



COMUNE DI CONFLENTI

(Provincia di Catanzaro)

Committente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE
DI CONFLENTI (CZ)

***Progetto: “ADEGUAMENTO SISMICO
DELL’EDIFICIO SCOLASTICO “E. ISABELLA” DI
LOC. SAN MAZZEO-COSCARO”***

IL Geologo : Dott. Geol. Ezio INFELISE

Via Domenico Romeo, 25 88100 CATANZARO

C.F. NFLZEI79L16C352G – P. IVA 02624350795

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA’ SISMICA

Il Geologo

Dott. Geol. Ezio Infelise

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA	2
3. ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	3
3.1. ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS4	3
3.2. ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9	4
4. AZIONE SISMICA	5
5. DISAGGREGAZIONE	6
6. SICUREZZA E PRESTAZIONI DELLE STRUTTURE	7
6.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	9
6.2 AMPLIFICAZIONI STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA	11
6.3 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	11
6.4 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO.....	12
7. PERICOLISITA' SISMICA DI BASE	14
8. DEFINIZIONE DEGLI SPETTRI ELASTICI.....	15
9.PARAMETRI SISMICI CONCLUSIVI AI FINI DELLA RSL.....	16
10.PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	16
11.PROCEDURA DI CALCOLO	19
12.DATI GENERALI.....	24
13.STRATIGRAFIA	27
15.ACCELEROGRAMMI REXEL.....	29
14.ELABORAZIONE RSL STATO LIMITE SLV	43
15.ELABORAZIONE RSL STATO LIMITE SLO.....	48
16.ELABORAZIONE RSL STATO LIMITE SLD	53
17.CONCLUSIONI.....	58

1. PREMESSA

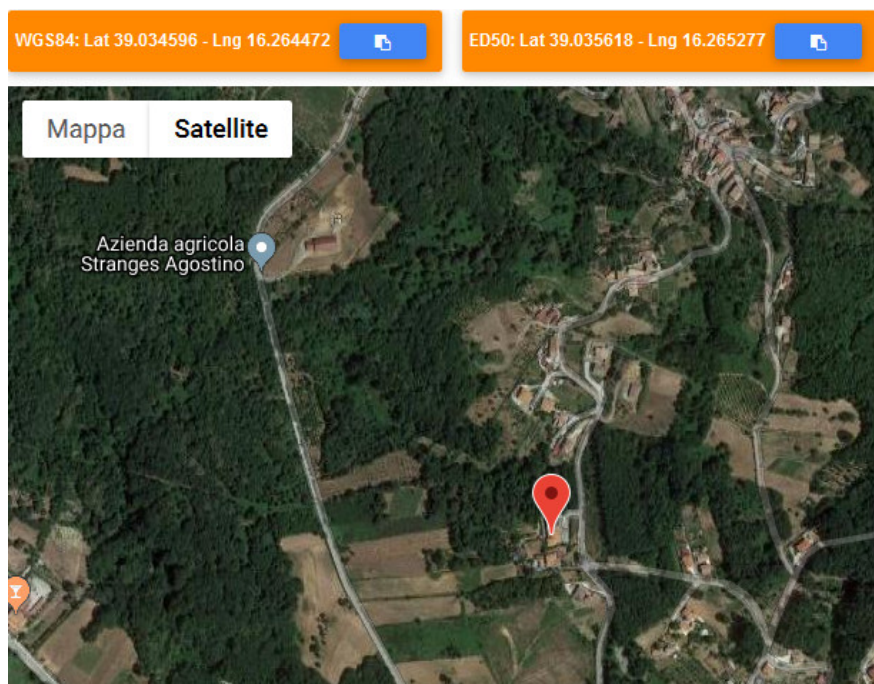
La presente relazione è redatta a supporto del progetto: Adeguamento Sismico dell'Edificio Scolastico "E. Isabella" di loc. San Mazzeo – Coscaro nel Comune di Conflenti (CZ).

Il presente lavoro riguarda la Redazione della Relazione sulla Pericolosità Sismica di base e Risposta Sismica Locale, il tutto con riferimento ai seguenti strumenti normativi:

- D.M. 17.01.2018.
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 Gennaio 2019 N.7/C.S.LL.PP.
- D.P.R. n. 380/2001.
- D.Lgs n. 163/2006 e relativo regolamento di attuazione.
- Norme tecniche sulle costruzioni 12 ottobre 2007 e ss.mm.ii
- Regolamento regionale 10 agosto 2017n. 15

Per quanto non espressamente stabilito dalle predette norme, si è fatto riferimento agli Eurocodici Strutturali pubblicati dal CEN, alle norme per prove materiali e prodotti pubblicate da UNI ed alle istruzioni e linee guida del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Il sito oggetto di intervento ricade nel Comune di Conflenti (CZ) .



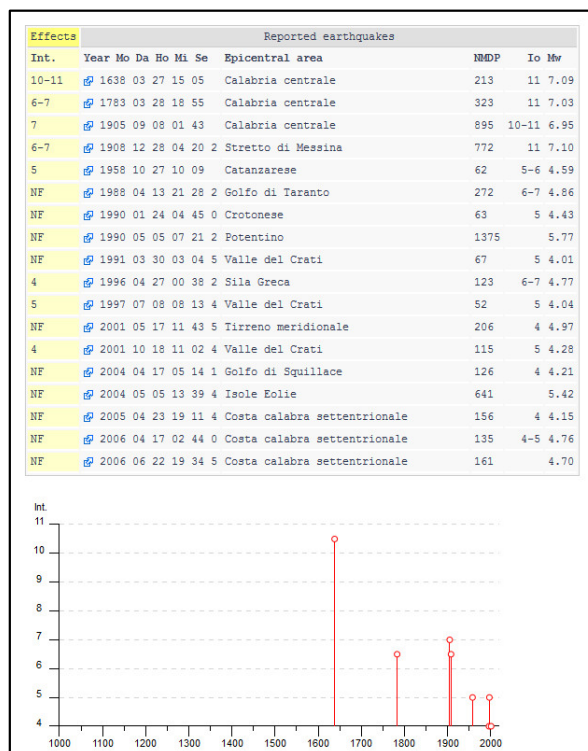
2. CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA

Qui di seguito vengono forniti i dati relativi agli eventi sismici avvenuti nel Comune di Conflenti (CZ) desunti dall'INGV .

Dalla tabella della sismicità storica si evince che le intensità di sito (I_s) maggiori (8-9 MCS), il Comune di Conflenti ha avuto terremoti di intensità maggiori di 8. I terremoti massimi avuti in Calabria e mai superati in

Italia, sono quelli del 1908 con 7,24 di Mw (Reggio Calabria e Messina) e del 1905 con 7,06 di Mw (Vibo Valentia).

Conflenti (Conflenti Inferiore)	
PlaceID	IT_64634
Coordinates (lat, lon)	39.071, 16.286
Municipality (ISTAT 2015)	Conflenti
Province	Catanzaro
Region	Calabria
No. of reported earthquakes	18



3. ZONAZIONE SISMOGENETICA

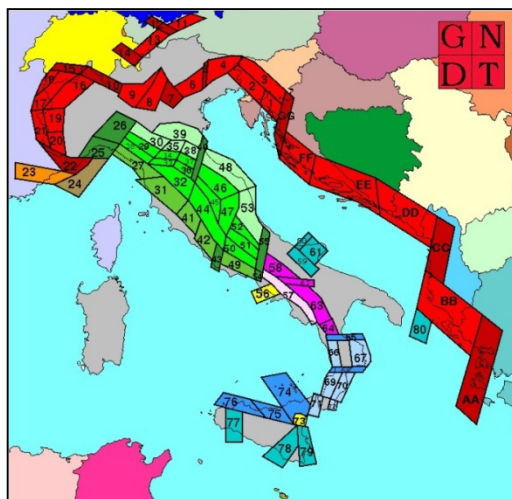
La microzonazione sismica consiste essenzialmente nella individuazione di un insieme di criteri di uso del territorio volti a minimizzare gli effetti del terremoto.

È noto che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine, a causa di una differente risposta sismica locale (Cap. 7.11.3 delle NTC).

Sintetizzando, in un territorio comunale esiste una varietà di situazioni geolitologiche, geomorfologiche, geoidrologiche e geofisiche che determina una molteplicità di situazioni da cui, in definitiva, dipenderà l'effettivo modo di presentarsi delle accelerazioni prodotte da un sisma.

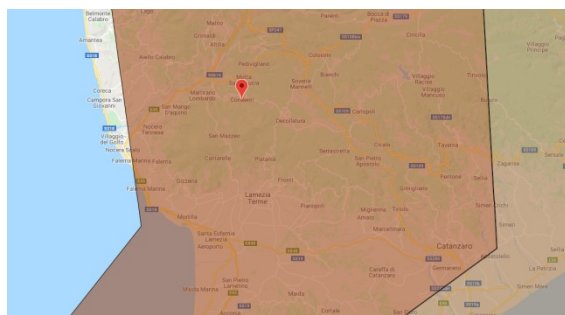
3.1. ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS4

Fino al 2002, il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica nell'area italiana è stata la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000).



2.5.a. Fasce sismogenetiche longitudinali. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip

2.5.b. Zone di svincolo. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip



Tale zonazione era stata realizzata nel 1996, ma gli sviluppi più recenti in materia di sismogenesi hanno però evidenziato alcune incoerenze con il catalogo CTPI. Per tale motivo, al fine di ottenere un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, è stata sviluppata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9. La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato degli accorpamenti e delle elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

3.2. ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9

La zonazione ZS9 comprende 42 zone-sorgente che sono state identificate con un numero o con una lettera. Le zone-sorgente della Calabria (da 65 a 72 in ZS4), sono state modificate in due nuove zone, una sul lato tirrenico della regione (zona **929**) ed una sul lato ionico (zona **930**). L'esistenza di queste due distinte zone rispecchia livelli di sismicità ben differenti. I terremoti con più elevata magnitudo hanno interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina (zona 929). Tra questi eventi spiccano la sequenza del 1783 ed i terremoti del 1905 e del 1908. Viceversa sul lato ionico della Calabria solo quattro eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, e tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte verificatosi. In particolare l'area in oggetto ubicata nel Comune di Conflenti (RC) ricade nella zona sismogenetica 929.

4. AZIONE SISMICA

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'OPCM 3274/2003 (*"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*), che detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (D. Lgs.112/98 e D.P.R. 380/2001), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, ad ognuna delle quali è stato assegnato un valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo di categoria A.

Tabella 1: Accelerazione orizzontale al suolo

Il Comune di Conflenti secondo tale Ordinanza recepita dalla Regione Calabria con delibera della Giunta Regionale nell'aprile 2004 ed entrata in vigore il 10 ottobre 2005, è inserito nella **"zona 1"** con accelerazione efficace di **0,35g** mentre nella precedente Ordinanza n°2788 del 12 Giugno 1998 della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, ai sensi dell'art.12 della Legge N°449 del 27.12.97, era classificato nella Prima Categoria.

Con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni è stato abbandonato in modo definitivo il concetto di "Zone Sismiche", ovvero la suddivisione del territorio italiano in quattro categorie sismiche. Infatti, la normativa introduce un nuovo concetto nei riguardi dell'azione sismica, che interessa la verifica del grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi sul sito di costruzione. Ora per ogni costruzione ci si deve riferire ad un'accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area e in funzione della *vita nominale* (V_N) dell'opera. Un valore di pericolosità di base dunque definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire da una *"pericolosità sismica di base"* del sito considerato, descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari a un valore prefissato. Tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato *"periodo di riferimento"* V_R e la probabilità è denominata *"probabilità di superamento del tempo di riferimento"* P_{VR} .

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero e da ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate P_{VR} . In particolare, i caratteri del moto sismico (le forme spettrali) su sito di riferimento rigido orizzontale sono definiti in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.

La determinazione delle azioni sismiche rappresenta una delle più importanti novità introdotte dalle N.T.C.. Infatti per descrivere la pericolosità sismica di un sito sia in termini geografici che in termini temporali e con un buon grado di precisione è necessario che i risultati siano forniti:

- attraverso un reticolo di riferimento geografico i cui nodi estremi siano intervallati da un valore $\leq 0,05^\circ$;
- da un intervallo temporale di riferimento compreso tra i 30 ed i 2475 anni, relativo alle diverse probabilità di superamento in 50 anni e per i diversi periodi di ritorno T_R ;
- da valori di accelerazione massima orizzontale **ag** insieme ai parametri che consentono di definire gli spettri di risposta elastici per il sito di riferimento;

La disponibilità di informazioni così puntuali e dettagliate consente di adottare nelle fasi progettuali e di verifica valori che rispondono meglio alla realtà.

5. DISAGGREGAZIONE

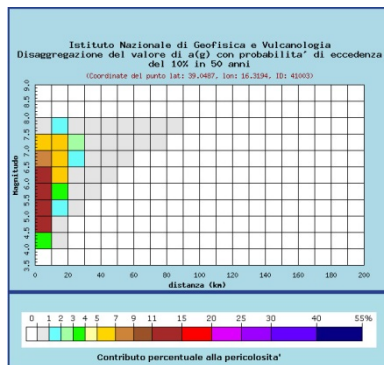
La pericolosità sismica di “base”, adottata nella presente progettazione strutturale è quella al sito specifico come definita nel § 3.2 delle NTC di cui al D.M. 17.01.2018 attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

- accelerazione orizzontale di picco attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A);
- parametri F_0 e T_c^* dello spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) su suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

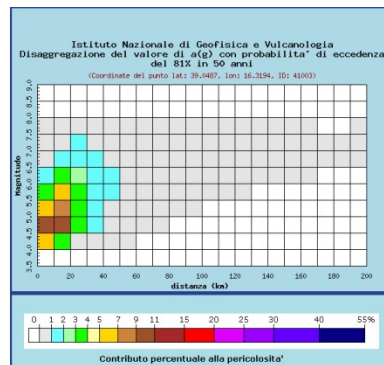
I parametri a_g , F_0 e T_c^* sono definiti (Allegato B, NTC) in termini probabilistici con riferimento a prefissate *probabilità di eccedenza* (P_{VR}) nella *vita di riferimento* (V_R) del manufatto su tutto il territorio nazionale attraverso lo stesso reticolo di riferimento dello studio INGV (passo $0,05^\circ$). Oltre al valore di a_g , è importante conoscere per il sito in esame altri parametri sismologici, come in particolare i dati di **disaggregazione** (variabilità in termini di magnitudo e distanza), desumibili dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano.

La disaggregazione della pericolosità sismica (*McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999*) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R. Per ogni stato limite di seguito i parametri di disaggregazione

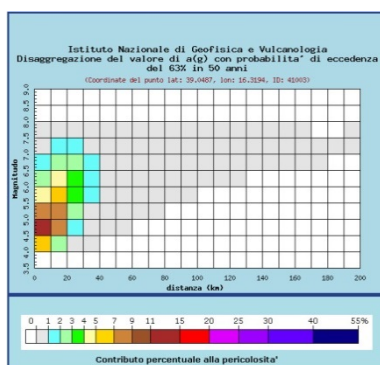
STATO LIMITE SLV



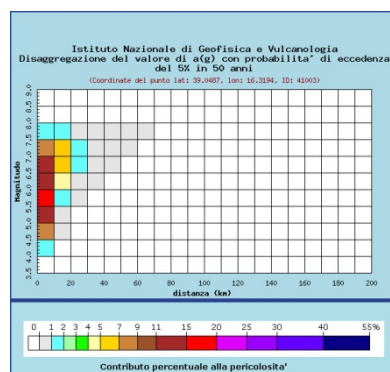
STATO LIMITE SLO



STATO LIMITE SLD



STATO LIMITE SLC



6. SICUREZZA E PRESTAZIONI DELLE STRUTTURE

I parametri posti alla base della progettazione, per come concordato con la committenza, la quale con la presente di fatto li sottoscrive, sono i seguenti:

- tipo di costruzione: 3 VN = 50 anni (vita nominale della costruzione);
- classe d'uso: III CU = 1.5;
 - $VR = VN \cdot CU = 50 \cdot 1.5 = 75$
 - anni (periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica)
 - L'azione sismica è riferita ad un **periodo di riferimento** (V_R) dell'opera e allo stato limite (SL) da verificare, cui è associato un periodo di ritorno T_R .
 - V_R definisce il periodo di osservazione durante il quale viene definito un terremoto di intensità prefissata in base a T_R e a cui è associata una probabilità di eccedenza, durante tale periodo, dell'azione da considerare.

$$V_R = V_N \cdot C_U \geq 35 \text{anni}^*$$

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso, definito in base alla classe d'uso

* Questo limite corrisponde alla necessità di fissare un livello minimo irrinunciabile

Vita nominale, V_N : “numero di anni nel quale la struttura, perché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata”.

Deve essere espressamente indicata negli elaborati di progetto.

Vengono definiti tre valori, a seconda dell'importanza dell'opera e quindi delle esigenze di durabilità

Per $V_N < 2$ anni le verifiche sismiche possono essere omesse.

Tipi di costruzione	V_N [anni]
Opere provvisorie – opere provvisionali – strutture in fase costruttiva, con durata prevista di progetto ≥ 2 anni	≤ 10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

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**”, a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso C_U .

Tali classi sono concettualmente equivalenti alle categorie di importanza, mentre C_U è equivalente al coefficiente di importanza

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**”, a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso C_U .

Classe	Tipi di costruzione	C_U
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli	0.7
II	Strutture con 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 IV. Reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	1.0
III	Strutture con 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	1.5
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 novembre 2001 n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti a 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.	2.0

Tali classi sono concettualmente equivalenti alle categorie di importanza, mentre C_U è equivalente al coefficiente di importanza.

Dalla circolare 21 gennaio 2019 n. 7/C.S.LL.PP ” Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni “

Tabella C2.4.I. - Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e C_U

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Da quanto sopra detto il valore di V_R da attribuire è il seguente:

- periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = 75$ anni

Fissato il periodo di riferimento (V_R) e la probabilità di superamento per ogni stato limite (P_{VR}) e ipotizzando che i terremoti seguano una distribuzione probabilistica *Poissoniana*, il periodo di ritorno dell'azione sismica si ottiene da:

$$30 \leq T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \leq 2475$$

I limiti inferiore e superiore di T_R sono dovuti all'intervallo di riferimento della pericolosità sismica attualmente disponibile; azioni sismiche riferite a T_R più elevati possono essere considerate per opere speciali. [Carlo G. Lai "Definizione input sismico e amplificazione sismica locale"]

6.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

1) Categorie di sottosuolo

- 2) Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, così come indicato nel paragrafo 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III)

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
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</i>

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, così come inteso nel predetto D.M., ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità 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.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dalla seguente espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (\text{m/sec})$$

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 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità

In base ai risultati ottenuti dall'indagine con metodologia MASW eseguita ($V_{seq}=532.33$ m/sec) il profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione del sito investigato, secondo la Tabella 3.2.II delle NTC 2018, può essere assimilato alla Categoria di sottosuolo **B**.

2) Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tabella 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ Categoria

T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ Categoria</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Le sue sposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica, se di altezza maggiore a 30 metri. Con riferimento a tale classificazione, per il sito in esame si può considerare una categoria topografica **T₁**.

In ottemperanza alle NTC, i terreni costituenti il sottosuolo del sito dove sarà realizzata l'opera in progetto, in base alla indagine sismiche di tipo MASW, appartengono alle categorie di sottosuolo **B** con $V_{SEQ} = 532.33 \text{ m/s}$, e categoria topografica **T1** con pendenza $< 15\%$

6.2 AMPLIFICAZIONI STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S \times a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e S è la categoria di suolo.

Le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro di risposta elastico. Precisamente, l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S = S_s \times S_T$ che comprende gli effetti delle amplificazioni topografica S_T e stratigrafica S_s . Per le componenti orizzontali dell'azione sismica, il periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, è funzione del coefficiente C_C che dipende anch'esso dalla categoria di sottosuolo.

Categoria di sottosuolo	S_s	C_C
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 * \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \times (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 * F_0 * \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \times (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 * F_0 * \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \times (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 * F_0 * \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \times (T_C^*)^{-0.40}$

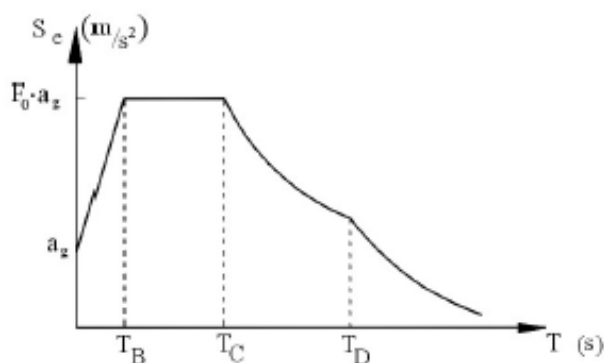
Tabella 7: Espressioni di S_s e C_C

6.3 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il moto sismico alla superficie di un dato sito è rappresentato da uno spettro di risposta elastico in accelerazione (spettro normalizzato) per uno smorzamento convenzionale del 5%. Esso fornisce la risposta

massima in accelerazione del generico sistema dinamico elementare con periodo di oscillazione $T \leq 4s$ ed è espresso come il prodotto di una forma spettrale per l'accelerazione massima del terreno ($a_g \times S$).

Lo spettro di risposta in accelerazione è composto di quattro tratti. L'ascissa della fine del tratto rettilineo costante e inizio di quello iperbolico (fig. 2) è il periodo T_C . Quello che si riferisce al sito di riferimento si indica con T_C^* , si determina in funzione delle coordinate geografiche e del periodo di ritorno T_R e si utilizza per determinare gli altri due periodi T_B e T_D che delimitano le zone dello spettro.



6.4 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Per ognuno si definisce una probabilità di eccedenza (P_{VR}), che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento (V_R), di almeno un sisma di periodo di ritorno T_R .

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.

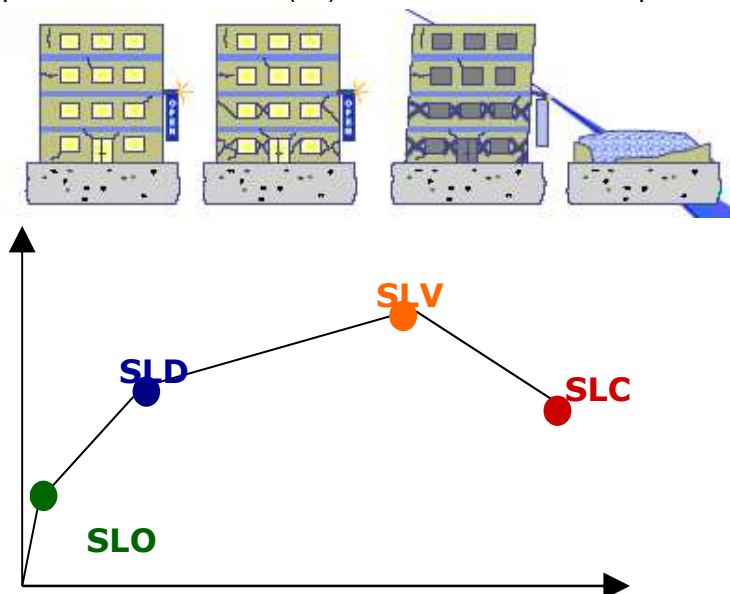
Ai 4 stati limite sono stati attribuiti valori della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} pari rispettivamente a: 81%, 63%, 10% e 5%.

Stati limite e probabilità di superamento

Esistono 4 **stati limite**:

2 di esercizio e 2 ultimi.

Per ognuno si definisce una probabilità di eccedenza (P_{VR}), che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento (V_R) di almeno un sisma di periodo di ritorno T_R (definito in seguito).



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

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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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.

4 stati limite anziché 2

Ma:

- le verifiche allo SLO sono richieste solo per elementi non strutturali e impianti di strutture in classe d'uso III e IV.
- lo SLO è inoltre usato per progettare le opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc.).

le verifiche allo SLC sono necessarie soltanto per costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione. Fissato il periodo di riferimento (V_R) e la probabilità di superamento per ogni stato limite (P_{VR}) e ipotizzando che i terremoti seguano una distribuzione probabilistica *Poissoniana*, il periodo di ritorno dell'azione sismica si ottiene da:

$$30 \leq T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \leq 2475$$

I limiti inferiore e superiore di T_R sono dovuti all'intervallo di riferimento della pericolosità sismica attualmente disponibile; azioni sismiche riferite a T_R più elevati possono essere considerate per opere speciali.

T_R consente quindi di definire severità della domanda sismica, per ogni stato limite.

7. PERICOLISITA' SISMICA DI BASE

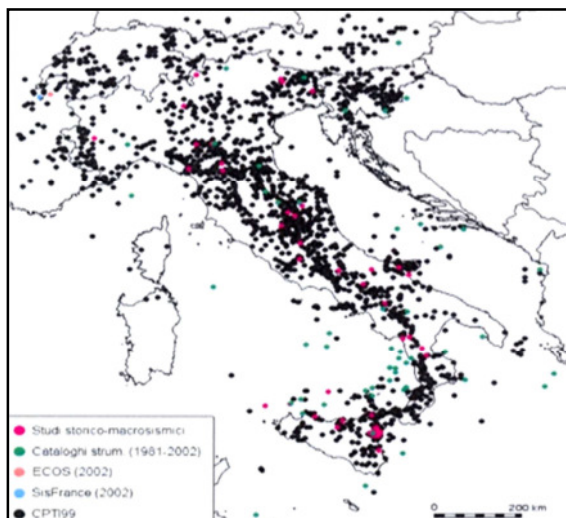
L'azione sismica in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definisce a partire dalla conoscenza della "*pericolosità sismica di base*" del sito di costruzione, definita da:

- accelerazione orizzontale di picco attesa, a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale;
- spettro di risposta elastico isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero su sito rigido (suolo A) con superficie topografica orizzontale.

In Italia la "*pericolosità sismica di base*" è stata definita su tutto il territorio nazionale dall'INGV attraverso un reticolo di riferimento con maglia avente passo < 10 km per periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni estremi inclusi.

Il calcolo è stato svolto utilizzando il classico metodo probabilistico di Cornell (1968) con un approccio ad "albero logico" a 16 rami assumendo:

- distribuzione di Poisson per descrivere processo di accadimento temporale dei terremoti
- catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI04
- zonazione sismogenetica ZS9 con sorgenti sismiche a tasso di sismicità uniforme
- relazioni di attenuazione: Sabetta e Pugliese (1996), Ambraseys et al. (1996) e due leggi regionali



I risultati dello studio di pericolosità sono scaricabili dal sito internet dell'INGV <http://esse1.mi.ingv.it/>

8. DEFINIZIONE DEGLI SPETTRI ELASTICI

La pericolosità sismica di “base”, adottata nella presente progettazione strutturale è quella definita al sito specifico, nel § 3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al D.M.

17.01.2018 attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

- accelerazione orizzontale di picco attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A);
- parametri F_0 e TC^* dello spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) su suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

I parametri a_g , F_0 e TC^* sono definiti (Allegato B, NTC) in termini probabilistici con riferimento a prefissate *probabilità di eccedenza* (PVR) nella *vita di riferimento* (VR) del manufatto su tutto il territorio nazionale attraverso lo stesso reticolo di riferimento dello studio INGV (passo $0,05^\circ$).

La procedura di calcolo utilizzata è la seguente:

1. definizione della vita di riferimento VR della costruzione;
2. definizione delle probabilità di eccedenza PVR nella vita di riferimento VR, associate a ciascuno degli stati limite considerati (Tabella 3.2.I delle NTC-18);
3. calcolo del periodo di ritorno di riferimento corrispondente ai valori PVR e VR definiti ai precedenti punti mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC-18;
4. calcolo dei parametri a_g , F_0 e TC^* attraverso una media pesata dei valori assunti nei 4 vertici della maglia elementare mediante la relazione riportata nell'Allegato A) delle NTC-18.

La definizione degli spettri elastici è stato condotto in automatico dal programma di calcolo utilizzato, successivamente si è proceduto alla relativa validazione attraverso il confronto con le risultanze ottenute utilizzando il Foglio di Calcolo “**Geostru p.s.**”.

Di seguito si riporta la sintesi dei risultati ottenuti.

Il sito ricade in zona di sismica di I categoria, ai sensi della classificazione sismica di cui all'O.P.C.M. n. 3274/03 e s.m.i. con $a_g/g = 0.35$, mentre ai sensi della nuova mappatura del rischio sismico, di cui alle citate nuove norme tecniche sulle costruzioni riportate nel D.M. 17.01.2018, i parametri di pericolosità sismica del sito sono riportati nella tabella seguente:

Coordinate geografiche del sito di costruzione ED50:

LATITUDINE: 39,035618°

LONGITUDINE 16,265277°

9.PARAMETRI SISMICI CONCLUSIVI AI FINI DELLA RSL

A conclusione di quanto relazionato nei paragrafi precedenti si precisa quanto segue:

l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20.03.2003 (Nuova Normativa Sismica) classifica l'area in esame come **Zona Sismica 1**;

Il Progettista ha assunto i seguenti parametri:

- **vita nominale dell'intervento: $V_N = 50$ anni;**
- **classe d'uso dell'intervento: III;**
- **coefficiente d'uso $C_U = 1.5$**
- **periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = 75$ anni**

Il valore di V_{S30} è pari a:

- **$V_{Seq} = 532.33$ m/s (-2.30m dal p.c.) per l'intervento con suolo di fondazione di “**categoria B**”**

L'intervento ricade in **categoria topografica T1**;

I coefficienti S_S per il calcolo di S sono pari a : $1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 * \frac{a_g}{g} \leq 1.20$ la categoria B di sottosuolo; Il coefficiente S_t è pari a 1 in relazione alla categoria topografica T1; le coordinate per il calcolo dello spettro di progetto sono le seguenti:

Coordinate geografiche del sito in ED50: LATITUDINE: 39,035618° LONGITUDINE 16,2652277°

- dal calcolo con il software di Geostru, l'accelerazione massima al suolo riferita ad un suolo rigido (categoria A) ed orizzontale (categoria T1) è pari a: **0,317 g** per SLV

Considerando le effettive caratteristiche locali con i parametri dei coefficienti topografico (T1) e stratigrafico (suoli di categoria B e C) e utilizzando la formula del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC), si ottiene: (per SLV)

$$A_{max} = a_g \times S = a_g \times (S_S \times S_T) = 3.393 \text{ m/s}^2 = \mathbf{0,345g}$$

per i parametri F_0 e T_c^* , utili nel calcolo dello spettro, vedasi gli allegati.

10.PERICOLOSIÀ SISMICA DI BASE

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50 Tipo

di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 39,036622 [°]

longitudine: 16,266105 [°]

Classe d'uso: 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.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	41002	39,050280	16,255180	1787,9
Sito 2	41003	39,048650	16,319410	4793,9
Sito 3	41225	38,998670	16,317300	6113,2
Sito 4	41224	39,000300	16,253130	4191,5

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,088	2,280	0,299
Danno (SLD)	63	75	0,114	2,301	0,319
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,317	2,449	0,393
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,419	2,488	0,425

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,400	1,000	0,021	0,011	1,034	0,200
SLD	1,200	1,380	1,000	0,033	0,016	1,347	0,240
SLV	1,090	1,330	1,000	0,097	0,048	3,393	0,280
SLC	1,000	1,310	1,000	0,419	0,209	4,108	1,000



Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0.088	2.280	0.299
Danno (SLD)	75	0.114	2.301	0.319
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.317	2.449	0.393
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.419	2.488	0.425

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,09	1,00
CC Coeff. funz categoria	1,40	1,38	1,33	1,31
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.021	0.033	0.097	0.419
kv	0.011	0.016	0.048	0.209
Amax [m/s²]	1.034	1.347	3.393	4.108
Beta	0.200	0.240	0.280	1.000

RISPOSTA SISMICA LOCALE

11.PROCEDURA DI CALCOLO

La presente relazione è redatta a supporto del progetto: Adeguamento Sismico dell'Edificio Scolastico "E. Isabella" di loc. San Mazzeo – Coscaro nel Comune di Conflenti (CZ).

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi

$$\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$$

che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

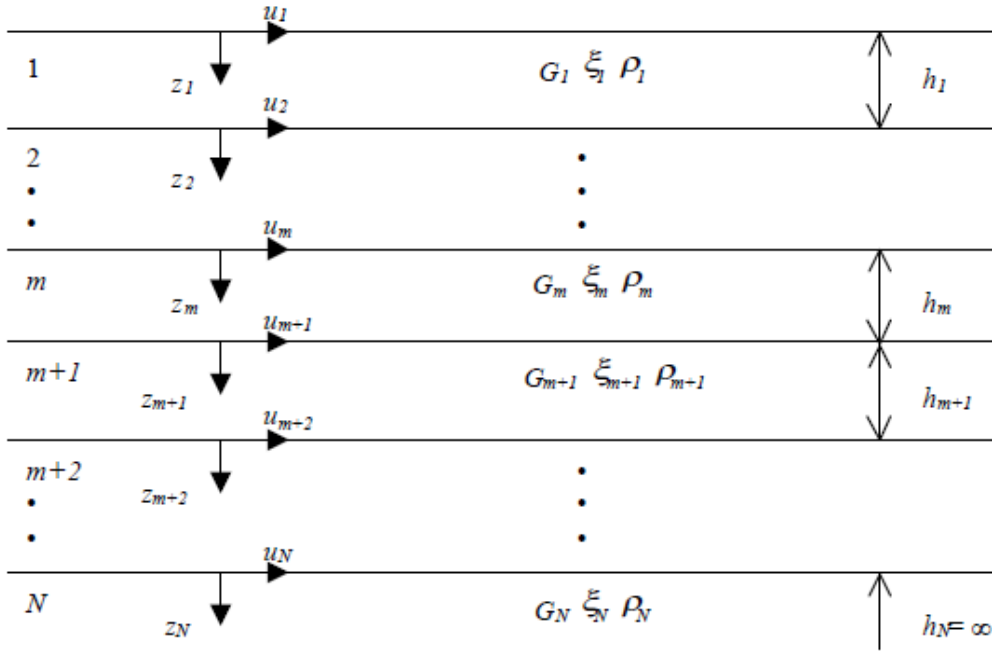


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z,t) = G^* \gamma(z,t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

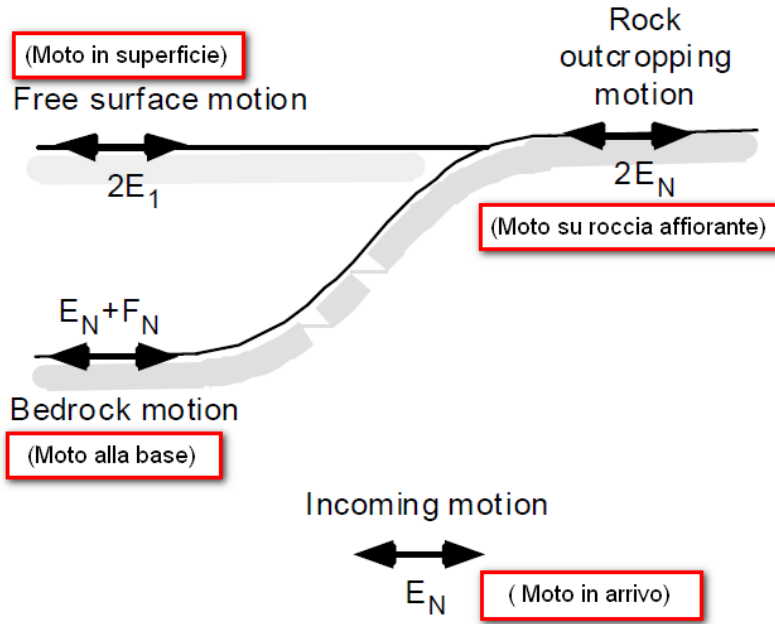


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

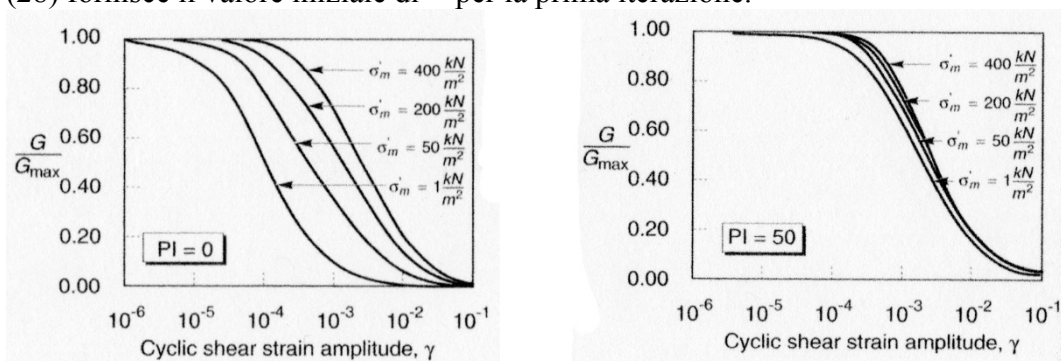


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right]$$

(29) da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

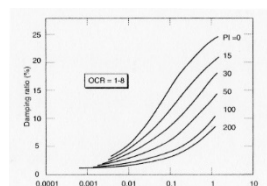


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso

12.DATI GENERALI

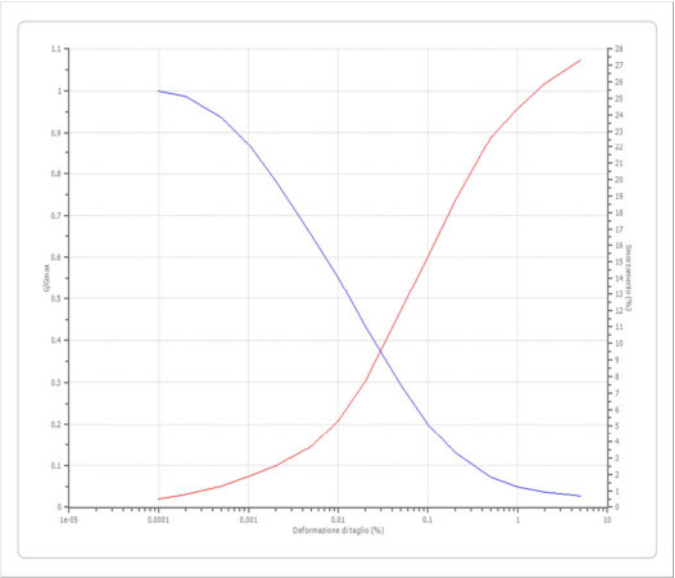
Data della prova
Via
Latitudine
Longitudine

d.C./11/2019
alia
39.0345955[°]
16.264473[°]

Terreni

Seed et al. (1986) Gravel

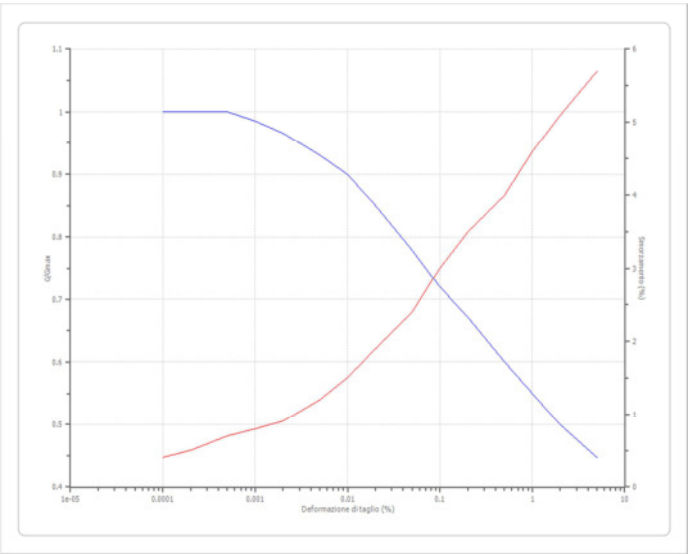
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.0002	0.987	0.0002	0.800
0.0005	0.937	0.0005	1.300
0.001	0.872	0.001	1.900
0.002	0.783	0.002	2.500
0.005	0.653	0.005	3.700
0.010	0.550	0.010	5.300
0.020	0.434	0.020	7.700
0.050	0.293	0.050	12.000
0.100	0.200	0.100	15.300
0.200	0.132	0.200	18.700
0.500	0.072	0.500	22.600
1.000	0.049	1.000	24.400
2.000	0.036	2.000	25.900
5.000	0.027	5.000	27.300



Idriss (1990) Rock

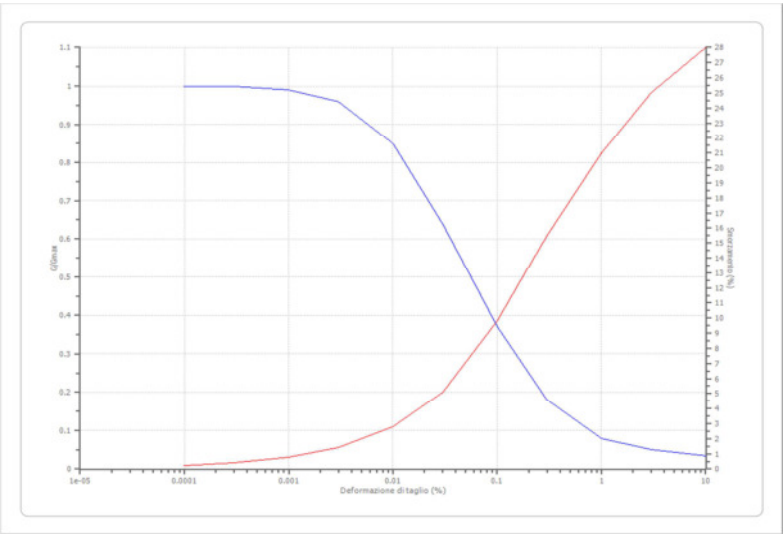
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.400
0.0002	1.000	0.0002	0.500
0.0005	1.000	0.0005	0.700
0.001	0.986	0.001	0.800
0.002	0.966	0.002	0.900
0.005	0.931	0.005	1.200
0.010	0.900	0.010	1.500
0.020	0.850	0.020	1.900
0.050	0.779	0.050	2.400
0.100	0.720	0.100	3.000
0.200	0.671	0.200	3.500
0.500	0.600	0.500	4.000
1.000	0.550	1.000	4.600
2.000	0.500	2.000	5.100

5.000	0.447	5.000	5.700
-------	-------	-------	-------



Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



13.STRATIGRAFIA

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	SABBIA E GHIAIA POCO ADDENSATA	--	3.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	87.66	--	18.5	215.6	27.8
2	SABBIA E GHIAIA MODER ADDENSATA	3.0	5.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	255.21	--	19.0	363.0	103.0
3	SABBIA E GHIAIA ADDENSATA	8.0	5.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	659.60	--	20.0	568.8	200.5
4	SUBSTRATO FRATTURATO	13.0	12.9	Seed et al. (1986) Gravel	0	1079.13	--	21.5	701.7	389.2
5	SUBSTRATO LAPIDEO	oo	--	Idriss (1990) Rock	0	1693.94	--	23.0	850.0	527.9

Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante

Profilo			Velocità onde di taglio	Tensione verticale
	0.00 (m)	0.00 (m)	218.8 (m/s)	27.8 (kPa)
	0.00 (m)	0.00 (m)	253.0 (m/s)	123.0 (kPa)
	0.00 (m)	0.00 (m)	265.8 (m/s)	200.8 (kPa)
	12.00 (m)	12.00 (m)	271.7 (m/s)	255.2 (kPa)
	28.00 (m)	28.00 (m)	280.0 (m/s)	327.8 (kPa)

Elaborazione

Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 5.27 E00

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.320 [s]
Tvi	2.200 [s]
Tao	0.160 [s]
Tvo	2.200 [s]
Sami	11.128 [m/s ²]
Svmi	1.013 [m/s]
Samo	19.053 [m/s ²]
Svmo	1.087 [m/s]
Fa	1.712 [-]
Fv	1.073 [-]
TB	0.119 [s]
TC	0.358 [s]
TD	4.280 [s]
SA(0)	0.670 [g]
SA(TB)	1.942 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
-----------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	----

15.ACCELEROGRAMMI REXEL

Il livello di analisi richiesto per le opere appartenenti alla classe d'uso III e IV va effettuato mediante Analisi Specifica, come prevista dalle NTC18 e per come descritta all' Art.3 del Regolamento Regionale sopra citato, ove è riportato che le analisi specifiche permettono di ottenere lo spettro elastico di *progetto* e gli accelerogrammi in superficie a partire da una modellazione numerica o per mezzo di misure empiriche sperimentali mono dimensionali.

A tale scopo è stato utilizzato il software REXEL.

SOFTWARE "REXEL"

Il programma "REXEL v 3.5 (beta)" (Iervolino, Galasso, Chioccarelli, 2018-2013) permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri in accelerazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018 – CSLL.PP. 2009), considerando le coordinate geografiche, la vita di riferimento, lo stato limite, la categoria di suolo, permettendo inoltre di specificare anche il campo di variabilità della magnitudo e la distanza nella quale cercare le registrazioni.

Le registrazioni accelerometriche naturali contenute in REXEL sono quelle :

dell'[European Strong Motion Database \(ESD\)](#), [Italian Accelerometric Archive \(ITACA\)](#)

ed il database con registrazioni da tutto il mondo:

[Selected Input Motions for Displacement-Based Assessment and Design \(SIMBAD\)](#).

Come target della ricerca è stato utilizzato lo spettro di normativa al substrato sismico, quindi considerando una categoria di sottosuolo di tipo A. E' stata poi operata una disaggregazione degli eventi sismici che hanno contribuito alla definizione della pericolosità sismica del sito di progetto in termini di magnitudo e distanza epicentrale.

Nei grafici sottostanti si può osservare come le distanze epicentrali (R) che contribuiscono alla pericolosità sismica del sito agli SLE (SLO e SLD)e agli SLU (SLV) sono comprese tra 0 e 30 Km, con eventi di magnitudo (M) comprese tra 4.0 e 7.5;

La ricerca è stata eseguita, quindi, utilizzando questi parametri con una tolleranza sul target spectrum del 30% verso l'alto e del 10% verso il basso. Inoltre si è optato, nella ricerca, di scalare l'intensità, favorendo la similarità della forma spettrale. Sono stati estratti 7 eventi, per ogni Stato Limite, rientrati nei margini tolleranza prefissati, i cui spettri sono messi a confronto con il targhet spectrum nei grafici di seguito allegati, per ogni stato limite considerato.

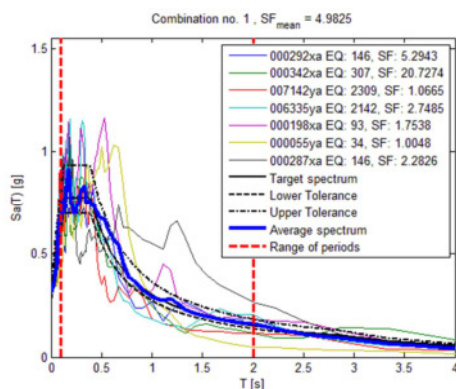
Gli accelerogrammi di questi eventi, quindi, sono stati “scalati” in termini di accelerazione di base per gli stati limite SLO, SLD, SLV e SLC ed applicati al substrato sismico locale, per come risultato nelle indagini eseguite nel sito di progetto, soprattutto in relazione alla stratigrafia sismica definita mediante l’indagine sismica masw. Per quanto concerne i parametri meccanici dinamici, in particolare il variare del damping e del modulo di taglio con la deformazione, non disponendo di misure dinamiche di laboratorio, si è effettuata una ricerca in letteratura a partire dalle litologie presenti o presumibili. Nei calcoli della risposta sismica dinamica al sito (col software Geostru RSLIII), quindi, sono stati applicati gli accelerogrammi individuati con *Rexel* al bedrock sismico, al di sotto di 26.0 m di profondità dall’attuale p.c., e si è calcolato come l’azione sismica sia stata modificata nel percorso compreso tra esso e la superficie del suolo.

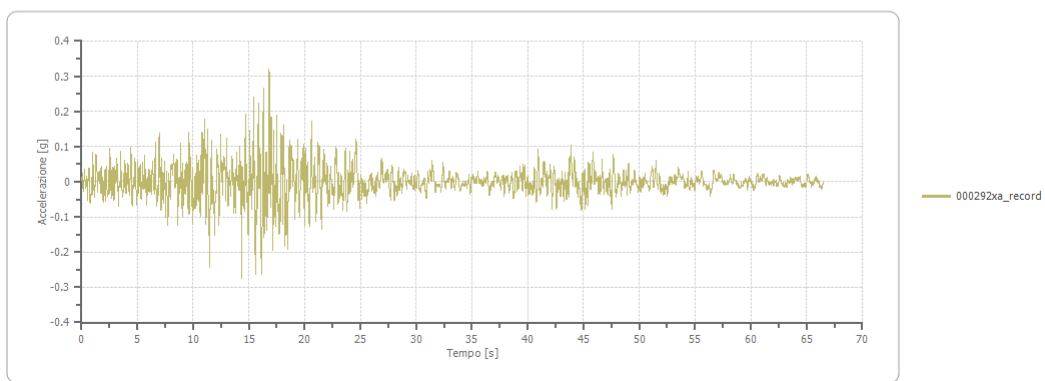
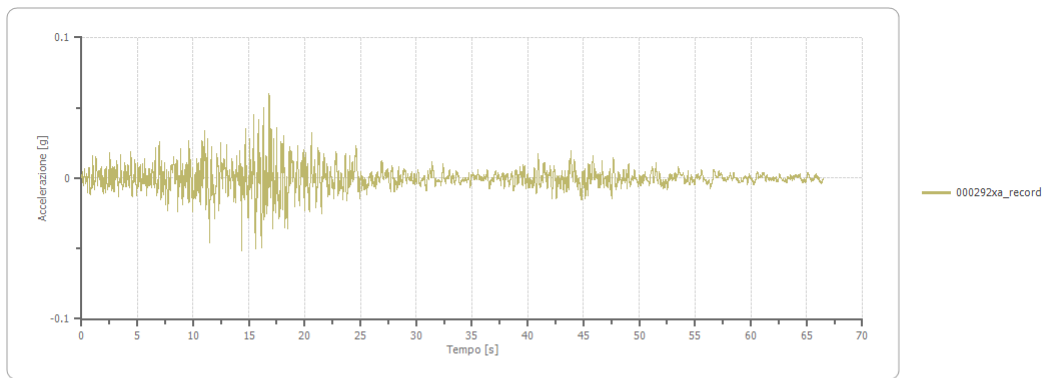
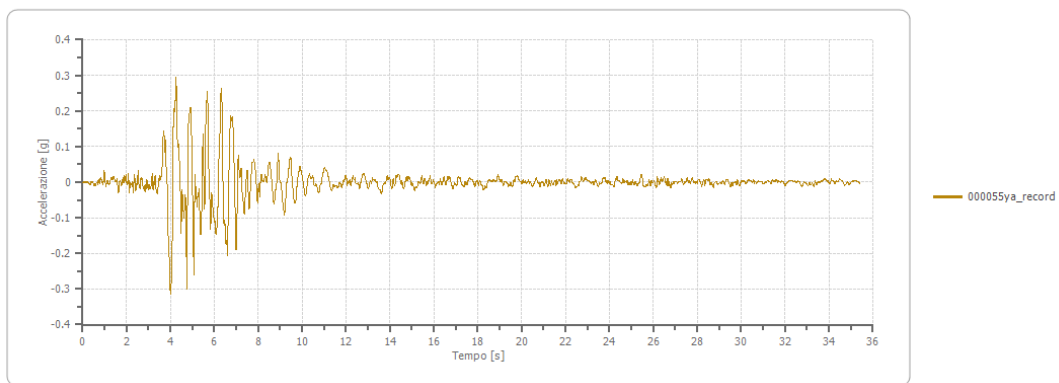
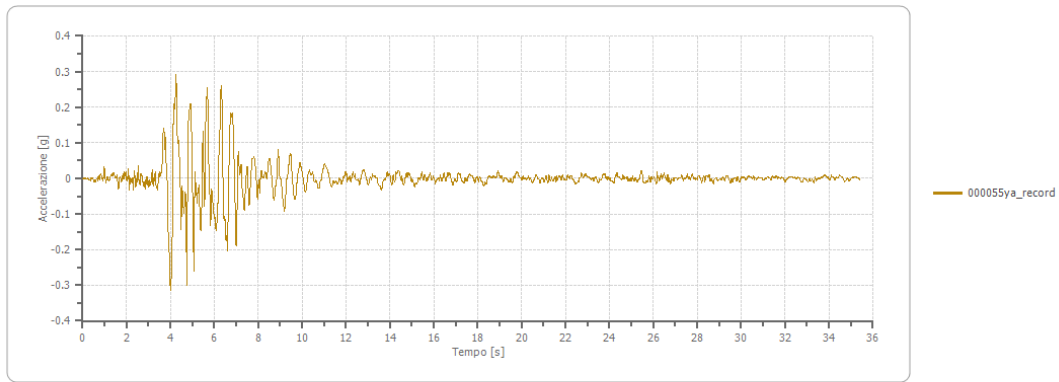
Gli accelerogrammi (componente orizzontale), per ognuno degli stati limite, sono stati scalati all’accelerazione risultante al sito. Nel calcolo dello spettro di risposta elastico in accelerazione al sito, per gli stati limite SLO, SLD e SLV è stato adottato un valore del damping pari al 5%.

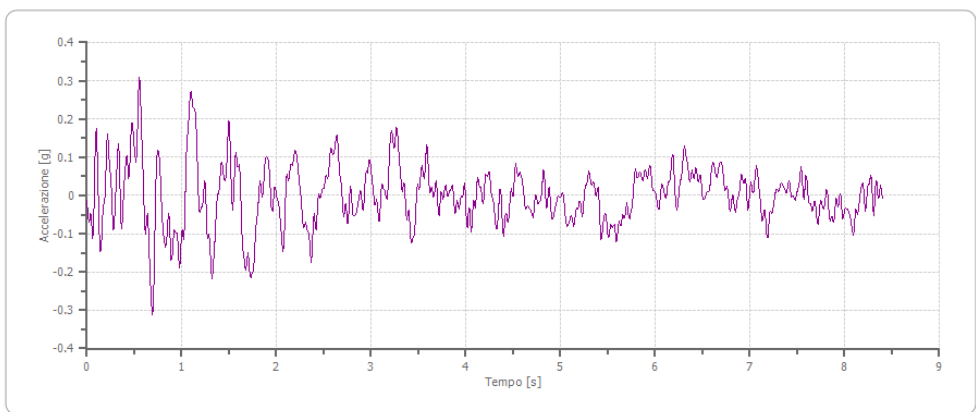
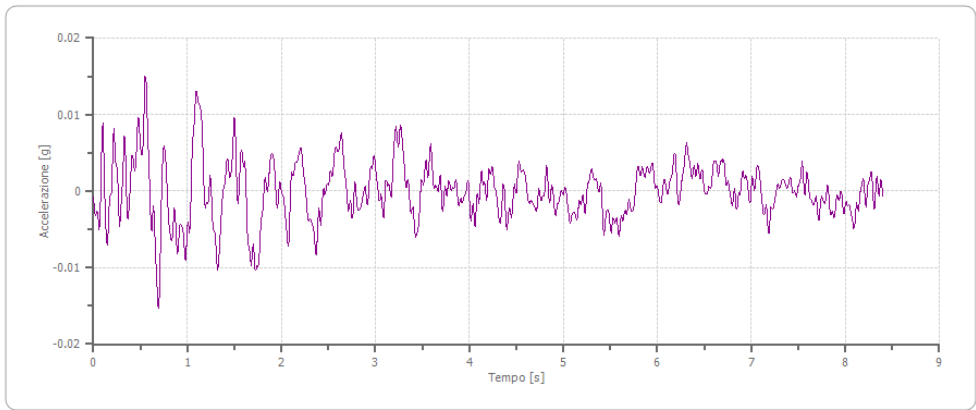
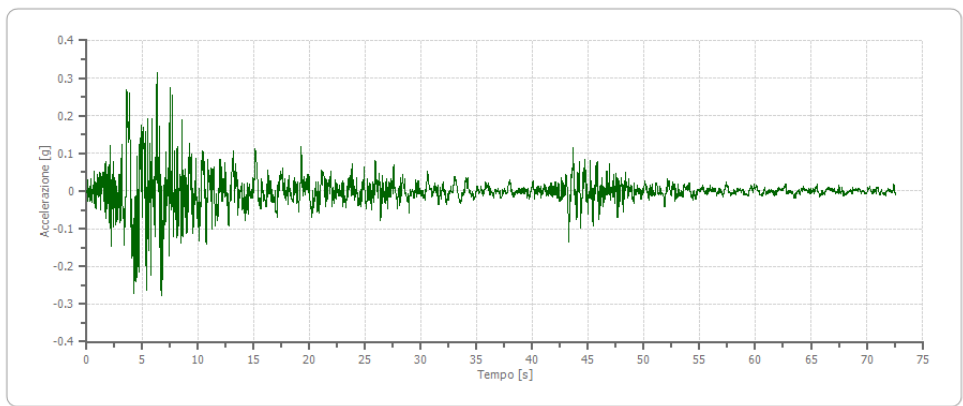
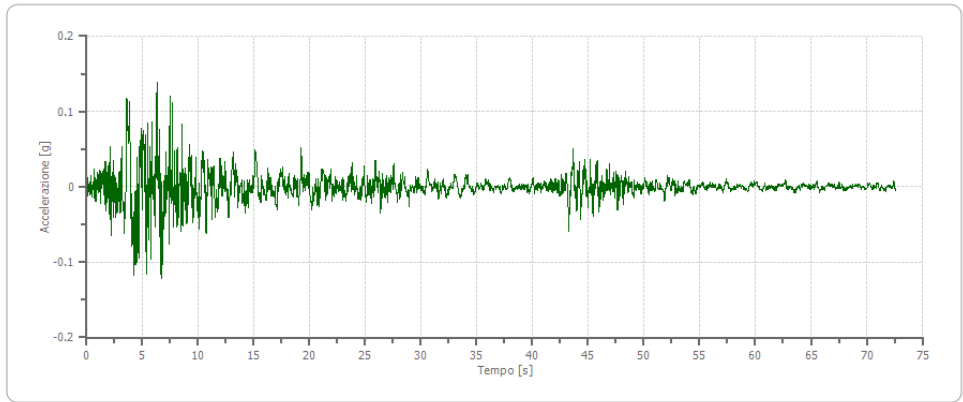
Per gli stati limite SLO, SLD ed SLV,SLC quindi, sono stati determinati, per ognuno dei 7 eventi reali ipotizzati:

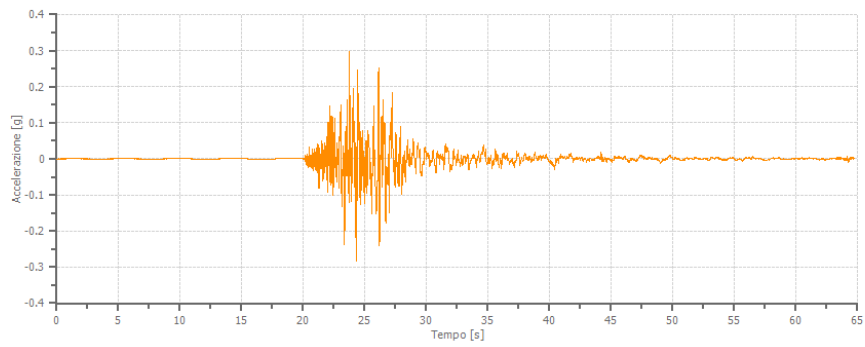
- gli accelerogrammi alla superficie del suolo;
- gli accelerogrammi al tetto del substrato sismico;
- gli spettri di risposta alla superficie del suolo, messi a confronto con lo spettro da normativa con Categoria di sottosuolo “B”, ottenuto tramite indagine sismica masw;
- la variazione dell’accelerazione orizzontale di picco con la profondità (profilo PGA);
- la funzione di trasferimento dell’accelerazione tra il substrato sismico e la superficie del suolo, calcolata come rapporto tra le ampiezze al suolo e l’ampiezza al substrato al variare della frequenza.

STATO LIMITE SLV

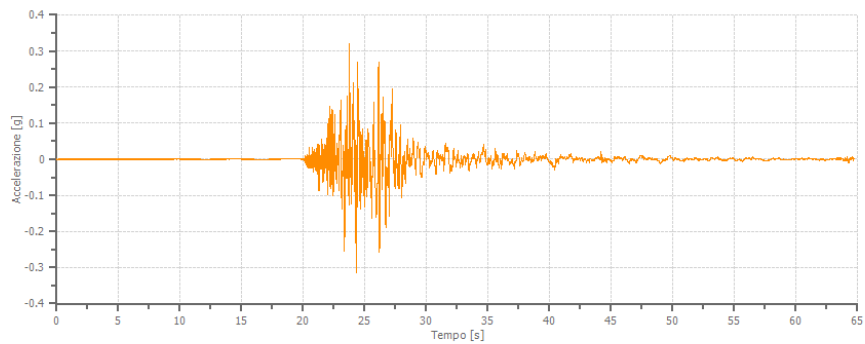




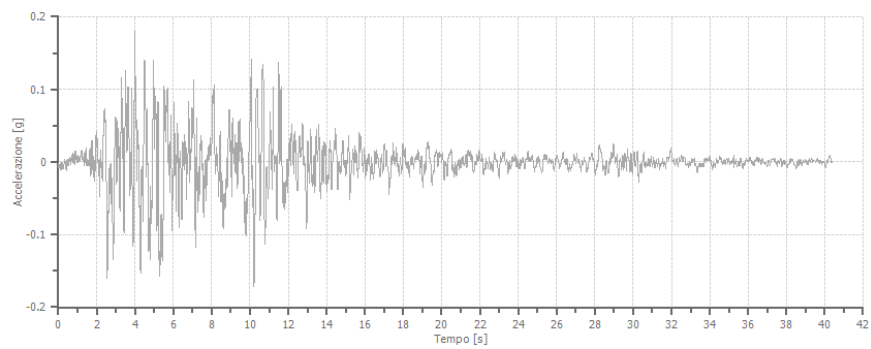




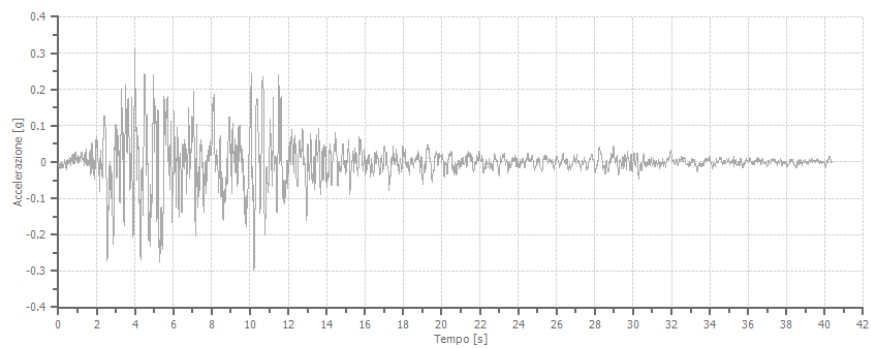
007142ya_record



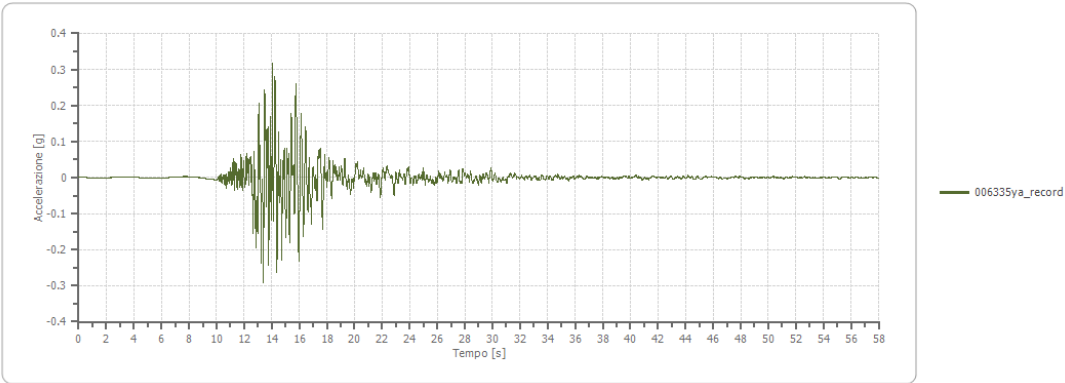
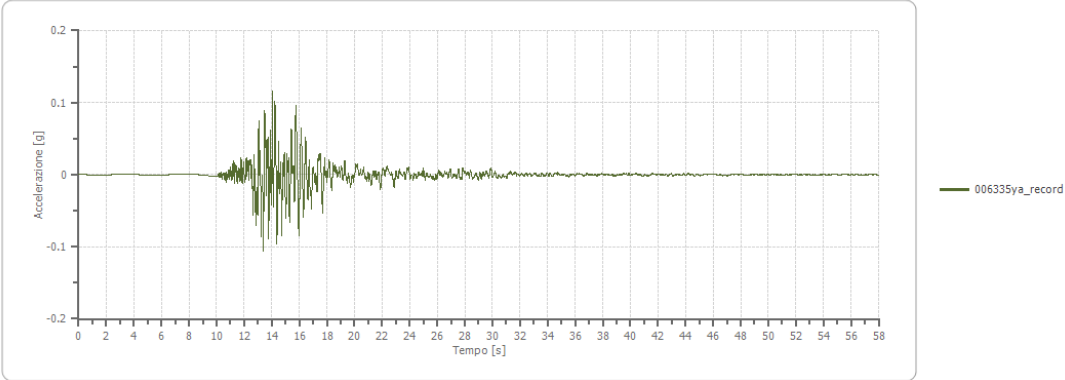
007142ya_record



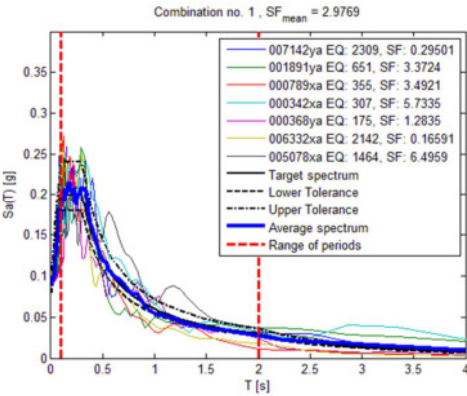
000198xa_record

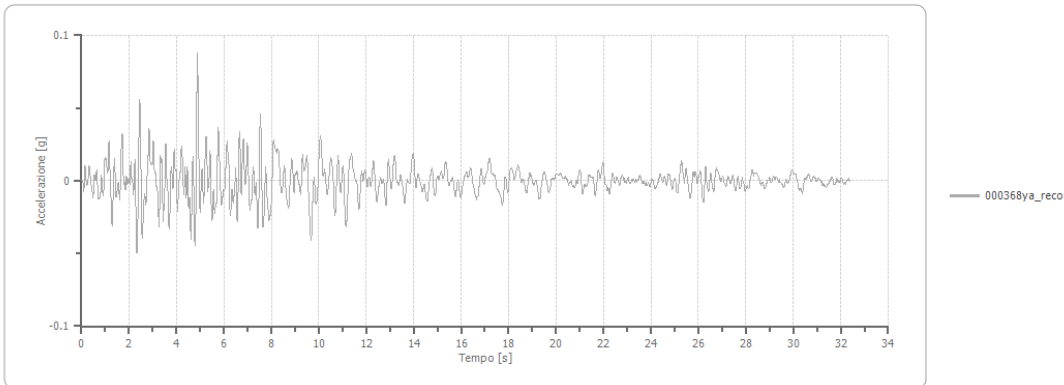
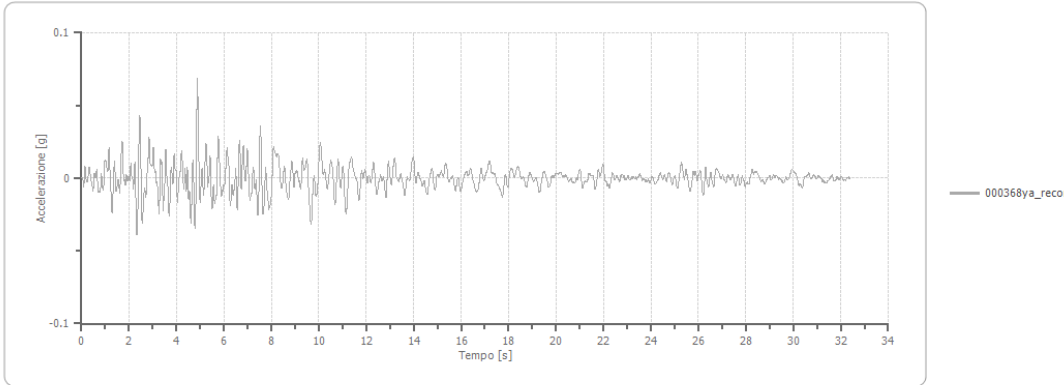
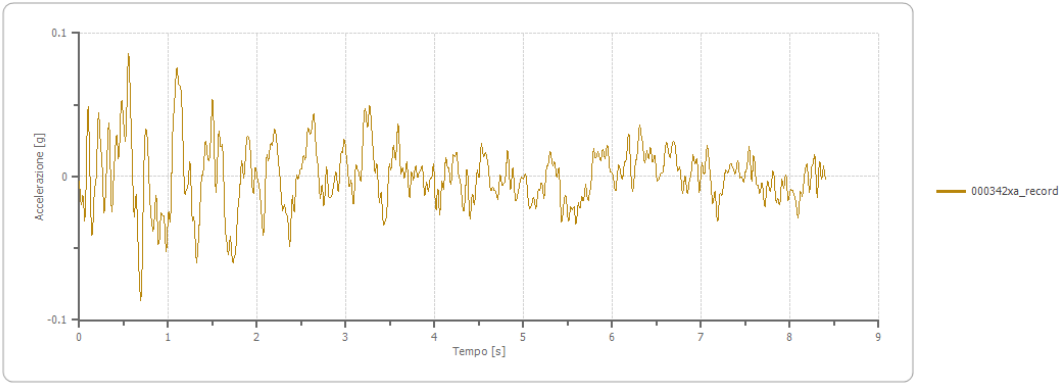
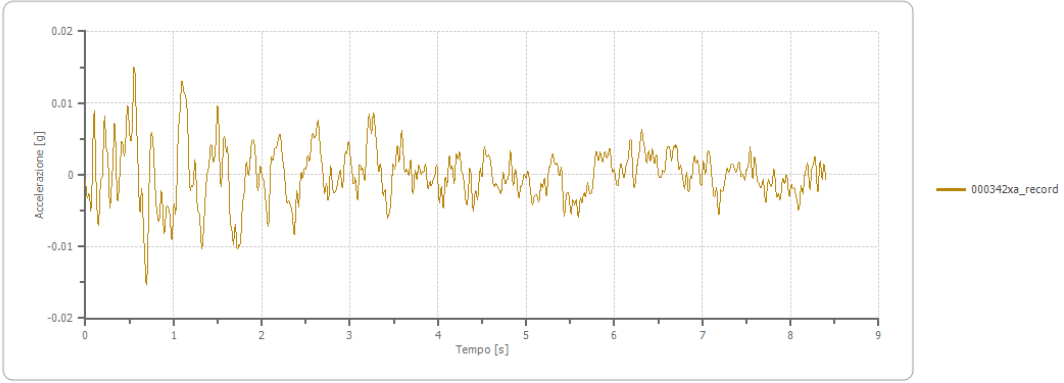


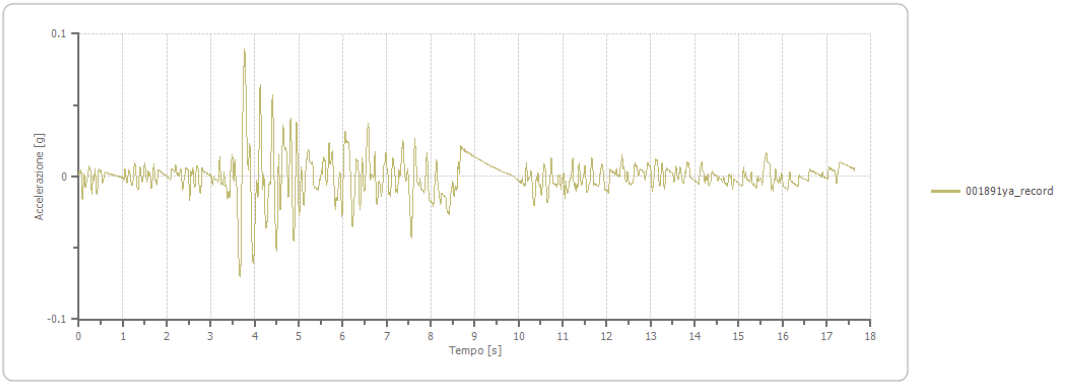
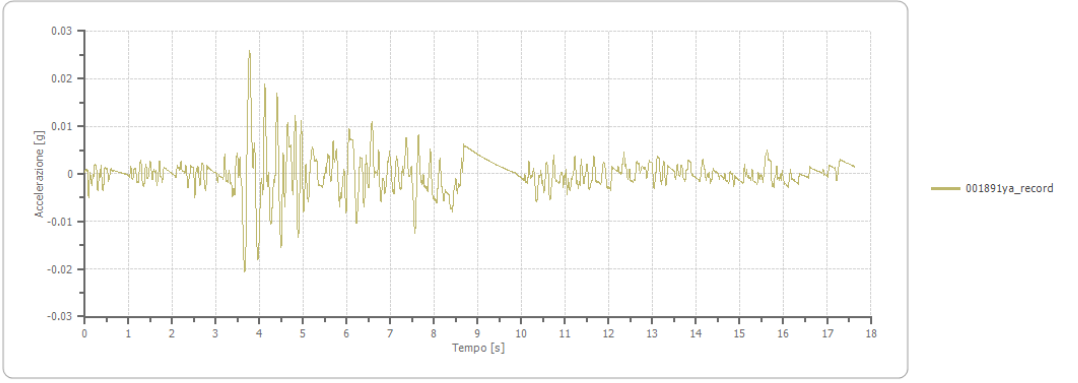
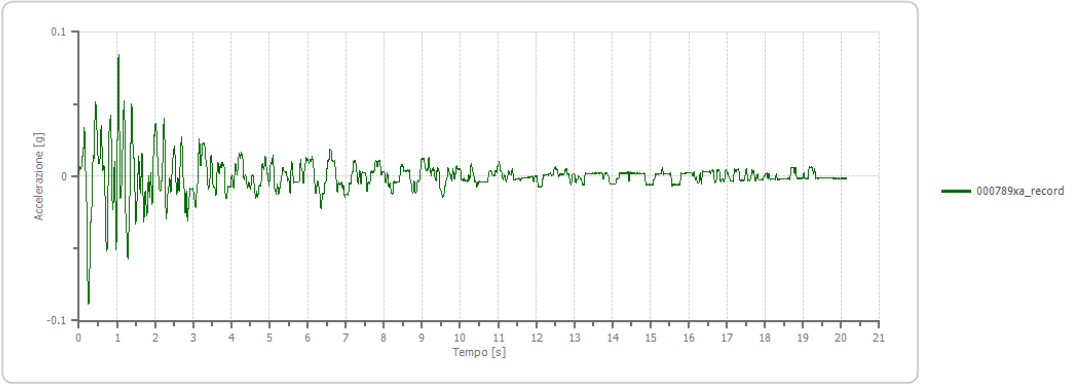
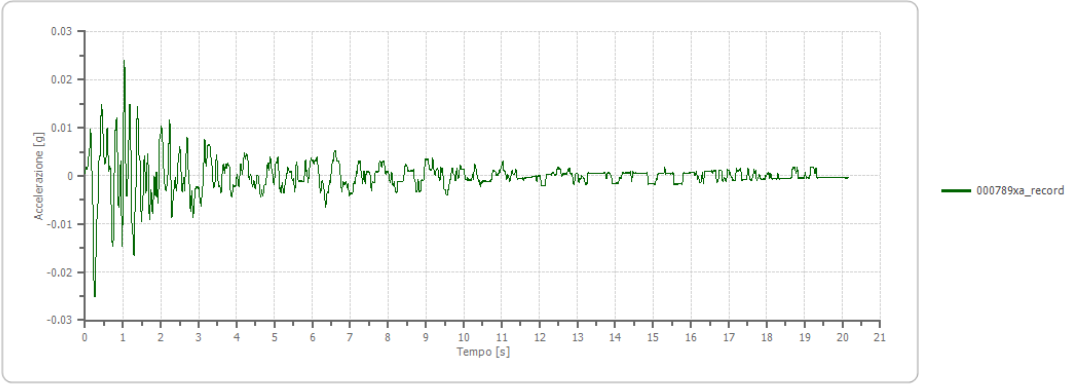
000198xa_record

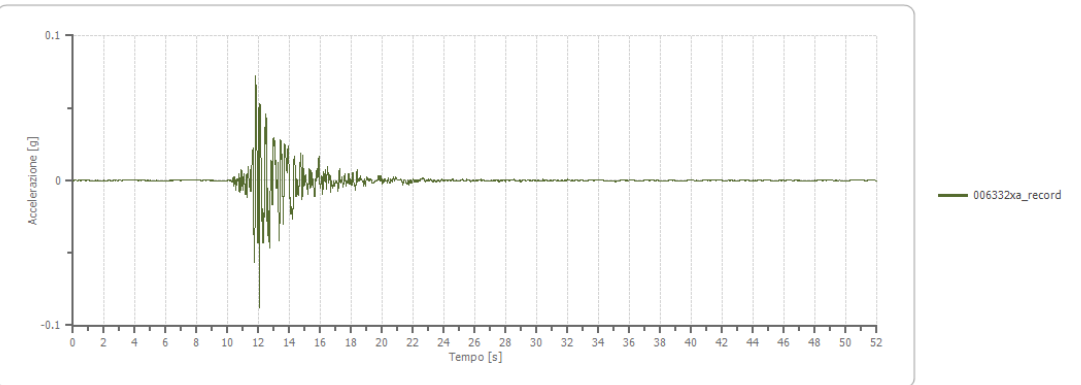
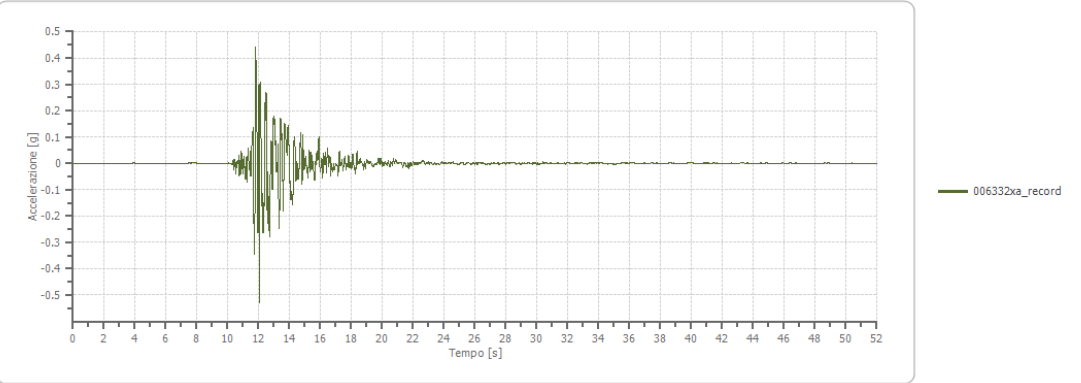
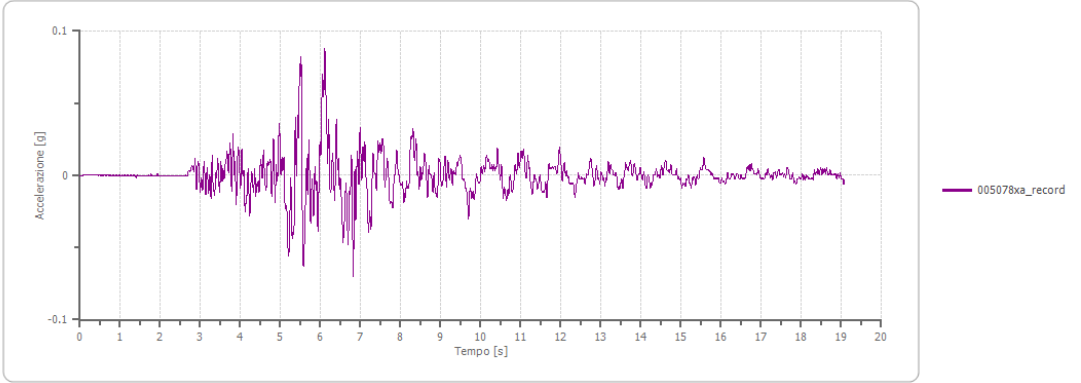
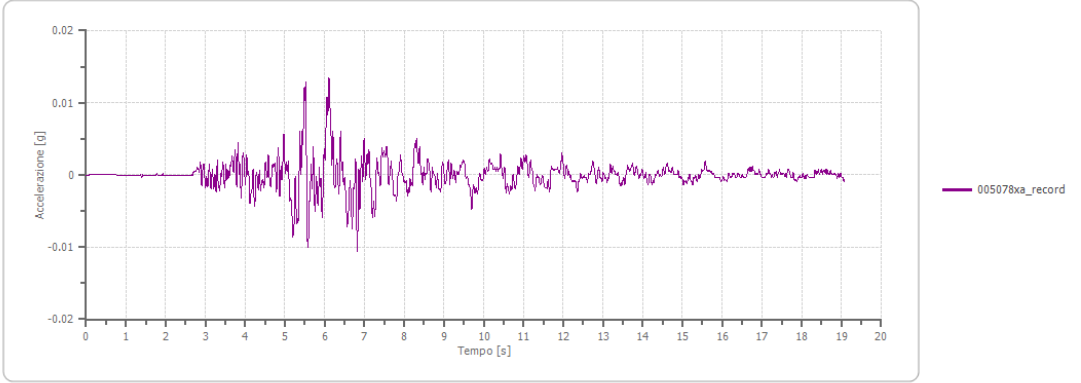


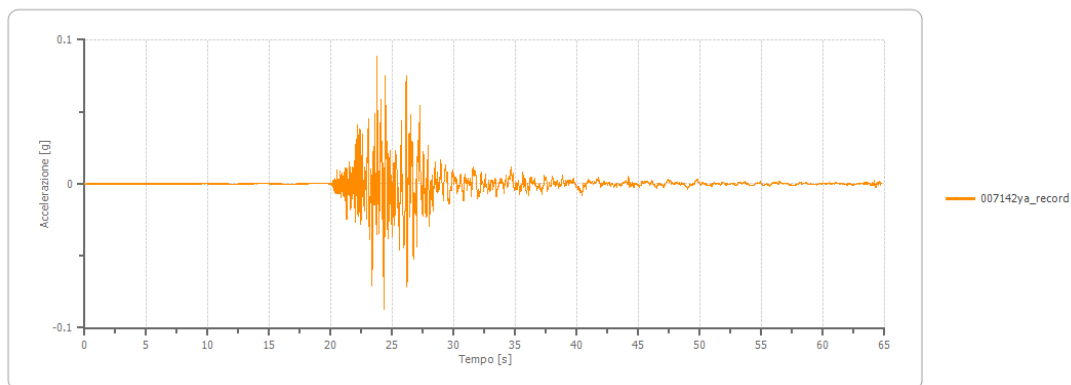
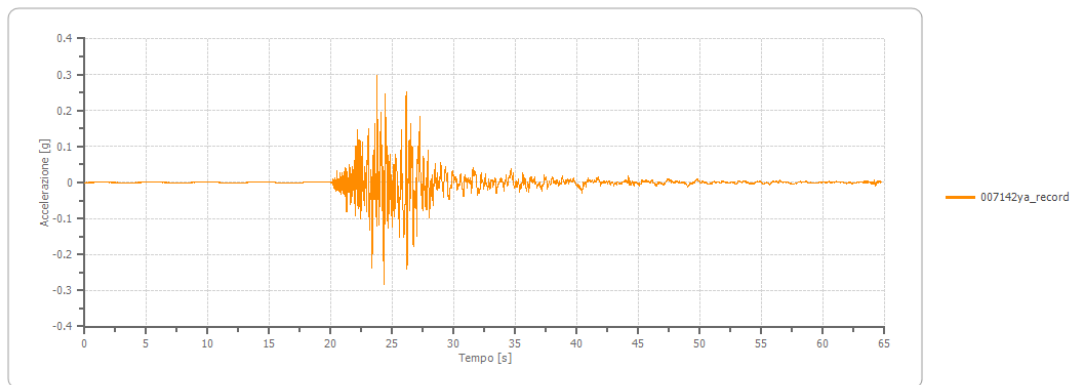
STATO LIMILE SLO



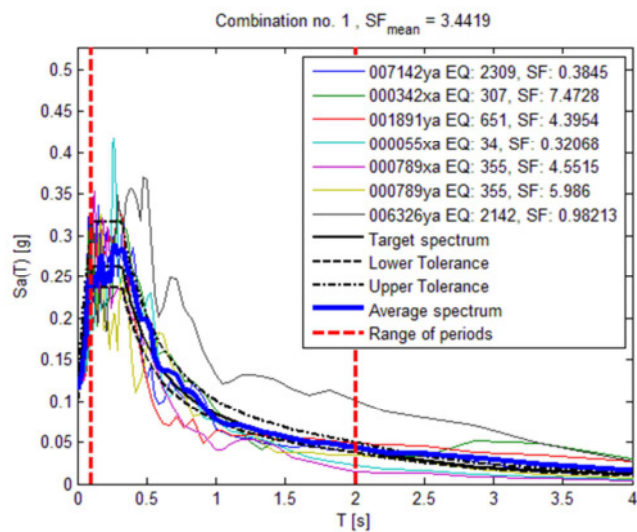


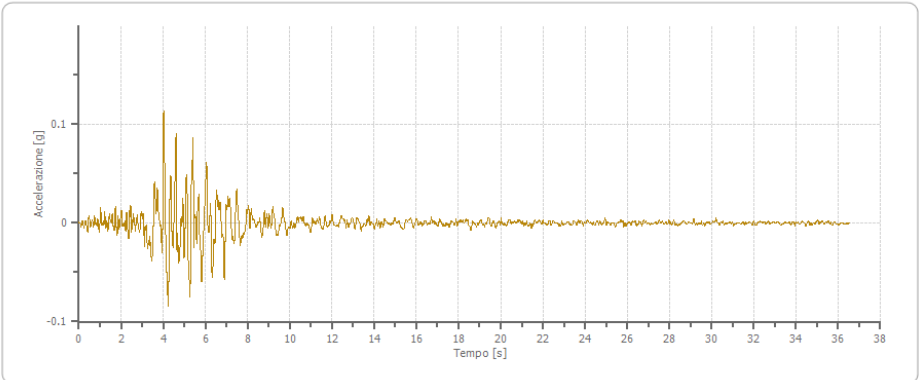
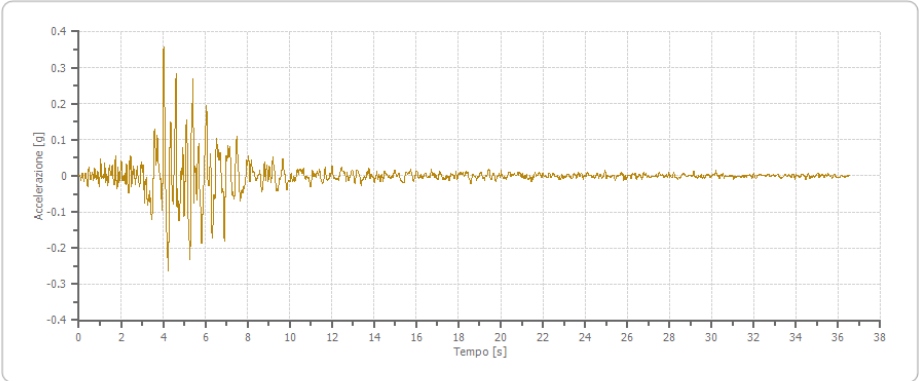
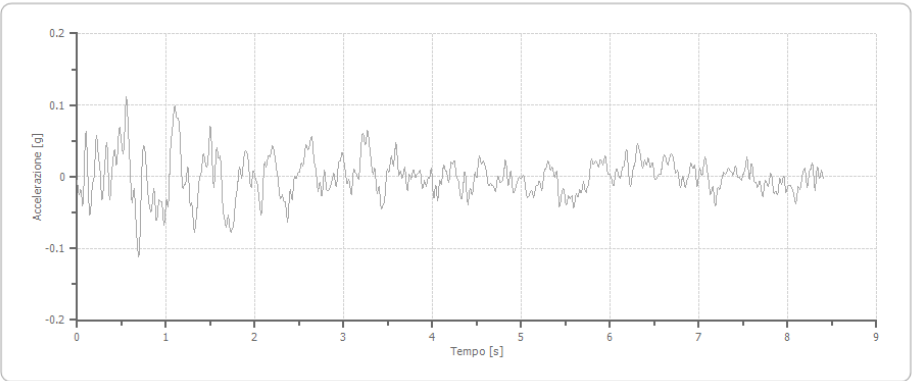
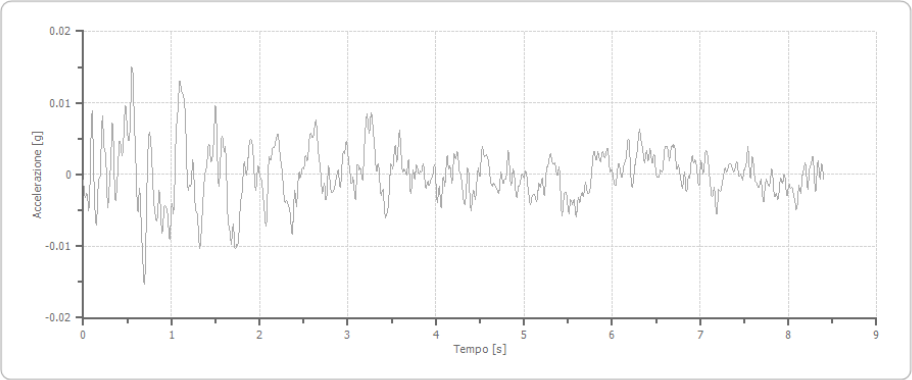


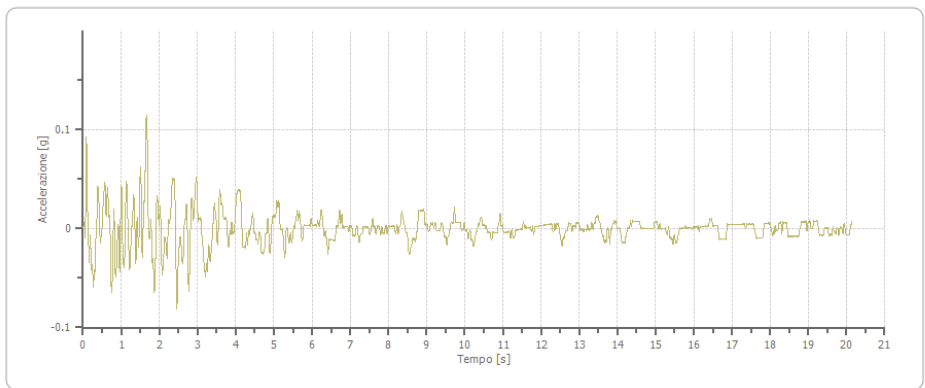
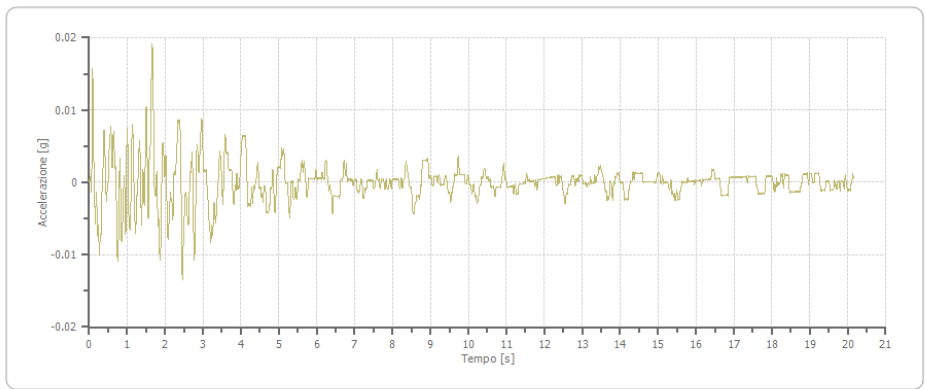
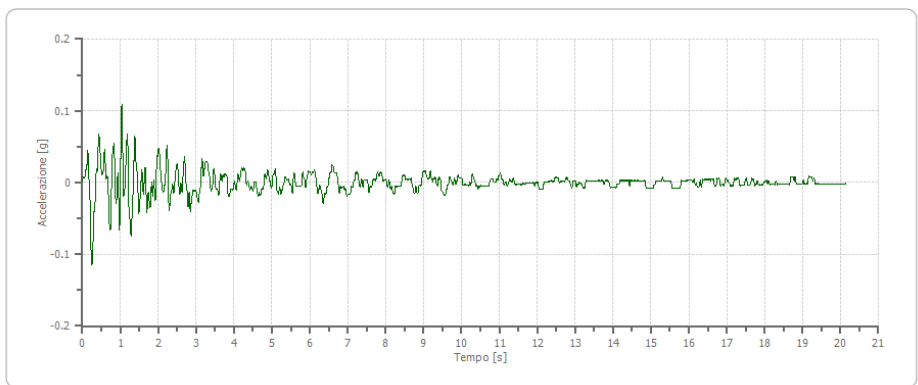
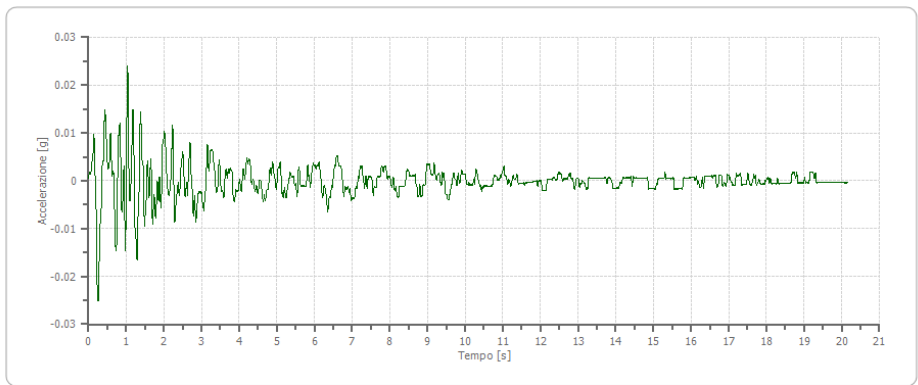


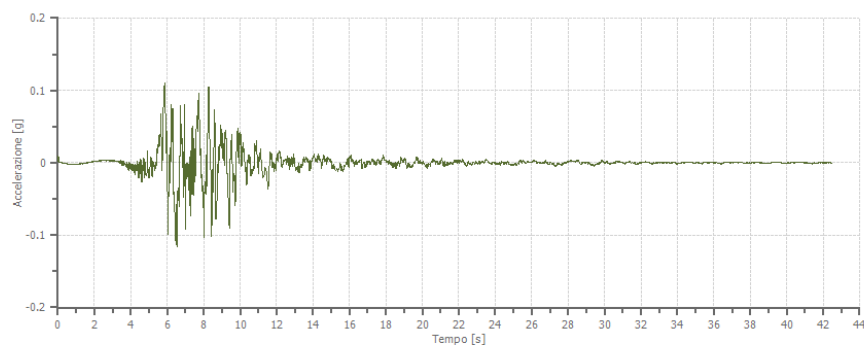
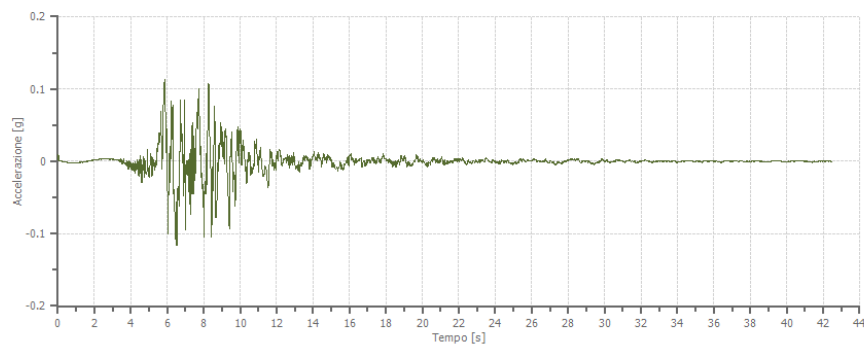
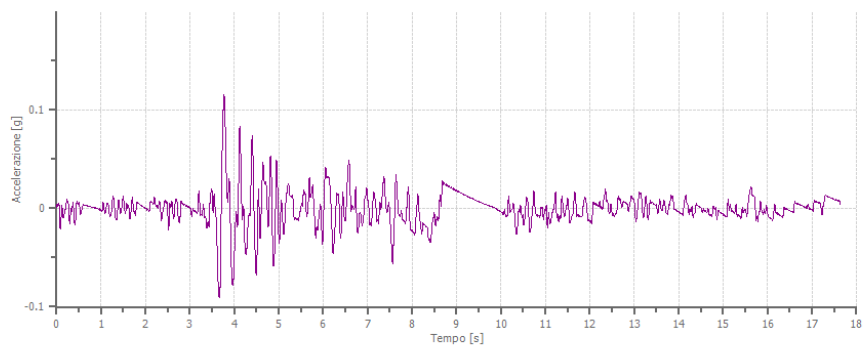
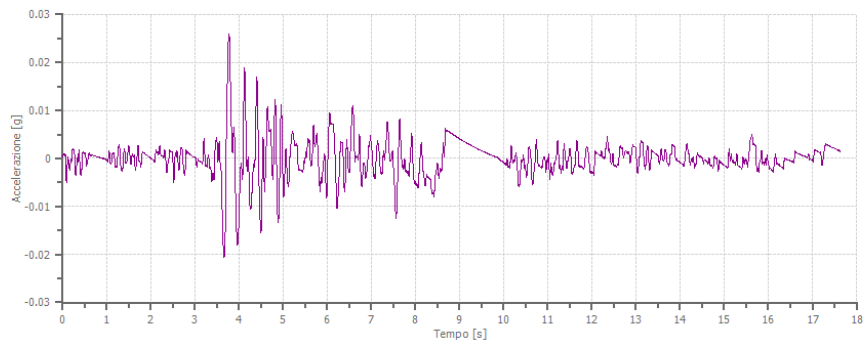


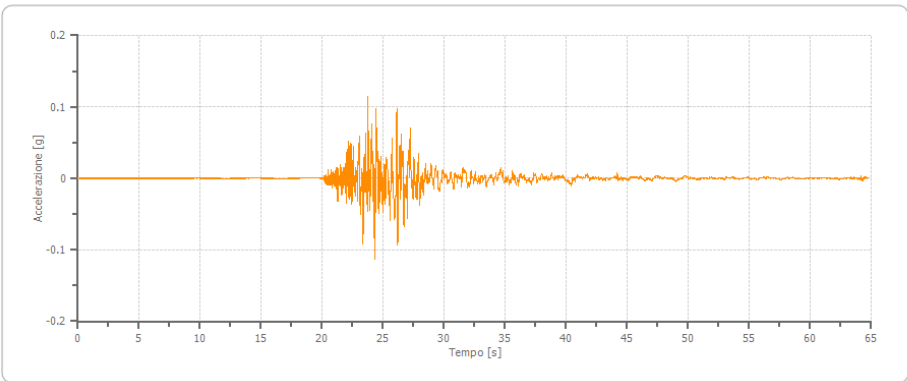
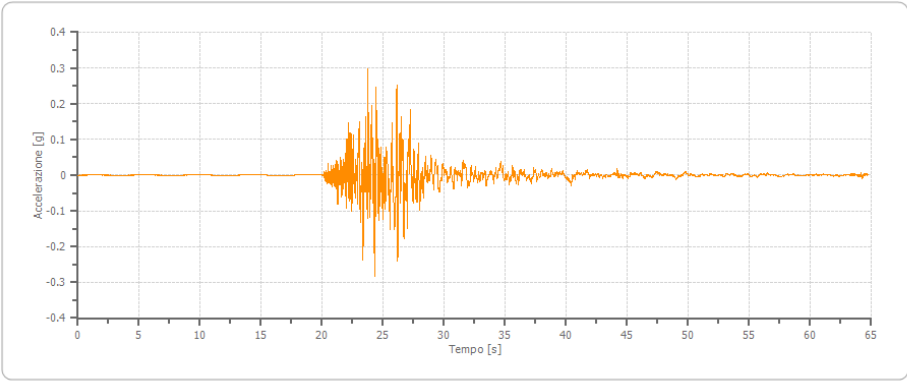
STATO LIMITE SLD







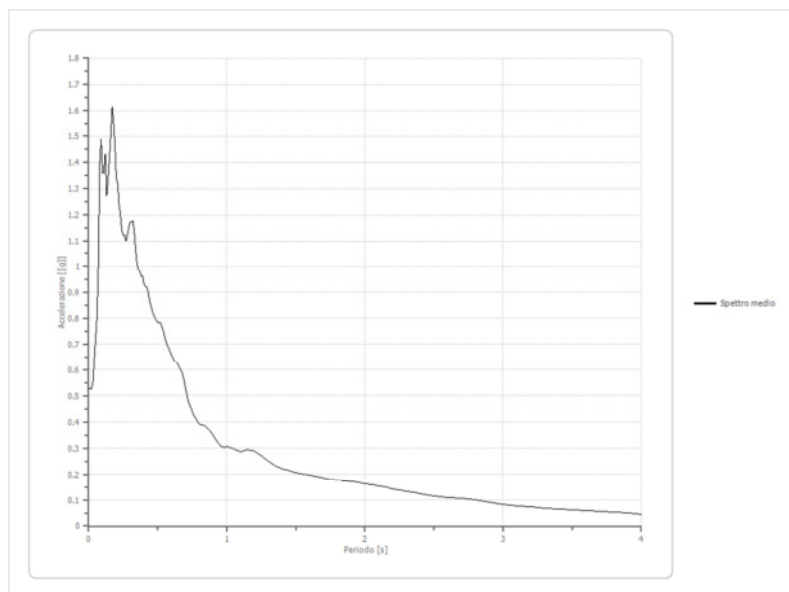




14.ELABORAZIONE RSL STATO LIMITE SLV

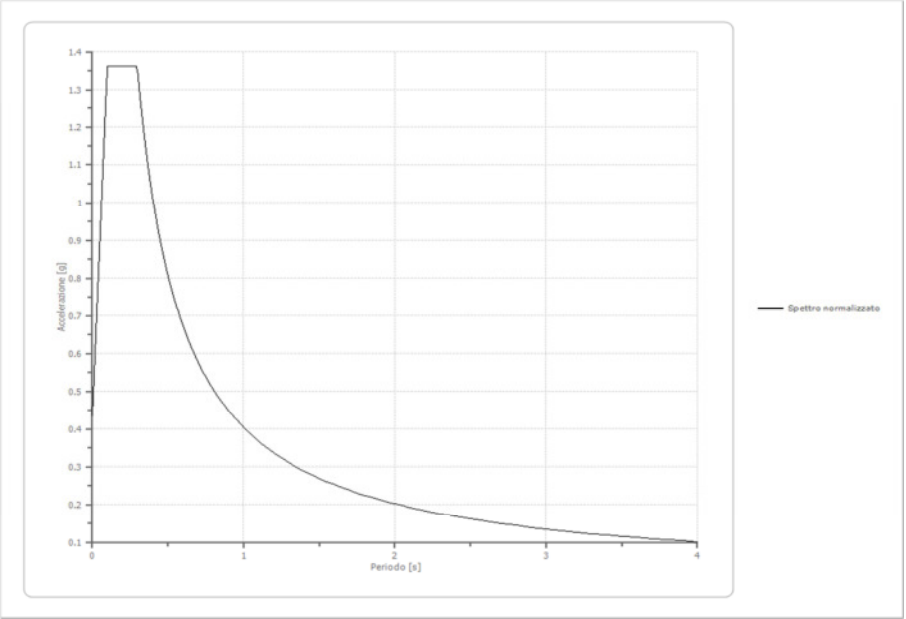
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.5277	0.26	1.1220	0.52	0.7827	0.98	0.3049	2.25	0.1374
0.01	0.5279	0.27	1.1022	0.53	0.7655	1.00	0.3050	2.30	0.1328
0.02	0.5278	0.28	1.1234	0.54	0.7528	1.05	0.2978	2.35	0.1295
0.03	0.5473	0.29	1.1520	0.55	0.7283	1.10	0.2865	2.40	0.1247
0.04	0.6331	0.30	1.1731	0.56	0.7087	1.15	0.2950	2.50	0.1146
0.05	0.7217	0.31	1.1728	0.57	0.6948	1.20	0.2902	2.60	0.1096
0.06	0.8081	0.32	1.1793	0.58	0.6833	1.25	0.2702	2.70	0.1058
0.07	1.0061	0.33	1.1382	0.60	0.6566	1.30	0.2493	2.80	0.0995
0.08	1.3953	0.34	1.0623	0.62	0.6374	1.35	0.2318	2.90	0.0905
0.09	1.4890	0.35	1.0068	0.64	0.6256	1.40	0.2203	3.00	0.0823
0.10	1.3573	0.36	0.9863	0.66	0.6073	1.45	0.2138	3.10	0.0773
0.11	1.3624	0.37	0.9801	0.68	0.5837	1.50	0.2075	3.20	0.0732
0.12	1.4326	0.38	0.9636	0.70	0.5338	1.55	0.2017	3.30	0.0688
0.13	1.2731	0.39	0.9639	0.72	0.4815	1.60	0.1974	3.40	0.0647
0.14	1.3377	0.40	0.9345	0.74	0.4540	1.65	0.1908	3.50	0.0616
0.15	1.4138	0.41	0.9216	0.76	0.4277	1.70	0.1847	3.60	0.0589
0.16	1.5065	0.42	0.9215	0.78	0.4098	1.75	0.1805	3.70	0.0571
0.17	1.6131	0.43	0.9019	0.80	0.3928	1.80	0.1769	3.80	0.0540
0.18	1.5577	0.44	0.8689	0.82	0.3900	1.85	0.1739	3.90	0.0499
0.19	1.4661	0.45	0.8492	0.84	0.3873	1.90	0.1708	4.00	0.0453
0.20	1.3384	0.46	0.8283	0.86	0.3776	1.95	0.1674		
0.21	1.3203	0.47	0.8147	0.88	0.3668	2.00	0.1634		
0.22	1.2401	0.48	0.8026	0.90	0.3497	2.05	0.1592		
0.23	1.2002	0.49	0.7934	0.92	0.3338	2.10	0.1539		
0.24	1.1403	0.50	0.7829	0.94	0.3179	2.15	0.1489		
0.25	1.1225	0.51	0.7834	0.96	0.3058	2.20	0.1421		



Spettro normalizzato di risposta elastico

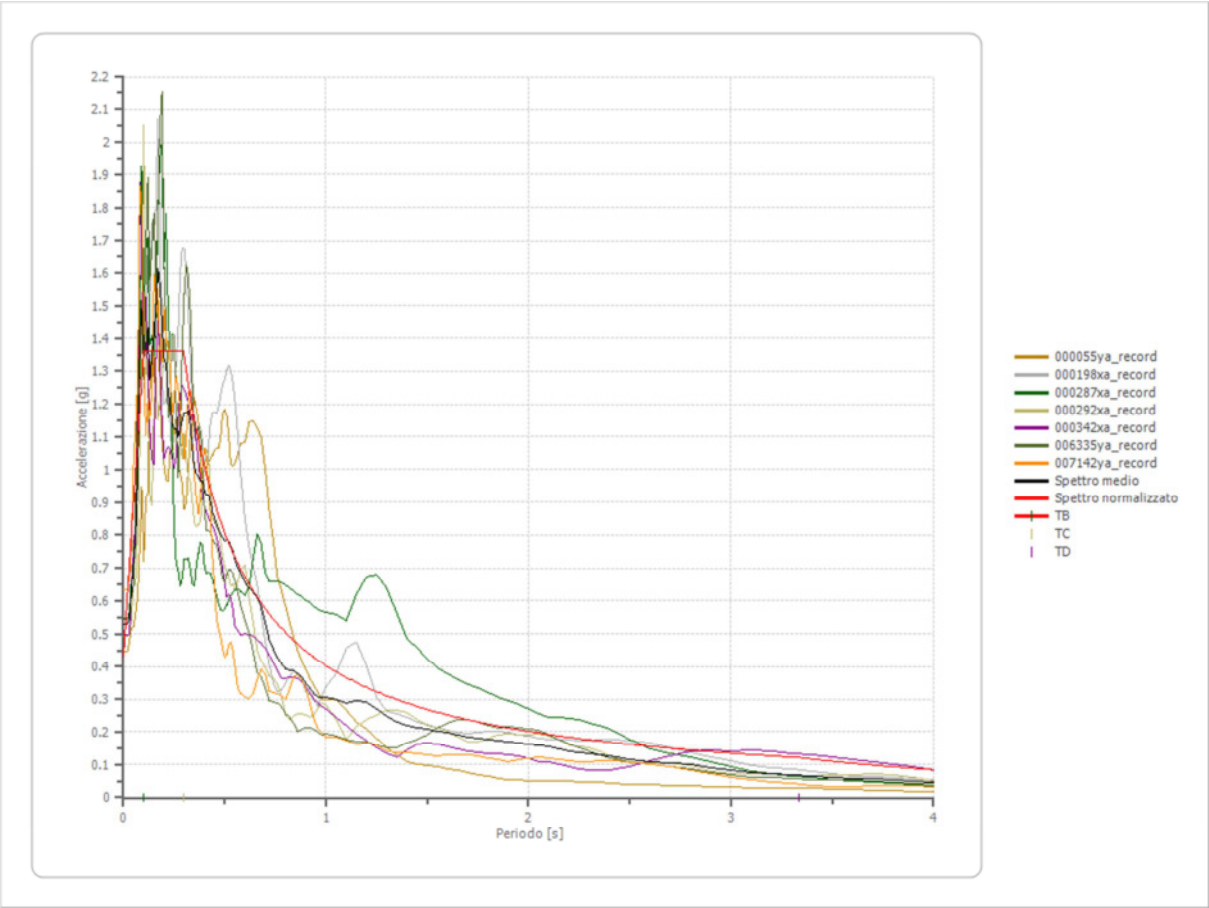
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.4338	0.26	1.3623	0.52	0.7760	0.98	0.4118	2.25	0.1793
0.01	0.5279	0.27	1.3623	0.53	0.7614	1.00	0.4035	2.30	0.1754
0.02	0.6219	0.28	1.3623	0.54	0.7473	1.05	0.3843	2.35	0.1717
0.03	0.7160	0.29	1.3623	0.55	0.7337	1.10	0.3668	2.40	0.1681
0.04	0.8100	0.30	1.3451	0.56	0.7206	1.15	0.3509	2.50	0.1614
0.05	0.9040	0.31	1.3017	0.57	0.7079	1.20	0.3363	2.60	0.1552
0.06	0.9981	0.32	1.2610	0.58	0.6957	1.25	0.3228	2.70	0.1495
0.07	1.0921	0.33	1.2228	0.60	0.6725	1.30	0.3104	2.80	0.1441
0.08	1.1862	0.34	1.1868	0.62	0.6509	1.35	0.2989	2.90	0.1391
0.09	1.2802	0.35	1.1529	0.64	0.6305	1.40	0.2882	3.00	0.1345
0.10	1.3623	0.36	1.1209	0.66	0.6114	1.45	0.2783	3.10	0.1302
0.11	1.3623	0.37	1.0906	0.68	0.5934	1.50	0.2690	3.20	0.1261
0.12	1.3623	0.38	1.0619	0.70	0.5765	1.55	0.2603	3.30	0.1223
0.13	1.3623	0.39	1.0347	0.72	0.5605	1.60	0.2522	3.40	0.1187
0.14	1.3623	0.40	1.0088	0.74	0.5453	1.65	0.2446	3.50	0.1153
0.15	1.3623	0.41	0.9842	0.76	0.5310	1.70	0.2374	3.60	0.1121
0.16	1.3623	0.42	0.9608	0.78	0.5173	1.75	0.2306	3.70	0.1091
0.17	1.3623	0.43	0.9384	0.80	0.5044	1.80	0.2242	3.80	0.1062
0.18	1.3623	0.44	0.9171	0.82	0.4921	1.85	0.2181	3.90	0.1035
0.19	1.3623	0.45	0.8967	0.84	0.4804	1.90	0.2124	4.00	0.1009
0.20	1.3623	0.46	0.8772	0.86	0.4692	1.95	0.2069		
0.21	1.3623	0.47	0.8586	0.88	0.4586	2.00	0.2018		
0.22	1.3623	0.48	0.8407	0.90	0.4484	2.05	0.1968		
0.23	1.3623	0.49	0.8235	0.92	0.4386	2.10	0.1922		
0.24	1.3623	0.50	0.8071	0.94	0.4293	2.15	0.1877		
0.25	1.3623	0.51	0.7912	0.96	0.4203	2.20	0.1834		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.434	3.140233	--	0.099	0.296	3.335	0.434	1.362	1.369

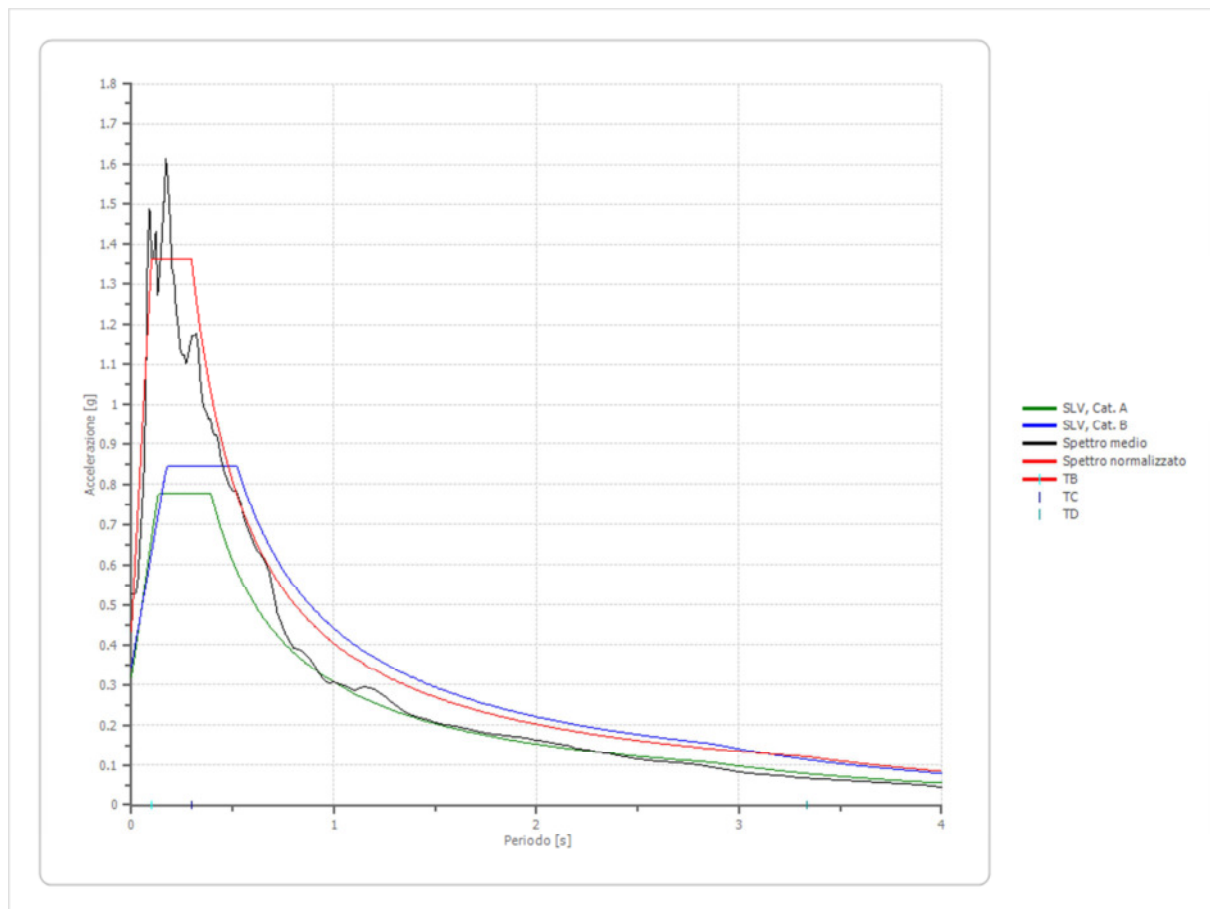
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

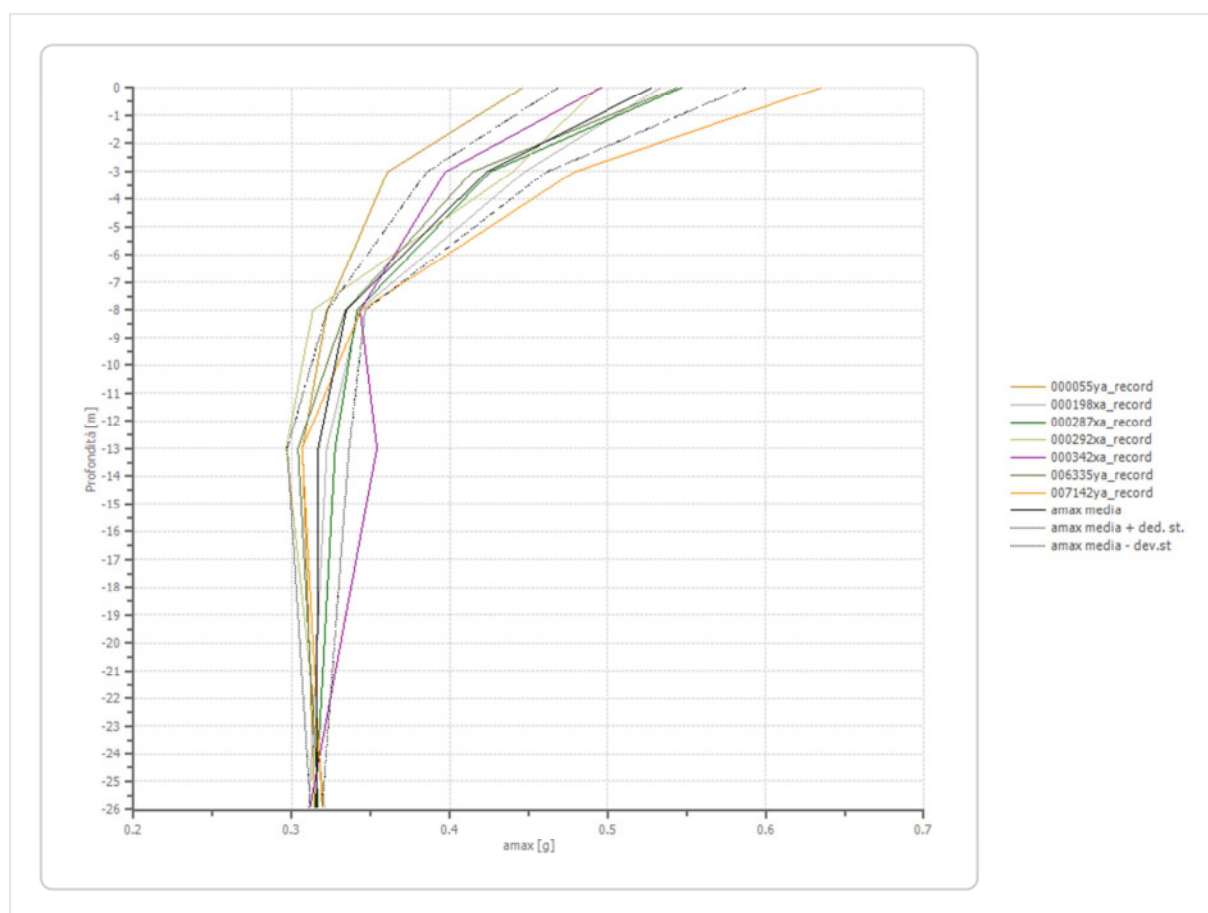
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguar dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.088	0.114	0.317	0.419	0.088	0.114	0.317	0.419
Fo	2.28	2.301	2.449	2.488	2.28	2.301	2.449	2.488
Tc* [s]	0.299	0.319	0.393	0.425	0.299	0.319	0.393	0.425
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.09	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.40	1.38	1.33	1.31
TB [s]	0.100	0.106	0.131	0.142	0.140	0.147	0.174	0.185
TC [s]	0.299	0.319	0.393	0.425	0.419	0.441	0.521	0.555
TD [s]	1.952	2.056	2.868	3.276	1.952	2.056	2.868	3.276
Se(0) [g]	0.088	0.114	0.317	0.419	0.106	0.137	0.345	0.419
Se(TB) [g]	0.201	0.262	0.776	1.042	0.241	0.315	0.846	1.042



Profilo a max

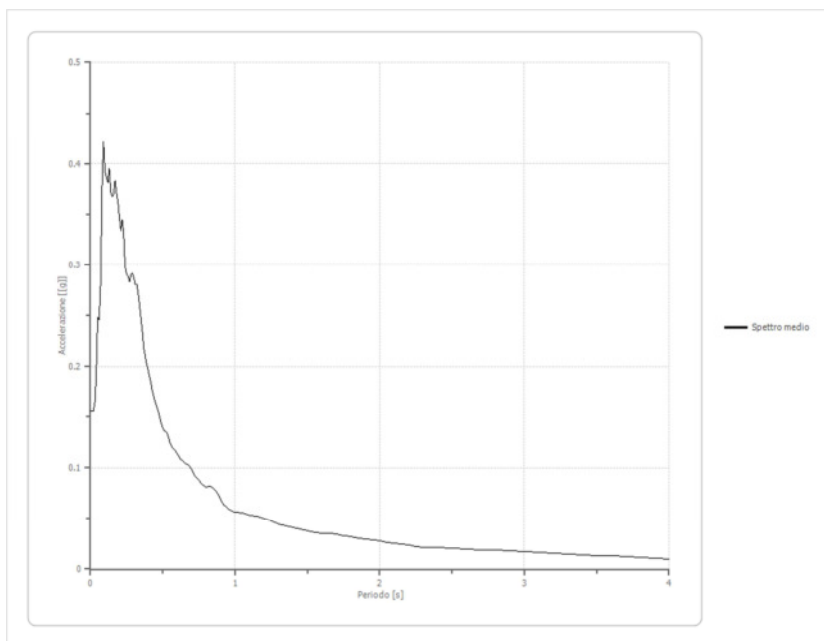
	0.0 [m]	3.0 [m]	8.0 [m]	13.0 [m]	25.9 [m]
000055ya_reco rd [g]	0.446	0.361	0.323	0.307	0.315
000198xa_reco rd [g]	0.533	0.447	0.343	0.322	0.311
000287xa_reco rd [g]	0.546	0.425	0.341	0.328	0.315
000292xa_reco rd [g]	0.494	0.440	0.313	0.297	0.321
000342xa_reco rd [g]	0.496	0.397	0.343	0.354	0.312
006335ya_reco rd [g]	0.544	0.414	0.334	0.304	0.317
007142ya_reco rd [g]	0.635	0.479	0.344	0.307	0.319
media [g]	0.528	0.423	0.335	0.317	0.316
Dev. St. [g]	0.059	0.038	0.012	0.020	0.004



15.ELABORAZIONE RSL STATO LIMITE SLO

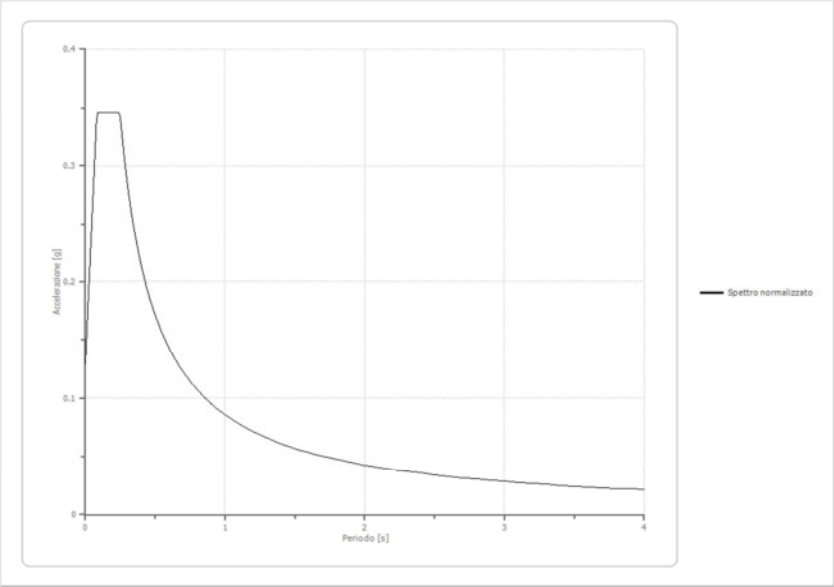
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1554	0.26	0.2882	0.52	0.1359	0.98	0.0572	2.25	0.0224
0.01	0.1554	0.27	0.2830	0.53	0.1339	1.00	0.0568	2.30	0.0216
0.02	0.1554	0.28	0.2895	0.54	0.1296	1.05	0.0553	2.35	0.0214
0.03	0.1630	0.29	0.2914	0.55	0.1248	1.10	0.0534	2.40	0.0212
0.04	0.1921	0.30	0.2866	0.56	0.1214	1.15	0.0521	2.50	0.0205
0.05	0.2481	0.31	0.2802	0.57	0.1198	1.20	0.0501	2.60	0.0199
0.06	0.2458	0.32	0.2808	0.58	0.1180	1.25	0.0473	2.70	0.0192
0.07	0.2813	0.33	0.2713	0.60	0.1140	1.30	0.0445	2.80	0.0185
0.08	0.3758	0.34	0.2592	0.62	0.1092	1.35	0.0424	2.90	0.0179
0.09	0.4214	0.35	0.2454	0.64	0.1062	1.40	0.0409	3.00	0.0170
0.10	0.3925	0.36	0.2320	0.66	0.1042	1.45	0.0392	3.10	0.0164
0.11	0.3865	0.37	0.2165	0.68	0.1022	1.50	0.0373	3.20	0.0157
0.12	0.3810	0.38	0.2085	0.70	0.0979	1.55	0.0359	3.30	0.0150
0.13	0.3953	0.39	0.2014	0.72	0.0929	1.60	0.0353	3.40	0.0142
0.14	0.3720	0.40	0.1959	0.74	0.0894	1.65	0.0348	3.50	0.0135
0.15	0.3671	0.41	0.1894	0.76	0.0858	1.70	0.0340	3.60	0.0129
0.16	0.3701	0.42	0.1821	0.78	0.0829	1.75	0.0330	3.70	0.0123
0.17	0.3830	0.43	0.1742	0.80	0.0812	1.80	0.0318	3.80	0.0117
0.18	0.3714	0.44	0.1676	0.82	0.0815	1.85	0.0306	3.90	0.0109
0.19	0.3626	0.45	0.1632	0.84	0.0811	1.90	0.0296	4.00	0.0101
0.20	0.3468	0.46	0.1590	0.86	0.0790	1.95	0.0288		
0.21	0.3339	0.47	0.1545	0.88	0.0746	2.00	0.0278		
0.22	0.3448	0.48	0.1489	0.90	0.0684	2.05	0.0265		
0.23	0.3301	0.49	0.1433	0.92	0.0635	2.10	0.0255		
0.24	0.2970	0.50	0.1389	0.94	0.0610	2.15	0.0245		
0.25	0.2903	0.51	0.1359	0.96	0.0588	2.20	0.0234		



Spettro normalizzato di risposta elastico

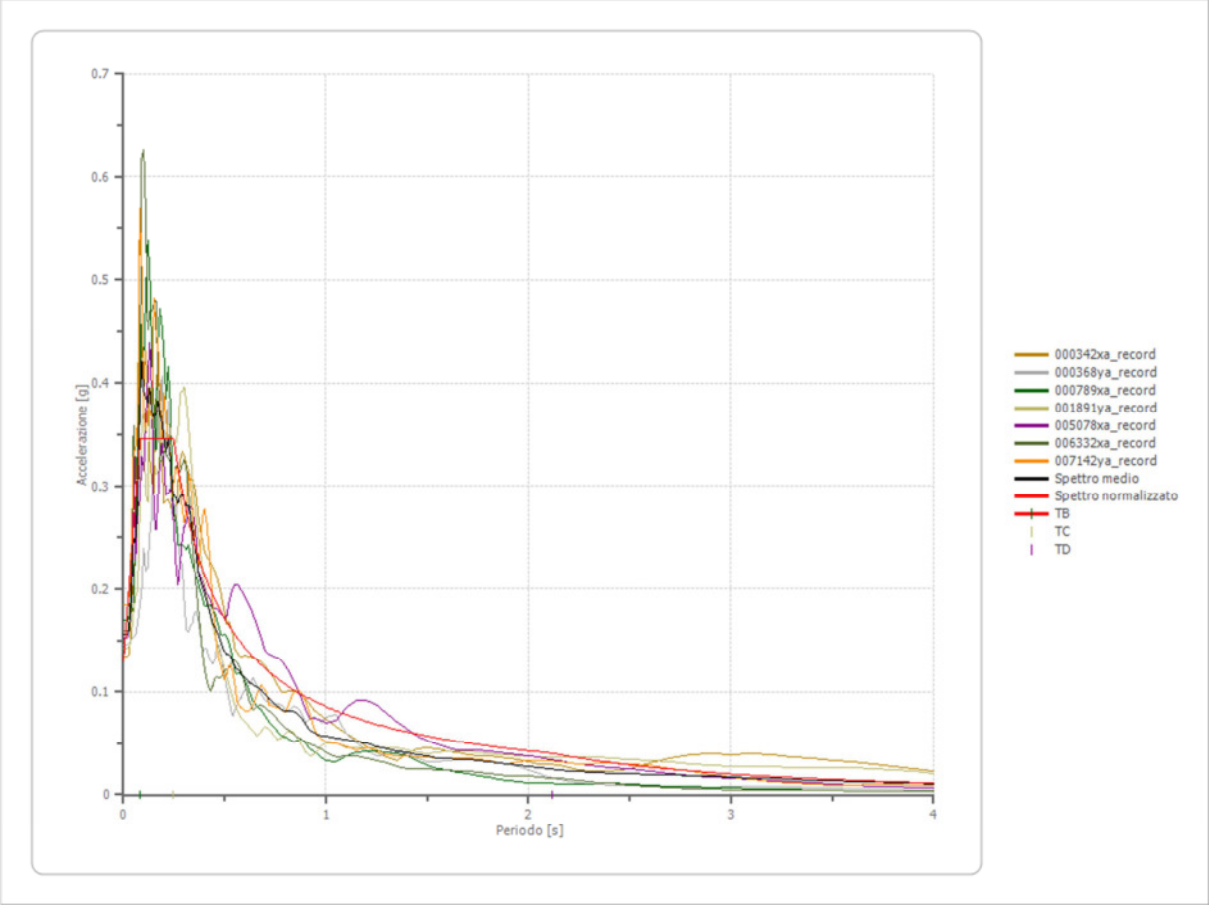
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1290	0.26	0.3294	0.52	0.1647	0.98	0.0874	2.25	0.0381
0.01	0.1554	0.27	0.3172	0.53	0.1616	1.00	0.0857	2.30	0.0372
0.02	0.1818	0.28	0.3059	0.54	0.1586	1.05	0.0816	2.35	0.0364
0.03	0.2081	0.29	0.2954	0.55	0.1557	1.10	0.0779	2.40	0.0357
0.04	0.2345	0.30	0.2855	0.56	0.1530	1.15	0.0745	2.50	0.0343
0.05	0.2609	0.31	0.2763	0.57	0.1503	1.20	0.0714	2.60	0.0329
0.06	0.2873	0.32	0.2677	0.58	0.1477	1.25	0.0685	2.70	0.0317
0.07	0.3137	0.33	0.2596	0.60	0.1428	1.30	0.0659	2.80	0.0306
0.08	0.3400	0.34	0.2519	0.62	0.1382	1.35	0.0634	2.90	0.0295
0.09	0.3464	0.35	0.2447	0.64	0.1338	1.40	0.0612	3.00	0.0286
0.10	0.3464	0.36	0.2379	0.66	0.1298	1.45	0.0591	3.10	0.0276
0.11	0.3464	0.37	0.2315	0.68	0.1260	1.50	0.0571	3.20	0.0268
0.12	0.3464	0.38	0.2254	0.70	0.1224	1.55	0.0553	3.30	0.0260
0.13	0.3464	0.39	0.2196	0.72	0.1190	1.60	0.0535	3.40	0.0252
0.14	0.3464	0.40	0.2141	0.74	0.1158	1.65	0.0519	3.50	0.0245
0.15	0.3464	0.41	0.2089	0.76	0.1127	1.70	0.0504	3.60	0.0238
0.16	0.3464	0.42	0.2039	0.78	0.1098	1.75	0.0489	3.70	0.0232
0.17	0.3464	0.43	0.1992	0.80	0.1071	1.80	0.0476	3.80	0.0225
0.18	0.3464	0.44	0.1947	0.82	0.1045	1.85	0.0463	3.90	0.0220
0.19	0.3464	0.45	0.1903	0.84	0.1020	1.90	0.0451	4.00	0.0214
0.20	0.3464	0.46	0.1862	0.86	0.0996	1.95	0.0439		
0.21	0.3464	0.47	0.1822	0.88	0.0973	2.00	0.0428		
0.22	0.3464	0.48	0.1784	0.90	0.0952	2.05	0.0418		
0.23	0.3464	0.49	0.1748	0.92	0.0931	2.10	0.0408		
0.24	0.3464	0.50	0.1713	0.94	0.0911	2.15	0.0398		
0.25	0.3426	0.51	0.1680	0.96	0.0892	2.20	0.0389		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.129	2.685027	--	0.082	0.247	2.116	0.129	0.346	1.466

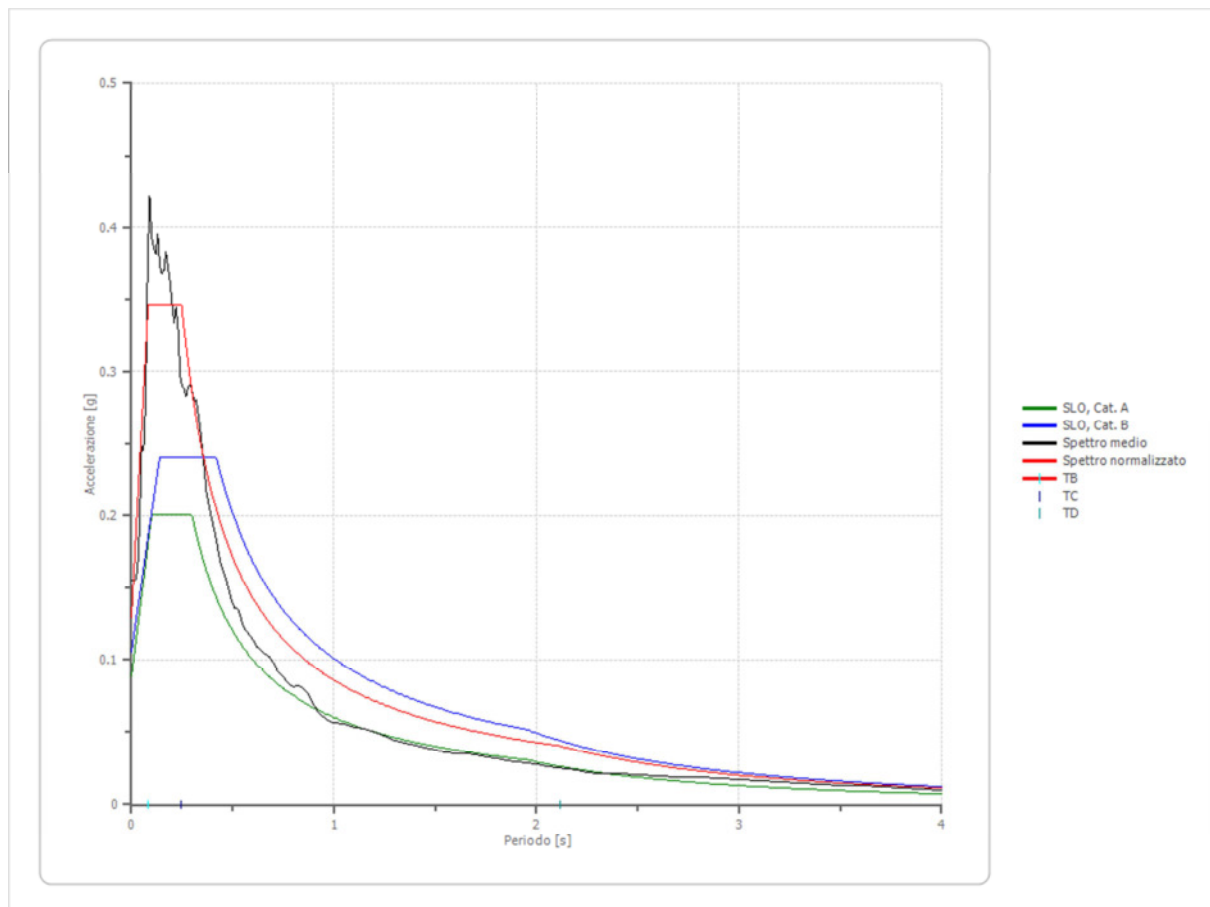
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

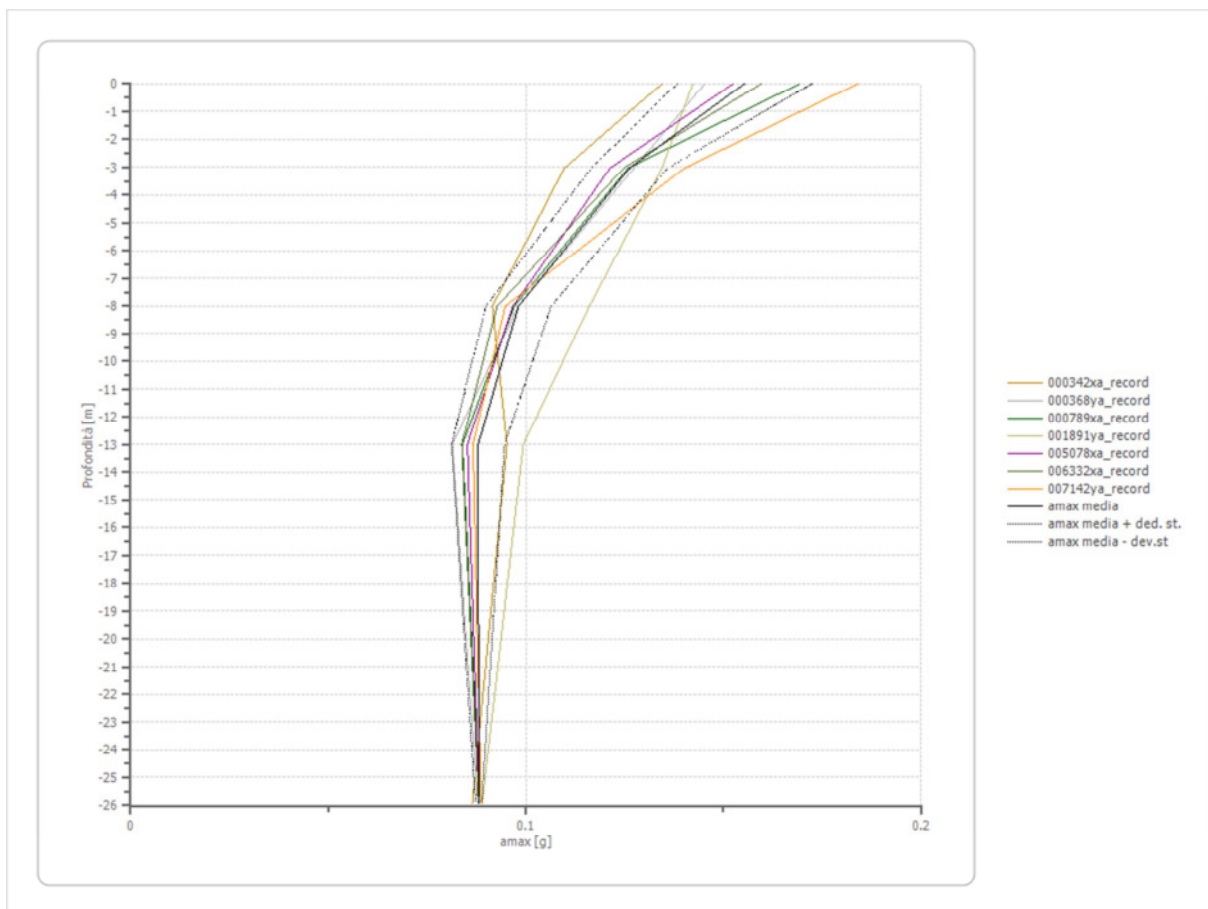
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguar dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.088	0.114	0.317	0.419	0.088	0.114	0.317	0.419
Fo	2.28	2.301	2.449	2.488	2.28	2.301	2.449	2.488
Tc* [s]	0.299	0.319	0.393	0.425	0.299	0.319	0.393	0.425
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.09	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.40	1.38	1.33	1.31
TB [s]	0.100	0.106	0.131	0.142	0.140	0.147	0.174	0.185
TC [s]	0.299	0.319	0.393	0.425	0.419	0.441	0.521	0.555
TD [s]	1.952	2.056	2.868	3.276	1.952	2.056	2.868	3.276
Se(0) [g]	0.088	0.114	0.317	0.419	0.106	0.137	0.345	0.419
Se(TB) [g]	0.201	0.262	0.776	1.042	0.241	0.315	0.846	1.042



Profilo a max

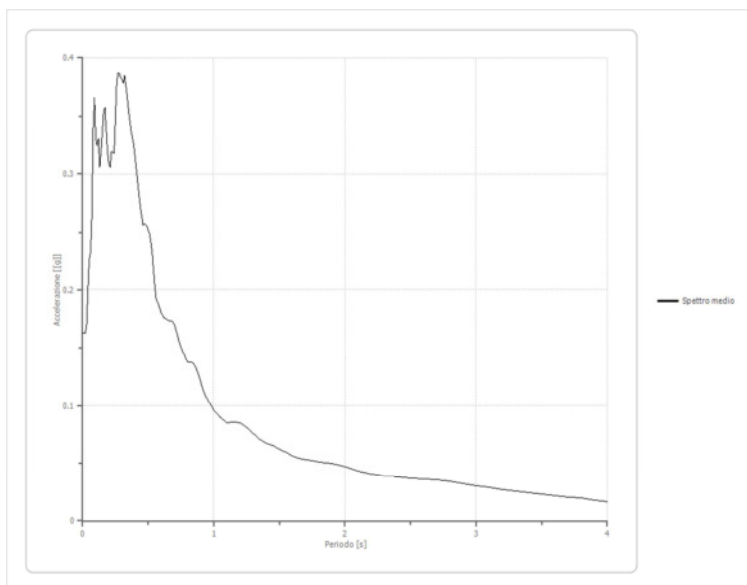
	0.0 [m]	3.0 [m]	8.0 [m]	13.0 [m]	25.9 [m]
000342xa_reco rd [g]	0.135	0.110	0.092	0.095	0.087
000368ya_reco rd [g]	0.145	0.127	0.098	0.081	0.088
000789xa_reco rd [g]	0.169	0.126	0.097	0.084	0.088
001891ya_reco rd [g]	0.142	0.134	0.116	0.099	0.089
005078xa_reco rd [g]	0.152	0.121	0.097	0.085	0.088
006332xa_reco rd [g]	0.160	0.125	0.093	0.084	0.088
007142ya_reco rd [g]	0.184	0.140	0.095	0.087	0.089
media [g]	0.155	0.126	0.098	0.088	0.088
Dev. St. [g]	0.017	0.010	0.008	0.007	0.001



16.ELABORAZIONE RSL STATO LIMITE SLD

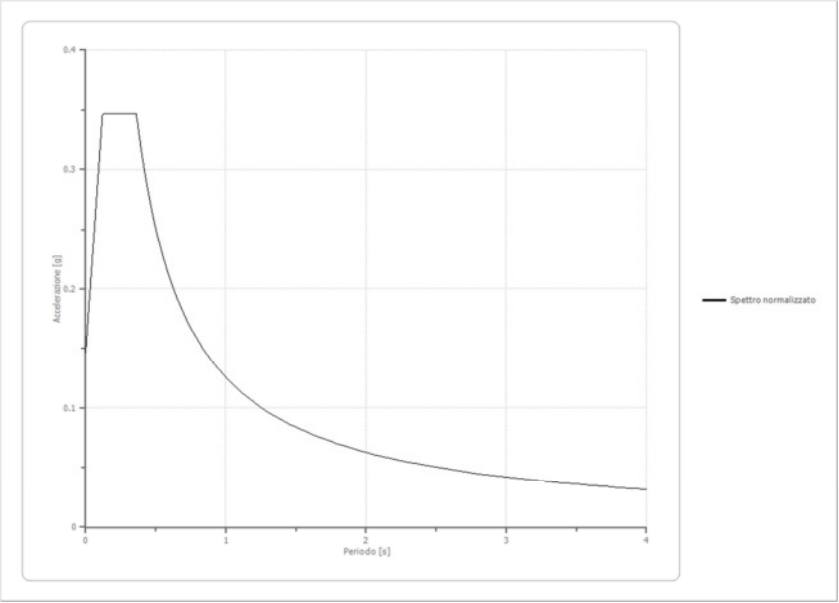
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1633	0.26	0.3789	0.52	0.2415	0.98	0.1001	2.25	0.0396
0.01	0.1633	0.27	0.3869	0.53	0.2315	1.00	0.0964	2.30	0.0388
0.02	0.1633	0.28	0.3867	0.54	0.2174	1.05	0.0900	2.35	0.0385
0.03	0.1698	0.29	0.3833	0.55	0.2037	1.10	0.0854	2.40	0.0380
0.04	0.1996	0.30	0.3815	0.56	0.1923	1.15	0.0856	2.50	0.0368
0.05	0.2261	0.31	0.3784	0.57	0.1901	1.20	0.0849	2.60	0.0360
0.06	0.2315	0.32	0.3850	0.58	0.1875	1.25	0.0809	2.70	0.0351
0.07	0.2634	0.33	0.3760	0.60	0.1800	1.30	0.0756	2.80	0.0338
0.08	0.3380	0.34	0.3666	0.62	0.1763	1.35	0.0704	2.90	0.0321
0.09	0.3661	0.35	0.3547	0.64	0.1745	1.40	0.0672	3.00	0.0301
0.10	0.3298	0.36	0.3464	0.66	0.1732	1.45	0.0652	3.10	0.0286
0.11	0.3243	0.37	0.3368	0.68	0.1732	1.50	0.0624	3.20	0.0270
0.12	0.3300	0.38	0.3305	0.70	0.1702	1.55	0.0594	3.30	0.0256
0.13	0.3056	0.39	0.3239	0.72	0.1622	1.60	0.0565	3.40	0.0241
0.14	0.3193	0.40	0.3145	0.74	0.1536	1.65	0.0544	3.50	0.0228
0.15	0.3354	0.41	0.3031	0.76	0.1477	1.70	0.0532	3.60	0.0217
0.16	0.3549	0.42	0.2923	0.78	0.1433	1.75	0.0522	3.70	0.0206
0.17	0.3575	0.43	0.2814	0.80	0.1377	1.80	0.0513	3.80	0.0194
0.18	0.3381	0.44	0.2717	0.82	0.1373	1.85	0.0507	3.90	0.0180
0.19	0.3179	0.45	0.2642	0.84	0.1368	1.90	0.0497	4.00	0.0166
0.20	0.3081	0.46	0.2560	0.86	0.1333	1.95	0.0486		
0.21	0.3058	0.47	0.2571	0.88	0.1275	2.00	0.0471		
0.22	0.3188	0.48	0.2567	0.90	0.1204	2.05	0.0451		
0.23	0.3188	0.49	0.2556	0.92	0.1127	2.10	0.0429		
0.24	0.3175	0.50	0.2519	0.94	0.1075	2.15	0.0416		
0.25	0.3489	0.51	0.2486	0.96	0.1035	2.20	0.0407		



Spettro normalizzato di risposta elastico

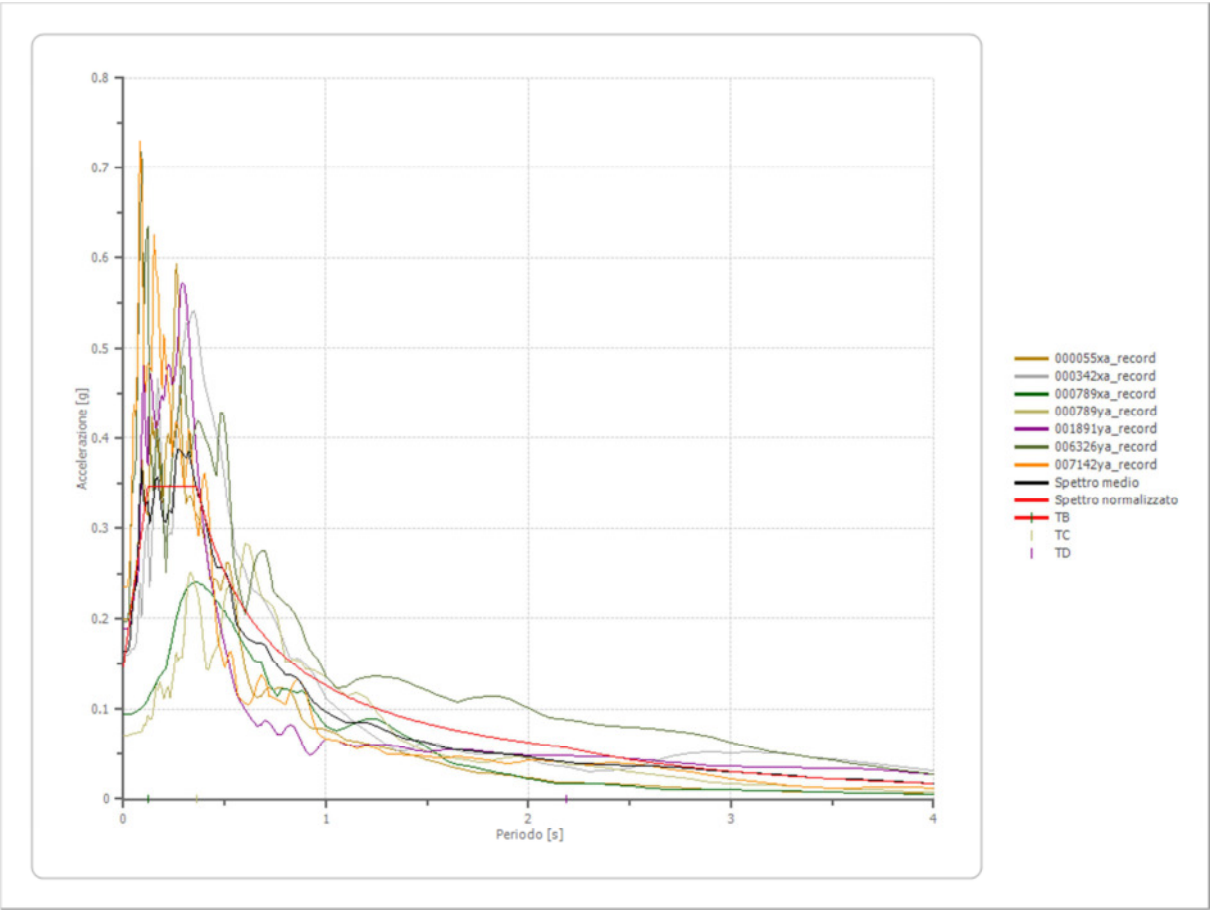
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1467	0.26	0.3470	0.52	0.2413	0.98	0.1280	2.25	0.0558
0.01	0.1633	0.27	0.3470	0.53	0.2367	1.00	0.1255	2.30	0.0546
0.02	0.1799	0.28	0.3470	0.54	0.2324	1.05	0.1195	2.35	0.0534
0.03	0.1966	0.29	0.3470	0.55	0.2281	1.10	0.1141	2.40	0.0523
0.04	0.2132	0.30	0.3470	0.56	0.2241	1.15	0.1091	2.50	0.0502
0.05	0.2298	0.31	0.3470	0.57	0.2201	1.20	0.1046	2.60	0.0483
0.06	0.2464	0.32	0.3470	0.58	0.2163	1.25	0.1004	2.70	0.0465
0.07	0.2630	0.33	0.3470	0.60	0.2091	1.30	0.0965	2.80	0.0448
0.08	0.2796	0.34	0.3470	0.62	0.2024	1.35	0.0929	2.90	0.0433
0.09	0.2962	0.35	0.3470	0.64	0.1961	1.40	0.0896	3.00	0.0418
0.10	0.3128	0.36	0.3470	0.66	0.1901	1.45	0.0865	3.10	0.0405
0.11	0.3294	0.37	0.3391	0.68	0.1845	1.50	0.0837	3.20	0.0392
0.12	0.3460	0.38	0.3302	0.70	0.1793	1.55	0.0810	3.30	0.0380
0.13	0.3470	0.39	0.3217	0.72	0.1743	1.60	0.0784	3.40	0.0369
0.14	0.3470	0.40	0.3137	0.74	0.1696	1.65	0.0760	3.50	0.0359
0.15	0.3470	0.41	0.3060	0.76	0.1651	1.70	0.0738	3.60	0.0349
0.16	0.3470	0.42	0.2988	0.78	0.1609	1.75	0.0717	3.70	0.0339
0.17	0.3470	0.43	0.2918	0.80	0.1568	1.80	0.0697	3.80	0.0330
0.18	0.3470	0.44	0.2852	0.82	0.1530	1.85	0.0678	3.90	0.0322
0.19	0.3470	0.45	0.2788	0.84	0.1494	1.90	0.0660	4.00	0.0314
0.20	0.3470	0.46	0.2728	0.86	0.1459	1.95	0.0643		
0.21	0.3470	0.47	0.2670	0.88	0.1426	2.00	0.0627		
0.22	0.3470	0.48	0.2614	0.90	0.1394	2.05	0.0612		
0.23	0.3470	0.49	0.2561	0.92	0.1364	2.10	0.0598		
0.24	0.3470	0.50	0.2510	0.94	0.1335	2.15	0.0584		
0.25	0.3470	0.51	0.2460	0.96	0.1307	2.20	0.0570		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.147	2.364739	--	0.121	0.362	2.187	0.147	0.347	1.287

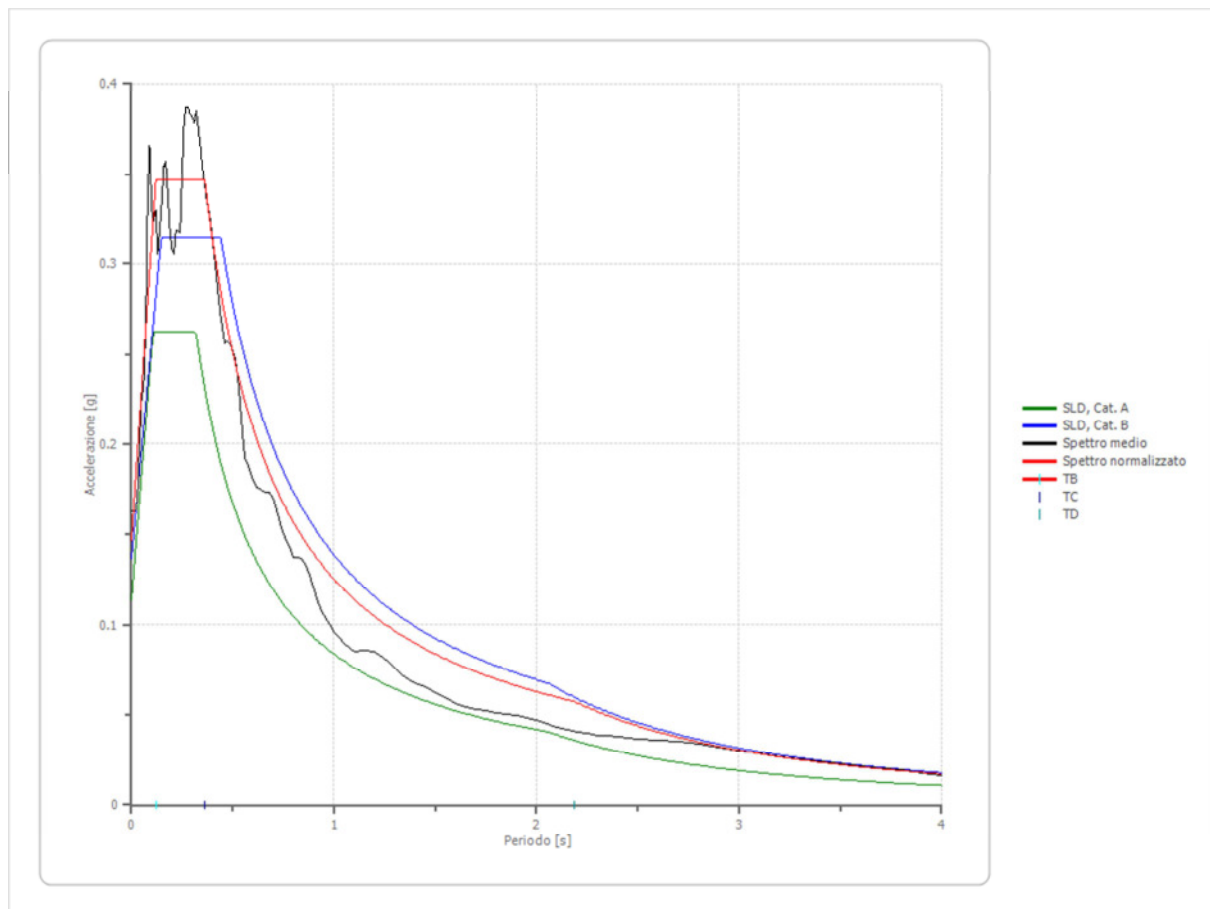
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

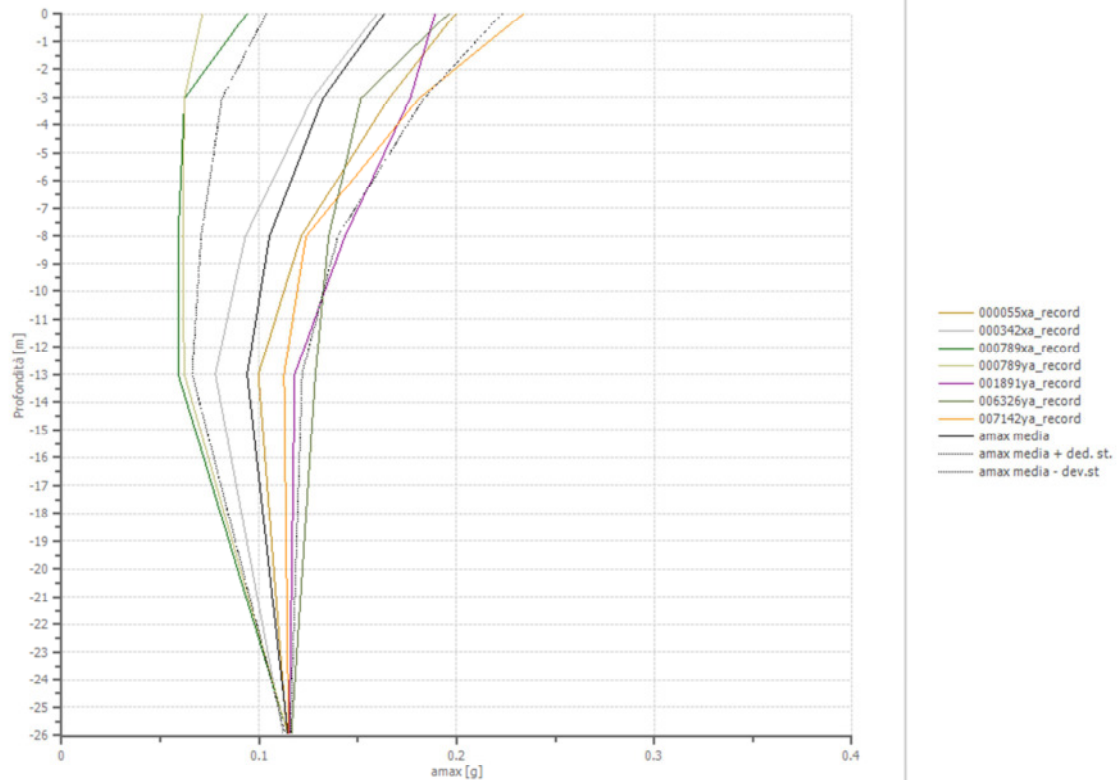
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguar dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.088	0.114	0.317	0.419	0.088	0.114	0.317	0.419
Fo	2.28	2.301	2.449	2.488	2.28	2.301	2.449	2.488
Tc* [s]	0.299	0.319	0.393	0.425	0.299	0.319	0.393	0.425
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.09	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.40	1.38	1.33	1.31
TB [s]	0.100	0.106	0.131	0.142	0.140	0.147	0.174	0.185
TC [s]	0.299	0.319	0.393	0.425	0.419	0.441	0.521	0.555
TD [s]	1.952	2.056	2.868	3.276	1.952	2.056	2.868	3.276
Se(0) [g]	0.088	0.114	0.317	0.419	0.106	0.137	0.345	0.419
Se(TB) [g]	0.201	0.262	0.776	1.042	0.241	0.315	0.846	1.042



Profilo a max

	0.0 [m]	3.0 [m]	8.0 [m]	13.0 [m]	25.9 [m]
000055xa_reco rd [g]	0.199	0.166	0.121	0.100	0.114
000342xa_reco rd [g]	0.160	0.127	0.093	0.078	0.112
000789xa_reco rd [g]	0.094	0.062	0.059	0.059	0.114
000789ya_reco rd [g]	0.071	0.062	0.061	0.062	0.114
001891ya_reco rd [g]	0.189	0.177	0.143	0.118	0.115
006326ya_reco rd [g]	0.196	0.152	0.135	0.128	0.116
007142ya_reco rd [g]	0.234	0.181	0.124	0.113	0.115
media [g]	0.163	0.132	0.105	0.094	0.114
Dev. St. [g]	0.060	0.051	0.035	0.028	0.001



17.CONCLUSIONI

La presente relazione è redatta a supporto del progetto: Adeguamento Sismico dell'Edificio Scolastico "E. Isabella" di loc. San Mazzeo – Coscaro nel Comune di Conflenti (CZ).

Le onde sismiche interagiscono con i terreni al passaggio dai depositi di copertura al depositi rigidi denominato Bedrok sismico ed in funzione di specifiche condizioni locali si configurano fenomeni di amplificazione del moto sismico che condizionano la Risposta Sismica Locale.

Per valutare tale risposta si fa riferimento a due diverse tipologie di calcolo, al fine di confrontarne poi i risultati ottenuti (approccio semplificato livello II di analisi e analisi numerica di risposta sismica locale Livello III di analisi) .

Per le verifiche sismiche da effettuare, vengono forniti, se richiesti i file riferiti al Bedrok e alla superficie degli accelerogrammi.

Per i dati numerici da inserire nel *Sistema Informativo "per l'analisi strutturale ed il monitoraggio degli interventi in Calabria" SISMI.CA* verrà fornita la tabella riguardante i dati dei terremoti adoperati per il calcolo nelle varie direzioni per come specificato nel file **F1_EQK_AGN** relativa agli accelerogrammi naturali.

CAMPO	TIPO	VAL. MIN	VAL. MAX	MISURA	STATO	NOTE	DESCRIZIONE
ID	intero	1	4		essenziale	1	identificatore ordinale dello stato limite
GRUPPO	intero	1	100		essenziale	2	indice del gruppo di accelerogrammi di appartenenza
DIR	intero	1	3		essenziale	3	direzioni sismiche (1=X, 2=Y, 3=Z)
SORGENTE	stringa	-	-		essenziale		luogo dell'evento sismico
STAZIONE	stringa	-	-		essenziale		luogo di registrazione dell'evento
DATA	stringa	-	-	[gg/mm/aaaa]	essenziale		data della registrazione
ORARIO	stringa	-	-	[hh:mm]	essenziale		ora della registrazione
SUOLO	stringa	-	-	[A, B, ..., S1, S2]	essenziale		caratterizzazione del suolo ai sensi delle NTC18
MW	decimale	0	10		essenziale	4	magnitudo momento
PGA	decimale	0	5,6	[g]	essenziale	3, 4	accelerazione di picco registrata al suolo, in unità [g]
RMAX	decimale	0	1E+05	[km]	essenziale		distanza massima epicentrale
SCALA	decimale	0,1	100		essenziale	5	fattore di scala utilizzato per gli spettri elastici relativi allo SL considerato

Per quanto riguarda gli spettri elastici e di progetto se richiesti, per SISMI.CA occorre fornire file SPETTRO SISMICO F1_EQK_SPE per ogni stato limite :

CAMPO	TIPO	VAL. MIN	VAL. MAX	MISURA	STATO	NOTE	DESCRIZIONE
T	decimale	0,00	25,00	[s]	essenziale		periodo
SA/G	decimale	0,00	3,00		essenziale		accelerazione spettrale corrispondente al periodo T, in unità [g]

I punti spettrali devono rispettare la sequenzialità crescente secondo i periodi.

L'incremento del periodo, tra punti consecutivi, non deve essere inferiore a 0.01 s; in ogni caso il numero di punti spettrali non potrà essere superiore a 400.

Per quanto riguarda gli spettri medi e normalizzati si può fare riferimento alle tabelle numeriche riportate in relazione. A vantaggio di sicurezza si consiglia l'uso di **spettri di risposta elastici normalizzati della componente orizzontale**.

In ogni caso si rammenta che essi non sono spettri di progetto ma elastici.

Dal punto di vista sismico l'area in esame ricade in **Zona Sismica 2**; I parametri posti alla base della progettazione sono i seguenti :

vita nominale dell' intervento: $V_N = 75$ anni;

classe d'uso dell' intervento: III;

coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = 75$ anni

Il valore di V_{Seq} è pari a:

- $V_{Seq} = 532.33\text{m/s}$ per l'intervento con suolo di fondazione di "categoria B" e categoria topografica T1.

I coefficienti S_s per il calcolo di S sono pari a : $1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 * \frac{a_g}{g} \leq 1.20$ per la categoria B di sottosuolo; Il coefficiente S_t è pari a 1 in relazione alla categoria topografica T1; le coordinate per il calcolo dello spettro di progetto sono le seguenti:

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):39,0345962°

Longitudine (WGS84):16.264472°

La Categoria di sottosuolo B è stata definita tramite l'esecuzione di n. 1 Indagine Sismica Masw, mentre la categoria di superficie topografica (nel caso in esame T1), è stata assegnata seguendo i dettami delle NTC2018 e sulla base delle caratteristiche geomorfologiche dell'area. Dal confronto tra gli spettri Elastici di Normativa calcolati per gli stati limite SLV-SLD-SLO-SLC con gli Spettri

Elastici Normalizzati ottenuti dalla Risposta Sismica Locale risulta che questi ultimi non sono contenuti negli spettri di Normativa, pertanto essendo l'area soggetta ad amplificazione superficiale per l'input sismico, nella progettazione si consiglia di applicare gli spettri scaturiti dalla Risposta Sismica Locale.

PARAMETRI CHE DEFINISCONO LO SPETTRO ELASTICO NORMALIZZATO ORIZZONTALE IN SUPERFICIE da Studio RSL livello III				
Spettro Pericolosità sismica di base livello II NTC2018 (Bedrock)	Coordinale ED50: Lon. [°]:16,264472°Lat. [°]:39,034596° Categoria di sottosuolo:B Categoria Topografica: T1			
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ag/g o ag [g] NORMATIVA	0.088	0.114	0.317	
ag [m/s²]	0.863	1.118	3.110	
Ag/g RSLIII	0.129	0.147	0.434	
Fo	2.685	2.365	3.140	
T*c [s]	0.299	0.319	0.393	
Cc	0.826	1.134	0.753	
Ss	1.20	1.20	1.09	
St	1.00	1.00	1.00	
S	1.20	1.20	1.09	
ξ [%]	5,000	5,000	5,000	
η	1,000	1,000	1,000	
TB [s] - oriz.	0.082	0.121	0.099	
TC [s] - oriz.	0.247	0.362	0.296	
TD [s] - oriz.	2.116	2.187	3.335	
Sa(0) [g] RSL III	0.129	0.147	0.434	
Sa(Tb) [g] RSLIII	0.346	0.347	1.362	

$$Ss = Sa(0) [g] / Ag/g ; Cc = TC [s] / T*c [s] ; S = Ss * St$$

Il Geologo

Dott. Geol. Ezio Infelise