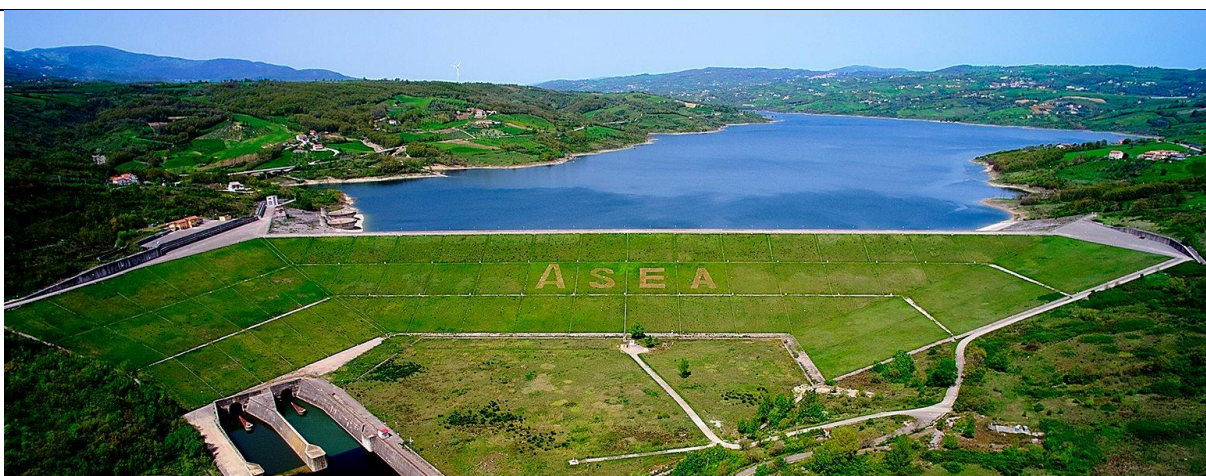


**Rivalutazione sismica dello sbarramento di Campolattaro, delle relative opere complementari e accessorie e del versante in dx in corrispondenza della spalla dello sbarramento**



## **IMPIANTO DI RITENUTA DI CAMPOLATTARO**



TITOLO

**RELAZIONE DI OTTEMPERANZA SULLA RIVALUTAZIONE  
SISMICA DELLO SBARRAMENTO, DELLE GALLERIE E DEI  
CUNICOLI**

CODICE OPERA

**C771**

CODICE ELABORATO

**R020**

REVISIONE	DATA	NOTE
0	11/05/2023	Prima emissione

Contratto: C.I.G.:8312595A64 CUP: E44G18000040001

Oggetto: **Impianto di ritenuta di Campolattaro – Servizi di ingegneria**

Cliente: **ASEA S.p.A.**

Rappresentante: R.U.P. geom. Nazzeno Chiusolo

RTI: STUDIO SPERI SOCIETÀ DI INGEGNERIA S.r.l. (Mandataria)

STUDIO KR E ASSOCIATI S.r.l. (Mandante)

ITALIANA PROGETTI I.PRO S.r.l. (Mandante)

RTI PM: Gianluca Gatto

RTI Staff: Vincenzo Giorgio Caputo, Marzia Cavallaro, Edoardo Costantini, Simone Di Lorenzo, Alessandro Ferrera, Salvatore Maria Marrone, Valentina Saravo, Alessandro Scherino, Chiara Tersigni

#### Storia del documento

Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Note
0	11/05/23	Edoardo Costantini Valentina Saravo Giorgio Caputo Chiara Tersigni	Gianluca Gatto	Giorgio Lupoi	Prima emissione

*STUDIO SPERI SOCIETÀ DI INGEGNERIA S.r.l., STUDIO KR E ASSOCIATI S.r.l. e ITALIANA PROGETTI I.PRO S.r.l. non si assumono alcuna responsabilità per l'utilizzo da parte di terzi di risultati o metodi presentati in questo rapporto.*

*Le Società sottolineano inoltre che varie sezioni di questo rapporto si basano su dati forniti da o provenienti da fonti di terze parti. STUDIO SPERI SOCIETÀ DI INGEGNERIA S.r.l., STUDIO KR E ASSOCIATI S.r.l. e ITALIANA PROGETTI I.PRO S.r.l. non si assumono alcuna responsabilità per perdite o danni subiti dal cliente o da terzi a causa di errori o inesattezze in tali dati da terze parti.*

---

## INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....	4
3. VERIFICA SISMICA DELLO SBARRAMENTO .....	5
4. VERIFICA SISMICA DELLE GALLERIE E DEI CUNICOLI .....	8
5. VERIFICA SISMICA DELLE SPONDE.....	9

## 1. INTRODUZIONE

In data 22.03.2021 la Div. IV della Direzione generale per le dighe ha trasmesso due distinte lettere aventi come allegati i seguenti pareri specialistici relativi alla Rivalutazione sismica dell'impianto di ritenuta di Campolattaro:

- DGD Div. VI<sup>1</sup> - Rivalutazione sismica dello sbarramento di Campolattaro e del versante in destra in corrispondenza della spalla dello sbarramento – Relazione istruttoria
- DGD Div. VII<sup>2</sup> – Diga di Campolattaro - Valutazione della sicurezza del versante in spalla destra della diga – Esame e parere

La presente relazione di ottemperanza, redatta in accordo a quanto richiesto nella lettera di accompagnamento U.0006531, si riferisce esclusivamente agli approfondimenti, integrazioni e chiarimenti relativi ai seguenti elaborati:

- R003 – Relazione geotecnica e geomeccanica (rev. 0 – 29.09.21);
- R010 – Rivalutazione sismica delle gallerie e dei cunicoli (rev. 0 – 29.03.22);
- R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento – Parte III: Verifica sismica (rev.0 – 07.06.22);
- R019 – Note illustrative carta inventario frane (rev. A – 06.04.22);
- R019.1 – Carta inventario frane con elementi di geomorfologia (rev. A – 06.04.22);

Sono dunque esclusi gli approfondimenti e successive integrazioni richieste dalla DGD sulla verifica sismica della sponda destra, che verrà presentata in una apposita relazione di ottemperanza. Tale relazione sarà redatta dall'estensore della nuova verifica a valle dei risultati della campagna di indagini e manutenzione già programmata dal Gestore.

La presente relazione costituisce un accompagnamento alla revisione dei seguenti elaborati:

- R003 – Relazione geotecnica e geomeccanica (rev. 1 – 08.05.23);
- R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento – Parte III: Verifica sismica (rev.1 – 08.05.23);
- R019 – Note illustrative carta inventario frane (rev. 1 – 08.05.22);
- R019.1 – Carta inventario frane con elementi di geomorfologia (rev. 2 – 08.05.23);

---

<sup>1</sup> allegato alla lettera "Diga di Campolattaro (n. arch. 1391) – Rivalutazione sismica del corpo diga – Esito istruttoria" - U.0006531 - 22 marzo 2023

<sup>2</sup> allegato alla lettera "Diga di Campolattaro (n. arch. 1391) – Rivalutazione sismica impianto di ritenuta – Valutazione sicurezza in condizioni sismiche del versante all'altezza della spalla dx diga – Indagini ulteriori e progetto di monitoraggio del versante". - U.0006512 - 22 marzo 2023

## 2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

**2.1** *Per quanto riguarda la coltre detritica, denominata unità UG-1 nella caratterizzazione, gli Autori hanno fatto alcune assunzioni non supportate da specifiche indagini. Tale formazione viene coinvolta principalmente nelle verifiche della sponda destra caratterizzate, come si vedrà più avanti, da potenziali criticità nelle verifiche sismiche. Vista la rilevanza dell'opera tale approccio non può essere considerato soddisfacente. Si rileva inoltre come nell'elaborato R017 – Rivalutazione sismica del versante in sponda destra la caratterizzazione geotecnica dell'unità UG-1 (ripresa anche nell'elaborato R015 – Rivalutazione sismica della paratia di contenimento in sponda destra) risulta significativamente differente sia per il peso di volume (20 kN/m<sup>3</sup> contro 17.5 kN/m<sup>3</sup>) sia per la definizione dei parametri di resistenza (i valori riportati in R003 – Relazione geotecnica e geomeccanica rappresentano una sorta di limite superiore). Visto anche quanto riportato dagli Autori negli elaborati R015 e R017 (v. oltre) si ritiene necessario procedere ad una più accurata caratterizzazione della coltre superficiale UG-1 non tanto per quanto riguarda direttamente le verifiche sismiche dello sbarramento (in cui tale unità non è coinvolta) quanto per le analisi di stabilità del versante in sponda destra: l'affinamento della caratterizzazione geotecnica di tale unità non può prescindere dall'esecuzione di un'adeguata campagna di indagini geognostiche, con particolare riferimento a quelle indagini necessarie a definire i parametri di resistenza meccanica a grandi deformazioni della coltre superficiale.*

Le piccole incongruenze riscontrate nella caratterizzazione della unità UG1 sono state superate adeguando l'elaborato R003 – Relazione geotecnica e geomeccanica a quello che tratta con maggior dettaglio tale unità (R017 - Rivalutazione sismica del versante in sponda destra - rev. 0 – 19.05.22).

**2.2** *Occorre infine sottolineare che gli Autori hanno fornito solamente la sezione geotecnica trasversale al coronamento dell'opera (v. fig. 5.16 dell'elaborato R003 – Relazione geotecnica e geomeccanica) senza fornire una sezione geotecnica longitudinale. Si ritiene necessario fornire una sezione geotecnica longitudinale allo sbarramento al fine di poter verificare l'eventuale presenza di situazioni stratigrafiche non adeguatamente rappresentate dalla sezione geotecnica trasversale.*

Nel nuovo l'elaborato R003 – Relazione geotecnica e geomeccanica (rev. 1 – 08.05.23) è stata aggiunta la sezione geotecnica longitudinale allo sbarramento, che conferma la continuità stratigrafica dell'unità UL1 in corrispondenza del piano di fondazione del corpo diga.

### 3. VERIFICA SISMICA DELLO SBARRAMENTO

#### 3.1 *Chiarire se trattasi di diga strategica o rilevante e di conseguenza aggiornare, se necessario, le azioni sismiche di riferimento.*

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche l'opera è stata considerata come diga esistente di importanza strategica ( $V_r = 100$  anni). Tale aspetto è stato trattato ampiamente nell'elaborato R001 – Studio sismotettonico e analisi di pericolosità sismica (rev. 0 – 30.04.21) e riportato, in termini di periodi di ritorno, nell'elaborato R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento Parte III: Verifica sismica (rev.0 – 07.06.22), ai par. 6.1.2 e 6.1.3.

#### 3.2 *Gli accelerogrammi utilizzati per la definizione delle azioni sismiche differiscono da quelli utilizzati per la verifica sismica delle gallerie e dei cunicoli, dal momento che sia le gallerie sia lo sbarramento si trovano nello stesso sito si ritiene necessario adottare le medesime azioni sismiche di base.*

I gruppi di accelerogrammi utilizzati per lo sbarramento e per gallerie e cunicoli differiscono in quanto le due opere sono state verificate per stati limite differenti. In particolare, lo sbarramento è stato verificato allo SLD ed allo SLC, mentre le gallerie ed i cunicoli sono stati verificati allo SLV.

#### 3.3 *Chiarire le modalità con cui è stato determinato il valore del cedimento normalizzato all'altezza della diga $w_c$ utilizzato nella valutazione dell'ammissibilità dei cedimenti secondo Swaisgood (2003), Ishihara (2010) e Aliberti (2019). Negli elaborati è stato riportato un valore medio $w_c=0.33\%$ (v. par. 10.2.1 dell'elaborato R011.3) che, considerando $H_{diga}=49.4$ m, corrisponderebbe ad un cedimento medio $w_c=16$ cm; i risultati delle analisi numeriche riportano spostamenti (si ritiene siano da intendersi come vettore) medi pari a 66 cm per il lato di monte che, considerando una componente verticale (cedimento) di 16 cm porterebbero ad uno spostamento orizzontale di 64 cm. Si ritiene utile riportare un chiarimento al fine di verificare che la valutazione dei potenziali danni dovuti a cedimenti rientri effettivamente nei campi di "danno lieve-moderato" riportato negli elaborati o, eventualmente, risulti necessario ridefinire la categoria di potenziale danno; si ritiene inoltre utile riportare chiaramente quali siano la componente verticale e la componente orizzontale degli spostamenti risultanti dalle modellazioni numeriche.*

Il cedimento normalizzato riportato nell'elaborato R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento Parte III: Verifica sismica (rev. 0 – 07.06.22) al par. 10.2.1 è calcolato considerando un'altezza della diga di 63,30 m. Tale valore corrisponde alla differenza di quota tra coronamento (387,40 m s.l.m.) e punto più depresso del nucleo della diga (324,10 m s.l.m.).

Il calcolo del cedimento è stato effettuato approssimando lo spostamento lungo la superficie ad uno spostamento lungo la retta passante per i punti di intersezione della superficie di scorrimento con il paramento (corda) di monte e di valle. A partire dalla pendenza di questa retta sono state determinate le componenti orizzontali e verticali dello spostamento della generica superficie considerata.

Il livello di danno "lieve-moderato" è confermato.

Tale aspetto è stato ulteriormente esplicitato nel nuovo elaborato R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento Parte III: Verifica sismica (rev. 1 – 08.05.23), nel par. 10.2 e 10.2.1.

- 3.4** *Nel paragrafo 10.2.4 dell'elaborato R011.3 vengono, giustamente, riportati i risultati di un'analisi di filtrazione nel caso in cui il nucleo del corpo diga è considerato completamente fessurato. Tale analisi ha mostrato come l'incremento di permeabilità del nucleo produce un innalzamento della linea libera nella zona di valle ma comunque senza interferire con il paramento di valle. Si ritiene di interesse riportare anche una verifica di stabilità dello sbarramento ed una stima dei cedimenti nel caso in cui il livello libero dell'acqua nel corpo diga corrispondesse a quello derivante dall'analisi di filtrazione di cui sopra.*

Tali aspetti sono stati inclusi nel nuovo elaborato R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento Parte III: Verifica sismica (rev. 1 – 08.05.23). Nel par. 10.2.6 e 10.2.4 sono descritti i principali esiti di nuove analisi di stabilità e tenso-deformative associate alla variazione del moto di filtrazione indotta dalla completa fessurazione del nucleo.

La stabilità globale post-sismica risulta ampiamente soddisfacente, mentre i cedimenti sono sensibilmente inferiori al franco netto impermeabile al termine dell'evento sismico.

Gli esiti positivi di queste ulteriori analisi confermano il buon comportamento post-sismico dell'opera, anche nelle condizioni estreme e molto cautelative di completa perdita di tenuta del nucleo.

- 3.5** *Fornire adeguate considerazioni in merito a quanto riportato al punto V.3.4c della Circolare DG Dighe n. 16790 del 03/07/2019 in cui si dice che, nel giudizio motivato di accettabilità dei risultati, si deve anche considerare "l'adeguatezza della strumentazione di controllo delle condizioni di sicurezza post-sismiche dello sbarramento, in particolare per la misura delle pressioni interstiziali e delle portate filtranti".*

Tali aspetti sono stati inclusi nel nuovo elaborato R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento Parte III: Verifica sismica (rev. 1 – 08.05.23).

L'attuale sistema di monitoraggio delle pressioni interstiziali nel corpo diga e in fondazione è in grado di descrivere l'eventuale variazione del campo delle pressioni interstiziali nel nucleo in quanto è caratterizzato da:

- adeguata **prontezza**, garantita dalle celle a corda vibrante attualmente predisposte per l'acquisizione automatica delle pressioni interstiziali;
- **ridondanza** degli strumenti, data la presenza di numerosi piezometri Casagrande posti in corrispondenza dei corda vibrante è sempre possibile, attraverso letture manuali dei primi, verificare l'attendibilità dei secondi;
- adeguata **numerosità** degli strumenti, sono infatti attualmente presenti 37 piezometri allineati lungo 4 sezioni trasversali del corpo diga;
- corretta **disposizione** dei punti di misura, che sono posti a quote tali da poter riscontrare un incremento della linea libera nel nucleo e nel rinfianco di valle.

L'attuale sistema di monitoraggio delle portate filtranti è costituito da apposito sistema di collettori disposti all'interno del tappeto drenante di valle. Il sistema di raccolta è composto da n. 2 collettori principali disposti parallelamente all'asse diga, in corrispondenza del piede del dreno inclinato e al termine di quello orizzontale. Il sistema di drenaggio è completato da una serie di drenaggi secondari disposti in senso trasversale. Tutti i dreni conducono ad una cabina di raccolta posta a valle diga, situata all'interno del pozzo di accesso al cunicolo di fondazione.

Pertanto, il sistema di captazione e raccolta delle filtrazioni attraverso il nucleo è ubicato in posizione tale da riscontrare certamente eventuali incrementi delle stesse per effetto della eventuale perdita di tenuta del nucleo.

**3.6** *Fornire adeguate considerazioni in merito a quanto riportato al punto V.3.5 della Circolare DG Dighe n. 16790 del 03/07/2019 in cui si dice che "Il giudizio di ammissibilità tiene anche conto del piano di monitoraggio per il controllo dei processi di filtrazione e dei fenomeni erosivi nelle fasi post-sismiche. Il piano potrà essere basato sulla misura della quantità e qualità delle perdite – verificando l'eventuale presenza di trasporto solido – e del regime delle pressioni interstiziali. È necessario valutare preventivamente, attraverso analisi mirate, la velocità massima con cui è possibile svasare in sicurezza sia rispetto al fianco di monte che rispetto alle sponde del bacino, ove mai il controllo post-sismico dovesse consigliare la necessità di un rapido svasso del serbatoio."*

Come si evince dalle analisi effettuate, non è atteso l'accumulo di incrementi di pressioni interstiziali positive, a seguito di un evento sismico, nel rinfianco di monte, che risulta essere costituito da un materiale a grana grossa ben addensato e dunque a comportamento dilatante.

Pertanto, la velocità di svasso in condizioni post-sismiche può essere posta uguale a quella definita in condizioni di esercizio.



**3.7** *In merito ai risultati delle verifiche di sicurezza e delle analisi svolte si ritiene necessario integrare la documentazione consegnata con tabulati relativi ai dati di input in modo da consentire al lettore di verificare che quanto dichiarato nelle relazioni corrisponda a quanto utilizzato nel modello. A tale proposito si ricorda un passo, al punto 10.1 delle NTC2018, in cui si ricorda che “particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l’ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l’interpretazione e la verifica dei calcoli, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.”.*

Nel nuovo elaborato R011.3 – Rivalutazione sismica dello sbarramento Parte III: Verifica sismica (rev. 1 – 08.05.23) è stata integrata la documentazione presente in appendice con ulteriori tabulati di calcolo, relativi a tutte le tipologie di analisi comprese nella verifica.

## **4. VERIFICA SISMICA DELLE GALLERIE E DEI CUNICOLI**

**4.1** *Le verifiche non sono state svolte allo SLC, come richiesto dal punto VI.5 della Circolare DG Dighe n. 16790 del 03/07/2019, risulta necessario eseguire le verifiche allo SLC.*

Le verifiche delle gallerie dello scarico di fondo risultano ampiamente soddisfatte per lo SLV e per lo SLD.

Ai sensi della Circolare DG Dighe n. 16790 del 03/07/2019, lo Stato Limite di Collasso (SLC) è la condizione superata la quale si verifica “il crollo della struttura di ritenuta, con conseguente svuotamento incontrollato dell’intero serbatoio”, o si verificano “danni gravi che innescano un processo di filtrazione inizialmente limitato, ma capace di propagarsi fino al collasso” (e.g. per erosione interna).

Lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) è la condizione superata la quale “l’impianto di ritenuta subisce danni gravi, tali da innescare il rilascio incontrollato dell’acqua invasata che può mettere a rischio l’incolumità delle persone e dell’ambiente a valle dello sbarramento”. A titolo di esempio, lo SLV si intende superato quando “gli scarichi di fondo hanno subito danni tali da metterli fuori servizio” o “gli scarichi profondi non sono azionabili”.

Il punto VI.5 della suddetta Circolare (opere interrato) prescrive che “allo SLV e allo SLC è necessario che gli spostamenti e le deformazioni permanenti siano di entità tale da non comportare il rilascio incontrollato di acqua”.

In aggiunta alle precedenti prescrizioni, le Norme tecniche per le costruzioni (Decreto 17 gennaio 2018) stabiliscono che le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo SLV.

In base a quanto riportato, si deduce come l'unica possibilità di definire la condizione dello SLC per le gallerie di scarico è quella in cui il loro fuori servizio comporti il rilascio incontrollato di acqua (o per via diretta o a seguito dell'innescò di un processo di filtrazione dannoso per la struttura di ritenuta). Nel caso in esame, il rischio associato a questa possibilità è certamente molto basso e pertanto non si è ritenuto opportuno eseguire le verifiche allo SLC. Infatti, in accordo con il Documento Preliminare alla Rivalutazione Simica della diga, ed ai sensi della Circolare DG Dighe n. 6660 – Procedura del 18/03/2019, le gallerie di scarico sono riconosciute e classificate come “opere collocate ad una distanza tale dalla struttura di sbarramento da poter ritenere trascurabili gli effetti di interazione durante un evento sismico” e pertanto come opere “indipendenti dallo sbarramento”.

- 4.2** *Gli accelerogrammi utilizzati per la definizione delle azioni sismiche differiscono da quelli utilizzati per la verifica sismica dello sbarramento, dal momento che sia le gallerie sia lo sbarramento si trovano nello stesso sito si ritiene necessario adottare le medesime azioni sismiche di base.*

La diga è stata valutata con le azioni sismiche allo SLD e allo SLC. Mentre le gallerie esclusivamente allo SLV. Si veda anche la risposta all'osservazione precedente.

## **5. NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA INVENTARIO FRANE E RELATIVI ALLEGATI**

- 5.1** *Nel prendere atto della confermata indicazione di vari corpi di frana lungo i versanti e relativo perimetro spondale, essenzialmente quiescenti, la cui lenta o lentissima evoluzione non è ritenuta influire in modo significativo sull'esercibilità in sicurezza del serbatoio, si ritiene che quanto ad oggi rappresentato debba essere integrato da un esame dello stato di consistenza e conservazione degli interventi di consolidamento e sistemazione delle situazioni di instabilità censite nel 1991, in particolare quelli realizzati lungo il Vallone Le Vaglie vista la loro rilevanza dettata dalla prossimità degli imbocchi delle opere di scarico alla confluenza del Vallone Le Vaglie nel T. Tammaro (sulla quale insiste il colamento attivo cod. L1D01013).*

Il rapporto in consegna R019 – Note illustrative Carta Inventario Frane (rev. 1 – 08.05.23) e R019.1 Carta inventario frane (rev. 2 – 08.05.23) è stato integrato tenuto conto delle richieste della DGD.