestazione in produzione e della sicurezza generale dell'attività (relativa a personale ed opere).