



COMUNE DI GROTTAZZOLINA (FM)



Geologia Ambiente - Via Nino Bixio,6 63900 FERMO
fisso 0734.226516 / fax 178.2706714 / cell. 335.5604563
Dott. **SERGIO RACCICHINI** - Geologo Specialista
e-mail: info@geoambienti.it / sito: www.geoambienti.it

OGGETTO:

COSTRUZIONE FABBRICATO COMMERCIALE

ELABORATO:

RAPPORTO GEOLOGICO SISMICO

CODICE:

GROTTAZZOLINA (FM)
GROSS 2023
EDILIZIA

DATA:

14 Marzo 2023



Committente e proprietà:

GROSS INVEST S.r.l.

Via Leonardo Da Vinci n.5 - 60020 Camerata Picena (Ancona)



Costruzione fabbricato commerciale

Località: Strada Sant'Isidoro - 63024 Grottazzolina (FM)

Foglio n.5 - Particelle n.104, n.660.

Data: 14 Marzo 2023

Il committente:

GROSS INVEST s.r.l.

Sede: Via L. Da Vinci n.5 - 60020 Camerata Picena (AN)

Partita Iva: 01129820427

Proprietà:

GROSS INVEST s.r.l.

Il Tecnico geologico

Dott. Geol. Sergio Raccichini

Ordine dei Geologi delle Marche N. 92

I Progettisti

Ing. Mirco Palloni

Arch. Marco Pompei

INDICE

- 1 **PREMESSA**
- 2 **OPERE DA REALIZZARE**
- 3 **INDAGINE**
- 4 **CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**
- 5 **CARATTERISTICHE GEOLOGICHE**
- 6 **CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**
- 7 **CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**
 - 7.1 *CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI*
- 8 **CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA**
- 9 **CONCLUSIONI**

1 - PREMESSA

La seguente relazione prende in esame gli aspetti di carattere geologico sismico inerenti i terreni sui quali realizzare le opere in progetto.

L'indagine in oggetto ha lo scopo di fornire i dati geologici, geotecnici e geofisici necessari per le opportune valutazioni anche sulla risposta sismica locale.

La presente relazione è stata redatta anche sulla base dei dati esistenti per l'area ed in ottemperanza alle Leggi vigenti in materia di seguito elencate:

- **Legge N. 64 del 02/02/74** - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **D.M. 11/03/1988 & Circolare LL.PP. 24/09/1988 n. 30483** - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, criteri generali e prescrizioni per la progettazione ed esecuzione delle opere di fondazione.
- **O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **Decreto Ministeriale 14/01/2008** - Testo Unitario, Norme Tecniche per le costruzioni.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

- **Decreto Ministeriale 17/01/2018** - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- **Piano per l'assetto idrogeologico (PAI)** - Richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00.

2 - OPERE DA REALIZZARE

Le opere da realizzare sono state progettate dall'architetto Marco Pompei di Grottazzolina (FM). La GROSS INVEST srl, opera nel settore del commercio al dettaglio di prodotti alimentari e simili, intende realizzare una struttura di vendita nel Comune di Grottazzolina su un'area prospiciente Strada Sant'Isidoro 63844 GROTTAZZOLINA provinciale di Fermo.

La Gross Invest srl è proprietaria del fondo distinto al NCEU Foglio n.5 Particelle 104 e 660 con estensione di 6.025,00 m² e classificata da PRG in zona omogenea di tipo D5 . 5 zone distributive e commerciali. Al fine di attuare tale intervento di interesse privato/pubblico è necessario procedere secondo quanto previsto dalla disciplina nazionale e regionale conseguente alle previsioni del piano regolatore approvato e adottato. L'opera di cui si chiede l'autorizzazione prevede la realizzazione di una volumetria complessiva pari a **11.835,00 m³** su un unico corpo di fabbrica con altezza media di **7,5 m**.



Si tratta di un nuovo intervento edilizio che dovrà avvenire in coerenza con la struttura urbanistica e architettonica della zona.

Le opere nella fattispecie l' intervento è volto a realizzare un organismo edilizio mediante un insieme sistematico di opere nel rispetto dei caratteri tipologici e compositivi riconoscibili, e tutelandone in modo specifico le parti ed gli elementi significativi, in particolare per quanto riguarda l'esterno e comprende il miglioramento e la riqualificazione dell'area.

3 - INDAGINE

La presente indagine è stata finalizzata all'esame dei seguenti aspetti:

1. Valutare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche di un intorno significativo dell'area oggetto di studio.
2. Individuare eventuali fenomeni pericolosi in atto.
3. Individuare eventuali falde acquifere.
4. Valutare le condizioni geofisiche del sito attraverso indagini in situ.

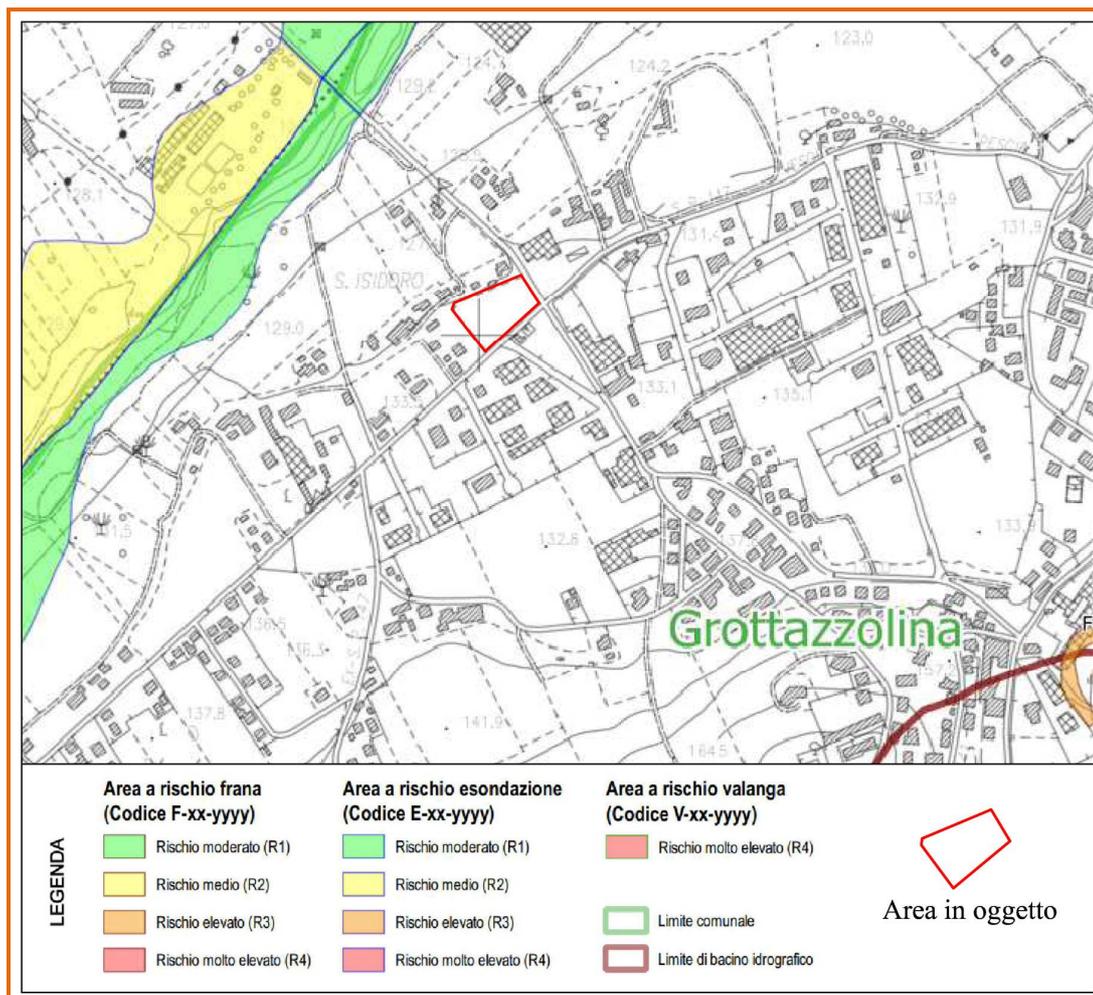
Lo studio è stato realizzato mediante:



- a. reperimento dati esistenti relativi ad indagini da bibliografia tecnica;
- b. realizzazione di cinque indagini penetrometriche del tipo DPSH;
- c. realizzazione di una indagine sismica MASW 40;

4 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area interessata si sviluppa lungo la valle alluvionale del fiume Tenna ad una distanza dal fiume di 350 m, l'area, è stata urbanizzata negli anni 60, con opere importanti per dimensione e funzione, anche più grandi di quella in progetto.



L'area morfologicamente è pianeggiante, ad una quota di 130 m s.l.m..

Dalla lettura e dalla consultazione del “Piano Assetto Idrogeologico (PAI)” l'area oggetto di studio si trova lontano da aree a rischio frana o cedimenti.

5 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Per la ricostruzione della sequenza stratigrafica ci si è avvalsi dei risultati pervenuti dalla campagna di indagini confrontata ed integrata con le indagini realizzate dallo scrivente in precedenza.

L'area oggetto di intervento è caratterizzata in superficie da depositi di copertura di natura eluvio colluviale e fluviale con spessori variabili in funzione della morfologia dei luoghi si tratta principalmente di depositi sabbiosi limosi.

DESCRIZIONE DEI TERRENI INDAGATI

In base ai dati delle indagini realizzate e dai dati dei sondaggi geognostici reperiti la successione stratigrafica locale più rappresentativa è quella di seguito descritta:

- *Da 0,00 m a - 3,00 m dal p.c.*
Depositi alluvionali limo-argillosi e sabbioso-limosi;
- *Da - 3,00 m a - 7,00 m dal p.c.*
Depositi alluvionali sabbiosi con livelli ghiaiosi;
- *> 7,00 m*
Depositi alluvionali ghiaiosi in matrice sabbiosa.

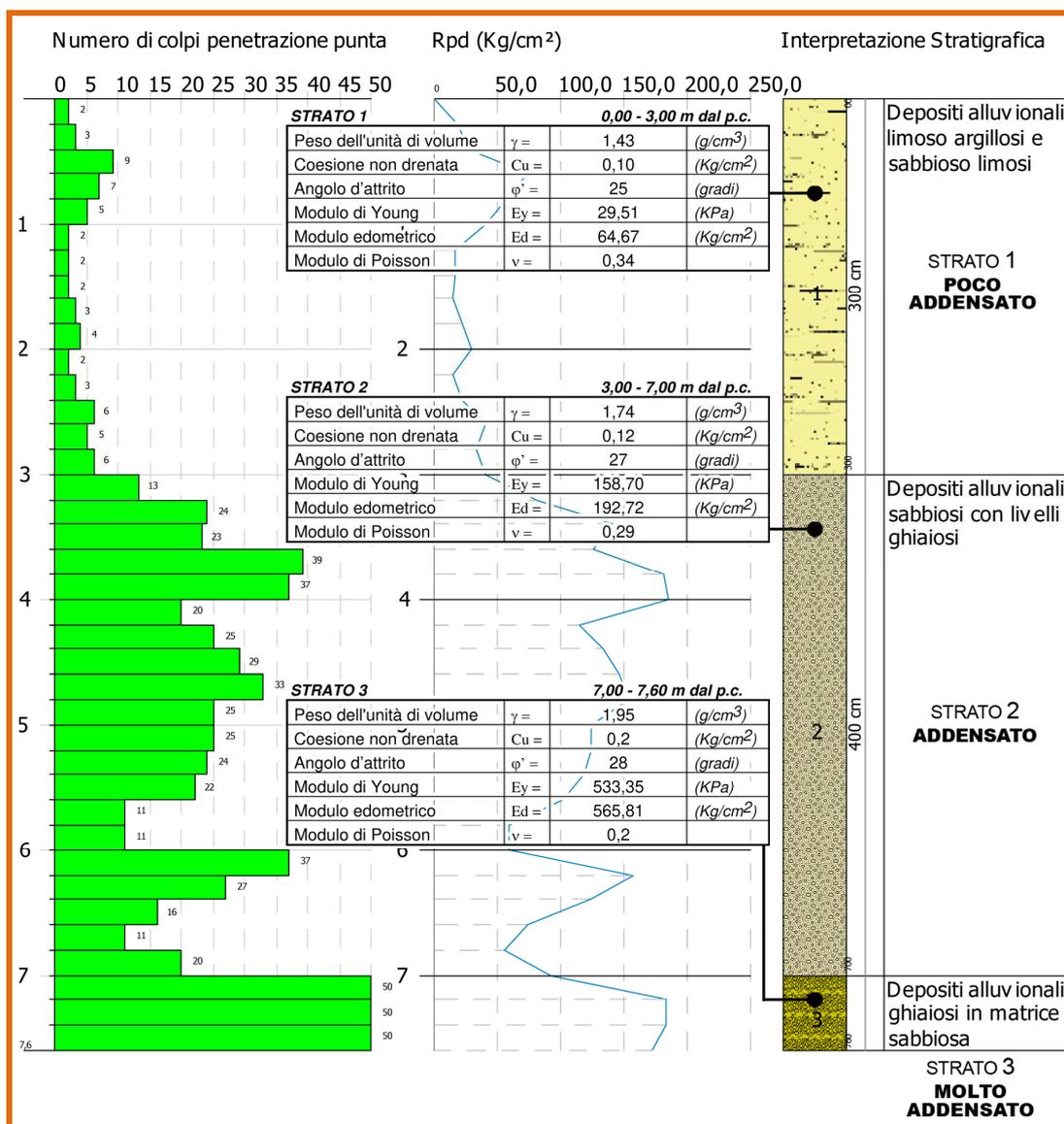
6 - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Le acque piovane in parte penetrano nei terreni e in parte sono raccolte dal sistema di raccolta di acque reflue urbane.

Per la presenza di acqua nel sottosuolo ci si è avvalsi dei risultati pervenuti durante le indagini in situ. Alla data di realizzazione dei sondaggi geotecnici non è stata rinvenuta la presenza di acqua. Per quanto concerne le caratteristiche di permeabilità dei terreni è lecito affermare che i depositi più superficiali, spesso costituiti da litotipi eterogenei dal punto di vista granulometrico, possiedono coefficienti di permeabilità variabili e possono dar luogo anche a sacche idriche estese durante periodi piovosi prolungati.

Si fa presente che non sono state realizzate indagini specifiche per la presenza di acqua nei terreni e i dati descritti fanno riferimento ai risultati delle indagini realizzate e reperite e al materiale bibliografico presente in archivio personale.

7 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE



Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni si è ritenuto opportuno avvalersi delle osservazioni effettuate durante l'elaborazione dei dati provenienti dalle indagini penetrometriche realizzate e successivamente confrontati con quelli esistenti in letteratura tecnica e in archivio personale e nella documentazione reperita.

In funzione dei dati presenti in archivio personale e di quelli delle indagini realizzate è possibile attribuire ai terreni i seguenti parametri nominali:

7.1 - Caratteristiche meccaniche dei terreni

I terreni dell'area presentano caratteristiche geotecniche pressoché simili con uno strato superficiale di depositi alluvionali poco addensati, al di sotto è presente uno strato sabbioso ghiaioso piuttosto addensato le cui caratteristiche

sono descritte nelle singole stratigrafie allegare al presente rapporto a cui si rimanda.

8 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

A seguito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23/03/2003, che riclassifica l'intero territorio nazionale, il comune di Grottazzolina ricade in zona sismica 2.

Si riporta di seguito la tabella ove ciascuna zona è individuata a seconda dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

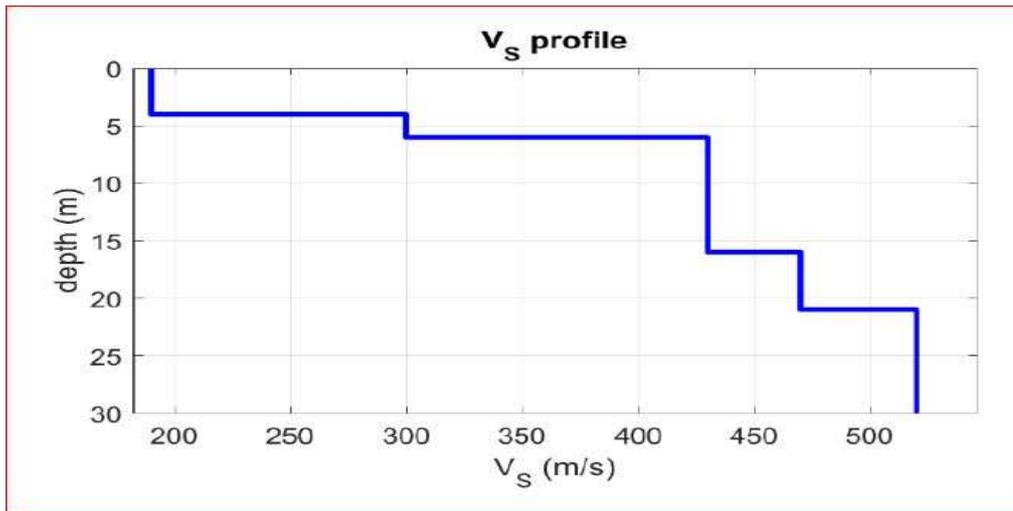
Zona sismica	Acc. orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Acc. orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Attraverso l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente".

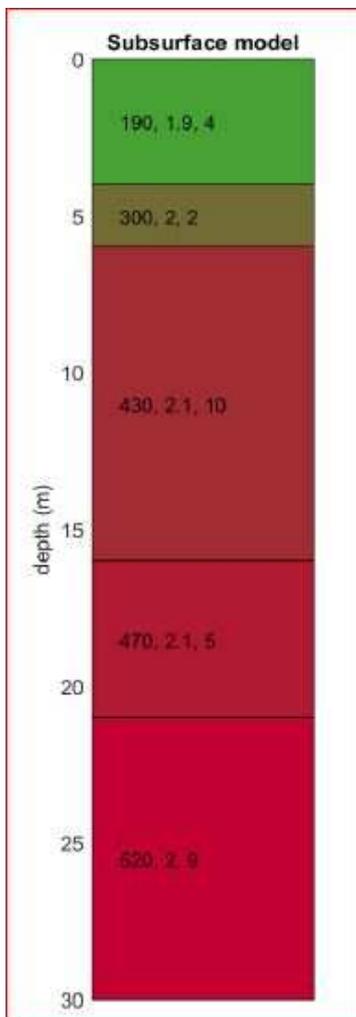
L'azione sismica di progetto, in base alla quale si valuta il rispetto dei diversi stati limite, si definisce dalla pericolosità sismica di base del sito in esame, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è stata realizzata un'indagine sismica tipo MASW i cui risultati in dettaglio sono allegati alla presente relazione.

Sulla base dell'indagine MASW in sito e prendendo spunto dalla Nota Tecnica*: l'elaborazione del segnale registrato ha messo in evidenza **un picco di vibrazione di frequenza fondamentale f_0** - all'interno del range delle frequenze di interesse ingegneristico $1 \div 20$ Hz - **pari a 2.90 ± 0.09 Hz**. Il picco di frequenza f_0 è associabile ad una superficie di impedenza posta alla profondità di ≈ 50 m dal piano campagna attuale e corrisponde ad un aumento di densità - quindi ad un aumento della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s - all'interno della *Formazione geologica delle Argille Azzurre*. La *Formazione geologica delle Argille Azzurre* (FAA) **non** rappresenta un substrato sismico (avente valori di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s \geq 800$ m/s). Nel sito in esame si ipotizza un aumento delle V_s



da valori di ≈ 380 m/s a valori di $\approx 650\div 700$ m/s.



Questo è il modello schematico del sottosuolo con indicazione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio di V_S, della densità e dello spessore degli strati sismici sino alla profondità di 30 m dal piano campagna attuale.

Partendo dai *records* registrati dalla misura di microtremori a stazione MASW e tenendo conto dei vincoli stratigrafici (rif. all'indagine geotecniche DPSH e alle stratigrafie storiche degli Studi di MS1) è stata stimata la *velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio*: il valore di $V_{S,eq}$ è compreso tra **380 m/s** e **400 m/s**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Snapshot Tabella 3.2.II delle NTC 2018.

9 - CONCLUSIONI

Dalla presente indagine risulta quanto segue:

- a. Litologicamente l'area è caratterizzata in superficie da depositi eluvio colluviali fluviali principalmente sabbiosi con spessori variabili arealmente ed in profondità.
- b. Ai fini della caratterizzazione delle categorie di sottosuolo e quindi del valore delle $V_{S,eq}$ è stata realizzata un'indagine sismica tipo MASW . Il valore delle $V_{S,eq}$ è risultato di 380 m/s. Con tale valore di $V_{S,eq}$, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e D.M. 14/01/08 Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni", aggiornato con D.M. 17/01/2018, si ottiene una categoria di **suolo di tipo B**. All'area oggetto di intervento si può assegnare la categoria topografica T1 in quanto la struttura, oggetto di vulnerabilità sismica, si trova nella zona pressoché pianeggiante;
- c. Dal rilievo geomorfologico di superficie ed in base ai dati reperiti dal Piano Assetto Idrogeologico (PAI) l'area in esame non risulta interessata da fenomeni di instabilità.

Sono allegati alla presente relazione i seguenti elaborati.

- *Allegato 1 - Pericolosità sismica di base;*
- *Allegato 2 - Elaborazione indagine penetrometrica (DPSH);*
- *Allegato 3 - Elaborazione indagine sismica (MASW);*
- *Tav. A3 - Cartografia;*
- *Tav. A4 - Ubicazione delle indagini;*
- *Tav. A3 - Documentazione fotografica;*
- *Tav. A4 - Stratigrafie con caratteristiche meccaniche.*



PERICOLOSITA' SISMICA



Data: 14 Marzo 2023

Il committente:

GROSS INVEST s.r.l.

Sede: Via L. Da Vinci n.5 - 60020 Camerata Picena (AN)

Partita Iva: 01129820427

Proprietà:

GROSS INVEST s.r.l.

Il Tecnico geologico

Dott. Geol. Sergio Raccichini

Ordine dei Geologi delle Marche N. 92

I Progettisti

Ing. Mirco Palloni

Arch. Marco Pompei

1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la *pericolosità sismica di base* per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – 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	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

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. $C_U = 1.0$;

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. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o 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. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = 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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e $P_V R$ fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

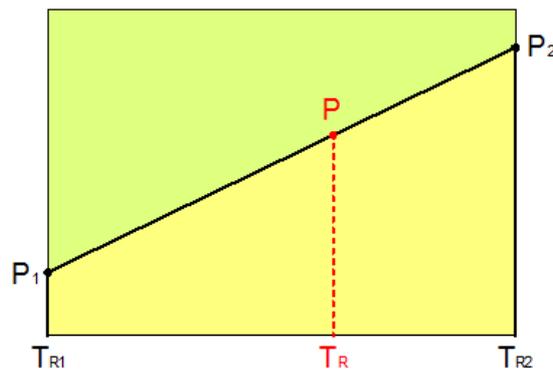


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

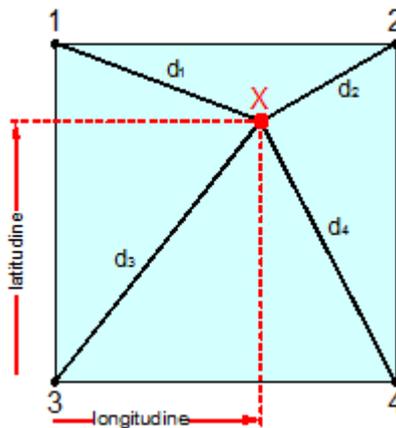


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

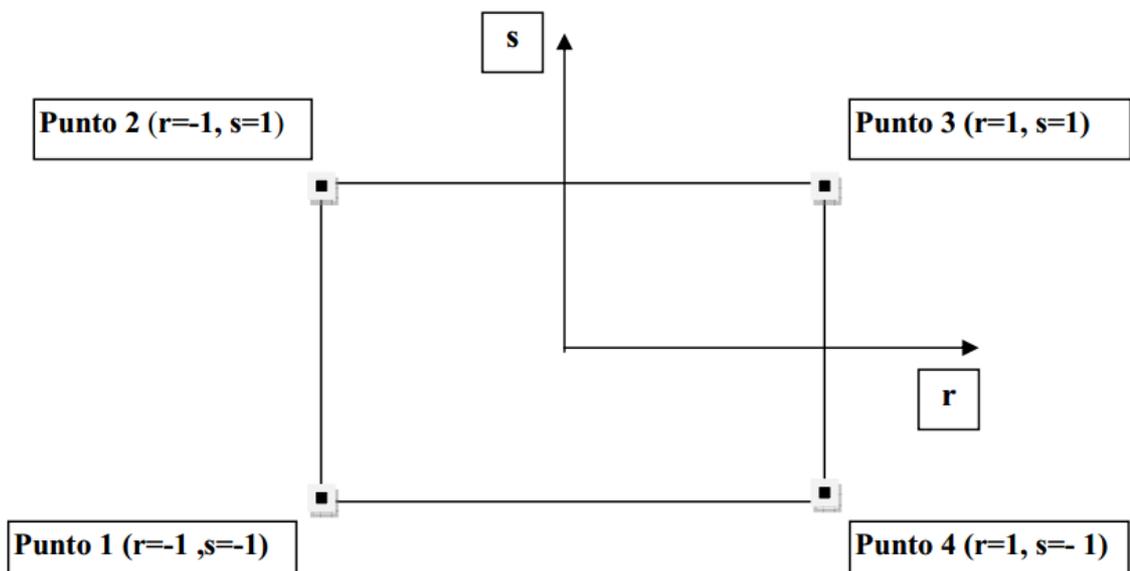


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r) \cdot (1 - s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1 - r) \cdot (1 + s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1 + r) \cdot (1 + s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1 + r) \cdot (1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono dal punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e dal tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.20; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

5.3 Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di

scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.5 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{\max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max} \quad (5.8)$$

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. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

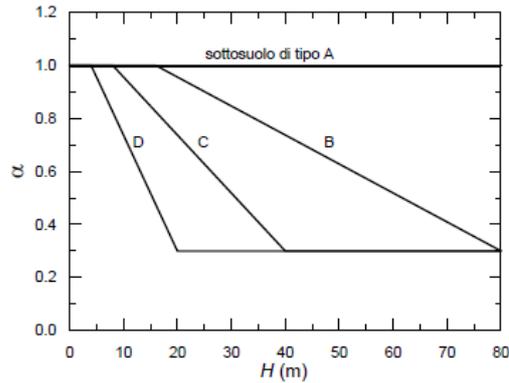


Figura 5.1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s . Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{\max}/g$

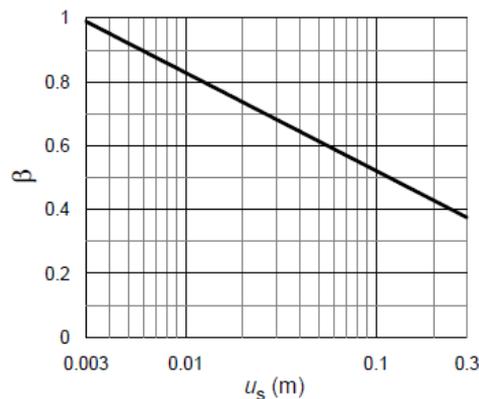


Figura 5.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 15/03/2023

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43.1193428 [°]

Longitudine (WGS84): 13.5989065 [°]

Latitudine (ED50): 43.1202965 [°]

Longitudine (ED50): 13.5998249 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	22978	43.134940	13.558580	3722.29
2	22979	43.134890	13.627060	2742.02
3	23201	43.084890	13.626950	4510.95
4	23200	43.084950	13.558490	5168.03

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.462	0.272
SLD	50	0.069	2.444	0.291
	72	0.080	2.454	0.296
	101	0.093	2.428	0.313
	140	0.108	2.424	0.319
	201	0.125	2.418	0.325
SLV	475	0.175	2.429	0.338
SLC	975	0.226	2.461	0.347
	2475	0.308	2.536	0.353

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.053	2.453	0.272
SLD	50	0.067	2.436	0.293
	72	0.079	2.435	0.299
	101	0.092	2.429	0.312
	140	0.107	2.420	0.317
	201	0.124	2.436	0.321
SLV	475	0.177	2.437	0.332
SLC	975	0.235	2.433	0.342
	2475	0.318	2.505	0.356

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.463	0.272
SLD	50	0.068	2.446	0.291
	72	0.080	2.453	0.296
	101	0.093	2.428	0.314
	140	0.107	2.429	0.320
	201	0.125	2.421	0.326
SLV	475	0.176	2.427	0.339
SLC	975	0.228	2.472	0.350
	2475	0.310	2.542	0.355

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.055	2.461	0.273
SLD	50	0.070	2.437	0.291
	72	0.081	2.451	0.295
	101	0.094	2.424	0.313
	140	0.109	2.418	0.320
	201	0.126	2.410	0.326
SLV	475	0.175	2.430	0.339
SLC	975	0.227	2.464	0.347
	2475	0.308	2.536	0.354

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.459	0.272
SLD	50	0.068	2.440	0.292
SLV	475	0.176	2.432	0.336
SLC	975	0.230	2.454	0.346

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.051	0.083
kv	0.006	0.007	0.025	0.042
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	0.180	0.180	0.240	0.310

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.065	0.082	0.211	0.269
kv	0.032	0.041	0.106	0.134
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3.0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.042	0.053	0.137	0.175
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.051	0.075
kv	0.006	0.008	0.025	0.038
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.038	0.080	--
kv	--	0.019	0.040	--
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.038	0.080	--
kv	--	0.019	0.040	--
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

3.0 [m]

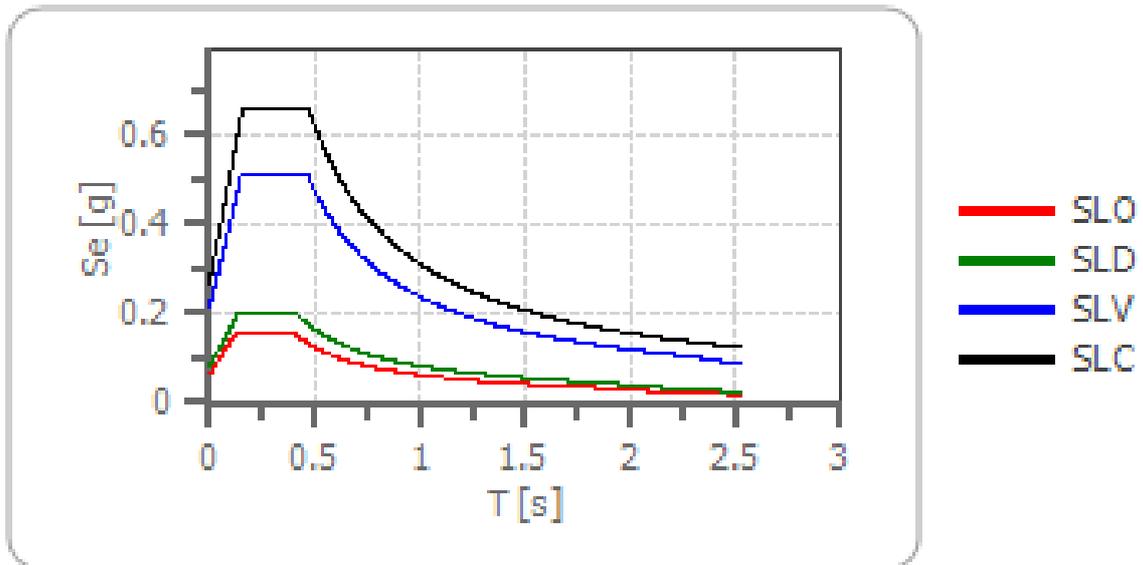
Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.050	0.063	0.164	0.209
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.633	0.802	2.074	2.636
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.05 4	2.45 9	0.27 2	1.20 0	1.43 0	1.00 0	1.20 0	1.00 0	0.13 0	0.38 9	1.81 5	0.06 5	0.15 9
SLD	1.0	0.06 8	2.44 0	0.29 2	1.20 0	1.41 0	1.00 0	1.20 0	1.00 0	0.13 7	0.41 2	1.87 2	0.08 2	0.19 9
SLV	1.0	0.17 6	2.43 2	0.33 6	1.20 0	1.37 0	1.00 0	1.20 0	1.00 0	0.15 4	0.46 1	2.30 5	0.21 1	0.51 4
SLC	1.0	0.23 0	2.45 4	0.34 6	1.17 0	1.36 0	1.00 0	1.17 0	1.00 0	0.15 7	0.47 1	2.51 9	0.26 9	0.66 0

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

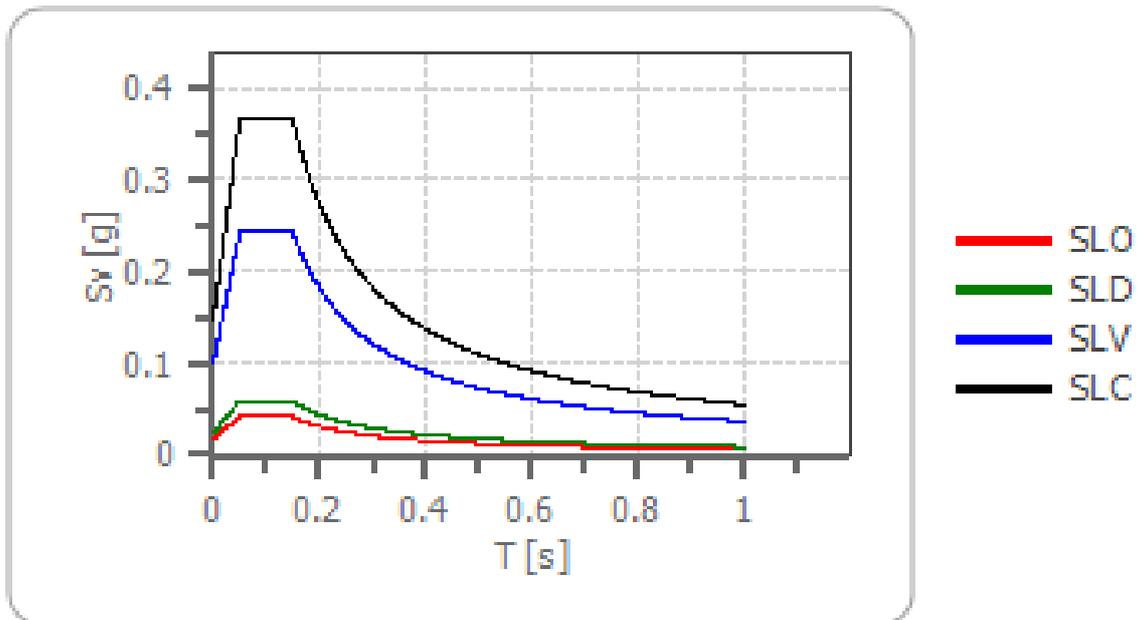
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



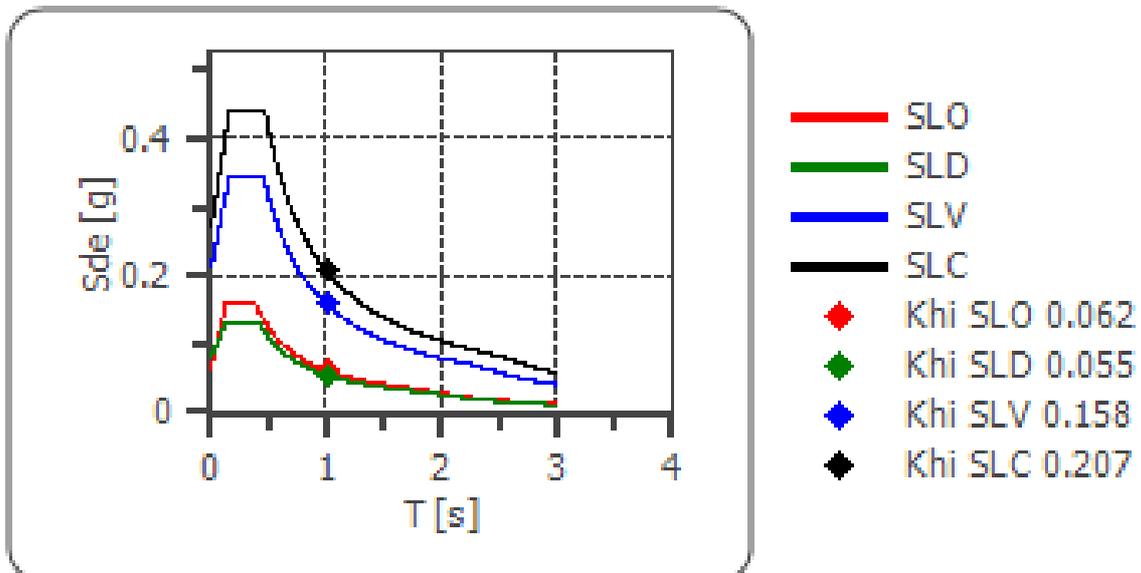
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.054	2.459	0.272	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.017	0.041
SLD	1.0	0.068	2.440	0.292	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.059
SLV	1.0	0.176	2.432	0.336	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.100	0.243
SLC	1.0	0.230	2.454	0.346	1	1.360	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.149	0.365

Spettro di progetto

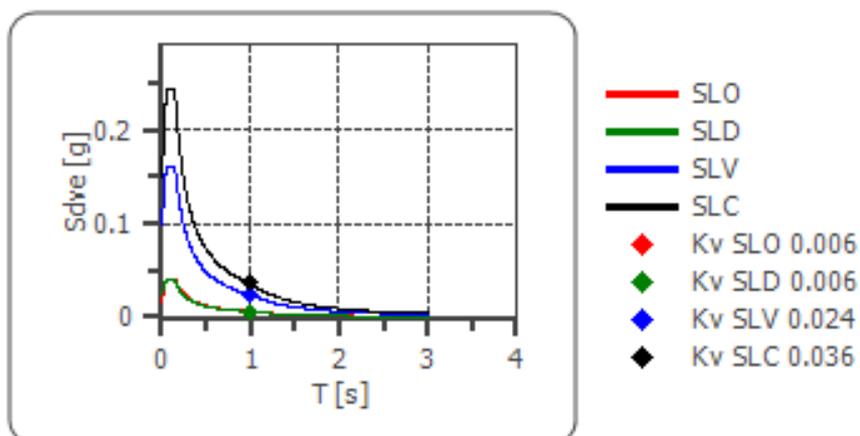
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50
 Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.062	0.055	0.158	0.207
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.006	0.006	0.024	0.036

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.054	2.459	0.272	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.130	0.389	1.815	0.065	0.159
SLO verticale	1.0	0.054	2.459	0.272	1.200	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.017	0.041
SLD orizzontale	1.0	0.068	2.440	0.292	1.200	1.410	1.000	1.200	1.500	0.137	0.412	1.872	0.082	0.133
SLD verticale	1.0	0.068	2.440	0.292	1.200	1.410	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.024	0.039
SLV orizzontale	1.0	0.176	2.432	0.336	1.200	1.370	1.000	1.200	1.500	0.154	0.461	2.305	0.211	0.343
SLV verticale	1.0	0.176	2.432	0.336	1.200	1.370	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.100	0.162
SLC orizzontale	1.0	0.230	2.454	0.346	1.170	1.360	1.000	1.170	1.500	0.157	0.471	2.519	0.269	0.440
SLC verticale	1.0	0.230	2.454	0.346	1.170	1.360	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.149	0.243