



Committente

tecnici

Progetto definitivo

FRI-EL S.p.a.
Piazza della Rotonda 2
I-00186 Roma (RM)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA)

progetto

contenuto

Relazione Sismica

redatto	modificato			scala	elaborato n.
MD 22.12.2021	a				PD-R.7
Controllato	b				
ron 22.12.201	c				
pagine 15	n. progetto	21-208	21_208_PSW_Gravina\stat\text\PD-R.7 relazione sismica 01.docx		

GM

Studio di Geologia Applicata e Geofisica Applicata
Dott. Geol. Gianpiero Monti

Dott. Geol. Gianpiero Monti
Via C. Battisti 21 – 83053 Sant'Andrea di Conza (AV)
tel. +39 0827 35 247
gianpiero.monti@alice.it



BETTIOL ING. LINO SRL
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273
E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

patscheiderpartner

E N G I N E E R S

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.
i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza
i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli
a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6
tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01
info@ipp.bz.it – www.patscheiderpartner.it

Indice

1. Introduzione	2
1.1 Committente	2
1.2 Studi tecnici incaricati.....	2
1.3 Documentazione di progetto e riferimenti normativi.....	3
1.3.1 Documentazione di progetto	3
1.3.2 Riferimenti normativi	3
1.3.2.1 Normativa nazionale.....	3
2. Premessa	3
3. Azione sismica	5
3.1 Fattore di Comportamento/Struttura	5
3.2 Parametri sismici e spettri di progetto	6
3.3 Stati Limite e relative probabilità di superamento	9
3.4 Periodi di ritorno T_R	9
3.4.1 Carichi applicati al modello nella condizione di carico sisma (E)	13
3.5 Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni.....	13
4. Verifica delle paratie e dei diaframmi. Spinta del terreno sulle pareti.	13

1. Introduzione

1.1 Committente

FRI-EL S.p.a.

Piazza della Rotonda 2

I-00186 Roma (RM)

1.2 Studi tecnici incaricati

Coordinatore di progetto:

Dr. Ing. Walter Gostner

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

Ingegneri Patscheider & Partner Srl

Via Glorenza 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Responsabile opere civili:

Coordinamento interno:

Progettisti:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dr. Ing. Walter Gostner

Dr. Ing. Ronald Patscheider

Dr. Ing. Corrado Lucarelli

Dr. Ing. David Dipauli

Dr. Ing. Alex Balzarini

Geom. Stefania Fontanella

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

Dr. Geol. Gianpiero Monti

Via C. Battisti 21

I-83053 Sant'Andrea di Conza (AV)

1.3 Documentazione di progetto e riferimenti normativi

1.3.1 Documentazione di progetto

- [1] Progetto definitivo redatto dallo Studio di Ingegneria Patscheider & Partner.
- [2] Relazione “Relazione geologica e idrogeologica” redatta dal Dott. Geologo Gianpiero Monti.
- [3] Relazione “Indagini geologiche e geotecniche e monitoraggi (con allegati). Prove in sito.” redatta dal Dott. Geologo Gianpiero Monti.
- [4] Relazione “Indagini geologiche e geotecniche e monitoraggi (con allegati). Prove in laboratorio.” redatta dal Dott. Geologo Gianpiero Monti.

1.3.2 Riferimenti normativi

1.3.2.1 Normativa nazionale

- [5] Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle <<Norme Tecniche per le Costruzioni>>” pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 - Suppl. Ordinario n° 8.

2. Premessa

Oggetto della presente relazione è la descrizione dell'impostazione di verifica delle strutture in oggetto, per la verifica delle stesse sotto le azioni sismiche. Di seguito si definirà la zona sismica in cui ricade l'opera, si determineranno i valori necessari per il calcolo delle forze sismiche e si descriverà il tipo di analisi svolta per la determinazione delle sollecitazioni e la verifica delle strutture.

La zona interessata dal progetto d'intervento è al confine tra la Regione Puglia e la Regione Basilicata (foto sotto).



Il Comune di Genzano (PZ) è classificato in Zona Sismica 2 mentre il Comune di Gravina (BA) è classificato in Zona Sismica 3.

Sotto l'effetto delle azioni sismiche dovrà essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio. Il rispetto degli stati limite ultimi si considera conseguito qualora siano soddisfatte le verifiche per il solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Per le verifiche degli Stati Limite di Esercizio, si fa riferimento allo Stato Limite di Danno (SLD).

Si esegue un'analisi lineare statica. Alla costruzione si associa un comportamento dissipativo (Classe di duttilità B), di cui si terrà conto, in maniera implicita, attraverso il fattore di comportamento q .

Le informazioni relative al tipo di terreno sono state ricavate dalle relazioni geologica e sismica, a firma del Dott. Geol. Gianpiero Monti. Si assume come categoria di sottosuolo il TIPO C e la categoria topografica T1.

3. Azione sismica

La struttura è situata in zona sismica ed è quindi necessario analizzare il comportamento dell'opera per una sollecitazione sismica di progetto, valutata in accordo al D.M. 17 gennaio 2018 [5].

Tale procedura prevede la localizzazione della struttura nel sistema di coordinate globali e la ricerca di una serie di parametri reperibili nell'Allegato B della suddetta norma.

La definizione dei parametri sismici e degli spettri di risposta per gli stati limite è stata effettuata con il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, reperibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, utilizzando le seguenti coordinate geografiche del sito:

Bacino superiore

Latitudine: 41° 51' 10" N

Longitudine: 16° 15' 43" E

Opere di restituzione/presa

Latitudine: 40° 50' 45" N

Longitudine: 16° 14' 36" E

Per il calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento alle coordinate del punto baricentrico rispetto alle coordinate dei punti sopra riportati

Latitudine: 40° 50' 58" N

Longitudine: 16° 15' 10" E

3.1 Fattore di Comportamento/Struttura

Sulla base delle disposizioni del D.M 17-01-2018, capitolo 7, e della tabella in esso contenuta e riportata di seguito, si ritiene di poter associare le strutture in esame alla Classe di duttilità B.

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	q_0	
	CD"A"	CD"B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_0/α_1	3,0 α_0/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_0/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Il fattore di struttura è dato da:

$$q = q_0 \cdot k_R$$

con $q_0 = 3.0 \cdot \alpha_U / \alpha_1$

$k_R = 0.8$ (per strutture non regolari in altezza)

Se si assume un fattore di struttura di valore maggiore di 1,50 la normativa impone il rispetto della gerarchia delle resistenze e quindi una mole di lavoro progettuale che non è detto sia ripagata da una riduzione del quantitativo di materiale utilizzato e quindi dei costi. Pertanto, in questa fase si assume $q = 1,50$ per entrambe le direzioni principali X e Y delle strutture.

3.2 Parametri sismici e spettri di progetto

Per il calcolo dell'azione sismica si fa riferimento alle prescrizioni contenute nel Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Conformemente al punto 3.2 del D.M. 17.01.2018, tenuto conto della destinazione d'uso del manufatto, si descrive l'azione sismica mediante spettri di risposta, considerando i seguenti stati limite:

- Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)
- Stato limite ultimo di danno (SLD)
- Stato limite ultimo di operatività (SLO)
- Stato limite ultimo di collasso (SLO)

Ai fini della valutazione delle azioni sismiche si assumono i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base del sito, dedotti dall'Allegato alle predette Norme, in funzione dei seguenti dati (punto 2.4 del DM 17.01.2018):

- **Classe d'uso**

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche e strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- **Vita nominale**

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- **Coefficiente d'uso**

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

I parametri assunti alla base dei calcoli sono i seguenti:

- Vita nominale $V_N \geq 100$ anni;
- Classe d'uso opere III;
- Coefficiente d'uso $C_U = 1,5$;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N * C_U = 100 \times 1,5 = 150$ anni;
- Categoria di sottosuolo Categoria C;
- Categoria topografica T1.

In funzione dei precedenti valori si procede nei paragrafi successivi alla valutazione dell'Azione Sismica. La "Pericolosità sismica" viene definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima attesa
- $Se(T)$ spettro di risposta elastico
- P_{VR} probabilità di eccedenza
- V_R periodo di riferimento

Le forme spettrali sono definite a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima sito
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione in accelerazione orizzontale

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE:

LATTITUDINE:

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

Strategia di progettazione

Stato	Strategia per costruzioni ordinarie (□)	Strategia scelta (■)
SLO	90	90
SLD	151	151
SLV	1424	1424
SLC	2475	2475

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

3.3 Stati Limite e relative probabilità di superamento

Stati Limite		P _{VR} Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R
Stati Limite di Esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati Limite Ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

3.4 Periodi di ritorno T_R

STATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _c * [s]
SLO	90	0,062	2,600	0,345
SLD	151	0,076	2,629	0,374
SLV	1424	0,175	2,617	0,519
SLC	2475	0,213	2,609	0,520

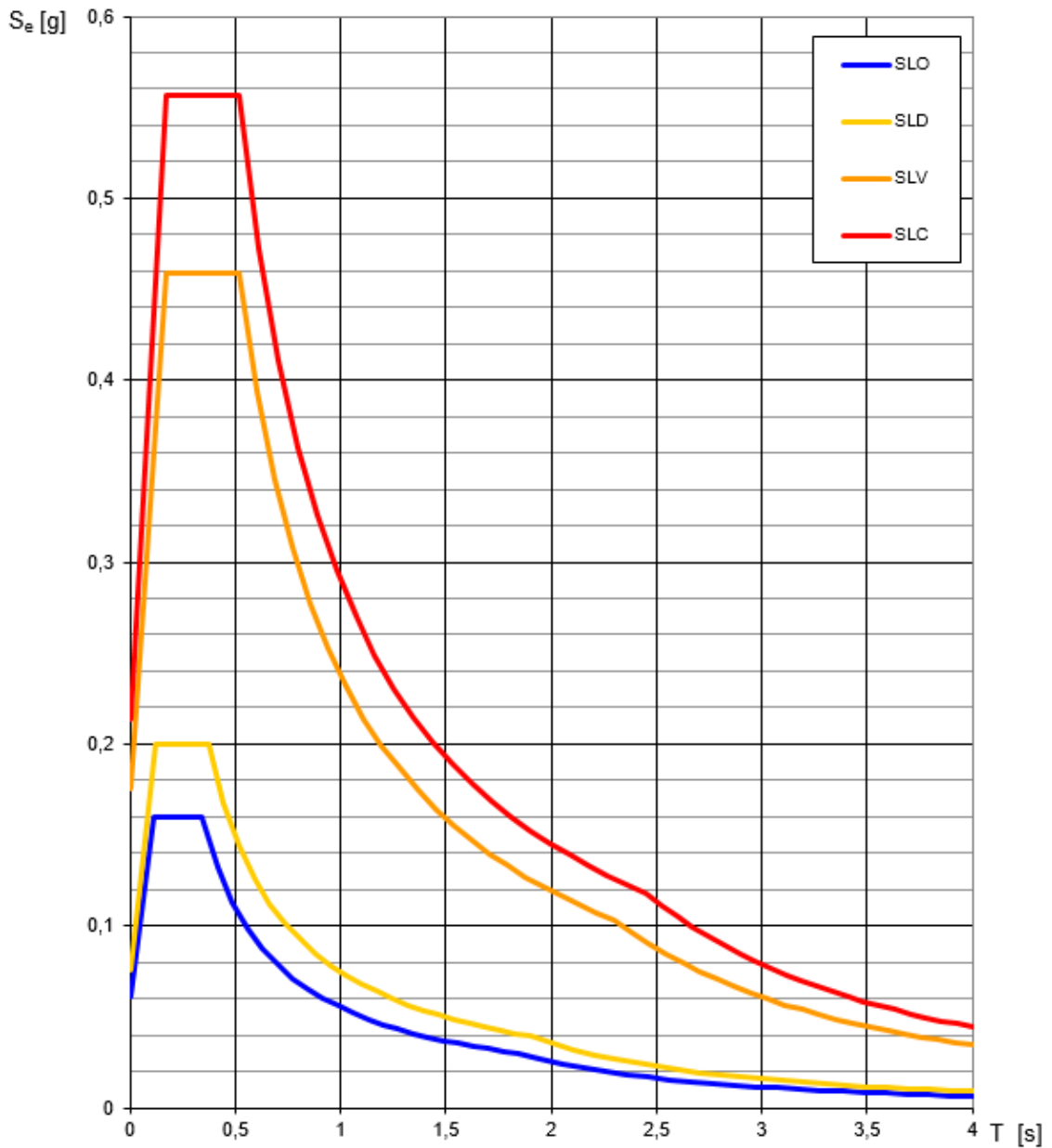
Valori dei parametri a_g, F₀ e T_c* per i periodi di ritorno associati.

a_g accelerazione orizzontale massima al sito

F₀ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo **C** info $S_s = 1,425$ $C_c = 1,304$ info
 Categoria topografica **T1** info $h/H = 0,000$ $S_T = 1,000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1,000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 **1,5** Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q **1,5** $\eta = 0,667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta →
 Parametri e punti spettri di risposta →

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

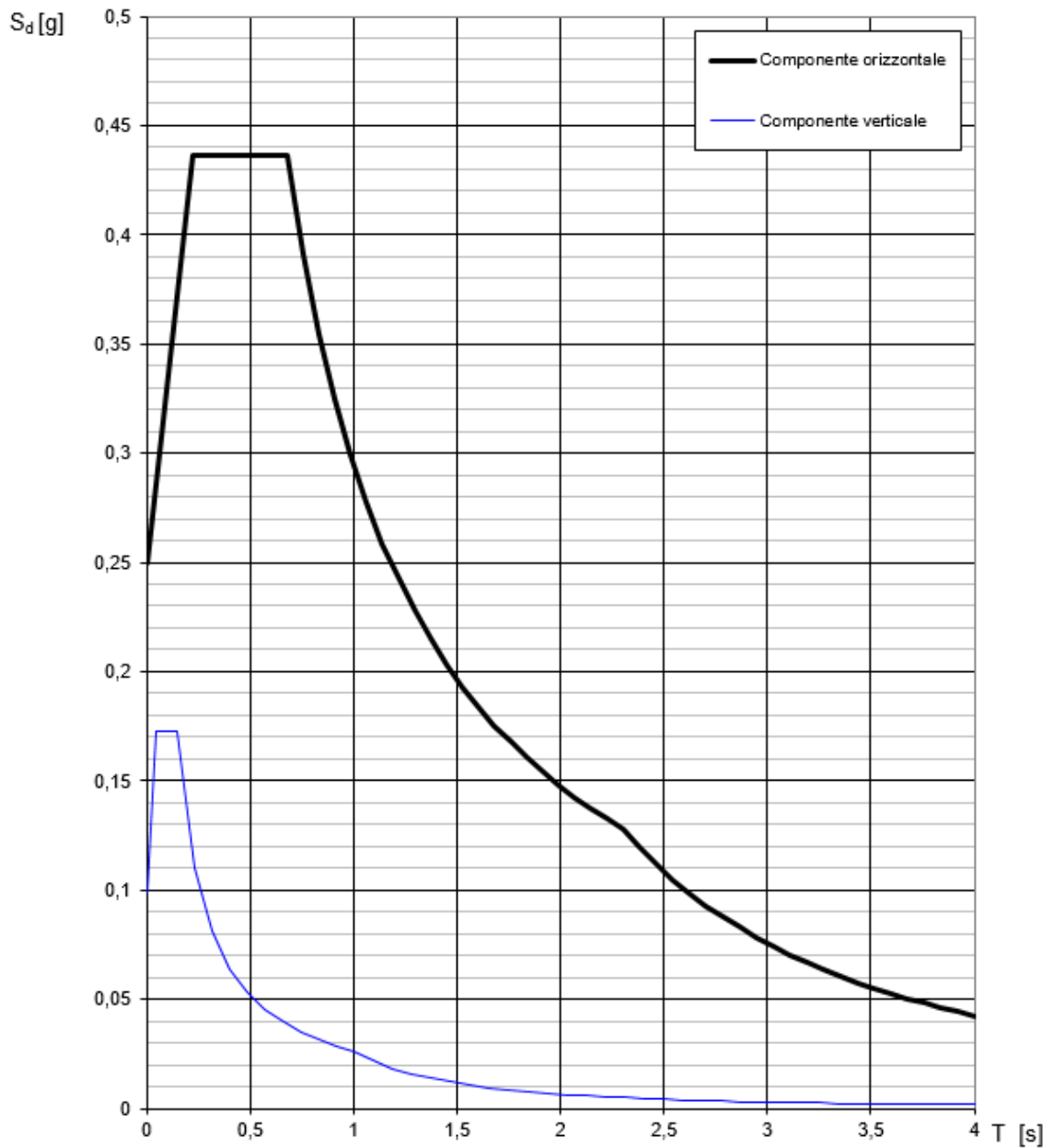
Spettri di risposta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Si riportano di seguito i parametri spettrali relativi allo SLV:

Vita nominale	V_n	100 anni
Coefficiente d'uso	C_u	1,50
Periodo di riferimento	V_r	150 anni
Acc. orizzontale riferita al suolo rigido, adimensionalizzata	a_g/g	0,1758 (g)
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_0	2,631
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,521 s
Coefficiente per la definizione del periodo fondamentale	C_1	0,075
Accelerazione di gravità	g	9,81 m/s ²
Accelerazione su suolo rigido	a_g	1,72 m/s ²
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1,000
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_s	1,423
Amplificazione di sito: $S_s \cdot S_T$	S	1,423
Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo	C_c	1,302
Periodo del tratto ad accelerazione costante	T_B	0,226 s
Periodo del tratto a velocità costante	T_C	0,679 s
Periodo del tratto a spostamento costante	T_D	2,303 s
Coefficiente di smorzamento viscoso	ξ	5
Coefficiente di correzione per smorzamento viscoso diverso dal 5%	η	1
Inverso del fattore di struttura	$1/q$	0,667

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

3.4.1 Carichi applicati al modello nella condizione di carico sisma (E)

Le forze sismiche sono calcolate moltiplicando i carichi statici per l'ordinata dello spettro di risposta. A favore di sicurezza si assume l'ordinata massima dello spettro.

3.5 Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni

La combinazione sismica è quella indicata al Capitolo 6, in cui l'azione sismica E è valutata tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2,j} \cdot Q_{k,j}$$

con i coefficienti di combinazione riportati nella tabella seguente.

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

4. Verifica delle paratie e dei diaframmi. Spinta del terreno sulle pareti.

Nello spirito della verifica con metodi pseudo-statici, l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente. Le componenti orizzontale a_h e verticale a_v dell'accelerazione sono ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico nel volume significativo dell'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici a_h si può calcolare mediante l'espressione

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

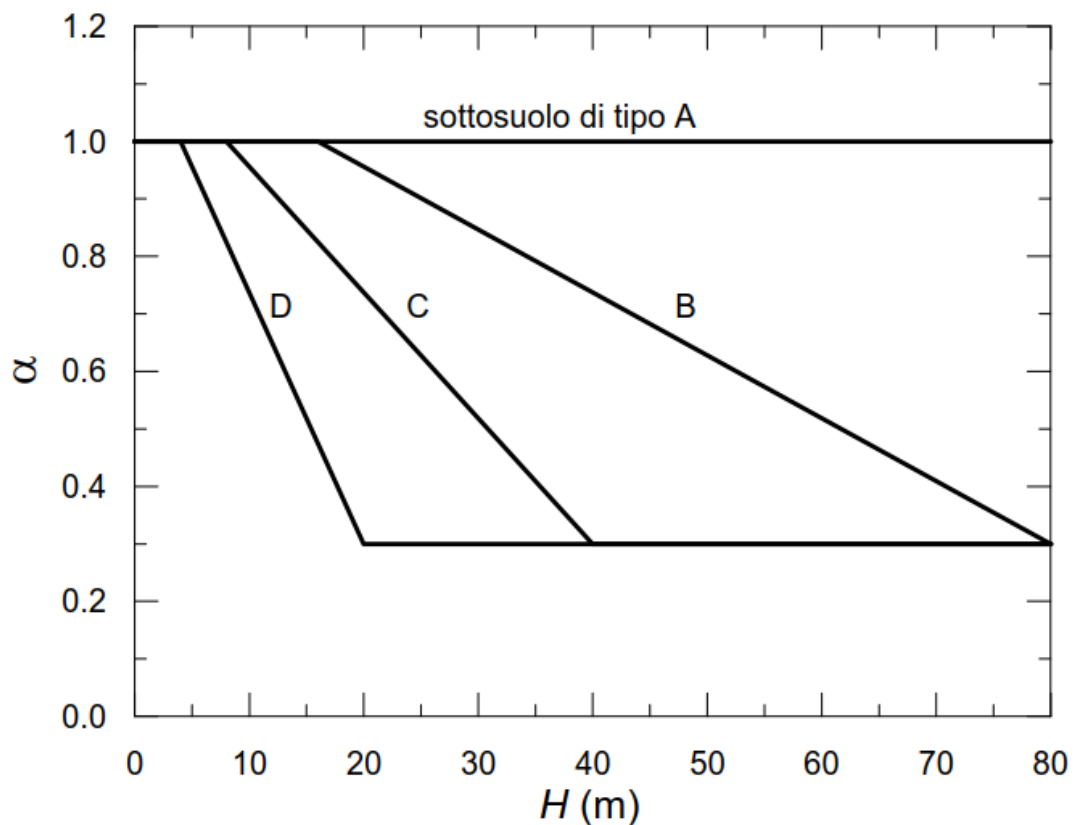
dove g è l'accelerazione di gravità, k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale, $\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e $\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera spostamenti senza cadute di resistenza.

L'accelerazione di picco a_{max} , in mancanza di un'analisi di risposta sismica locale, è valutata come

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g = (1,423 \cdot 1,000) \cdot 1,725 = 2,455 \text{ m/s}^2$$

dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T) e a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore del coefficiente α si può ricavare dalla tabella di figura 7.11.2 contenuto nel documento [5], che si riporta di seguito.



Il valore del coefficiente β , in mancanza di analisi approfondite come definite al paragrafo 7.11.6.3.1 del documento [5], vale 1,0.

Se il massimo spostamento permanente u_s che l'opera può tollerare è 0 allora $\beta=1$.
Deve comunque valere

$$u_s \leq 0,005 \cdot H$$

Se

$$\alpha \cdot \beta \leq 0,2$$

si deve assumere

$$k_h = 0,2 \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0,2 \cdot \frac{2,455}{9,81} = 0,050$$

Bolzano, Malles, Roma, li 22.12.2021

Il Tecnico
Dr. Ing. Ronald Patscheider