

Completamento della Tangenziale di Vicenza
1° Stralcio Completamento

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS DPRL

I PROGETTISTI:

ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n.1063

ing. Angela Maria Carbone
Ordine Ing. di Roma n. 35599

IL GEOLOGO:

geol. Serena Majetta
Ordine Geol. del Lazio n.928

IL RESPONSABILE DEL SIA:

arch. Giovanni Magarò
Ordine Arch. di Roma n.16183

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ing. Anna Maria Nosari

PROTOCOLLO

DATA

ASSISTENZA AL GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS



ing. FILIPPO VIARO – *Strade e Idraulica*
Ordine Ing. di Parma n. 827A

ing. PIER PAOLO CORCHIA – *Strutture*
Ordine Ing. di Parma n. 751A

arch. SERGIO BECCARELLI – *Ambiente*
Ordine Arch. di Parma n. 377

GEOTECNICA

Relazione Sismica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00EG00GETRE02A		
DPVE08	D	1401	CODICE ELAB. T00EG00GETRE02	A	
C					
B					
A	EMISSIONE		Maggio 2018		
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

RELAZIONE SISMICA

SOMMARIO

1	PREMESSE	2
2	RIFERIMENTI: NORMATIVE, DOCUMENTI E BIBLIOGRAFIA	3
2.1	DOCUMENTI	3
2.2	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	3
2.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE	5
3.1	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO -STRATIGRAFICO	6
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	8
5.1	pericolosità sismica di base	8
5.2	CARATTERISTICHE SISMICHE LOCALI	13
5.3	AZIONI SISMICHE DI PROGETTO	17
5.4	SPETTRI DI PROGETTO	18
5.4.1	SPETTRO di risposta per lo stato limite slv	19
5.4.2	AZIONE SISMICA PSEUDO-STATICA	19
	ALLEGATO 1	20

1 PREMESSE

La presente relazione illustra le problematiche di carattere sismico nell'ambito del progetto definitivo "Completamento della Tangenziale di Vicenza – I Stralcio – Completamento".

Il tracciato di progetto si sviluppa con andamento circa EW dallo svincolo della S.P. 26 fino alla bretella di collegamento alla base militare DIN, in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Bacchiglione.

In base alla classificazione sismica del territorio in esame ed al manifestarsi di fenomeni di amplificazione locale, vengono fornite indicazioni sui valori delle azioni sismiche da adottare per le verifiche sismiche di stabilità dei rilevati e delle opere di sostegno e di progetto, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (NTC 2018).

Nel seguito quindi dopo una breve inquadratura geologica - stratigrafica della zona interessata dal tracciato, viene svolta la caratterizzazione sismica del sito con definizione delle caratteristiche sismiche locali attraverso l'approccio semplificato descritto nelle NTC 2018 (Cap 3.2.2), basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento e successiva definizione delle azioni sismiche di progetto

2 RIFERIMENTI: NORMATIVE, DOCUMENTI E BIBLIOGRAFIA

2.1 DOCUMENTI

- [Rif. 1] Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica generale – T00GE01GEORE01
- [Rif. 2] Relazione sismica– T00GE00GETRE02
- [Rif. 3] Profilo geotecnico – T00GE00GETFG01

2.2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [Rif. 4] Viggiani C. - "Fondazioni" – Hevelius Edizioni
- [Rif. 5] Lancellotta R. "Geotecnica" - Zanichelli
- [Rif. 6] Bruschi A. "Prove geotecniche in situ" – Dario Flaccovio Editore
- [Rif. 7] Mancuso C, "Misure dinamiche in situ" – Hevelius Edizioni
- [Rif. 8] Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando.
- [Rif. 9] Jamiolkowski, M., Lo Presti, D.C.F. and Garizio, G.M. (2001). "Correlation between Relative Density and Cone Resistance for Silica Sands". Jubilee Volume 75th Anniversary of K. Terzaghi's. Erdbaumechanik Wien, Edit. H. Brandl.
- [Rif. 10] Reese L.C., Cox W.R., Koop F.D. (1974) "Analysis of laterally loaded piles in sand" Proc. VI Off-shore Technology Conference, OTC 2080, Houston, Texas.
- [Rif. 11] Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.
- [Rif. 12] Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham.

2.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- [Rif. 13] DM 14.01.2018, "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- [Rif. 14] Circ. Min. Il. TT. 02.02.2009, n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008"
- [Rif. 15] Raccomandazioni AGI Giugno 1977, "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

- [Rif. 16] Raccomandazioni AGI maggio 1994 “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio”
- [Rif. 17] Linee guida AGI 2005 “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”
- [Rif. 18] UNI EN 1997-1:2005 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”
- [Rif. 19] UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”

3 INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

La porzione di territorio interessata dal tracciato stradale in oggetto ricade interamente nella provincia di Vicenza e si sviluppa nel settore settentrionale dell'area urbana di Vicenza.

Il tracciato ricade nel territorio comunale di Vicenza, ad eccezione del tratto in cui è prevista la rotatoria con viabilità di accesso alla base militare del DIN che è di pertinenza comunale di Caldogno.

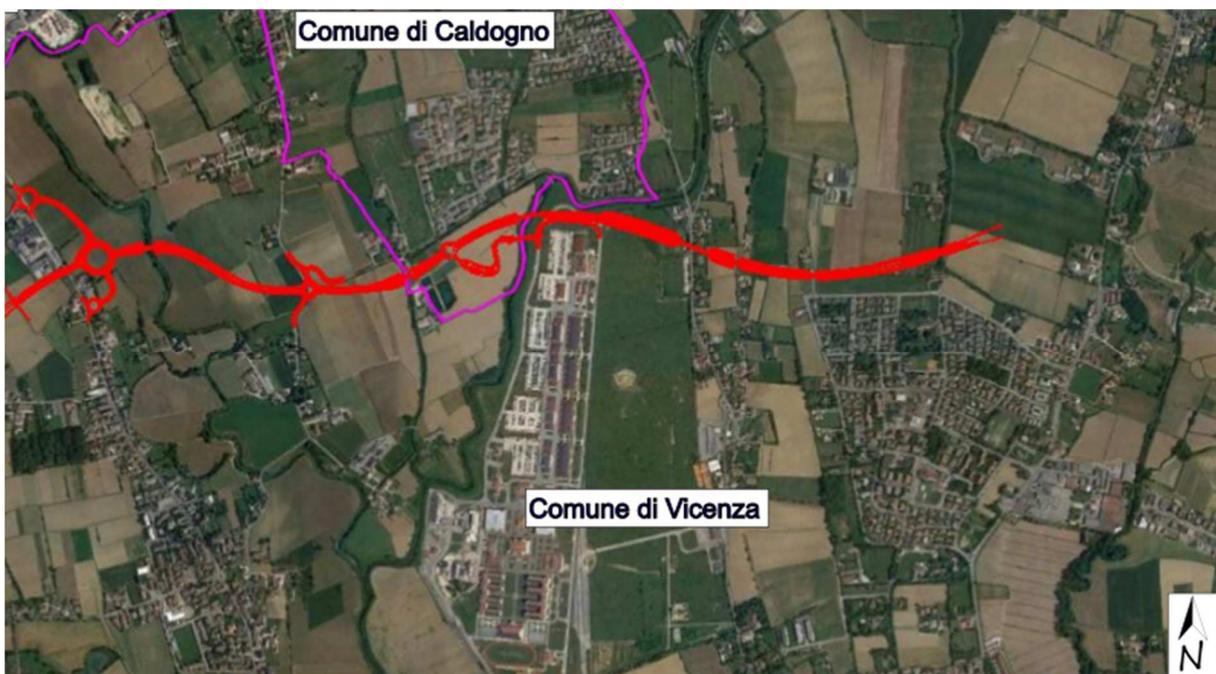


Figura 1. Inquadramento del tracciato stradale di progetto (in rosso)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO -STRATIGRAFICO

Rimandando alla Relazione Geologica di progetto per maggiori dettagli, nel seguito si delineano brevemente i caratteri geologici dell'area.

Il territorio appartiene al potente materasso alluvionale padano-veneto costituito, alla base, da sedimenti di formazione marina (sabbie, marne e argille) depositatesi nel Quaternario Antico o Pleistocene inferiore. Con il Pleistocene Medio iniziano a formarsi i più antichi depositi di tipo continentale contemporaneamente alla fusione dei ghiacciai e delle glaciazioni Donau e Gunz. Fenomeni di subsidenza, oscillazioni eustatiche, movimenti tettonici legati alle ultime fasi dell'orogenesi alpina determinarono il definitivo instaurarsi di un ambiente continentale, caratterizzato da un potente accumulo di materiali detritici fluvio-glaciali e fluviali.

Nell' inquadramento generale (estratto da studio geologico del PAT di Vicenza), il territorio presenta a sud di Vicenza una zona di rilievi collinari appartenenti alle propaggini più settentrionali dei Monti Berici costituiti da calcari, calcareniti, arenarie e marne oligoceniche-eoceniche con inclusioni vulcanitiche basaltiche appartenenti al sistema eruttivo oligocenico-paleocenico degli Euganei-Berici-Lessini. A nord di Vicenza, settore in cui ricade il tracciato di progetto, si estende una zona di pianura che appartiene al dominio delle alluvioni recenti e antiche del sistema Bacchiglione-Tesina-Astichello, depositate dai fiumi a seguito del trasporto dei sedimenti lungo la piana corrispondente alla media Pianura Veneta.

Le glaciazioni quaternarie sono state interessate da numerosi oscillazione termiche minori che hanno causato un'alternanza di progressioni e regressioni del fronte glaciale. Nel territorio in studio sono presenti i depositi delle fasi Rissiana e Rissiana Antica. I depositi allineati secondo cerchie aventi convessità rivolta verso la pianura sono stati rimodellati e parzialmente smantellati a più riprese durante i periodi interglaciali da imponenti scaricatori glaciali che corrispondevano approssimativamente agli attuali percorsi dei maggiori fiumi, asportando materiale sciolto per poi trasportarlo verso sud dove, depositato, ha dato luogo a vasti terrazzi degradanti verso le zone di media pianura.

Nell'ambito della pianura a nord di Vicenza entro cui si sviluppa il tracciato in progetto, caratterizzata dalla presenza di un materasso alluvionale differenziato e collocata a sud della "Fascia delle risorgive", i terreni quaternari sono costituiti da materiali detritici continentali di deposito fluvio-glaciale/alluvionale, molto variabili dal punto di vista granulometrico e tessiturale, geneticamente legati alla sovrapposizione ed interdigitazione delle conoidi subalpine dei principali corsi d'acqua ed alle loro divagazioni nell'area di pianura.

Dal punto di vista geologico, quindi, l'area è caratterizzata dalla presenza dei sedimenti di origine fluviale e fluvio-glaciale tipici della media Pianura Veneta. Il sottosuolo dell'alta e media pianura è costituito prevalentemente da grandi conoidi ghiaiosi deposti dai corsi d'acqua prealpini allo sbocco dalle vallate montane. Nella fascia di alta pianura, a ridosso dei rilievi prealpini, i differenti conoidi sono tra loro sovrapposti, a causa dell'ampia divagazione dei fiumi, determinando un sottosuolo pressoché ghiaioso, indifferenziato anche per

qualche centinaio di metri. A valle, nella media pianura, i conoidi di differente età non sono sovrapposti tra loro ma risultano nettamente separati da spessi livelli limoso-argillosi che arrivano quasi ad avvolgere i conoidi stessi; il sottosuolo mostra una struttura stratigrafica caratterizzata da alternanza di livelli alluvionali ghiaiosi con livelli limoso-argillosi, per spessori di centinaia di metri.

Il sottosuolo nel territorio studiato è quindi caratterizzato da una serie sedimentaria alluvionale, costituita da una potente successione di limi ed argille prevalenti, all'interno della quale si intercalano in profondità orizzonti e lenti più grossolane sabbioso-ghiaiose. La serie è riferibile ad ambienti di sedimentazione fluviali di bassa energia, con frequenti condizioni palustri o marine, e con temporanei e localizzati episodi fluviali o torrentizi d'energia maggiore.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base è intesa come la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. In particolare per "Pericolosità sismica" si intende la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo, in un certo luogo. La "Pericolosità sismica di base" è stimata sull'intero territorio nazionale a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, basandosi su una serie di elementi quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, scuotimento in accelerazione, finestra temporale, ecc.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (a_g), in condizioni di campo libero (*free field*), su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale; inoltre è valutata in termini di ampiezza dello spettro di risposta elastico corrispondente all'accelerazione attesa. Tale modello è definito sulla base delle caratteristiche sismologiche dell'area e suddivide il territorio italiano in classi di pericolosità omogenee.

L'attuale classificazione sismica è definita nell'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519 e suddivide il territorio italiano in quattro classi di pericolosità, nelle quali le accelerazioni e gli effetti attesi vanno decrescendo dalla zona I fino alla IV.

Sulla base delle analisi storiche e delle caratteristiche sismologiche dell'area viene definita la pericolosità sismica del territorio. L'area oggetto di intervento è localizzata tra i comuni di Vicenza e di Caldogeno, entrambi classificati in zona sismica 3 (Tabella 1 e Figura 2), in cui le accelerazioni orizzontali attese (a_g), sono comprese tra $0.05 \div 0.15$.

Tabella 1. Classificazione sismica del territorio italiano a seguito dell'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519. In rosso la zona di riferimento per il comune di Vicenza

Zona	a_g con prob. di superamento pari al 10% in 50 anni	Livello di pericolosità (INGV)
1	$a_g > 0.25$	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	Possuno verificarsi terremoti abbastanza forti
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	Possuno verificarsi modesti scuotimenti
4	$a_g \leq 0.05$	E' la meno pericolosa, la possibilità di danni sismici è bassa

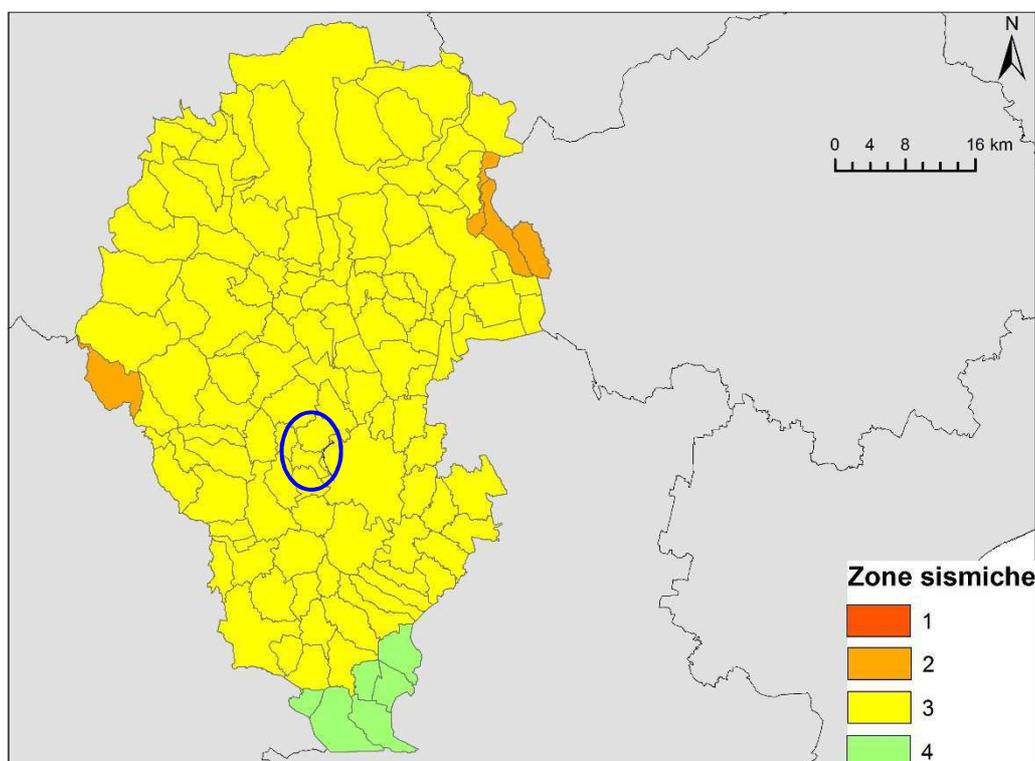


Figura 2. Classificazione sismica dei comuni facenti parte della provincia di Vicenza a seguito nell'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519. Il riquadro blu è indicata l'area in cui è prevista la realizzazione dell'opera in progetto.

La storia sismica dell'area (Figura 3) è valutabile attraverso le informazioni disponibili presso le banche dati dell'INGV ed in particolare nei seguenti database:

- Database Macrosismico Italiano (DBMI), disponibile presso: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), disponibile presso: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
- Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (IMAX), disponibile presso: http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/max_int_oss.html
- Database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (DOM4.1), disponibile presso: <http://emidius.mi.ingv.it/DOM/>.

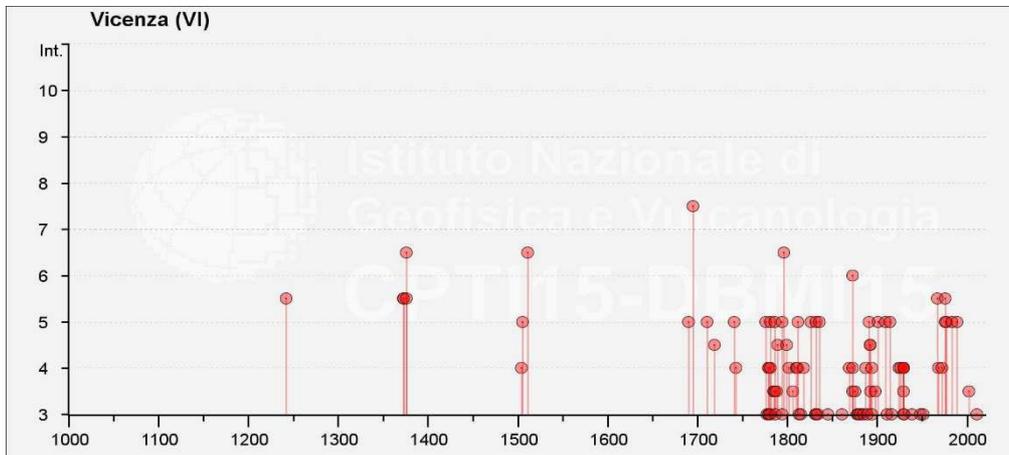


Figura 3. Database Macrosismico Italiano relativo alla città di Vicenza

Dall'analisi del database macrosismico si evince che l'area in esame è una regione dalla sismicità significativa, come documentato dalle informazioni storiche. In particolare nella storia sismica di Vicenza (presa quale località di riferimento), l'intensità risentita è generalmente compresa tra 3 e 5.

Sulla base delle analisi storiche e delle caratteristiche sismologiche dell'area viene definita la pericolosità sismica del territorio (Figura 4), che nel caso dell'area di interesse (a_g) presenta valori di accelerazione sismica compresa tra $0.150 \div 0.175 g$.

Secondo tale modello, su tutto il territorio nazionale si è disposta una maglia di punti per ognuno dei quali è assegnato un valore di accelerazione massima (a_g) su substrato rigido, un fattore di amplificazione spettrale F_0 ed un periodo caratteristico T_c^* relativi all'evento sismico atteso in un dato tempo di ritorno.

Per ognuno dei nodi della griglia di riferimento è possibile ottenere il dettaglio dell'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica, ovvero la valutazione dei contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La forma più classica e comune di disaggregazione, è quella di tipo 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; in pratica, 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.

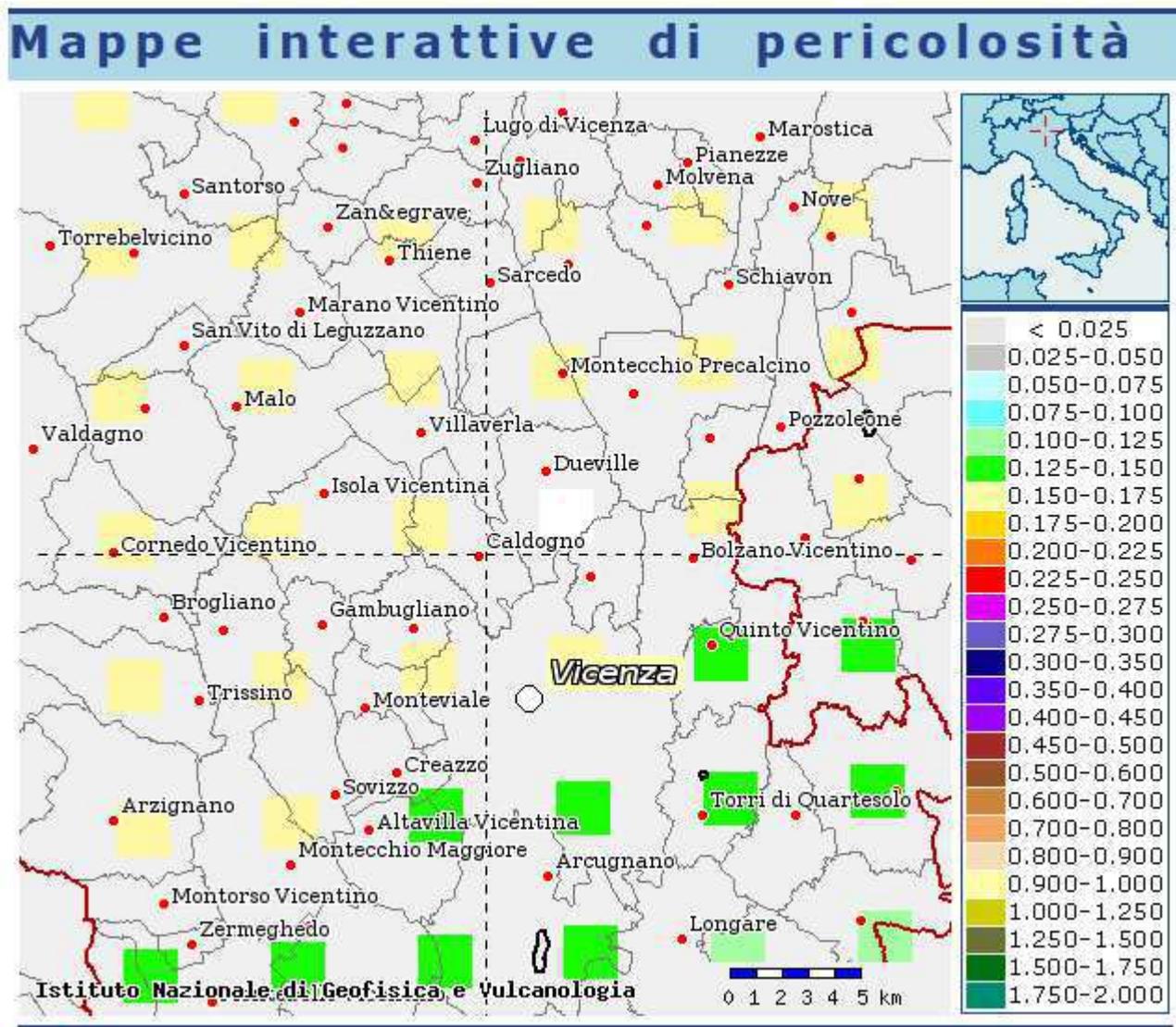


Figura 4. Mappa dei valori di pericolosità sismica della Regione Veneto, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del 30 D.M. 14.09.2005)(da http://zone-sismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/molise.html).

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. In Figura 5 si riporta l'analisi riferita alla disaggregazione in M-R- ϵ del nodo della griglia più prossimo all'area di progetto; dall'analisi complessiva dei dati si hanno valori medi di Magnitudo M pari a 5.02, Distanza D pari 9,9 km ed un ϵ di 0,7.

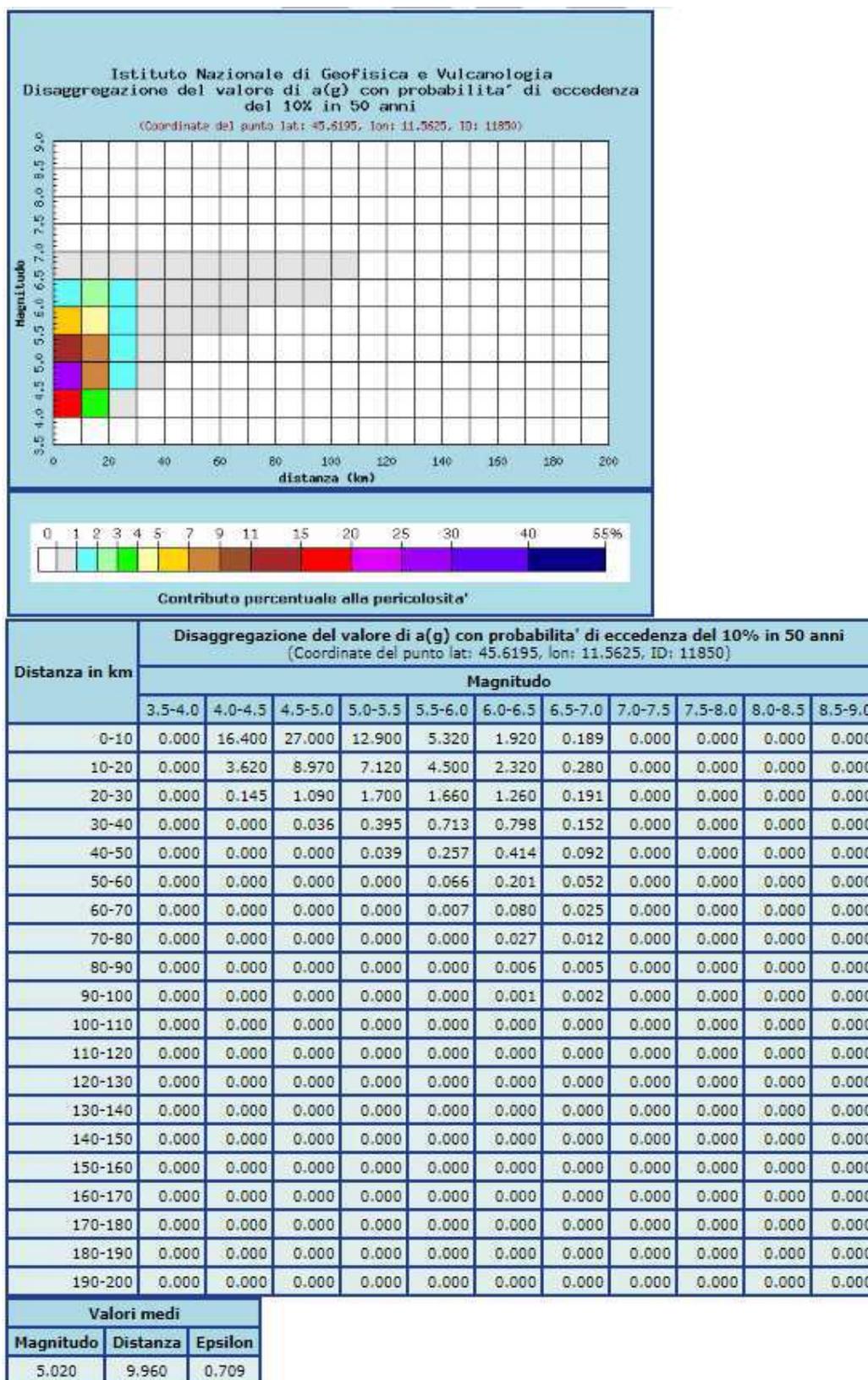


Figura 5. Disaggregazione in M-R- ε del nodo della griglia più prossimo all'area di progetto

Il risultato degli studi di pericolosità sismica di base sono sintetizzati in degli spettri di risposta elastici, che forniscono, per diversi periodi T di oscillazione, il valore massimo della pseudo-accelerazione al suolo.

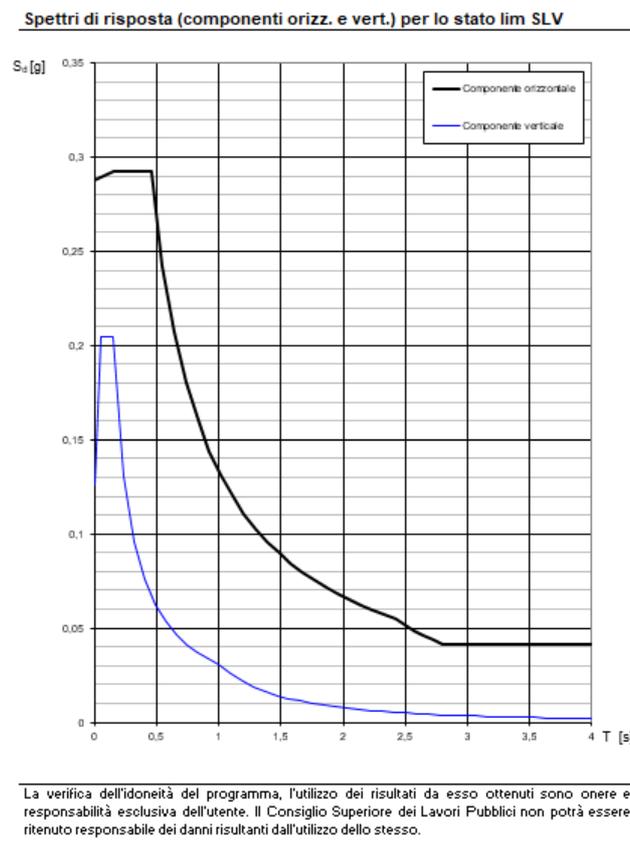


Figura 6. Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno di riferimento relativi al comune di Coldogno-Rettorgole.

A partire dai dati forniti dall'analisi della pericolosità di base è necessario valutare la pericolosità sismica locale, ovvero l'effetto della risposta sismica locale, al fine di calcolare l'azione sismica di progetto.

5.2 CARATTERISTICHE SISMICHE LOCALI

La normativa vigente prevede che per la definizione dell'azione sismica di progetto si possa fare riferimento ad un approccio semplificato basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (NTC 2008 – Cap 3.2.2, Tab 3.2 II e 3.2 III). Secondo la normativa vigente, l'identificazione della categoria di sottosuolo deve essere effettuata sulla base dei valori della velocità equivalente ($V_{s,30}$) di propagazione delle onde di taglio (Onde S) entro i primi 30 metri di profondità;

Nell'ambito della progettazione esecutiva dell'opera in progetto, l'azione sismica è stata valutata attraverso l'analisi dei dati sismici acquisiti durante le campagne di indagine geognostica.

In particolare sono stati osservati i risultati di due prove MASW (indagini ANAS anno 2018) (Tabella 2 Figura 7 Figura 8) e una prova SCPTU (Indagini 2014) (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.) eseguite nell'ambito delle indagini eseguite in fase di progettazione definitiva. Le indagini citate hanno definito i valori della velocità equivalente ($V_{s,30}$) di propagazione delle onde di taglio (onde S) entro i primi 30 metri di profondità. Sulla base di tali risultati è possibile identificare la categoria di sottosuolo attraverso l'approccio precedentemente descritto. Le indagini MASW2 e MASW3 hanno evidenziato un $V_{s,30}$ pari rispettivamente a 224 m/s e 210 ms. Similmente l'indagine SCPTU3D (Figura 9) ha evidenziato valori di V_s mediante paria 210 m/s.

MASW 2_2018				
Profondita' (m dal p.c.)	V_s (m/s)	$h_i/V_{s,i}$		
0,9	162	0,00555556		
2	163	0,00674847		
3,5	170	0,00882353		
5,2	163	0,01042945		
7,4	134	0,01641791		
10,2	143	0,01958042		
13,7	245	0,01428571		
18	275	0,01563636		
23,4	382	0,01413613		
30	297	0,02222222		
	$V_{s,30}$	224	[m/s]	C
MASW 3_2018				
Profondita' (m dal p.c.)	V_s (m/s)	$h_i/V_{s,i}$		
1,2	162	0,00740741		
2,6	163	0,00858896		
4,4	170	0,01058824		
6,7	163	0,01411043		
9,5	134	0,02089552		
13,1	143	0,02517483		
17,5	245	0,01795918		
23	275	0,02		
30	382	0,01832461		
	$V_{s,30}$	210	[m/s]	C

Tabella 2. Risultati dell'indagine sismica MASW2- MASW3

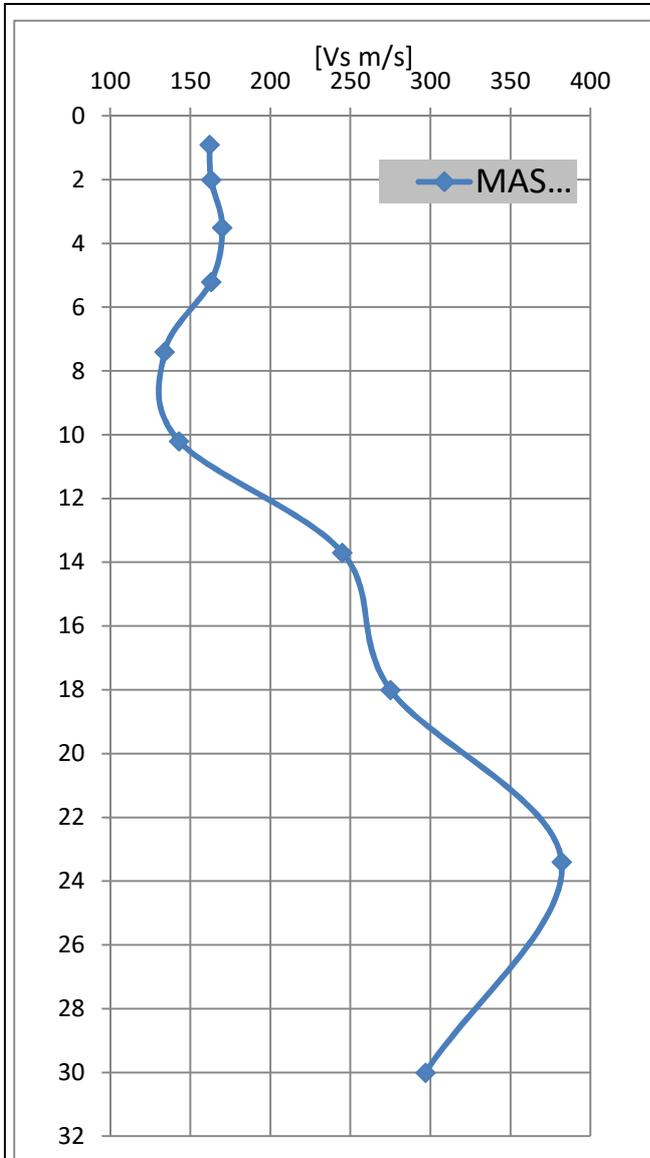


Figura 7. Risultati MASW 2



Figura 8. Risultati MASW 3

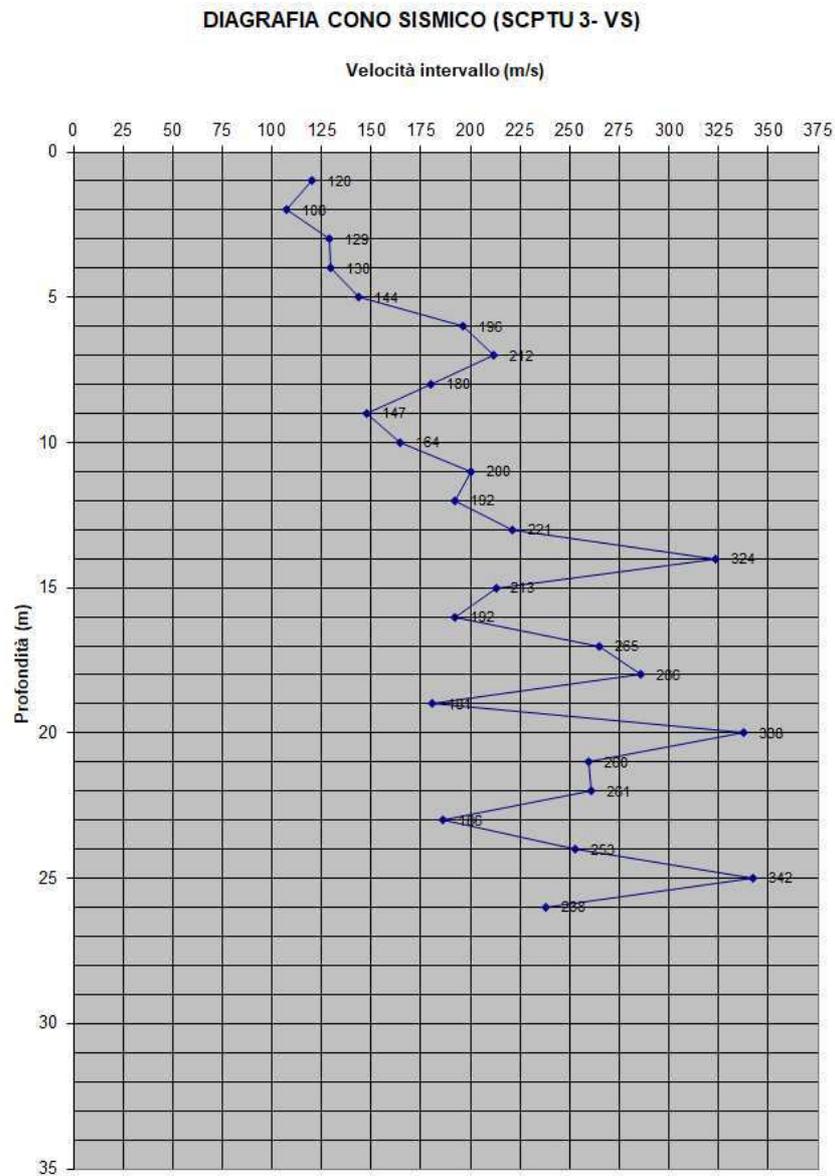


Figura 9. Risultati SCPTU_3D

I risultati forniti dalle indagini sismiche consultate, permettono di definire il terreno di fondazione dell'area interessata dall'opera in progetto come Categoria C (Tabella 3). Sulla base di tale parametro possono essere calcolati tutti i coefficienti necessari alla progettazione di un'opera.

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

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

Estratto dalle NTC-2018 (tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo)

Tabella 3. Categorie di sottosuolo NTC2018

5.3 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

In accordo con le prescrizioni delle NTC 2018, l'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite nelle verifiche strutturali e geotecniche, è definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito, a sua volta espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido e superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende, inoltre, la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione, "ancorato" al valore $S_e(T=0) = a_g$, facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza della stessa azione sismica nel periodo di riferimento V_R per la struttura. Tale periodo V_R , da definirsi a carico dei progettisti in funzione della vita nominale V_N dell'opera e della sua classe d'uso (vedi NTC 2018, §2.4), nel caso specifico è stato assunto pari a $V_N=100$ anni con classe d'uso IV ($C_U=2$). Di conseguenza:

$$V_R = V_N * C_U = 200 \text{ anni}$$

A partire dal periodo di riferimento V_R , e dalla probabilità P di superamento nel periodo di riferimento $V_R=f(PVR)$ associata allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), pari al 10%, è possibile calcolare, seguendo le istruzioni in allegato alle NTC 2008, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R come:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - PVR) = 949 \text{ anni};$$

Avendo definito il periodo di ritorno, la forma dello spettro di risposta dipende dai seguenti parametri definiti per un sito rigido, con superficie topografica 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.

Nelle tabelle in allegato al testo delle NTC 2018, i suddetti valori vengono forniti, in funzione delle coordinate geografiche, per una griglia di punti prefissati sul territorio: i valori per luoghi geografici situati in punti intermedi della griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. Nello specifico, per l'area in esame, si è fissato come riferimento indicativo un punto baricentrico del tracciato con coordinate geografiche:

Lat. 45.5582

Long.: 11.5419

Quindi con il foglio "Spettri-NTCver.1.0.3" (Vedi allegato 1) in base alle coordinate del sito ed ai seguenti dati di riferimento, sono state valutate le azioni sismiche di progetto. L'interpolazione dei valori di griglia ha fornito i seguenti valori per le grandezze caratteristiche del sisma di progetto per le verifiche SLV:

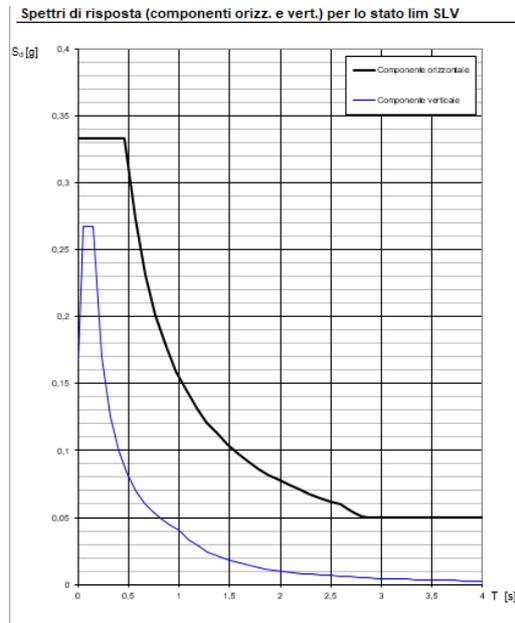
- $a_g = 0,249g$
- $F_0 = 2,398$
- $T_c = 0,295 s$
- $S_S = 1,342$
- $S_T = 1.00$

Le opere in esame, inquadrare ai sensi della normativa italiana vigente nel reticolo di coordinate geografiche di riferimento per il calcolo della pericolosità sismica, possono essere rappresentate dalle coordinate geografiche del Comune di Vicenza

5.4 SPETTRI DI PROGETTO

Vengono riportati di seguito gli spettri di risposta e i relativi parametri sismici ottenuti considerando tutti gli aspetti descritti nei precedenti paragrafi.

5.4.1 SPETTRO DI RISPOSTA PER LO STATO LIMITE SLV



5.4.2 AZIONE SISMICA PSEUDO-STATICA

Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo. Il vettore rappresentativo di tale forza ha punto di applicazione nel baricentro della massa esaminata, direzione nelle tre componenti spaziali X, Y e Z, verso in entrambi i sensi e modulo pari a:

$$F_{\text{sisma}} = W * S_d(T_i)$$

con:

- W = massa dell'elemento;
- $S_d(T_i)$ = accelerazione sismica funzione del periodo proprio di oscillazione della massa.

Per strutture che hanno periodo proprio di oscillazione pari a 0 (rigidezza k molto elevata, tipica di strutture che oscillano con il terreno) la corrispondente accelerazione $S_d(T=0)$ è proprio uguale all'accelerazione massima orizzontale attesa al sito a_{max} .

Una volta noti i parametri dello spettro di risposta, l'accelerazione massima attesa al sito a_{max} è valutabile come:

$$a_{\text{max}} = S_S * S_T * a_g$$

Per il sito in esame risulta dunque $a_{\text{max}} = 0,334g$.

ALLEGATO 1

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
11,5419

LATITUDINE
45,5582

Ricerca per comune

REGIONE
Veneto

PROVINCIA
Vicenza

COMUNE
Vicenza

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N

100

info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_d

2

info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R

200

info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R

info

Stati limite di esercizio - SLE

$SLO - P_{VR} = 81\%$

120

Stati limite di esercizio - SLE

$SLD - P_{VR} = 63\%$

201

Stati limite ultimi - SLU

$SLV - P_{VR} = 10\%$

1898

Stati limite ultimi - SLU

$SLC - P_{VR} = 5\%$

2475

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

Strategia di progettazione

Strategia	SLO	SLD	SLV	SLC
Strategia scelta (■)	120	201	1898	2475
Strategia per costruzioni ordinarie (□)	~40	~60	~100	~150

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** info
 Categoria topografica: **T1** info
 $S_g = 1,342$ $C_D = 1,570$ info
 $h/H = 0,000$ $S_T = 1,000$ info
(In quota sito, Altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1,000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s : **3** Regol. in altezza: **no** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q : **1,5** $\eta = 0,667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

$S_{d,0}$ [g]

$S_{d,v}$ [g]

S_e [g]

Spettro di progetto - componente orizzontale
 Spettro di progetto - componente verticale
 Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_s	0,249 g
F_a	2,398
T_a	0,296 s
S_g	1,342
C_D	1,570
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,342
η	0,417
T_b	0,166 s
T_c	0,464 s
T_d	2,696 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_g \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (3 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)
 $T_b = T_a / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_c = C_D \cdot T_a$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_d = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_s} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s$$

$$T_c \leq T < T_d \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_d \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_d}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con ηq , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0,000	0,334
0,155	0,333
0,464	0,333
0,565	0,274
0,667	0,232
0,768	0,201
0,870	0,178
0,971	0,159
1,073	0,144
1,174	0,132
1,276	0,121
1,377	0,112
1,478	0,105
1,580	0,098
1,681	0,092
1,783	0,087
1,884	0,082
1,986	0,078
2,087	0,074
2,189	0,071
2,290	0,068
2,392	0,065
2,493	0,062
2,595	0,060
2,661	0,057
2,728	0,054
2,795	0,051
2,862	0,050
2,929	0,050
2,996	0,050
3,063	0,050
3,130	0,050
3,197	0,050
3,264	0,050
3,331	0,050
3,398	0,050
3,465	0,050
3,532	0,050
3,598	0,050
3,665	0,050
3,732	0,050
3,799	0,050
3,866	0,050
3,933	0,050
4,000	0,050