



# REGIONE SARDEGNA

## PROVINCIA DI SUD SARDEGNA

### COMUNE DI SILIQUA

Oggetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
AVANZATO  
DELLA POTENZA DI 36,0399 MWp DA UBICARSI NEL TERRITORIO DEL  
COMUNE DI SILIQUA  
LOCALITÀ GIBA**

Elaborato :

## REL0015\_RELAZIONE SISMICA

TAVOLA:

# REL0015

PROPONENTE :



**FRESNO SOLAR S.r.l.**

Sede  
Viale Luca Gaurico 9/11, A, 4\*  
Roma (RM), 00143

PROGETTAZIONE :



**GAMIAN CONSULTING SRL**

Sede  
Via Gioacchino da Fiore 74  
87021 Belvedere Marittimo (CS)

TEAM TECNICO

Stefano Cairo      Alessandra Guerriero  
Lavinia Sollazzo      Francesco Martorelli  
Roberto Addino      Francesco Greco  
Raffaele Tribuzio      Francesca Splendore  
Iorio Marco

Tecnico  
Ing. Gaetano Voccia



SCALA:

DATA:

Dicembre 2023

REDAZIONE :

L.S.

CONTROLLO :

S.C.

APPROVAZIONE :

Ing. Gaetano Voccia

**Codice Progetto: F.22.192**

Rev.: 00 - Presentazione Istanza VIA

Gamian Consulting Srl si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzato

**SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>AZIONE SISMICA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>STATI LIMITE .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>SPETTRO DI RISPOSTA .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3</b>	<b>METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAZIONI FINALI E CONCLUSIONI SULL’AZIONE SISMICA .....</b>	<b>10</b>

## 1 PREMESSA

La Fresno Solar S.r.l. intende realizzare nel comune di Siliqua (SU), in località "Giba" un impianto agro-fotovoltaico avanzato di tipo zootecnico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica. Il futuro impianto FV\_SILQUA presentato in autorizzazione è composto da:

- Campi agro-fotovoltaici, siti nel comune di Siliqua (SU), in località Giba;
- Stazione Elettrica SE Vallermosa, nel comune di Vallermosa (SU);
- Cavidotto di collegamento AT, nel territorio del comune di Siliqua e Vallermosa (SU).

L'impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 62,3510 Ha (623.510,00 m<sup>2</sup>), appartenenti all'area di impianto ricadente nel territorio del comune di Siliqua (SU). L'impianto in progetto sorgerà sulle particelle catastali n. 4-26-42-43 del foglio di mappa catastale n. 505, le particelle n. 33-34-39-40 del foglio di mappa n. 502, le particelle n. 35-449-450 del foglio di mappa n. 506 e la particella n.65 del foglio di mappa n. 504. Le coordinate geografiche (baricentro approssimativo) del sito di impianto e del punto di connessione sono:

Coordinate impianto	Coordinate stazione
Lat: 39.316143°	Lat: 39.347984°
Long: 8.811317°	Long: 8.787387°

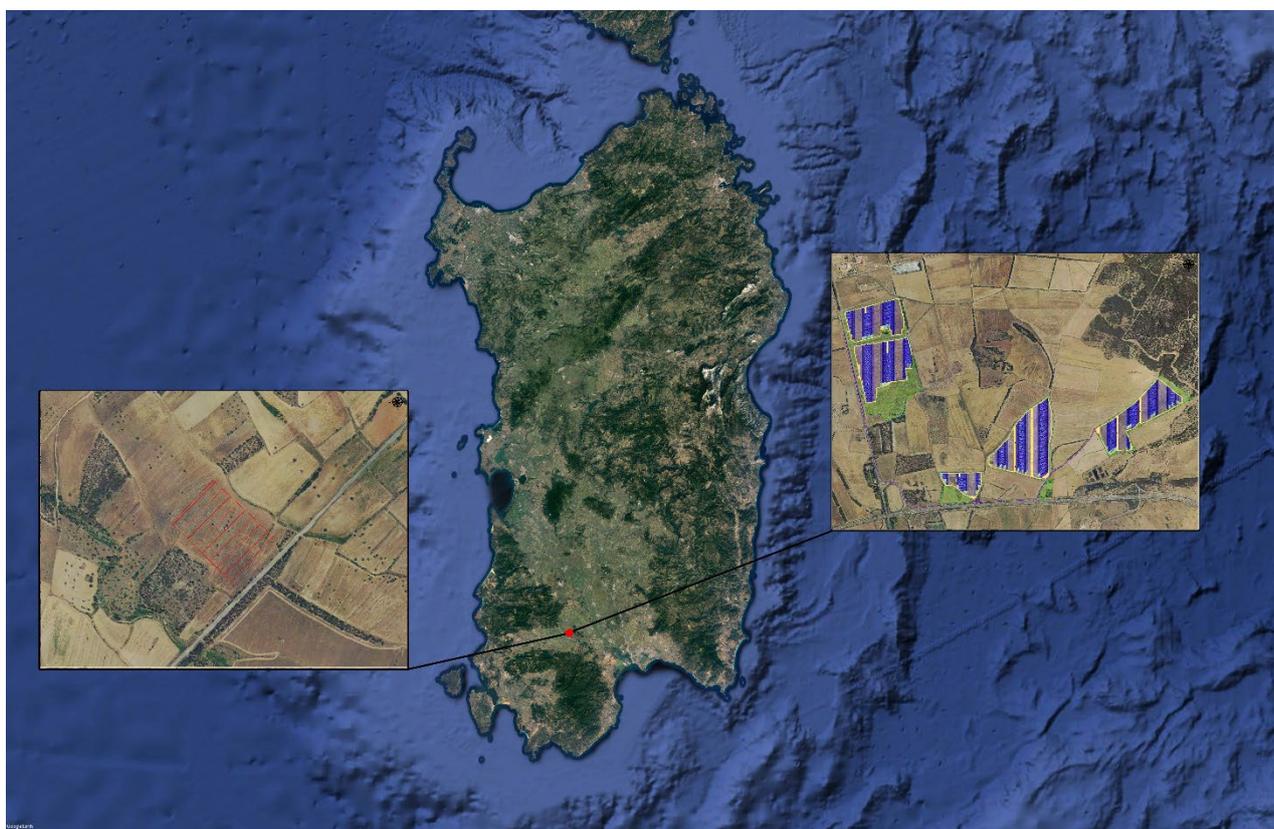


Figura 1 - Ubicazione area impianto e punto di connessione (Google Earth)

L'impianto avrà una potenza di 36.039,96 kWp e l'energia prodotta sarà collegata in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione della RTN a 220/150/36 kV da raccordare alla linea RTN a 220 kV denominata "Sulcis- Villasor" e alla linea RTN a 150 kV "Siliqua-Villacidro" (previsto da Piano di Sviluppo Terna).

Scopo principale della presente relazione è quello di fornire informazioni circa la sismicità del sito. Il lavoro viene condotto in osservanza alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M 17/01/2018 (NTC 2018). Tutti gli indirizzi normativi considerati per i calcoli preliminari sulle strutture verranno successivamente elencati nell'apposita relazione.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Sulla base dei fenomeni franosi censiti sul territorio nazionale (ISPRA – progetto IFFI- INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA), è stata anche valutata, sul comune di Siliqua, in ottemperanza alla predisposizione e/o completamento dello studio dell’assetto idrogeologico del territorio, la compatibilità geologica e geotecnica. Dagli esami derivanti da rilevamenti geologici diretti si osserva che l’ossatura del territorio è rappresentata prevalentemente da litologie scistose – metamorfiche Paleozoiche del basamento ercinico appartenenti alla zona a falde esterne e alla zona esterna a trust e pieghe, e da quelle magmatiche granitiche connesse all’orogenesi ercinica. Tali litologie occupano l’intera area montana e pedemontana posta a Sud e le zone collinari a Nord e ad Est del territorio comunale. I rilievi scistoso – calcarei paleozoici sono orlati da una fascia di detriti pedemontani, costituiti da grandi conoidi di deiezione modellati in una successione di ampi terrazzi, riferiti a diverse idrografie del pliocene quaternario. Nelle incisioni dei depositi terrigeni continentali del fondovalle affiorano la “Formazione del Cixerri” e alcuni edifici coniformi vulcaniti oligo – mioceniche tra cui emerge il domo andesitico dell’Acquafredda. La formazione del Cixerri, essendo discordante sul Paleozoico e sul Mesozoico, viene dalla maggior parte degli autori attribuita all’Oligocene e rappresenta comunque il tetto del “Lignifero”, di età eocenica. L’area all’interno della quale sorge l’impianto di cui riferimento al presente progetto è interessa porzioni di territorio pianeggiante: tali aree risultano essere incastonate tra i rilievi paleozoici e su cui sorge l’abitato di Siliqua è la così detta “Fossa del Cixerri” che, secondo gli ultimi studi, risalenti al 2004, rappresenta un’ampia sinclinale che si allunga per circa 30 km con asse EW di età Oligocenica. Vi è infine la prevalenza di depositi superficiali di età quaternaria che colmano la zona, posti stratigraficamente sopra le formazioni sedimentarie paleogeniche e le vulcaniti oligo – mioceniche. Al di sotto delle formazioni suddette, in discordanza stratigrafica, si trova il substrato roccioso costituito dal basamento paleozoico scistoso - metamorfico.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 2 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

### 3 AZIONE SISMICA

L'azione sismica si definisce a partire dalla pericolosità sismica di base del sito interessato, in funzione delle sue caratteristiche morfologiche e stratigrafiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ( $A_g$ ) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dallo spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, in relazione a probabilità di superamento ( $P_{vr}$ ) e relativo periodo di riferimento ( $V_r$ ). I parametri di partenza per definirli sono:

- $A_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{c^*}$ : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista statistico e amministrativo, attualmente il territorio italiano è suddiviso in 4 fasce di pericolosità sismica distinte:

**Zona 1** - È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta.

**Zona 2** - In questa zona forti terremoti sono possibili.

**Zona 3** - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2.

**Zona 4** - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

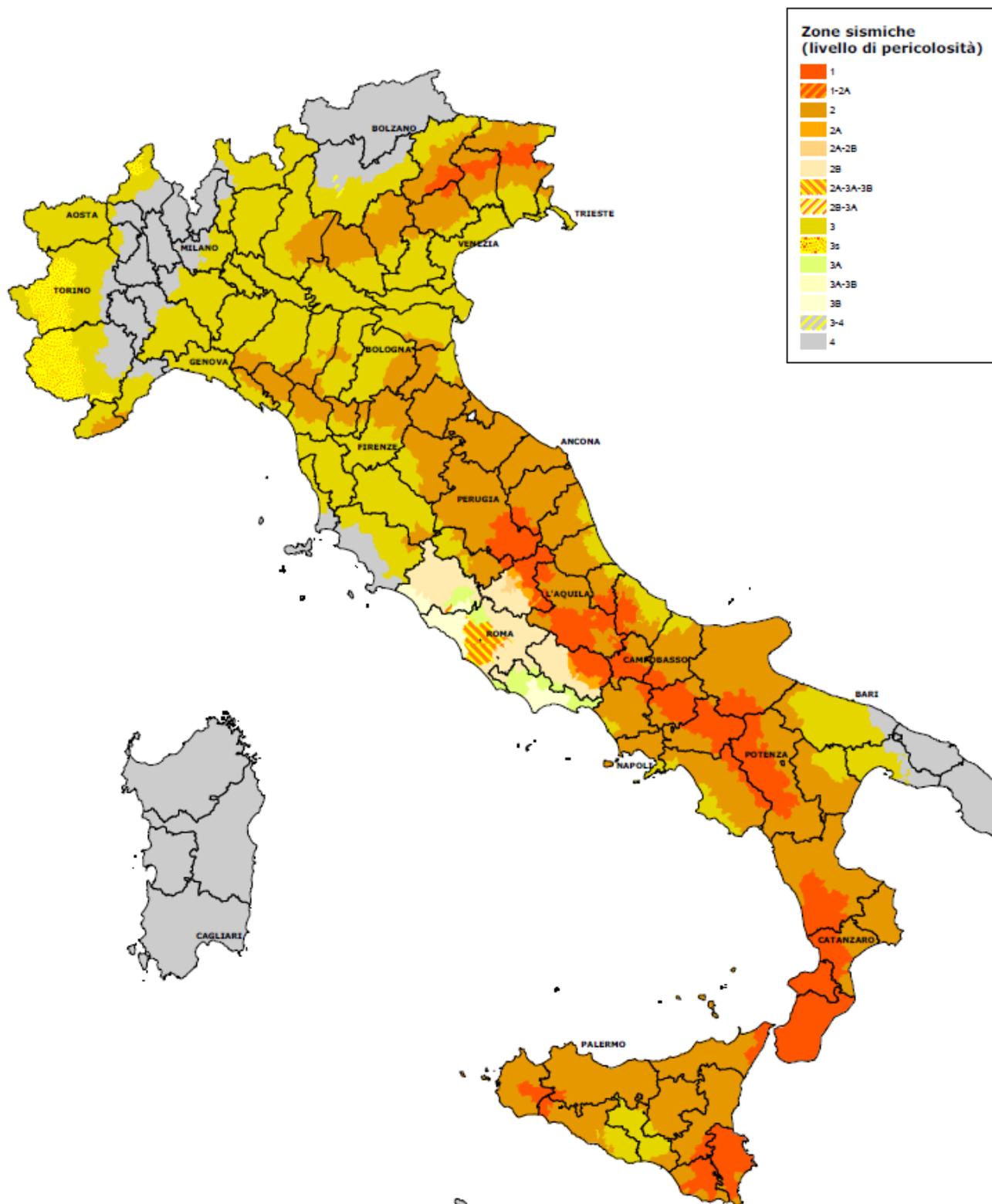


Figura 2 – Zone sismiche d'Italia (Fonte: INGV)

Ai fini della progettazione antisismica, si usa una nuova metodologia che, partendo da quanto appena descritto, ne aumenta il livello di dettaglio, utilizzando una metodologia di calcolo basata su un approccio statistico puntiforme, per cui ogni punto del territorio italiano è caratterizzato da un preciso valore di accelerazione al suolo in funzione del tempo di ritorno. Si conclude quindi che, attualmente, il territorio italiano è suddiviso convenzionalmente in distretti sismici (terrestri o marini), le quali rappresentano delle vere e proprie zone sismogenetiche definite da una specifica denominazione utile a localizzare l'area in cui si verifica l'epicentro di un determinato terremoto. Per questa ragione e considerato il comune interessato dall'impianto, si ottiene quanto segue:

ZONA SISMICA	DESCRIZIONE
4	<b>La probabilità che capiti un terremoto è molto bassa</b>

In particolare, per il sito di nostro interesse, di cui alle coordinate geografiche precedentemente definite in termini di latitudine e longitudine, viene individuato un reticolo e, con esso, i parametri di base, per i diversi stati limite secondo quanto segue:

STATO LIMITE CONSIDERATO	Ag/g	Fo	Tc*
Stato limite di operatività (SLO)	0.019	2.61	0.273
Stato limite di danno (SLD)	0.02	2.63	0.28
Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	0.045	2.86	0.332
Stato limite di collasso (SLC)	0.055	2.93	0.356

### 3.1 Stati Limite

Il concetto di stato limite viene introdotto in Italia con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (NTC 08), diventando il metodo principale di progettazione delle strutture, mentre il calcolo alle tensioni ammissibili veniva ammesso solo in casi particolari. L'entrata in vigore delle NTC 2018 sancisce il completo abbandono delle tensioni ammissibili, per il quale il capitolo 2.7 delle NTC 08 viene totalmente eliminato. Come precedentemente illustrato vi sono quattro stati limite differenti. I primi due della tabella di sopra, (SLO ed SLD) costituiscono gli stati limite d'esercizio, per i quali la progettazione è volta essenzialmente a garantire la funzionalità dell'opera in relazione alle azioni agenti. Gli altri due (SLV e SLC) riguardano gli stati limite ultimi, che si riferiscono a situazioni estreme, correlando l'azione agente con la capacità portante della struttura. La tabella descritta nel precedente paragrafo riceve come input differenti dati che riguardano:

- **Vn (vita nominale dell'opera):** 30 anni, che definisce l'opera di tipo 1, paragonabile dunque a quella di una costruzione temporanea e provvisoria;
- **La classe d'uso:** nel nostro caso si immette CLASSE I in quanto la presenza di persone è soltanto occasionale.

Da qui si ottiene il periodo di riferimento dell'azione sismica pari a 30 anni. Esso si ottiene dalla seguente relazione:

$$V_r = V_n * C_u$$

Dove  $C_u$  indica il coefficiente d'uso, il quale si determina secondo quanto segue, in merito alla tabella 2.4 II delle NTC 2018.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_u$

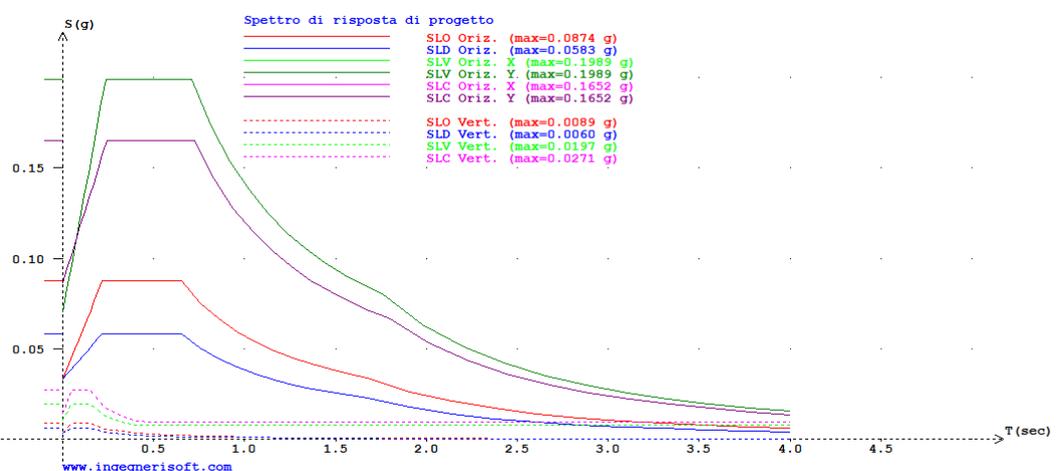
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

### 3.2 Spettro di risposta

L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti: due di queste sono orizzontali ed una verticale. Esse sono da considerare tra di loro indipendenti per il caso considerato. Le componenti di accelerazione vengono caratterizzate da uno spettro di risposta: esso è un grafico che correla, in base al periodo di oscillazione di una struttura, la risposta che ha la stessa in termini di accelerazione, velocità e spostamento. Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale normalizzata riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima  $A_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Da questo si leggono per integrazione sia quello di velocità che quello di spostamento, comunque leggibili. Ad ogni modo, quello di riferimento sarà quello sull'accelerazione. Dallo spettro di risposta elastico, si passerà successivamente ad uno spettro di risposta di progetto, scalando i valori dell'ordinata per un apposito fattore, denominato fattore di comportamento, rappresentativo della duttilità della struttura. Per il caso in oggetto al nostro intervento, non scaleremo tali valori. Questo per le seguenti motivazioni:

- le strutture non sono intelaiate o controventate tali da poter dare una valutazione generale circa la regolarità in pianta e/o in altezza;
- essendo già di per sé la struttura leggera, conseguentemente le azioni sismiche saranno minime, per cui scegliere un comportamento non dissipativo e fattore di comportamento unitario ci consente di non minimizzare ulteriormente tale azione.

Si mostra di seguito lo spettro ottenuto per le azioni orizzontali (non si ricade in un ambito particolare tale per cui andrebbe considerata l'azione verticale, anche perché questa non desta problemi che rientrano nel capitolo 7 delle stesse NTC):



### 3.3 Metodi di analisi e criteri di verifica

Per ogni stato limite vengono considerati metodi di analisi che si differenziano in:

- Analisi lineare
- Analisi non lineare

Essi si differenziano per i valori limite da attribuire al fattore di comportamento, a seconda dello stato limite preso in esame, con le relative modalità di modellazione dell'azione sismica e l'annesso comportamento strutturale, secondo quanto computato al capitolo 7.3 delle NTC 2018. Con l'analisi lineare viene calcolata la domanda sismica sia nel caso di comportamento dissipativo che non dissipativo. Ad ogni modo, esso dipende dal modello strutturale (noi ci collochiamo nel caso non dissipativo), essa viene determinata riferendosi allo spettro di progetto (nel nostro caso esso coincide con quello elastico). Nell'analisi non lineare, più onerosa da un punto di vista computazionale, si tiene appunto conto anche delle non linearità geometriche e di materiale, tenendo conto anche della riduzione di resistenza e della resistenza residua dei sistemi dissipativi qualora fossero significative. A loro volta, l'analisi lineare (come quella non lineare) si suddivide in:

- Analisi lineare statica
- Analisi lineare dinamica

L'analisi lineare dinamica consiste nel determinare i modi di vibrare di una struttura: in genere ogni struttura ha tanti modi di vibrare quanti sono i gradi di libertà che essa possiede. Sicuramente sono i primi tre modi di vibrare che fanno denotare gli effetti maggiormente significativi. Per ogni modo di vibrare viene successivamente determinata l'azione sismica corrispondente e, in seguito, le varie azioni sismiche vengono combinate tra di loro. L'analisi lineare statica invece, partendo da alcune condizioni che riguardano la tipologia della struttura e il modo di vibrare principale, determina, senza ricorrere a calcoli particolarmente dettagliati, il periodo di vibrazione della struttura e, da esso, in seguito anche alle masse che entrano in gioco, ne calcola il tagliante sismico. Per quanto riguarda le analisi non lineari, anche esse si dividono in statiche e dinamiche, ma sono particolarmente onerose e non restituiscono necessariamente dei risultati migliori di quelle lineari. Per poter ricorrere a questi metodi bisognerebbe ricorrere alla risposta sismica della struttura mediante le integrazioni dell'equazioni del moto o, approssimare la struttura reale ad un sistema strutturale equivalente non lineare (come per l'analisi non lineare statica). L'analisi non lineare dinamica è obbligatoria per i sistemi strutturali che hanno un isolamento alla base, che non rientrano però, nel nostro caso.

## 4 CONSIDERAZIONI FINALI E CONCLUSIONI SULL'AZIONE SISMICA

Il "tagliante sismico" rappresentativo del terremoto viene rappresentato come una forza assiale. Il sisma in sé rappresenta però un'accelerazione che si manifesta nel terreno tramite le sue onde (P, S, Rayleigh, Love). È da questa accelerazione che si arriva al tagliante stesso, moltiplicando questa per la massa della struttura. Ai sensi delle combinazioni suggerite dalle NTC 2018, le azioni orizzontali e verticali vengono computate insieme, tenendo però conto del fatto che non tutte si manifestano con il loro massimo grado e nello stesso istante. Per quanto riguarda soprattutto le azioni orizzontali e quindi il sisma, dipendendo lo stesso tagliante dalle masse in gioco, come mostra anche l'analisi lineare statica, è evidente che il tagliante agente sulla struttura non è particolarmente elevato. Pertanto, l'azione orizzontale predominante risulta essere quella del vento.