



[www.itcold.it](http://www.itcold.it)  
[itcold@iol.it](mailto:itcold@iol.it)



# OPEN DAY ON DAMS

# 2023

ing. Maria Grazia D'Agostino

[mgrazia.dagostino@mit.gov.it](mailto:mgrazia.dagostino@mit.gov.it)



Direzione generale per le dighe  
e le infrastrutture idriche

Dipartimento per le opere pubbliche, le politiche abitative  
e urbane, le infrastrutture idriche e le risorse umane e strumentali

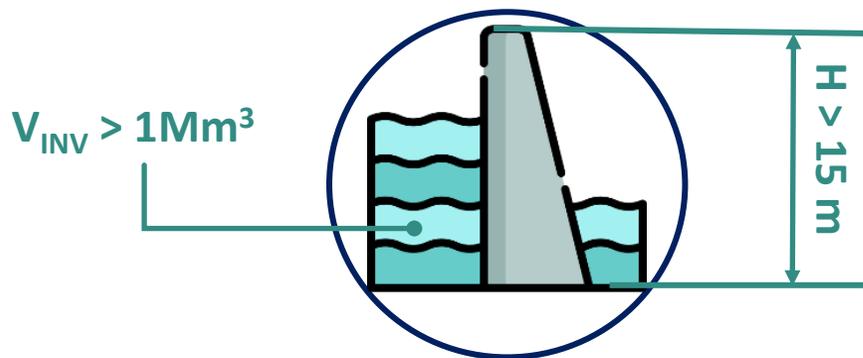
<https://dgdighe.mit.gov.it/>

21 aprile 2023

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale  
Sapienza Università di Roma

## UN INGEGNERE AL MINISTERO: ATTIVITA' DELLA DIREZIONE GENERALE DIGHE

## GRANDI DIGHE



## CHI SIAMO:

- **STRUTTURA TECNICA** dello Stato presso il **Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**.
- organo di vigilanza per il controllo della sicurezza dei grandi sistemi di ritenuta e del complesso di opere infrastrutturali ad essi collegate nell'ambito della gestione della risorsa idrica, strategica per l'interesse nazionale.

## COMPETENZE:

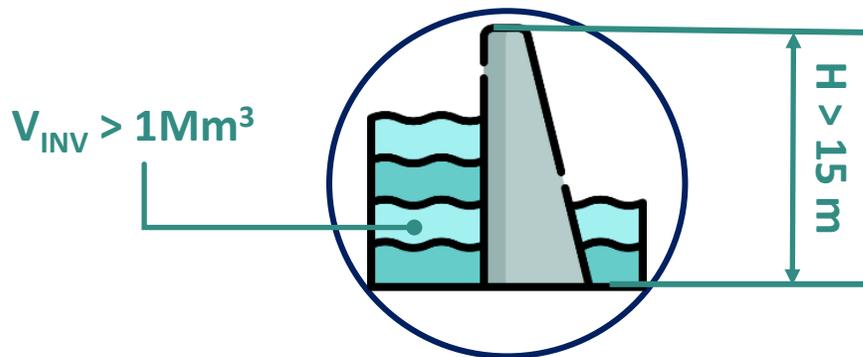
Per le grandi dighe e le traverse di competenza statale la DGD interviene nelle fasi di:

- **PROGETTO** → esame e approvazione dei progetti di nuove opere/ di interventi di modifica
- **VIGILANZA** → sullo sbarramento, sulle condotte forzate sulle derivazioni con grandi dighe a monte
- **COSTRUZIONE**
- **ESERCIZIO**
- **DIMISSIONE**

Le competenze si estendono anche agli **ASPETTI AMBIENTALI** e di **SICUREZZA IDRAULICA** e **SISMICA** derivanti dalla gestione del sistema costituito da invaso, relativo sbarramento scarichi e opere complementari e accessorie.

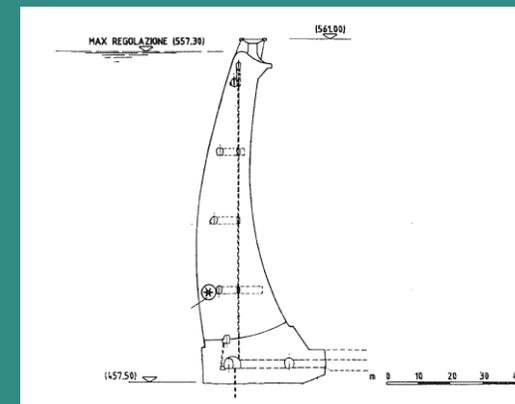


## GRANDI DIGHE



## ARCHIVIO:

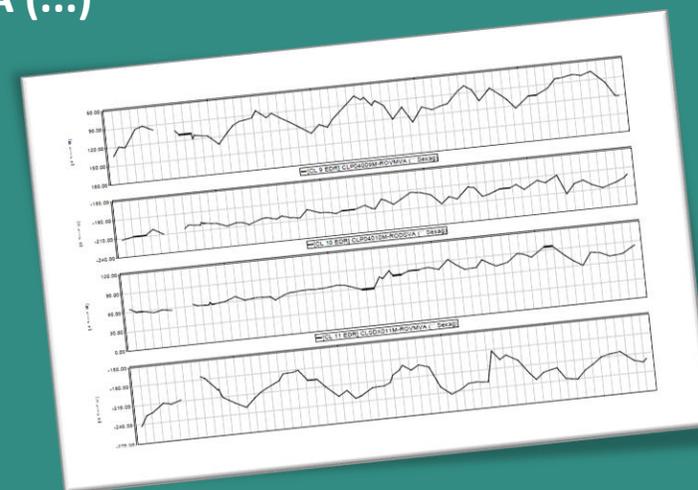
➤ Storico → ATTI DI COLLAUDO



## COMPETENZE:

- Centro di competenza esclusiva nell'attività di supporto alla rete dei Centri Funzionali per l'analisi dei fenomeni idrologico-idraulici connessi alla presenza di sbarramenti → sistema di ALLERTAMENTO NAZIONALE, STATALE E REGIONALE PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO ai fini di PROTEZIONE CIVILE
- responsabile dell' ATTUAZIONE, GESTIONE e MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI FINANZIATI DAL MINISTERO SU DIGHE e CONDOTTE IDRICHE.

- Studi delle ONDE DI PIENA
- Corrente → PROGETTI, ASSEVERAZIONI, DATI di MONITORAGGIO e CONTROLLO, VERBALI DI VISITA (...)



## DGD E UTD SUL TERRITORIO NAZIONALE

Div. 1 - Affari amministrativi generali, coordinamento legislativo e contenzioso

Div. 2 – Affari tecnici generali, coordinamento sistema informativo dighe ed emergenze

Div. 3 – Coordinamento controllo infrastrutture idriche



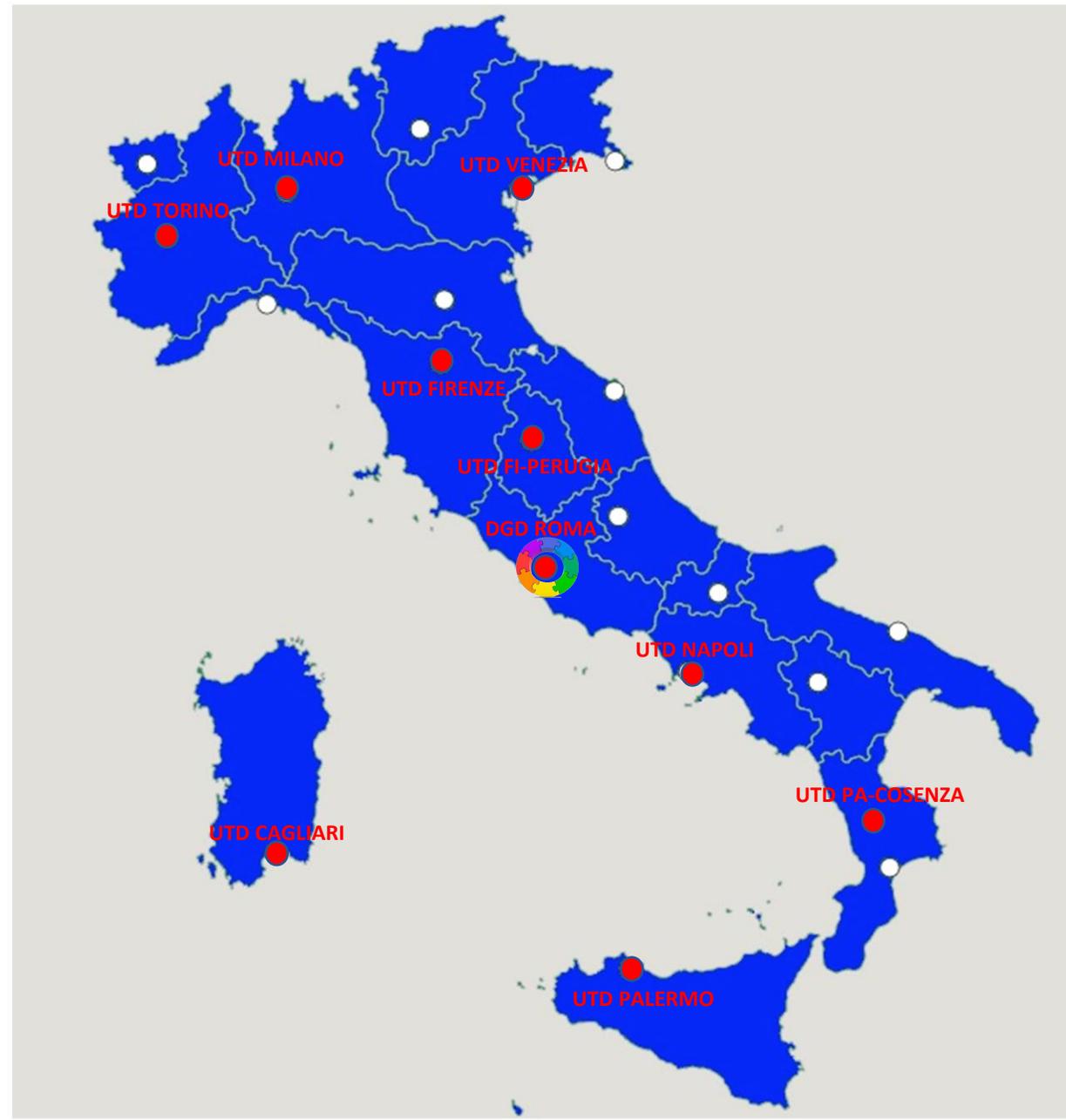
Div. 4 – Coordinamento controllo dighe in costruzione e in esercizio sperimentale

Div. 5 – Coordinamento controllo dighe in esercizio

Div. 6 – Strutture e geotecnica

Div. 7 – Idraulica e Geologia applicata

Div. 8 – Pianificazione e Programmazione degli interventi nel settore idrico



## LE 530 GRANDI DIGHE ITALIANE SUDDIVISE PER UTD DI COMPETENZA

■ Torino	86
■ Milano	93
■ Venezia	62
■ Firenze	53
■ Firenze - sezione di Perugia	51
■ Napoli	60
■ Palermo	46
■ Palermo - sezione di Cosenza	20
■ Cagliari	59



## ATTIVITÀ DEGLI UFFICI TECNICI PER LE DIGHE:

- controllo e vigilanza sulla sicurezza delle grandi dighe;
- sopralluoghi periodici;
- attività di raccolta di dati e di informazioni sulle misure di controllo condotte sugli impianti, finalizzate alla verifica del comportamento delle opere ai fini della sicurezza pubblica;
- supporto tecnico in occasione di scenari di emergenza

# «UN' ISTRUTTORIA AL MINISTERO: ATTIVITA' DELLA DIVISIONE 6»

DIGA DI ISOLATO (SO)  
tipologia: a cupola  
h: 34,6 m  
V<sub>inv</sub>: 1,82 Mm<sup>3</sup>

## ANALISI STORICO CRITICA DELLA DIGA

## DEFINIZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO E DEL MOTO SISMICO

## ANALISI SISMICA DELLA DIGA ALLO SLD ED ALLO SLC

## VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

1. Premessa → art. 4 del D.L. 79/04 convertito con L. 139/04  
OPCM n. 3274 del 2003: OBBLIGO DELLE VERIFICHE SISMICHE per le OPERE esistenti DI TIPO STRATEGICO o RILEVANTE nelle zone sismiche 1 e 2

1.1 Sismicità di base

2. Descrizione dell'opera

2.1 Dati della diga e del serbatoio

3. Comportamento della diga

4. Documentazione presentata dal concessionario

4.1 Caratteristiche sismiche e studio sismotettonico  $ag(TR=475aa) > 0,15 g$

4.2 Caratteristiche meccaniche dei materiali

4.3 Modello di calcolo

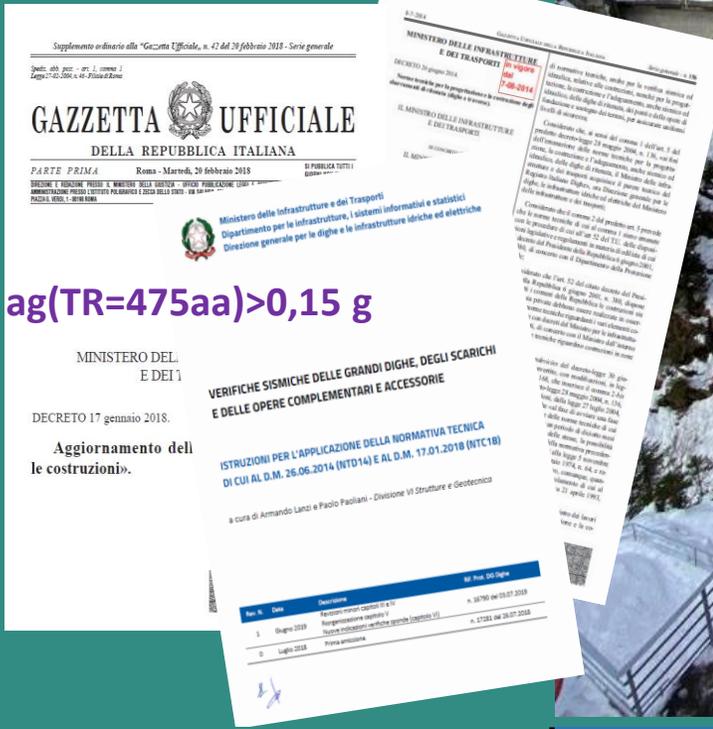
4.4 Azioni e combinazioni delle azioni

4.5 Analisi effettuate

4.6 Criteri di verifica

4.7 Risultati delle analisi e giudizio di sicurezza

5. Osservazioni istruttorie conclusive



# «UN' ISTRUTTORIA AL MINISTERO: ATTIVITA' DELLA DIVISIONE 6»

Preliminarmente alla valutazione di sicurezza è necessario esaminare il comportamento dello sbarramento durante l'esercizio, evidenziando eventuali insufficienze originarie legate a carenze progettuali o realizzative, o criticità successivamente intervenute

## ANALISI STORICO CRITICA DELLA DIGA

## 2. Descrizione dell'opera

### 1.1 Sismicità di base

Dati desunti dalla sismicità di base (INGV) secondo quanto indicato dal D.M. 26 giugno 2014 e dalle NTC/18 per il sito di interesse

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,073	2,453	0,265
SLD	101	0,094	2,453	0,281
SLV	949	0,249	2,477	0,344
SLC	1950	0,330	2,462	0,361

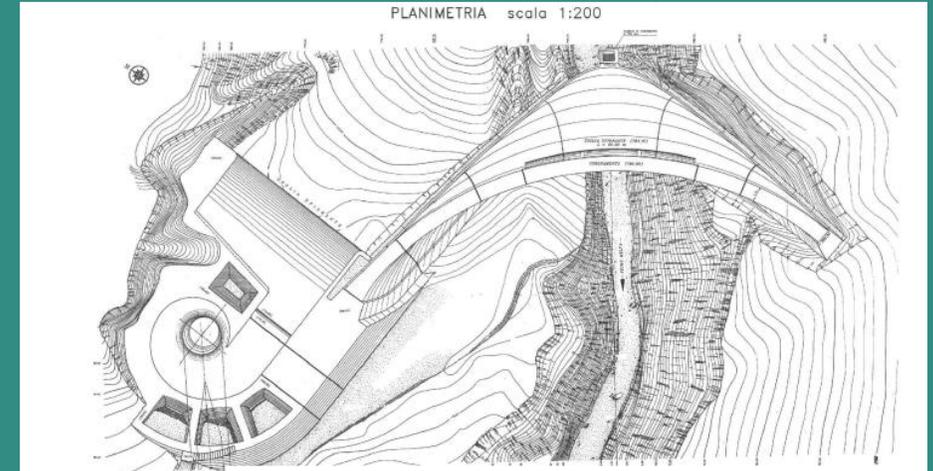
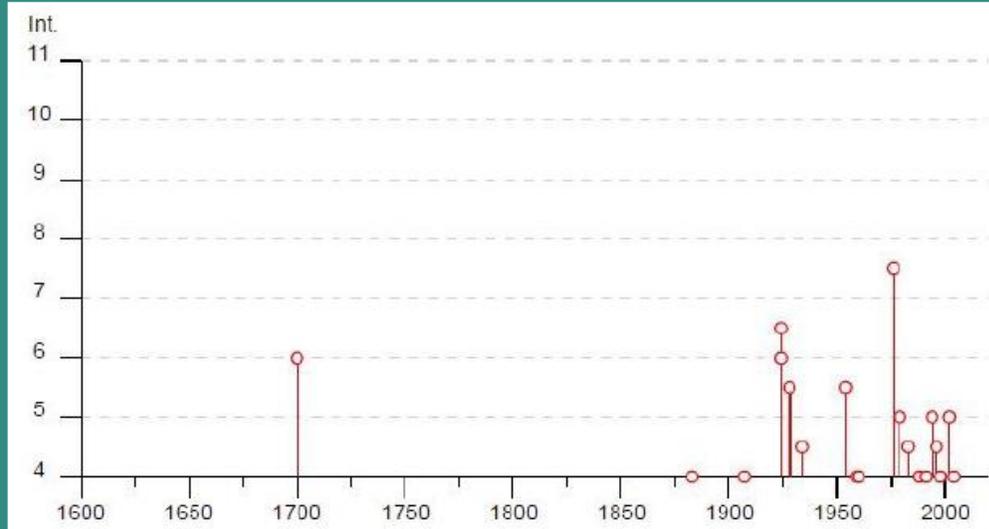


Fig. 3-2 - Diga di Grotta

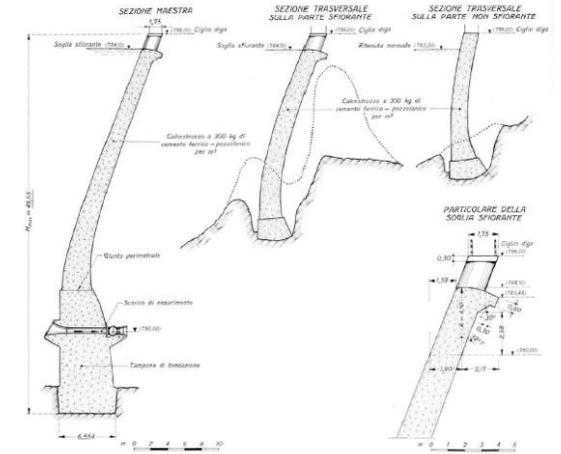


Fig. 3-5 - Diga di Grotta Campanaro: sezioni trasversali.

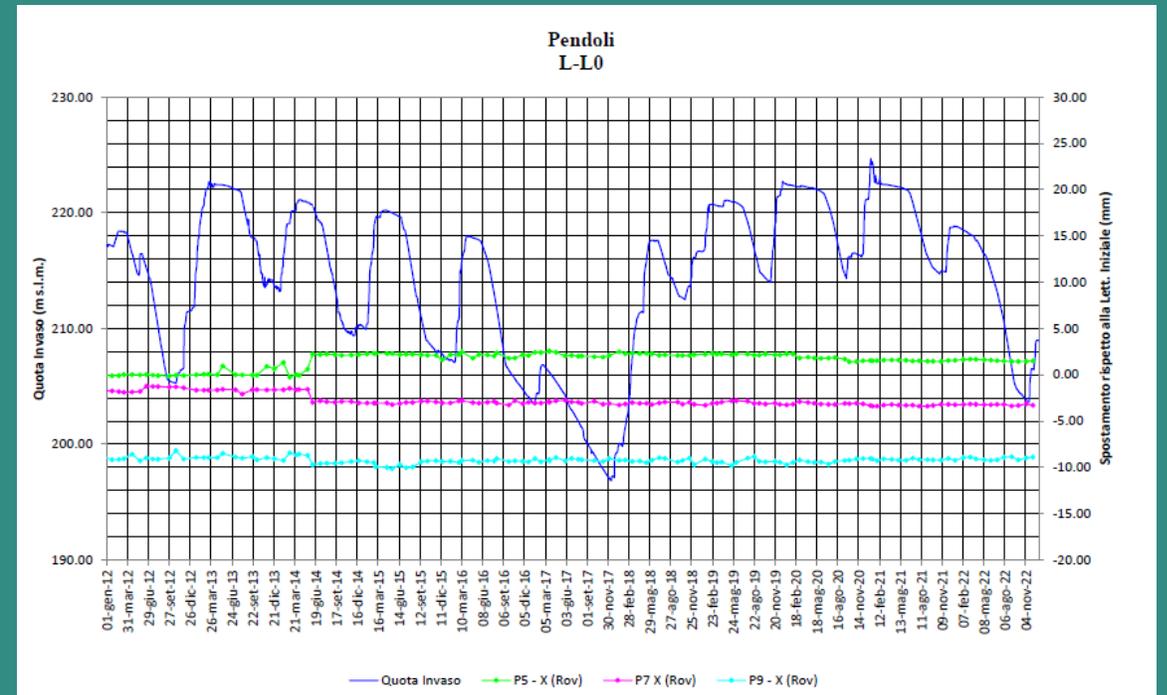
## ANALISI STORICO CRITICA DELLA DIGA

### 2.1 Dati della diga e del serbatoio

- altezza della diga (ai sensi del D.M.24.3.1982)
- altezza della diga (ai sensi art.1 comma 4 - del D.L. 584/1994)
- altezza di massima ritenuta
- quota di coronamento
- franco (ai sensi del D.M. n. 44 del 24.03.1982)
- franco netto (ai sensi del D.M. n. 44 del 24.03.1982)
- sviluppo del coronamento
- volume della diga
- grado di sismicità assunto nel progetto:
- quota di massimo invaso
- quota massima di regolazione
- quota minima di regolazione
- volume totale d'invaso (ai sensi del D.M. 24.3.1982)<sup>1</sup>
- superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso
- superficie del bacino imbrifero allacciato
- portata di massima piena di progetto

### 3. Comportamento della diga

Controllo e confronto fra dati di monitoraggio delle misure strumentali e serie storiche



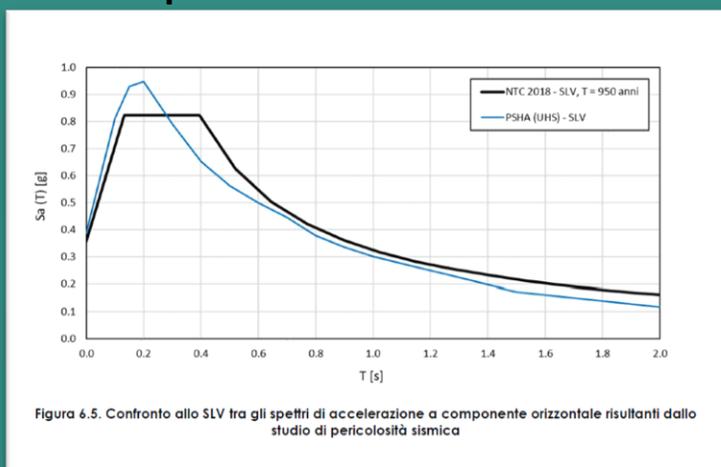
## ANALISI STORICO CRITICA DELLA DIGA

## DEFINIZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO E DEL MOTO SISMICO

### 4.1 Caratteristiche sismiche e studio sismotettonico

Le finalità dello STUDIO SISMOTETTONICO, necessario se  $a_g(T_R=475aa) > 0,15 g$ , sono:

- Definire l'azione sismica di riferimento per il sito in termini di SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE, tenendo conto dei caratteri sismogenetici dell'area in esame e della risposta sismica locale RSL. L'azione sismica così definita non deve comunque risultare meno gravosa di quella da NTC/18;
- Individuare la presenza di strutture sismogenetiche potenzialmente in grado di produrre FAGLIAZIONE DI SUPERFICIE in corrispondenza dello sbarramento o delle opere di scarico e derivazione.



1. INTRODUZIONE.....	3
2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI NORMATIVA .....	6
3. STORIA DELLA SISMICITÀ DEL SITO E DELLA DIGA.....	14
4. CARATTERIZZAZIONE SISMOTETTONICA DELL'AREA .....	18
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE .....	18
4.2 QUADRO SISMOTETTONICO DEL SANNIO .....	20
4.3 SORGENTI SISMOGENETICHE .....	25
5. STUDIO SISMOTETTONICO E ANALISI PROBABILISTICA DI PERICOLOSITA' SISMICA .....	28
5.1 MODELLO SISMOTETTONICO .....	28
5.1.1 Introduzione .....	28
5.1.2 Modello di zonazione .....	29
5.1.3 Stima dei parametri delle zone.....	31
5.1.4 Catalogo CPTI15 .....	31
5.1.5 Tassi per classi di magnitudo.....	33
5.1.6 Distribuzione di Gutenberg-Richter .....	36
5.2 ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	40
5.2.1 Leggi di attenuazione .....	40
5.2.2 Curve di pericolosità.....	42
5.2.3 Spettri a pericolosità uniforme.....	46
6. CONFRONTO DEI RISULTATI E SELEZIONE DELL'INPUT SISMICO .....	50
6.1 CRITERI ADOTTATI NEL CONFRONTO .....	50
6.2 CONFRONTO PER STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ .....	51
6.3 CONFRONTO PER STATO LIMITE DI DANNO .....	53
6.4 CONFRONTO PER STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA .....	55
6.5 CONFRONTO PER STATO LIMITE DI COLLASSO .....	57
7. CONCLUSIONI .....	59
BIBLIOGRAFIA .....	60

ANALISI STORICO  
CRITICA DELLA DIGA

DEFINIZIONE DEL  
TERREMOTO DI PROGETTO  
E DEL MOTO SISMICO

ANALISI SISMICA  
DELLA DIGA ALLO SLD  
ED ALLO SLC

## 4.2 Caratteristiche meccaniche dei materiali

➤ Analisi dei risultati delle PROVE IN SITO e DI LABORATORIO sui materiali che costituiscono:

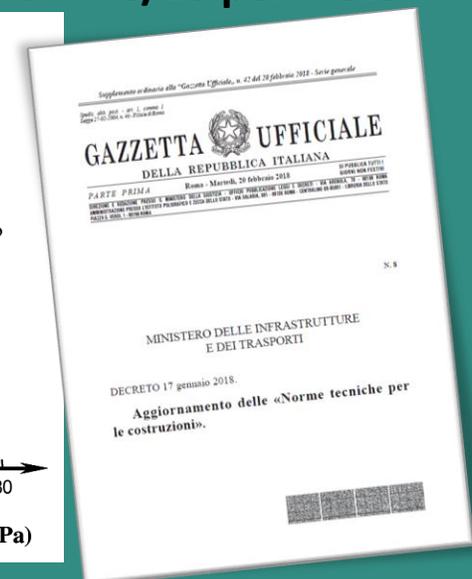
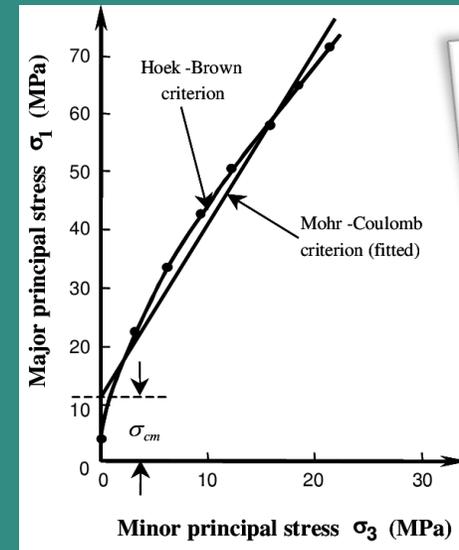
la fondazione dello sbarramento;

la diga sia essa di calcestruzzo, di materiali sciolti.

PROPRIETA'	TIPOLOGIA PROVE	n°CAMPIONI e/o n°POSTAZIONI	UNITA' DI MISURA	VALORE MEDIO	DEVIAZIONE STANDARD
$\rho_c$	prove di laboratorio	10 campioni	kg/m <sup>3</sup>	2548	41 (1,6%)
$v_p$	prove in sito	20 postazioni	m/s	5207	168 (3,2%)
$R_{c,s}$	prove distruttive in laboratorio	10 campioni + 20 postazioni	MPa	50,2(*)	5,59 (11,1%)
$f_{ct}$	prove distruttive di trazione indiretta	10 campioni	MPa	2,68	0,48 (17,9%)
$E_{c,s}$	prove di laboratorio	10 campioni	MPa	54030	9440 (17,5%)

➤ CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI effettuata utilizzando:

CRITERI presenti in LETTERATURA scientifica (es. GSI e criteri di rottura di Mohr-Coulomb, Hoek & Brown per roccia di fondazione); con riferimento alle NTC/18 per il CLS.



➤ Confronto con i dati contenuti negli ATTI DI COLLAUDO e nei PROGETTI

ANALISI STORICO  
CRITICA DELLA DIGA

DEFINIZIONE DEL  
TERREMOTO DI PROGETTO  
E DEL MOTO SISMICO

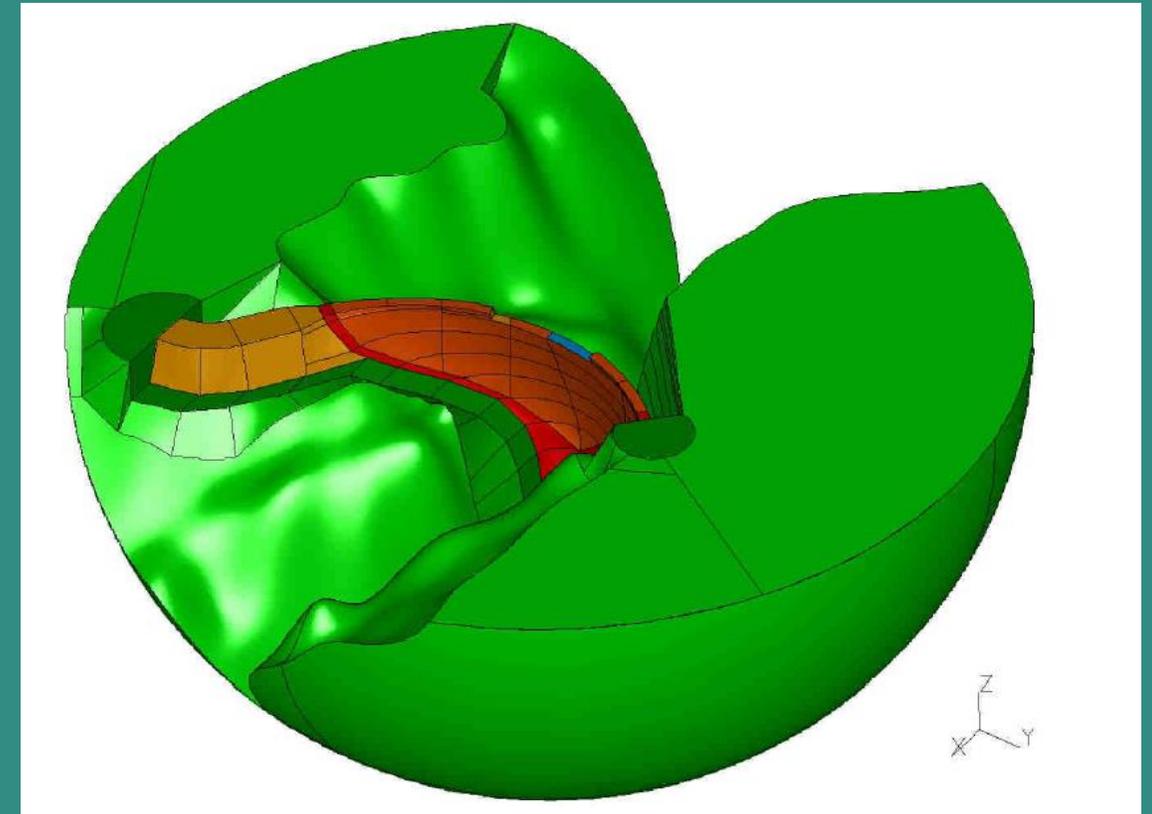
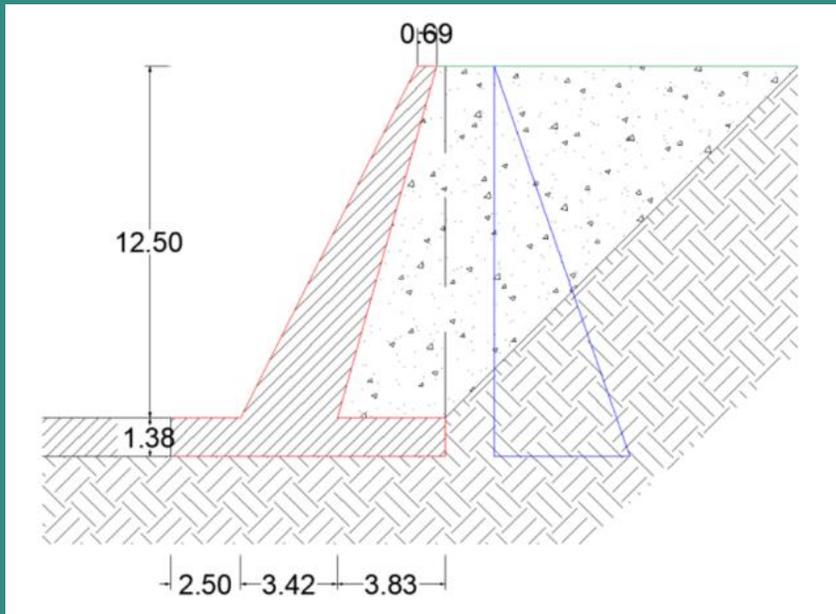
ANALISI SISMICA  
DELLA DIGA ALLO SLD  
ED ALLO SLC

### 4.3 Modello di calcolo

La modellazione può raggiungere differenti gradi di complessità a seconda delle caratteristiche dell'opera da analizzare:

- Schemi di calcolo;
- Modelli piani;

- Modelli 3D lineari;
- Modelli 3D non lineari per geometria o per legami costitutivi.



ANALISI STORICO  
CRITICA DELLA DIGA

DEFINIZIONE DEL  
TERREMOTO DI PROGETTO  
E DEL MOTO SISMICO

ANALISI SISMICA  
DELLA DIGA ALLO SLD  
ED ALLO SLC

#### 4.4 Azioni e combinazioni delle azioni:

- DM. 26 giugno 2014;
- NTC/2018;
- Circolare n. 16790 del 03/07/2019 .

#### C.7. - Azioni

In generale le azioni da considerare nelle verifiche sono:

- il peso proprio
- la spinta idrostatica
- le coazioni d'origine termica e da ritiro
- le sottospinte
- la spinta del ghiaccio
- la spinta dovuta all'interrimento
- l'azione sismica

Le azioni dovranno essere valutate come di seguito indicato e tra i criteri esposti al cap.C.8.

Tab.C6

azioni	fondamentale				eccezionale	sismica	
	fase costruttiva	fine costruzione o serbatoio vuoto	rapida vuotatura	esercizio normale	massima piena	SLE	SLU
peso proprio	SI	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI	SI	SI
spinta idrostatica			SI	SI	SI <sup>(2)</sup>	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>
sottospinta			SI	SI	SI	SI	SI
coazioni termiche e da ritiro	SI	SI	SI				
coazione da calore di idratazione	SI	SI					
spinta del ghiaccio				se applicabile			
spinta dell'interrimento				se applicabile	se applicabile	se applicabile	se applicabile
azione sismica						SI	SI

(1) quota massima regolazione e livelli inferiori nonché serbatoio vuoto  
(2) quota di massimo invaso

ANALISI STORICO  
CRITICA DELLA DIGA

DEFINIZIONE DEL  
TERREMOTO DI PROGETTO  
E DEL MOTO SISMICO

ANALISI SISMICA  
DELLA DIGA ALLO SLD  
ED ALLO SLC

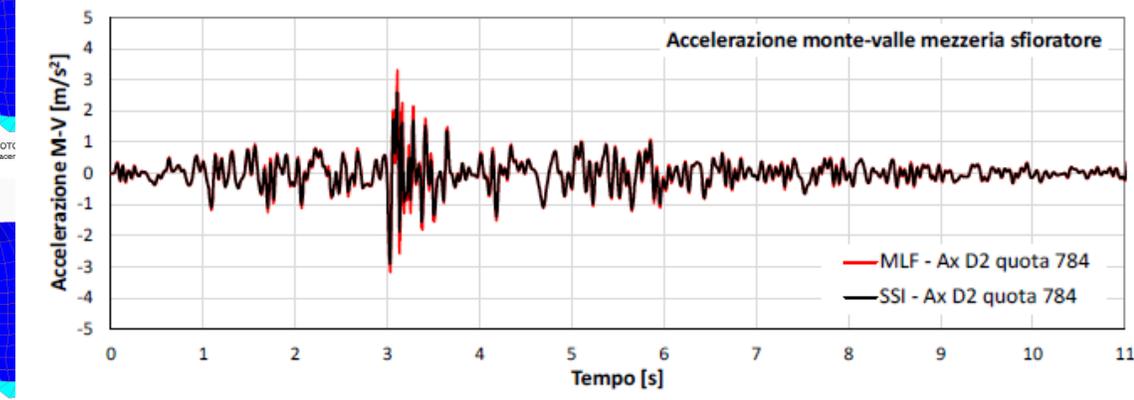
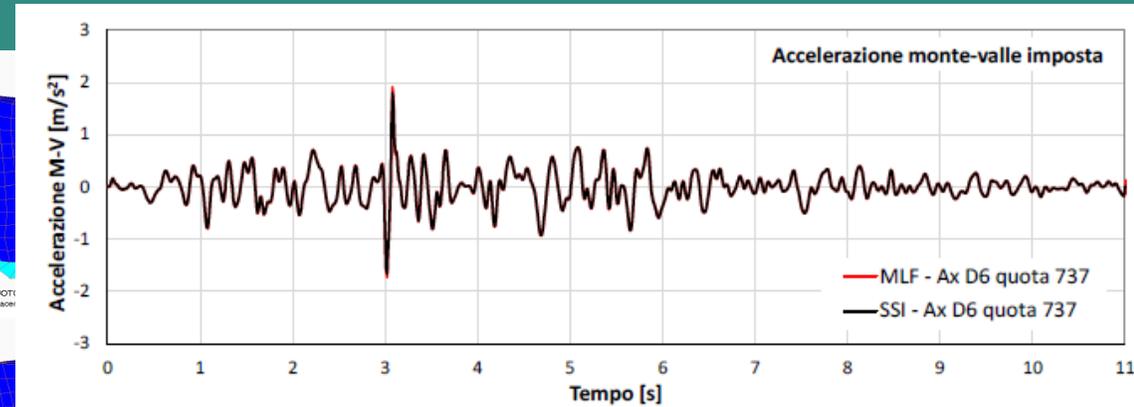
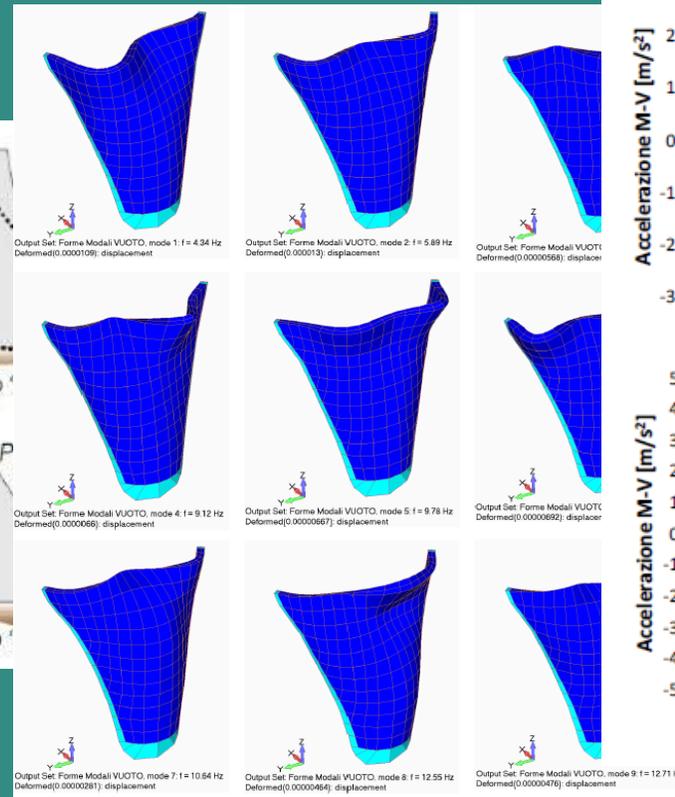
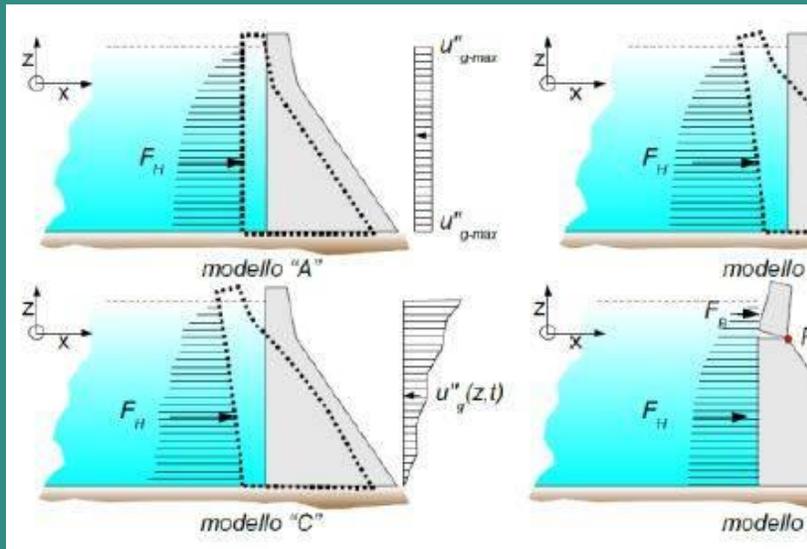
4.5 Analisi effettuate

Le analisi devono essere caratterizzate da complessità crescente:

➤ ANALISI DINAMICHE MODALI CON SPETTRO DI  
RISPOSTA

➤ ANALISI PSEUDOSTATICHE

➤ ANALISI DINAMICHE AL PASSO CON  
ACCELEROGRAMMI



ANALISI STORICO  
CRITICA DELLA DIGA

DEFINIZIONE DEL  
TERREMOTO DI PROGETTO  
E DEL MOTO SISMICO

ANALISI SISMICA  
DELLA DIGA ALLO SLD  
ED ALLO SLC

VALUTAZIONE  
DELLA SICUREZZA

#### ➤ 4.6 Criteri di verifica

**DM. 26 giugno 2014; NTC/2018; Circolare n. 16790 del 03/07/2019**

La verifica sismica allo SLO potrà essere omessa qualora l'operatività dell'impianto sia garantita con il livello di azione sismica dello SLD; la verifica allo SLV potrà essere omessa se le stesse prestazioni sono garantite con il livello di azione sismica dello SLC.

➤ SLE: TENSIONALI

➤ SLU: STABILITÀ (locale e globale);  
APERTURA E SCORRIMENTO DEI GIUNTI  
SPOSTAMENTI MASSIMI  
AMMISSIBILITÀ DEGLI SPOSTAMENTI RESIDUI  
LIVELLO DI FESSURAZIONE  
MECCANISMI DI COLLASSO GLOBALI E LOCALI  
RIBALTAMENTO

#### 4.7 Risultati delle analisi e giudizio di sicurezza

I risultati delle analisi sono la base sulla quale formulare un GIUDIZIO INGEGNERISTICO motivato di attendibilità e accettabilità dei risultati e sulla SICUREZZA DELL'OPERA.

#### 5. Osservazioni istruttorie conclusive

Per quanto sopra espresso, lo studio presentato dal Concessionario non può ritenersi attendibile in quanto necessita di alcuni chiarimenti ed integrazioni riportati nella presente istruttoria e di seguito sintetizzate:

- 1) **Comportamento dell'opera:**  
Il comportamento dell'opera è regolare ad eccezione che per la deriva misurata dai clinometri manuali CL25 e CL26. A tale proposito è opportuno continuare a controllare l'area interessata dalle misure in deriva con gli strumenti automatici CLK25 e CLK30 già installati dal concessionario aggiungendone le misure nei bollettini e nei diagrammi quinquennali.
- 2) **Studio sismotettonico:**  
lo studio è stato oggetto di specifica istruttoria da parte della Divisione 7 - Ufficio idraulica e geologia applicata di questa DG, cui si rimanda. Sulla base di quanto espresso da detto studio e quanto riscontrato dallo scrivente ufficio si riporta quanto segue:
  - a. lo studio non riporta valutazioni di alcuno tipo riguardo la fagliazione di superficie;
  - b. è necessario integrare lo studio con la caratterizzazione geologica-strutturale del

onario si pronuncia in merito alla sicurezza delle sponde di dettaglio, sia per quanto riguarda gli aspetti statici che essere effettuare la verifica di stabilità delle sponde attuali discontinuità e di cinematismi;  
l'ISMES del 1989 è rappresentativa solo parzialmente mmaso roccioso in fondazione e sulle spalle non è stata ista geostrutturale mediante un rilievo ad hoc;  
e  $V_s$ , sulle quali si basa la classificazione dei suoli delle

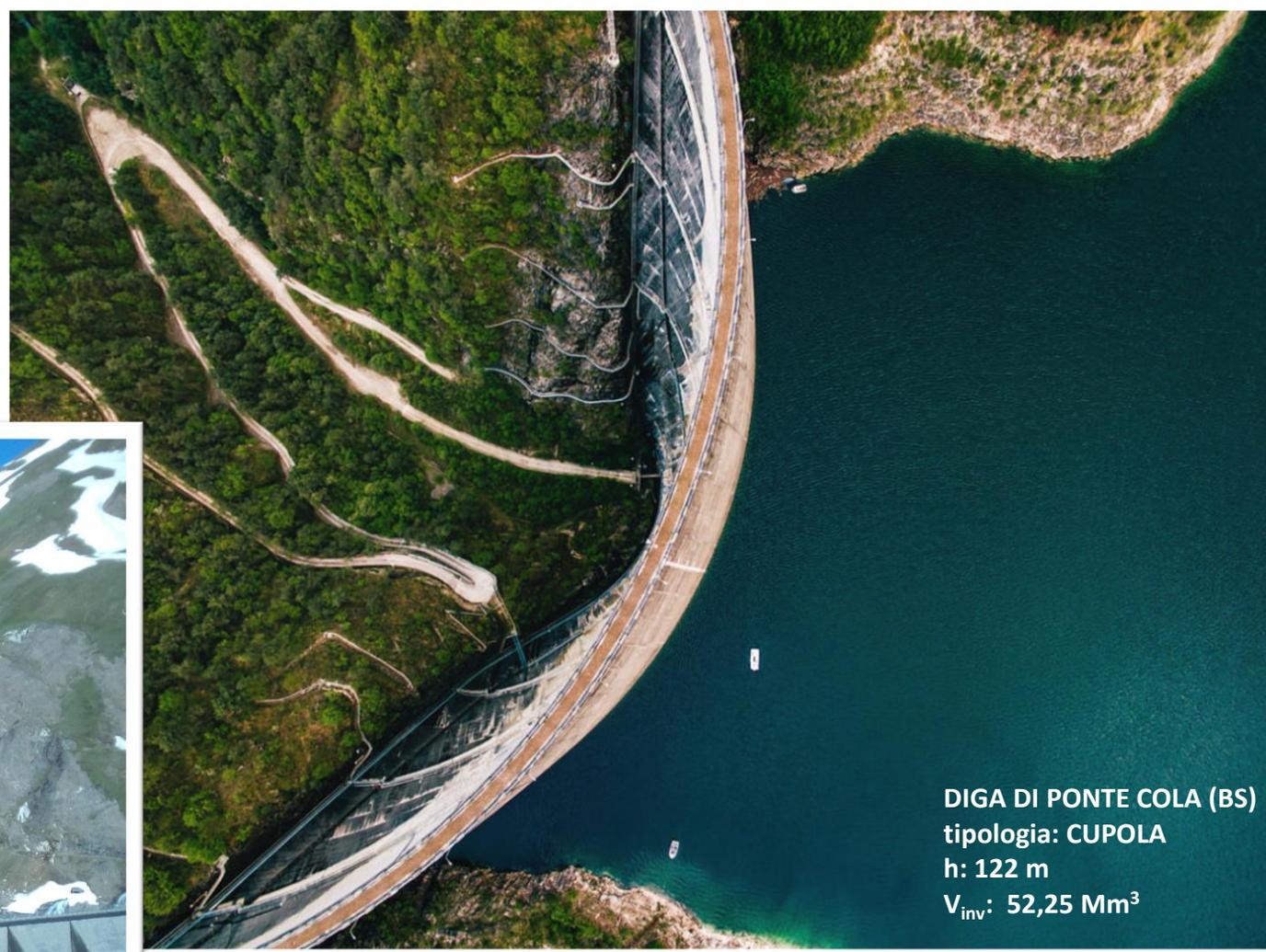
dei materiali sia da integrare. In particolare:  
ndagini per verificare le attuali caratteristiche sia del fondazione;  
estruzzo è stata definita in maniera indiretta utilizzando  
per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso di  
l'assenza di cinematismi legati a cunei potenzialmente  
uttura.

ii:  
la scelta degli accelerogrammi per la definizione dell'azione sismica deve essere effettuata secondo quanto riportato al paragrafo III.2 delle "Istruzioni 2018" per la definizione dell'azione sismica, che deve essere rappresentata da accelerogrammi naturali.

- 5) **Analisi effettuate:**
  - la scelta di tenere conto della massa della roccia di fondazione nelle analisi dinamiche deve essere validata confrontando le soluzioni numeriche, ottenute con il modello di



## a. Dighe di calcestruzzo:



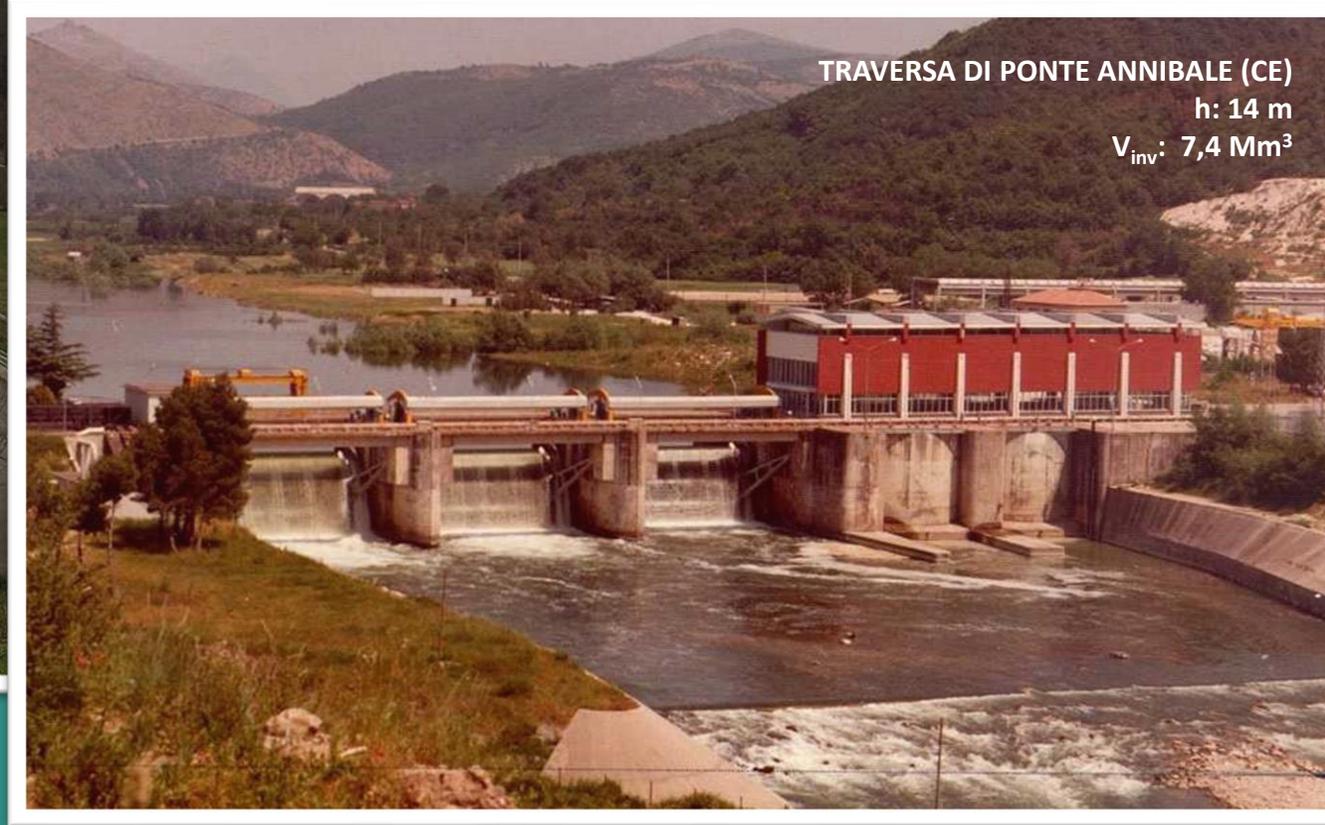
## b. Dighe di materiali sciolti:

DIGA DI BILANCINO (FI)  
tipologia: IN TERRA CON NUCLEO  
h: 41,78 m  
 $V_{inv}$ : 69 Mm<sup>3</sup>



## c. Traversi fluviali:

TRAVERSA DI PONTE ANNIBALE (CE)  
h: 14 m  
 $V_{inv}$ : 7,4 Mm<sup>3</sup>



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

DIGA DI LAGO VENINA (SO)

tipologia: MISTO

$h_{\text{ARCHI}}$ : 44,50 m

$V_{\text{inv}}$ : 11,19 Mm<sup>3</sup>



SCARICHI DI SUPERFICIE A CALICE  
della DIGA DI SAN VALENTINO (BZ)

$h$ : 28,58 m

$V_{\text{inv}}$ : 112 Mm<sup>3</sup>





[www.itcold.it](http://www.itcold.it)  
[itcold@iol.it](mailto:itcold@iol.it)



# OPEN DAY ON DAMS

# 2023

ing. Maria Grazia D'Agostino  
[mgrazia.dagostino@mit.gov.it](mailto:mgrazia.dagostino@mit.gov.it)



**Direzione generale per le dighe  
e le infrastrutture idriche**

Dipartimento per le opere pubbliche, le politiche abitative  
e urbane, le infrastrutture idriche e le risorse umane e strumentali

<https://dgdighe.mit.gov.it/>

21 aprile 2023

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale  
Sapienza Università di Roma

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE