

S.S.51 "ALEMAGNA"
VARIANTE DI LONGARONE

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COD. VE407

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE e PRGETTISTA:

Dott. Ing. Massim Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma A26031)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso*
(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)

Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza*
(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Mada*
(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura*
(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:



GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Carcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Giacomo (Ord. Ing. Prov. Roma A15138)

COORDINATORE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Maria Antonietta Merandino (Ord. Ing. Prov. Roma A28481)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De Cesbron De La Grennelais

GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

RELAZIONE SISMICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPVE0407

D

21

NOME FILE

VE407_T00GE00GEORE02_B

CODICE ELAB.

T00GE00GEORE02

REVISIONE

SCALA:

B

-

D

C

B

A

EMISSIONE

MAGGIO 2022

G. FALASCHI

M. CUCCARO

M. CAPASSO

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4	MACROSISMICITA' DELL'AREA	7
5	SISMICITÀ STORICA	8
6	CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA.....	13
7	ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA.....	22
8	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	30
9	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	38
10	ELABORAZIONE DATI GEOFISICI E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	40
10.1	Indagini sismiche in foro down hole.....	42
10.2	Prospezione sismica a rifrazione	87
10.3	Prospezione sismica MASW	129
11	RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	132
12	CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	136
13	BIBLIOGRAFIA.....	141

ALLEGATO 1 – INDAGINI GEOFISICHE 2022

ALLEGATO 2 – PLANIMETRIA CON CLASSIFICAZIONE SISMICA

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

1 PREMESSA

Scopo della relazione sismica è la caratterizzazione sismica dell'area interessata dal progetto di fattibilità tecnica ed economica (PFTE) dell'intervento VE407 S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone che prevede l'adeguamento della S.S.51 a Tipo C1., in provincia di Belluno.. A tal fine è stato seguito quanto prescritto dal D.M. *17 Gennaio 2018* riguardante la definizione dei parametri sismici di progetto, per calcolare i quali, è stata condotta un'analisi dei dati geofisici sperimentali finalizzata alla stima della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ed alla valutazione degli altri elementi che possono contribuire alla modifica del moto sismico in superficie (accelerazione sismica, caratteristiche stratigrafiche, condizione topografia, ecc.). Questo studio ha riguardato l'infrastruttura nella sua interezza, sebbene sia stata prestata particolare attenzione alle principali opere d'arte previste nel progetto dell'infrastruttura stessa.

Lo studio realizzato è stato articolato secondo il seguente schema concettuale:

- Macrosismicità
- Analisi della sismicità storica del territorio;
- Analisi della Normativa di riferimento
- Macrozonazione sismica: Pericolosità e Vulnerabilità;
- Sismicità applicata al tracciato
- Elaborazione dati geofisici;
- Caratterizzazione sismica dell'area (D.M. *17 Gennaio 2018*);
- Calcolo del parametro V_{seq} ;

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

- *D.G.R. n. 244 del 09 marzo 2021 – Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94. D.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021;*
- *Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;*
- *D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;*
- *D.G.R. 1572 del 03/09/2013, “Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione”. Allegato A) “Linee Guida Regionali per la Microzonazione sismica”. Allegato B): “Elenco dei Comuni del Veneto a cui applicare le linee guida per gli studi di Microzonazione Sismica”.*
- *D.G.R. 71 del 22/01/2008, “Direttive per l'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” e s. m. e. i.;*
- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 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.”; modificata dall'O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;*

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato attuale della S.S. 51 attraversa il paese di Longarone. Ciò provoca una forte discontinuità funzionale, derivante dalla connotazione urbana che la strada forzosamente assume costituendo un "collo di bottiglia" per l'intera rete viaria della zona. La situazione odierna del traffico lungo la S.S.51 ha ricadute negative anche sulla sicurezza della circolazione. Infatti il numero annuo d'incidenti benché non elevato in valore assoluto è significativamente maggiore della media sull'intero percorso.

Il tracciato della variante ha una lunghezza di circa 11 km. L'intervento inizia in corrispondenza dello svincolo di Soverzene dove l'autostrada A 7 confluisce nella SS51, si sviluppa totalmente in destra idraulica del fiume Piave e si riconnette alla S.S.51 attuale poco a nord dell'abitato di Castellavazzo in corrispondenza della galleria stradale esistente.

L'intervento ricade nei Comuni di Ponte nelle Alpi e Longarone, come illustrato nella figura che segue.

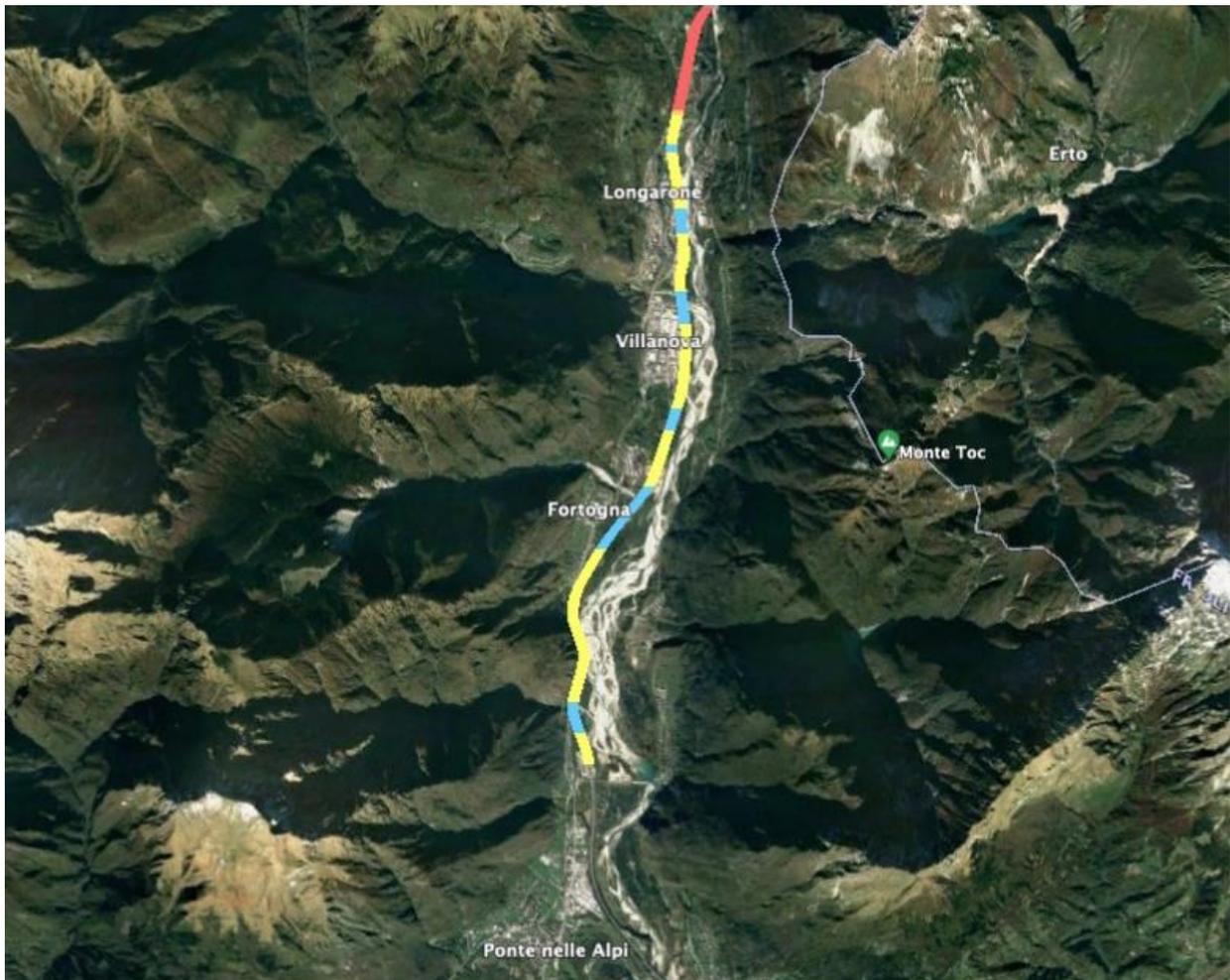


Fig. 1 – Ubicazione dell'area di intervento –

Il tracciato insiste sul territorio comunale di Ponte nelle Alpi (BL) per i primi chilometri, dalla progressiva 0 alla progressiva 1.620,

La realizzazione della variante, si sviluppa a partire nel Comune di Ponte nelle Alpi dalla progressiva 0+000 fino alla progressiva 1+620, che coincide con il limite comunale, per poi proseguire nel Comune di Longarone sino alla fine dell'intervento che è posto all'altezza galleria Termine, in prossimità della progressiva 11+230 sempre sul territorio di Longarone. Il tracciato in studio ricade nelle seguenti tavolette della Carta Tecnica Regionale del Veneto, nella sequenza progressiva del tracciato da S verso N:

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Il tracciato ricade nelle sezioni N° 046163, 046164, 046161, 046122 e 046121 della Carta Tecnica Regionale.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

4 MACROSISMICITA' DELL'AREA

Il tracciato, si sviluppa in destra fiume Piave, a partire da Pian di Vedoia, superando Longarone e Castellavazzo, e si raccorda all'esistente tracciato in località Fason, pressoché poco prima dell'imbocco della Galleria Termine attraversando i territori comunali di Ponte nelle Alpi e Longarone–Castellavazzo, entrambi in provincia di Belluno.

Il territorio non è stato interessato da epicentri sismici ma risente della sismicità di zone non lontane, in particolare lungo il margine meridionale delle Prealpi venete, *Fig. 2*, Tra le sorgenti sismogenetiche piú vicine, sia singole che composite, si segnalano:

- il Thrust di Bassano–Vittorio Veneto
- il Thrust di Andreis–Forgaria
- il Thrust del Cansiglio
- il Thrust di Montebelluna – Reale

In maniera minore ha talora risentito anche di sismi avvenuti lungo l'arco appenninico zona parmense e reggiano e nella zona slovena occidentale

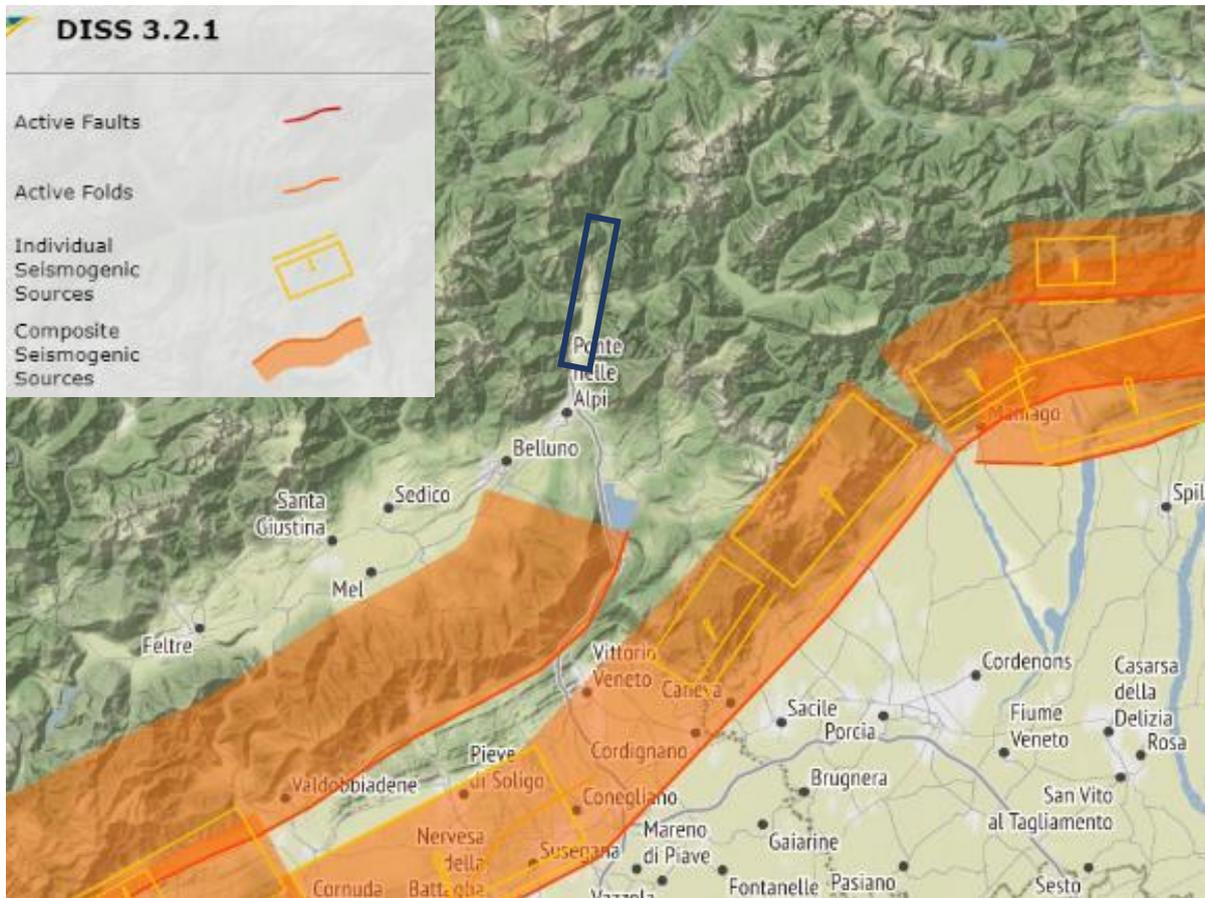


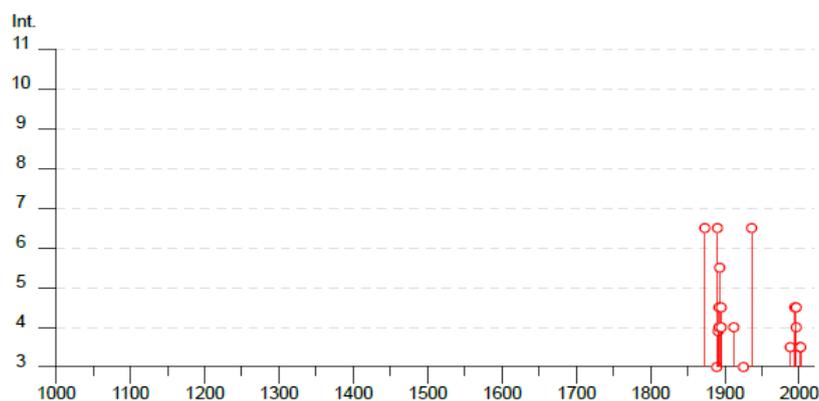
Fig. 2 – Database of Individual Seismogenic Sources (DISS
Ver.3.2.1)

5 SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dei due territori comunali è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il relativo database DBMI15 è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile, Fig. 3 e Fig. 4 e tabelle allegate.

Longarone

PlaceID IT_26283
 Coordinate (lat, lon) 46.269, 12.301
 Comune (ISTAT 2015) Longarone
 Provincia Belluno
 Regione Veneto
 Numero di eventi riportati 27



Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
6-7	1873	06	29	03	58		Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
3	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
6-7	1890	03	26	20	10		Bellunese	48	6	4.82
F	1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1892	01	11	01	56		Alpago Cansiglio	13	4-5	4.02
4-5	1892	06	23	23	20		Dolomiti Friulane	71	5-6	4.58
5-6	1893	10	27	16	31		Bellunese	54	5	4.42
NF	1894	11	28				Feltrino	11	5-6	4.49
4-5	1895	02	27	15	38		Dolomiti Friulane	31	5	4.31
4	1895	06	10	01	47		Prealpi Trevigiane	73	6	4.85
NF	1904	10	09	06	41		Dolomiti Friulane	10	5	4.16
NF	1911	02	08	02	54		Carnia	29	5	4.26
4	1912	08	05	10	33		Alpago Cansiglio	12	4-5	4.34
2	1924	12	12	03	29		Carnia	78	7	5.42
3	1925	07	04	17	48		Bellunese	12	4	3.87
NF	1934	05	04	13	56		Carnia	80	6	4.69
6-7	1936	10	18	03	10		Alpago Cansiglio	269	9	6.06
2	1959	04	26	14	45		Carnia	122	7-8	5.21
NF	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
3-4	1988	06	12	20	09	0	Dolomiti Friulane	67	5	4.16
4-5	1994	04	20	21	25	0	Dolomiti Friulane	159	5-6	4.12
2-3	1996	01	27	08	26	1	Dolomiti Friulane	91	4-5	3.90
4	1996	02	27	11	13	0	Dolomiti Friulane	150	5	4.27
4-5	1996	04	13	13	00	0	Dolomiti Friulane	164	5-6	4.43
3-4	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
3-4	2002	02	14	03	18	0	Carnia	338	5-6	4.67
NF	2004	07	12	13	04	06	Slovenia nord-occidentale	353		5.12

Fig. 4 – Sismicità storica territorio di Longarone–Castellavazzo (dal 1000 al 2005)

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

Nelle successive Fig. 5 e Fig. 6, sono riportati i sismi con $MW > 3.5$ registrati nei territori di Longarone e Ponte nelle Alpi registrati dal 2005 ad oggi, con coordinate, distanza e profondità della zona ipocentrale.

Come mettono in luce tutti i dati storici a disposizione, i sismi storicamente piú importanti sono sostanzialmente 3, due dei quali con epicentro in Alpago – Cansiglio, avvenuti nel 1873 e 1890 rispettivamente di intensità 8 e 7 e magnitudo 6.3 e 6.06. Altro sisma importante, che sembra aver avuto pero piú importanza su Longarone, è segnalato nel 1890, con epicentro nel Bellunese e intensità e magnitudo rispettivamente 6–7 e 4.8. L'ultimo terremoto di dimensioni ed intensità considerevoli segnalato, è quello avvenuto il 18 ottobre del 1936. Il sisma manifestò un'intensità di grado XI MCS. Epicentro ancora in Alpago Cansiglio e ipocentro localizzato in località "Pian Osteria", ad una profondità di 14 km.

<u>Data e Ora (Italia)</u>	<u>Magnitudo</u>	<u>Zona</u>	<u>Profondità</u>	<u>Latitudine</u>	<u>Longitudine</u>
<u>2020-07-13 14:06:53</u>	<u>Mw 3.5</u>	<u>7 km SW Forni di Sotto (UD)</u>	<u>9.6</u>	<u>46.334</u>	<u>12.634</u>
<u>2017-09-06 14:22:29</u>	<u>Mw 3.4</u>	<u>1 km W Voltago Agordino (BL)</u>	<u>9.1</u>	<u>46.270</u>	<u>11.990</u>
<u>2013-08-24 15:59:01</u>	<u>Mw 3.3</u>	<u>2 km NW Barcis (PN)</u>	<u>9.1</u>	<u>46.202</u>	<u>12.548</u>
<u>2013-02-12 19:12:43</u>	<u>Mw 3.4</u>	<u>7 km NE Claut (PN)</u>	<u>10.5</u>	<u>46.306</u>	<u>12.586</u>
<u>2012-06-09 04:04:56</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>6 km W Barcis (PN)</u>	<u>6.9</u>	<u>46.180</u>	<u>12.488</u>

Fig. 5 – Sismi con $MW > 3.5$ dal 2005 al 2022 che hanno interessato il territorio comunale di Longarone

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

<u>Data e Ora (Italia)</u>	<u>Magnitudo</u>	<u>Zona</u>	<u>Profondità</u>	<u>Latitudine</u>	<u>Longitudine</u>
<u>2017-09-06 14:22:29</u>	<u>Mw 3.4</u>	<u>1 km W Voltago Agordino (BL)</u>	<u>9.1</u>	<u>46.270</u>	<u>11.990</u>
<u>2013-08-24 15:59:01</u>	<u>Mw 3.3</u>	<u>2 km NW Barcis (PN)</u>	<u>9.1</u>	<u>46.202</u>	<u>12.548</u>
<u>2013-02-12 19:12:43</u>	<u>Mw 3.4</u>	<u>7 km NE Claut (PN)</u>	<u>10.5</u>	<u>46.306</u>	<u>12.586</u>
<u>2012-06-09 04:04:56</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>6 km W Barcis (PN)</u>	<u>6.9</u>	<u>46.180</u>	<u>12.488</u>

Fig. 6 – Sismi con MW>3.5 dal 2005 al 2022 che hanno interessato il territorio comunale di Ponte nelle Alpi

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

6 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

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 fu pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 – "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

- Zona 1 – È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti;
- Zona 2 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- Zona 3 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari;

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

- Zona 4 – È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Il comune di Longarone, che ricadeva in Zona 2, è stato riconfermato in tale zona dalla Deliberazione di G.R. del Veneto del 9 marzo 2021 n. 244 che ha approvato il nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto, mentre il comune di Ponte nelle Alpi è passato da Zona 2 a Zona 1.

Di seguito si riporta l'ultima edizione della carta della zonazione sismica dei Comuni del Veneto. Si veda anche l'elaborato "Carta di Zonazione Sismica"

Classificazione sismica del Veneto*Mapa di pericolosità sismica*

Zone

- 1
- 2
- 3

Pericolosità Sismica (IDW 4p - maglia 100m)

- 0,041200392 - 0,05
- 0,05 - 0,075
- 0,075 - 0,1
- 0,1 - 0,125
- 0,125 - 0,15
- 0,15 - 0,175
- 0,175 - 2
- 0,2 - 0,225
- 0,225 - 0,25
- 0,25 - 0,275

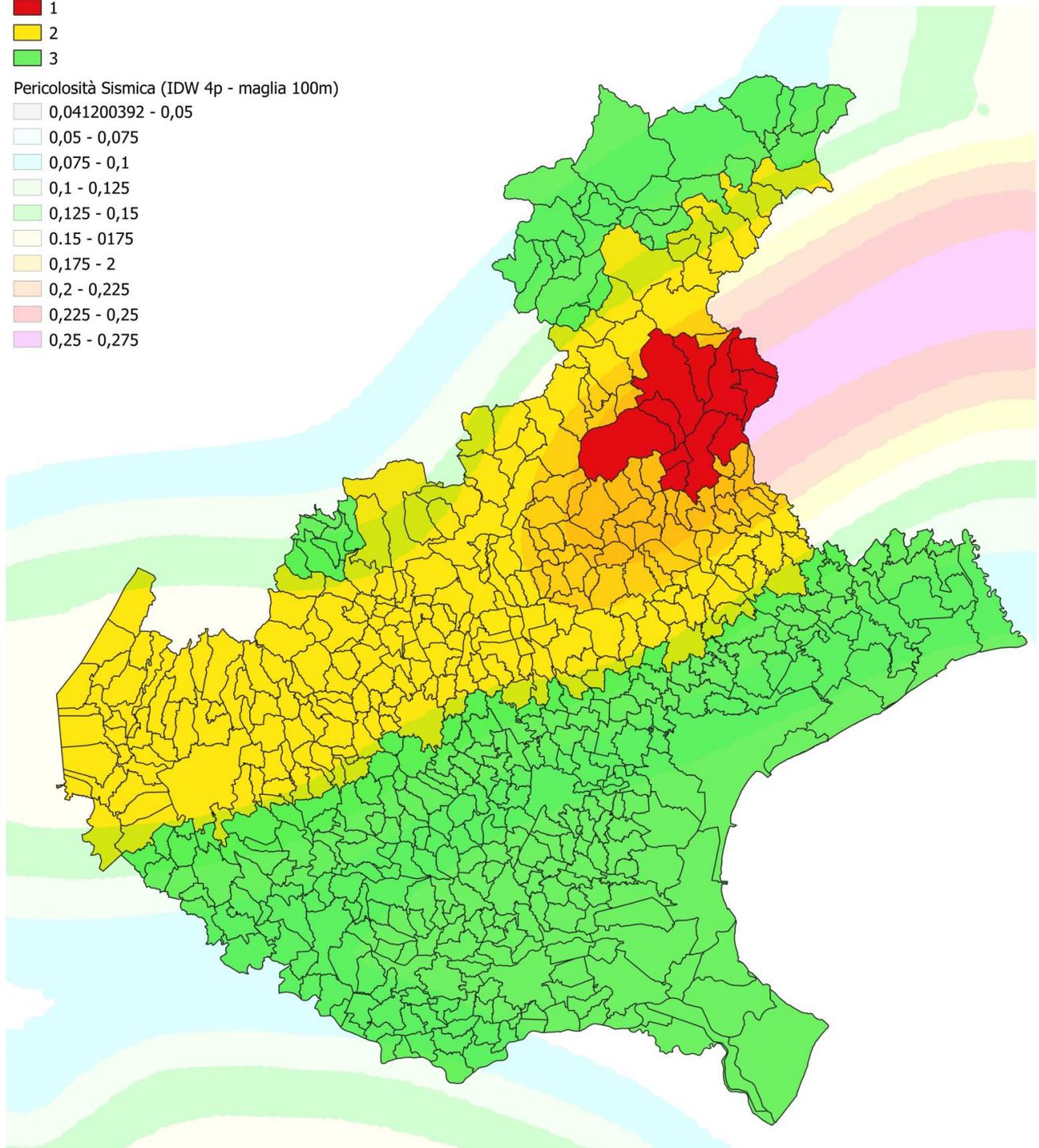


Fig. 7 – Carta della classificazione sismica dei comuni della Regione del Veneto attualmente in vigore

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 – 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all’emanazione dell’O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell’INGV un documento denominato “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’O.P.C.M. 20–3–2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano – Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici”. Tale modello riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata condotta tramite l’analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4. L’area in esame (Fig. 9) ricade poco al di sopra delle zone sismogenetiche 905 e 906. Nelle due zone i dati pubblicati dall’INGV, Fig. 10, evidenziano che negli anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata è stata di 4.7 – 4.8 Md, la profondità efficace è di circa 8 km e che la maggior parte dei terremoti che si verificano hanno mediamente basse magnitudo, indicando così un frequente movimento che ha funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell’area.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica vedi Fig. 8. In Fig. 11 è riportata la carta della pericolosità sismica relativamente all'area veneta. Nelle Fig. 12 e Fig. 17 e successive si riportano i dettagli della carta di pericolosità relativa ai due territori, con le accelerazioni massime orizzontali, caratterizzate da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che per i due territori comunali, nell'ordine di 0.200–0.225g (Ponte nelle Alpi) e 0.175–0.200g (Longarone) e nelle successive figure i dati di disaggregazione.


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

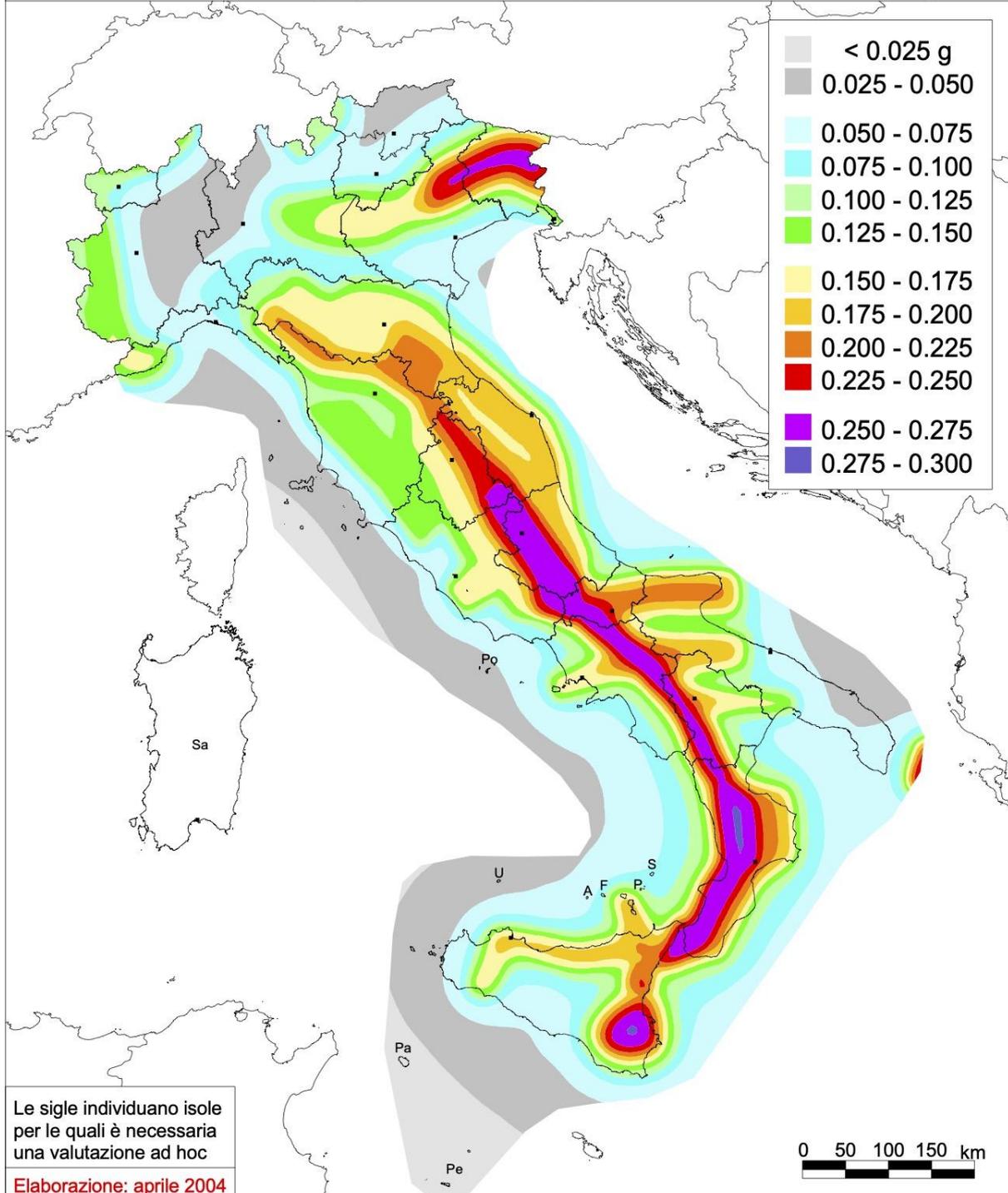
 riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)


Fig. 8 – Mappa pericolosità sismica del territorio nazionale

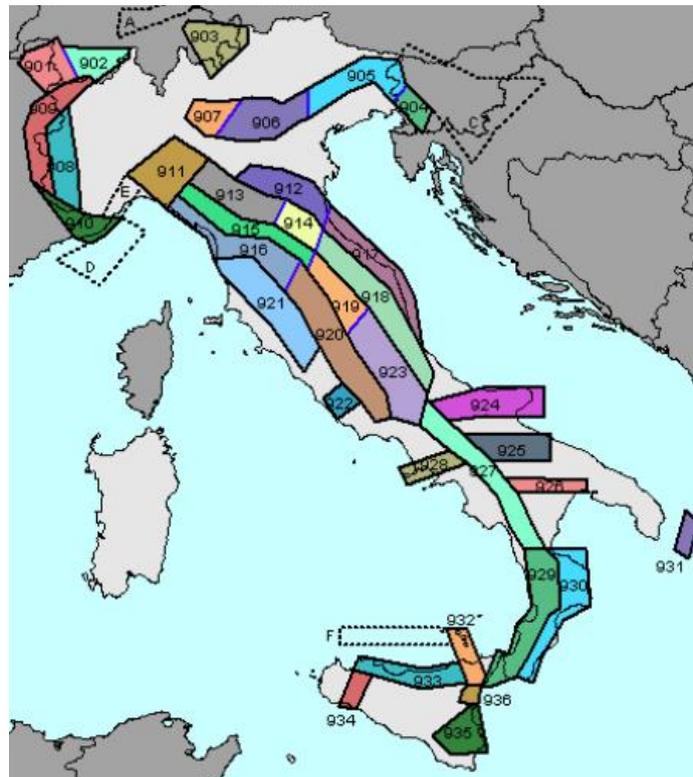


Fig. 9 – Zonazione sismogenetica ZS9

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6 *
921	97	63	9	4.0	1-5	4 #
922	355	146	29	3.9	1-5	4 #
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3 #
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10 *
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3 #

Fig. 10 – Zone sismogenetiche e principali epicentri


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

 espressi in termini di accelerazione massima del suolo
 con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

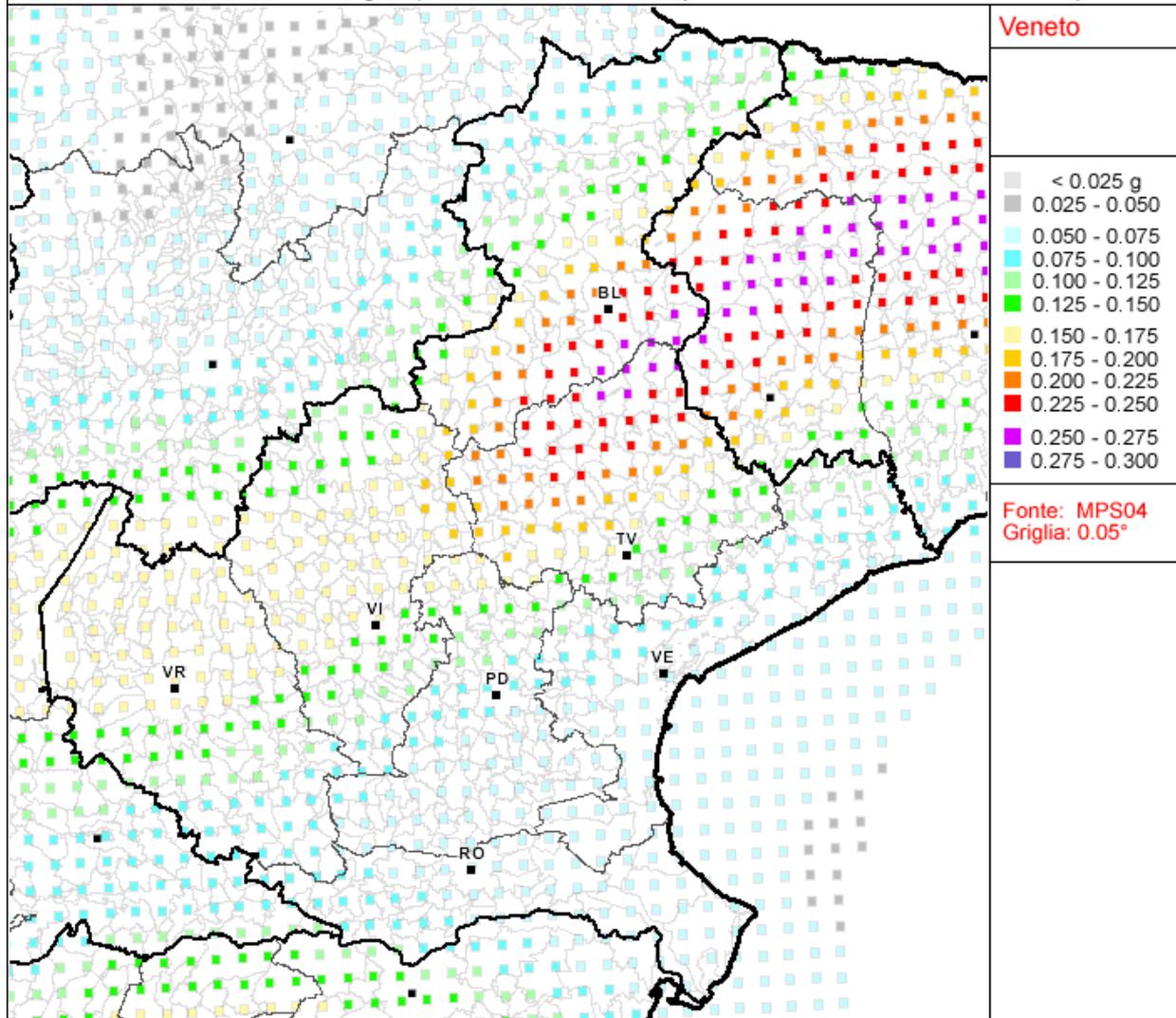
 riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)


Fig. 11 – Carta delle Pericolosità sismica del Veneto (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Le due carte rappresentano il modello di pericolosità sismica per i due territori e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} >$

800 m/s) e pianeggiante. Ogni quadrato della griglia corrisponde ad un nodo di calcolo.

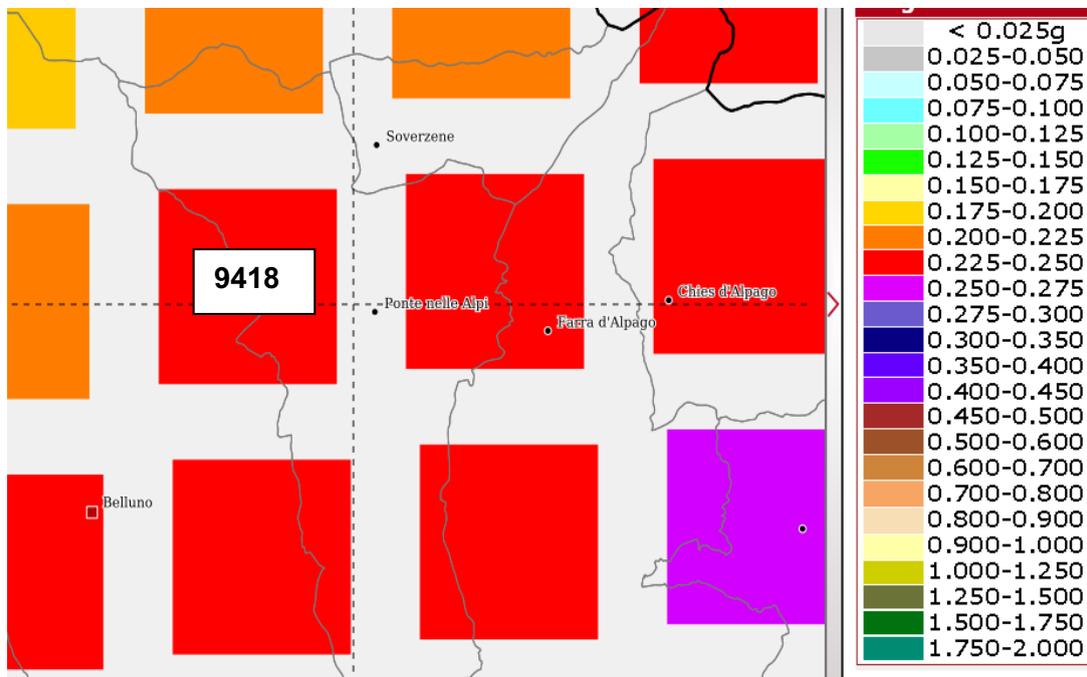


Fig. 12 – Carta di pericolosità sismica Ponte nelle Alpi. I colori si riferiscono alle accelerazioni orizzontali (in frazioni dell'accelerazione di gravità) caratterizzate da una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni.

I quadrati indicano il nodo con espressi i valori di accelerazione (Fonte – Mappe interattive dell'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia – <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

7 ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Nell'area interessata dal tracciato stradale in progetto possono essere presenti vari elementi di possibile amplificazione delle onde sismiche e quindi di pericolosità sismo indotta sia di natura geomorfologica che tettonica, sia litologica–idrogeologica. Di seguito si esaminano in dettaglio le possibili problematiche indotte.

Quadro tettonico: Faglie capaci

Per la verifica di presenza di faglie capaci interferenti con il tracciato si è fatto riferimento al catalogo del progetto ITHACHA, che per faglia capace, intende una faglia in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.

La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) che una deformazione distribuita (warping). La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture “anomale”, ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate. Le faglie capaci, come definite sopra, possono determinare un significativo pericolo di danneggiamento di strutture antropiche.

Il catalogo delle faglie capaci, segnala l'esistenza di due sistemi di faglie in prossimità della fascia di territorio attraversata dal tracciato stradale, Fig. 13.

Una orientata N–S, pressoché con andamento parallelo al Piave, che attraversa i rilievi in sinistra idrografica, indicata nel catalogo ITHACA

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

con il codice 79100 e posta ad una certa distanza e non interferente direttamente con il tracciato. L'altra, rappresentata dal prolungamento di una faglia orientata NO-SE, che taglia col suo prolungamento verso NO, il tracciato piú o meno all'altezza dell'area industriale di Villanova, in comune di Longarone. La faglia in questione denominata Faglia del Monte Toc (codice 79202), fa parte del Sistema Cadorino. L'ultima attivazione è data al Pleistocene medio.

Le osservazioni geologiche, geomorfologiche e morfotettoniche eseguite nel tempo sul territorio non sembrano evidenziare elementi utili all'individuazione di deformazioni superficiali associabili all'attività recente di questa faglia. I dati di sismicità storica rilevati nell'area inoltre non presentano epicentri registrati lungo l'andamento della presunta faglia capace. Peraltro, anche i dati profondi di sottosuolo conosciuti, non sembrano confortare l'ipotesi della presenza di una struttura sepolta sotto i depositi alluvionali di fondovalle del Piave, che presenti un rigetto del contatto tra il substrato e la copertura alluvionale. Di seguito si riportano gli elementi descrittivi della faglia così come desumibili dal catalogo ITACHA.

Dati Generali

Fault Code	79202
Fault Name	Monte Toc
Region Name	Trentino Alto Adige
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY
System Name	Cadorino System
Synopsis	
Rank	Secondary

Geometria/Cinematica

VE407

Relazione Sismica

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	145
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	
Fault Length (km)	8.5
Mapping Scale	1:500000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Strike Slip DX

Attività

Surface Evidence

Last Activity

Evidence for Capability

Lithology



Fig. 13 – Ubicazione faglie capaci (estratto da ITACHA)

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

Confronto con le carte di Pericolosità sismica del PAT/PATI

Il PAT del comune di Ponte nelle Alpi, inserisce tutta l'area alluvionale di fondovalle in area soggetta ad amplificazione sismica, mentre le zone montane e/o caratterizzate da falesie e/o pareti con affioramenti rocciosi, in aree soggette a potenziale instabilità in caso di sisma. Più in particolare nella carta con l'interpretazione sismica dei lineamenti geologici, di cui la Fig. 14 riporta un estratto, il fondovalle, così come le falde detritiche sono considerate suscettibili di amplificazioni sismiche per fattori litologici e geometrici.

In questa zona di territorio, il tracciato corre lungo un corridoio parallelo all'attuale SS51 sui depositi alluvionali del fiume Piave. Le caratteristiche litologiche locali e il quadro idrogeologico sono potenzialmente favorevoli allo sviluppo di fenomeni di liquefazione (vedasi trattazione specifica).

Procedendo verso Nord il tracciato stradale entra in territorio del comune di Longarone. La Carta degli elementi sismici (Tav n.09c) del PATI Longaronese, evidenzia la presenza di vari elementi potenzialmente motori di instabilità sismica. Più in particolare come mostra la Fig. 15, che riporta un estratto di tale carta, sono messi in evidenza sia gli elementi suscettibili di instabilità, quali le pareti rocciose (falesie), gli ammassi rocciosi fratturati, le zone con frane di crollo, i movimenti gravitativi attivi e/o suscettibili di riattivazione. Sono altresì evidenziati gli elementi stabili, ma suscettibili di amplificazione sismica, quali il fondovalle, le falde detritiche, i terreni di riporto, gli orli di scarpata e di terrazzo fluviale etc. Anche in questa parte di territorio, il tracciato si sviluppa sostanzialmente lungo il fondovalle pressoché in fregio alla zona d'alveo del Piave, lontano da zone suscettibili di instabilità per dissesti etc.

Nuovamente, le caratteristiche litologiche locali e il quadro idrogeologico della zona di fondovalle, sono potenzialmente favorevoli allo sviluppo di fenomeni di liquefazione (vedasi trattazione specifica).

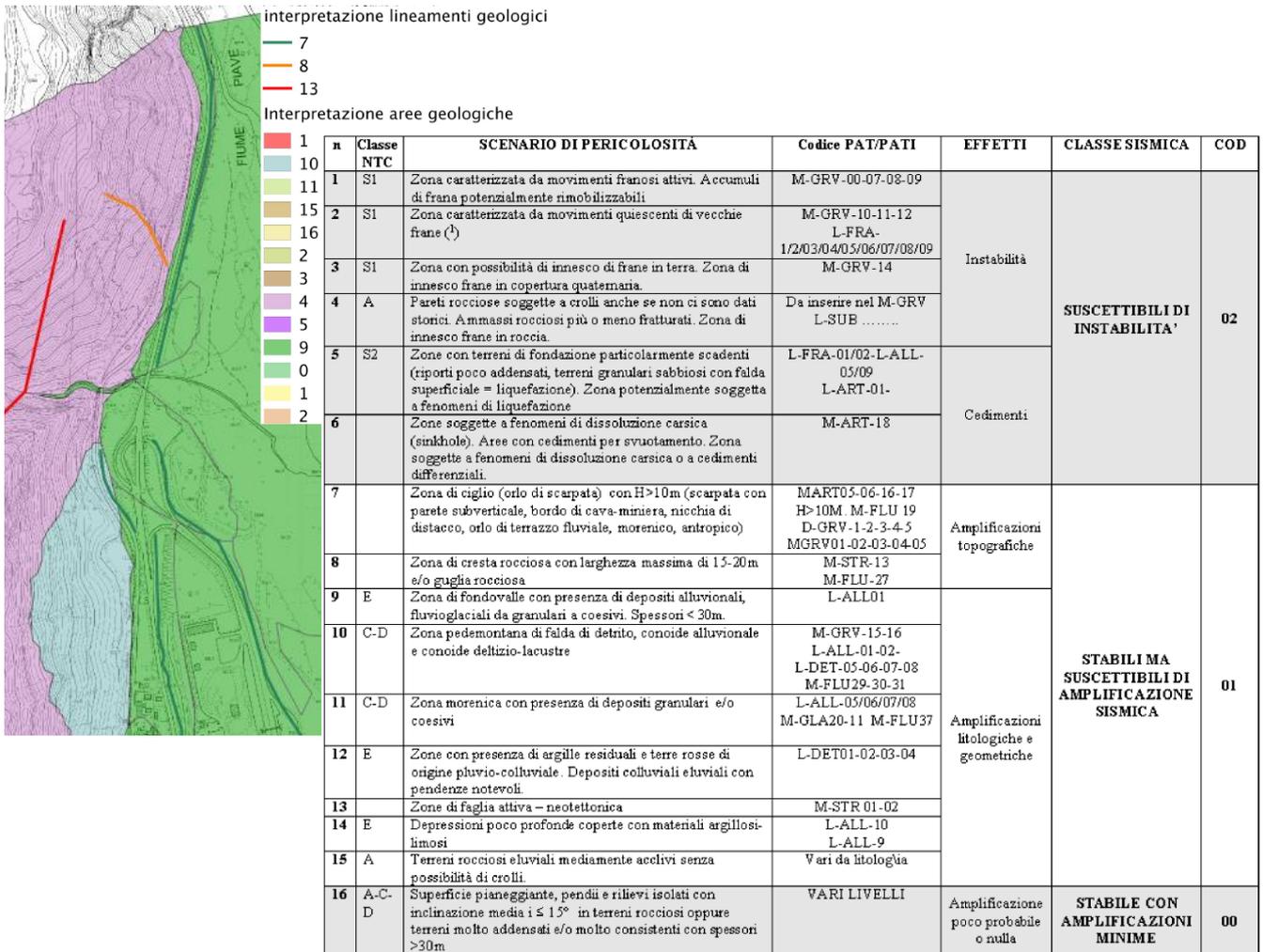


Fig. 14 – Estratto dalla carta di Interpretazione sismica dei lineamenti geologici Tav CS 1.1 del PAT del comune di Ponte nelle Alpi

Procedendo verso Castellavazzo il tracciato abbandona il fondovalle del Piave e entra nella fascia pedemontana e montana. In quest'area, la Carta della Fragilità (Tav. n. 3c del PAT Longarone – Variante n°1 al PATI Longarone – Territorio di Castellavazzo), di cui la Fig. 16 riporta un estratto, perimetra le zone omogenee in prospettiva sismica, in particolare quelle stabili ma suscettibili di amplificazione sismica e quelle suscettibili di instabilità, queste ultime per lo più coincidenti con

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

le aree caratterizzate da pareti rocciose molto pendenti e/o da falesie rocciose, con le zone soggette a fenomeni di crollo e/o caratterizzate da movimenti gravitativi di massa attivi e/o suscettibili di riattivazione a seguito di sisma.

Il tracciato in questa parte del territorio corre in galleria e pertanto non interferisce con gli elementi citati, tranne nel tratto finale, dopo lo sbocco nord della galleria, dove sono segnalati un dissesto attivo, zone con pareti rocciose da cui si possono verificare crolli e che sono di fatto zone suscettibili di instabilità e di possibile riattivazione indotta da sisma.

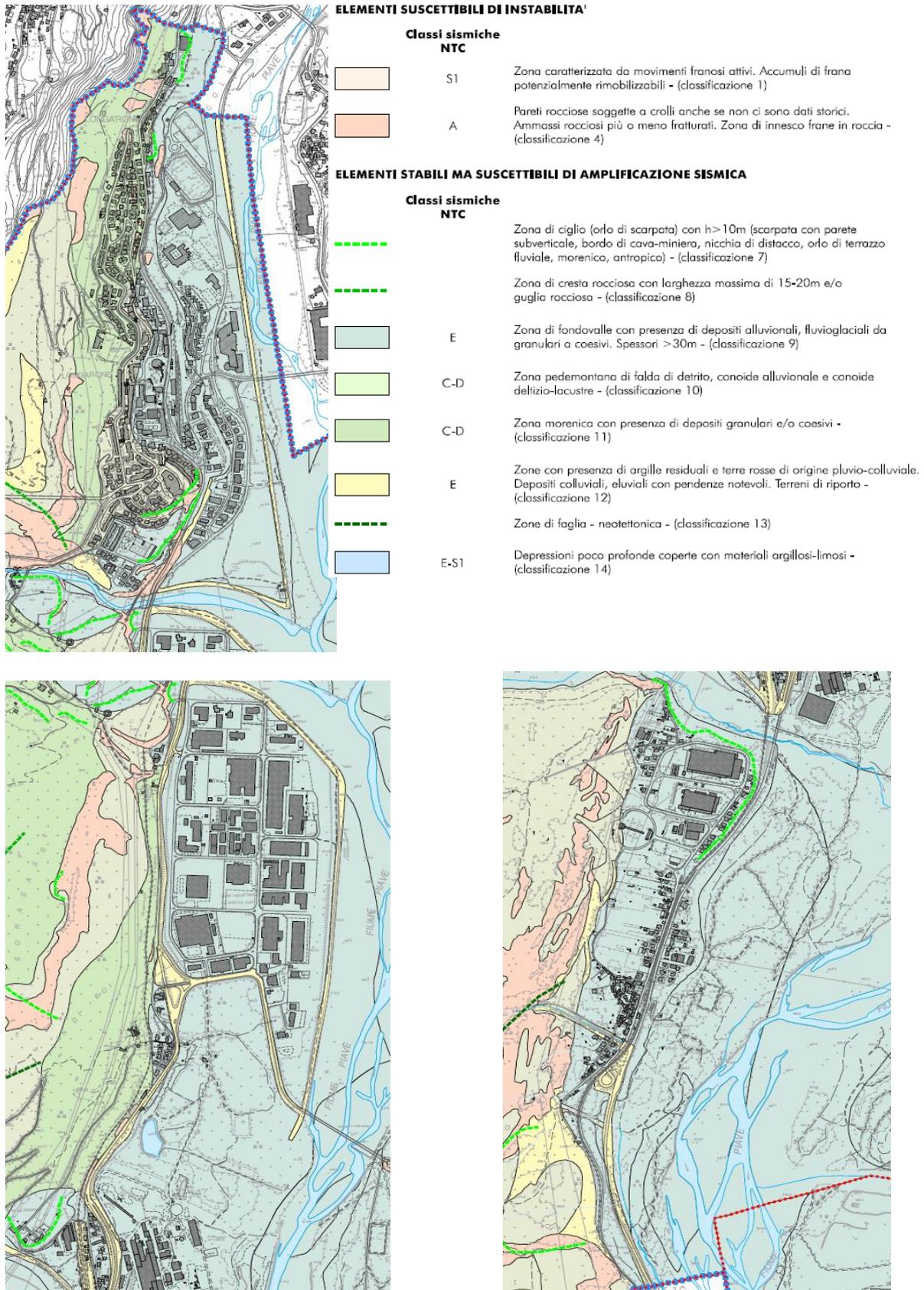


Fig. 15 – Estratto da Carta degli elementi sismici Tav. n. 09c del PATI Longarone

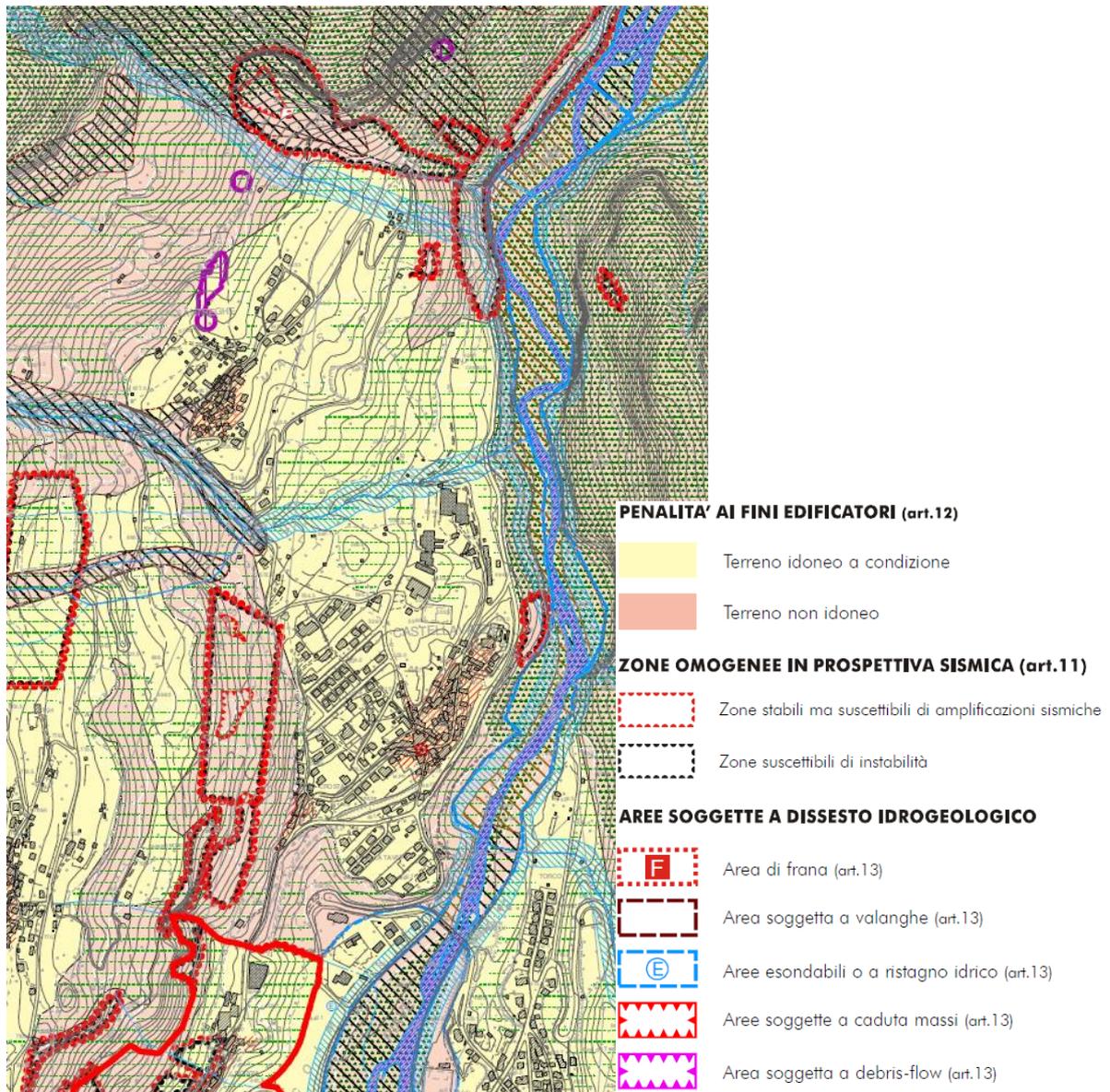


Fig. 16 – Estratto da Carta della Fragilità Tav n.3c del PAT Longarone – Variante n°1 al PATI Longarone. Territorio di Castellavazzo

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

8 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come terremoto di progetto, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio –Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente.

La pericolosità sismica di base, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17/01/2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC 2008; <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- *ag* accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in $g/10$);
- *Fo* 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 (espresso in s).

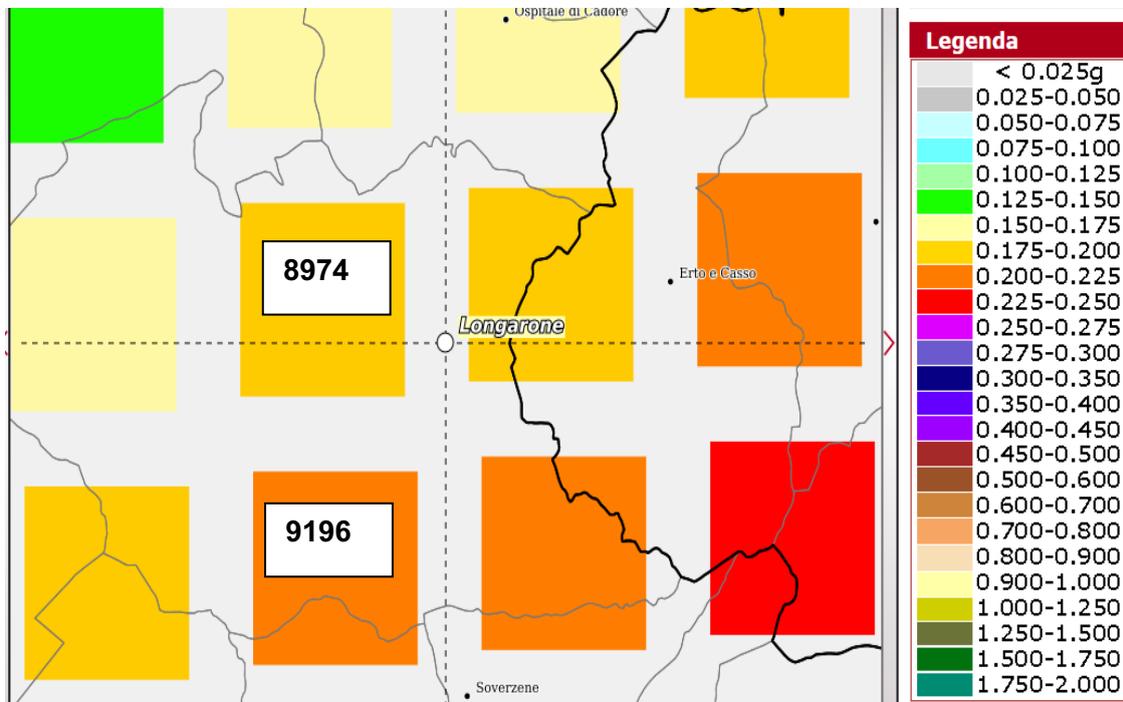
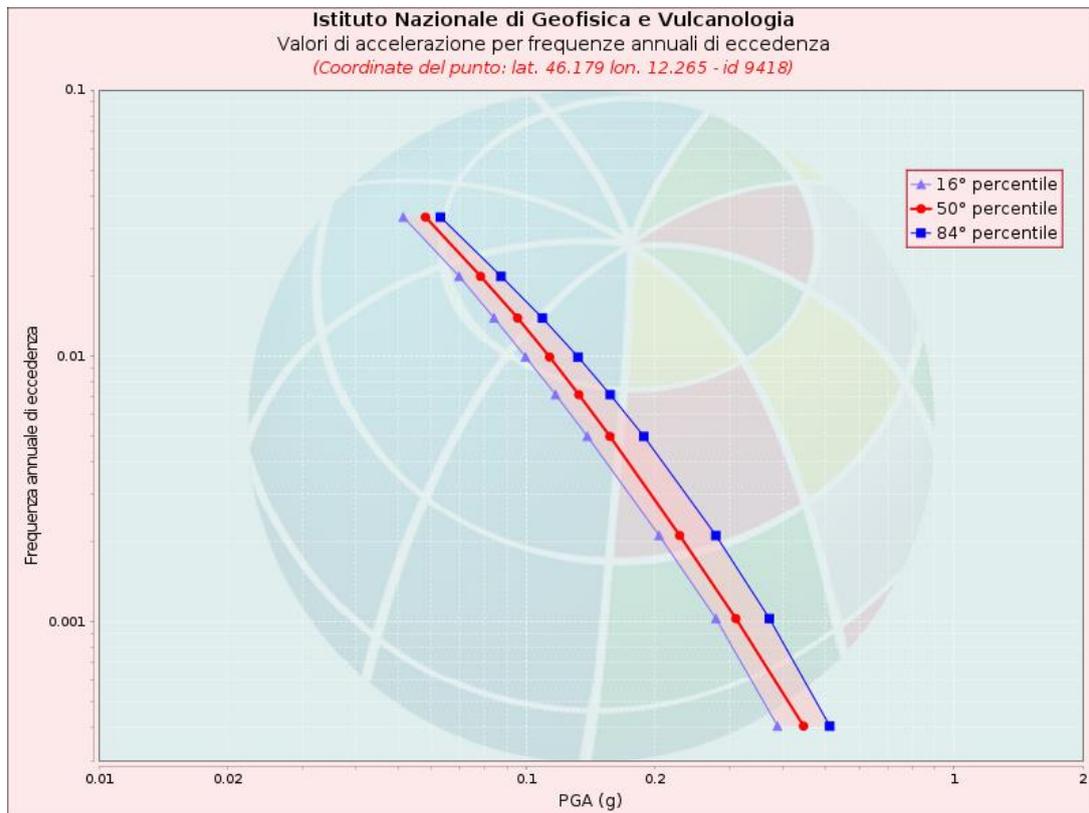


Fig. 17 – Carta di pericolosità sismica Longarone. I colori si riferiscono alle accelerazioni orizzontali (in frazioni dell'accelerazione di gravità) caratterizzate da una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni.

I quadrati indicano il nodo con espressi i valori di accelerazione (Fonte – Mappe interattive dell'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia – <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

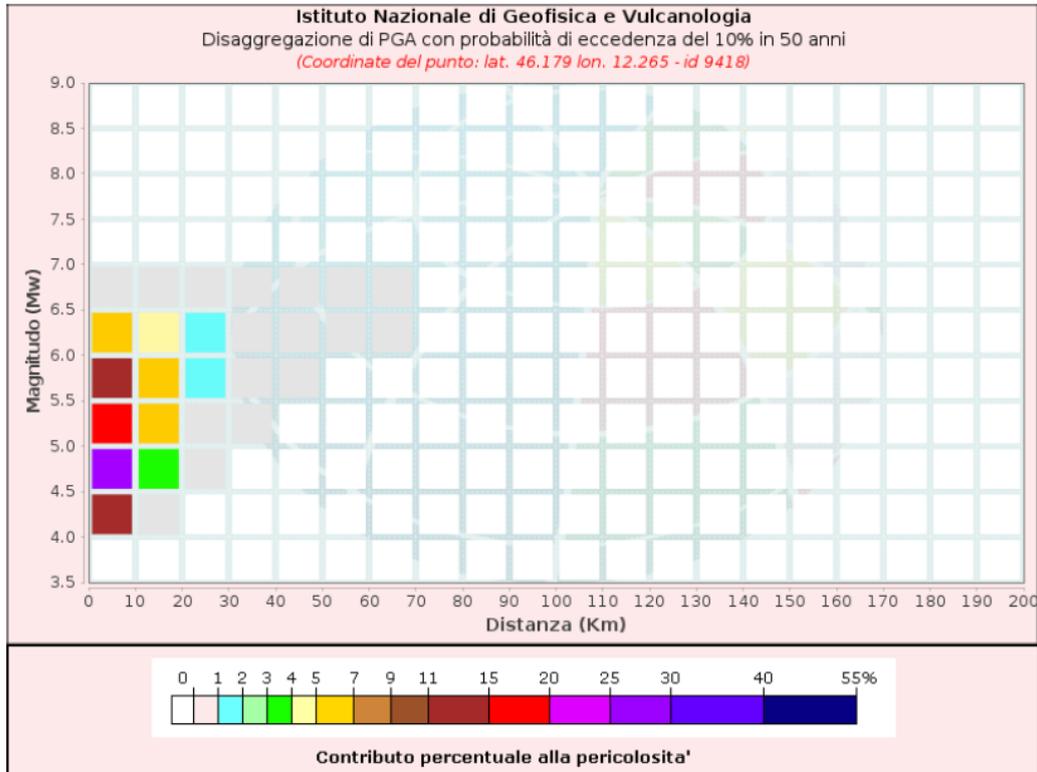
Il tracciato in progetto si sviluppa tra i nodi 9418 (Ponte nelle Alpi), 9196 e 8974 (Longarone). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Nodo 9418 (territorio di Ponte nelle Alpi)



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.387	0.445	0.513
0.0010	0.278	0.309	0.371
0.0021	0.205	0.229	0.278
0.0050	0.139	0.157	0.189
0.0071	0.117	0.133	0.157
0.0099	0.100	0.113	0.132
0.0139	0.084	0.095	0.109
0.0199	0.070	0.078	0.087
0.0332	0.052	0.058	0.063

Fig. 18 – Curva di pericolosità e tabella PGA



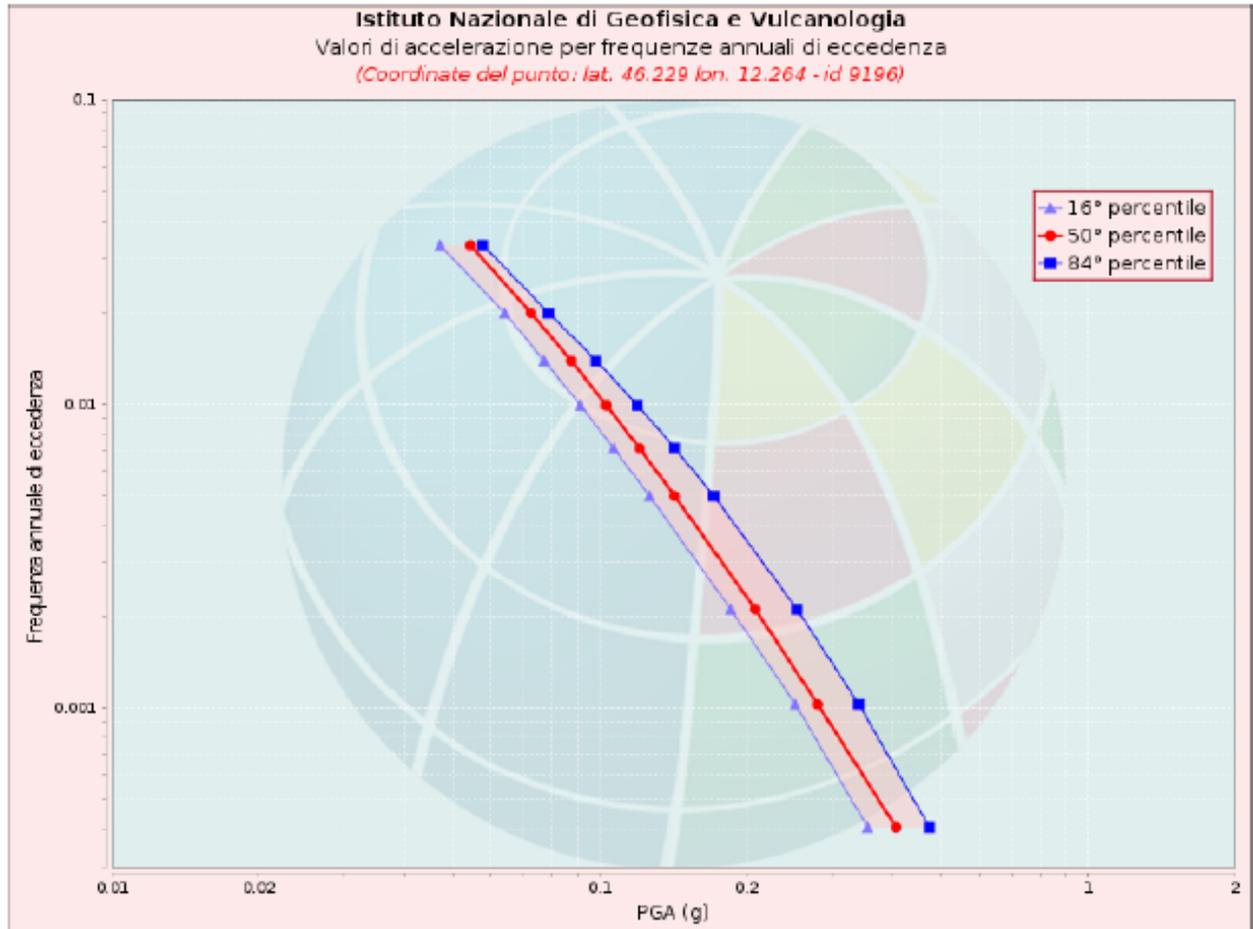
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	11.4000	25.4000	18.6000	11.6000	6.2300	0.7940	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.7020	3.3300	5.0700	5.5600	4.8200	0.8030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0513	0.6400	1.4600	1.9400	0.4040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.2720	0.6320	0.1580	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0112	0.1250	0.0407	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.26 ; distanza = 7.74 ; epsilon = 0.778

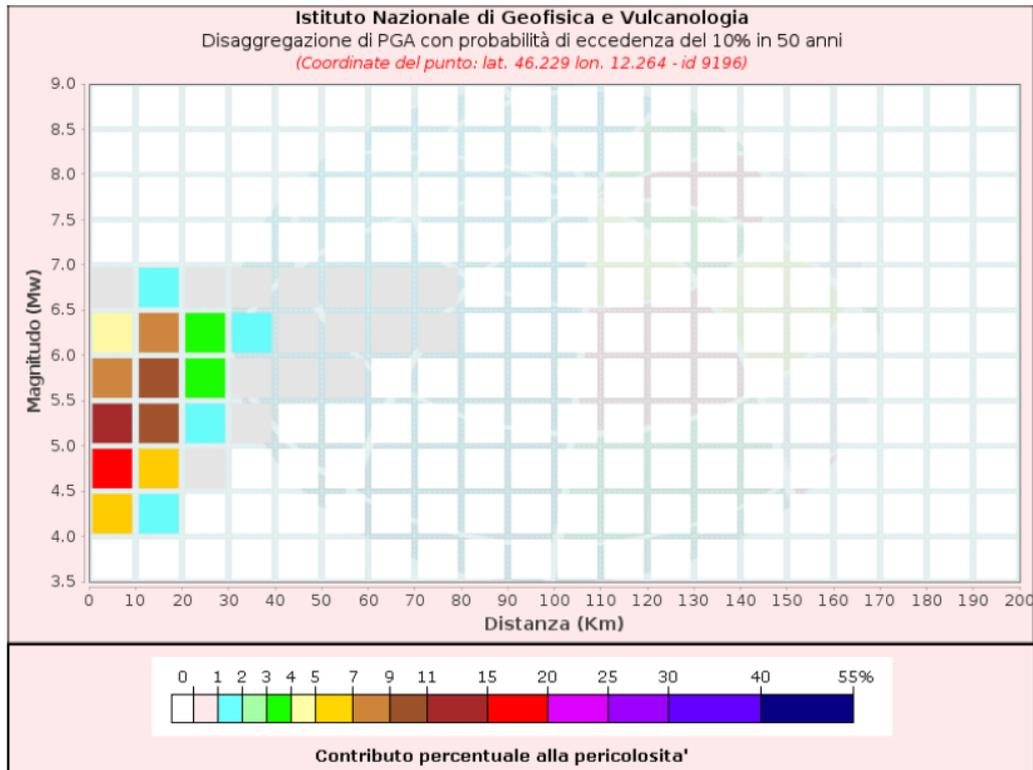
Fig. 19 - Grafico e tabella di disaggregazione PGA

Nodo 9196 (territorio di Longarone)



Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.354	0.405	0.474
0.0010	0.252	0.280	0.340
0.0021	0.186	0.208	0.254
0.0050	0.127	0.143	0.171
0.0071	0.107	0.121	0.143
0.0099	0.091	0.103	0.120
0.0139	0.077	0.087	0.098
0.0199	0.064	0.072	0.079
0.0332	0.047	0.054	0.058

Fig. 20 – Curva di pericolosità e tabella PGA

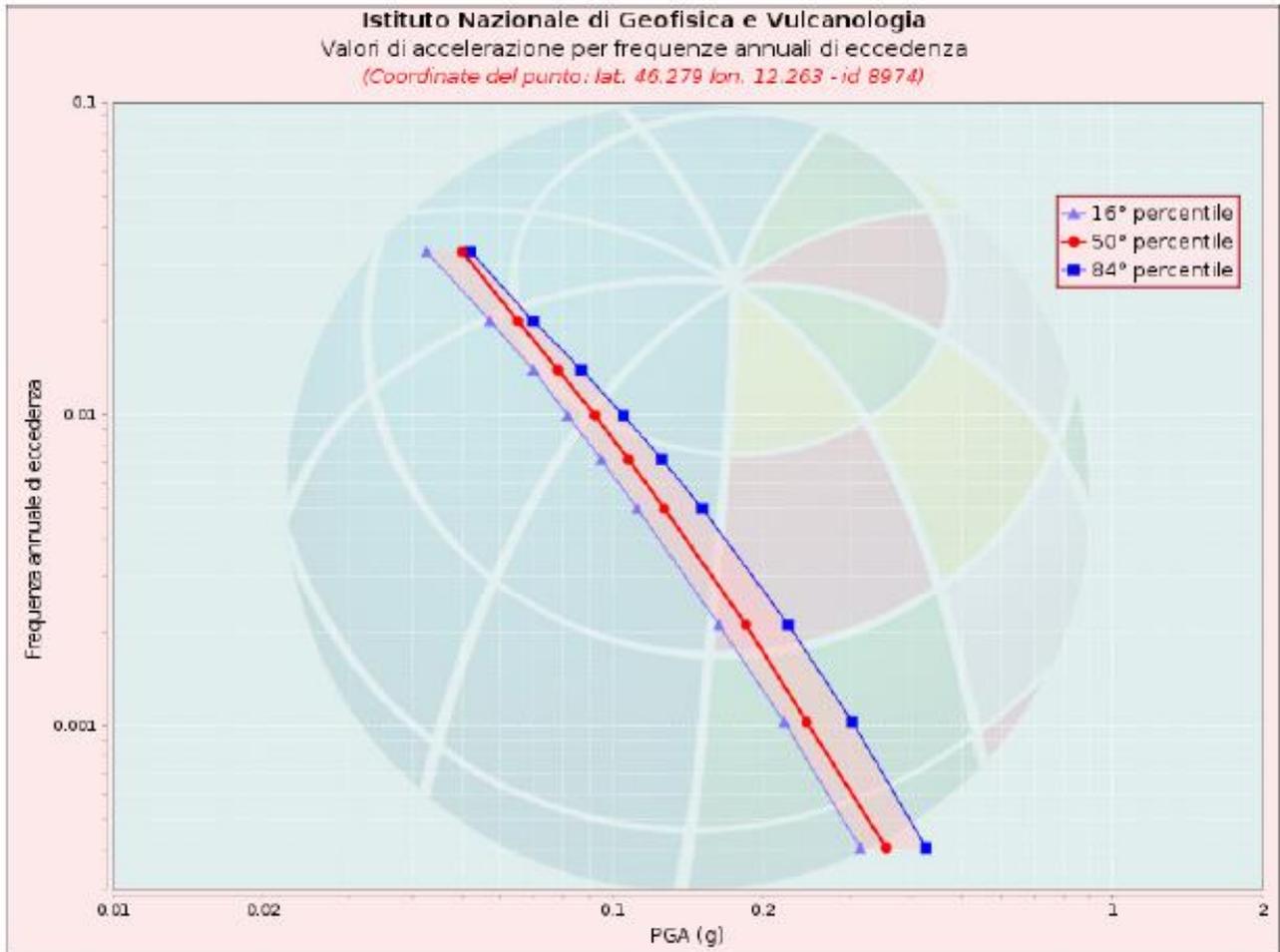


Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	6.9800	16.8000	13.4000	8.8700	4.9400	0.6380	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.6100	6.6300	9.0100	9.2100	7.5200	1.2100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.2840	1.6900	3.1000	3.7500	0.7450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.1010	0.8360	1.5700	0.3700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0840	0.4080	0.1160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0886	0.0363	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

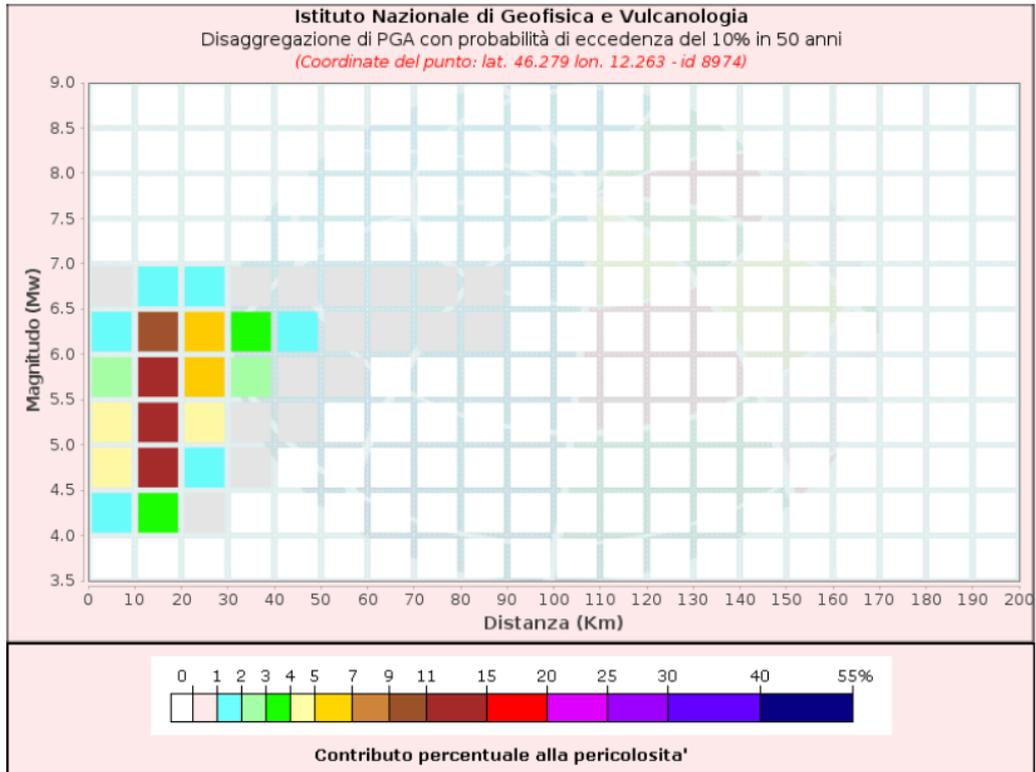
Valori Medi: magnitudo = 5.39 ; distanza = 11.9 ; epsilon = 1.08

Fig. 21 - Grafico e tabella di disaggregazione PGA

Nodo 8974 (territorio di Longarone)

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.314	0.353	0.425
0.0010	0.221	0.245	0.303
0.0021	0.164	0.185	0.225
0.0050	0.112	0.127	0.152
0.0071	0.095	0.108	0.126
0.0099	0.081	0.092	0.106
0.0139	0.070	0.078	0.087
0.0199	0.057	0.065	0.070
0.0332	0.043	0.050	0.052

Fig. 22 – Curva di pericolosità e tabella PGA



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	1.7700	4.6300	4.0500	2.8400	1.6500	0.2160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.2400	11.7000	14.3000	13.6000	10.4000	1.6000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0252	1.3000	4.2100	6.3400	6.9100	1.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0015	0.6160	2.2800	3.4800	0.7700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.5230	1.3600	0.3460	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0380	0.3600	0.1130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0815	0.0384	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.55 ; distanza = 17.8 ; epsilon = 1.37

Fig. 23 - Grafico e tabella di disaggregazione PGA

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

La Curva di Pericolosità, Fig. 18, Fig. 20 e Fig. 22 graficizza i valori di scuotimento (PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno), riportati nella tabella allegata. Il grafico di disaggregazione, rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori magnitudo–distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella allegata, riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

I valori indicati devono essere utilizzati nelle progettazioni ai sensi della normativa vigente.

9 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La pericolosità sismica locale valuta la modificazione dello scuotimento sismico prodotto dalle reali caratteristiche del terreno e dalla successione litostratigrafica locale, dalle condizioni morfologiche unitamente allo sviluppo di effetti cosismici quali fenomeni di liquefazione, fogliazione superficiale, instabilità dei pendii e frane indotte .

Si è proceduto quindi alla classificazione del sottosuolo secondo un approccio semplificato, che si basa sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio definita dal parametro $V_{S,30}$, definito al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018:

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

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

dove

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{si} = 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/sec

La classificazione è basata sull'esito delle prove Down-Hole e delle tomografie sismiche a rifrazione, parte integrante della campagna geognostica a supporto del progetto, che vengono riportate ed elaborate di seguito.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

10 ELABORAZIONE DATI GEOFISICI E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Nell'ambito dei lavori di indagini geognostiche a supporto della caratterizzazione stratigrafica e della parametrizzazione geotecnica è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche mirata alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione e di taglio dei terreni interessati dall'opera in progetto. Tali prove sono state eseguite principalmente nei siti interessati dalle opere d'arte e lungo la tratta in progetto.

Le prove geofisiche effettuate sono state eseguite sia nella campagna di indagini del 2021–22 dalla ditta Vicenzetto. Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n. 14 prove down-hole;
- n° 2 prospezioni sismiche MASW;
- n° 19 prospezioni sismiche a rifrazione;
- n° 4 prospezioni sismiche a riflessione;

Di seguito si riportano profondità delle prove down hole, per l'ubicazione e le coordinate delle indagini si rimanda agli elaborati "Planimetria con ubicazione delle indagini" ed agli specifici documenti delle indagini.

VE407

Relazione Sismica

N.	Sigla ID	Prof. da p.c. (m)	DH
1	SD00A_DH	35	x
2	SD00B_DH	35	x
3	SD01_DH	35	x
4	SD02_DH	35	x
5	SD07_DH	30	x
6	SD08_DH	35	x
7	SD09ter_DH	30	x
8	SD10_DH	35	x
9	SD13_DH	40	x
10	SD14_DH	35	x
11	SD16_DH	35	x
12	SD17_DH	35	x
13	SD19_DH	35	x
14	SD20_DH	30	x

10.1 Indagini sismiche in foro down hole

I valori delle velocità delle onde sismiche sono stati elaborati con l'obiettivo di definire il parametro V_{seq} , definito dall'espressione

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo;

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_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. L'elaborazione è finalizzata all'individuazione della categoria del sottosuolo, secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018.

Nel caso oggetto di studio la misura diretta delle onde di taglio ha riguardato solo le principali opere d'arte (prove Down_hole).

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

L'analisi sismostratigrafica è stata condotta confrontando gli intervalli omogenei di velocità e la stratigrafia riscontrata nel medesimo intervallo. In seguito a tale confronto è stato possibile definire le verticali di misura DH in sismostrati.

Si riportano di seguito i risultati dell'interpretazione delle prove down-hole.

Cautelativamente, sono stati calcolati gli stati limite e gli spettri di risposta, uniformando le categorie di sottosuolo alla categoria C.

Caratterizzazione sismica area Cavalcavia dei Frari – Area Spalla A
Sondaggio S000A_DH

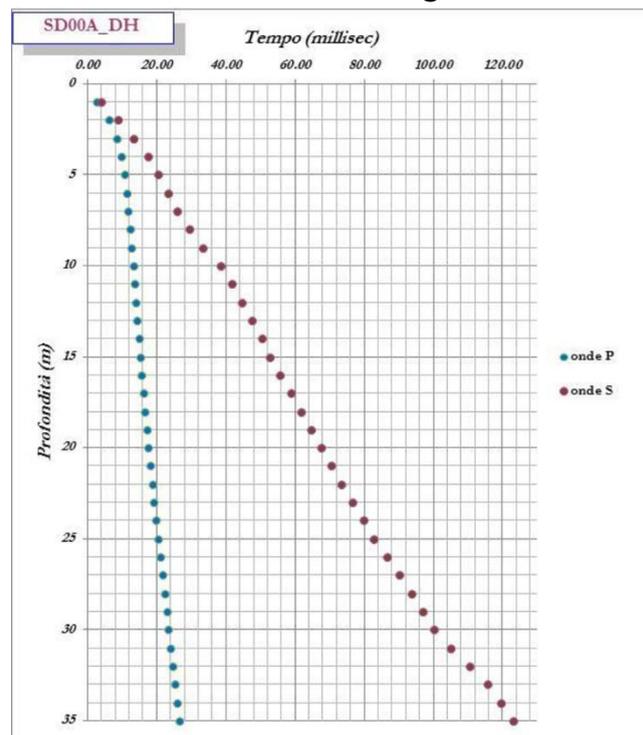
(Coord. UTM WGS84 $x = 5122016.655$; $y = 753733.042$)

Dati

Numero di strati 3
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	251.51
2	5	296.64
3	25	306.51

Profondità complessiva 35 m
Vs, eq 294.16 m/s
Categoria del suolo C



Andamento dei tempi–profondità per la prova down–hole SD00A_DH metro
per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

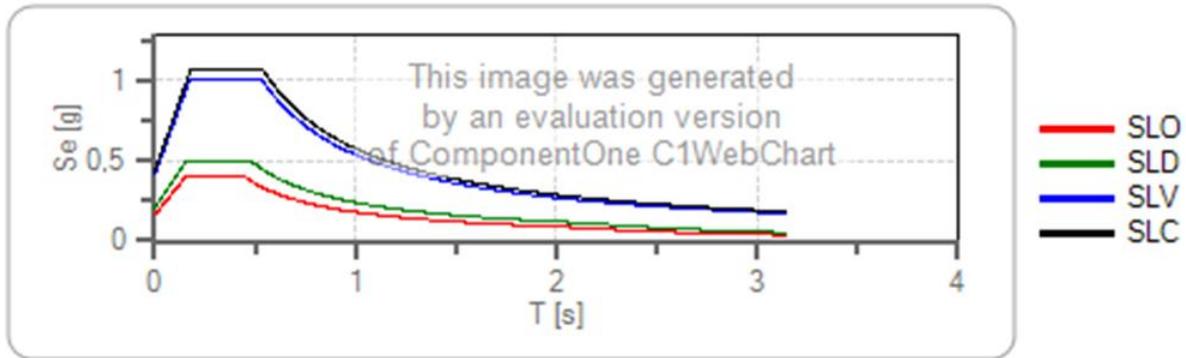
Coefficiente c_u : 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,108	2,437	0,285
Danno (SLD)	63	201	0,137	2,422	0,309
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,348	2,422	0,361
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,386	2,434	0,368

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

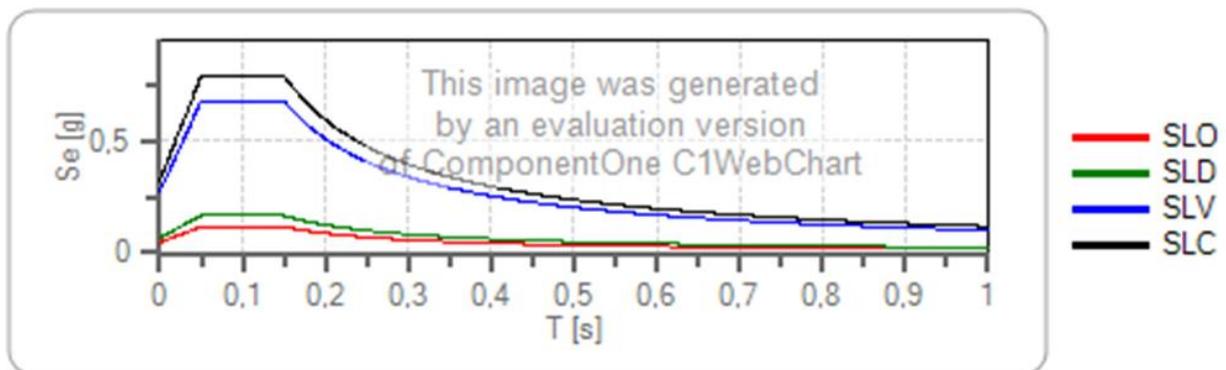
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,589	1,000	0,000	--	0,225	--
SLD	1,500	1,547	1,000	0,000	--	0,225	--
SLV	1,190	1,470	1,000	0,000	--	0,225	--
SLC	1,136	1,460	1,000	0,000	--	0,225	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,108	2,437	0,285	1,500	1,589	1,000	1,500	1,000	0,151	0,453	2,033
SLD	2	0,137	2,422	0,309	1,500	1,547	1,000	1,500	1,000	0,159	0,478	2,150
SLV	2	0,348	2,442	0,361	1,190	1,470	1,000	1,190	1,000	0,177	0,530	2,992
SLC	2	0,386	2,434	0,368	1,136	1,460	1,000	1,136	1,000	0,179	0,537	3,146

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,108	2,437	0,285	1,000	1,589	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,137	2,422	0,309	1,000	1,547	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,348	2,442	0,361	1,000	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,386	2,434	0,368	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettri di progetto per lo stato limite: SLD



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLD orizzontale	1	0,070	2,456	0,259	1,500	1,640	1,000	1,500	1,500	0,133	0,399	1,812
SLD verticale	1	0,070	2,456	0,259	1,500	1,640	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Caratterizzazione sismica area Cavalcavia dei Frari – Aera Pile 2 – 3

Sondaggio S000B_DH

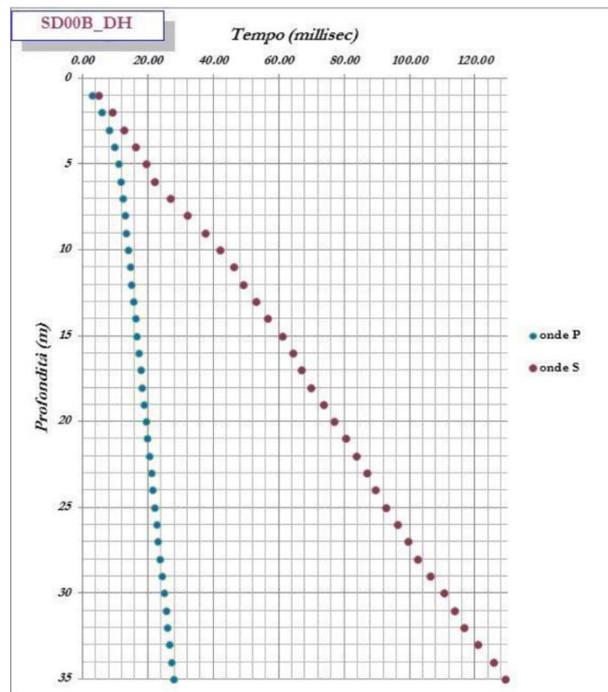
(Coord. UTM WGS84 $x = 5122120.349$; $y = 753699.525$)

Dati

Numero di strati 3
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	6	281.77
2	12	265.33
3	17	291.38

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 278.54 m/s
 Categoria del suolo C



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD00B_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

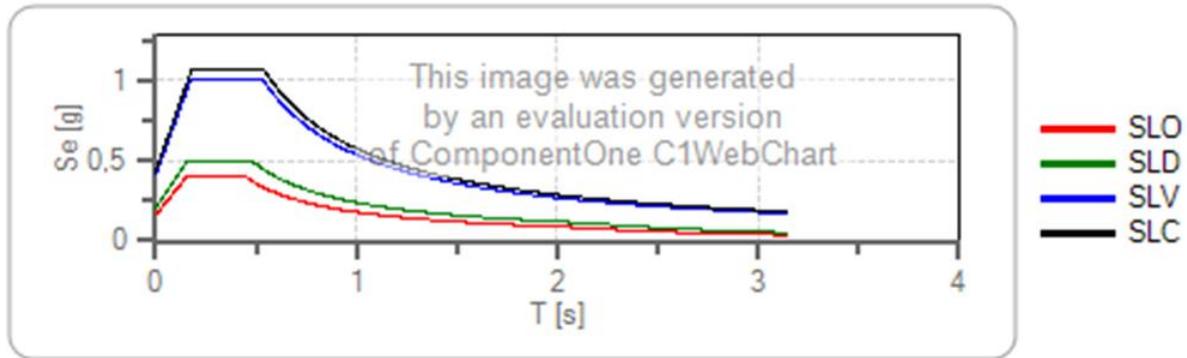
Coefficiente c_u : 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,108	2,437	0,285
Danno (SLD)	63	201	0,137	2,422	0,309
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,348	2,422	0,361
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,386	2,434	0,368

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

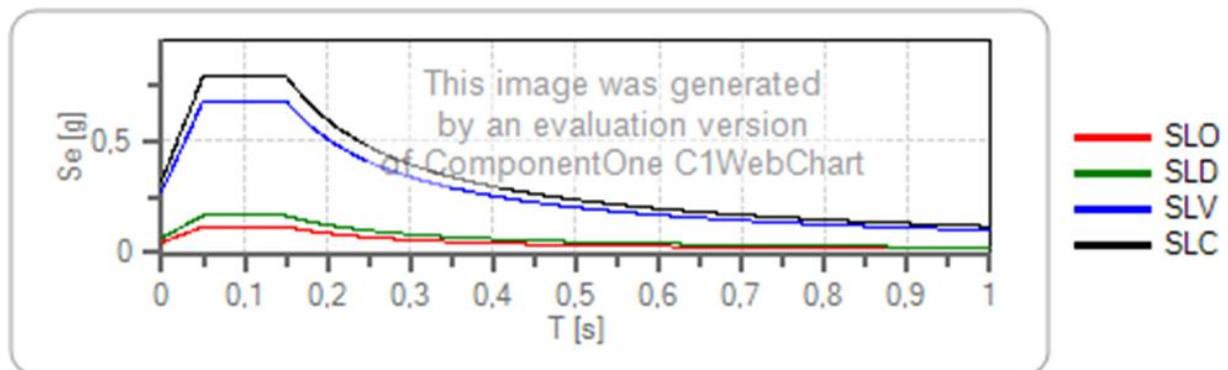
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,589	1,000	0,000	--	0,225	--
SLD	1,500	1,547	1,000	0,000	--	0,225	--
SLV	1,190	1,470	1,000	0,000	--	0,225	--
SLC	1,136	1,460	1,000	0,000	--	0,225	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



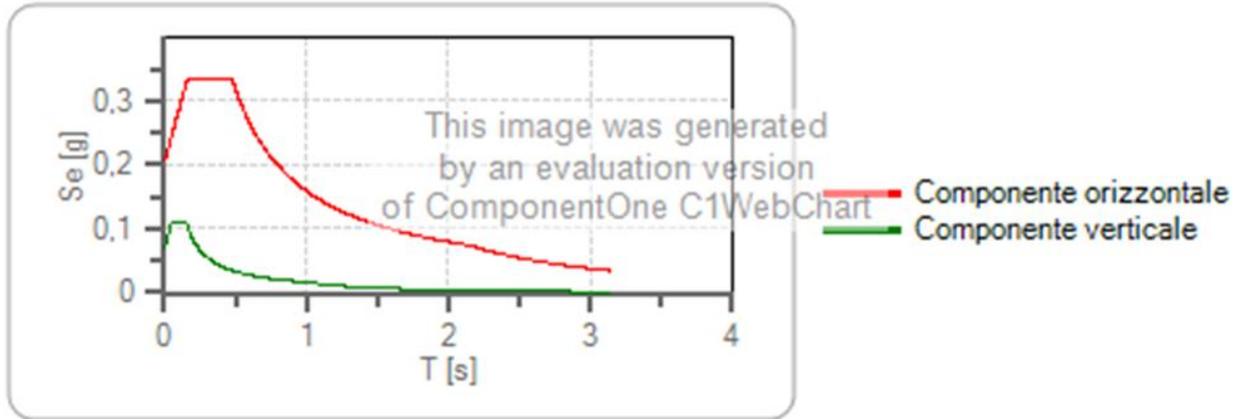
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,108	2,437	0,285	1,500	1,589	1,000	1,500	1,000	0,151	0,453	2,033
SLD	2	0,137	2,422	0,309	1,500	1,547	1,000	1,500	1,000	0,159	0,478	2,150
SLV	2	0,348	2,442	0,361	1,190	1,470	1,000	1,190	1,000	0,177	0,530	2,992
SLC	2	0,386	2,434	0,368	1,136	1,460	1,000	1,136	1,000	0,179	0,537	3,146

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,108	2,437	0,285	1,000	1,589	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,137	2,422	0,309	1,000	1,547	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,348	2,442	0,361	1,000	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,386	2,434	0,368	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettri di progetto per lo stato limite: SLD



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLD orizzontale	1	0,070	2,456	0,259	1,500	1,640	1,000	1,500	1,500	0,133	0,399	1,812
SLD verticale	1	0,070	2,456	0,259	1,500	1,640	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Caratterizzazione sismica area Cavalcavia dei Frari – Aera Pila 4 –
Viadotto dei Frari Spalla A

Sondaggio S001_DH

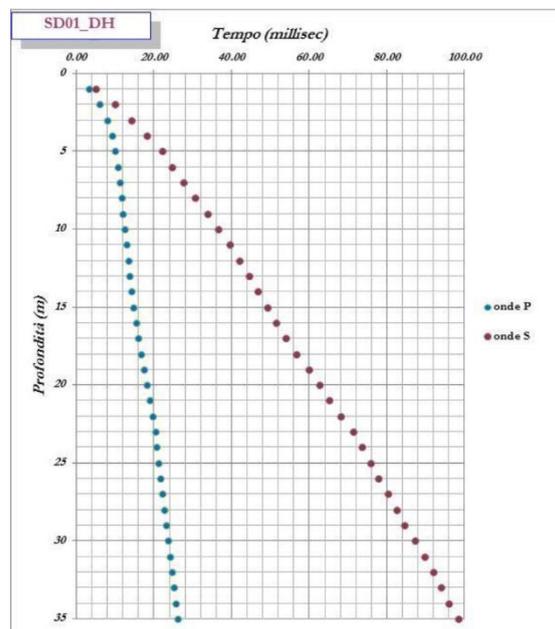
(Coord. UTM WGS84 $x = 5122175.990$; $y = 753699.525$)

Dati

Numero di strati 5
Profondità piano di posa 3.00 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	229.46
2	10	346.80
3	3	399.65

Profondità complessiva 35 m
Vs, eq 366.78 m/s
Categoria del suolo B



Andamento dei tempi–profondità per la prova down–hole SD01_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

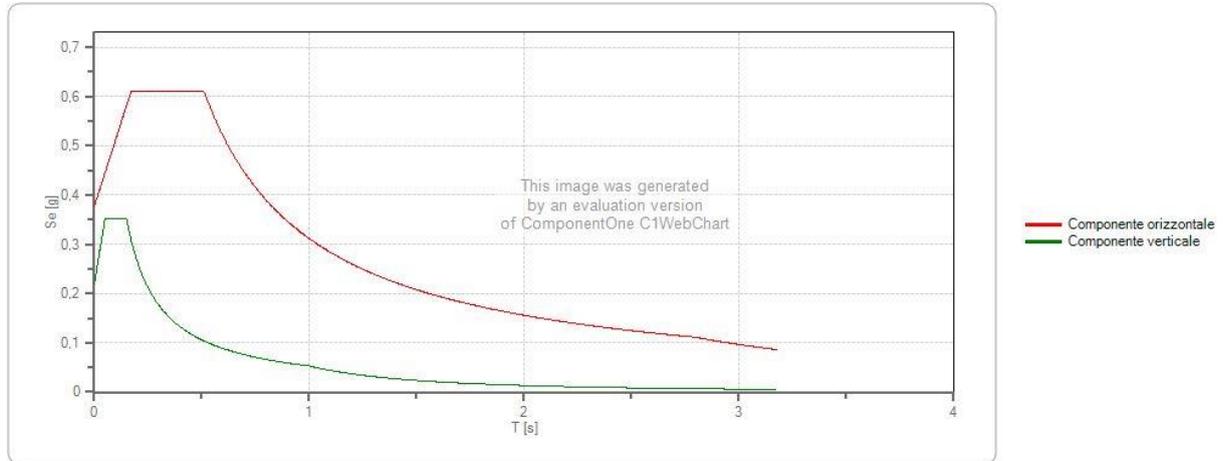
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.085	2.462	0.260
Danno (SLD)	101	0.111	2.430	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.297	2.422	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.394	2.408	0.364
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,025	0,013	1,245	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,040	0,020	1,626	0,240
SLV	1,270	1,490	1,000	0,106	0,053	3,699	0,280
SLC	1,130	1,470	1,000	0,125	0,062	4,371	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,270	1,500	0,171	0,512	2,788
SLV verticale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Caratterizzazione sismica Viadotto dei Frari area Pila 4

Sondaggio SD02_DH

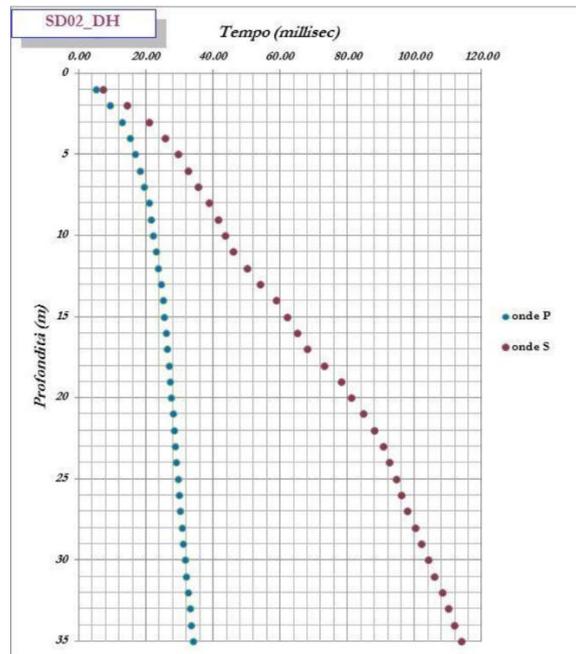
(Coord. UTM WGS84 $x = 5122175.990$; $y = 753699.525$)

Dati

Numero di strati 6
 Profondità piano di posa 9 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	181.85
2	5	364.36
3	4	279.22
4	5	273.01
5	5	369.38
6	11	515.96

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 370.16 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi–profondità per la prova down–hole SD02_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

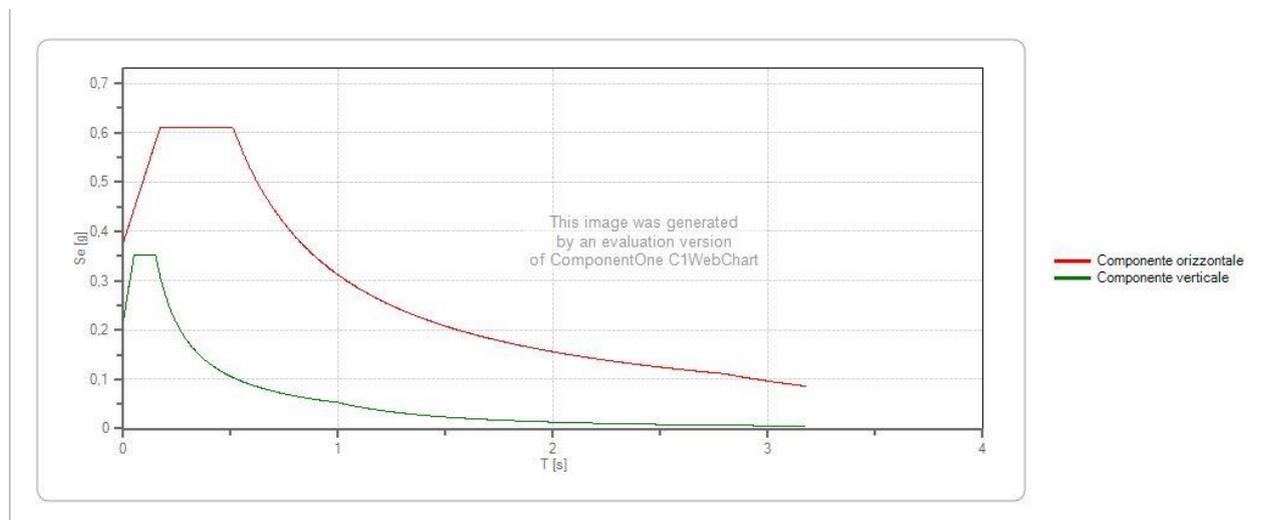
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.085	2.462	0.260
Danno (SLD)	101	0.111	2.430	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.297	2.422	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.394	2.408	0.364
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,025	0,013	1,245	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,040	0,020	1,626	0,240
SLV	1,270	1,490	1,000	0,106	0,053	3,699	0,280
SLC	1,130	1,470	1,000	0,125	0,062	4,371	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,270	1,500	0,171	0,512	2,788
SLV verticale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

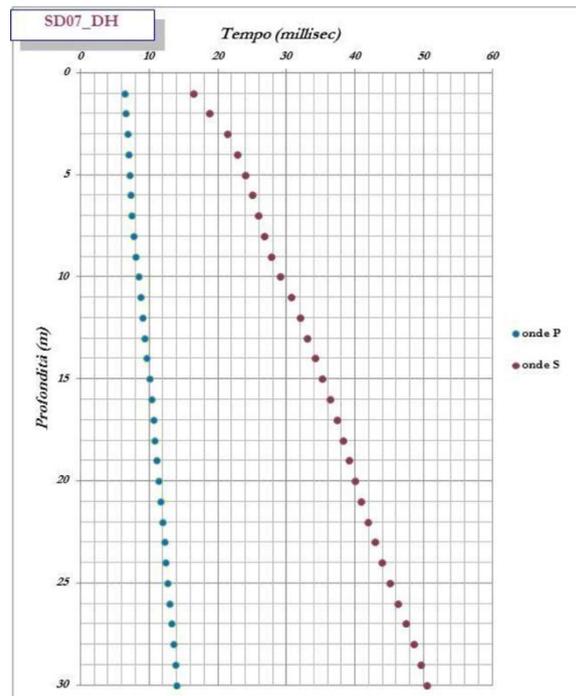
Caratterizzazione sismica rampa Viadotto Desedan area Spalla A

SD07_DH**(Coord. UTM WGS84 x = 5124566.615; y = 753725.301)****Dati**

Numero di strati 4
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	267.63
2	5	704.63
3	10	899.18
4	10	936.70

Profondità complessiva 30 m
 Vs, eq 387.92 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD07_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

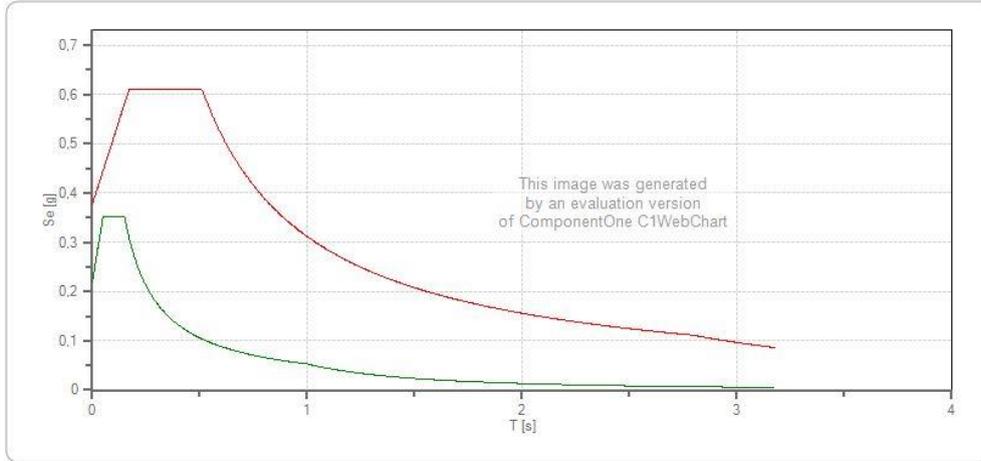
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.085	2.462	0.260
Danno (SLD)	101	0.111	2.430	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.297	2.422	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.394	2.408	0.364
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,025	0,013	1,245	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,040	0,020	1,626	0,240
SLV	1,270	1,490	1,000	0,106	0,053	3,699	0,280
SLC	1,130	1,470	1,000	0,125	0,062	4,371	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,270	1,500	0,171	0,512	2,788
SLV verticale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

Caratterizzazione sismica Viadotto Desedan S area palla A

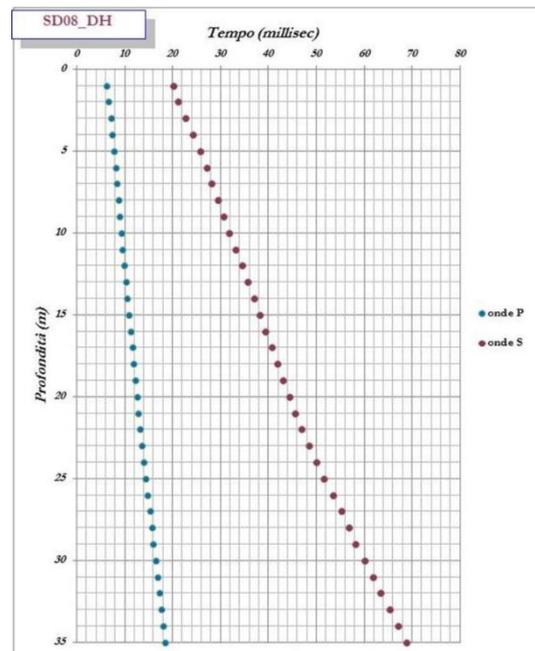
SD08_DH

(Coord. UTM WGS84 $x = 5124775.248$; $y = 753781.296$)**Dati**

Numero di strati 4
 Profondità piano di posa 4.4 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	247.29
2	5	609.44
3	10	750.82
4	15	617.80

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 634.82 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD08_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

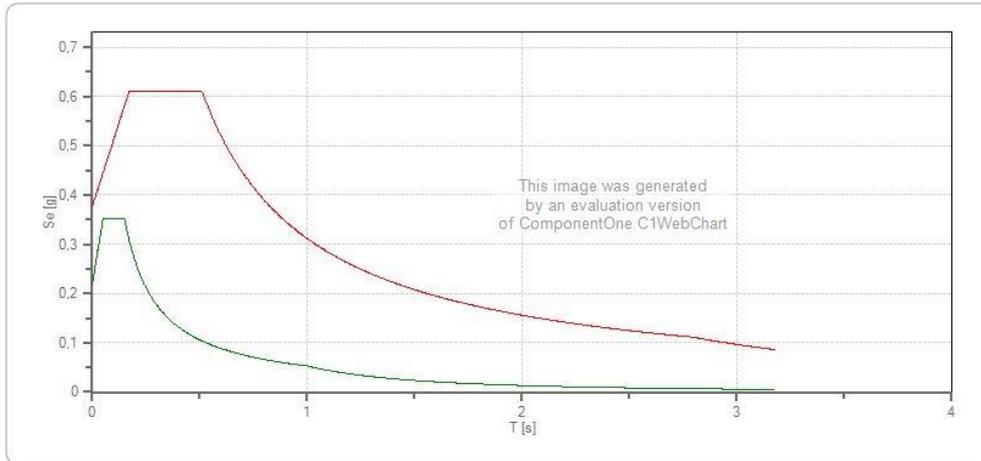
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.085	2.462	0.260
Danno (SLD)	101	0.111	2.430	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.297	2.422	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.394	2.408	0.364
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,025	0,013	1,245	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,040	0,020	1,626	0,240
SLV	1,270	1,490	1,000	0,106	0,053	3,699	0,280
SLC	1,130	1,470	1,000	0,125	0,062	4,371	0,280



	cu	ag [g]	F _o	T _c * [s]	S _s	C _c	S _t	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,270	1,500	0,171	0,512	2,788
SLV verticale	2	0,297	2,422	0,343	1,270	1,490	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

Caratterizzazione sismica Viadotto Desedan area Pile 9-10

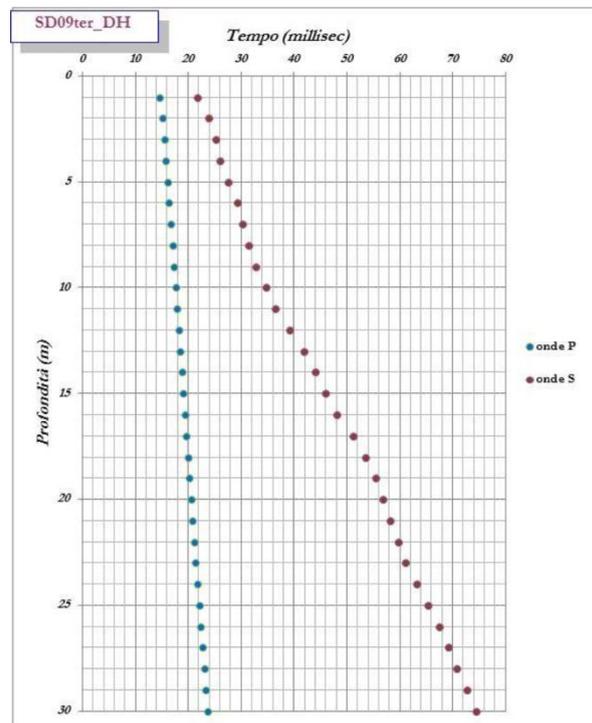
SD09ter_DH

(Coord. UTM WGS84 $x = 5125097.368$; $y = 754135.852$)**Dati**

Numero di strati 5
 Profondità piano di posa 4.4 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	242.9
2	5	542.28
3	5	436.24
4	5	471.18
5	10	570.85

Profondità complessiva 30 m
 Vs, eq 499.21 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD09ter_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

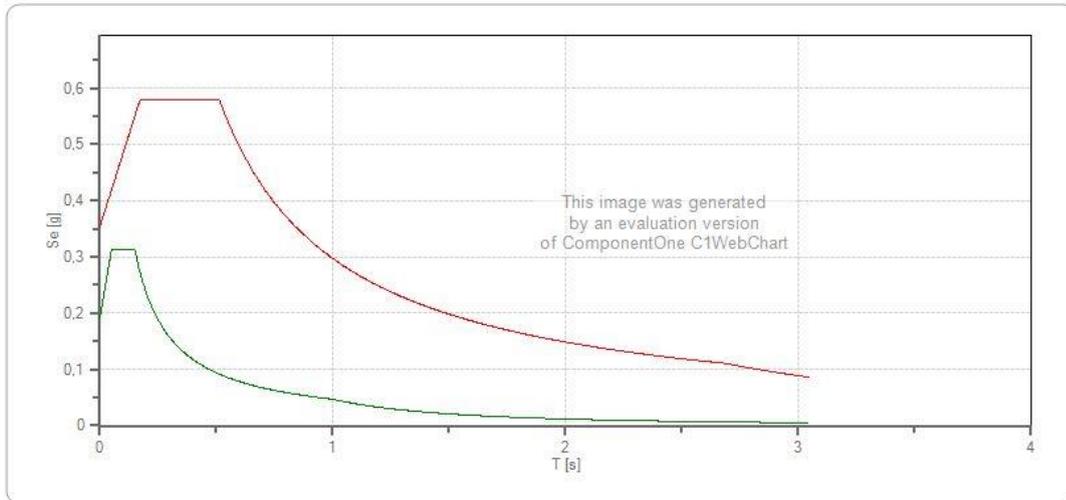
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

Caratterizzazione sismica Viadotto Desedan area Pila 18

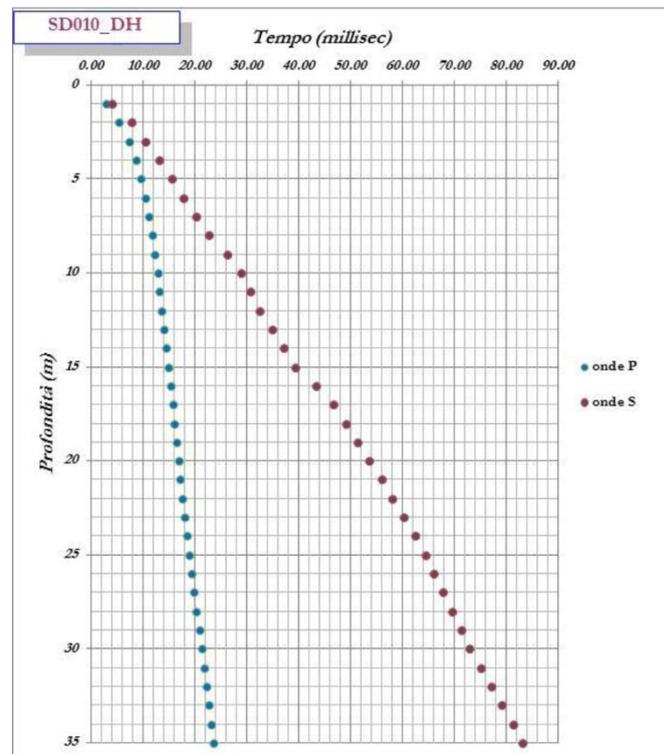
SD10_DH

(Coord. UTM WGS84 $x = 5125578.633$; $y = 754390.275$)**Dati**

Numero di strati 4
 Profondità piano di posa 7.8 m

Nr	Spessore	Velocità
1	10	359.45
2	5	481.34
3	13	457.04
4	7	525.93

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 466.86 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD010_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

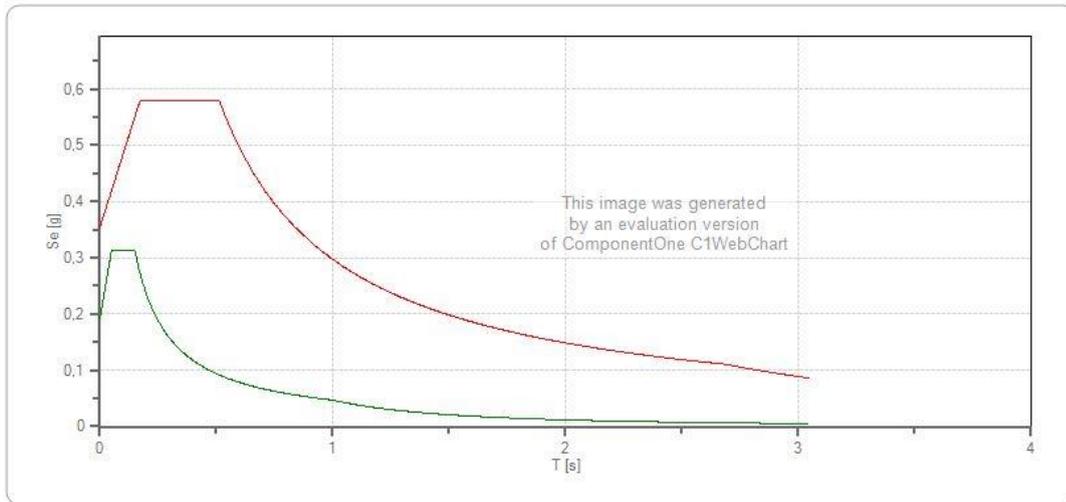
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Caratterizzazione sismica Area Viadotto Villanova – Zona Industriale

SD13_DH

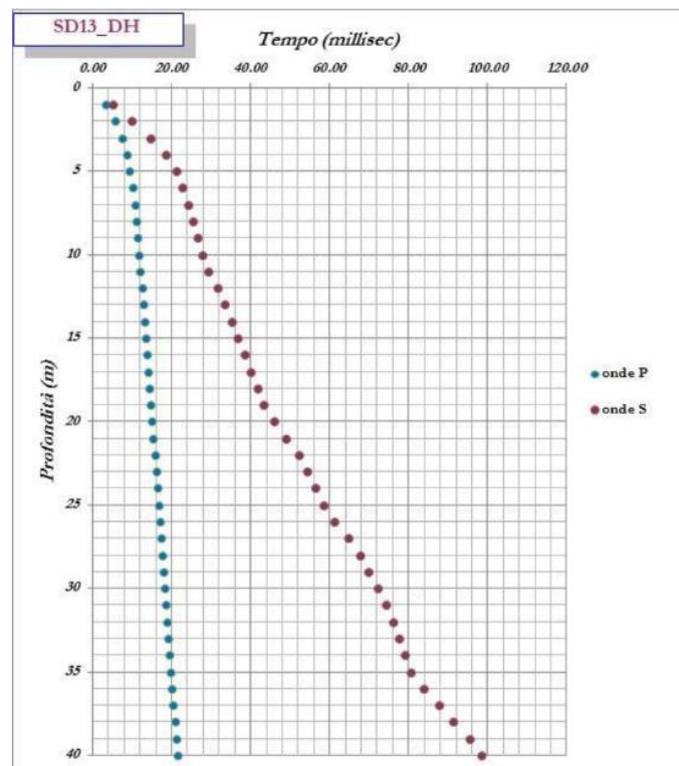
(Coord. UTM WGS84 x = 5126826.129; y = 754751.454)

Dati

Numero di strati 7
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	249.15
2	5	754.29
3	10	565.57
4	5	421.88
5	5	369.80
6	5	607.47
7	5	284.64

Profondità complessiva 40 m
 Vs, eq 430.10 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD013_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

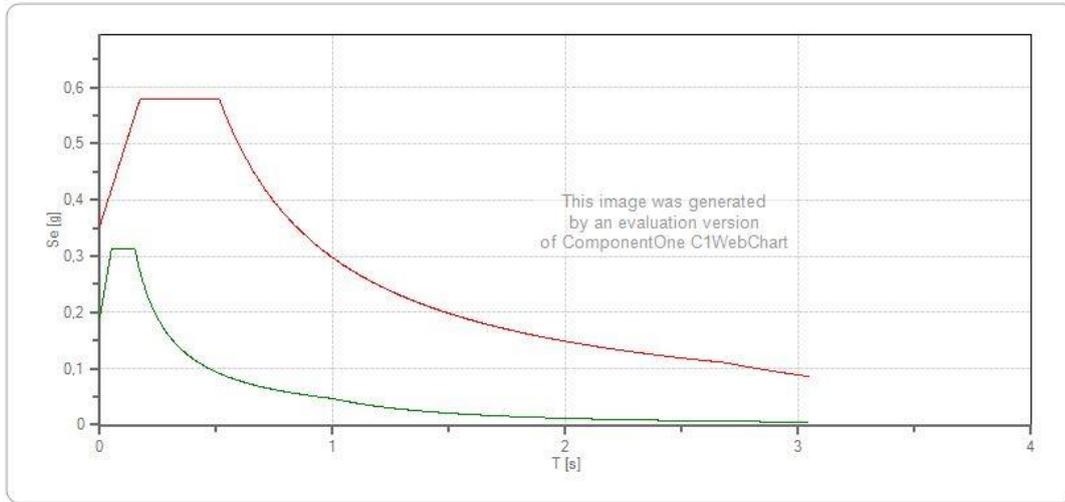
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Caratterizzazione sismica Viadotto Maé Area Pile 1-2

Sondaggio SD14_DH

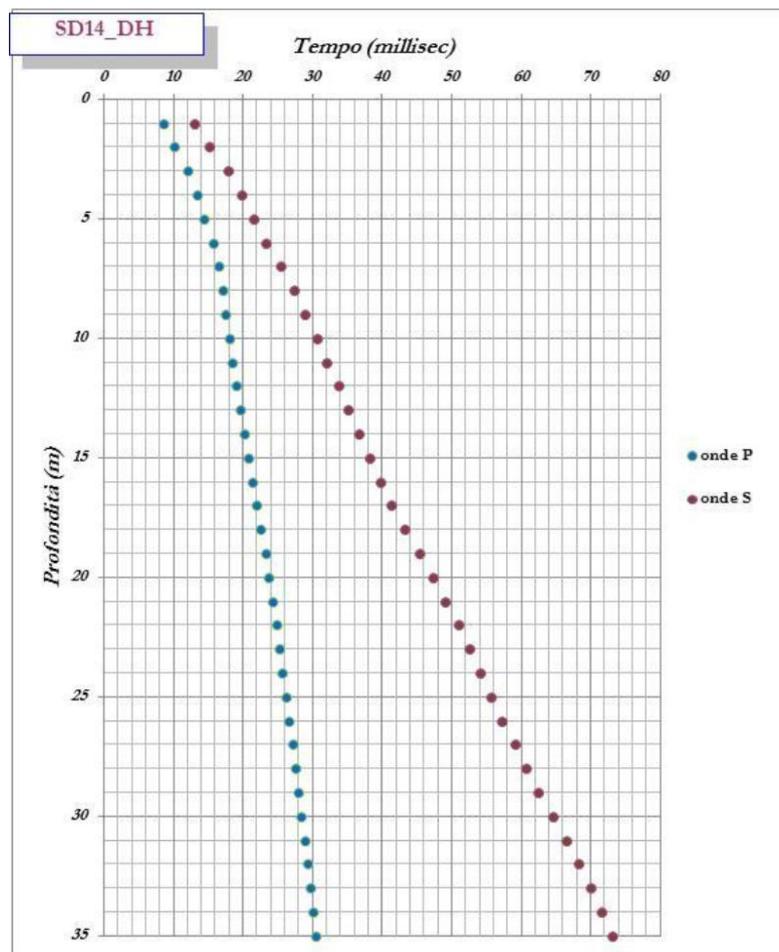
(Coord. UTM WGS84 $x = 5127900.214$; $-y = 754762.580$)

Dati

Numero di strati 3
Profondità piano di posa 4 m

Nr	Spessore	Velocità
1	10	374.27
2	5	620.85
3	20	574.30

Profondità complessiva 35 m
Vs, eq 524.77 m/s
Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD014_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

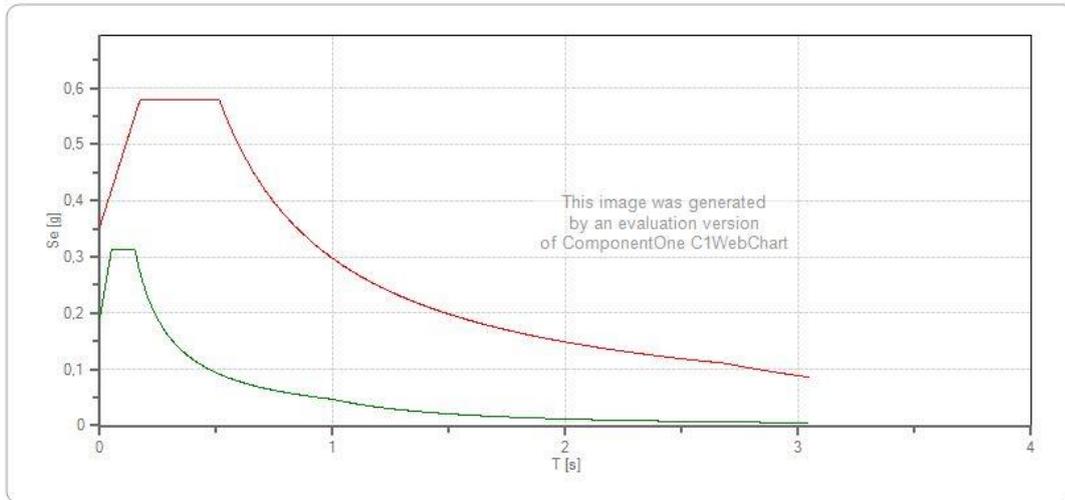
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

Caratterizzazione sismica Viadotto Maé Area Spalla B

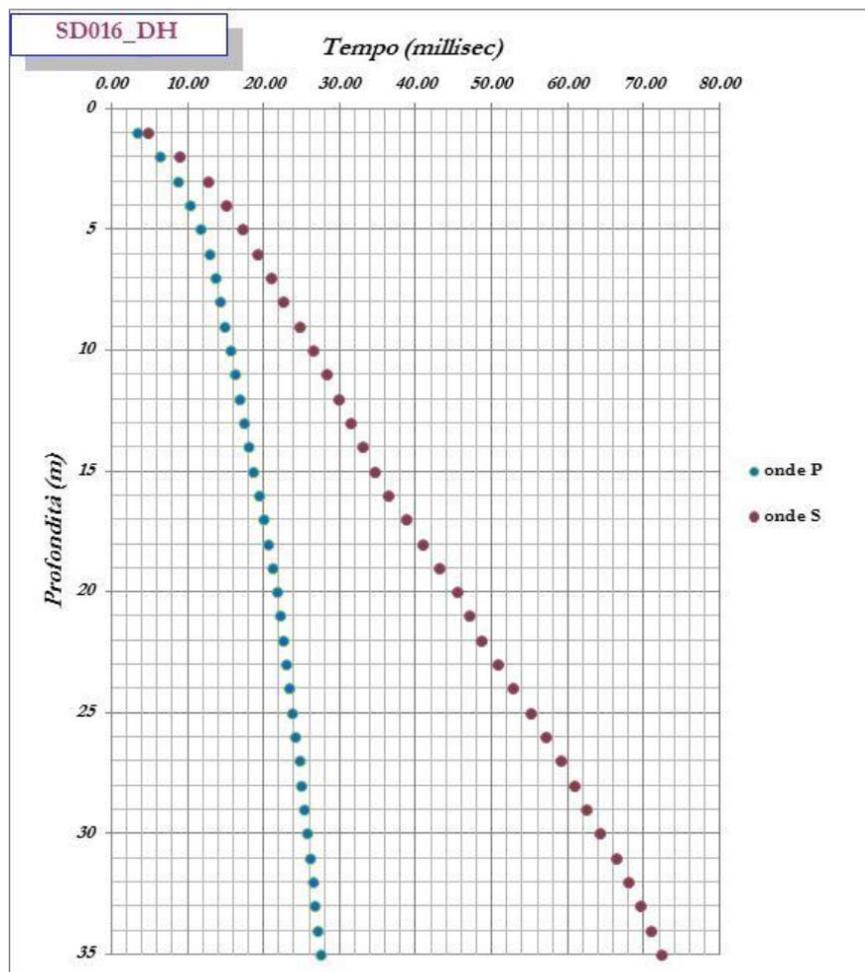
Sondaggio SD16_DH

(Coord. UTM WGS84 $x = 5128277.894$; $-y = 754674.956$)**Dati**

Numero di strati 5
 Profondità piano di posa 3.20 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	319.30
2	5	541.45
3	5	616.86

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 525.85 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD016_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

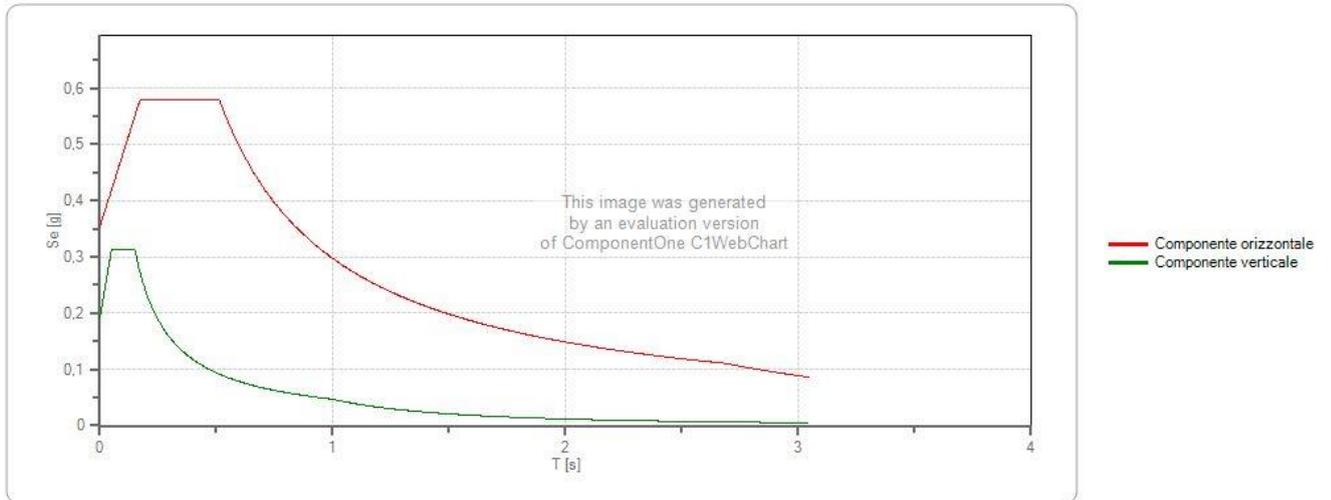
Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280

VE407

Relazione Sismica

	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

Caratterizzazione sismica Viadotto Fiera Area Spalla A

Sondaggio SD17_DH

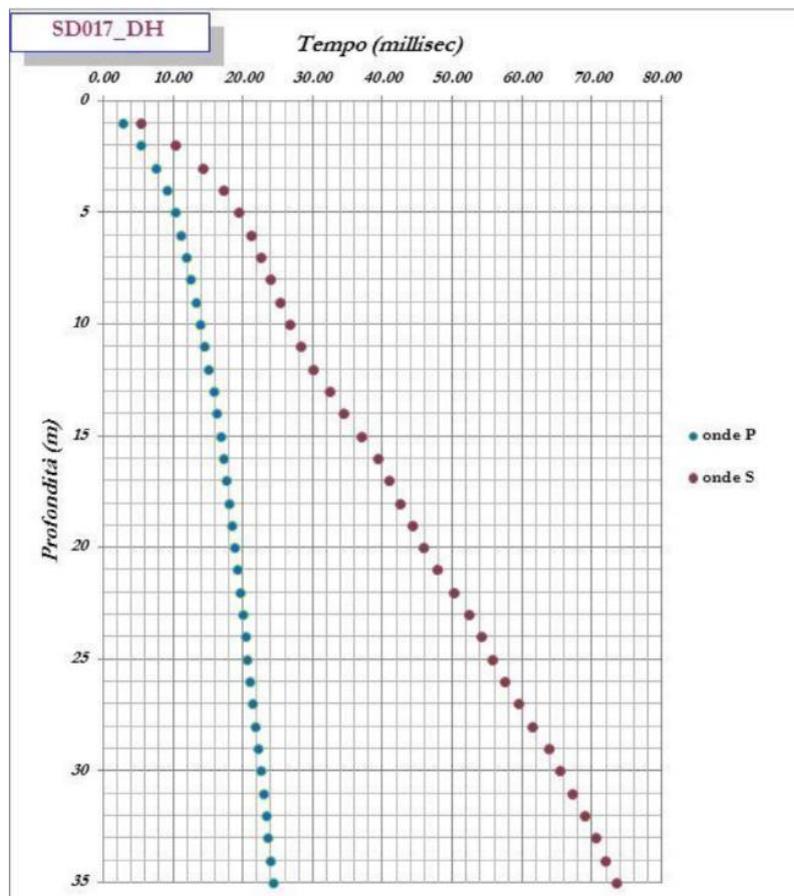
(Coord. UTM WGS84 x = 5129042.211; - y = 754728.639)

Dati

Numero di strati 4
 Profondità piano di posa 3.20 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	291.20
2	5	684.98
3	5	505.94
4	20	561.55

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 537.89 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD017_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

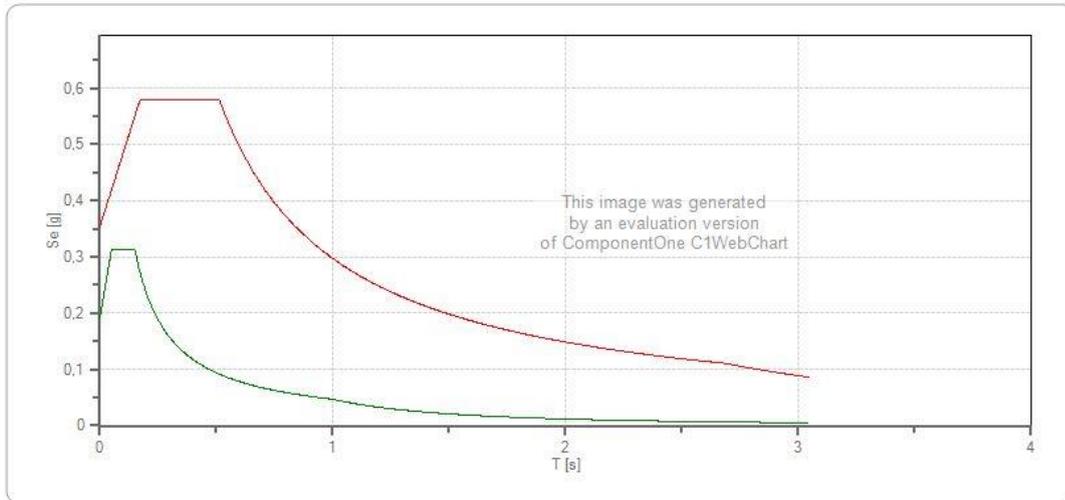
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

VE407

Relazione Sismica

Caratterizzazione sismica Viadotto Fiera Area Spalla B

Sondaggio SD19_DH

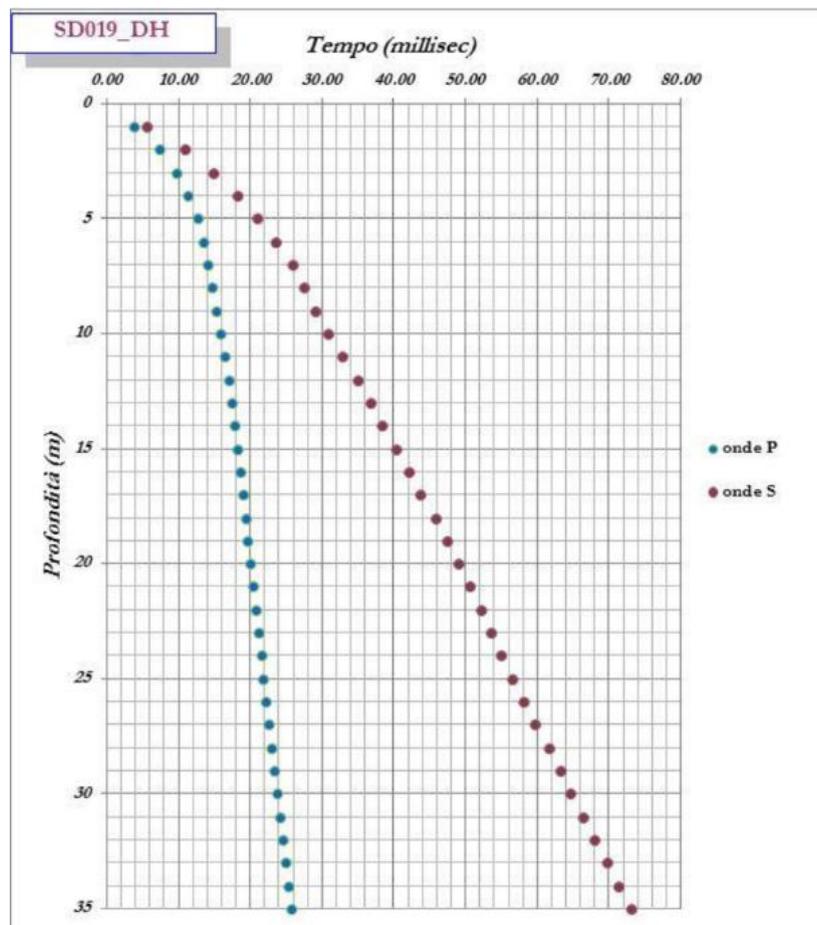
(Coord. UTM WGS84 x = 5129416.464; - y = 754666.043)

Dati

Numero di strati 4
 Profondità piano di posa 3.25 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	255.96
2	5	524.85
3	10	560.49
4	15	626.82

Profondità complessiva 35 m
 Vs, eq 542.07 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD019_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

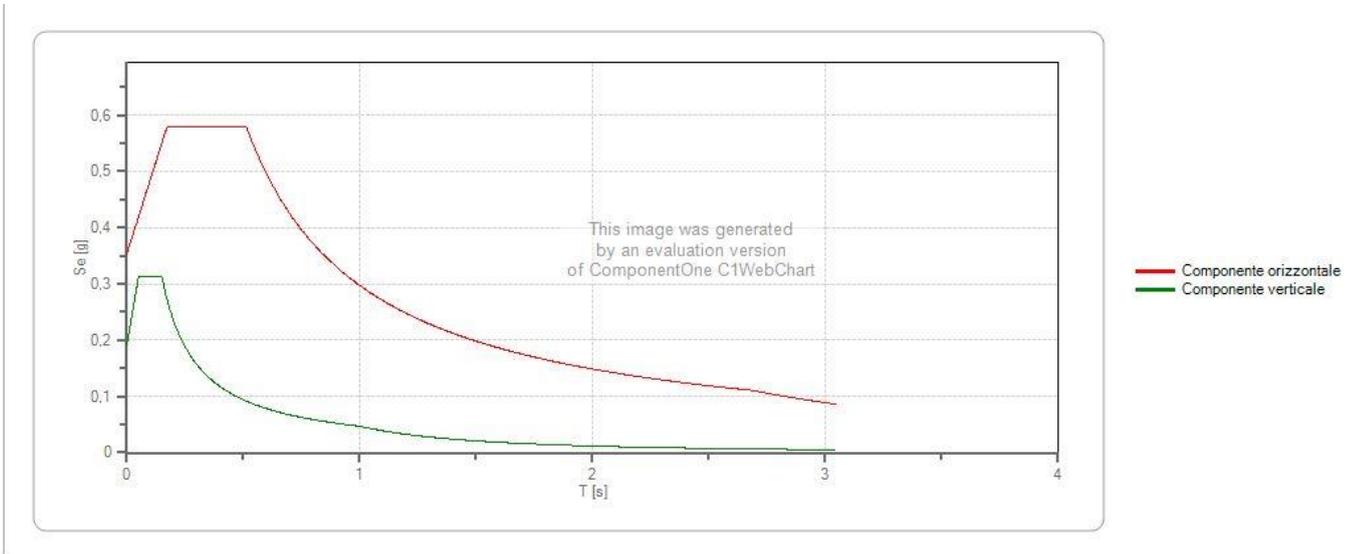
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Caratterizzazione sismica Viadotto Malcolm Area Spalla A

Sondaggio SD20_DH

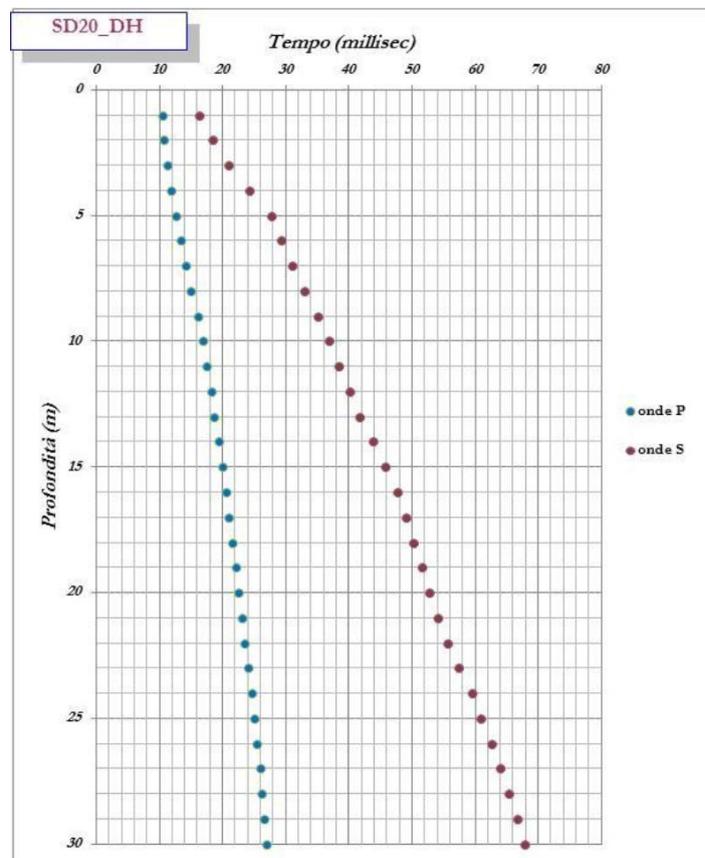
(Coord. UTM WGS84 $x = 5130134.627$; $-y = 754548.722$)

Dati

Numero di strati 6
 Profondità piano di posa 3.33 m

Nr	Spessore	Velocità
1	5	211.89
2	5	433.72
3	5	530.97
4	5	701.84
5	5	615.16
6	5	718.45

Profondità complessiva 30 m
 V_s , eq 522.55 m/s
 Categoria del suolo B



Andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole SD020_DH metro per metro

Parametri sismici

Classe d'uso: IV

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

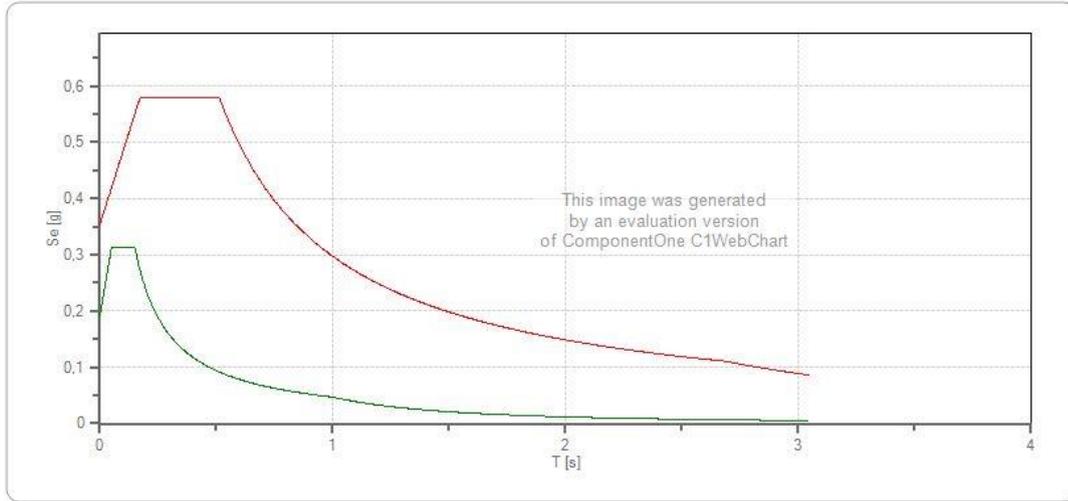
Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente c_u : 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.078	2.459	0.262
Danno (SLD)	101	0.102	2.443	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.272	2.451	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.362	2.431	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,024	0,012	1,154	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,502	0,240
SLV	1,300	1,500	1,000	0,099	0,050	3,468	0,280
SLC	1,170	1,470	1,000	0,119	0,059	4,151	0,280



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,300	1,500	0,171	0,514	2,688
SLV verticale	2	0,272	2,451	0,343	1,300	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

10.2 Prospezione sismica a rifrazione

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P “di compressione”) e longitudinali (onde SH “di taglio”) per determinare lo spessore e l’andamento dei sismostrati.

La prospezione consiste nel generare un’onda sismica nel terreno attraverso un a determinata sorgente di energia (colpo di mazza, maglio battente, cannoncino sismico, ecc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa per compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino ai sensori di ricezione (geofoni) seguendo le leggi della rifrazione dell’ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulla superficie di separazione tra due strati con proprietà sismiche differenti.

L’apparecchiatura necessaria per le prospezioni consiste in una serie di ricevitori (geofoni), che vengono spazati lungo un determinato allineamento (linea sismica), e da un sismografo che registra l’istante di inizio della perturbazione elastica e i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. In questo modo, osservando i primi arrivi in corrispondenza di punti posti a differente distanza dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo/distanza (dromocrona) che rappresenta la variazione del minimo percorso in funzione del tempo.

L’analisi tomografica, in sintesi, determina un modello a gradiente uniforme mediante l’analisi dei tempi di percorrenza attraverso una versione migliorata del metodo Herglotz–Wiechert. Il modello iniziale viene quindi trattato da un processo di inversione numerica, noto

come 2D WET, che si basa sulla propagazione multipla dei segnali che contribuiscono a ciascun dato osservato. L'algoritmo considera altresì i fenomeni di diffrazione e trasmissione, oltre che il consueto fenomeno della rifrazione, fornendo una migliore rappresentazione della distribuzione delle velocità sismiche nel sottosuolo.

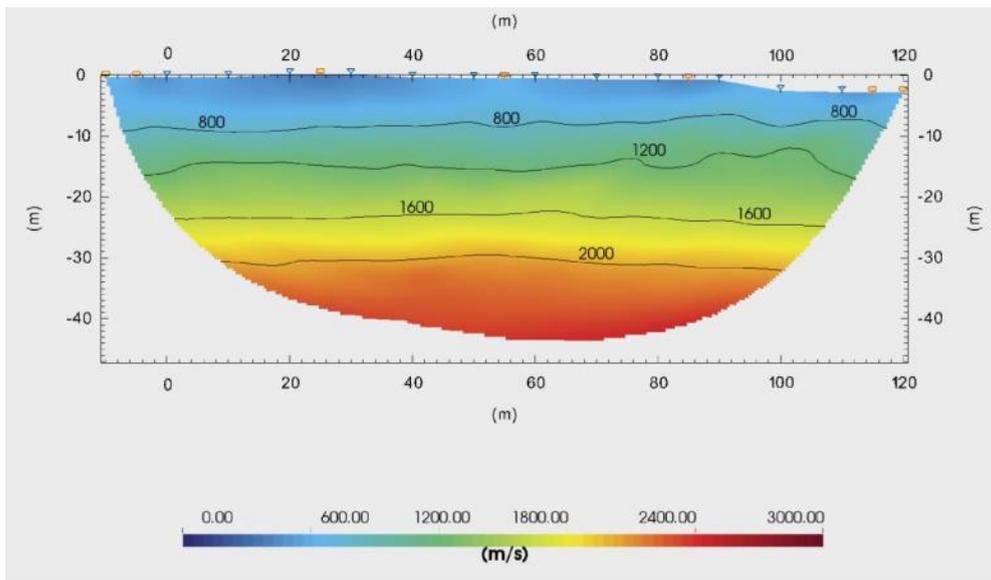
Per gli stendimenti effettuati nella presente campagna di indagini sono state eseguite energizzazioni in onde P con un cannoncino (fucile) sismico con cartucce "a salve" e/o con massa battente (martello kg 8) e in onde SH, colpendo lateralmente su entrambi i lati una trave di legno posizionata nello stesso punto in cui è stata effettuata la precedente energizzazione in P.

I punti di energizzazione per ciascun profilo sono stati da 5 a 7, di cui 3 interni allo stendimento stesso e 2/4 all'esterno, a una distanza dal primo e ultimo geofono pari a metà della distanza intergeofonica adottata.

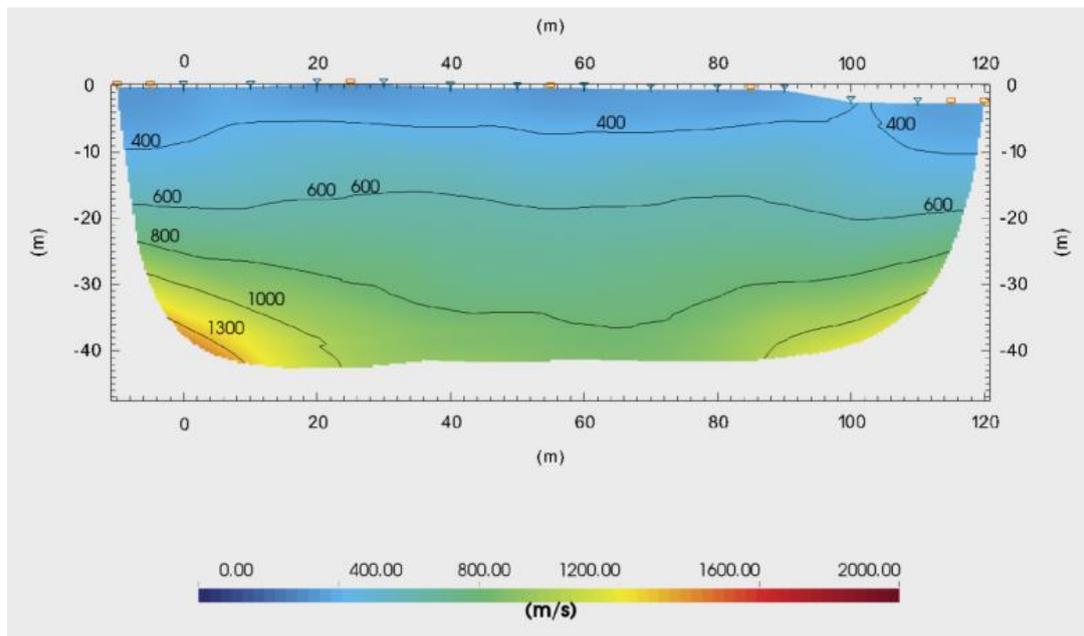
BSD01 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 01.



Profilo sismico tomografico BSD 01 in V_p .



Profilo sismico tomografico BSD 01 in V_s .

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 800 m/s di V_p e ai 400 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 10 metri; tale sismostrato ha un andamento suborizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

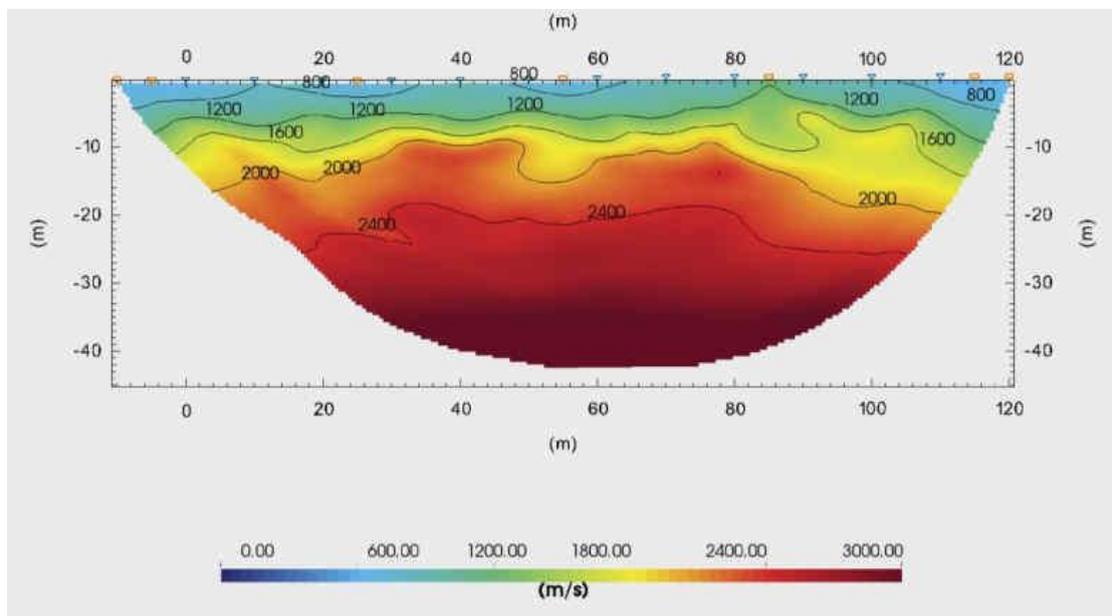
presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2000 m/s di V_p e 600–800 m/s di V_s fino a una profondità di circa 25–30 metri dal p.c., raggiunta esclusivamente al centro del profilo; questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia piú addensata. Oltre la profondità di 25–30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 40–45 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

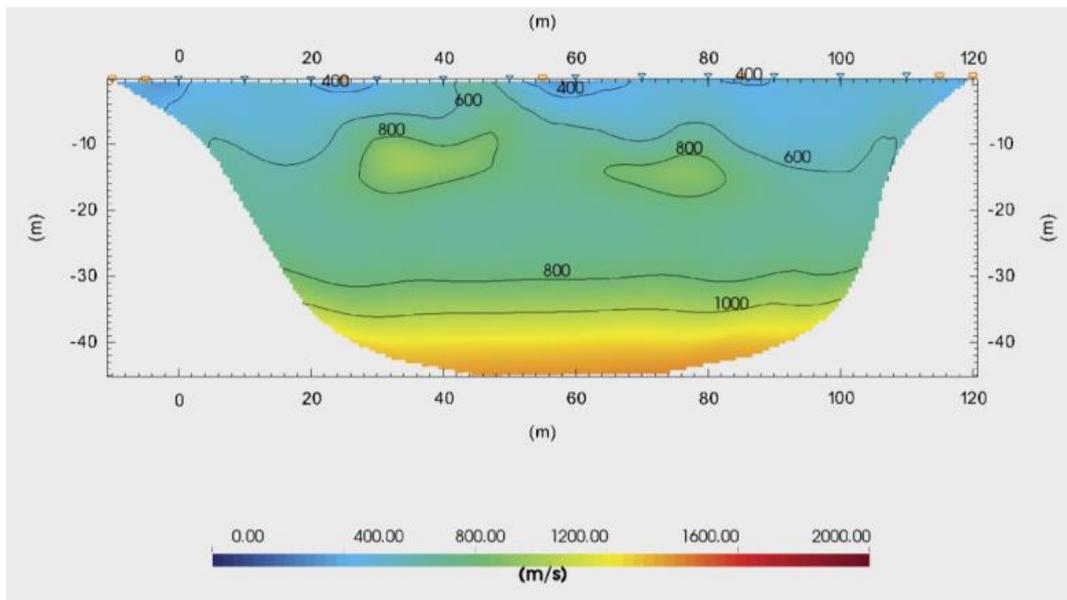
BSD01bis – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 01bis



Profilo sismico tomografico BSD 01bis in Vp.



Profilo sismico tomografico BSD 01 in Vs.

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1600 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 10–15 metri; tale sismostrato ha un andamento circa sub-orizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2400 m/s di V_p e 700–800 m/s di V_s fino a una profondità di circa 30 metri dal p.c.; questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia più addensata. Nella parte centrale del profilo, all'interno di questo sismostrato, vi è la presenza sia in V_p che in V_s di inversioni di velocità, dovute probabilmente alla presenza di ghiaia e trovanti molto addensati.

Oltre la profondità di 30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

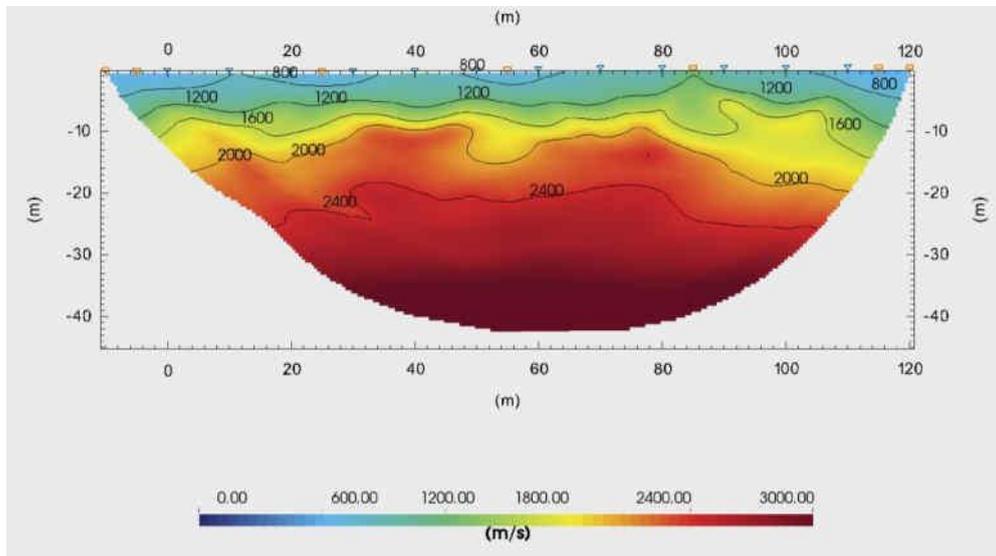
corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 40–45 metri p.c

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

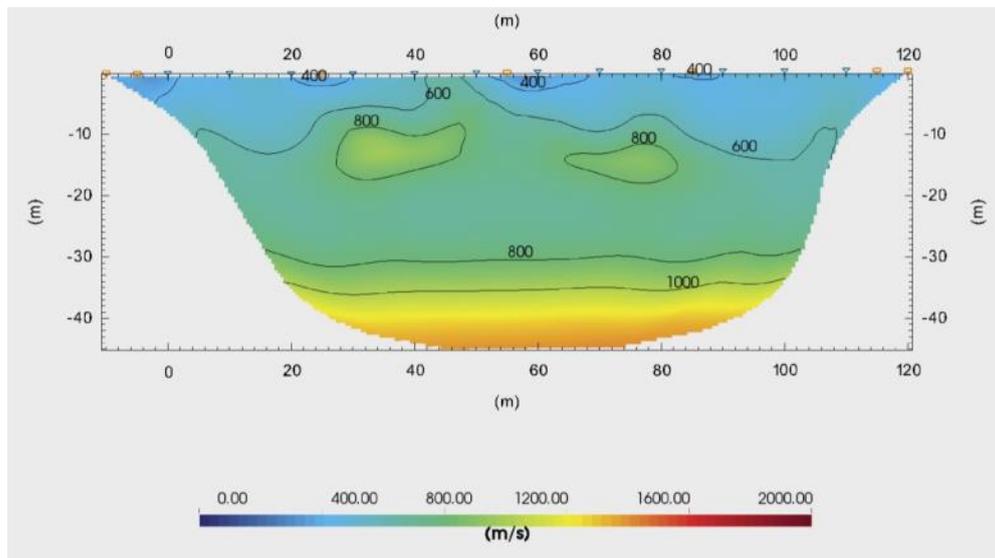
BSD02 – L = 130m



*Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD
02*



Profilo sismico tomografico BSD 02 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 02 in Vs

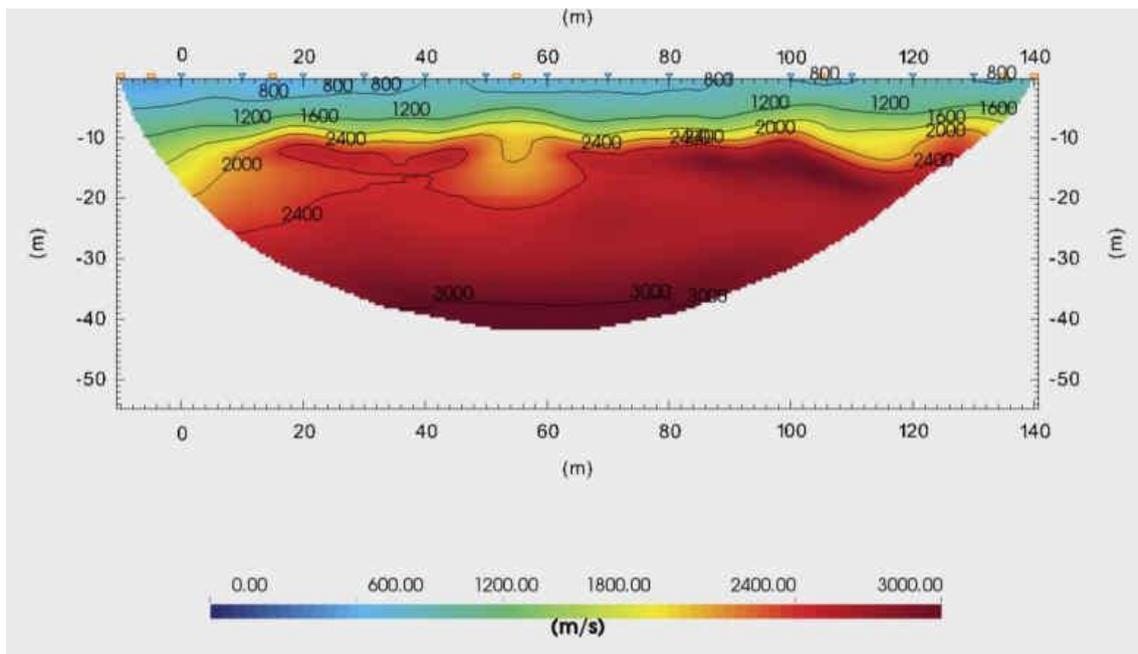
Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1600 m/s di V_p e ai 400 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 10 metri; tale sismostrato ha un andamento suborizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2400 m/s di V_p e 600 m/s di V_s fino a una profondità di circa 25–30 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia con sabbia più addensata, e probabilmente nella parte SW questo sismostrato si approfondisce per la presenza di sabbia con poca ghiaia molto addensata. Oltre la profondità di 25–30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 40–45 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo B.

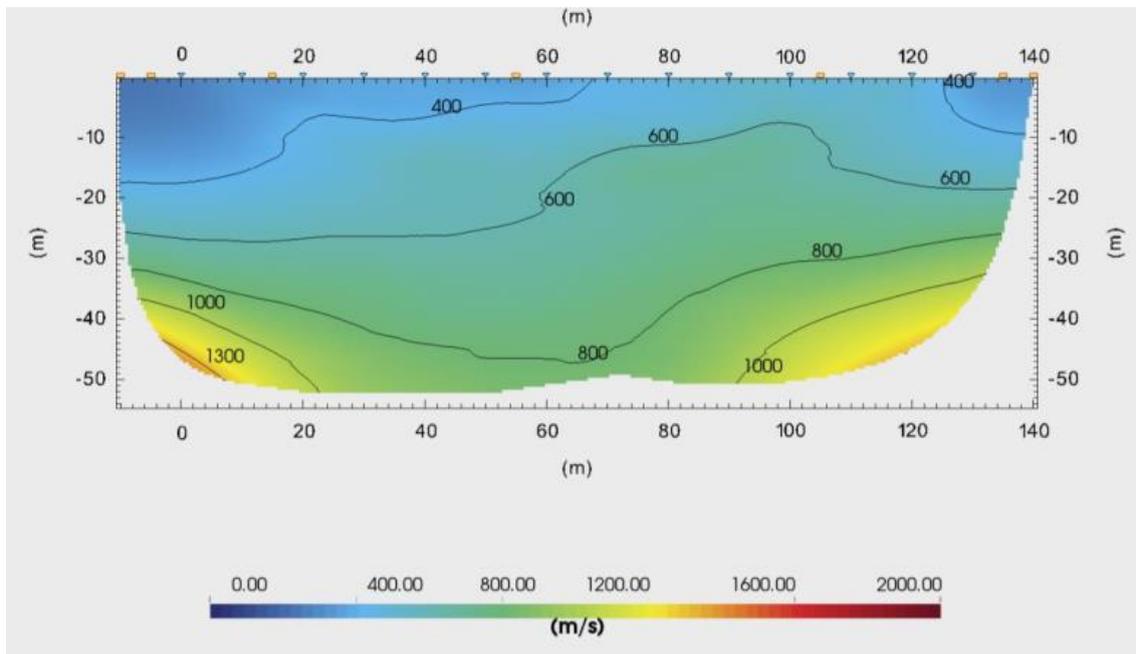
BSD02bis – L = 150m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 02bis



Profilo sismico tomografico BSD 02bis in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 02bis in Vs

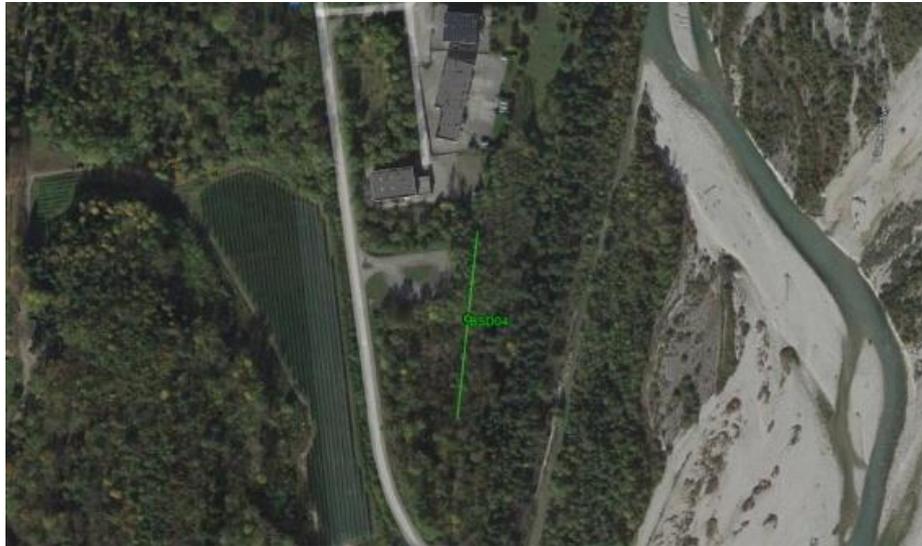
Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1200 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 10 metri; tale sismostrato rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2400 m/s di V_p e 600 m/s di V_s fino a una profondità di circa 20–25 metri dal p.c.; questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia con sabbia più addensata. Nella parte NW del profilo, all'interno di questo sismostrato, vi è la presenza sia in V_p che in V_s di una decrescita di velocità, dovute probabilmente alla presenza di strato più sabbioso molto addensato. Oltre la profondità di 20–25 metri dal p.c., i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento, che presenta una crescita più lenta nella parte centrale del profilo; ciò probabilmente è dovuto alla presenza di sabbia con poca ghiaia molto addensata, come riscontrato nella parte SW del precedente profilo BSD 02. Tale sismostrato poi

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

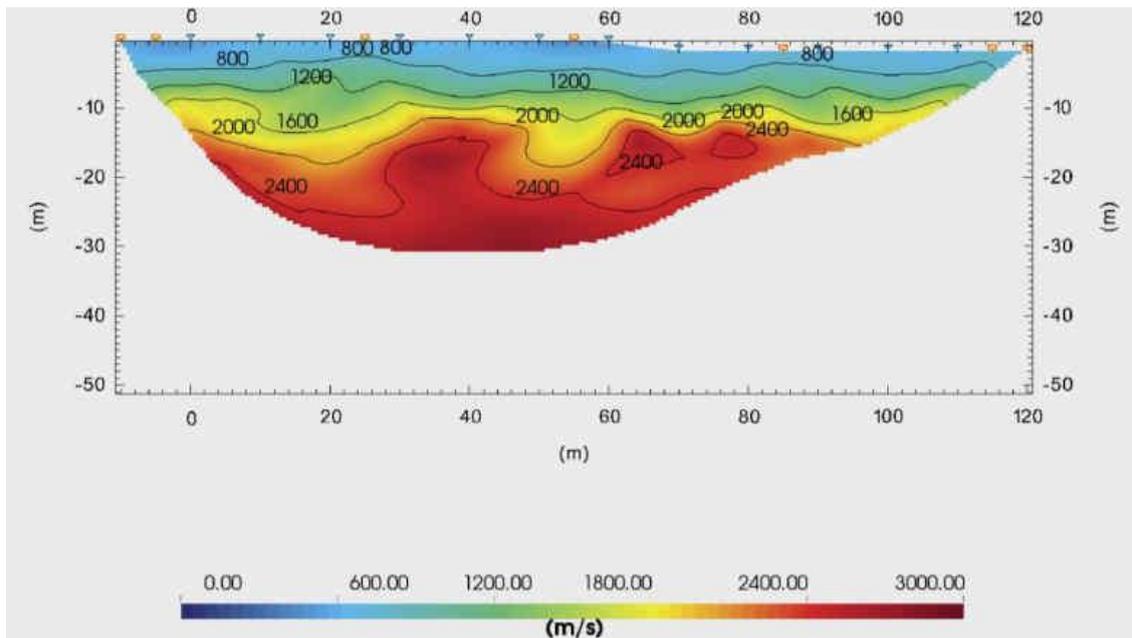
subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 40–45 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

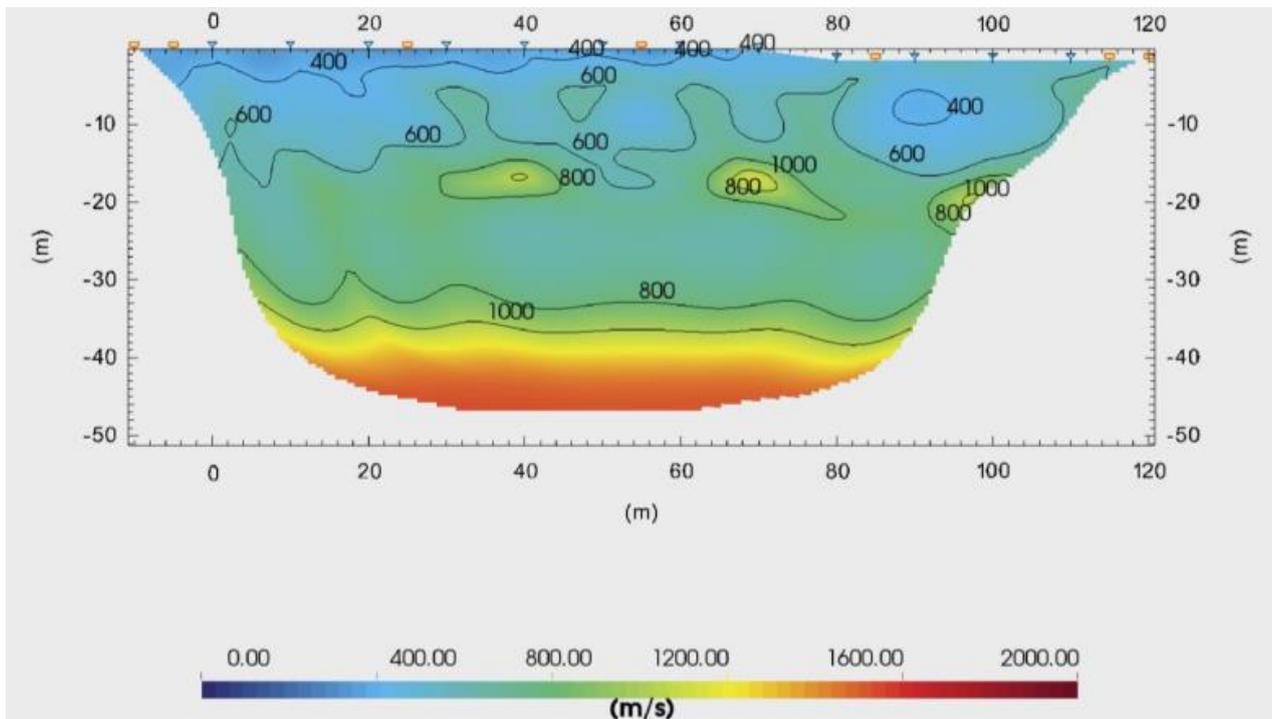
BSD04 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 04



Profilo sismico tomografico BSD 04 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 04 in Vs

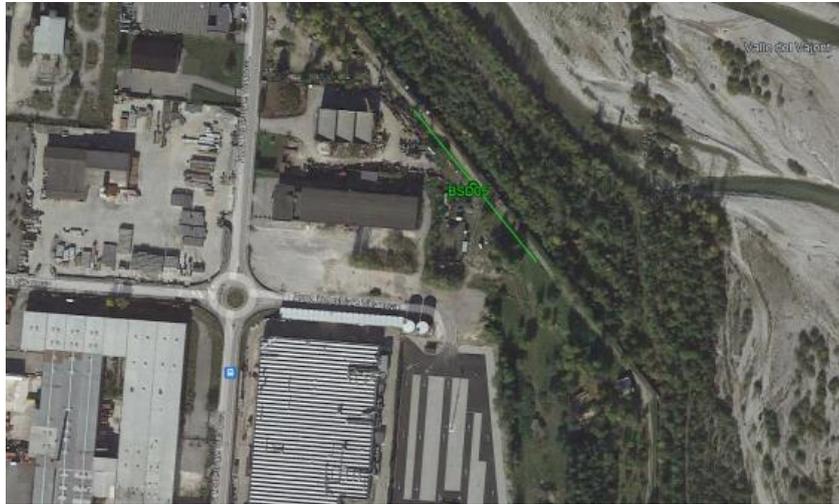
Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1600 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 10–15 metri; tale sismostrato ha un andamento sub-orizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2400 m/s di V_p e 600–800 m/s di V_s fino a una profondità di circa 25–30 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia con sabbia più addensata, e nella parte centrale e SSW del profilo si individua la presenza di interstrati ghiaiosi e/o trovanti, date le inversioni di velocità individuate sia in V_p che in V_s . Oltre la profondità di 25–30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

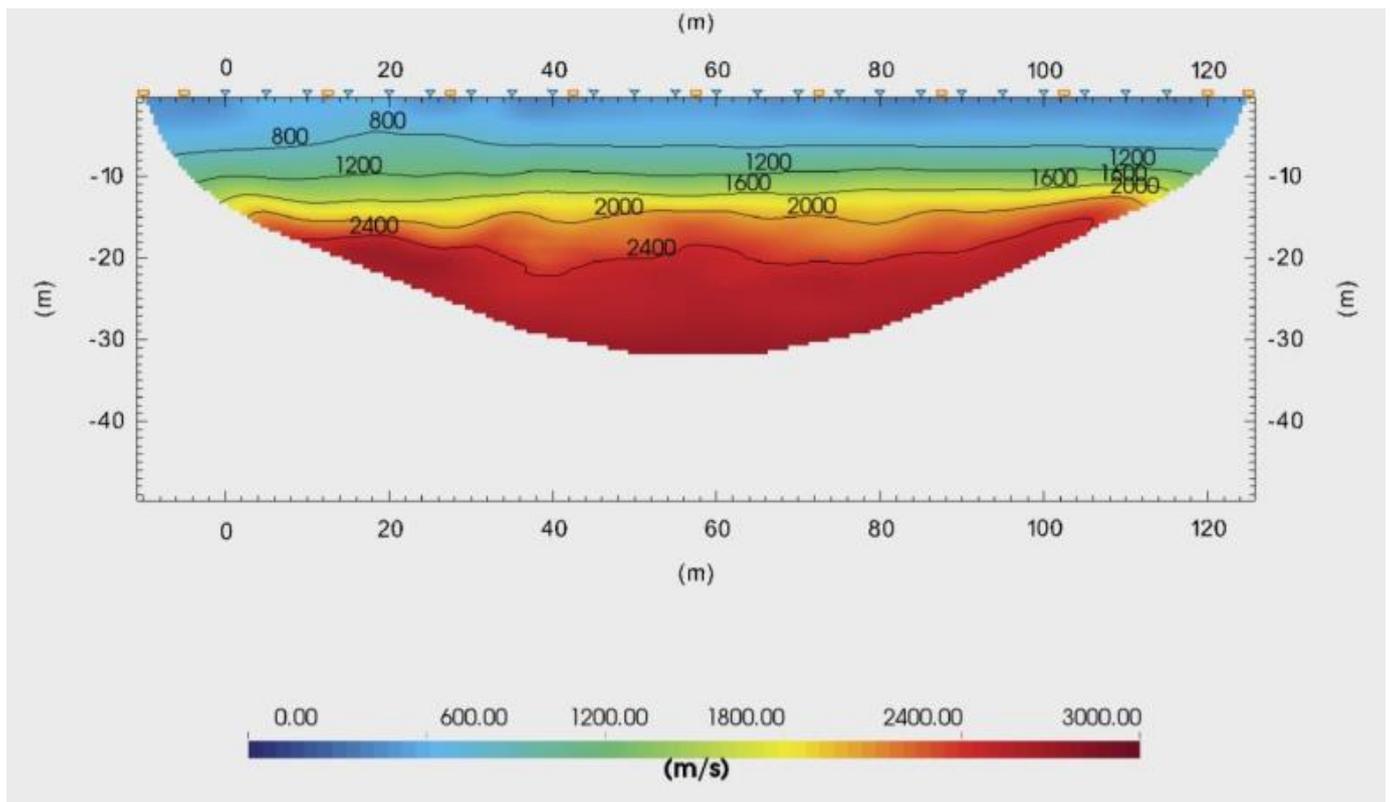
raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 45–50 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

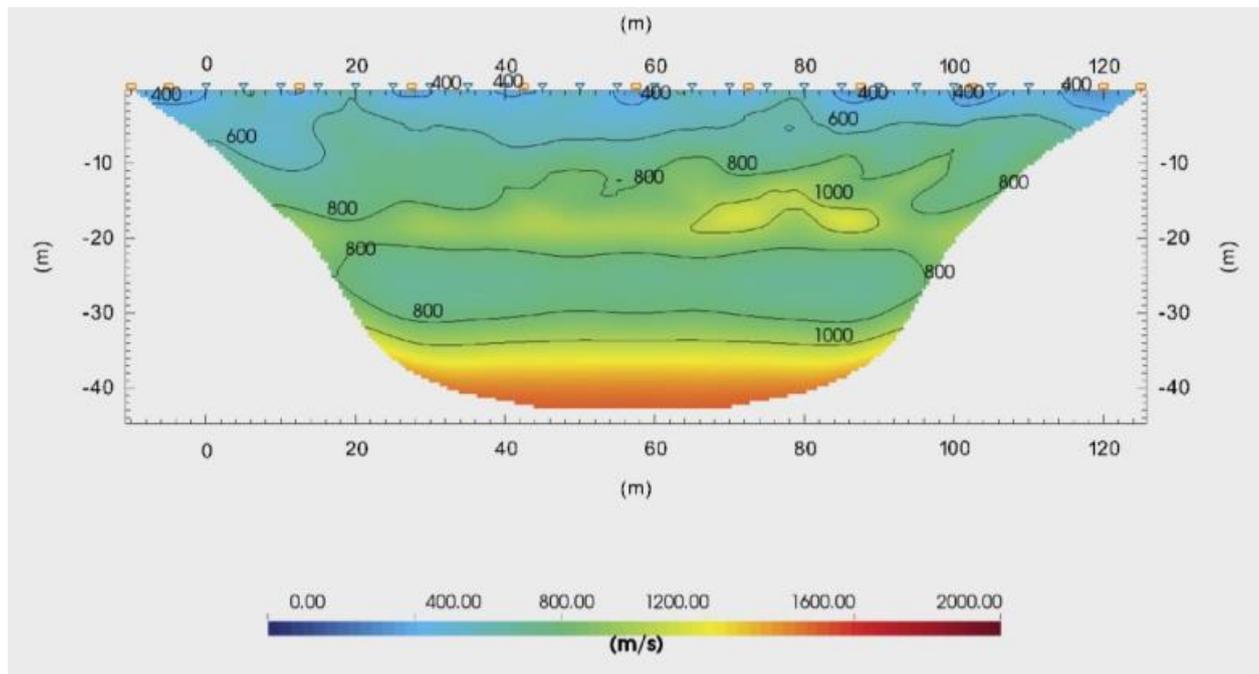
BSD05 – L = 135m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 05



Profilo sismico tomografico BSD 05 in V_p



Profilo sismico tomografico BSD 05 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 800 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 10 metri; tale sismostrato ha un andamento suborizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2000 m/s di V_p e 700–800 m/s di V_s fino a una profondità di circa 20 metri dal p.c.; questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia più addensata.

Al di sotto di questo strato, vi è la presenza di velocità crescenti di V_p fino a oltre 2400 m/s, mentre per le V_s si assiste ad un aumento di velocità (V_s oltre 800 m/s) fino a circa 25 metri p.c e poi ad una decrescita delle velocità fino a circa 30 metri p.c. per attestarsi a circa 800 m/s di V_s . Questo sismostrato presenta probabilmente delle inversioni di velocità dovute alla presenza di ghiaia molto compatta e trovanti, alternati con sabbia e poca ghiaia molto compatta. Oltre la profondità di 30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

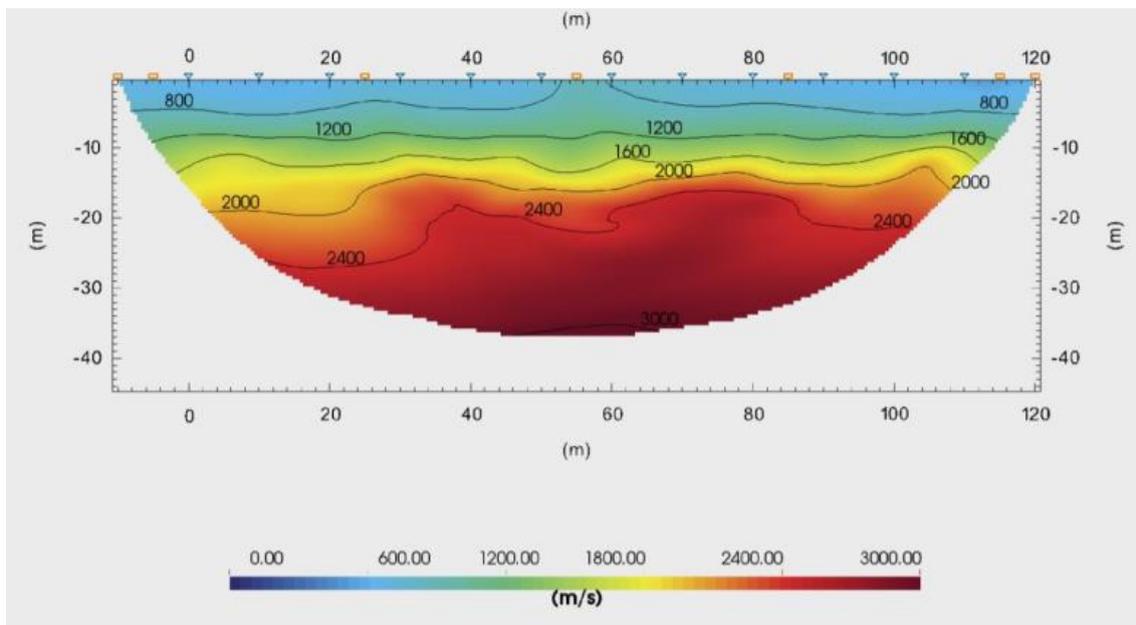
evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori ad almeno 40–45 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

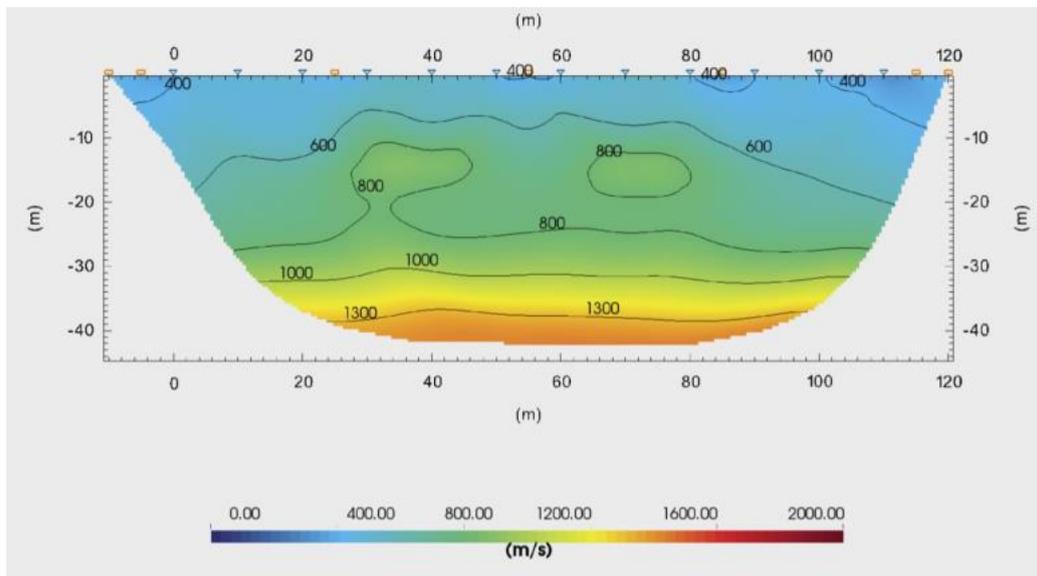
BSD06 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 06



Profilo sismico tomografico BSD 06 in V_p



Profilo sismico tomografico BSD 06 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1600 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 15–20 metri; tale sismostrato ha un andamento

circa sub-orizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2400 m/s di V_p e 700–800 m/s di V_s fino a una profondità di circa 25–30 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia con sabbia più addensata, e nella parte centrale del profilo si individua la presenza di interstrati ghiaiosi e/o trovanti, date le inversioni di velocità individuate sia in V_p che V_s alla profondità di circa 20 metri p.c..

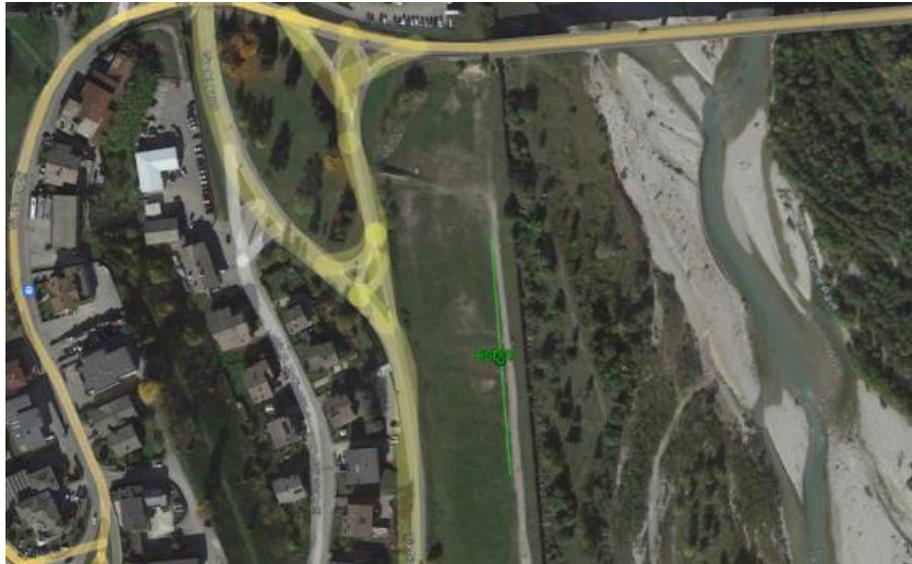
Oltre la profondità di 25–30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

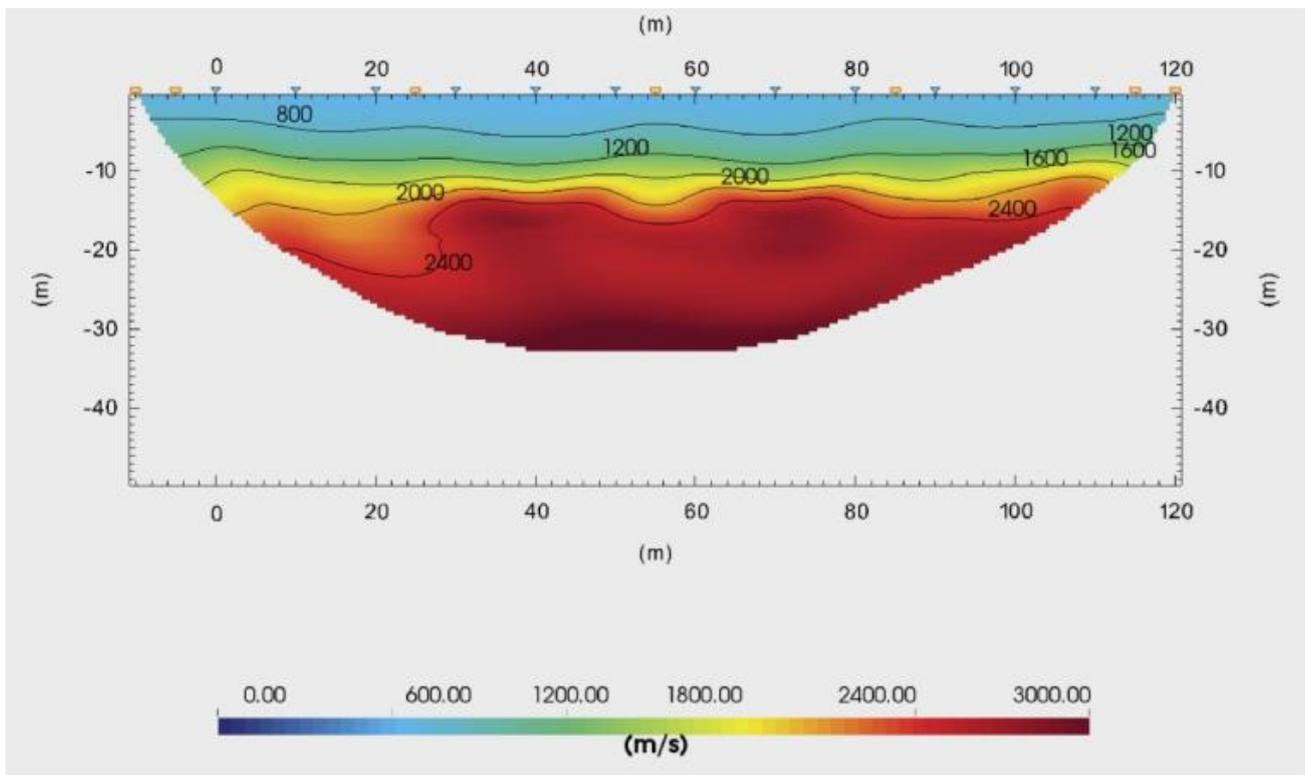
corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori ad almeno 40 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

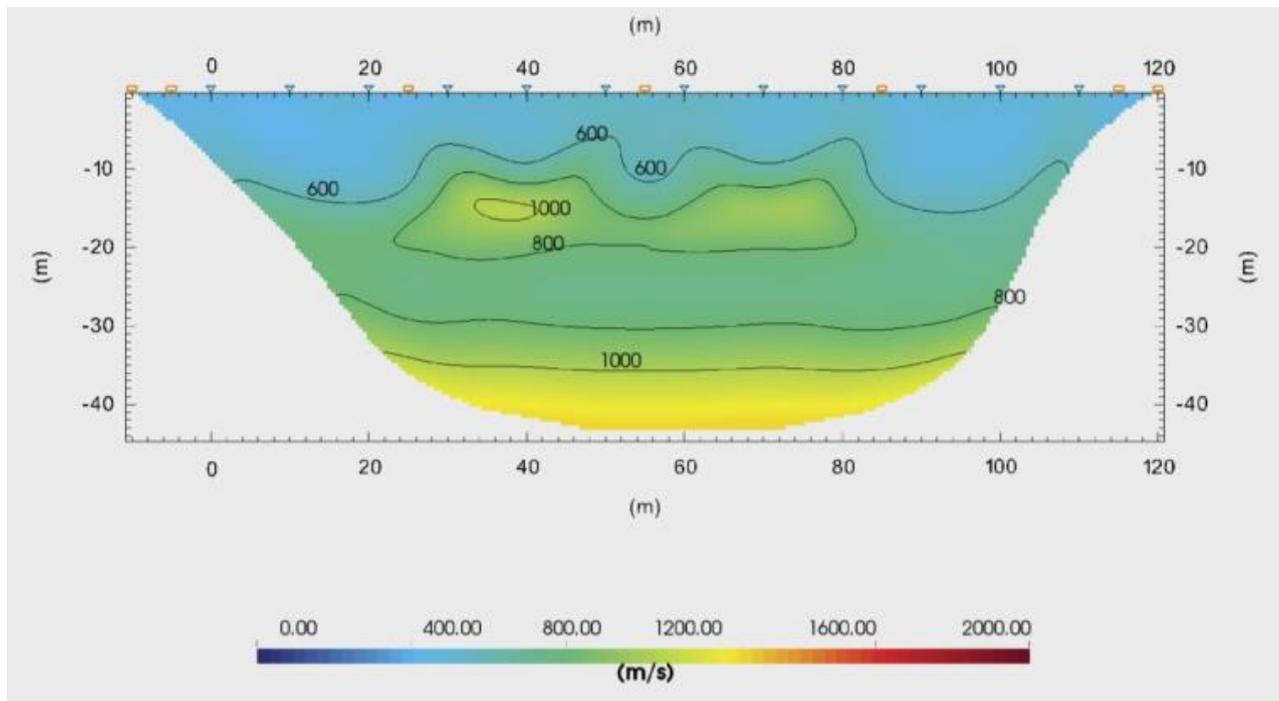
BSD07 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 07



Profilo sismico tomografico BSD 07 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 07 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1600 m/s di Vp e ai 600 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 10–15 metri; tale sismostrato ha un andamento

circa sub-orizzontale, e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità fino a circa 2400–2600 m/s di Vp e 700–800 m/s di Vs fino a una profondità di circa 30 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia con sabbia piú addensata, e nella parte centrale del profilo si individua la presenza di interstrati ghiaiosi e/o trovanti, date le inversioni di velocità individuate sia in Vp che Vs alla profondità di circa 18–20 metri

p.c.

Oltre la profondità di 30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

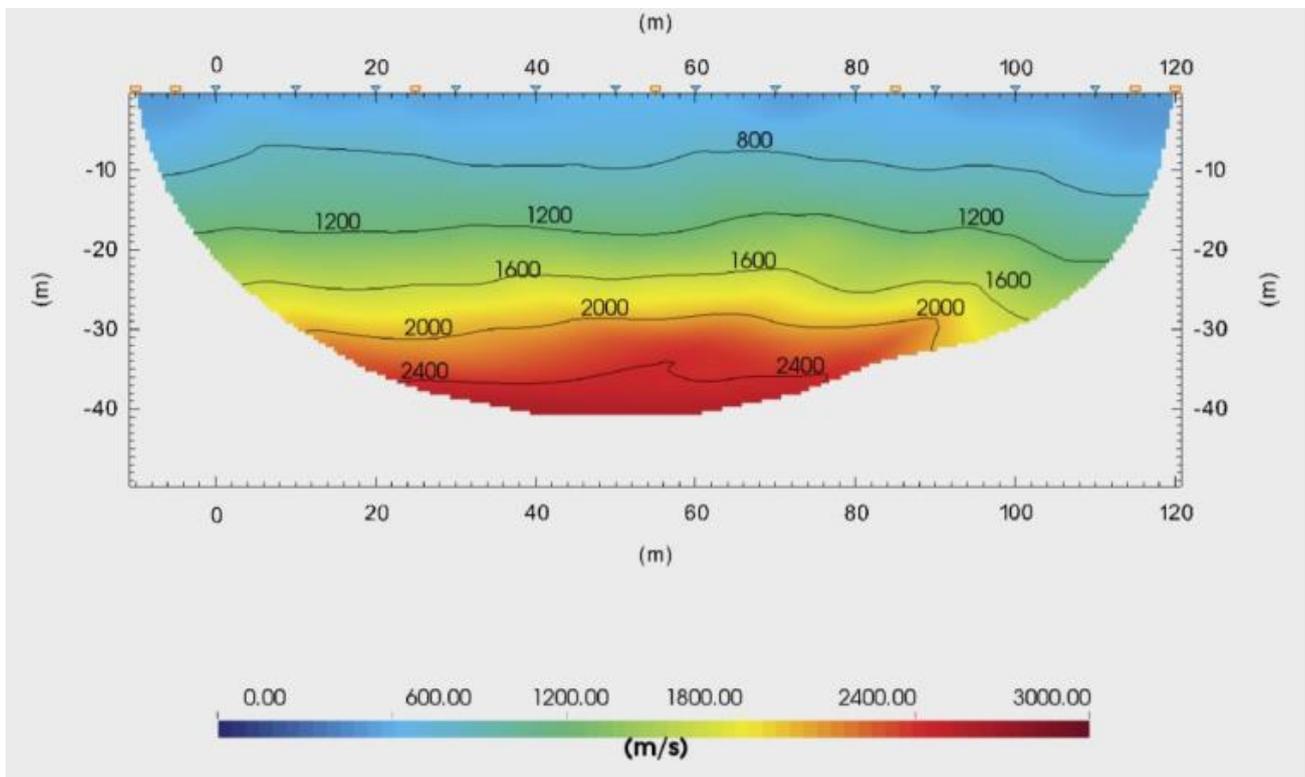
ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di V_s), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 40–45 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità V_s e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

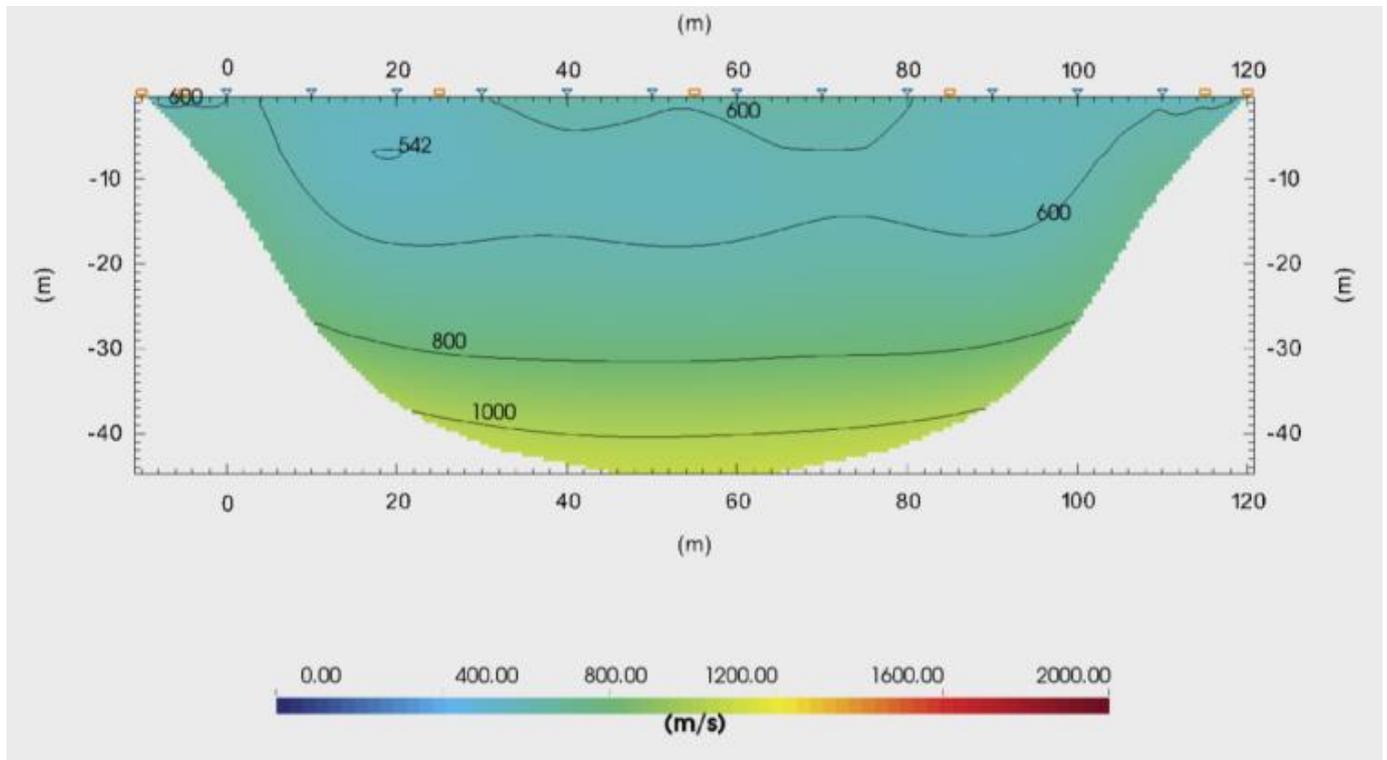
BSD08 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 08



Profilo sismico tomografico BSD 08 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 08 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1200 m/s di V_p e ai 400–600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 15 metri; tale sismostrato rappresenta uno strato ghiaioso–sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato che ha un andamento circa sub–orizzontale, con valori crescenti di velocità fino a circa 2000 m/s di V_p e 700–800 m/s di V_s fino a una profondità di circa 30 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di una ghiaia con sabbia piú addensata.

Oltre la profondità di 30 metri dal p.c. i valori delle velocità sismiche evidenziano un progressivo incremento. Tale sismostrato subisce un ulteriore aumento di densità e velocità con la profondità fino al

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

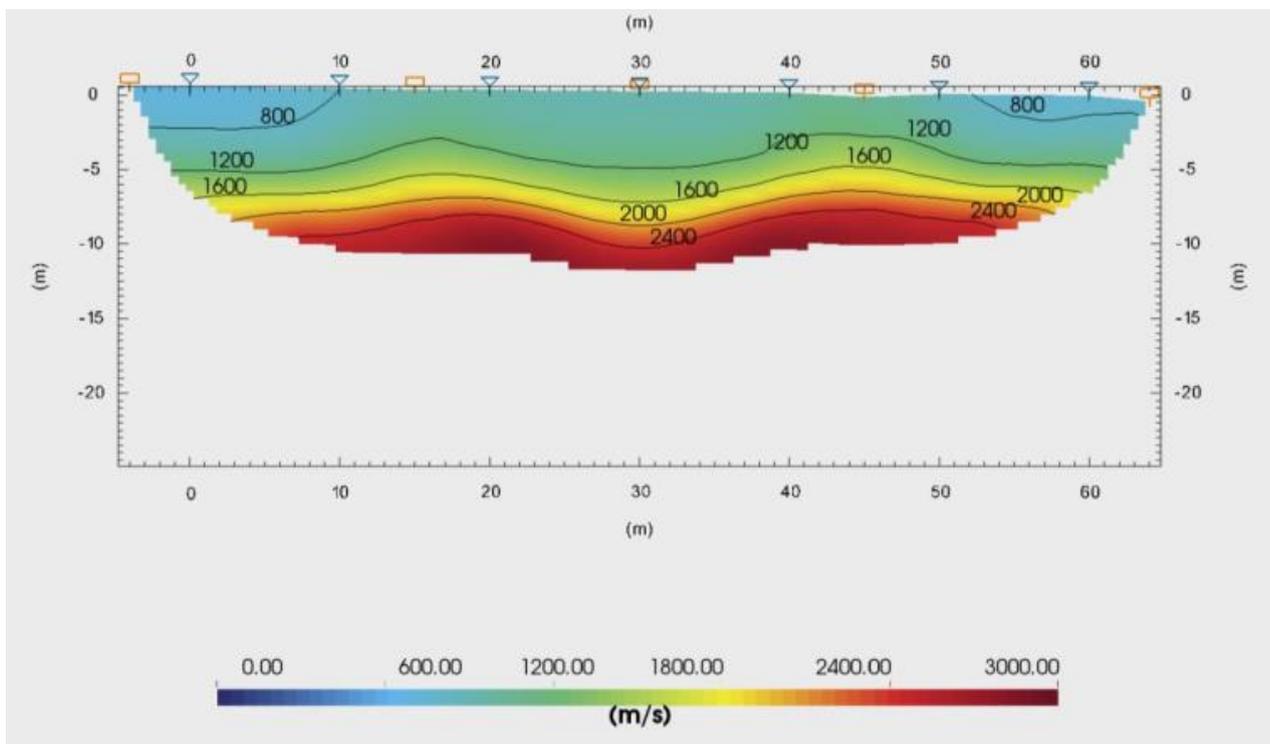
raggiungimento del bedrock sismico (800 m/s di Vs), ma non valori corrispondenti alla roccia, la quale si individua a profondità superiori a 40 metri p.c.

Tenuto conto delle velocità Vs e dei sismostrati riconosciuti sopra, è possibile stimare una categoria di sottosuolo di tipo **B**.

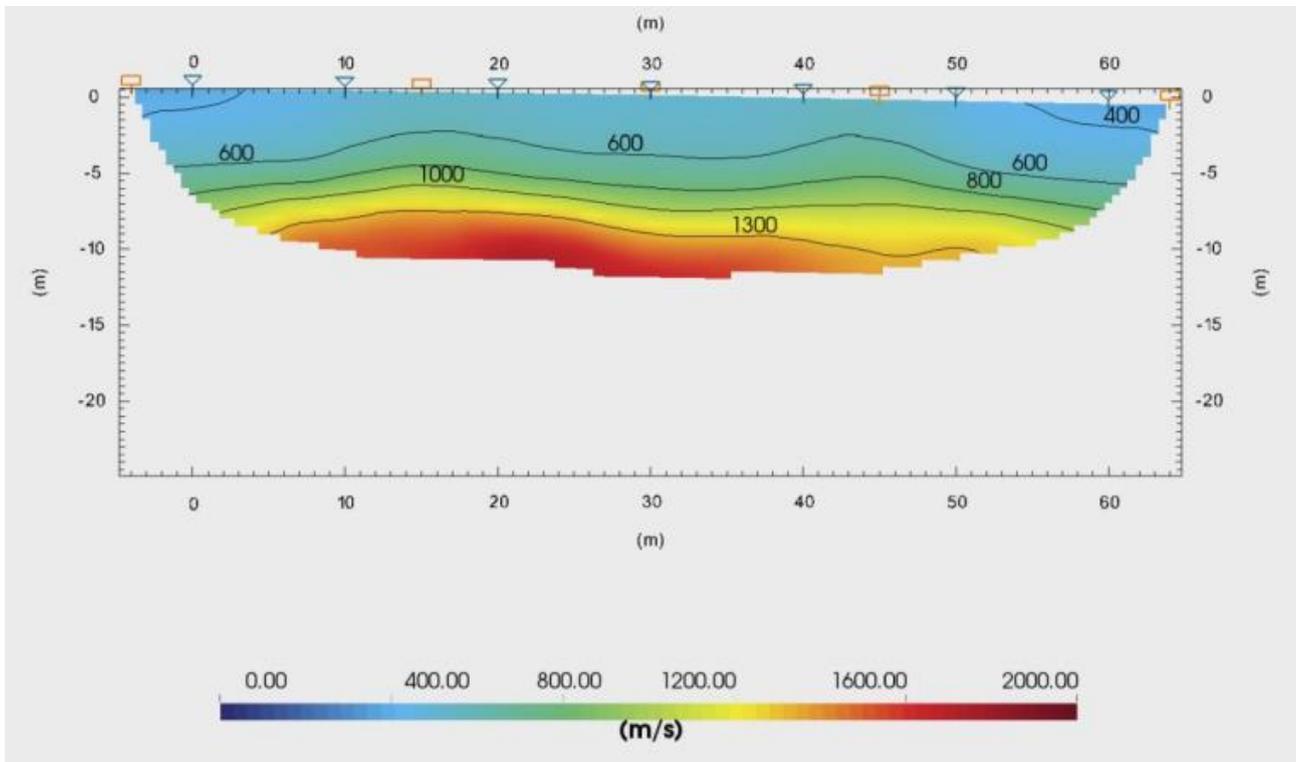
BSD011 – L = 68m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 011



Profilo sismico tomografico BSD 011 in V_p



Profilo sismico tomografico BSD 011 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1200 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 5 metri; tale sismostrato ha un andamento circa

sub-orizzontale e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato che ha un andamento circa sub-orizzontale, con valori crescenti di velocità fino a circa 2400-3000 m/s di V_p e 1000-1300 m/s di V_s fino a una profondità di 10-12 metri dal p.c. e fino alla profondità massima individuata nella tomografia. Questo strato è caratterizzato

dalla presenza di ghiaia molto addensata e trovanti. Oltre questa profondità si individua lo strato di roccia calcarea alterata e fratturata.

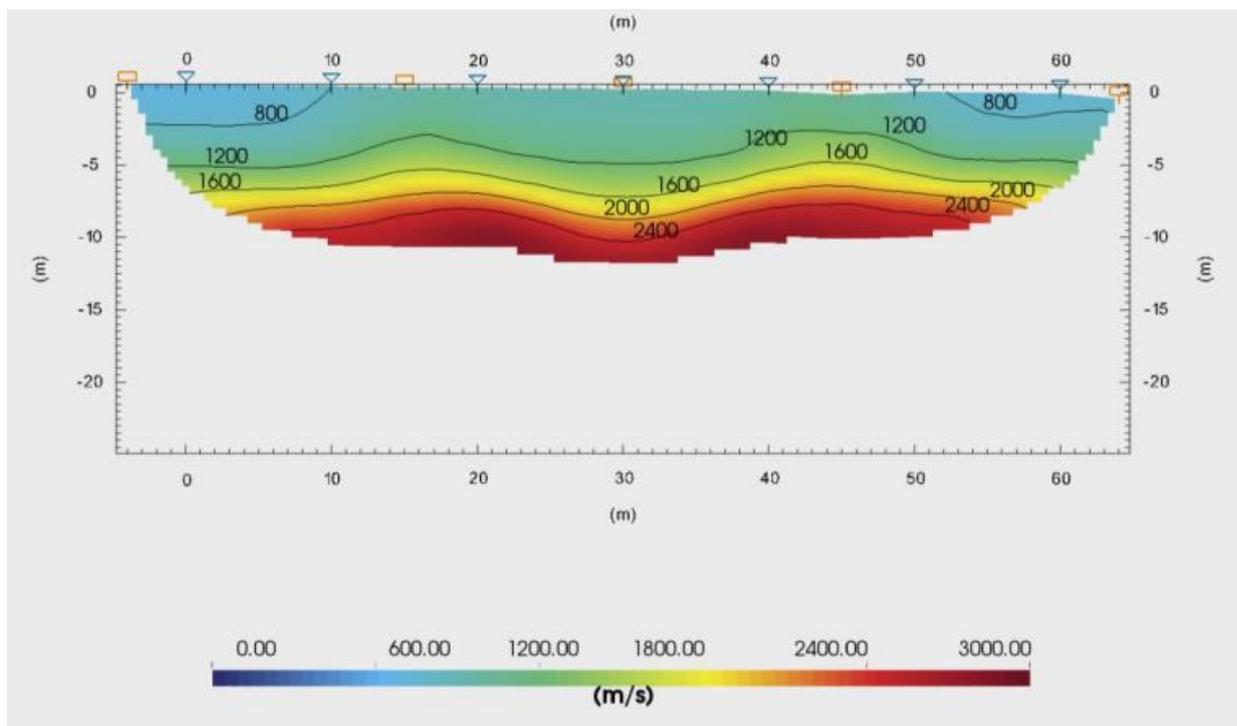
S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Tenuto conto delle velocità V_s , dei sismostrati riconosciuti sopra, dello stato di fratturazione e alterazione della roccia e dalla grande approssimazione dei dati della tomografia sismica, è opportuno categorizzare tale sottosuolo, cautelativamente, come **B**.

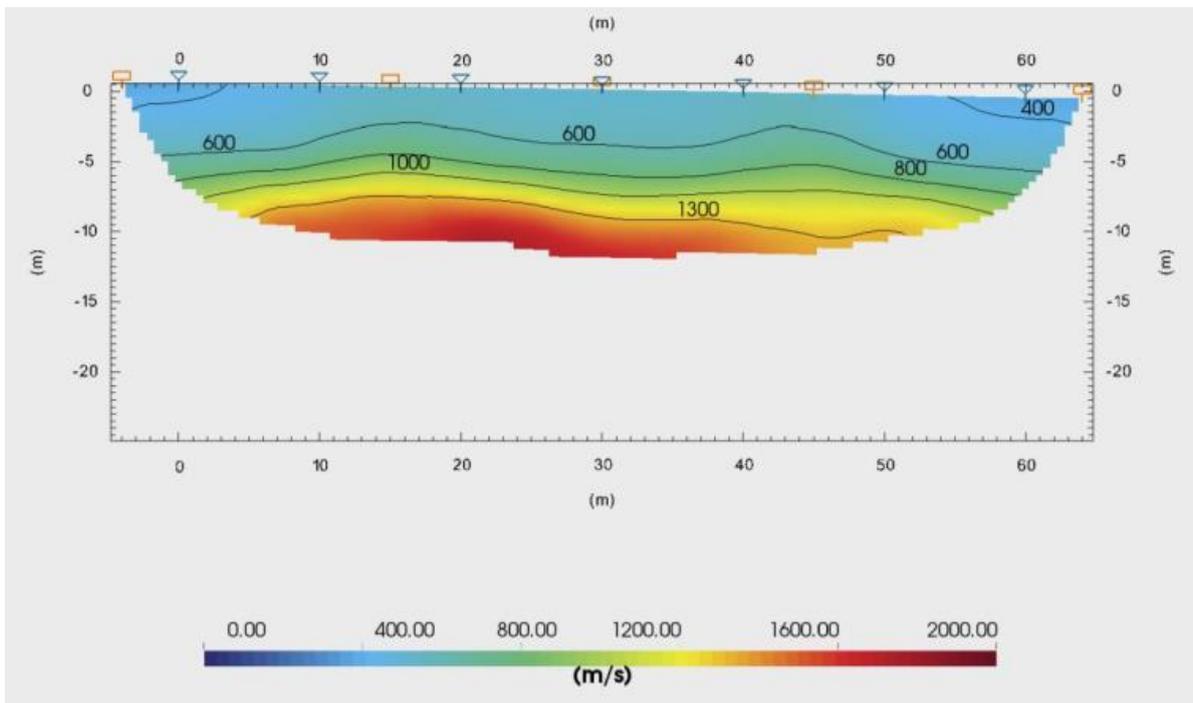
BSD012 – L = 85m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 012



Profilo sismico tomografico BSD 012 in V_p



Profilo sismico tomografico BSD 012 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1200 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 5–8 metri; tale sismostrato ha un andamento

circa sub-orizzontale e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato che ha un andamento circa sub-orizzontale, con valori

crescenti di velocità fino a circa 2400–3000 m/s di V_p e 1000–1300 m/s di V_s fino a una profondità di 10–15 metri dal p.c. e fino alla profondità massima individuata nella tomografia. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di ghiaia molto addensata e trovanti. Oltre questa profondità si individua lo strato di roccia calcarea alterata e fratturata.

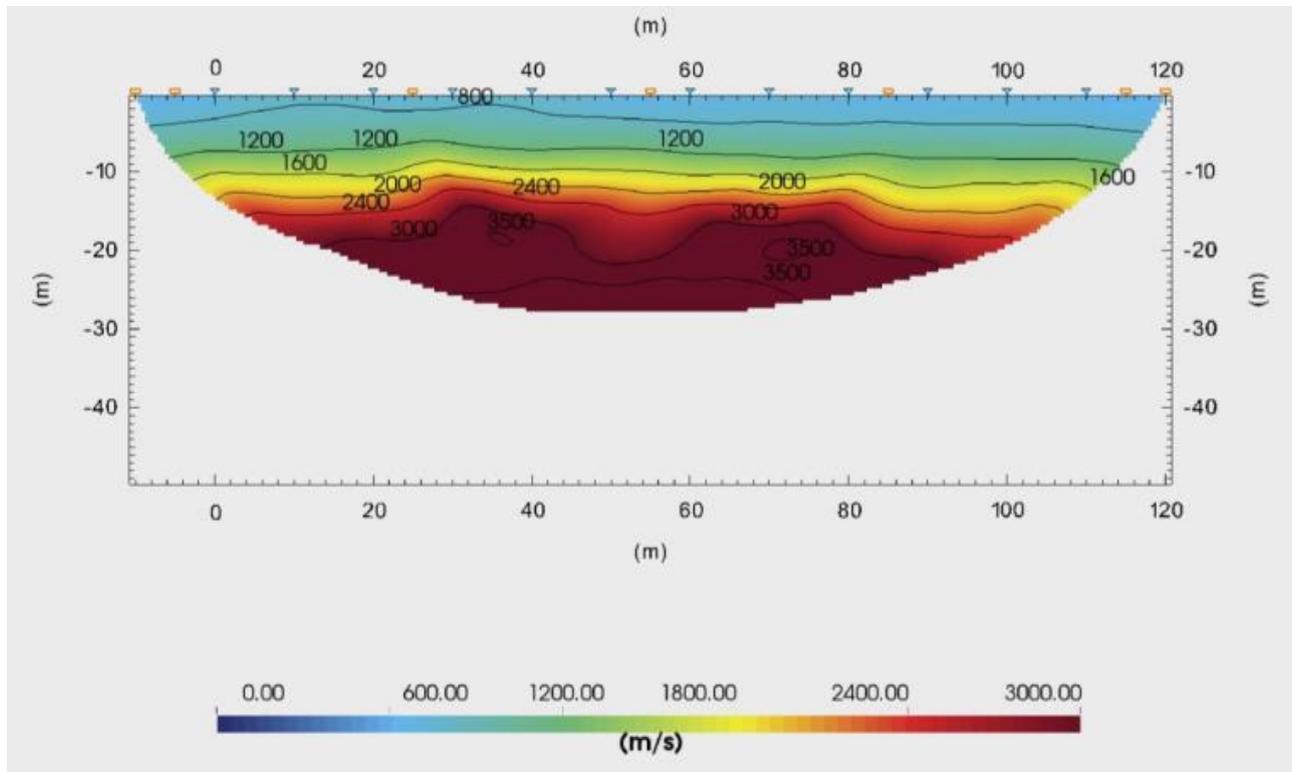
S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Tenuto conto delle velocità V_s , dei sismostrati riconosciuti sopra, dello stato di fratturazione e alterazione della roccia e dalla grande approssimazione dei dati della tomografia sismica, è opportuno categorizzare tale sottosuolo, cautelativamente, come **B**.

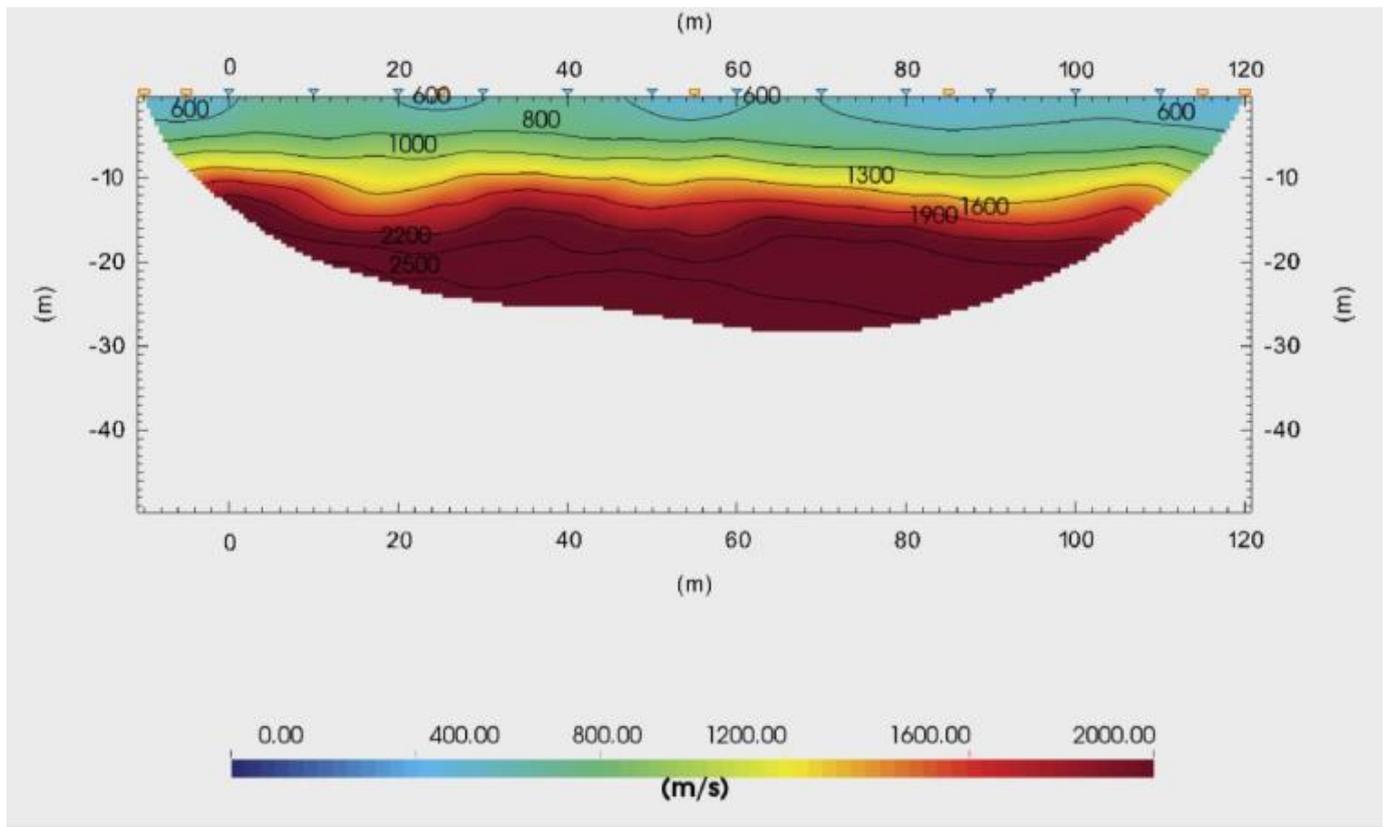
BSD013 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 013



Profilo sismico tomografico BSD 013 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 013 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 800 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 5 metri; tale sismostrato ha un andamento circa

sub-orizzontale e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato che ha un andamento circa sub-orizzontale, con valori crescenti di velocità fino a circa 2000–2400 m/s di V_p e 1000–1300 m/s di V_s fino a una profondità di 10–15 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di ghiaia molto addensata e trovanti.

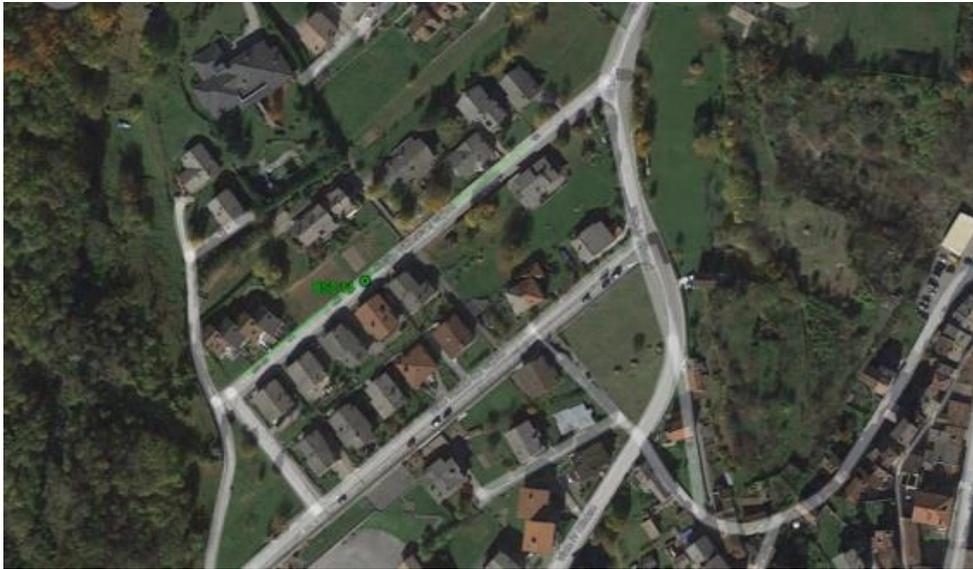
Oltre questa profondità si individua lo strato di roccia calcarea alterata e fratturata. In particolare, si individua un ulteriore strato sub-orizzontale

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

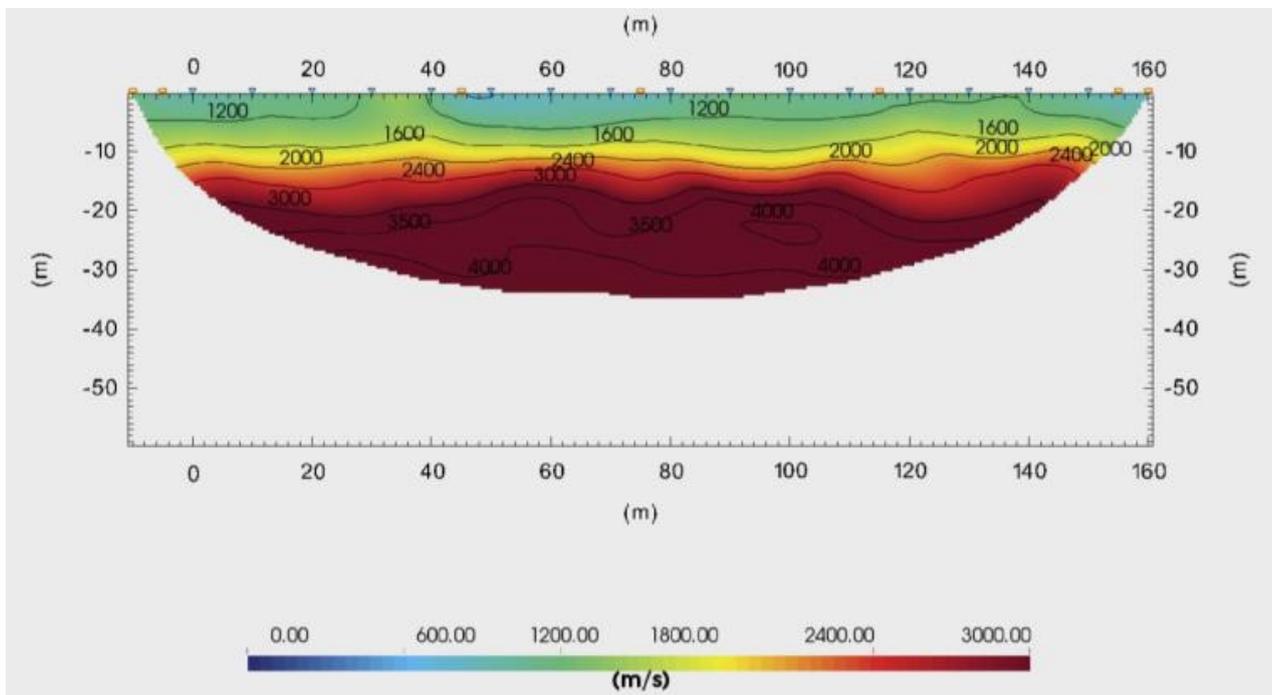
di roccia calcarea poco o mediamente fratturata, fino a circa 25 metri p.c., con velocità pari a 3500 m/s di V_p e 2500 m/s di V_s .

Tenuto conto delle velocità V_s , dei sismostrati riconosciuti sopra, dello stato di fratturazione e alterazione della roccia e dalla grande approssimazione dei dati della tomografia sismica, è opportuno categorizzare tale sottosuolo, cautelativamente, come **B**.

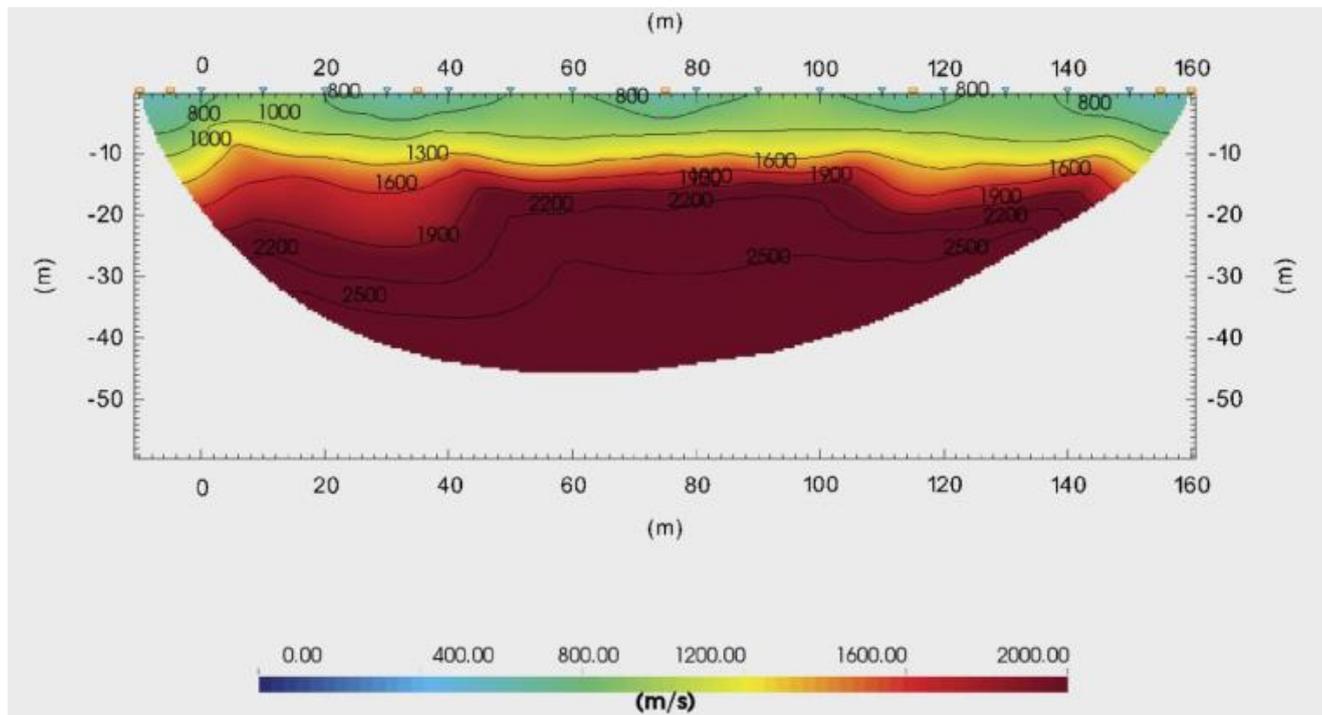
BSD014 – L = 170m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 014



Profilo sismico tomografico BSD 014 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 014 in Vs

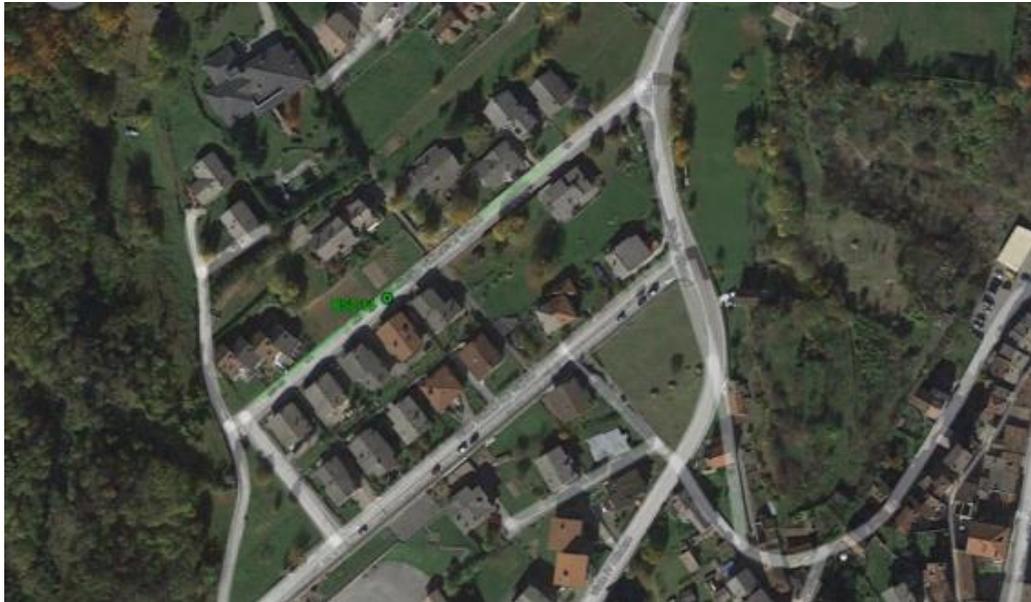
Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1200 m/s di V_p e ai 800 m/s di V_s per uno spessore medio inferiore a circa 5 metri; tale sismostrato ha un andamento sub-orizzontale e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato che ha un andamento circa sub-orizzontale, con valori crescenti di velocità fino a circa 2000–2400 m/s di V_p e 1000–1300 m/s di V_s fino a una profondità di 10–15 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di ghiaia molto addensata e trovanti.

Oltre questa profondità si individua lo strato di roccia calcarea alterata e fratturata. In particolare, si individua un ulteriore strato sub-orizzontale di roccia calcarea poco o mediamente fratturata, fino a circa 28–30 metri p.c., con velocità pari a 4000 m/s di V_p e 2500 m/s di V_s .

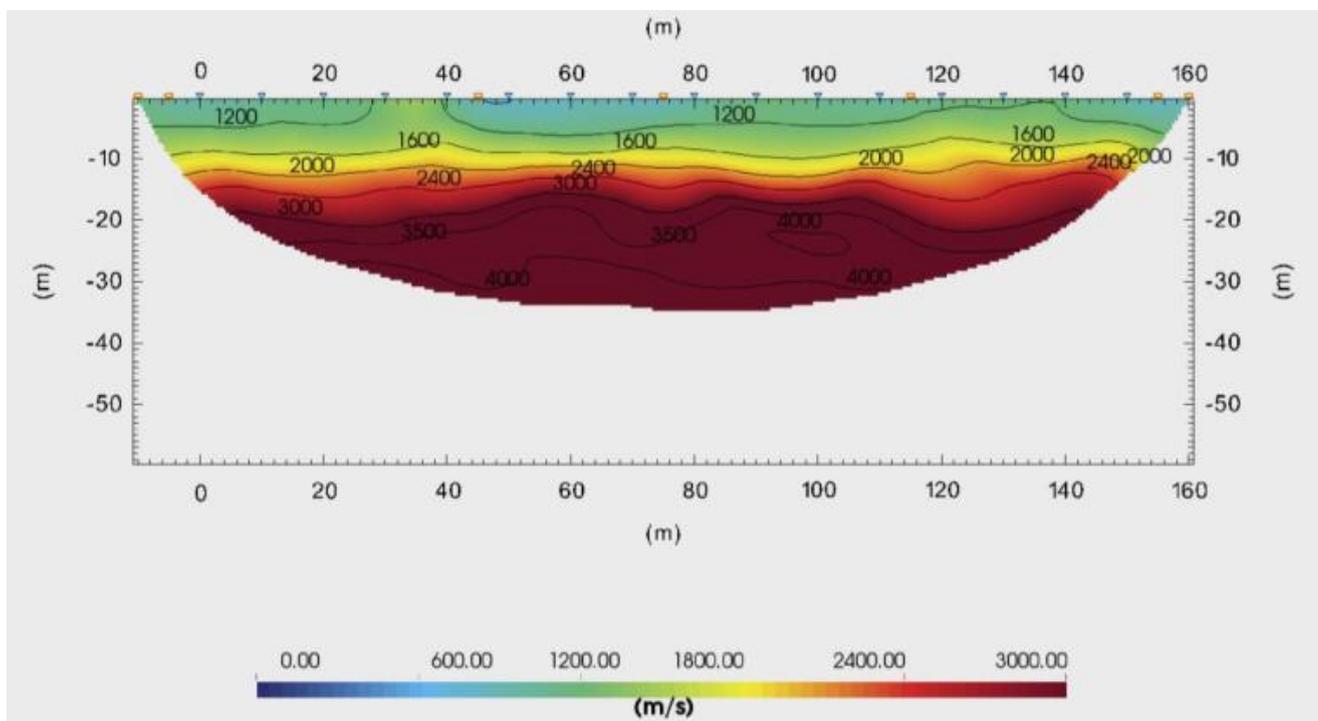
S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Tenuto conto delle velocità V_s , dei sismostrati riconosciuti sopra, dello stato di fratturazione e alterazione della roccia e dalla grande approssimazione dei dati della tomografia sismica, è opportuno categorizzare tale sottosuolo, cautelativamente, come **B**.

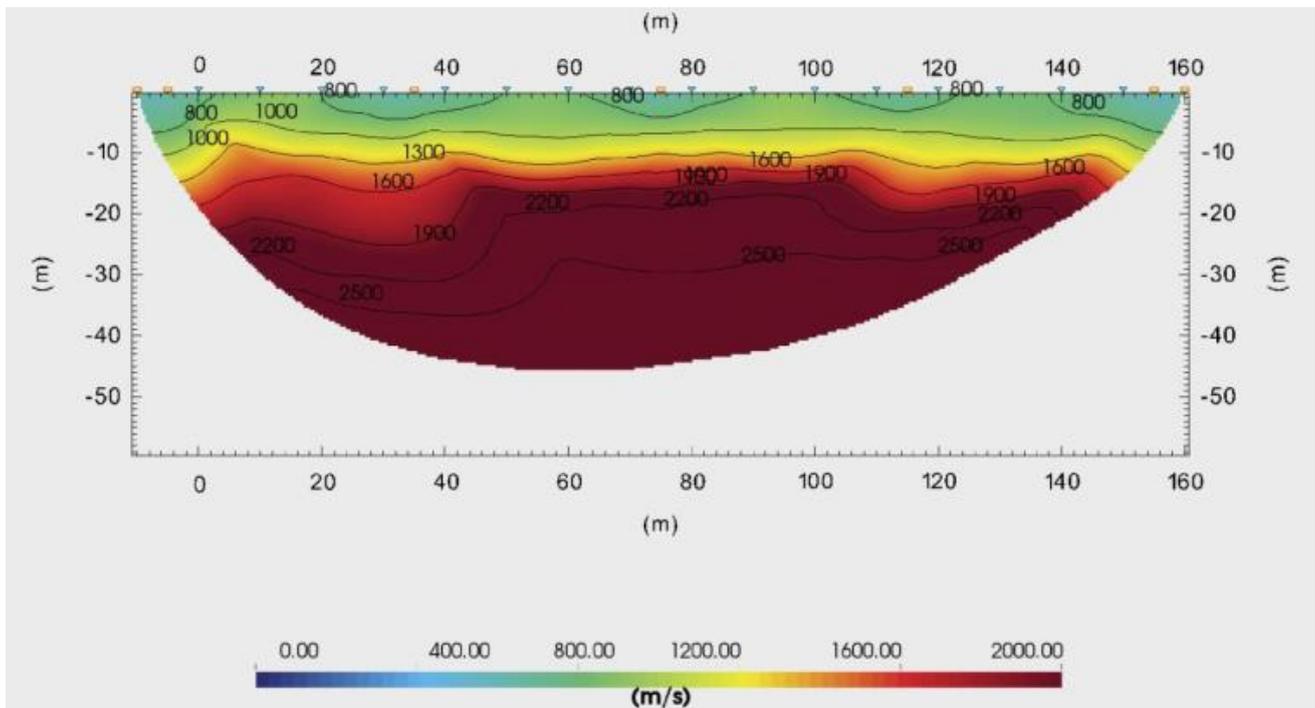
BSD018 – L = 130m



Ortofoto relativa all'ubicazione del profilo sismico a rifrazione BSD 018



Profilo sismico tomografico BSD 018 in Vp



Profilo sismico tomografico BSD 018 in Vs

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismiche inferiori ai 1200 m/s di V_p e ai 600 m/s di V_s per uno spessore medio inferiore a circa 8 metri; tale sismostrato ha un andamento sub-orizzontale e rappresenta uno strato ghiaioso-sabbioso mediamente addensato. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato che ha un andamento circa sub-orizzontale, con valori crescenti di velocità fino a circa 2400 m/s di V_p e 800-1000 m/s di V_s fino a una profondità di 13 metri dal p.c. Questo strato è caratterizzato dalla presenza di ghiaia molto addensata e trovanti e, fino alla profondità di circa 15-20 metri p.c., questo strato è caratterizzato da un ulteriore aumento di velocità e densità, fino all'individuazione dello strato di roccia calcarea alterata e fratturata.

In particolare, questo strato si estende con velocità pari a 3000 m/s di V_p e 1300 m/s di V_s fino alla profondità di circa 30 metri p.c., dove si individua un ulteriore strato sub-orizzontale di roccia calcarea poco

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

o mediamente fratturata. All'interno di questo sismostrato vi è la presenza sia in V_p che in V_s di inversioni di velocità, soprattutto nella parte centrale del profilo, probabilmente dovute ad una fratturazione più intensa.

Tenuto conto delle velocità V_s , dei sismostrati riconosciuti sopra, dello stato di fratturazione e alterazione della roccia e dalla grande approssimazione dei dati della tomografia sismica, è opportuno categorizzare tale sottosuolo, cautelativamente, come **B**.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

10.3 Prospezione sismica MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (geofoni), disposti sulla superficie libera del terreno. Quando si energizza in un punto della sua superficie libera del terreno, si generano diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie, hanno origine onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera, si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW di seguito descritto, si usano le onde di superficiali di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflessioni o alle rifratte.

Caratterizzazione sismica Viadotto dei Frari area Pila 8

MASW1

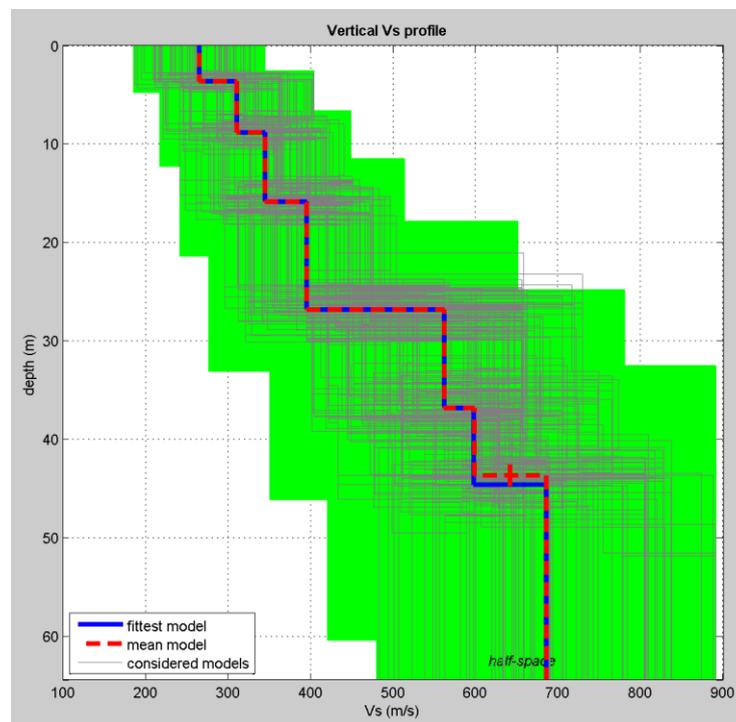
(Coord. UTM WGS84 $x = 5122580.817$; $y = 753491.476$)

Dati

Numero di strati 5
 Profondità piano di posa 8 m

Nr	Spessore	Velocità
1	3.7	265
2	5.2	311
3	7	345
4	11	395
5	3.1	562

Profondità complessiva 30 m
 Vs, eq 389.05 m/s
 Categoria del suolo B



Caratterizzazione sismica Viadotto Fason Area Pila 1

MASW2

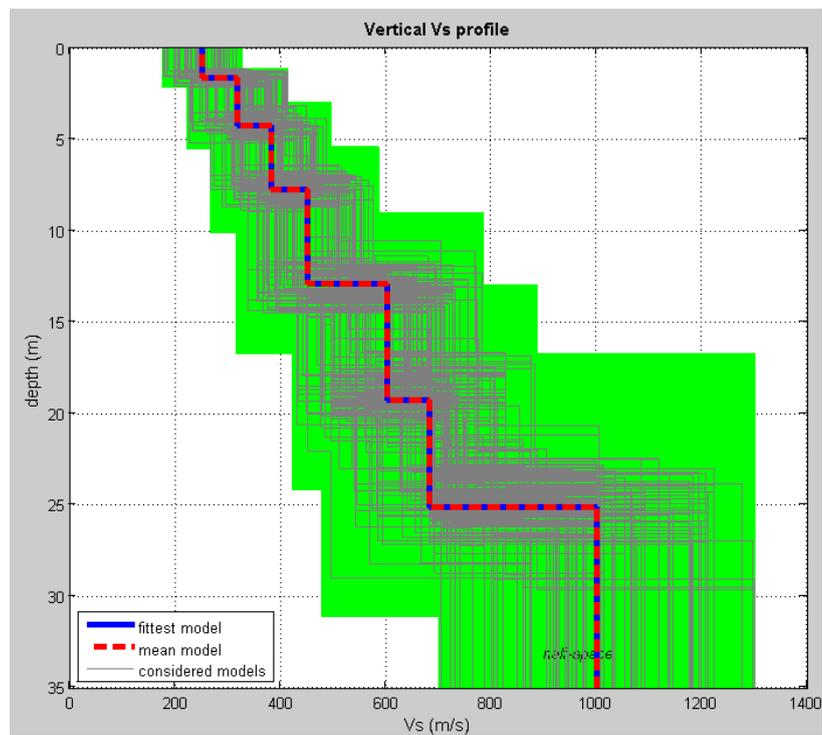
(Coord. UTM WGS84 $x = 292895.72$; $-y = 7545485131359.62$)

Dati

Numero di strati 7
 Profondità piano di posa 3.8 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.7	251
2	2.6	319
3	3.5	382
4	5.2	451
5	6.3	603
6	5.9	682
7	4.8	1000

Profondità complessiva 30. m
 V_s , eq 517.43 m/s
 Categoria del suolo B



S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

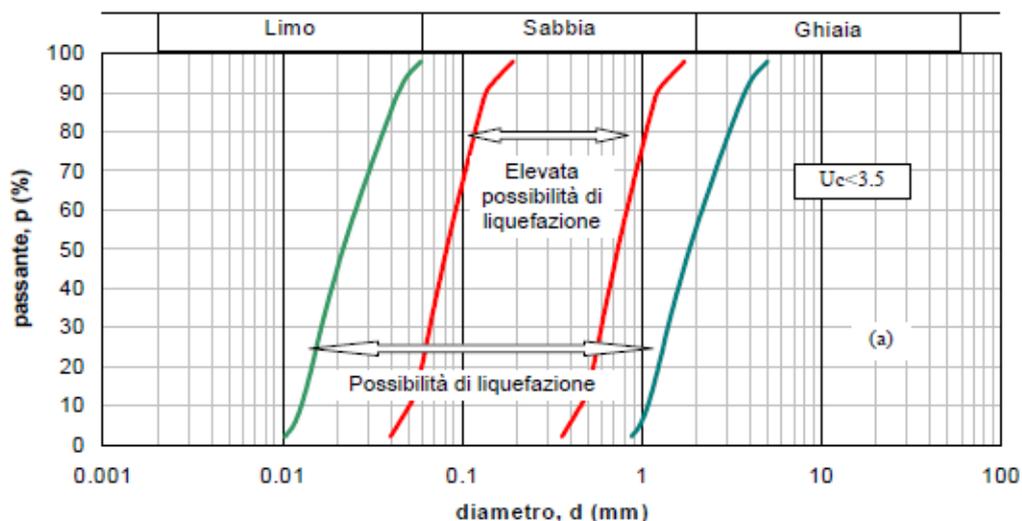
11 RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il fenomeno della liquefazione si può verificare nei terreni granulari sciolti in concomitanza con eventi sismici e condizioni litostratigrafiche specifiche ed è dovuto al quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno che a quel punto tende ad un comportamento assimilabile a quello di un fluido. In caso di sisma vengono prodotti nel terreno una serie di cicli tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento, annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, normalmente la letteratura concorda nel ritenere che non possa manifestarsi ad una profondità superiore ai quindici metri dal piano campagna. A tali profondità peraltro le tensioni litostatiche sono tali da impedire i fenomeni di filtrazione indotti. In linea generale, per terremoti di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico poiché a ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità; per contro, in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto si ottiene, chiaramente, solo con un numero superiore di cicli di carico. Come dimostrano i dati registrati durante terremoti documentati storicamente, la liquefazione è probabile con sismi di magnitudo superiore a 6 (7° – 8° MCS), con durate di scossa superiori ai 15 s e accelerazioni $a_{mx} > 0,10g$. Il fenomeno della liquefazione richiede, oltre a depositi incoerenti, anche la presenza della falda entro i primi metri dal piano campagna, condizione di fatto rispettata nell'area di fondovalle del fiume Piave. In pratica si definiscono terreni potenzialmente liquefacibili i sedimenti che presentano le seguenti caratteristiche.

Sedimenti con granulometria sabbiosa fine e/o sabbioso/limosa con contenuto di fine non superiore al 25%. Granulometria grossolane, riducono la potenzialità verso tale fenomeno;

- Spessore dei sedimenti liquefacibili superiori a 1 metro;
- Grado di addensamento medio basso;
- Sedimenti in condizioni sature a profondità non superiore ai 15 metri;

Il fuso granulometrico dei sedimenti deve rispettare le condizioni riportate nello schema successivo dove si possono evidenziare anche le possibilità di liquefazione in base all'estensione del fuso stesso nelle condizioni di valori di coefficiente di uniformità maggiore o minore di 3,5. Come sopra detto, la granulometria grossolana etero granulare (well sorted) tende sensibilmente a ridurre la possibilità che eventi di liquefazione possano avvenire come è possibile notare anche dai diagrammi che seguono, Fig. 24.



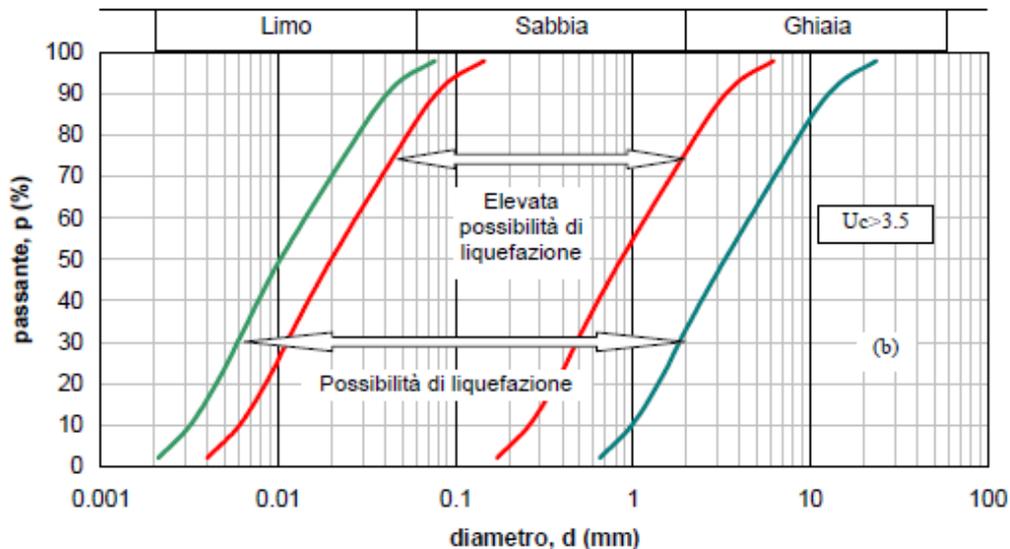


Fig. 24 – Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

Le curve granulometriche a disposizione e relative a campioni raccolti tuttavia nei primissimi metri dal p.c. in fase di indagine, sostanzialmente mostrano fusi granulometrici che collocano i sedimenti entro il campo delle ghiaie sabbiose e quindi al di fuori del fuso granulometrico di “Possibilità di liquefazione” e/o altrimenti con contenuti di fini mediamente superiori al 30%, contenuto che riduce la possibilità dell’evenienza del fenomeno.

Considerazioni sul rischio liquefazione nell’area considerata, possono essere fatte sulla base dei valori di NSPT, desunti direttamente dalle prove penetrometriche a disposizione. Sherif–Ishibashi 1978 et Alii. fissano un numero di colpi pari a $NSPT=2z$ (dove z è la profondità) come limite superiore oltre il quale non avviene liquefazione. Nel caso dei depositi granulari presenti nell’area di studio, peraltro prevalentemente ghiaiosi ed etero granulari, si rileva che tale valore, (corrispondente a depositi relativamente più sciolti) è mediamente quasi sempre superato fin dai primi metri dal p.c..

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Per una corretta considerazione e valutazione della suscettibilità al fenomeno in fase progettuale si dovranno eseguire le dovute valutazioni sitospecifiche.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

12 CATEGORIA TOPOGRAFICA

La morfologia superficiale riveste un'importanza determinante sull'amplificazione sismica di sito come dimostrano i rilevanti danni strutturali rilevati in corrispondenza di elementi morfologici come i rilievi, le scarpate o i canyon. Dal punto di vista ingegneristico l'amplificazione topografica del moto sismico interessa la valutazione del rischio sismico di numerosi centri storici edificati su rilievi, di manufatti in terra (rilevati, argini e dighe), di importanti opere come ponti e dighe nonché di pendii naturali e artificiali. Possiamo distinguere tre configurazioni d'interesse: cresta, scarpata e canyon. La situazione tipo rupe per piccole estensioni della larghezza in cresta può essere ricondotta al caso di rilievo isolato mentre per larghezze maggiori tende al caso limite di scarpata.

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

Le su esposte 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 di 30 m.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

Amplificazione topografica NTC 2018

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella sottostante, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.III delle NTC 2017 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	S_T
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella NTC 2018 – Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche valutazioni del fattore di amplificazione topografica.

La configurazione topografica di scarpata identifica le aree tipo bordi di cava, nicchie di distacco, terrazzi fluviali e scarpate antropiche. In particolare, sono da considerare a rischio sismico le scarpate caratterizzate da fronti di altezza H maggiori o uguali a 10 m, inclinazione del fronte principale α maggiore o uguale a 15° ed estensione del fronte superiore L almeno pari all'altezza H o comunque

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

non inferiore ai 15–20 metri. L'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore L è identificato dalla distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

In base alla geometria descritta, il valore del fattore di amplificazione topografica ST nel caso tipo di scarpata è dato dalla seguente:

$$ST = 1 + 0,8 \cdot (\alpha + \beta - 0,4)$$

dove α è il gradiente del fronte principale e β di quello secondario. Inoltre, le distanze a, b e c sono determinate come segue:

$$a = H/3$$

$$b = \min\{20\alpha; (H+10)/4\}$$

$$c = H/4$$

Il valore di ST determinato è assegnato al ciglio del fronte superiore, mentre all'interno della relativa area di influenza, il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario. Nei casi di scarpate in roccia il valore del fattore di amplificazione è sufficientemente rappresentato dal valore di ST per effetti morfologici. Nei casi di scarpate in terre od in presenza, sul fronte superiore, di una coltre detritica suscettibile di amplificazione (copertura di almeno 3 metri di spessore) dovrà essere valutato anche il fattore di amplificazione per effetti litologici. La situazione sarà rappresentata dal valore di amplificazione dato dal prodotto di SS per effetti litologici e ST per effetti topografici.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	Relazione Sismica	

Sono da considerare creste quelle situazioni in cui il dislivello altimetrico minimo h è maggiore od uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo H e con inclinazione dei versanti α_1 e α_2 maggiore o uguale a 15° .

In base alle caratteristiche della cresta si distinguono due configurazioni:

- **CRESTE APPUNTITE:** rilievi caratterizzati da una larghezza in cresta l molto inferiore alla larghezza alla base ($l < 1/3 L$).
- **CRESTE ARROTONDATE:** rilievi caratterizzati da una larghezza in cresta l paragonabile alla larghezza alla base ($l \geq 1/3 L$) con b_1 e $b_2 < 10^\circ$

Ci sono dei valori limite della larghezza in cresta l , in rapporto all'altezza H dei versanti, oltre i quali non siamo più in presenza di una morfologia tipo cresta ma di due singole scarpate per le quali si determinerà il fattore di amplificazione topografica S_T per la configurazione scarpata.

Nelle situazioni di cresta appuntita e cresta arrotondata il valore del fattore di amplificazione topografica, nell'intervallo di periodo $0,1-0,5$ s, è determinato come segue:

TIPO CRESTE	$L > 350$ m	$250 \text{ m} < L < 350$ m	$150 \text{ m} < L < 250$ m	$L < 150$ m
CRESTA APPUNTITA	$S_{T(0,1-0,5s)} = e^{1,11H/L}$	$S_{T(0,1-0,5s)} = e^{0,93H/L}$	$S_{T(0,1-0,5s)} = e^{0,73H/L}$	$S_{T(0,1-0,5s)} = e^{0,40H/L}$
CRESTA ARROTONDATA	$S_{T(0,1-0,5s)} = e^{0,47H/L}$			

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

Il valore di ST topografico determinato andrà assegnato all'area corrispondente

alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. In presenza di coltre detritica alla sommità del rilievo occorre stimare anche il fattore di amplificazione stratigrafica. Il valore di amplificazione globale sarà il prodotto di SS litologico per ST topografico.

Le pendenze nell'area in studio variano tra i $5^{\circ}/10^{\circ}$ delle aree alluvionali ai 60° delle aree interessate dalla galleria, rientrando quindi nella Classe T1 per le aree alluvionali e T4 nell'area di percorrenza della galleria.

S.S. 51 "ALEMAGNA" - VARIANTE DI LONGARONE		
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
VE407	<i>Relazione Sismica</i>	

13 BIBLIOGRAFIA

- Comune di Longarone (BL) – PROGEO S.r.l (2020): Indagini sismiche a rifrazione e riflessione per l’acquisizione delle caratteristiche sismiche e geometriche dei depositi alluvionali del Fiume Piave. – Indagini geofisiche – Relazione tecnica –Archivio 2059/2019
- Galadini F., Meletti C., Vittori E. 2001: Major active faults in Italy: available surficial data. Netherlands Journal of Geosciences 80 (3–4), 273–296
- Meletti C., Slejko D., Vaccari F. (2000): Confronti tra le stime di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzate in ambito GNDT
- Meletti C., Patacca E., Scandone P. (2000): Construction of a seismotectonic model: the case of Italy. Pure and Applied Geophysics, 157, 11–35.
- Scandone P., Stucchi M. (2000): La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica.