Studio geologico per adeguamento del Piano Regolatore Generale
Committente: Comune di Carini

Relazione				
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Numero elaborato
01	del	Relazione geologica di settore		1/a
		Relazione finale con indagini sismiche	X	1/b

Carte di Analisi (A1c)				
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Numero elab.
01		Carta geologica scala 1:10.000		2
01		Carta geomorfologica scala 1:10.000 Carte PAI rischio e dissesto		3
01		Carta idrogeologica scala 1:10.000		4
Carte di Sintesi (A1d)				
01		Carta delle pericolosità geologiche scala 1:10.000		5
01		Carta della pericolosità sismica 1:10.000		6
01		Carta della suscettività all'edificazione scala 1:10.000		7

Carte di Analisi (A2a) scala 1:2.000				
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Numero elab.
01		Carta geologica scala 1:2.000		8
01		Carta geomorfologica scala 1:2.000		9
01		Carta litotecnica scala 1:2.000		10

Il geologo Pietro Montanelli	Visti	Il Sindaco
		

Dott. geol. Pietro Montanelli n. iscrizione albo regionale dei geologi di Sicilia n. 1495
Sede Via Serraglio Vecchio, 2 - 90036 Misilmeri (PA)
e - mail pietromontanelli@alice.it - PEC: pietromontanelli@pecgeologidisicilia.it
tel/fax: 0918723909 - mob: +39 3382911493 - +39 3289219910

1/b

Studio di geologia applicata Dott. Pietro Montanelli – Via serraglio Vecchio, 2 – Misilmeri (PA)
Contatti: e – mail pietromontanelli@alice.it Pec: pietromontanelli@pecgeologidisicilia.it - mob.+ 39 3382911493

PIANO REGOLATORE GENERALE DI CARINI

RELAZIONE FINALE

Lo studio geologico eseguito per l'adeguamento del PRG del Comune di Carini alla Circolare A.R.T.A. n.3 del 20 giugno 2014, avente per oggetto "*Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*", pubblicata nella GURS parte I^, del 11.07.2014, come richiesto per gli Strumenti Urbanistici Generali (Fasi A1 e A2) si compone di un elaborato tematico in scala 1/10.000 in cui si evidenziano tutti i dati raccolti (A1a) e le nuove indagini eseguite (A1b); tre elaborati di analisi (A1c) e due di sintesi (A1d) in scala 1/10.000; tre cartografie di analisi (A2a) in scala 1/2000; una cartografia di sintesi (A2b) in scala 1/2000, tutti a corredo della **Relazione Generale** di seguito sintetizzata.

I dati geologici contenuti negli studi generali dello strumento urbanistico vigente (PRG) e nei Piani Attuativi del centro storico, nei principali lavori pubblici effettuati sia in ambito urbano (costruzione di scuole, reti fognarie, reti viarie, consolidamenti, etc.), sia nel territorio extraurbano e negli studi geologici per opere private (lottizzazioni varie in zone omogenee "C" dello strumento urbanistico, costruzione di edifici privati, etc.), nonché le notizie storiche su fenomeni (quali frane, alluvioni, terremoti) che in passato hanno coinvolto il territorio di Carini, hanno consentito di delineare la geologica, la geomorfologica, l'idrogeologica, la geotecnica e la sismologica del territorio in studio.

L'analisi critica dei dati geologici esaminati ha permesso di trarre informazioni e approfondimenti in modo specifico su:

Le sequenze litostratigrafiche dei luoghi di indagine fino alle profondità di indagine variabili in rapporto ai siti e alle finalità delle opere cui esse erano indirizzate;

La definizione dell'assetto strutturale di ampie aree, anche al di fuori di quelle strettamente oggetto di indagine;

Gli spessori delle coltri di ricoprimento e/o di alterazione superficiale;

L'individuazione del *bedrock* nei siti sismicamente indagati, soprattutto a seguito dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

La presenza di acqua o meno, alle diverse profondità, in rapporto alla permeabilità dei litotipi indagati, traendo considerazioni sul deflusso idrico sotterraneo.

La mappatura dei sondaggi geognostici su cartografia CTR in scala 1/10.000 e i dati analizzati hanno fornito utili indicazioni sia per verificare la rispondenza litologica con quanto in precedenza rilevato e cartografato, ridisegnando in taluni casi i limiti e i contatti fra le diverse formazioni in base ai nuovi dati acquisiti in situ, sia di valutare successivamente l'opportunità di effettuare ulteriori indagini integrative su aree ritenute utili ai fini urbanistici, risultanti prive o carenti di talune indicazioni geognostiche.

La ricerca bibliografica riguardante franamenti di particolare rilevanza porta all'inverno del 1931 quando in contrada Fiumefalco-Stazzone, a sud-ovest dell'abitato di Carini, si sviluppò un movimento franoso che stravolse l'assetto morfologico e idrogeologico di una vasta area.

Del dissesto si ha uno studio geologico di dettaglio solo nel 1995, allorquando nell'ambito degli studi geologici di supporto al P.R.G. di Carini (P.P. di recupero) viene dato espresso incarico al Geologo Dr. *Valter Pratelli*.

La frana storica "Stazzone", dissesto attualmente in stato quiescente, si verificò nell'inverno del 1931 in contrada Fiumefalco-Stazzone a sud-ovest dell'abitato di Carini, in zona periferica e nella cartografia del P.A.I attualmente è classificato come "*frana complessa*".

Il movimento franoso coinvolse la strada per Montelepre (PA) nel tratto di attraversamento della vallecola in località Stazzone, la mulattiera che dal paese conduceva alla sorgente Canale e alcuni fabbricati rustici, rimodulando di fatto sia la morfologia del versante, sia l'assetto idrografico avendo di fatto la frana determinato la scomparsa di due aste torrentizie provenienti dall'area della sorgente Canale e confluenti in destra idrografica nel torrente S. Vincenzo.

Degno di menzione tra gli eventi alluvionali verificatisi a valle dell'abitato di Carini nella frazione di Villagrazia quello del 1987. Ne danno contezza in uno studio effettuato nel 2016 *Roberto Gulli e Maria Sabatino* del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare dell'Università degli Studi di Palermo, dal quale vengono sintetizzati i contenuti salienti qui riportati, che ha come oggetto "*L'analisi retrospettiva per la valutazione delle condizioni di rischio geoambientale*".

Gli Autori utilizzando basi cartografiche antiche e recenti ricostruiscono lo sviluppo urbanistico dell'area a partire dagli anni sessanta del secolo scorso e le modifiche apportate nel tempo al corso del V.ne della Grazia.

Causa scatenante dell'evento furono le intense precipitazioni localizzate che fecero registrare in un intervallo di circa 17 ore oltre 100 millimetri di pioggia, pari ad un sesto circa della media annuale.

A seguito degli eventi alluvionali del novembre 1987 gli interventi di recupero nei mesi successivi consistettero nella riapertura del tratto d'alveo precedentemente canalizzato mediante l'eliminazione della tubazione interna e della soletta in c.a. che fungeva da copertura.

Si è dell'avviso che anche per il Vallone della Grazia, come fatto per il Vallone della Noce, sia auspicabile uno studio idraulico del bacino volto ad individuare i tratti di torrente non adeguati a garantire i livelli idrici attesi per portate di piena eccezionali, sempre più frequenti negli ultimi anni, e ad individuare eventuali opere di difesa nei tratti critici, di sistemazione e di manutenzione idraulica, atti ad attenuare la pericolosità nelle aree limitrofe inondabili.

Per quanto riguarda la sismicità storica di Carini, classificato territorio sismico di categoria 2, questa viene riportata nel database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani dell'INGV utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15-DBMI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., (eds) 2016. CPTI2015), che contiene 122.701 dati di intensità relativi a 3.212 terremoti verificatisi in tutta Italia.

Il catalogo include terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente a Mw 4.0. Non vengono pertanto menzionati o riportati terremoti antecedenti al 1823, come quello, ad esempio, di Palermo del 28 agosto 1738, sebbene intenso e avvertito in particolar modo a Carini, riportato dal *Mongitore*. Da notare che la disponibilità di MDP aumenta dopo la seconda metà del 1800.

Dall'osservazione del diagramma intensità – periodo di riferimento emergono tre terremoti di magnitudo momento (Mw) compresa tra 5 e 6 e sono riferiti ai terremoti del 1827 verificatosi in Palermo, quello del 1968 della valle del Belice e quello del 2002 con epicentro tra Ustica e Palermo nel mar Tirreno. Per i suddetti terremoti non risulta vittime ma danni a costruzioni.

Studi sulla zonazione sismogenetica del Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n.3274) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, configurano la zona di Carini nella zona sismogenetica ZS 933 che abbraccia la porzione della Sicilia settentrionale estesa dai Monti Nebrodi ai

Monti di Palermo. La profondità nella quale verrebbe rilasciato il maggior numero di terremoti in quest'area sarebbe compresa tra 8 e i 12 km, come emerge dal seguente prospetto che riassume per la Zona sismogenetica n. 933 la frequenza degli eventi in funzione della profondità:

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
933	413	162	44	4.4	8-12	10

La realizzazione della **carta geologica** costituisce la fase propedeutica di qualsiasi studio geologico di un determinato territorio, in essa vengono rappresentate e cartografate le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e strutturali dei vari litotipi in affioramento. Il loro sviluppo areale, sebbene rilevato in un ambito territoriale ben delimitato, va letto in un contesto geologico più ampio a livello regionale.

Per il rilevamento geologico dell'area in studio, come da Circolare A.R.T.A. 3/14, ci si è avvalsi della cartografia geologica regionale ufficiale in scala 1/50.000 realizzata nell'ambito del Progetto CARG, per il quale è stato prodotto il rilievo geologico-stratigrafico e tettonico dei fogli N°594 e N°585 in scala 1/50.000 denominati "Partinico - Mondello".

Il rilievo di campagna e l'analisi delle indagini, sia precedenti, sia di nuova realizzazione, hanno permesso di verificare e integrare i dati riportandoli su cartografia in scala 1/10.000, per quanto riguarda la cartografia di analisi e, successivamente, su scala 1/2.000 per la fase di dettaglio.

Gli studi e le ricerche condotti dallo stesso gruppo di lavoro nel medesimo periodo hanno permesso agli Autori, nel ricostruire l'edificio strutturale della zona, di individuare attraverso le analisi biostratigrafiche, sismostratigrafiche e degli ambienti sedimentari dei corpi carbonatici e dei corpi terrigeni presenti, varie unità derivanti dalla deformazione di differenti domini paleogeografici mesozoici e terziari. L'attuale assetto strutturale sarebbe il risultato di una evoluzione tettonica caratterizzata da due eventi deformativi principali con caratteri compressivi e traspressivi: il primo verificatosi nel Miocene medio-superiore, il secondo nel Miocene superiore-Pleistocene inferiore. L'edificio tettonico viene distinto in varie unità stratigrafico-strutturali (U.S.S.) a loro volta separate localmente in sub-unità tettoniche identificate in superficie.

A corredo della carta geologica vengono presentate due sezioni geologiche (A-B e D – C) diversamente orientate, passanti per il centro urbano di Carini, nelle quali si evidenziano i rapporti strutturali tra le varie formazioni intercettate dalle tracce. Nella

medesima carta si riportano le quattro colonne litostratigrafiche, così come emerse dai nuovi sondaggi diretti eseguiti per l'adeguamento del PRG di Carini in ambito urbano.

La **carta idrogeologica** riporta l'ubicazione dei pozzi e delle sorgenti più significative utilizzati a scopo idropotabile con le rispettive aree di protezione secondo quanto previsto dalle leggi vigenti. Nella medesima carta viene riportato il reticolo idrografico di superficie costituito principalmente dal V.ne del Ponte, V.ne delle Grazie e V.ne della Noce e le probabili linee di flusso delle acque sotterranee.

In base alle caratteristiche fisiche delle rocce, dal punto di vista idrogeologico, sono stati distinti:

- ✓ **sedimenti permeabili per porosità**,
- ✓ **sedimenti semi-permeabili – permeabili**;
- ✓ **sedimenti impermeabili**;
- ✓ **sedimenti permeabili per fratturazione e porosità.**

Le sorgenti e i numerosi pozzi profondi utilizzati a scopo idropotabile trovano alimentazione dai consistenti serbatoi idrici sotterranei costituiti dai complessi carbonatici, silico-carbonatici e calcarenitici presenti nel territorio dotati di permeabilità primaria e secondaria (fessurazione, fratturazione, carsismo, porosità etc.).

La carta della ***pericolosità geologica*** è una carta di sintesi in scala 1/10.000 che scaturisce dopo attenta analisi ed interpretazione della carta geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica. In essa si sono evidenziate, attraverso la rappresentazione grafica, tutte le aree interessate da pericolosità geologiche connesse con fenomenologie gravitative o idrauliche, differenziando nei limiti del possibile aree a diverso grado di pericolosità.

La rappresentazione cartografica, fatta secondo **l'Allegato F** della Circolare n.3/DRA A.R.T.A. riporta:

Le zone di ciglio, di cresta, cocuzzoli, dorsali

Le zone alluvionali

Le aree sede di instabilità per caduta massi

Le aree sede di instabilità di versante

Le aree interessate dalla presenza di discontinuità

Le aree interessate da movimenti franosi quiescenti

Le zone pedemontane interessate da falde di detrito.

Nella rappresentazione cartografica, per quanto attiene la ***pericolosità geologica***, sono state distinte:

Aree a pericolosità da bassa a media denominate su cartografia “Pg1”

Aree a pericolosità da bassa a media denominate su cartografia “Pg2a” e ”Pg2b”

Aree a pericolosità da elevata a molto elevata denominate su cartografia “Pg3”

Aree a pericolosità da bassa a media “Pg4”

Aree a pericolosità idraulica elevata denominate su cartografia “Pgi”

Nella medesima carta vengono riportate le aree di cava che presentano una pericolosità da bassa a media e, inoltre, le fasce di rispetto dei pozzi e delle sorgenti aventi scopo idropotabile.

Le aree con campitura “Pg1” comprendono abitazioni sparse, reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o di servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, reti elettriche, telefoniche, etc.) viabilità primaria e secondaria la cui pericolosità viene considerata da bassa a media e nelle cui aree secondo le Norme di attuazione P.A.I. è consentita l’attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici.

Nelle aree con campitura “Pg2a” e ”Pg2b non si escludono possibili fenomeni di crollo e pertanto, occorre valutarne la reale pericolosità mediante le procedure previste dal D.D.G. n.1034 del 13.12.2013 e adottare le misure opportune per la messa in sicurezza.

Le aree contrassegnate con la campitura **Pg2b comprendono zone con suoli superficiali caratterizzati da condizioni geotecniche scadenti** da superare con l’adozione di soluzioni tecniche appropriate.

Le aree con campitura “Pg3” comprendono ambiti edificati e non edificati. Nella prima sono presenti reti e infrastrutture, viabilità primarie e secondarie, classificate in zona “R4” e “R3” del P.A.I. per esse valgono le disposizioni riportate negli art. 9 e 10 delle Norme di Attuazione del P.A.I. Negli ambiti non edificati ricadenti in zona P4 e P3 del P.A.I. valgono le disposizioni dell’art.8 paragrafi 1-7 delle Norme di Attuazione (Riportate nella seconda parte della presente Relazione).

Le aree con campitura “Pgi” comprendono due aree a limitare il torrente di Vallone del Noce in prossimità del centro abitato di Villagrazia di Carini ad elevato rischio idraulico e per esse valgono le disposizioni di cui agli artt. 11 – 12 delle Norme di Attuazione del PAI.

Uno degli obbiettivi dello studio geologico a supporto degli strumenti urbanistici è quello di attenzionare le problematiche che si possono manifestare in talune zone in occasione di un terremoto e fornire quindi una prima indicazione sugli approfondimenti che si rendono opportuni e in quali zone in particolar modo.

Per un programma di prevenzione e mitigazione degli effetti di un terremoto occorre individuare le zone a più elevata pericolosità sismica di base partendo dall'identificazione degli eventi sismici che possono verificarsi nell'area in un dato intervallo di tempo con una prefissata probabilità e individuando, quindi, le condizioni geologiche, geomorfologiche, geotecniche e geofisiche dei litotipi superficiali che concorrono a modificare la risposta sismica locale (punto 3.5 della Circolare ARTA n.3/2014)

Per particolari configurazioni morfologiche dei siti sono possibili amplificazioni differenziate del moto del suolo connesse anche alla conformazione strutturale del sottosuolo. Nell'elaborazione della carta si è tenuto in considerazione l'elaborato F) della Circolare ARTA n.3/2014.

Si sono configurate cinque classi di ***pericolosità sismica potenziale***:

Ia Classe 0 – Aree prive di scenari di pericolosità sismica particolare;

Ia Classe 1 – Aree sede di instabilità dei versanti, presenza di frane antiche o recenti, pendii con caduta massi, sedimenti soffici con acque circolanti;

Sottoclasse 1A - Aree nelle quali è possibile l'accentuazione dei fenomeni di instabilità potenziale dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici;

Sottoclasse 1B- Aree in cui si può avere Accentuazione dei fenomeni di instabilità potenziale dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici;

Sottoclasse 1C – Aree con Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a differenza di risposta sismica tra substrato e copertura;

Ia Classe 2, Aree poste ai margini di scarpata, accentuazione dei fenomeni di instabilità potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici;

Ia Classe 3 in cui si hanno amplificazioni diffuse del moto del suolo dovute a differenza di risposta sismica tra substrato e copertura con possibili fenomeni di liquefazione comprende quattro sottoclassi:

sottoclasse 3 A conoidi di origine mista;

sottoclasse 3 B aree alluvionali o depositi misti;

sottoclasse 3 C sedimenti inconformi;

sottoclasse 3 D sedimenti con possibile presenza di falda a bassa profondità

la Classe 4 – Comprende le aree interessate dalla presenza di discontinuità o sovrastanti cavità.

Ad ogni classe o sottoclasse vengono associati gli effetti dovuti ad eventi sismici e le prescrizioni tecniche ai fini urbanistici.

L'elaborato ha consentito sia di individuare le aree a minore pericolosità sismica locale (zone stabili), sia di programmare, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi, un primo approfondimento di indagini geofisiche e geognostiche in ambito urbano le cui risultanze fanno parte integrante della presente relazione, rimandando a ulteriori approfondimenti per le medesime aree a studi di dettaglio successivi.

In fase di aggiornamento dello studio geologico si è ritenuto opportuno, per un fattore di pericolosità sismica locale, di approfondire la conoscenza su un sistema di faglie attraversanti l'abitato riportate dalla cartografia geologica regionale ufficiale e direzionate NNO/SSE e NNE/SSO, non cartografate precedentemente in letteratura geologica, verificando in parte, tramite sondaggi sismici, i contatti tra la formazione rigida e la formazione fliscioide.

Lo studio della fase di dettaglio (A2) ha richiesto cartografie di analisi e cartografie di sintesi. Per le prime sono state redatte in scala 1/2000 la geologica, la litotecnica e la geomorfologica, mentre per la cartografia di sintesi è stata redatta quella per la pianificazione generale.

Le carte geologiche in scala 1/2000 in cui ricade l'abitato di Carini riporta il dettaglio delle formazioni geologiche, i loro contatti stratigrafici e tettonici, l'ubicazione dei sondaggi geognostici e le colonne stratigrafiche più rappresentative dei sondaggi, in più N.2 sezioni geologiche. La simbologia adottata è quella dell'**allegato B** della Circolare A.R.T.A. N.3/2014.

Nella carta litotecnica del comune di Carini in scala 1/2000 le unità litologiche cartografate sono riconducibili ai Depositi quaternari, alle Successioni meso-cenozoiche e alle successioni della Piattaforma Carbonatica Panormide.

Utilizzando la nomenclatura del**l'Allegato F** della Circolare n.3/DRA A.R.T.A. i depositi quaternari sono dati da Accumuli di frana, sedimenti a grana grossa (F), frammenti lapidei arrotondati o spigolosi (F1), frammenti lapidei con frazione fina

interstiziale (F2); Successioni con alternanze di litotipi diversi (B): coltri eluviali e depositi colluviali – sedimenti fossili (B2).

I depositi meso-cenozoici comprendono le successioni del bacino numidico (TLL) con Substrato dato da alternanza di litotipi diversi (B4); Successioni della Piattaforma Carbonatica Panormide che comprende il Substrato con successioni (LEG-CAS-MEG) carbonatiche A1 (poliedri giustapposti volume medio oltre 1 mc).

Nella carta litotecnica della **frazione di Villagrazia di Carini** in scala 1/2000 vengono distinti terreni di Copertura costituiti da coltri eluviali, depositi colluviali – sedimenti fossili; Sedimenti a grana grossa (F), Frammenti lapidei arrotondati tipo F1, con frazione fine interstiziale tipo F2, Prodotti eluviali e depositi colluviali.

Substrato A) Successioni carbonatiche A3 (poliedri giustapposti volume medio oltre 0,01 mc) – A4 (poliedri giustapposti volume medio oltre 0,001 mc).

PRESCRIZIONI GEOLOGICHE – NORME TECNICHE

Fermi restando i vincoli, le limitazioni e le prescrizioni per i quali si rimanda alla Carta dei Vincoli allegata al PRG di Carini, vengono qui presi in considerazione solamente le prescrizioni e le norme tecniche che scaturiscono dagli aspetti geologici del territorio emersi nel corso dello studio geologico per l'Aggiornamento del PRG che "***non possono essere sostitutive degli studi geologici inerenti singoli progetti di nuova edificazione, di demolizione e ricostruzione di miglioramento ed adeguamento sismico***".

Per la programmazione e la progettazione di opere e interventi che interagiscono col terreno, le scelte progettuali, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni) devono tener conto delle prestazioni attese dalle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

La caratterizzazione e modellazione del sito sarà dedotta da specifiche indagini definite dal progettista in base alla tipologia dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive ed esposte in specifica Relazione Geologica.

La caratterizzazione e modellazione geologica del sito deve comprendere:

La ricostruzione dei caratteri litologici;

La ricostruzione dei caratteri stratigrafici;

La ricostruzione dei caratteri strutturali;

La ricostruzione dei caratteri idrogeologici;

La ricostruzione dei caratteri geomorfologici;

La ricostruzione dei caratteri di pericolosità geologica del territorio.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito sono esposte e commentate nella Relazione Geologica, parte integrante del progetto. La relazione sulla base di specifici rilievi e indagini comprende:

l'identificazione delle formazioni presenti nel sito;

lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo, dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, dei caratteri fisici degli ammassi,

il modello del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli di pericolosità geologiche.

Per le indagini oggetto dell'attività professionale si rimanda a quanto previsto dall'art.3 della Legge 3 febbraio 1963 n.112.

Prescrizioni da Normativa P.A.I.

La carta della pericolosità geologica redatta in conformità alla Circolare ARTA n.3/2014 evidenzia le aree del territorio comunale a differente grado di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e idraulica.

In essa vengono individuate:

Aree a pericolosità geomorfologica **da bassa a media Pg1**

Aree a pericolosità geomorfologica **da bassa a media "Pg2a" e "Pg2b"**

Aree a pericolosità geomorfologica **da elevata a molto elevata "Pg3"**

Aree a pericolosità geomorfologica **da bassa a media Pg4**

Aree a **pericolosità idraulica elevata Pgi**

L'attuazione di interventi edilizi nelle aree perimetrate nella "Carta dei dissesti con legenda P.A.I., nella Carta della pericolosità geologica e sismica" e conseguentemente nella "Carta dei Vincoli" viene normata dalle seguenti disposizioni.

Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica (art.8 Norme specifiche P.A.I.)

Le aree pericolose, in quanto interessate da dissesti, sono oggetto di disciplina a fini preventivi e sono l'ambito territoriale di riferimento per gli interventi di mitigazione del rischio geomorfologico.

2. **Nelle aree a pericolosità "molto elevata" ed "elevata"** ***(Aree Pg3 su cartografia tematica allegata al presente lavoro)***:

- sono vietati scavi, riporti, movimenti di terra e tutte le attività che possono esaltare il livello di rischio atteso;
- è vietata la localizzazione, nell'ambito dei Piani Provinciali e Comunali di Emergenza di Protezione Civile, delle "Aree di attesa", delle "Aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse" e delle "Aree di ricovero della popolazione".

3. In queste aree la realizzazione di elementi inseriti nelle classi E4 (Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.) ed E3 (Nuclei abitati - Ferrovie - Viabilità primaria e vie di fuga – Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento) - Reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza (reti elettriche e gasdotti) - Beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo - Insediamenti industriali e artigianali - Impianti D.P.R. 175/88), é subordinata all'esecuzione degli interventi necessari alla mitigazione dei livelli di rischio atteso e pericolosità esistenti.

4. La documentazione tecnica comprovante la realizzazione degli interventi di riduzione della pericolosità dovrà essere trasmessa all'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente che, previa adeguata valutazione, provvederà alle conseguenti modifiche.

5. Nelle aree a pericolosità "molto elevata P4" ed "elevata P3", l'attività edilizia e di trasformazione del territorio, contenuta negli strumenti urbanistici generali o attuativi, relativa agli elementi E1 (Case sparse - Impianti sportivi e ricreativi - Cimiteri - Insediamenti agricoli a bassa tecnologia - Insediamenti zootecnici) ed E2 (Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o a servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, fognature, reti elettriche, telefoniche, depuratori,…) - Viabilità secondaria (strade provinciali e comunali che non rappresentino vie di fuga) - Insediamenti agricoli ad alta tecnologia - Aree naturali protette, aree sottoposte a vincolo ai sensi del D. L.vo 490/99), è subordinata alla verifica della compatibilità geomorfologica. A tal fine, gli Enti locali competenti nella redazione degli strumenti urbanistici, predispongono e trasmettono all'Assessorato Territorio e Ambiente uno studio di compatibilità geomorfologica. Gli studi sono redatti sulla base degli indirizzi contenuti nell'Appendice "A".

6. Gli studi sono sottoposti al parere dell'Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente che si esprime in merito alla compatibilità con gli obiettivi del P.A.I.

7. Nelle aree a pericolosità "molto elevata P4" ed "elevata P3" sono esclusivamente consentite:

- Le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- Le occupazioni temporanee di suolo, da autorizzarsi ai sensi dell'articolo 5 della legge regionale 10 agosto 1985, n.37; realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità;
- Le opere relative ad attività di tempo libero compatibili con la pericolosità della zona, purché prevedano opportune misure di allertamento.

8. Nelle aree a pericolosità bassa P0, media P1 e moderata P2 ***(Aree Pg1, Pg2a e Pg2b, Pg4 su cartografia tematica allegata al presente lavoro)***, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da indagini geologiche e geotecniche effettuate ai sensi della normativa in vigore ed estese ad un ambito morfologico o ad un tratto di versante significativo.

9. Tutti gli studi geologici di cui ai commi precedenti devono tener conto degli elaborati cartografici del P.A.I., onde identificare le interazioni fra le opere previste e le condizioni geomorfologiche dell'area nel contesto del bacino idrografico di ordine inferiore.

Disciplina delle aree a rischio geomorfologico molto elevato (R4) ***(Aree Pg3 su cartografia tematica allegata al presente lavoro)***

Nelle aree a rischio molto elevato (R4), sono esclusivamente consentiti:

a) Gli interventi di demolizione senza ricostruzione, da autorizzarsi ai sensi dell'articolo 5 della legge regionale 10 agosto 1985, n. 37;

b) Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, gli interventi di restauro e risanamento conservativo e gli interventi di ristrutturazione edilizia parziale degli edifici che non comportino delle modifiche strutturali (con esclusione pertanto della loro demolizione totale e ricostruzione), così come definiti dall'articolo 20, comma 1, lettere a), b), c) e d) della legge regionale 27 dicembre 1978 n.71;

c) Gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume e cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico urbanistico;

d) Gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria, straordinaria e di consolidamento delle opere infrastrutturali e delle opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

e) Le occupazioni temporanee di suolo, da autorizzarsi ai sensi dell'art. 5 della legge regionale 10 agosto 1985, n. 37, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità;

f) Gli interventi di consolidamento per la mitigazione del rischio di frana;

g) Gli interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro e di abbattimento di barriere architettoniche.

Disciplina delle aree a rischio geomorfologico elevato (R3)_*(Aree Pg3 su cartografia tematica allegata al presente lavoro)*

Nelle aree a rischio elevato (R3) valgono le stesse disposizioni di cui al comma 1 dell'articolo precedente e sono altresì consentiti:

a) gli interventi di adeguamento igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro, connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

b) l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente.

Per quanto riguarda i certificati di destinazione urbanistica, che prevedono necessariamente l'attribuzione dei vincoli presenti tra cui quelli derivanti dalla fattibilità geologica, sarà necessario indicare tutte le classi di fattibilità relative ai mappali per cui viene richiesto il certificato. Dovranno inoltre essere inseriti nei certificati di destinazione urbanistica le classificazioni del territorio in funzione del dissesto indicato nella cartografia PAI vigente.

Con l'entrata in vigore del DECRETO PRESIDENZIALE 15 Aprile 2015 (GAZZETTA UFFICIALE DELLA REGIONE SICILIANA - PARTE I n. 20) sono state istituite le seguenti fasce di rispetto per probabile evoluzione del dissesto intorno a tutti i fenomeni gravitativi:

a) la "fascia di rispetto" per probabile evoluzione del dissesto intorno a tutti i fenomeni gravitativi (ad eccezione dei fenomeni di crollo e di sprofondamento già valutati

nelle attuali norme generali del PAI) che determinano un livello di pericolosità geomorfologica molto elevata (P4) ed elevata (P3); detta fascia di rispetto avrà un'ampiezza di metri venti tutto intorno all'areale di pericolosità;

b) l'estensione dell'"ambito minimo di riferimento" nelle aree a pericolosità geomorfologica P2, P1 e P0 degli studi geologici e geotecnici previsti dal comma 8 dell'articolo 8 delle norme specifiche di attuazione del PAI; l'estensione di detto ambito dovrà riguardare almeno l'areale del bacino idrografico di ordine minore in cui è inserita l'area a pericolosità geomorfologica.

Le limitazioni d'uso della suddetta fascia di rispetto faranno riferimento a quelle previste nelle norme generali di attuazione del PAI Sicilia per i siti di attenzione ovvero... "aree non immediatamente classificabili su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi (di qualsivoglia genere E1, E2, E3, E4) dovranno essere preceduti da adeguate approfondite indagini" … Gli studi posti a corredo degli interventi/opere di trasformazione del territorio ricadenti nelle superiori aree dovranno essere valutati dall'ufficio del Genio Civile competente per territorio ai fini del rilascio del parere/autorizzazione di merito; detto ufficio avrà cura di trasmettere copia degli studi e dei relativi provvedimenti adottati al competente ufficio della pianificazione e programmazione del PAI dell'Assessorato del territorio e dell'ambiente per gli eventuali provvedimenti successivi e conseguenziali.

Con l'entrata in vigore del provvedimento nei PAI del territorio regionale già approvati, la fascia di rispetto di venti metri per probabile evoluzione del dissesto è attribuita a tutti gli areali in dissesto censiti e non afferenti a fenomeni di crollo o sprofondamento classificati a pericolosità geomorfologica molto elevata (P4) ed elevata (P3).

L'adeguamento cartografico sarà realizzato dal competente ufficio della pianificazione e programmazione del PAI dell'Assessorato del territorio e dell'ambiente contestualmente agli aggiornamenti dei PAI nelle carte tecniche regionali in cui ricadono i territori comunali interessati dal medesimo aggiornamento.

Nel caso di condizioni geomorfologiche particolarmente problematiche, riferibili soprattutto alla vicinanza di più dissesti, l'ufficio della pianificazione e programmazione del PAI dell'Assessorato del territorio e dell'ambiente, a favore della cautela, potrà con specifico aggiornamento del PAI attribuire fasce di rispetto di larghezza superiore a metri venti.

Disciplina delle aree a pericolosità idraulica *(Aree Pgi su cartografia tematica allegata al presente lavoro)*

1. Nelle aree a pericolosità idraulica P4 e P3 sono vietate tutte le opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, relativamente agli elementi individuati in E4 ed E3.

2. In queste aree, la realizzazione di elementi inseriti nelle classi E4 ed E3 é subordinata all'esecuzione degli interventi necessari alla mitigazione dei livelli di rischio atteso e pericolosità esistenti.

3. La documentazione tecnica comprovante la realizzazione degli interventi di riduzione della pericolosità dovrà essere trasmessa all'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente che, previa adeguata valutazione, provvederà alle conseguenti modifiche.

4. In queste aree sono esclusivamente consentiti:

a) I cambi colturali, purché non interessino un'ampiezza dal ciglio della sponda adeguata all'area potenzialmente inondabile;

b) Gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

c) Le opere di difesa, di sistemazione e di manutenzione idraulica, atte a mitigare il rischio;

d) Eccezionalmente, la realizzazione di nuovi interventi infrastrutturali e nuove opere pubbliche a condizione che sia incontrovertibilmente dimostrata l'assenza di alternative di localizzazione e che sia compatibile con la pericolosità dell'area;

e) Nuove costruzioni necessarie per la conduzione aziendale delle attività agricole esistenti, non localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili rispetto al livello idrico definito dalla piena di riferimento;

f) Gli interventi relativi ad attività di tempo libero compatibili con la pericolosità idraulica della zona, che non comportino edificazione o riduzione della funzionalità idraulica e purché siano attivate opportune misure di allertamento;

g) Occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena. Gli interventi di cui all'articolo 20, comma 1, lettera d) della legge regionale 27 dicembre 1978, n. 71, a condizione che gli stessi non

aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione dell'attuale capacità d'invaso delle aree stesse;

h) La realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con il livello di pericolosità esistente. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica redatto secondo gli indirizzi contenuti nell'Appendice "B";

i) I depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.

5. Nelle aree a pericolosità P4 e P3, l'attività edilizia e di trasformazione del territorio, contenuta negli strumenti urbanistici generali o attuativi, relativa agli elementi E1 ed E2, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica. A tal fine, gli Enti locali competenti nella redazione degli strumenti urbanistici, predispongono e trasmettono all'Assessorato Territorio e Ambiente uno studio di compatibilità idraulica. Gli studi sono redatti sulla base degli indirizzi contenuti nell'Appendice "B".

6. Gli studi sono sottoposti al parere dell'Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente che si esprime in merito alla compatibilità con gli obiettivi del P.A.I.

7. Nelle suddette aree non è consentito l'uso abitativo e commerciale dei locali interrati e/o seminterrati degli edifici da realizzare, né è consentita la modifica di destinazione nei locali interrati e/o seminterrati degli edifici esistenti.

8. Nelle aree a pericolosità P2, P1 e P0, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio idrologico-idraulico, esteso ad un ambito significativo, con il quale si dimostri la compatibilità fra l'intervento ed il livello di pericolosità esistente.

9. Tutti gli studi di cui ai commi precedenti devono tener conto degli elaborati cartografici del P.A.I., onde identificare le interazioni fra le opere previste e le condizioni idrauliche dell'area.

Disciplina delle aree a rischio idraulico molto elevato (R4) ed elevato (R3) ***(Aree Pgi su cartografia tematica allegata al presente lavoro)***

1. Nelle aree a rischio idraulico molto elevato (R4) ed elevato (R3) sono esclusivamente consentiti:

a) Gli interventi di demolizione senza ricostruzione da autorizzarsi ai sensi dell'articolo 5 della legge regionale 10 agosto 1985, n. 37;

b) Gli interventi sul patrimonio edilizio esistente di manutenzione ordinaria e straordinaria, gli interventi di restauro e risanamento conservativo e gli interventi di ristrutturazione edilizia parziale degli edifici (con esclusione pertanto della loro totale demolizione e ricostruzione) così come previsto dall'articolo 20, comma 1, lettere a), b), c) e d) della legge regionale 27 dicembre 1978, n. 71;

c) Gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superfici e volume, anche con cambiamenti di destinazione d'uso;

d) Gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria, straordinaria e di consolidamento delle opere infrastrutturali e delle opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

e) Interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro e di abbattimento di barriere architettoniche;

f) Gli interventi di difesa idraulica per la mitigazione o riduzione del rischio idraulico.

Appendice A

Contenuti tecnici degli studi di compatibilità' geomorfologica per la realizzazione delle opere consentite nelle aree a pericolosità "molto elevata" (P4) ed "elevata" (P3), di cui all'art. 8, comma 5 delle norme di attuazione, deve essere predisposto uno studio di compatibilità geomorfologica commisurato all'entità e dimensione dell'intervento stesso ed alle effettive problematiche dell'area di intervento e di un congruo intorno.

Detto studio dovrà dimostrare:

- la compatibilità del progetto con quanto previsto dalla presente normativa, con particolare riferimento alle condizioni vincolanti rispetto alle problematiche connesse al rischio idrogeologico;
- che la realizzazione del progetto garantisca, secondo le caratteristiche e le necessità relative a ciascuna fattispecie, la sicurezza del territorio in coerenza con quanto disposto dall'art. 31, comma 2, lettera c) della L. 183/89 sulla base dei seguenti criteri "incolumità delle popolazioni, danno incombente, organica sistemazione".

La compatibilità geomorfologica deve essere:

- verificata in funzione dei dissesti che interessano le aree a diversa pericolosità perimetrate nel presente Piano;
- stimata in base alle interferenze tra i dissesti individuati e le destinazioni o le trasformazioni d'uso del suolo inserite nel progetto;
- valutata confrontando le opere proposte con gli effetti sull'ambiente.

Indicativamente, ed in funzione delle aree di intervento e delle problematiche presenti, lo studio di compatibilità geomorfologica deve contenere:

1. Corografia in scala adeguata alla localizzazione dell'opera;
2. Cartografia tematica in scala adeguata relativa a:

Geolitologia

Spessori delle coperture

Geomorfologia

Idrologia

Idrogeologia

Individuazione e caratterizzazione dei fenomeni franosi

Individuazione e caratterizzazione dei danni esistenti e pregressi.

3. Indagini specifiche, laddove necessarie, finalizzate alla comprensione delle cause del dissesto;

4. Sezioni geologiche illustrative, in numero significativo, con le ubicazioni e i risultati delle indagini specifiche in situ, quando realizzate;

5. Verifiche di stabilità del pendio;

6. Relazione di compatibilità.

Appendice B

Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica Per la realizzazione delle opere consentite nelle aree a pericolosità "molto elevata" (P4) ed "elevata" (P3), di cui all'art. 11, comma 4 lettera h) e comma 5 delle norme di attuazione, deve essere predisposto uno studio di compatibilità idraulica che sia commisurato all'entità e dimensione dell'intervento stesso ed alle effettive problematiche dell'area di intervento e di un congruo intorno.

Tale studio dovrà:

- verificare i dissesti idraulici che interessano l'area;
- definire e descrivere le interferenze tra le aree a pericolosità d'inondazione e le destinazioni, le trasformazioni d'uso e le opere previste o presenti;
- confrontare le previsioni urbanistiche e le opere con il grado di pericolosità dell'area.

Lo studio idraulico deve contenere il censimento ed il rilievo delle opere e del profilo dell'alveo, sul quale basare le verifiche idrauliche per le diverse portate. A tal proposito, la valutazione delle portate verrà eseguita considerando i tempi di ritorno che hanno determinato il livello di pericolosità individuato nel P.A.I. Sulla base di tali dati e delle conoscenze topografiche delle aree limitrofe del corso d'acqua, si determinano i livelli idrici attesi in corrispondenza delle portate di piena da esaminare. In considerazione della complessità del fenomeno da studiare e del grado di approfondimento necessario, possono essere utilizzati schemi di moto permanente monodimensionale, moto vario monodimensionale o quasi-bidimensionale, moto vario bidimensionale, ciascuno dei quali tiene conto di rappresentazioni delle condizioni di moto di complessità crescente. Di norma, ed in particolare nel caso della verifica di opere, può essere impiegato lo schema di corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente, salvo i casi in cui sia necessario determinare valori locali della velocità della corrente o modificazioni della capacità di laminazione. Nella relazione tecnica deve comunque essere sinteticamente descritto il modello matematico utilizzato. In ogni caso, lo studio va condotto per tratti idraulicamente significativi del corso d'acqua, delimitati cioè da sezioni in cui sia possibile assegnare il valore del livello idrico della corrente.

Le Amministrazioni locali e tutti gli Enti pubblici interessati, possono richiedere modifiche alla perimetrazione delle aree a rischio sulla base di più approfondite conoscenze supportate da studi accurati e documentati. In questo modo si garantisce al Piano il carattere di strumento di pianificazione aperto e flessibile e in continuo aggiornamento.

A) Normativa sismica

L'intero territorio comunale ricade in zona 2 e per esso valgono i provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche previste nella Legge N.64/1974 e ss.mm. e ii.

Con l'entrata in vigore del decreto di aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), ai fini dell'azione sismica di progetto l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi oppure con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito. Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni è richiesta in fase di progettazione la parametrizzazione degli orizzonti intercettati considerando la stratigrafia fino al bedrock

sismico, o in alternativa fino alla profondità di 30 m da p.c., per determinare sia il valore della Vs che la categoria di suolo di fondazione.

Le metodologie da utilizzare per la determinazione del valore del Fattore Amplificativo sono le seguenti: metodologia masw – Profili sismici con modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, con l'impiego di geofoni verticali con almeno 24 canali; prove down-hole in foro, con acquisizioni ogni metro ed energizzazioni per onde P ed S, da eseguirsi in corrispondenza di carotaggi attrezzati.

Pur avendo verificato la non liquefazione dei terreni di fondazione di due siti, il territorio comunale di Carini presenta delle aree a potenziale rischio, pertanto si rende indispensabile, in fase di pianificazione territoriale, la verifica con indagini ad hoc, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 ed eventuali s.m.i..

B) Prescrizioni in ordine alle norme di tutela delle acque destinate al consumo umano.

Come previsto dalla Normativa di riferimento (D.lgs. 11.05.1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18.08.2000, n.258, art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e all'art. 94 del d.lgs. 152/2006 e successive modifiche e integrazioni), si disciplinano: la "zona di tutela assoluta", la "zona di rispetto" e la "zona di protezione".

- La "ZONA DI TUTELA ASSOLUTA" rappresenta l'area immediatamente circostante le captazioni o le derivazioni. In caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di presa; deve essere adeguatamente protetta (con apposita recinzione o, quando possibile, utilizzando le caratteristiche morfologiche dei luoghi che siano idonee ad impedire l'accesso a persone ed animali) e al suo interno si possono costruire esclusivamente opere di presa e di servizio a tale scopo. Entro tale ambito si devono allontanare le acque meteoriche e di scorrimento superficiale, onde evitarne la miscelazione con la risorsa captata.

- Nella "ZONA DI RISPETTO" delle sorgenti e dei pozzi, delimitate ai sensi del D.lgs. 11.05.1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18.08.2000, n.258, art. 21 commi 1, 3, 4 e 7, si devono adottare misure atte alla salvaguardia delle acque sotterranee ai sensi del D.P.R. 236/88 (e successive modifiche). In particolare, per tali ambiti sono elencati i centri di pericolo e sono vietate alcune attività:

a) dispersione di fanghi e acque reflue anche se depurate;

b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti e pesticidi;

c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti e pesticidi salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;

e) aree cimiteriali;

f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;

g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e dalla protezione delle caratteristiche quali–quantitative della risorsa idrica;

h) gestione di rifiuti;

i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;

j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;

k) pozzi perdenti;

l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Nella "ZONA DI RISPETTO" sono invece possibili e disciplinate:

a) fognature

b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione

c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio

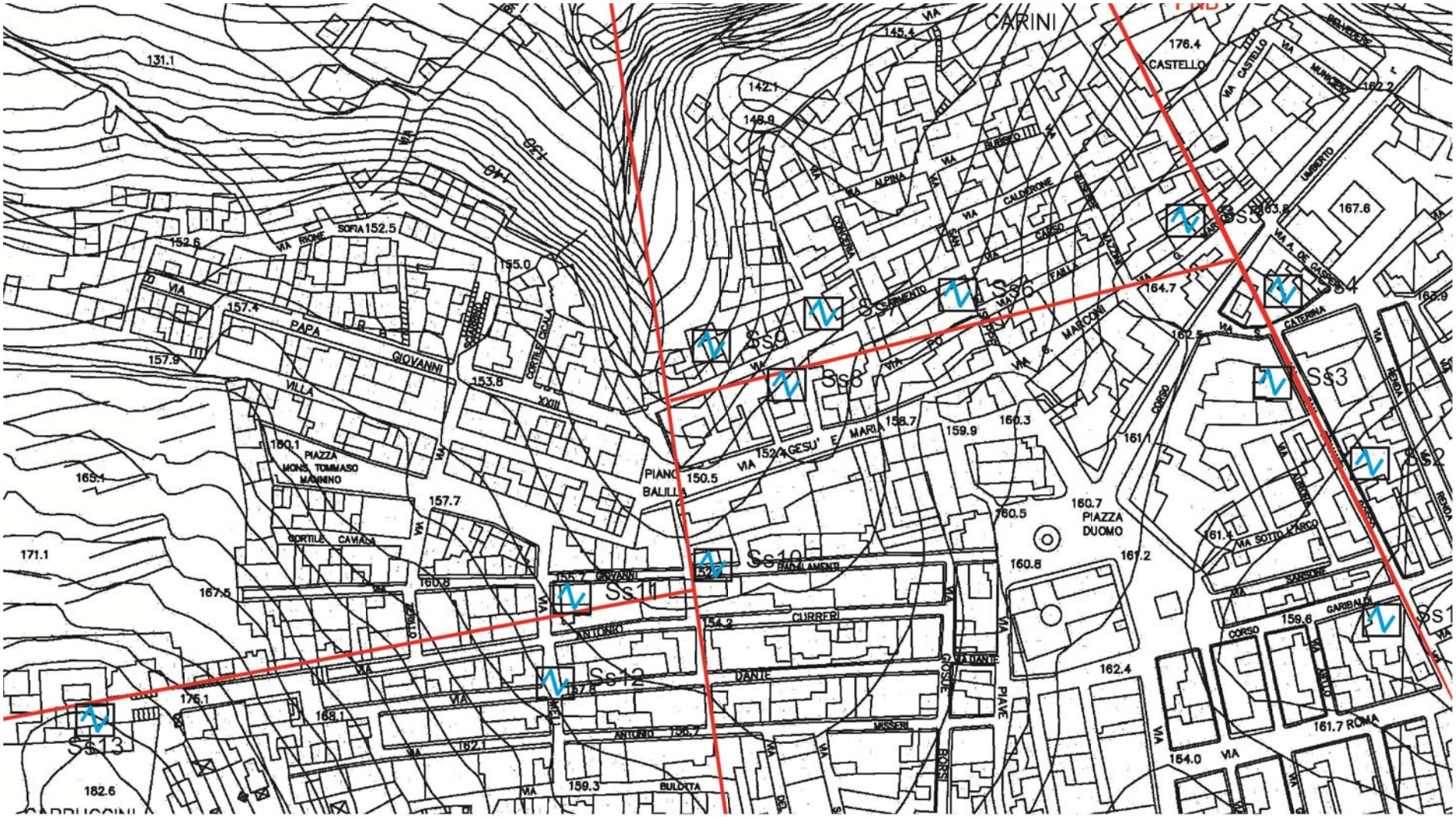
d) pratiche agronomiche.

Per ulteriori dettagli si veda la specifica Normativa.

INDAGINI SISMICHE IN OTTEMPERANZA AL D.M. 17/01/2018

INDICE

1. Premessa 2
2. Metodologia HVSR o H/V - Cenni teorici 4
2a. - Stima del valore di Vs 6
3. Rilievo tromografico 7
3.a – Frequenza di misurazione 8
3.b – Tempi di misurazione 8
4. Stima del valore di Vs 9
4.a – Finestra di analisi (windows size) 9
4.b – Lisciamento triangolare (smoothing) 9
4.c - Significatività del picco H/V – Criteri di SESAME (2005) 9
4.d - Interpretazione della curva H/V (Fit teorico – Inversione) 10
4.e – Calcolo del valore di Vs 10
5. Risultanze dei sondaggi tromografici e calcolo del valore di Vs 11
6. Identificazione della categoria di sottosuolo di fondazione 51



Stralcio aerofotogrammetrico Carini scala 1:2.000

ubicazione indagini sismiche passive

1 Premessa

Nell'ambito dello studio geologico per l'adeguamento del PRG del Comune di Carini alla Circolare A.R.T.A. n.3 del 20 giugno 2014 Prot.n. 28807, in data 27.12.2018 è stato firmato tra lo scrivente e il Capo Ripartizione VI Geom. Mario Cipriano, quale Funzionario Responsabile preposto dall'Amministrazione Comunale di Carini, il disciplinare per l'esecuzione di indagini geognostiche dirette e indirette concretizzatisi in N.13 sondaggi sismici e n.4 sondaggi meccanici (ubicati su cartografia delle Indagini in scala 1/10.000 allegata alla Fase Preliminare A1 dello studio di Adeguamento del PRG) con prelievo di campioni indisturbati.

Per quel che attiene l'indagine sismica è stata finalizzata alla determinazione e individuazione della caratterizzazione sismica del sottosuolo, all'individuazione delle discontinuità, nonché della profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico); inoltre, attraverso l'esplorazione, a determinare e individuare la categoria di suolo di fondazione ai sensi di quanto previsto al punto 3.2.2 (tabella 3.2.II.) delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.

Ai fini dell'indagine ci si è avvalsi della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale **H/V**. Tale tecnica detta anche **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è del tutto non invasiva non necessitando di alcun tipo di perforazione o stendimento di cavi.

I risultati che si possono ottenere dalla registrazione di questo tipo d'indagine sono:

- la frequenza caratteristica del sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza;

- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura sia effettuata all'interno dello stesso;

- la velocità media delle onde di taglio **Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo e riconoscibile nella curva H/V e, inoltre, **la Vs e la relativa categoria di suolo di fondazione** così come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018;

- la stratigrafia del sottosuolo con un *range* d'indagine compreso tra 0,5 e 6.00 metri di profondità.

Il parametro più indicativo per la caratterizzazione del tipo di sottosuolo è la **Vs**, che è la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nella parte di sottosuolo

influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione e che influenza il manufatto stesso, definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

hi = spessore (in metri) dell'i-esimo strato

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

Una volta determinato il suddetto parametro Vs, il valore ottenuto consente di potere determinare la categoria di suolo di fondazione come definito nella tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018 di seguito riportata:

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

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

In base a quanto sopra espresso si sono eseguiti i sondaggio tromografici riportati anche nella cartografia allegata alla presente.

1. Metodologia HVSR o H/V - Cenni teorici

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di

un'onda registrata in un sito "x" da uno strumento dipende dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente "s", dal percorso dell'onda dalla sorgente "s" al sito "x", dalla risposta dello strumento.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde marine, vento, traffico etc.) ed è costituito principalmente da onde elastiche superficiali, prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali; si chiama anche "microtremore" poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

Gli effetti locali dovuti a sorgenti locali di natura artificiale o locale si aggiungono a quest'andamento generale.

I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtermori si dicono **passivi** poiché il rumore non è generato *ad hoc,* come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Durante un sisma, se la frequenza di risonanza del sottosuolo coincide con quella degli edifici presenti, può avere luogo un fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione; questo effetto di *amplificazione sismica* produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici. L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni indotti dal terremoto, anche più importante della dimensione del terremoto stesso.

Il tremore sismico quindi può essere utilmente impiegato per identificare le frequenze di risonanza del sottosuolo in un modo passivo e non invasivo.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi tra i diversi metodi proposti per estrarre le informazioni inerenti al rumore sismico in un sito, quella che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quelle del moto verticale HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o H/V proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale).

Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza fondamentale di risonanza ***f*** è legata allo spessore **H** ed alla velocità delle onde di taglio **Vs** del primo strato dalla seguente relazione:

$$f = \frac{Vs}{4H}$$

La curva H/V relativa a un sottosuolo multistrato contiene, pertanto, l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente con la succitata equazione.

Ai fini stratigrafici si sfrutterà la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati relativamente al campo di onde completo di un modello in tre dimensioni.

2a. - Stima del valore di Vs

Se è nota la misura della profondità H del bedrock e la stessa H ≥ 30 m è immediato calcolare il valore di Vs attraverso la misura della frequenza f.

$$Vs = f \times 4\,H$$

Ai fini di una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs in un terreno multistrato, è necessario adottare una modellazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{\upsilon}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{\upsilon_i}}$$

dove:

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s]
H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs_{30})
h_i = spessore dello strato i – esimo [m]

La velocità ha valori che variano in funzione alla litologia presente nel sottosuolo; secondo Borcherdt (1994) tale valore è compreso in dei "*range*" come appresso specificato.

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

3. Rilievo tromografico

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello "*Tromino"* che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Il Tromino rappresenta lo strumento ideale per la realizzazione di un sondaggio tromografico o di una tomografia, ovvero per misurare il rumore Sismico (frequenza di risonanza del terreno) lasciando imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente con un potere risolvente anche migliore di quello garantito dai più moderni sistemi permanenti del tipo sismometro in volta - digitalizzatore presenti sul mercato.

Lo strumento con il quale si sono effettuate le misurazioni dispone di tre canali connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali, più un canale per il segnale GPS e un canale aggiuntivo per applicazioni di sismica attiva. Il moto del terreno è amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria dalla quale può essere trasferito ad un PC, mediante un apposito codice di calcolo appositamente sviluppato, che archivia, analizza e permette la revisione del segnale.

I dati sono stati convertiti in file ASCII mediante il software "Grilla", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

3.a – Frequenza di misurazione

Nei sistemi semplici monostrato + bedrock, la relazione che lega la frequenza fondamentale di risonanza ***f*** allo spessore ***h*** dello strato che risuona dipende dalla ***Vs*** (velocità delle onde di taglio del mezzo) ed è la seguente:

$$f = \frac{Vs}{4h}$$

Dalla formula succitata consegue che uno spessore di 1 m di argilla sovrastante un bedrock sismico darebbe una risonanza a f = 100-180 m/s / (4 x 1 m) = 25-45 Hz.

Poiché difficilmente l'interesse geologico riguarda spessori inferiori ad 1 m, segue che la frequenza massima di interesse stratigrafico è intono ai 30-40 Hz. Un campionamento a **128 Hz** è risultato pertanto soddisfacente alle esigenze di cui al presente studio.

3.b – Tempi di misurazione

La durata della registrazione invece va commisurata alla frequenza minima d'interesse della stessa. Supponiamo ad esempio di voler osservare la risonanza di una coltre sedimentaria molto profonda, per es. a 300 m di spessore, che, stando alla relazione succitata, potrà dare circa f = 0,5 Hz. Una frequenza di 0,5 Hz equivale ad un periodo T = 2 s, pertanto si tratta di un segnale che si ripete ogni due secondi.

E' evidente che per poter osservare queste frequenze bisogna registrare per almeno 2 s. Per avere una certa risoluzione spettrale è poi opportuno che il segnale sia analizzato su finestre almeno 10 volte più lunghe della frequenza minima di interesse, nel nostro esempio 10 x 2 s = 20 s. Quindi occorrerebbero almeno 20 s di misura.

Infine, è opportuno che il segnale sia mediato a livello statistico, pertanto si è campionato per almeno 30-40 finestre di 20 s di lunghezza (10 min o più).

Per applicazioni stratigrafiche, in definitiva, la durata della registrazione opportuna è:

- molto superficiali (5 m): 5 min
- entro i primi 30-50 m: > 10 min
- molto profonde: >15 min

A scopo cautelativo, nella fattispecie, per i sondaggi tromografici eseguiti si è adottata una durata della registrazione pari a **16 min**.

4. Stima del valore di Vs

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si è utilizzato un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR), basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (*Rayleigh e Love*) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli. Operativamente, costruito un modello teorico HVSR (avente tante discontinuità sismiche quanto sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita) si è proceduto, tramite apposito algoritmo, ad adattare la curva teorica a quella sperimentale e conseguentemente potere determinare lo spessore dei "sismostrati" con la relativa velocita Vs evidenziati nella sismosezione allegata alla relazione.

4.a – Finestra di analisi (windows size)

La lunghezza della finestra di analisi va scelta in funzione della frequenza minima di interesse e della durata della registrazione.

Tipicamente essa sarà 20-30 s per registrazioni di durata superiore ai 10 min, 15 s per registrazioni di durata inferiore a 10 min.

Tenuto conto che la registrazione, che si è adottata nella presente analisi è di 20 min., si è considerata una finestra di analisi di **20 s**.

4.b – Lisciamento triangolare (smoothing)

L'utilizzazione di un lisciamento triangolare al **10%** è un buon compromesso per tutte le registrazioni a scopo stratigrafico, in quanto consente facilmente di distinguere i picchi di natura antropica da quelli naturali (caratterizzati sempre da un minimo locale sulla componente verticale e dalla famosa forma "a occhio" degli spettri).

4.c - Significatività del picco H/V – Criteri di SESAME (2005)

L'analisi di significatività del picco H/V secondo i criteri SESAME (2005) è stata effettuata di default sul picco di ampiezza:

Sondaggio 1: 20.56 Hz
Sondaggio 2: 26.25 Hz
Sondaggio 3: 0.59 Hz
Sondaggio 4: 24.09 Hz
Sondaggio 5: 0.59 Hz
Sondaggio 6: 24.09 Hz
Sondaggio 7: 23.31 Hz
Sondaggio 8: 24.06 Hz
Sondaggio 9: 35.31 Hz

Sondaggio 10: 0.59 Hz

Sondaggio 11: 0.31 Hz

Sondaggio 12: 0.28 Hz

Sondaggio 13: 3.31 Hz

Ai fini della vulnerabilità sismica però non è necessariamente il picco H/V più ampio che conta ma quello la cui frequenza è più prossima a quella dell'edificato.

Dalla tabella con i criteri SESAME (2005) relativi alla significatività statistica del picco considerato si può rilevare:

- dai primi 3 criteri: 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. **Nel caso in specie tutti e tre i criteri sono stati soddisfatti**.

4.d - Interpretazione della curva H/V (Fit teorico – Inversione)

In prima istanza si è provveduto ad effettuare la pulizia della traccia registrata (nel dominio delle frequenze e non dei tempi) eliminando dall'analisi interpretativa le porzioni di traccia caratterizzate da frequenze "anomale".

A seguito della selezione delle parti del tracciato da conservare, si è proceduto all'interpretazione, vincolando una curva H/V ed effettuando un *fit* teorico, ovvero effettuando una operazione di inversione.

In particolare:

1. riconosciuto nella curva un picco correlabile alla prima discontinuità nota e fissata la profondità di questa come spessore del primo strato, tramite la formula di prima approssimazione f = Vs / (4H) si è stimato il valore di Vs del primo strato;
2. successivamente, mettendo un secondo strato con una Vs di prima approssimazione stimata sulla base dell'ampiezza del picco H/V corrispondente, si è definito lo spessore del secondo strato;
3. di seguito, si è proceduto nella stessa maniera per gli altri strati fino ad almeno alla profondità di 30 m, al fine di potere definire il valore di Vs.

4.e – Calcolo del valore di Vs

La modellazione e l'inversione delle curve H/V utilizzando il campo di onde sintetico, fornisce un modello di sottosuolo, come appresso riportato negli allegati grafici.

Il valore dell' "average shear wave velocity" (Vs), come esplicitamente richiesto dalle vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni per questo modello è stato stimato in:

Sondaggio S1 Vs = 316 m/s
Sondaggio S2 Vs = 404m/s
Sondaggio S3 Vs = 163m/s
Sondaggio S4 Vs = 397m/s
Sondaggio S5 Vs = 247m/s
Sondaggio S6 Vs = 252m/s
Sondaggio S7 Vs = 541m/s
Sondaggio S8 Vs = 314m/s
Sondaggio S9 Vs = 217m/s
Sondaggio S10 Vs = 311m/s
Sondaggio S11 Vs = 400m/s
Sondaggio S12 Vs = 292m/s
Sondaggio S13 Vs = 246m/s

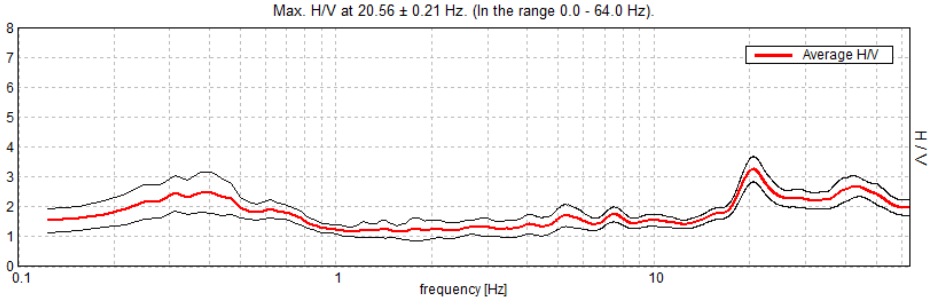
5. Risultanze dei sondaggi tromografici e calcolo del valore di Vs

CARINI 1, VIA MENICHELLI VIA GARIBALDI SS1

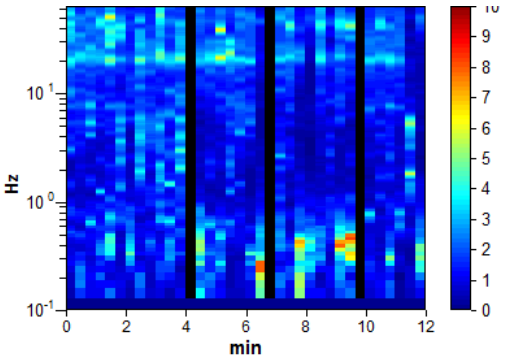
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 18/09/18 15:52:50 End recording: 18/09/18 16:04:51
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

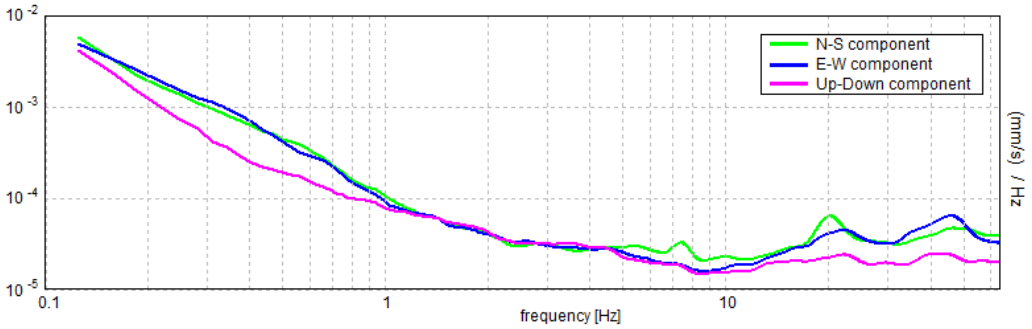
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



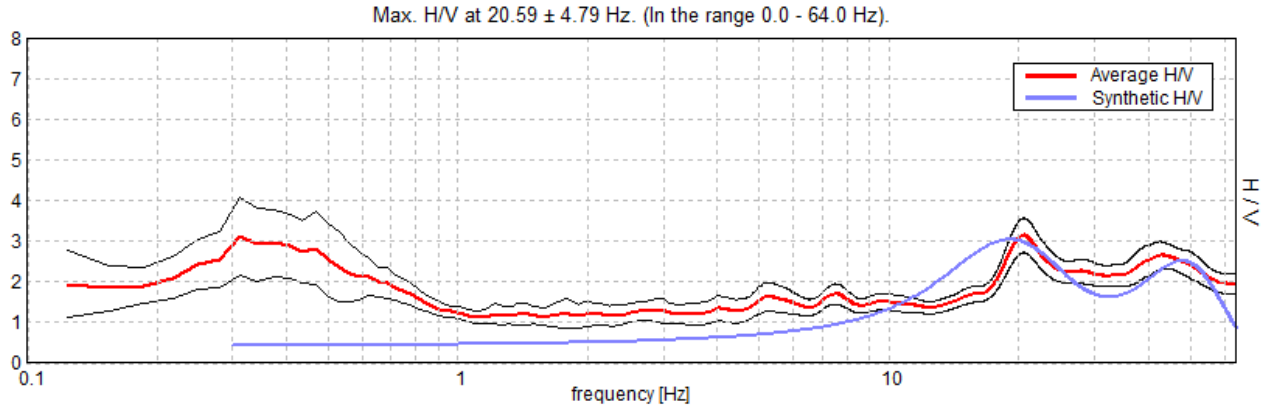
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

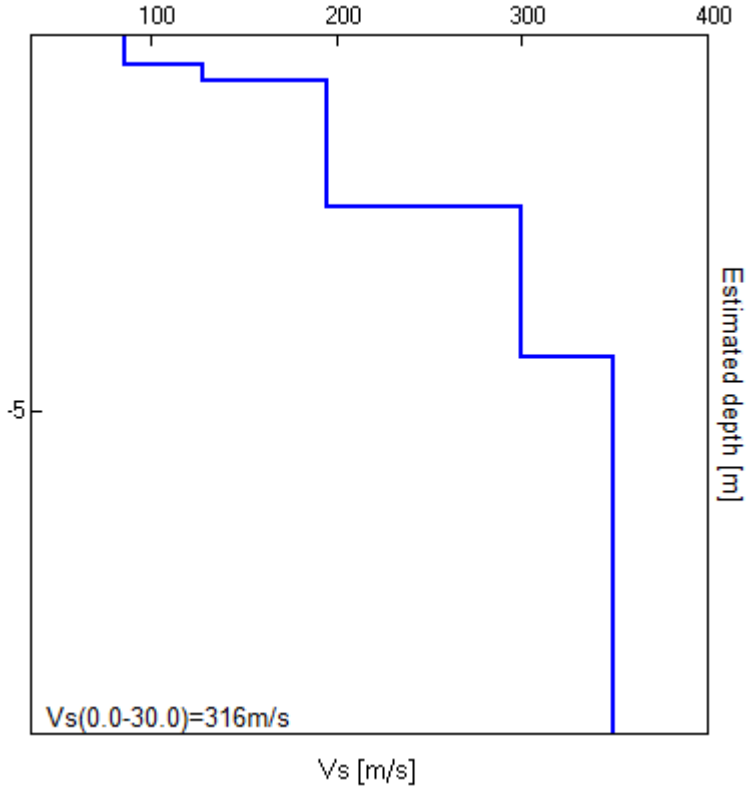


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	85	0.42
0.60	0.20	128	0.42
2.30	1.70	195	0.42
4.30	2.00	300	0.42
inf.	inf.	350	0.42

Vs(0.0-30.0)=316m/s



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

Max. H/V at 20.56 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	20.56 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	13571.3 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 988 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.531 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			**NO**
$A_0 > 2$	3.26 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00999| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.20542 < 1.02813	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4232 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

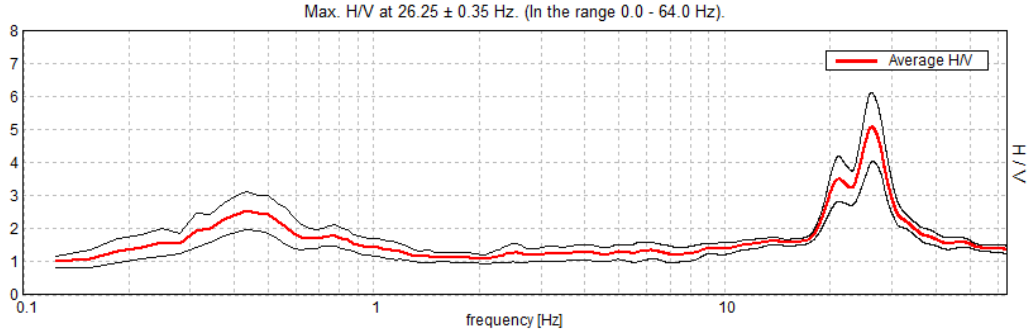
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 2, VIA S. G. BOSCO 17 SS2

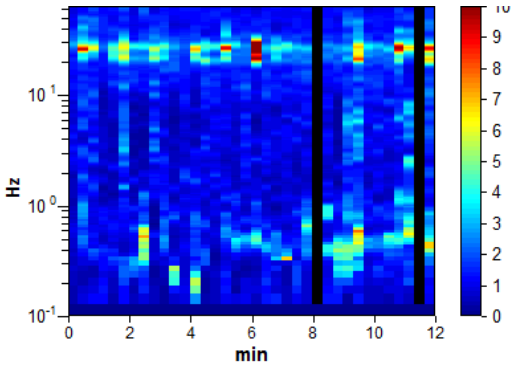
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 18/09/18 16:05:58 End recording: 18/09/18 16:17:59
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 94% trace (automatic window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

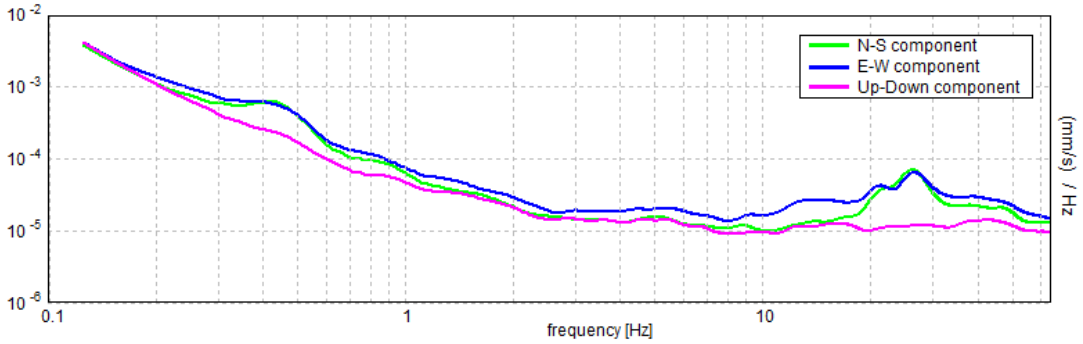
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



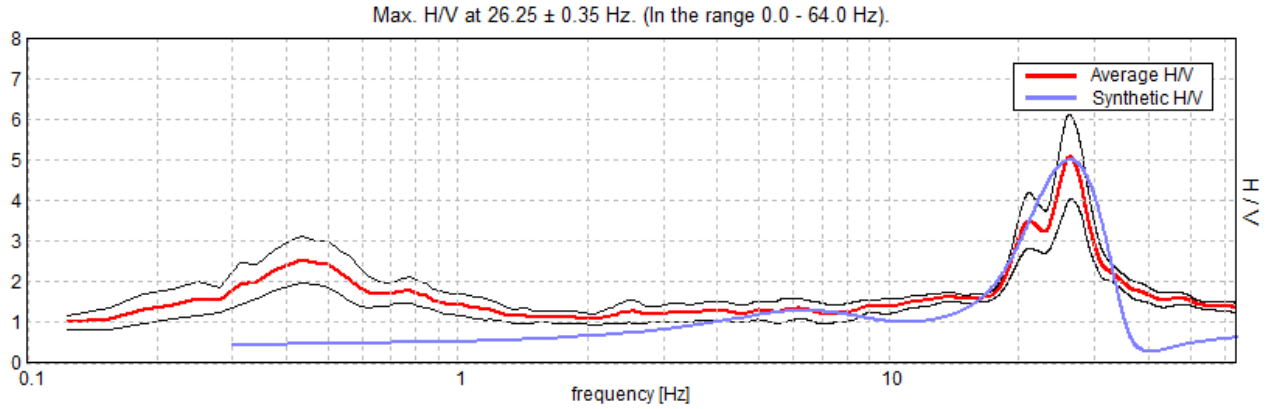
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

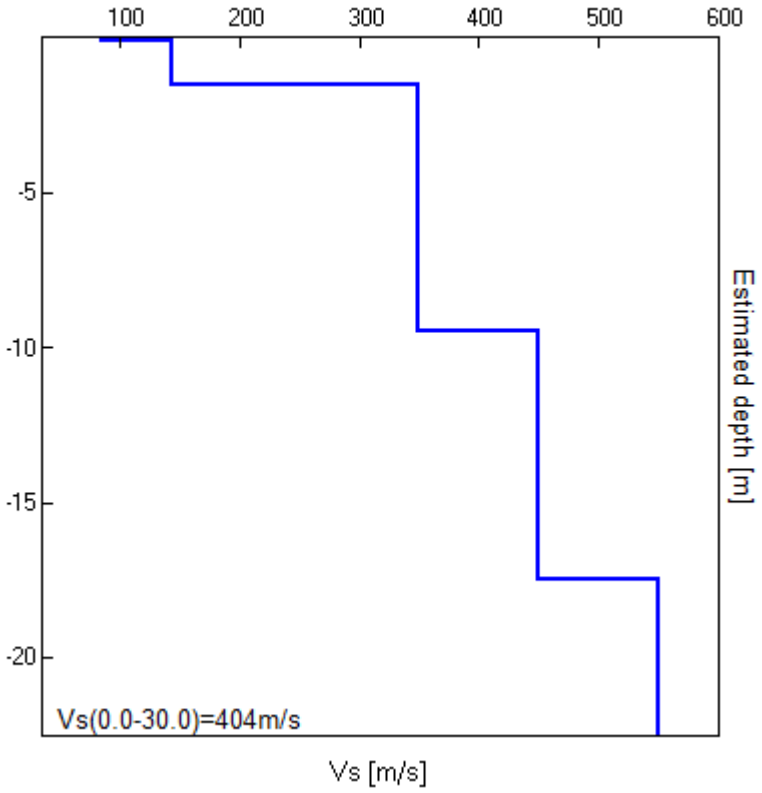


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.10	0.10	85	0.40
1.50	1.40	143	0.40
9.50	8.00	350	0.40
17.50	8.00	450	0.40
inf.	inf.	550	0.40

Vs(0.0-30.0)=404m/s



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

Max. H/V at 26.25 ± 0.35 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	26.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	17850.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1261 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	19.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	30.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.08 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01318| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.34592 < 1.3125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.046 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

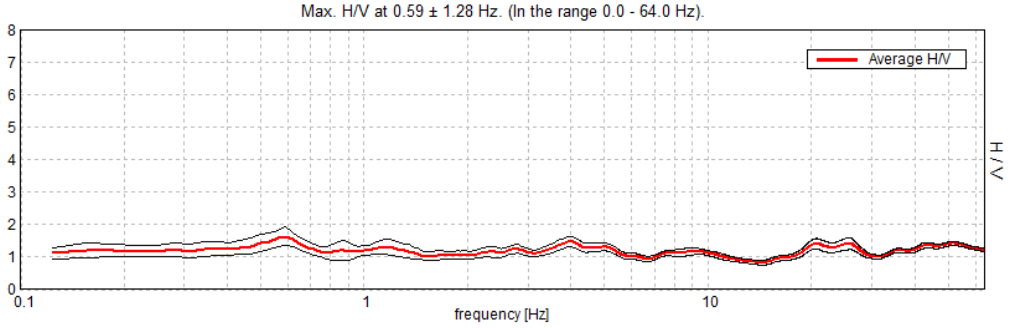
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 3, CORT. PIANO BARONE 20 SS3

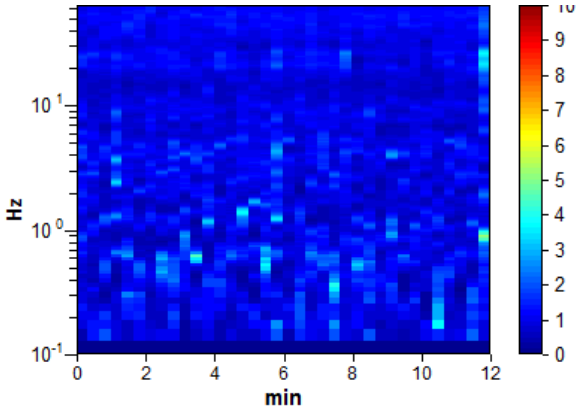
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 18/09/18 16:55:29 End recording: 18/09/18 17:07:30
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 100% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

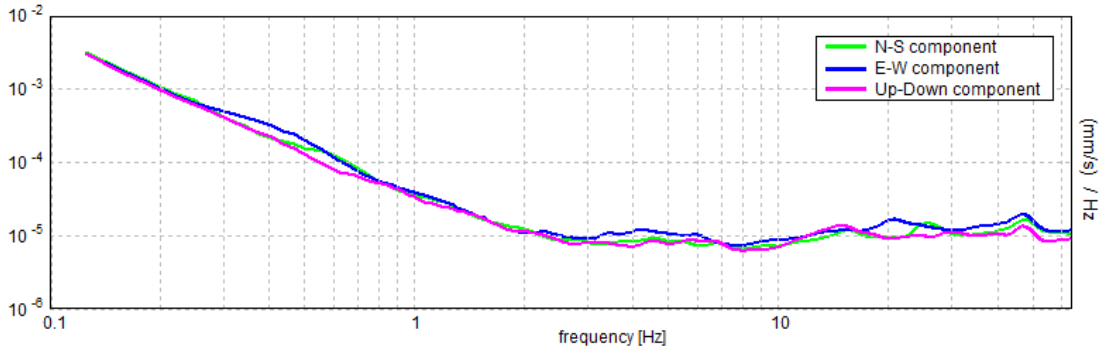
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



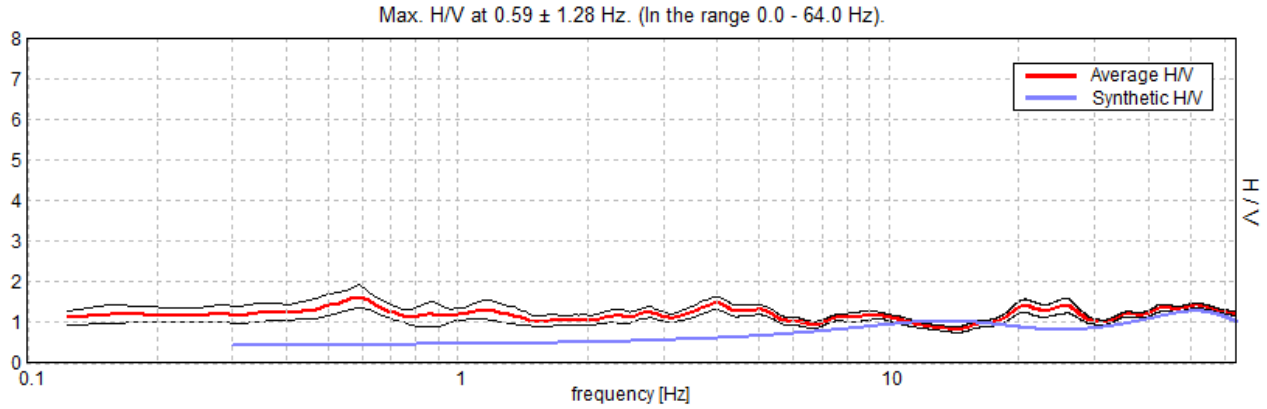
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

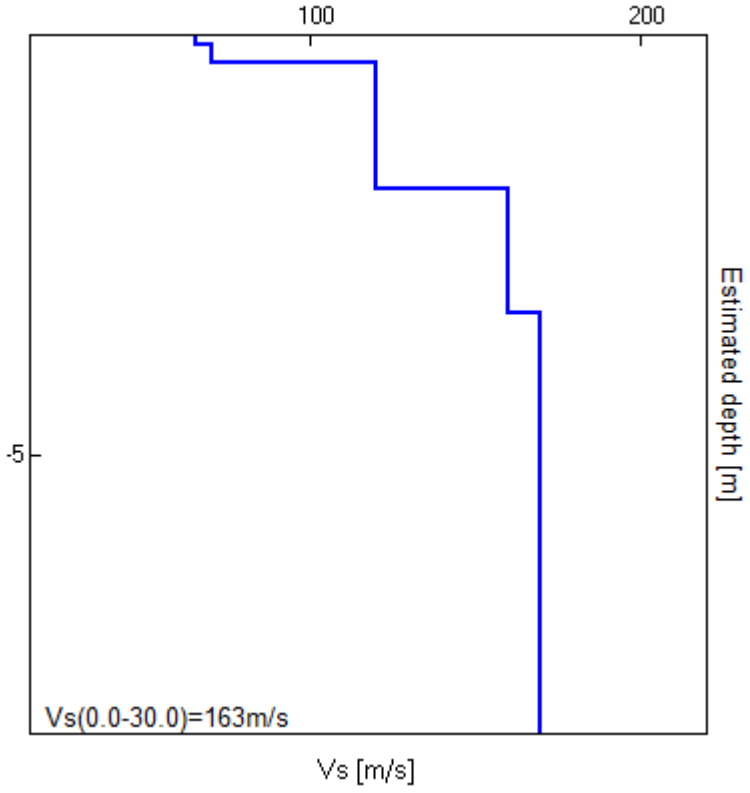


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.10	0.10	65	0.40
0.32	0.22	70	0.40
1.82	1.50	120	0.40
3.32	1.50	160	0.40
inf.	inf.	170	0.40

Vs(0.0-30.0)=163m/s



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

Max. H/V at 0.59 ± 1.28 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.59 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	427.5 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 30 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V 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**
$A_0 > 2$	1.64 > 2		**NO**
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|2.16393| < 0.05		**NO**
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.28483 < 0.08906		**NO**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.282 < 2.0	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

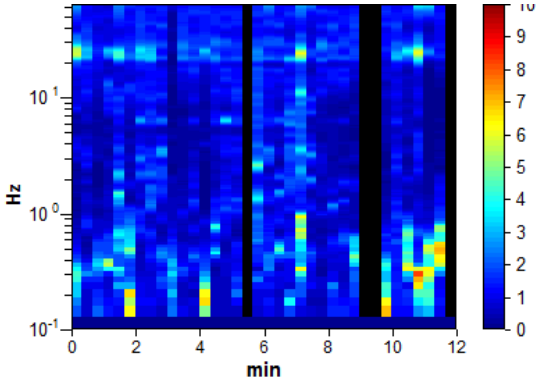
CARINI 4, VIA S. CATERINA 3 SS4

Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 18/09/18 17:10:25 End recording: 18/09/18 17:22:26
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

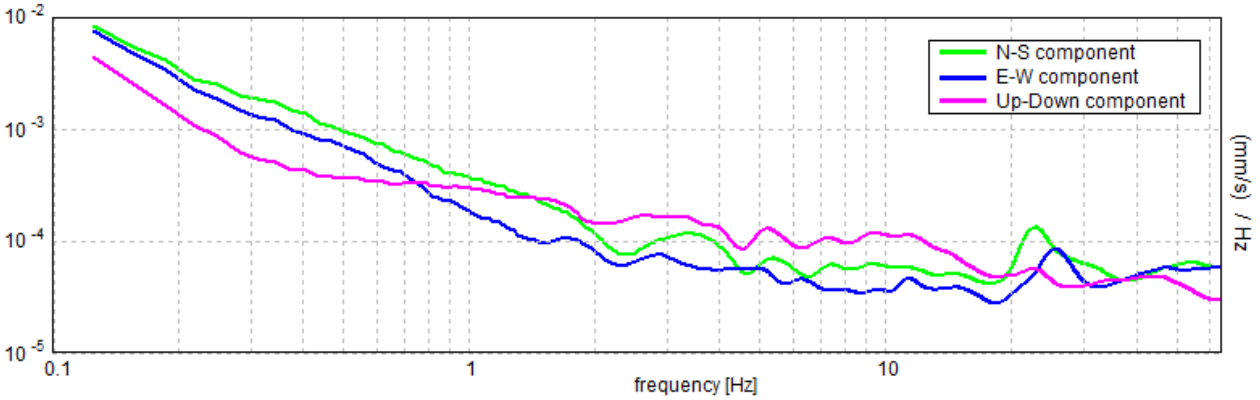
Trace length: 0h12'00''. Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

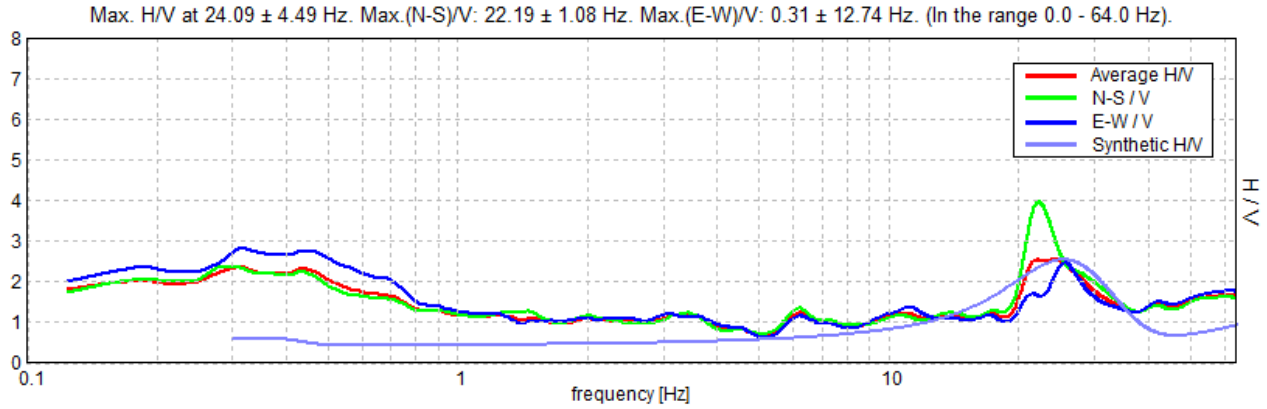
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

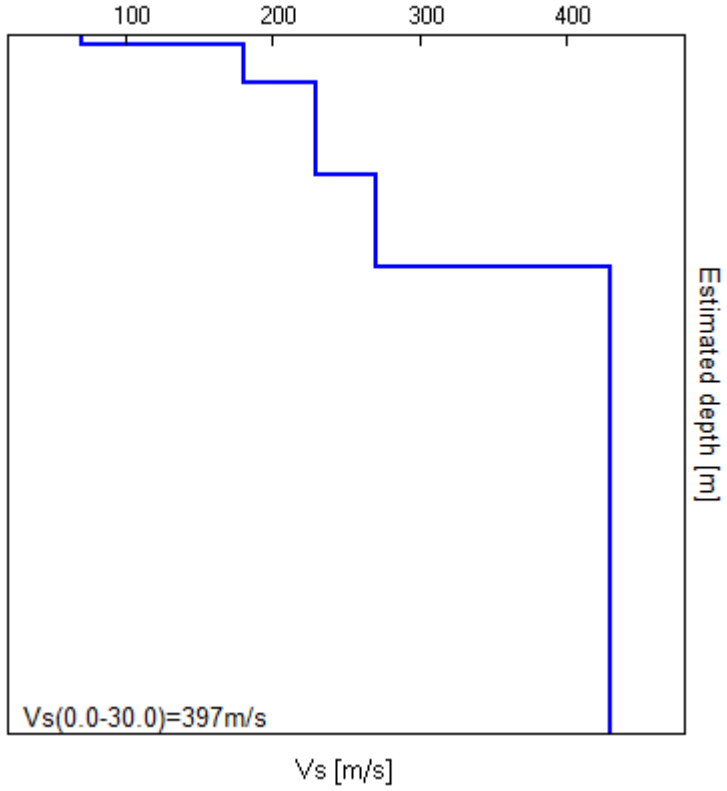


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.10	0.10	70	0.40
0.50	0.40	180	0.42
1.50	1.00	230	0.42
2.50	1.00	270	0.42
inf.	inf.	430	0.42

Vs(0.0-30.0)=397m/s



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

Max. H/V at 24.09 ± 4.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	24.09 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	15420.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1158 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	19.438 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	36.125 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	2.55 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.18651| < 0.05		**NO**
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.49373 < 1.20469		**NO**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5151 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

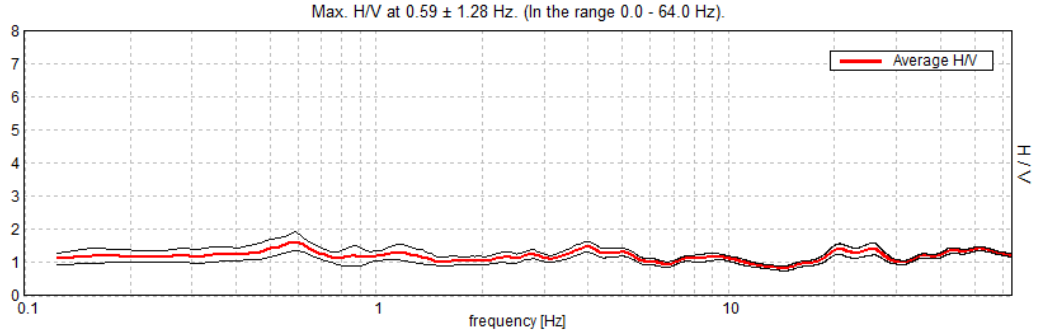
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 5, VIA MARCONI 16 SS5

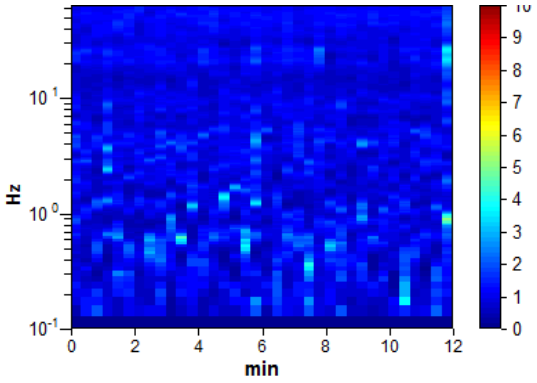
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 18/09/18 16:55:29 End recording: 18/09/18 17:07:30
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 100% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

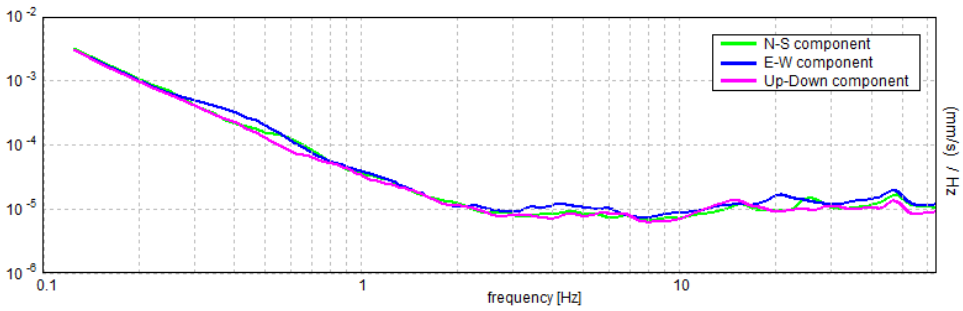
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



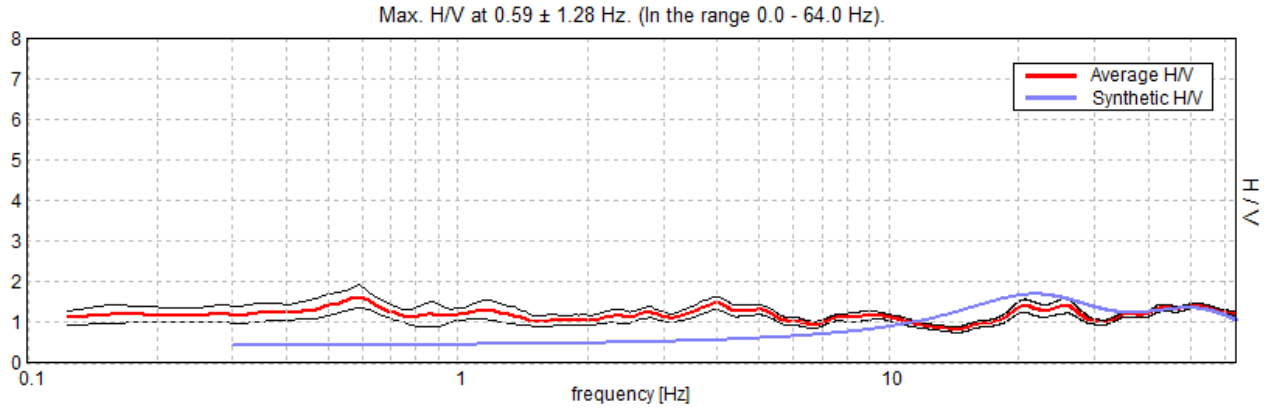
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

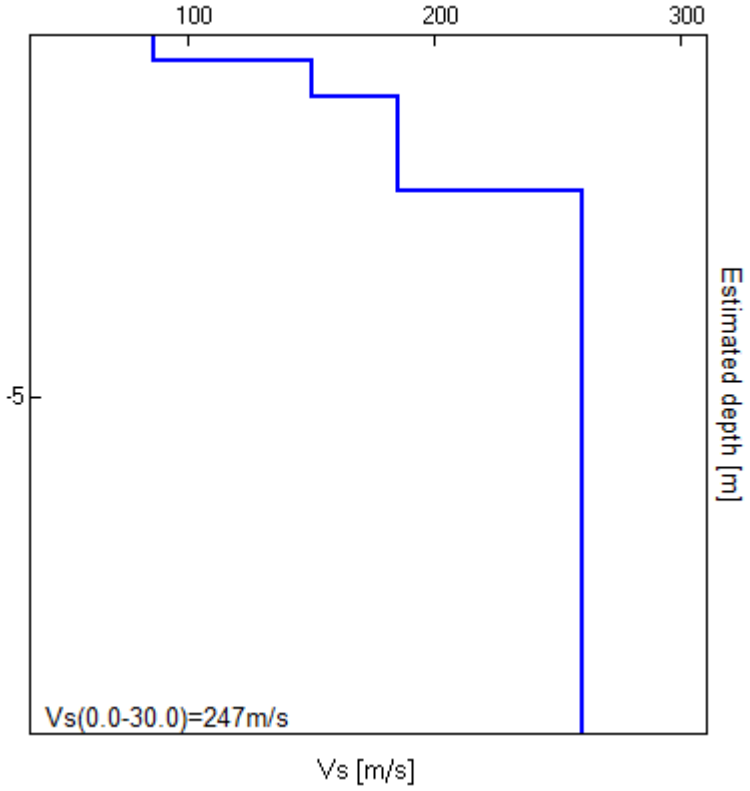


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.35	0.35	86	0.40
0.85	0.50	150	0.40
2.15	1.30	185	0.40
4.65	2.50	260	0.40
inf.	inf.	260	0.40

Vs(0.0-30.0)=247m/s



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

Max. H/V at 0.59 ± 1.28 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.59 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	427.5 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 30 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V 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**
$A_0 > 2$	1.64 > 2		**NO**
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|2.16393| < 0.05		**NO**
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.28483 < 0.08906		**NO**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.282 < 2.0	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

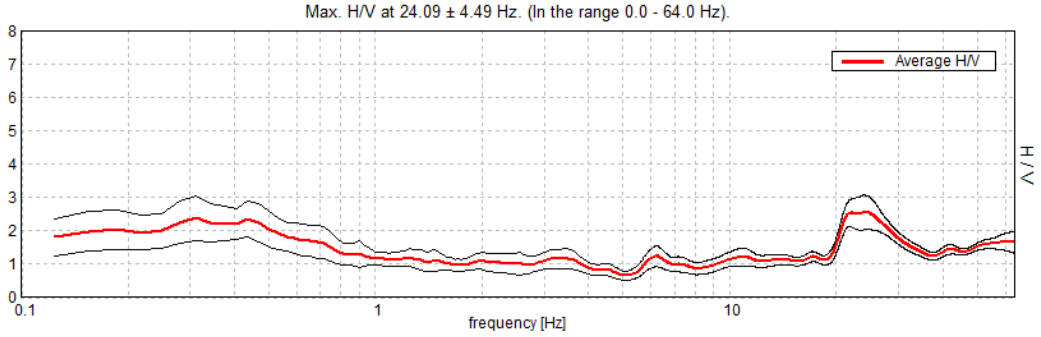
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 6, VIA SARMENTO C.SO S. G SS6

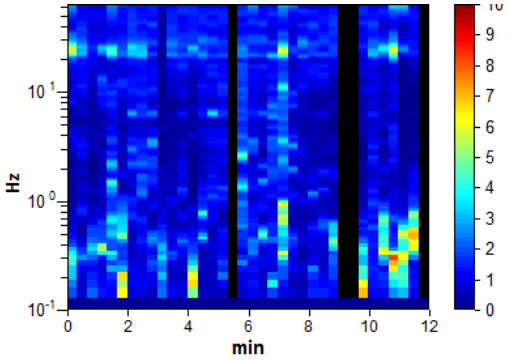
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 18/09/18 17:10:25 End recording: 18/09/18 17:22:26
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

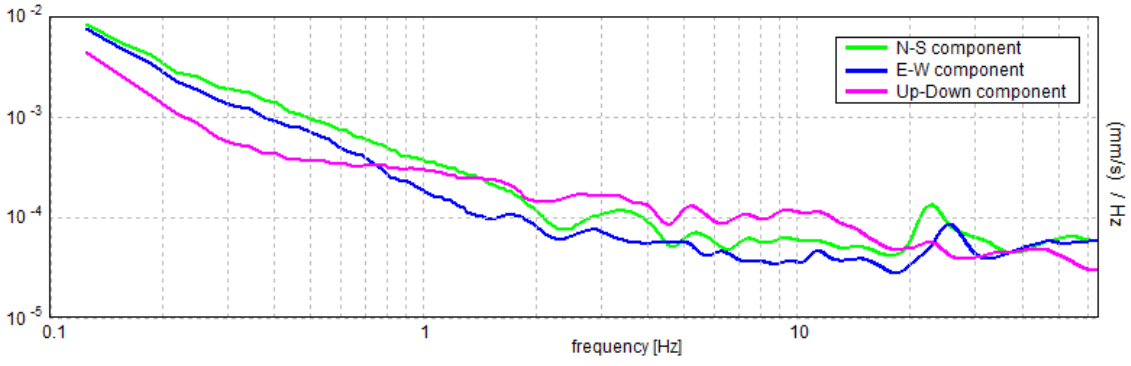
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



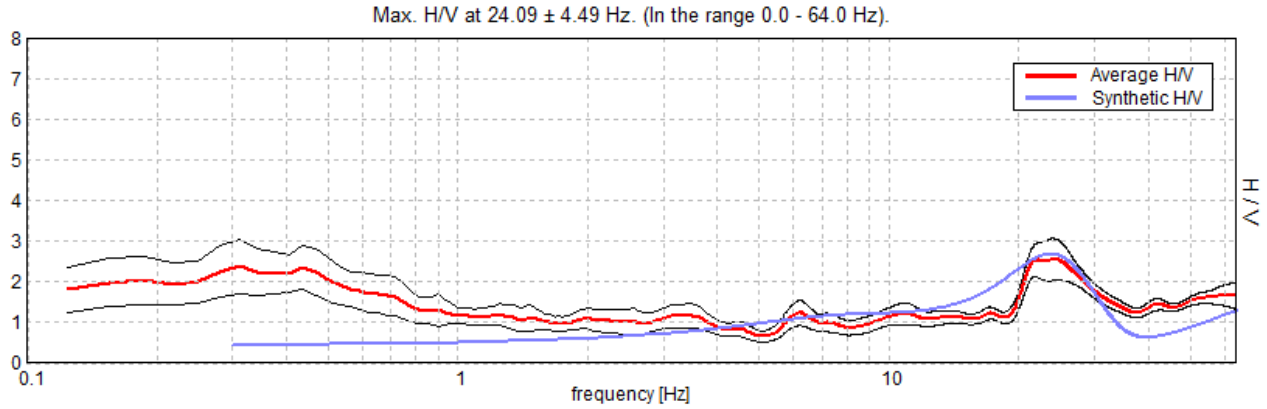
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

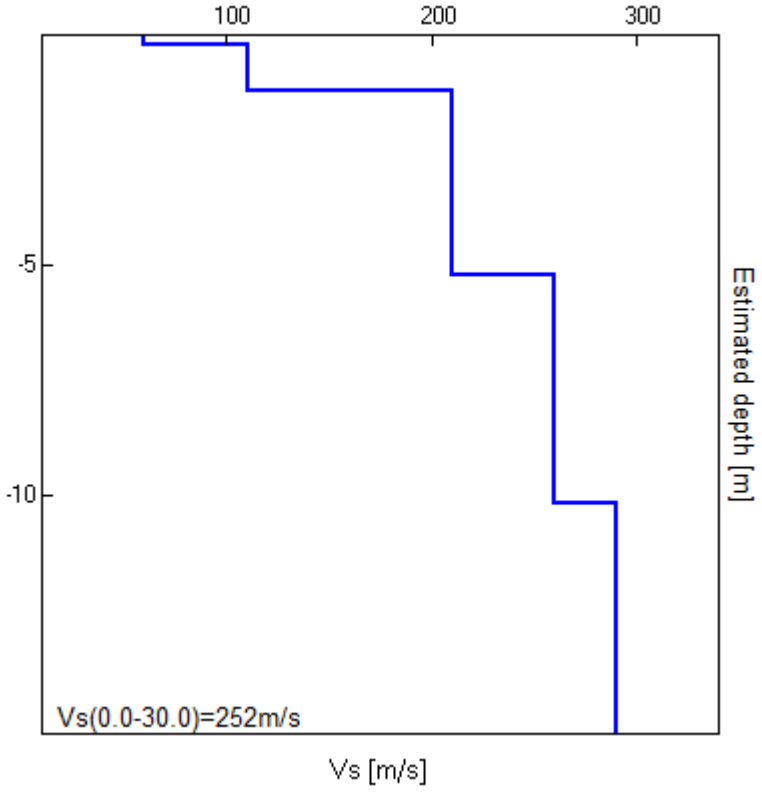


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.20	0.20	60	0.42
1.20	1.00	110	0.42
5.20	4.00	210	0.42
10.20	5.00	260	0.42
inf.	inf.	290	0.42

Vs(0.0-30.0)=252m/s



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

Max. H/V at 24.09 ± 4.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	24.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	15420.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1158 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	19.438 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	36.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.55 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.18651| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.49373 < 1.20469		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5151 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

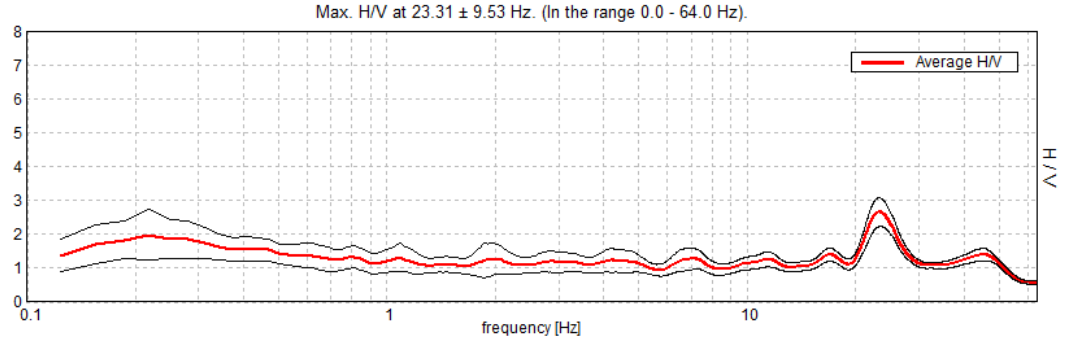
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 7, VIA MOLINO - SARMENTO SS7

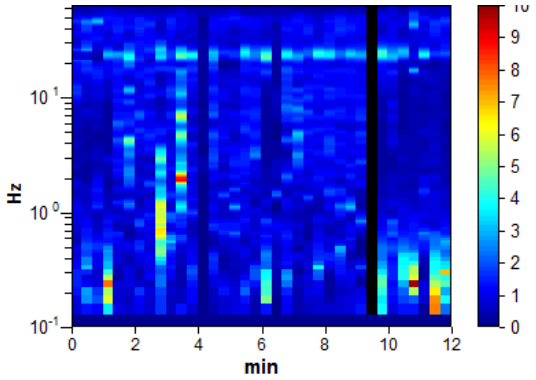
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 11:46:52 End recording: 25/09/18 11:58:52
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 97% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

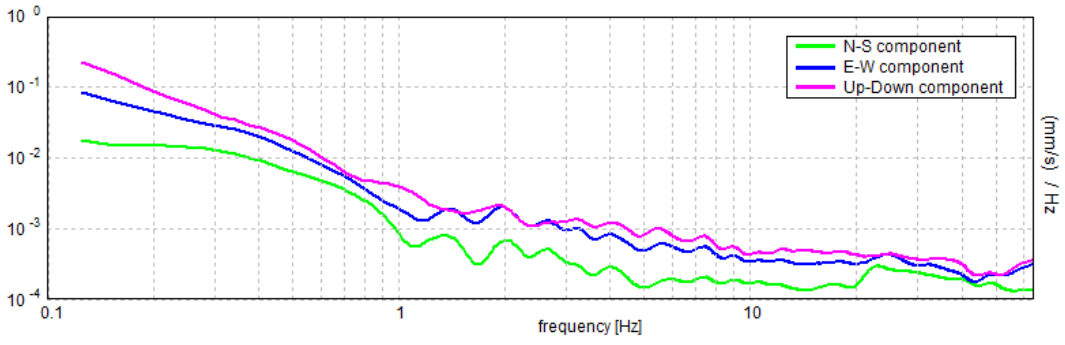
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



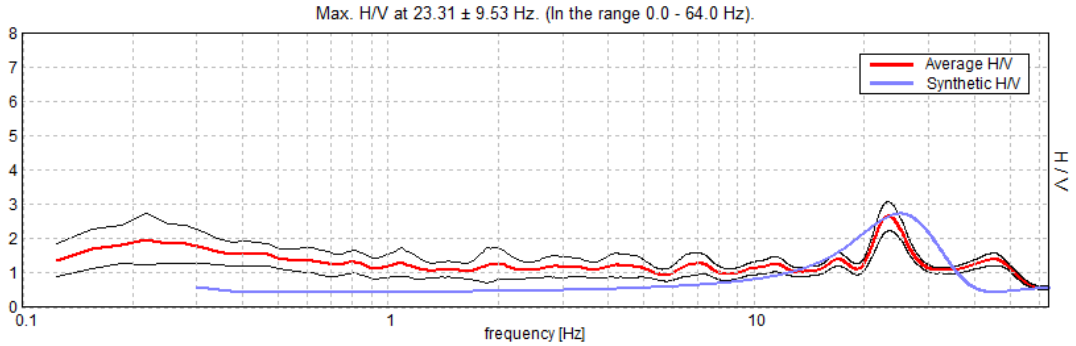
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

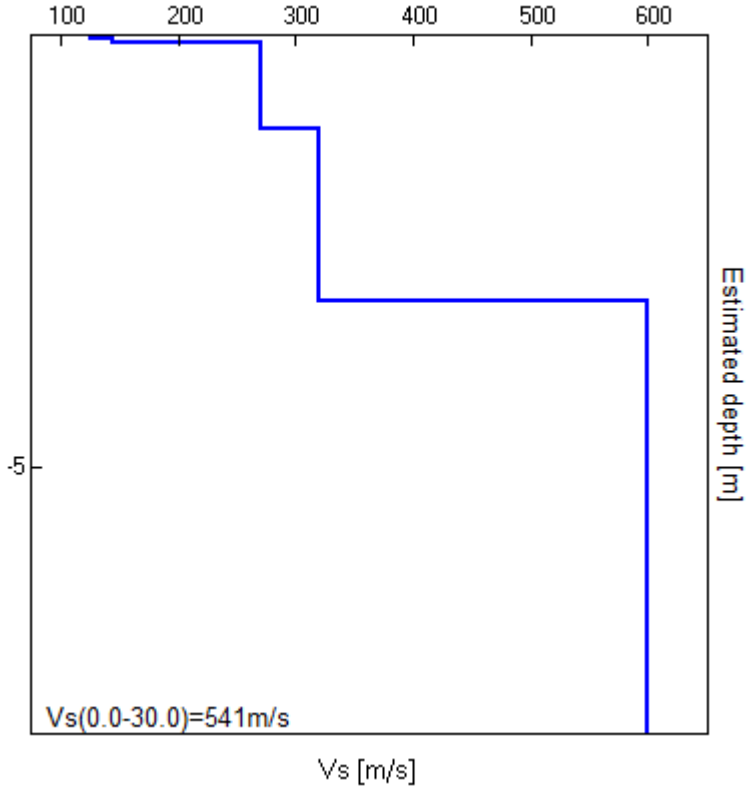


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.04	0.04	125	0.42
0.09	0.05	145	0.42
1.09	1.00	270	0.42
3.09	2.00	320	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=541m/s



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

Max. H/V at 23.31 ± 9.53 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	23.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	16318.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1120 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	20.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	28.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.65 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.40871| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	9.52809 < 1.16563		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4236 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

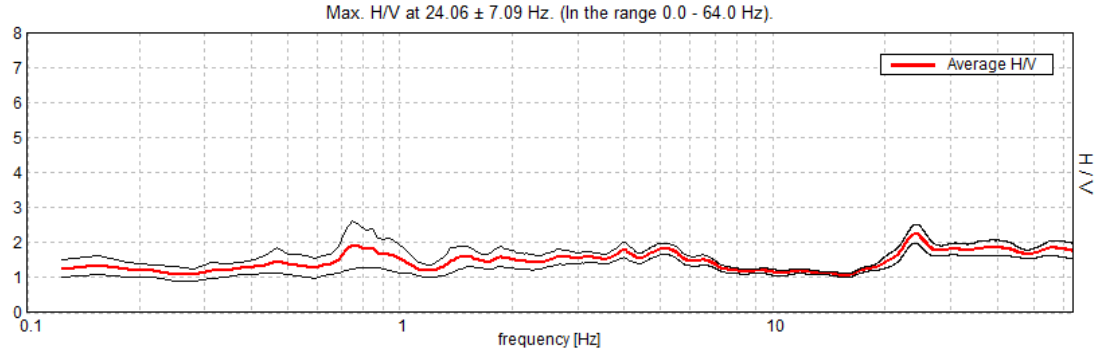
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 8, VIA ARMETTA - SARMENTO SS8

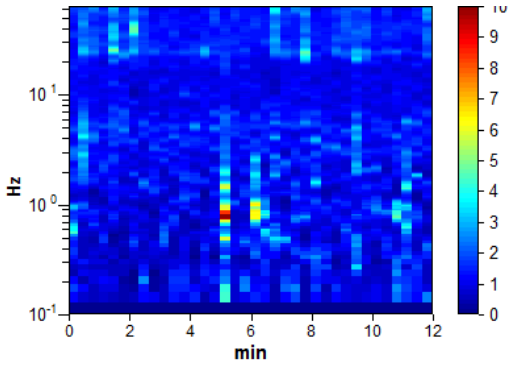
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 11:59:56 End recording: 25/09/18 12:11:57
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 100% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

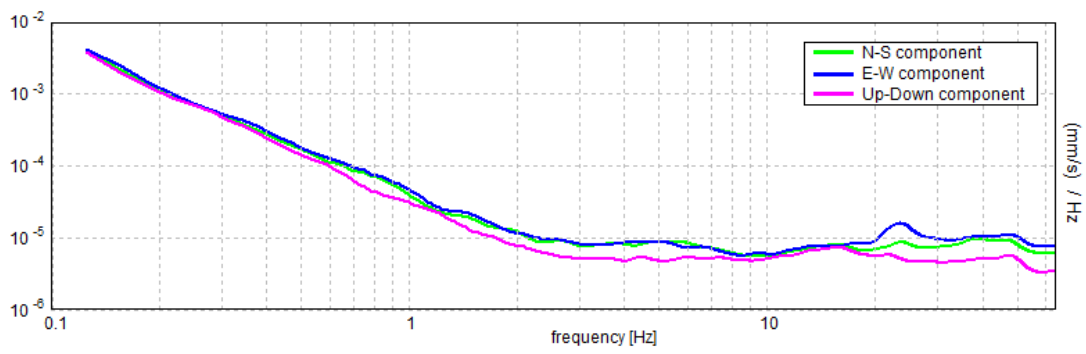
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



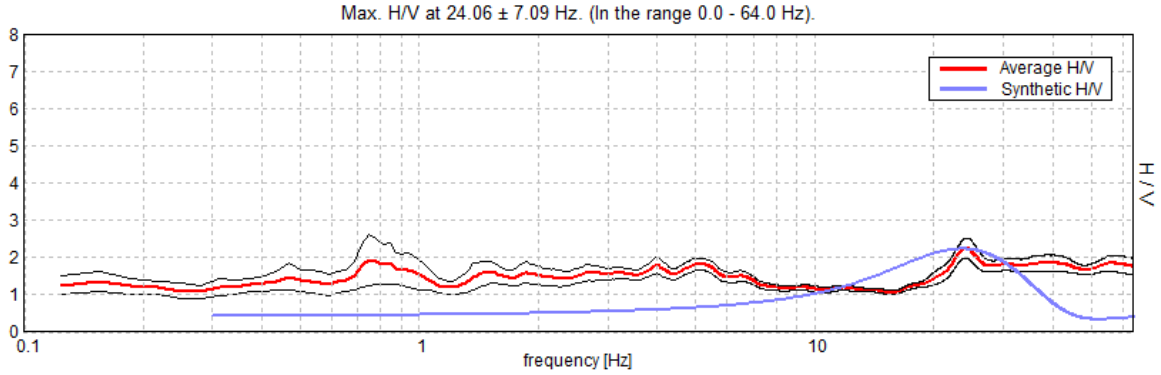
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

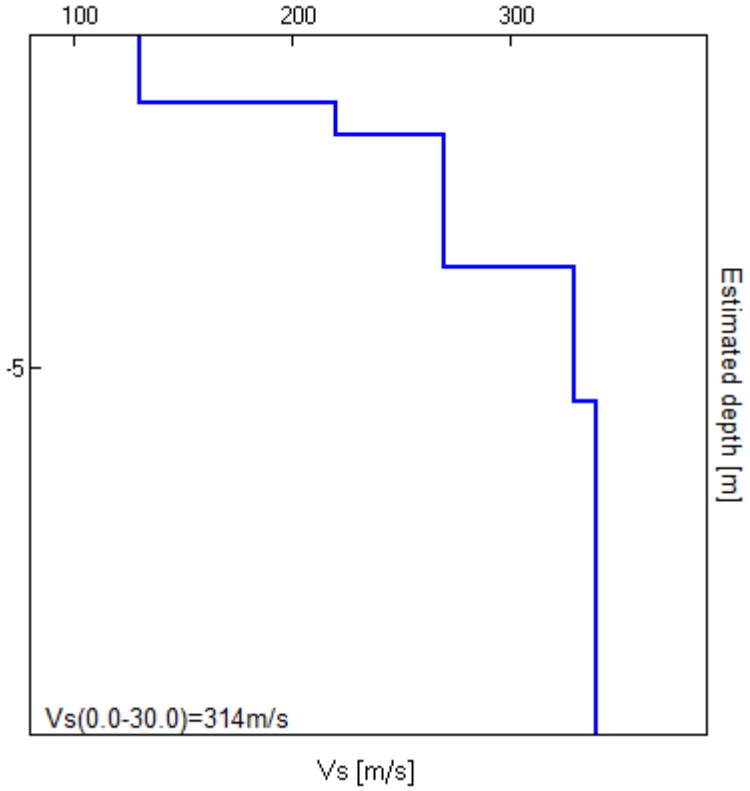


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	130	0.40
1.50	0.50	220	0.40
3.50	2.00	270	0.40
5.50	2.00	330	0.40
inf.	inf.	340	0.40

Vs(0.0-30.0)=314m/s



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

Max. H/V at 24.06 ± 7.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	24.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	17325.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1156 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.563 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.25 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.29474| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.09222 < 1.20313	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2665 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

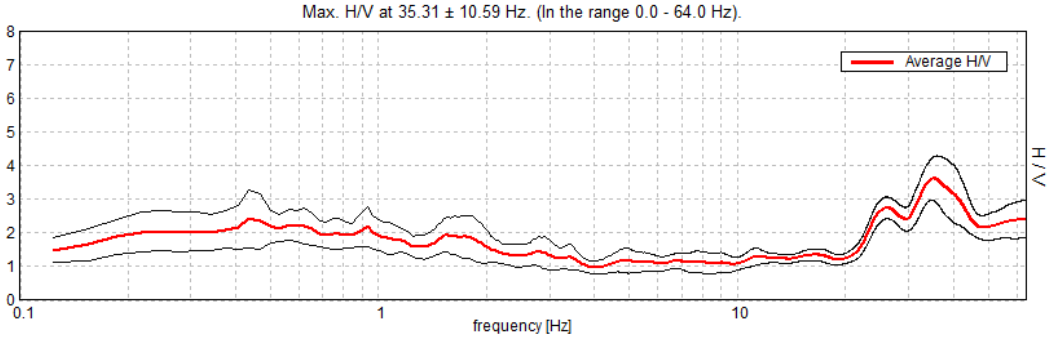
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 9, VIA SARMENTO 79 SS9

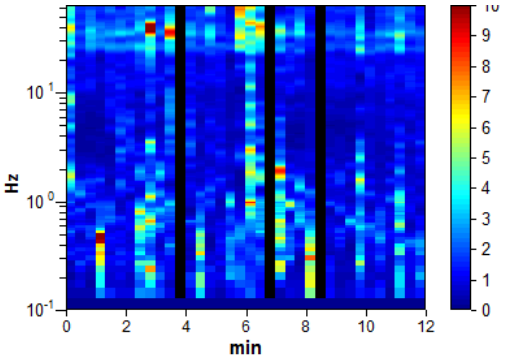
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 12:14:11 End recording: 25/09/18 12:26:12
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

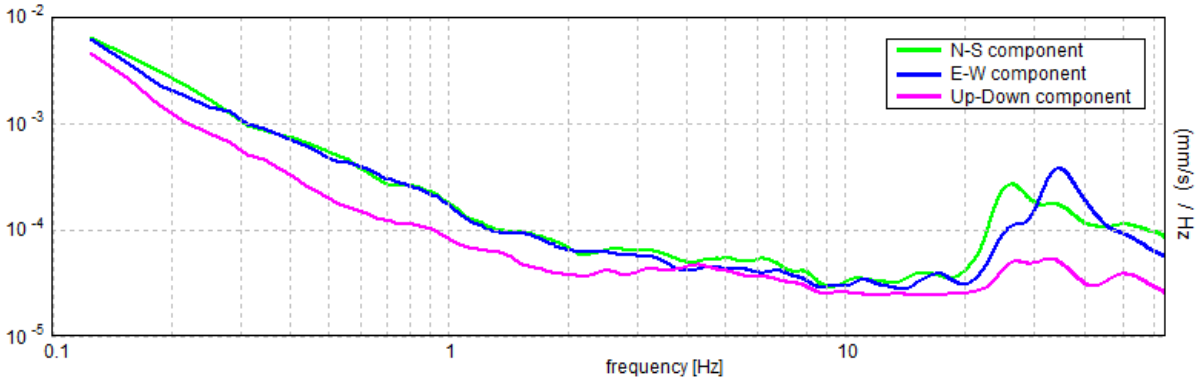
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



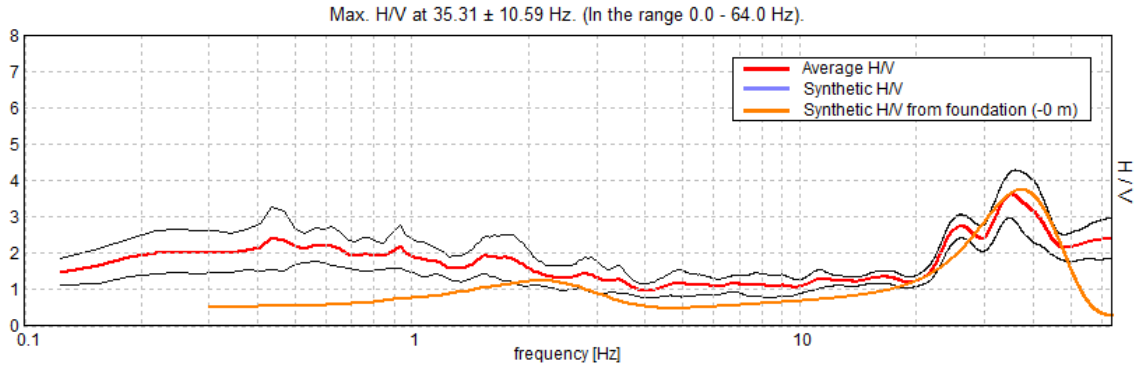
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

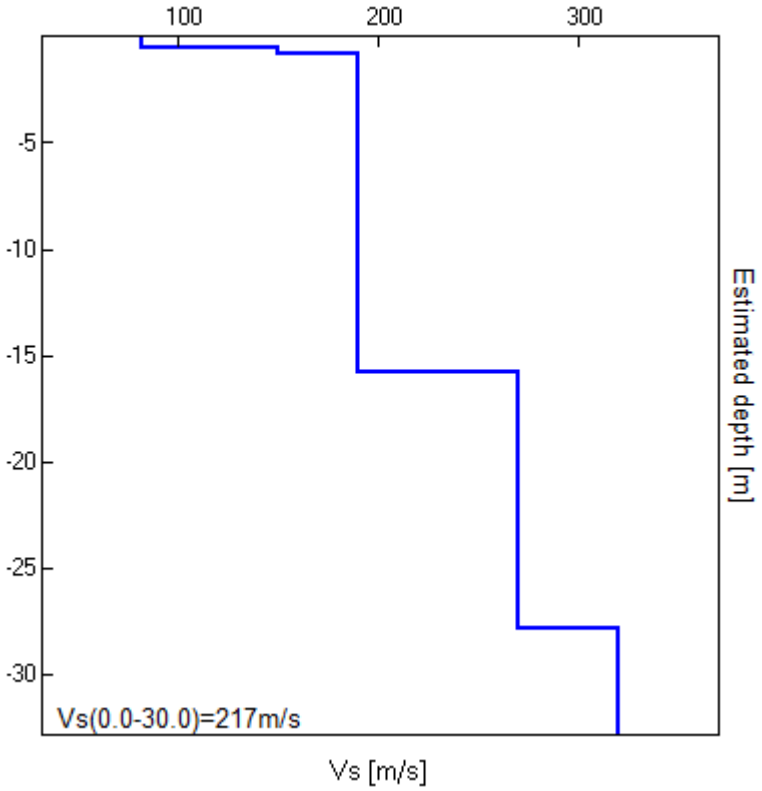


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	82	0.42
0.80	0.30	150	0.42
15.80	15.00	190	0.42
27.80	12.00	270	0.42
inf.	inf.	320	0.42

Vs(0.0-30.0)=217m/s



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

Max. H/V at 35.31 ± 10.59 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	35.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	23306.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1484 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	22.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.61 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.3| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	10.5939 < 1.76563		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6538 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

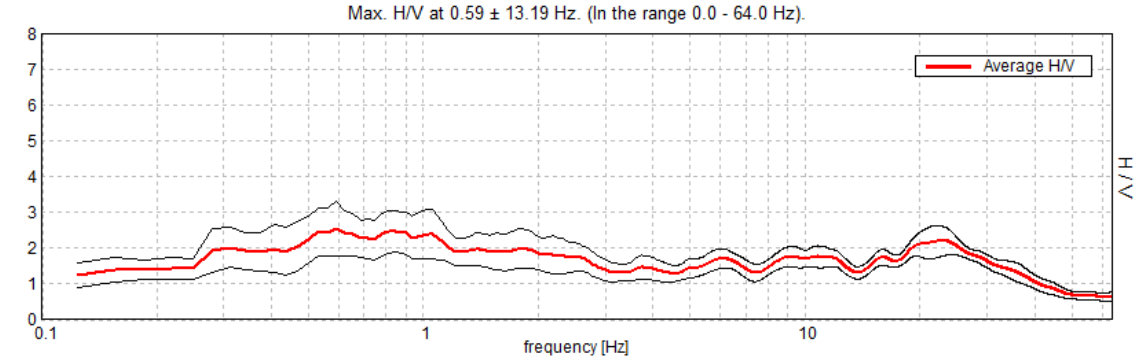
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 10, VIA TEVERE - BADALAMEN SS10

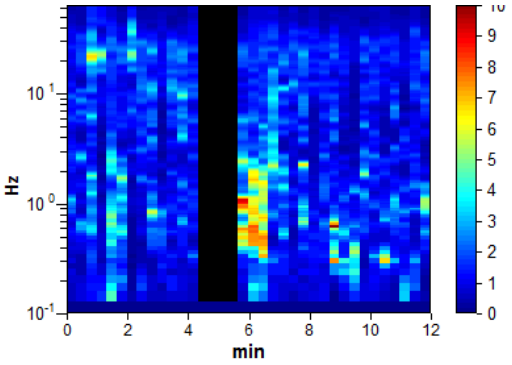
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 12:29:20 End recording: 25/09/18 12:41:21
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

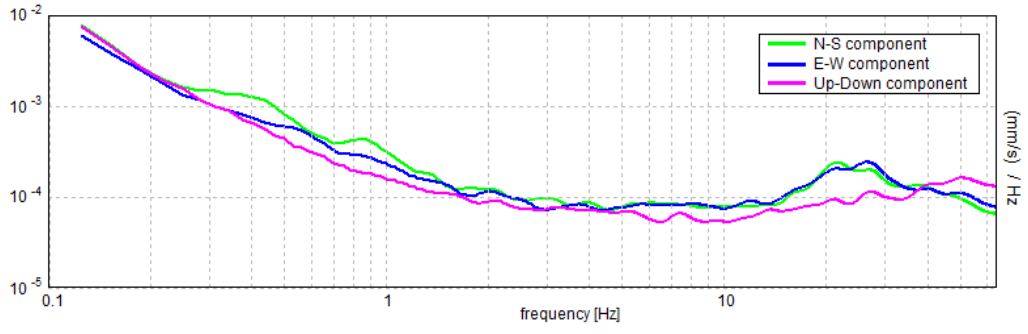
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



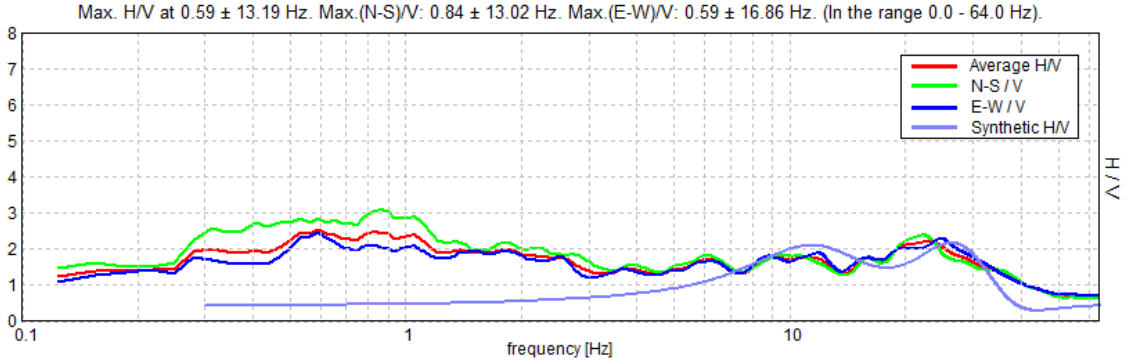
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

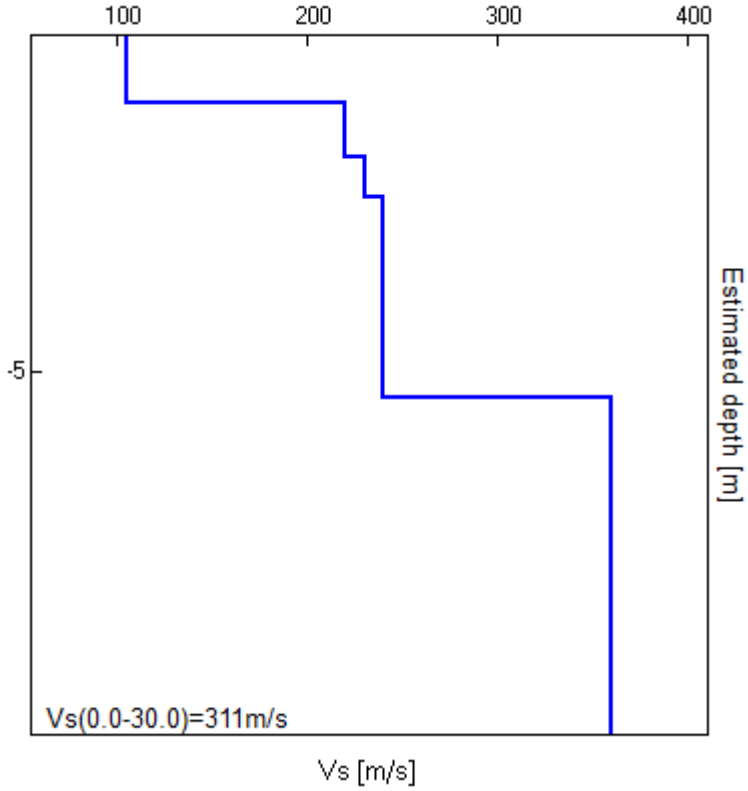


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	105	0.40
1.80	0.80	220	0.42
2.40	0.60	230	0.42
5.40	3.00	240	0.42
inf.	inf.	360	0.42

Vs(0.0-30.0)=311m/s



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

Max. H/V at 0.59 ± 13.19 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	380.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 30 times	OK	
Criteria for a clear H/V 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
$A_0 > 2$	2.56 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|22.22173| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	13.19415 < 0.08906		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.771 < 2.0	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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

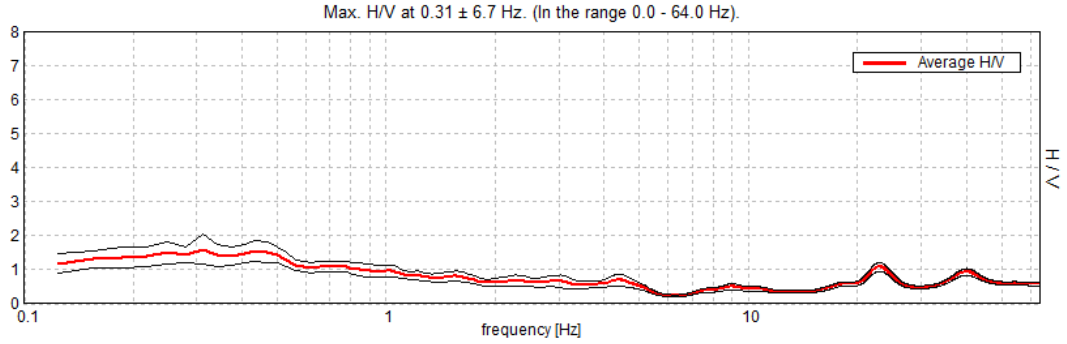
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 11, VIA BADALAMENTI - MELI SS11

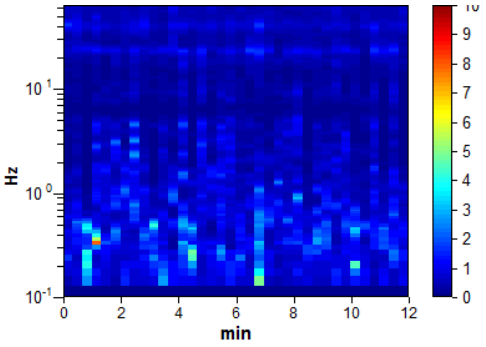
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 12:44:39 End recording: 25/09/18 12:56:40
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 100% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

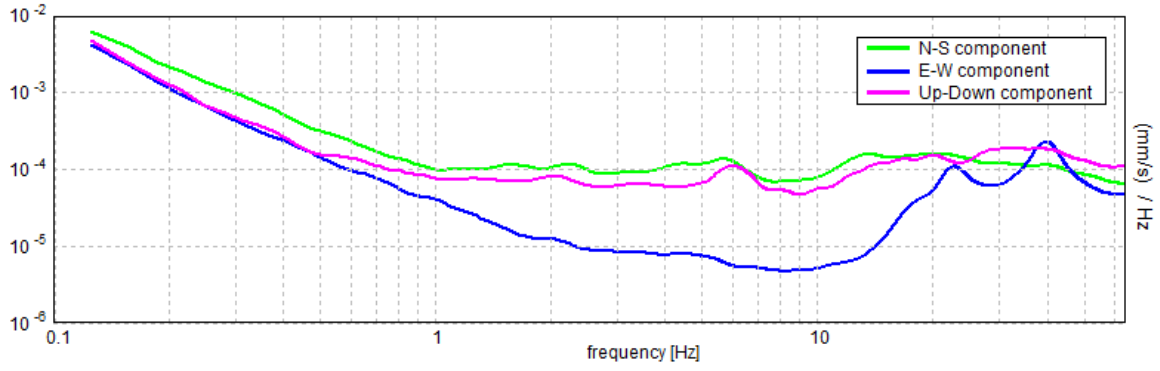
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



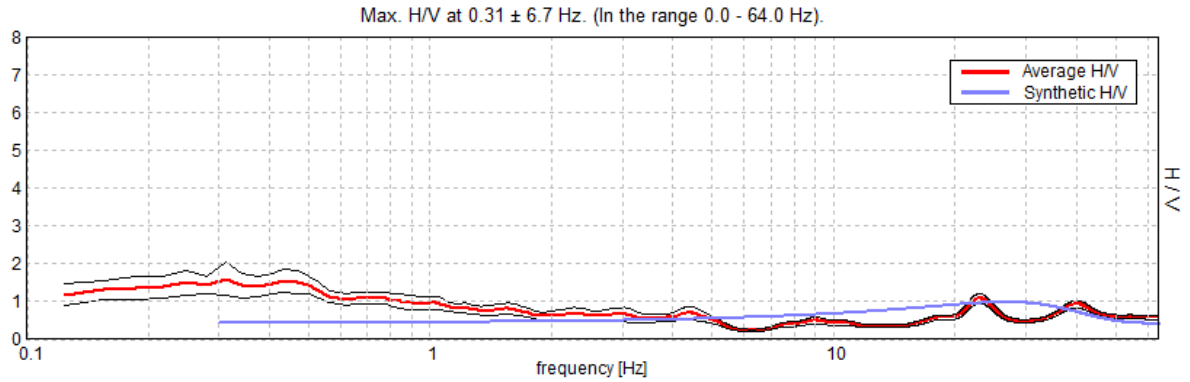
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

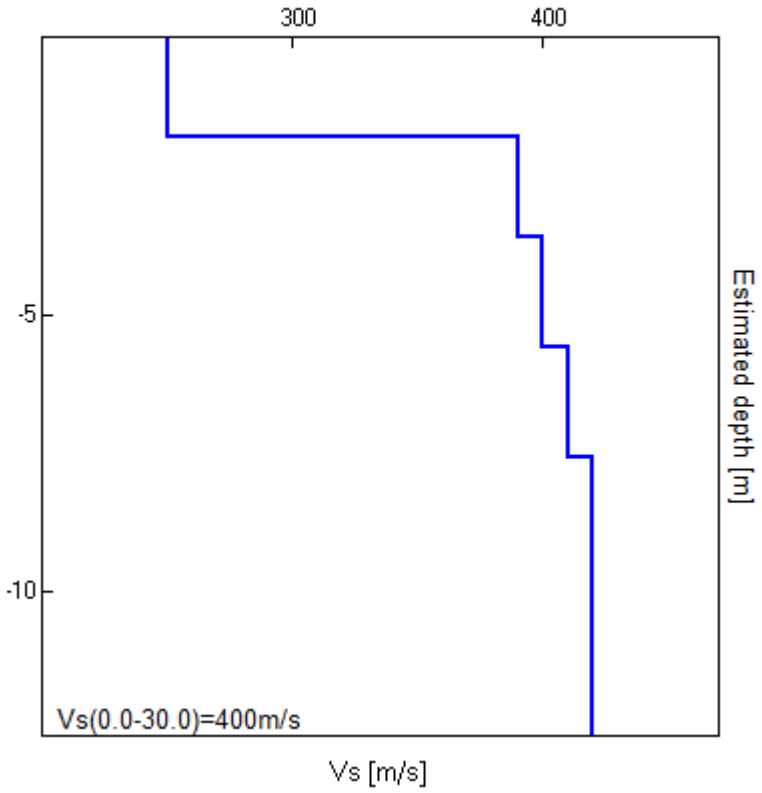


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	250	0.40
3.60	1.80	390	0.40
5.60	2.00	400	0.40
7.60	2.00	410	0.40
inf.	inf.	420	0.40

Vs(0.0-30.0)=400m/s



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

Max. H/V at 0.31 ± 6.7 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.31 > 0.50		**NO**
$n_c(f_0) > 200$	225.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 16 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		**OK**	
$A_0 > 2$	1.60 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|21.45036| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.70324 < 0.0625	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4321 < 2.5	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

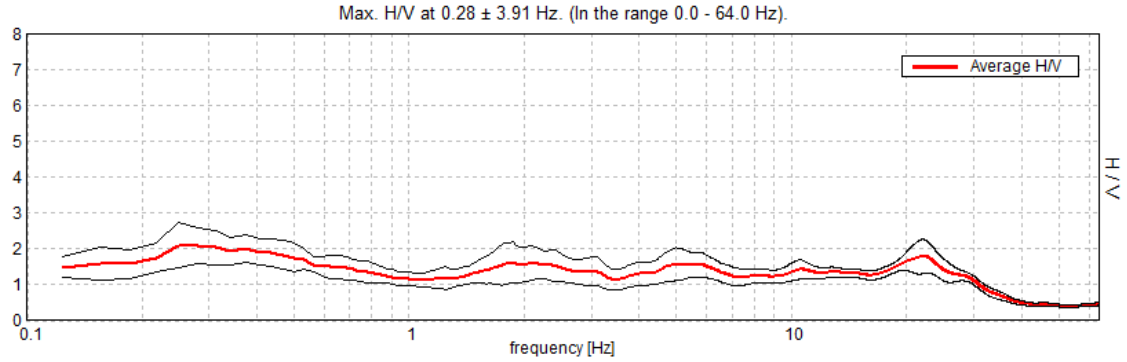
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 12, VIA DANTE - MELI SS12

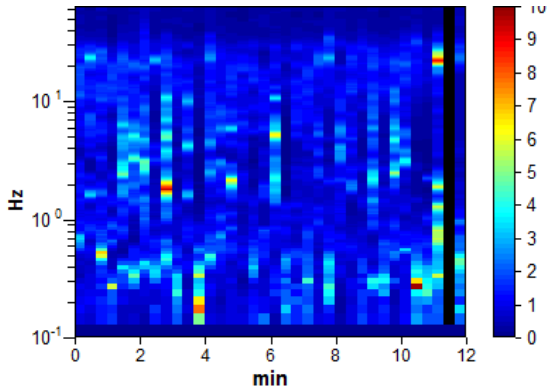
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 12:59:58 End recording: 25/09/18 13:11:58
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 97% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

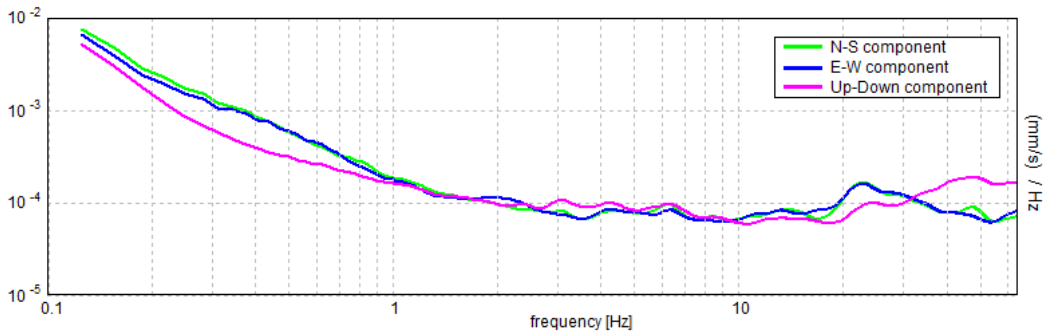
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



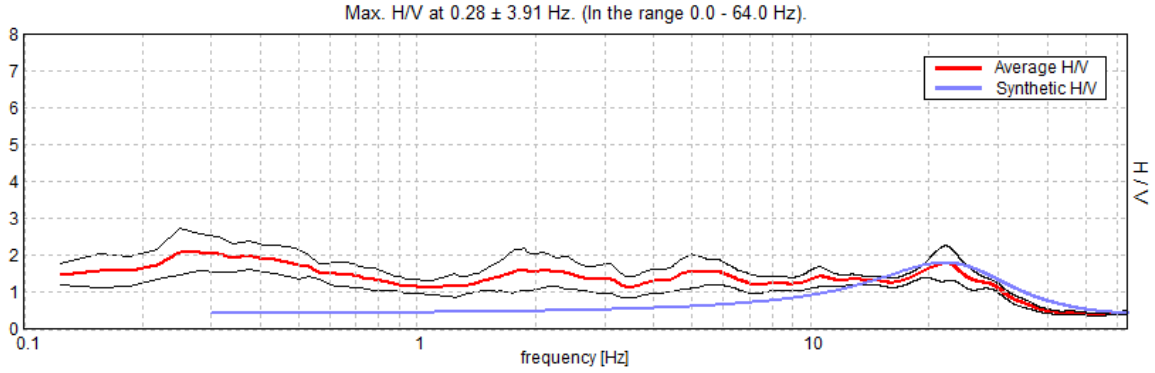
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

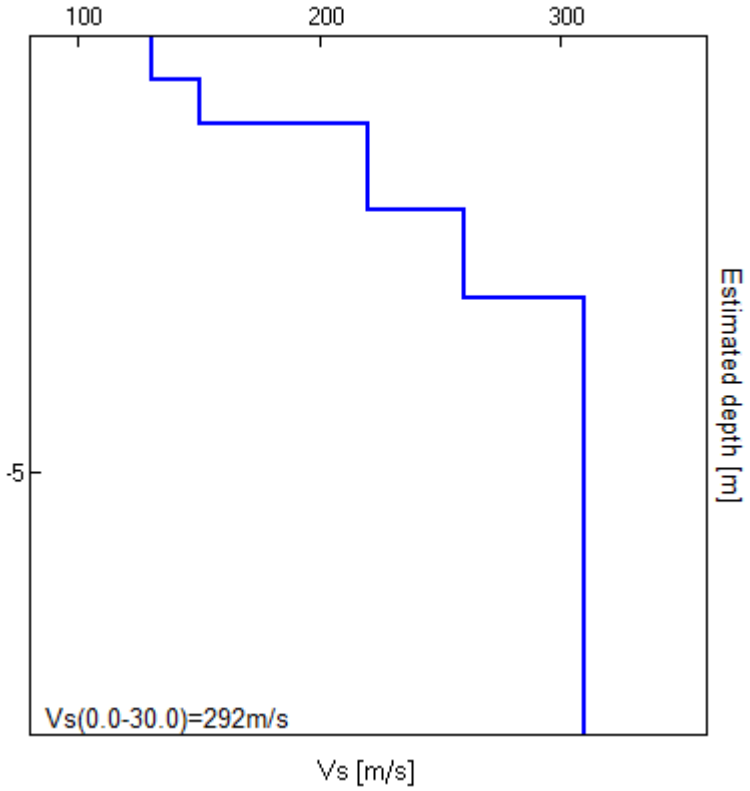


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	130	0.40
1.00	0.50	150	0.40
2.00	1.00	220	0.40
3.00	1.00	260	0.40
inf.	inf.	310	0.40

Vs(0.0-30.0)=292m/s



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

Max. H/V at 0.28 ± 3.91 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.28 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	196.9 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 14 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			**NO**
$A_0 > 2$	2.09 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|13.91768| < 0.05		**NO**
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.91435 < 0.05625		**NO**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4888 < 2.5	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

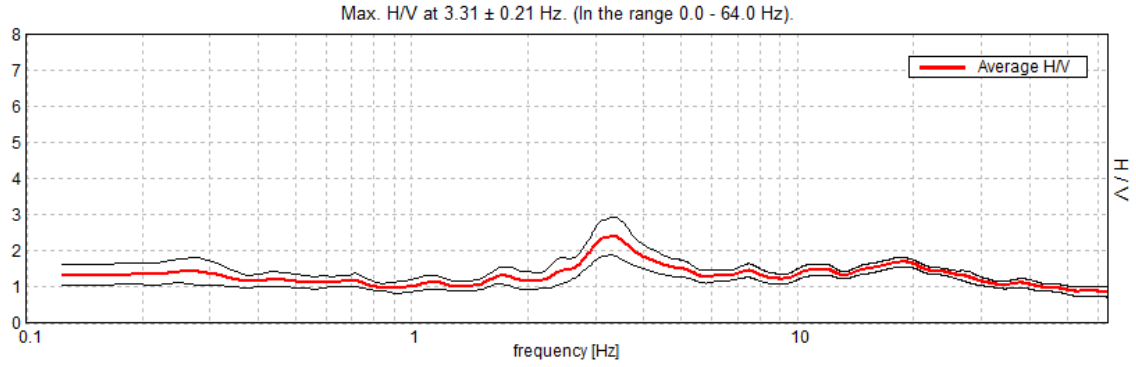
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CARINI 13, CAPPUCCINI SS13

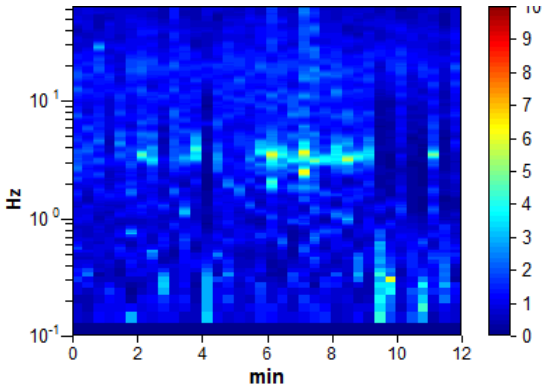
Instrument: TRZ-0058/01-09
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 25/09/18 13:16:20 End recording: 25/09/18 13:28:21
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h12'00''. Analyzed 100% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

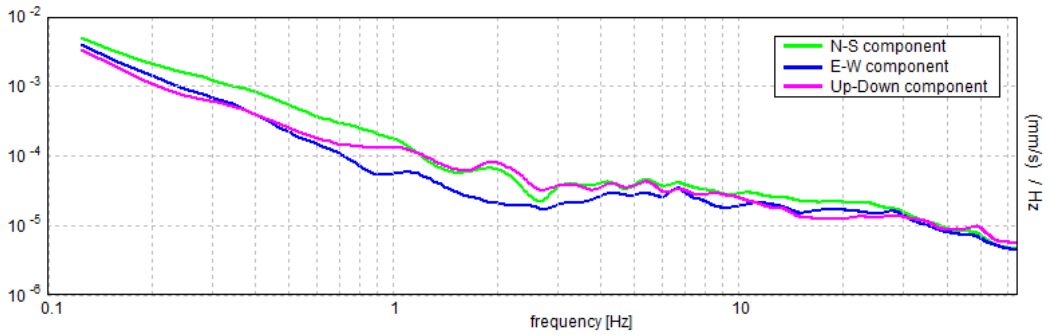
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



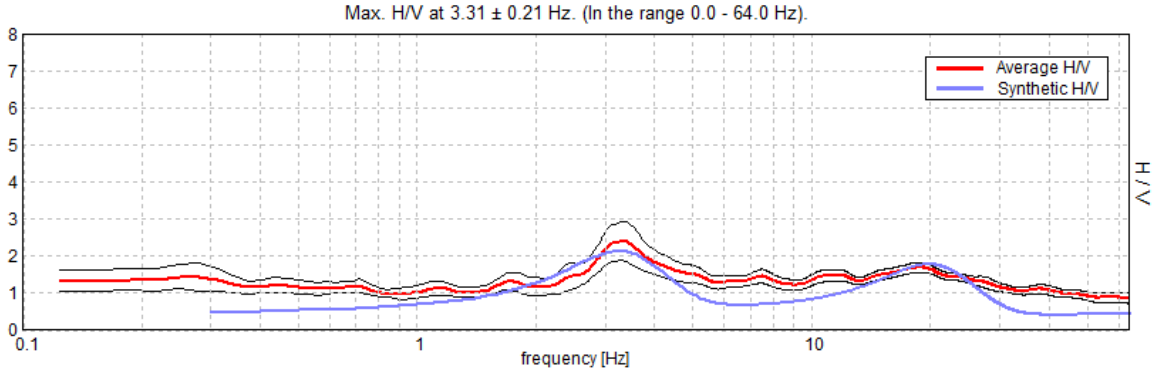
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

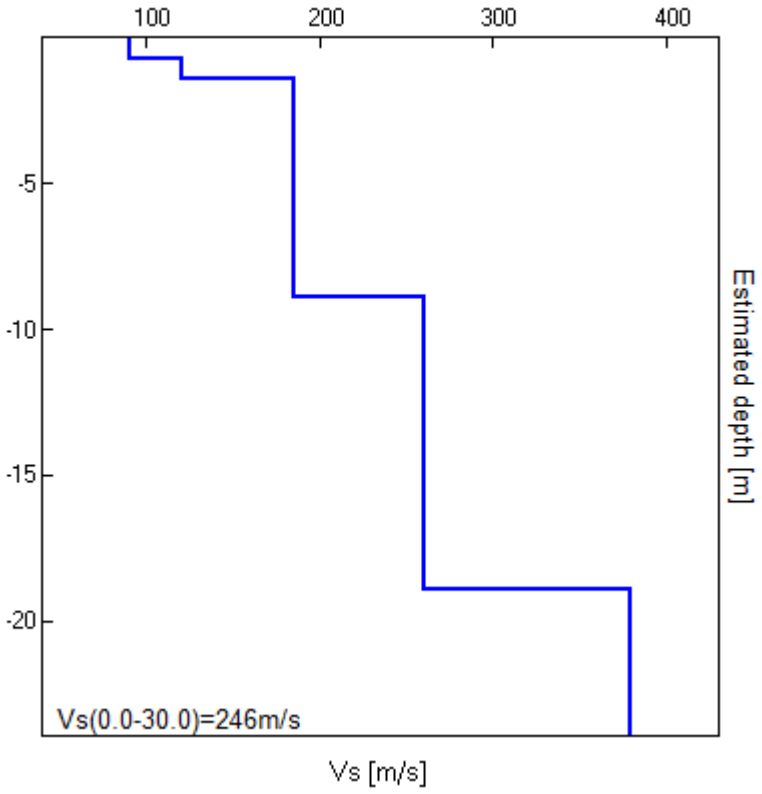


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	90	0.40
1.40	0.70	120	0.40
8.90	7.50	185	0.40
18.90	10.00	260	0.40
inf.	inf.	380	0.40

Vs(0.0-30.0)=246m/s



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

Max. H/V at 3.31 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2385.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 160 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	2.41 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.06389| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21163 < 0.16563		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5255 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

6. Identificazione della categoria di sottosuolo di fondazione

L'analisi tromografica, ovvero il confronto tra la curva teorica, quella sperimentale e il modello di Vs inerente ai sondaggi tromografici effettuati ha consentito di individuare il profilo delle Vs nei primi 30 metri di profondità dal piano di campagna (Vs).

Tenuto conto che il valore di **Vs** dei sondaggi S2-S7-S11- **è compreso tra 360 m/s < Vs < 800** m/s, al terreno di sedime analizzato nei punti di riferimento si attribuirà la categoria **"B"** della tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018, come riportato nel seguente specchietto:

Categoria sottosuolo (tabella 3.2.II) D.M. 17-01-2018	**B – "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*"**

Mentre il valore Vs dei sondaggi S1-S5-S6-S8-S9-S10-S12-S13 **è compreso tra 180 m/s < Vs < 360** m/s e pertanto al terreno di sedime analizzato nei punti di riferimento si attribuirà la categoria **"C"** della tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018, come riportato nel seguente specchietto:

Categoria sottosuolo (tabella 3.2.II) D.M. 17-01-2018	**C – "D*epositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*"**

Al substrato di sedime del sondaggio S3, essendo compreso il Vs **compreso tra 100 m/s < Vs < 180** m/s, viene attribuita la categoria **"D"** della tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018, come riportato nel seguente specchietto:

Categoria sottosuolo (tabella 3.2.II) D.M. 17-01-2018	**D – "D*epositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*"**

Il Geologo

Dott. Pietro Montanelli