

**DIGHE DI  
PIAN SAPEIO E ZOLEZZI**  
*INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE E  
MANUTENZIONE CONSERVATIVA*

DIGA DI PIANSAPEIO

COLLAUDO EX ART. 14 REGOLAMENTO DIGHE – EVIDENZE

ALFREDO ROSSI (COLLAUDATORE)



**TIRRENO  
POWER**



## CONTESTO NORMATIVO DEL COLLAUDO

**Il Regolamento Dighe DPR 1/11/1959, n. 1363 «Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta»** dispone all'articolo 14: **Avvenuta l'ultimazione dei lavori** [...], qualora gli invasi sperimentali abbiano dato risultati soddisfacenti, la (DGDighe) Presidenza della competente Sezione del Consiglio superiore dei lavori pubblici dispone per il collaudo dell'opera.[...] Il collaudo sarà effettuato, giusta designazione del presidente della competente Sezione del Consiglio superiore dei lavori pubblici, da una Commissione collaudatrice costituita di norma da un ingegnere del Genio civile (UTD) [...] **e da un ingegnere del Servizio dighe** (DGDighe) che sia a conoscenza dello svolgimento dei lavori. **Per opere di notevole importanza la Commissione collaudatrice potrà essere nominata anche durante l'esecuzione dei lavori, in modo che ne possa seguire lo svolgimento.**

**La circolare Min.LL.PP. 4/12/1987, n. 352** ha rivisto il suddetto articolo nel modo seguente: "Il collaudo è effettuato per designazione del presidente della IV sezione del Consiglio superiore dei lavori pubblici, da una commissione collaudatrice presieduta da un ingegnere dell'Amministrazione dei lavori pubblici [...] e comprendente **un ingegnere del servizio dighe** che sia a conoscenza dello svolgimento dei lavori. [...] **La commissione può essere nominata sin dall'inizio dei lavori e comunque deve essere nominata prima degli invasi sperimentali.**

**E' ormai prassi storicamente consolidata presso la DG Dighe** (già Servizio Dighe) la **nomina prima dell'inizio dei lavori** della commissione di collaudo ex art. 14 D.P.R. 1/11/1959, n. 1363 anche per rilevanti interventi di ristrutturazione

### COMPITI AFFIDATI ALLE COMMISSIONI DI COLLAUDO

Le Commissioni di collaudo ai sensi del Regolamento dighe **sono tenute a certificare la sicurezza degli sbarramenti nella delicata fase di primo riempimento (Presente) e la esercibilità del serbatoio e delle opere connesse in relazione alla tutela della pubblica incolumità (riferimento al futuro: necessità Revisioni periodiche?)**:

- verificata la **conformità delle opere al progetto approvato** e alle eventuali successive varianti;
- **tenuto conto dei risultati delle prove** in corso d'opera **sui terreni di fondazione e sui materiali impiegati** per la costruzione;
- vista la relazione conclusiva dell'Assistente Governativo ed i rapporti dell'ingegnere designato dall'UTD;
- **acquisito il certificato di collaudo statico** delle strutture resistenti in cemento armato e metalliche, di cui all'art. 7 della legge 5 novembre 1971, n. 1086, oggetto del collaudo;
- **accertato il regolare funzionamento degli organi di scarico, del sistema di monitoraggio** e delle apparecchiature di comunicazione di allarme **e di tutti gli impianti** anche di emergenza nonché la sicura agibilità degli accessi previsti, in conformità a quanto previsto nel Foglio Condizioni per l'esercizio e la manutenzione;
- **constatata la capacità organizzativa del Gestore** a dare applicazione alle disposizioni tecniche, amministrative e gestionali del Foglio condizioni per l'esercizio e la manutenzione;
- acquisita una esplicita dichiarazione da parte dell'ingegnere responsabile circa la sua completa conoscenza dell'impianto e degli adempimenti previsti per il controllo delle opere la loro manutenzione;
- **accertato il risultato favorevole degli invasi sperimentali e la conformità del comportamento delle opere alle ipotesi di progetto.**

## UTILIZZO DEL TIPO STRUTTURALE A VOLTE E CONTRAFFORTI

Si fa riferimento alle attività del gruppo di lavoro ITCOLD sulle «dighe a gravità alleggerita o a speroni» che nella propria relazione riporta che:

- nel primo venticinquennio del '900 si manifesta la **tendenza evolutiva, incentrata su un deciso risparmio di volume e quindi di materiali, verso la realizzazione di dighe in calcestruzzo a contrafforti** collegate da lastre o da voltine; (degne di nota in quest'ambito sono le dighe del **Molato a volte e contrafforti - ristrutturata**, di **Combamala a solette e contrafforti - in dismissione** e, seppur dimensionalmente più contenuta, la diga di **Piansapeio** a volte e contrafforti oggetto della ristrutturazione circa dieci anni orsono.
- **Il collasso della diga del Gleno di fatto sancì l'abbandono di questa tipologia costruttiva** di sbarramenti che si stava lentamente affermando. Infatti questo sbarramento crollò il 1° dicembre 1923; dalle inchieste risulta peraltro che la causa del crollo fosse imputabile alla cattiva esecuzione della parte di fondazione a gravità massiccia che sbarrava una forra nella parte centrale dell'opera. Questo evento determinò non solo l'abbandono di tale tipo costruttivo ma allo stesso tempo **un senso di sfiducia verso le dighe "alleggerite" in genere**; sfiducia che portò negli immediati anni successivi alla prevalenza di strutture massicce.
- La tendenza sulle dighe alleggerite esistenti pertanto si è divisa tra: **RISTRUTTURAZIONE ovvero DISMISSIONE**.

## NELLE VIGENTI NORME TECNICHE IL TIPO STRUTTURALE NON VIENE PIÙ ESPPLICITAMENTE CITATO

### CLASSIFICAZIONE DELLE DIGHE D.M. 24/3/1982 ALLORA VIGENTE

#### A. CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONE

##### A.1. Classificazione

Agli effetti delle norme che seguono gli sbarramenti sono classificati nei tipi seguenti:

#### A) DIGHE MURARIE:

- a) a gravità;
  - 1) ordinarie;
  - 2) a speroni, a vani interni;

- b) a volta;
  - 1) ad arco;
  - 2) ad arco—gravità;
  - 3) a cupola;

c) a volte o solette, sostenute da contrafforti.

### CLASSIFICAZIONE DELLE DIGHE D.M. 26/6/2014 ATTUALMENTE VIGENTE

#### B.2. - Classificazione delle dighe

Agli effetti delle norme che seguono, le dighe sono classificate nei tipi seguenti:

##### a. Dighe di calcestruzzo:

- a.1 a gravità
  - a.1.1. ordinarie
  - a.1.2. alleggerite
- a.2. a volta
  - a.2.1. ad arco
  - a.2.2. ad arco gravità
  - a.2.3 a cupola

##### b. Dighe di materiali sciolti:

- b.1. di terra omogenea
- b.2. di terra e/o pietrame, con struttura di tenuta interna
- b.3. di terra e/ o pietrame, con struttura di tenuta esterna

##### c. Traverse fluviali

##### d. Dighe di tipo misto e di tipo vario



### **NOMINA DELLA COMMISSIONE DI COLLAUDO AI SENSI DEL REGOLAMENTO DIGHE** **PRIMA DELL'AVVIO DEI LAVORI**

La Direzione Generale per le dighe, le infrastrutture idriche ed elettriche ha nominato, con provvedimento del 10/8/2010, Collaudatori ex art. 14 del D.P.R. 1.11.1959 n° 1363 dei lavori in oggetto:

- Ing. Roberto Iodice (funzionario del Ministero politiche agricole – Commissario ex opere Agensud)
- Ing. Alfredo Rossi (funzionario della DG dighe)

La Commissione ha effettuato le seguenti visite sopralluogo:

- 1ª visita effettuata in data 17.11.2010;
- 2ª visita effettuata in data 08.03.2011;
- 3ª visita effettuata in data 19.05.2011;
- 4ª visita effettuata in data 29.07.2011;
- 5ª visita effettuata in data 04.10.2011;
- 6ª visita effettuata in data 10.10.2012 (finale).

**(Sostanziale rispetto di tempi esecutivi di progetto)**

## AVVIO DEI LAVORI

In data **11 maggio 2010** Tirreno Power S.p.A. trasmise la comunicazione di **inizio delle attività di cantiere** alla DG Dighe. Come programmato, nel mese di giugno 2010, iniziarono i lavori di cantierizzazione nella parte emersa del lago. Contestualmente si procedette allo svuotamento progressivo dell'invaso





## LOCALIZZAZIONE: ENTROTERRA LIGURE DI LEVANTE



## COROGRAFIA



## DIGA ORIGINARIA

La diga originaria era classificata come “diga muraria a volte sostenuta da contrafforti” (definizione **esplicita** della classificazione di cui all’art. A.1 delle norme tecniche D.M.24.3.82).

L’opera era costituita da **10 voltine impostate su contrafforti di calcestruzzo armato** con un muro frangionde lungo le direttrici superiori delle voltine (al livello della passerella). Il piano di calpestio del coronamento era costituito da una passerella in c.a. appoggiata sulla sommità dei contrafforti. Da tale camminamento si accedeva alla cabina di manovra dello scarico di fondo.

Dati geometrici originari della diga e dell’invaso:

-	quota massimo vaso	964,50 m. s. l. m.
-	quota di massima regolazione	964,00 m. s. l. m.
-	volume di vaso (L. 584/94)	220.000 m <sup>3</sup> ( <b>&lt;1.000.000 m<sup>3</sup></b> )
-	volume utile di regolazione	153.000 m <sup>3</sup>
-	<b>altezza della diga (L. 584/94)</b>	<b>16,80 m : GRANDE DIGA (&gt;15 m)</b>



## LA DIGA ANTE LAVORI





### SCARICHI ORIGINARI

Gli organi originari di scarico erano costituiti da: uno scarico di superficie laterale, uno scarico di fondo ricavato attraverso la diga ed uno scarico di mezzofondo separato dalla diga, governato dall'apposito torrino di manovra).

Lo **scarico di superficie** era formato da un muro sfiorante di calcestruzzo con soglia piana, posto in destra idraulica del Rio Calandrino, nella stessa posizione in cui è stata poi ricostruita la nuova opera di sfioro. Lo sfioratore in origine aveva uno sviluppo netto complessivo di circa 97 m ed un andamento planimetrico ad "L". La vena d'acqua sfiorante confluiva, tramite quattro canali collettori, in due canali fugatori che convogliavano le portate in un ramo del Rio Calandrino. Il ciglio della soglia sfiorante era interrotto dai pilastri di sostegno della passerella pedonale che permetteva l'accesso al torrino dello scarico di mezzofondo ed a quello dell'opera di presa.

Lo **scarico di mezzofondo**, con imbocco nel relativo torrino di manovra, passava sotto lo scarico di superficie, tramite una galleria lunga circa 23,50 m che nel tratto finale correva parallelamente ad uno dei due canali fugatori.

Lo **scarico di fondo** era costituito da una tubazione metallica lunga circa 3 m attraversante il piede della volta n. 8, avente diametro pari ad 1 m.

Le massime portate scaricabili erano le seguenti:

- scarico di superficie:	26,00 m <sup>3</sup> /s
- scarico di mezzofondo:	16,42 m <sup>3</sup> /s
- scarico di fondo:	<u>10,75 m<sup>3</sup>/s</u>
- TOTALE	53,17 m <sup>3</sup> /s

La portata massima complessiva smaltibile dagli scarichi della originaria diga di Pian Sapeio era pari a **53 m<sup>3</sup>/s**.

## LA SCARICO SUPERFICIALE ANTE LAVORI





## PROGETTO

Il progetto realizzato è “Ristrutturazione della diga di Pian Sapeio – esecutivo 2010”.

**L'intervento eseguito sull'intera diga, massivo e strutturale ha di fatto radicalmente modificato e riabilitato l'opera.** La soluzione progettuale definitiva ha previsto sinteticamente:

- la trasformazione dello sbarramento “in voltine poggianti su contrafforti” in **diga “a gravità massiccia attraversata da una galleria di alleggerimento”**;
- **l'adeguamento alla portata di piena millenaria degli scarichi rivalutata dal S.I.M.N.** (con completo rifacimento degli scarichi).
- Per quanto concerne il **corpo diga** si è previsto il riempimento del volume sotteso dalle volte e dal profilo di valle degli speroni realizzando una **struttura a gravità secondo una sezione ben lontana dal triangolo fondamentale** che ha richiesto l'adozione di un'ampia galleria di alleggerimento **introducendo di fatto un prototipo strutturale**.
- Per quanto riguarda il manufatto sfioratore, l'intervento in progetto ha previsto la demolizione degli scarichi di superficie e di mezzofondo e la loro ricostruzione.

Per lo **scarico di mezzofondo** è variato il tracciato in galleria (parallelo al canale fugatore 1) ed è stata ampliata la sezione di deflusso.

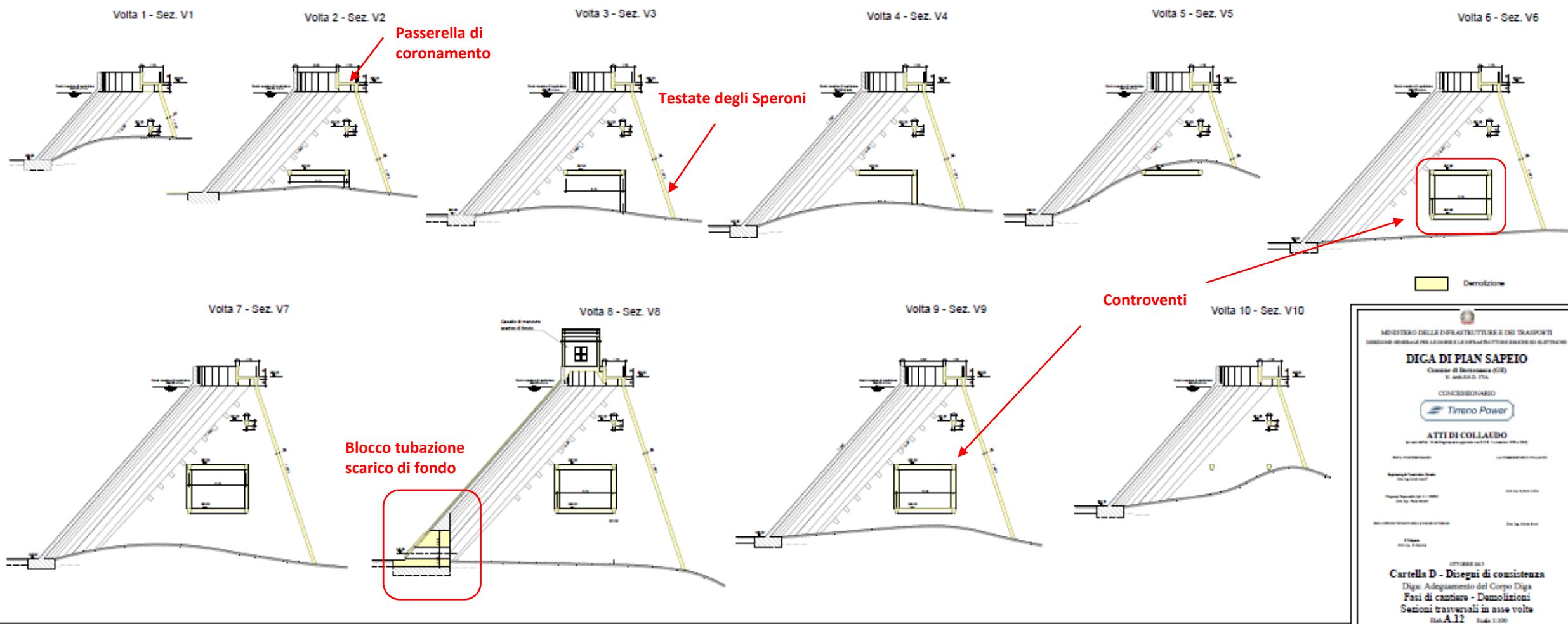
Lo **scarico di fondo** attraversante il corpo diga è stato completamente ricostruito e potenziato con aumento delle sezioni di deflusso e con una coppia di paratoie bypassabili per il rilascio DMV.

E' stata incrementata la capacità di smaltimento dello **scarico superficiale**, grazie alla modifica sia del ciglio sfiorante (mediante l'adozione di un profilo Craeger), sia grazie alla nuova conformazione dei canali collettori e fugatori (che sono stati approfonditi ed ampliati). Gli interventi realizzati sulle opere di scarico hanno consentito di evacuare la **portata di piena rivalutata** dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e pari a **150 m<sup>3</sup>/s**.



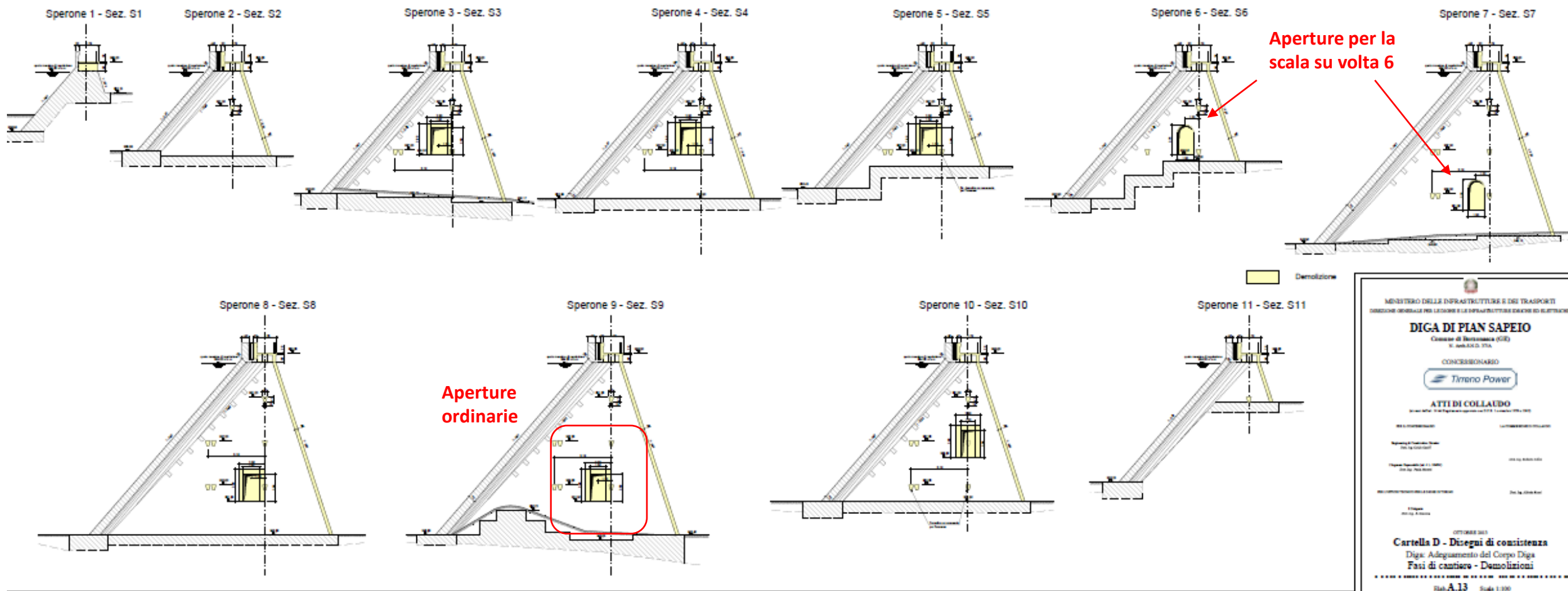


## PROGETTO - DEMOLIZIONI



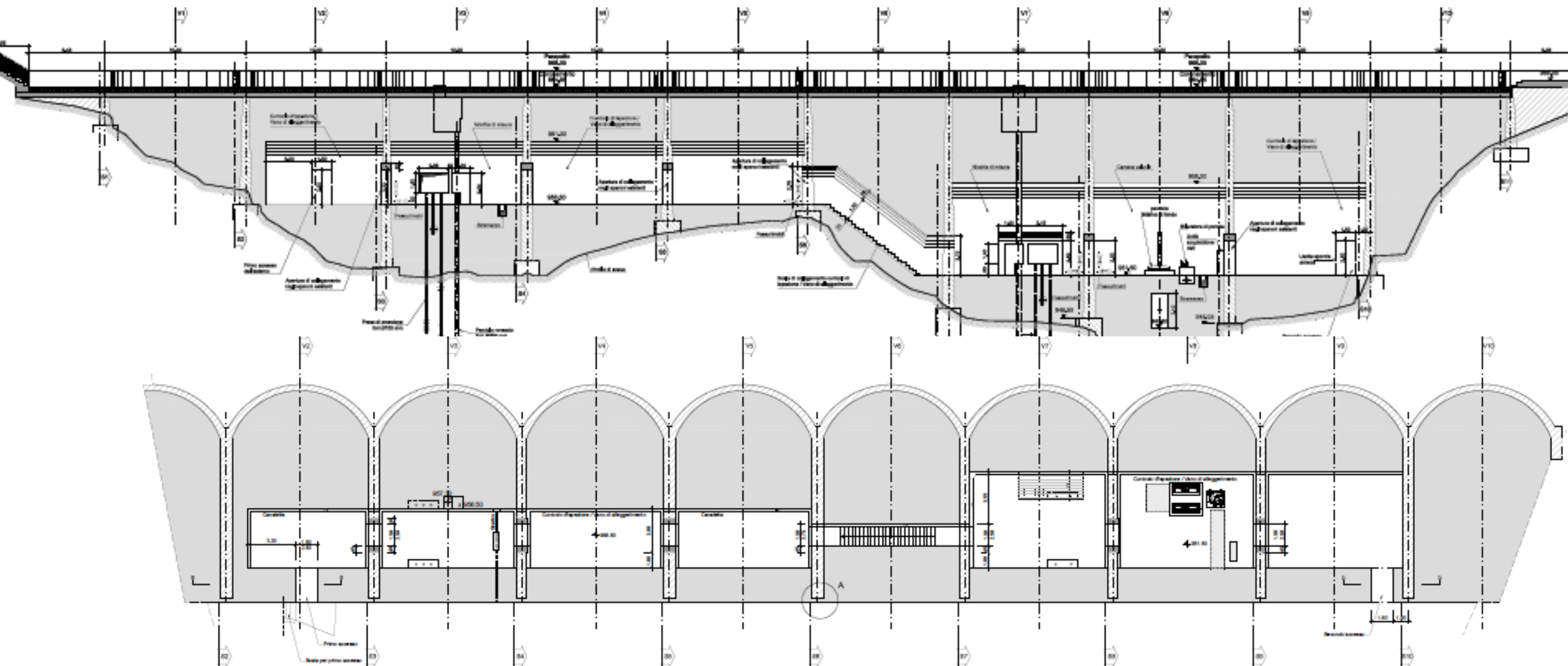
# COLLAUDO EX ART. 14 REGOLAMENTO DIGHE - EVIDENZE

## PROGETTO – DEMOLIZIONI: APERTURA VARCHI SUGLI SPERONI





## PROGETTO – DIGA A GRAVITA' CON ALLEGGERIMENTO (sezioni verticale ed orizzontale)



**ATTIVITA' DELLA COMMISSIONE DI COLLAUDO**

Come già riportato la commissione ha effettuato i sopralluoghi nelle date seguenti.

- 1<sup>a</sup> visita effettuata in data 17.11.2010;
- 2<sup>a</sup> visita effettuata in data 08.03.2011;
- 3<sup>a</sup> visita effettuata in data 19.05.2011;
- 4<sup>a</sup> visita effettuata in data 29.07.2011;
- 5<sup>a</sup> visita effettuata in data 04.10.2011;
- 6<sup>a</sup> visita effettuata in data 10.10.2012 (finale).

**OSSERVAZIONI – RACCOMANDAZIONI – PRESCRIZIONI**



## PRESCRIZIONE PROVE PULL-OUT BARRE ANCORAGGIO CANALI COLLETTORI

• Nel mese di settembre 2010, in conformità alle prescrizioni progettuali, si procedette alla realizzazione **degli ancoraggi dei canali collettori 1 e 2 dello sfioratore**. In particolare gli ancoraggi vennero realizzati con barre in acciaio B450C zincate a caldo di lunghezza pari a 140 cm, diametro 20, piegate ad L da annegare e successivamente iniettare con malta cementizia in perfori aventi diametro pari a 40 mm e lunghezza 70 cm.

Sulla base della **richiesta della Commissione di Collaudo, che richiese** l'applicazione di carichi di trazione crescenti sino ad un valore pari ad almeno 1,5 volte il carico di progetto, si diede luogo all'esecuzione di 2 **prove di resistenza allo sfilamento (pull-out)** delle barre di ancoraggio in corrispondenza dei canali collettori, prove che furono svolte in data 22/9/2010, con esito positivo.

Durante la esecuzione delle prove gli allungamenti misurati sono risultati congruenti con l'allungamento elastico teorico della barra in trazione e si è verificata l'assenza di scorrimenti al contatto barra/malta di inghisaggio e malta di inghisaggio/roccia di fondazione.

**Ottenendo una convalida della verifica di stabilità alle sottospinte idrauliche.**

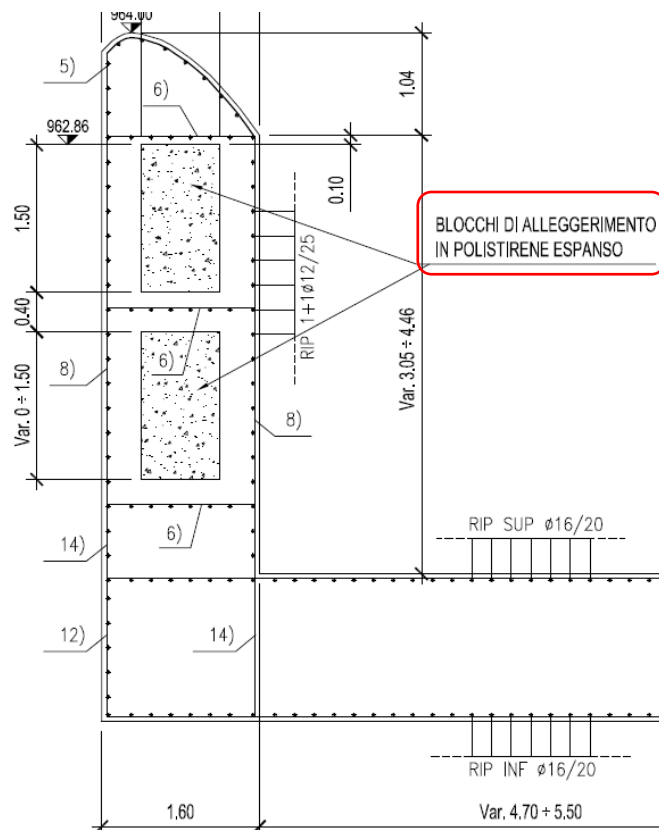
ESECUZIONE PROVA DI SFILAMENTO BARRE  
ANCORAGGIO CANALE COLLETTORE  
22/9/2010 (prescrizione Comm. Collaudo)



## PRESCRIZIONE ELIMINAZIONE ALLEGGERIMENTI MURI DELLO SFIORATORE

- Con riferimento al galleggiamento la Dgdighe (con il parere favorevole della Commissione di collaudo) prescrive di **eliminare**, in fase di approvazione progettuale, gli inizialmente previsti **alleggerimenti in polistirene espanso all'interno dei muri dello sfioratore per favorire le verifiche di stabilità** riferite alle sottospinte idrostatiche.

SEZIONE ORIGINARIA  
ALLEGGERITA  
(progetto)



SEZIONE PIENA  
(prescrizione DGDighe)



### CRITICITA' SU SVILUPPO DI CALORE D'IDRATAZIONE

Nella definizione della ricetta del calcestruzzo si è tenuto presente come le caratteristiche prestazionali stabilite dal FCC (e dalle Specifiche Tecniche) per il conglomerato cementizio da utilizzare nel corpo diga fossero funzionali al soddisfacimento di due principali finalità:

1. **durabilità dell'opera (con riferimento alla classe di esposizione);**
2. **contenimento dello sviluppo di calore durante la fase di maturazione.**

Il soddisfacimento di entrambi i requisiti (che prevederebbero scelte «contrastanti» per il cemento), ed il difficile approvvigionamento di cementi classificati a basso calore d'idratazione nonché il mancato ottenimento nel corso della prequalifica dei limiti termici da parte degli stessi (conformi alla Norma armonizzata UNI EN 14216), ha imposto una approfondita ricerca di compromesso nella definizione della proposta di ricetta del conglomerato cementizio dei riempimenti della diga.

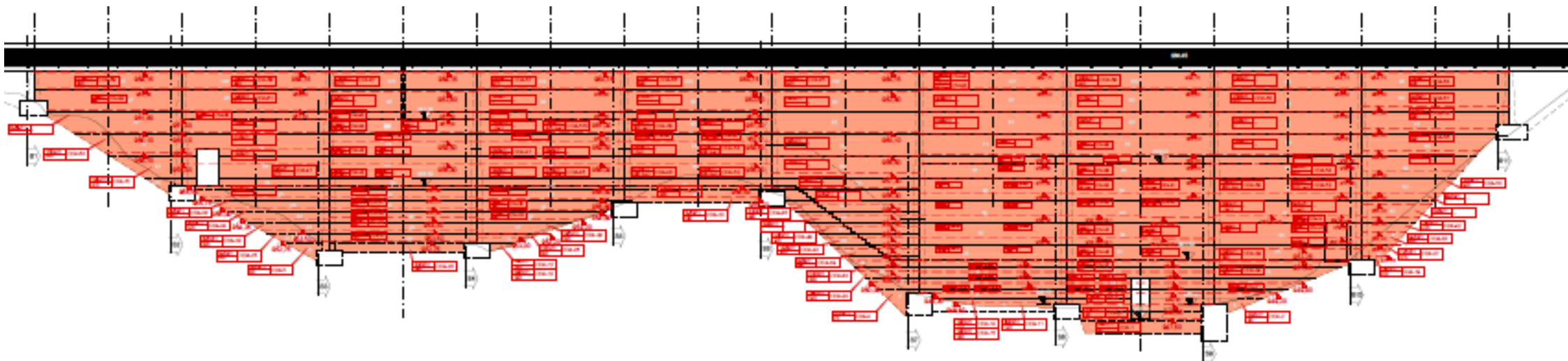
Al riguardo **la Commissione di collaudo** ha richiesto l'aggiornamento dell'analisi termica iterativa (già presente nel progetto) in relazione alla geometria dei getti ed allo sviluppo di calore adiabatico del **cemento PROPOSTO**.

Tali adempimenti da parte della D.L. hanno consentito di accettare l'adozione del cemento pozzolanico CEM IV/A R32,5 della Holcim – di Merone (CO), certificato con un calore di idratazione pari a circa 235 j/g (non elevato ma non certificato «a basso calore d'idratazione» ai sensi della Norma armonizzata UNI EN 14216 che richiede un valore inferiore), che presenta le seguenti caratteristiche prestazionali compatibili con le specifiche del Foglio di condizioni per la costruzione:

- classe di resistenza: C25/30;
- classe di consistenza: S3;
- classe di esposizione: XC2;
- diametro massimo aggregato: 32 mm



## CRITICITA' SU SVILUPPO DI CALORE D'IDRATAZIONE – PRESCRIZIONE AGGIORNAMENTO ANALISI TERMICA



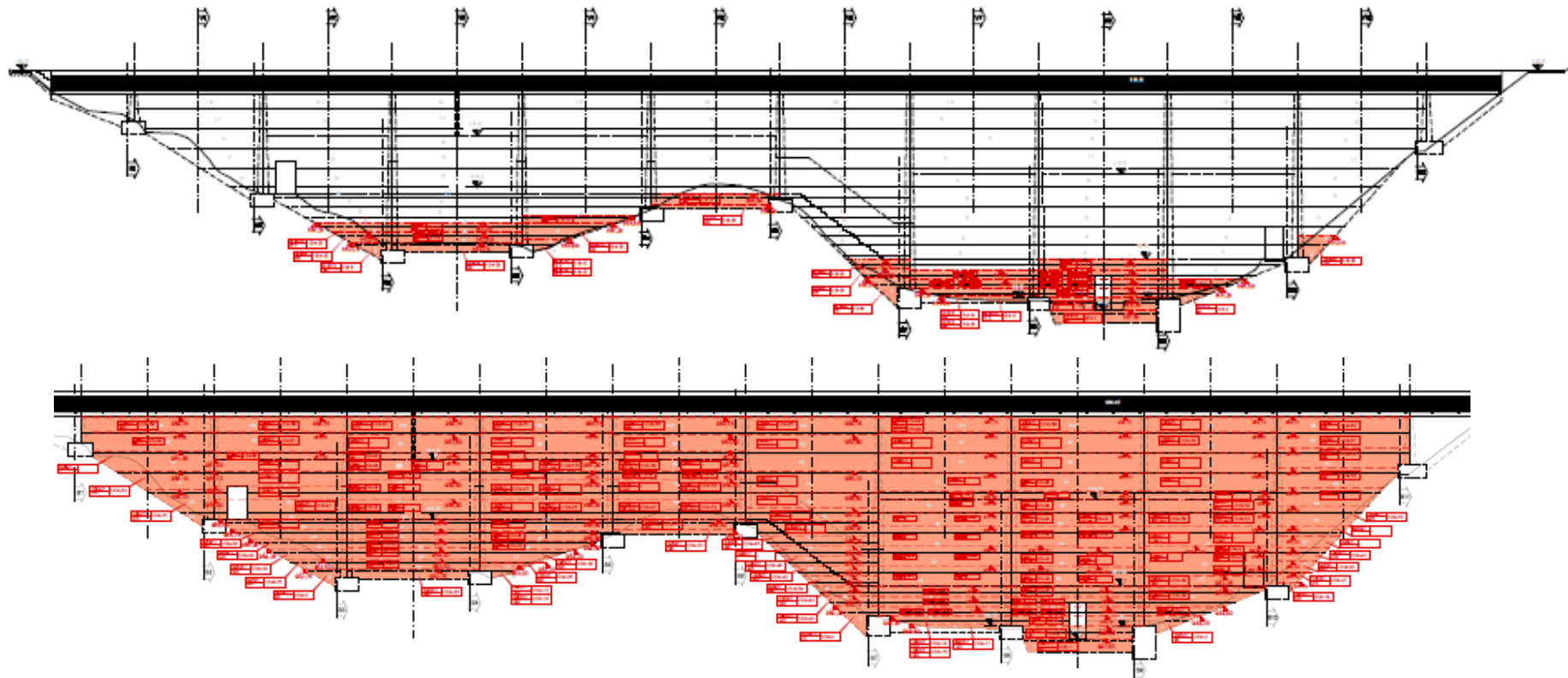
Geometria dei getti eseguiti, **utilizzati e verificati nell'analisi termica iterativa rieseguita dalla direzione Lavori**, sulla base dello schema di calcolo predisposto dai progettisti che non ha richiesto l'utilizzo di un programma di calcolo agli elementi finiti per analisi termiche al passo.

L'analisi termica iterativa alle differenze finite è peraltro molto intuitiva e reca analogie con i metodi semplificati iterativi per lo studio delle strutture iperstatiche della Scienza delle costruzioni (coefficienti di rigidezza : coefficienti di scambio termico; carichi applicati : sviluppi di calore).

I risultati conseguiti sono soddisfacenti in termini  $\Delta T$  nei getti e rispetto all'esterno.

**Le misure termometriche hanno confermato i risultati stimati con l'analisi iterativa.**

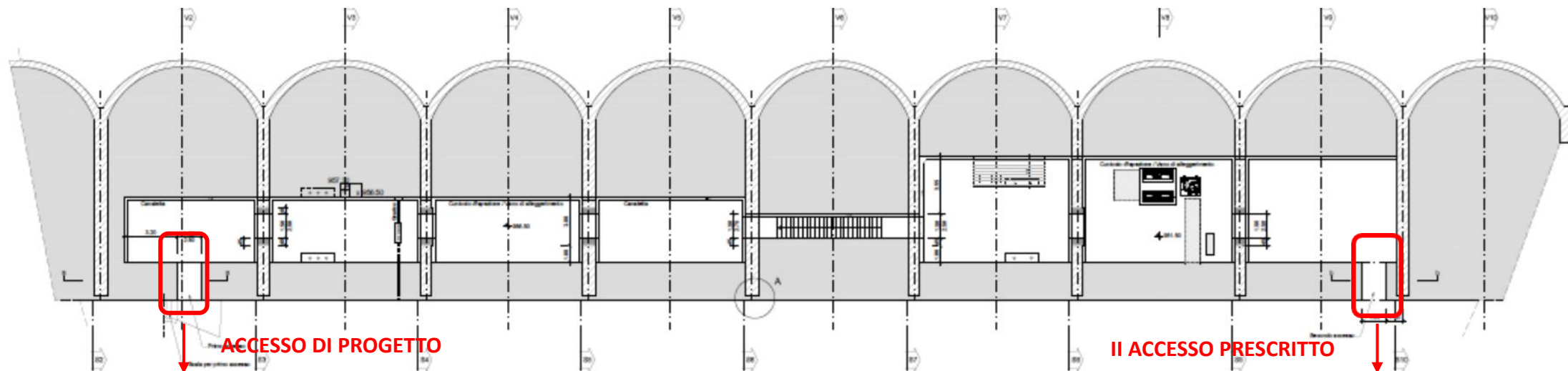
## CRITICITA' SU SVILUPPO DI CALORE D'IDRATAZIONE – ANALISI ITERATIVA



I successivi andamenti delle temperature misurate, illustrati dalla Direzione Lavori in appositi grafici, sono risultati in linea con le previsioni progettuali e con i risultati delle analisi termiche di prequalifica.



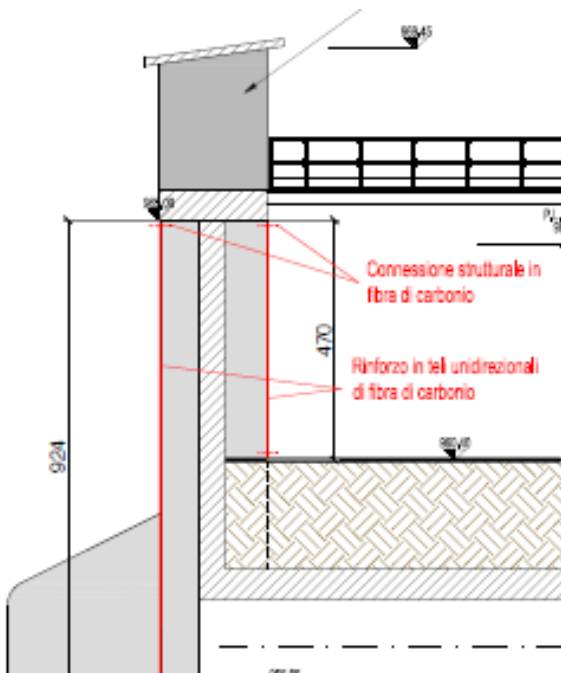
## PRESCRIZIONE SECONDO ACCESSO AL VANO INTERNO



Nel corso della prima visita (e con prescrizione successiva) la Commissione ha inoltre rappresentato al Concessionario ed alla Direzione Dighe **la opportunità che il vano interno al corpo diga venisse dotato di un secondo accesso dall'esterno**, al fine di elevare le condizioni di sicurezza degli operatori in esso presenti.

## PRESCRIZIONE DI VERIFICA IDONEITÀ STATICA TORRINO SCARICO DI MEZZOFONDO

In relazione poi al torrino di manovra dello scarico di mezzofondo - **non compreso nei lavori di ristrutturazione** – la commissione di collaudo richiese che venisse sottoposto all'accertamento della relativa idoneità statica nell'ambito delle attività del Collaudo statico generale. **L'opera è costituita da una struttura in calcestruzzo ordinario probabilmente non armato.** Indagini condotte in campo attraverso la asportazione degli strati corticali di cls **non hanno permesso di individuare presenza di barre di armatura.** Si è pertanto dato corso ad un **intervento di rinforzo strutturale con applicazione di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza (grammatura 300 g/m<sup>2</sup>),** in grado cioè di assorbire, previo adeguato ancoraggio alla struttura esistente, i seppur modesti sforzi di trazione per azione orizzontale sismica.



FIBRE DI CARBONIO AD  
ALTA RESISTENZA



## INVASI SPERIMENTALI – PRESSIONI INTERSTIZIALI

In data 4/10/2011 si svolse la quinta visita di sopralluogo della Commissione di collaudo.

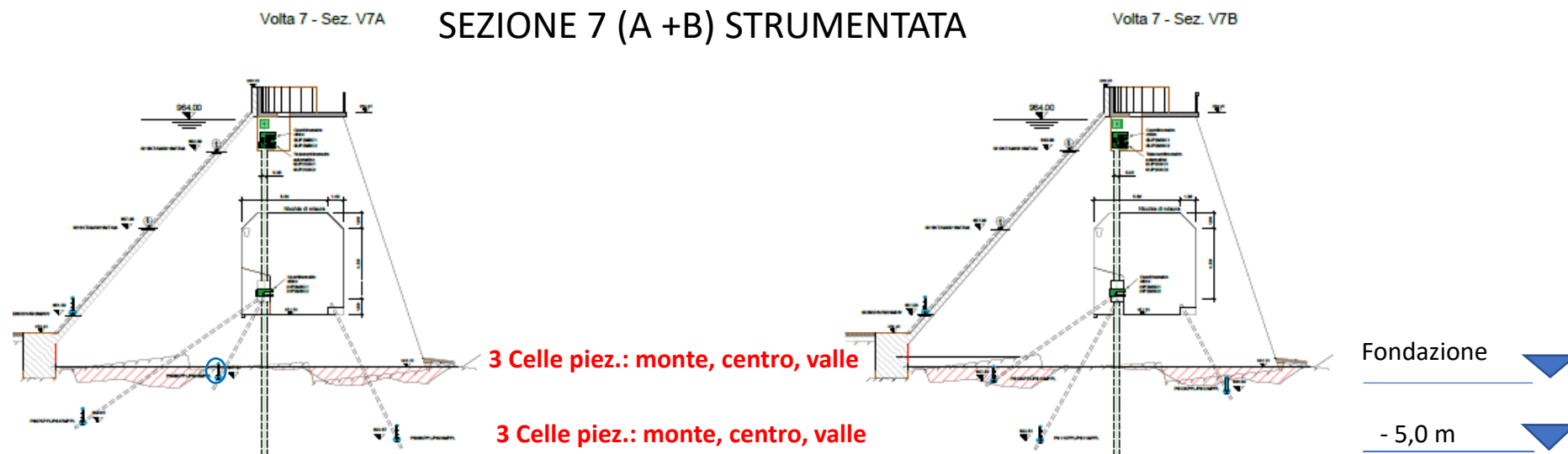
Alla data della visita erano in corso **gli invasi sperimentali** e la massima quota di invaso autorizzata era pari a 961,00 m s.l.m. L'Ing. Responsabile della diga descrisse brevemente l'attuazione del primo ciclo degli invasi sperimentali, iniziato in data 29 agosto 2011, che aveva comportato due fasi di riempimento fino alla quota massima di 960,00 m s.l.m., intervallati da uno svuotamento totale.

Con riferimento alla misura delle sottopressioni, si verbalizzò che in data 02/09, **al primo raggiungimento della quota di 957.05 m s.l.m., l'altezza d'acqua presente all'interno della canna del piezometro PS07 raggiunse (e superò) la quota di testa del tubo stesso; il medesimo fenomeno avvenne al misuratore PS10 (in data 03/09, alla quota di 959.90 m s.l.m.) ed al misuratore PS11 (in data 04/09, alla quota di quota 959.90 m s.l.m.).**

Il Concessionario, **anche su prescrizione della Commissione di collaudo, provvede a modificare i piezometri a tubo aperto con manometri**, (rendendo stagna la testa di ogni tubo attraverso cui si erano verificate perdite nel vano interno alla volta 7).

- **DETTA CIRCOSTANZA, DI ADOZIONE DI PIEZOMETRI A TUBO APERTO, MOSTRO' COME NON FOSSERO ATTESE SOTTOPRESSIONI «SIGNIFICATIVE».**
- **PERALTRO LE VERIFICHE DI STABILITA' DELLA DIGA TENEVANO IN CONTO L'INTERO CONTRIBUTO DEL TRIANGOLO DELLE PRESSIONI (CON VALORE A MONTE PARI ALL'INTERO CARICO IDROSTATICO DI MAX INVASO).**
- **SI PUO' PERTANTO RITENERE COME LA DIGA SOTTILE PREESISTENTE AVESSSE RESO NON APPREZZABILE LA FILTRAZIONE VERSO VALLE.**

## INVASI SPERIMENTALI – PRESSIONI INTERSTIZIALI – CONSIDERAZIONI



La Commissione ha rilevato nel certificato di collaudo che rispetto allo schema di misura previsto a progetto, per 3 piezometri su 12, le sottopressioni si sono rivelate più elevate di quanto implicitamente ammesso con la scelta dei piezometri a tubo aperto. Presumibilmente ciò è avvenuto sulla base delle osservazioni sul precedente sbarramento che non hanno mai manifestato evidenze di sottopressioni e filtrazioni.

Peraltro le pressioni interstiziali misurate nel corso degli invasi sperimentali, sino alla data di collaudo, risultavano inferiori alle sottopressioni previste nei calcoli progettuali di stabilità della diga ristrutturata. **Al riguardo i diagrammi di pressione ricostruibili sulla base delle misure strumentali, alla data del 10/10/2012, conducevano a valori di sottospinta in fondazione della volta n. 7 pari a circa la META' di quelli utilizzati nelle verifiche di stabilità del progetto.**

## INVASI SPERIMENTALI – PERMEAZIONI ATTRAVERSO GLI SPERONI

All'avvio degli invasi sperimentali, parallelamente all'incremento delle pressioni interstiziali in fondazione, si è verificato un fenomeno di **permeazioni che hanno interessato gli speroni del preesistente corpo diga** piuttosto evidente e che comunque è andato rapidamente riducendosi e stabilizzandosi.

Il fenomeno è rappresentato nelle foto sottostanti ed **ha riguardato principalmente le volte in lato sinistro con superficie di fondazione più profonde.**



### PERMEAZIONI ATTRAVERSO GLI SPERONI ESISTENTI

Nelle volte in dx  
(meno rilevanti)

Nelle volte in sin  
(più rilevanti)





**INVASI SPERIMENTALI – PERMEAZIONI ATTRAVERSO GLI SPERONI – CONSIDERAZIONI**

Per quanto concerne le permeazioni che hanno interessato gli speroni del preesistente corpo diga **la Commissione ha ritenuto che le cause siano riconducibili alle mutate condizioni idrauliche al contorno**, derivanti dalla messa in opera dell'esteso nuovo sbarramento a gravità, **nonché alla forte differenza di permeabilità tra il calcestruzzo di nuova esecuzione e quello degli speroni** che già nel corso dei precedenti sopralluoghi aveva mostrato, con una certa evidenza, di essere interessato da **porosità diffusa**. Anche per tale fenomeno la Commissione ha raccomandato al Concessionario di seguirlo nel futuro con la dovuta attenzione visto che gli speroni rappresentano una via di preferenziale infiltrazione d'acqua dall'invaso.



**EVIDENTE POROSITA' DEL CALCESTRUZZO DEGLI SPERONI  
RESA EVIDENTE A TERGO DEL TAGLIO DELLE TESTATE**

**Grazie per  
la cortese  
attenzione  
a tutti Voi.**

