

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ASTI

Comune di VALFENERA d'ASTI

**Ristrutturazione con ampliamento e riassetto
funzionale della casa di riposo "Cap. Luigi Zabert" ai fini
dell'accreditamento istituzionale**

Relazione geologica con caratterizzazione geotecnica e sismica

(rif. normativo: DM 14-01-2008 - DGR 64-7417 del 7 aprile 2014)

Elab	Codice Valfenera/1/014/Geo	Rev.	Data
		0	01/10/2014
		1	
		2	
		3	

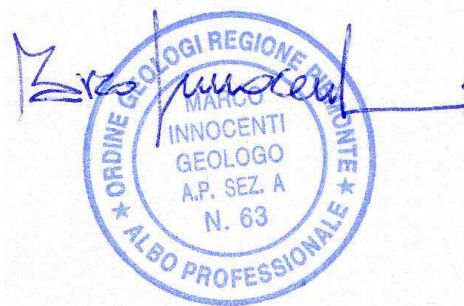
Il Committente:

Casa di Riposo "Capitano Luigi Zabert"
Via Binelli 34 - VALFENERA (AT)

Il Responsabile del procedimento:

Il tecnico incaricato :

Dott. Geol. Marco Innocenti



Dott. Geol. Marco INNOCENTI

Via P. Belli, 65 - Torino tel/fax 011-7495917 cell. 335 5898260 e-mail: innmarc@fastwebnet.it
P.IVA 08530160012 - C.F. NNCCMCV49T15L219E

1. INTRODUZIONE

L'indagine effettuata ha avuto lo scopo di valutare l'idoneità geologica e definire la parametrizzazione geotecnica e sismica dell'area sulla quale trova sede la casa di riposo "Cap. Luigi Zabert" oggetto dei lavori di ristrutturazione con ampliamento e riassetto funzionale precisamente indicati nella documentazione progettuale alla quale si rimanda per ogni approfondimento.

Lo studio ha comportato la raccolta e l'analisi dei dati bibliografici esistenti, oltre a quelli professionali disponibili allo scrivente, rilievi di campo, l'esecuzione di una prospezione geognostica tramite sondaggio meccanico a carotaggio continuo e di una prospezione sismica passiva con il metodo a stazione singola HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) (Nakamura, Y. 1989).

La localizzazione dell'area esaminata è visualizzata in **Fig. 1.1.** e nella foto aerea di **Fig. 1.2.**

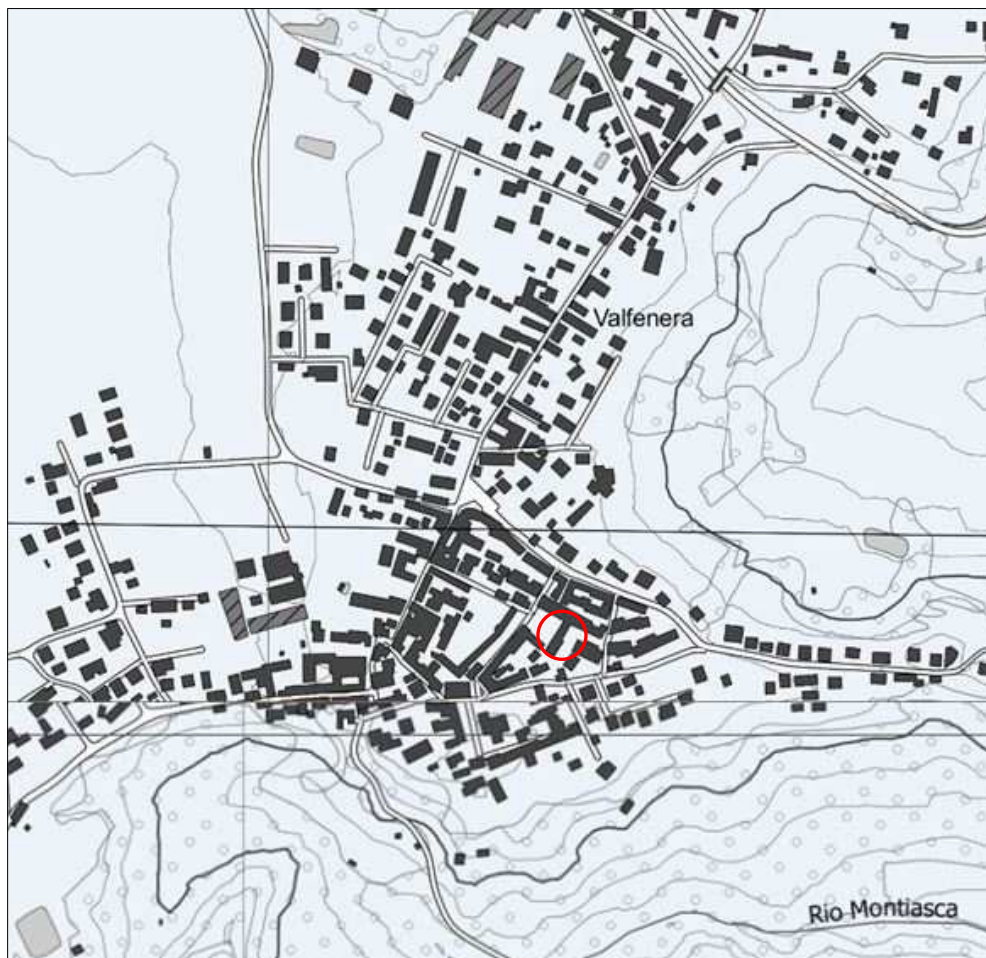


Fig. 1.1. - Estratto carta BDTre 2013 - Regione Piemonte
(Figura in scala libera)



Fig. 1.2. - Ortoimmagini ripresa aerea ICE 2009-2011 - Regione Piemonte
(Tratta da Geoportale ARPA Piemonte)

2. SITUAZIONE RISPETTO ALLE VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ DEL P.R.G.C. AL P.A.I. E ALLA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

Nella valutazione dell'idoneità dell'intervento in relazione al contesto territoriale locale, occorre innanzitutto verificare la classe di pericolosità geologica e idoneità all'utilizzazione urbanistica in cui ricade il sito oggetto dell'intervento. Tale classificazione è stata definita nell'ambito degli studi di compatibilità fra le previsioni del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del F. Po) e la pianificazione urbanistica locale, ed è operante a far data dall'approvazione della vigente Variante Generale del Piano Regolatore comunale, avvenuta con D.G.R. n. 24-14180 del 29 novembre 2004 .

Con riferimento a tale documento, si evidenzia che il lotto dove trova sede il fabbricato oggetto dell'intervento di ampliamento e ristrutturazione è compreso in **Classe IIa** di pericolosità geologica.

Più in generale la **Classe II** viene così definita nella documentazione geologica del PRGC : *porzioni di territorio, suddivise nelle sottoclassi IIa e IIb nelle quali le condizioni di*

moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o nell'intorno significativo circostante. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità.

Più in particolare, a proposito della Classe IIa viene specificato che: *vi rientrano le aree a morfologia collinare, aree caratterizzate da processi di bassa intensità, aree interessate da fenomeni di dilavamento.*

3. MODELLO GEOLOGICO - CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

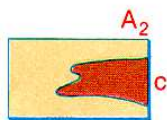
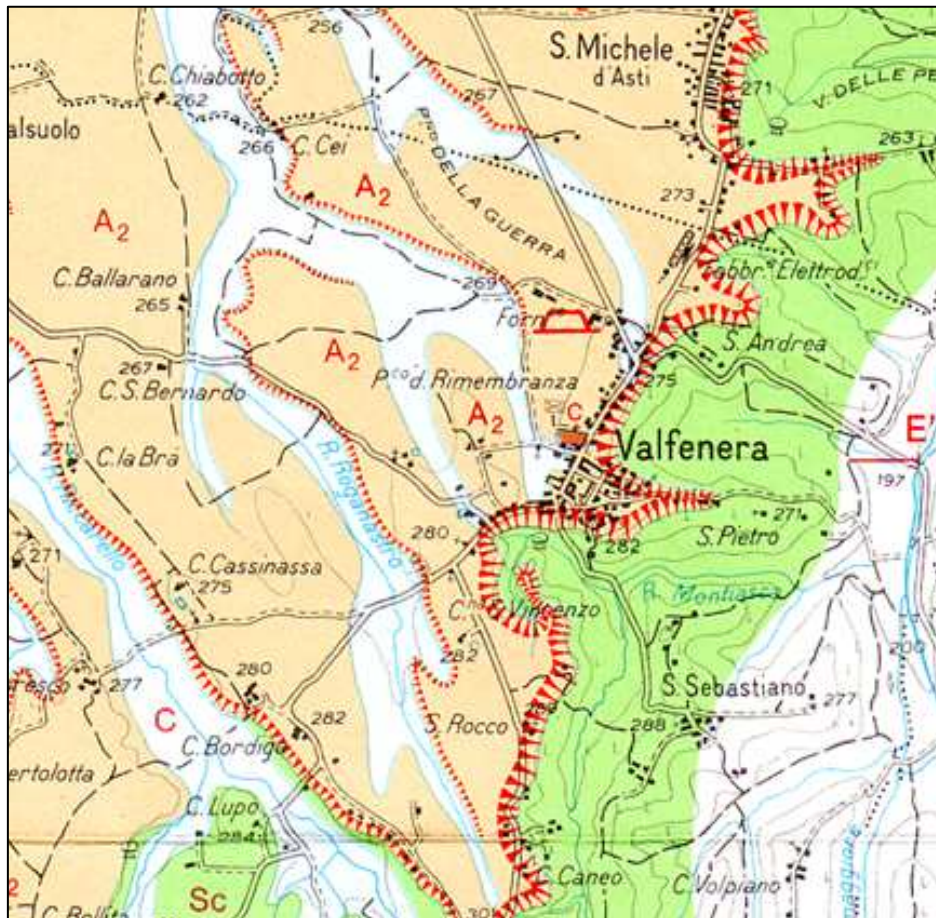
Il concentrico abitato di Valfenera, entro il quale si colloca il fabbricato oggetto dell'intervento edilizio, appartiene all'estremo settore centro-orientale di quella unità morfologica nota come "Altopiano di Poirino". Si tratta di una vasta area subpianeggiante estesa a Sud del Rilievo della Collina di Torino e a NW dei Rilievi del Braidese, sospesa, tramite scarpate di altezza variabile, sia rispetto ai Rilievi dell'Astigiano, ad Est, sia alla pianura piemontese meridionale, ad Ovest.

L'abitato di Valfenera è ubicato nel settore centrale dell'estremo margine orientale dell'altopiano, al limite con i Rilievi dell'Astigiano dai quali risulta separato mediante una scarpata, rivolta verso Est, dell'altezza di un'ottantina di metri.

La formazione dell'altopiano, ritenuta inizialmente il prodotto di processi erosivi a spese del substrato "villafranchiano" ricoperto successivamente da depositi eolici di modesto spessore è risultata, a più approfondite e sistematiche indagini (FORNO M.G. *Studio geologico dell'Altopiano di Poirino* - Geogr. Fis. Din. Quat., vol. 5, 1982, 129-162), essere riconducibile alla deposizione generalizzata di sedimenti fluviali, per uno spessore variabile tra i 10 e i 30 m, al disopra del substrato "villafranchiano".

La natura fluviale dei depositi costituenti in superficie l'altopiano è suggerita sia dai caratteri litologici di questi, sia dalle forme (relitti di meandri) conservate e riconosciute.

Sotto il profilo litostratigrafico, nell'area oggetto della presente indagine affiorano in superficie depositi argilloso-limosi (Complesso A2 di M.G. FORNO) (**Fig. 3.1.**) la cui tessitura è caratterizzata da una selezione granulometrica molto scarsa e dalla presenza di una modesta frazione sabbiosa grossolana, poggiante direttamente sul substrato "villafranchiano"; il contatto con quest'ultimo è netto ed è contrassegnato dall'asportazione degli orizzonti superiori, pedogenizzati, del substrato medesimo (M.G. FORNO, 1982).



Depositi fluviali (limoso-argillosi), con paleosuolo che mostra uno spessore di alterazione > di 8 m, patine di argilla continue e colore 5 YR 4,5/8, (= «Limi argillosi del Complesso Superiore» in FORNO, 1979), legati al drenaggio abbandonato (A₂); intercalazioni di depositi colluviali argilloso-limosi (C) legati alla rielaborazione del paleosuolo di Sc (= «Limi argillosi del Complesso Inferiore» in FORNO, 1979).

Fig. 3.1. - Carta geologica

(Estratto da *Carta Geologica dell'Altopiano di Poirino* - Scala 1:50000 M.G. FORNO, 1982)
(figura in scala libera)

Per quanto concerne i processi di dissesto, sia di tipo gravitativo, sia legati alla dinamica alluvionale dei corsi d'acqua superficiali, questi sono totalmente assenti in considerazione delle caratteristiche morfologiche del lotto e del suo influente intorno, nonché della mancanza di qualsivoglia elemento dell'idrografia di superficie.

Come rappresentato nella cartografia tematica del SIFraP (ARPA Piemonte), i movimenti franosi più prossimi all'area in esame sono localizzati nei Rilievi dell'Astigiano, ad Est dell'alta scarpata che delimita ad oriente l'altopiano (**Fig. 3.2.**).

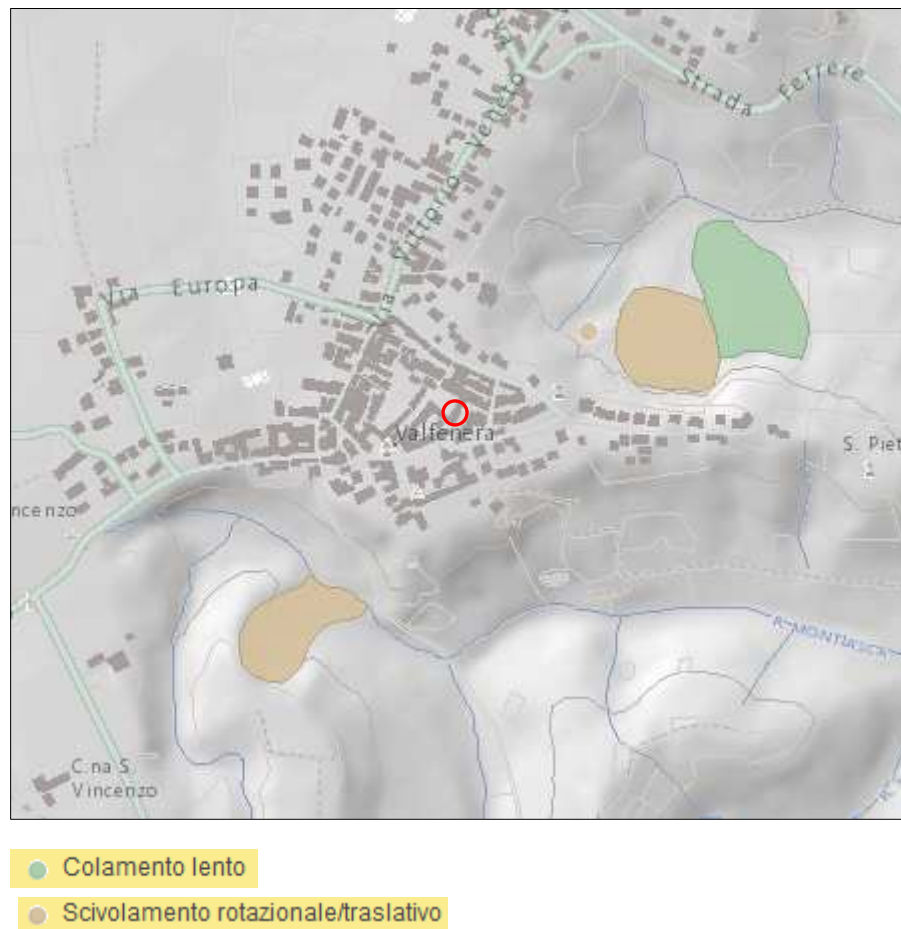


Fig. 3.2. - ARPA Piemonte - SIFraP (Sistema Informativo Frane Piemonte)
(figura in scala libera)

4. LITOSTRATIGRAFIA DI DETTAGLIO

Per la dettagliata ricostruzione della litostratigrafia locale ci si è avvalsi di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 10 m dal p.c., appositamente eseguito dalla Ditta SONDECO Srl (TO) lungo il perimetro orientale della casa di riposo. La sua esatta ubicazione è riportata in **Fig. 4.1.**, mentre in **Allegato 1** si fornisce la relazione svolta dalla ditta di perforazione.



Fig. 4.1. - Ubicazione del sondaggio meccanico

Rimandando ad essa la più precisa descrizione litostratigrafica dei terreni attraversati, si illustra qui schematicamente la sequenza puntualmente rinvenuta.

Essa è costituita per i primi 0.80 m da terreno di riporto, che nella parte più superficiale presenta granulometria sabbioso-ghiaioso-ciottolosa, mentre a maggiore profondità appare prevalente quella fine (limoso-sabbioso-argillosa).

Ad esso fa seguito, fino a 2.30 m, un intervallo di depositi limoso-argillosi di colore bruno-rossiccio con screziature nerastre. Al disotto e fino a fondo foro si assiste ad una sequenza piuttosto monotona di argille e argille limose mediamente addensate e debolmente stratificate, con presenza di noduli calcarei a diversi livelli della successione.

5. ASSETTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

L'evoluzione tettonica che ha interessato l'Altopiano di Poirino nella parte superiore del Pleistocene medio e in quello inferiore, il cui dato saliente per l'area in esame è dato dalla formazione di una flessura ad andamento N-S al margine orientale dell'altopiano, ha comportato il sollevamento differenziale di questo settore, determinando sia un'inversione del collettore principale del drenaggio, prima defluente verso Est ed attualmente diretto verso Ovest, sia il forte rimodellamento di quest'area da parte dell'attuale reticolato idrografico, cui è legato un ringiovanimento del ciclo erosivo.

Al di là dell'inquadramento genetico generale descritto, nel dettaglio il sito sul quale si andrà ad intervenire e il suo intorno significativo non sono interessati dalla presenza di alcun elemento della naturale rete idrica di superficie che possa in qualche modo interferire negativamente con il fabbricato in ristrutturazione.

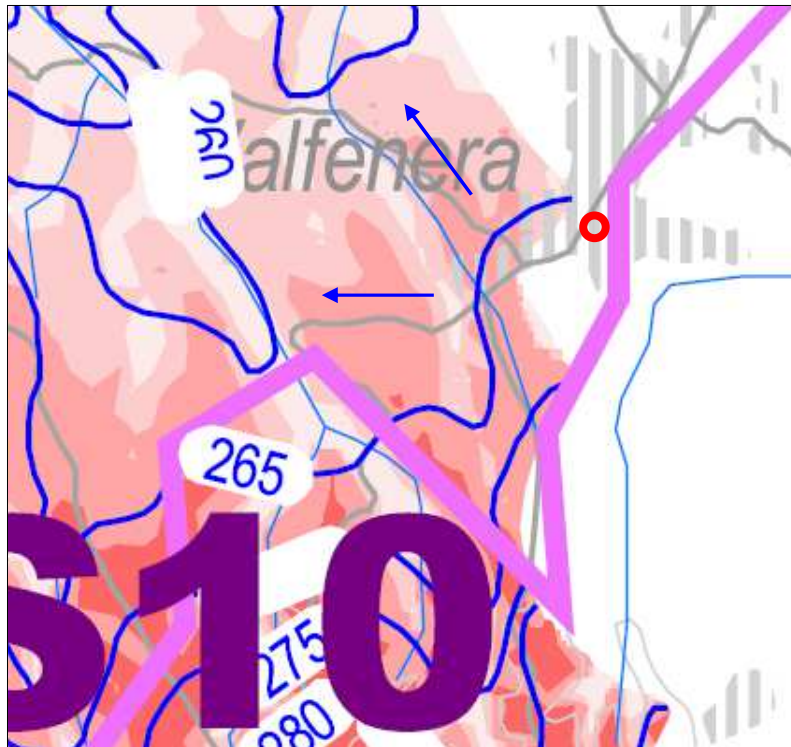
Sotto il profilo idrogeologico, l'intervallo di profondità che si ha interesse a trattare per gli scopi della presente indagine è quello corrispondente all'Unità superiore (A2) del Complesso fluviale A di FORNO, costituito da depositi essenzialmente limoso-argillosi di origine fluviale, legati all'attività deposizionale dei corsi d'acqua che formavano il reticolo idrografico nel Pleistocene superiore, smaltendo il deflusso del bacino da Ovest verso Est, in direzione opposta rispetto a quella attuale.

Questi terreni presentano valori di conducibilità idraulica da bassi a estremamente bassi, condizione che impedisce la formazione di falde acquifere continue e arealmente estese. Le falde freatiche del settore territoriale indagato è essenzialmente legata alle precipitazioni locali, ed è contrassegnata da soggiacenze caratterizzate da sensibili variazioni stagionali.

Nel dettaglio, in occasione del sondaggio meccanico realizzato il 17 luglio 2014 quasi in aderenza al fabbricato e spinto fino alla profondità di 10 m dal piano di campagna, non è stata rilevata presenza di acqua.

La cartografia regionale del Piano di Tutela delle Acque ("Piezometria dell'acquifero superficiale – *linee piezometriche*") indica, per il concentrico abitato di Valfenera, una quota assoluta del livello piezometrico attestata a circa 265 m s.l.m. (**Fig. 5.1.**). In considerazione della quota locale del piano di campagna (~ 279 m s.l.m.) ne deriva una soggiacenza supposta di 14 metri, in accordo con il dato direttamente rilevato.

La direzione e il verso di deflusso dei filetti di corrente hanno orientazione variabile da SE-NW a E-W, con basso gradiente idraulico.



265 linea isopiezometrica e sua quota s.l.m.m.

Fig. 5.1. Regione Piemonte – “Piano di tutela delle acque”
(“Piezometria dell’acquifero superficiale – linee piezometriche”)

Pur ammettendo il verificarsi di sensibili variazioni del livello piezometrico della falda idrica in funzione dell'alimentazione meteopluviometrica, è comunque da escludere qualsiasi possibilità che esso possa assumere una posizione in qualche modo interferente con l'unità socio-assistenziale in ristrutturazione.

6. MODELLO GEOTECNICO - INDAGINI GEOGNOSTICHE - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Sulla scorta degli accertamenti diretti della locale litostratigrafia e dei risultati delle prove SPT in foro di sondaggio, è possibile delineare una “stratigrafia geotecnica” così come schematizzata nella sottostante tabella:

Tab. 6.1. - Stratigrafia geotecnica

strato geotecnico	intervallo di profondità (m)	Litologia	N _{SPT60}
1	0.80÷2.30	Limo argilloso e argilla limosa	10
2	2.30÷5.30	Argilla e argilla limosa	21
3	5.30÷10.00	Argilla e argilla limosa	27

La ricostruzione evidenzia uno strato di terreno di riporto cui fa seguito una sequenza di terreni fini limoso-argillosi e argilloso-limosi le cui qualità geomeccaniche migliorano con l'approfondimento.

Fatto salvo il terreno di riporto che non può evidentemente essere preso in considerazione ai fini geotecnici, nella naturale sequenza litostratigrafica la percentuale delle frazioni limosa e argillosa può variare, per cui si può avere localmente la prevalenza di una o dell'altra.

Relativamente alla parametrizzazione del terreno, i valori di N_{SPT} calcolati, normalizzati a N₆₀ hanno consentito di risalire, tramite correlazioni note in letteratura, ai valori di densità relativa, di angolo di resistenza al taglio e di modulo elastico deterministici relativi agli strati individuati che vengono riassunti nella sottostante **Tab. 6.2.**

7. ANALISI DI LABORATORIO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

La granulometria fine dei depositi fluviali che caratterizzano il sito ha consentito di prelevare, nel corso del sondaggio meccanico, un campione di terreno alla profondità di 3 metri dal p.c. sul quale sono state eseguite in laboratorio una prova di consolidazione edometrica IL e una di taglio diretto consolidata-drenata.

Per il dettagliato esame dei risultati delle prove si rimanda all'**Allegato 2** che ne riporta i certificati.

Sul campione sono state eseguite, ogni 10 cm di sviluppo, prove penetrometriche speditive con il *pocket penetrometer* che hanno fornito i seguenti valori:

<i>pocket penetrometer</i> (valori espressi in kg/cm ²)		
3.2	3.5	3.0

le prove effettuate consentono di definire i seguenti parametri geotecnici deterministici

Parametri geotecnici deterministici

Camp.	Prof. (m)	Nspt ₆₀	γ_i' (g/cm ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	Modulo Edometrico* (kPa)
1	3.0	21	2.04	23	10÷15	6500

* corrispondente ad un carico di 200 kPa

il D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", basato sull'analisi semiprobabilistica, impone però che dopo aver ricavato il valore deterministico dei parametri geotecnici, si proceda a calcolarne quello cosiddetto "caratteristico" (*stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato*).

8. GEODINAMICA E ASPETTI SISMICI

Nella classificazione sismica dei Comuni piemontesi di cui alla D.G.R. 19 gennaio 2010 n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche", il territorio comunale di Valfenera è compreso in **Zona sismica 4**.

Per quanto concerne gli aspetti geodinamico-strutturali e la sismicità dell'area designabile da dati storici o rilevata dalla rete strumentale, si riportano nel seguito alcuni dati di carattere generale.

Nello "Structural Model of Italy" (CNR, 1990) il sito in esame si colloca in prossimità dell'asse di una sinforme. Nell'areale non sono comunque documentate strutture tettoniche di faglia che possano condizionare la risposta sismica locale (**Fig. 8.1**).

La storia sismica conosciuta di Valfenera, riportata nel *Database Macrosismico Italiano 2011* (DBMI11) evidenzia che nel territorio comunale sono stati unicamente avvertiti gli effetti di sismi con area epicentrale localizzata altrove.

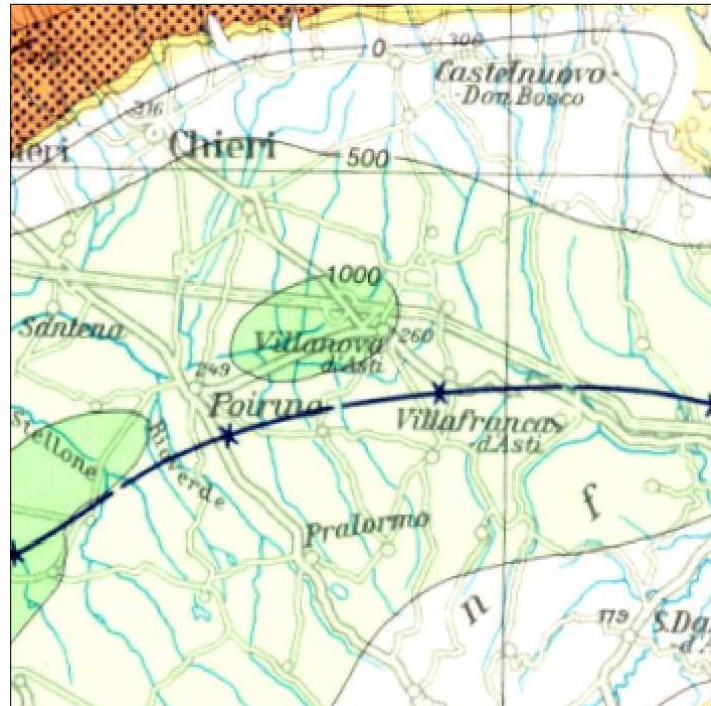


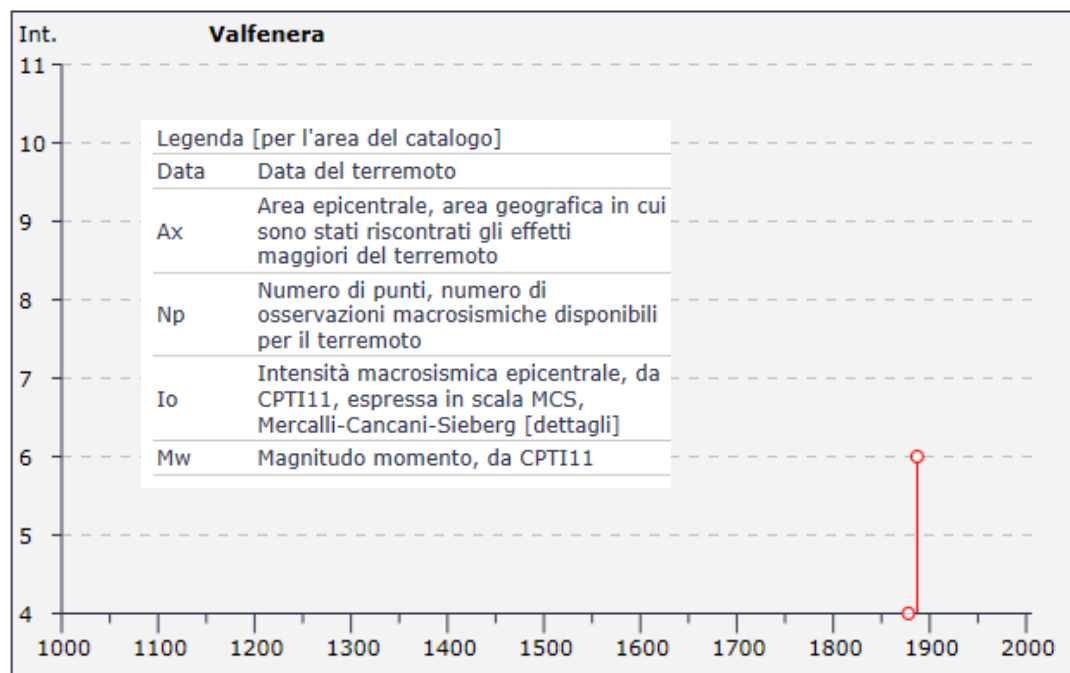
Fig. 8.1. - Stralcio dello "Structural Model of Italy - CNR 1990

Storia sismica di Valfenera

[44.899, 7.965]

Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4	1878 06 07 22:25	Cuneese	34	6 4.89 ±0.22
6	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
NF	2001 07 18 22:47	Monferrato	253	5-6 4.17 ±0.09

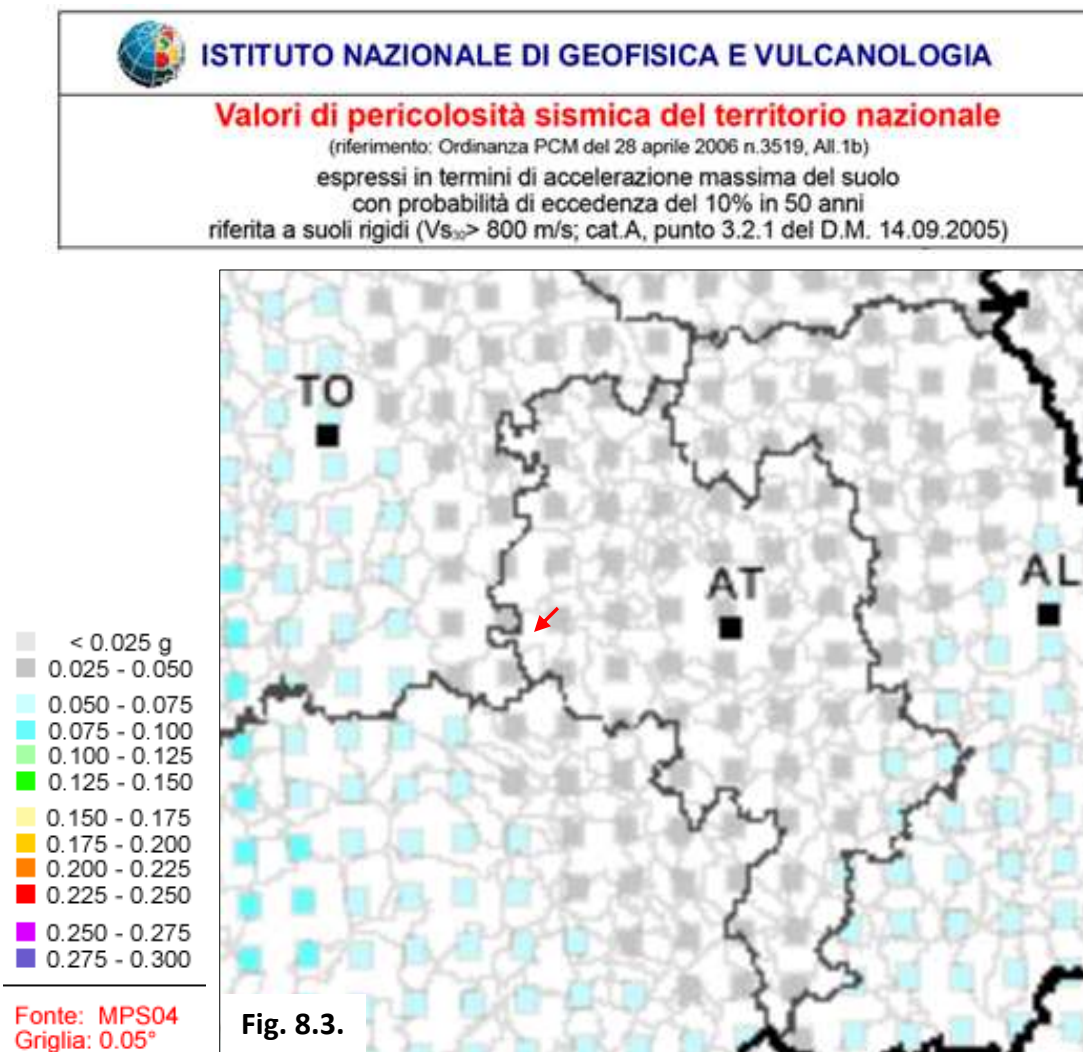


- **Accelerazione di progetto e parametri di pericolosità sismica di base**

Il D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" ha introdotto nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Il riferimento è rappresentato dalla "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b), redatta a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, nella quale sono riportati, su un reticolo di maglie quadrate di 4 km di lato, i valori del parametro **ag** che definisce l'accelerazione orizzontale massima su suoli molto rigidi con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni (categoria A, $V_{s30} > 800$ m/s, formazioni litoidi o suoli molto rigidi) e a superficie topografica orizzontale.

La mappa di pericolosità sismica, prevista dalla sopracitata Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, indica che le accelerazioni di progetto definite per il territorio di Valfenera sono comprese fra 0.025g e 0.050g (**Fig. 8.3.**).



Per quanto attiene alla Zona sismica 4, considerata la bassa sismicità che la caratterizza, non viene introdotto l'obbligo di progettazione con criteri antisismici, tranne che per alcune tipologie di edifici e costruzioni di nuova edificazione, individuate come strategiche.

Le coordinate geografiche del fabbricato, utili per la precisa determinazione dell'accelerazione sismica a_g sono così individuate in coordinate ED50:

lat. 44.898890 - lon. 7.967206

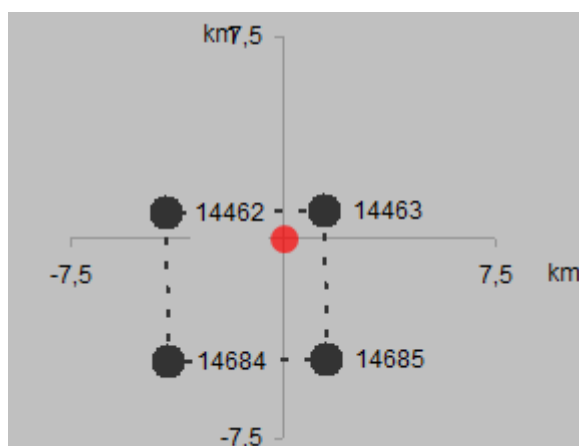


Fig. 8.4. - Mappa dei vertici (punti nodali di ancoraggio) della maglia di appartenenza (da C.S.LL.PP.)

Stato limite	Tr [anni]	$a_{[g]}$ [g]	F_o	T_c^*
Operatività (SLO)	60	0,025	2,644	0,192
Danno (SLD)	101	0,030	2,686	0,211
Salvaguardia vita (SLV)	949	0,052	2,794	0,300
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0,060	2,894	0,311

Tabella dei parametri delle azioni (§ 3.2.1. NTC 08)

- **Categoria di suolo e condizioni topografiche**

La definizione puntuale dell'accelerazione sismica deve però tenere conto di fenomeni di amplificazione o smorzamento locali, legati alle caratteristiche geologiche e topografiche del sito, nonché alla tipologia e alle caratteristiche strutturali della costruzione in progetto. Tali fenomeni sono definibili come:

- amplificazione stratigrafica
- amplificazione topografica


- amplificazione e smorzamento dovuto alle caratteristiche della struttura.

Questi fenomeni, identificati nel D.M. 14 gennaio 2008 per mezzo di appositi coefficienti, modificano il valore di a_g , che viene determinato tramite l'utilizzo di spettri di risposta (elastici o di progetto a seconda della finalità).

Amplificazione stratigrafica

L'amplificazione stratigrafica di a_g dipende dai litotipi rappresentati in sito, che devono essere individuati in una delle categorie di sottosuolo riportate nell'OPCM 3274/03.

L'indagine sismica passiva, appositamente effettuata, utilizzando il metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticali **HVSR** (LANGSTON, 1979; NAKAMURA, 1989), ha consentito di assegnare ai terreni presenti la **categoria B** di sottosuolo di fondazione

Tipi	Descrizione del profilo stratigrafico	V_{s30} (m/s)	N_{SPT} (colpi 30/cm)	C_u (kPa)
 B	<i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di v_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s, ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ e $c_u > 250$ kPa	360÷800	>50	>250

Condizioni topografiche

Trattandosi di una superficie pianeggiante il coefficiente da assegnare risulta pari a 1, in accordo con le categorie topografiche riportate al § 3.2.2. delle NTC 08.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Amplificazione e smorzamento dovuto alle caratteristiche della struttura.

Per quanto concerne la struttura, le caratteristiche da prendere in considerazione in quanto agenti su a_g sono le seguenti:

1) *Vita di riferimento V_R* : le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento che si ricava dal prodotto della vita nominale per il coefficiente d'uso C_U . In particolare:

- *vita nominale della costruzione V_N* (§ 2.4.1. NTC-08) : si tratta del numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo

scopo per la quale è destinata; poiché la costruzione in esame è un'opera strutturale contemplata alla voce *"opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute e di importanza normale"*, la vita nominale prevista dal DM 14/01/2008 risulta:

$V_N \geq 50$ anni;

- *coefficiente d'uso C_U* : dipende dalla classe d'uso, riferita alla conseguenza di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso (§ 2.4.2. NTC-08): la costruzione in esame appartiene alla **classe IV**, *"costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, ...omissis.."*, per la quale il **$C_U = 2$** ;

Pertanto nel caso in esame **$V_R \geq 100$ anni**

2) *probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pv_R* (§ 3.2.1. NTC-08): si tratta della probabilità di superamento del valore di a_g , rispetto a quello valutato, nel periodo di riferimento V_R : dipende dallo stato limite considerato; nel caso in esame, lo stato limite considerato nel calcolo della capacità portante corrisponde allo stato limite SLU denominato SLV *"stato limite di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi dei componenti strutturali a cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali"*.

Nel caso in esame **$Pv_R = 9,75\%$** , corrispondente a un **$T_R = 975$ anni**.

3) *Fattore di struttura q* (§ 7.3.1. NTC-08): è il parametro che sintetizza le proprietà di dissipazione energetica delle strutture in seguito a sisma. Esso dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in considerazione le non linearità dei materiali. Il fattore di struttura è stato valutato dal progettista strutturale, pari a **2**

Verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione

In accordo con quanto stabilito al § 7.11.3.4.2. delle NTC08, essendo state accertate le seguenti condizioni:

- gli eventi sismici attesi hanno magnitudo $M < 5$;
- le accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono $< 0.1g$;

viene omessa la verifica a liquefazione.

- **Conclusione azione sismica**

Gli spettri elastici e di progetto agli SLV dai quali si ottengono rispettivamente i valori dei fattori di inerzia del terreno (Kh_k) e della struttura (Kh_i), sono stati ricavati dal foglio di calcolo reso disponibile dall'Ing. Afazio.

I valori di Kh_k e Kh_i (o coefficienti pseudostatici) da leggere sui rispettivi diagrammi spettrali sono quelli corrispondenti al valore $T=0$ nel primo caso e $T=$ “periodo fondamentale della struttura” nel secondo, ove T rappresenta il tempo trascorso dall’inizio del fenomeno di accelerazione sismica.

Il periodo fondamentale della struttura (il più lungo periodo posseduto da una struttura per compiere un'oscillazione completa) dipende dall'altezza totale dell'edificio e da un coefficiente relativo al materiale di cui è costituita la struttura medesima. Nelle condizioni in esame di struttura a telaio in muratura esso risulta pari a **$T = 0.557$ s**.

I valori dei parametri di accelerazione sismica orizzontale e verticale ricavabili dalle successive **Figg. 8.5, 8.6. e 8.7.** sono i seguenti :

$Kh_k = 0.063$ (valore della funzione con $T=0$), Fig 8.5.

$Kh_i = 0.068$ (valore della funzione in corrispondenza di $T=0.557$ s), Fig 8.6.

Kv_i (SLV) = 0.010 (valore della funzione in corrispondenza di $T=0.557$ s), Fig 8.6.

Kv_i (SLD) = 0.005 (valore della funzione in corrispondenza di $T=0.557$ s), Fig 8.7.

Tali parametri corrispondono ai valori di a_g orizzontale e verticale relativi al sito in esame, sottoposti a tutte le correzioni illustrate in precedenza.

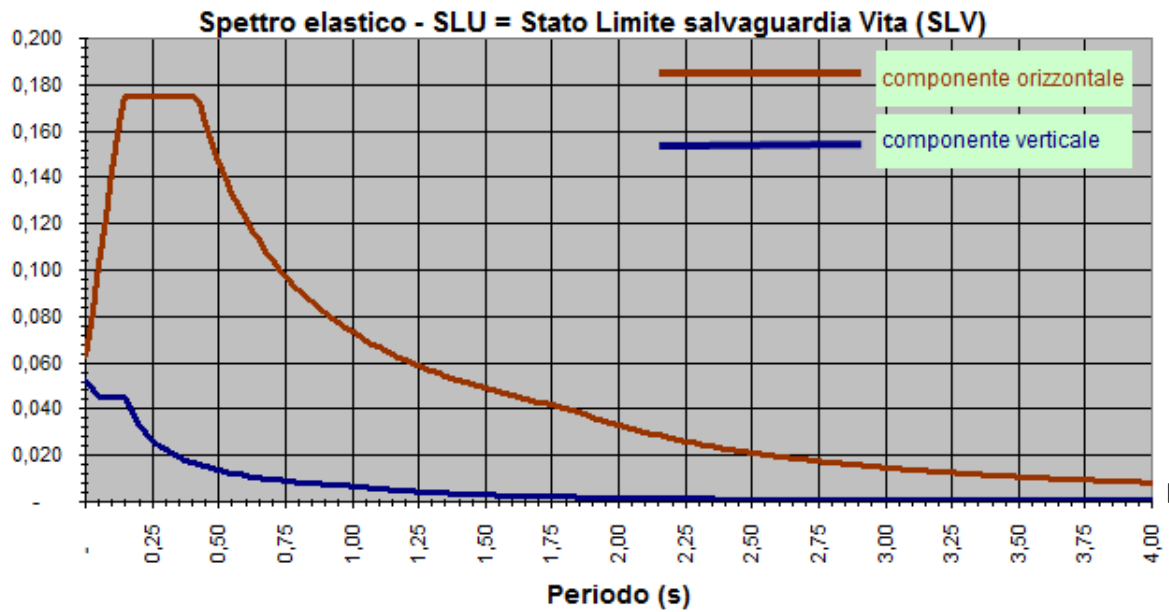


Fig. 8.5.

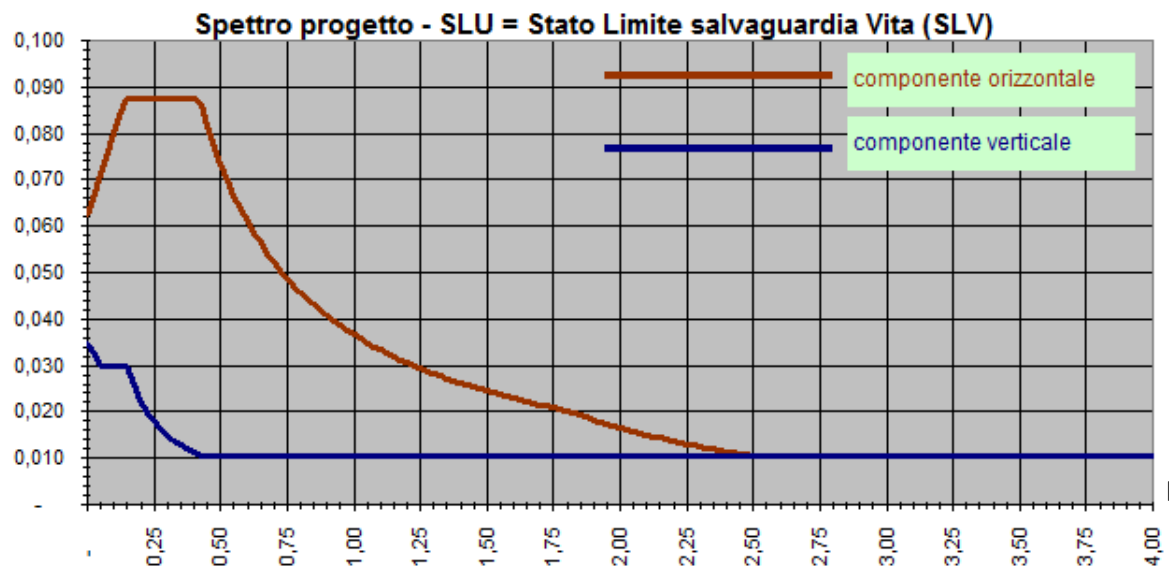


Fig. 8.6.

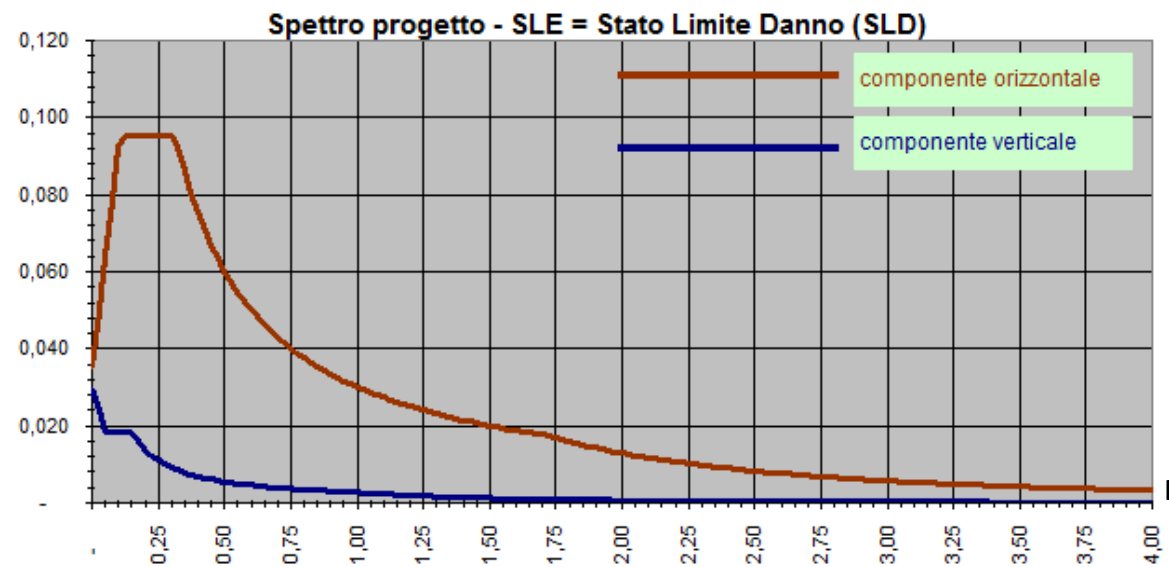


Fig. 8.7.

9. NOTE DI SINTESI

Nelle pagine precedenti, attraverso la ricostruzione del modello geologico locale, sono state illustrate le condizioni geologiche connesse alla realizzazione delle opere di ristrutturazione della casa di riposo.

Tale ricostruzione si è basata su una minuziosa raccolta di dati, su rilievi di campo e sull'esecuzione di prospezioni geognostiche e sismiche dirette, consistenti in un sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto fino a 10 metri di profondità (**Allegato 1**) e in un rilievo sismico passivo (HVSr) di cui in **Allegato 3** si riportano le elaborazioni e i risultati.

I rilievi e le indagini effettuate hanno consentito di definire in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e i parametri geotecnici dei terreni presenti, ottenuti da prove di laboratorio effettuate su un campione di terreno carotato nel corso del sondaggio. I relativi certificati sono riportati in **Allegato 2**.

Gli accertamenti effettuati non hanno rilevato situazioni di pericolosità geologica in grado di condizionare l'intervento in progetto richiedendo opere preventive di sistemazione o risanamento. Nel dimensionamento delle strutture di fondazione occorrerà fare riferimento ai parametri geotecnici risultanti dalle prove di laboratorio, tenendo presente che il volume significativo delle fondazioni non è interessato dalla presenza di falda idrica.

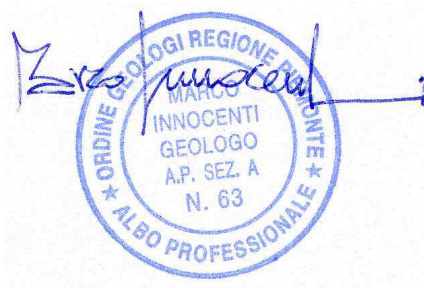
Si invita, in ultimo, il progettista strutturale a controllare che la risonanza sismica dell'edificio in ristrutturazione sia inferiore rispetto alla frequenza di risonanza fondamentale accertata in sito nel corso dell'indagine effettuata, in quanto quest'ultimo parametro è di essenziale importanza per evitare il rischio della doppia risonanza cui sono imputabili gli effetti disastrosi dei terremoti.

Il presente elaborato, redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per il rilascio della concessione a edificare. Gli aspetti geotecnici trattati, riguardanti la caratterizzazione, la modellazione e la parametrizzazione del volume significativo di terreno, dovranno essere integrati, in fase esecutiva, con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3 delle NTC.

La compatibilità geologico-tecnica dell'intervento in progetto è comunque accertata e pertanto se ne attesta la fattibilità.


Torino, 1 ottobre 2014

Dott. Geol. Marco INNOCENTI
N. 63 Ordine dei Geologi del Piemonte



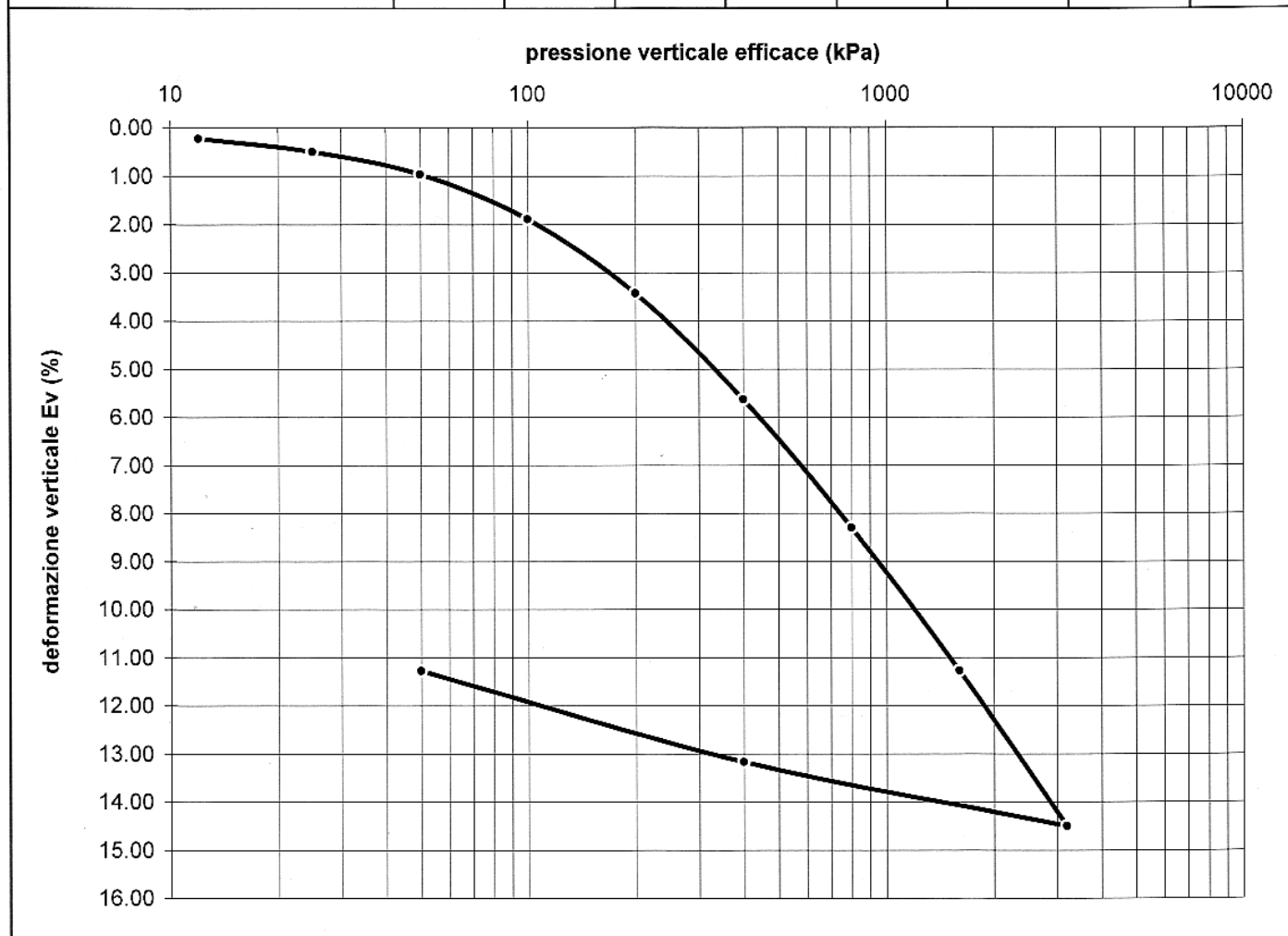
ALLEGATO 2

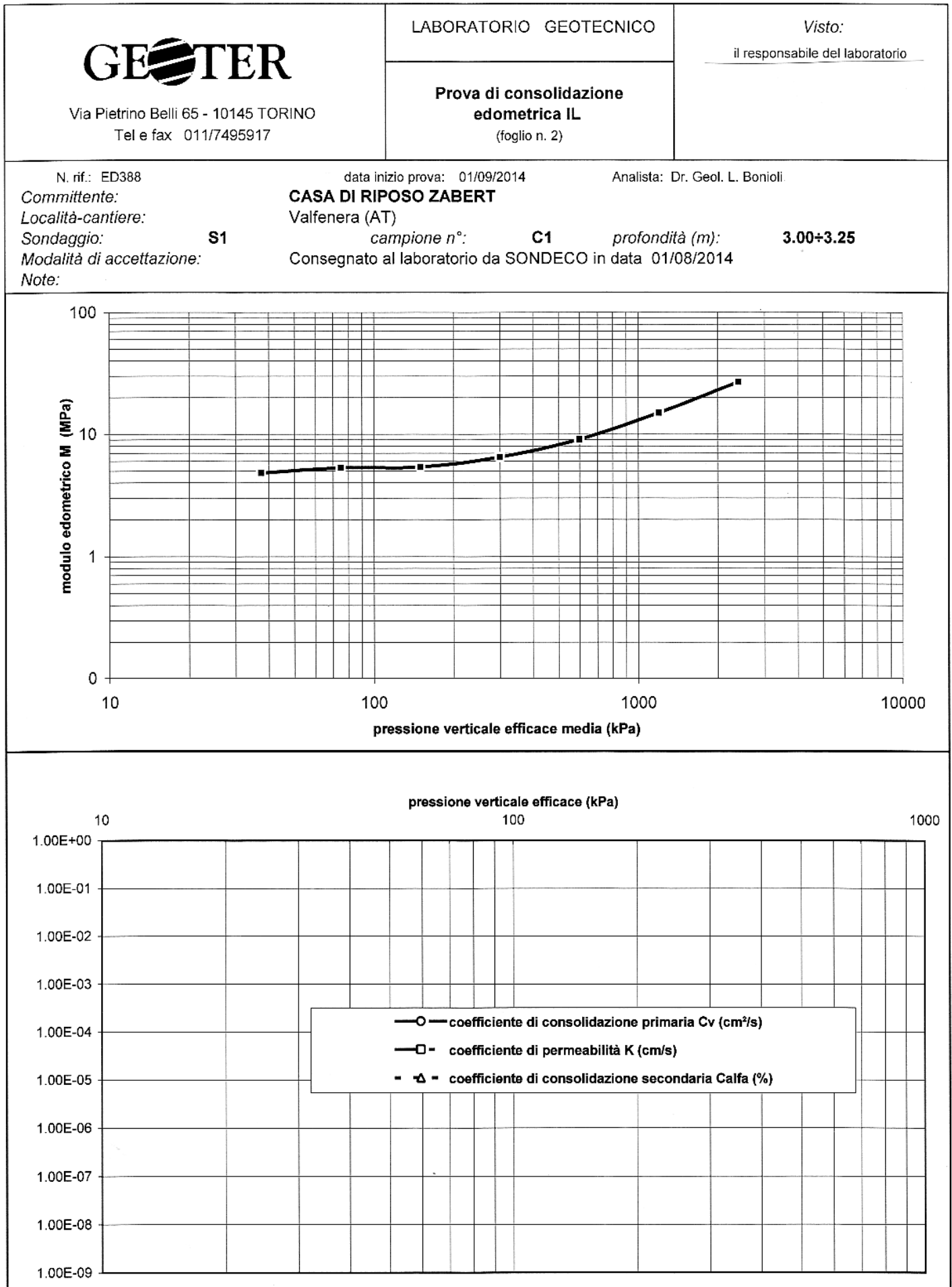
Certificati prova edometrica di laboratorio


 Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO Tel e fax 011/7495917	LABORATORIO GEOTECNICO	Visto: il responsabile del laboratorio
	Prova di consolidazione edometrica IL (foglio n. 1)	

N. rif.: ED388 data inizio prova: 01/09/2014 Analista: Dr. Geol. L. Bonioli
 Committente: **CASA DI RIPOSO ZABERT**
 Località-cantiere: Valfenera (AT)
 Sondaggio: **S1** campione n°: **C1** profondità (m): **3.00±3.25**
 Modalità di accettazione: Consegnato al laboratorio da SONDECO in data 01/08/2014
 Note:

CARATTERISTICHE FISICHE		TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI DETERMINATI						
		P kPa	Ev %	e	M kPa	Cv cm²/s	K cm/s	Calfa %
Diametro provino (mm)	50.00	12	0.22					
Altezza provino (mm)	20.00	25	0.49		4815			
Peso lordo umido iniziale (g)	140.30	50	0.96		5319			
Peso lordo umido finale (g)		100	1.89		5405			
Peso lordo secco (g)		200	3.43		6494			
Tara fustella (g)	58.89	400	5.63		9070			
Densità umida (g/cm³)	2.07	800	8.30		15009			
Densità secca (g/cm³)		1600	11.27		26891			
Conten. d'acqua iniz. (%)		3200	14.50		49536			
Conten. d'acqua fin. (%)		400	13.17					
Pressione di rigonfiamento:	10 kPa	50	11.27					





 Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO Tel e fax 011/7495917	LABORATORIO GEOTECNICO	Visto: il responsabile del laboratorio
	Prova di taglio diretto consolidata-drenata (interpolazione curva)	

N. rif.: T 562 data inizio prova: 01/09/2014 Analista: Dr. Geol. L. Bonioli
 Committente: **CASA DI RIPOSO ZABERT**
 Località-cantiere: Valfenera (AT)
 Sondaggio: **S1** campione n°: **C1** profondità (m): **3.00+3.25**
 Modalità di accettazione: Consegnato al laboratorio da SONDECO in data 01/08/2014
 Note:

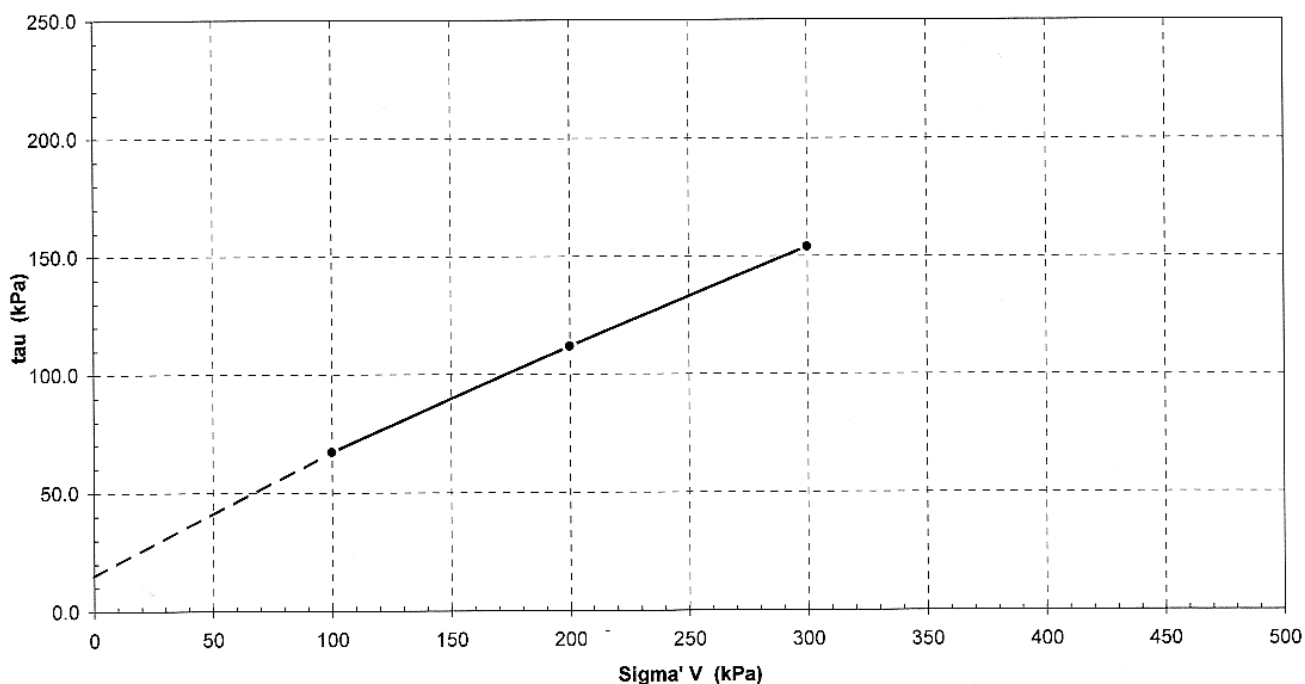
CARATTERISTICHE FISICHE DEI PROVINI						FASE DI CONSOLIDAZIONE		
	dimensioni iniziali		densità umida	densità secca	contenuto d'acqua	pressione di consolidaz.	tempo di consolidaz.	cedimento provino
	diametro	altezza						
provino n°	D mm	H mm	γ_i g/cm³	γ_d g/cm³	Wn %	$\Sigma \sigma' V$ kPa	dt ore	dH mm
1	60.0	30.6	2.02			100	24	0.75
2	60.0	30.6	2.04			200	24	1.66
3	60.0	30.6	2.03			300	24	2.20

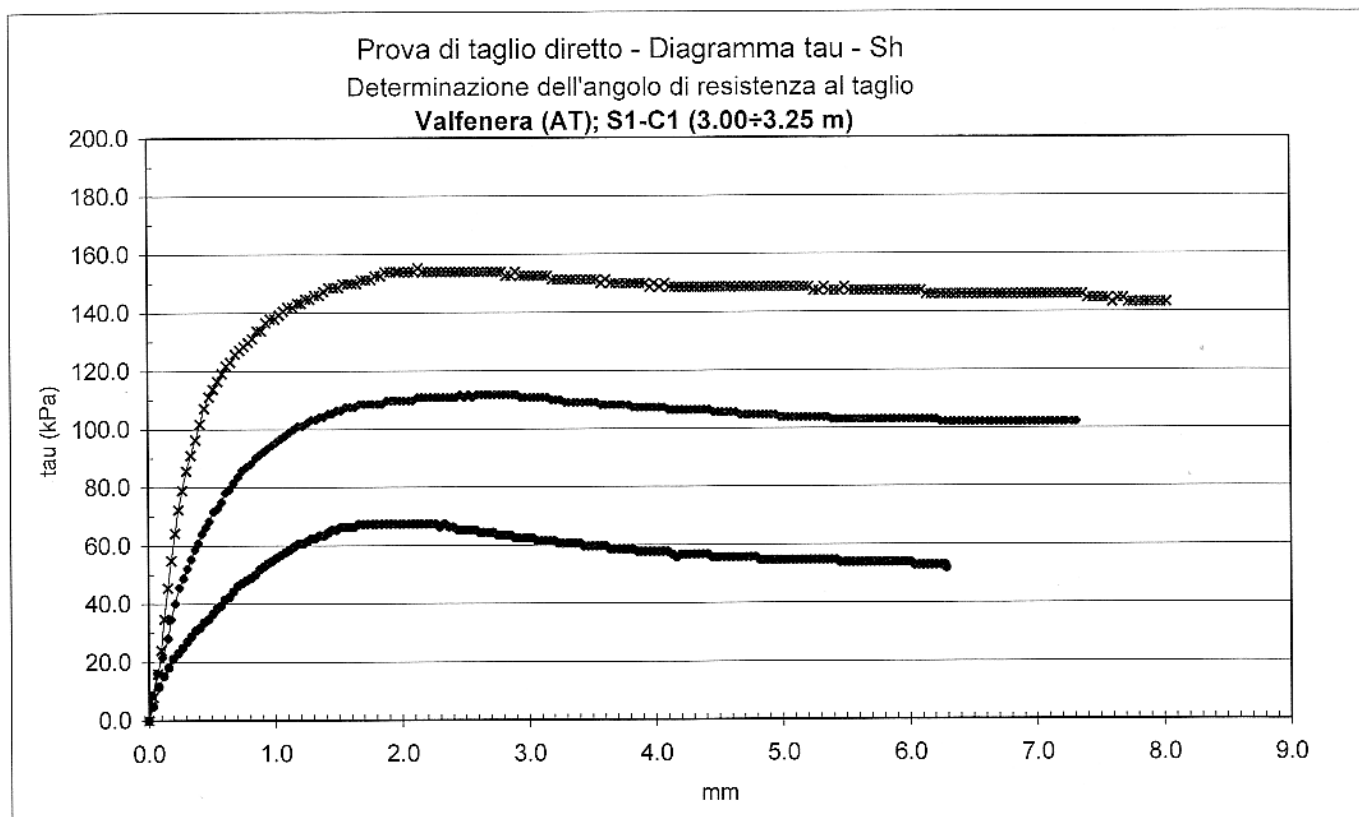
FASE DI ROTTURA									
provino n°	valori di picco			prova di taglio residuo - valori di tau per ciascun ciclo di rottura					
	tau kPa	Sh mm	Sv mm	tau 1 kPa	tau 2 kPa	tau 3 kPa	tau 4 kPa	tau 5 kPa	tau 6 kPa
1	67.2	1.1							
2	111.8	2.5							
3	153.9	2.6							

velocità di prova: 0.01 mm/min

Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 22.3 \div 24.2^\circ$
 Coesione $c' = 10 \div 15$ kPa
 Angolo di resistenza al taglio residua $\phi'_r = \quad^\circ$

NOTE: Pocket p. = 3.2 - 3.5 - 3.0 kg/cm²
 (ogni 10 cm)





ALLEGATO 3

***Opere di ristrutturazione ed ampliamento
"Casa di Riposo Capitano Luigi Zabert"***
RELAZIONE DI INDAGINE SISMICA HVSR

1. PREMESSA E UBICAZIONE INDAGINE

Ai sensi del **D.M. 14/01/2008 (§ 3.2.2. NTC-08)** le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla *"pericolosità sismica di base"* del sito di costruzione, costituendo l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle stesse.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, quale è il caso in esame, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. La definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, è basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio **VS,30**, che costituisce un parametro correlato alla velocità delle onde di taglio **VS** degli strati di terreno nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; la **VS,30**, che rappresenta una velocità equivalente, è espressa dalla seguente formula:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (1)$$

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata tramite metodi semplificati.

Su incarico del collega Dott. Geol. MARCO INNOCENTI e per conto dell'Amministrazione della Casa di Riposo "Capitano Luigi Zabert", il 17 giugno 2014 si è proceduto alla stima delle **VS,30** eseguendo un'indagine sismica passiva a stazione singola in località Via Francesco Binelli, 34 – Valfenera (AT) presso la Casa di Riposo "Capitano Luigi Zabert", ad integrazione di studi e indagini geologiche e geotecniche propedeutiche alla valutazione

di fattibilità ed alla progettazione di opere di ristrutturazione ed ampliamento della struttura stessa.

Lo scrivente ha eseguito sul sito in esame (**Fig. 1**), un'indagine sismica passiva a stazione singola costituita da n°3 misure di microtremore ambientale (**H/V-1, H/V-2 e H/V-3 Allegato**) della durata di 16 minuti ciascuna, per mezzo di un *tromografo* digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

2. INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR

L'individuazione della categoria di suolo di fondazione è possibile, dunque, mediante metodi semplificati, quali ad esempio la sismica passiva col metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticali **HVSR** (LANGSTON, 1979; NAKAMURA, 1989), detta anche tecnica di NAKAMURA. Essa è la metodologia di analisi dei microtremori più usata per stimare la risposta sismica di un sito in termini di frequenza fondamentale e amplificazione. Entrambe queste caratteristiche dipendono dalla struttura geologica e dalle proprietà geotecniche e/o geomeccaniche del terreno dell'area oggetto di studio.



Fig. 1: ubicazione dell'indagine geofisica (immagine tratta da google earth).

Il rumore sismico diffuso, non puntuale e sufficientemente lontano, agisce come sorgente di eccitazione, più o meno come la luce bianca diffusa dalla nebbia illumina gli oggetti più

vicini all'osservatore, eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e permettendo un percezione chiara degli oggetti vicini anche nella nebbia stessa che di per sé nasconde tutto ovvero mascherando (tagliando) le informazioni lontane.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto risonanza, dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica, che può corrispondere a un passaggio tra uno strato e l'altro. Per strato, in sismica, si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti (non sempre né necessariamente coincidenti con quelle litologiche) per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

L'analisi dei dati ottenuti (vedi **Allegato**), fornisce una stima molto attendibile della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo nei primi 30 metri al di sotto delle fondazioni e, pertanto, la categoria di suolo di fondazione.

2.1. STRUMENTAZIONE E PROCEDURA DI ANALISI

Lo strumento (*Tromino*[®], *Micromed spa*, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso; le caratteristiche tecniche sono riportate nell'**Allegato**) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione orientati ortogonalmente N-S, E-W e Up-Down (verticalmente). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

L'apparecchio mediante i tre velocimetri elettrodinamici ortogonali acquisisce 3 modi di vibrazione diversi, che possono venire poi confrontati e ricostruiti in una curva che esprime la differenza dei movimenti orizzontali rispetto ai movimenti verticali espressa come amplificazione.

Le misure acquisite sono campionate in una finestra temporale (*time window*); su queste finestre viene effettuata una trasformazione di Fourier (FFT) in modo da ottenere una rappresentazione grafica con asse x in Hertz (Hz) ed in asse y in un fattore di amplificazione delle misure orizzontali rispetto a quelle verticali.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura descritta in CASTELLARO *et al.* (2005), con parametri:

⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s:

⇒ liscio secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;

Le ragioni per la scelta del liscio triangolare al posto del liscio KONNO E OMACHI (1998) proposto dalle linee guida SESAME (2005) risiedono nel fatto che questo ultimo non dà alcuna differenza statisticamente rilevante rispetto al liscio triangolare, pertanto si è deciso di adottare il liscio più semplice.

Le curve H/V sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di RAYLEIGH e di LOVE nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico (curva blu, *synthetic H/V*) più vicino alle curve sperimentali (curva rossa, *Average H/V*). Mediante, infatti, la sovrapposizione di una curva teorica (curva blu) alla curva acquisita dallo strumento (curva rossa), CASTELLARO E MULARGIA (2009) hanno dimostrato che si può determinare con una precisione confrontabile con quella di altri metodi, la velocità media (armonica) delle onde sismiche fino ad almeno 30-50 m, se non oltre.

L'inversione delle curve H/V e la loro sovrapposizione, secondo CASTELLARO, **è possibile ed univoca solo se la curva è agganciata ad una discontinuità sismica (vincolo) la cui profondità è nota con altri metodi** (indagini sismiche o geologico – geotecniche quali indagini in sito, sondaggi, prove penetrometriche o pozzetti esplorativi, attestanti su geomateriali compatti). Infatti, con l'analisi degli spettri H/V *"In presenza di un picco di risonanza ben individuato e nota la profondità del riflettore che dà la risonanza, è inoltre possibile ottenere una stima di massima della velocità media delle onde di taglio delle coperture. Infine possono costituire un valido ausilio nell'interpretazione e validazione dei risultati ottenuti con altre prove"* (*"Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva"* SEBASTIANO FOTI, FILIPPO SANTUCCI DE MAGISTRIS, FRANCESCO SILVESTRI, CLAUDIO EVA in *Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" 2008* – Supplemento alla rivista Ingegneria sismica, Anno XXVIII - n. 2 - 2011).

Nel caso in questione tale vincolo (si ricorda fornito dalla profondità di un riflettore sismico noto e il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V, CASTELLARO E MULARGIA-2007) è emerso dal confronto con il sondaggio geognostico nell'ambito di un'indagine geotecnica eseguita dalla Ditta Sondeco (cui si rimanda per l'esamina dei particolari di interesse).

FREQUENZE DI RISONANZA, STIMA DELLE VS,30 E CATEGORIA DI SUOLO

Attraverso tale indagine sismica, si stima come richiesto dalla normativa vigente la **VS,30** al di sotto del piano di fondazione e la conseguente categoria sismica di suolo di fondazione, partendo dalla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (*fr*).

2.2.1. Frequenze di risonanza

Considerando schematicamente¹:

- una prima porzione di depositi superficiali caratterizzati da terreni (limi argillosi) poco o per nulla consistenti, potenti circa 2 m (media **NSPT** = 6 circa) poggianti su:
- depositi più consistenti dei precedenti (argille competenti), potenti circa 6 m (media **NSPT** = 25 circa);
- depositi più consistenti ancora dei precedenti (argille debolmente stratificate);

una frequenza di risonanza è riconoscibile dai picchi H/V a circa **25 Hz ÷ 33 Hz** (**Fig. 2**) corrispondente verosimilmente al passaggio (2 m circa di profondità) dai depositi superficiali di copertura ai depositi più consistenti. Decisamente più in profondità, infine, si registra un'altra frequenza di risonanza, tra circa **1,5 Hz** e circa **1,7 Hz** (**Fig. 2**), indicativa di passaggi a litotipi sempre più compatti e cementati oltre i 60 m ÷ 70 m: ai fini, tuttavia, della caratterizzazione sismica del suolo di fondazione (30 al di sotto del piano di fondazione) l'interpretazione non è stata spinta fino a tali profondità.

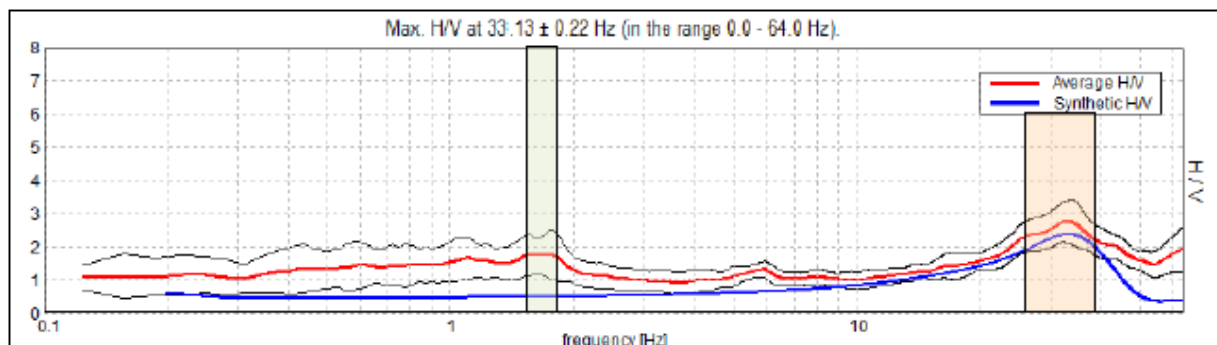


Fig. 2: H/V-3 (curve sperimentali in rosso, curva di interpretazione in blu); in colore semitrasparente le due fasce comprendenti l'intervallo di frequenza di risonanza del terreno in esame.

Ogni picco osservato nel grafico corrisponde ad una frequenza fondamentale del sito; generalmente ne è presente uno solo principale, ma più contrasti di impedenza a profondità sensibilmente diverse ne generano altrettanti.

¹ L'interpretazione dell'indagine sismica è stata eseguita esclusivamente sulla registrazione H/V-3 in quanto la migliore delle tre effettuate; va, infatti, segnalato che le prime due H/V-1 e H/V-2 hanno evidenziato alcuni disturbi esterni (rumori antropici o spike) che ne hanno reso l'interpretazione più complessa.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito si riconosce pertanto nella fascia (**Fig. 2**):

- 23 Hz ÷ 33 Hz, frequenze di risonanza che rendono maggiormente vulnerabili edifici di altezze $h < 3$ m;

In prima approssimazione, infatti, la frequenza di risonanza di un edificio è legata all'altezza dello stesso; nei casi, reali tuttavia, le relazioni sono più complesse e in **Fig. 3** sono rappresentate le frequenze attese per il primo modo flessionale di vibrare delle strutture in c.a. in funzione della loro altezza.

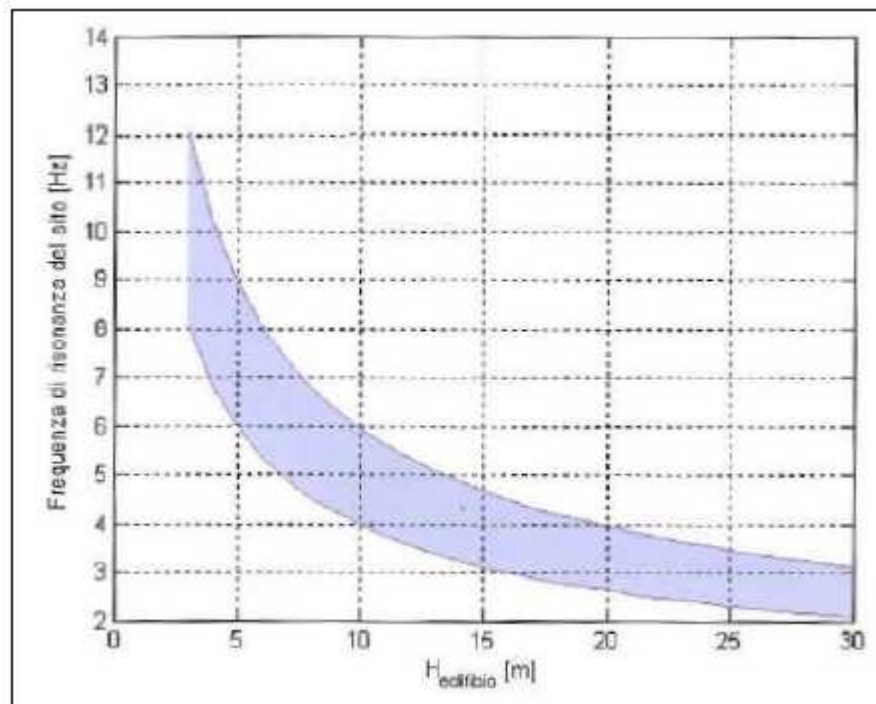


Fig. 3: Relazione tipica tra la frequenza del primo modo flessionale di vibrare e l'altezza di una struttura (da CASTELLARO S. 2008).

IL PROGETTISTA, PERTANTO, CONTROLLI CHE LA RISONANZA (O SUO MODO DI VIBRARE FONDAMENTALE) DELL'EDIFICIO SIA A FREQUENZE MINORI DI QUELLE DEL SITO, E COMUNQUE LONTANA DAL PICCO POICHÉ IN CASO DI DANNEGGIAMENTO LA FREQUENZA PROPRIA DELL'EDIFICIO DIMINUISCE E INOLTRE NEL SOTTOSUOLO POSSONO MANIFESTARSI MODI DI VIBRARE SUPERIORI, ANCORA ENERGETICI E NON RISCONTRABILI CON IL METODO DEI MICROTREMORI.

Va, infatti, ricordato che la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (**fr**) “costituisce il parametro fondamentale per il progettista strutturale che deve evitare il rischio della doppia risonanza, vera causa di distruzione durante i terremoti” (CASTELLARO ET AL., 2005)2.

2.2.2. Stima delle $V_{S,30}$ e Categoria di suolo

Le curve sperimentali (curve registrate) vengono modellate tramite le equazioni del **modello 1-D di sottosuolo** nella formulazione THOMSON-HASKELL-DUNKIN (trattato in BEN-MENACHEM & SINGH, 1981, *Seismic waves and sources*) con un codice di calcolo proprietario "Grilla" MICROMED. Il processo del software è iterativo ed attraverso piccole modifiche di profondità e velocità si riesce a "fittare" ovvero modellare la curva teorica in modo da seguire la curva acquisita in campagna ottenendo le velocità e gli spessori degli strati successivi. Per poter svolgere questa operazione, si deve attribuire ad ogni strato "sismico" un peso di volume, ed un modulo di Poisson (entrambi questi valori possono essere assunti di ragionevole massima in funzione dei dati stratigrafici a disposizione): la valutazione della $V_{S,30}$ che ne deriva è robusta e poco sensibile ad eventuali errori locali. Tali valori di $V_{S,30}$ non possono essere comunque usate per scopi diversi dall'ottenere $V_{S,30}$, in quanto approssimate.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) del primo strato evidenziabile dallo strumento relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = V_S / (4H) \quad (2)$$

dove H è la minima profondità di tale contrasto.

Qui di seguito vengono rappresentate nelle **Tabelle 1 e 2** le suddivisioni schematiche in strati sismici del sottosuolo in esame per la sola registrazione sismica **H/V-3** le relative $V_{S,30}$.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore Strato [m]	V_S [m/s]
2.00	2.00	264
8.50	6.50	580
inf.	inf.	690

Tabella 1: velocità delle onde di taglio negli strati sismici (H/V-3)

$$V_{S,30} (0 \div 30) = 601 \text{ m/s;}$$

Le $V_{S,30}$ ricavate dei rispettivi strati sismici sono in accordo con i dati bibliografici esposti nella Fig. 4.

2 CASTELLARO S., MULARGIA F., ROSSI P. (2005): *Effetti di sito e $V_{S,30}$: una risposta alla normativa antisismica* (Il Geologo dell'Emilia Romagna).

Le $V_{s,30}$ ricavate dei rispettivi strati sismici sono in accordo con i dati bibliografici esposti nella Fig. 4.

TIPO DI SUOLO	V_s min [m/s]	V_s media [m/s]	V_s max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

Fig. 4: velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (cfr. BORCHERDT, 1994)

Va, tuttavia, evidenziato che:

- le $V_{s,30}$ si intendono “al di sotto del piano di fondazione”; in linea di prima approssimazione, è possibile indicare una stima delle $V_{s,30}$ per ogni metro di profondità di posa delle fondazioni. Per quanto detto sopra e riapplicando la (1) si ottiene:

$$V_{s,30} (0 \div 30) = 601 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} (1 \div 31) = 630 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} (2 \div 32) = 663 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} (3 \div 33) = 667 \text{ m/s};$$

- Visto che qualsiasi misura è affetta da errore statistico dovuto alla somma delle incertezze di tutte le singole variabili in gioco, la stima delle $V_{s,30}$ in fisica non può non tenerne conto. Dalla applicazione matematica della formula della propagazione degli errori si può, dunque, definire una cautelativa e generale deviazione standard corrispondente a circa il 15%.

$$V_{s,30} (0 \div 30) = 601 \text{ m/s} \pm 15\% = 601 \text{ m/s} \pm 90 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} (1 \div 31) = 630 \text{ m/s} \pm 15\% = 630 \text{ m/s} \pm 95 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} (2 \div 32) = 663 \text{ m/s} \pm 15\% = 663 \text{ m/s} \pm 100 \text{ m/s};$$

$$V_{s,30} (3 \div 33) = 667 \text{ m/s} \pm 15\% = 667 \text{ m/s} \pm 100 \text{ m/s};$$

I risultati della complessa interpretazione delle registrazioni effettuate hanno permesso allo scrivente di concludere che, tramite l'applicazione della **(1)** i depositi in esame ricadrebbero in termini di $V_{s,30}$ calcolate dal p.c. nella **Categoria B**; prendendo, inoltre, **cautelativamente** le $V_{s,30}$ ($0 \div 30$) e il limite inferiore della deviazione standard, si ottiene una $V_{s,30}$ corrispondente a **511 m/s**, cioè $V_{s,30} > 360 \text{ m/s}$ che permette di attribuire con ragionevole sicurezza i depositi in esame in termini di $V_{s,30}$, ma anche in termini stratigrafici, alla **Categoria B**:

Categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

3. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione nei primi 30 m al di sotto del p.c., i depositi in esame ricadono nella Categoria B. In tale categoria, a maggior ragione, ricadrebbero se le velocità delle onde di taglio $V_{s,30}$ fossero calcolate al di sotto del piano di fondazione come stabilito dalle normative vigenti.

Si ricorda, infine, di porre particolare attenzione al rischio della doppia risonanza, tenendo presente le frequenze di risonanza del terreno registrate durante le indagini.

Asti, agosto 2014

Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

N. 574 dell'Ordine dei Geologi del Piemonte



STRUMENTAZIONE: CARATTERISTICHE TECNICHE

1 Tromino®	Numero di serie	TRZ – 0086/01 – 10
	<p>Strumento ultraportatile (10 x 14 x 7 cm, < 1 kg) tutto in uno progettato specificamente per la misura dei microtremiti e delle vibrazioni.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trasduttori • amplificatori • digitalizzatore • pre-analizzatore • memoria flash • alimentazione (2 batterie alcaline AA da 1.5 V) • 2 set di piedini per accoppiamento al suolo banda di lavoro 0,1-200 Hz <p>tutto nello stesso contenitore, assenza totale di cavi esterni per eliminare vibrazioni indotte.</p> <p><i>Produttore: Micromed s.p.a., Via Giotto 1 – Mogliano V.to (TV)</i> www.tromino.it; www.micromed-it.com</p>	
	Trasduttori	3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale (saturazione ± 1.2 mm/s in banda); Velocimetri elettrodinamici tricomponenti (N-S, E-W, verticale)
	Range di frequenze di attività strumentale	0,1 Hz ÷ 250 Hz
	Frequenza di campionamento	frequenze di campionamento 128, 256, 512 Hz su tutti i canali; adottata 128 Hz.
	Taratura	Effettuata su tavola piezoelettrica calibrata all'interferometro laser
	Accoppiamento col terreno	Diretto, ad appoggio
Software Grilla	<p>Per l'immagazzinamento dei tracciati acquisiti e la loro analisi nei domini del tempo e della frequenza.</p> <p><i>Produttore: Silvia Castellaro per conto di Micromed s.p.a.</i> <i>Via Giotto 1 – Mogliano V.to (TV)</i> www.tromino.it; www.micromed-it.com;</p>	



Tromino® della ditta MICROMED S.R.L

INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-1

Cantiere: Via Francesco Binelli 34; Località: Valfenera (AT)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 17/06/14 16:00:35 End recording: 17/06/14 16:16:36

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

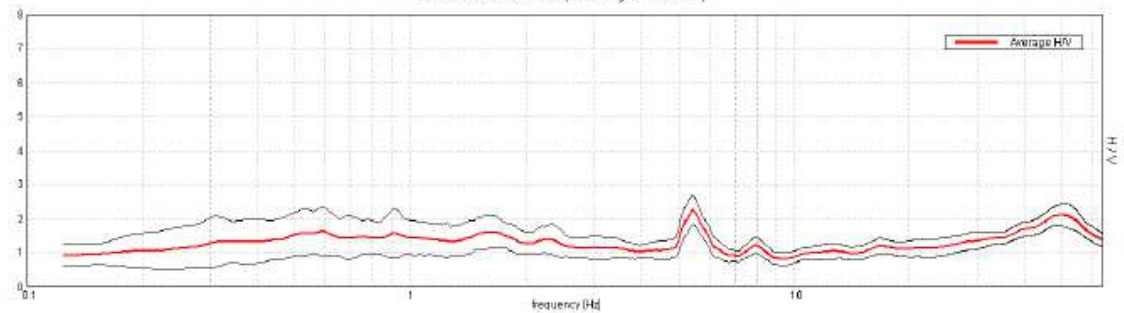
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

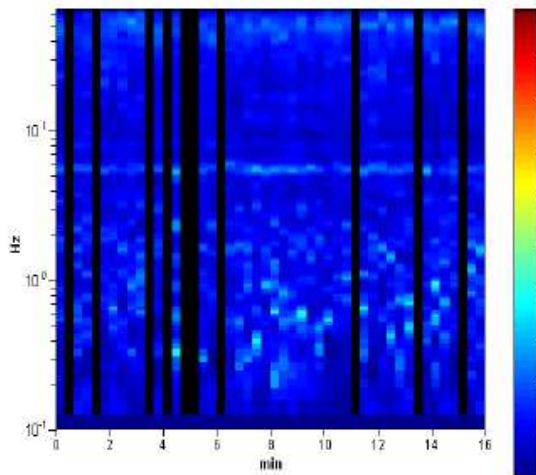
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

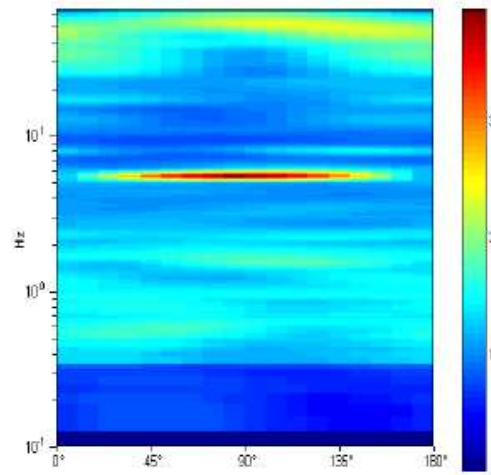
Max. H/V at 6.44 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



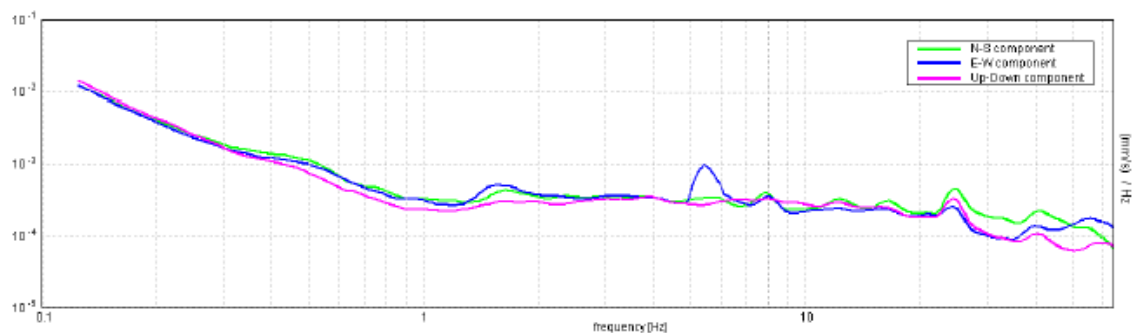
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005³ guidelines]

Max. H/V at 5.44 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4132.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 262 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.875 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.26 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 0.27188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2111 < 1.58$	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 $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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

³ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti
I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-2

Cantiere: Via Francesco Binelli 34; Località: Valfenera (AT)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 17/06/14 16:24:25 End recording: 17/06/14 16:40:27

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

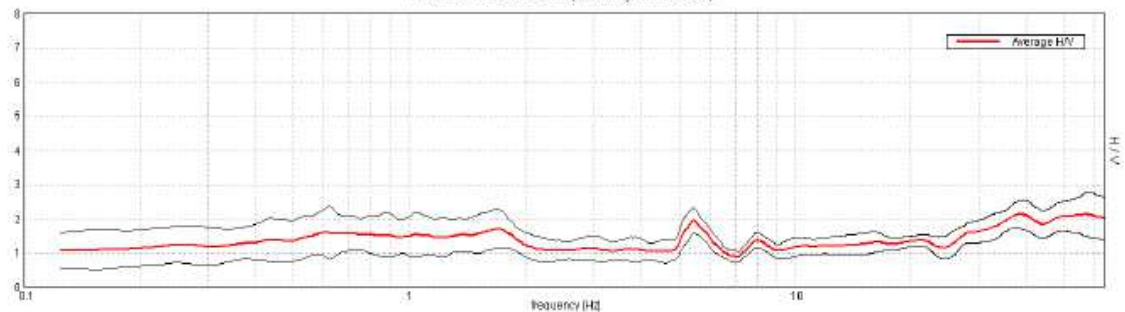
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

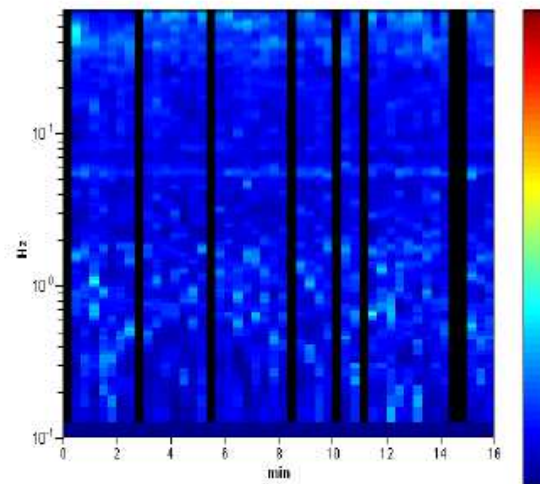
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

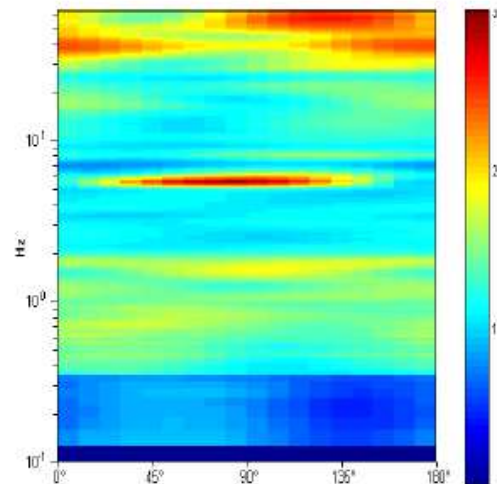
Max. HPV at 57.13 \pm 5.46 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



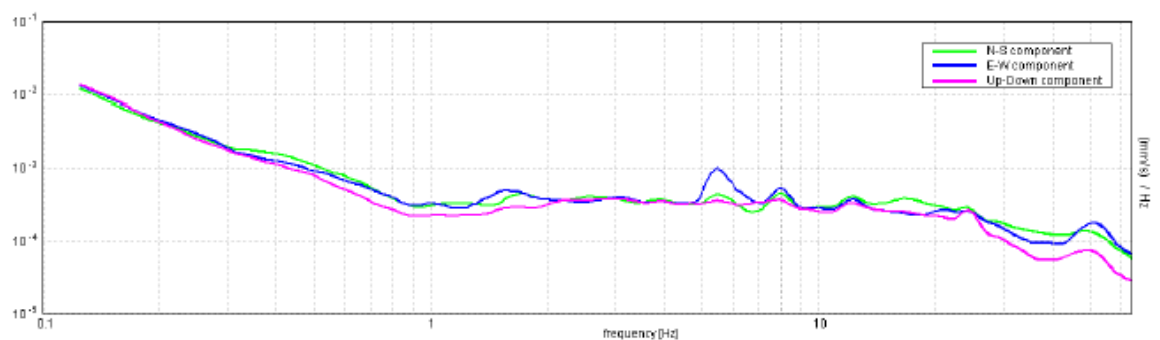
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005⁴ guidelines]

Max. H/V at 57.13 ± 5.46 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	57.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	45700.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1135 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.12 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04664 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.66408 < 2.85625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3136 < 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 $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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

⁴ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti
I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-3

Cantiere: Via Francesco Binelli 34; Località: Valfenera (AT)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 17/06/14 16:45:05 End recording: 17/06/14 17:01:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

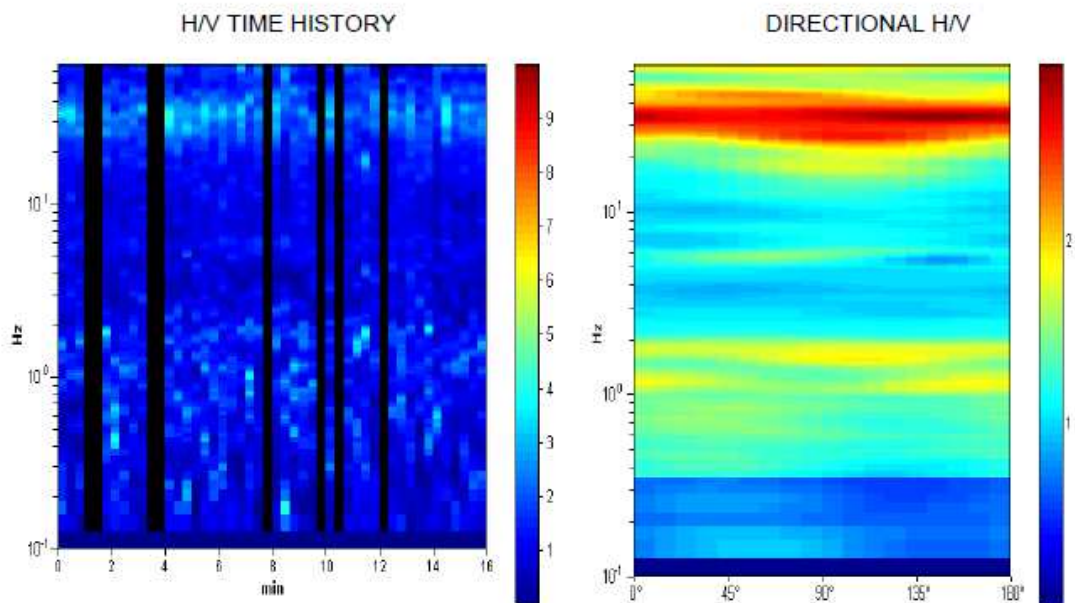
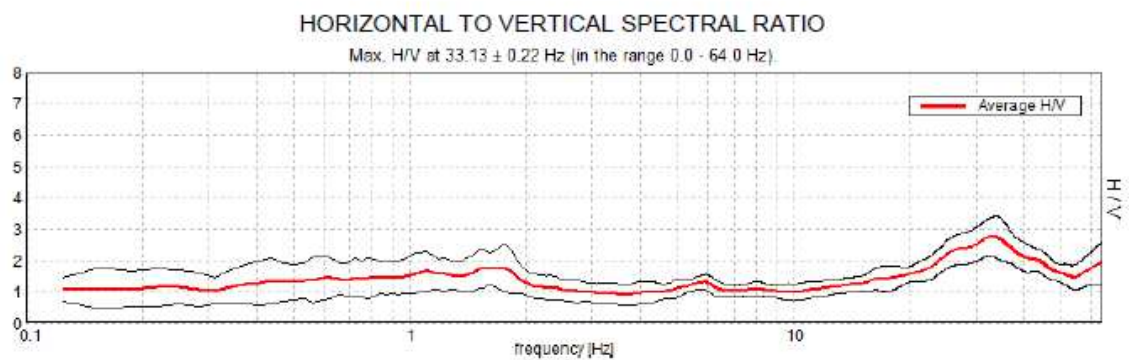
Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

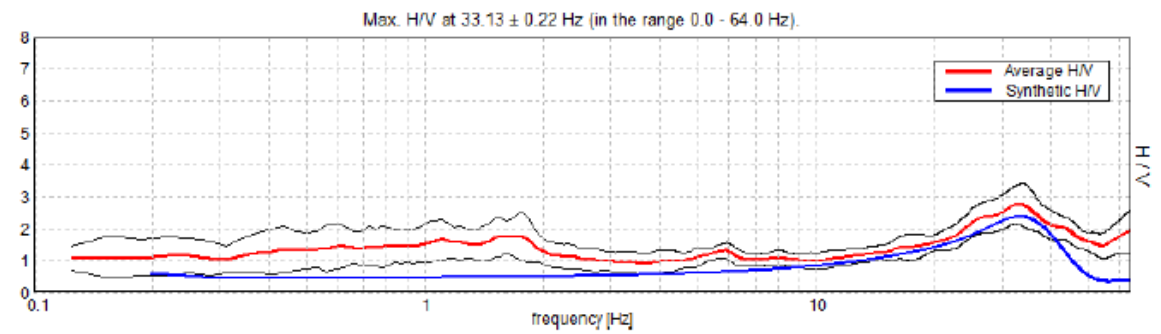
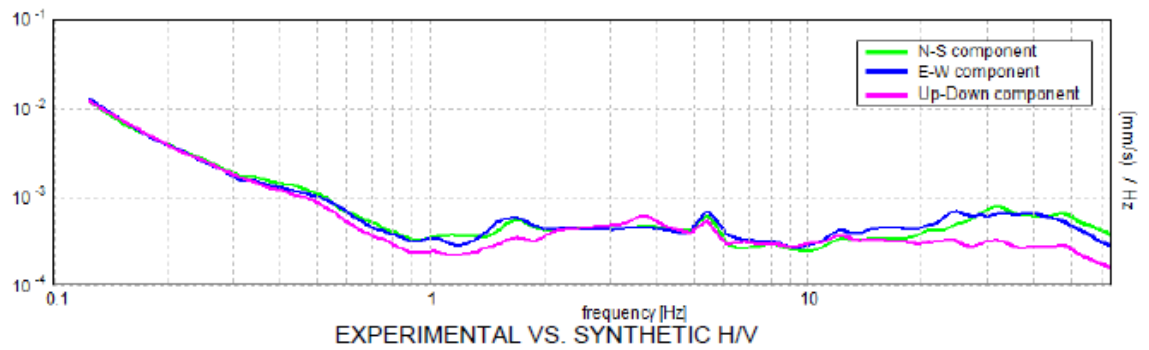
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

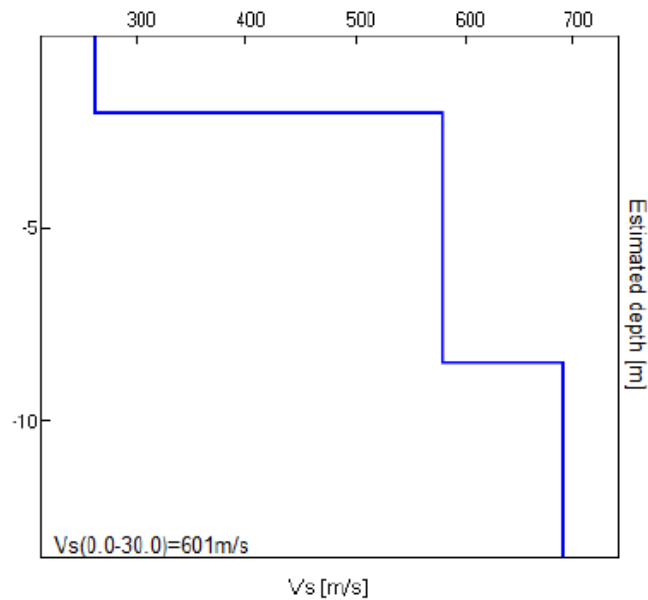


SINGLE COMPONENT SPECTRA



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	264	0.35
8.50	6.50	580	0.40
inf.	inf.	690	0.40

Vs(0.0-30.0)=601m/s



[According to the SESAME, 2005⁵ guidelines]

Max. H/V at 33.13 ± 0.22 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$33.13 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$26500.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1519 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.75 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00321 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1062 < 1.65625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3097 < 1.58$	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 $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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

⁵ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.