

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA
A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)**



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato ET07	Nome Elaborato: RELAZIONE GENERALE VERIFICHE DI STABILITA'	Scala: -
		Data: 09/10/2020

Settore:  Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488 <small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>	
PROGETTAZIONE : PROGETTISTA - PROJECT MANAGER : ING. GIOVANNI SIMONELLI GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO LANDINI ESPROPRI: GEOM. ANDREA PATRIARCHI	COLLABORATORI : DOTT. GEOL. CARLO FERRI GEOM. MATTEO MASI
CONSULENTI TECNICI :  ING. DAVID SETTESOLDI  DOTT. GEOL. SIMONE FIASCHI  ING. GIOVANNI CANNATA	COMMESSA I.T. : INGT-TPLPD-PBAAC252 RESPONSABILE COMMITTENTE : ING. CRISTIANO AGOSTINI
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANES : ING. ANDREA DE CATERINI	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO : ING. LEONARDO ROSSI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
01	09/10/2020	Prima Emissione	Pianigiani	Settesoldi

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	VERIFICHE DI STABILITA' DEL CORPO DIGA	6
4	VERIFICHE DI STABILITA' SPALLE E ARGINI	9
5	VERIFICHE DI STABILITA' FRONTI DI SCAVO	10
6	VERIFICHE DI STABILITA' SPONDA SINISTRA	11

ELENCO FIGURE

Figura 1-1 – Sezione principale del corpo diga (sezione CR_08).	8
Figura 1-2 – Stratigrafia sezione principale del corpo diga (sezione CR_08).	8

1 PREMESSA

Nel presente documento si riassumono i risultati delle verifiche di stabilità condotte sul corpo diga, sulle sponde dell'invaso e nelle fasi transitorie esprimendo un giudizio complessivo sul comportamento statico e sismico delle opere in progetto.

Per gli aspetti di dettaglio si rimanda alle seguenti relazioni e ai relativi allegati:

- ET.08 - Relazione verifiche di stabilità statiche e sismiche corpo diga modello di Newmark
- ET.09 - Relazione verifiche di stabilità sismiche modello completo corpo diga
- ET.10 - Relazione verifiche di stabilità spalle diga, scarico di superficie e argini canale
- ET.11 - Relazione verifiche di stabilità fronti di scavo
- ET.12 - Relazione interventi stabilizzazione sponda sinistra

Le verifiche sono state svolte ai sensi del D.M. del 26 giugno 2014 e ai sensi delle NTC 2018.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le verifiche sono condotte nel rispetto della normativa vigente:

- **Legge n. 64 del 02/02/1974**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **D.M. 16 Gennaio 1996**
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- **Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- **Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)**
- **Circolare 617 del 02/02/2009**
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- **Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (D.M. 26 Giugno 2014)**
- **Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018)**
- **Istruzioni MIT DG Dighe Luglio 2019**
Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26 Giugno 2014 e al D.M. 17 Gennaio 2018 in merito alle verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Procedura MIT DG Dighe Marzo 2019**
Procedura per la rivalutazione sismica delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**
Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

3 VERIFICHE DI STABILITA' DEL CORPO DIGA

Gli interventi di progetto sul corpo diga sono assimilabili ad interventi di adeguamento in quanto modificano la diga attuale mediante un insieme sistematico di opere tali da portare ad un'opera dal comportamento strutturale diverso da quello precedente, così come definito al cap. H.2.1 del D.M. 26/06/2014. Per gli interventi di adeguamento occorre fare riferimento a quanto riportato nel cap. C del D.M. 26/06/2014 per le nuove realizzazioni.

Le verifiche condotte sullo sbarramento sono le seguenti:

- verifica alla filtrazione;
- verifica al sifonamento;
- verifica alla stabilità.

Le verifiche di stabilità sono state condotte sia con modello semplificato di Newmark che con un modello completo FEM. Le verifiche alla filtrazione sono state eseguite con il programma VS2DTI del U.S *Geological Survey* e con il programma Seep/W della *Geostudio*, le verifiche di stabilità con il modello di Newmark sono state eseguite con il software STAP.14 della Aztec mentre le verifiche complete FEM sono state condotte con il modello CODE ASTER sviluppato da EDF.

Nella Figura 1-1 si riporta la sezione principale della diga e nella Figura 1-2 la relativa stratigrafia.

I parametri caratteristici adottati per le verifiche derivano dalle indagini condotte a più riprese sulla diga. In accordo con il paragrafo C.6.2.2.4 della Circolare esplicativa del 11/02/2019 delle NTC2018 i parametri dei materiali adottati nel corso della presente progettazione definitiva sono rappresentati dai valori medi (V_m), avendo assunto che i parametri caratteristici (V_k) siano prossimi ai parametri nominali medi ($V_m \approx V_k$) per ciascuna sub-unità geotecnica.

Inoltre a favore di sicurezza nelle verifiche sismiche ai suddetti parametri sono stati applicati i coefficienti parziali di cui alla tabella 6.2.II delle NTC2008 anche se le NTC2018 avrebbero consentito di adottare per i parametri geotecnici valori pari all'unità. Nelle verifiche di stabilità in condizioni sismiche la componente verticale dell'azione sismica è stata assunta pari al 50% di quella orizzontale come indicato al punto 3.2.3.1 delle N.T.C. 2018.

Le verifiche alla filtrazione, dove è stato modellato anche il dreno, hanno evidenziato che la linea di filtrazione (zona satura) resta confinata all'interno del corpo diga. Le verifiche al sifonamento e al sollevamento risultano soffi sfatte con ampio margine di sicurezza.

Le verifiche di stabilità in condizioni statiche a invaso pieno presentano coefficienti di sicurezza minimi intorno a 1.8 nella sezione principale (CR_08) contro gli 1.2 di normativa.

Per le verifiche in condizioni sismiche, essendo Gello una **diga strategica** in quanto a prevalente utilizzazione potabile, è stata assunta una **vita nominale** V_N è assunta pari a **100 anni** e il coefficiente d'uso C_U pari a 2, di conseguenza una **vita di riferimento** V_R è pari a **200 anni** in coerenza con la tabella C.2 del D.M. 26-06-2014.

Le verifiche sismiche hanno evidenziato che non il non raggiungimento dei stati limite SLE e SLV. Gli spostamenti risultano nell'ordine dei 10cm, lo spostamento massimo (sezione CR_06 paramento di monte) pari a 33 cm è relativo a una condizione particolarmente cautelativa e non esplicitamente richiesta dal D.M. del 26 giugno 2014 (Tab. C.6) in quanto vengono considerati concomitanti sisma alle SLC e svaso rapido.

Peraltro anche in questa particolare condizione non viene raggiunto lo stato limite di collasso come definito nelle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26-06-2014 (NTD 14) e al D.M. 17-01-2018 (NTC18)". Inoltre si osserva che gli abbassamenti calcolati sono stati inseriti nel franco di sicurezza come previsto al punto C.1 del D.M. 26/06/2014.

E' stato inoltre condotta una verifica della protezione della protezione in scogliera del paramento di monte sia in condizioni statiche che sismiche. In condizioni statiche il coefficiente di sicurezza minimo è di circa 2.0 contro lo 1.2 di normativa mentre allo svaso rapido il coefficiente è di circa 1.2 contro il 1.1 di normativa.

Le verifiche condotte con il modello completo hanno di fatto confermato i risultati del modello semplificato indicando sia in riferimento ai cinematismi che alla entità degli spostamenti.

Sulla base delle verifiche condotte e in riferimento a quanto riportato ai punti III.1.7. e III.1.8 delle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26-06-2014 (NTD 14) e al D.M. 17-01-2018 (NTC18) si esprime un giudizio positivo circa il comportamento della diga di Gello nello stato di progetto in riferimento agli aspetti idraulici e alla stabilità dello sbarramento in condizioni statiche e sismiche.

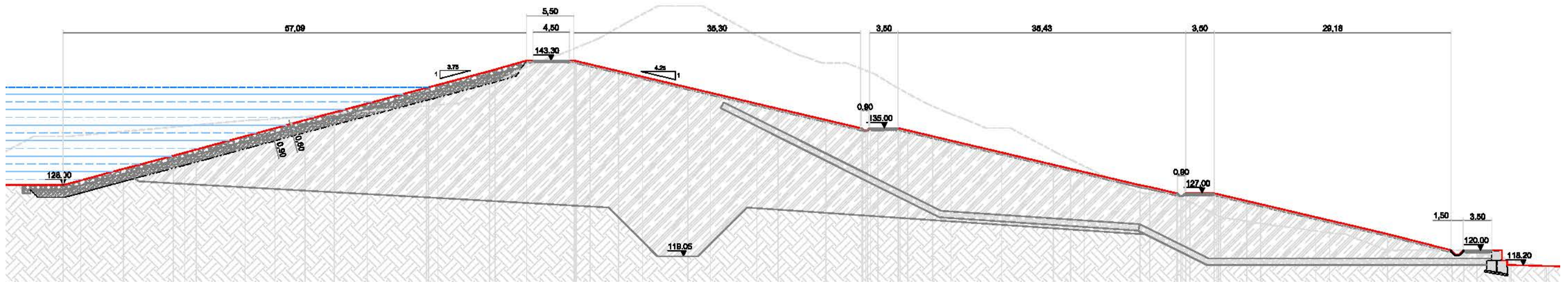


Figura 1-1 – Sezione principale del corpo diga (sezione CR_08).

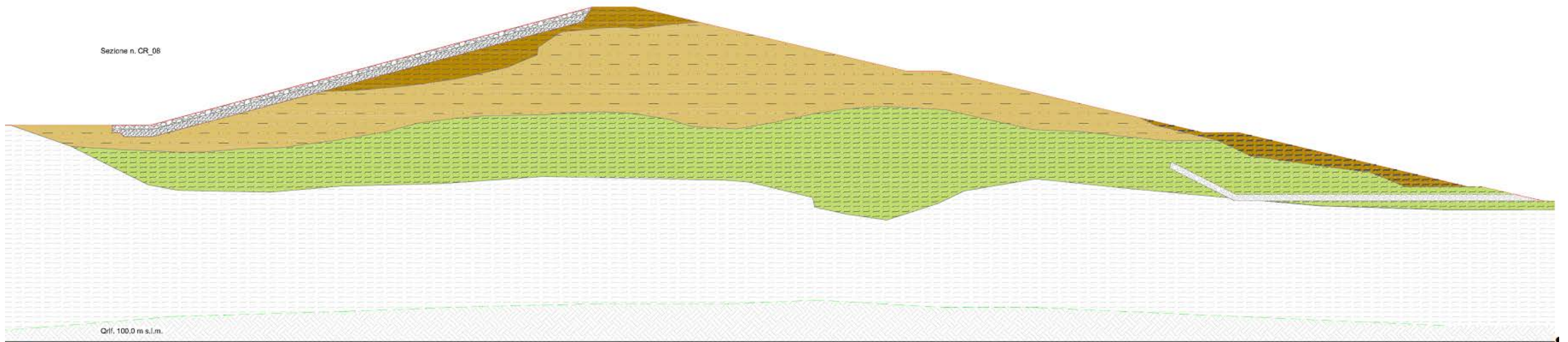


Figura 1-2 – Stratigrafia sezione principale del corpo diga (sezione CR_08).

4 VERIFICHE DI STABILITA' SPALLE E ARGINI

La verifica di stabilità hanno riguardato:

- Le spalle ai lati del coronamento della diga;
- I versanti ai lati del canale scolmatore;
- Gli argini del fosso recettore.

Le verifiche sono state condotte ai sensi delle NTC2018 sia in condizioni statiche che sismiche per tutti gli stati limite per le spalle e per il canale scolmatore e per SLD e SLV per il fosso recettore.

Le verifiche sismiche delle spalle ai lati del coronamento sono state condotte con i parametri della RSL relativi alla diga mentre le verifiche delle sponde del canale sfioratore e del canale recettore sono state condotte con i parametri della RLS condotta per lo scolmatore.

Le verifiche sono state condotte a lungo termine in condizioni statiche e a breve termine in condizioni sismiche.

Le spalle ai lati del coronamento assumo nello stato di progetto una pendenza di 1:3 in sponda destra e 1:5 in sponda sinistra. In condizioni statiche

I versanti del canale scolmatore hanno una pendenza dei 1:3 e una altezza di circa 10.0 m

Gli argini del fosso recettore hanno una pendenza di 1:1.5 e un'altezza di circa 2.5m

Le verifiche risultano soddisfatte sia in condizioni statiche che sismiche.

E' stata inoltre effettuata con il software Max 14.0 della Aztec la verifica del muro a gradoni in massi ciclopici posto all'unghia di valle della diga.

Sulla base delle verifiche condotte e in riferimento a quanto riportato ai punti III.1.7. e III.1.8 delle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26-06-2014 (NTD 14) e al D.M. 17-01-2018 (NTC18) si esprime un giudizio positivo circa il comportamento delle spalle e dei versanti nello stato di progetto in riferimento alla stabilità in condizioni statiche e sismiche.

5 VERIFICHE DI STABILITA' FRONTI DI SCAVO

Le verifiche di stabilità dei fronti di scavo hanno riguardato

- Lo scavo per la realizzazione del drenaggio;
- Lo scavo per la realizzazione dello scolmatore.

Le verifiche sono state condotte ai sensi delle NTC2018 sia in condizioni statiche che sismiche per SLD e SLV.

Le verifiche sismiche degli scavi per il drenaggio sono state condotte con i parametri della RSL relativi agli scavi diga mentre le verifiche degli scavi del canale sfioratore sono state condotte con i parametri della RLS scavi canale scolmatore. I parametri sismici sono in entrambi i casi relativi alle opere provvisorie.

Le verifiche sono state condotte a breve termine sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

I fronti di scavo per la realizzazione del drenaggio avranno una pendenza di 1:2 mentre quelli per la realizzazione del canale scolmatore sono 1:1.

Le verifiche risultano soddisfatte sia in condizioni statiche che sismiche.

Sulla base delle verifiche condotte e in riferimento a quanto riportato ai punti III.1.7. e III.1.8 delle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26-06-2014 (NTD 14) e al D.M. 17-01-2018 (NTC18) si esprime un giudizio positivo circa il comportamento dei fronti di scavo durante le lavorazioni in riferimento alla stabilità in condizioni statiche e sismiche.

6 VERIFICHE DI STABILITA' SPONDA SINISTRA

La verifica di stabilità della sponda sinistra è stata condotta su tre sezioni sia nello stato attuale che nello stato di progetto nelle seguenti condizioni:

- statiche con livello alla massima regolazione;
- sismiche SLD e SLV con livello alla massima regolazione;
- rapido svaso.

Le verifiche sismiche sono state condotte con i parametri della RSL condotta per lo scalmatore.

Le verifiche sono state condotte a lungo termine in condizioni statiche e a breve termine in condizioni sismiche.

Le sponda sinistra nello stato di progetto assume una pendenza di 1:5.5.

Le verifiche risultano soddisfatte sia in condizioni statiche che sismiche.

Sulla base delle verifiche condotte e in riferimento a quanto riportato ai punti III.1.7. e III.1.8 delle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26-06-2014 (NTD 14) e al D.M. 17-01-2018 (NTC18) si esprime un giudizio positivo circa il comportamento della sponda sinistra nello stato di progetto in riferimento alla stabilità in condizioni statiche e sismiche.