

# COMUNE DI BRINDISI

(Provincia di Brindisi)

Realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza nominale in DC di 28,454 MW e potenza in AC di 33 MW denominato "Guarini" in agro di Brindisi in località C.da Vaccaro e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) nell'ambito del procedimento P.U.A. ai sensi dell'art. 27 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Codifica elaborato

P\_o8\_B

Relazione modellazione sismica

Proponente



guarini s.r.l.

Tel +39 02 454 408 20  
guarini.srl@pec.it

GUARINI S.R.L.  
Galleria Mintler, 17  
I-39100 Bolzano  
P.IVA 03038760210

Sviluppatore



Greenergy

GREENERGY IMPIANTI S.R.L.

Via Sacro Cuore snc - IT 74011 Castellaneta (TA)

Tel +39 0998441860 Fax +39 0998445168

info@greenergyimpianti.it www.greenergyimpianti.it

REVISIONI

N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
00	23.07.2021	PRIMA EMISSIONE	GEOL. FRANCESCO SOZIO	GEOL. FRANCESCO SOZIO	GUARINI S.R.L.

TIPOLOGIA DELL'ELABORATO

FORMATO

SCALA

FOGLIO

RELAZIONE

A4

Relazione sulla Modellazione e Pericolosità sismica del sito

**GUARINI srl**

**REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO, CAVIDOTTO DI CONNESSIONE E  
NUOVE STAZIONI DI ELEVAZIONE E DI SMISTAMENTO**  
*Località “Vaccaro” e “Palmarini” – BRINDISI (BR)*

INDICE

1. PREMESSA
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI
3. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE  
GEOTECNICHE E GEOFISICHE
4. AZIONE SISMICA
5. SISMICITA’
6. STIMA DELLA PERICOLOSITA’ SISMICA
7. CONCLUSIONI

ALLEGATI

1. Planimetria indagini geognostiche, impianto fotovoltaico
2. Report parametri sismici, Guarini
3. Spettri di risposta sismica, Guarini
4. Planimetria indagini geognostiche, stazione elevazione e smistamento, Terna
5. Report parametri sismici, Terna
6. Spettri di risposta sismica, Terna

## 1. PREMESSA

La **Società GUARINI srl**, con sede legale in galleria Vintler n.17 - 39100 Bolzano (BZ), dovendo realizzare le opere previste in progetto ha incaricato lo scrivente al fine di effettuare uno studio geologico allo scopo di descrivere le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e di modellazione sismica di base del sito interessato dagli interventi previsti in progetto in ottemperanza al disposto della normativa vigente: D.M. 17.01.2018 “ NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI “ e C.M. 617/2009 “ ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE N.T.C. DI CUI AL D.M. 17.01.2018 “.

In particolare, in relazione a quanto previsto nei paragrafi 6.2.2 e 7.11.2 delle NTC e nei paragrafi C6.2.2 e C7.2.2 della Circolare, verranno considerati i seguenti aspetti:

- *descrizione delle opere e degli interventi;*
- *descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche e geofisiche;*
- *caratterizzazione della pericolosità sismica di base del sito oggetto dell'intervento.*

## 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

I siti oggetto di intervento sono ubicati nel Comune di Brindisi (BR) alle località “*Vaccaro e Palmarini*”, ad est e a sudest dell’abitato del Comune di Brindisi (BR), e definita da strade Provinciali e strade comunali.

L’ubicazione è riportata cartograficamente in allegati. Le strutture da edificare consistono in:

- *Realizzazione di un impianto fotovoltaico, denominato Guarini, con potenza di picco pari a 33 MW;*
- *Realizzazione di un cavidotto di connessione alla stazione Terna;*
- *Realizzazione nuova stazione di elevazione MT/AT 30/150 kV e nuova stazione di smistamento 150 kV in area limitrofa alla stazione elettrica terna esistente.*

Al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche di cui al paragrafo 3.2 della normativa e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate del sito oggetto dell’intervento sono le seguenti (la sigla ED50 si riferisce all’ellissoide di riferimento adottato per la carta di pericolosità dell’INGV):

### Impianto fotovoltaico, Guarini

- **Latitudine:** 40.632006 [°]
- **Longitudine:** 17.824770 [°]

### Stazione elevazione e smistamento, Terna

- **Latitudine:** 40.602365 [°]
- **Longitudine:** 17.899875 [°]

### **3. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE**

Nei siti oggetto di intervento, sono state effettuate le seguenti indagini:

- *Realizzazione di n.2 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigla: SS), ubicati come da planimetria allegata, della lunghezza pari a 96 ml, con interpretazione Tomografica dei dati di velocità sismica in onda P;*
- *Esecuzione di n.2 prospezioni sismiche con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulla medesima traccia delle prospezioni a rifrazione, per ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica rispetto all'allineamento citato, (MASW);*
- *Esecuzione di n.6 prove Penetrometriche Dinamiche denominate DIN.*

Le indagini geofisiche sono state necessarie per la determinazione della pericolosità sismica di base del sito ai sensi del § 3.2 NTC e § C3.2 della Circolare, con caratterizzazione della Velocità equivalente. Sono state eseguite n° 2 misurazioni nel sito sul quale verranno fondate le strutture in progetto.

Il suddetto programma di indagini risulta essere adeguato e sufficiente per l'esecuzione degli interventi in progetto, in relazione alle condizioni geologiche e geotecniche osservate e illustrate nella relazione geologica a corredo del progetto.

#### **4. AZIONE SISMICA**

Le sollecitazioni agenti sulle strutture di fondazione sottoposte ad azioni dinamiche non sono direttamente determinabili una volta note le caratteristiche sismologiche di un terremoto. Ciò è dovuto al fatto che il comportamento di una fondazione soggetta a scuotimento tellurico dipende in larga misura dalle caratteristiche dell'azione sismica, dalle proprietà dinamiche della sovrastante struttura e dal modo come esse interagiscono.

In particolare, l'azione sismica di un generico sito sulla superficie terrestre è fortemente influenzata, oltre che dalla posizione relativa tra la sorgente tellurica e il sito stesso, anche dalle condizioni locali del terreno sottostante, come le proprietà morfologiche, litologiche, stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni attraversati dalle onde sismiche durante il percorso di propagazione.

Le condizioni locali di un terreno definiscono, in particolare, la sua suscettibilità a fenomeni di amplificazione dinamica locale. Per l'analisi dell'amplificazione locale è necessario valutare il costipamento dinamico dei terreni prevalentemente sabbiosi non interessati da falda o parzialmente saturi, la generazione e dissipazione di sovrappressioni neutre nei terreni granulari e/o coesivi, la degradazione dei parametri elastici iniziali del terreno e la liquefazione dinamica dei terreni granulari.

Le oscillazioni cicliche indotte dalla propagazione delle onde sismiche attraverso il terreno hanno infatti l'effetto di modificarne le caratteristiche. Queste modifiche possono riguardare aspetti tra loro molto diversi, ed essere all'origine di pericolose conseguenze per le strutture coinvolte. In particolare, queste alterazioni possono interessare variazioni della capacità portante e della

deformabilità, dar luogo a incrementi di spinta sulle opere di sostegno, ovvero causare veri e propri fenomeni di instabilità particolarmente pericolosi nei terreni suscettibili di liquefazione o posti in pendio.

L'accelerazione, la velocità e lo spostamento massimi al suolo, nonché il tempo rappresentativo della loro durata, pur essendo importanti caratteristiche, non possono da soli descrivere l'intensità e gli effetti di danneggiamento connessi all'evento sismico.

L'effetto combinato dell'ampiezza dell'accelerazione, del contenuto di frequenza e della durata può essere convenientemente descritto attraverso lo spettro elastico di risposta.

Si ricorda che lo spettro di risposta elastico  $S_e(T)$  è un diagramma che fornisce, al variare del periodo  $T$ , il valore massimo della pseudo-accelerazione dell'oscillatore elementare soggetto all'azione del sisma, per un fissato valore del rapporto di smorzamento  $\alpha$ .

Attraverso elaborazioni statistiche degli spettri normalizzati è possibile ottenere la risposta dello strato di terreno entro una vasta gamma di frequenze imposte e poi successivamente normalizzare e trattare statisticamente gli spettri ottenuti, al fine di pervenire ad uno spettro comprensivo di tutte le possibili frequenze predominanti.

L'importanza dello spettro di risposta risiede nel fatto che esso consente di valutare il ruolo esercitato dalla natura del sito sulla risposta del terreno libero, in quanto la forma stessa dello spettro di risposta tiene implicitamente conto sia della attenuazione delle onde sismiche in relazione alla distanza dell'epicentro, sia della risposta locale legata alle proprietà dinamiche del sito. Ciò consente di eseguire analisi di dettaglio dei fenomeni di amplificazione che si verificano in un sito

durante il trasferimento di energia dalla roccia base alla superficie delle coperture sciolte. Queste analisi vengono generalmente eseguite per studi di micro zonazione sismica o per particolari problemi di interazione dinamica terreno-struttura, a cui peraltro è collegato il danno alle strutture.

L'adozione poi di uno spettro di progetto basato su uno spettro di risposta elastico ridotto mediante il coefficiente di struttura  $q$  consente, nell'ambito di analisi strutturali di tipo elastico, di tenere implicitamente conto della capacità di dissipazione di energia della struttura legata alla plasticizzazione degli elementi strutturali.

Sulla base della struttura dello spettro adottato le singole autorità nazionali possono emanare delle direttive sulla entità dei parametri da assumere per definire la forma degli spettri in relazione al tipo di suolo da considerare.

Una volta calcolata l'entità dell'accelerazione di picco attesa nel sito, risulta possibile definire le ordinate dello spettro elastico di calcolo.

La moderna struttura di tali norme sismiche, pertanto, risulta particolarmente utile nel caso in cui si voglia eseguire un'analisi di dettaglio dei fenomeni di amplificazione che si verificano in un sito durante il trasferimento di energia dalla roccia base alla superficie delle coperture sciolte.

Tali analisi vengono generalmente condotte per gli studi di micro zonazione sismica o per particolari problemi di interazione dinamica terreno-struttura.

Bisogna considerare, in aggiunta, le zone ove le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni e delle formazioni rocciose superficiali concorrono a modificare la risposta sismica locale.

In questi ambiti l'amplificazione del moto del suolo, dovuta a differente risposta sismica tra substrato e copertura, può generare possibili effetti di

amplificazione del moto del suolo connessi con possibile focalizzazione delle onde sismiche al contatto tra materiali a diversa rigidità.

Ciò può determinare effetti del sisma superiori a quelli attesi; ciò è da considerarsi in aggiunta a quanto prescritto nell'O.P.C.M. n°3274 del 20.03.03.

Si può pertanto concludere, che l'assunzione di un certo "terremoto di progetto" non può prescindere dal considerare le caratteristiche stratigrafiche del terreno di fondazione e del comportamento dinamico dell'elemento di volume di ogni strato significativo di terreno.

E' per questo motivo che la rappresentazione base dell'azione sismica nelle norme a livello europeo (Eurocodice 8) e nazionale (O.P.C.M. 3274 del 20.03.03) è specificata adottando lo spettro di risposta definito in funzione del profilo stratigrafico del sottosuolo del sito.

## 5. SISMICITA'

Il territorio comunale di BRINDISI (BR) non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982. L'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003, pubblicata sulla G.U. 08/05/2003 n. 105, riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il comune di Brindisi (BR) ricade in zona sismica 4, QUARTA CATEGORIA .

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, infatti, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente”** e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

Poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri è risultata rispettivamente pari a 356 m/sec (impianto fotovoltaico Guarini) e 402

m/sec (stazione di elevazione e smistamento Terna), congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018, i siti in esame ricadono, quindi, nelle seguenti categorie di sottosuolo:

B - (stazione di elevazione e smistamento, Terna) - **Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti** :con spessori di diverse centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/sec;

C - (Impianto fotovoltaico, Guarini) - **Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza** : con spessori variabili da diverse decine di metri a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/sec e  $70 < C_u < 250$  kpa;

## 6. STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Non si conoscono epicentri sicuri nel territorio della Penisola Salentina, tuttavia essa risente con buona intensità delle scosse dell'Egeo e dell'Appennino. Quanto di seguito illustrato è frutto di un attento esame di alcuni documenti storici riportanti ipotetici epicentri nel Salento e nell'Arco Ionico.

Naturalmente non sono stati considerati solo terremoti con epicentro nella regione pugliese, ma anche terremoti con epicentro nelle aree esterne che hanno fatto sentire i loro effetti più o meno marcati nella Puglia meridionale.

Per l'area oggetto di studio è stato effettuato un calcolo, attraverso anche la relazione di (ISMES-ENEL,1994),  $P=1 - e^{-t/TMR}$  e con potenza(  $-t/TMR$ ), sulla probabilità che nel sito di Galatina avvenga un terremoto.

Per un terremoto di scossa MEDIOCRE la probabilità è del 21,19%; la probabilità che ne avvenga uno MOLTO FORTE è di circa il 6,79%. Pertanto si può affermare che l'area considerata presenta un livello di sismicità basso.

La nuova Ordinanza PCM n.3274 del 20/03/03 riporta tale sito in Zona 3 con accelerazione di picco al suolo pari ad  $A_g = 0,15g$ .

### **Parametri sismici**

*Sito in esame: Impianto fotovoltaico "Guarini".*

- Latitudine: 40.632006 [°]
- Longitudine: 17.824770 [°]

Classe d'uso: I. Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici

Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	33698	40,653530	17,774360	4886,6
<b>Sito 2</b>	33699	40,651010	17,840150	2352,3
<b>Sito 3</b>	33921	40,601070	17,836820	3673,8
<b>Sito 4</b>	33920	40,603600	17,771060	5642,2

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 35 anni  
 Coefficiente cu: 0.7

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,015	2,353	0,156
Danno (SLD)	63	35	0,016	2,361	0,173
Salvaguardia della vita (SLV)	10	332	0,042	2,524	0,410
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	682	0,051	2,644	0,457

Coefficienti Sismici:

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s <sup>2</sup> ]	[-]
<b>SLO</b>	1,500	1,940	1,000	0,004	0,002	0,219	0,200
<b>SLD</b>	1,500	1,870	1,000	0,005	0,002	0,238	0,200
<b>SLV</b>	1,500	1,410	1,000	0,013	0,006	0,613	0,200
<b>SLC</b>	1,500	1,360	1,000	0,015	0,008	0,745	0,200

Dove:

**SLO** = Stato Limite di Operatività – **SLD** = Stato Limite di Danno – **SLV** = Stato Limite di Salvaguardia della Vita – **SLC** = Stato Limite di Prevenzione del Collasso – **Tr** = Tempo di ritorno – **ag** = accelerazione orizzontale massima del terreno – **Fo** = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – **Tc\*** = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale – **Ss** = Coefficiente di amplificazione stratigrafica – **St** = Coefficiente di amplificazione topografica – **Cc** = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo – **Kh** = Coefficiente sismico orizzontale – **Kv** = Coefficiente sismico verticale – **Amax** = Accelerazione orizzontale massima attesa – **Beta** = Coefficiente di riduzione per Amax.

Il territorio del Comune di Brindisi (BR) è classificato sismico di classe 4 (OPCM n.3274 del 20/03/03), secondo il quale quindi l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è pari a 0,05 g.

In ogni caso, secondo i dettami della nuova normativa (NTC 17/01/2018) la valutazione della pericolosità sismica si attua secondo un criterio “sito dipendente”, che tenga cioè conto delle condizioni locali del sito; la pericolosità sismica deve essere cioè riferita al punto preciso, individuato all'interno del reticolo di riferimento i cui nodi, identificati in termini di latitudine e longitudine, non devono distare più di 10 km l'uno dall'altro (passo <0,05°).

Inoltre i valori di pericolosità devono essere forniti in termini di *accelerazione orizzontale massima attesa “ag” in condizioni di campo libero su*

*sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .*

In altre parole la pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità (definita “probabilità di eccedenza del periodo di riferimento”  $P_{VR}$ ) che, in un fissato lasso di tempo, definito “periodo di riferimento”  $V_R$ , in detto sito si verifichi un evento sismico di entità pari o superiore ad un valore prefissato.

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni, i caratteri del moto sismico, ossia le forme spettrali, sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**$a_g$**  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.

Lo scuotimento al suolo così determinato deve quindi essere corretto per tener conto delle caratteristiche locali del sito, inserendo nel calcolo complessivo, oltre alla categoria di suolo di riferimento, anche i coefficienti di amplificazione Topografica e Stratigrafica. La categoria di suolo assegnata per tutto l'intervento in oggetto è evidentemente la “C”, in quanto siamo inequivocabilmente in presenza di “depositi sabbio-limosi e calcarenitico-sabbiosi”.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Ai fini della valutazione della sicurezza e più nello specifico della pericolosità sismica, le strutture sono state considerate “opera infrastrutturale di importanza normale” e corrispondente ad una classe d’uso I (Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli), con una vita nominale di 50 anni.

	TIPI DI COSTRUZIONE	$V_N$ (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Classe I	Presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...].
Classe III	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	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 [...].

**PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA  $V_R$**

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

$C_U \rightarrow$  coefficiente d'uso

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Le azioni sismiche da considerare devono quindi essere riferite ad un periodo di riferimento  $V_r$  ricavato moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ :

$$V_r = 50 (V_n) \times 0,7 (C_u) = 35$$

Qualora nella successiva fase di progettazione i parametri indicati dovessero essere considerati diversamente, sarà sufficiente modificare tali dati per ottenere i parametri di pericolosità sismica corretti.

Per il calcolo della pericolosità sismica e più nello specifico per la determinazione degli specifici coefficienti e degli spettri di risposta sismica è stato utilizzato, utilizzando i parametri sopra riportati, il software gratuito GeoStru Parametri Sismici.

Sito in esame: Stazione di elevazione e smistamento “Terna”.

- Latitudine: 40.602365 [°]
- Longitudine: 17.899875 [°]

Classe d'uso: I. Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici

Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	33921	40,601070	17,836820	5395,7
<b>Sito 2</b>	33922	40,598500	17,902530	561,2
<b>Sito 3</b>	33700	40,648440	17,905940	5034,3
<b>Sito 4</b>	33699	40,651010	17,840150	7360,1

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 35 anni  
 Coefficiente cu: 0.7

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,014	2,322	0,154
Danno (SLD)	63	35	0,015	2,317	0,167
Salvaguardia della vita (SLV)	10	332	0,041	2,485	0,414
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	682	0,050	2,573	0,479

Coefficienti Sismici:

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s <sup>2</sup> ]	[-]
<b>SLO</b>	1,200	1,600	1,000	0,003	0,002	0,165	0,200
<b>SLD</b>	1,200	1,570	1,000	0,004	0,002	0,181	0,200
<b>SLV</b>	1,200	1,310	1,000	0,010	0,005	0,480	0,200
<b>SLC</b>	1,200	1,270	1,000	0,012	0,006	0,593	0,200

Dove:

**SLO** = Stato Limite di Operatività – **SLD** = Stato Limite di Danno – **SLV** = Stato Limite di Salvaguardia della Vita – **SLC** = Stato Limite di Prevenzione del Collasso – **Tr** = Tempo di ritorno – **ag** = accelerazione orizzontale massima del terreno – **Fo** = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – **Tc\*** = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale – **Ss** = Coefficiente di amplificazione stratigrafica – **St** = Coefficiente di amplificazione topografica – **Cc** = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo – **Kh** = Coefficiente sismico orizzontale – **Kv** = Coefficiente sismico verticale – **Amax** = Accelerazione orizzontale massima attesa – **Beta** = Coefficiente di riduzione per Amax.

Lo scuotimento al suolo così determinato deve quindi essere corretto per tener conto delle caratteristiche locali del sito, inserendo nel calcolo complessivo, oltre alla categoria di suolo di riferimento, anche i coefficienti di amplificazione Topografica e Stratigrafica. La categoria di suolo assegnata per tutto l'intervento in oggetto è evidentemente la "B", in quanto siamo inequivocabilmente in presenza di "depositi sabbio-limosi e calcarenitico-sabbiosi".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>C</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Ai fini della valutazione della sicurezza e più nello specifico della pericolosità sismica, le strutture sono state considerate “opera infrastrutturale di importanza normale” e corrispondente ad una classe d’uso I (Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli), con una vita nominale di 50 anni.

	TIPI DI COSTRUZIONE	V <sub>N</sub> (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	≥50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

→	Classe I	Presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
	Classe II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...].
	Classe III	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
	Classe IV	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 [...].

**PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA  $V_R$**

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

$C_U \rightarrow$  coefficiente d'uso

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Le azioni sismiche da considerare devono quindi essere riferite ad un periodo di riferimento  $V_r$  ricavato moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ :

$$V_r = 50 (V_n) \times 0,7 (C_u) = 35$$

Qualora nella successiva fase di progettazione i parametri indicati dovessero essere considerati diversamente, sarà sufficiente modificare tali dati per ottenere i parametri di pericolosità sismica corretti.

Per il calcolo della pericolosità sismica e più nello specifico per la determinazione degli specifici coefficienti e degli spettri di risposta sismica è stato utilizzato, utilizzando i parametri sopra riportati, il software gratuito GeoStru Parametri Sismici.

## 7.CONCLUSIONI

Il presente studio sismico ha completato quello precedentemente redatto dal sottoscritto, di tipo geologico – idrogeologico e morfologico, relativamente a due aree site nel Comune di Brindisi (BR) che saranno interessate dalla realizzazione di impianto fotovoltaico, cavidotto di connessione, stazione di elevazione e smistamento.

Utilizzando i dati delle indagini sismiche effettuate in sito è stato possibile determinare il valore della Velocità equivalente (*velocità delle onde di taglio alla profondità di riferimento*) e successivamente sia la categoria di suolo di fondazione e sia l'accelerazione sismica di progetto, così come previsto dal T.U. del 17.01.18.

E' stato possibile stabilire che il substrato su cui si andranno ad esplicitare le azioni delle nuove strutture da realizzare può essere annoverato tra le categorie di suolo di fondazione di tipo ( "B" Stazione di elevazione e smistamento, Terna – **Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti** :con spessori di diverse centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/sec) e di tipo (C - Impianto fotovoltaico, Guarini - **Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza** : con spessori variabili da diverse decine di metri a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/sec e  $70 < C_u < 250$  kpa.

Le indagini effettuate consistono in 2 indagini sismiche, in onda S ed in onda P, e in 6 indagini penetrometriche. Nelle precedenti tabelle sono elencati i

parametri relativi a verifiche con grandi volumi di terreno interessati dallo SL,  
oppure per fondazioni strutturalmente rigide.

Il sottosuolo nei siti esibisce una certa omogeneità laterale, almeno in corrispondenza delle verticali indagate.

**Ciò premesso si ribadisce che dal punto di vista delle condizioni del sottosuolo non si rilevano condizioni a priori ostative al progetto.**

*Questo Documento si compone di 21 Pagine e 6 Allegati.*

Ginosa, gennaio 2020

**Dr. Geologo Francesco SOZIO**

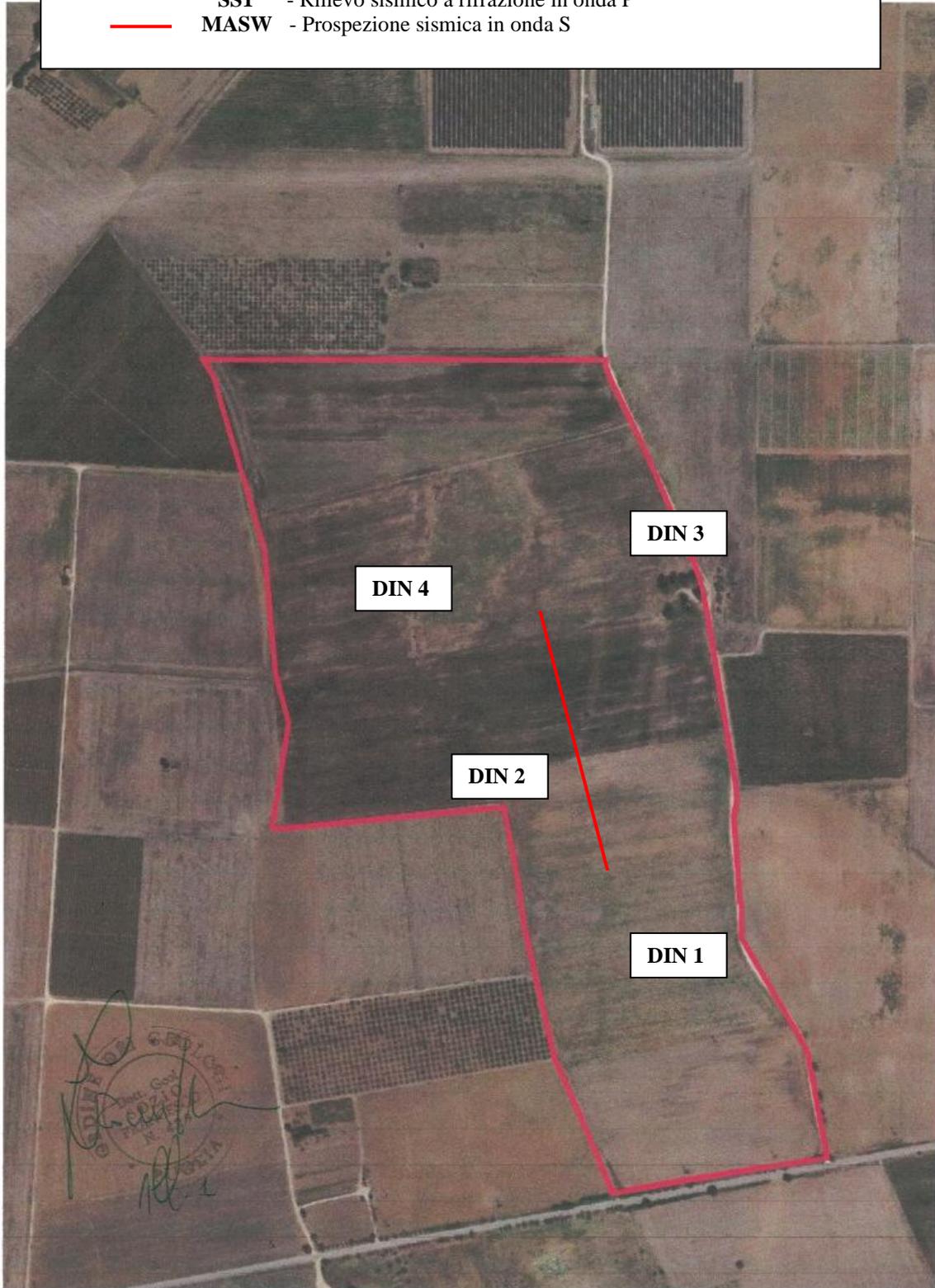


**PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Impianto Fotovoltaico Guarini

LEGENDA

-  **DIN** - Prova Penetrometrica Dinamica
-  **SS1** - Rilievo sismico a rifrazione in onda P
-  **MASW** - Prospezione sismica in onda S



GeostruPS\_report\_14-1-2020\_19-36

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii  
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 40,632984  
longitudine: 17,825558  
Classe: 1  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 33698	Lat: 40,6535	Lon: 17,7744	Distanza: 4886,641
Sito 2 ID: 33699	Lat: 40,6510	Lon: 17,8402	Distanza: 2352,326
Sito 3 ID: 33921	Lat: 40,6011	Lon: 17,8368	Distanza: 3673,784
Sito 4 ID: 33920	Lat: 40,6036	Lon: 17,7711	Distanza: 5642,181

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 35anni  
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,015 g  
Fo: 2,353  
Tc\*: 0,156 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 35 [anni]  
ag: 0,016 g  
Fo: 2,361  
Tc\*: 0,173 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 332 [anni]  
ag: 0,042 g  
Fo: 2,524  
Tc\*: 0,410 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 682 [anni]  
ag: 0,051 g  
Fo: 2,644  
Tc\*: 0,457 [s]

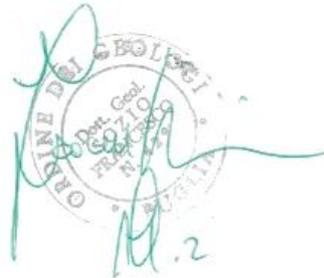
Coefficienti sismici Stabilità dei pendii

SLO:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,940  
St: 1,000  
Kh: 0,004  
Kv: 0,002  
Amax: 0,219  
Beta: 0,200

SLD:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,870  
St: 1,000  
Kh: 0,005  
Kv: 0,002  
Amax: 0,238  
Beta: 0,200

SLV:

Pagina 1



```
GeostruPS_report_14-1-2020_19-36
Ss: 1,500
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,013
Kv: 0,006
Amax: 0,613
Beta: 0,200
SLC:
Ss: 1,500
Cc: 1,360
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,008
Amax: 0,745
Beta: 0,200
```

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

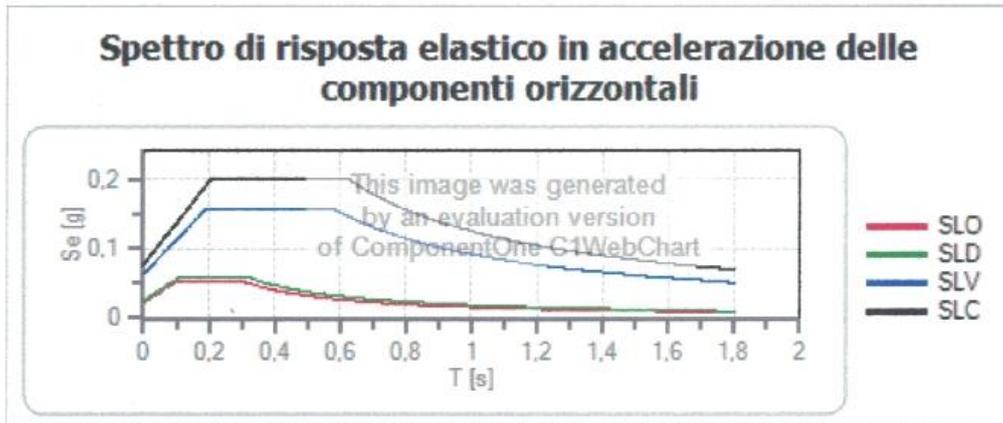
```
Coordinate WGS84
latitudine: 40.632006
longitudine: 17.824770
```

**Spettri di risposta**

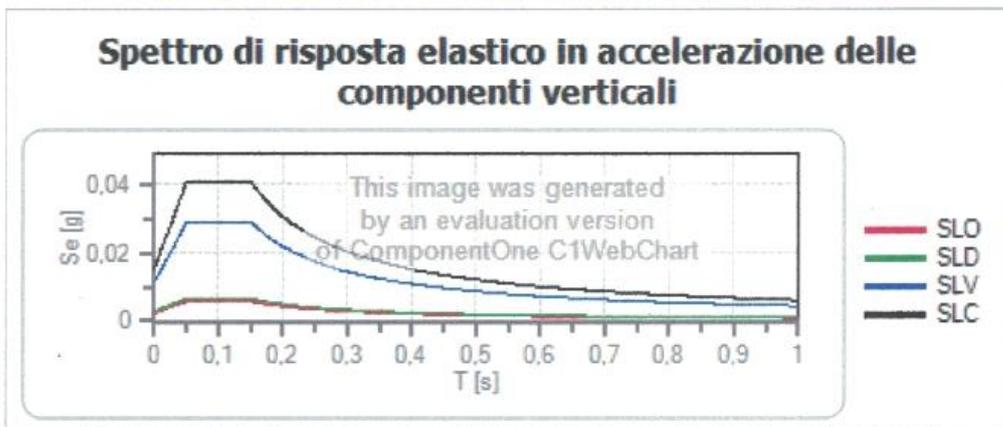
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,015	2,353	0,156	1,500	1,940	1,000	1,500	1,000	0,101	0,303	1,659
SLD	0,7	0,016	2,361	0,173	1,500	1,870	1,000	1,500	1,000	0,108	0,324	1,665
SLV	0,7	0,042	2,524	0,410	1,500	1,410	1,000	1,500	1,000	0,193	0,578	1,767
SLC	0,7	0,051	2,644	0,457	1,500	1,360	1,000	1,500	1,000	0,207	0,621	1,803



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,015	2,353	0,156	1,000	1,940	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	0,7	0,016	2,361	0,173	1,000	1,870	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	0,7	0,042	2,524	0,410	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	0,7	0,051	2,644	0,457	1,000	1,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

**Spettro di progetto**

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

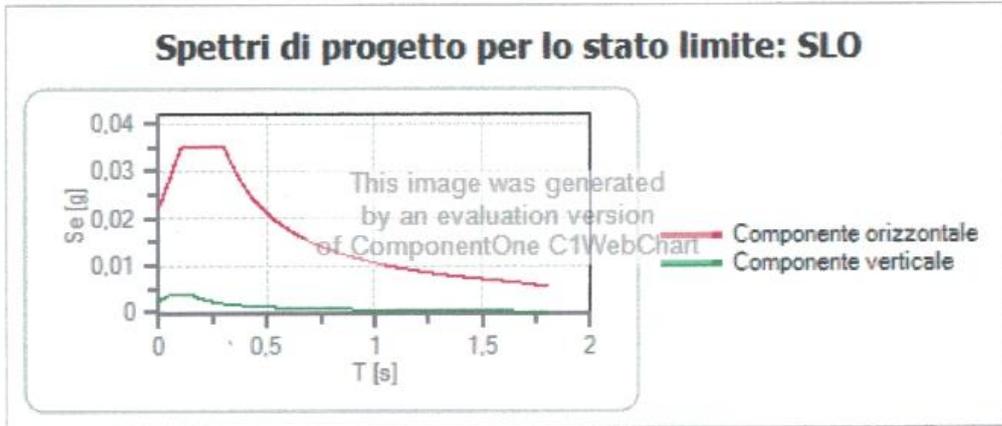


per lo spettro orizzontale = 0,667

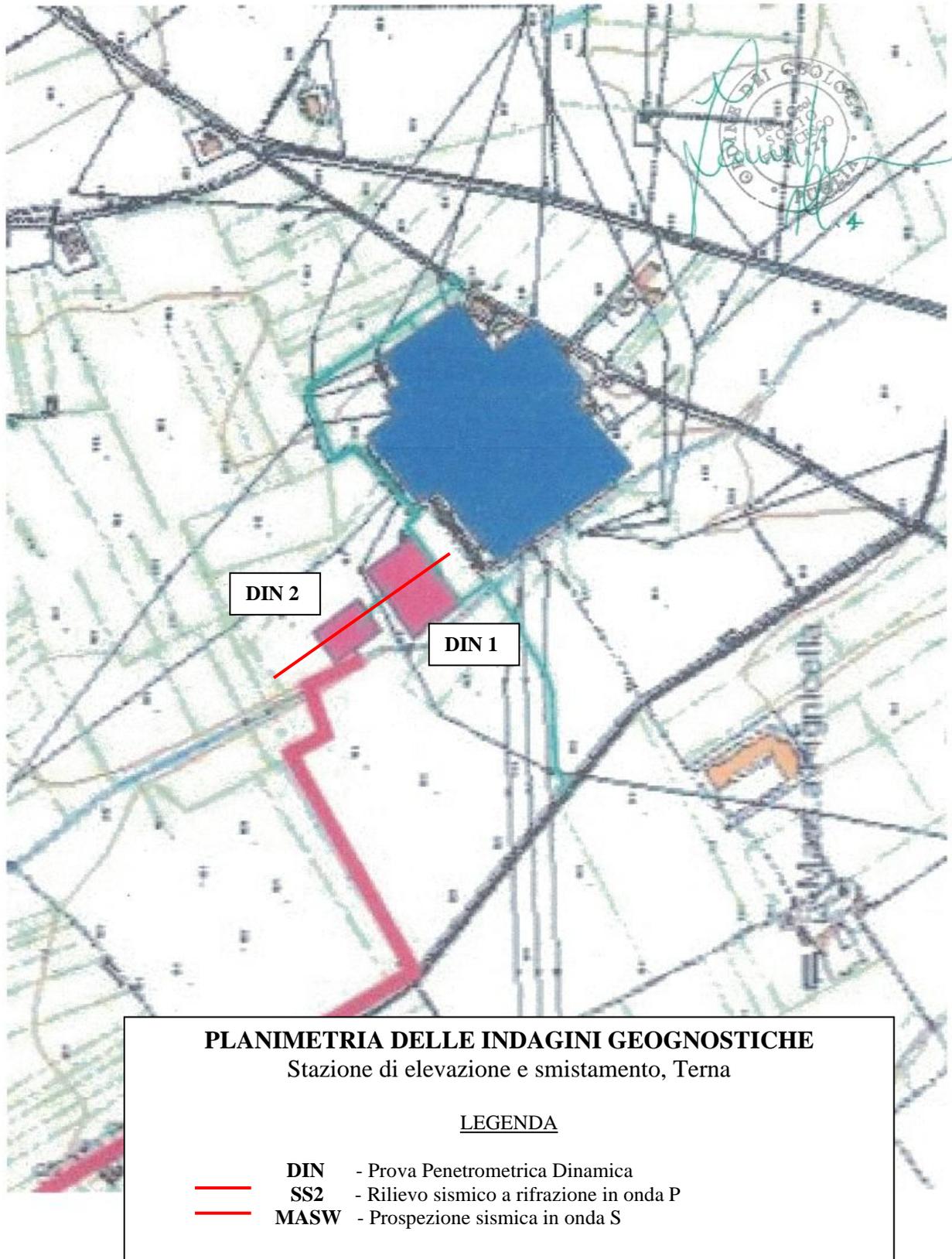
Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	0,7	0,015	2,353	0,156	1,500	1,940	1,000	1,500	1,500	0,101	0,303	1,659
SLO verticale	0,7	0,015	2,353	0,156	1,500	1,940	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000



GeostruPS\_report\_14-1-2020\_19-26

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii  
Muro rigido: 0

Sito in esame.  
latitudine: 40,603343  
longitudine: 17,900661  
Classe: 1  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento				
Sito 1 ID: 33921	Lat: 40,6011	Lon: 17,8368	Distanza: 5395,656	
Sito 2 ID: 33922	Lat: 40,5985	Lon: 17,9025	Distanza: 561,159	
Sito 3 ID: 33700	Lat: 40,6484	Lon: 17,9059	Distanza: 5034,310	
Sito 4 ID: 33699	Lat: 40,6510	Lon: 17,8402	Distanza: 7360,148	

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 35anni  
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):  
Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,014 g  
Fo: 2,322  
Tc\*: 0,154 [s]

Danno (SLD):  
Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 35 [anni]  
ag: 0,015 g  
Fo: 2,317  
Tc\*: 0,167 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):  
Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 332 [anni]  
ag: 0,041 g  
Fo: 2,485  
Tc\*: 0,414 [s]

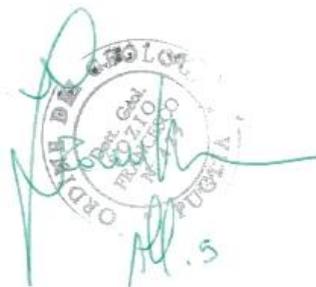
Prevenzione dal collasso (SLC):  
Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 682 [anni]  
ag: 0,050 g  
Fo: 2,573  
Tc\*: 0,479 [s]

Coefficienti sismici Stabilità dei pendii

SLO:  
Ss: 1,200  
Cc: 1,600  
St: 1,000  
Kh: 0,003  
Kv: 0,002  
Amax: 0,165  
Beta: 0,200

SLD:  
Ss: 1,200  
Cc: 1,570  
St: 1,000  
Kh: 0,004  
Kv: 0,002  
Amax: 0,181  
Beta: 0,200

SLV:



```
GeostruPS_report_14-1-2020_19-26
Ss: 1,200
Cc: 1,310
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,480
Beta: 0,200
SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,270
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,593
Beta: 0,200
```

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru

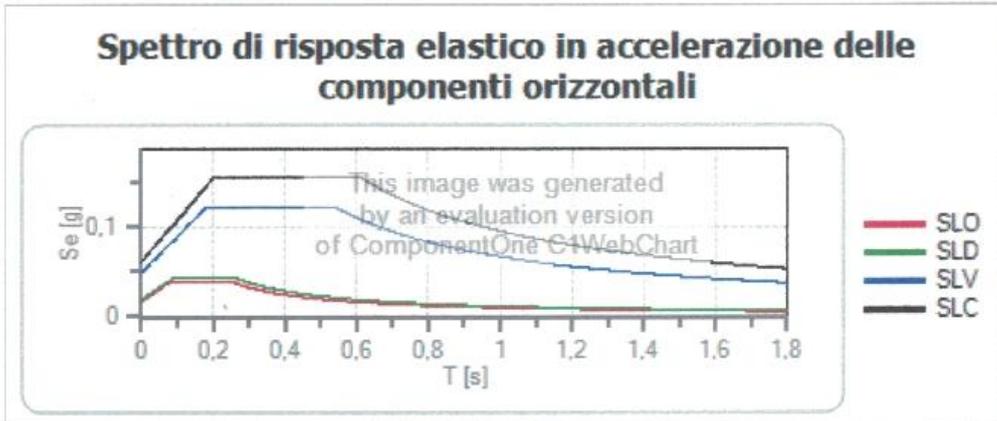
```
Coordinate WGS84
latitudine: 40.602365
longitudine: 17.899875
```

**Spettri di risposta**

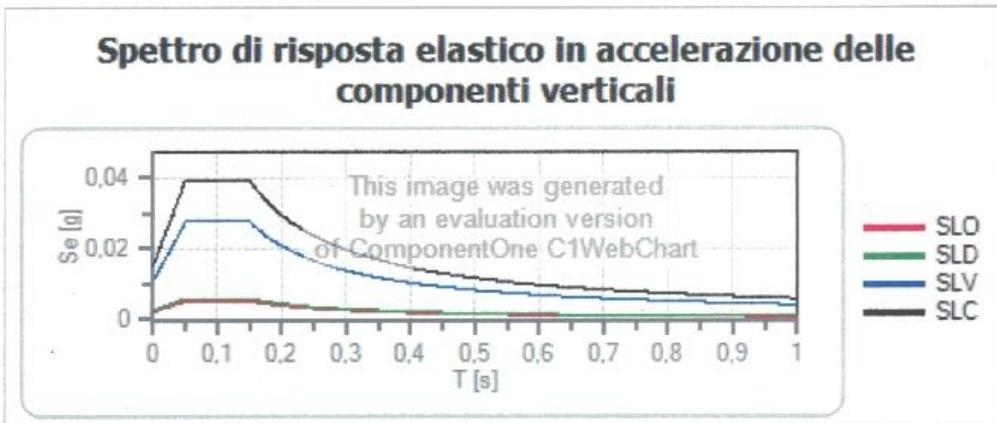
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,014	2,322	0,154	1,200	1,600	1,000	1,200	1,000	0,082	0,246	1,656
SLD	0,7	0,015	2,317	0,167	1,200	1,570	1,000	1,200	1,000	0,088	0,263	1,661
SLV	0,7	0,041	2,485	0,414	1,200	1,310	1,000	1,200	1,000	0,181	0,543	1,763
SLC	0,7	0,050	2,573	0,479	1,200	1,270	1,000	1,200	1,000	0,203	0,608	1,802



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,014	2,322	0,154	1,000	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	0,7	0,015	2,317	0,167	1,000	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,160	1,000
SLV	0,7	0,041	2,485	0,414	1,000	1,310	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	0,7	0,050	2,573	0,479	1,000	1,270	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

**Spettro di progetto**

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

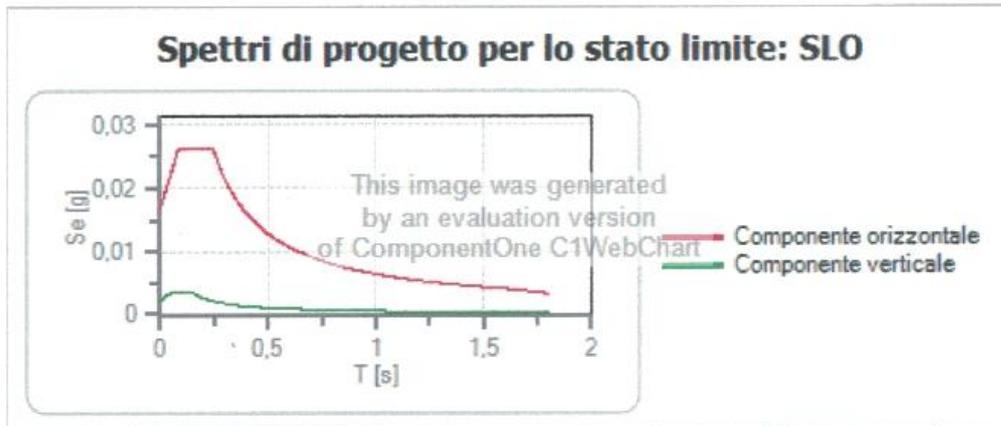


per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	0,7	0,014	2,322	0,154	1,200	1,800	1,000	1,200	1,500	0,082	0,246	1,656
SLO verticale	0,7	0,014	2,322	0,154	1,200	1,800	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000