



note						
note						
Committente <b>Striano Giorgio e Federico Buffa</b>				Commessa		
Studio/Impresa				Progettista/Incarico      Architetti Andrea Botter                                  Sandro Botter Emanuele Bressan                              Manlio Olivotto		
Lavoro Variante al PUA approvato dal Consiglio Comunale con Delib. n. 30 del 03/04/2007 e succ. integrazioni del 14/09/2011. - Mp. 9, 1823, 1825, 1845,1976, 1977, 1978, 1979 Fg 59						
incarico Inc. SB 220216		titolo <b>Microzonazione sismica di livello 2 ai sensi dei DGR 1572/2913, 899/20913 e 1381/2021</b>			Tavola/allegato/scala	
				Autore		Autore 
					contenuto Relazione illustrativa - Planimetrie	
00	08/03/2022	000122L0	GG / SB	GG	NO	parole chiave Mur di Cadola – Sismica livello 2
rev.	data	file	autore	controllato	rsvtz	

---

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1	COMMITTENTE .....	3
1.2	OBBIETTIVO.....	3
1.3	METODO DI INDAGINE .....	4
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI.....</b>	<b>5</b>
2.1	QUADRO NORMATIVO .....	5
2.2	RIFERIMENTI GEOGRAFICI.....	6
2.3	RIFERIMENTI SISMOLOGICI.....	6
2.3.1	Terremoti storici .....	6
2.3.2	Faglie attive e capaci.....	7
2.4	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	7
<b>3</b>	<b>VINCOLI.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO .....</b>	<b>10</b>
4.1	GEOMORFOLOGIA.....	10
4.2	MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	10
4.3	ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	11
<b>5</b>	<b>ASPETTI GENERALI DI MICROZONAZIONE.....</b>	<b>12</b>
5.1	PERICOLOSITÀ DI BASE.....	12
5.2	SISMICITÀ STORICA SUL SITO D'INTERESSE .....	17
5.3	LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	22
5.4	I SISTEMI DI FAGLIE ATTIVE.....	23
<b>6</b>	<b>INDAGINE STRUMENTALE.....</b>	<b>25</b>
6.1	LIMITE D'INDAGINE.....	25
6.2	INDIVIDUAZIONE DELLA MICROZONA .....	25
6.3	METODO DI STUDIO .....	25
6.4	TECNICHE DI MISURA .....	26
6.5	STENDIMENTO SISMICO.....	26
6.6	ANALISI DATI.....	27
6.7	UTILIZZO DEI DATI .....	28
<b>7</b>	<b>INDAGINI ED ELABORAZIONI.....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>SINTESI DELLE INDAGINI.....</b>	<b>34</b>
8.1	CATEGORIA DEL TERRENO .....	34



8.2	CONSIDERAZIONI SULLE STRUTTURE .....	35
<b>9</b>	<b>MICROZONAZIONE DI LIVELLO 1 .....</b>	<b>36</b>
9.1	MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS – LIVELLO 1.....	36
9.2	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE .....	36
9.3	LIQUEFAZIONE.....	37
9.4	FORME DI SUPERFICIE.....	37
9.5	CATEGORIA STRATIGRAFICA.....	37
9.5.1	<b>Faglie attive e capaci.....</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>MICROZONAZIONE DI LIVELLO 2.....</b>	<b>38</b>
10.1	CARTA DELLE FREQUENZE (T4) .....	38
10.2	CARTA DELLE MOPS – LIVELLO 2 .....	38
10.3	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (T5 – T6) .....	38
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>42</b>
<b>12</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>43</b>

- Carta delle Indagini - livello 2
- Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione - livello2
- Carta delle MOPS – livello 2
- Carta di Microzonazione Sismica FA (MS) – FA livello 2
- Carta di Microzonazione Sismica FA (MS) – FA livello 2



## 1 PREMESSA

### 1.1 Committente

La presente relazione è stata richiesta dalla ditta Striano Giorgio e Federico Buffa nell'ambito del Piano Urbanistico Attuativo in località Mur di Cadola (z.t.o. C Ram) ai mappali 9, 1823, 1825, 1845, 1976, 1977, 1978, 1979 del foglio 59 – comune di Belluno, approvato con DGC No. 30 del 03/04/2007 e successiva variante approvata con DGC No. 18 del 20/02/2012.

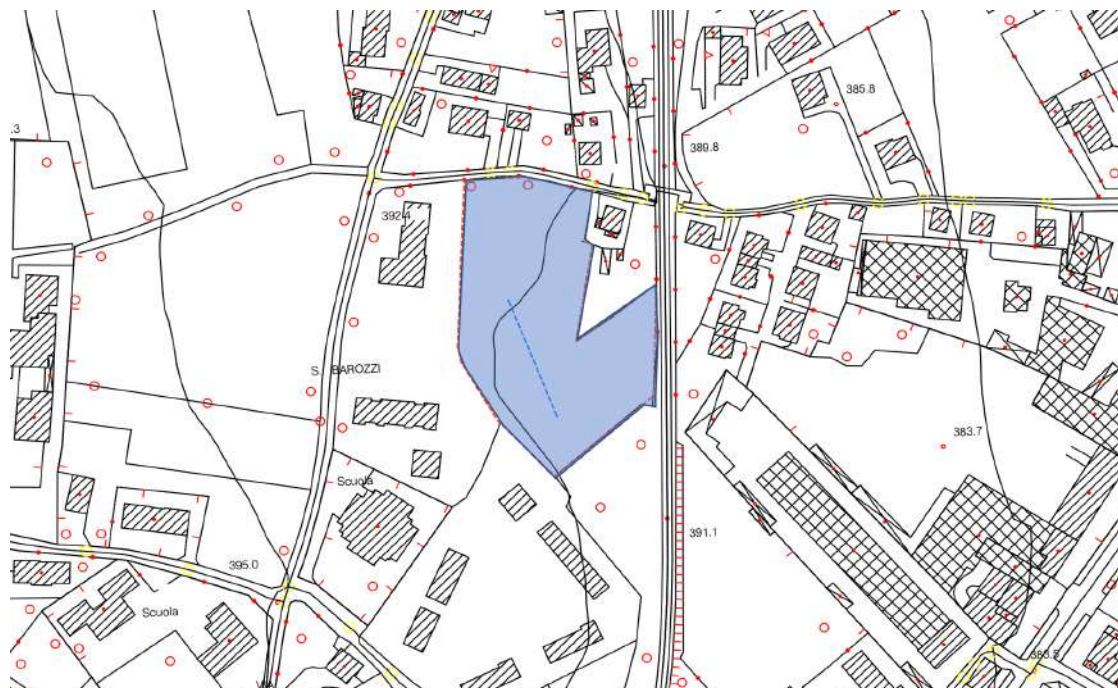


Figura 1 - Area oggetto d'indagine

### 1.2 Obiettivo

La presente integra la relazione geologica già prodotta dal dott. geol. E. Da Roit sviluppando la microzonazione sismica (MS) di livello 2 ai sensi dei DGR 1572/2913, 899/20913 e 1381/2021.

Gli studi di MS si propongono di:

- identificare e perimetrare le aree a differente pericolosità sismica locale (microzone, solitamente grandi alcuni ettari o alcuni isolati);

- 
- stimare le risposte dei terreni delle diverse microzone, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità e fornire elementi conoscitivi per una pianificazione del territorio e progettazione delle opere, adeguate alla pericolosità sismica del sito.

Gli studi di MS devono essere sviluppati per livelli di approfondimento crescente a cura dell'Amministrazione Comunale. Nel presente caso il Comune di Belluno non ha ancora sviluppato lo studio di MS di livello 2, mentre quello di livello 1 - approvato con il P.A.T. dal Consiglio Comunale di Belluno con delibera No. 100 del 29/11/2021 - al 08/03/2022 non è ancora pubblicato.

### **1.3 Metodo di indagine**

Lo studio di MS è stato sviluppato con:

- Verifica della geomorfologia di superficie del sito e delle zone circostanti
- l'analisi della bibliografia esistente su faglie attive e capaci, attività sismica, riscontri sulle tavole allegate al P.A.T. del comune di Belluno.
- l'esecuzione di una indagine geofisica di tipo sismico

Alla stesura dello studio ha collaborato il dott. geol. Simone Bortolini.



---

## 2 RIFERIMENTI

### 2.1 Quadro normativo

- D.G.R. 3308/2008
- D.G.R. 1572/2013
- L. 02.02.1974, n. 64, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D. M. 14.05.1982, "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto";
- Circ. Reg. Veneto 05.04.2000, n. 9, "Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»";
- D.M. 17.01.2018, "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC18)
- D.G.R. del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008, "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". Direttive per l'applicazione.
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13 novembre 2010.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29/02/2012.
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 1496 del 20 settembre 2011, "Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 in data 13 novembre 2010".
- Circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009
- L. R. 23.04.2004, n. 11, "Norme per il governo del territorio".
- DM 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"



- 
- Circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 7/2019
  - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”;
  - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”
  - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”

## **2.2 Riferimenti geografici**

- Carta tecnica regionale CTR Elemento 063071 “Belluno”.
- Coordinate geografiche medie (ED50) 46.152625, 12.225839
- la carta geomorfologica del P.A.T. alla scala 1: 10000;
- carta geolitologica P.A.T. alla scala 1: 10000;
- carta idrogeologica P.A.T. alla scala 1: 10000.

## **2.3 Riferimenti sismologici**

### **2.3.1 Terremoti storici**

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l’area si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), curato da Istituto Nazionale di Geofisica (ING), Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR, società SGA Storia Geofisica Ambiente (SGA), Servizio Sismico Nazionale (SSN). Il catalogo è disponibile al sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Per quanto riguarda i riferimenti bibliografici dei cataloghi sismici citati nel testo:

- NT4.1 - Camassi R. e Stucchi M., 1998. NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno
- CPTI04 (maggio 2004) - Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>



- 
- CPTI11 - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>
  - DOM4.1 - Monachesi G. e Stucchi M.: "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno"
  - DBMI04 - Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>
  - Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.
  - DBMI11 - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

### 2.3.2 *Faglie attive e capaci*

Per quanto riguarda le faglie capaci che interessano il territorio comunale si è fatto riferimento al catalogo ITHACA "ITaly HAZard from CAPable faults", disponibile on-line all'indirizzo:

[http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo delle faglie capaci](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_-_Catalogo_delle_faglie_capaci)

## 2.4 *Riferimenti bibliografici*

- AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)" Geophysical Journal International (2005).
- AA.VV. "Modello sismotettonico dell'Italia Nord Orientale", C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987.
- Benedetti, L., Tapponnier, P., King, G. C. P., Meyer, B., Manighetti, I., 2000. Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. J. Geophys. Res., 105, 739-766.
- Castaldini, D. & Panizza, M., 1991. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale), Il Quaternario, 4, 333–410.
- Castellarin A. Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006 b. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). Tectonophysics vol. 414, pp. 259 - 282.





- 
- Cruden D.M. & Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: TURNER A.K. & SCHUSTER R.L. (eds) - "Landslide: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board", Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Washington D.C.
  - Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5,5 in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e Vulcanologia, ed., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.
  - Ferrarese, F., Sauro, U. & Tonello, C., 1998. The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure, *Zeit. für Geomorph.*, N.F. Suppl.-Bd., 109, 41–62.
  - Galadini, F., Poli, M. E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.
  - Galadini, F., Meletti, C. & Vittori, E., 2001b. Major active faults in Italy: available surficial data, *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273–296.
  - Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E., 2007. The ZS9 seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*.
  - Merlini, S., Doglioni, C., Fantoni, R. & Ponton, M., 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia), *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 293–300
  - Peruzza, L., Poli, M.E., Rebez, A., Renner, G., Rogledi, S., Slejko, D. & Zanferrari, A., 2002. The 1976–1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects, *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 391–400
  - Sirovich, L., Pettenati, F. & Bobbio, M., 2000. Inversione di intensità macro-sismiche per le faglie di terremoti storici, in *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999)*, pp. 237–245, eds Galadini, F., Meletti, C. & Rebez, A., CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, Italy.
  - M. Sukan e L. Peruzza, Distretti Sismici del Veneto in *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata* Vol. 52 n. 4 supplement., dicembre 2011
  - TRANSALP Working Group, 2002. First deep reflexion images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps. *Geophysical Research Letters* Vol.29, N. 10, pp. 92-1 / 92-4.

- Valensise, G., Pantosti, D. (Eds.), 2001a. Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. *Annali di Geofisica*, 44(4), Suppl., 797–964, with CD-ROM.
- Zanferrari, A. et al., 1982. Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale, *Mem. Sc. Geol.*, 35, 355–376.
- 

### 3 VINCOLI

Il sito in esame (figura sotto) non rientra in zone di pericolosità idraulica, geologica o da valanga (P.A.T. Belluno, tavola 1.2 – Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale). Il sito affianca la fascia di rispetto ferroviario (art. 49 DPR 30/4/1992 n. 285 art. 16 commi 2 e 3).



**Figura 2 - P.A.T - Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale**

La carta 1.3 del P.A.T (carta delle fragilità) pone il sito in questione in area idonea a condizione B, molto lontana da zone con problemi di compatibilità sismica di natura

morfologica.

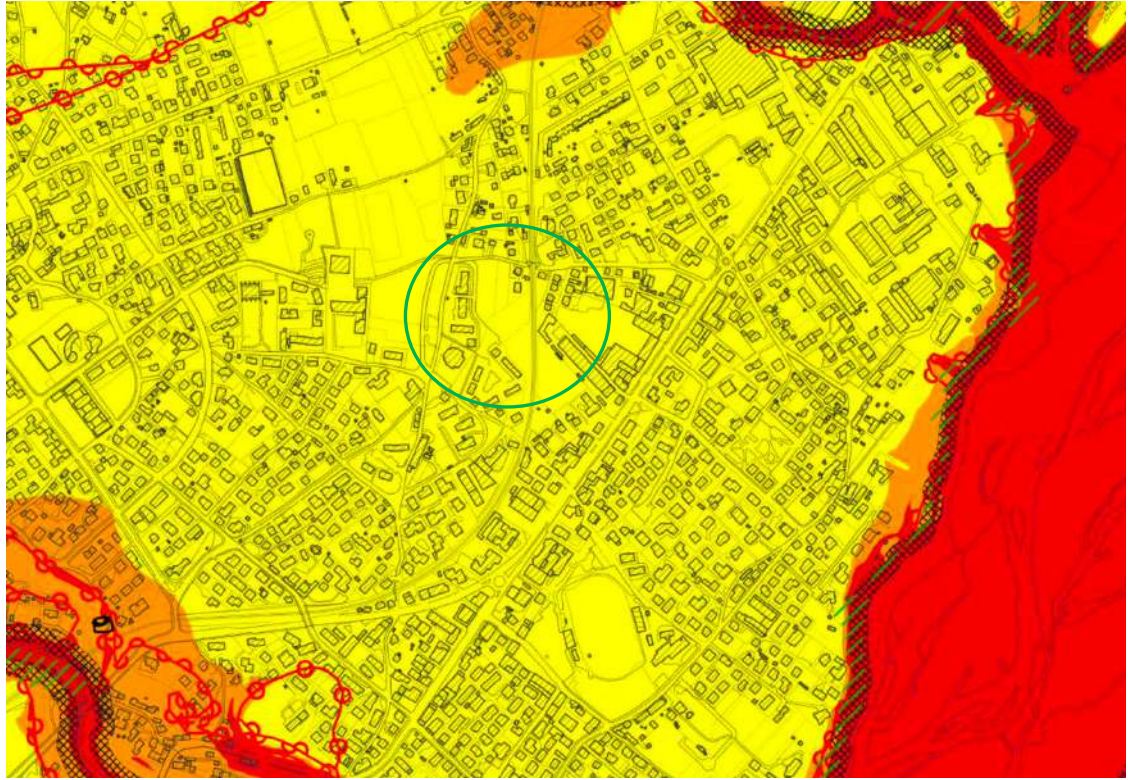


Figura 3 - P.A.T - carta delle fragilità

## 4 MODELLO GEOLOGICO

### 4.1 Geomorfologia

L'area d'interesse si trova sull'antico cono postglaciale del torrente Ardo che si espandeva sui depositi alluvionali del Piave. La morfologia è molto regolare quasi pianeggiante, debolmente inclinata verso est.

Il sito è stabile, molto lontano da dissesti quali erosioni e frane o elementi morfologici che possano generare amplificazioni.

### 4.2 Modello geologico locale

La coltre di depositi post glaciali (età circa 11.000 -12000 anni) è costituita da una successione monotona di ghiaia poligenica arrotondata, sabbiosa debolmente limosa, con ciottoli, con lenti e livelli di limo sabbioso. Nei depositi sono inclusi anche settori cementati in modo

---

discontinuo sia in senso verticale che orizzontale ascrivibili a sedimenti periglaciali più antichi; essi affiorano nella zona della Venegia (600 m a est) e lungo i terrazzi del Piave (800 m a sud).

Il substrato roccioso non affiora nelle vicinanze; è costituito da una sequenza di marne argillose e argilliti grigie di spessore metrico, alternate a strati di calcareniti nocciola grigie di spessore pluridecimetrico – metrico (flysch di Belluno). In base ai sondaggi e agli affioramenti riscontrati nelle adiacenze è presumibile che il substrato sia collocato a profondità di 10-15 m.

### **4.3 Aspetti idrogeologici**

In vicinanza del sito la circolazione idrica superficiale è assente

È presumibile che al contatto tra i depositi alluvionali e il substrato roccioso impermeabile (a non meno di 10 m di profondità) sia impostata una falda sospesa di modesto spessore, con estensione planare discontinuo, alimentata prevalentemente dalle acque pluviali.

---

## 5 ASPETTI GENERALI DI MICROZONAZIONE

In concomitanza di eventi sismici, l'insieme delle caratteristiche geometriche, fisiche, idrauliche e meccaniche dei terreni, ovvero l'assetto geologico del sito, induce modi e intensità di vibrazione differenti. La MS consente di circoscrivere aree a comportamento sismico omogeneo sulla base delle caratteristiche geologiche e quindi di indirizzare le scelte di pianificazione urbanistica e strutturale.

In funzione dei diversi contesti e obiettivi, gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 consiste in una raccolta di dati preesistenti oltre alla esecuzione di indagini mirate ad acquisire i parametri sismici del sottosuolo, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte;
- il livello 2 definisce la Carta di Microzonazione Sismica; consente di meglio definire il modello geologico del sottosuolo e di fornire per ciascuna microzona identificata una quantificazione numerica degli effetti, ottenuta con metodi semplificati (abachi);
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari o su ambiti di rilevanza strategica; è il livello di maggiore approfondimento per la definizione e caratterizzazione delle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità, perché consente di risolvere le situazioni geologiche e geotecniche complesse, ad esempio inversioni di velocità, non risolvibili con abachi o metodi semplificati, modificando sostanzialmente le carte di microzonazione di livello 1 e 2. Il livello 3, naturalmente richiede un impegno di risorse economiche e professionali importante, giustificato, ad esempio, nel caso di una fase di ricostruzione post-terremoto ma anche, in fase preventiva, nelle aree a più elevato rischio sismico.

Come detto in precedenza il presente studio esamina il livello 2 riferendosi esclusivamente all'ambito dell'intervento in progetto.

### 5.1 Pericolosità di base

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 08/05/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la





precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo e successive modifiche ed integrazioni. In linea teorica, l'ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell'accelerazione orizzontale di picco (Peak Ground Acceleration, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)</i>	<i>Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)</i>
1	> 0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Tabella – valori di riferimento della attuale normativa sismica

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per il calcolo sismico delle costruzioni.

Con la OPCM 3519 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente".

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 la classificazione sismica del territorio comunale è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.



---

La sismicità è stata determinata dall'INGV su base statistica, suddividendo il territorio con una griglia i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ ; l'INGV ha fornito i parametri di griglia con passo  $0,05^\circ$  e  $0,02^\circ$  (in termini di distanza circa 10 km e circa 5 km). Per ogni punto vengono forniti i seguenti parametri che descrivono lo scuotimento atteso:

id	identificativo del punto della griglia di calcolo
long	longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
lat	latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
ag	accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard)
16perc	accelerazione massima del suolo (16mo percentile)
50perc	accelerazione massima del suolo (50mo percentile)
84perc	accelerazione massima del suolo (84mo percentile)

Dalla griglia sono inoltre estrapolabili i dati necessari per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo NTC 18:

- $A_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{c^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

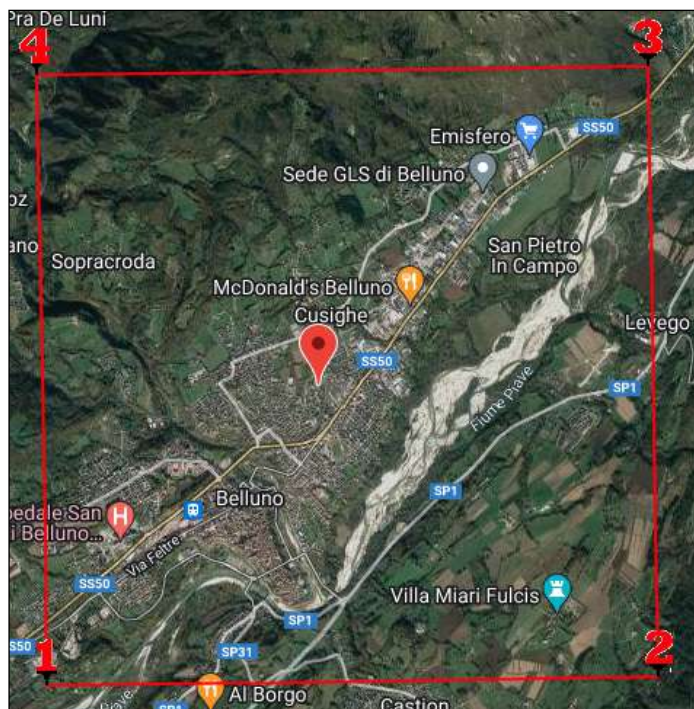
I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.

Le zone sismiche dell'Ordinanza 3274/2003 sono utilizzabili solo per scopi amministrativi e per la zona 4.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{c^*}$  determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico ( $V_{s30} > 800\text{m/s}$ ) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Sulla base di quanto detto sopra e utilizzando software specifici disponibili in rete (Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5 oppure EdiLus-MS ACCA), il valore mediato del moto sismico rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono e riferito al sito in oggetto può essere descritto convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni locali (stratigrafiche e topografiche).

La categoria topografica è la **T1** in quanto l'inclinazione è minore di 15°. Nella tabella sotto sono riportati i dati di ingresso e quelli di uscita, deducibili come detto dallo spettro di accelerazione, da utilizzare nelle verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita SLV come richiesto dalla normativa mediando dai valori di griglia del Ministero.



**Figura 4 - Griglia, entro cui è posta la zona d'interesse.**

Da notare l'attribuzione di classe d'uso II che è propria di edifici residenziali e non di fabbricati strategici. I dati di longitudine e latitudine del sito sono desunti da Google Maps.

	Coordinate ED 50	Coordinate WGS 84
Latitudine e Longitudine sito	N 46.152496 E 12.225870	N 46.151607 E 12.224869
	Dati in entrata	Dati elaborati
Classe d'uso	II Affollamento normale Salvaguardia vita (SLV)	
Fo	2,412	
Tc*	0,325	
Accelerazione orizzontale max al sito a <sub>g</sub> (g)	0,231	
Tipo terreno	<b>B</b>	
Coefficiente Cc	1,10*(Tc) <sup>-0,20</sup>	1,377



Amplificazione Stratigrafica $S_s$	$1,40-0,40*F_o*ag/g$	1,177
Amplificazione Topografica $S_t$	<b>T1</b>	1,0
<b>Accelerazione massima attesa in superficie</b>	$a_{max} = S_s*S_t*ag/g$	$1,177*1,0*0,231 = \mathbf{0,272}$

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” relativa alla Regione Veneto redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita OPCM 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione sismica del territorio da parte delle Regioni.

Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche che possono modificare il moto sismico in superficie amplificandolo e favorendo anche eventuali fenomeni di instabilità.

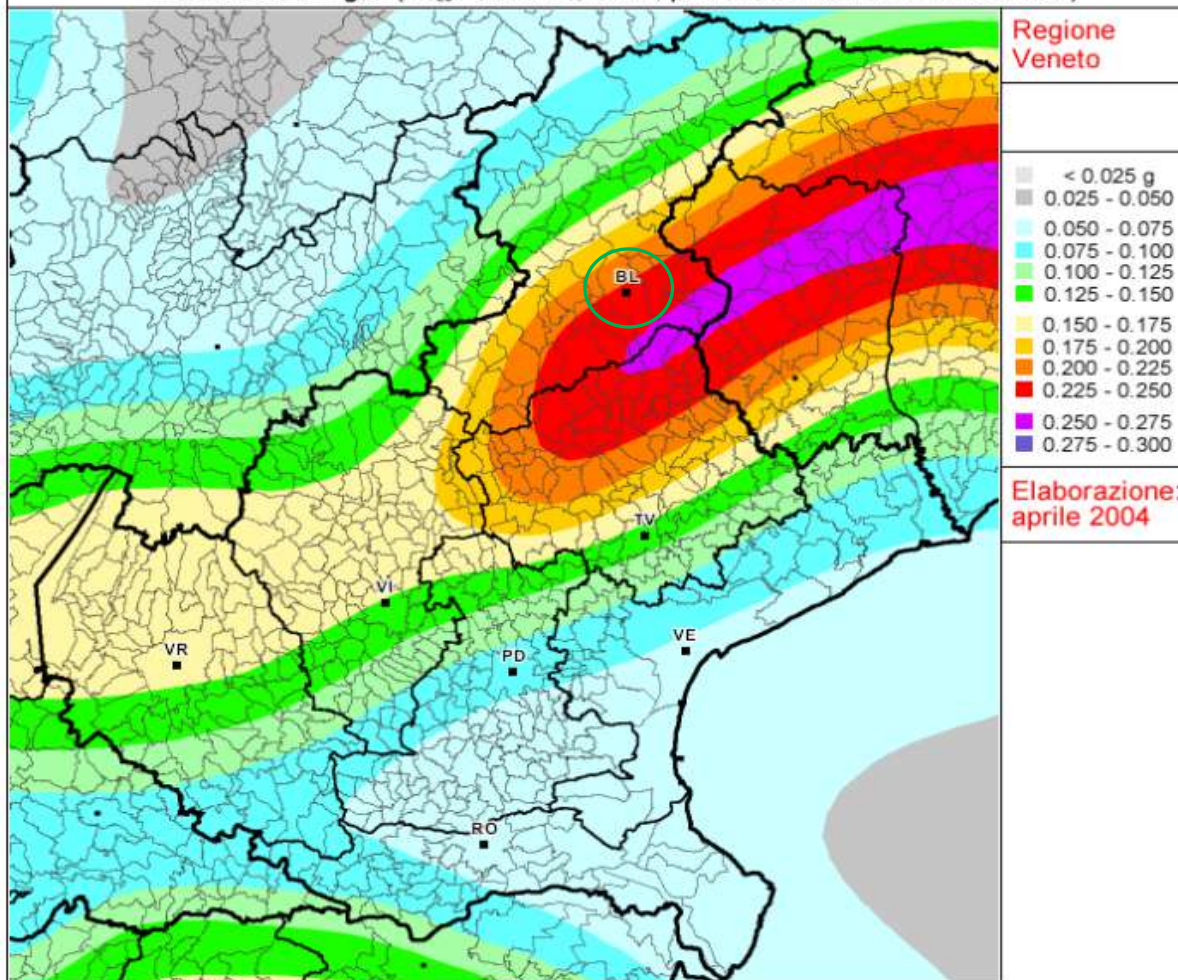




ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

## Mapa 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)



Ufficio 0437 34995 - Mobile +39 379 1577 146  
giorgio.giacchetti@alpigeo.it - Belluno 32100, 45 Via Barozzi



Dott. Geol. Giorgio Giacchetti - Ordine Geol. Reg. Veneto 258  
CF GCCGRG60A13A757B - P IVA 00707130258

### 5.2 Sismicità storica sul sito d'interesse

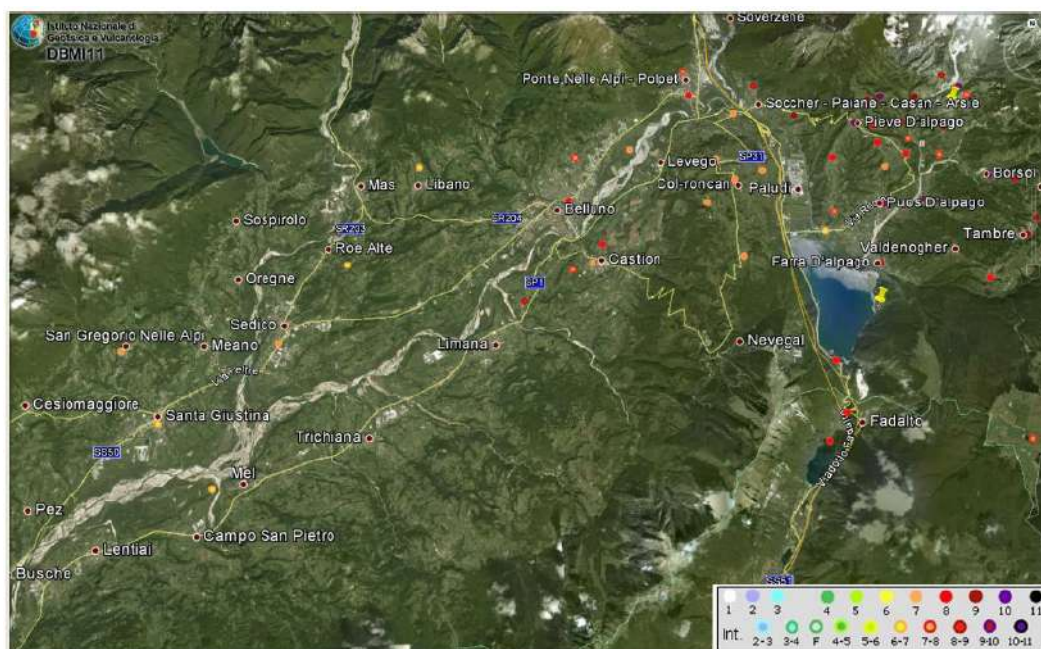
Dall'analisi del Catalogo Parametrico dei Terremoti si rileva che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dalla zona d'interesse e con magnitudo  $M_{aw}$  5 sono i seguenti:

- anno 1404 nella zona di Belluno con  $M_{aw}=5.17$ ;
- anno 1860 nel Valdobbiadense con  $M_{aw}=5.17$ ;
- anno 1873 (29 Giugno) nel Bellunese (Alpago) con  $M_{aw}=6.33$ ;
- anno 1873 (06 Nov.) nella zona di Belluno con  $M_{aw}=5.03$ ;

- anno 1894 nella zona di Fonzaso con  $Maw=5.03$ ;
- anno 1895 nel Valdobbiadene con  $Maw=5.06$ ;
- anno 1900 nel Valdobbiadene con  $Maw=5.22$ ;
- anno 1936 nel Bosco del Cansiglio con  $Maw=5.90$ .
- anno 1943 nel Valdobbiadene con  $Maw=5.18$ .

Il sisma con maggiore intensità negli ultimi 2000 anni, con epicentro entro i 30 km circa di raggio è avvenuto il 29.06.1873 nell'Alpago con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo  $Maw=6.33$ .

Il DBMI11 dell'INGV (Database Macrosismico Italiano 2011) evidenzia la distribuzione delle intensità sismiche (scala MCS- Mercalli/Cancani/Sieberg1930) di questo terremoto, nell'abitato di Belluno è indicata un'intensità del 8 grado.



**Figura 5 - Distribuzione delle intensità sismiche del terremoto del 29.06.1873**

Per i valori di intensità risentita sono stati invece utilizzati i dati contenuti nel Data Base Macrosismico Italiano del 2011 (DBMI11, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), il Comune di Belluno non registra eventi con epicentro nel Comune, che invece è stato interessato da scuotimenti sismici di una certa entità in occasione dei terremoti con epicentri vicini.

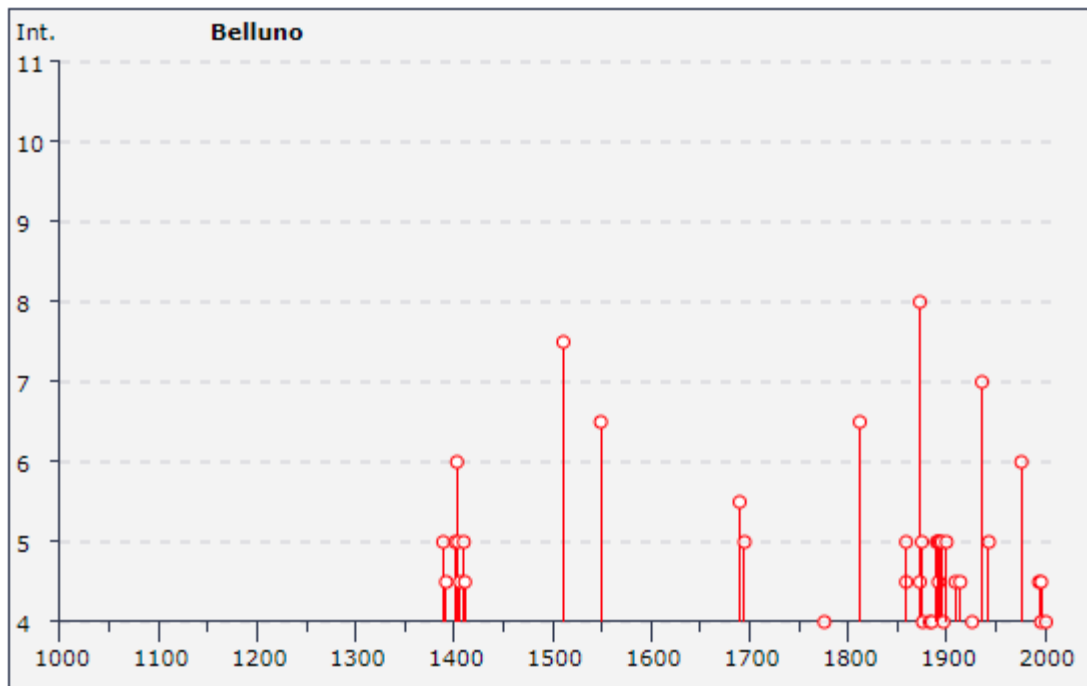
I dati riassuntivi delle osservazioni sono riportati nelle tabelle sottostanti:

Storia sismica di Belluno [46.146, 12.222] Numero di eventi: 67				
Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	<a href="#">1389 08 20 13:00</a>	Moggio Udinese	3	6-7 4.93 ±0.34
4-5	<a href="#">1392 01 28 00:30</a>	BELLUNO	1	4-5 4.09 ±0.34
5	<a href="#">1401 06 29 09:00</a>	SEDICO	1	5 4.30 ±0.34
6	<a href="#">1403 01 12 05:30</a>	Belluno	3	6 4.72 ±0.34
5	<a href="#">1404 02 01 21:00</a>	BELLUNO	1	5 4.30 ±0.34
F	<a href="#">1405 06 26 13:45</a>	Bellunese	2	4-5 4.09 ±0.34
4-5	<a href="#">1406 05 28 21:30</a>	BELLUNO	1	4-5 4.09 ±0.34
5	<a href="#">1410 06 10 21:00</a>	Verona	9	
4-5	<a href="#">1411 07 01 06:00</a>	BELLUNO	1	4-5 4.09 ±0.34
7-8	<a href="#">1511 03 26 14:40</a>	Slovenia	66	9 6.98 ±0.17
6-7	<a href="#">1549 09 10</a>	BELLUNO	1	6-7 4.93 ±0.34
5-6	<a href="#">1690 05 04</a>	BELLUNO	1	5-6 4.51 ±0.34
5	<a href="#">1695 02 25 05:30</a>	Asolano	82	10 6.48 ±0.18
4	<a href="#">1776 07 10</a>	TRAMONTI	19	8-9 5.78 ±0.38
6-7	<a href="#">1812 10 25 07:00</a>	SEQUALS	34	7-8 5.71 ±0.35
NR	<a href="#">1828 10 09 02:20</a>	Valle Staffora	114	8 5.76 ±0.15
4-5	<a href="#">1859 01 20 07:55</a>	COLLALTO	36	6 4.98 ±0.32
5	<a href="#">1859 09 29 08:30</a>	BELLUNO	1	5 4.30 ±0.34
3	<a href="#">1860 07 19</a>	VALDOBBIADENE	10	6-7 4.97 ±0.44
3	<a href="#">1873 03 12 20:04</a>	Marche meridionali	196	8 5.95 ±0.10
8	<a href="#">1873 06 29 03:58</a>	Bellunese	199	9-10 6.32 ±0.11
3-4	<a href="#">1873 09 17</a>	LIGURIA ORIENTALE	67	6-7 5.43 ±0.15
4-5	<a href="#">1873 11 06 08:30</a>	BELLUNO	1	4-5 4.09 ±0.34
2	<a href="#">1875 03 17 23:51</a>	Romagna sud-orientale	144	5.93 ±0.16
5	<a href="#">1875 10 24 20:13</a>	BELLUNO	2	4 3.87 ±0.34
3-4	<a href="#">1875 12 06</a>	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
4	<a href="#">1876 03 28 01:00</a>	FARRA D'ALPAGO	2	4 3.87 ±0.34
3	<a href="#">1878 03 12 21:36</a>	Bolognese	31	6 5.06 ±0.30
3	<a href="#">1878 04 05 09:46</a>	Bolognese	6	
3	<a href="#">1879 02 14</a>	GARGNANO	6	5 4.83 ±0.63
4	<a href="#">1883 10 22 03:30</a>	CENEDA	5	5-6 4.61 ±0.61
4	<a href="#">1885 12 29</a>	VITTORIO VENETO	47	6 5.18 ±0.19
3-4	<a href="#">1889 12 08</a>	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13
5	<a href="#">1890 03 26 20:10</a>	CADORE	48	6 4.96 ±0.38
5	<a href="#">1891 06 07 01:06</a>	Valle d'Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06
4-5	<a href="#">1892 01 11 01:56</a>	BOSCO CANSIGLIO	13	4-5 4.28 ±0.42
5	<a href="#">1892 06 23 23:20</a>	CLAUT	71	5-6 4.71 ±0.14
3	<a href="#">1892 08 09 07:58</a>	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91 ±0.11
5	<a href="#">1893 10 27 16:31</a>	LONGARONE	54	5 4.60 ±0.26
3	<a href="#">1894 02 09 12:48</a>	Valle d'Illasi	116	6 4.77 ±0.15
F	<a href="#">1894 11 28</a>	FONZASO	11	5-6 4.51 ±0.67
3	<a href="#">1895 02 27 15:38</a>	CLAUT	31	5 4.49 ±0.28





Storia sismica di Belluno [46.146, 12.222]				
Numero di eventi: 67				
Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	<a href="#">1895 04 14 22:17</a>	Slovenia	296	8 6.23 ±0.08
F	<a href="#">1895 06 10 01:47</a>	VALDOBBIADENE	73	6 5.03 ±0.13
4	<a href="#">1897 06 11 12:45</a>	Cornuda	47	5-6 4.54 ±0.33
3	<a href="#">1898 03 04 21:05</a>	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	<a href="#">1900 03 04 16:55</a>	VALDOBBIADENE	98	6-7 5.13 ±0.14
3	<a href="#">1901 10 30 14:49</a>	Salò	190	8 5.70 ±0.10
F	<a href="#">1908 07 10 02:13</a>	Carnia	120	7-8 5.38 ±0.13
4-5	<a href="#">1909 01 13 00:45</a>	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09
NF	<a href="#">1913 11 25 20:55</a>	Val di Taro	73	4-5 4.84 ±0.20
4-5	<a href="#">1914 10 27 09:22</a>	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
4	<a href="#">1926 01 01 18:04</a>	Slovenia	63	7-8 5.85 ±0.18
NF	<a href="#">1934 05 04 13:56</a>	Carnia	80	6 4.85 ±0.19
7	<a href="#">1936 10 18 03:10</a>	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
5	<a href="#">1943 07 24 01:43</a>	VALDOBBIADENE	29	7 5.20 ±0.23
6	<a href="#">1976 05 06 20:00</a>	Friuli	770	9-10 6.46 ±0.09
2	<a href="#">1983 11 09 16:29</a>	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
3	<a href="#">1987 05 02 20:43</a>	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
4-5	<a href="#">1994 04 20 21:25</a>	CADORE	159	5-6 4.15 ±0.09
4	<a href="#">1996 02 27 11:13</a>	Barcis	150	5 4.48 ±0.11
4-5	<a href="#">1996 04 13 13:00</a>	CLAUT-BARCIS	164	5-6 4.62 ±0.10
3	<a href="#">1996 10 15 09:56</a>	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
4	<a href="#">2001 07 17 15:06</a>	Merano	663	6 4.84 ±0.09
2-3	<a href="#">2004 07 12 13:04</a>	Alpi Giulie	366	5.19 ±0.09
F	<a href="#">2004 11 24 22:59</a>	Lago di Garda	176	7-8 5.06 ±0.09
3	<a href="#">2004 12 04 22:20</a>	Valle del Piave	115	5 4.18 ±0.14



Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMD	Distanza
Limana	IT	6	9km
Ponte nelle Alpi	IT	14	6km
Soverzene	IT	6	9km

Riepilogo delle osservazioni dei terremoti storici registrati a San Gregorio nelle Alpi.

### 5.3 La classificazione sismica del territorio comunale

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Belluno si trova nella zona sismotettonica ZS905 (Friuli – Veneto Orientale, vedi fig. 1) con  $M_w$ max attesa di 6.60.

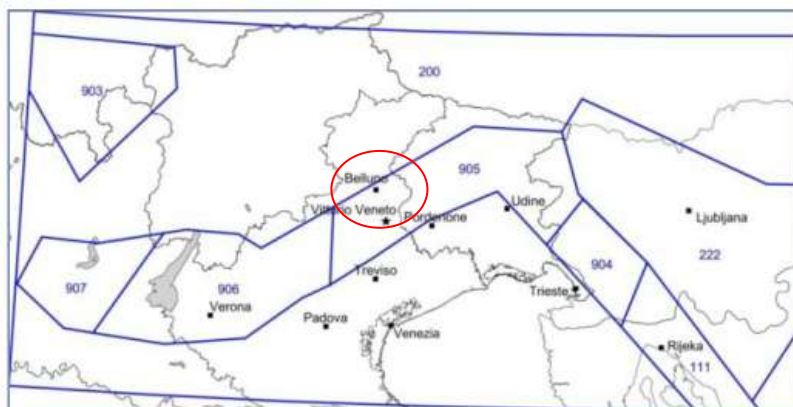
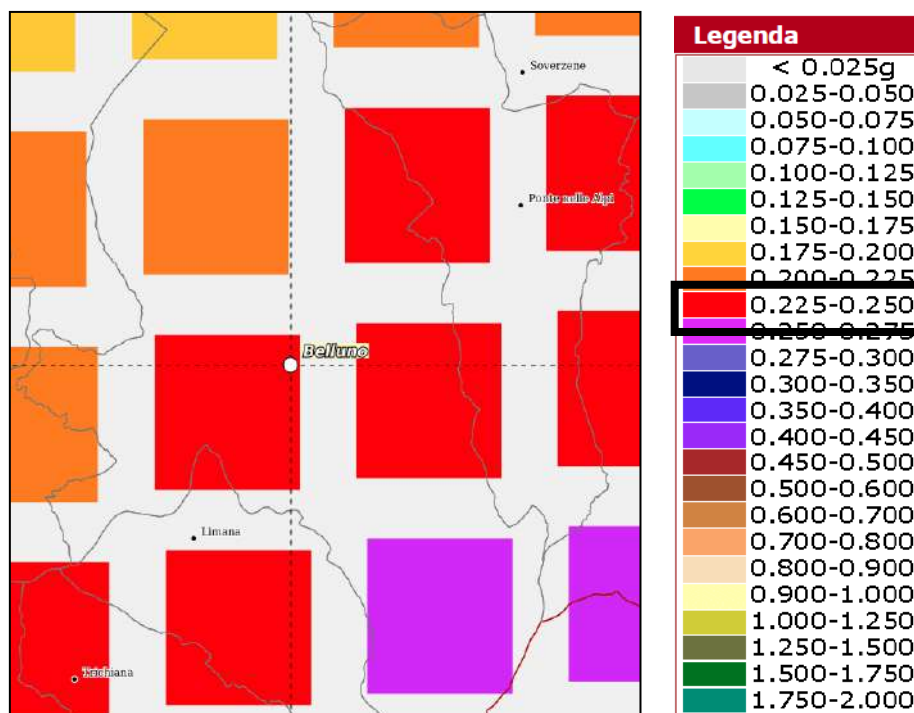


Figura 6 - Zonazione sismogenetica ZS9

Per quanto riguarda la pericolosità sismica del territorio dal punto di vista macrosismico, la D.G.R. n.244 del 9 marzo 2021 ha inserito il comune di Belluno in **zona 1**. Questa zona prevede una accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido di 0,225 g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni (vedi figura sotto).

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Belluno sia compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) di  $0,225 \div 0,250g$ . Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia.



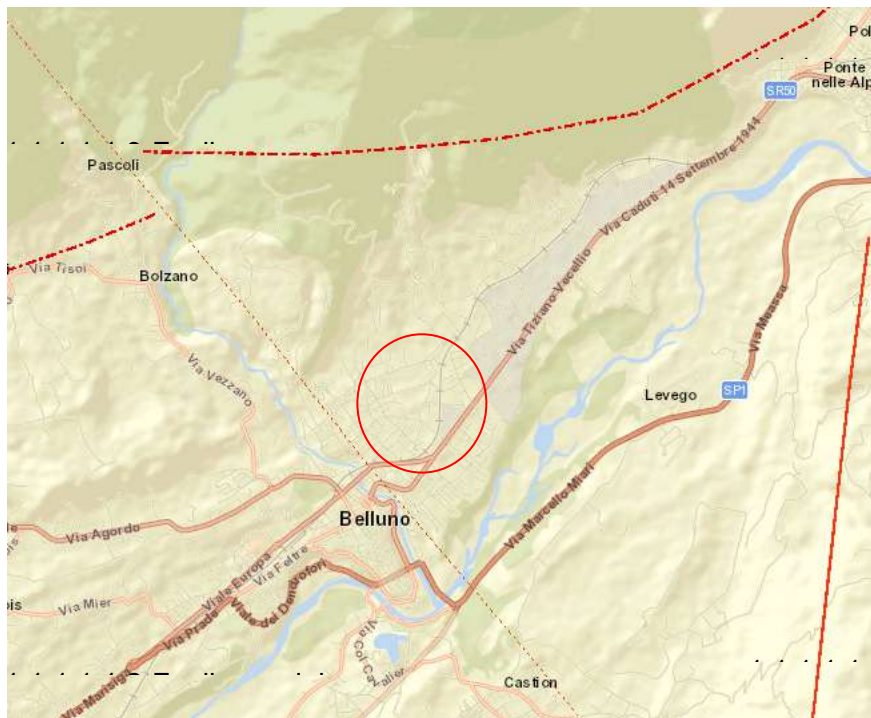
**Figura 7** - Mappa di pericolosità sismica del territorio comunale di Belluno

#### 5.4 I sistemi di faglie attive

L'attività Plio-Quaternaria delle faglie dell'Italia del NE è sintetizzata da CNR-PFG (1987), Castaldini & Panizza (1991), Galadini et al. (2001b).

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAZard from CAPable faults" disponibile on-line.





**Figura 8 - Cartografia con indicate le faglie capaci che interessano il territorio comunale desunte dall'archivio ITHACA**



Tale catalogo mette in evidenza che le faglie il sito d'interesse non è interessato da faglie attive o capaci. Quella più vicina (per altro di ubicazione incerta) è "Faglia Valle del Medone, con andamento NNO-ESE che rimane a oltre 1 km di distanza.

---

## 6 INDAGINE STRUMENTALE

### 6.1 Limite d'indagine

Lo studio geofisico di seguito illustrato è riferito esclusivamente al sito individuato catastalmente in premessa e i dati non sono estrapolabili a siti adiacenti.

### 6.2 Individuazione della microzona

I risultati della misure ottenuti dalla stazione di misura sismica sono stati estrapolati all'intera area d'interesse nella ragionevole ipotesi che questa sia caratterizzata da stratigrafia omogenea.

### 6.3 Metodo di studio

Come specificato dalle NTC18, la classificazione sismica si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  delle propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

La stima di tale parametro comporta la determinazione della media dei tempi di percorrenza degli iesimi strati fisici presenti nei primi 30 metri di sottosuolo, tramite la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i^n \left( \frac{h_i}{V_{si}} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  sono spessore in metri e velocità delle onde di taglio dell' $i$ -esimo degli  $N$  strati compresi nei primi 30 metri di sottosuolo.



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

NTC 2018

Figura 9 - Categorie di sottosuolo in accordo a NTC 18

Devono quindi essere accertati:

- Il comportamento del terreno tramite la misura delle Vs30 (velocità di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità);
- la profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo e alla definizione di profili di Vs 30, unitamente alla valutazione degli effetti morfologici.

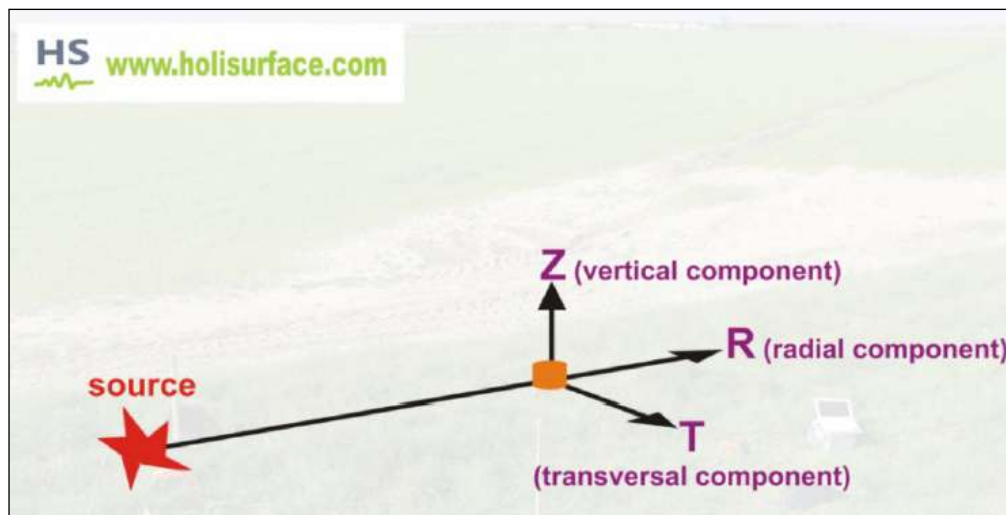
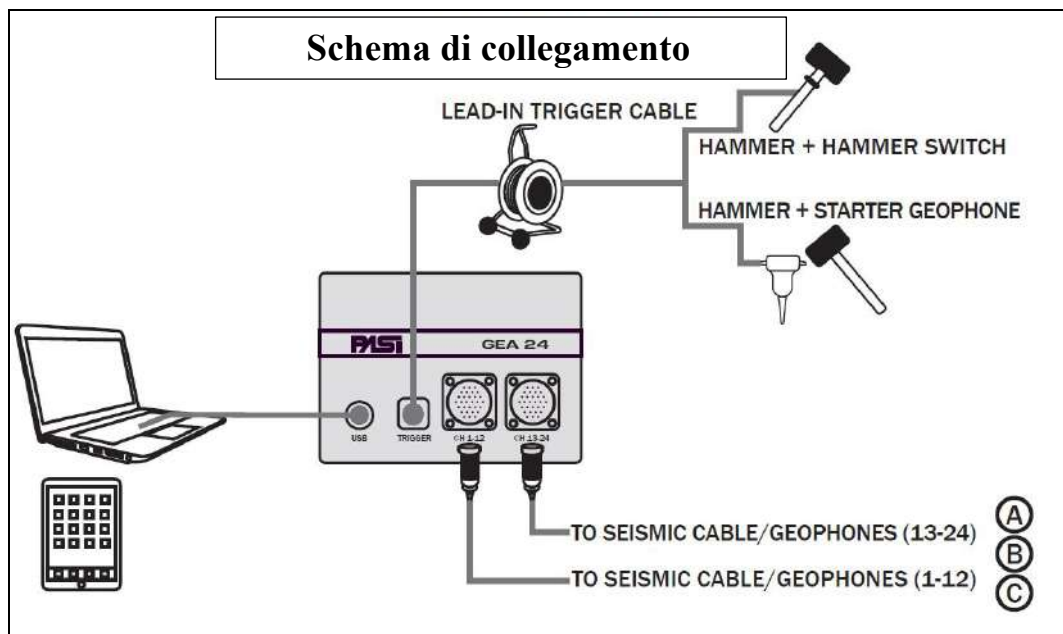
#### 6.4 *Tecniche di misura*

Nel presente caso la velocità delle onde di taglio Vs è stata determinata sia con stendimenti sismici passivi (misure delle onde superficiali dovute al rumore ambientale), sia con stendimenti sismici attivi (misure delle sollecitazioni elastiche prodotte artificialmente).

La doppia misura è preferibile in quanto consente il migliore controllo del modo di vibrare del terreno. Va considerato infatti che le tecniche passive supportano quelle attive ma possono portare a interpretazioni falsate che perché non controllano le fonti del rumore sismico.

#### 6.5 *Stendimento Sismico*

L'acquisizione di campagna è stata condotta con sismografo (strumento Gea 24 della Pasi Srl) con possibilità di sommatoria di stack degli impulsi sismici (8 nel nostro caso), filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e amplificazione automatica del segnale, geofoni verticali e orizzontali da 4.5 Hz con offset a 60 m di distanza dal geofono triassiale. L'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 5 Kg.



I

## 6.6 Analisi dati

Il geofono triassiale è stato utilizzato per le acquisizioni sia di tipo attivo, sia di tipo passivo.

Le elaborazioni sono state eseguite tramite i software HoliSurface e WinMASW che integra nell'interpretazione i dati ricavati da misure attive (velocità) e passive (frequenze) in maniera da ricavare un modello sismostratigrafico il più possibile coerente.



L'insieme di geofoni e software ha consentito di definire il profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio) oltre a misure di microtremiti da HVSR utili a determinare le frequenze proprie del sottosuolo.

Successivamente è stato scelto il migliore dataset acquisito per le onde di Rayleigh (ZVF) nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele, almeno nell'intorno del volume di sottosuolo indagato.

Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita nei metodi geosismici, che si aggira normalmente attorno al 10-15%.

### 6.7 Utilizzo dei dati

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni agli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. Esse infatti in superficie possono subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia d'onda concentrandone le frequenze dominanti, corrispondenti a quelle naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Nelle NTC18 tale fattore viene direttamente legato alla  $V_s$  equivalente che è definita dalla seguente relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ . Per H si intende la 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 depositi con profondità H del substrato

---

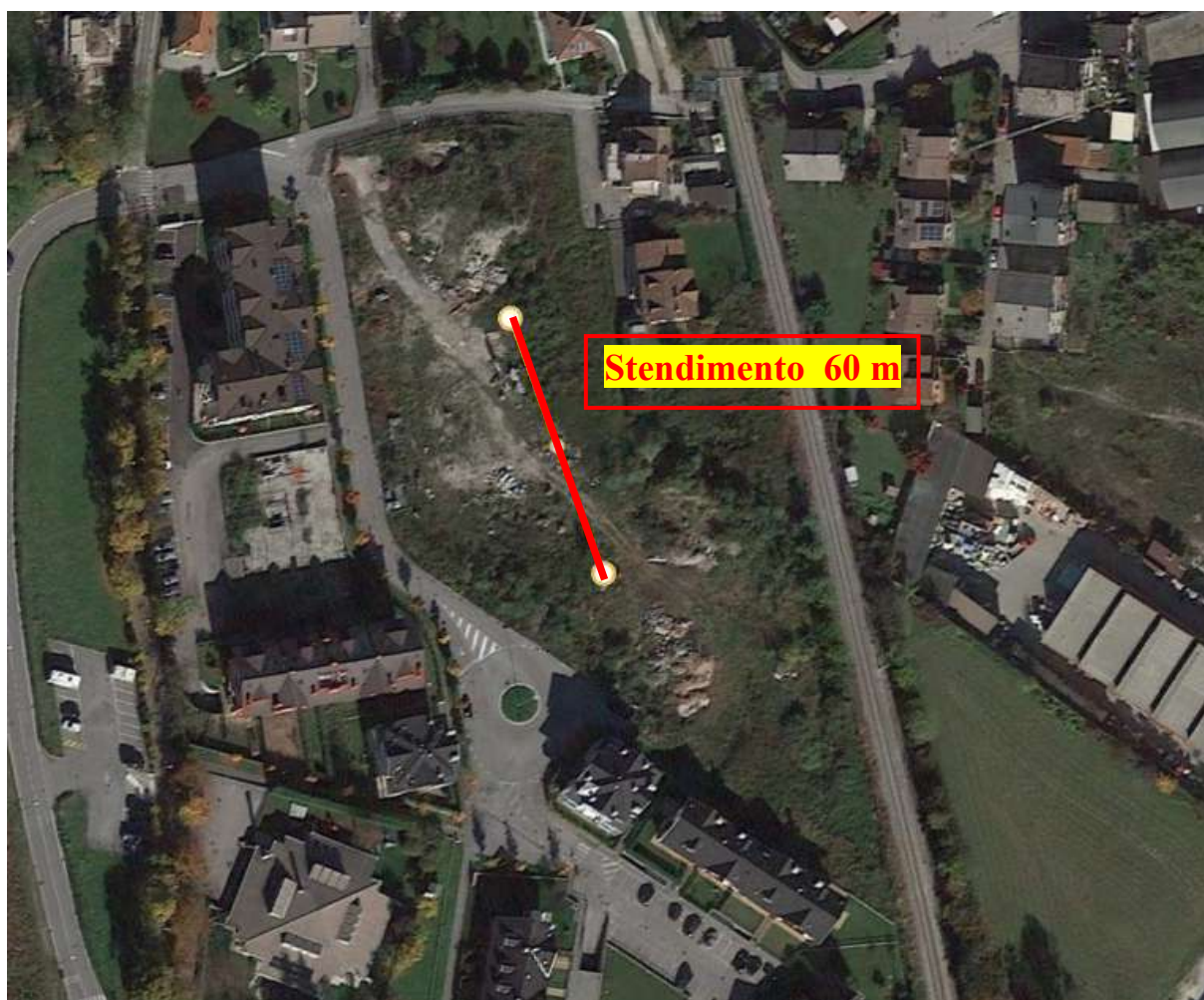
superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

$V_{sEq}$  quindi identifica la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei depositi superficiali, mediata rispetto alla profondità del bedrock sismico, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata appunto da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Se il bedrock sismico è più profondo di 30 m (dal piano di fondazione) la  $V_s$  equivalente ( $V_{sE}$ ) è uguale alla  $V_{s30}$ .

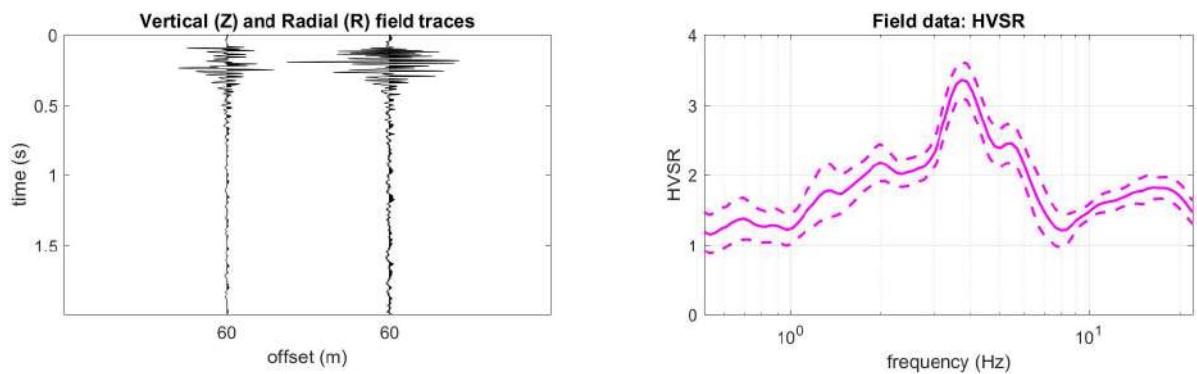
## 7 INDAGINI ED ELABORAZIONI

La figura sottostante mostra l'ubicazione dello stendimento sismico dell'indagine.



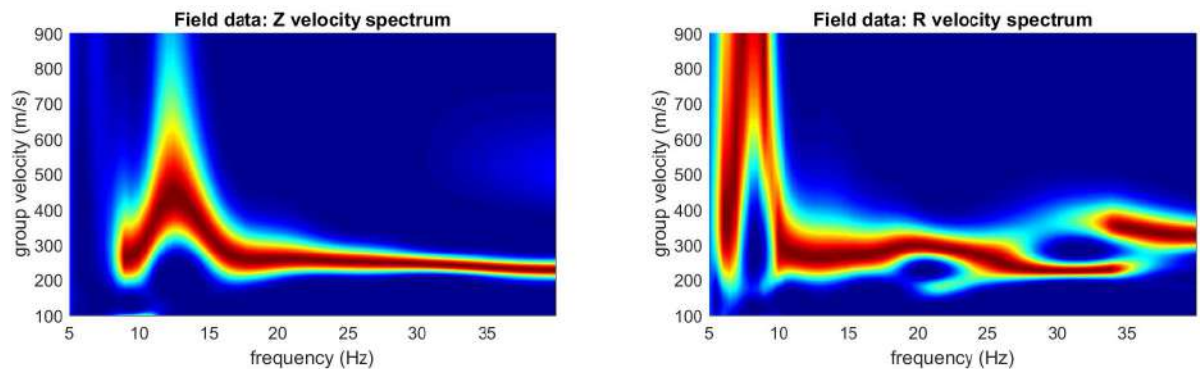
**Figura 10 - Ubicazione dello stendimento sismico dell'indagine**

Di seguito si riportano le tracce acquisite in modalità attiva (stack pari a 8) ed utilizzate per l'analisi della dispersione delle onde di superficie in riferimento alla loro velocità di gruppo. Le tracce sismiche, da acquisizione attiva, si riferiscono, da sinistra a destra, alla componente verticale Z e radiale R dell'onda di Rayleigh; in ordinata il tempo è espresso in secondi. Nelle figure sotto, a destra si riporta invece il rapporto HVSR nell'intervallo tra 0 e 20 Hz dalla acquisizione passiva.



**Figura 11 – A Sinistra: componenti verticale Z e radiale R dell’onda di Rayleigh  
A Destra: il rapporto HVSR nell’intervallo tra 0 e 20 Hz dalla acquisizione passiva**

Da queste il software estrae le rappresentazioni delle velocità di gruppo riferite alle due componenti radiale e verticale:



**Figura 12 - velocità di gruppo riferite alle due componenti radiale e verticale**

Ed infine, dalla elaborazioni delle componenti verticali e radiali effettua l’inversione in modalità iterativa variando velocità e spessori degli strati fino ad individuare la successione che meglio risponde a quanto misurato. Ne scaturisce una successione di sismostrati individuati ciascuno da spessore e velocità come da grafico e da tabelle seguenti



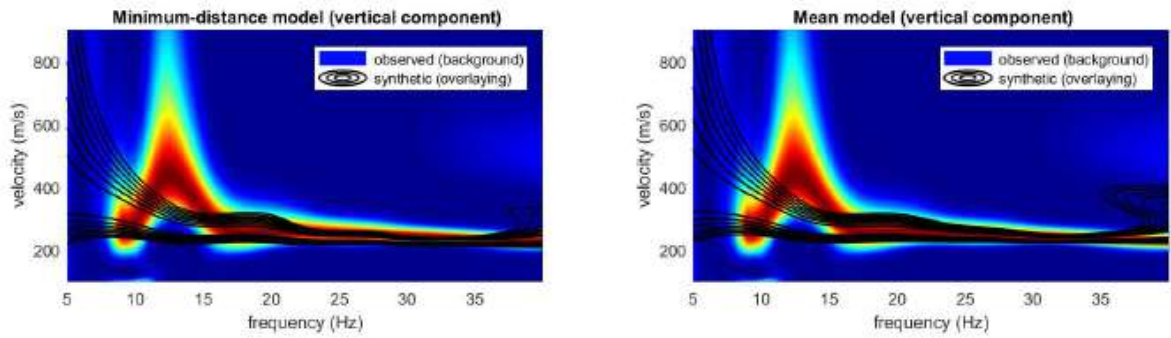


Figura 13 - Successione di sismostrati

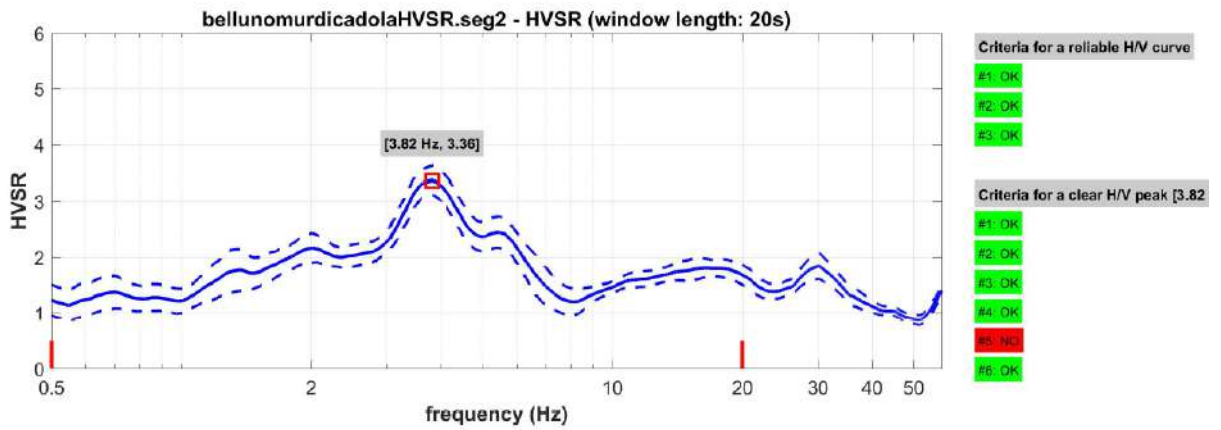
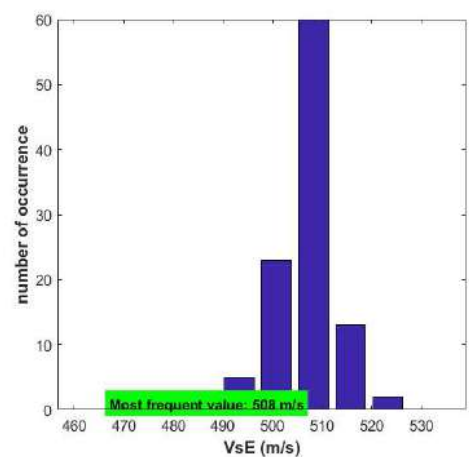
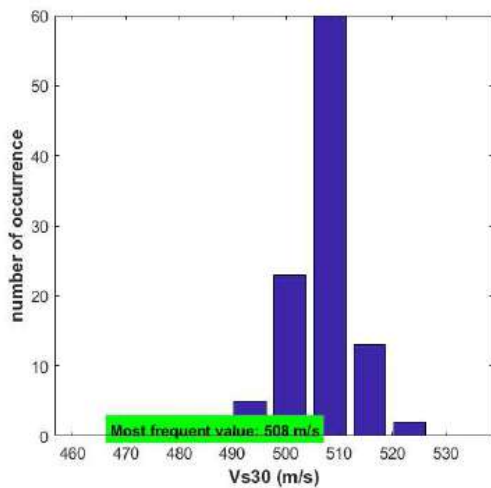
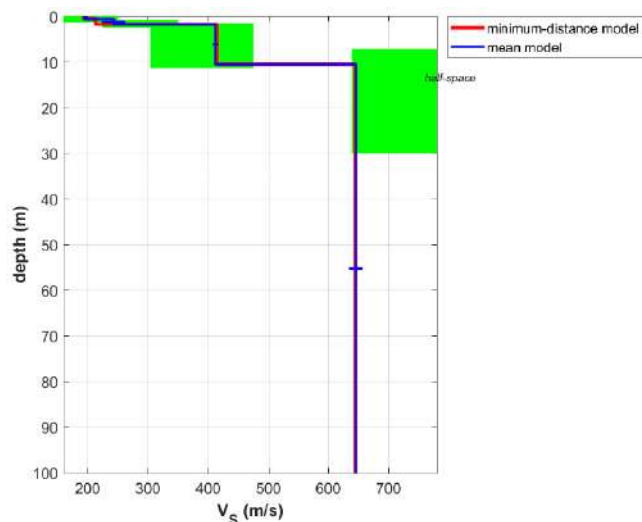


Figura 14 - Vs30 e VsEquivalente

Viene anche determinata la Vs30 e la VsEquivalente: il Bedrock sismico (800 m/s). Si noti che il bed rock non è stato individuato entro i 30 m dal piano campagna e che l'indagine è attendibile fino a circa 30 m di profondità.





Mean model	
Vs30 and VsE of the mean model (m/s):	507, 507
Shear-wave velocities (m/s):	196, 243, 412, 646
Thicknesses (m):	0.5, 1.2, 8.7
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values):	70 120 332 858

Figura 15 - Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo

Di seguito si riporta una tabella di sintesi dei sismostrati significativi, accorpati per analogie e similitudini di velocità fino ad una profondità di circa 27 m.

Profondità (m)	Spessore strato (m)	Velocità (m/s)
0,5	0,5	196
1,7	1,2	243
10,4	8,7	412

Anche se non si tratta di corpi geologicamente identificabili, nel presente caso i sismostrati sono associabili ai seguenti terreni:

Profondità (m)	Spessore strato (m)	Terreno
0,5	0,5	Terreno vegetale, riporto
1,7	1,2	Terreno arenato
10,4	8,7	Ghiaie
> 10,4	--	Substrato roccioso degradato / conglomerati



## 8 SINTESI DELLE INDAGINI

### 8.1 Categoria del terreno

I profili di velocità consentono di riconoscere un generale incremento della rigidità con la profondità; i pochi spessori con velocità in inversione sono da ritenersi non significativi data la scarsa potenza. Non è stato intercettato il bedrock sismico entro i primi 30 m.

In sintesi:

	<b>HoliSurface®</b>	
<b>PARAMETRO Vs30=VsE</b>	<b>5077 m/s</b>	
<b>FREQUENZE del TERRENO</b>	<b>Frequenza</b>	<b>H/V</b>
	<b>3,82 Hz</b>	<b>3,36</b>

La velocità sopra determinata in via sperimentale ha una varianza del  $\pm 10\%$ , per cui i terreni con velocità *borderline* vengono cautelativamente attribuiti alla categoria inferiore.

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni NTC18 si assume prudenzialmente come **Vs30=VsE** il valore da **507 m/s**. Quindi il sito in esame rientra nella

#### **Categoria B**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

## 8.2 Considerazioni sulle strutture

Per le costruzioni la situazione più pericolosa in termini di fenomeni di amplificazione si verifica quando la frequenza dell'eccitazione armonica ( $w$ ) è pari ad una delle frequenze fondamentali dello strato ( $w_n$ ). Quando si verifica tale condizione ( $w=w_n$ ) avviene la risonanza stratigrafica, e il fattore di amplificazione è teoricamente infinito. E' quindi di fondamentale importanza porre attenzione ai fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei fabbricati.

Dal punto di vista empirico, la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

### Freq. naturale edificio \_ 10 Hz / numero piani

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

### Freq. naturale edificio - Freq. fondamentale di risonanza del sito

ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

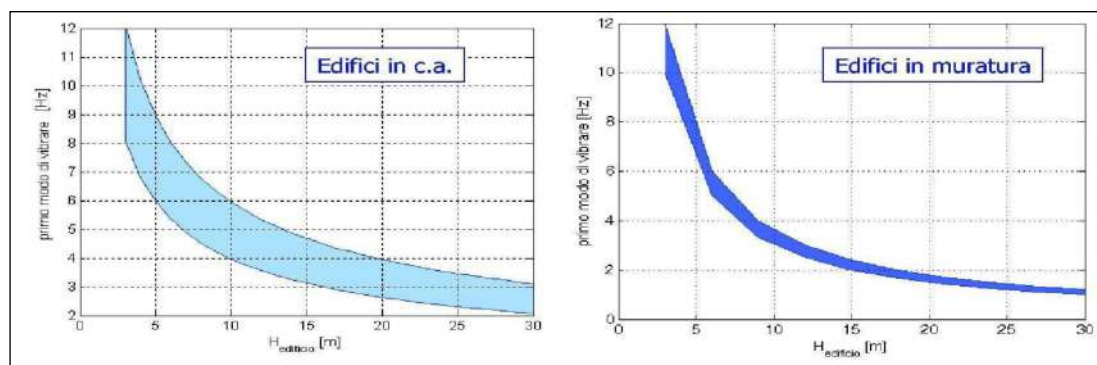


Figura: rapporto altezze frequenze di edifici in CA e Muratura

## 9 MICROZONAZIONE DI LIVELLO 1

### 9.1 Microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS – livello 1

Il P.A.T. Belluno pone il sito d'interesse entro un'area a condizione B. Per essa le norme tecniche P.A.T. prescrivono (elaborato d02-01):

*Dal punto di vista della caratterizzazione sismica, anche in queste aree vale la prescrizione consigliata nelle aree a più bassa penalità, di determinare, per la realizzazione di nuovi interventi, la Risposta Sismica Locale di Sito in corrispondenza della struttura in oggetto ed attribuire la categoria di suolo di cui alle NTC 2018; questo anche alla luce del fatto che sono presenti substrati (anche sismici) coperti da detriti o alluvioni, che rispetto a quanto indicato dalla Microzonazione Sismica MSL1, possono generare effetti di amplificazioni sismiche locali.*

### 9.2 Pericolosità sismica locale

L'area in questione è pianeggiata e priva di dissesti che possano determinare amplificazioni e modi di vibrare differenziali. Essa ammette le “amplificazioni litologiche e geometriche” secondo lo scenario di pericolosità sismica locale definito con la sigla **P4a** delle Linee guida allegate alla DGRV1572/2013.

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
<b>P1 a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	<i>Instabilità per frana</i>
<b>P1 b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>P1 c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
<b>P2 a</b>	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	<i>Instabilità per cedimenti e/o liquefazioni</i>
<b>P2 b</b>	Zona con depositi granulari fini saturi	
<b>P2 c</b>	Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	



<b>P3 a</b>	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc..)	<i>Amplificazioni topografiche</i>
<b>P3 b</b>	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	
<b>P4 a</b>	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche e geometriche</i>
<b>P4 b</b>	Zona di fondovalle stretta ( $C > 0.25$ ) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale .	
<b>P4 c</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	
<b>P4 d</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess )	
<b>P4 e</b>	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
<b>P5 a</b>	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	<i>Comportamenti differenziali</i>
<b>P5 b</b>	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	

Elementi della carta di Pericolosità Sismica Locale (primo livello – tratta da All. A alla DGR 1572 del 09/2013).

### 9.3 Liquefazione

Poiché la falda è profonda e i depositi sono costituiti da ghiaia e ciottoli che non rientrano nei fusi granulometrici pericolosi indentificati da NTC18, non ci sono le premesse perché possano verificarsi fenomeni di liquefazione.

### 9.4 Forme di superficie

La categoria topografica Prevista da NTC è T1 (area pianeggiante).

### 9.5 Categoria stratigrafica

Il terreno costitutivo è di Categoria B (NTC18).

#### 9.5.1 Faglie attive e capaci

Le faglie attive e capaci rimangono distanti dal sito in oggetto.



## 10 MICROZONAZIONE DI LIVELLO 2

I valori dei fattori di amplificazione, ottenuti con la procedura semplificata di secondo livello per lo scenario **P4a**, consistono nei valori di **Fa**, fattore di amplificazione a basso periodo, e di **Fv**, fattore di amplificazione a periodo proprio. Il primo corrisponde al fattore di amplificazione determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione. Il secondo corrisponde al fattore di amplificazione a periodo proprio per il quale si ha la massima risposta in pseudo-velocità.

Le misure effettuate consentono di redigere le carte tematiche di seguito descritte.

### 10.1 Carta delle frequenze (T4)

Sono ripresi i dati di frequenza propria del sito (frequenza fondamentale) ricavata dalla prova HVSR eseguita nella zona indagata.

Dall'esame della prova HVSR nel sito oggetto di studio, la frequenza propria del sito pare essere quella di circa 3,82 Hz; il rapporto di amplificazione H/V è di circa 3,86.

Con riferimento ai grafici riportati in letteratura specifica, in via orientativa la frequenza di circa 3 Hz può generare fenomeni di risonanza in normali edifici di altezza circa 20 m.

### 10.2 Carta delle MOPS – livello 2

Come sopra illustrato, il sito in esame rientra nella categoria B delle NTC18. Le indagini hanno rilevato un VS30 compresa tra 480 m/s e 520 m/s.

La **categoria di sottosuolo** determinata strumentalmente e conferma i risultati dello studio P.A.T.

### 10.3 Carta di Microzonazione Sismica (T5 – T6)

Per la stesura della Carta di microzonazione sismica di secondo livello, gli “Indirizzi e criteri di Microzonazione sismica” prevedono di “...costruirla sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso gli abachi (FA e FV) e sulla base dei valori numerici attribuiti, con le metodologie semplificate, per le zone suscettibili di instabilità...”.

Prevedono inoltre una suddivisione in tre tipi di zone:

1. Zone stabili: non si prevedono effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento.



2. Zone stabili suscettibili di amplificazione: sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione stratigrafica e morfologica locale. Queste zone saranno caratterizzate dai valori numeri di FA (a basso periodo) e FV (ad alto periodo), dedotti dagli abachi.
3. Zone suscettibili di instabilità: gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio; questi effetti possono essere distinti in quattro categorie:
  - Instabilità di versante;
  - liquefazione;
  - cedimenti differenziali;
  - faglie attive e capaci.

Essendo stabile ma suscettibile di amplificazione, l'area in oggetto appartiene al tipo 2.

Il sito potrebbe rientrare nello scenario di pericolosità **P4a** che compete a area di fondovalle ampia con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi che presentino le seguenti caratteristiche

$$h/l > 0,65/(C_v - 1)^{0,5}$$

dove:

- **h** è la profondità della valle (massimo spessore del deposito);
- **l** la sua semiampiezza,
- **C<sub>v</sub>** il rapporto fra la velocità **V<sub>s</sub>** nel basamento sismico e quella media nei terreni di riempimento.

Considerando l'ubicazione del sito, si possono omettere i calcoli relativi senza necessità di approfondimenti al livello 3; sono sufficienti le determinazioni con abachi del livello 2. I dati d'ingresso per l'utilizzo degli abachi sono:

- la macrozona di pericolosità sismica;
- la litologia prevalente dei terreni di copertura deducibile dai risultati di livello 1;
- la profondità del basamento sismico, in cui le **V<sub>s</sub>** sono superiori a 800 m/sec;
- l'andamento della velocità di taglio media dei terreni di copertura sino al basamento Sismico:  $V_{sh} \approx H / (\sum h_i / V_{si})$ .

dove: **H** è lo spessore totale in metri dei terreni di copertura sino al bedrock;



---

$h_i$  è lo spessore in metri dell' $i$ -mo degli  $n$  strati che costituiscono la copertura;  
 $V_{si}$  è la velocità in m/sec dell' $i$ -mo strato.

Nel caso in cui la posizione del bedrock non sia determinabile sperimentalmente si possono utilizzare indicazioni indirette, utilizzando ad esempio le misure del periodo proprio  $T_0$  del sito della copertura sedimentaria. Questa procedura può essere utilizzata nel caso in cui:

- il contrasto di velocità in  $h_a$  (profondità del substrato geologico ovvero con un contrasto di impedenza, che può non essere il bedrock sismico) è rilevante (circa maggiore a 2);
- il terreno al di sotto di  $h_a$  è abbastanza rigido (orientativamente  $V_s$  al di sotto di  $h_a$  è almeno pari a 600 m/sec; se tale velocità è compresa tra 500 e 600 m/sec si possono utilizzare gli abachi, ma il risultato deve essere maggiorato del 10%).

Dagli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica, parte III, andiamo quindi agli abachi relativi all'amplificazione litostratigrafica assumendo:

- profilo di velocità "lineare pendenza intermedia";
- $a_g = 0,26 g$ ;
- la litologia prevalente: ghiaia;
- il substrato geologico è stato posto alla profondità di circa 15/20 metri dal piano campagna;
- $V_{SH} = 50 m/s$ .

I risultati sono:

**FA = 1,49 ed FV = 1,14**

Derivanti dalle opportune interpolazioni negli specifici abachi di riferimento, di seguito riportati

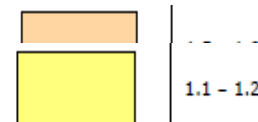


Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FA		Ghiaia		0.26g		Lineare pendenza massima					
H	V <sub>v</sub> (m/s)	V <sub>v</sub> (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	-	-	2.49	2.07	1.49	1.25	1.12	1.05	1.03	1.01	1.00
10	-	-	-	2.65	2.27	1.83	1.59	1.37	1.23	1.06	1.01
15	-	-	-	-	2.43	1.89	1.59	1.42	1.28	1.10	1.03
20	-	-	-	-	2.73	2.14	1.78	1.53	1.35	1.16	1.06
25	-	-	-	-	3.00	2.29	1.88	1.62	1.44	1.21	1.08
30	-	-	-	-	3.04	2.39	1.96	1.70	1.51	1.25	1.09
35	-	-	-	-	2.87	2.43	2.00	1.73	1.54	1.26	1.10
40	-	-	-	-	2.79	2.32	2.02	1.73	1.54	1.27	1.10
50	-	-	-	-	2.41	2.22	1.91	1.72	1.53	1.26	1.09
60	-	-	-	-	2.15	2.00	1.79	1.62	1.47	1.24	1.07
70	-	-	-	-	-	1.90	1.68	1.54	1.41	1.21	1.05
80	-	-	-	-	-	1.81	1.62	1.48	1.37	1.17	1.03
90	-	-	-	-	-	1.71	1.57	1.44	1.34	1.15	1.00
100	-	-	-	-	-	1.62	1.51	1.39	1.30	1.13	0.99
110	-	-	-	-	-	1.50	1.45	1.35	1.26	1.11	0.99
120	-	-	-	-	-	1.42	1.39	1.30	1.23	1.09	0.97
130	-	-	-	-	-	1.33	1.33	1.26	1.19	1.07	0.96
140	-	-	-	-	-	1.26	1.29	1.21	1.16	1.04	0.94
150	-	-	-	-	-	1.21	1.22	1.17	1.12	1.02	0.93

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FV		Ghiaia		0.26g		Lineare pendenza massima					
H	V <sub>v</sub> (m/s)	V <sub>v</sub> (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	-	-	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
10	-	-	-	1.13	1.06	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00
15	-	-	-	-	1.18	1.10	1.05	1.04	1.03	1.01	1.01
20	-	-	-	-	1.54	1.20	1.13	1.05	1.04	1.02	1.01
25	-	-	-	-	2.15	1.40	1.21	1.14	1.10	1.04	1.02
30	-	-	-	-	2.58	1.72	1.31	1.21	1.14	1.07	1.02
35	-	-	-	-	2.95	1.93	1.48	1.29	1.20	1.09	1.03
40	-	-	-	-	3.39	2.14	1.61	1.39	1.26	1.12	1.04
50	-	-	-	-	3.72	2.62	1.94	1.58	1.39	1.19	1.08
60	-	-	-	-	3.60	2.83	2.17	1.77	1.51	1.24	1.10
70	-	-	-	-	-	2.84	2.27	1.88	1.60	1.29	1.11
80	-	-	-	-	-	2.69	2.27	1.92	1.66	1.32	1.13
90	-	-	-	-	-	2.65	2.18	1.91	1.67	1.34	1.13
100	-	-	-	-	-	2.73	2.10	1.85	1.65	1.34	1.14
110	-	-	-	-	-	2.74	2.14	1.78	1.60	1.32	1.13
120	-	-	-	-	-	2.71	2.17	1.81	1.57	1.31	1.12
130	-	-	-	-	-	2.65	2.16	1.82	1.58	1.29	1.11
140	-	-	-	-	-	2.62	2.16	1.83	1.57	1.28	1.10
150	-	-	-	-	-	2.57	2.13	1.81	1.57	1.28	1.10

Tali valori devono essere incrementati del 10% poiché il substrato non arriva a 800 m/s.

Nella carta di Microzonazione Sismica quindi il sito oggetto di variante viene rappresentato con la simbologia dell'intervallo di FA 1,5 – 1,6 e FV 1,1 – 1,2





---

## 11 CONCLUSIONI

La presente relazione illustra la Microzonazione sismica di livello 2 per una zona di limitata estensione in Mur di Cadola di Belluno (BL). Essa è basata sulla documentazione del P.A.T. del Comune di Belluno, su rilievi in sito e su un sondaggio sismico. Per la redazione del testo si è fatto riferimento agli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione sismica” vers. 4.0 della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica e alle linee guida della DGRV 1572/2013.

Gli elaborati cartografici realizzati sono i seguenti:

- Carta delle Indagini - livello 2
- Carta delle MOPS – livello 2
- Carta delle frequenze naturali dei depositi - livello2
- Carta di Microzonazione Sismica FA (MS) - FA livello 2
- Carta di Microzonazione Sismica FV (MS) - FV livello 2

Alla luce di quanto emerso nel presente studio di MS, la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e la Carta della Microzonazione sismica (livello 2) sono utilizzabili in modo organico ai fini di progettazione nel sito.

Belluno, 07 marzo 2022

dott. geol. Giorgio Giacchetti  
Ordine Geologi del Veneto n. 258

---

## 12 ALLEGATI

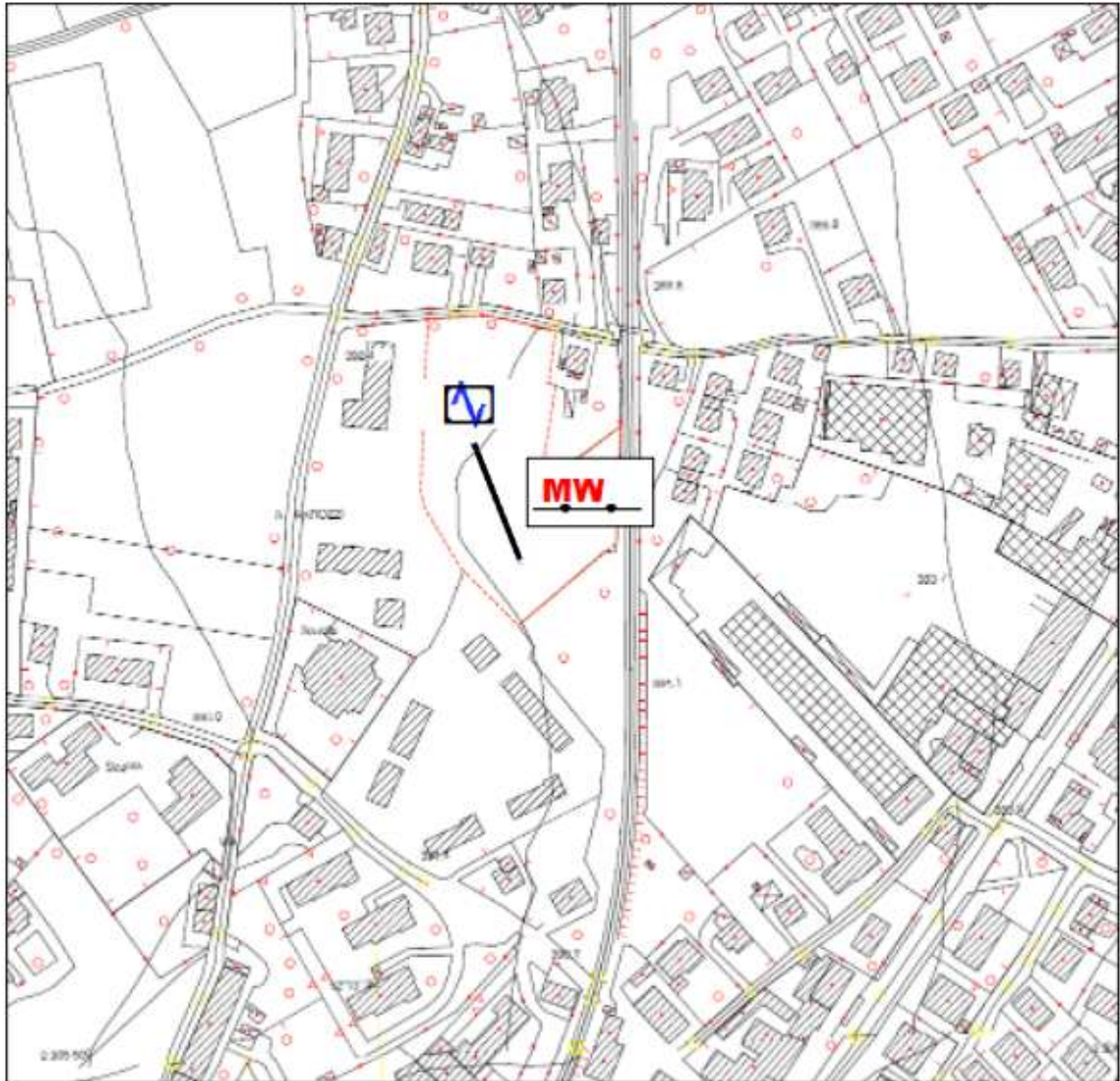
- Carta delle Indagini - livello 2
- Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione - livello 2
- Carta delle MOPS – livello 2
- Carta di Microzonazione Sismica FA (MS) – FA livello 2
- Carta di Microzonazione Sismica FA (MS) – FA livello 2

Ufficio 0437 34995 - Mobile +39 379 1577 146  
giorgio.giacchetti@alpigeo.it - Belluno 32100, 45 Via Barozzi

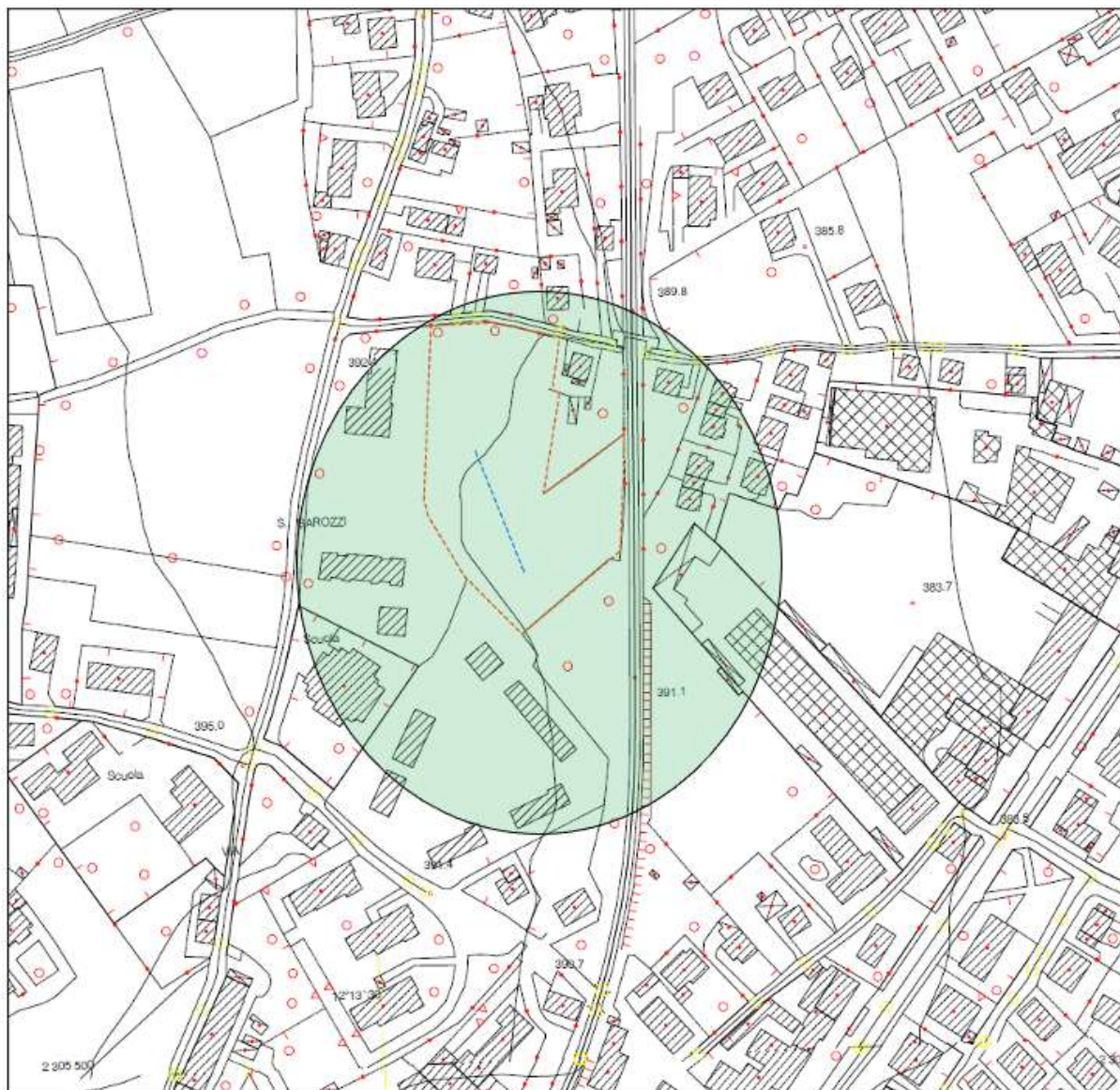


Dott. Geol. Giorgio Giacchetti - Ordine Geol. Reg. Veneto 258  
CF GCCGRG60A13A757B - P IVA 00707130258

# Carta delle Indagini

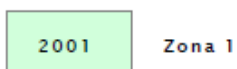


## Carta microzone omegenee in prospettiva sismica

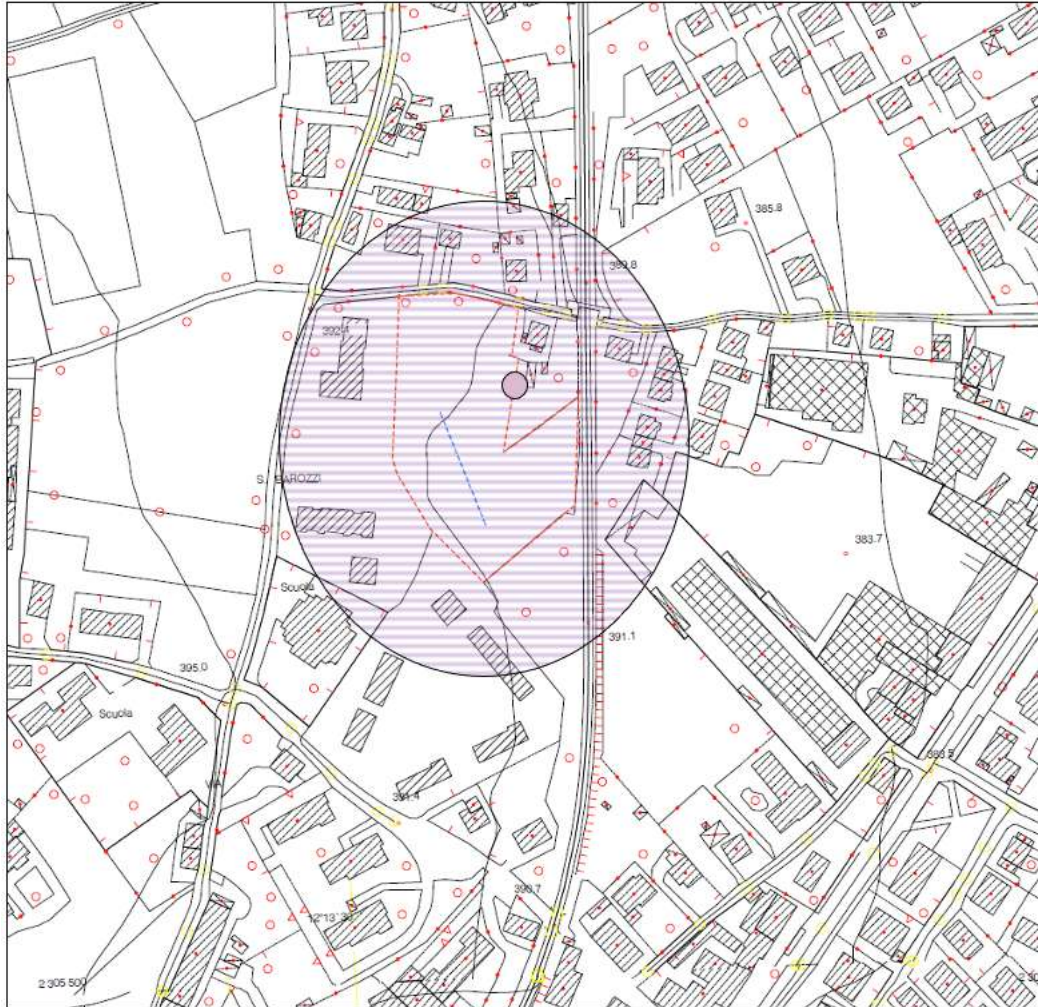


### Legenda

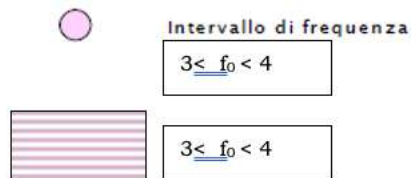
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



# Carta delle frequenze naturali dei depositi - livello 2

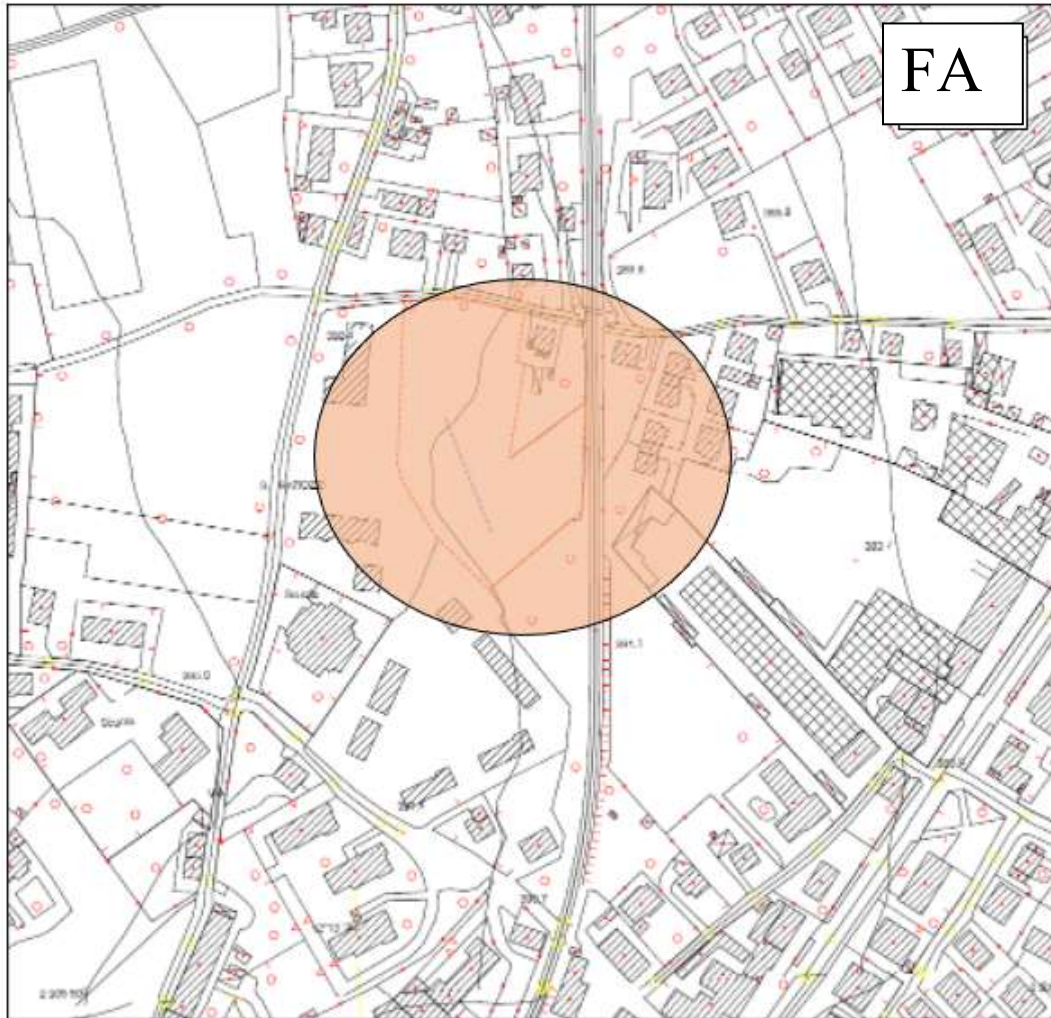


## Terreni di copertura



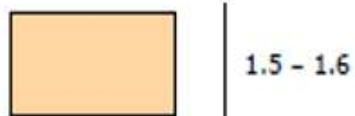
# Carta di microzonazione sismica livello 2

$3 < f_0 < 4$



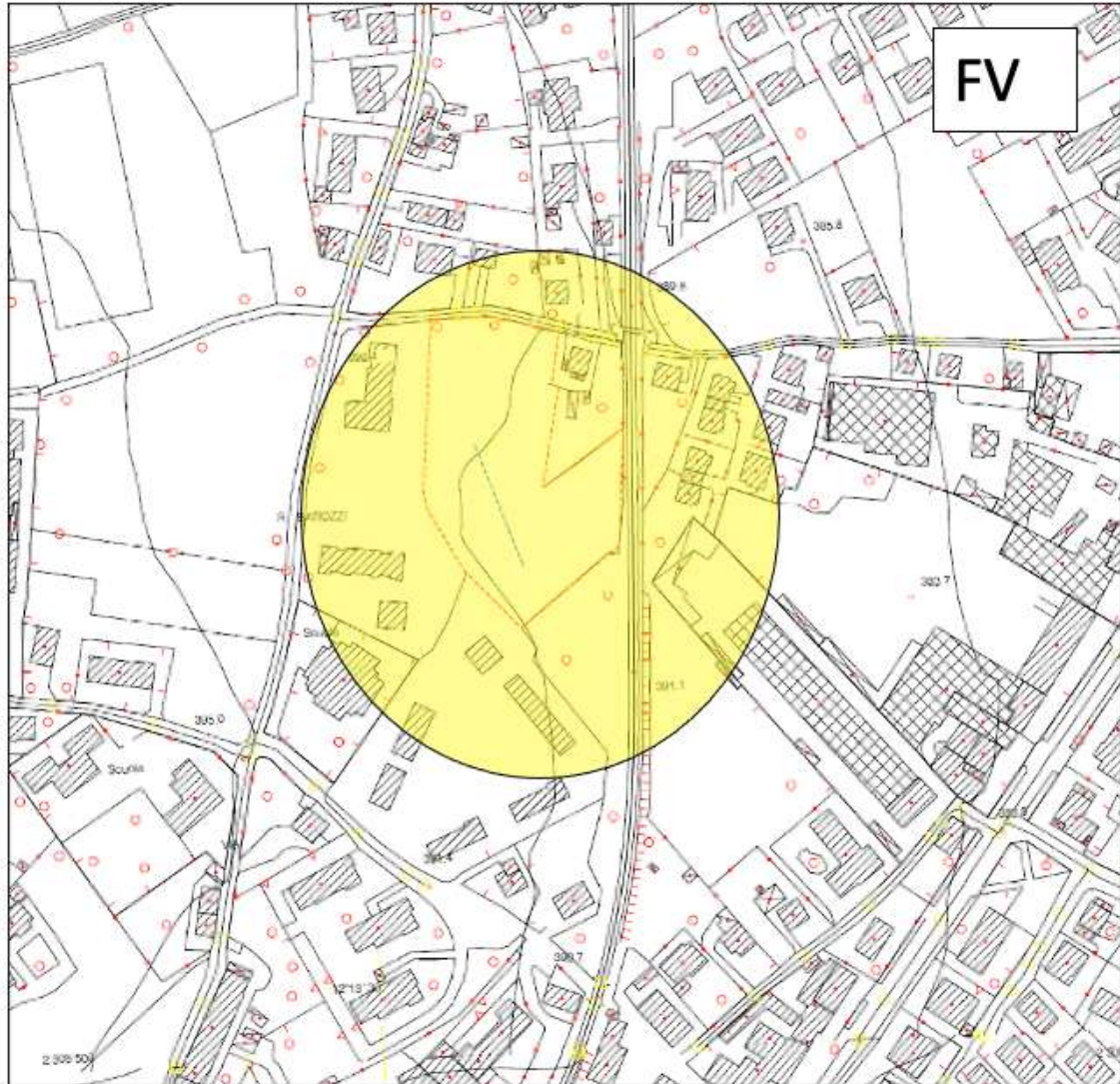
## Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



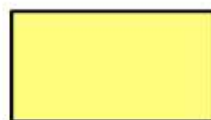


# Carta di microzonazione sismica livello 2



## Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



1.1 - 1.2