

Comune di Trepuzzi

Provincia di Lecce

PIANO URBANISTICO ESECUTIVO IN VARIANTE AL
PUG AI SENSI DELL'ASRT. 12 COMMA 3 E-BIS L.R.
20/2001 DELIBERA DI C.C. N° 20 DEL 28/07/2022
– SUB COMPARTO C8 DE NIGRIS -

Pericolosità sismica di base

Proponente: Geom. Luigi De Nigris

Il tecnico

Dott. Geol. Gianluca Selleri



Lecce, giugno 2024

1 Premessa

Il presente elaborato è stato redatto a corredo del PIANO URBANISTICO ESECUTIVO – Sub Comparto C8 De Nigris che insiste su una superficie di 13.680,46 mq ricadente in zona "A.T.U. C3" ubicata alla periferia Sud del tessuto urbano di Trepuzzi (Fig. 1.1). Quest'area è delimitata:

- a Sud dalla grande area destinata dal PUG ad A.T.U. S-I.g.3 ovvero area destinata Servizi di interesse generale,
- a Ovest dal prolungamento di via Kennedy, ex SS 16 nel tratto Trepuzzi – Lecce,
- a Est dalla linea ferroviaria Lecce – Brindisi
- a Nord con altre proprietà private.

Il comparto ricade a cavallo delle sezioni 512024 e 496143 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 mentre sulla Carta d'Italia in scala 1:25000 ricade sulla Tavoletta 204 II SO "Campi Salentina".

L'area è individuata catastalmente dalle seguenti particelle:

Foglio	Particella	Superficie (mq)
31	1085	12.279,00
31	1086	194,00
31	1087	1.033,00
TOTALE Superficie Catastale		13.506,00



Fig. 1.1 – Inquadramento del sito su immagine satellitare

2 Lineamenti geologici

Il sito di interesse ricade in una vasta area pianeggiante; qui la successione stratigrafica affiorante è rappresentata dal basso verso l'alto dalle seguenti unità (Fig. 3.1):

- Calcarea di Altamura (Cretaceo superiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla C⁸⁻⁶ sulla carta Geologica d'Italia)
- Calcareniti di Gravina (Pleistocene inferiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla p³ sulla carta Geologica d'Italia)
- Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio e superiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla Q¹-P³ sulla carta Geologica d'Italia)

Con riferimento specifico al sito di interesse è stato accertato attraverso il rilevamento condotto in campo e da una stratigrafia di pozzo per acqua (allegata alla relazione Geologica) reperibili presso la banca dati dell'*Archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84)* - banca dati dei sondaggi acquisiti ai sensi della Legge del 4 agosto 1984 n. 464 - che il substrato geologico è rappresentato dai terreni calcarenitici riferibili alla Calcarenite di Gravina e potenti circa 23 m.

3 Categoria di suolo

Il DM 17 gennaio 2018 prescrive che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M., si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità Vs per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al paragrafo 6.2.2 del D.M..

I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30,00 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30,00$ metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al paragrafo 3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. L'indagine geofisica di riferimento (si veda a tal proposito la Relazione Geologica) ha evidenziato per l'area in esame una profondità del bedrock rigido pari a 7.5 m (dunque inferiore a 30 m), pertanto, si calcola $V_s eq$ che risulta pari a 577 m/s (per $z = 0$). Si ricava una attribuzione alla Categoria di Suolo "B" "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".

4 Pericolosità sismica - 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.

5 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:

VR = periodo di riferimento

VN = vita nominale

CU = 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. 5.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 5.1 – Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (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 **VN = 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. CU = 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. CU = 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. CU = 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. CU = 2.0;

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

Ricavati i valori di VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

$$\mathbf{VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}}$$

6 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 PVR* (Tabella 6.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di **ag** prefissata (**ag** = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (**TR** = periodo di ritorno).

Tabella 6.1- *Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR*

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

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

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

Tabella 6.2- *Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR*

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

7 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 TR (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 7.1), 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 7.1- 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	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 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	45.134	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.49	0.240
13333	6.5506	45.085	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.49	0.240
13555	6.5564	45.035	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.50	0.240
13777	6.5621	44.985	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.51	0.240

12890	6.6096	45.188	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.48	0.240
13112	6.6153	45.139	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.48	0.240
13334	6.6210	45.089	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.49	0.240
13556	6.6268	45.039	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.49	0.240
13778	6.6325	44.989	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.50	0.240
14000	6.6383	44.939	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.50	0.240
14222	6.6439	44.889	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.50	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	2.49	0.230
10228	6.6826	45.794	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.44	0.250
13113	6.6860	45.143	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.49	0.230
10450	6.6885	45.745	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.47	0.250
13335	6.6915	45.093	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.50	0.230
10672	6.6942	45.695	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	45.043	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.50	0.230
13779	6.7029	44.993	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.50	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 7.1), 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 (ag , Fo , TC^*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, TR2.

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:

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

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag , Fo , TC^*) 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.

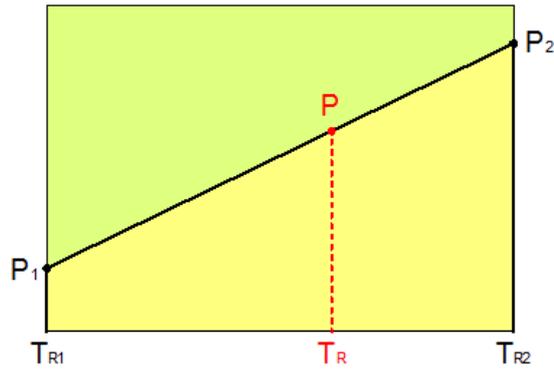


Figura 7.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 7.2

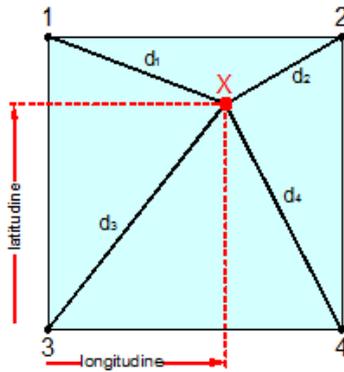


Figura 7.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

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.

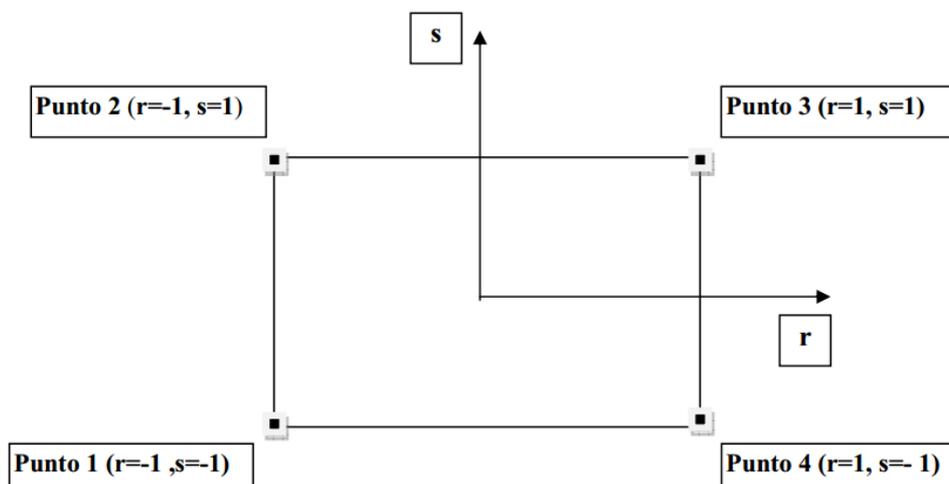


Figura 7.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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 ag , F_0 , Tc^* 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.

8 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).

8.1 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 del 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:

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

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.

8.2 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 7.1- *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.

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

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di $F0$ (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 . ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $ST = 1.0$; **T2:** $ST = 1.20$; **T3:** $ST = 1.20$; **T4:** $ST = 1.40$.

8.3 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 [8.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 7.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 8.11.1) 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.

8.4 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.

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.

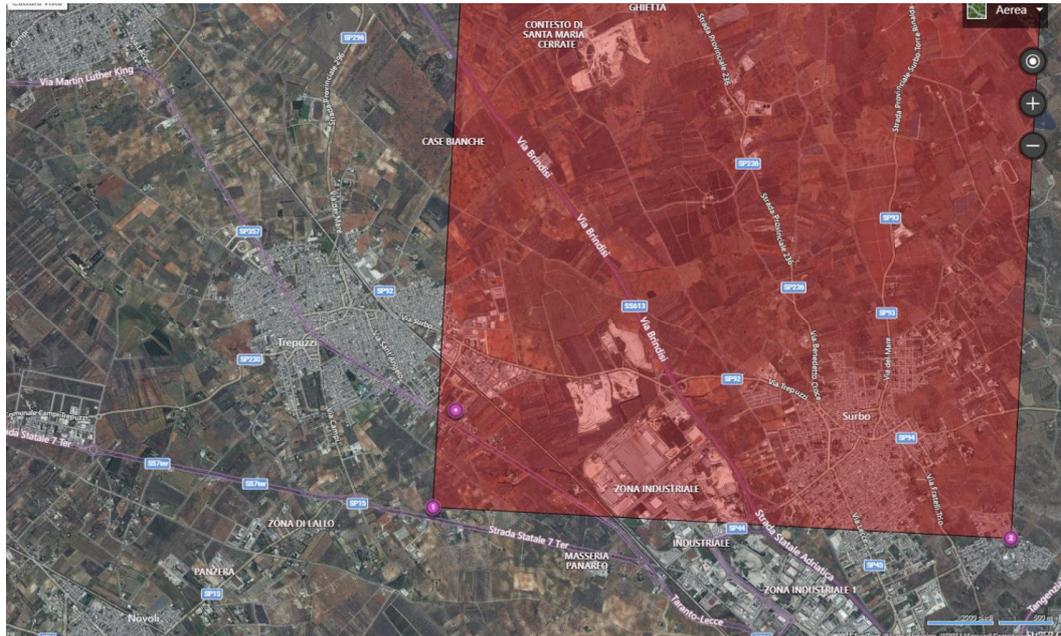
$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

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

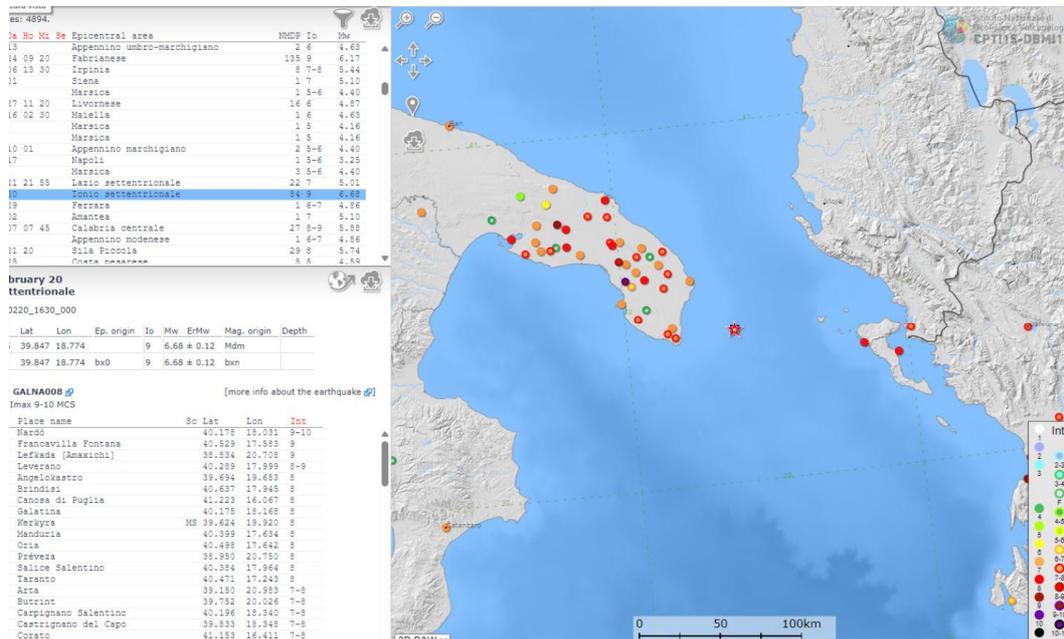
a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

9 Storia sismica del sito

Mappa sismogenetica



Pericolosità sismica del sito



10 Pericolosità sismica

Data: 05/06/2024

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): 40,3983498 [°]

Longitudine (WGS84): 18,0873165 [°]

Latitudine (ED50): 40,3993301 [°]

Longitudine (ED50): 18,0880947 [°]

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	34813	40,390870	18,085530	965,61
2	34814	40,388160	18,151070	5475,91
3	34592	40,438090	18,154660	7094,25
4	34591	40,440800	18,089070	4611,84

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	0,013	2,404	0,153
SLD	50	0,018	2,376	0,203
	72	0,022	2,317	0,243
	101	0,026	2,266	0,314
	140	0,030	2,331	0,344

	201	0,035	2,399	0,373
SLV	475	0,048	2,389	0,512
SLC	975	0,060	2,490	0,559
	2475	0,078	2,618	0,593

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,012	2,440	0,150
SLD	50	0,017	2,350	0,166
	72	0,021	2,363	0,233
	101	0,025	2,256	0,303
	140	0,029	2,309	0,333
	201	0,034	2,383	0,363
SLV	475	0,047	2,354	0,509
SLC	975	0,060	2,466	0,563
	2475	0,081	2,573	0,601

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,012	2,455	0,147
SLD	50	0,016	2,363	0,164
	72	0,020	2,386	0,225
	101	0,024	2,269	0,292
	140	0,028	2,302	0,330
	201	0,033	2,377	0,362
SLV	475	0,046	2,380	0,507
SLC	975	0,058	2,486	0,559
	2475	0,078	2,565	0,597

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,012	2,410	0,151
SLD	50	0,017	2,320	0,195
	72	0,021	2,334	0,238
	101	0,025	2,255	0,311
	140	0,029	2,327	0,341
	201	0,034	2,396	0,372
SLV	475	0,046	2,388	0,506
SLC	975	0,059	2,493	0,549
	2475	0,077	2,610	0,581

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,013	2,414	0,152
SLD	50	0,018	2,364	0,194
SLV	475	0,047	2,384	0,511
SLC	975	0,060	2,487	0,558

11 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	0,003	0,004	0,010	0,013
kv	0,001	0,002	0,005	0,006
amax [m/s ²]	0,150	0,206	0,556	0,703

Beta	0,180	0,180	0,180	0,180
------	-------	-------	-------	-------

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,021	0,057	0,072
kv	0,008	0,011	0,028	0,036
amax [m/s ²]	0,150	0,206	0,556	0,703
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,003	0,004	0,011	0,014
kv	0,002	0,002	0,006	0,007
amax [m/s ²]	0,150	0,206	0,556	0,703
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,010	0,022	--
kv	--	0,005	0,011	--
amax [m/s ²]	0,150	0,206	0,556	0,703
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,010	0,022	--
kv	--	0,005	0,011	--
amax [m/s ²]	0,150	0,206	0,556	0,703
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

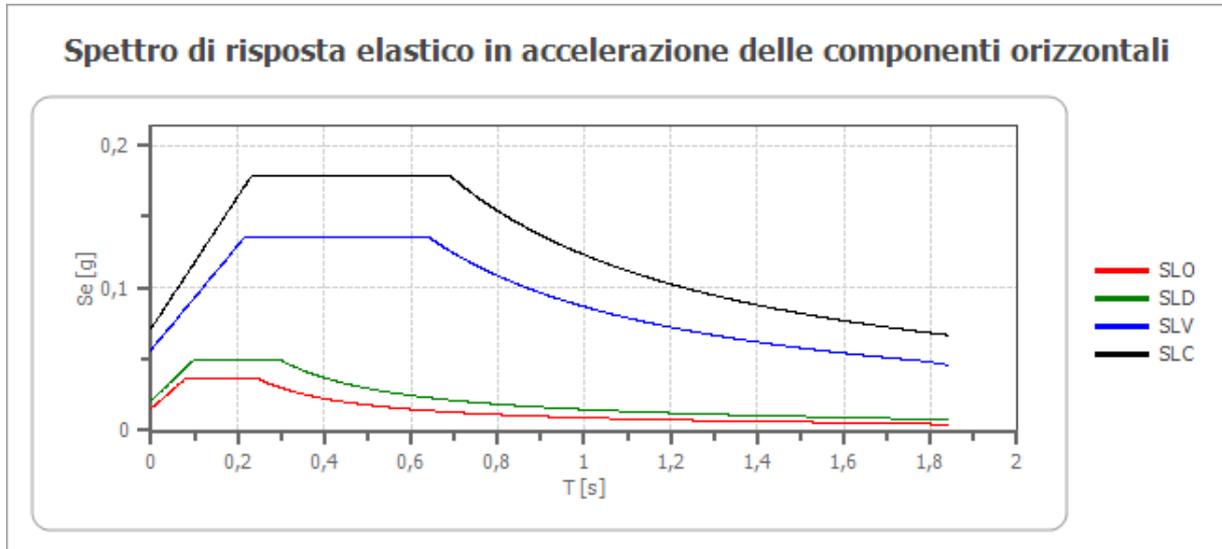
Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,016	0,044	0,056

kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,150	0,206	0,556	0,703
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

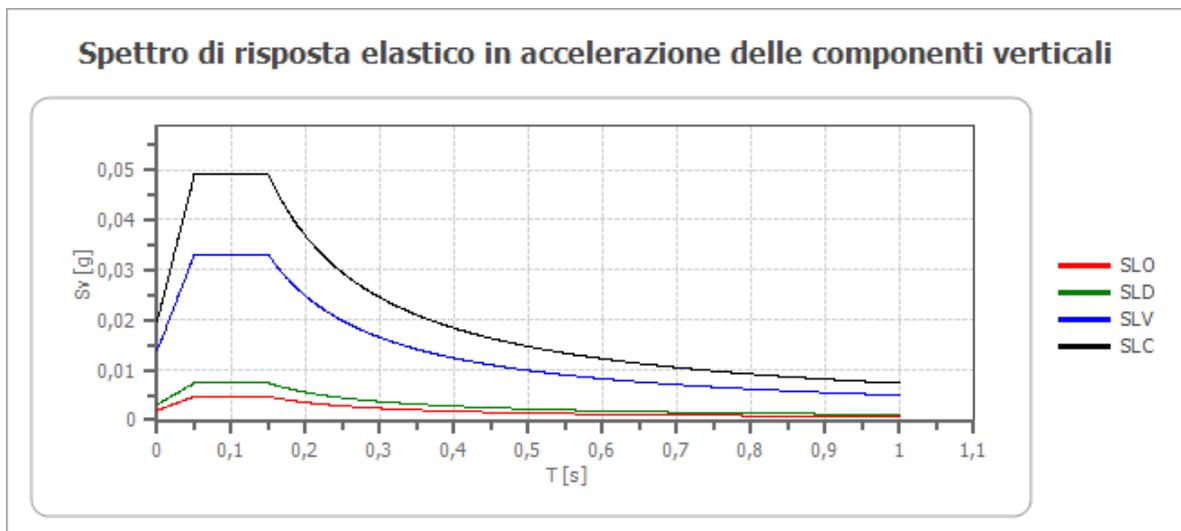


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,013	2,414	0,152	1,200	1,600	1,000	1,200	1,000	0,081	0,243	1,651	0,015	0,037
SLD	1,0	0,018	2,364	0,194	1,200	1,530	1,000	1,200	1,000	0,099	0,297	1,670	0,021	0,050
SLV	1,0	0,047	2,384	0,511	1,200	1,260	1,000	1,200	1,000	0,214	0,643	1,789	0,057	0,135
SLC	1,0	0,060	2,487	0,558	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,231	0,692	1,839	0,072	0,178

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



	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	0,013	2,414	0,152	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,002	0,005
SLD	1,0	0,018	2,364	0,194	1	1,530	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,007
SLV	1,0	0,047	2,384	0,511	1	1,260	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,033
SLC	1,0	0,060	2,487	0,558	1	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,020	0,049

Spettro di progetto

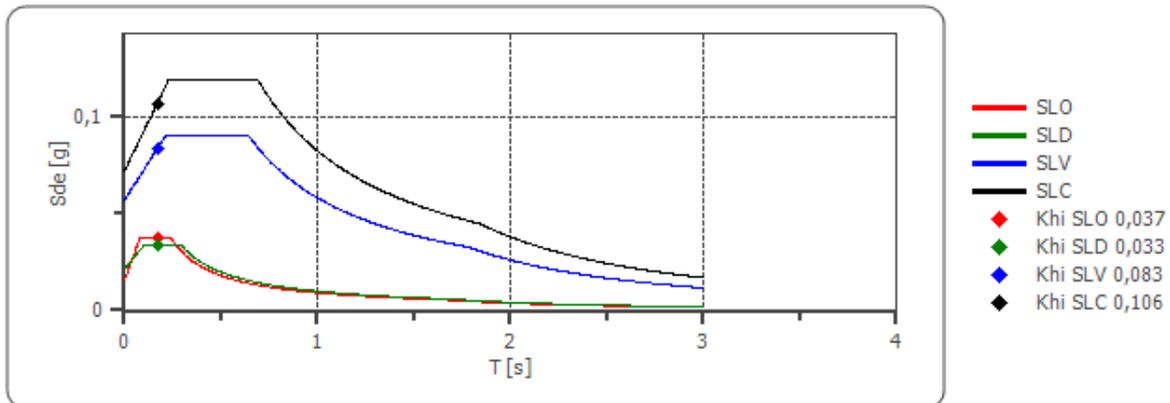
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

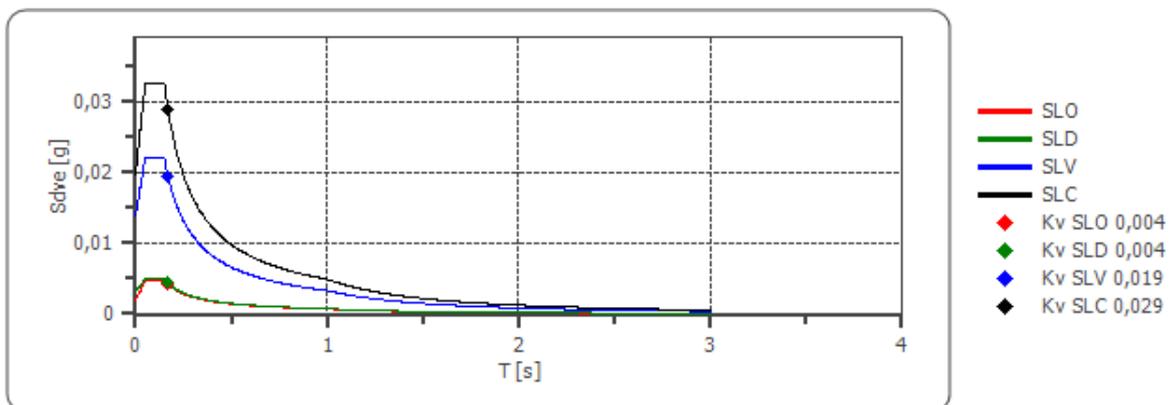
Periodo fondamentale T: 0,17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,037	0,033	0,083	0,106
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,004	0,004	0,019	0,029

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(T B) [g]
SLO orizz ontale	1,0	0,01 3	2,41 4	0,15 2	1,20 0	1,60 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,08 1	0,24 3	1,65 1	0,01 5	0,03 7
SLO verticale	1,0	0,01 3	2,41 4	0,15 2	1,20 0	1,60 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,00 2	0,00 5
SLD orizz ontale	1,0	0,01 8	2,36 4	0,19 4	1,20 0	1,53 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,09 9	0,29 7	1,67 0	0,02 1	0,03 3
SLD verticale	1,0	0,01 8	2,36 4	0,19 4	1,20 0	1,53 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,00 3	0,00 5
SLV orizz ontale	1,0	0,04 7	2,38 4	0,51 1	1,20 0	1,26 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,21 4	0,64 3	1,78 9	0,05 7	0,09 0
SLV verticale	1,0	0,04 7	2,38 4	0,51 1	1,20 0	1,26 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 4	0,02 2
SLC orizz ontale	1,0	0,06 0	2,48 7	0,55 8	1,20 0	1,24 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,23 1	0,69 2	1,83 9	0,07 2	0,11 9
SLC verticale	1,0	0,06 0	2,48 7	0,55 8	1,20 0	1,24 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,02 0	0,03 3