



PI 2019 COMUNE DI BRENZONE SUL GARDA

Piano degli Interventi (PI) - Variante n. 1 Piano Regolatore Comunale LR n. 11/2004

MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 RELAZIONE

gennaio 2019

Elaborato 24

MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 RELAZIONE Comune di BRENZONE SUL GARDA



COMUNE DI BRENZONE SUL GARDA Via XX Settembre, 8 - 37010 Brenzone sul Garda (VR)

ADOZIONE

APPROVAZIONE

II Sindaco Tommaso BERTONCELLI

II Segretario Comunale dott. Giorgio CONSOLARO

Il Responsabile del Settore Urbanistica Elena PATRUNO, architetto

GRUPPO DI LAVORO

Progettazione urbanistica

Raffaele GEROMETTA, urbanista Daniele RALLO, urbanista Lisa DE GASPER, urbanista

Valutazione Compatibilità idraulica

Nicola OLIBONI, ingegnere

Valutazione Ambientale

Luca LONARDI, Ingegnere

Analisi geologiche, microzonazione sisimica

Gino LUCCHETTA, geologo

Analisi Agronomiche

Giovanni TRENTANOVI, agronomo forestale

MATE SC Sede Legale e Operativa - Via San Felice 21 - Bologna (BO) Sede Operativa - Via Treviso, 18 - San Vendemiano (TV) Tel. +39 (0438) 412433 - +39 (051) 2912911 e-mail: mateng@mateng.it





Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

LIVELLO 2

Relazione illustrativa SISMICA

Regione del Veneto Comune di Brenzone sul Garda



Regione

Soggetto realizzatore

Data

20 dicembre 2017

29 marzo 2018

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE E GENERALITA'	3
1.1	Generalità	
1.2	Riferimenti normativi	
1.3	Ambiti di studio	7
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE	8
2.1	Generalità	8
2.2	Definizione della pericolosità di base	10
2.3	Sismicità storica del comune	13
2.4	Sismicità minore e strumentale	16
2.5	La classificazione sismica del territorio comunale	17
2.6	I sistemi di faglie attive	18
	2.6.1 Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi	
	2.6.2 Pericolosità sismica locale	
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	28
3 .1	Inquadramento geologico-geomorfologico	_
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	34
4.1	Breve descrizione del metodo	
4.2	interpretazioni ed incertezze	
4.3	Esito Indagini geognostiche	36
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	37
5.1	Microzone sismiche del livello 1	38
6	LIVELLO 2	46
6.1	Metodologia di studio livello 2	46
6.2	elaborati cartografici	51
	6.2.1 Carta delle Indagini	51
	6.2.2 Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi	52
	6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica	54
	6.2.3.1 Valutazione degli effetti morfologici	56
	6.2.3.2 Valutazione degli effetti litologici	60
	6.2.3.3 Zona di fondovalle	66
	6.2.3.4 Instabilità di versante	67
	6.2.3.5 Liquefazione	74
	6.2.3.6 Densificazione terreni insaturi	77
	6.2.3.7 Comportamenti differenziali	78
7	PROPOSTA DI NORMA TECNICA	80
8	CONCLUSIONI	81
9	BIBLIOGRAFIA ALLEGATI	83 85
10	ALLEATATI	δO

1 INTRODUZIONE E GENERALITA'

L'ufficio tecnico del comune di Brenzone sul Garda (Verona), nella persona del responsabile di servizio edilizia privata e urbanistica, arch. Elena Patruno, mi ha affidato l'incarico per compiere lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 del territorio comunale ai fini dell'attuazione del Piano degli Interventi (P.I.). La determinazione n. 280 del 09-10-2017 di affidamento dell'incarico riporta come riferimento il C.I.G: ZE91FF021D.

Il comune di Brenzone è classificato sismico fin dal 1982; oggi ricade in zona sismica 2, a seguito della OPCM 3274/2003, entrata in vigore l'8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DCR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-alta. L'accelerazione di riferimento per il comune è ag = 0,161761 come riportato in all. 7 della OPCM 4007/2012.

Il comune di San Zeno di Montagna è già dotato di Microzonazione Sismica di Livello 1, redatta nel 2014 dal collega dott. geol. Enrico Nucci, seguendo i dettati, da un lato, della DGRV 1572/2013 e dall'altro le indicazioni delle Linee Guida Nazionali ICMS 2008 (vedi in seguito). Da notare che, in precedenza (dicembre 2013), il medesimo professionista aveva redatto uno studio di Microzonazione Sismica di livello 1 con riferimento alla DGRV 3308/2008.

La metodologia di Microzonazione Sismica, disciplinata a livello nazionale, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

1° LIVELLO (eseguito dal dott. Nucci nel 2013 e poi adeguato nel 2014 alle indicazioni della DGRV 1572/2013): si applica in sede di P.A.T., consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica ed identifica, nella carta MOPS, le parti del territorio comunale suscettibili di effetti locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno.

2° LIVELLO (oggetto di questo studio): ha come obiettivo la redazione della Microzonazione Sismica e si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuate nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio o incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del "centro abitato" così come previsti dalla normativa vigente.

3° LIVELLO: restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

La definizione della velocità sismica dei primi 30 m di sottosuolo e delle frequenze proprie di risonanza dei terreni, argomenti principali dello studio di Microzonazione Sismica (di seguito indicata come MS), sono la prima importante fase per lo studio di Microzonazione Sismica vero e proprio (cfr. Allegati A DGR 3308 del 4/11/2008 e DGR 1572 del 03/09/2013) come specificato negli indirizzi e criteri emanati a scala nazionale: Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (di seguito indicato con la sigla ICMS).

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica è rappresentato dagli ICMS approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome in accordo con la Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Dipartimento della Protezione Civile. Gli standard per la stesura della cartografia e la loro informatizzazione sono quelli indicati dalla commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) con le linee guida 2012 della Protezione Civile nazionale "standard di rappresentazione e archiviazione informatica" versione 4.0 ottobre 2015. A questo si aggiungono le "linee guida per gli studi di microzonazione sismica" pubblicati come allegato A alla DGRV 1572 del 03/09/2013.

La presente relazione illustra i dati riguardanti gli approfondimenti effettuati e fa riferimento alla cartografia allegata ma anche alla documentazione del livello 1; le varie cartografie riportano l'ubicazione delle indagini, l'individuazione delle microzone omogenee e le relative condizioni predisponenti l'amplificazione delle onde sismiche.

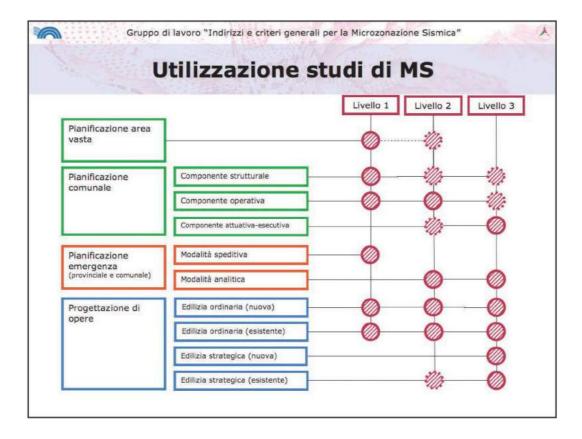
1.1 Generalità

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.

Nella sua interezza il documento nazionale ICMS intende costituire un elemento utile all'approfondimento della pericolosità sismica locale, necessario all'analisi del rischio sismico, applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione. Il documento individua e determina criteri, metodi e procedure per

l'esecuzione di azioni di microzonazione a diverse scale e con diversi livelli di approfondimento. La figura seguente rappresenta schematicamente tali livelli di utilizzo.



La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. In sostanza, lo studio di MS viene sintetizzato in una carta del territorio nella quale sono indicate le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono superiori a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.

1.2 Riferimenti normativi

Il lavoro è stato svolto in accordo con la D.G.R. 3308/2008 e la D.G.R.V. 1572/2013 per arrivare alle cartografie definite "livello 2" in quest'ultimo documento, avendo come base di partenza gli elaborati della relazione geologica di compatibilità sismica e relative cartografie del PAT, oltre allo studio di MS livello 1, tutti a cura del dott. geol. Enrico Nucci.

Altre norme considerate:

• 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";
- D.M. 11.03.1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni Istruzioni applicative";
- 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";
- D.C.R. n° 67 del 3 dicembre 2003 "Nuova classificazione sismica del territorio regionale".
- 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. 14.09.2005, "Norme tecniche per le costruzioni";
- 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";
- Legge n. 77 del 24 Giugno 2009, "Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico".
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. 14.01.2008, "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- 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".
- D.G.R. del Veneto n. 1572 del 03/09/2013 (BUR del 24/09/2013) allegato A: *Linee Guida Regionali per la Microzonazione Sismica*.
- DGR del Veneto n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B: Indagini di microzonazione sismica di cui all'art. 2, comma 1, lett. a) dell'OCDPC 171 del 19/06/2014.
- D.G.R. del Veneto n. 1664 del 21 ottobre 2016 "Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n.77.
 O.C.D.P.C. 293 del 26 ottobre 2015 (G.U. n. 257 del 4 novembre 2015). O.C.D.P.C. 344 del 09 maggio 2016. (L. 77/09, art. 11)"
- D.M.I.T. 17.01.2018, Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

1.3 Ambiti di studio

Nell'ambito della pianificazione territoriale del comune di Brenzone, all'interno del P.I., in funzione delle varie scale e dei vari livelli d'intervento, lo studio di MS è stato condotto su quelle aree per le quali le condizioni normative consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, o la loro potenziale trasformazione a tali fini. Sono stati privilegiati quindi gli ambiti di sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale segnalati dall'amministrazione comunale. Per completezza le indagini sono state estese anche a siti dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche ma puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico.

Il territorio comunale di Brenzone (circa 50,1 kmq), si estende tra i 65 m ed i 2100 m di quota s.l.m., dal livello di battigia del lago di Garda alla sommità di Punta Telegrafo, occupando la porzione centro- occidentale del Monte Baldo che si allunga da NordEst a SudOvest tra il bacino Benacense ad Ovest e la val d'Adige ad Est.

Il territorio ricade, prevalentemente, in un ambito di tipo montano che può essere suddiviso in

tre parti principali: il versante del Monte Baldo che impegna gran parte del territorio comunale, la conca di Prada di origine tettonica nella porzione centromeridionale e, infine, la fascia costiera in cui si concentra la quasi totalità delle attività antropiche.

La base conoscitiva di partenza per la predisposizione della rete di caratterizzazione sismica, individuata da una serie di stazioni di misura del parametro VS₃₀ e della frequenza propria dei terreni HVSR distribuiti sul territorio in relazione alla distribuzione dei principali corpi deposizionali è certamente la carta geolitologica del PAT, facilmente ricostruibile dalla cartografia tematica disponibile nella documentazione già citata.

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al Terremoti Parametrico Catalogo dei Italiani (CPTI), disponibile al sito http://emidius.mi.ingv..it/CPTI04/, frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR, della società SGA Storia Geofisica Ambiente (SGA) e del Servizio Sismico Nazionale (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze. Dalla prima formulazione del 1999 (CPTI99), ne è seguita una seconda nel 2004 (CPTI04), una terza nel 2008 (CPTI08) ed una quarta nel 2011 (CPTI11) che aggiornava quella precedente per gli anni dal 1901 al 2008. Gli ultimi aggiornamenti del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), sono sempre disponibile all'indirizzo: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

Per quanto riguarda le faglie capaci che interessano il territorio comunale si è invece fatto riferimento al catalogo ITHACA "ITaly HAzard from CApable faults", disponibile on-line all'indirizzo: http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci.

Alcuni aspetti sono stati definiti anche sulla scorta dell'osservazione delle immagini CGR del 1998-99, 2003 e 2007 nonché Telespazio 2007, DigitalGlobe 2011, TerraItaly 2012 e GoogleEarth 2010, 2014 e 2015.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE

2.1 Generalità

La pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 14/01/2008, è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e

profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, con riferimento a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali). La scala di studio è solitamente regionale e costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Questo presuppone un affinamento della pericolosità sismica di base attraverso studi appropriati sulla risposta sismica locale. La risposta sismica locale è la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

L'obiettivo del presente studio di Microzonazione Sismica è quello di costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità e di operare la previsione, su scala locale, della pericolosità sismica attesa e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito. La finalità è quindi quella di operare una suddivisione dettagliata del territorio comunale in sottozone a diversa pericolosità sismica locale, tenendo conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche, morfologiche e geofisiche locali. La MS, individuando microzone a comportamento sismico omogeneo, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi 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); lo studio in corso attiene a questo livello;
- 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 costituisce il livello 2, in quanto si occupa dell'acquisizione dei dati di base utili per individuare i valori numerici di amplificazione locale riferiti alle microzone (o porzioni di esse) già individuate al precedente livello 1. Inoltre definisce e dirime alcuni aspetti relativi alle zone suscettibili di amplificazione topografica e/o instabilità rimandando, per alcuni di questi, agli approfondimenti del livello 3.

2.2 Definizione della pericolosità di base

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 08/5/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DCR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. 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.

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

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 redigere il calcolo sismico delle costruzioni.

Quindi la OPCM 3519 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: 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" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) utilizzabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici. Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale.

In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- A_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F₀ = 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,

servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/08. I punti della griglia

sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: http://esse1.mi.ingv.it.

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

I valori dei parametri ag, Fo e Tc* 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 (Vs30 > 800m/s) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Sulla base di quanto detto sopra e utilizzando software specifici disponibili in rete (Spettri di risposta ver. 1.03 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5 oppure EdiLus-MS ACCA), il valore mediato del moto sismico, ricavato da Geostru



PS, rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono e riferito al Municipio in località Magugnano, via XX settembre 8, può essere descritto convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni (stratigrafiche e topografiche) che sono, per l'appunto, oggetto di studio del livello 2 della microzonazione sismica.

Nella tabella seguente sono riportati i dati deducibili 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.

	Coordinate ED50	Coordinate WGS 84
Latitudina a Langitudina sita	N 45.709418	N 45.708504
Latitudine e Longitudine sito	E 10.768085	E 10.767057
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Classe d'uso	II	
Fo	2,436	
Tc*	0,277	
Accelerazione orizzontale max al sito ag(g)	0,159	
Tipo terreno	В	

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.

Il valore di accelerazione orizzontale max al sito cresce leggermente spostandosi verso Sud per cui, per tener conto di ciò, viene arrotondato a ag(g) = 0,160 e questo valore sarà impiegato nel calcolo della instabilità potenziale sismoindotta e della suscettibilità alla liquefazione nella seconda parte della relazione.

2.3 Sismicità storica del comune

Per quanto riguarda i dati sismici storici di Brenzone è stato utilizzato sia il catalogo NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1996) e sia il Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04) e successivi aggiornamenti: entrambi non danno notizia di eventi particolarmente significativi nell'area in epoca storica. Per i valori di intensità risentita sono stati invece utilizzati i dati contenuti nel solo Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04, 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), disponibile nel suo ultimo aggiornamento al sito http://emidius.mi.ingv..it/DBMI15/. Secondo il database nel territorio in esame, preso in un intorno di raggio 10 km da Brenzone, non sono stati registrati eventi specifici con magnitudo superiore a 4.5 della scala Richter se non quello del 1932, oltre ad una serie di scuotimenti sismici di una certa entità (intensità registrata al sito Is ≥ 5) in occasione dei terremoti con epicentro in località vicine. La tabella seguente riporta, per ciascuna località il numero degli eventi noti e la distanza da Brenzone:

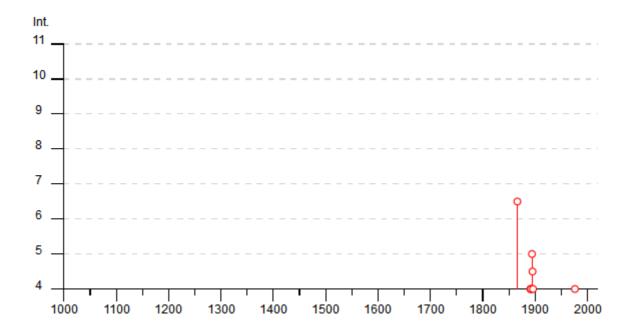
Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza	(km)
Castelletto di Brenzone	5		2
Assenza	3		3
Cassone	11		4
Santi Benigno e Caro	2		4
Tignale (Gardola)	6		5
Campione	1		6
Muslone	1		6
Pai	1		7
Madonna della Fontana	1		7
Cadignano	1		7
Tremosine (Pieve)	12		7
Malcesine	31		7
Ferrara di Monte Baldo	20		8
San Zeno di Montagna (Ca' Montagna)	4		8
Gargnano	24		8
Sermerio	1		8
Lumini	3		9
San Zeno	2		9
Bogliaco	2		9

I dati riassuntivi delle osservazioni in merito all'intera storia sismica per Brenzone sono riportati nella tabella e nel grafico sottostanti:

· ·		1	
Storia	cicmica	MI KI	enzone
Jiulia	31311116	ui Di	CHLOTTE

Effetti		In occasione del terremoto del			
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	₽ 1866 08 11 23	Monte Baldo	33	7	4.96
3	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4.96
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	₱ 1892 01 05	Garda occidentale	93	6-7	4.96
4	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
5	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
4-5	1895 10 12 02 45	Monte Baldo	3	5	4.16
4	1896 01 06 17 40 4	Monte Baldo	3	4	3.70
4	1976 12 13 05 24	Garda settentrionale	128	7	4.90
3-4	2001 07 17 15 06 1	Val Venosta	657	5-6	4.78



Gli eventi registrati non hanno provocato vittime ma solamente danni ai centri abitati della zona ed in particolare il più distruttivo è stato quello del 1866. Le località comunali che sono state interessate da scuotimenti sismici di una certa entità (intensità registrata al sito Is \geq 5) in occasione dei terremoti storici con epicentro Franciacorta (1894), Malcesine (1895) e Monte Baldo (1866, 1876, 1882) sono riportate nella tabella seguente.

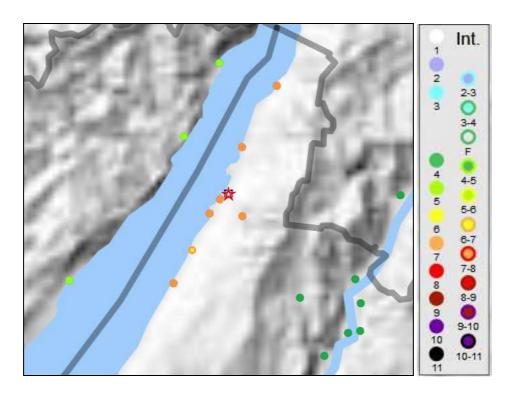
ANNO	DATA	LOCALITÀ EPICENTRALE	INTENSITÀ EPICENTRALE (lo)	MAGNITUDO MOMENTO (M W)	INTENSITÀ RISENTITA (Is)
1866	11/08	Mt. Baldo	7	5,17	6 a Brenzone (Magugnano - Marniga, Assenza e Castelletto di Brenzone)
1876	29/04	Mt. Baldo	7 - 8	4,89	7 ad Assenza
1882	18/09	Mt. Baldo	7	4,99	7 a Castelletto di Brenzone
1894	27/11	Franciacorta	6	5,07	5 a Brenzone (Magugnano - Marniga)
1895	12/10	Malcesine	6	4,30	5 a Brenzone (Magugnano - Marniga)

Per il terremoto del m Baldo del 1866 risultano le seguenti caratteristiche:

1866 agosto 11 23 Monte Baldo

EqID 18660811_2300_000

	Rif	Lat	Lon	Io	Mw ErMw	Profond.
★ CPTI15	CFTI4med	45.737	10.797 MM	7	4.96 ± 0.39 Mdm	
■ Macro	CFTI4med	45.737	10.797 bx0	7	4.96 ± 0.39 bxn	



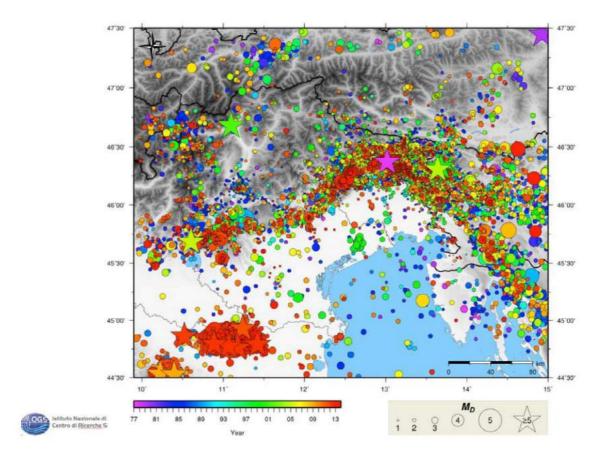
Nella relazione sismica del livello 1 del dott. Nucci sono riportati i dati sismici storici relativi anche ad altre frazioni (Assenza, Castelletto) del comune di Brenzone; inoltre vengono riportate, sinteticamente o in forma di riassunto, i resoconti e le notizie riferite da Agostino Goiran (archivio storico 1880 e 1891) oltre a quelle più recenti che documentano eventi sismici registrati strumentalmente nell'area del Lago di Garda orientale (Monte Baldo) ed in

particolare del territorio comunale di Brenzone o in territori confinanti. Le notizie elencate cronologicamente sono state scelte tra quelle più rappresentative dei fenomeni cosismici e le più significative per il territorio in esame.

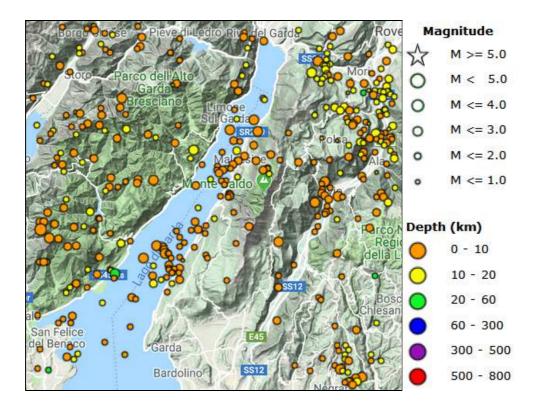
2.4 Sismicità minore e strumentale

L'analisi della sismicità minore del Veneto attraverso apparecchiature di rilevamento strumentale, è iniziata in seguito al terremoto del Friuli, nel 1976. Attualmente sono presenti 8 stazioni di misura che hanno misurato finora circa 1200 sismi con magnitudo compresa tra 2 e 3. Gli epicentri si sviluppano statisticamente ad una profondità compresa tra 7 e 15 km.

La figura seguente riporta la distribuzione di tutti i terremoti registrati dalla rete OGS nel Triveneto nel periodo del 1977 –2014. È lampante come essi si concentrino nella fascia prealpina compresa tra il lago di Garda ed il Friuli.



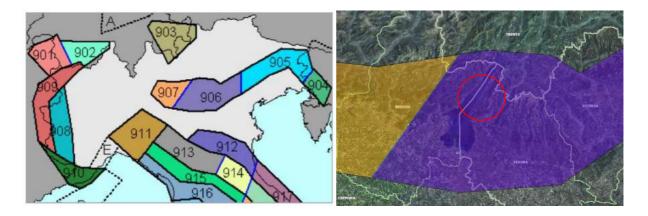
Nella immagine che segue, tratta da INGV, abbiamo i terremoti strumentali registrati entro una distanza di 20 km dal comune di Brenzone; si tratta di 331 eventi tra il gennaio 2000 e marzo 2018. È manifesto come la maggior parte dei fenomeni si attesti a profondità inferiore a 10 km e con magnitudo minori di 3.



2.5 La classificazione sismica del territorio comunale

Il comune di Brenzone è classificato sismico dal 1982; oggi ricade in zona sismica 2, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DCR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-alta. L'accelerazione di riferimento per il comune è ag= 0.161761 come riportato in all. 7 della OPCM 4007/2012.

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Brenzone si trova nella zona sismotettonica ZS906 (Garda – Veronese, vedi figura seguente), caratterizzato dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate.



Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in questa zona è di tipo faglia inversa, con "profondità efficace" (profondità alla quale avviene il maggior

numero di terremoti) ipocentrale media stimata di 8-12 km. La magnitudo massima attesa Mwmax per la ZS906 è di M=6.60 come risulta da ICMS (tabella seguente).

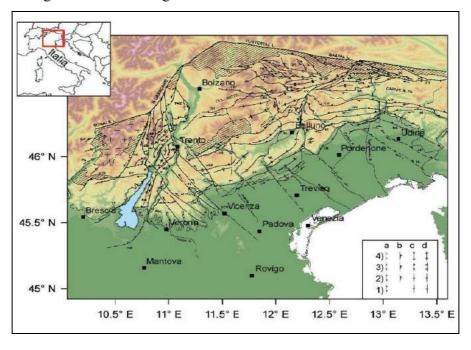
Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M _{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

2.6 I sistemi di faglie attive

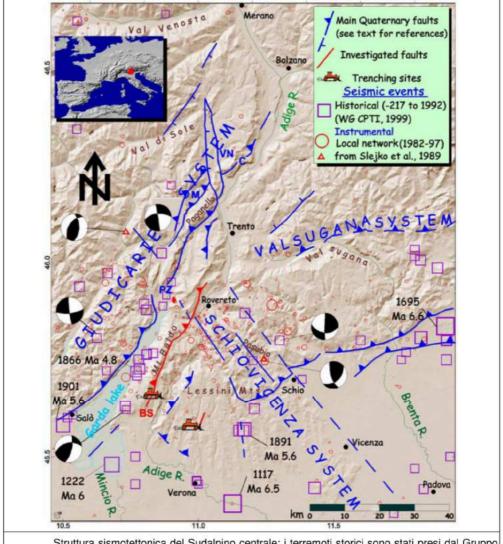
Negli anni '60 e '70 del XX secolo furono raccolti un gran numero di dati sull'attività Plio-Quaternaria delle faglie dell'Italia del NE, poi sintetizzati nella "Mappa Neotettonica dell'Italia" (CNR-PFG 1987). In questa furono mappati i maggiori sistemi di *thrust* sudvergenti che bordavano le pianure Padana e Veneta-Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie capaci).

La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Padana, Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella "Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como" (Castaldini & Panizza, 1991, figura seguente), che riporta 112 faglie attive nell'area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana.



Gli autori hanno mappato 4 principali strutture compressive dirette ENE-WSW: le linee Valsugana Sud, Bassano-Valdobbiadene, Aviano e Sacile, insieme con un gran numero di faglie minori.

Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato proposto da Galadini *et al.* (2001b) di cui si riporta uno stralcio nella figura seguente.



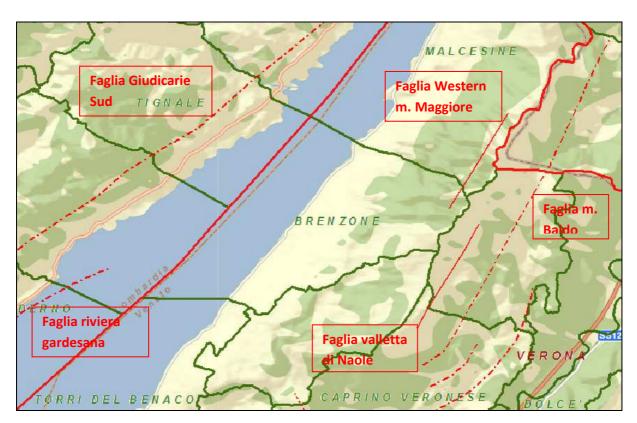
Struttura sismotettonica del Sudalpino centrale; i terremoti storici sono stati presi dal Gruppo di Lavoro CPTI99, mentre gli eventi sismici compresi tra il 1982 e il 1997 sono stati tratti dalla rete sismica della Provincia Autonoma di Trento. I meccanismi focali sono tratti dal lavoro di Slejko et alii (1989). C = faglia di Cortaccia; VN = strutture della Val di Non; M = thrust di Molveno; PZ = thrust della Paganella - Zambana; BS = thrust del Mt. Baldo - Mt. Stivo (da Galadini et alii, 2001b).

Il lavoro, che rileggeva criticamente la letteratura disponibile, riportava nuovi dati di campagna del settore W dell'area indagata. La mappa elaborata includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era consistente con terremoti di magnitudo M \geq 6,2. Le faglie mappate sono caratterizzate dall'evidenza di attività o dall'indicazione di probabile attività durante il tardo Pleistocene-Olocene (dopo l'ultima Massima Espansione

Glaciale, LGM). Il risultato di quest'operazione fu un inventario di 8 faglie (si tratta di strutture continue maggiori) che interessavano l'area tra Thiene ed il bordo orientale Friulano. Una successiva rivisitazione critica del lavoro ridusse ulteriormente il numero di faglie attive. Nella zona del lago di Garda abbiamo il sistema di sovrascorrimenti delle Giudicarie ed il sovrascorrimento del M. Baldo.

La presenza di faglie capaci (faglie che si sono "rotte" almeno una volta negli ultimi 40.000 anni, raggiungendo la superficie e producendo una rottura del terreno) nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci 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 . Il catalogo riporta tutte le informazioni disponibili sulle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

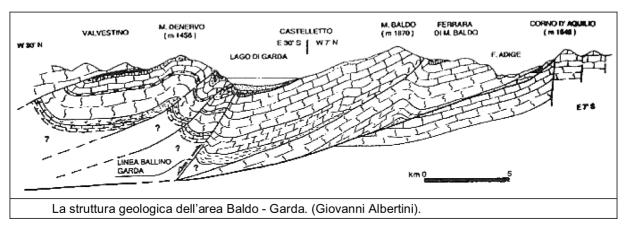
Di seguito lo stralcio cartografico, tratto dal webgis ISPRA, in cui si vede che il solo tratto di faglia capace che interessa il territorio di Brenzone è la faglia Western m. Maggiore (codice 81000) mentre la faglia della valletta di Naole si pone diverse centinaia di metri all'esterno del confine comunale, nella parte più alta del territorio. Anche la faglia riviera gardesana (codice 75900) si pone oltre un km all'esterno del confine comunale in mezzeria del lago.



La faglia Western m. Maggiore entra nel territorio comunale all'estremità orientale e si perde sui pendii sottostanti Punta Telegrafo; le principali caratteristiche di questa linea tettonica sono riportate nella tabella seguente.

FAULT NAME	Western Mt. Maggiore
FAULT CODE	81000
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Western Mt. Maggiore
RANK	
AVERAGE STRIKE	200
DIP	0
LENGTH (Km)	5
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Latest glacial (9,000÷15,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	30
MAX CREDIBLE SLIP (m)	15000
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	

Dai dati geologici disponibili la faglia Western m. Maggiore appartiene al sistema delle Giudicarie ed interessa i comuni di Brenzone e Malcesine in corrispondenza dei circhi glaciali alle quote più elevate della catena baldense. I blocchi tettonici ad andamento giudicariense si accavallano sul fronte di sovrascorrimento del m. Baldo, secondo la struttura geologica mostrata nella figura seguente.



Secondo vari studi di sismicità locale (Sauro & Meneghel, 1980) tale faglia sembra aver dato evidenze di attività durante l'ultima fase della glaciazione wurmiana, circa 9.000 ÷ 15.000 anni fa. Il quadro delle dinamiche recenti si complica ulteriormente in quanto eredita e

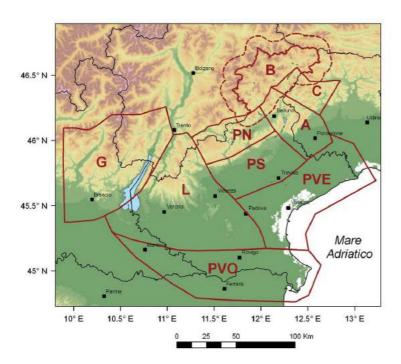
interferisce con preesistenti faglie mesozoiche e paleogeniche, riattivate con differenti cinematismi dalla tettonica neo-Alpina.

2.6.1 Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi

Per quanto riguarda la fascia Prealpina, l'elaborazione di un gran numero di dati ha permesso di segmentare il fronte della deformazione attuale in diverse strutture sismogenetiche individuali che possono essere potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo $M \geq 6$ (ricordiamo che l'energia rilasciata dipende dalla dimensione della sorgente).

Il riferimento più recente, del 2011, è contenuto nella pubblicazione Distretti sismici del Veneto (M. SUGAN e L. PERUZZA) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS).

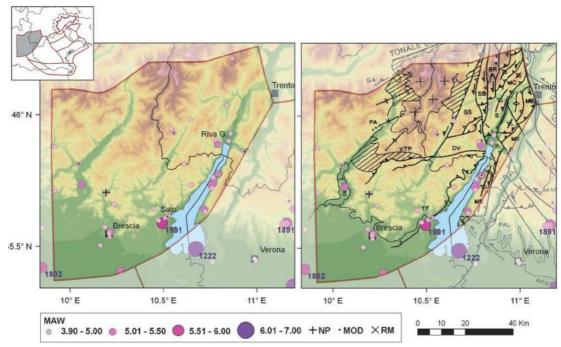
In questo lavoro il Veneto e la parte orientale della Lombardia sono divise in una serie di distretti sismici: l'area del Garda viene riconosciuta nel Distretto Giudicarie – G – (vedi figura seguente) con caratteristiche sismogenetiche particolari.



In tale lavoro, seguendo la suddivisione. suddetta le strutture tettoniche che più influenzano la zona in esame sono date da thrusts e faglie inverse nel settore posto a SE (Giudicarie meridionali, area del Lago di Garda), con prevalentemente strutture orientate NNE-SSO, trasversali rispetto alla direzione della Catena Sudalpina, con pieghe e sovrascorrimenti SE-vergenti

indicati in figura a pag 18 come: PAL (linea M. Pastello-Ala), MB (linea M. Baldo-M. Stivo-M. Bondone) e GS (Sistema delle Giudicarie).

Il territorio di Brenzone non è attraversato da lineamenti tettonici principali; all'interno dell'area di interesse coesistono altresì strutture minori alcune delle quali rivestono grande importanza per capire l'assetto strutturale a livello locale (vedi figura seguente):



La sismicità si concentra nella parte superficiale della crosta. I terremoti con magnitudo superiore a 3 (orientativamente corrispondente alla soglia di percezione) sono localizzati lungo la fascia esterna del sistema giudicariense, nella zona del Lago di Garda. In epoca strumentale il terremoto più forte in questo distretto si è verificato il 24 novembre 2004 vicino a Salò (I₀ =VII-VIII MCS, M_w=5,2), nella stessa area dove, in epoca storica, è stato localizzato il terremoto di Salò del 1901 (I₀ =VIII MCS, M_w =5,7). La sorgente del terremoto del 2004 stimata ad una profondità variabile tra 5 e 10 km, conferma il meccanismo di deformazione della catena sudalpina centro-orientale, con stile delle faglie sismogeniche del sistema giudicariense. La direzione di massimo sforzo compressivo per il settore Giudicarie è SE-NO, circa perpendicolare al fronte di sovrascorrimento delle Giudicarie e compatibile con la direzione di massimo raccorciamento crostale.

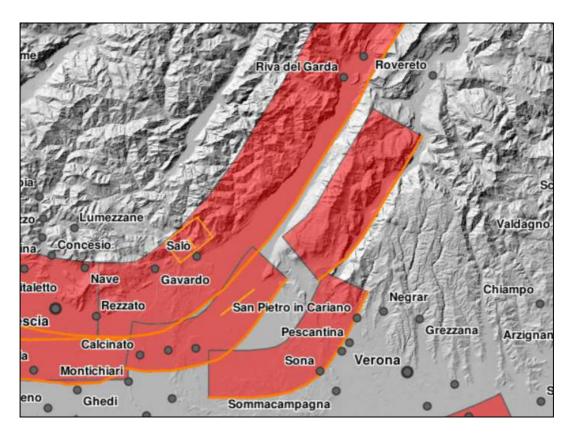
La delimitazione orientale del distretto Giudicarie adottata in questo lavoro non comprende, se non molto parzialmente nella porzione orientale, al confine con il distretto dei Lessini-Schio, la sorgente composita denominata Monte Baldo (ITCS073), che rappresenta invece per altri autori il fronte più esterno di sovrascorrimenti del sistema delle Giudicarie meridionali.

Una diversa prospettiva, complementare, è quella proposta dal DISS Working Group (2015) Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Versione 3.2.0, da cui è possibile ricavare una compilazione di potenziali sorgenti sismiche di magnitudo maggiore di M = 5.5 in Italia (http://diss.rm.ingv.it/diss/, © INGV 2015).

La mappa del DISS mostra tre tipologie di sorgenti sismogenetiche.

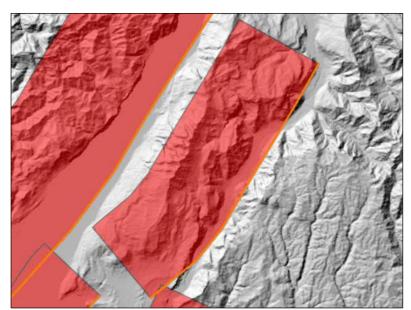
- Sorgenti individuali (IS), per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.
- Sorgenti composite (CS): sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate che non è ancora conosciuto singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.
- Sorgenti dibattute (DS): sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

Nella Figura seguente sono riportate le caratteristiche geometrico-cinematiche delle sorgenti sismogenetiche che interessano l'area benacense.



In questo distretto, DISS, identifica una sorgente composita principale denominata Giudicarie (ITCS048), che interessa il lago e tutto il settore occidentale verso Brescia. Essa, come le altre sorgenti composite verso Est e verso Ovest, rappresenta un segmento di sovrascorrimenti vergenti NW-SE, implicati nella sismogenesi degli eventi maggiori fino a profondità modeste (7-9 Km) e frammentati da elementi trasversali.

La mappa del DISS inserisce il Comune di Brenzone all'interno della sorgente composita



ITCS073 "Monte Baldo". Essa interessa l'intera struttura del monte Baldo a partire dalla costa orientale del lago di Garda e fino alla valle dell'Adige. Essa rappresenta il fronte più esterno del sistema di sovrascorrimenti Giudicariensi con vergenza verso SE.

La figura seguente, sempre tratta dal DISS, mostra il

possibile andamento in profondità della superficie di faglia localizzando anche, in corrispondenza della costa orientale del lago di Garda, le più probabili posizioni degli epicentri a profondità dell'ordine dei 6-7 km, a partire dagli ipocentri dei terremoti storici.

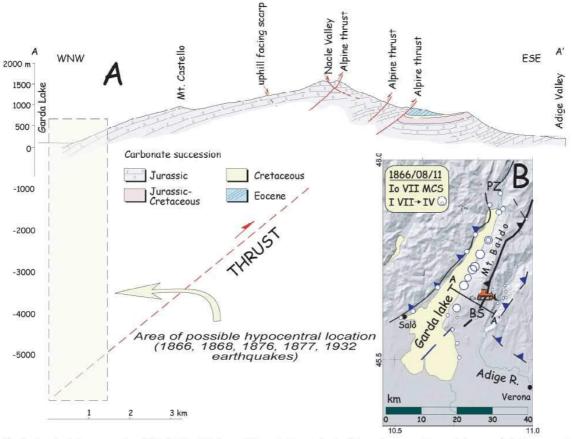


Fig. 3. a) geological cross-section of Mt. Baldo with the possible projection at depth of the main thrust plane and the area of the hypocentral locations of the 1866, 1868, 1879, 1877 and 1932 earthquakes and b) Intensity datapoints related to the 1866 earthquake (Ma=4.8, according to Working Group CPTI, 1999).

Le principali caratteristiche della struttura sismo genetica Monte Baldo sono riassunte nella tabella seguente:

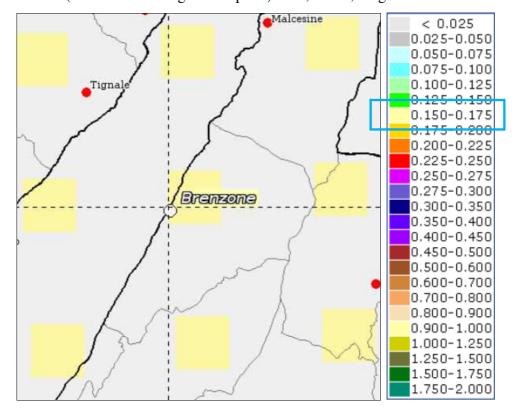
Minima profondità (km)	3
Massima profondità (km)	9
Direzione (°)	200 - 250
Inclinazione(°)	25 - 45
Rake (°)	70 - 100
Velocità di movimento (mm/anno)	0,1 - 0,5
Magnitudo massima	5,5

Per l'area di Brenzone, nelle elaborazioni che seguiranno si farà però riferimento alla magnitudo massima di Zona prevista dagli ICMS che prevede, per SZ906 il valore di 6,60 (vedi tabella a pag. 18).

2.6.2 Pericolosità sismica locale

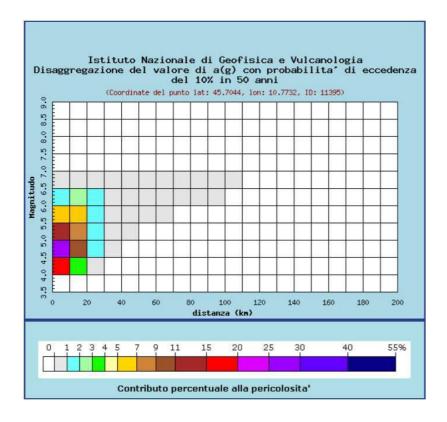
La distribuzione e caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute e descritte in precedenza è stata tradotta in una carta di pericolosità sismica, valida su tutto il territorio nazionale ed entrata in vigore con l'O.P.C.M. n°3519 del 28 Aprile 2006.

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Brenzone è compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) tra 0,150÷0,175g.



Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici, secondo il D.M. 14/01/2008, devono essere compresi entro questa fascia.

A partire dalla griglia dell'INGV è anche possibile eseguire il calcolo della disaggregazione della pericolosità: questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento. Le tabelle riportate sotto sono relative al punto della griglia denominato 11617 che è l'unico che ricade all'interno del territorio comunale; la disaggregazione è stata fatta anche per gli altri tre punti più vicini al contorno del comune ottenendo esiti del tutto simili.



	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.7044, lon: 10.7732, ID: 11395)									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	0.000	16.000	26.400	12.500	5.140	1.850	0.182	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.920	9.860	7.930	5.070	2.650	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.176	1.230	1.800	1.630	1.120	0.164	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.038	0.356	0.531	0.477	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.032	0.165	0.203	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.058	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.015	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.010	9.740	0.716

Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Per Brenzone: un evento di Magnitudo 5,01 ad una distanza di 9,74 km.

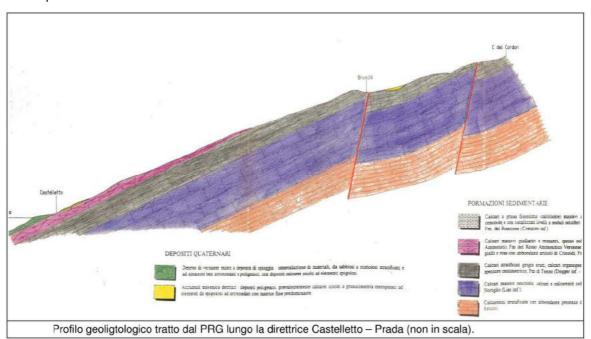
3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Per l'inquadramento geologico dell'area si fa riferimento alla sintesi riportata dal dott. Nucci nella relazione MS di livello 1, la quale a sua volta riprendeva una serie di pubblicazioni consultate, integrate con le considerazioni riportate nel P.A.T. comunale e con le osservazioni condotte durante i sopralluoghi eseguiti.

3.1 Inquadramento geologico-geomorfologico

Rispetto a quanto riportato nella relazione del dott. Nucci, la descrizione viene sintetizzata, in particolare per quanto riguarda la descrizione delle unità geolitologiche ed integrata con alcun aspetti paleogeografici e geomorfologici.

Dal punto di vista geologico – stratigrafico la serie affiorante tipica dell'area baldense è rappresentata dalle litologie appartenenti alla successione stratigrafica veneta, in alcuni tratti celate al di sotto della copertura quaternaria superficiale. Si tratta di una successione di formazioni rocciose, essenzialmente calcaree, risalenti ad un periodo di tempo che intercorre tra il Giurassico e l'Eocene Medio e si estende con le coperture sciolte sino all'Olocene.



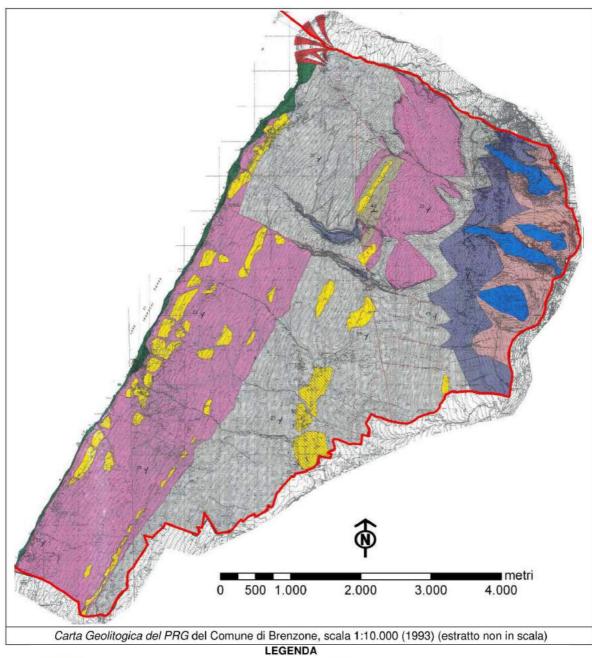
Dal punto di vista strutturale la compagine rocciosa presenta una stratificazione con inclinazioni immergenti verso il lago, direzioni di immersioni comprese tra ovest e nord-ovest ed inclinazioni comprese tra 20° e 30° nel settore centrale e sud del territorio comunale, e comprese tra 35-45° (puntualmente anche 60°) nel settore esteso tra nord ed est. I due ambiti sono separati da importanti discontinuità tettoniche rispettivamente disposte secondo direttrici NNE-SSW ed WNW-ESE. Il settore nord ed est risultano i più segmentati e scomposti da discontinuità tettoniche rispetto a quelli meridionale e centrale. La separazione tra i due ambiti si pone in corrispondenza di una discontinuità tettonica in valle del Trovai, all'altezza di Macugnano.

Nel corso del Pleistocene il basamento roccioso è stato eroso e modellato sia dall'azione glaciale sul fianco occidentale del Monte Baldo sia dalla dissoluzione carsica al di sopra del limite raggiunto dalla spalla del ghiacciaio benacense (cui corrisponde il terrazzo morfologico su cui si è sviluppato l'adiacente San Zeno di Montagna, all'incirca a 600 m di quota s.l.m.).

Il ghiacciaio ha lasciato sul basamento roccioso più o meno spesse coltri di depositi morenici, costituiti da ghiaia, ciottoli e blocchi inclusi in matrice limosa da compatta a mediocremente cementata. Sul versante a valle della spalla glaciale l'erosione post-glaciale ha smantellato buona parte dei depositi morenici riportando alla luce il basamento roccioso.

Il carsismo si è invece sviluppato sia alla superficie (mediamente fino ad un paio di metri sotto il piano di campagna, specie in corrispondenza ai calcari ben stratificati del Rosso Ammonitico) che in profondità entro i più massivi calcari oolitici di San Vigilio. I condotti carsici si sono approfonditi per parecchie centinaia di metri e fin sotto al livello del vicino Lago di Garda, come attestano le numerose sorgenti carsiche emergenti presso la linea di costa od anche al di sotto di questa. Il paesaggio morfologico derivante dal carsismo è dominato, specie nell'areale di affioramento dei calcari di San Vigilio, da numerose doline di varia estensione e profondità, originate dal crollo delle sottostanti cavità e più o meno colmate da terra rossa residuale.

Al carsismo va in parte correlata anche la Conca di Prada, posta a mezzacosta su un gradino morfologico che collega località Prada con Baito Scale nei pressi della Valle dei Trovai. Vista la presenza di depositi glaciali in quota e la presenza di una discontinuità tettonica, si tratta probabilmente di un ripiano strutturale modellato dall'intensa azione erosiva del ghiacciaio a cui si è sovrapposta l'attività di dissoluzione dei processi carsici.



Detrito di versante misto a depositi Fm. Biancone: calcari a grana finissima di spiaggia Fm. Rosso Ammonitico Veronese (alla Conoidi alluvionali base Fm. Oolite di San Vigilio) Fm. Tenno: calcari stratificati calcarei, Depositi derivanti dal glacialismo locale calcareo marnosi ed argillosi Accumuli morenici detritici con scarsa Fm. Calcari Grigi di Noriglio: calcari matrice fine massicci Accumuli morenici detritici Fm. Dolomia Principale matrice fine predominante Giacitura stratificazione Faglia: a) accertata; b) presunta

Litologia del substrato

FORMAZIONE DELLA DOLOMIA PRINCIPALE (Triassico superiore: Carnico superiore - Retico) La Dolomia Principale è costituita da micriti e calcareniti ben stratificate; l'aspetto è talora saccaroide ed il colore va dal giallo - rosa fino al grigio. Nell'area in esame compare esclusivamente alle quote più elevate (nucleo dell'anticlinale) e presenta uno spessore complessivo di circa 400 m. I principali affioramenti si trovano lungo il limite orientale del territorio in esame da poco sotto la località Buso delle Taccole fino a Sud-Ovest della località Bocchette di Col Santo.

GRUPPO DEI CALCARI GRIGI (GIURASSICO INFERIORE: HETTANGIANO - PLEINSBACHIANO) Si tratta principalmente di calcareniti, talora biocalcareniti grossolane o calcari massicci di mare basso, color nocciola, talora tendenti al grigio, molto ricchi di bioclasti e frammenti, ed intercalazioni oolitiche. Nel territorio comunale di Brenzone il Gruppo dei Calcari Grigi affiora per uno spessore di circa 350 m e gli affioramenti principali sono localizzati parallelamente alla linea di cresta a ridosso della Dolomia Principale. In particolare, tali litotipi affiorano al fondo della porzione topograficamente più elevata delle forre denominate Vallone di Boazzo e Vallone del Trovai.

FORMAZIONE DI TOFINO – EX. FORMAZIONE DI TENNO (GIURASSICO INFERIORE – MEDIO: TOARCIANO – BAJOCIANO) Formazione di mare relativamente profondo divisa in quattro membri (Membro del Torrente Duina, Membro di Val degli Inferni, Membro di Malga Tenera e Membro di Bocchetta Slavazi). La successione stratigrafica di tale formazione risulta costituita da calcari finissimi micritici, fortemente selciferi, disposti in alternanze ritmiche di lamine e straterelli da millimetrici a centimetrici. All'interno del territorio considerato affiora il Membro di Bocchetta Slavazi che include tutta la Formazione di Tenno (temine stratigrafico decaduto). Tale formazione costituisce gran parte del territorio tra cui le porzioni basse del versante tra Assenza e Magugnano mentre tra Magugnano e Salto coinvolge le porzioni alte del versante per effetto di una faglia trasversale con direttrice WNW-ESE e circa perpendicolare alla costa del lago che ha comportato la dislocazione delle unità e degli strati. Si tratta di una formazione spesso fittamente stratificata e caratterizzata da interposizioni tenere che la rendono particolarmente soggetta ad erosione selettiva. Inoltre si rinviene spesso intensamente fratturata.

FORMAZIONE DELL'OOLITE DI SAN VIGILIO (GIURASSICO INFERIORE – MEDIO TOARCIANO - AALENIANO INFERIORE): È una formazione costituita da bancate di calcari oolitici di colore bianco – grigio o rosa – giallastro. All'interno del territorio di Brenzone tale formazione si rinviene soprattutto nella porzione topograficamente più bassa, a ridosso dei fabbricati e della linea di costa. In particolare costituisce la prevalenza delle scarpate rocciose interessate dai fenomeni di crollo evidenziati dal P.A.I. del Fiume Po. La stratificazione è discontinua ed i giunti di strato hanno andamento irregolare con distanza media di circa 0.5 ÷1 m fino eccezionalmente a 2 ÷3 m. La potenza stimata è di circa 135 m.

ROSSO AMMONITICO VERONESE (GIURASSICO MEDIO – SUPERIORE: BAJOCIANO SUPERIORE – TITONIANO) È una formazione che presenta uno spessore massimo di 35 m ed è costituita da calcari nodulari

rosei o rossi ad Ammoniti. La grana è molto fine e gli strati presentano spessori variabili tra 0.5 e 2 m. Caratterizzata complessivamente da strati calcarei dalle buone caratteristiche di resistenza, il Rosso Ammonitico determina scarpate o gradini morfologicamente evidenti e sporgenti sui versanti. Tale formazione si rinviene nella porzione topograficamente alta del territorio comunale, al confine con quello di Malcesine ed in particolare lungo il Vajo della Scaletta.

MAIOLICA (GIURASSICO SUPERIORE P.P.- CRETACEO INFERIORE: TITONIANO - APTIANO INFERIORE) Un tempo denominata "Biancone", termine usato dai cavatori, la Maiolica testimonia un ambiente di mare profondo ed è costituita in prevalenza da calcari finissimi (micritici), biancastri, marroncini o grigi, con numerose intercalazioni di marne, argilliti scure e membri ricche in sostanza organica nella porzione superiore dell'unità e giunti stilolitici. La selce, di colore variabile dal rosato al grigio fino al nero, è presente in noduli, lenti e strati lungo tutto la sequenza dell'unità. Nel comune di Brenzone gli affioramenti di Maiolica sono molto limitati e localizzati in una fascia compresa tra la Valle Mezzana e la Valle delle Nogare. Dotata di caratteristiche geomeccaniche di grado nettamente inferiore rispetto alle formazioni geologiche sottostanti (Gruppo dei Calcari Grigi, Formazione dell'Oolite di San Vigilio e Formazione del Rosso Ammonitico Veronese), tale unità determina il formarsi di rotture di pendenza sui versanti, superfici topografiche dolci ed arrotondate.

Coperture sciolte

Il substrato roccioso è in più punti ricoperto da depositi incoerenti o pseudocoerenti che a tratti riducono parzialmente la pendenza del versante, rendendone più dolce il profilo. Si tratta di depositi appartenenti al sistema glaciale (morenico, fluvioglaciale) e postglaciale alpino (detritico, alluvionale) legati alle principali dinamiche esogene che hanno interessato il territorio baldense (azione dei ghiacciai, dei corsi d'acqua, processi gravitativi ecc.). I depositi presenti nelle aree oggetto di studio, seconda la recente metodologia (CARG) delle unità stratigrafiche possono essere suddivisi in due "Sintemi":

SINTEMA DEL GARDA (PLEISTOCENE SUPERIORE): Si tratta di sedimenti legati a cicli di deposizione di tipo glaciale (morenico) e fluvioglaciale, in genere caratterizzati da elementi calcarei spigolosi, granulometricamente eterogenei e poco alterati, misti ad elementi poligenici arrotondati, immersi caoticamente in una abbondante matrice sabbioso – limosa, talora argillosa. Localizzati in plaghe residue discontinue, secondo fasce altimetriche disposte su più quote dalla fascia costiera alle quote medie, gli affioramenti risultano distribuiti secondo fasce altimetriche allungate e parallele alla sponda lacustre disposte grossomodo a quota 600 m s.l.m., a quota 250 m. s.l.m. ed a quota 100 m s.l.m. Tali depositi si rinvengono spesso consolidati o molto addensati, localmente cementati.

SINTEMA POSTGLACIALE ALPINO (PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE):

In questa unità sono contenuti i depositi più recenti formatisi dopo il ritiro dei ghiacciai come conseguenza dei processi morfogenetici presenti nel territorio, in condizioni climatiche abbastanza simili a quelle attuali. Essa

comprende depositi di versante, di frana, sedimenti alluvionali e lacustri.

- Depositi gravitativi: è materiale prevalentemente detritico, proveniente dal disfacimento degli affioramenti rocciosi presenti nelle porzioni superiori del versante dove si frastaglia in creste e circhi all'interno dei quali si accumulano per gravità dopo essere stati generati dall'opera disgregatrice degli agenti esogeni. Nel territorio di Brenzone questi depositi sono abbastanza diffusi ma piuttosto puntuali e di piccole dimensioni. Si tratta in generale di zone di distacco ed accumulo attive, o quiescenti, in parte stabilizzate in quanto ricoperte a tratti da vegetazione arborea e arbustiva. Tra i fenomeni più significativi si hanno di fenomeni di crollo o scivolamento collocati a monte di Castello di Brenzone (frana di scorrimento) e lungo la Valle dei Trovai (frana di crollo).
- Depositi colluviali: sono depositi costituiti da elementi detritici calcarei sciolti provenienti dall'erosione dei versanti per opera delle acque di dilavamento o trasportati dai corsi d'acqua. In genere sono a granulometria relativamente fine, ghiaiosa – sabbiosa.
- Depositi di conoide: questi sedimenti sono costituiti da alluvioni recenti a prevalentemente ghiaioso sabbiosa, con occasionali ciottoli e trovanti di forma arrotondata. Tali accumuli si rinvengono per lo più con tessitura gradata e sciolta. Nell'ambito del territorio comunale di Brenzone si fa riferimento, in particolare, ai due coni alluvionali, in parte sovrapposti, estesi a ventaglio lungo la fascia costiera compresa tra le località di Pozzo, Sommavilla e Assenza, e formati dalla deposizione di materiale alimentata dai torrenti che percorrono la Val di Brigne e dalla Val Mezzana in prossimità del confine con il Comune di Malcesine. Tali conoidi, che si protendono per un certo tratto anche nel lago, presentano la classica morfologia a ventaglio regolare e superficie leggermente concava tipica dei conoidi alluvionali. Il dolce andamento topografico, nettamente in contrasto con il più comune versante acclive in roccia, ha favorito nel corso degli anni una loro intensa urbanizzazione.
- Depositi di spiaggia misti a detrito: sono depositi costituiti da alternanze di frammenti lapidei eterogenei con dimensioni massime decimetriche, talora arrotondati misti a ghiaie modellate dall'azione lacustre con sabbie e successivamente depositate al di sopra dell'attuale linea di spiaggia. Queste ultime vanno a costituire delle intercalazioni stratificate e gradate all'interno di depositi colluviali sciolti provenienti dall'erosione dei versanti e trasportati dai corsi d'acqua. Nel comune di Brenzone troviamo depositi di spiaggia misti a detrito lungo tutta la costa del lago per un massimo di circa 100 m dalla sponda in corrispondenza di Castelletto e di Borago. In questo ambito, che è in genere direttamente o indirettamente il più antropizzato, sono frequenti rimaneggiamenti e contaminazioni con riporto antropico eterogeneo di varia natura.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi geologico-geotecnici effettuati nel corso di numerosi anni e documentate nel PAT; sono state riprese le indagini sismiche eseguite per il Livello 1 di MS dal dott. Nucci. A queste si sono le indagini sismiche appositamente eseguite dal sottoscritto nel 2017. Nel complesso le indagini utilizzate sono:

Tipologia di prova	Quantità
Prove pregresse PAT	
Pozzetto o trincea	5
Pozzi per acqua	2
Sondaggi a carotaggio continuo	2
Penetrometriche pesanti	4
Penetrometriche medie	5
HVSR	1 (5)
Sismica a rifrazione	4
Prove Livello 1 – 2013-2014	
Sismica a rifrazione	5
ReMi	7
HVSR	3
Prove di nuova acquisizione 2017	
HVSR (TROMINO®)	14

Va detto che il PAT e il livello 1 riportano 5 prove HVSR in località Borago (documento P9-P11) rese però con una grafia di difficile riutilizzo per cui sono state "sintetizzate" come se si trattasse di un'unica indagine.

In allegato alla presente relazione sono riportate solo le schede descrittive delle indagini utilizzate dal sottoscritto (in neretto nella tabella precedente) per il presente studio di livello 2. Per quelle non allegate si rimanda allo studio di livello 1 ed agli allegati di tale documentazione.

4.1 Breve descrizione del metodo

La Tecnica di misure ed interpretazione HVSR (tramite TROMINO[®]) è una prospezione sismica che si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause naturali che antropiche. Con la tecnica a "Stazione Singola" viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios) (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le

modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (f_o) di questa vibrazione. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f, lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bedrock) e la velocità media (Vs) delle onde simiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Per la valutazione del periodo proprio di risonanza del sottosuolo è stata utilizzata la tecnica a stazione singola Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Kanai,1957; Igarashi 1970; Nakamura 1989) che permette di estrarre informazioni relative alla frequenza di vibrazione del suolo a partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito. La strumentazione utilizzata (Tromino) prevede una misura di rumore sismico della durata di 20 o 26 minuti per ogni punto di misura; essa è stata eseguita con una frequenza di campionamento a 128 Hz.

4.2 interpretazioni ed incertezze

Gli ambiti di indagine sono quelli a sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale: questi ambiti si distribuiscono in maniera abbastanza concentrata entro il territorio comunale con tutta una serie di borghi e nuclei abitati lungo il ripiano costiero, con la sola eccezione della conca di Prada. Le nuove indagini sono state indirizzate anche ad aree dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche ma puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico.

I dati di campagna HVSR sono stati elaborati con l'apposito software **Grilla**® (Micromed) determinando anche il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs ancorandone l'elaborazione o su riscontri geologici del sito oppure su altre indagini presenti in zona. In altre parole, la determinazione del profilo di rigidezza finale è il risultato di un compromesso tra informazioni a priori sul sito, metodo manuale e procedura automatica.

Le diverse tecniche di indagini geofisiche forniscono dettagli differenti rispetto ai risultati e pertanto, questi ultimi, devono essere adattati al relativo modello geologico. In particolare, attraverso il modello geologico del sito, si schematizza l'andamento del profilo di velocità delle Vs con la profondità, in ogni unità geologico-geofisica individuata. Se il modello permette di assegnare una profondità al substrato rigido vengono estrapolati i dati sperimentali fino a tale profondità; se, al contrario, il modello geologico non permette di assegnare una profondità al substrato rigido, in via cautelativa, vanno considerati solo i dati sperimentali, assegnando implicitamente il substrato rigido alla profondità di fine indagine.

Per le prove HVSR, al fine di consentire una rapida valutazione della bontà del dato, è stato utilizzato il metodo di controllo della qualità denominato SESAME. Per la completa affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri; in caso contrario la prova risulterà meno affidabile ed è cura dell'operatore scartala o mantenerla. Nel nostro caso alcune prove sono state completamente scartate e poi riacquisite in campagna in maniera che, per tutte le prove, i primi tre criteri SESAME fossero positivi. Del resto i risultati erano congruenti con le conoscenze pregresse del sito.

Gli altri sei criteri invece si riferiscono ad un segnale del picco massimo chiaro e pulito; in questo caso dovrebbero essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri; se così non è, significa che il segnale è sporco e possono esserci altri picchi o nessun picco.

4.3 Esito Indagini geognostiche

Per le prove HVSR eseguite per il presente livello 2 vengono riassunte nella seguente tabella alcune delle caratteristiche principali precisando che in questa sede si dà risalto alla Fo ed al relativo picco (compreso tra 0,1 e 20 Hz) e, se non coincidente, al picco con massima amplificazione fmax. Il primo troverà poi riscontro nella carta delle frequenze mentre il secondo (o anche altri picchi secondari) sarà impiegato per valutazioni di tipo stratigrafico (spessore delle coperture).

numero	località	indagine	Fo Hz	H/V	Fmax Hz	H/V
23	Via Are	BRZ-HV1	1,2	3		
24	Via Benaco	BRZ-HV2	17,4	10		
25	Via Ca Romana	BRZ-HV3	9,4	3,5		
26	Via Del loc	BRZ-HV4	5	2,7	25	2,8
27	Via degli Ivani	BRZ-HV5	5,5	3	36	3,3
28	Via del Dosso	BRZ-HV6	9,5	3	40	5,3
29	Via San Vito	BRZ-HV7	N.P.		32	2,1
30	Via Fasor	BRZ-HV8	1,1	2		
31	Via Pasola	BRZ-HV9	1,1	2		
32	Via Pion	BRZ-HV10	1	2		
33	Via Loc Pian	BRZ-HV11	6,6	3		
34	Via Salto	BRZ-HV12	1,25	2,4	45	6
35	Via Giardino	BRZ-HV13	5	2,6		
36	Via la Pianta	BRZ-HV14	3	2	41	6,6

La prova HV7 mostra picchi un po' confusi e quindi è stata utilizzata solo ai fini stratigrafici e non per definire la frequenza propria di sito.

A scanso di equivoci, si precisa ancora una volta che vi è una netta differenza tra "bedrock sismico" e "substrato geologico" (o semplicemente "bedrock"). Le definizioni riportate nel glossario "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" sono le seguenti:

Bedrock: Roccia compatta, rigida, non alterata, in affioramento o alla base di rocce / terreni rigidi o di sedimenti sciolti. Usato comunemente dai geologi per riferirsi a qualsiasi roccia / terreno diagenizzato / consolidato che non ha subito i processi meteorici di alterazione e degrado o deformazioni tettoniche pervasive.

Bedrock sismico: Sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio maggiore o uguale a 800 m/s.

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base di partenza di questo studio di Livello 2 sono state le cartografie della MS di Livello 1 che già suddividono il territorio in zone omogenee in prospettiva sismica impostando per ciascuna zona un modello geologico-stratigrafico di riferimento con i relativi valori delle Vs. Il criterio utilizzato per la carta della MOPS è stato prevalentemente basato sui dati geologici e geofisici specifici utili alla conoscenza dell'andamento delle velocità relative alle onde S (Vs) nei primi 30 m del sottosuolo.

L'intero territorio è stato considerato come stabile suscettibile di amplificazione sismica e, potenzialmente, risulta localmente instabile. Infatti, è stato verificato che il moto sismico è modificabile rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche locali.

Va detto che le nuove indagini acquisite hanno confermato tale quadro di riferimento per le varie zone indagate.

In merito alle instabilità, si osserva che il collega dott. Nucci ha "largheggiato" con l'attribuzione di instabilità, in particolare per due tipologie:

- Cedimenti differenziali: inseriti al contatto tra tutte le zone con materiali sciolti e quelle con roccia. Tale assunzione secondo il sottoscritto appare eccessivamente prudenziale in quanto, quasi sempre, il passaggio laterale tra coltre sciolta e roccia avviene in maniera progressiva e comunque mediato dallo spessore alterato e decompresso del substrato per il quale i valori di rigidità non sono molto diversi da quelli della coltre sciolta.
- Zona di attenzione per instabilità di versante non definita. Anche in questo caso l'attribuzione è stata estesa a gran parte del versante in cui affiora il Rosso

Ammonitico. L'autore, a pagina 48 della relazione MS1 riporta: "Le aree ad elevata fratturazione in roccia LPS ed ALS, derivanti da fenomeni di esarazione glaciale, detensionamento postglaciale e crioclastici e di prossimità a faglie o sistemi di faglie, sono state penalizzate non in termini di attenzione per dissesto ma di minor rigidità, in quanto le informazioni da cui originano sono allo stato attuale troppo generalizzate per una scelta in termini di pura instabilità."

La scelta del sottoscritto è stata invece quella di attribuire, anche ai settori di versante dichiarati con roccia affiorante, una copertura sciolta di un certo spessore, almeno un paio di metri. Dopodiché è stato applicato all'intero pendio la valutazione del potenziale di instabilità sismoindotta per i versanti in terra. Nel seguito si avrà modo di definire meglio questi aspetti.

5.1 Microzone sismiche del livello 1

La scelta delle varie microzone della MS Livello1 ha visto la suddivisione del territorio comunale in sette (più una) microzone. Esse sono rappresentate con riferimento agli standard grafici ICMS versione 3.0.

Nella microzonazione di livello 1 non è stato tenuto conto delle indicazioni della DGRV n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B, la quale ha come riferimento la OPCM n. 3907 del 13 novembre 2010 art. 5, che indica di escludere dalla microzonazione la parte di territorio comunale che ricade in rete Natura2000 ovvero il SIC IT3210004 "monte Luppia e punta San Vigilio" ed il SIC-ZPS IT3210039 "monte Baldo Ovest". Questo perché altrimenti sarebbe stata esclusa dalla microzonazione buona parte del territorio comunale.

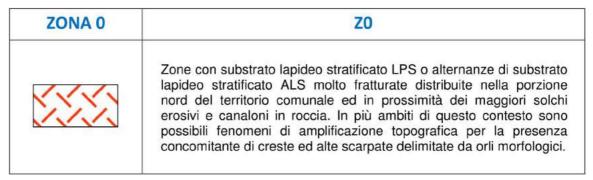
Sulla base delle nuove indagini geofisiche eseguite per il livello 2, considerando le particolarità geomorfologiche come una sorta di guida per l'interpretazione geologica-geofisica, si sono confermate le unità omogenee in prospettiva sismica coerenti con quanto riportato nel precedente livello 1, riportate nella carta MOPS (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica).

I modelli litostratigrafici sintetici sono ovviamente molto schematizzati e, soprattutto in profondità, in alcuni casi accomunano litologie diverse ma che dal punto di vista delle propagazione delle onde sismiche presentano caratteristiche analoghe.

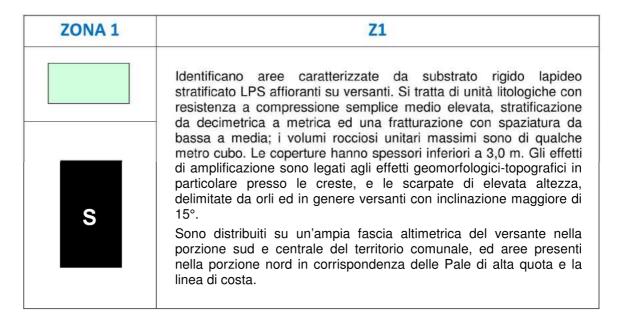
Pur avendo in molte parti del territorio comunale di Brenzone il substrato roccioso affiorante o subaffiorante, non si sono verificate le condizioni per ipotizzare la perimetrazione di "zone stabili" dove lo scuotimento sismico sia associabile solamente all'energia ed alla distanza

dall'evento. In altre parole: pur trattandosi di rocce che a livello di campione hanno un'elevata rigidità, a livello di ammasso roccioso presentano condizioni di fratturazione, alterazione e/o carsicità che si estendono ben oltre i 3-5 m di profondità previsti dal DM 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018 per definire i terreni di tipo A. Anche le misure geofisiche eseguite non danno mai valori di Vs superiori a 800 m/s entro i primi 3 metri dalla superficie.

Di seguito si riportano le schede sintetiche delle 7+1 microzone; la descrizione viene ampliata solo per le zone coinvolte dal presente livello 2.

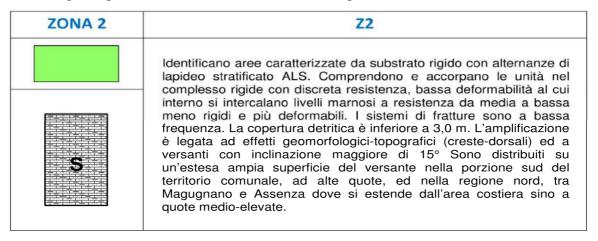


Impegna soprattutto il settore più elevato del territorio comunale ed i principali valloni a mezza costa del monte Baldo (valle il Torrente, Val Mezzana, Val delle Nogare e Val dei Trovai).



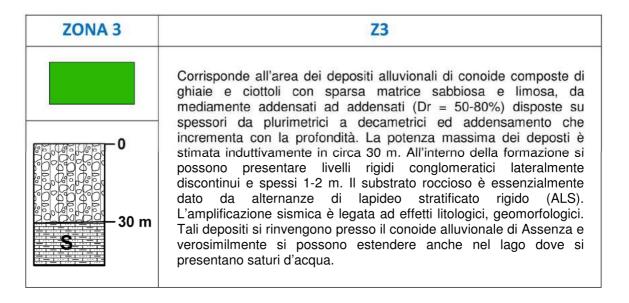
Interessa anche la fascia bassa del territorio comunale, in corrispondenza di parte dei centri abitati. Geologicamente si tratta di una coltre sciolta (detriti, colluvio) per spessori di pochi metri che si poggiano sulla parte decompressa e fratturata del substrato costituito da calcari stratificati. I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello di pochi metri con velocità

attorno a 200 m/s cui seguono alcuni metri di rocce fratturate con velocità dell'ordine dei 400-600 m/s ed infine, a partire in genere da una decina di metri di profondità si raggiungono valori di velocità dell'ordine degli 800 m/s o più. Pertanto la tipologia di terreno è ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero $N_{SPT}30 > 50$ nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

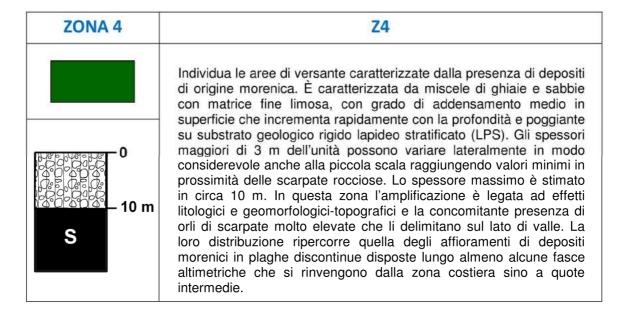


Nella fascia meridionale del territorio la troviamo solo in quota, oltre i 600 m s.l.m.; nella parte settentrionale arriva invece a quote più basse, fino a lambire i centri abitati di Zignago e Borago. La zona è caratterizzata da materiali colluviali in modesto spessore, dell'ordine di un paio di metri, che ricoprono il substrato formato da rocce tenere (formazione di Tenno) ma con un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello colluviale con velocità attorno a 200 m/s cui seguono calcari marnosi con valori di Vs compresi tra 550 m/s e 650 m/s fin quasi 30 m di profondità. Pertanto la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero $N_{SPT}30 > 50$ nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

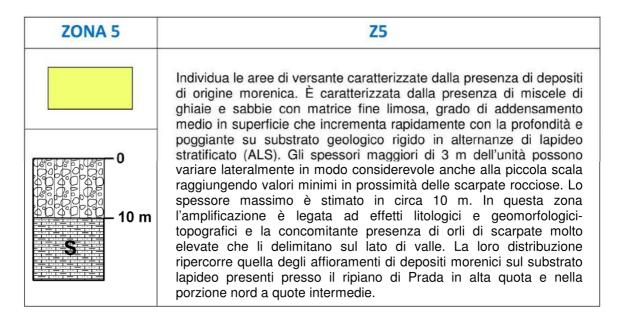


Riguarda il grande conoide alluvionale di Assenza-Sommavilla. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore di diversi metri, è formata da depositi torrentizi che ricoprono le formazioni calcaree già delineate per la zona 1 e 2. I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 300-350 m/s a cui segue la compagine prevalentemente ghiaiosa dei depositi alluvionali con valori di Vs compresi tra 400 m/s e 500 m/s fino a profondità superiori ai 25-30 m oltre la quale abbiamo il substrato con Vs maggiore di 800 m/s. La tipologia di suolo è quindi ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero $N_{SPT}30 > 50$ nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

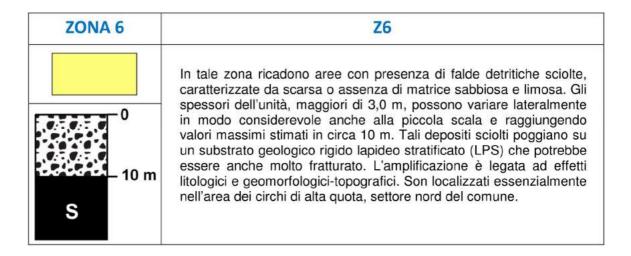


Si tratta delle varie fasce con lembi di depositi morenici o fluvioglaciali in corrispondenza

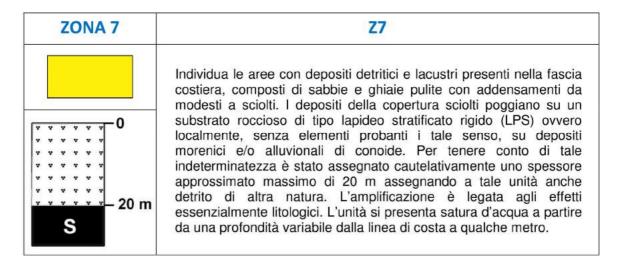
delle quali si collocano parte degli insediamenti urbani. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore alcuni metri, è formata da depositi morenici frammisti ad eluvio-colluviali che ricoprono le formazioni calcaree già delineate per la zona 1 e 2. I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 250-300 m/s fino a profondità variabili da 5 ad oltre 10 m a cui segue il substrato alterato con valori di Vs compresi tra 400 m/s e 500 m/s; oltre i 25 m abbiamo Vs maggiore di 800 m/s. La tipologia di suolo è quindi ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero $N_{SPT}30 > 50$ nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).



Riguarda la quasi totalità della conca di Prada. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore dell'ordine dei 10 m, è formata da depositi di vecchie morene misti ad eluvi in matrice limosa di origine carsica che poggiano sulla parte decompressa e fratturata del substrato della zona 1 e 2 già descritta. I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 200-300 m/s a cui segue il substrato alterato con valori di Vs attorno a 500-600 m/s. Lo strato più superficiale, con spessore inferiore o prossimo a 10 m, è ascrivibile alla categoria di suolo C (Vs compresa tra 180 m/s e 360 m/s ovvero N_{SPT}30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa e cu30 compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina) che si poggia direttamente sul substrato ma con Vs <800 m/s). Mediando i valori siamo anche in questo caso di fronte a terreni della categoria B.



Riguarda solo aree detritiche in alta quota.



Impegna tutta la fascia costiera del lungolago per ampiezze che vanno da poche decine ad un centinaio di metri. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore alcuni metri, è formata da depositi lacustri ghiaioso-sabbiosi che ricoprono le formazioni calcaree già delineate per la zona 1. I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 200-300 m/s a cui segue il substrato alterato con valori di Vs compresi tra 400 m/s e 500 m/s fino a profondità superiori ai 15 m oltre la quale abbiano Vs maggiore di 800 m/s. La tipologia di suolo è quindi ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero N_{SPT}30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

A questo punto va aggiunto che nello studio per il livello 1 non è stata proposta la carta della pericolosità sismica locale (carta facoltativa) ma gli elementi di riferimento dei vari scenari di pericolosità sono stati riportati direttamente nella carta delle MOPS.

In tale carta, tra gli <u>elementi tettonico strutturali</u>, sono state ripresi i principali elementi strutturali già presenti nel PAT integrati da ulteriori conoscenze geologiche non presenti in tale documento. Le principali forme strutturali, di superficie e sepolte sono:

- le scarpate di varia origine con altezza maggiore di 10 m e di 20 m. In molti casi si tratta di strutture morfologiche che non hanno alcuna interferenza con le aree insediate ma in alcuni casi i centri abitati si collocano in vicinanza al ciglio o al piede di scarpate di altezza significativa.
- Allo stesso modo le posizioni di cresta, di picco isolato o di dorsale sono da valutare quando il dislivello altimetrico minimo (h) è maggiore od uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) ed inclinazione dei versanti maggiore o uguale a 15°. Anche in questo caso si tratta di strutture morfologiche che non hanno alcuna interferenza con le aree insediate.
- Abbiamo poi come forme di superficie il conoide alluvionale di Assenza e le falde detritiche in alta quota.
- Infine alcuni settori del territorio comunale caratterizzati da calcari affioranti o sub affioranti sono segnalati come aree con cavità sepolte per la presenza di diffusi fenomeni carsici. Anche in questo caso si tratta di strutture morfologiche che non hanno alcuna interferenza con le aree insediate.

Passando poi alle <u>instabilità di versante</u> nella carta MOPS sono state riportate le medesime frane ed aree franose inserite nella "carta delle fragilità" del PAT e ricavate dal catalogo IFFI, dal PAI del fiume Po e da altre documentazioni d'archivio.

I due elementi più significativi sono le frane PAI di Marniga e di Salto: si tratta di due frane di crollo per le quali esiste già una perimetrazione con attribuzione del livello della pericolosità. Le piccole frane puntuali riportate nel PAT non sono state inserite ma sono ricomprese nella generica attribuzione di "instabilità di versante non definita" che è stata estesa a buona parte della microzona 1. Le due frane di Marniga e Salto e per la fascia sottostante alcune delle pareti segnalate, è stata inserita, con la grafia degli standard di rappresentazione 3.0, la zona di attenzione distinta in attiva, quiescente ed inattiva.

L'intera microzona 7 che corre lungo la costa è stata inserita nelle zone di attenzione di instabilità da liquefazione di Tipo 1. Si tratta di aree con sedimenti lacustri sabbiosi e ghiaiosi con falda a profondità inferiore a 15 m, magnitudo attesa di progetto al sito superiore a Mw = 5 e accelerazione massima in superficie (PGA) maggiore a 0,1g. La liquefazione in zone

costiere assume particolare rilevanza ai fini della stabilità per problemi di deformazioni laterali.

Ancora tra le Zone di attenzione troviamo i cedimenti differenziali e crolli cavità carsiche; questi elementi di potenziale instabilità, sono stati attribuiti alle "linee di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse" (contatto laterale tra copertura-detrito con variazioni laterale degli spessori anche significative ma difficilmente verificabili a questa scala di studio) alle quali possono essere associati fenomeni di cedimento differenziale Le fasce con cedimenti differenziali si estendono in aree con substrato aventi coperture di spessore inferiore a 3,0 m. La loro larghezza comprende una fascia interna di 10 m ed una esterna di 10 m rispetto al limite litologico, per un totale di 20 m di ampiezza. In tale aree son inclusi i settori di territorio che in caso di sisma possono essere sede di collasso di cavità sotterranee ovvero cedimenti improvvisi della superficie topografica.

Infine le <u>faglie attive e capaci</u> riportate nella carta MOPS del livello 1 prevedono solo la faglia Western monte Maggiore che però interessa il versante montano e non ha alcuna interferenza con le aree associate ad insediamenti urbani.

6 LIVELLO 2

Scopo del Livello 2 di approfondimento, secondo la DGRV 1572/2013, è di supplire le incertezze del Livello 1 con nuovi approfondimenti volti ad attribuire quantificazioni numeriche, tramite abachi e leggi empiriche a determinate aree soggette a modificazione locale del moto sismico in superficie e/o fenomeni di deformazione permanente.

Tale obiettivo si raggiunge prendendo in considerazione alcuni fattori di amplificazione e di instabilità e quantificandoli, per quanto possibile, in forma numerica stimando i fattori di amplificazione e i fattori di sicurezza.

In particolare, per gli scenari P3 e P4 (vedi in seguito) la quantificazione numerica degli effetti sarà rappresentata dai fattori amplificativi FA (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione) e FV (fattore di amplificazione a periodo proprio in termini di pseudo velocità), calcolati tramite procedura semplificata.

6.1 Metodologia di studio livello 2

Va ribadito che il livello 2 non ha interessato l'intera superficie del territorio comunale ma solo le parti associate a insediamenti urbanistici significativi. Sono state tralasciate le porzioni prettamente montane con l'esclusione del ripiano morfologico di Prada. Per le aree escluse l'interesse urbanistico è certamente marginale: si tratta di zone poco o nulla infrastrutturate e con al più qualche casa sparsa o piccoli nuclei abitati.

La microzonazione è stata localmente estesa, seppur marginalmente, anche all'interno delle aree Natura 2000, come del resto era stato fatto con il livello 1.

Sulla base di quanto detto, come specificato anche nell'All. A della DGR 1572 del 03/09/2013, la procedura di microzonazione sismica viene applicata ai vari scenari di pericolosità sismica locale:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI	
P1 a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi		
P1 b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	Instabilità per frana	
P1 c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	nana	

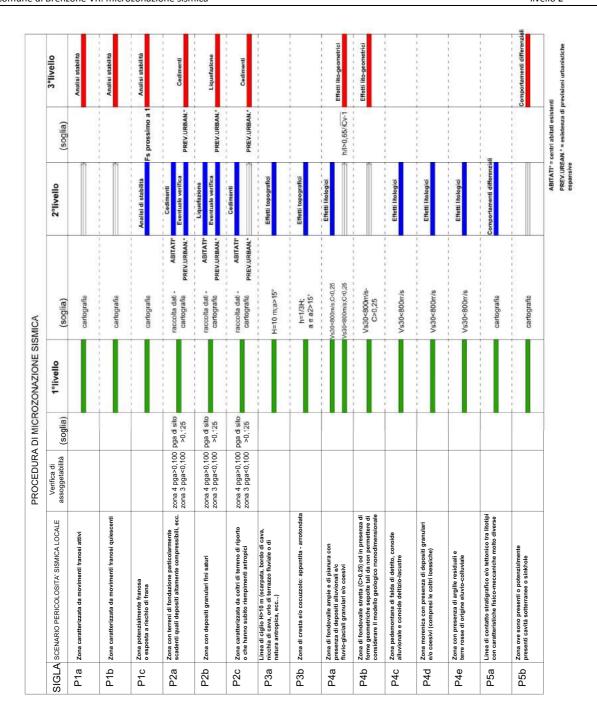
Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
P2 a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti	
	quali depositi altamente compressibili, ecc.	Instabilità per
P2 b	Zona con depositi granulari fini saturi	cedimenti e/o
P2 c	Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che	liquefazioni
	hanno subito riempimenti antropici	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Р3 а	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc)	Amplificazioni topografiche
P3 b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
P4 a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	
P4 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.	Amplificazioni
P4 c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	litologiche e geometriche
P4 d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess)	
P4 e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
P5 a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti
P5 b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	differenziali

L'applicazione avviene in maniera differenziale e conseguente secondo il seguente schema:



Sempre prendendo dal citato allegato A DGRV 1572/2013: "Il risultato fondamentale del 2° livello è la CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (scala di rappresentazione adeguata, es. 1:5.000), ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

La quantificazione numerica degli effetti sarà così rappresentata:

- per gli scenari P1c e P2 da differenti parametri quantitativi;
- per gli scenari P3 e P4 dai fattori di amplificazione FA e FV.

I valori dei fattori di amplificazione, ottenuti con la procedura semplificata di secondo livello per gli scenari P3 e P4, 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 pseudovelocità."

Seguendo quindi le indicazioni previste dall'allegato A della DGR 1572/13 (ma con anche il riferimento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" ICMS nazionali) sono state analizzate le condizioni specifiche del territorio comunale individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di livello 2.

In particolare, viste le condizioni oggettivamente peculiari del territorio comunale e considerando il nuovo Piano degli Interventi, è stata prevista una posticipazione alla fase progettuale di alcune analisi puntuali proprio per renderle più efficienti in base alla ubicazione dell'intervento, alla sua complessità e alla tipologia. Nella tabella seguente viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio comunale, inteso come urbanizzato/urbanizzabile, e le procedure applicate nel presente studio, per le porzioni di territorio zonate.

SIGL A	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio	Procedura utilizzata
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	SI	Per le frane di Marniga e Salto esiste già perimetrazione PAI con attribuzione dei livelli di pericolosità.
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	SI	Per le frane di Marniga e Salto esiste già perimetrazione PAI con attribuzione dei livelli di pericolosità.
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Analisi dello spostamento apparente in caso di pendii in terra (e della distanza di rotolamento massi in caso di pareti rocciose).
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NO	Le indagini disponibili, PAT e MS liv. 1, non hanno individuato zone significative per area urbanizzata.

P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	NO	Le indagini disponibili PAT e MS liv. 1, non hanno individuato zone significative per area urbanizzata.
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significati va	Le indagini disponibili PAT e MS liv. 1, non hanno individuato zone significative per area urbanizzata.
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc)	SI	Analizzate tutte le situazioni principali ma non è stato possibile valutare le amplificazioni sulla base degli abachi.
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	SI	L'esame dei dati disponibili hanno portato già nel livello 1 ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI	Già analizzate le situazioni principali nel Livello 1. Applicati metodi semplificati per valle larga.
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0.25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale	NO	L'esame della morfologia e dei dati disponibili sulla profondità del substrato hanno portato ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	SI	Analisi di livello 2 con i dati disponibili. Le amplificazioni stimate sulla base di apposito software. Per le aree di futura espansione demandato il livello 3 alla fase progettuale.
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	SI	Analisi di livello 2 con i dati disponibili. Le amplificazioni stimate sulla base di apposito software. Per le aree di futura espansione demandato il livello 3 alla fase progettuale.
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NO	L'esame dei dati disponibili hanno portato già nel livello 1 ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NON significati va	L'esame dei dati disponibili ha portato ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NON significati va	L'esame dei dati disponibili ha portato ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.

6.2 elaborati cartografici

Le attuali Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica riportate nella Deliberazione della Giunta Regionale N. 1572 del 03 settembre 2013 prevedono i contenuti degli studi di MS di livello 2 in termini di grafie e di elaborati da presentare, che sono:

- Carta delle Indagini: la localizzazione delle indagini per la predisposizione del secondo livello sarà riportata nella suddetta carta che andrà ad integrare la carta delle indagini già predisposta nel livello 1.
- Carta di Microzonazione Sismica: la carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nella fase di livello 1. La carta sarà costruita sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso degli abachi e sulla base dei valori numerici attribuiti con le metodologie semplificate prescritte; in tale carta saranno eventualmente segnalate anche le aree dove sono previste nuove indagini per la predisposizione del conseguente livello 3 di approfondimento.
- Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi: ricavata dalla precedente carta delle indagini riprendendo le sole indagini HVSR indicando in carta, per ciascun punto indagato, la frequenza del picco fondamentale f₀ (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura del rapporto H/V da specifico grafico.
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS: da redigere in caso di eventuali modifiche da apportare alla carta MOPS di livello 1.

Nel nostro caso la Carta MOPS del Livello 1 viene confermata.

6.2.1 Carta delle Indagini

La carta delle indagini del Livello 1 indica l'ubicazione delle stesse e la tipologia secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.0). Essa viene integrata con l'inserimento delle nuove indagini. Come detto in precedenza, le varie categorie di indagini sono tutte riportate nel database softMS nella specifica cartella "indagini". In allegato alla presente relazione si inserisce soltanto la documentazione relativa alle indagini, sia pregresse che eseguite per il livello 2, che sono state utilizzate per il calcolo delle amplificazioni stratigrafiche. Ovviamente anche delle indagini non inserite si è tenuto conto per la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo.

Va detto che il PAT e il livello 1 riportano 5 prove HV in località Borago (documento P9-P11) rese però con una grafia di difficile riutilizzo per cui sono state "sintetizzate" come se si trattasse di un'unica indagine.

Dall'esame della carta emerge chiaramente come la maggior parte delle indagini sia concentrata all'interno dei centri abitati o nelle aree più prossime a questi poiché la quasi totalità è finalizzata a scopi edificatori e sono quindi ricavate da documentazione progettuale per interventi edilizi archiviata presso il Comune. Le aree prettamente agricole o boscate sono quasi del tutto scoperte ma, in considerazione che la MS di livello 2 ha come obiettivo primario gli ambiti urbani, tale differenza può essere ammessa.

Nell'ambito delle indagini pregresse, pur a fronte di un discreto numero di indagini raccolte, appare evidente come la gran parte di esse corrispondano ad indagini che difficilmente possono raggiungere profondità significative dal punto di vista geofisico e di conseguenza, pur avendo un discreto significato dal punto di vista geotecnico, sono poco utili agli scopi tipici degli studi di Microzonazione Sismica.

6.2.2 Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi

A causa dell'elevata variabilità morfologica, geologica e litostratigrafica, nonostante una buona serie di misure di frequenza propria dei terreni, risulta difficile produrre una carta delle frequenze naturali con campiture di isofrequenza a fasce di livello.

Sarebbero necessarie infatti una notevole quantità di misure HVSR che, probabilmente, non avrebbero in ogni caso portato a dei risultati sufficienti a coprire tutto il territorio indagato con un notevole spreco di risorse.

Si ritiene quindi più utile/efficiente che le indagini HVSR siano effettuate direttamente sui singoli siti oggetto di indagine in sede di progettazione.

La carta delle frequenze naturali con indicazioni puntuali di frequenza e rapporto di amplificazione H/V è stata predisposta, con le HVSR disponibili, definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza ed indicando, per ciascun punto indagato la frequenza del picco fondamentale f₀ (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura H/V da specifico grafico.

In funzione di questi risultati dell'ampiezza H/V è possibile fornire indicazioni qualitative (e relative) sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili.

$F_0(Hz)$	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	< 5

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate, sperimentalmente, sarà poi possibile fornire una stima degli spessori h(m) responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati come riportati nella tabella a lato (da Albarello 2011).

Naturalmente non è detto che il picco con la massima amplificazione corrisponda alla

fo che, generalmente, viene considerata corrispondere al picco a frequenza più bassa.

A questo punto può essere inserita una considerazione in merito all'interazione terrenostrutture edilizie in occasione di un terremoto.

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 del terreno (wn). Quando si verifica tale condizione (w=wn) si ha la risonanza dello strato, ed 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.

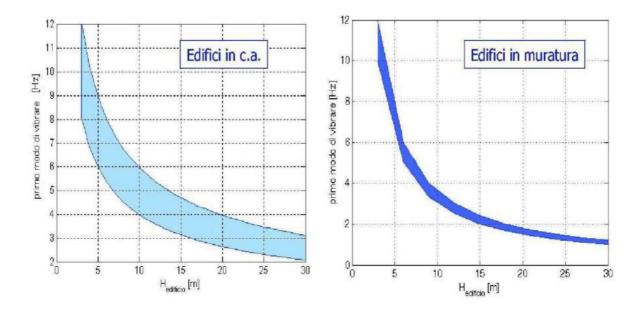
Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

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. Di seguito due grafici che consentono una stima di massima degli intervalli di frequenza che danno i maggiori effetti sui fabbricati in relazione al numero di piani.



6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica

La Carta di Microzonazione Sismica costituisce il documento fondamentale del livello 2 di approfondimento. Tale carta deve essere redatta ad una scala adeguata di rappresentazione (es.1:5.000). La carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nello studio di microzonazione di primo livello.

È opinione del sottoscritto che non abbia molto senso implementare ed attivare codici di calcolo particolarmente elaborati quando i dati di input, oltre che essere numericamente limitati, presentano ampia variabilità sia in termini di caratteristiche geotecniche/geofisiche che di successione stratigrafica. L'applicazione di abachi o procedure semplificate, scelte con oculatezza in riferimento al modello sismostratigrafico di zona e dopo aver escluso condizioni di particolare penalizzazione, costituisce ancora la strategia migliore, nel contempo cautelativa e realmente applicabile.

Per il caso presente è stato impiegato uno specifico software per la microzonazione sismica di livello 2 prodotto dalla Ditta ProgramGeo di Brescia: il programma SICodes v. 1.0.

La carta di MS e nella relativa legenda esplicativa, come riportato nella DGRV 1572/2013, sono contemplate due tipologie di zone:

- a) **Zone stabili suscettibili di amplificazione** (colore da giallo a rosso) nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Le zone di questa categoria saranno caratterizzate numericamente dai valori di FA e FV dedotti dagli abachi e dalle tabelle.
- b) **Zone suscettibili di instabilità** (colore verde) nelle quali gli effetti sismici attesi sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. Le zone identificano delle categorie di effetti deformativi:
 - Le eventuali instabilità di versanti in terra saranno contrassegnate dalla sigla FRR e da un retino in base alle classi di massimo spostamento atteso (cm) individuate. Le instabilità di versante in roccia saranno contrassegnate dalla sigla FRR e da un retino in base alle classi di massima distanza di arrivo dei blocchi (m) individuate.
 - Liquefazione. Queste aree saranno contraddistinte dalla sigla LQ e da un retino in base alle classi di potenziale di liquefazione individuate.
 - Densificazione di terreni insaturi. Queste aree saranno contraddistinte dalla sigla DE e da un numero progressivo da 1 a n in base alle classi di cedimento individuate.

	ZONE ST	ABILI - Identif	icazione della zona con c	colore blu
	FA	FV	Informazioni sull	e zone stabili
			Si ricorda che zoi	ne con substrato geologico con $J_{ m e}$ > 10-15 o con $V_{ m e}$ <
	1	1.	800 m/s potrebbe	ero non essere classificate come zone stabili
ZONE STABILI SUSCE	TTIBILI DI AMPL	IFICAZIONI LO	CALI - Identificazione de	ella zona con colore dal giallo al rosso
	FA	FV	Informazioni sull	e zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
7				
		-		
	-			
ZONE SUSCETTIBUL DI INSTABILITÀ	A Identificano	na dalla vona	ton colore verde, sigla de	ell'instabilità e numerazione progressiva da 1 a n
ZONE SOSCETTIBLE DI INSTABLETA	Parametri		on colore verde, sigla de	Informazioni sulle zone suscettibili di instabilità
	100000000000000			morniazioni satte zone sastettisti ai madonia
		Terreni(T): max spostamento (cm)		
Instabilità di versante (FRT, FRR,)	Roccia(RI: max distanza blocchi (m)		ecchi (m)	
	$Es.FRT_{\tau} = 20$	Es.FRT ₁ = 20 cm		
	W1	1000 page and a second		
	Es. FRR _n = 1	in Ha		
ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ	A - Identificazio	ne della zona e	con colore verde, sigla de	ell'instabilità e numerazione progressiva da 1 a n
	Potenziale d	li liquefazione	LI	
Liquefazione (LI _p)	Es. LI,= 7	Es. LI,= 7		
	****	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)		
	Es. LI _a = 18			
Cedimenti differenziali (CD ₂)	(nessuno)			
Faglie attive e capaci (FA_)	(nessuno)			
Sovrapposizione di zone suscettibii di instabilità a zone stabili suscettibii di amplificazioni locali	ti la zona suse	ettibile di ins		di amplificazione locale (da giallo a rosso), mentri tratteggio sovrapposto verde obliquo, da sinistra a mero progressivo

Nel caso di sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità e zone stabili suscettibili di amplificazione, il colore di fondo indicherà la zona stabile suscettibile di amplificazione locale, mentre la zona suscettibile di instabilità sarà rappresentata dal retino sovrapposto.

Queste indicazioni sono poi state parzialmente modificate con la pubblicazione degli standard di rappresentazione 4.0 delle linee guida nazionali.

Va infine precisato che, seguendo le indicazioni delle linee guida nazionali, sono stati fatti i vari arrotondamenti e suddivisioni in classi dei parametri FA (e FV) seguendo le seguenti modalità:

```
classe uguale a 1.0: sono comprese tutte le zone con amplificazioni fino a 1,04. classe 1,1-1,2 sono compresi valori di amplificazione da 1,05 a 1,24, classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione da 1,25 a 1,44 classe .......
```

e così via.

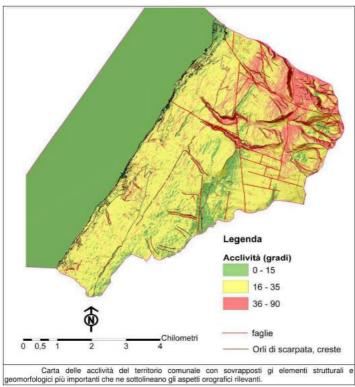
Ovviamente, per la progettazione di opere importanti si dovranno eseguire indagini specifiche, come del resto previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018) e in tale occasione potrà essere applicata al sito la valutazione della risposta sismica locale RSL.

6.2.3.1 Valutazione degli effetti morfologici

Il territorio comunale di Brenzone è caratterizzato dalla presenza di numerose variazioni morfologiche dettate dalla presenza di orizzonti litologici con giacitura prevalentemente monoclinale, a diverso grado di resistenza, oppure ereditati dalla passata azione esarativa del ghiacciaio benacense che, grazie alla loro tenacità, possono rappresentare delle condizioni litologiche e stratigrafiche tali da generare scarpate, in alcuni casi anche acclivi, e dorsali o creste più o meno arrotondate.

Il software SICodes v. 1.0 consente anche di valutare, oltre all'amplificazione stratigrafica e con le modalità semplificate di ICMS, il fattore di amplificazione topografico FA applicabile a scarpate o creste in roccia con inclinazione del pendio maggiore o uguale a 10° e altezza maggiore o uguale a 10 m. FA va inteso come fattore di amplificazione spettrale nell'intervallo 0.1-0.5 s. Si ricorda che, ai sensi del D.M. 14/01/2008 confermato dal D.M. 17/01/2018, il valore di 15° (circa 27%) costituisce la soglia al di sotto della quale non vi è

amplificazione di tipo morfologico, ovviamente per superfici topografiche sufficientemente estese.



A lato si riporta uno stralcio ripreso dalla Carta delle acclività del PAT in cui sono riportate le aree con pendenza superiore a 15° (circa 27%) e superiore a 35° (circa 70%). Si nota come la gran parte del territorio si attesti nella classe tra 15° e 35°, che corrisponde alla giacitura del substrato litoide che, come già ricordato, ha andamento monoclinale con inclinazione media di circa 20-25° nella parte inferiore del versante del m. Baldo. Le fasce con pendenza minore coincidono

con quelle impegnate dagli insediamenti urbani: il settore lungolago con il conoide di Assenza e poi la conca di Prada.

Nella tavola delle pendenze, riportata in allegato alla presente relazione, la parte studiata del territorio comunale è stata suddivisa in tre fasce di inclinazione, rispettivamente inferiori a 15°, superiori a 30° e compresa tra tali valori.

Per gli interventi che ricadono entro le fasce con inclinazione superiore a 15°, oltre al fattore di amplificazione stratigrafico dovrà essere applicato anche il fattore di amplificazione topografico St del D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018. Naturalmente la condizione di inclinazione superiore al valore-soglia deve estendersi per almeno un centinaio di metri rispetto al sito di applicazione del calcolo: in altre parole non si applica per i pendii di limitata estensione, dell'ordine delle decine di metri.

Nel software SICodes v. 1.0 è stato inserito il profilo topografico ricavato da CTR per una lunghezza di circa 300-350 m con il punto da valutare posto in posizione intermedia. Il programma restituisce il valore di St (amplificazione topografica). Dopodiché il fattore St è

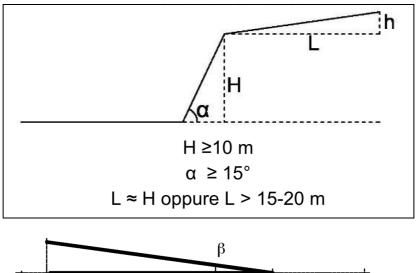
stato moltiplicato per FA al fine di ottenere l'amplificazione di sito per il breve periodo (0.1-0.5 s).

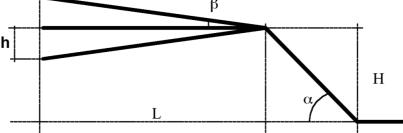
Aldilà del metodo utilizzato dal sottoscritto attraverso il software SICodes, sia la DGRV 1572/2013 che gli ICMS riportano degli abachi semplificati per la valutazione degli effetti morfologici che vengono di seguito illustrati.

I limiti di questa valutazione risentono della precisione della cartografia; per eventuali approfondimenti ed affinamenti dei fattori di amplificazione specifici per ogni sito, si dovranno effettuare rilievi topografici in grado di meglio definire la geometria ed i limiti delle scarpate e dei relativi cigli piuttosto che delle creste e dei cocuzzoli.

6.2.3.1.1 Zona di scarpata

Le zone di scarpata che possono essere suscettibili di amplificazioni morfologiche devono possedere dei parametri che superino specifici limiti dimensionali esplicitati in modo semplificato dalla seguente figura tratta dall'Allegato A) della DGR 1572/2013 e da ICMS.





In pratica l'altezza deve essere maggiore di 10 metri e contemporaneamente l'angolo del pendio deve superare i 15°, inoltre il fronte superiore deve essere pari almeno all'altezza della scarpata o comunque non inferiore ai 15-20 metri. Per essere considerate scarpate inoltre

bisogna che l'angolo di pendio sia almeno 5 volte l'inclinazione della superficie superiore (β inferiore o uguale ad un quinto di α) e h minore ad un terzo di H;

Fattore di amplificazione per effetto morfologico				
Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Fa 0.1-0.5	Area di influenza	
10 m < H < 20 m 15° < α < 90°		1.1	Ai = H	
20 m < H < 40 m	15° < α < 90°	1.2	Ai = 3/4 H	
	15° < α < 20°	1.1		
	20° < α < 40°	1.2		
H > 40 m	40° < α < 60°	1.3	Ai = 2/3 H	
	60° < α < 70°	1.2		
	α > 70°	1.1		

I fattori di amplificazione legati alle caratteristiche geometriche delle scarpate sono riassunte nella tabella a lato.

L'abaco delle scarpate fornisce per ciascuna classe altimetrica (H) e classe di inclinazione (α) il valore di FA per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s e il valore della relativa area di influenza (Ai). Il valore di FA determinato è assegnato al ciglio del fronte superiore, mentre

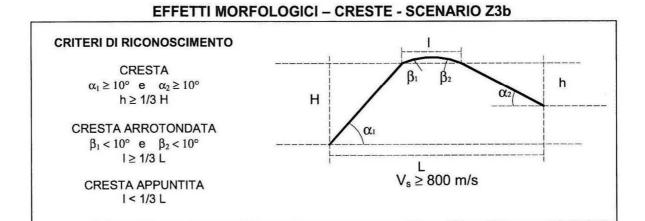
all'interno della relativa area di influenza, il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario. Operativamente: se il valore al ciglio scarpata è 1,2, al piede del pendio sarà 1,0; divido il versante, dal ciglio al piede, in due fasce di pari larghezza attribuendo 1,2 a quella superiore e 1,1 a quella inferiore; stessa cosa all'interno dell'area di influenza a monte. Ovviamente se il valore in cresta è 1,1 esso si estenderà sull'intera area di influenza a monte e fino al piede della scarpata.

Lungo la scarpata principale è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario alla base del fronte stesso.

Nei casi di scarpate in roccia (con Vs>800 m/s) il valore del fattore di amplificazione è sufficientemente rappresentato dal valore di FA per effetti morfologici.

6.2.3.1.2 Zona di cresta e/o cocuzzolo

Anche la morfologia di cresta o cocuzzolo può costituire causa di amplificazione locale delle omde sismiche. Lungo il profilo topografico vanno applicati i limiti geometrici indicati nella figura seguente dove sono riportati i parametri necessari a classificare la cresta o dorsale e poi a distinguere tra la condizione "appuntita" e "arrotondata". Sono inoltre riportate le modalità di calcolo del fattore di amplificazione FA.



	L>350	250 < L<350	150 < L <250	L< 150
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			

Anche in questo caso l'applicazione degli abachi di cresta richiede (vedi figura precedente) che la Vs dei terreni presenti sia superiore a 800 m/s e quindi che la morfologia sia in roccia. In realtà, in molti casi del territorio di Brenzone, il profilo si colloca su coltre di terreni sciolti e decompressi, con spessore attorno a 3 m, sopra ad un substrato geologico/sismico che ha valori di velocità, almeno per la prima decina di metri, attorno a 600 m/s tipici del Rosso Ammonitico o della Formazione di Tenno.

6.2.3.2 Valutazione degli effetti litologici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente indica che per la microzonazione di livello 2, si possa far ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non sono disponibili abachi specifici per la Regione Veneto per cui, come indicato nella DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si possono utilizzare quelli inseriti nel Volume "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica " della Protezione Civile Nazionale. Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica FA ed FV così definiti

- FA: fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione);
- FV: fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Gli abachi assumono l'ipotesi che il sottosuolo sia assimilabile ad una successione di strati approssimativamente piano paralleli, con modeste irregolarità morfologiche. Per tali condizioni sono ipotizzabili differenti procedure da adottare da parte della regione, conformemente al proprio contesto normativo, a partire dal confronto fra l'azione sismica dedotta dagli abachi con quella che si ottiene utilizzando la categoria di sottosuolo e lo spettro per essa previsto dalla norma.

La particolare morfologia della fascia costiera, caratterizzata da un substrato roccioso con giacitura monoclinale ricoperto da depositi sciolti di vario spessore ha messo in dubbio la possibilità di applicazione diretta degli abachi allegati agli ICMS. In particolare il paragrafo 2.5.2 limiti di utilizzo degli abachi, recita: "È raccomandato l'utilizzo degli abachi per un assetto geologico e geotecnico assimilabile a un modello fisico monodimensionale, cioè a n strati piani, orizzontali, paralleli, continui, di estensione infinita, omogenei a comportamento viscoelastico.".

Per la mancanza di orizzontalità si è quindi deciso di ricorrere ad uno specifico software per la microzonazione sismica di livello 2 prodotto dalla Ditta ProgramGeo di Brescia: il programma SICodes v. 1.0. Il software produce la zonazione del rischio sismico attraverso una modellazione monomensionale secondo le normative sismiche nazionali e regionali (NTC, ICMS, legge Regione Emilia Romagna e legge Regione Lombardia) partendo dalla localizzazione del punto (e quindi l'inserimento nella griglia per la determinazione dell'accelerazione di base PGA) e passando poi al profilo verticale delle Vs nel terreno di copertura, identificando come bedrock il primo livello stratigrafico caratterizzato da una velocità delle onde S maggiore o uguale a 800 m/s da cui viene ricavata la velocità media dei terreni di copertura, stimata con la seguente relazione:

$$\overline{V_{sH}} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Va poi a calcolare i valori di FA e FV rispetto al bedrock con modellazione simile a quella adottata dagli abachi ICMS ovvero assumendo una granulometria prevalente per la coltre sciolta e un andamento della variazione di rigidità verticale del profilo sismostratigrafico compreso tra velocità (V_{SH}) costante lungo tutto lo spessore del deposito e velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo; situazione interposta tra le precedenti è quella con profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti.

Nel caso in esame, per tutte le elaborazioni, si è assunto il profilo di variazione intermedio con materiali prevalentemente granulari e grossolani. Questo sia per le zone caratterizzate in superficie da materiali alluvionali torrentizi o morenici assumendo che in profondità si abbia prevalenza della componente granulare oppure si passi al substrato geologico fratturato ed alterato. Anche le zone impostate sui calcari fratturati ed alterati sono state assimilate al profilo delle ghiaie visto che tale assunzione è sorretta anche dai valori di Vs della prima decina di metri di profondità (valori di Vs di 350-500 m/s).

Le stime dei FA e FV litostratigrafici sono state ottenute tramite il profilo verticale delle Vs ricavato da indagini sismiche a rifrazione, REMI e HVSR, eseguite sia per il livello 1 che per il presente livello 2. La stima dello spessore dei depositi quaternari è stato desunto dall'interpolazione dei dati geofisici sopra citati, nonché dall'osservazione delle prove pregresse a disposizione.

Le diverse tecniche di indagini geofisiche forniscono dettagli differenti rispetto ai risultati e pertanto, questi ultimi, devono essere adattati al relativo modello geologico.

In particolare, attraverso il modello geologico del sito, si schematizza l'andamento del profilo di velocità delle Vs con la profondità, in ogni unità geologico-geofisica individuata che deve avere almeno uno spessore $h \ge 3$ m e una differenza di Vs con l'unità contigua di almeno 50 m/s, arrotondando i singoli valori di Vs alla decina.

Ovviamente tutte queste operazioni sono svolte in automatico dal software utilizzato.

Volendo invece impiegare gli abachi di ICMS, si ricorda che, nel caso in cui l'indagine geofisica evidenzi la presenza di un'unità sismica con Vs > 700 m/s per uno spessore almeno di 10 m, tale unità rappresenta il substrato rigido; nel caso in cui l'indagine geofisica non evidenzi la presenza di un'unità sismica con Vs > 700 m/s ci si basa sul modello geologico del sito. Se il modello permette di assegnare una profondità al substrato rigido vengono estrapolati i dati sperimentali fino a tale profondità, utilizzando un gradiente di Vs di tipo lineare; se, al contrario, il modello geologico non permette di assegnare una profondità al substrato rigido, in via cautelativa, si devono considerare solo i dati sperimentali, assegnando implicitamente il substrato rigido alla profondità di fine indagine. Nel caso in cui il substrato geologico non raggiunga la velocità Vs prossima od uguale a 800 m/s (substrato sismico) l'utilizzo degli abachi non sarebbe corretto poiché com'è ben specificato negli Indirizzi e

criteri per la microzonazione sismica: "..... Si ricorda che tutte le elaborazioni effettuate prevedono la presenza di un bedrock sismico avente Vs =800 m/s al di sotto della profondità H.". La stima può essere comunque effettuata, come previsto dagli stessi ICMS utilizzando velocità e spessori apparenti e maggiorando il risultato del 10%.

Riassumendo, pur nella consapevolezza che l'utilizzo di metodi semplificati presenta dei limiti, soprattutto in un'area di versante come quella del territorio di Brenzone, le scelte di input per il calcolo dei fattori di amplificazione sono state fatte con i criteri cautelativi assumendo il profilo intermedio di velocità e la litologia prevalente ghiaie.

Nella tabella seguente sono riportate le aree indagate e i dati che permetteranno di valutare i relativi Fattori di amplificazione FA e FV.

Località-via	identificat	tipo	1°s	1° strato 2° strato		3° strato		4° strato		Vs30	
	ivo										
Sommavilla	P13 L6	HV e REMI	2	250	10	570	13	760	>13	1000	500
Madonna Olivi	P12 L5	HV e REMI	5	300	>5	1100					750
Borago	P9 P11	5 HV	8	300	>8	800					600
IV Novembre	L1	SR e REMI	2	200	4	550	>4	1000			750
Spiaggia porto	L2	SR e REMI	2	200	5	360	>5	1000			750
T. Marani	L8	SR	1	200	6	900	>6	1500			750
T. Marani	L9	SR	1	160	4	1100	>4	1500			750
T. Marani	L10	SR	1	150	4	1100	>4	1500			750
XX settembre	L3	SR e REMI	1	300	3	400	>3	1600			750
Al lago	L4	SR e REMI	1	250	6	400	>6	1500			750
Campo	P14 L7	SR REMI HV	5	300	>5	1100					750
Pasola	L13	REMI	1	180	3	500	4	440	>4	840	750
D. Alighieri	L12	REMI	1	180	6	440	>6	900			750
Prada	L 14	REMI	10	230	27	520	>27	810			500
Prada	L 15	REMI	5	200	8	580	>8	820			750
Dei Narcisi	L 11	SR	4	200	15	350	>15	750			600
Are	BRZ-HV1	HVSR	1	170	19	360	>19	660			407
Benaco	BRZ-HV2	HVSR	1	130	4	245	25	504	>25	753	433
Ca Romana	BRZ-HV3	HVSR	1	130	8	264	37	517	>37	676	392
Del loc	BRZ-HV4	HVSR	3	320	33	656	>33	1390			594
degli Ivani	BRZ-HV5	HVSR	1	140	14	299	>14	613			391
del Dosso	BRZ-HV6	HVSR	1	170	11	397	48	757	>48	1029	520
San Vito	BRZ-HV7	HVSR	1	140	18	279	>18	446			316
Fasor	BRZ-HV8	HVSR	1	160	>1	297					289
Pasola	BRZ-HV9	HVSR	1	160	27	372	>27	756			367
Pion	BRZ-HV10	HVSR	3	180	14	279	>14	469			317
Loc Pian	BRZ-HV11	HVSR	9	240	39	30	>30	754			372
Salto	BRZ-HV12	HVSR	1	180	20	425	>20	746			462
Giardino	BRZ-HV13	HVSR	2	130	13	257	63	460	>63	952	315
la Pianta	BRZ-HV14	HVSR	1	160	27	370	>27	760			367

Nella tabella che segue invece sono riportati i valori di Fo e del rapporto H/V, almeno per le indagini da cui è stato possibile ricavare tali dati. Fo con il relativo rapporto di amplificazione H/V è stato poi utilizzato per la carta delle frequenze.

Inoltre vi è il risultato del calcolo ottenuto, usando il software SICodes v.1.0, per la valutazione di FA ed FV oltre che il fattore di amplificazione topografica St.

Le ultime due colonne riportano il valore finale di amplificazione di sito, cioè quello che è stato impiegato per la realizzazione della carta di Microzonazione sismica in termini di FA e FV.

Località-via	identificat	tipo	Fo	H/V	FA	FV	St	FAxSt	FV
	ivo								
Sommavilla	P13 L6	HV e REMI	1,2	4,2	1,38	1,31	1	1,38	1,31
Madonna Olivi	P12 L5	HV e REMI	18	5,2	2,12	1,75	1,1	2,33	1,75
Borago	P9 P11	5 HV	12	4	2,12	1,75	1	2,12	1,75
IV Novembre	L1	SR e REMI			1,71	2,22	1	1,71	2,22
Spiaggia porto	L2	SR e REMI			1,70	2,36	1	1,70	2,36
T. Marani	L8	SR			1,88	2,73	1,1	2,07	2,73
T. Marani	L9	SR			1,74	2,64	1,1	1,91	2,64
T. Marani	L10	SR			1,76	2,62	1,1	1,93	2,62
XX settembre	L3	SR e REMI			1,65	1,77	1	1,65	1,77
Al lago	L4	SR e REMI			1,68	1,94	1	1,68	1,94
Campo	P14 L7	SR REMI HV	18	5,5	1,75	2,11	1,1	1,93	2,11
Pasola	L13	REMI			1,67	1,91	1,1	1,84	1,91
D. Alighieri	L12	REMI			1,66	1,79	1	1,66	1,79
Prada	L 14	REMI			1,66	1,79	1	1,66	1,79
Prada	L 15	REMI			1,69	2,41	1	1,69	2,41
Dei Narcisi	L 11	SR			1,55	1,50	1	1,55	1,50
Are	BRZ-HV1	HVSR	1,2	3	1,47	1,52	1	1,47	1,52
Benaco	BRZ-HV2	HVSR	17,4	10	1,33	1,53	1	1,33	1,53
Ca Romana	BRZ-HV3	HVSR	9,4	3,5	1,39	1,59	1	1,39	1,59
Del loc	BRZ-HV4	HVSR	5	2,7	1,22	1,12	1	1,22	1,12
degli Ivani	BRZ-HV5	HVSR	5,5	3	1,6	1,63	1	1,6	1,63
del Dosso	BRZ-HV6	HVSR	9,5	3	1,19	1,4	1	1,19	1,4
San Vito	BRZ-HV7	HVSR	N.P.		1,5	1,93	1	1,5	1,93
Fasor	BRZ-HV8	HVSR	1,1	2	1,47	1,51	1,1	1,62	1,51
Pasola	BRZ-HV9	HVSR	1,1	2	1,39	1,59	1,1	1,53	1,59
Pion	BRZ-HV10	HVSR	1	2	1,3	1,62	1,1	1,43	1,62
Loc Pian	BRZ-HV11	HVSR	6,6	3	1,41	1,66	1,1	1,55	1,66
Salto	BRZ-HV12	HVSR	1,25	2,4	1,38	1,33	1,1	1,52	1,33
Giardino	BRZ-HV13	HVSR	5	2,6	1,21	1,62	1	1,21	1,62
la Pianta	BRZ-HV14	HVSR	3	2	1,41	1,64	1,1	1,55	1,64

A questo punto, come indicato da ICMS, si possono attribuire i valori calcolati alle varie classi del parametro di amplificazione:

Località-via	identificativo	FA	-1	FV	-1	
		calcolata	classe	calcolata	classe	
Sommavilla	P13 L6	1,38	1,3-1,4	1,31	1,3-1,4	
Madonna Olivi	P12 L5	2,33	2,3-2,4	1,75	1,7-1,8	
Borago	P9 P11	2,12	2,1-2,2	1,75	1,7-1,8	
IV Novembre	L1	1,71	1,7-1,8	2,22	2,1-2,2	
Spiaggia porto	L2	1,70	1,7-1,8	2,36	2,3-2,4	
T. Marani	L8	2,07	2,1-2,2	2,73	2,5-3,0	
T. Marani	L9	1,91	1,9-2,0	2,64	2,5-3,0	
T. Marani	L10	1,93	1,9-2,0	2,62	2,5-3,0	
XX settembre	L3	1,65	1,7-1,8	1,77	1,7-1,8	
Al lago	L4	1,68	1,7-1,8	1,94	1,9-2,0	
Campo	P14 L7	1,93	1,9-2,0	2,11	2,1-2,2	
Pasola	L13	1,84	1,7-1,8	1,91	1,9-2,0	
D. Alighieri	L12	1,66	1,7-1,8	1,79	1,7-1,8	
Prada	L 14	1,66	1,7-1,8	1,79	1,7-1,8	
Prada	L 15	1,69	1,7-1,8	2,41	2,3-2,4	
Dei Narcisi	L 11	1,55	1,5-1,6	1,50	1,5-1,6	
Are	BRZ-HV1	1,47	1,5-1,6	1,52	1,5-1,6	
Benaco	BRZ-HV2	1,33	1,3-1,4	1,53	1,5-1,6	
Ca Romana	BRZ-HV3	1,39	1,3-1,4	1,59	1,5-1,6	
Del loc	BRZ-HV4	1,22	1,1-1,2	1,12	1,1-1,2	
degli Ivani	BRZ-HV5	1,6	1,5-1,6	1,63	1,5-1,6	
del Dosso	BRZ-HV6	1,19	1,1-1,2	1,4	1,3-1,4	
San Vito	BRZ-HV7	1,5	1,5-1,6	1,93	1,9-2,0	
Fasor	BRZ-HV8	1,62	1,5-1,6	1,51	1,5-1,6	
Pasola	BRZ-HV9	1,53	1,5-1,6	1,59	1,5-1,6	
Pion	BRZ-HV10	1,43	1,3-1,4	1,62	1,5-1,6	
Loc Pian	BRZ-HV11	1,55	1,5-1,6	1,66	1,7-1,8	
Salto	BRZ-HV12	1,52	1,5-1,6	1,33	1,3-1,4	
Giardino	BRZ-HV13	1,21	1,1-1,2	1,62	1,5-1,6	
la Pianta	BRZ-HV14	1,41	1,3-1,4	1,64	1,5-1,6	

Nella suddivisione in zone della carta di Microzonazione sismica, nei casi in cui erano presenti, a pochi metri di distanza indagini diverse (SR, ReMi e HVSR) si è preso, a seconda dei casi, o il valore di amplificazione più elevato oppure quello prevalente su più prove.

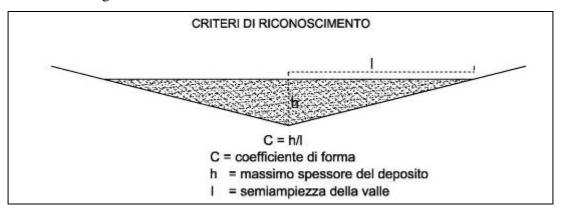
La carta MS è stata divisa in microzone con le classi dei valori di FA e in corrispondenza di ciascun punto di misura sono inseriti i valori calcolati sia di FA che di FV. Il valore di FA puntuale è stato esteso ad un intorno per il quale esso può essere considerato rappresentativo. Nel caso in cui più punti vicini dessero valori discordanti si è assunto il valore più verosimile in base al modello geologico di zona.

Questa procedura ha portato a zonare una serie di "macchie" di territorio che corrispondono ai centri abitati e frazioni principali in cui la tonalità di colore contraddistingue il valore della classe di FA di tale microzona.

6.2.3.3 Zona di fondovalle

Le zone di fondovalle possono dare origine ad amplificazioni anche significative del moto sismico; per tale motivo devono essere analizzate nei casi in cui la conformazione della valli stesse rientri in specifici parametri fissati dagli Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. In particolare occorre innanzitutto classificare la morfologia della valle in stretta o larga sulla base di un Coefficiente di forma C (C = h/l) in cui h è lo spessore della coltre alluvionale ed l la semiampiezza della valle riferita alla parte occupata da depositi sciolti:

- valle stretta C > 0.25
- valle larga C < 0.25



Nel caso di valle stretta la valutazione degli effetti morfologici viene demandata al livello 3 attraverso un'analisi bidimensionale 2D.

Se abbiamo invece valle larga gli effetti di amplificazione si possono configurare come litostratigrafici.

Nel caso di Brenzone la sola valle che richiede questa valutazione è la conca di Prada. Assunto che lo spessore della coltre sciolta è compreso tra 8 m 10-12 m, per avere la valle larga è necessario che essa abbia larghezza complessiva di almeno:

$$L = 2l = 2(4h) = 64-96 \text{ m}$$

Poiché la valle ha larghezza (da Carta Geologico Tecnica del Livello 1) superiore a 200 m con settori oltre i 300 m, la condizione di valle larga è certamente rispettata.

Secondo l'allegato A) della DGR 21572/2013 deve inoltre essere verificato il rapporto tra il Coefficiente di Forma C ed il coefficiente Cv che rappresenta il rapporto tra la velocità Vs del substrato e quella dei terreni di copertura.

La formula che deve essere verificata è la seguente:

$$C > \frac{0.65}{\sqrt{Cv - 1}}$$

Dove:

C = h/lCv = Vs sub /Vs cop

Nel caso in cui la condizione espressa dalla formula sia verificata bisogna in ogni caso portare l'analisi al livello 3 di approfondimento:

Località	1 =	h	Coeff.	Vs	Vs	0,65/	Condizio	Livello
	L/2		C	copert	substrat	$\sqrt{(Cv-1)}$	ne	3
				ura	0	, ,	rispettata	
Prada	100 m	10 m	0,1	200	800	0,65/0,58=1,12	NO	NO

Dall'esame della tabella si evidenzia che la formula precedente non è mai soddisfatta e quindi non è necessaria la verifica di livello 3.

6.2.3.4 Instabilità di versante

La DGR 1572/2013 all. A prevede che la valutazione degli effetti d'instabilità di versante di livello 2 dovrà essere effettuata nelle aree P1c (aree potenzialmente in frana) che interessano aree di trasformazione urbanistica e/o abitati esistenti. Per le aree P1a (frane attive) e P1b (frane quiescenti) che interessano abitati esistenti e/o infrastrutture a rete si procederà con il terzo livello di approfondimento.

Nella carta delle MOPS del livello 1, da questo punto di vista i due elementi più significativi sono le frane PAI di Marniga e di Salto: si tratta di due frane di crollo per le quali esiste già una perimetrazione con attribuzione del livello della pericolosità eseguita con specifico studio modellistico ai fini della redazione della carta delle fragilità del PAT. Poiché tale attribuzione comprende già le valutazioni in condizioni sismiche i due areali non vengono considerati nelle valutazioni del livello 2 e quindi si considera confermato quanto già rappresentato nel livello 1 dove erano però state utilizzate le grafie ICMS versione 3.0. Per non creare fraintendimenti nel presente livello 2 si è deciso di indicare tali aree come ZAfr accorpando insieme le fasce che nel livello 1 erano state individuate come ZAfr-A, ZAfr-Q e ZAfr-I.

La stessa scelta è stata adottata anche per le pareti di altezza superiore a 10 m riportate nella carta MOPS per le quali il dott. Nucci aveva individuato una fascia come ZAfr-A. Si tratta di una serie di pareti, spesso all'interno dell'abitato e nei declivi terrazzati a vigneto: (via Belvedere, Castello, via San Benedetto, via Are, via Don Trecca, via Vespucci, via Pion, tra via Pasola e via San Zeno) per le quali nel presente livello 2 viene riportata la grafia ZAfr.

Per le pareti che ricadono a ridosso dell'abitato saranno fatte alcune considerazioni nei paragrafi seguenti in tema di applicazione degli abachi semplificati per la valutazione semiquantitativa delle traiettorie di frane sismo indotte.

Sempre nella carta MOPS del livello 1 sono poi riportate anche delle scarpate presenti sul versante montano a notevole distanza dai centri abitati. Tali oggetti non vengono neppure presi in considerazione nel presente livello 2;.

Nella carta delle MOPS del livello 1 sono indicate infine ampie estensioni con la generica attribuzione di "instabilità di versante non definita" che interessano buona parte della microzona 1. Considerato che si tratta della coltre sciolta che ricopre il substrato geologico in spessori di pochi metri, tale potenziale instabilità verrà trattata con le metodologie proprie delle "frane in terra".

6.2.3.4.1 Frane in pendii nell'ambito delle terre

La valutazione e la classificazione delle aree potenzialmente in frana, nell'ambito della MS di livello 2, avviene tramite la stima di un parametro definito come "massimi spostamenti attesi" in caso di sisma, che può fornire una classificazione sulla pericolosità delle varie aree interessate. Va sottolineato che tale parametro non è uno spostamento reale ma piuttosto un indicatore di pericolo.

Tale valutazione possiede un mero valore relativo permettendo il confronto tra aree diverse ma deve essere considerato solo come indagine territoriale e non come valutazione di sito come peraltro specificato anche nell'allegato A) alla DGR 1572/2013 che recita: "Si precisa che i risultati ottenuti con tali metodi hanno solo valore comparativo e non possono essere esportati a scala del manufatto".

Per il caso in esame, tra i vari metodi indicati nell'allegato citato e negli ICMS, si è utilizzato quello illustrato da Romeo R.W. (Seismically induced landslide displacement: a predictive

model. Engineering geology, 58, 337-351 – [2000]) che è sembrato il più adatto all'ambito territoriale di Brenzone, sia come estensione sia per tipologia di dati disponibili.

Tra le varie espressioni previste dallo studio di Romeo per determinare lo spostamento in caso di sisma è stata scelta quella indicata nella pubblicazione Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica ICMS e che in forma matematica viene espressa come segue:

$$log_{10}D(cm) = -1,281 + 0,648M - 0,934log_{10}\sqrt{RE^2 + 3,5^2} - 3,699K + 0,225S \pm 0,418$$

In cui:

M = Magnitudo attesa

RE = Distanza in chilometri dall'epicentro

K = Coefficiente che dipende dall'accelerazione di picco, dall'angolo della superficie di frana e dal fattore di sicurezza

S = Coefficiente che varia tra 0 e 1 in base alle Vs dei terreni (1=terreno soffice, 0 = terreno duro).

Per la Magnitudo attesa M è stata utilizzato il valore di 6,60, previsto per la SZ906;

La distanza dall'epicentro del terremoto RE è stata ricavata a partire dai dati del sito http://esse1-gis.mi.ingv.it/, disaggregando l'unico nodo di griglia che ricade all'interno del territorio comunale, come già riportato al precedente paragrafo 2.6.2.

Si è quindi assunta una distanza di 9,74 km.

Il coefficiente K si ricava dalla seguente espressione (indicata anche nella pubblicazione Indirizzi e criteri per la MS II - Linee guida, a pagina 99):

$$K = kc \frac{g}{a_{max}}$$

Dove:

kc = coefficiente sismico critico (kc = ac/g)

g = accelerazione di gravità

a max = accelerazione di picco in caso di sisma assunta pari a 0.160g (circa 1.57 m/s²)

Infine l'accelerazione critica a_c si ricava dalla seguente formula:

$$a_c = (FS - 1)g \ sen \propto$$

dove:

FS = Fattore di sicurezza

g = Accelerazione di gravità

 α = Angolo di inclinazione della superficie di scorrimento

Per il calcolo dell'angolo della superficie di scorrimento α , con una modesta approssimazione, si è ritenuto di equiparare questa inclinazione con l'inclinazione del pendio, dato più facilmente generabile in uno studio a livello territoriale.

Ipotizzando quindi una superficie di scorrimento piana e corrispondente all'inclinazione del pendio, quest'ultima è stata calcolata tramite GIS partendo dal modello tridimensionale del terreno fornito dalla Regione Veneto con maglia di 5 m, DTM 5m, suddividendo in classi di angoli diversi l'inclinazione del pendio con assegnazione di un codice di riferimento.

In considerazione dell'ampiezza del territorio indagato, ed in mancanza di dati specifici che permettessero di valutare il FS per ogni singola situazione si è stimato il suo valore in riferimento all'angolo del pendio. Poiché il Fattore di sicurezza diminuisce con l'aumentare della pendenza è stata utilizzata una relazione di confronto tra FS e spostamento atteso e tramite processi interattivi è stato individuato un valore di FS per ogni classe di pendenza, in modo tale che la distanza di spostamento apparente variasse in modo lineare al solo variare di FS e dell'angolo del pendio (mantenendo costanti cioè tutti gli altri parametri). Le classi relative all'angolo del Pendio e del Fattore di sicurezza sono in pratica coincidenti come rappresentato nella tabella seguente.

Classe pendenza	Angoli pendio α	Valore FS		
1	0°-5°	3,0		
2	5°-10°	1,8		
3	10°-15°	1,5		
4	15°-20°	1,3		
5	20°-25°	1,2		
6	25°-30°	1,12		
7	30°-35	1,05		
8	>35°	1,01		

Infine il coefficiente S il quale varia in base alla Vs; per la valutazione è stata utilizzata la Carta Geologico Tecnica del Livello 1, assegnando alle diverse litologie un valore che considerasse le condizioni e le caratteristiche dei terreni interessati. Il coefficiente varia da 0 a

1 in base alle Vs del terreno (1=terreno soffice; 0=terreno rigido). Alle aree in frana, riprese dalla carta MOPS, è assegnato il valore 0,9, anche se sono dichiarate inattive.

Sigla	terreno	Coefficiente S
GM	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	0,5
GW	Ghiaie pulite, miscela di ghiaia e sabbia	0,5
SW	Sabbie pulite, miscela di ghiaia e sabbia	0,6
LPS	Substrato lapideo stratificato	0,2
ALS	Subtrato con alternanza di litotipi	0,3
	Substrato lapideo stratificato molto fratturato	0,6
frana	Frana inattiva	0,9

Come accennato, per il calcolo dello spostamento apparente è stata utilizzata la formula semplificata già riportata in precedenza (adottando per l'ultimo termine il valore positivo +0,418) e tramite applicazioni GIS si è arrivati alla redazione della carta dello spostamento apparente D suddividendo in classi i valori stimati secondo la seguente tabella:

Classi	Valore
spostamento	spostamento
apparente	apparente (cm)
1	0-1
2	1-2
3	2-4
4	4-6
5	6-8
6	8-10
7	10-20
8	20-50
9	50-100
10	>100

Dall'esame della tabella si desume che le prime classi, a minor spostamento e quindi a minore rischio frana, rappresentano le zone subpianeggianti mentre le ultime classi possono effettivamente indicare un significativo rischio di movimenti gravitativi in caso di sisma.

Sono quindi state plottate solo le ultime quattro classi, con spostamento apparente maggiore di 10 cm. La classificazione in cartografia MS riporta quindi le classi con gli intervalli dei valori di spostamento determinati dal modello: 10-20, 20-50, 50-100 e maggiore di 100. Essi sono riportati con la simbologia grafica delle aree instabili di tipo FRT prevista dall'Allegato A della DGRV 1572/2013.

Si nota come molte zone del territorio siano effettivamente interessate da questo indice di instabilità potenziale che, in molti casi, va a sovrapporsi a edifici esistenti o a scarpate

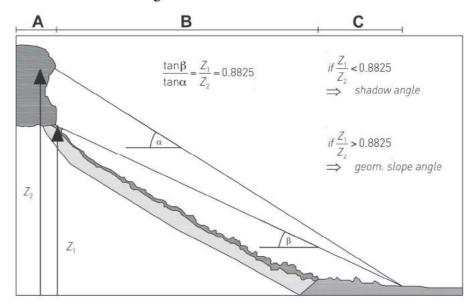
stradali. È questo un difetto insito nella metodologia di calcolo che non discrimina tra pendii naturali e cambi di pendenza di origine antropica i quali spesso sono sostenuti da apposite opere di contenimento.

Vale poi la pena di ricordare che lo scuotimento sismico può essere un fattore scatenante dell'instabilità ma che esso ha comunque una probabilità di accadimento molto inferiore rispetto ad altre cause scatenanti, prima fra tutte la saturazione del terreno a seguito di precipitazioni particolarmente intense.

Pur rappresentando un valido aiuto alla comprensione del comportamento sismico del territorio comunale si giudica quindi che l'analisi qui effettuata possa essere ritenuta maggiormente significativa o per ambiti più ristretti all'interno dei quali sia possibile assegnare i valori dei parametri di ingresso in modo puntuale e specifico, oppure su areali più ampi dove le analisi di tipo statistico-probabilistico appaiono maggiormente valide.

6.2.3.4.2 Frane in roccia

Per la valutazione della pericolosità delle frane in roccia l'Allegato A alla DGR 1572/2013 e gli ICMS prevedono l'utilizzo di un metodo semplificato applicato al profilo topografico della parete rocciosa: esso prevede in via preliminare la classificazione della suscettibilità di frana sismo indotta in base all'indice di qualità dell'ammasso roccioso e poi considera l'utilizzo di due distinte modalità di calcolo per valutare le possibili traiettorie di caduta. In base all'altezza relativa della base della parete rocciosa ed al ciglio della stessa si applica il metodo del cono d'ombra oppure il metodo dell'angolo equivalente, secondo quanto riportato da ICMS da cui è tratto lo schema seguente.



Premesso che la ricognizione è stata fatta solo per le pareti segnalate nella carta MOPS di altezza superiore a 10 m e solo nella fascia più bassa del territorio comunale, escludendo a priori quelle che sono già state oggetto di studio geomeccanico specifico per la perimetrazione PAI (Marniga e Salto) si è dovuta constatare l'impossibilità ad applicare il metodo semplificato sopra rappresentato per una serie di motivi che vengono di seguito elencati:

- A. Parete non presente oppure con altezze molto ridotte: il più delle volte si tratta di affioramenti discontinui di roccia che nel complesso configurano una rottura di pendenza del versante ma non una parete o falesia con altezza superiore a 10 m;
- B. Il versante a valle è completamente terrazzato con muri a secco di altezza variabile da uno a 4 m e coltivato ad uliveto; viene quindi meno l'ipotesi, prevista dal modello semplificato, di utilizzare il cono detritico come parametro di riferimento per valutare i massimi avanzamenti potenziali dei volumi che crollano dalla parete.
- C. Il versante è estesamente edificato con fabbricati e muri di contenimento per sostenere le aree pertinenziali; anche in questo caso viene meno l'applicabilità del metodo semplificato per i motivi del punto precedente;
- D. La parete è dotata di presidi di sicurezza (reti metalliche di rivestimento, eventualmente rafforzate con chiodature e cavi d'acciaio);
- E. È parete di sponda valliva fortemente incisa e quindi ortogonale alla pendenza generale del versante; anche in questo caso viene meno l'applicabilità del metodo semplificato perche le traiettorie dei blocchi non scendono lungo il cono detritico ma sone deviate lateralmente a seguire l'incisione valliva.

Di seguito vengono elencati gli esiti dei sopralluoghi eseguiti con specificato l'elemento o gli elementi dell'elenco precedente che non consentono l'applicazione della valutazione semplificata di suscettibilità di frana sismoindotta. I siti marcati con * sono quelli per i quali già nel livello 1 il dott. Nucci aveva delineato una ZAfr-A. La tabella è organizzata da Nord verso Sud.

localizzazione	ZAfr-A	Motivo di esclusione
	livello 1	
Via Belvedere tratto Nord		A+B
Via Belvedere tratto Sud		В
Strada privata tra casa Brighenti e via Belvedere	*	A+B+C

Via Sentier de Mes	*	B+C
Via San Luca	*	B+C
Via San Benedetto	*	В
Via Madonna della Pace q. 150 mslm		A+B
Santa Maria		A(alcuni tratti)+B
Via Are	*	A(alcuni tratti)+B+C
Via Don Trecca	*	A(alcuni tratti)+B
Valle di Senaga tra Fazor e Biazza	*	Е
Via Vespucci	*	B+C+D
Via Pion	*	A(alcuni tratti)+B+C
San Zeno loc. Croce	*	B+C+D
Tra via Pasola e via San Zeno	*	A(alcuni tratti)+B
Via la Pianta 3° tornante loc. Salto		Е
Via D. Alighieri loc. Salto		B+D
Via D. Alighieri Sud		D

A questo punto viene meno anche la valutazione della suscettibilità di frana sismo indotta ricavata dal valore di qualità dell'ammasso roccioso, suggerita da Allegato A DGRV 1572/13.

Va da sé che le condizioni di stabilità di altre pareti dovrà essere eventualmente valutata in sede successiva (livello 3) applicando i metodi appropriati (e non semplificati) effettuando le opportune indagini geomeccaniche per ogni parete e/o porzione di parete che interessasse aree di trasformazione urbanistica e/o abitati esistenti.

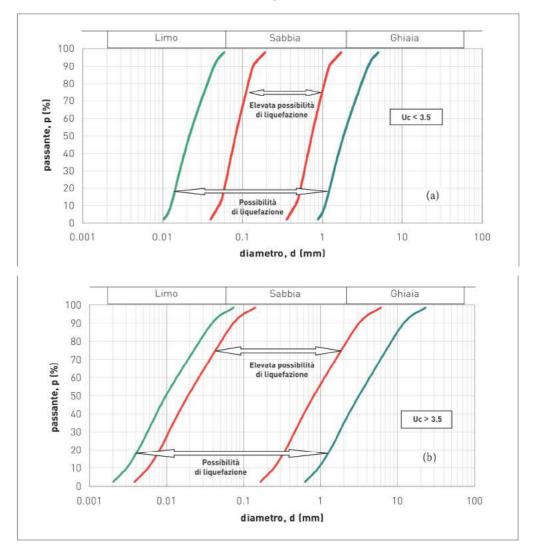
6.2.3.5 Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni litostratigrafiche specifiche e consiste nel quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

In caso di sisma vengono prodotti nel terreno una serie di cicli di sforzo tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento s'incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, si ritiene non possa manifestarsi ad una profondità maggiore di quindici metri da piano campagna.

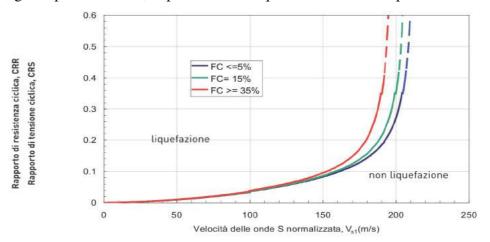
La verifica al fenomeno della liquefazione dei terreni saturi in caso di sisma può essere esclusa qualora si verifichi almeno una delle seguenti circostanze (da Allegato A DGRV 1572/13, a sua volta ripresa dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018):

- 1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5."



Poiché alcune delle condizioni espresse non potevano essere escluse con certezza nella fascia lungolago, nella carta delle MOPS del livello 1, in corrispondenza della zona 7, è stata evidenziata una zona di attenzione per liquefazione demandando al successivo livello 2 la relativa valutazione del rischio di liquefazione.

Va fin da subito sottolineato che la Vs risulta, già a partire dai 3 m di profondità, superiore a 220 m/s, valore considerato discriminante per il potenziale di liquefacibilità dei terreni sciolti come evidenziato dal grafico seguente, tratto da ICMS (FC = contenuto frazione fine coesiva) e pertanto, già di primo acchito, le possibilità di liquefazione risultano piuttosto remote.



Passando alla valutazione, le Linee Guida ICMS per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (versione 1.0 - 2017) non indicano uno strumento privilegiato per la determinazione dell'Indice di Liquefazione IL ma lasciano una certa libertà nella scelta in base al tipo di indagine disponibile.

Nel caso del lungolago di Brenzone si è quindi deciso di utilizzare un software specifico: PROGRAM GEO – Liquef ver.3 che consente di valutare IL con varie metodi di calcolo e partendo sia da prove geofisiche che da sondaggi piuttosto che da prove penetrometriche.

Come terremoti di progetto sono stati inseriti i parametri, da CPT2015, dei sismi di Franciacorta (1894), Malcesine (1895) e Monte Baldo (1866). La liquefacibilità è stata, in prima battuta, valutata con il metodo di Papadopulos and Lefkopulos(1993) per passare poi ai metodi di secondo livello con la valutazione della suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR).

CSR è stato valutato con il metodo di Boulanger & Idriss (2004) mentre il CRR è stato ricavato con Robertson e Wride (1997) per le prove penetrometriche e con Andrus e Stokoe (1997) per i profili di Vs.

La tabella seguente sintetizza i risultati ottenuti:

Numerazione carta indagini	identificativo	prova	Valore IL
L1	L1	SR-ReMi	0,0
L2	L2	SR-ReMi	0,0
L3	L3	SR-ReMi	0,0
L4	L4	SR-ReMi	0,0
P24	BRZ-HV2	HVSR	0,4
P8	P8	DPSH	0,2
P5	P5	DPSH	0,6
L12	L12	SR-ReMi	0,0

Da cui si ricava, per la fascia lungolago, un valore dell'indice di liquefazione IL compreso tra 0 e 2 e quindi di grado nullo-basso; di conseguenza, come da Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) v. 1.0-2017, decade l'attribuzione di suscettibilità alla liquefazione.

Un'eventuale verifica di questi aspetti, attraverso l'acquisizione di specifici parametri geotecnici in merito alla valutazione del grado di addensamento dei depositi, può comunque essere demandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi edilizi, come previsto dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018.

6.2.3.6 Densificazione terreni insaturi

Riprendendo dall'allegato A della DGR 1572/2013, la compressione volumetrica dei terreni granulari non saturi in condizioni sismiche deve essere valutata sulla base di prove in sito e in laboratorio, esplorando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine e sufficiente ad accertare la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito. Dovrà anche essere determinata con appropriate rilevazioni l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà considerarsi la condizione meno cautelativa.

L'entità dei cedimenti per densificazione deve essere valutata in ognuna delle verticali esplorate, tenendo conto dell'amplificazione locale della risposta sismica.

Al fine di stimare il profilo dell' a_{max} con la profondità z dovranno essere effettuate prove dinamiche in sito per la misura di Vs (del tipo DH o CH o SCPT o SDMT) e in laboratorio per la determinazione della curva di variazione del modulo di taglio G e del rapporto di smorzamento D con la deformazione di taglio γ .

Nel caso di Brenzone nessuna delle indagini disponibili ha caratteristiche adatte a compiere tali valutazioni. D'altra parte, la eterometria dei materiali e l'*aging* dei depositi presenti porta, verosimilmente, ad escludere il rischio di densificazione.

6.2.3.7 Comportamenti differenziali

Ancora riprendendo dall'allegato A della DGR 1572/2013: nell'analisi di livello 2 dovranno essere valutate le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (P5a) che possono produrre effetti differenziali, sia di amplificazione che di cedimento.

6.2.3.7.1 Contatto stratigrafico o tettonico

Per la valutazione dei comportamenti differenziali, legati alla presenza di zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, deve essere valutata sulla base di prove in sito e in laboratorio, esplorando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine e sufficiente ad accertare la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito.

La carta MOPS del livello 1 segnala come Zona di Attenzione tutte le "linee di contatto" tra litotipi a caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse" (contatto laterale tra copertura-detrito e substrato) alle quali possono essere associati fenomeni di cedimento differenziale. La loro larghezza comprende una fascia interna di 10 m ed una esterna di 10 m rispetto al limite litologico, per un totale di 20 m di ampiezza . Come detto in precedenza si ritiene che tale attribuzione sia eccessivamente prudenziale per i seguenti motivi:

- In genere il contatto laterale tra copertura sciolta e substrato geologico non avviene in maniera brusca ma esiste una fascia di transizione, larga alcune decine di metri, in cui il deposito sciolto, morenico o detritico, si assottiglia progressivamente;
- La parte superiore del substrato geologico, come confermato dalle indagini sismiche, solo raramente presenta subito valori ingenti di rigidità corrispondenti a valori di Vs elevati, oltre gli 800 m/s; in genere vi è una fascia decompressa ed alterata con

spessori di alcuni metri e con velocità tra 500 e 700 m/s che fanno da transizione rispetto ai depositi superficiali che comunque quasi sempre hanno Vs dell'ordine di 300-350 m/s.

In considerazione che queste fattispecie (contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse) non sembra interessare in maniera diretta aree di interesse urbanistico, si elimina l'indicazione di zona di attenzione, per lo meno all'interno della fascia interessata dallo studio di livello 2.

Un'eventuale verifica di questi aspetti, attraverso l'acquisizione di specifici parametri stratigrafici e geotecnici, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi edilizi, come previsto dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda invece la presenza di faglie attive e capaci, FAC, l'unico elemento evidenziato dalla carta MOPS di livello 1 è la faglia Western m. Maggiore che però interessa il versante montano in quota, ben al di fuori delle zone di interesse urbanistico e dalle aree interessate dal presente studio di livello 2.

6.2.3.7.2 Cavità sotterranee o sinkhole

La natura litologica del territorio comunale di Brenzone con la presenza di formazioni calcaree, ha dato origine a estesi fenomeni carsici rappresentati in superficie principalmente da doline ed uvale e, in sotterraneo, da varie cavità in genere di limitate dimensioni nel senso delle sezioni ma in alcuni casi con sviluppi orizzontali e verticali anche di decine di metri. A questo proposito si cita, solo a titolo di esempio, il "bus delle Taccole - 0425 V VR", profondo 172 metri e con uno sviluppo di 216 m, che si apre in Val degli Ossi a circa 1800 m s.l.m. oppure l'Abisso San Zeno - 1086 V VR, nella località omonima, profondo 54 m e con uno sviluppo complessivo di 254 m.

La maggior parte dei fenomeni riguardano il versante del m. Baldo al di sopra del ripiano morfologico di Prada e, per tale fascia di territorio, non risultano evidenti doline o inghiottitoi e non se ne trova traccia neppure nella documentazione geologica del PAT. Lo stesso vale per la carta MOPS del livello 1. In altre parole il fenomeno carsico si manifesta prevalentemente come forme di superficie a scala metrica (campi carreggiati, blocchi isolati, città di roccia) oppure come fratture centimetriche o decimetriche beanti ma riempite da frammenti di calcare da crioclastismo variamente impastate con argille residuali.

Per la zona di Prada ma anche più a valle, nel bosco, ci sono delle doline ben evidenti. Nella carta MS sono state riportate come ZAcd le aree carsiche che già erano individuate (e penalizzate) nella cartografia del PAT.

In ogni caso tali settori non sono interessati da contesti urbanistici significativi e pertanto non vengono considerati nel presente studio di livello 2. Per questa tematica si demanda, eventualmente, ad una fase progettuale successiva, che preveda obbligatoriamente delle indagini mirate, innanzitutto, alla verifica dell'esistenza di cavità carsiche poste al di sotto dell'area di intervento e si esprima in merito alla compatibilità geologica degli interventi proposti.

7 PROPOSTA DI NORMA TECNICA

Ad integrazione delle Norme Tecniche del PAT (art. 17) ed alle NTO del PI, si ritiene di proporre l'applicazione delle seguenti prescrizioni e raccomandazioni, valide ovviamente per gli aspetti sismici.

Dal punto di vista del rischio sismico, tutto il territorio comunale è classificato sismico di seconda categoria con inserimento in zona 2 a seguito della Deliberazione n. 67 del 03.12.2003 del Consiglio Regionale Veneto.

In alternativa ai parametri di amplificazione sismica standard proposti dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018, per le porzioni di territorio zonate a livello 2 potranno essere utilizzati i valori di FA e FV riportati nella carta di Microzonazione Sismica.

Per le zone non zonate eventuali interventi potranno fare riferimento ai parametri di amplificazione sismica standard proposti dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018 oppure potranno prevedere l'acquisizione dei parametri sismici di sito con apposite indagini geognostiche/geofisiche e, da queste, la determinazione dei parametri locali di amplificazione; questa seconda modalità è raccomandata per gli interventi edilizio-urbanistici di particolare complessità e rilievo. Si ricorda che l'amplificazione stratigrafica (FA e/o FV) va moltiplicata per una eventuale amplificazione topografica St come previsto dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018.

In presenza o in prossimità di depressioni carsiche e doline oppure di pareti rocciose di altezza 10m è superiore a necessario definire, attraverso opportune indagini geognostiche/geofisiche/geomeccaniche, la compatibilità tra l'intervento proposto e la zona di

rispetto oppure la zona suscettibile di instabilità per cedimenti differenziali o per crollo, da estendere per un adeguato intorno del sito.

8 CONCLUSIONI

La D.G.R.V. n. 1572 del 03.09.2013 "Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)" stabilisce che per definire la carta di microzonazione sismica, il territorio comunale sia mappato secondo la seguenti tipologie:

- aree "stabili", nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);
- aree "stabili suscettibili di amplificazioni sismiche", nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- aree "suscettibili di instabilità", nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Le risultanze dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1, eseguito nel 2013 dal dott. Nucci, hanno permesso di stabilire che nell'ambito del territorio comunale non esistono aree classificate come *Aree "stabili"*, *nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo*.

Sono state individuate sette (più una) diverse microzone omogenee in prospettiva sismica caratterizzate da un determinato modello geologico del sottosuolo e, per ciascuna, è stata attribuita una categoria di suolo (secondo il D.M. 14/01/2008) sulla base della Vs30; inoltre sono state indicate delle aree potenzialmente interessate da fenomeni locali di instabilità di versante e per presenza di forme di superficie e sepolte.

Con il livello 2 sono state implementate le indagini geofisiche HVSR del sottosuolo al fine di perfezionare il quadro di conoscenza degli ambiti di maggiore interesse dal punto di vista urbanistico e sono state valutate le amplificazioni locali di tipo morfologico e litostratigrafico.

Da queste valutazioni è scaturita una carta della Microzonazione Sismica riportante le classi della componente FA, ma anche i singoli valori di FV, utilizzabile (unitamente alla carta MOPS del livello 1) in modo organico ai fini di progettazione:

- per interventi ordinari: la carta risulta un utile strumento di valutazione diretta;
- per interventi di un certo impegno o rilievo: è un utile strumento che può indirizzare verso specifici e ulteriori approfondimenti, con misure puntuali di Vs, frequenze di risonanza dei suoli, ecc.) fino alla valutazione della Risposta Sismica Locale RSL del sito come previsto dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018.

Anche la carta delle frequenze può avere un utilizzo diretto nella valutazione di eventuali fenomeni di doppia risonanza terreno-edificio.

Un'eventuale verifica con approfondimenti di livello 3, attraverso l'acquisizione di specifici parametri geotecnici/geofisici/geomeccanici, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi urbanistico/edilizi, come previsto dai D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018, per le aree potenzialmente interessate da fenomeni di sprofondamento carsico oppure da fenomeni di crollo dalle pareti rocciose.

Identico discorso per le aree che in questa fase non sono state indagate in quanto non interessate da zone urbanizzate o di espansione urbanistica oppure nei casi di insediamenti isolati. Ipotesi progettuali successive prevedranno indagini mirate, tese alla verifica degli aspetti geologici e morfologici (rilievi di superficie) geotecnici (indagini geognostiche e di laboratorio) e geofisici (stese sismiche e/o prove puntuali, attive e/o passive, indagini elettriche o magnetiche) e valuteranno, se del caso, anche il potenziale di liquefazione e/o densificazione dei terreni sciolti di lungolago, piuttosto che le condizioni di stabilità di frane attive e quiescenti oppure anche solo potenziali, come previsto dai D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018.

Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sitospecifiche.

Pieve di Soligo, 20 dicembre 2017

29 marzo 2018

Dott. Geol. Gino Lucchetta

Ordine Geologi del Veneto n. 242

9 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with $M \ge 6$ 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.

Albarello D., Castellaro S. 2011 - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento aingegneria Sismica, anno XXVIII, n. 2, Patron editore.

Albertini G. 1994 Quattro itinerari naturalistici nel Veronese occidentale (e zone limitrofe) - Cassa di Risparmio di Verona Vicenza Belluno e Ancona-Museo Civico di Storia Naturale

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. Trasportation Research Board", Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Waschington 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/.

Galadini, F., Poli, M. E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \ge 6$ 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.

Galadini F., Galli P., Cittadini A., Giaccio B. (2001c "Late Quaternary fault movements in the Mt. Baldo - Lessini mts. sector of the Southalpine Area (Northern Italy)". Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en mijnbouw, 80, 3-4, pagg. 187 - 208.

Magaldi D. & Sauro U. 1982. Landforms and soil evolution in some karstic areas of the Lessini Mountains and Monte Baldo (Verona, Northern Italy), Pages 82-101.

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.

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

M.E. Poli , P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari. Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy. In Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata Vol. 49, n. 3-4, pp. 301-313; September-December 2008

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. Sugan 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.

Per quanto riguarda i riferimenti blibliografici 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. ttp://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.

10 ALLEGATI

Gli allegati alla Relazione Illustrativa sono così suddivisi:

- ➤ Allegato "Schede indagini Livello 1": contiene <u>solo</u> le indagini del PAT o realizzate per il livello 1 che sono state riutilizzate nel Livello 2.
- ➤ Allegato "Schede indagini HV Livello 2": contiene le indagini realizzate per il livello 2.
- ➤ Allegato "tavola pendenze": contiene le classi di pendenza impiegate per le valutazioni descritte in relazione.

Allegato "Schede indagini Livello 1"

Località-via	identificativo	tipo
Sommavilla	P13 L6	HV e REMI
Madonna Olivi	P12 L5	HV e REMI
Borago	P11 L11	5 HV
IV Novembre	L1	SR e REMI
Spiaggia porto	L2	SR e REMI
T. Marani	L8	SR
T. Marani	L9	SR
T. Marani	L10	SR
XX settembre	L3	SR e REMI
Al lago	L4	SR e REMI
Campo	P14 L7	SR REMI HV
Pasola	L13	REMI
D. Alighieri	L12	REMI
Prada	<u>L</u> 14	REMI
Prada	<u>L</u> 15	REMI
Dei Narcisi	<u>L</u> 11	SR
Vespucci	P5	DPSH
Vespucci	P8	DPSH

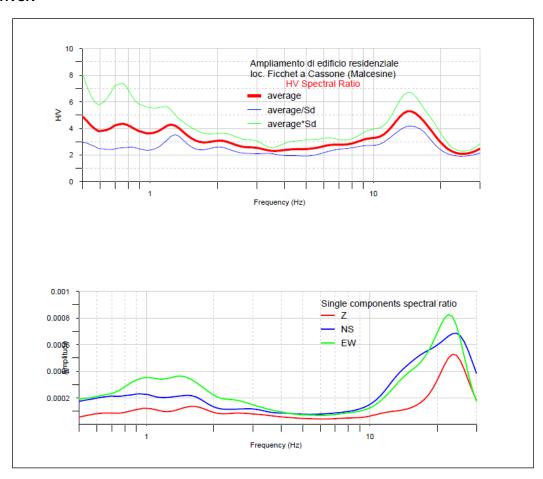
INDAGINI N. P13 - L6

UBICAZIONE

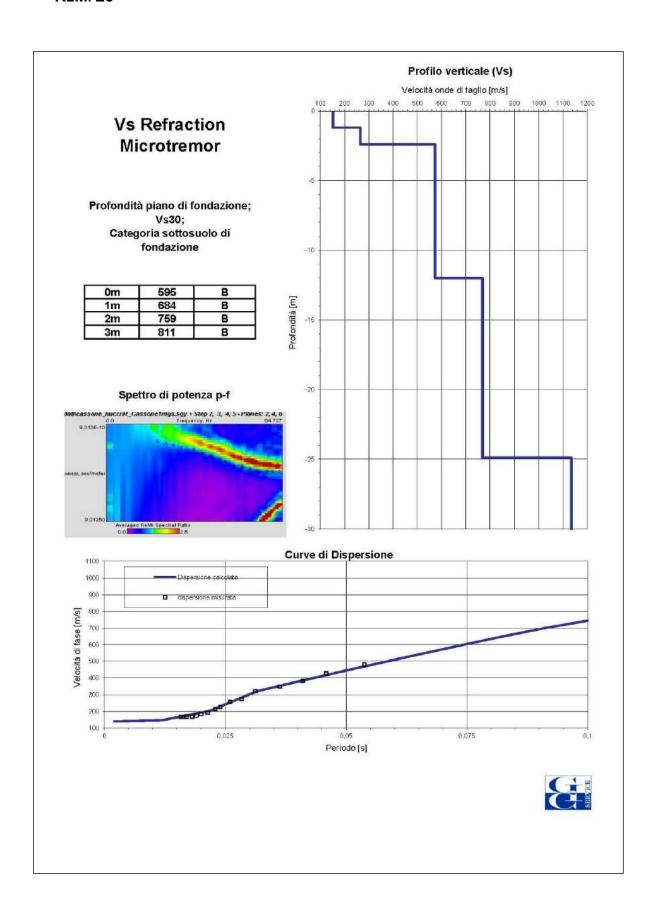


• DATI INDAGINE N. P13

HVSR



ReMIL6



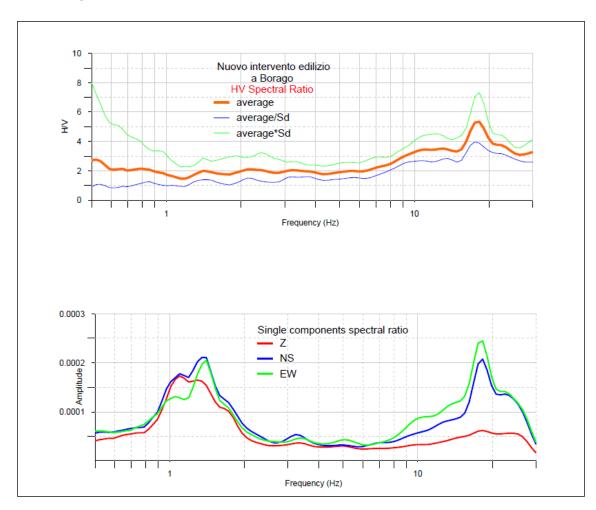
INDAGINI N. P12 – L5

UBICAZIONE

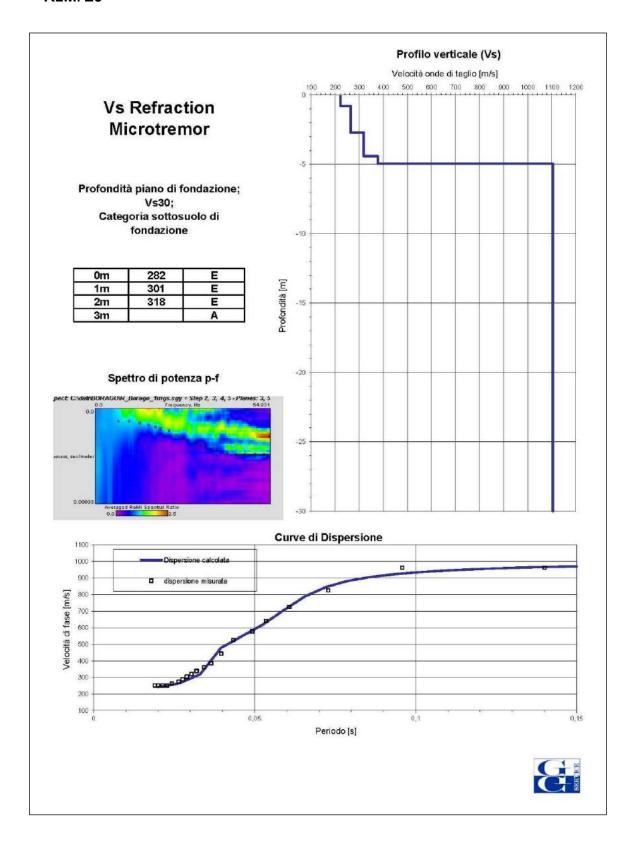


• DATI INDAGINE N. P12

NAKAMURA

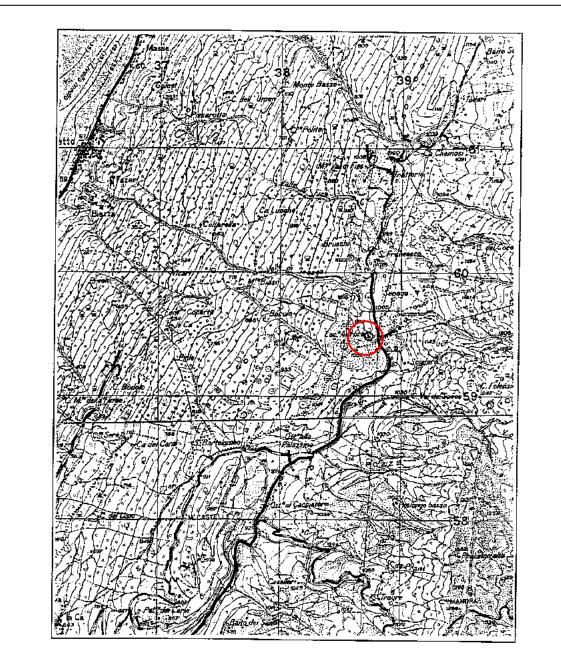


REMI L5



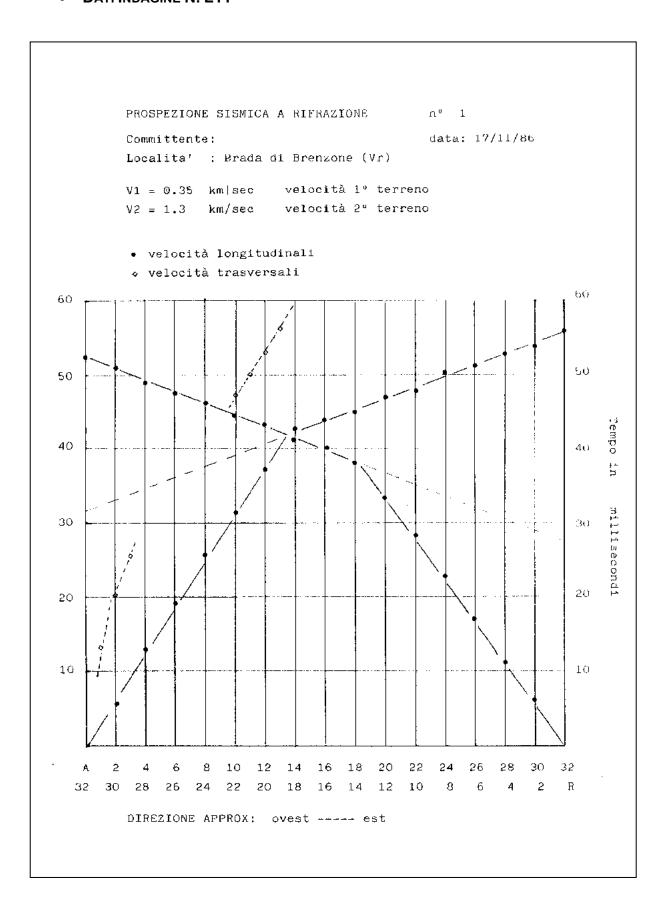
INDAGINI N. L11 - P10

UBICAZIONE



Ubicazione del progetto di ampliamento nell' ambito del territorio del Comune di Brenzone.

• DATI INDAGINE N. L11



PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

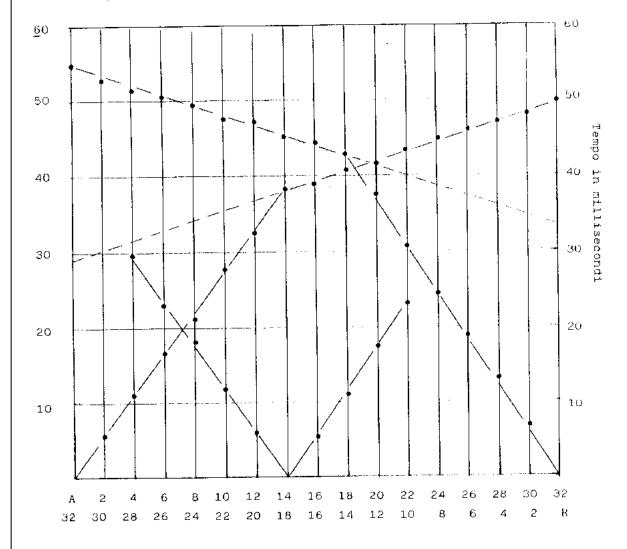
 $n^{o} = 2$

Committente:

Località : Prada di Brenzone (Vr) data: 17/11/86

V1 = 0.36 km|sec velocità 1° terreno V2 = 1.4 km | sec velocità 2° terreno

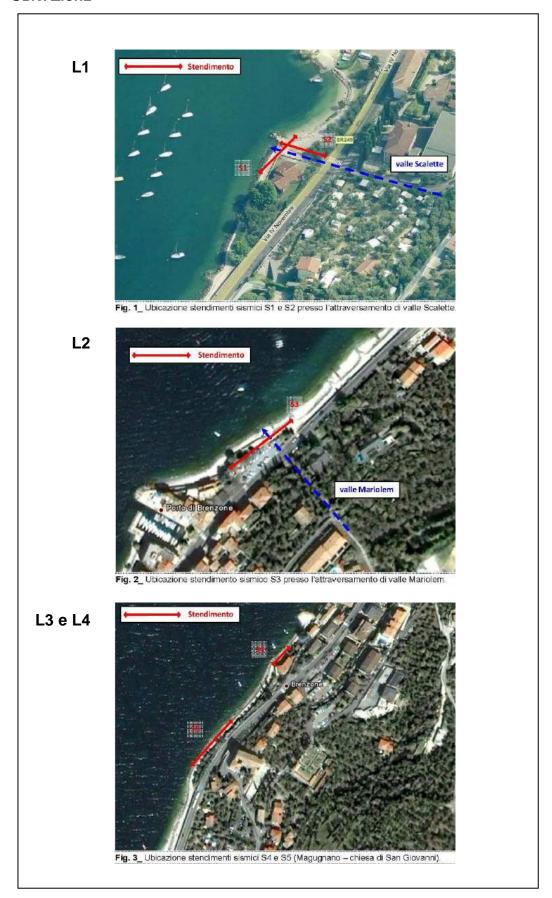
- velocità longitudinali
- velocità trasversali



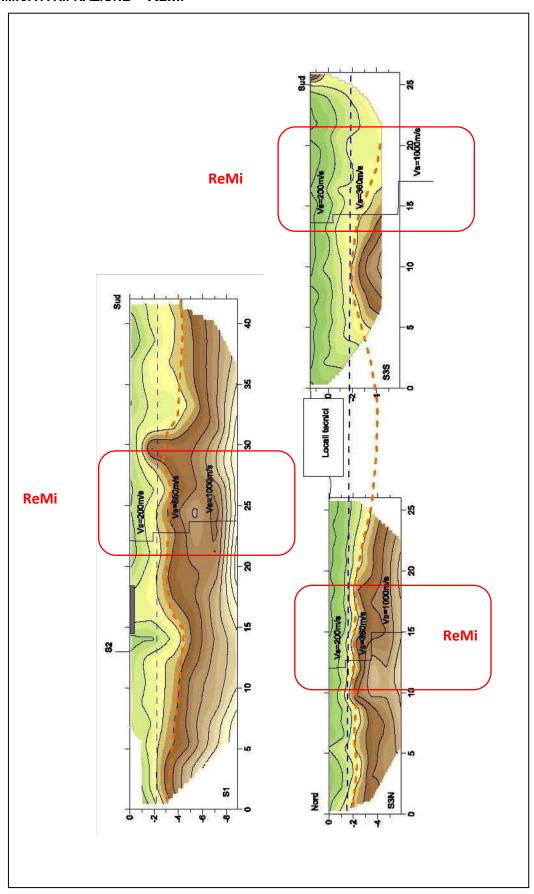
DIREZIONE APPROX: est ---- ovest

INDAGINI N. L1 – L2 – L3 – L4

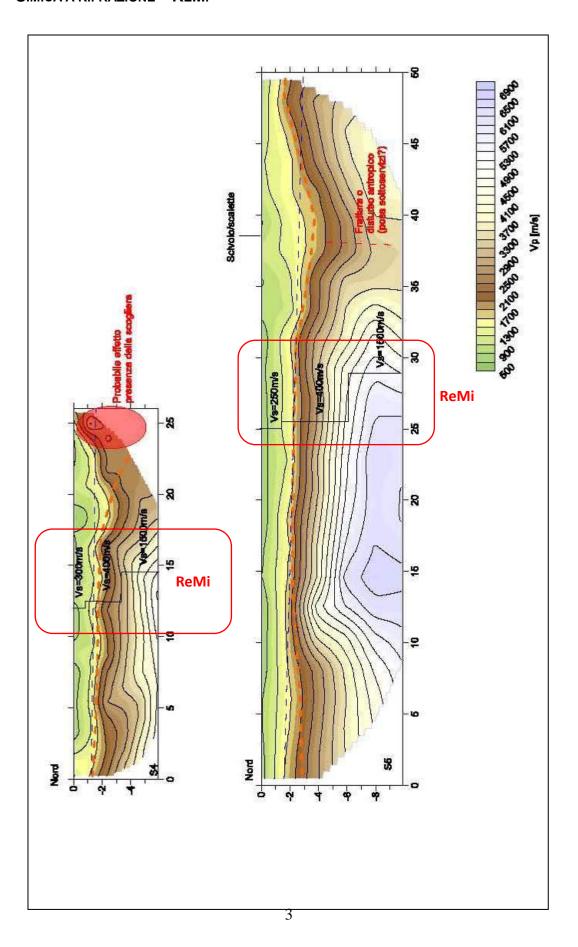
• UBICAZIONE



• DATI INDAGINI N. L1 e L2 SIMICA A RIFRAZIONE + REMI

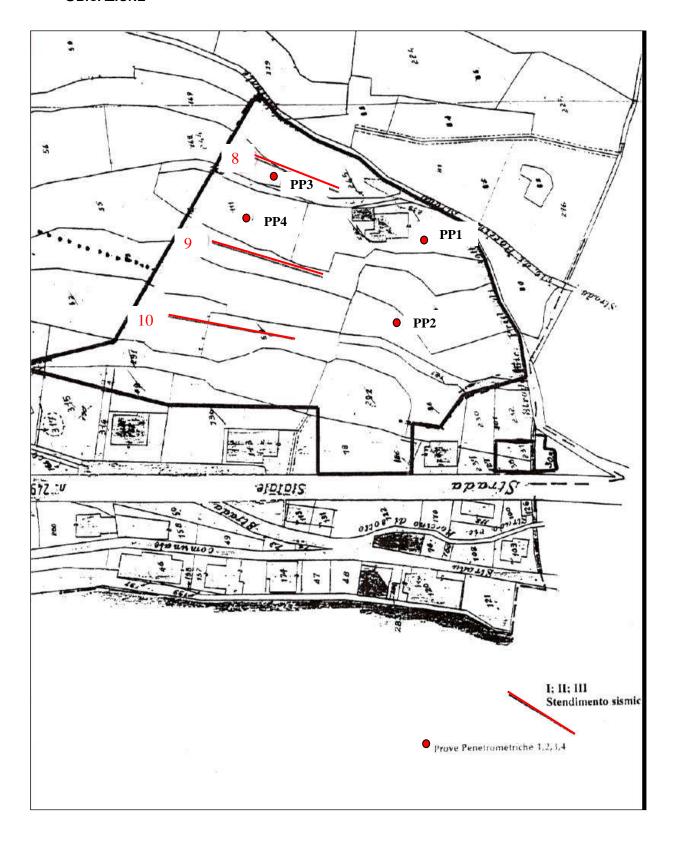


DATI INDAGINI N. L3 e L4 SIMICA A RIFRAZIONE + REMI

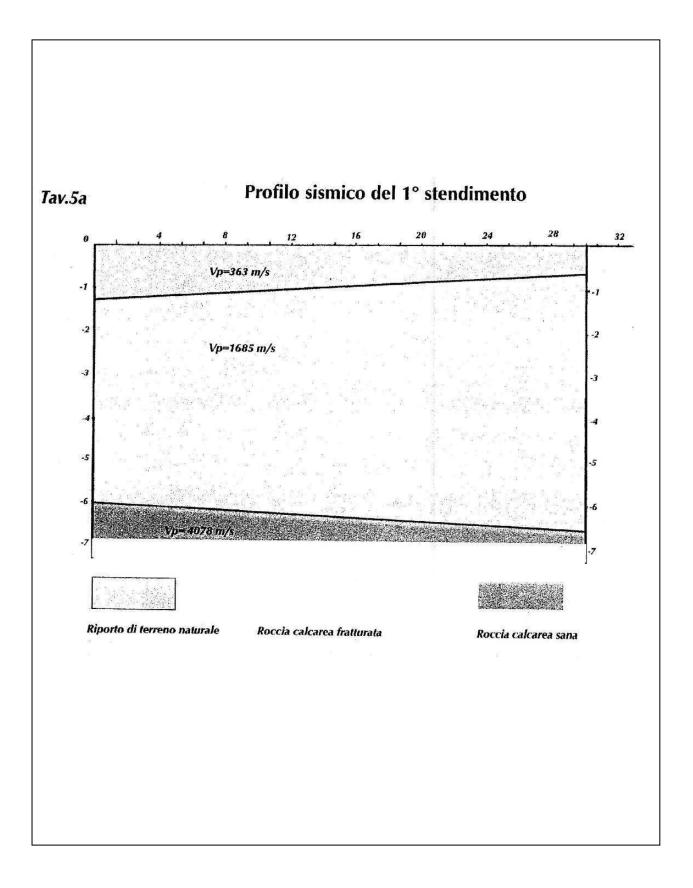


INDAGINI N. P1 - P2 - P3 - P4 - L8 - L9 - L10

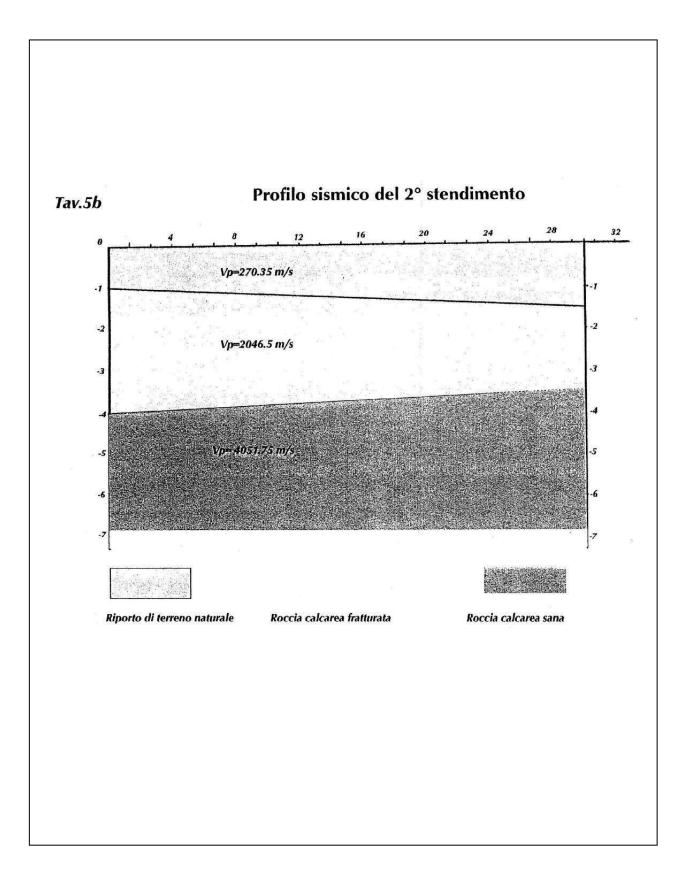
UBICAZIONE



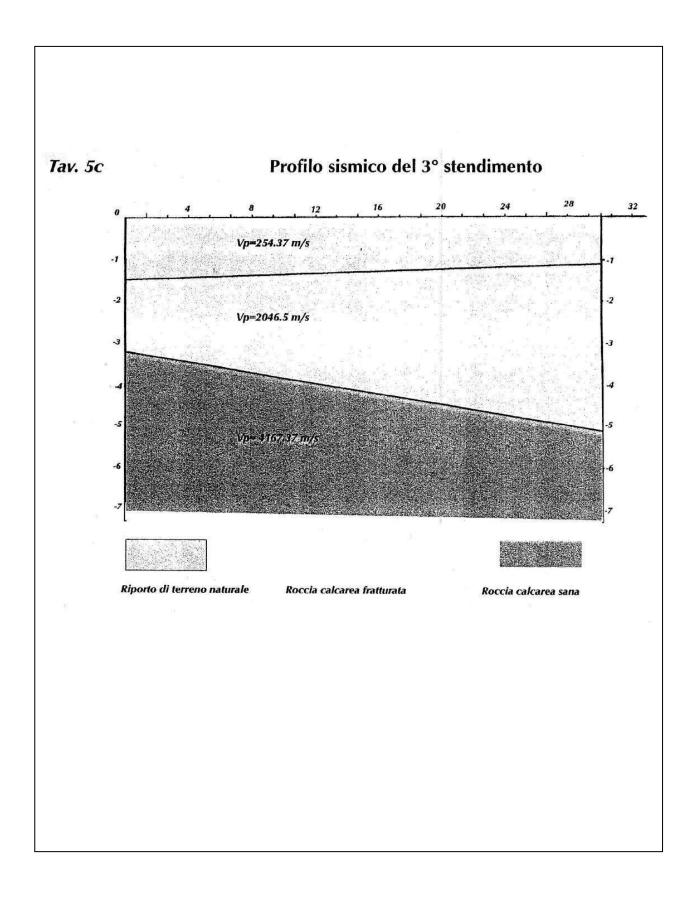
• DATI INDAGINE N. L8



Dati Indagine N. L9

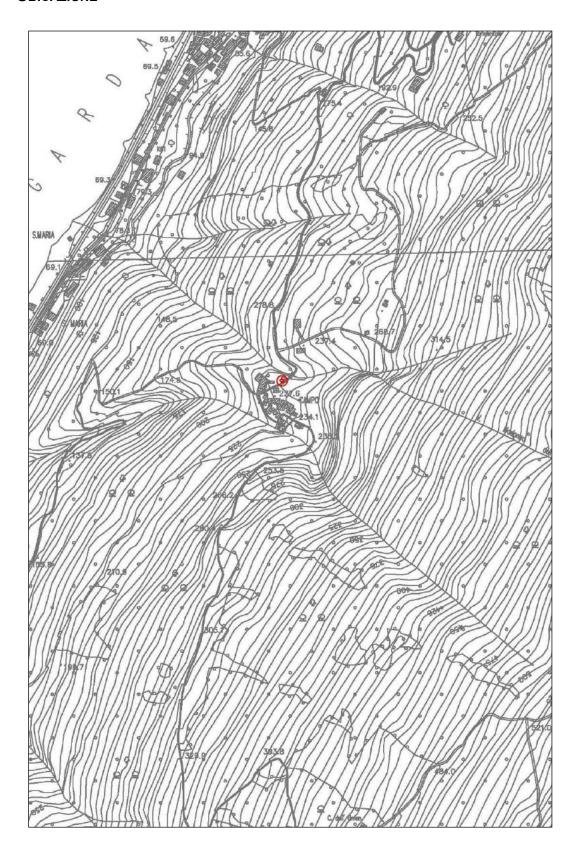


DATI INDAGINE N. L10



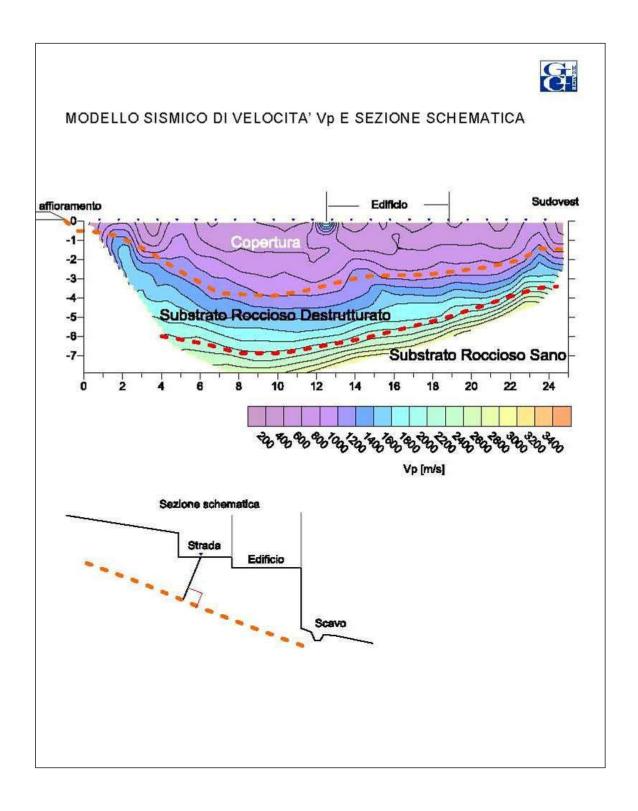
INDAGINI N. L7

UBICAZIONE

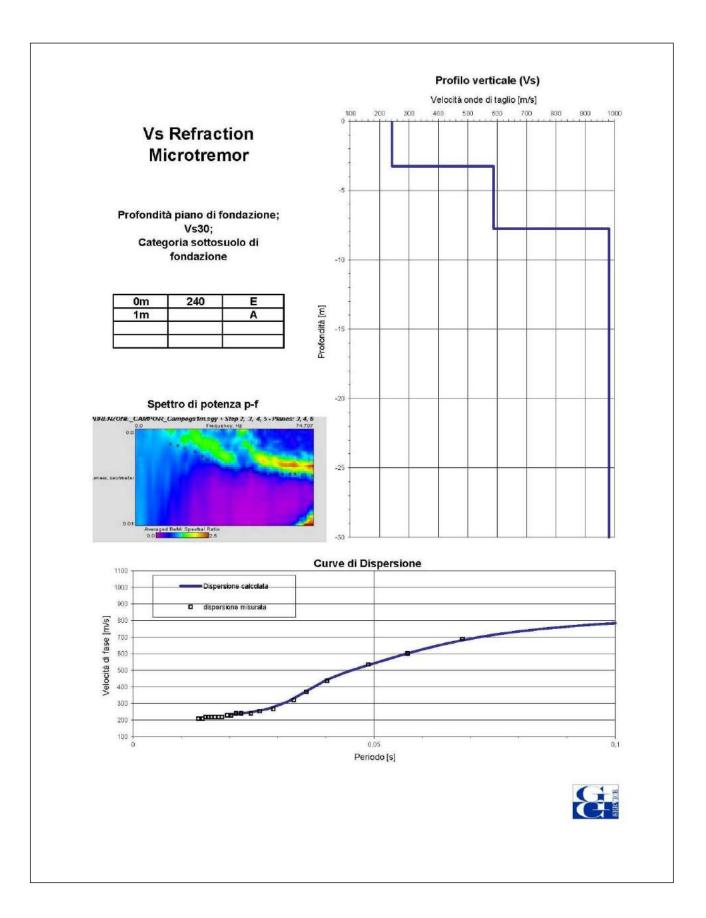


• DATI INDAGINE N. L7

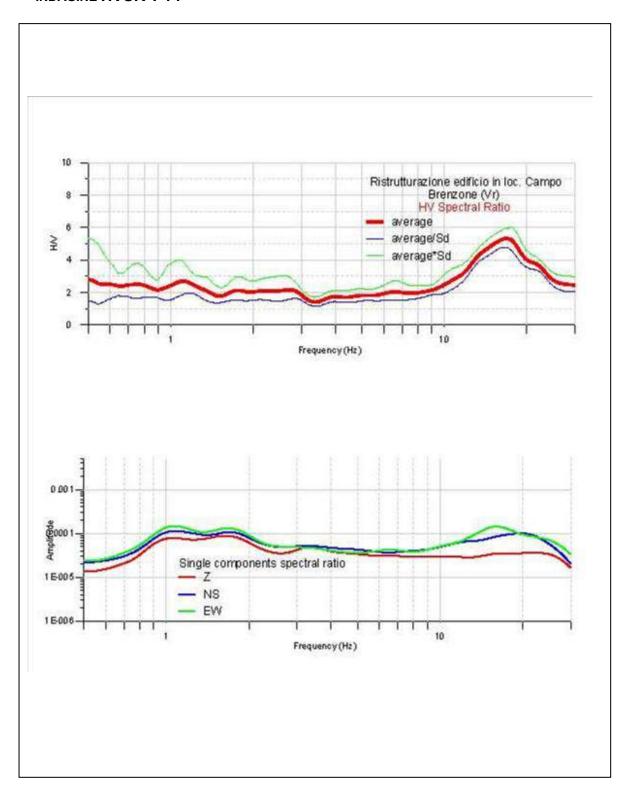
SISMICA A RIFRAZIONE SR-L7



INDAGINE REMI L7

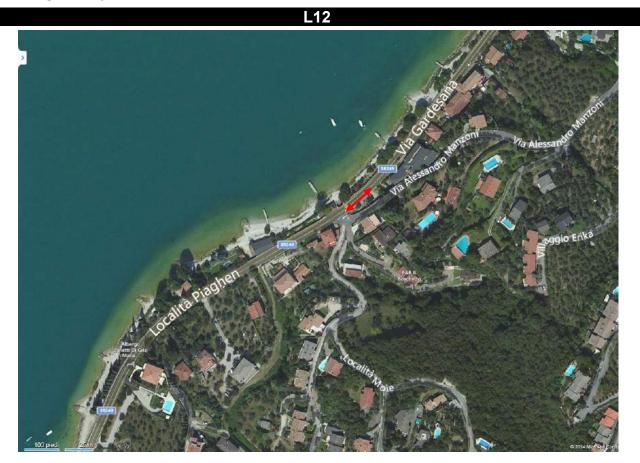


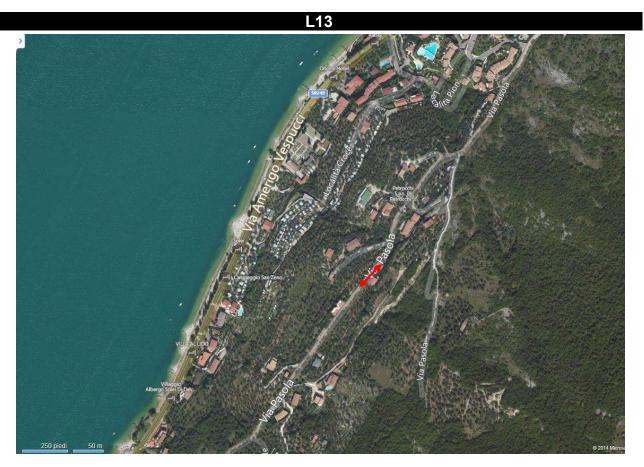
INDAGINE HVSR P14



INDAGINI N. L12 – L13 – L14 – L15

• UBICAZIONE











DATI INDAGINI N. L12 SISMICA PASSIVA TIPO REMI

Via Dante Alighieri 27, 37010 Brenzone VR 45,664081 10,729406

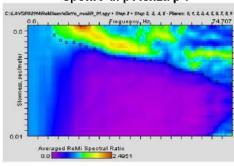
Vs Refraction Microtremor

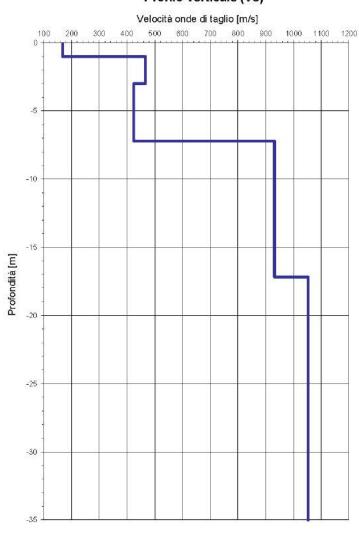
Profondità piano di fondazione; Vsi *; Categoria sottosuolo di fondazione

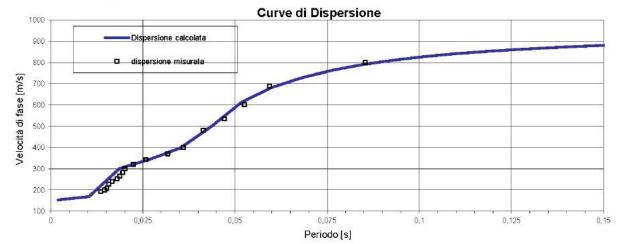
0m	356	E
1m	436	В
2m	431	В
3m	424	В

*i=distanza fondazione bedrock se essa è compresa tra 3 e 21m

Spettro di potenza p-f









• DATI INDAGINI N. L13 SISMICA PASSIVA TIPO REMI

Via Pasola, 37010 Brenzone VR 45,676103 10,742764

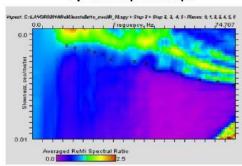
Vs Refraction Microtremor

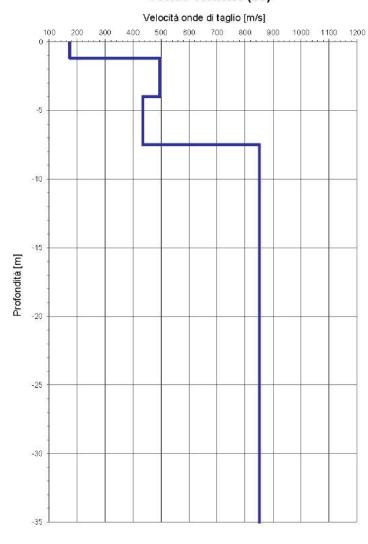
Profondità piano di fondazione; Vsi *; Categoria sottosuolo di fondazione

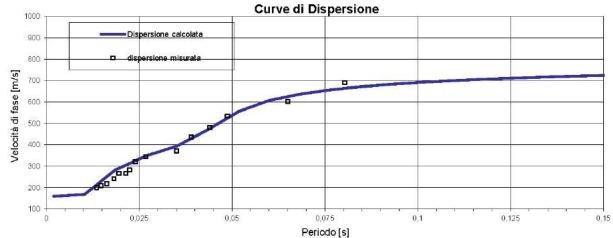
0m	362	В
1m	436	В
2m	453	В
3m	445	В

*i=distanza fondazione bedrock se essa è compresa tra 3 e 21m

Spettro di potenza p-f









• DATI INDAGINI N. L14 SISMICA PASSIVA TIPO REMI

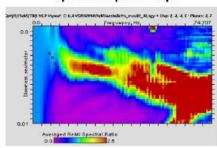
Via del Sole 6, loc. Prada 37010 Brenzone VR 45,675527 10,780917

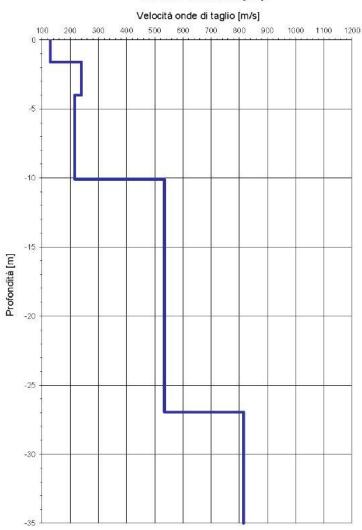
Vs Refraction Microtremor

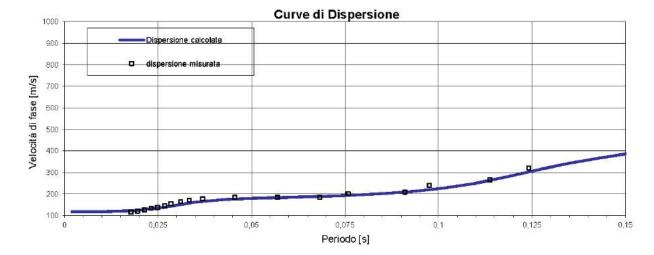
Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione

0m	349	С
1m	378	В
2m	404	В
3m	420	В

Spettro di potenza p-f









• DATI INDAGINI N. L15 SISMICA PASSIVA TIPO REMI

Via del Sole, loc.Prada 37010 Brenzone VR 45,685055 10,782988

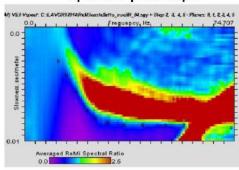
Vs Refraction Microtremor

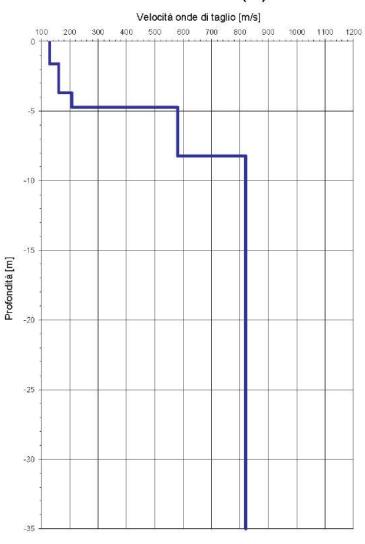
Profondità piano di fondazione; Vsi *; Categoria sottosuolo di fondazione

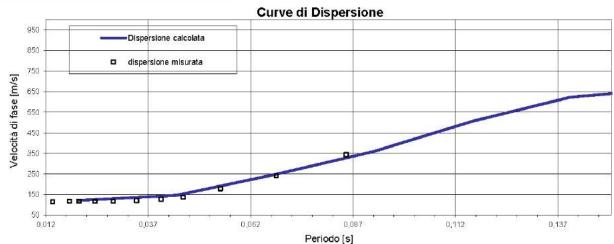
0m	226	E
1m	253	E
2m	290	E
3m	344	E

*i=distanza fondazione bedrock se essa è compresa tra 3 e 21m

Spettro di potenza p-f



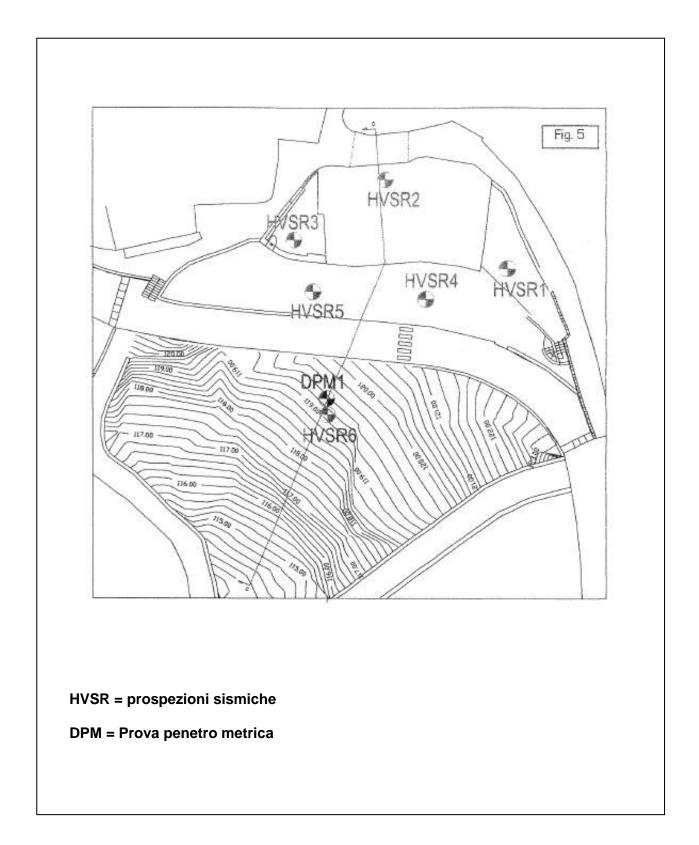






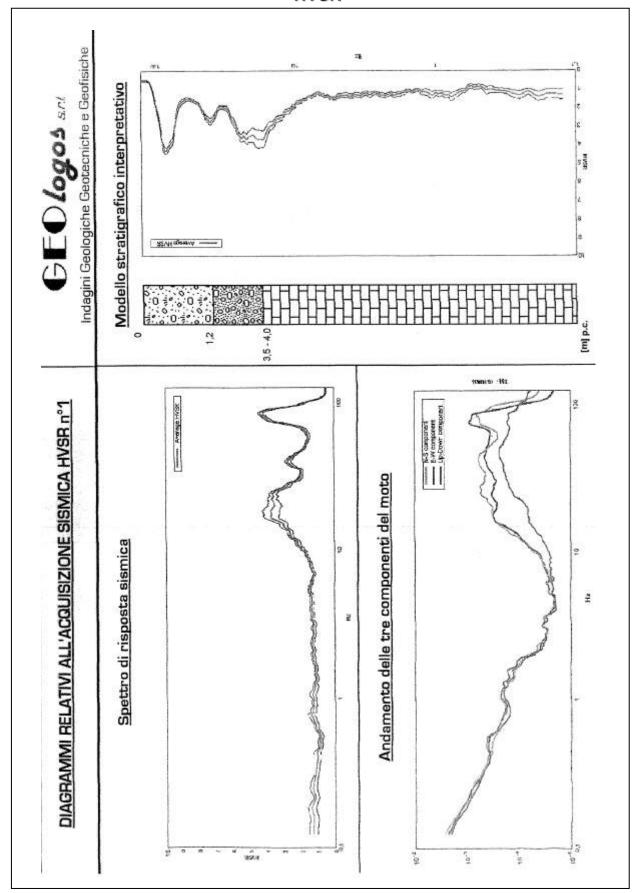


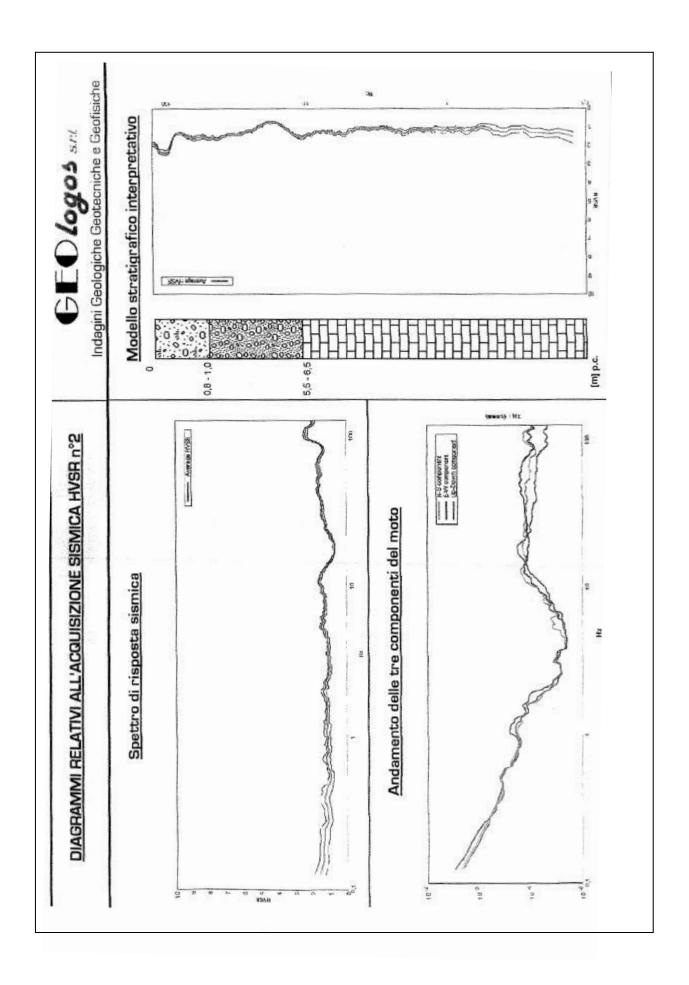
• UBICAZIONE

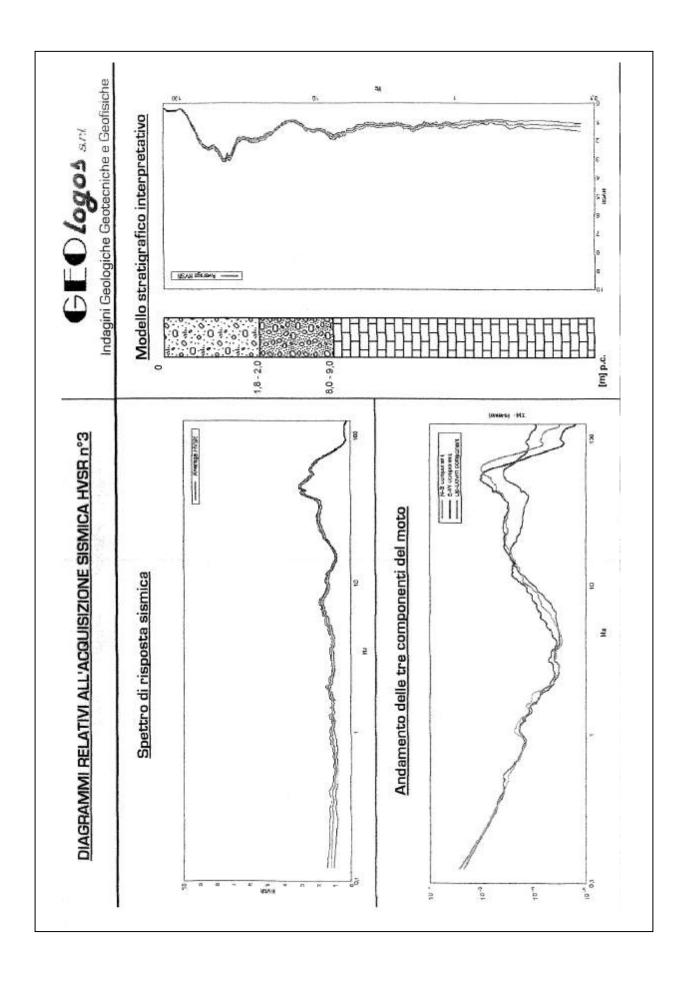


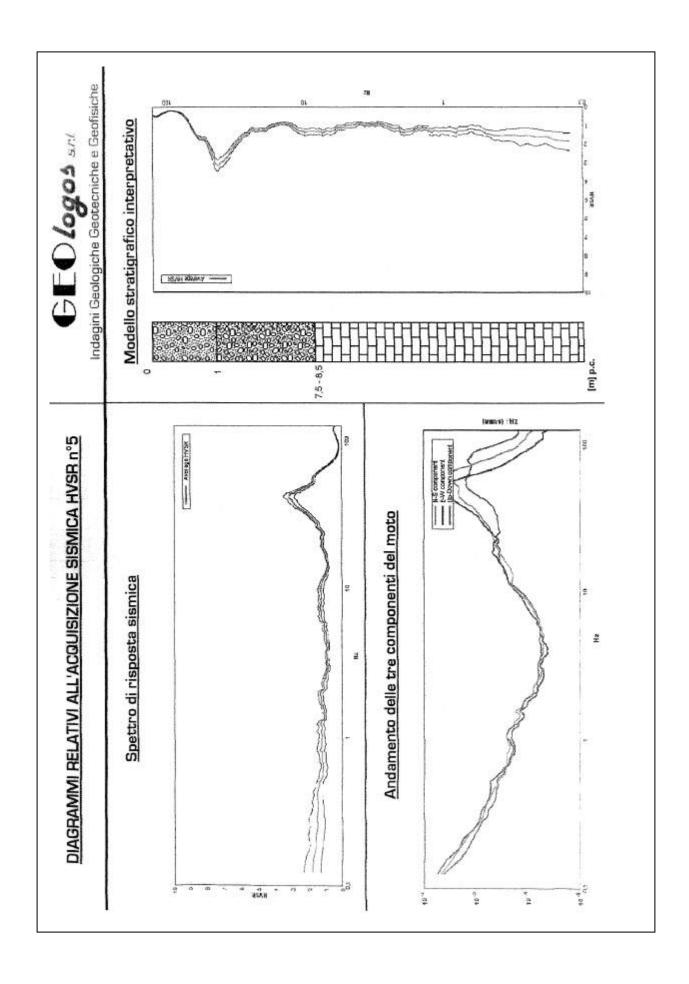
DATI INDAGINI. P11

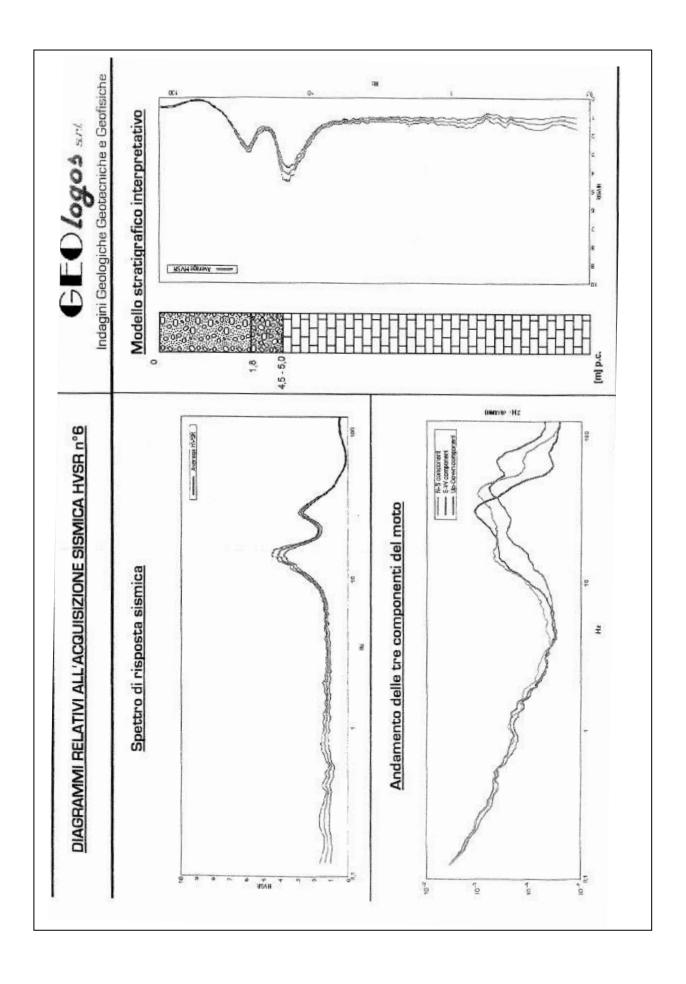
HVSR





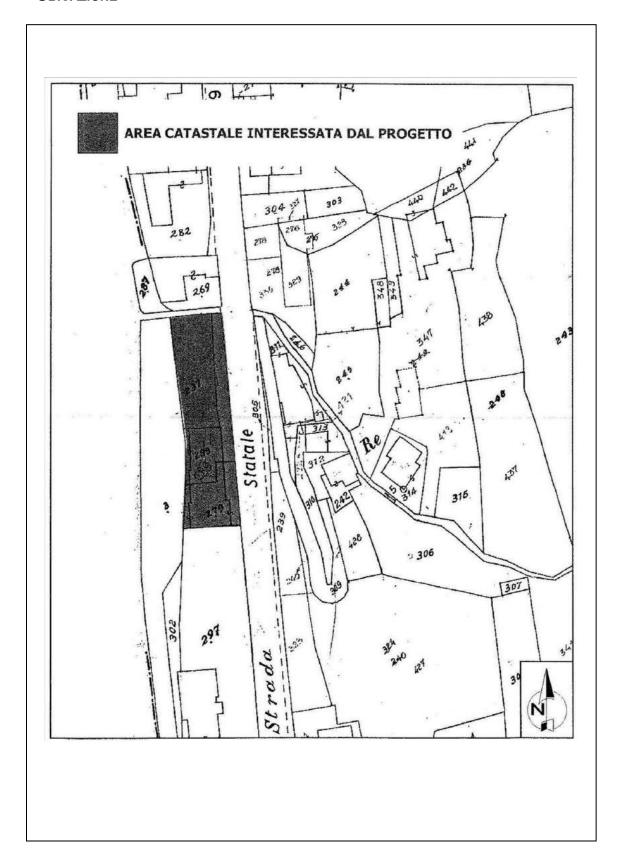






INDAGINI N. P5 - P6

UBICAZIONE



DATI INDAGINE N. P5



Prova 01

RELAZIONE: Geologica-Geotecnica D.M.LL.PP. 11-03-1988 Ordinanza Presidente C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003

ALLEGATO Nº: 05

TITOLO: Interpretazione prove penetrometriche e

documentazione fotografica

PROGETTO: per la ristrutturazione e cambio destinazione d'uso da alberghiera a residenziale di un

ex-hotel denominato Silvanella

LOCALITA': "Brenzone" COMUNE: Brenzone

COMMITTENTE: Blu Immobiliare s.r.l.

DATI PROVA PENETROMETRICA

CERTIFICATO Nº1:

VALORI NP

GRAFICO NP

CERTIFICATO N°2:

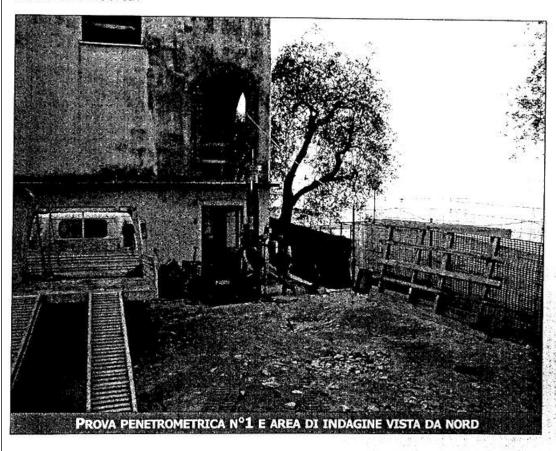
STRATIGRAFIA

CERTIFICATO N°3:

PARAMETRI GEOTECNICI

CERTIFICATO Nº4:

COLONNA STRATIGRAFICA



Dott. Geol. Lino Munari Milana, 13-37017 Lazise (VR)-045.6470519

Committente: Impresa Bellè

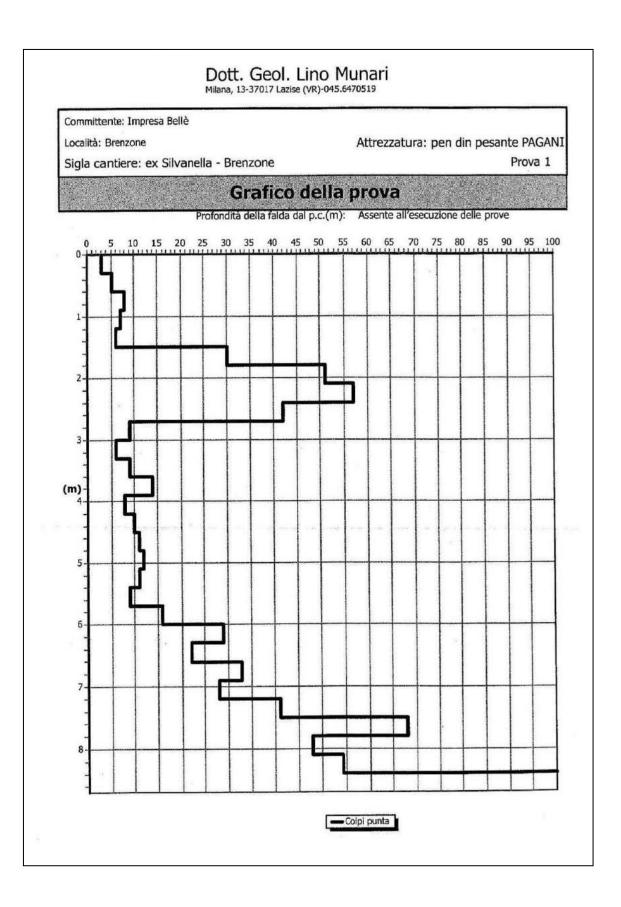
Attrezzatura: pen din pesante PAGANI Località: Brenzone

Sigla cantiere: ex Silvanella - Brenzone

Prova 1

to della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato 3	N.colpi del	N, colpi SPT	N. colpi del
0,3	3	A Company of the State	1 3	
0,6	5		6	
0,9	8		9	
1,2	7		8	
1,5	5		7	
	30		35	
1,8 2,1	51		59	
2,4	57		66	
	42		49	
2,7 3	9		10	
3,3	6		7	
	9		10	
3,6	14		16	
3,9 4,2	8		9	
	10		12	
4,5	11		13	
4,8	12		14	
5,1	11		13	
5,4	9		10	
5,7 6	16		19	
	29		34	
6,3	29		26	
6,6			38	
6,9	33	VALUE OF THE PARTY	32	NO BOTH WORKS AND THE SHEET
7,2	28			
7,5	41		48	
7,8	68		79	
8,1	48		56	
8,4	54	المراجعة ا	63	
8,7	100		116	



Committente: Impresa Bellè		CTCO CLOSED (AN) DEED (AD) CTC OT I		
Località: Brenzone Sigla cantiere: ex Sil	Località: Brenzone Sigla cantiere: ex Silvanella - Brenzone		Attrezzatura: pen din pesante PAGANI	AGANI Prova 1
		Stratig	Stratigrafia della prova	
Profondita Nspt medio (m) equiv.	Nspt medio Resist dinam, equiv. (kg/cmq)		. Descrizione litalogica	Comport, Correzione meccanica litologica
	55,89		128	0 1
	380,97	Total Control of the	Ghiaia sabbiosa e ciottoli	0 1
7,	66,82		Sabbia Ilmosa	
+	157,88		Guidia Ilmoso-sabbiosa	
8,7 116	601,78	5	Ghiala e ciottoli/Substrato roccioso	0 0 1
	Comportan	Comportamento meccanico dello strato; $0 = incoerente - 1 = coesivo$	nte - 1 = coesivo Profondità della falda (m):	falda (m): Assente all'esecuzione delle prove
Peso del maglio (kg): 73,5	(g): 73,5	Passo di lettura (cm): 30	Volata del maglio (cm): 75	Profondità di partenza (m): 0,3
Peso delle aste (kg):	g): 6,2	Lunghezza della prova (m): 8,7	Diametro della punta (cm): 5,1	Fattore di correzione strumentale: 1,16

Dott. Geol, Lino Munari Milana, 13-37017 Lazise (VR)-045.6470519

Committente: Impresa belle	CHES MINPICOS			9									
Località:	Località: Brenzone					Att	trezzatura:	Attrezzatura: pen din pesante PAGANI	ante PAGAN	¥			
Sigla cani	tiere: ex Silva	Sigla cantiere: ex Silvanella - Brenzone		#15.0m								Prova 1	
				Para	metri	Parametri geotecnici	cnici						
						Daco di		op god		Modulo	Children	Moduli	
Profondità base	Nspt medio	Nspt medio an unloub. Describione Wolnding delle strefts	Velocità onde S	Rapporto	Angolo	volume neturale	Densità relativa	23 6 7 6 7 6 7		edom. coestvi	O. dinamico C. di taglio	1	nt strato
strato(m)	Pilling and the	ACCUSTOM	reval.			000)	8	Roycong)	n n	(dund)	5 5 2	lg) (kg/e	
1,5	7	Limo sabbioso	96	0,16	25	1,78	22	165			261	. 20	0,13
2,7	52	Ghiaia sabbiosa e ciottoli	166	0,87	43	2,04	85	7887		Stern Control	888	369	6 0,39
5,7	11	Sabbia limosa	147	0,14	87	1,71	46	310			344	78	72,0
7,2	30	Ghiaia limoso-sabbiosa	189	0,3	36	1,88	89	1359		97600000	635	213	3
8,4	62	Ghiaia limoso-sabbioso-	223	95'0	45	2,04	85	3540			686	440	0 1,43
87	116	Ghiaia e ciottoli/Substrato	253	0.97	45	2.04	85	3278			1450	824	4

Impresa Bellè Milana, 13 37017 Lazise (VR) 045.6470519 linomunari@geologo.com

Località: Brenzone

Scala 1:100

Data:

Sigla: ex Silvanella - Brenzone/

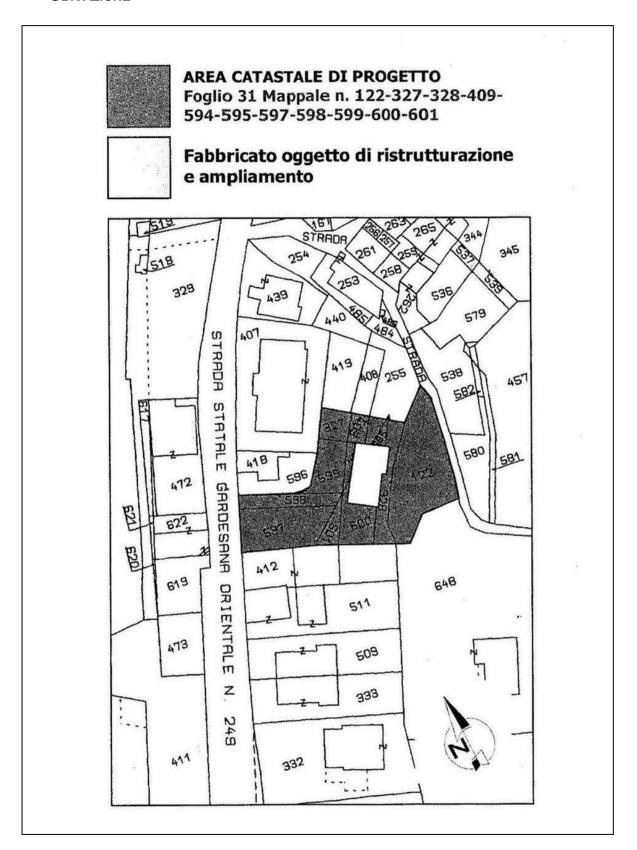
Quota dal p.c.(m):

Attrezzatura: pen din pesante PAGANI

Profon dità (m)	Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE	Vs (m/s)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito(º
1,50		Limo sabbioso	96	1,78	57	25
1,20 2,70	£2, 4	G hiała sabbiosa e ciotrofi	166	2,04	85	43
3,00		Sabba limosa	147	1,71	46	28
1,50 7,20		Ghiala ilmoso-sabbiosa	189	1,88	68	36
1,20 8,40 0,30 8,70		Ghiala limoso-sabbloso-argillosa e clottoli	223	2,04	85	45
P.30 8, Ala		Ghiula e ciotto Il Substrato roccioso	253	2,04	85	45
						*
		(4)				
	100					

INDAGINI N. P7 e P8

UBICAZIONE



• DATI INDAGINE N. P8



Prova 02

ALLEGATO Nº: 05

TITOLO: Interpretazione prove penetrometriche e

documentazione fotografica

PROGETTO: ristrutturazione e ampliamento con ricavo

nuove unità immobiliari in fabbricato

LOCALITA': "Castelletto" COMUNE: Brenzone (VR)

COMMITTENTE: Sigg. Brighenti Valerio, Maria Luisa, Bruna

DATI PROVA PENETROMETRICA

CERTIFICATO Nº1:

VALORI NP

GRAFICO NP

CERTIFICATO N°2:

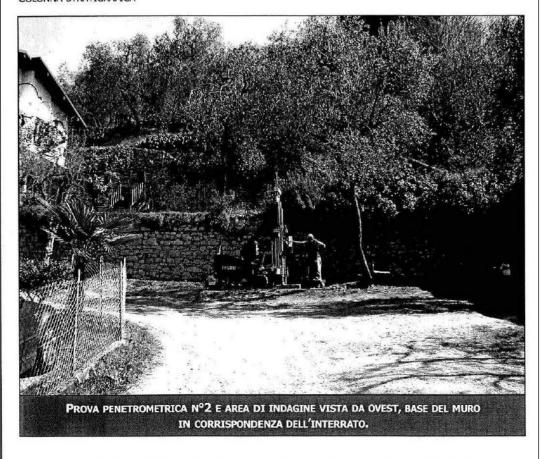
STRATIGRAFIA

CERTIFICATO N°3:

PARAMETRI GEOTECNICI

CERTIFICATO N°4:

COLONNA STRATIGRAFICA



Dott. Geol. Lino Munari Milana, 13-37017 Lazise (VR)-045.6470519

Committente: Sigg. Brighenti

Località: Brenzone Attrezzatura: pen din pesante PAGANI

Sigla cantiere: Tronconi-Brighenti

Prova 2

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0,3	4	CONTROL STREET,	5	ATT TO THE RESERVE OF THE PROPERTY OF THE PROP
0,6	3		3	
0,9	8		9	
1,2	27		31	
1,5	62		72	
1,8	45		52	
2,1	25		29	
2,4	13		15	
2,7	25	SI I Mason September 1971	29	
3	53		61	
3,3	100		116	

Data 13 04 2006

		Dot Milana,	Milana, 13-37017 Lazise (VR)-045.6470519		
Committente: Sigg. Brighenti Località: Brenzone Sigla cantiere: Tronconi-Brighenti	s: Sigg. Brigl nzone e: Tronconi-l	henti Brighenti		Attrezzatura: pen din pesante PAGANI	AGANI Prova 2
			Stratig	Stratigrafia della prova	
Profondità Nspt medio (m) equiv.		Resist.dinam. (kg/cmq)		Descrizione litologica	Comport. Correzione meccanico litologica
6'0	9	50,16		Limo sabbioso	1 0 1
1,2	31	253,21		Ghiaia limoso-sabbiosa	1 0
1,8	62	484,17	Ghía	Ghiaia limoso-sabbioso-argillosa e ciottoli	0 1
2,7	24	175,83		Ghiaia limoso-sabbiosa	
3,3	116	437,00	9	Ghiala IIIIOSO-Sabbioso-al gillosa e clottoli Ghiala e ciottoli/Substrato roccioso	0 0
		Comportar	Comportamento meccanico dello strato: $0 = incoerente - 1 = coesivo$	nte - 1 = coesivo Profondità della falda (m):	falda (m); assente
Peso del n	Peso del maglio (kg): 73,5	73,5	Passo di lettura (cm): 30	Volata del maglio (cm): 75	Profondità di partenza (m): 0,3
Peso delle	Peso delle aste (kg):	6,2	Lunghezza della prova (m): 3,3	Diametro della punta (cm): 5,1	Fattore di correzione strumentale: 1,16

Committee	Committente: Sigg. Brighenti	ghenti												
Località: Brenzone Sigla cantiere: Tro	Località: Brenzone Sigla cantiere: Tronconi-Brighenti	ni-Brighenti				¥	trezzatura	: pen din	Attrezzatura: pen din pesante PAGANI	SANI	Prov	Prova 2		
				Para	Parametri geotecnici	geote	cnici							
Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	R. Chas	Modulo dinamico di taglio in (kg/cmq) (Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres.eff. a meta strato (kg/cmq)
6.0	9	Limo sabbioso	82	0,16	24	1,81	29	134			2	237	43	80′0
1.2	31	Ghiaia limoso-sabbiosa	133	0,65	37	2,16	85	1426			9	647	220	0,2
1,8	62	Ghiaia limoso-sabbioso-	160	1,15	45	2,16	85	3540			6	686	440	0,29
2,7	24	Ghiaia limoso-sabbiosa	148	86,0	34	2,1	77	776			2	554	170	0,45
3	61	Ghiaia limoso-sabbioso-	182	88′0	45	2,16	85	3480			6	626	433	0,58
3,3	116	Shiaia e ciottoli/Substrato	207	1,6	45	2,16	85	3278			14	1450	824	0,64

Sigg. Brighenti

Milana, 13 37017 Lazise (VR) 045.6470519 linomunari@geologo.com

Località: Brenzone

Scala 1:100

Data: 13 04 2006

Attrezzatura: pen din pesante PAGANI

Sigla: Tronconi-Brighenti/

Quota dal p.c.(m):

Quota della falda dal p.c.(m): assente

Profon dità (m)	Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE	Vs (m/s)	Peso di volume naturale(t/mc)	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito(°)
0,90	; } }	Limo sabbioso	85	1,81	59	24
0,30 1,20		Ghiaia limaso-sabbicsa	133	2,16	85	37
0,60	· · · · · · ·	Ghiaia limoso-sabbicso-arqillosa e ciottoli	160	2,16	85	45
0,90	بي ه وجون	Ghiais limoso-sabbiosa	140			
0,30 3,00		Ghiais limoso salobioso-argillosa e cictibli	148 182	2,1	77 85	34
		Ghiala e clottoli/Substrato roccioso	207	2,16 2,16	85	45 45
	*					

Schede indagini HV Livello 2

numero	località	indagine
23	Via Are	BRZ-HV1
24	Via Benaco	BRZ-HV2
25	Via Ca Romana	BRZ-HV3
26	Via Del <u>loc</u>	BRZ-HV4
27	Via degli <u>Ivani</u>	BRZ-HV5
28	Via del Dosso	BRZ-HV6
29	Via San Vito	BRZ-HV7
30	Via Fasor	BRZ-HV8
31	Via Pasola	BRZ-HV9
32	Via Pion	BRZ-HV10
33	Via Loc Pian	BRZ-HV11
34	Via Salto	BRZ-HV12
35	Via Giardino	BRZ-HV13
36	Via la Pianta	BRZ-HV14



BRENZONE Via Are

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 28/10/17 16:02:42 End recording:

28/10/17 16:22:42

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

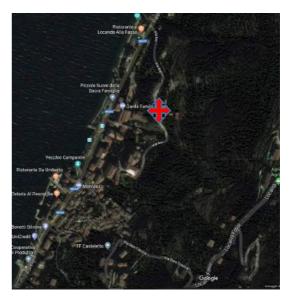
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

entire trace.

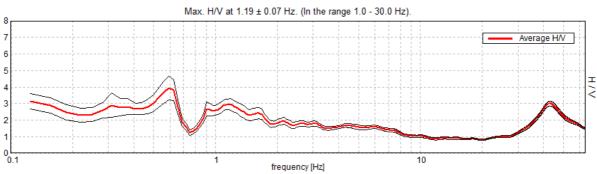
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

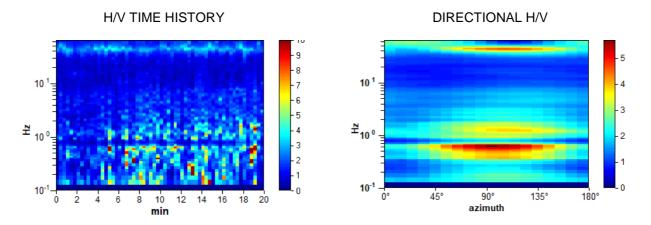
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

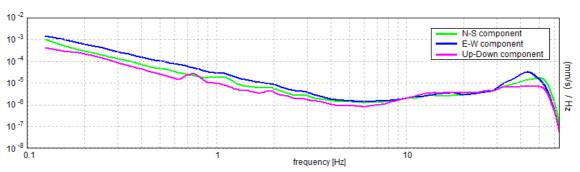


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

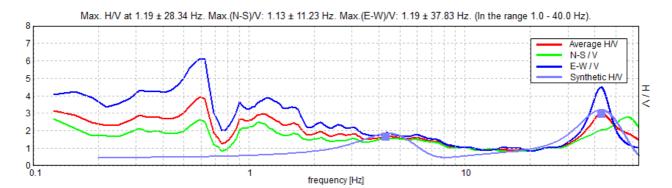




SINGLE COMPONENT SPECTRA

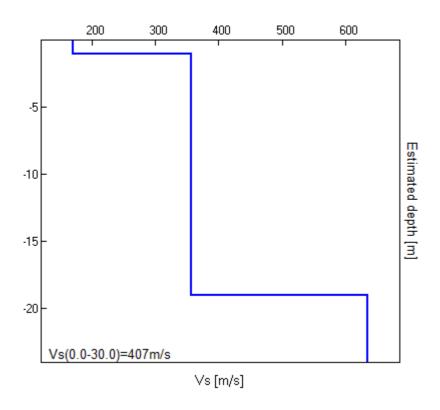


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	170	0.42
19.00	18.00	356	0.40
inf.	inf.	635	0.35

Vs(0.0-30.0)=407m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.19 ± 0.07 Hz (in the range 1.0 - 30.0 Hz).

01100110	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	1.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1425.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 58 times	OK	
.,			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		·
	•	OK	
[At least	5 out of 6 should be fulfilled]	OK	NO
[At least Exists f - in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f -) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 0.781 Hz	-	NO NO
[At least Exists f \dot{f} in [f ₀ /4, f ₀] A _{H/V} (f \dot{f}) < A ₀ / 2 Exists f \dot{f} in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f \dot{f}) < A ₀ / 2	5 out of 6 should be fulfilled] 0.781 Hz 2.95 > 2	-	

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

	Thre	shold values for	σ_f and $\sigma_A(f_0)$		
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Benaco

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 12:41:55 End recording:

29/10/17 13:01:55

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on

the entire trace.

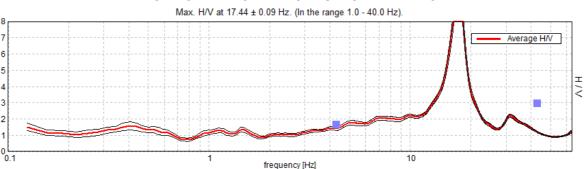
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

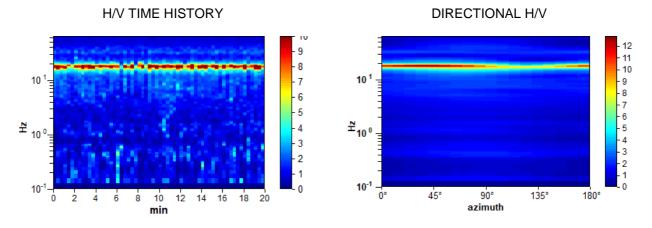
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

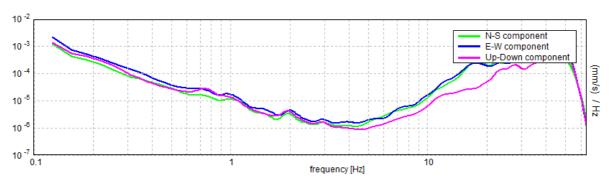


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

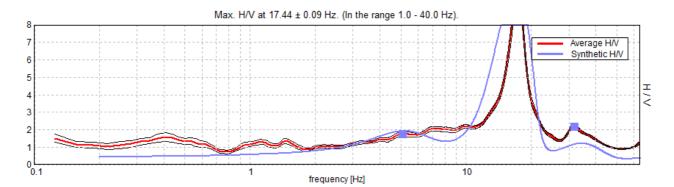




SINGLE COMPONENT SPECTRA

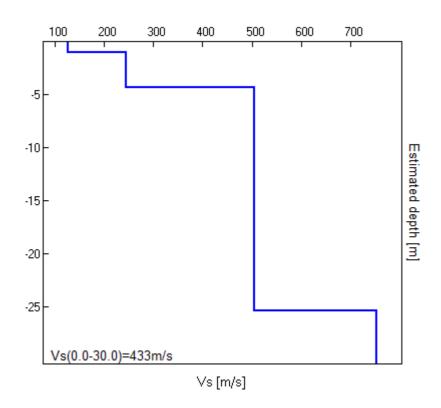


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	127	0.42
4.30	3.30	245	0.42
25.30	21.00	504	0.38
inf.	inf.	753	0.30

Vs(0.0-30.0)=433m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 17.44 ± 0.09 Hz (in the range 1.0 - 40.0 Hz).

	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	17.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	20925.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 838 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$			
[At least s	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
		ОК	
[At least s	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	
[At least 8] Exists f in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 15.094 Hz		
[At least f^{-} in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^{-}) < A_0 / 2$ Exists f^{+} in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^{+}) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 15.094 Hz 19.313 Hz	OK	
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	15.094 Hz 19.313 Hz 10.04 > 2	OK OK	

L _w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
O f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency fo
A _{H/√} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f -	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
$\sigma_{A}(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
$\sigma_{\text{logH/V}}(f)$	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

	Thre	shold values for	σ_f and $\sigma_A(f_0)$		
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 – 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f ₀) [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Ca' Romana

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 08:46:37 End recording:

29/10/17 09:06:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

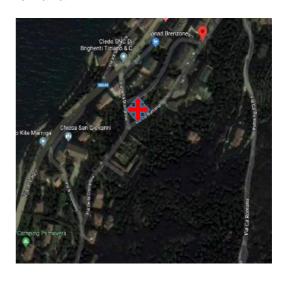
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

entire trace.

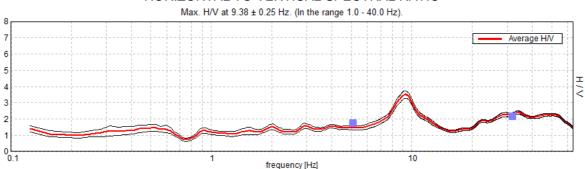
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

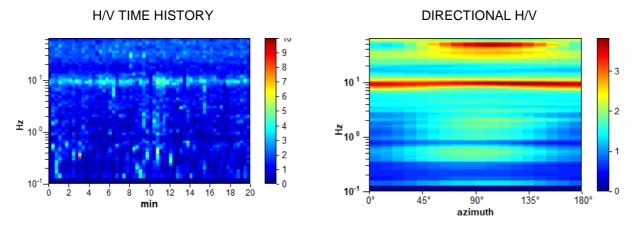
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

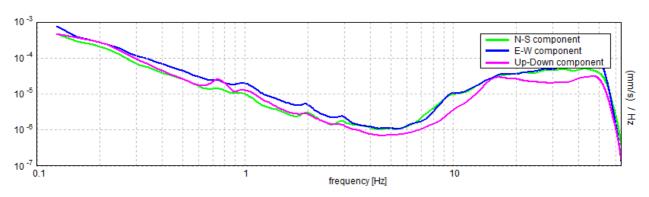


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

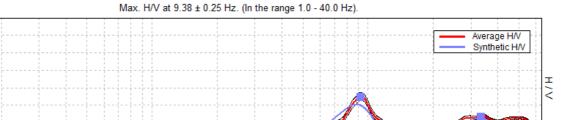




SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

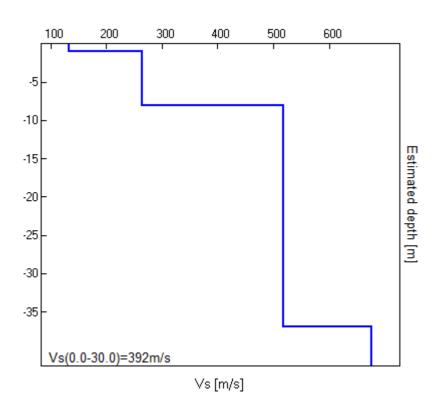


10

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	133	0.42
8.00	7.00	264	0.42
37.00	29.00	517	0.35
inf.	inf.	676	0.30

frequency [Hz]

Vs(0.0-30.0)=392m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 9.38 ± 0.25 Hz (in the range 1.0 - 40.0 Hz).

	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	9.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11250.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 451 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
		ОК	
[At least s	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	
[At least 8] Exists f ⁻ in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 6.688 Hz		
[At least f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.688 Hz 12.75 Hz	OK	
[At least f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	6.688 Hz 12.75 Hz 3.50 > 2	OK OK	

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Del Loc

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 28/10/17 17:15:45 End

recording: 28/10/17 17:35:45

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

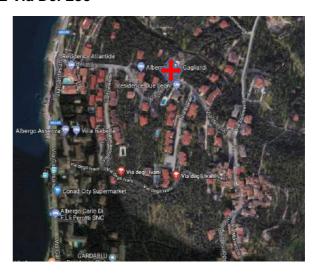
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

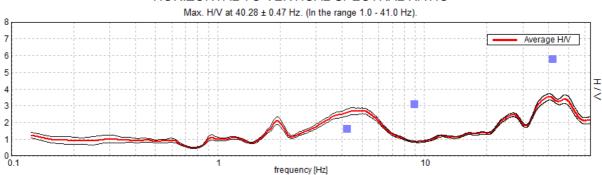
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

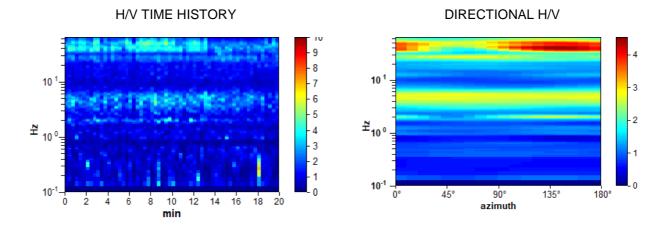
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

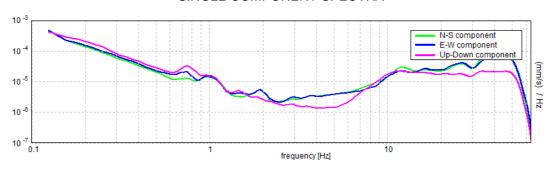


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

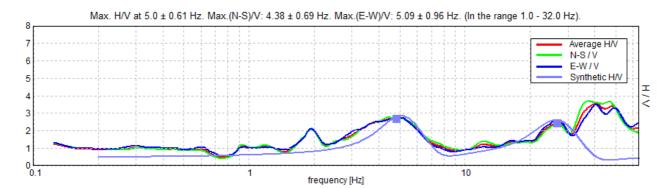




SINGLE COMPONENT SPECTRA

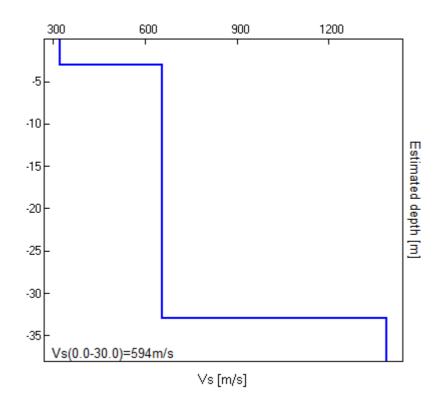


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio	
3.00	3.00	320	0.42	
33.00	30.00	656	0.35	
inf.	inf.	1390	0.30	

Vs(0.0-30.0)=594m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 40.28 ± 0.47 Hz (in the range 1.0 - 41.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	40.28 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	48337.5 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1404	OK		
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	times			
5A(1)			1	
Criteria	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
Criteria		ОК		
Criteria [At least s	5 out of 6 should be fulfilled]	ОК	NO	
Criteria [At least f^{-} in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^{-}) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO	
Exists f ⁻ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 22.375 Hz	-	NO	
Exists f ⁻ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 22.375 Hz 3.54 > 2	ОК	NO	

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Degli Ivani

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 28/10/17 16:49:57 End

recording: 28/10/17 17:09:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

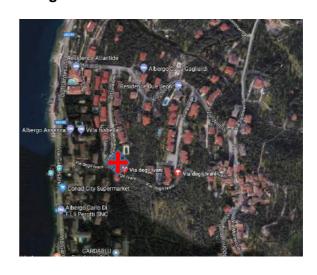
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

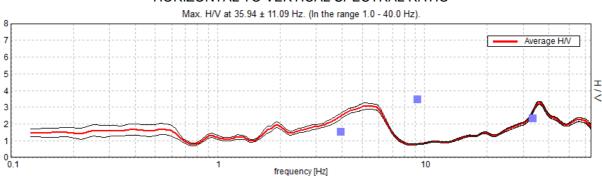
on the entire trace. Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

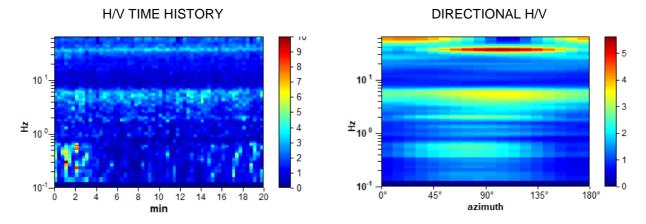
Smoothing type: Triangular window

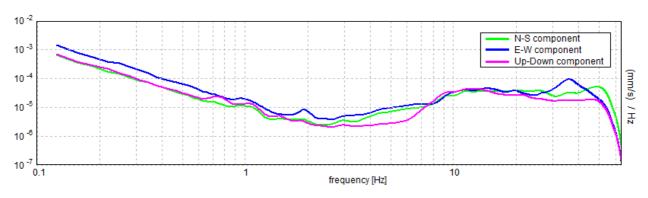
Smoothing: 10%



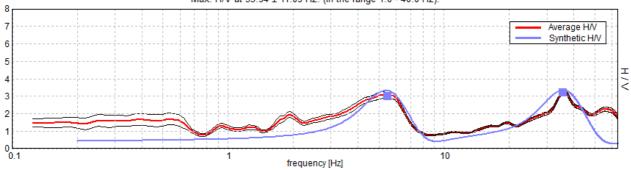
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO





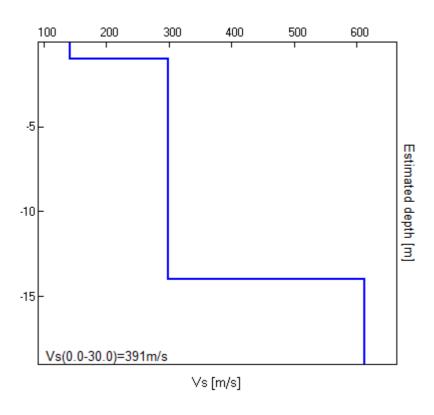


Max. H/V at 35.94 \pm 11.09 Hz. (In the range 1.0 - 40.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	141	0.42
14.00	13.00	299	0.42
inf.	inf.	613	0.35

Vs(0.0-30.0)=391m/s



Max. H/V at 35.94 ± 11.09 Hz (in the range 1.0 - 40.0 Hz).

	for a reliable H/V curve Il 3 should be fulfilled]		
f ₀ > 10 / L _w	35.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	43125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1474 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
	•	ОК	
[At least	5 out of 6 should be fulfilled]	ОК	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 24.875 Hz	-	NO NO
[At least Exists f \dot{f} in [f ₀ /4, f ₀] A _{H/V} (f \dot{f}) < A ₀ / 2 Exists f \dot{f} in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f \dot{f}) < A ₀ / 2	5 out of 6 should be fulfilled] 24.875 Hz 3.27 > 2	-	

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz] < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 > 2.0					
$\epsilon(f_0)$ [Hz] 0.25 f_0 0.2 f_0 0.15 f_0 0.10 f_0 0.05 f_0					
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ 3.0 2.5 2.0 1.78 1.58					
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Del Dosso

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 09:08:33 End

recording: 29/10/17 09:28:33

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST

WEST; UP DOWN; wless trig.

GPS data not available

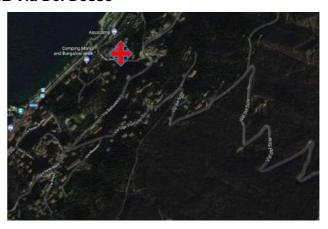
Trace length: 0h20'00". Analysis

performed on the entire trace. Sampling rate: 128 Hz

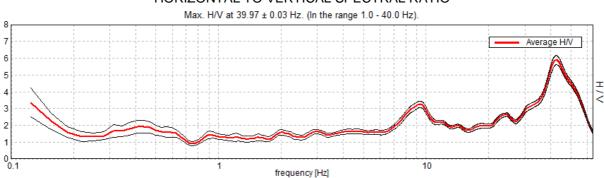
Window size: 20 s

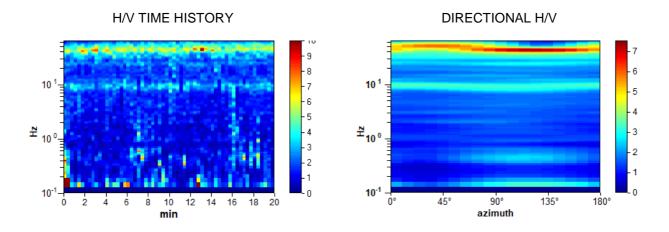
Smoothing type: Triangular window

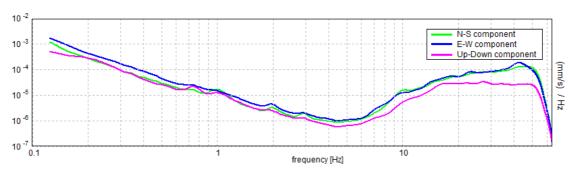
Smoothing: 10%

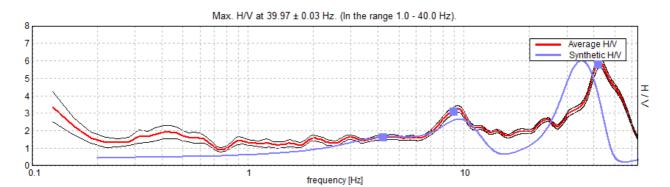


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



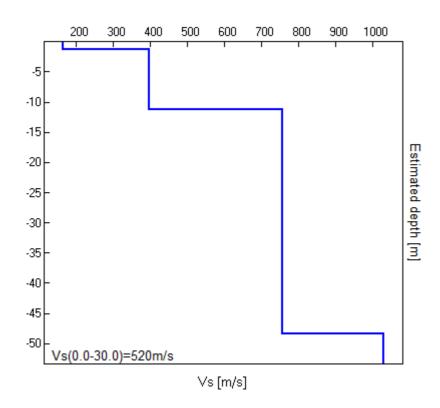






Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	166	0.42
11.30	10.00	397	0.42
48.30	37.00	757	0.30
inf.	inf.	1029	0.25

Vs(0.0-30.0)=520m/s



Max. H/V at 39.97 ± 0.03 Hz (in the range 1.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	39.97 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	47962.5 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1410	OK			
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$	times				
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]				
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	29.281 Hz	OK			
Exists f + in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	58.688 Hz	OK			
A ₀ > 2	A₀ > 2 5.31 > 2 OK				
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ 0.00078 < 0.05					
$\sigma_{\rm f} < \epsilon(f_0)$ 0.03125 < 1.99844 OK					
$\sigma_{A}(f_0) < \theta(f_0)$	0.277 < 1.58	OK			

L _w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
O f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency fo
A _{H/√} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f -	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
$\sigma_{\text{logH/V}}(f)$	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz] < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 > 2.0					
$\epsilon(f_0)$ [Hz] 0.25 f_0 0.2 f_0 0.15 f_0 0.10 f_0 0.05 f_0					
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ 3.0 2.5 2.0 1.78 1.58					
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE San Vito

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 09:53:03 End

recording: 29/10/17 10:13:03

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

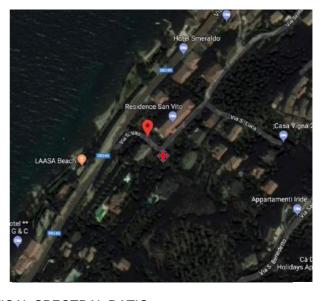
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

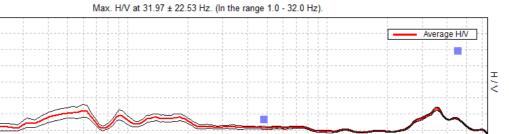
Smoothing: 10%

5

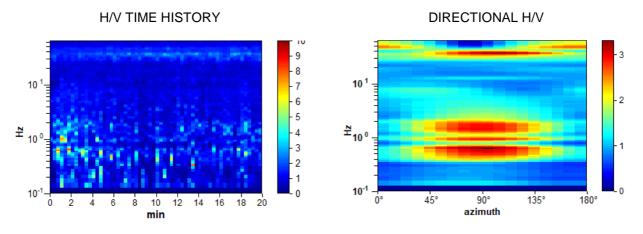
2



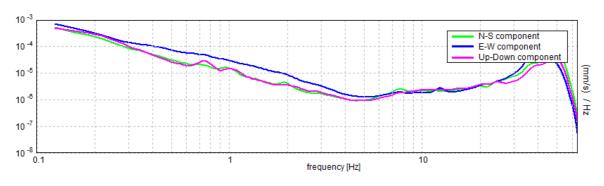
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



10



frequency [Hz]



Max. H/V at 31.97 ± 22.53 Hz (in the range 1.0 - 32.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	31.97 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	38362.5 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1536	OK		
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	times			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	23.0 Hz	OK		
Exists f + in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	61.5 Hz	OK		
A₀ > 2 1.91 > 2				
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ 0.70487 < 0.05			NO	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	22.53389 < 1.59844		NO	
$\sigma_{A}(f_0) < \theta(f_0)$	0.0683 < 1.58	OK		

Lw	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_{f}	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/} √(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^{-}) < A_0/2$
f +	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_{A}(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$						
Freq. range [Hz]	Freq. range [Hz] < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 > 2.0					
$\epsilon(f_0)$ [Hz] 0.25 f_0 0.2 f_0 0.15 f_0 0.10 f_0 0.05 f_0						
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ 3.0 2.5 2.0 1.78 1.58						
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20	



BRENZONE Via Fasor

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 28/10/17 15:16:48 End

recording: 28/10/17 15:36:48

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

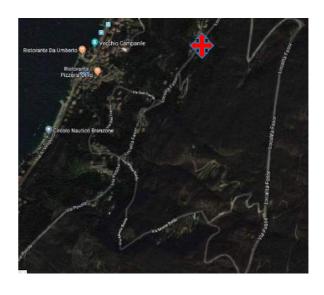
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

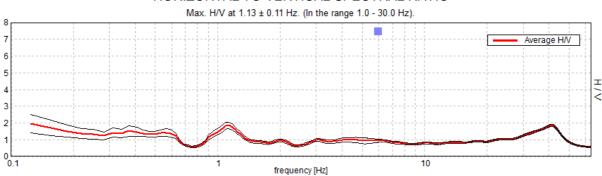
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

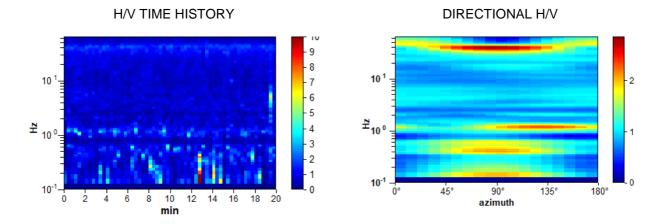
Smoothing type: Triangular window

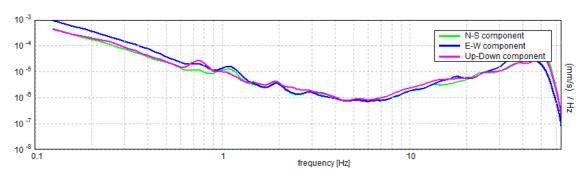
Smoothing: 10%



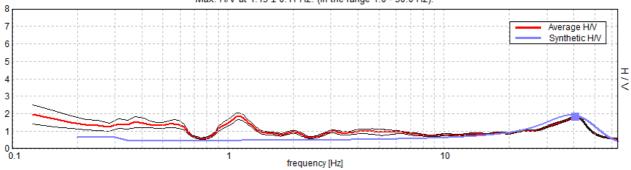
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO





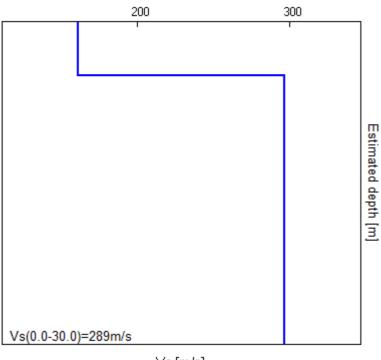


Max. H/V at 1.13 ± 0.11 Hz. (In the range 1.0 - 30.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	161	0.42
inf.	inf.	297	0.35

Vs(0.0-30.0)=289m/s



Vs [m/s]

Max. H/V at 1.13 ± 0.11 Hz (in the range 1.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	1.13 > 0.50	ОК		
$n_c(f_0) > 200$	1350.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 55 times	OK		
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$				
	a for a clear H/V peak			
į, ti lodot	5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f ⁻ in [f ₀ /4, f ₀] $A_{H/V}(f^{-}) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 0.875 Hz	OK		
·		OK OK		
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	0.875 Hz		NO	
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	0.875 Hz 1.469 Hz		NO NO	
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	0.875 Hz 1.469 Hz 1.85 > 2			

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz] < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 > 2.0					
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Pasola

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 07:46:02 End recording:

29/10/17 08:06:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

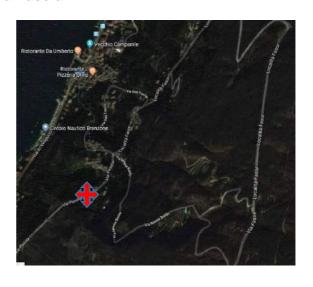
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on

the entire trace.

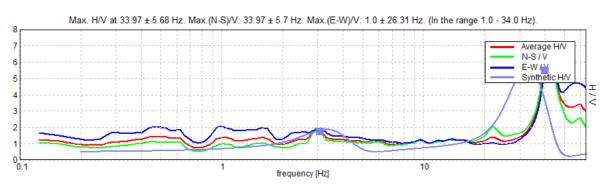
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

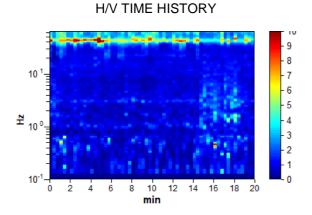
Smoothing type: Triangular window

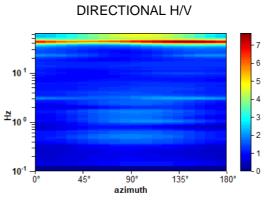
Smoothing: 10%

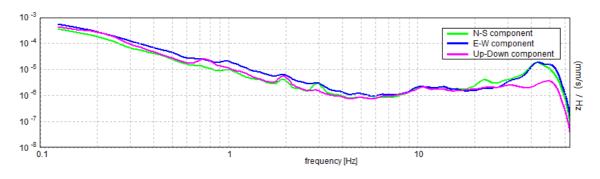


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

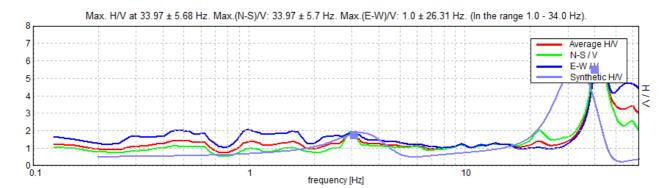






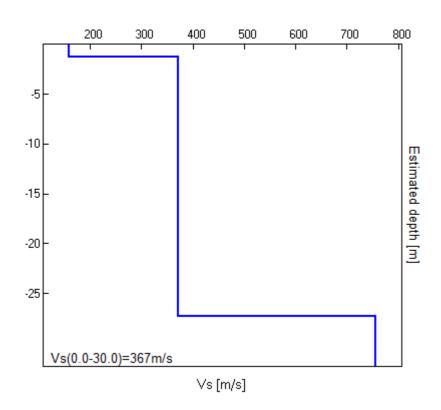






Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	159	0.42
27.30	26.00	372	0.35
inf.	inf.	756	0.30

Vs(0.0-30.0)=367m/s



Max. H/V at 33.97 ± 5.68 Hz (in the range 1.0 - 34.0 Hz).

51115116.	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	33.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	40762.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1506	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$	times		
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	10.875 Hz	OK	
Exists f ⁻ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.875 Hz	OK	NO
	10.875 Hz 2.06 > 2	OK OK	NO
Exists f + in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f +) < A_0 / 2$		-	NO NO
Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	2.06 > 2	-	

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz] < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 > 2.0					
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Pion

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 08:08:37 End

recording: 29/10/17 08:28:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST

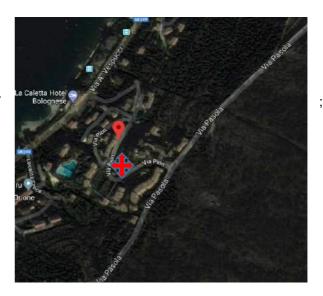
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis

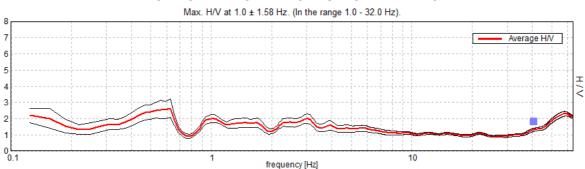
performed on the entire trace. Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

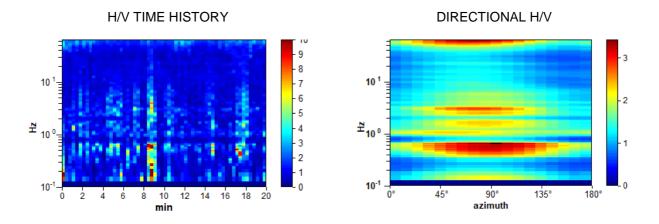
Smoothing type: Triangular window

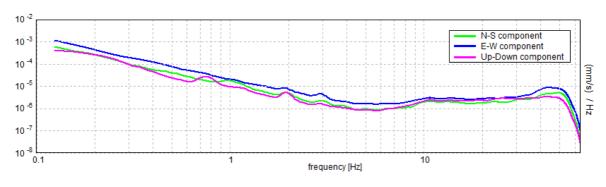
Smoothing: 10%

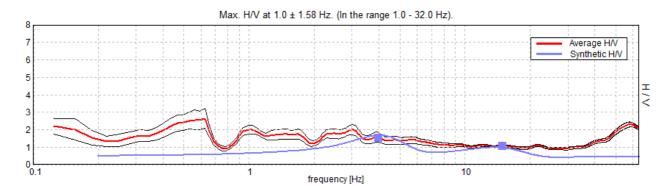


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



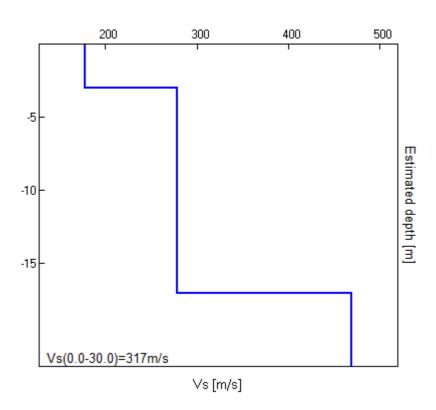






Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	178	0.42
17.00	14.00	279	0.35
inf.	inf.	469	0.30

Vs(0.0-30.0)=317m/s



Max. H/V at 1.0 ± 1.58 Hz (in the range 1.0 - 32.0 Hz).

A]	Il 3 should be fulfilled]		
f ₀ > 10 / L _w	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1200.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	
ON(1) 4 0 101 01010 41 4 210 11 10 4 010112			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
	•	ок	
[At least	5 out of 6 should be fulfilled]	ОК	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5 out of 6 should be fulfilled]	ОК	NO
[At least Exists f \dot{f} in [f ₀ /4, f ₀] A _{H/V} (f \dot{f}) < A ₀ / 2 Exists f \dot{f} in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f \dot{f}) < A ₀ / 2	5 out of 6 should be fulfilled] 0.813 Hz		NO NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 0.813 Hz 2.00 > 2		

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz] < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 > 2.0					
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



2

BRENZONE Loc. Pian

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 28/10/17 17:41:08 End

recording: 28/10/17 18:01:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

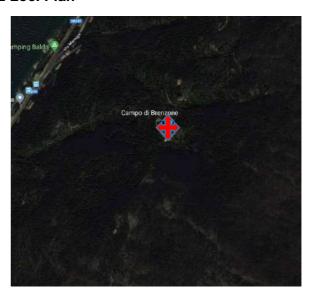
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

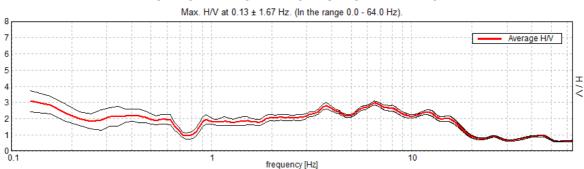
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

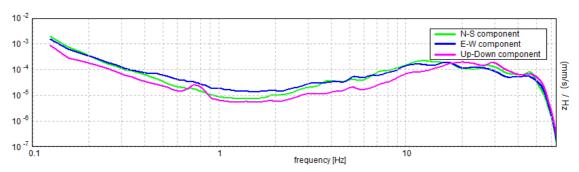
Smoothing: 10%

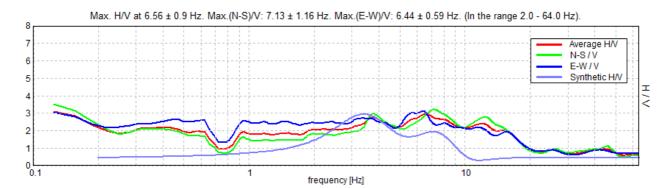


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



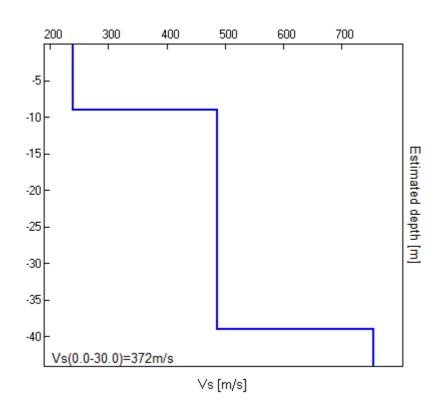
H/V TIME HISTORY DIRECTIONAL H/V 8 10 10 ¹ 7 6 - 5 ¥ 10° 분₁₀ º 4 3 10 10 12 14 16 18 20 45° 90° 135° 180° azimuth





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	240	0.42
39.00	30.00	487	0.42
inf.	inf.	754	0.42

Vs(0.0-30.0)=372m/s



Max. H/V at 6.56 ± 0.9 Hz (in the range 2.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	6.56 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	7875.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 316 times	OK		
	o for a aloge HAV monk		<u>I</u>	
Criteri	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
Criteri	•		NO	
Criteri [At least	•	OK	NO	
Criteri [At least Exists f ⁻ in [f ₀ /4, f ₀] $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO	
	5 out of 6 should be fulfilled] 17.531 Hz		NO NO	
Exists f ⁻ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 17.531 Hz 2.96 > 2			

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Salto

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 12:09:52 End

recording: 29/10/17 12:29:52

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

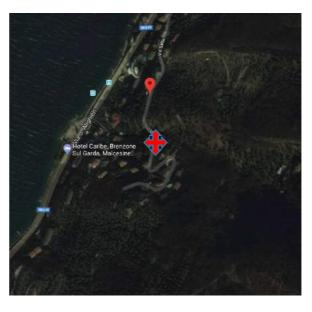
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

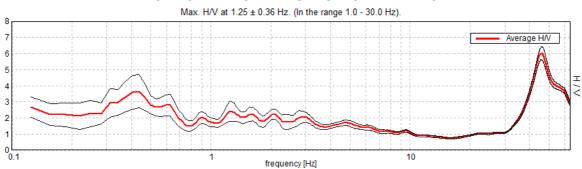
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

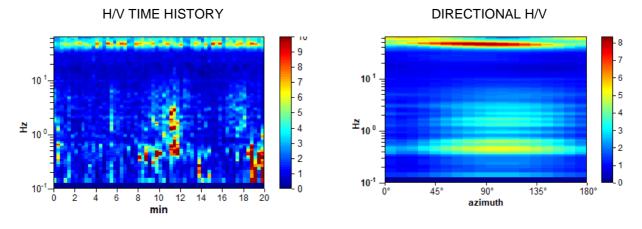
Smoothing type: Triangular window

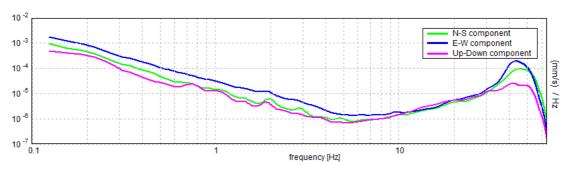
Smoothing: 10%



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO









Max. H/V at 1.25 ± 0.36 Hz. (In the range 1.0 - 30.0 Hz).

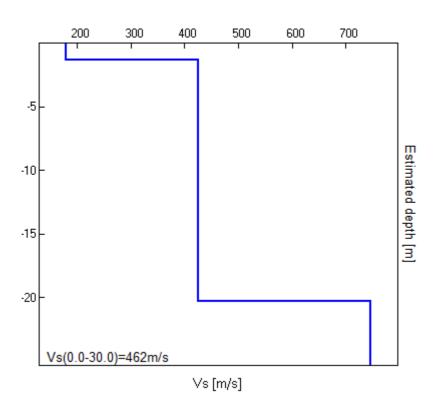
Average H/V
Synthetic H/V

frequency [Hz]

10

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	180	0.42
20.30	19.00	425	0.40
inf.	inf.	746	0.35

Vs(0.0-30.0)=462m/s



Max. H/V at 1.25 ± 0.36 Hz (in the range 1.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	1.25 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	1500.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 61 times	OK		
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		,	
			NO	
[At least			NO NO	
[At least Exists f - in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f -) < A_0 / 2$		ОК		
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	ОК		
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 2.42 > 2	ОК	NO	

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via Giardino

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 28/10/17 17:41:08 End

recording: 28/10/17 18:01:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST

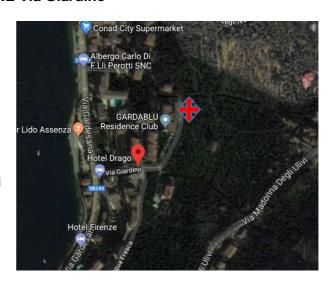
; UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

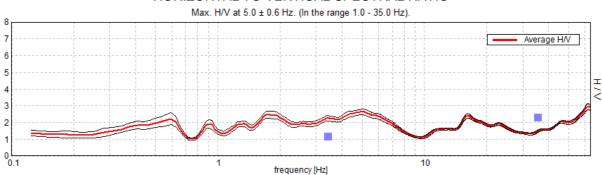
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

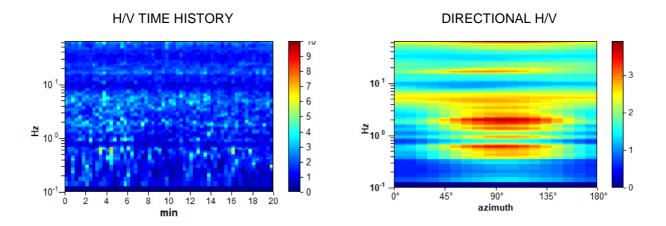
Smoothing type: Triangular window

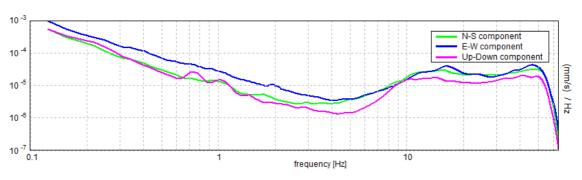
Smoothing: 10%

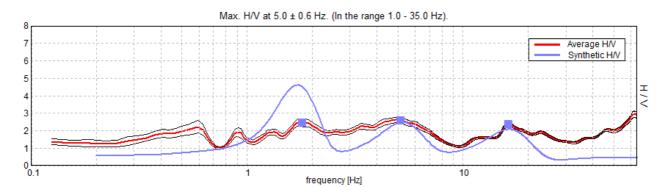


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



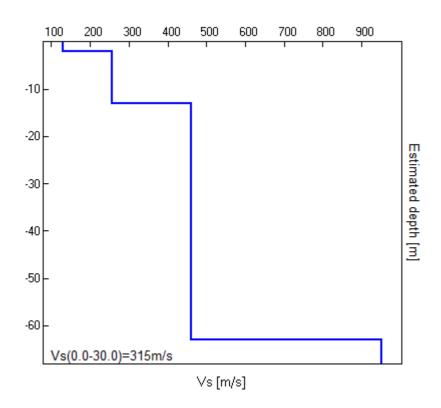






Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	129	0.42
13.00	11.00	257	0.40
63.00	50.00	460	0.35
inf.	inf.	952	0.30

Vs(0.0-30.0)=315m/s



Max. H/V at 5.0 ± 0.6 Hz (in the range 1.0 - 35.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	5.00 > 0.50	OK		
n _c (f ₀) > 200	6000.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 241 times	OK		
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$				
	•			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
			NO	
[At least		ОК	NO	
[At least Exists f ⁻ in [f ₀ /4, f ₀] $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO	
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 8.344 Hz		NO NO	
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 8.344 Hz 2.63 > 2			

L_{w}	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σf	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f - ` `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^{-1}) < A_0/2$
f +	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
()	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



BRENZONE Via La Pianta

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 07:46:02 End

recording: 29/10/17 08:06:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

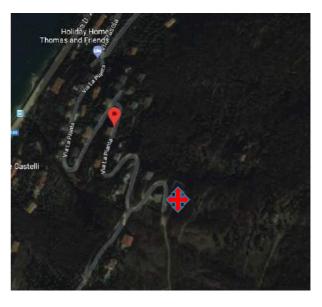
UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed

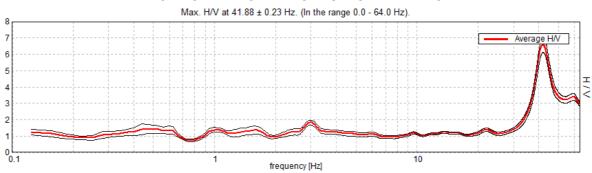
on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s

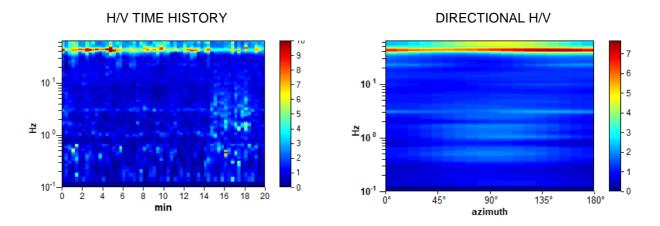
Smoothing type: Triangular window

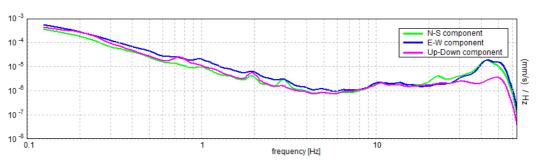
Smoothing: 10%



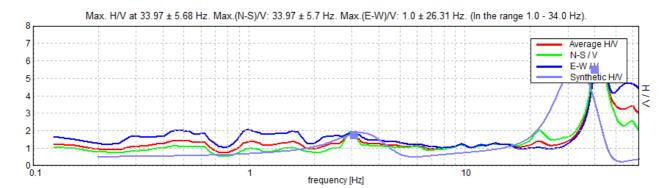
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO





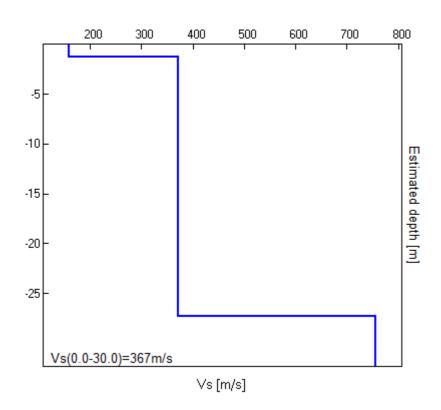






Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	159	0.42
27.30	26.00	372	0.35
inf.	inf.	756	0.30

Vs(0.0-30.0)=367m/s



Max. H/V at 41.88 ± 0.23 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]						
$f_0 > 10 / L_w$	41.88 > 0.50	OK				
$n_c(f_0) > 200$	50250.0 > 200	OK				
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1379 OK					
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$	times					
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]						
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	37.031 Hz	OK				
Exists f + in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	51.344 Hz	OK				
$A_0 > 2$	6.59 > 2	OK				
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00559 < 0.05	OK				
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.23389 < 2.09375	OK				
$\sigma_{A}(f_0) < \theta(f_0)$	0.4728 < 1.58	OK				

L _w	window length
n _w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f ₀	H/V peak frequency
σ f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f ₀
A _{H/∨} (f)	H/V curve amplitude at frequency f
f = `	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f +	frequency between f₀ and 4f₀ for which A _{H/V} (f +) < A₀/2
σ _A (f)	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should
	be multiplied or divided
σ _{logH/V} (f)	standard deviation of log A _{H/V} (f) curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$							
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0		
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀		
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58		
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20		

