

	<b>IMPIANTO</b> Impianto idroelettrico di Coghinass	<b>CODICE CKS</b> <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	<b>TITOLO</b> Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	<b>CODICE INTERNO</b> 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		<b>Data 05/09/2022</b>
		<b>Pagina 1 di 20</b>

## Impianto idroelettrico di Coghinass – Diga di Muzzone

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

Comune di Oschiri - Provincia di Sassari

### Ripristino dello scarico di fondo

#### Progetto Esecutivo

### Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera (per il controllo durante le fasi di perforazione)

## Rapporto Tecnico

<b>IL COMMITTENTE</b>  <b>ENEL GREEN POWER ITALIA SRL</b> Renewable Energies Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area		05.09.2022	
		DATA	ING. M. SESSEGO
<b>IL PROGETTISTA</b>  <b>LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> Via Rinaldo Simen, 19 6648 Minusio (Svizzera)		05.09.2022	
		DATA	ING. M. BRAGHINI
<b>IL DIRETTORE LAVORI</b>	<b>L' INGEGNERE RESPONSABILE</b>	<b>IL PROGETTISTA SPECIALISTICO</b>	
	05.09.2022	05.09.2022	
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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>2</b> di <b>20</b>

A	05.09.2022	AGi/MFr	Bal
<b>Versione</b>	<b>Data</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>

**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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>3</b> di <b>20</b>

## 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.	PIANO DI MONITORAGGIO	16
4.1	Periodo di monitoraggio	16
4.2	Competenze	16
4.3	Misure di Controllo della Diga	17
4.4	Misure durante i lavori	18
4.4.1	Controlli della stabilità dimensionale	18
4.4.2	Controllo delle acque in rientrata	19
4.5	Report Periodico di Monitoraggio	19
4.6	Compenso del Monitoraggio	20

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>4</b> di <b>20</b>

# 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, UTDCA), 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 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.*

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>5</b> di <b>20</b>

- *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 il **Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera**, con la finalità di garantire, durante l'esecuzione dei lavori ed in riferimento alla fase di perforazione della cavità del nuovo scarico all'interno del corpo diga, il controllo generale dell'opera e delle opere di scarico esistenti (a cura del personale preposto delle funzioni di O&M di Enel GP) ed il controllo particolare delle aree di intervento relative alla perforazione ed alle nuove opere di valle (a cura del personale dell'impresa esecutrice), al fine di garantire a favore della sicurezza degli operatori e delle opere, in ogni condizione:

- l'immediata rilevazione di ogni condizione anomala sin dalla sua prima manifestazione;
- l'attivazione dei provvedimenti di controllo e correttivi necessari;
- l'attivazione, se necessario, di quanto previsto dai piani di emergenza dell'opera.

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 particolare riferimento alla fase di perforazione delle strutture murarie, ed alle relative tecnologie applicabili (queste, al momento, alla discrezione di scelta dell'impresa appaltatrice fino all'assegnazione del contratto);
- la descrizione dei controlli previsti a livello generale e particolare, con le relative modalità, frequenza, ed attribuzione sia per l'esecuzione diretta che per la valutazione ed interpretazione speditiva dei risultati delle misure.

Lo scopo è evidentemente il controllo di sicurezza tempestivo e predittivo per tutti i possibili eventi locali e generali che possano coinvolgere l'opera di ritenuta durante l'esecuzione della perforazione del nuovo scarico nel corpo murario, secondo le geometrie del progetto esecutivo e con le modalità infine prescelte come ottimali.

Si precisa che il presente documento costituisce il progetto definitivo del dispositivo di controllo, ed è riferito a controlli dimensionali quantitativi ritenuti applicabili per qualsiasi modalità di scavo della perforazione prescelta: potrà essere modificato con accordi fra Committente/Proprietario, Appaltatore

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>6</b> di <b>20</b>

e Progettista/Direzione Lavori sulla base del Method Statement per l'Esecuzione che l'Appaltatore è obbligato a redigere dopo l'esecuzione del campo prove di cui al documento [17]: all'Appaltatore è richiesto inoltre di valutare e fare proprio il presente documento, preliminarmente all'esecuzione del campo prove, integrando ogni modifica proposta al sistema di controllo per modalità operative e frequenza all'interno dello stesso Method Statement, sulla base delle conseguenti valutazioni dei risultati ottenuti.

L'eventuale aggiornamento del presente documento, sottoposto anche alla valutazione dell'Ingegnere Responsabile dell'Opera e quindi definitivamente approvato dalle parti, sarà il riferimento tecnico finale per l'esecuzione dei controlli in corso di 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 i metodi di misura e controllo previsti, con le relative attribuzioni delle misure.

## 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).
- [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.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>7</b> di <b>20</b>

- [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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>8</b> di <b>20</b>

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*”.

Fra questi si ritiene di assumere a riferimento particolare:

[17] Lombardi SA, documento 2020.0240.002-GC-DIG-ST-701.00 Campo Prove, codice CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00, 25 agosto 2022.

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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>9</b> di <b>20</b>

## 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 240x106 m<sup>3</sup>, con un bacino imbrifero direttamente sotteso di circa 1'900 km<sup>2</sup>.

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 20-40cm), 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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>10 di 20</b>

- 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.

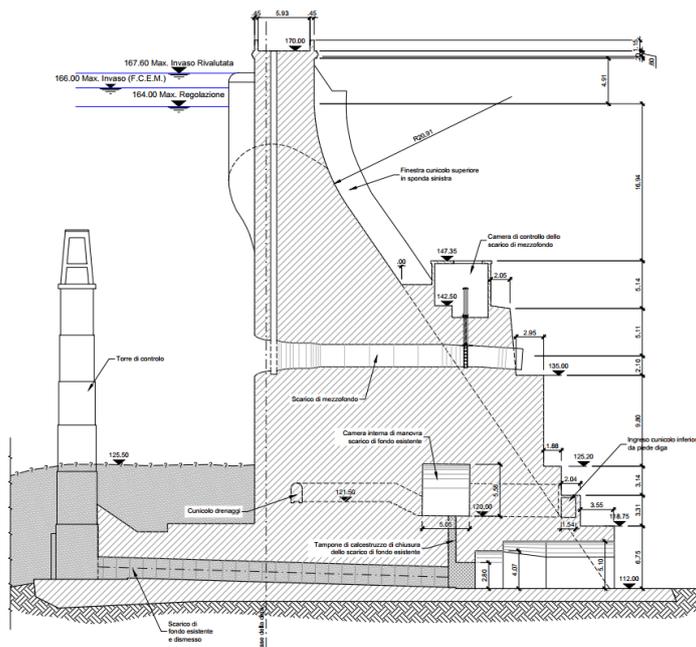
	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>11</b> di <b>20</b>

- 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<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- volume d'invaso (ai sensi della L. 584/94): 258.74x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- volume utile di regolazione: 223.90x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- portata di massima piena di progetto: 1'200 m<sup>3</sup>/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.

La 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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>12</b> di <b>20</b>

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.

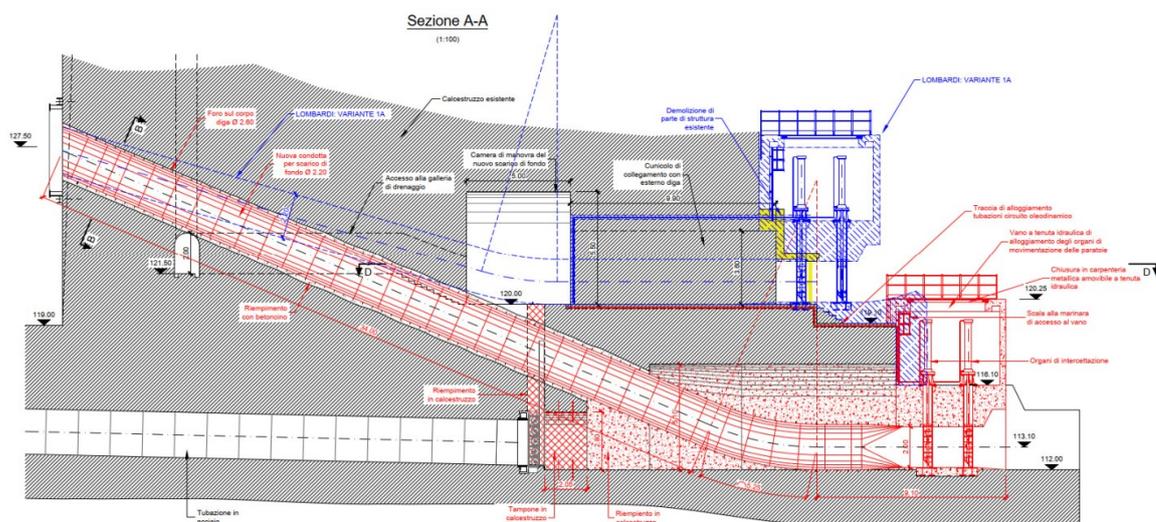
	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>13 di 20</b>

### 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).

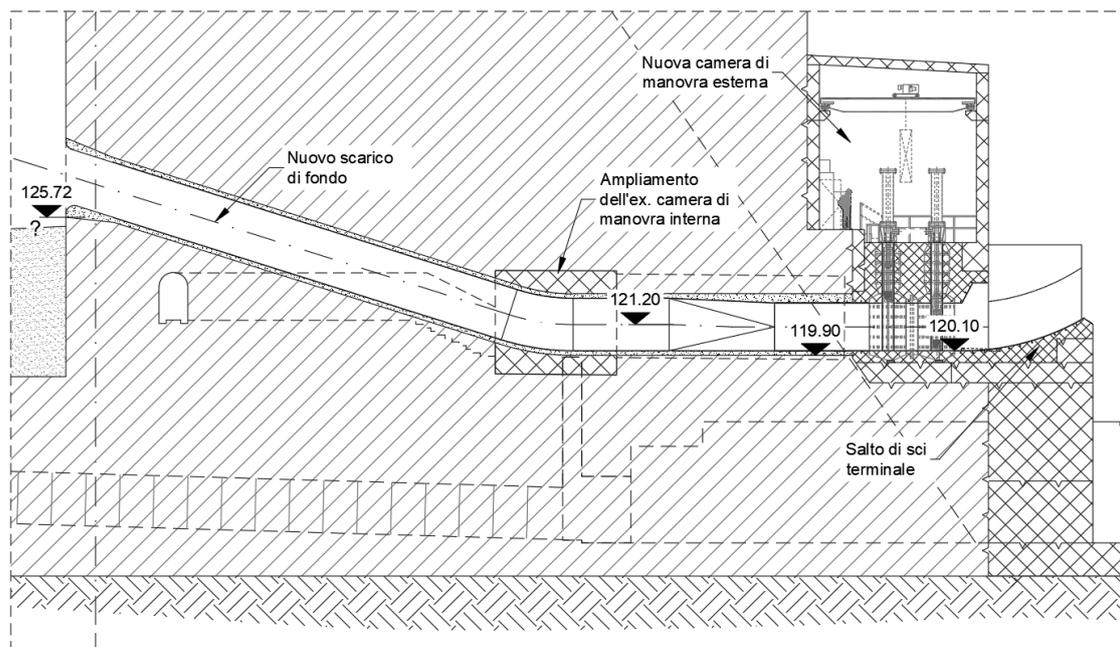
#### 3.2 Descrizione del progetto

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 annessa 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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>14</b> di <b>20</b>

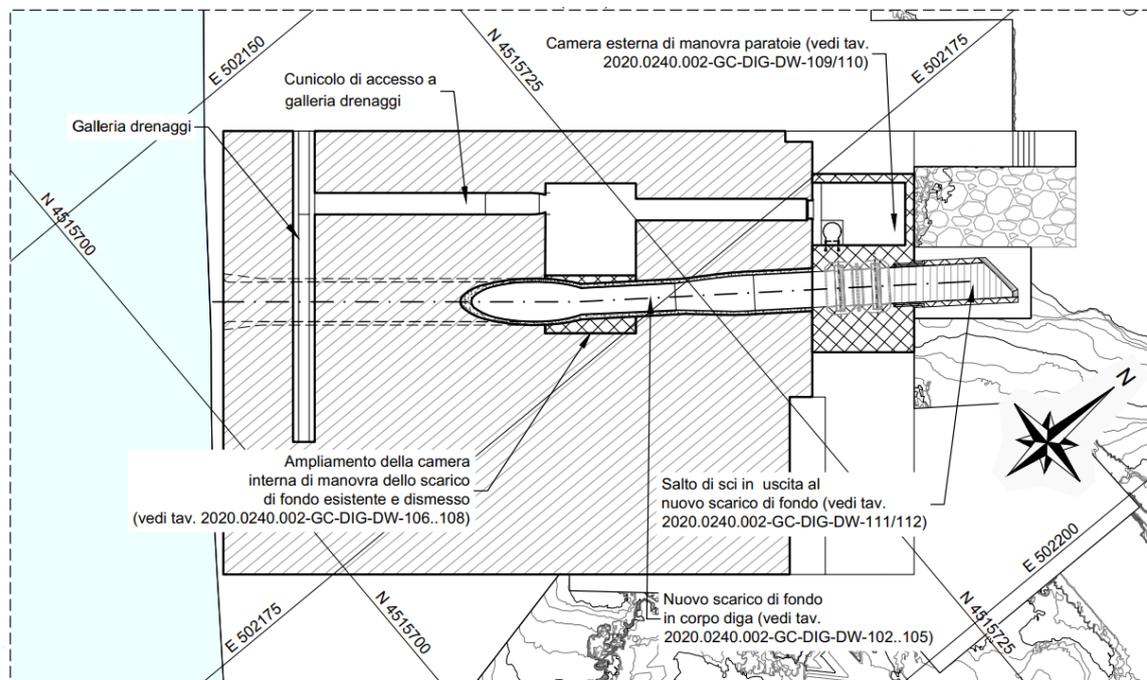
immediatamente a valle dell'uscita dal corpo diga. L'asse dell'imbocco è a quota 127.50 m s.l.m., mentre quello dell'uscita è a quota 121.20 m s.l.m. come rappresentato in **Figura 5**:



**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 <b>Impianto idroelettrico di Coghinas</b>	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO <b>Diga di Muzzone:          Progetto di ripristino dello scarico di fondo          Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</b>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>15 di 20</b>



**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 <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>16 di 20</b>

## 4. PIANO DI MONITORAGGIO

### 4.1 Periodo di monitoraggio

Le fasi di lavorazione in cui si è ritenuto necessaria la predisposizione di un monitoraggio continuo dell'opera comprendono:

- La demolizione della struttura muraria a valle in corrispondenza della nuova camera di manovra delle paratoie;
- La perforazione del corpo murario della diga compreso fra il paramento di valle e l'esistente ex camera di manovra interna (oggi locale misura dei drenaggi);
- L'allargamento della ex camera di manovra interna, al fine del proseguimento della perforazione verso monte;
- L'installazione del fondello metallico di tenuta lato monte;
- La perforazione (prevista in più riprese) del corpo murario della diga compreso fra l'ex camera di manovra interna ed il paramento di monte;
- L'installazione delle carpenterie metalliche del nuovo scarico all'interno della perforazione, compresa la fase di inghisaggio finale.

Prima dell'inizio dei lavori l'appaltatore presenterà un proprio programma esecutivo di monitoraggio, congruente con la propria revisione del cronogramma esecutivo, esteso a comprendere tutte le fasi indicate, con dettaglio del tipo di misura previsto per ogni fase.

### 4.2 Competenze

La competenza per l'esecuzione delle misure di controllo di nuova installazione previste nel presente piano di monitoraggio è degli addetti e proposti qualificati incaricati allo scopo dall'Impresa Appaltatrice.

La valutazione delle misure ai fini di sicurezza dell'opera e del personale è del Direttore di Cantiere dell'Impresa Appaltatrice, di concerto con l'Ingegnere Responsabile dell'Opera e con il parere consultivo del Direttore dei Lavori.

L'eventuale attivazione del Piano di Emergenza del Cantiere è a carico del Direttore di Cantiere; l'attivazione del dispositivo di emergenza generale dell'opera del Proprietario/Concessionario è a carico dell'Ingegnere Responsabile, secondo le vigenti procedure interne del Concessionario.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>17</b> di <b>20</b>

La competenza per l'esecuzione e la valutazione delle misure periodiche di controllo dell'opera, secondo il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione dell'Opera rimane del personale del Concessionario/Proprietario, secondo le procedure interne già vigenti: queste misure rimangono infatti impiantate e non vengono interrotte durante l'esecuzione dei lavori, salvo il caso di misure fisicamente interferenti con la condotta dei lavori.

### 4.3 Misure di Controllo della Diga

Sull'opera di ritenuta è attualmente già impiantato un sistema di misura per il controllo come obbligo ordinario per il Proprietario/Concessionario, con frequenza della misura diversa secondo il tipo di strumento e le relative condizioni di automazione

Fra le misure non automatizzate si trovano quelle di tipo topografico (livellazione sul coronamento, triangolazione da punti di stazione fissi dalle sponde), con frequenza tipicamente mensile, eseguita direttamente dagli addetti specializzati del settore O&M di Enel GP.

Per queste misure è prevista l'integrazione durante i lavori con il posizionamento di almeno n. 2 mire fisse (prismi) a diverse quote sul paramento di valle, in corrispondenza del piano verticale contenente la linea d'asse del nuovo scarico.

La posizione delle due mire fisse sarà concordata fra le parti; il posizionamento iniziale sarà a carico dell'Impresa Appaltatrice (compresa ogni fornitura), con verifica e misura iniziale da parte dell'Ingegnere Responsabile, e quindi in corso d'opera:

- rilevata dal personale di O&M di Enel GP con la stessa periodicità delle misure topografiche ordinarie;
- rilevata giornalmente all'inizio dei lavori del primo turno da parte di un addetto specializzato topografo dell'impresa Appaltatrice, che provvederà alla rappresentazione immediata su diagramma delle misure, quindi sottoposta alla valutazione del Direttore di Cantiere.

All'inizio dei lavori l'Impresa Appaltatrice eseguirà in ogni caso un rilievo referenziato mediante laser scan terrestre della superficie del paramento di valle del concio degli scarichi, dopo il posizionamento delle due mire; a richiesta dell'Ingegnere Responsabile o del Direttore Lavori, l'impresa dovrà provvedere all'esecuzione di ulteriori rilievi di questa porzione del paramento con la stessa tecnica, da sovrapporre graficamente al rilievo iniziale.

Nel sistema di misura e controllo dell'opera è attualmente compresa la misura automatica continua delle perdite della diga, a mezzo di due vasche posizionale nella ex camera di manovra, interessata da ampliamento e quindi dai lavori, con prevista rimozione del sistema di misura.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>18</b> di <b>20</b>

Poiché questa misura è ritenuta particolarmente significativa al fine del controllo durante la perforazione, ne è previsto il ripristino provvisorio prima dell'inizio della perforazione ed il mantenimento durante tutti i lavori di perforazione: il ripristino provvisorio con stazioni di misura spostate a monte lungo le linee di adduzione alle due vasche ed i nuovi dispositivi di misura, compresi eventuali adeguamenti delle opere civili sono a carico dell'Impresa Appaltatrice, che presenterà allo scopo una propria proposta all'approvazione dell'Ingegnere Responsabile e della Direzione Lavori. Durante i lavori dovrà essere possibile la lettura immediata su display in posto delle portate dei drenaggi/perdite, con allarme ottico acustico locale tarato su valore concordato fra le parti (il sistema sarà alimentato in continuità tramite batteria tampone).

La lettura delle misure sarà eseguita con periodicità:

- giornaliera da parte dell'Assistente di cantiere incaricato dall'Impresa (indicativamente all'inizio di ogni turno di lavoro), che le sottoporrà sistematicamente ed in breve tempo alla valutazione del Direttore di Cantiere;
- oraria da parte del caposquadra di ogni turno di lavoro.

La misura delle perdite sarà in ogni caso sempre reintegrata nel sistema di telecontrollo da remoto.

#### 4.4 Misure durante i lavori

Le ulteriori misure che è possibile impiantare durante l'esecuzione della perforazione sono relative a:

- controllo della stabilità dimensionale della cavità durante l'avanzamento, possibile fino alla messa in opera del rivestimento metallico;
- controllo delle acque in rientrata nella cavità durante la perforazione (queste da non confondere con le acque di perforazione nel caso di applicazione di tecniche ad umido - idrodemolizione, taglio diamantato, corona di carote), possibile nei limiti dell'interferenza del dispositivo di misura, eventualmente del tipo asportabile, con i trasporti da eseguire all'interno della cavità durante le operazioni.

Tutte le forniture ed apprestamenti necessari per le misure, nonché la relativa mano d'opera, sono a carico dell'Appaltatore.

Anche per queste misure è prescritta in tempi brevi dopo l'esecuzione la valutazione del Direttore di Cantiere.

##### 4.4.1 Controlli della stabilità dimensionale

I controlli di cui è possibile l'impianto, tenuto conto delle difficoltà operative degli spazi ristretti, sono i seguenti:

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>19</b> di <b>20</b>

- installazione di basi di convergenza triangolari (due basi con orientamento a 180°) mediante punti fissi saldamente fissati nella struttura muraria muniti di testa filettata per l'applicazione delle estremità di una bindella metallica INVAR munita di tensionatore, con passo previsto di 2.0 m;
- installazione su vertice di calotta di punti fissi per l'applicazione temporanea di prisma ottico, per l'esecuzione di una livellazione ottica in calotta, con passo previsto di 1-2 m, secondo l'avanzamento giornaliero;
- esecuzione di una scansione laser scan con stazione terrestre, referenziata a punto fisso, al fine della ricostruzione completa giornaliera della cavità in avanzamento; questa tecnica richiede tempi significativi di post processing della nube di punti rilevata, per la corretta sovrapposizione ai rilievi precedenti e quindi una valutazione significativa per gli scopi sopra indicati.

Per ognuna delle tecniche indicate l'obiettivo è l'ottenimento di una misura con precisione millimetrica.

Tutti i controlli di cui sopra sono riferiti alla superficie muraria dello scavo: saranno progressivamente modificati o abbandonati con l'avanzamento dell'installazione del rivestimento metallico.

Per tutti i controlli è prevista la periodicità giornaliera, con esecuzione prima dell'inizio del primo turno di lavoro, e risultati delle misure sottoposti alla valutazione del Direttore di Cantiere dell'impresa.

#### 4.4.2 Controllo delle acque in rientrata

La misura delle acque in rientrata dalla perforazione deve escludere le perturbazioni dovute alle tecniche di scavo ad umido: pertanto ne è prevista l'esecuzione giornaliera prima dell'avvio delle attività del primo turno di lavoro, e quindi con almeno un periodo di 6-8 ore senza attività interne.

La misura può essere eseguita su un setto tarato amovibile, da inserire in una apposita guida a tenuta applicata all'interno della tubazione, indicativamente in corrispondenza della variazione di pendenza nella ex camera di manovra.

Questa installazione richiede la creazione di un adeguato e stabile battente a monte del setto di misura, con i relativi tempi di invaso.

Nel caso (prevedibile ed auspicabile) le perdite siano di entità ridotta, è possibile in alternativa procedere alla misura tramite recipiente di capacità nota collocato all'uscita della tubazione, verso l'esterno della diga, in corrispondenza del drenaggio dello ski jump.

#### 4.5 Report Periodico di Monitoraggio

In corso d'opera l'Assistente di Cantiere dell'Appaltatore dovrà provvedere alla redazione di un report mensile di monitoraggio, sottoscritto per l'emissione dal Direttore di Cantiere, e comprendente:

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS <b>GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.00</b>
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Piano Speciale di Monitoraggio dell'Opera</i>	CODICE INTERNO 2020.0240.002-GC-DIG-RT-705
		Data <b>05/09/2022</b>
		Pagina <b>20</b> di <b>20</b>

- Disegni relativi ai dispositivi di misura impiantati;
- Documentazione fotografica, aggiornata;
- Tabelle riepilogative delle misure eseguite, comprese le misure abbandonate in avanzamento;
- Diagrammi e rappresentazioni grafiche dell'andamento nel tempo delle misure;
- Valutazioni qualitative e quantitative sulle misure sistematiche di controllo della stabilità della perforazione, secondo le modalità e gli schemi di controllo attuati;
- Eventuali proposte per il miglioramento dell'efficacia ed effettività dei controlli di monitoraggio ai fini della sicurezza.

Tutta la documentazione raccolta in corso d'opera sarà utilizzata per la predisposizione di un Rapporto Finale di Monitoraggio da parte del Direttore di Cantiere dell'Appaltatore.

#### **4.6 Compenso del Monitoraggio**

Tutte le attività descritte in precedenza, compresi gli eventuali apprestamenti, forniture, attrezzature, manodopera e quant'altro necessario per la perfetta esecuzione a regola d'arte delle misure, sono da ritenersi compensate all'Impresa Appaltatrice nell'ambito dell'importo complessivo del Contratto di Appalto.