



Ministero  
delle Infrastrutture  
e dei Trasporti



## COMITATO NAZIONALE ITALIANO PER LE GRANDI DIGHE

Provider presso il Consiglio Nazionale degli Ingegneri

### DIGHE DI VULCI E PAGNONA OMAGGIO A DUE DIGHE CENTENARIE INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE E MANUTENZIONE CONSERVATIVA



WEBINAR

25 OTTOBRE 2023, 09:00-13:40

*Ing. Giovanni Aprilini*

UFF: Idraulica e Geologia Applicata – DG Dighe MIT  
Giovanni.aprilini@mit.gov.it



# **COLLAUDO EX. ART. 14 DPR 1363/59**

## **Commissione di Collaudo:**

- *ing. Giovanni APRILINI (Presidente)*
- *ing. Paolo CHECCARELLI*
- *geol. Rita SALVUCCI*

## **GRANDI DIGHE: "OPERE SPECIALI "**

**(ART.1 comma d), L. 64/1974)**

La classificazione, al punto d), quale opera speciale ha assoggettato le dighe ad indicazioni specifiche circa i criteri per la progettazione, esecuzione e collaudo. In applicazione dell'art.1 sono stati emanati numerosi D.M., e per le dighe il recente D.M. 26.06.2014 (N.T.D. 2014) che si affianca al D.M. 17.01.2018 (N.T.C. 2018 Costruzioni).

## **COLLAUDO DIGHE: " TECNICO-FUNZIONALE"**

**Si differenzia dal :**

- **COLLAUDO TECNICO AMMINISTRATIVO:** regolarità tecnica, contabile ed amministrativa degli atti.
- **COLLAUDO STATICO:** verifica comportamento e prestazioni di un elemento strutturale.

**I due precedenti collaudi possono essere presenti nell'iter tecnico della realizzazione di una diga.**

**Il Collaudo Statico è affine al Tecnico Funzionale e riguarda elementi che si qualificano come opere/manufatti complementari ed accessori allo sbarramento qualora siano **strutturalmente indipendenti da esso** per i quali si ha, presso l'UTD, il Deposito del Progetto esecutivo ai sensi della L. 584/94 e la formalizzazione del certificato di collaudo statico.**

**Tali attività sono comunque autonome dal Collaudo Tecnico-Funzionale ex. art.14 e devono essere espletate al completamento dello specifico manufatto per consentirne l'esercizio in sicurezza, mentre il collaudo dell'opera nel suo complesso prosegue nel suo percorso.**

**Il Collaudo Statico, qualora presente, viene acquisito come uno degli elementi necessari all'espletamento del Collaudo Tecnico-Funzionale.**



## ELEMENTI CARATTERIZZANTI IL COLLAUDO ART.14 :

1. Commissione di Collaudo nomina compete alla DG Dighe;
2. "Foglio Condizioni per la Costruzione", redatto dall'organo di controllo e sottoscritto dalle parti, nel quale si possono impartire indicazioni vincolanti anche per il collaudo;
3. Vengono nominati dall'organo di controllo, come disposto dall'art.11 DPR 1363/59:
  - L'Ingegnere Incaricato di seguire i lavori, in genere un funzionario dell'UTD.
  - L'Assistente Governativo: figura che ha l'obbligo della presenza in cantiere, delegato al controllo dei materiali ed alla osservanza delle buone norme costruttive (getti). In costante contatto con l'organo di controllo, redige rapporti periodici ed una relazione finale.
4. Fase Sperimentale: Invasi, Monitoraggio struttura e sponde, Prove funzionalità scarichi manovrabili.



## LA COMMISSIONE DI COLLAUDO:

- Interloquisce in ogni fase successiva all'avvio dei lavori con la DG Dighe (Sede Centrale, UTD: Ingegnere incaricato, Assistente Governativo) e con il Concessionario/Gestore (Direzione Lavori).
- Riceve tutta la documentazione tecnica relativa all'opera, dal Progetto Esecutivo approvato al FCC e qualsiasi ulteriore documentazione aggiornata (progetti di variante e relativa approvazione tecnica, rapporti dell'ing. Incaricato e dell'Ass. Governativo, certificati di prove e qualificazione materiali, ecc.).
- Effettua sopralluoghi in situ durante le lavorazioni, di norma congiuntamente con le altre figure preposte alla verifica e controllo, oltre che con il Gestore. Di tali sopralluoghi viene redatto verbale in contraddittorio che viene successivamente inviato all'organo di controllo.
- Può richiedere ulteriori prove ed accertamenti e può essere consultata dall'organo di controllo in merito a problematiche tecniche in ogni fase, sia costruttiva che di Esercizio Sperimentale.

## CERTIFICATO DI COLLAUDO (Eventuali Prescrizioni)

- Ultimati i lavori e la fase sperimentale, raccolta tutta la documentazione tecnica successiva al progetto definitivo approvato (Varianti assentite in corso d'opera, Disegni finali di consistenza, Relazione di Fine Lavori della DL; Certificati di Collaudo statico di opere accessorie), esaminati i rapporti e verbali dell'ing. incaricato e le relazioni dell'Assistente Governativo, la Commissione di Collaudo redige il Certificato di Collaudo con eventuali prescrizioni a carico del Concessionario purché non attinenti a condizioni preclusive all'esercizio dell'invaso. Il Certificato di Collaudo viene trasmesso alla DG Dighe per la approvazione.



## **COLLAUDO IN CORSO D'OPERA**

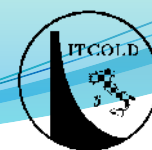
**INIZIO LAVORI Art.7 c.1 DPR 1363/59 UTD-Fi 22/06/2016**



**CANTIERE IN ALVEO CON AUTORIZZAZIONE STAGIONALE DA PARTE DELLA AUTORITA' COMPETENTE: ARDIS.**

**Il Fiora, nel periodo Autunno-Inverno è soggetto a piene improvvise anche rilevanti, come mostrano le immagini relative all'evento di piena 11 – 12 Novembre 2012  $Q = 1450 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1575 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pioggia critica  $TR \approx 150 \div 200$  anni; Portate  $TR \approx 200 \div 300$  anni Serie Storica. Si presume sia stato l'evento più gravoso nella vita dell'opera;  $1,80 \text{ m} > \text{Max. inv.}$  La progettazione dell'intervento è stata effettuata in base alle risultanze della rivalutazione idrologica successiva a tale vento eccezionale ed ha riguardato anche il manufatto dello scarico di alleggerimento, adeguato al nuovo livello di massimo invaso (76,40 m slm) per la **piena millenaria** ( $1950 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 1/3 sfiorata sulla Diga).**

## Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona

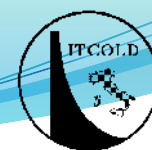


**STATO DEI LUOGHI PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI: L'AREA A RIDOSSO DELLA DIGA E' COMPLETAMENTE INTERRITA PER IL TRASPORTO SOLIDO SINO AL CIGLIO SFIORANTE 72,50 m slm . L'ALVEO DI MAGRA DEL FIORA E' COSTITUITO DA UN MEANDRO CHE VA VERSO L'OPERA DI PRESA DELLA CENTRALE DI VULCI E PROSEGUE SINO ALLO SFIORATORE DI SUPERFICIE (72,00 m slm) E SCARICO DI ALLEGGERIMENTO.**



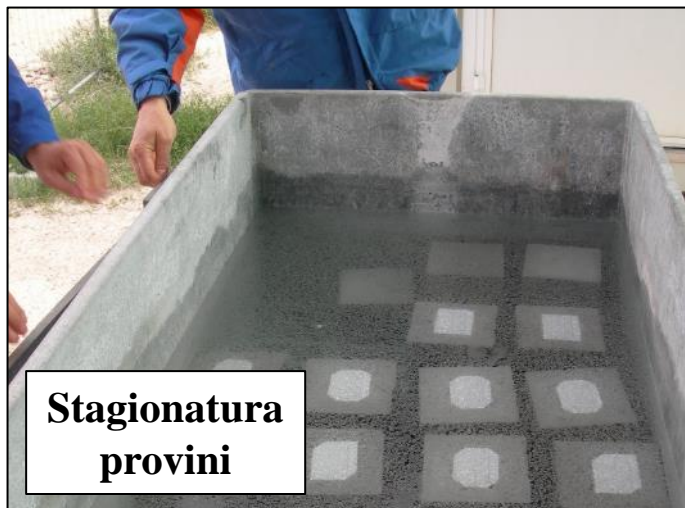
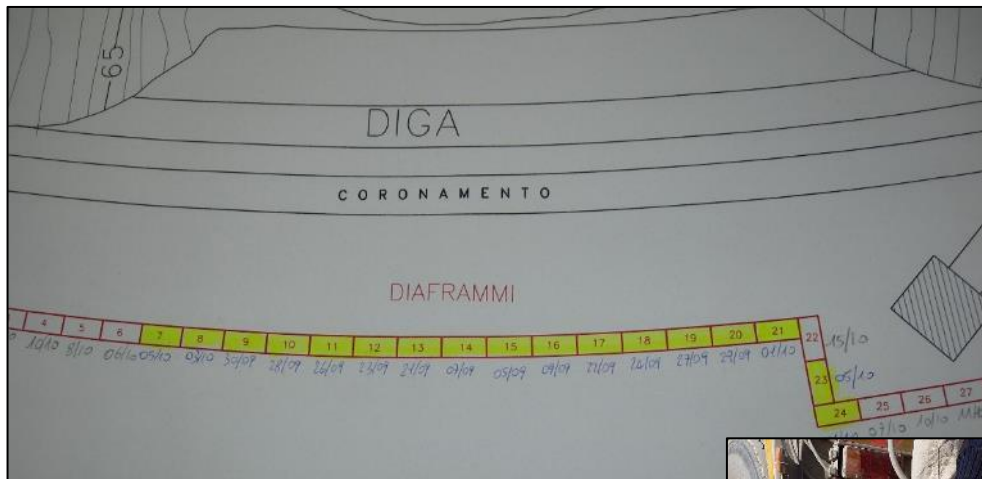


# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



I° VISITA DI COLLAUDO: 6 Ottobre 2016

**VARIANTE:** Fondazione su micropali del diaframma e geometrie spalla Dx – **Verifica**

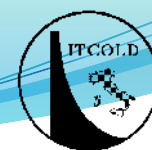


Stagionatura  
provini





# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona

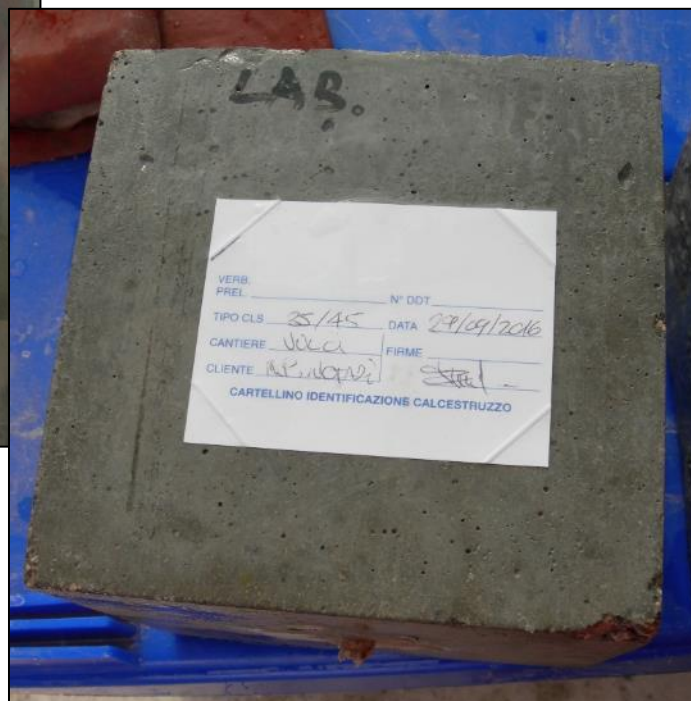


**I° VISITA DI COLLAUDO: 6 Ottobre 2016**

**Prove compressione monoassiale cls diaframma nel laboratorio di cantiere  
previsto nel FCC. N.2 provini Rck=43.86; 42.88 Mpa**



**Prova di compressione a 7 gg  
Cls 35/45-XA3; getto 29/09/2016  
Valore atteso 28 gg: 48.50 Mpa  
(Progetto: C 25/30)**



TECNOTEST - MONOTRONIC

Compressione

Data : 06.10.16

Cliente: .....

Prova N. ....

sezione: 225.00 cm<sup>2</sup>

dimensioni .....

Peso: 7.70 kg.....

stagionatura: 7 gg....

gradiente:  
50.00 N/cm<sup>2</sup>/s

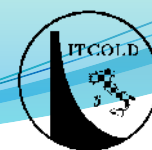
carico massimo:  
965.00 kN

resistenza specifica:  
42.88 N/mm<sup>2</sup>

note:

..VISITA..DI..COLLAUDO

# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



**I° VISITA DI COLLAUDO: 6 Ottobre 2016**

**Provini acciaio armature diaframma e schede tecniche micropali**



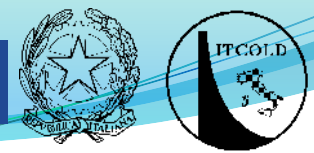
## **Prove previste**

- **Diaframma:** carotaggi e prove soniche
- **Schermo iniezioni:** prove Lugeon e Cross Hole sino alla formazione di tefriti (16 ÷ 20 m) al disotto della quale vi è il fondo di argille.





# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



## II° VISITA DI COLLAUDO: 14 Settembre 2017 – SCAVO PER CORPO DIGA.

Completato **diaframma** con cordolo sommitale e **schermo di iniezioni** verticali nell'ottobre 2016 (GIN 500; 9 bar). Attività 2017: completamento iniezioni inclinate spalle e la realizzazione a monte del diaframma di **colonne compenstrate in jet grouting** e quindi inizia lo scavo dei sedimenti tra opera muraria e diaframma. E' attivo l'impianto di pompaggio per il controllo della falda. (Max. reg. 72.00 m slm; Ciglio Sf. Diga: 72.50 m slm). **Positive le supplementari valutazioni strutturali a seguito della variante diaframmi (incastro Vs micropali).**



Scavo e controventatura

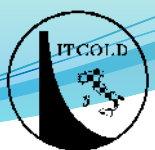
Impianto "wellpoint"  
Mantenere falda a - 4 m  
piano campagna



Sistema di n.3  
clinometri biassiali sul  
cordolo sommitale  
controllo diaframma in  
continuo.



# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



II° - III° VISITA DI COLLAUDO: 23 Ottobre 2017

**MOMENTI SALIENTI:** Scarico di fondo originario occluso dai sedimenti già al completamento dell'opera. La esatta ubicazione non era certa nella fase di progetto.

Paratoia originale in spalla Dx dello scarico di fondo. Comandata dal Torrino di manovra nella foto in BN.



**"Certificato Collaudo Tecnico"**  
- 12.12.1932 Anno XI -  
Art.13 DR 1370/31

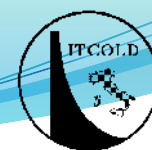
MINISTERO  
dei  
LAVORI PUBBLICI  
Divisione Dighe  
N. 5581  
Espresso alla stampa  
Roma, add. 12. 12. 1932 - Anno XI

Forando quindi  
alle lettere di questo  
Pavimento N° 106  
del 13 Dic. 1926, N° 48  
del 2 Mayo 1927... e  
segnal successiva  
invece a contestare che  
Direzione Gen. e Paratoia  
del Collaudo Tecnico  
della diga di Vulci  
sul Fiora (Viterbo)  
compilato ai sensi  
e per effetto della  
Circolare di contestazione  
che Ministero in  
data 5 Gen. 1927  
N° 14, 446,  
Il Presidente,  
3

- 3° - In conseguenza alla installazione  
delle sopradette paratoie di mezzo fondo,  
che, tenuto conto degli interimenti già  
verificatisi nel serbatoio consentono il quasi  
completo smottamento di questo, è stato  
rinunciato al ripristino del vecchio scarico  
di tutto fondo del bacino, già completamente  
interrito. alla sopradetta  
quota 74.

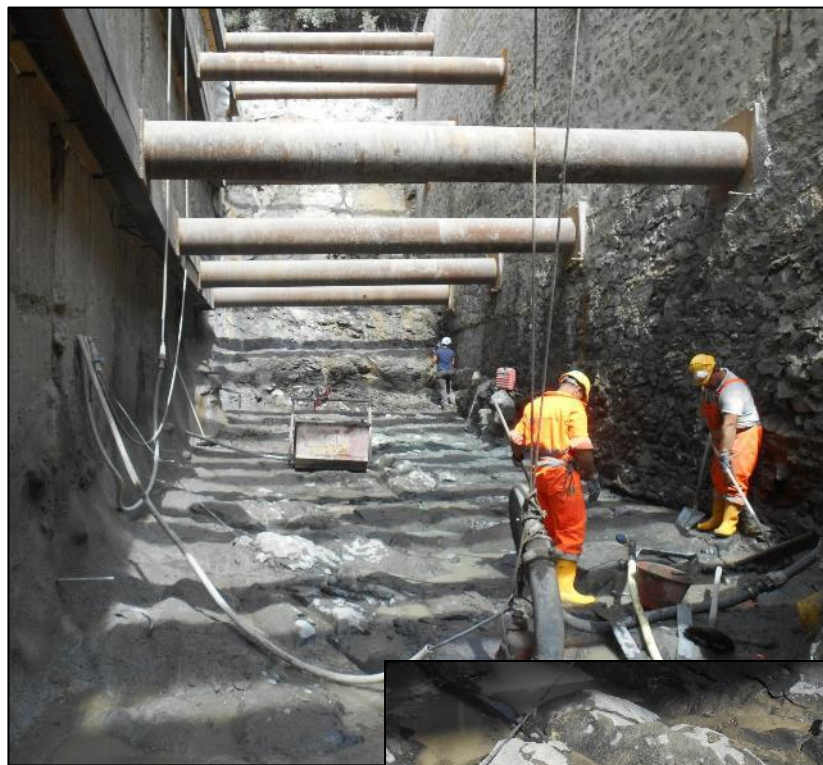


# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



II° - III° VISITA DI COLLAUDO: 23 Ottobre 2017

**MOMENTI SALIENTI:** Raggiungimento del fondo alveo ÷ piano fondazione DH≈14 m



Sopralluogo Geologo DG Dighe  
per approvazione piano di posa  
Art.7 DPR 1363/59



**II° - III° VISITA DI COLLAUDO: 23 Ottobre 2017**

**MOMENTI SALIENTI: Verifica idoneità spalle sezione di imposta**



## **APPROVAZIONE PIANO DI POSA - Art.7 DPR 1363/59**

*"In conclusione, si ritiene che le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso in corrispondenza dei piani di posa della nuova struttura, siano nel complesso corrispondenti alle ipotesi progettuali, localmente anche migliori".*



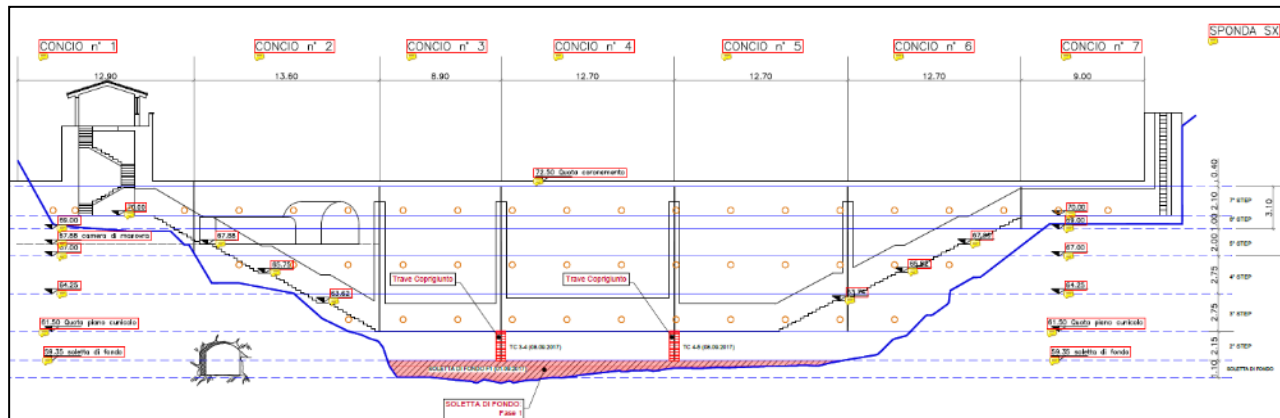
# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



III° VISITA DI COLLAUDO: 23 Ottobre 2017 – **AUTORIZZAZIONE AI GETTI**

Accertata l'adeguatezza del piano di posa, **UTD autorizza i getti 20/09/2017.**

Si procede per conci. **Nuova verifica strutturale:** Valutazione comportamento giunti e collaborazione tra diaframma-opera in cls-opera muraria. **Prescritte iniezioni al contatto**



[illegible]

**VERBALE DI PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO N. 9 DEL 9/10/07**

Lavori di: ..... Progetto di rinnovamento nella diga di Valsi  
Cantiere di: ..... Enel Green Power S.p.A. UT Lazio e Abruzzo  
Impresa esecutrice: ..... Impresa Luigi Notari S.p.A.  
Responsabile del cantiere: ..... Geom. Vito Santoro  
Direttore dei Lavori: ..... Ing. Alberto Frezza

Oggi 9/10/07 alle ore ..... in località Valsi nel territorio dei Comuni di Canino (VT) e  
Montalto di Castro (VT) c/o il cantiere del rinnovamento delle caratteristiche funzionali e  
prestazionali dello sbarramento sul Fiume Fiora alla presenza di:

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| per la Direzione Lavori:  | .....                        |
| per il MIT:               | <u>Ing. Paolo Bordinelli</u> |
| per l'Impresa esecutrice: | <u>SANTORO VITO</u>          |

si procede ad eseguire n° 6 prelievi per un totale di n° 12 cubi delle dimensioni di  
(15x15x15) prelevati:

|                                     |                          |    |    |               |
|-------------------------------------|--------------------------|----|----|---------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | AL MOMENTO DEL GETTO DEL | n° | 12 | CUBI 15x15x15 |
| <input type="checkbox"/>            | CONCIO 3 (FASE 8)        | n° |    |               |
| <input type="checkbox"/>            |                          | n° |    |               |

|                             | Rck    | Tipo Cemento | Dosaggio | A/C | Slump | Note  |
|-----------------------------|--------|--------------|----------|-----|-------|-------|
| Il calcestruzzo previsto è: | C25/30 | XC2          | 300      |     |       | D40mm |

Il calcestruzzo prelevato viene utilizzato per la costruzione di:

| Struttura       | Zona / Piano          | Contrassegno provini  |
|-----------------|-----------------------|---|
| CONCIO 3 FASE 8 | da 9,50+6,50 a 6,30 m | C3F8/1; C3F8/2; C3F8/3; C3F8/4; C3F8/5; C3F8/6; C3F8/7; C3F8/8; C3F8/9; C3F8/10; C3F8/11; C3F8/12 |
|                 |                       |   |
|                 |                       |   |

Il prelievo viene eseguito secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 in base alle norme  
UNI EN 12390:2002.  
La stagionatura sarà curata da Tecno Prove Roma S.r.l.

Il presente verbale viene redatto in triplice copia.

Letto firmato e sottoscritto

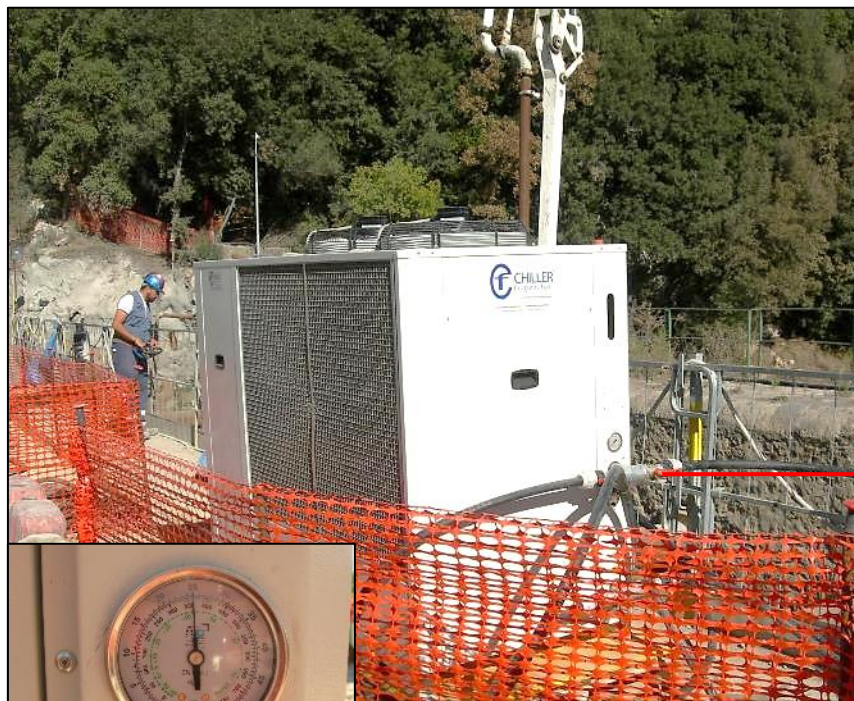
|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| per la Direzione Lavori:  | <u>Paolo Bordinelli</u> |
| per il MIT:               |                         |
| per l'Impresa esecutrice: | <u>Santoro Vito</u>     |

- **Bolla trasporto betoniera (orario: confezionamento, trasporto e fine getto)**
- **Verbale prelievo provini (concio, fase getto, quota, contrassegno provini)**
- **Prova di slump**



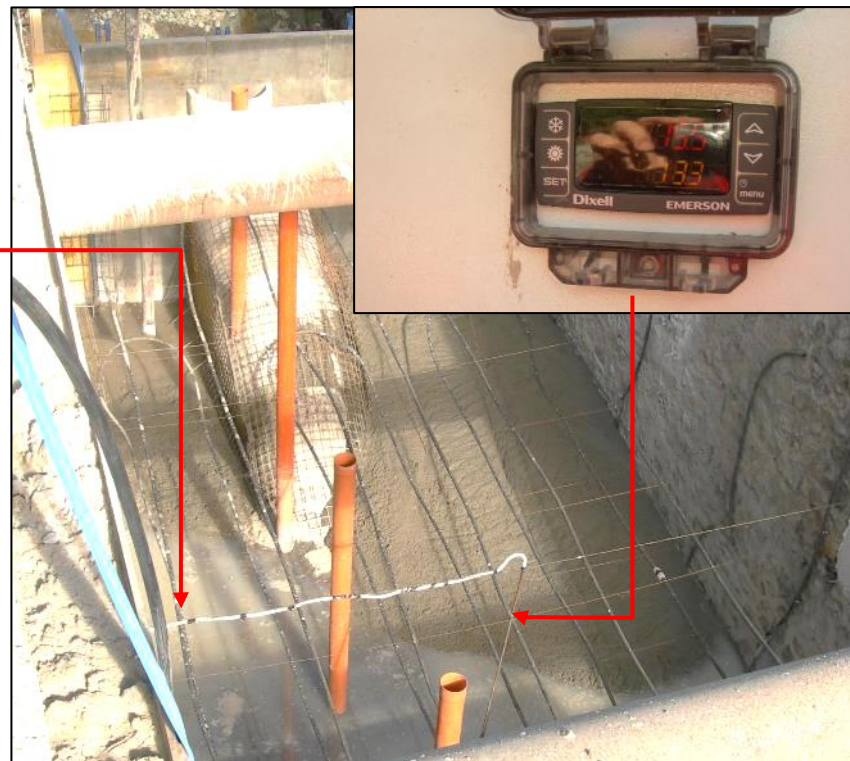
## III° VISITA DI COLLAUDO: 23 Ottobre 2017 – GETTI MASSIVI

Campo prove per entrata a regime: miscela certificata C25/30, XC2, consistenza S5, monitoraggio temperatura 48 ore.



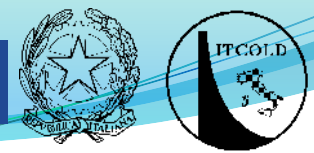
Sistema di refrigerazione e pompaggio nelle serpentine annegate nel getto di cls

Sistema di monitoraggio della temperatura con sonda in tubicino di rame annegato nel getto



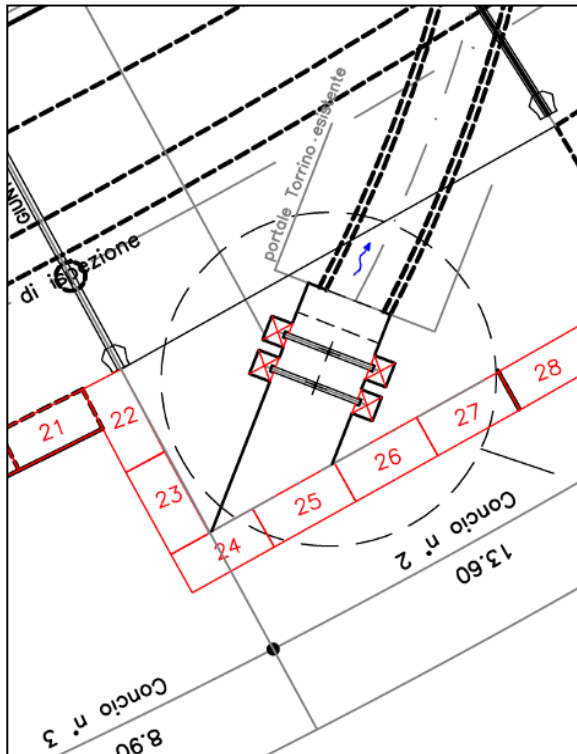


# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



## III° VISITA DI COLLAUDO: 23 Ottobre 2017 - VARIANTE SCARICO DI FONDO

**Proseguono i getti sino alla sospensione del cantiere fase invernale**



I getti proseguono per conci, con una cronologia legata alle esigenze operative del cantiere e realizzative del manufatto (cunicolo di base, rampe di accesso, camera di manovra) secondo le modalità tarate con il campo prova nel costante monitoraggio dei parametri. Si effettuano i previsti controlli di idoneità del cls. Si rimuovono i puntoni sotto il costante controllo dei clinometri posti sul cordolo sommitale del diaframma

La esatta individuazione dell'imbocco dello scarico di fondo ha richiesto la modesta variante del tracciato, con impatto verso i setti 24 e 25



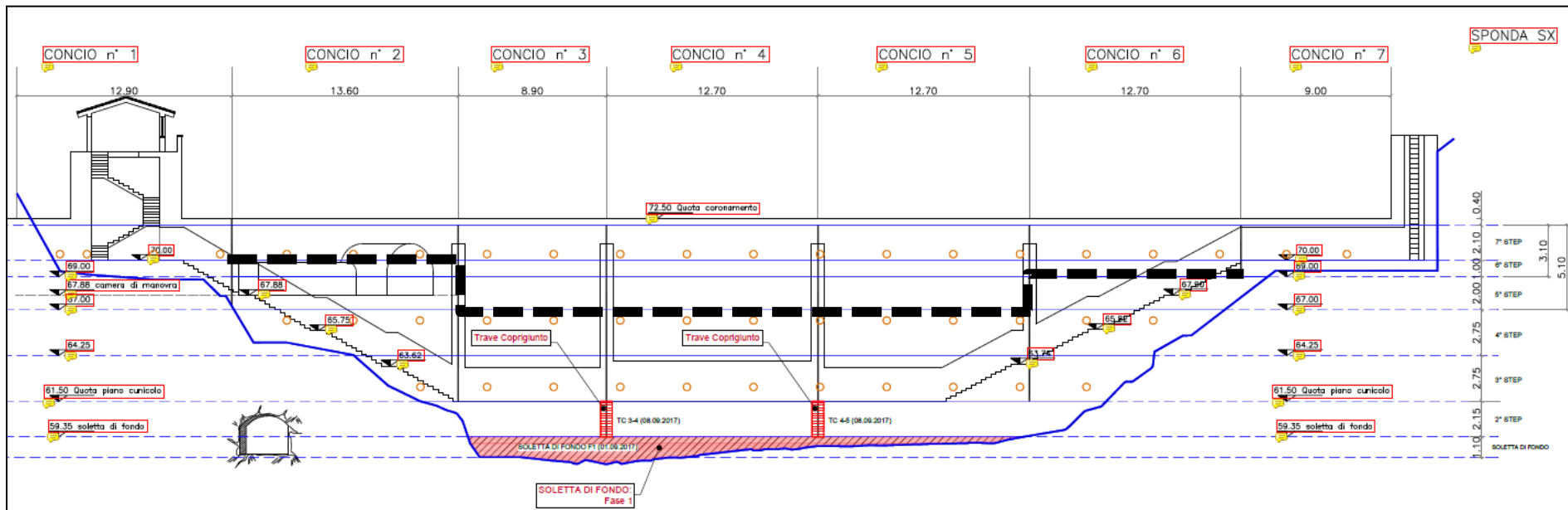
# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



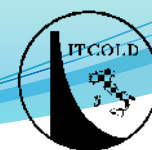
## SOSPENSIONE LAVORI INVERNALE: Novembre 2017 – GETTI MASSIVI

### Stato di avanzamento:

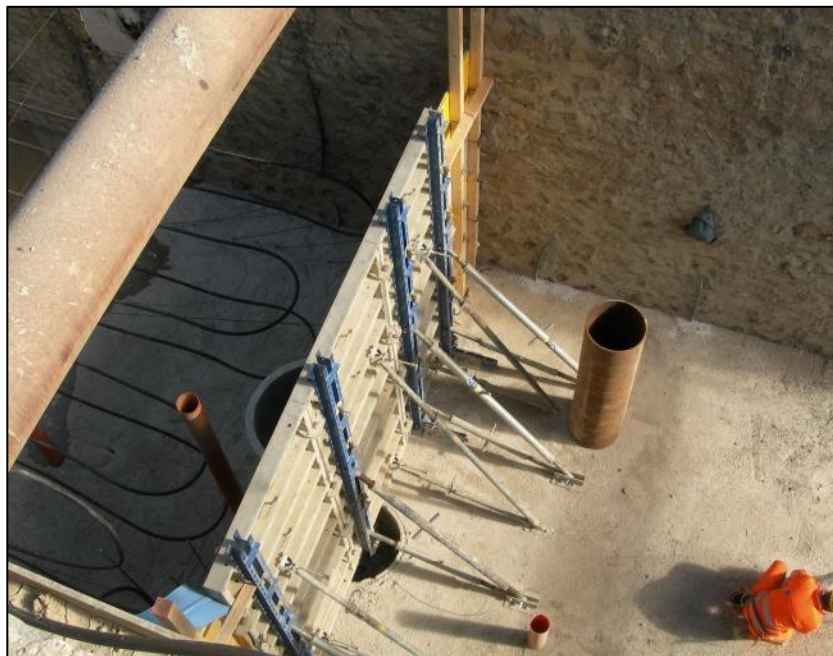
- Quota 67.00 m slm: C3, C4, C5.      Livello futura demolizione corpo murario
- Quota 69.00 m slm: C2, C6.      Livello futura demolizione corpo murario



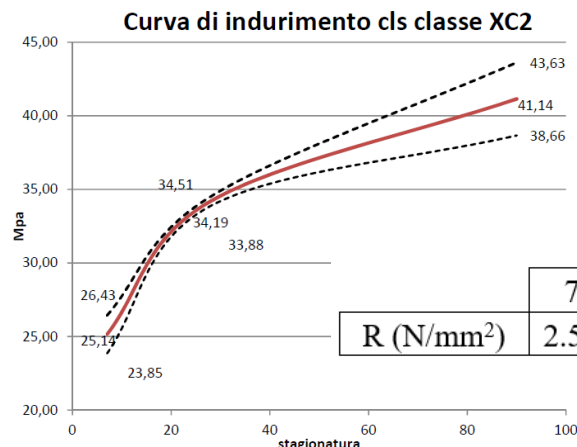
# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



**III°- IV° VISITA DI COLLAUDO: 06 Giugno 2018 – Ripresa lavorazioni in tarda primavera, proseguono getti e verifiche materiali.**



**Giunto C5÷C4: cassaforma, nel solo concio C5 che è in fase di getto, del condotto verticale ispezione; alloggiamento pendolo rovescio nel C4 e canne drenanti. Tubazioni per iniezioni di saturazione muratura-getto cls e diaframma-getto cls.**



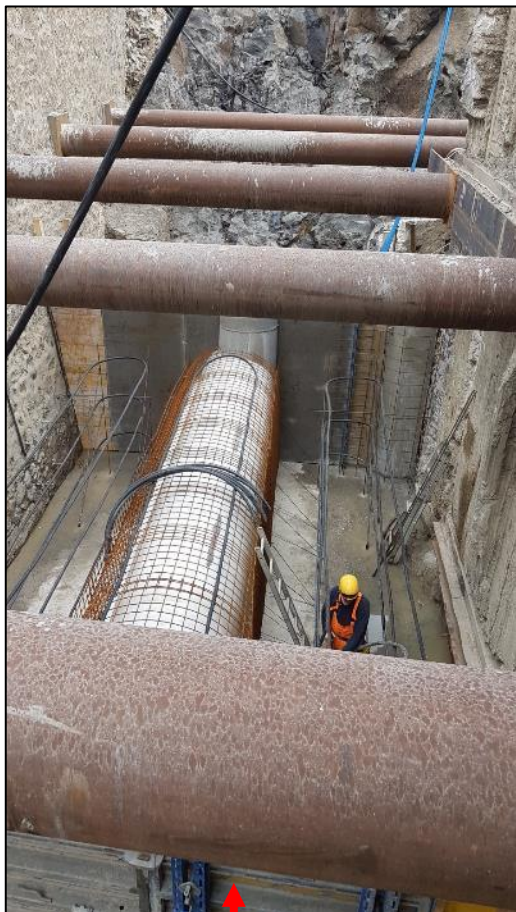
**Statistica prove a compressione**



**Predisposizione piezometri**



## IV°-V° VISITA DI COLLAUDO: 16 Novembre 2018 – Progressione lavori



**Armatura e getto  
Cunicolo Orizzontale**



**Rampa di accesso in  
Spalla Dx ed elementi  
della Camera di Manovra  
dello Scarico di Fondo.  
Si predispongono gli  
ambienti per la piena  
operatività dello Scarico.  
La messa in opera delle  
paratoie è rinviata alla  
avvenuta rimozione dei  
sedimenti.**

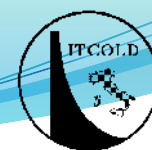
**Le condizioni di esercizio  
dell'impianto restano  
immutate e soddisfano le  
verifiche di sicurezza.**



**C5-C6: Rampa di accesso  
in Spalla Sx, condotto  
verticale, armatura trave  
coprigiunto e water-stop.**



# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



**IV°-V° VISITA DI COLLAUDO: 16 Novembre 2018**

**Demolizione Diga Muraria a quota > 67,00 - 69.00 m slm; inglobata nuova struttura**



**Spalla Dx: Demolizione gradonata e nuovi getti**



**Armatura profilo sfiorante e bolognini**



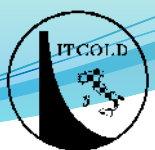
**Demolizioni in Spalla Sx**



**Inglobamento nei nuovi getti della diga muraria. In primo piano cassero Torrino di accesso Dx.**



# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



**V°-VI° VISITA DI COLLAUDO: 16 Novembre 2018**  
**ULTIMAZIONE CORPO DIGA 2018**



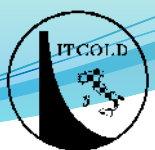
**Vista Spalla Dx con sbocco  
Scarico di Fondo originario**

**Vista Spalla Sx**





# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



**V°-VI° VISITA DI COLLAUDO: 16 Luglio 2019**

**ULTIMAZIONE CORPO DIGA 2018 – ULTIMAZIONE TORRINI SPALLE 2019**



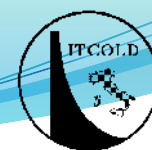
**Vista Spalla Sx**

**Vista Spalla Dx**





# Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona



**VII° VISITA DI COLLAUDO: 14 Febbraio 2020**

**ULTIMAZIONE INTERVENTO SCARICO ALLEGGERIMENTO**



**Demolizione passerella  
inferiore, adeguamento  
camera di manovra e  
muri di spalla**





## VIII° VISITA DI COLLAUDO: 30 Maggio 2022 **(RELEZIONE FINE LAVORI D.L. 03/22)** ULTIMAZIONE IMPIANTISTICA – OTTIMIZZAZIONE MONITORAGGIO

