PREMESSA

Gli studi geologici l.s. contenuti nel presente elaborato sono stati effettuati su incarico dell'Amministrazione del Comune di Vendone nell'ambito della redazione del Piano Urbanistico Comunale .

La Legge Urbanistica Regionale (L.R. n.36 del 4 settembre 1997) prevede che, in fase di descrizione fondativa, alla base dello sviluppo del PUC vengano condotti studi di analisi del territorio e del suo utilizzo, tra i quali tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico ecc, al fine di determinare i fattori principali condizionanti il possibile sviluppo urbanistico e gli elementi di specifica vocazione urbanistica del territorio comunale.

A questi elementi va anche aggiunto l'esame delle caratteristiche di comportamento sismico del territorio con la definizione di zone di omogeneo comportamento rispetto alle sollecitazioni sismiche così come richiesto dalla D.G.R. 471 del 22/03/2010 "Criteri e linee guida regionali per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale"

Nella successiva fase dovrà essere operata una sintesi degli elementi individuati, finalizzata alla zonizzazione del territorio in termini di problematiche e criticità geologiche, geomorfologiche e di risposta sismica locale, in modo da pervenire ad una suddivisione in classi raggruppanti aree omogenee per quanto riguarda la suscettibilità d'uso del territorio dal punto di vista delle problematiche geologico tecniche. Tale sintesi costituirà quindi la base delle successive analisi di sostenibilità ambientale, da operare a livello interdisciplinare fra le professionalità di competenza.

Il processo di pianificazione e gestione tanto delle aree ad alta concentrazione edificatoria che di quelle rurali presuppone infatti la necessità di acquisire conoscenze dell'ambiente e delle caratteristiche intrinseche del suolo e del sottosuolo tali da favorire insediamenti, attività, ed infrastrutture compatibili con la situazione ambientale; parimenti andranno considerate le interconnessioni, e le relative problematiche, tra gli insediamenti edilizi già esistenti ed il territorio .

La valutazione di tutti questi elementi e la conseguente disciplina e normativa di Piano riferita agli aspetti geologici è da intendersi come "sistema aperto" cioè soggetto a trasformazione ed adeguamento dato che sia le dinamiche evolutive delle caratteristiche del territorio, sia il mutare delle condizioni di vulnerabilità e rischio geologico l.s. nel tempo, presuppongono una periodica verifica, sia della congruenza delle scelte urbanistiche nei distretti di trasformazione, sia della conformità di quanto già esistente negli ambiti di conservazione e riqualificazione, con l'assetto geomorfologico del territorio.

Per quanto concerne lo studio delle caratteristiche sismiche locali del territorio comunale di Vendone, viene allegato apposito studio di "microzonazione sismica di livello 1" effettuato ai sensi della OPCM 3907/2011 e secondo gli standard illustrati a livello nazionale dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" formulati dal Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2008 ed aggiornati nel 2011, nonché dalle "Specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici di microzonazione sismica- ottobre 2011 – V 1.5" a cura della "Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica".

Tale studio costituisce allegato a parte, a cui comunque si fa riferimento integrale nella presente relazione sia per quanto riguarda gli elaborati cartografici sia per le risultanze; in particolare nella presente vengono rappresentati i risultati delle indagini strumentali effettuate che nello studio secondo le specifiche nazionali non vengono rappresentate in forma cartacea.

METODOLOGIA DI INDAGINE

Il presente studio, in particolare per quanto riguarda gli aspetti geologici l.s., è stato effettuato secondo quanto riportato dalla Circolare R.L. 2077 del 27 aprile 1988 (disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici generali).

Le analisi ed acquisizione dei dati necessari sono state sostanzialmente effettuate tramite: ricerca e consultazione di dati bibliografici, studi ed indagini pregressi riguardanti il territorio; rilevamento geologico e geomorfologico di superficie al fine della verifica dei dati pregressi in particolare lungo la viabilità e nell'intorno delle aree urbanizzate; consultazione di foto aeree e satellitari.

Il prodotto finale è rappresentato nella redazione di carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica e carta dell'acclività.

L'allegato studio delle caratteristiche sismiche locali del territorio comunale di Vendone, rientra nel contesto degli studi relativi alla valutazione della componente microsismica ai sensi della OPCM 3907/2011 ed illustrati a livello nazionale dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" formulati dal Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2008 ed aggiornati nel 2011, nonché dalle "Specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici di microzonazione sismica- ottobre 2011 – V 1.5" a cura della "Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica" mentre a livello regionale gli studi di microzonazione sismica sono normati dalla D.G.R. 471 del 22/03/2010 e ripresi dalla successiva D.G.R. 714 del 21/06/2011 nell'ambito della pianificazione urbanistica comunale ligure. Lo studio rientrando in standard nazionali presenta minime differenze tecniche con la DGR 714/2011 (riguardanti per lo più le legende).

Gli studi di microzonazione sismica a seconda della pericolosità sismica del territorio comunale possono articolarsi su tre livelli successivi di approfondimento. Il presente studio prende in esame il territorio insediato ed insediabile del Comune di Vendone ed è riferito al livello 1 di microzonazione, in sostanza un'analisi di tipo qualitativo che costituisce lo studio di base per i livelli di approfondimento maggiori.

Obiettivo degli studi di primo livello è quello di ottenere, anche solo limitatamente alle parti di territorio insediate o in cui è prevista dal PUC (o dai restanti piani territoriali di livello superiore) un'espansione urbanistica, una "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica".

La base cartografica utilizzata per la redazione delle carte tematiche è la Carta Tecnica regionale in scala 1:5.000.

Il presente studio si compone quindi di una parte di "**analisi**" (che trova la propria collocazione nell'ambito della descrizione fondativa) costituita da:

carta geologica
carta geomorfologica
carta idrogeologica
carta dell'acclività
relazione illustrativa;

Dell'allegato **studio di Microzonazione sismica di livello 1** costituito da:

carta delle indagini

carta geologico tecnica (elementi geologici ed idrogeologici)

carta geologico tecnica (elementi geomorfologici)

carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

relazione illustrativa;

ed infine di una parte di "**sintesi**" delle criticità del territorio costituita da:

carta di zonizzazione e suscettibilità d'uso del territorio

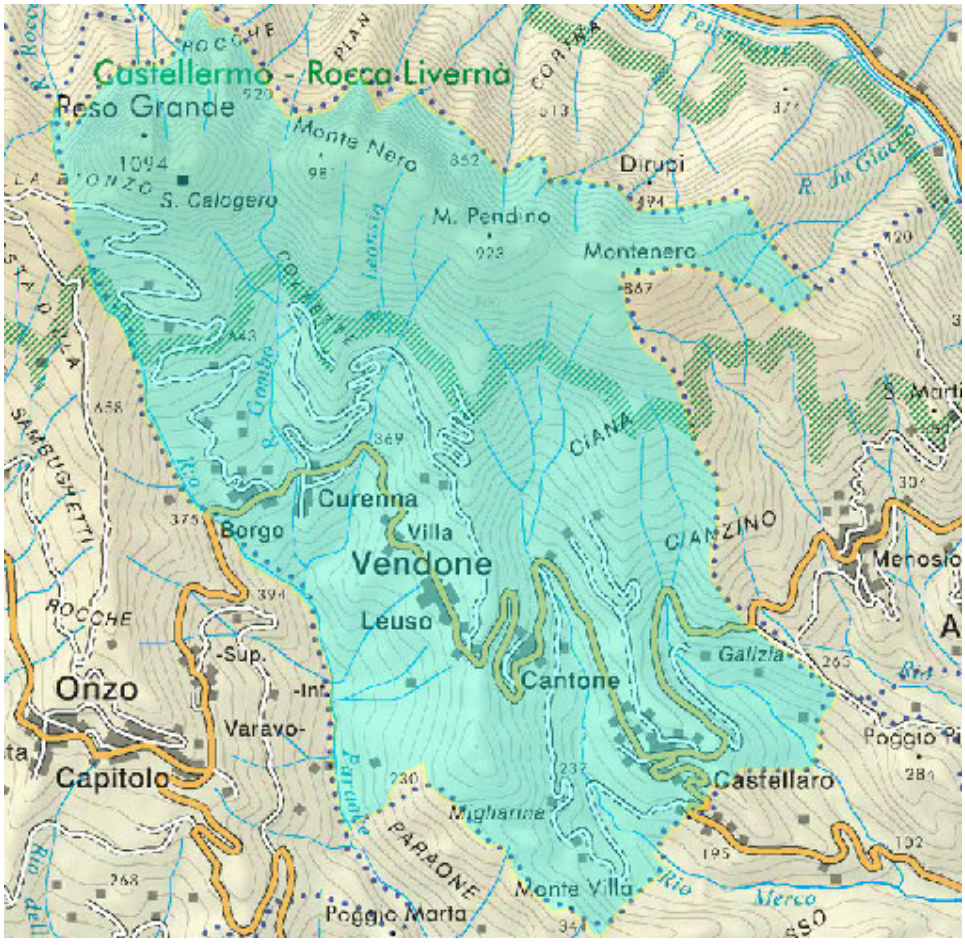
norme geologico tecniche di attuazione

redatte in base anche alle risultanze dello studio di MS1.

Le parti di analisi del territorio con le metodologie sopra descritte sono state anche oggetto di Tesi di Laurea Specialistica in Scienze Geologiche A.A. 2010-2011 del Dott. Andrea Redenti – Relatori Dott. Geol. Carlo Civelli e Prof. Gabriele Ferretti – Correlatore Prof. Michele Piazza.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO -

CENNI CLIMATICI



Il Comune di Vendone, situato nella parte sud-occidentale della Provincia di Savona, in sponda sinistra del Torrente Arroscia, confina a nord con il Comune di Castelbianco, a est con il Comune di Arnasco, a sud con il Comune di Ortovero e a ovest con quello di Onzo.

La superficie comunale misura all'incirca 10,11 km^2, la quota varia da un minimo di 140 m ad un massimo di 1094 m s.l.m. in corrispondenza della zona di Castellermo.

Il territorio è rappresentato da un'ampia fascia di versante rivolta a sud, corrispondente alle pendici meridionali della dorsale montuosa di Rocca Livernà-Castellermo; in tale ambito è possibile individuare una parte settentrionale caratterizzata da terreni montuosi fortemente acclivi e una parte centro-meridionale ad acclività più bassa, dove sono concentrati i nuclei insediativi di Vendone, quali Celsa, Castellaro, Crosa, Vallone, Cantone, Leuso, Villa, Curenna e Borgo.

Tali centri sono principalmente ubicati lungo la Strada Provinciale 35, la quale percorre trasversalmente l'intero comune seguendo le irregolarità morfologiche del versante dovute alle incisioni vallive dei rii principali ad andamento circa nord-sud; la restante viabilità è formata da alcune strade comunali e da numerose strade interpoderali e forestali.

La definizione dei limiti comunali non appare sempre seguire i limiti morfologici del territorio; ad ovest il confine viene definito, a partire dalla "Colla d'Onzo", dall'andamento del Rio Paraone, mentre a sud esso appare frastagliato e, approssimativamente, segue il crinale di Monte Villa per poi scendere verso il Rio Merco; da qui risale a località "Le due Torri" e ridiscende fino al Rio Acian, da dove s'innalza fino a raggiungere località "Casa Tomatis"; da questo punto il limite segue l'andamento circa N-S di un crinale secondario fino ad arrivare al crinale, circa E-W, della dorsale montuosa di Rocca Livernà-Castellermo.

A nord del crinale di tale dorsale, i cui principali rilievi sono costituiti da Peso Grande (1094 m s.l.m.), Monte Pendjno (923 m s.l.m.) e Montenero (858 m s.l.m.), spartiacque tra il bacino dell'Arroscia e il bacino del Pennavaire, il confine comunale di Vendone si estende per una ristretta fascia caratterizzata da elevata acclività, con rocce esposte, balze e dirupi; tale area viene inoltre inserita all'interno dei "S.I.C." (siti di importanza comunitaria) come il sito IT 1324918 Castellermo-Peso Grande.

In questa zona l'acclività dei versanti, la natura calcareo-dolomitica delle rocce presenti, la tipologia di vegetazione e l'assenza di antropizzazione concorrono a formare un paesaggio di tipo montano, trovandosi comunque ad una distanza relativamente breve dalla costa.

I lineamenti climatici generali della zona, riportando quanto descritto nella Relazione Generale in accompagnamento al Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico del Bacino del Centa, possono definirsi di transizione da una zona costiera a clima mesomediterraneo (secondo la Classificazione di Bagnouls e Gaussen del clima) ad una parte più a monte appartenente alla sottozona ipomesoxerica (temperata), con precipitazioni concentrate in autunno e in primavera e una stagione secca di 3-4 mesi; in particolare, in autunno le precipitazioni mensili possono superare anche i 200 mm, innescando molto spesso dissesti lungo i versanti e le piene dei torrenti. Le precipitazioni annue variano fra 790 e 1350 mm, con minimi lungo costa e massimi in quota. Le temperature medie annue sono di circa 15° sulla costa e comprese fra 9-14° nell'entroterra, in funzione dell'altitudine. Il vento dominante è la tramontana (N), ma libeccio (SW) e, in subordine, scirocco (SE) soffiano periodicamente; la direzione dei venti viene condizionata dall'orografia del bacino, attraversato da valli dirette E-W e NW-SE, interrotte da tratti N-S.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

COMMENTO CARTA GEOLOGICA

LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

All'interno del Comune di Vendone i litotipi affioranti appartengono a formazioni geologiche molto differenti tra loro per età ed origine, interessate però dalle stesse fasi deformative che hanno caratterizzato l'orogenesi alpina.

Dallo studio bibliografico è apparso come le ricostruzioni e le interpretazioni geologiche inerenti la zona di Vendone non siano completamente concordi tra loro; in particolare le divergenze maggiori risultano in relazione alla Formazione di Albenga (tetto dell'Unità Arnasco-Castelbianco) e alle successioni flyschoidi (Borghetto d'Arroscia-Alassio e Colla Domenica-Leverone), mentre non vi sono sostanziali differenze riguardo la successione triassica-giurassica appartenente all'Unità Arnasco-Castelbianco.

In seguito ai rilevamenti e alle osservazioni di campagna è stato scelto di riferirsi all'interpretazione proposta da *Galbiati* (*1987*; *1990*), in accordo con *Di Giulio* (*1992*), in merito alla Formazione di Albenga e ai flysch, mentre per la successione triassica-giurassica è stato scelto come riferimento il lavoro di *Dallagiovanna & Seno* (*1984*), in quanto i modelli proposti sono sembrati i più vicini alla situazione riscontrata.

Nell'areale comunale sono state quindi riconosciute e cartografate tre diverse unità tettoniche, separate tramite sovrascorrimenti; dall'unità strutturalmente più bassa a quella più elevata, in riferimento all'appilamento tettonico delle Alpi Liguri, sono presenti: l'unità Arnasco-Castelbianco, l'unità Colla Domenica-Leverone e l'unità Borghetto d'Arroscia-Alassio.

Inoltre, sono stati distinti i depositi plio-quaternari presenti nell'area di studio.

L'Unità Arnasco-Castelbianco è costituita da una successione di terreni prepiemontesi di età compresa tra il Triassico e l'Eocene e si estende su più della metà del territorio comunale.

Nel settore settentrionale l'unità è rappresentata da una serie triassico-giurassica (*Elemento di Castelbianco*) composta dalle *Dolomie di Monte Arena* (Carnico?-Norico), dai *Calcari di Veravo* (Retico-Hettangiano), dai *Calcari di Rocca Livernà* (Lias medio) e dalle *Brecce di Monte Galero* (Lias superiore-Dogger).

Le dolomie affiorano in maniera prevalente rispetto ai calcari, occupando quasi interamente lo spartiacque tra l'Arroscia e il Pennavaire e i versanti subito a ridosso di esso, influenzando nettamente la morfologia del paesaggio. Si tratta di dolomie noriche a grana media, da grigio-chiare a biancastre, in grossi banchi normalmente privi di strutture.

I calcari, al di sotto delle dolomie, si estendono in modo pressoché continuo lungo una fascia disposta E-W, la cui estensione aumenta da ovest verso est. I *Calcari di Veravo*, a contatto con le dolomie, comprendono vari tipi litologici tra cui i più caratteristici sono costituiti da calcari fossiliferi (frequenti i coralli, i lamellibranchi, i brachiopodi e gli echinodermi) e da dolomie scure a patina olivastra, aventi uno spessore degli strati molto variabile. Seguono verso quote inferiori, con passaggio rapido e privo di superfici erosionali, i *Calcari di Rocca Livernà*, costituiti da calcari grigio-scuri a stratificazione netta, centimetrica, caratterizzati da frequenti lenti e bande di selce biancastra e da scarso contenuto fossilifero; essi hanno un'estensione areale maggiore rispetto ai precedenti.

Proseguendo verso sud, tramite un contatto graduale non sempre ben definito con i soprastanti *Calcari di Rocca Livernà*, compaiono le *Brecce di Monte Galero*, le quali affiorano in modo discontinuo lungo una fascia ristretta ad andamento E-W; ad ovest del Rio Gombo e ad est del Rio Ciambauso esse paiono terminare, probabilmente per motivi legati alla tettonica. Di questa formazione sono stati individuati solo alcuni limitati affioramenti costituiti da arenarie grossolane e microconglomerati, riferibili come appartenenza al "*membro C*" della suddivisione in membri proposta da *Dallagiovanna & Lualdi* (1984).

La successione geometrica con cui s'incontrano i terreni indica abbastanza chiaramente il rovesciamento della serie (in quanto si vengono a trovare in posizione più elevata i terreni più antichi e conseguentemente in posizione inferiore terreni più recenti), dovuto, secondo quanto riportato in bibliografia (*Dallagiovanna & Vanossi, 1982; Vanossi et al., 1984*) alla prima fase deformativa avanvergente che ha interessato l'unità.

Le giaciture degli strati nel settore più settentrionale sono mediamente immergenti a NW-NNE con inclinazioni comprese tra 10-25°, mostrando per il versante una condizione di reggipoggio; tale assetto è ben visibile nei pressi della cappella di "San Calogero" e nelle aree limitrofe. Più a sud, in corrispondenza del passaggio tra i *Calcari di Rocca Livernà* e i *Calcari di Veravo* gli strati tendono a verticalizzarsi fino a raggiungere immersioni opposte alle precedenti, e quindi ponendosi in condizione di franapoggio. Al di là del crinale, nella parte di versante del bacino del Pennavaire rivolta a nord, le bancate dolomitiche presentano giacitura sub-orizzontale, indicando una condizione generale di traverpoggio rispetto al versante.

Una zona con caratteristiche geologiche nettamente diverse da quelle descritte finora in questo settore settentrionale è stata riscontrata nell'area di Monte Nero, dove al di sopra delle dolomie noriche affiora in discordanza tettonica un lembo di terreni appartenenti all'*Elemento di Arnasco*, quali, dal basso verso l'alto, le *Radiolariti di Arnasco*, i *Calcari di Menosio* e, in maniera prevalente, la *Formazione di Albenga* (qui rappresentata unicamente dalle *Arenarie di Leuso-Quartarole*). Tale lembo mostra giacitura diritta ed appare sovrascorso alla successione rovesciata di Castelbianco (*Galbiati, 1990*).

L'*Elemento di Arnasco* ricompare poi nel settore centrale del territorio comunale a partire dal contatto con le brecce fino al limite dell'unità Colla Domenica-Leverone, dove la medesima successione di terreni, ed in particolar modo la *Formazione di Albenga*, interessa tutta l'area.

Le *Radiolariti di Arnasco* (Malm) e i *Calcari di Menosio* (Titonico-Neocomiano) affiorano con una certa continuità lungo una ristretta fascia che a partire da poco sopra la Colla d'Onzo scende verso SE fino ad interrompersi in corrispondenza dei pressi del Rio Ciana attorno a 575-600 m s.l.m., per poi riprendere in corrispondenza del crinale "Ciazza".

Le Radiolariti sono costituite da selci e peliti siliceo-argillose di colore rosso, verde e grigio-scuro con al tetto frequenti intercalazioni di sottili strati conglomeratici; gli affioramenti individuati sembrano corrispondere ai livelli 2 e 3 distinti all'interno della formazione da *Dallagiovanna & Di Giulio* (*1984*).

I *Calcari di Menosio*, geometricamente sottostanti alle Radiolariti, si presentano come calcari chiari ad aspetto finemente cristallino con liste di selce bianca, scistosi.

Le giaciture degli strati in quest'area sono prevalentemente diritte e immergenti a S-SW, con inclinazioni comprese tra 35 e 50°, mostrando rispetto al pendio condizione di franapoggio.

Al tetto dei *Calcari di Menosio*, il contatto con i terreni della *Formazione di Albenga* è stato considerato di natura tettonica, ma occorre specificare che tale superficie di scorrimento potrebbe essere posta verosimilmente anche a letto delle radiolariti, in quanto la posizione della separazione tra i due elementi tettonici dell'unità Arnasco-Castelbianco risulta incerta.

La *Formazione di Albenga*, costituita da una spessa successione torbiditica di età cretacica superiore-eocenica, è la porzione più consistente dell'Elemento di Arnasco, di cui rappresenta il deposito di chiusura, e presenta delle analogie di facies ed età con alcune delle successioni flyschoidi del Ponente ligure. Essa si estende su buona parte dell'area centrale di studio ed è composta da due unità litostratigrafiche informali: i *Calcari di Curenna-Monte Bello*, più antichi, e le *Arenarie di Leuso-Quartarole*, più recenti.

I *Calcari di Curenna-Monte Bello* (Cretacico superiore) sono presenti lungo una fascia ad andamento curvilineo, molto più ampia nella parte occidentale, delimitata sia a sud che a nord dalle Arenarie; in affioramento si presentano come calcari micritici scistosi, insieme a calcareniti in strati sottili, con colorazione caratteristica grigio-bianca. Hanno

registrato le deformazioni in modo molto evidente, in quanto è riconoscibile la sovrapposizione di almeno due fasi deformative; la scistosità, molto penetrativa e regolare, è resa evidente da spalmature di argillite che appaiono in risalto sul carbonato, più solubile.

Gli affioramenti maggiori si trovano nell'area del caratteristico borgo di Curenna e sul crinale di "Rocca Dailo" e di "Cianzino".

Le *Arenarie di Leuso-Quartarole* (Eocene inferiore) si estendono su vaste aree di questa porzione centrale del territorio e, come già detto, bordano tutta la fascia dei Calcari; inoltre, a nord esse si trovano a contatto tettonico con i *Calcari di Menosio* mentre a sud vengono a trovarsi a contatto con la soprastante unità di Colla Domenica-Leverone tramite un contatto di natura incerta, indicato come tettonico. Trattasi di arenarie torbiditiche grossolane, quarzo-feldspatiche e molto micacee, grigie, con numerosi inclusi pelitici. Verso il basso, *Galbiati (1990*) individua il passaggio a torbiditi pelitico-arenacee con intercalazioni di calcareniti, distinguendo la *Litozona di S.Rocco;* sebbene effettivamente tale situazione sia stata riscontrata in alcuni affioramenti alla base delle *Arenarie di Leuso-Quartarole*, si è scelto, per semplicità, di non separare cartograficamente tale litozona dalla formazione arenacea.

All'interno della *Formazione di Albenga* le giaciture degli strati, molto spesso discordanti, sono prevalentemente immergenti a S-SW con inclinazioni variabili comprese tra 15 e 50°, mostrando condizioni generali di franapoggio rispetto ai versanti, i quali si presentano nel complesso meno acclivi rispetto a quelli settentrionali.

La ripetizione delle *Arenarie di Leuso-Quartarole* nella successione è dovuta verosimilmente ad eventi deformativi, che si esplicano attraverso superfici di taglio interne alla stessa *Formazione di Albenga*, corrispondenti ad un trasporto tettonico verso sud (*Galbiati, 1987*); il limite meridionale tra calcari ed arenarie è stato considerato di questa natura.

La successione dell'Unità Colla Domenica-Leverone, ultima in ordine cronologico ad essere stata distinta ed inserita nel gruppo dei "Flysch del Ponente Ligure", affiora tra l'Unità Arnasco-Castelbianco e l'unità Borghetto d'Arroscia-Alassio ed formata da due formazioni: le *Peliti di Colla Domenica* e la *Formazione di Leverone*.

Le *Peliti di Colla Domenica* (Paleocene?), che costituiscono il termine inferiore ("complesso di base") della successione, occupano una limitata fascia del settore centro-meridionale del territorio comunale, seguente circa l'andamento arcuato del contatto con la sottostante *Formazione di Albenga* fino a nord di Vallone, dove sembrano terminare contro il contatto stesso. Negli affioramenti individuati (a Cantone e in alcuni tagli stradali della Strada Provinciale 35) esse si presentano come argilliti grigio-scure molto scistose, con all'interno dispersi alcuni ciottoli di varia natura (calcari, arenarie, selci), mostrando a tratti una tessitura caotica.

La *Formazione di Leverone* (Eocene) rappresenta la parte superiore della successione e si estende su buona parte del settore meridionale. Si tratta di un flysch costituito da un insieme di torbiditi calcareo-marnose e pelitico-arenacee in stradi da medi a sottili, a cui si alternano frequenti calcareniti che possono ricordare le arenarie appartenenti alla *Formazione di Albenga.* Gli affioramenti, per esempio lungo la strada comunale di Migliarina o nei pressi di Castellaro, risultano intensamente deformati ed è possibile riconoscere alla mesoscala più fasi deformative sovrapposte tra loro.

L'insieme appoggia con giacitura diritta sulle peliti, per poi venire direttamente a contatto con le *Arenarie di Leuso-Quartarole* in corrispondenza del crinale poco sopra Castellaro. A sud, la *Formazione di Leverone* è separata dalla soprastante unità Borghetto d'Arroscia-Alassio tramite un netto contatto tettonico che dal Rio Paraone risale fino a una piccola sella poco a nord del rilievo "Carimonti", per poi ridiscendere verso SE.

L'Unità Borghetto d'Arroscia-Alassio, anch'essa appartenente ai "Flysch del Ponente Ligure", occupa una parte non molto estesa dell'area meridionale di Vendone (a sud del rilievo "Carimonti") e si sovrappone alla Colla Domenica-Leverone secondo una superficie tettonica immergente a sud.

La successione è qui rappresentata dal solo elemento intermedio, le *Quarziti di Monte Bignone* (Cretacico superiore-Paleocene), costituite da quarziti bianco-rosate in strati medi, con subordinate argilliti grigio-verdi in strati sottili. La granulometria è medio-fine, con clasti generalmente ben selezionati ed arrotondati, ma localmente le quarziti possono assumere le caratteristiche di microconglomerato; non sono presenti strutture sedimentarie interne agli strati e in affioramento si presentano fortemente fratturate con frequenti coltri d'alterazione.

Le giaciture degli strati in questo settore sono concordi con quelle misurate nei terreni adiacenti e mostrano immersioni a S-SW con inclinazioni comprese tra 40 e 50°.

Nella parte meridionale del territorio comunale, in marcata discordanza stratigrafica sui terreni finora descritti, poggiano alcuni depositi riconducibili ai "lembi pliocenici della Liguria Occidentale", in particolare quello di Marta-Cenesi-Bastia del "bacino di Albenga" (*Boni A., 1984*).

Questo lembo pliocenico è rappresentato qui a Vendone da un limitato affioramento di *Argille di Ortovero*, posizionato lungo il Rio Acian in prossimità del confine comunale, e da affioramenti più estesi di *Conglomerati di Monte Villa*, dei quali si può individuare un limite nord-occidentale, che a partire dal crinale di Monte Villa scende in direzione NE fino al Rio Merco, dove poi risale a Castellaro (zona in cui i conglomerati vengono in parte nascosti da coperture detritiche) con direzione NNE fino a raggiungere una piccola sella poco a N de "Le due Torri".

Questi conglomerati rappresentano spesse successioni alluvionali di grandi apparati deltizi; i clasti costituenti lo scheletro sono in maggioranza di natura calcarea e in minor parte quarzosi, di dimensioni variabili (generalmente centimetriche ma talvolta anche decimetriche), più o meno cementati.

La matrice è generalmente arenacea, ma localmente una matrice argillosa rossastra sembra legare i clasti. Al loro interno sono molto spesso disorganizzati e mal selezionati, ma a tratti è possibile riconoscere una stratificazione; l'attuale giacitura dei banchi conglomeratici mostra un'immersione E-SE con inclinazioni tra 15 e 30°.

Le *Argille di Ortovero* sono scarsamente visibili e nell'unico affioramento paiono argille grigie più o meno marnose e siltose, così come vengono descritte da *Marini* (2004) nella "Carta geologica del Pliocene Ligure di Albenga" (scala 1:25000), che le riporta in tale zona; sempre la stessa carta individua alcune piccole porzioni di depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore?) in corrispondenza del Rio Merco e del Rio Acian (nei pressi del confine comunale), che sono stati riportati in questo studio anche in seguito ai rilevamenti effettuati.

Inoltre, nel taglio stradale in corrispondenza della sella a "Le due Torri", sono state individuate, ma non cartografate, delle brecce medio-grossolane semicoerenti, comprese in questo punto tra i conglomerati e il substrato prepliocenico, riconducibili a quelle segnalate in *Boni P.* (1984).

SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO

Vengono di seguito descritte le formazioni affioranti nell'ambito del territorio del Comune di Vendone divise per unità tettoniche, così come riportate sulla legenda della carta geologica, e i depositi plio-quaternari, tra cui le coperture detritiche che, in mancanza di indagini, sono state ipotizzate avere spessore maggiore di 3 m, attraverso uno specchio riassuntivo di quanto precedentemente delineato.

Depositi plio-quaternari

- Coltri di copertura di spessore superiore ai 3 m, paleoaccumuli: sono state distinte solo le coltri per cui si è ipotizzato una potenza superiore ai 3 m, sia di natura eluvio-colluviale che legate a veri e propri paleoaccumuli. In generale presentano una composizione eterogenea e poligenica, con clasti centimetrici abbondanti a spigoli vivi in una matrice sabbioso-limosa, talvolta argillosa.

- Alluvioni antiche e recenti: si tratta di depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi in parte terrazzati, inglobati in una matrice limoso-argillosa, spesso associati a prodotti eluviali e colluviali; questi depositi costituisco i lembi più elevati dei terrazzi alluvionali del Rio Acian e del Rio Merco che più a valle, al di fuori del confini comunali, formano depositi più ampi, la cui età è presumibilmente olocenica-pleistocenica inferiore.
- Conglomerati di Monte Villa (Pliocene inferiore): conglomerati con clasti di dimensione variabile, da centimetrici a decimetrici, più o meno cementati, con matrice arenacea e a volte argillosa. Affiorano nella parte sud-orientale del territorio comunale, da Monte Villa a "Le due Torri".
- Argille di Ortovero (Pliocene inferiore): argille grigie massicce più o meno marnose e siltose. Affiorano unicamente in un lembo lungo il Rio Acian, nei pressi dei confini comunali.

Unità tettonica Borghetto d'Arroscia-Alassio

- Quarziti di Monte Bignone (Cretacico superiore-Paleocene): si tratta di quarziti bianco-rosate in strati medi, a granulometria medio-fine, localmente simili a microconglomerati, con subordinate argilliti grigio-verdi in strati sottili. Affiorano nella parte sud-occidentale, a sud della sella poco sopra il rilievo "Carimonti".

Unità tettonica Colla Domenica-Leverone

- Formazione di Leverone (Eocene): è rappresentata da una sequenza di torbiditi calcareo-marnose e pelitico-arenacee in stradi da medi a sottili, con frequenti calcareniti torbiditiche. Affiora nel settore meridionale compreso tra le quarziti e le peliti, in un'area che si estende dalla zona di versante denominata "Ruvebella" e dalla sede comunale di Vendone fino a Castellaro.
- Peliti di Colla Domenica (Paleocene?): sono argilliti grigio-scure molto scistose, con all'interno sottili strati siltosi e ciottoli di varia natura (calcari, arenarie, selci). Costituiscono una fascia non molto ampia che dal Rio Paraone risale in direzione di Leuso per poi scendere verso Cantone e terminare nei pressi di Vallone.

Unità Arnasco-Castelbianco

- Formazione di Albenga
  - Arenarie di Leuso-Quartarole (Eocene inferiore): sono rappresentate da arenarie massicce grigie, quarzoso-feldspatiche e molto micacee, a cemento calcitico, granulometricamente variabili, alternate a peliti; verso il basso passano a torbiditi pelitico-arenacee con intercalate calcareniti. Affiorano in maniera estesa lungo due fasce continue distinte, disposte circa ENE-WSW, una che interessa il settore centrale (Villa, Leuso) e una quello centro-settentrionale (dalla Colla d'Onzo fin verso il confine comunale orientale), separate nel mezzo dai *Calcari di Curenna-Monte Bello*. Sono presenti anche in un lembo in corrispondenza di Monte Nero, nel settore settentrionale.
  - Calcari di Curenna-Monte Bello (Cretacico superiore): sono una successione di calcari micritici grigio-biancastri con intercalazioni di arenarie micacee a clasti carbonatici (verso l'alto), di calcareniti e marne varicolori (nella parte mediana) e di torbiditi marnoso-arenacee (alla base). Essi interessano vaste aree nelle vicinanze delle frazioni di Borgo e Curenna e, più ad est, una fascia ondulata meno ampia. Poco sotto i bacini idrici artificiali situati a nord di Cantone essi ricompaiono, in una piccola finestra tettonica, al di sotto delle *Arenarie di Leuso-Quartarole*.
- Calcari di Menosio (Titonico-Neocomiano): sono calcari chiari ad aspetto finemente cristallino con liste di selce bianca, scistosi. Affiorano nel settore settentrionale del territorio occupando una porzione ristretta non sempre

continua che nella zona del Rio Carbonara sembra aumentare di spessore. Sono presenti anche in un lembo in corrispondenza di Monte Nero, nel settore settentrionale.

- Radiolariti di Arnasco (Malm): sono costituite da scisti silicei e peliti siliceo-argillose di colore rosso, verde e grigio-scuro, con al tetto frequenti intercalazioni di sottili strati conglomeratici. Affiorano insieme ai precedenti calcari lungo una fascia non molto ampia nel settore settentrionale e anche in un lembo in corrispondenza di Monte Nero.
- Brecce di Monte Galero (Lias superiore-Dogger): in questa zona di studio sono presenti solo limitati affioramenti di questa formazione, costituiti da arenarie grossolane e microconglomerati poligenici, lungo una fascia disposta in modo simile a quella delle radiolariti ma meno continua.
- Calcari di Rocca Livernà (Lias medio): si tratta di una successione di calcari grigio-scuri, in strati evidenti di medio spessore, caratterizzati da frequenti lenti e bande di selce chiara e da scarso contenuto fossilifero. Affiorano su ampie aree nel settore settentrionale, in generale più acclive, in condizioni di roccia affiorante o subaffiorante, con fenomeni di erosione superficiale dovuti a ruscellamento e carsismo.
- Calcari di Veravo (Retico-Hettangiano): costituiti da calcari e da calcari marnosi grigio scuri caratterizzati da un abbondante contenuto fossilifero. Si estendono al di sopra dei precedenti in modo più limitato e anch'essi si presentano in condizioni di roccia affiorante o subaffiorante, con fenomeni di erosione superficiale dovuti a ruscellamento e carsismo.
- Dolomie di Monte Arena (Carnico?-Norico): sono i terreni più elevati del settore settentrionale ed occupano tutta la zona di crinale (ad esclusione dell'area di Monte Nero) ed i versanti sottostanti, caratterizzati da forti acclività, con dirupi e pareti verticali. Si tratta di dolomie a grana media, da grigio-chiare a biancastre, in grossi banchi normalmente privi di strutture. Tutta l'area è in condizioni di roccia affiorante o subaffiorante, con fenomeni di erosione superficiale dovuti a ruscellamento e carsismo.

TETTONICA ED ASSETTO STRUTTURALE

L'attuale posizione delle unità tettoniche, finora descritte nelle loro caratteristiche litologiche-stratigrafiche, è il risultato di una serie complessa di eventi deformativi legati all'orogenesi alpina.

Sulla base della letteratura esistente e delle osservazioni effettuate durante i rilevamenti vengono ora riportati, per ciascuna unità tettonica, i tratti salienti tettonico-strutturali riconoscibili nell'area di studio.

1. Unità Arnasco-Castelbianco

L'aspetto più evidente osservando l'ordine geometrico con cui i terreni della successione si presentano consiste nel fatto che tale successione è per la maggior parte dei suoi affioramenti rovesciata. L'attuale assetto, secondo *Dallagiovanna & Vanossi (1982*), confermato da *Dallagiovanna & Seno (1984*) e, per quanto riguarda l'*Elemento di Arnasco*, da *Galbiati (1987)*, è ritenuto il risultato di tre eventi deformativi e di tardive deformazioni fragili. Secondo queste ricostruzioni, la prima fase, la più intensa, ad assi E-W con vergenza a sud, avrebbe generato un'anticlinale coricata di vaste dimensioni ("falda di Arnasco-Castelbianco-Borghetto"), di cui il fianco inverso rappresenterebbe l'*Elemento di Castelbianco*; le parassite di fianco inverso di questa falda costituirebbero invece le grandi anticlinali sinformi che rappresentano la principale struttura dell'*Elemento di Arnasco*. La suddivisione in due elementi tettonici dell'unità lungo piani di taglio è contemporanea a questa fase e il successivo trasporto tettonico verso l'esterno disarticola ulteriormente i due elementi; essi presentano differenze di stile deformativo a causa del contrasto tra i caratteri litologici "intrinseci" (viscosità, spessore degli strati, ecc.) e del livello strutturale diverso, comportante una differenza di carico

litostatico attorno ai 3 kb tra le dolomie e le calcilutiti eoceniche, producendo una deformazione molto disarmonica (*Dallagiovanna & Vanossi, 1982*).

La seconda fase deformativa, coassiale alla prima, genera strutture retrovergenti riscontrabili soprattutto nei livelli meno competenti alla mesoscala, sottoforma di un clivaggio di piano assiale in pieghe asimmetriche a piccola lunghezza d'onda, ma è ininfluente a scala maggiore.

La terza fase, di debole intensità, si manifesta raramente con pieghe ad ampio raggio a direzione circa N-S, che non modificano sostanzialmente l'assetto raggiunto con le prime due fasi.

In particolare, l'*Elemento di Arnasco* sembra strutturato in pieghe di tipo subisoclinale, sudvergenti, ascrivibili alla prima fase tettonica: una sinclinale con nucleo in *Arenarie di Leuso-Quartarole* (la cui cerniera è stata erosa) ed una soprastante anticlinale con nucleo nei *Calcari di Curenna-Monte Bello* (la cui cerniera è sepolta). Queste pieghe e l'elemento stesso appaiono laminate in corrispondenza di superfici di scorrimento corrispondenti a un trasporto tettonico verso sud, attribuibili ad un momento secondario della prima fase deformativa *(Galbiati, 1987)*. Alla mesoscala, la fase deformativa più antica è riconoscibile sotto forma di una scistosità molto pervasiva, generalmente subparallela alla stratificazione, e in un clivaggio di frattura molto angolato rispetto alla stratificazione nei litotipi più competenti; tale scistosità viene deformata da pieghe successive sudvergenti, connesse ad una nuova scistosità avente spaziatura da millimetrica a centimetrica. Un clivaggio di frattura molto spaziato, in prevalenza inclinato verso sud, taglia le precedenti foliazioni e si associa alle pieghe legate alla seconda fase deformativa.

- <u>Unità Colla Domenica-Leverone e unità Borghetto d'Arroscia-Alassio</u>

Le due unità flyschoidi presentano assetti strutturali analoghi e in quella di Borghetto d'Arroscia-Alassio sono state individuate (*Galbiati & Seno, 1984; Galbiati, 1984; Vanossi et al. 1984*) almeno tre fasi deformative. Alla traslazione tettonica verso l'esterno delle falde è riferibile una prima fase deformativa multipla che ha prodotto un'anticlinale sinforme chilometrica (detta della valle Arroscia) a nucleo delle Peliti di Ranzo, in cui è riconoscibile ovunque il fianco diritto e solo a tratti il fianco rovescio, con associate numerose parassite. Successivamente, ma sempre in riferimento alla prima fase, si sviluppano piani di taglio che portano alcune delle parassite maggiori a divenire degli elementi tettonici minori, costituiti da successioni diritte o da pieghe analoghe alla struttura principale: l'unità di Colla Domenica-Leverone rappresenterebbe uno di questi elementi.

Una seconda fase deformativa retrovergente è riferibile a pieghe aperte associate a faglie inverse, mentre una terza fase a vergenza "appenninica" sviluppa localmente pieghe blande.

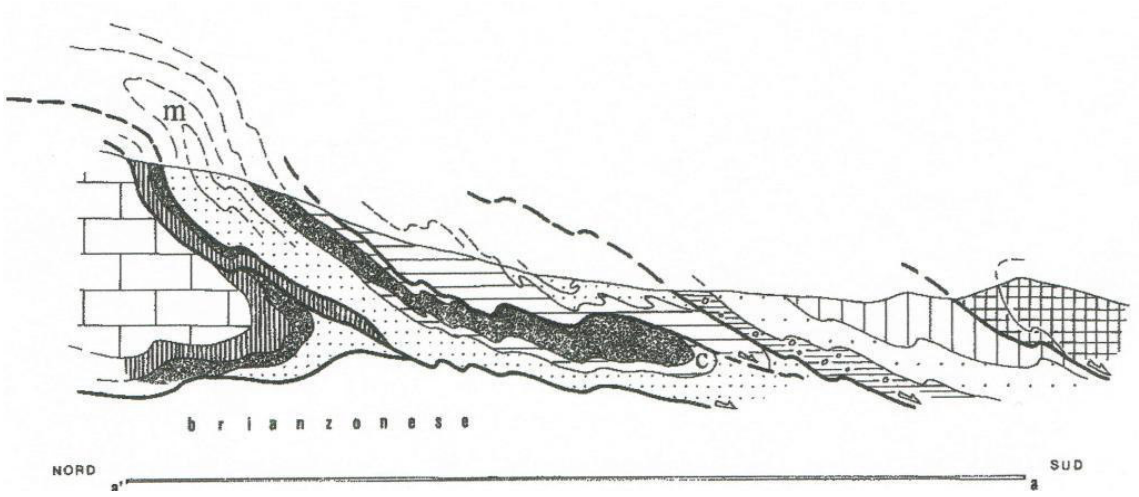
- <u>Deformazioni fragili</u>

Sull'edificio dell'Unità Arnasco-Castelbianco sono presenti più fasi deformative fragili, tra cui quella più importante e probabilmente più antica è rappresentata dalle grandi faglie normali a direzione circa N100°, alle quali sembra anche associata una componente trascorrente sinistra.

Fasi più recenti, accompagnate da faglie a direzione N-S, hanno determinato un generale sollevamento dell'area *(Dallagiovanna & Vanossi, 1982)*.

Attraverso l'analisi di foto aeree e della cartografia geologica disponibile sulla zona di Vendone, sono state riportate sulla carta geologica solo i lineamenti tettonici ritenuti più netti. Questi lineamenti mostrano effettivamente una direzione N-S e i principali sono stati individuati nel settore nord-occidentale del territorio, in particolare a nord della Colla d'Onzo, nel versante meridionale di Castellermo, tra Castellermo e Monte Nero fino a NW di Curenna, a Curenna e

lungo il Rio Ruvoia. Essi condizionano in modo rilevante il reticolo idrografico e i tratti geografici e morfologici del paesaggio.



Sezione geologica attraverso l'elemento di Arnasco e le masse contigue. m= sinclinale sinforme di Menosio; c= anticlinale sinforme di Curenna (*Galbiati*, 1984)

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

COMMENTO CARTA GEOMORFOLOGICA

ASPETTI INTRODUTTIVI GENERALI SULLE FORME DEL PAESAGGIO

La geomorfologia tratta dello studio e della descrizione delle forme della superficie terrestre o forme del rilievo e dei loro cambiamenti sotto l'influsso degli agenti esogeni ed endogeni (*Gisotti, 2011*). Di tali cambiamenti, gli agenti esogeni rappresentano le cause esterne alla crosta terrestre, tra cui i più importanti sono le acque meteoriche e le acque correnti, il calore solare (variazioni termiche), il vento, il moto ondoso, i ghiacciai e gli esseri viventi (l'uomo in primis), mentre gli agenti endogeni rappresentano invece le cause interne alla crosta terrestre, e sono i movimenti tettonici e il vulcanismo. I principali cambiamenti fisici, chimici e biologici provocati sulla superficie terrestre da queste due tipologie di agenti vengono definiti processi geomorfici (*Gisotti, 2011*), i quali, sulla base del tipo di agente, possono essere suddivisi in: tettonica e forme strutturali, vulcanismo, processi litorali (marini e lacustri), processi fluviali, processi carsici, processi eolici, processi glaciali, processi sui versanti e processi antropici.

Questi processi geomorfici si differenziano tra loro per l'intensità e la velocità con cui intervengono a modificare il rilievo; per quanto riguarda la velocità, in considerazione del tempo durante il quale il processo si manifesta, si possono individuare fenomeni a evoluzione lenta (per esempio il creep in roccia) e fenomeni a evoluzione istantanea (come i crolli), più tutti i casi intermedi. Le forme prodotte inoltre possono presentare un diverso stato di attività; principalmente si possono distinguere le forme attive, ovvero le forme che evolvono sotto l'attività dei processi geomorfici che l'hanno generate, e le forme inattive, forme che non evolvono più sotto l'attività di tali processi (*Gisotti, 2011*).

La superficie terrestre, cioè il substrato geologico, subisce tutte queste azioni in modo diversificato in funzione della propria natura litologica e delle condizioni strutturali in cui si presenta, condizioni assunte a seguito di deformazioni tettoniche (plastiche e fragili) cui è stata sottoposta nel corso degli eventi orogenetici.

In particolare, la componente litologica va ad influenzare alcuni elementi come:

- l'erodibilità (ovvero la predisposizione delle rocce a essere soggetta all'erosione, ossia all'insieme di azioni fisiche, chimiche e biologiche che disgregano e alterano la roccia);
- la permeabilità (proprietà delle rocce di lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto della gravità), che a sua volta determina anche il deflusso delle acque sotterranee, la densità e la forma del reticolo idrografico, ecc.;
- le caratteristiche dei suoli;
- l'attività estrattiva, ecc..

Tutti questi aspetti vanno a loro volta a incidere sulle forme del rilievo. Inoltre, va ricordato come alcuni dei processi geomorfici siano strettamente legati alla litologia (ad esempio il processo carsico rispetto alle rocce carbonatiche) mentre altri non dipendano da tale fattore.

Esempi di condizioni strutturali possono essere:

- il grado di fratturazione o di fessurazione;
- la presenza di una foliazione/scistosità;
- la giacitura (a reggipoggio, a franapoggio, orizzontale).

Nello studio del paesaggio dal punto di vista geologico occorre però tener presente alcuni aspetti particolari: formazioni litologicamente diverse possono dar luogo a forme del rilievo molto simili (convergenza morfologica), viceversa una stessa formazione può dar luogo a forme diverse (divergenza morfologica) senza che vi siano evidenti variazioni litologiche o giaciturali (*Gisotti, 2011*).

In quest'ottica, alcuni tratti geomorfologici che saranno descritti in seguito sono già stati in parte presi in considerazione a proposito della caratterizzazione geologica e litostratigrafica, in modo da sottolineare la stretta relazione tra morfologia e condizioni litologiche e strutturali del substrato geologico.

ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Vendone presenta nella sua estensione diversi ambiti morfologici, che possono essere distinti in:

- aree di fondovalle;
- aree centro-meridionali di versante;
- aree settentrionali di versante;
- spartiacque e dirupi.

I contesti in versante sono i più estesi, mentre le aree di fondovalle risultano limitate e in corrispondenza dei rii principali; lo spartiacque è posto nella fascia più settentrionale a quote attorno a 900-1000 m s.l.m. (quota massima 1094 m, Peso Grande-Castellermo).

- **Aree di fondovalle**

Sono costituite dai tratti più a meridione delle aste dei tre principali rii che interessano il territorio comunale, partendo da ovest verso est il Rio Paraone, il Rio Merco e i Rio Acian. La loro estensione è ridotta e solo in vicinanza del confine comunale in prossimità degli alvei incisi del Rio Merco e del Rio Acian sono presenti alcuni depositi alluvionali, in parte terrazzati; diversamente, per quanto riguarda il Rio Paraone, nel tratto in sponda sinistra costeggiato dalla strada

comunale Curenna-Pogli, non sono stati riconosciuti veri e propri terrazzi alluvionali in quanto i versanti si trovano nell'immediatezza del letto del rio, anche se alcuni tratti semipianeggianti compresi tra la stessa strada comunale e l'alveo del Paraone potrebbero rappresentare piccoli lembi alluvionali.

L'utilizzo antropico di queste aree è molto scarso ed è limitato alle sole attività agricole, con strade comunali e interpoderali a collegamento delle stesse.

- **Aree centro-meridionali di versante**

Rappresentano una parte di discrete proporzioni del territorio comunale e costituiscono i versanti meridionali meno elevati della dorsale montuosa di Rocca Livernà-Castellermo, in sponda sinistra del Torrente Arroscia. In questo settore si concentra interamente e in modo discontinuo il tessuto urbano di Vendone, costituito da piccoli nuclei insediativi e da edifici sparsi, alcuni di tipo agricolo (serre), allineati preferenzialmente lungo la Strada Provinciale 35, infrastruttura di collegamento con i comuni limitrofi di Arnasco, ad est, e di Onzo, ad ovest.

L'analisi da foto aerea mostra con evidenza come l'articolazione del rilievo si componga di almeno tre dorsali secondarie disposte N-S, definite da profonde incisioni vallive relative ai rii principali; si possono in questo modo distinguere alcuni sottobacini, tra cui quello del Rio Paraone, del Rio Merco e del Rio Acian.

Nella determinazione di questa situazione morfologica l'assetto tettonico-strutturale dell'area risulta avere un ruolo di primaria importanza. Verso nord le dorsali secondarie paiono terminare in corrispondenza di una zona con caratteristiche diverse sia dal punto di vista dell'acclività dei versanti sia dal punto di vista della litologia, definendo un evidente "scalino" morfologico di origine strutturale; esso rappresenta il contatto tettonico tra l'*Elemento di Arnasco*, presente a sud, e l'*Elemento di Castelbianco*, a nord. La differenza più evidente è data dal contrasto tra i terreni eocenici della *Formazione di Albenga*, per lo più arenacei, e i terreni geometricamente inferiori della successione carbonatica triassico-liassica, i *Calcari di Rocca Livernà*; tra i due è interposta in alcuni tratti una ristretta fascia costituita dalle *Brecce di Monte Galero, dalle Radiolariti di Arnasco* e dai *Calcari di Menosio*, che dal punto di vista morfologico non evidenzia tale variazione. Le pendici calcaree si presentano molto acclivi con rocce frequentemente affioranti e scarsa vegetazione, mentre la fascia sottostante mostra minor pendenza e copertura vegetale piuttosto sviluppata; tale situazione è facilmente osservabile al termine dei crinali delle dorsali secondarie a direzione N-S, tra cui quelli di "Colletta", di "Terra Bianca" e di "Ciazza". Tutto ciò è attribuibile alle differenti condizioni di erodibilità e di permeabilità tra i due tipi litologici e dall'assetto strutturale.

Il reticolo idrografico presenta tratti circa rettilinei che sembrano impostati su lineazioni tettoniche ben definite, in particolare il Rio Gombo poco a NW della frazione Curenna e il Rio Ruvoia a SE sempre di Curenna.

In generale, l'acclività dei versanti in questo settore è medio-bassa, ad eccezione di situazioni locali più acclivi, con settori interessati da roccia affiorante o subaffiorante al di sotto di 1 m di copertura in materiale sciolto. Le coltri eluvio-colluviali di spessore maggiore al metro risultano discretamente diffuse in tutte quelle aree dove la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una copertura, in particolare nelle aree boscate, dove affiorano litotipi facilmente alterabili e nei tratti sistemati a fasce; ampi tratti di versante, favorevoli per acclività ed esposizione alla luce solare, sono appunto terrazzati con muretti a secco tipici del paesaggio ligure rurale.

Le giaciture degli strati mostrano complessivamente una disposizione a franapoggio rispetto al pendio, ad eccezione di alcuni tratti di versante immergenti a NE.

Considerata la disposizione sparsa dei centri abitati di Vendone, con situazioni geomorfologiche anche differenti tra una frazione e l'altra, vengono ora descritti singolarmente dal punto di vista geomorfologico.



Versanti centro-meridionali, sullo sfondo gli abitati di Vallone, Castellaro e Celsa.

Borgo

Il tratto di versante, individuabile approssimativamente a partire dalla zona denominata "Gerbidi" fino a superare la frazione Borgo, è costituito da alcuni corpi di frana relitti (o paleoaccumuli) di vaste dimensioni, legati ad eventi che hanno avuto origine in un contesto morfotettonico e climatico differente da quello attuale; essi si presentano come zone a medio-bassa pendenza interessate da coperture detritiche molto diffuse di cui si è ipotizzato uno spessore maggiore di 3 m. Il corpo più esteso è quello che viene percorso dalla strada sterrata che da Borgo porta alla Colla d'Onzo, caratterizzato da ampie aree prative, mentre i rimanenti sono posizionati nei pressi di Borgo, dove sono stati utilizzati dall'uomo per l'attività agricola. All'interno di questi accumuli detritici posti più a sud, sono presenti blocchi litici di grosse dimensioni appartenenti ai *Calcari di Curenna*, interpretati come corpi di crollo isolati connessi ai movimenti neotettonici che presumibilmente hanno generato questi corpi di frana relitti. Il substrato roccioso è presente solo in alcuni tratti, uno di questi è la zona dove è stato edificato l'abitato di Borgo; in particolare, alcuni manufatti di non recente edificazione appaiono lesionati non a causa di movimenti franosi ma piuttosto all'abbandono ed alla vetustà degli edifici. Nelle vicinanze scorre il Rio Fontana, che a monte della strada comunale appare in netta erosione, creando condizioni d'instabilità locali lungo le scarpate; a valle, il rio è stato tombinato per un breve tratto e ricompare al di sotto della strada provinciale.

Curenna

L'areale di Curenna sembra essere quello in cui i fenomeni tettonici hanno giocato il ruolo più importante nella formazione del paesaggio; il tratto più appariscente è dato da una rottura di pendio di alcune decine di metri, la cui genesi non può essere legata unicamente all'erosione al piede operata dal rio sottostante ma, più facilmente, anche ad un'attività tettonica fragile (neotettonica). Sulla sua sommità è stata sviluppata parte dell'abitato, con alcuni edifici storici, ora abbandonati e in condizioni di vetustà, costruiti praticamente sul ciglio della scarpata, con evidenti problematiche di sicurezza. Il resto della frazione si trova a monte della strada provinciale su di un versante in roccia con pendenze medio-alte.

Il Rio Gombo appare in fase fortemente erosiva sia a valle che a monte di Curenna, con scarpate accentuate; all'intersezione con la strada provinciale il rio appare tombinato per un breve tratto e sopra di esso sono stati riportati terreni artificiali. Un edificio, comprendente un vecchio mulino, è ubicato al di sopra del rio. Nella stessa zona, un movimento franoso che coinvolge il substrato roccioso (crollo di blocchi in roccia) ha interessato parte del versante

sovrastante la strada che sale alle case alte di Curenna; come opera di sistemazione, al piede della frana è stata posta una gabbionata di contenimento allo scopo di proteggere la strada dall'eventuale distacco di materiale dal ciglio e sono state impostate reti parasassi.



Scarpata di Curenna

Villa e Leuso

Le due frazioni sono posizionate nella parte alta del versante occidentale della dorsale secondaria Carimonti-Terra Bianca, sponda sinistra del Rio Paraone, in un contesto caratterizzato da pendenze contenute e coltri di copertura di spessore modesto ma diffuse, in particolare a Leuso, che hanno consentito un utilizzo agricolo di ampie zone del territorio. Al di sotto dell'abitato di Leuso il versante è più acclive, con alcuni rii fortemente incisi in roccia (Sotto Leuso, Pistone, Lairette, Argio) che ne modellano la forma; al di sopra, è localizzato un ampio bacino artificiale per la raccolta delle acque piovane a scopi irrigui. Il crinale della dorsale perde quota regolarmente verso sud fino alla sede comunale di Vendone, dove riprende quota fino al rilievo "Carimonti", venendo a individuare in questo modo un'evidente sella morfologica.

Cantone

L'abitato di Cantone è posto a mezzacosta lungo il versante orientale della dorsale secondaria Carimonti-Terra Bianca, in sponda destra del Rio Gombo (poi Merco); in particolare, è stato edificato principalmente su substrato roccioso affiorante o subaffiorante, seguendo l'andamento di una dorsale minore, laterale a quella principale. Le aree limitrofe, meno acclivi, sono interessate da coltri di copertura di natura eluvio-colluviale relativamente diffuse e vengono utilizzate dall'attività agricola; localmente, il ruscellamento delle acque superficiali crea nelle zone in coltre delle situazioni erosive che possono provocare danneggiamenti ai terrazzamenti.

Lungo la strada provinciale, risalendo da Cantone con alcuni tornanti il versante ora più ripido e costituito da substrato roccioso, sono presenti alcuni dissesti superficiali relativamente poco estesi che interessano i riporti antropici

presenti nel lato sottostrada; essi paiono di recente formazione, ma al momento il tratto asfaltato non presenta segni di cedimento.

Vallone e Castellaro

Sono costituiti da alcuni piccoli nuclei e da diverse abitazioni sparse poste a SW della dorsale secondaria più orientale, quella che separa il sottobacino del rio Merco dal sottobacino del rio Acian.

La zona mostra pendenze generalmente medio-basse con substrato affiorante o subaffiorante principalmente lungo il crinale della dorsale e nelle aree a ridosso dello stesso, con inferiormente ampie zone interessate da coltri di copertura, prevalentemente lungo il contatto tra le calcareniti della *Formazione di Leverone* ed i *Conglomerati di Monte Villa*; secondo quanto riportato nell'*Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria - Provincia di Savona* per la scheda di Celsa, comprendente anche quest'area, alcune di queste coltri potrebbero rappresentare corpi di frana relitti sviluppati in prevalenza secondo meccanismi complessi (scorrimento roto-traslativo evolvente in colamento nei settori frontali).

Come nel caso delle altre frazioni, queste zone sono molto spesso coltivate e terrazzate; il ruscellamento delle acque superficiali crea spesso situazioni erosive che possono provocare fenomeni d'instabilità superficiali rappresentati da scoscendimenti in terra e danneggiamento dei muretti a secco.

Celsa

La frazione di Celsa, affiancata all'abitato di Campi (appartenente al Comune di Ortovero) e sottostante a Castellaro, è disposta lungo il versante che dalla sponda sinistra del Rio Merco risale al crinale de "Le due Torri". Il centro abitato è ubicato in una zona a bassa pendenza caratterizzato da coltri detritiche di spessore ipotizzato maggiore di 3 m, mentre alle spalle del paese è ben visibile un netto cambio di pendenza con versanti molto più ripidi: tale assetto mostra la presenza di un corpo di frana su cui è stata edificata Celsa e di un'area di distacco superiore, collocata nei *Conglomerati di Monte Villa*.

Sulla cartografia specifica di P.d.B., a Celsa viene individuato un fenomeno di instabilità quiescente valutato di tipologia complessa (scorrimento roto-traslativo evolvente in colamento nei settori frontali); lungo la strada provinciale, all'altezza del primo tornante, è visibile l'intervento di sistemazione che è stato effettuato a margine del consolidamento di un edificio di civile abitazione, per il quale è stato messo in esercizio un muro in cemento armato consolidato da tiranti.

Sono diffuse nell'intorno dell'abitato le aree destinate all'agricoltura, contraddistinte sul territorio anche dalla presenza di alcune serre. Riguardo al ruscellamento superficiale vale quanto già detto per le frazioni precedenti.

- **Aree settentrionali di versante**

A nord dello "scalino" morfologico in precedenza descritto, fino alla zona di spartiacque, è possibile individuare un secondo ambito di aree di versante, caratterizzato da pendenze maggiori e da una morfologia tipicamente montana, con rocce frequentemente affioranti e tratti con dirupi.

Questo paesaggio è dovuto in gran parte alla presenza di rocce carbonatiche appartenenti alla successione triassico-liassica (*Calcari di Rocca Livernà, Calcari di Veravo, Dolomie di Monte Arena*) e al loro assetto strutturale. Nel settore più settentrionale, le giaciture degli strati immergono a NW-NNE con inclinazioni comprese tra 10° e 25°, in condizione di reggipoggio rispetto al pendio (assetto ben visibile nella zona della cappella di "San Calogero"), mentre più a sud, circa al passaggio tra i *Calcari di Rocca Livernà* e i *Calcari di Veravo*, le immersioni risultano opposte alle precedenti con strati anche molto inclinati, ponendosi in condizione di franapoggio.

Tutta la zona è stata inserita tra le principali "aree carsiche" della Regione Liguria, ai sensi della L.R. 3/04/90 n.14, e costituisce l'ambito denominato "Montenero-SV 21".

L'areale in cui il substrato è costituito da calcari (*Rocca Livernà* e *Veravo*) si presenta in condizioni di roccia affiorante o subaffiorante, con forti pendenze ma senza vere e proprie pareti esposte o scarpate, mentre dove il substrato è rappresentato da dolomie il paesaggio diventa maggiormente aspro, con dirupi rocciosi a tratti verticali; quest'ultima situazione è ben visibile nell'area denominata "Roccaiola" e nei versanti sottostanti "San Calogero". Al piede di queste zone è frequente la caduta ed il deposito di detrito; in particolare, poco a ovest del Rio Armosse, lungo il tornante della strada sterrata che porta al crinale "Colletta", sono stati individuati depositi detritici più o meno grossolani costituiti da clasti carbonatici a spigoli vivi, originati dal continuo accumulo di materiale crollato dalle zone soprastanti ("Roccaiola"). Questi accumuli si presentano parzialmente cementati per opera delle acque di ruscellamento sature di carbonato di calcio, formando delle vere e proprie brecce di versante, e sono sede di dissesti locali.

Il reticolo idrografico risulta scarso e costituito solamente da alcuni ripidi impluvi ad andamento rettilineo, fortemente incisi, che presentano un deflusso superficiale (praticamente assente durante i rilevamenti condotti nei mesi estivi) legato al regime delle precipitazioni.

L'estensione notevole dei litotipi carbonatici, in combinazione con un ruscellamento superficiale molto diffuso, ha permesso lo sviluppo di tipiche forme carsiche superficiali quali ad esempio i campi solcati, di piccole dimensioni ma frequenti, e i depositi di terra rossa, derivanti dai processi di dissoluzione carsica. Queste forme risultano più evidenti nel settore orientale, particolarmente nella fascia calcarea sottostante il Monte Pendjno e nella zona "Colla", dove il versante diventa meno acclive ed il paesaggio, a tratti, pare assomigliare ad una pietraia caratterizzata da una rada vegetazione arbustiva. Tra le forme carsiche sotterranee, fra quelle finora individuate nel catasto regionale, l'unica rilevante è ubicata nei pressi del Rio Ciana poco a est del crinale "Terra Bianca" ed è denominata "Abisso di Montenero"; trattasi di una grotta a prevalente sviluppo verticale, con un dislivello negativo di 97 m dalla superficie topografica, posta nelle vicinanze del contatto con le sottostanti *Radiolariti di Arnasco*, litotipo che presenta caratteristiche di permeabilità nettamente diverse rispetto ai calcari e che non subisce processi carsici. Non è da escludere comunque la presenza di ulteriori cavità sotterranee all'interno del complesso carbonatico.L'intervento umano in questa porzione di territorio è in pratica nullo, ed è rintracciabile unicamente nella cappella di epoca medioevale di "San Calogero", posta su un poggio in prossimità del Castellermo, nel tratto terminale di una ex strada militare sterrata e nei sentieri, alcuni segnalati, che percorrono la zona.

Nel complesso tutta l'area presenta particolari aspetti ad elevato valore paesaggistico-ambientale e, parzialmente, rientra nel Sito di Importanza Comunitaria "Castellermo-Peso Grande".



Versanti dolomitici meridionali (sottostanti "San Calogero").



Versanti dolomitici settentrionali (tra M. Pendjno e Monte Nero).

- **Spartiacque e dirupi**

Il tratto di pendio delimitato dai confini comunali settentrionali raggiunge e supera la linea di crinale della dorsale Rocca Livernà-Castellermo nel tratto compreso fra la "Croce di Arnasco" (646 m s.l.m.) e la "Colla d'Onzo" (860 m s.l.m.), includendo anche parte del versante rivolto a nord appartenente alla Val Pennavaire. Tutta l'area è caratterizzata dalla presenza in affioramento di rocce dolomitiche (*Dolomie di Monte Arena*) in banchi sub-orizzontali, fortemente fratturate, che, assieme all'assetto tettonico-strutturale, danno luogo nel versante esposto a nord a un paesaggio montuoso ad elevata energia del rilievo. La morfologia è quella tipica di queste rocce, con rilievi a fianchi ripidi, pareti rocciose spesso verticali, torrioni isolati e pinnacoli, di cui gli esempi più scenografici sono ben visibili in tutta l'area del Castellermo, di Monte Nero (tranne che sulla sommità) e del Monte Pendjno. L'intera zona è considerata "Sito di Importanza Comunitaria", sito IT 1324918 Castellermo-Peso Grande, e rientra inoltre nell'area carsica "Montenero".

L'erosione superficiale areale, dovuta a ruscellamento e carsismo, è diffusa su ampi tratti denudati e con coperture sottili, mentre forme erosive concentrate si manifestano in corrispondenza delle incisioni dei rii, fortemente acclivi. In questo contesto, al piede delle pareti rocciose sono frequenti i depositi detritici di versante, isolati o continui, con elementi a spigoli vivi disposti secondo il proprio angolo di riposo. La vegetazione in questa zona di versante risulta poco sviluppata a causa delle notevoli pendenze, ed è costituita da specie arbustive ed arboree che riescono a trovare il proprio substrato nei tratti meno ripidi, nelle fratture della roccia e nelle fasce di detrito.

La linea di crinale si presenta a medio-bassa pendenza e viene bordata a nord da rotture di pendio anche accentuate, presenti a più livelli lungo il versante, dove è possibile il distacco di materiale dal ciglio.

La sommità di Monte Nero, compresa tra Castellermo e Monte Pendjno, appare nettamente in contrasto con le morfologie adiacenti, in quanto si presenta come un'ampia zona lievemente ondulata caratterizzata da una modesta ma frequente coltre di copertura e da una vegetazione sia arbustiva che arborea ben sviluppata; inferiormente il versante presenta prima pendenze contenute e poi diventa fortemente acclive come nelle zone circostanti. Questa situazione è legata a motivi tettonici, in particolare al sovrascorrimento di un lembo di terreni appartenenti all'*Elemento di Arnasco* (*Radiolariti di Arnasco*, *Calcari di Menosio* e *Arenarie di Leuso-Quartarole*) al di sopra delle dolomie noriche; di conseguenza, la presenza di litotipi con caratteristiche nettamente diverse dalle dolomie, ha provveduto a formare, in risposta alle azioni degli agenti morfogenetici, un modellamento del rilievo differente.

Poco a nord della "Colla d'Onzo" occorre segnalare la presenza di una scarpata con notevole sviluppo verticale e fortemente acclive, disposta E-W, che si affaccia su una rientranza morfologica alle spalle delle pareti verticali del Castellermo e sulla Val Pennavaire; anche questa zona, come del resto tutto l'ambito finora descritto, è fortemente influenzata da fenomeni tettonici.

Questo settore, come quello descritto in precedenza, non mostra forme antropiche; considerata la peculiarità del paesaggio dolomitico, la presenza di alcune forme geomorfologiche di notevole interesse ed i panorami osservabili, l'area è da considerarsi di notevole valore paesaggistico-ambientale.



Torrioni dolomitici affacciati sulla Val Pennavaire, dalla cima del Castellermo.

AREE IN EROSIONE

L'erosione è il fenomeno di disfacimento della superficie terrestre causato dall'azione demolitrice dei vari agenti chimici, fisici e biologici; in particolare, si parla di erosione idrometeorica quando l'agente responsabile del detrimento è rappresentato dalle acque meteoriche, ovvero quelle acque di precipitazione che una volta raggiunto il suolo scorrono verso il basso a causa della forza di gravità. Le acque che scorrono in maniera disordinata lungo un versante vengono dette ruscellanti o di dilavamento e danno luogo ad erosione di tipo areale (o ruscellamento diffuso); quando le acque scorrono in un alveo stabile vengono dette incanalate e producono erosione di tipo lineare; quest'ultima può agire sul fondo dell'alveo (erosione di fondo), determinando un approfondimento dello stesso, e/o sulle sponde (erosione laterale), che in caso di scalzamento provoca un allargamento del proprio alveo.

Dall'analisi del territorio sono state riscontrate ampie aree interessate da ruscellamento diffuso; esse vengono a trovarsi soprattutto:

- nei versanti a medio-alta acclività con scarsa copertura terrigena e vegetazionale, dove la roccia è affiorante o subaffiorante (gli esempi più evidenti, associati a fenomeni carsici, si trovano in tutto il settore settentrionale dove affiorano i *Calcari di Rocca Livernà,* i *Calcari di Veravo* e le *Dolomie di Monte Arena*);
- nelle aree interessate da coltri di copertura e lungo i versanti sistemati a fasce;

- in presenza dei litotipi più facilmente erodibili e/o alterabili (Argille di Ortovero, Conglomerati di Monte Villa, Quarziti di Monte Bignone, Calcari di Curenna).

I fenomeni più marcati di ruscellamento diffuso interessano gran parte della fascia dei *Calcari di Curenna* e sono localizzati:

- immediatamente a sud delle case inferiori di Curenna;
- su tutto il versante che dal cimitero di Curenna sale verso il crinale "Colletta";
- su tutta l'area soprastante il tratto di strada provinciale dal confine comunale orientale fin verso l'incisione valliva del Rio Acian.

Tali aree, riconoscibili anche attraverso l'analisi di foto aeree, si presentano denudate, con roccia esposta ricoperta da numerosi detriti a spigoli vivi trasportati dalle acque di dilavamento; inoltre, si possono notare fenomeni di erosione selettiva, in quanto le spalmature di argillite appaiono in risalto sul carbonato, più solubile.

Tra le aree in erosione per ruscellamento diffuso occorre segnalare la zona a substrato quarzitico (*Quarziti di Monte Bignone*) posta a sud di "Carimonti", dove l'azione erosiva crea alcuni solchi di ruscellamento in tratti fortemente alterati e poco protetti dalla vegetazione.

Per quanto riguarda l'erosione concentrata di fondo, sia i rii minori che quelli principali appaiono interessati dal fenomeno, con tratti di alveo fortemente approfonditi ed acclivi; gli esempi più evidenti possono trovarsi in corrispondenza del Rio Fontana, del Rio Gombo e del Rio Ruvoia. Fenomeni di erosioni spondali vere e proprie non sono stati osservati, ma in caso di forti portate non è da escludere che essi possano verificarsi lungo i rii principali.

STATO DELLA ROCCIA

All'interno del Comune di Vendone, come si è visto in precedenza, i litotipi presenti sono numerosi e caratterizzati da origine ed evoluzioni molto diverse tra loro; possono essere individuate rocce appartenenti alle unità di catena meso-cenozoiche e flyschoidi cretacico-eoceniche e ai depositi sedimentari post-orogenici pre-quaternari.

Sullo stato di conservazione degli ammassi rocciosi, oltre la natura litologica e tessiturale, influiscono in primo luogo le condizioni tettonico-strutturali e la diversa esposizione agli agenti atmosferici.

Le zone di territorio comunale interessate da substrato roccioso al di sotto di 1 m di copertura in materiale sciolto, sono state suddivise, in funzione dello stato della roccia, nelle tre classi previste nella Circolare R.L. 2077 del 27 aprile 1988:

- **R**: roccia affiorante o subaffiorante in buone condizioni e con disposizione generalmente favorevole delle strutture rispetto al pendio;
- $\mathbf{R_s}$: roccia affiorante o subaffiorante in buone condizioni e con disposizione generalmente sfavorevole delle strutture rispetto al pendio;
- $\mathbf{R_f}$: roccia affiorante o subaffiorante in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o fratturata e/o con densa variabilità giaciturale.

La distinzione in classi rappresentative dello stato della roccia riportata sulla carta geomorfologica è stata operata principalmente su basi formazionali e giaciturali; va detto però che all'interno della stessa formazione possono trovarsi situazioni locali di conservazione del substrato roccioso anche diversificate tra loro.

- **Roccia affiorante o subaffiorante in buone condizioni e con disposizione generalmente favorevole delle strutture rispetto al pendio (R)**

A questa classe appartengono:

- le aree settentrionali di versante costituite da litotipi calcareo-dolomitici disposti con piani di stratificazione immergenti verso NW-NNE con inclinazioni comprese tra 10-25°, ponendosi in questo modo a reggipoggio rispetto al versante meridionale della dorsale montuosa Rocca Livernà-Castellermo e in condizioni di traverpoggio rispetto al versante settentrionale;
- le aree centro-meridionali di versante dove affiorano le *Arenarie di Leuso-Quartarole* (*Formazione di Albenga)*, immergenti verso S-SW, in cui il versante, a causa della morfologia dettata dalle dorsali secondarie disposte N-S, è rivolto verso E-NE, mostrando condizioni di reggipoggio rispetto al pendio;
- le aree in sponda destra del Rio Merco esposte a NE e costituite da *Conglomerati di Monte Villa*, in cui la disposizione dei banchi conglomeratici, non sempre evidente, è generalmente rivolta a E-SE con inclinazioni tra 15° e 30°, in condizioni di traverpoggio rispetto al pendio.

Le rocce calcareo-dolomitiche appaiono localmente più o meno fratturate ma, rispetto alle altre rocce, sono quelle meno erodibili dal punto di vista dell'azione fisica degli agenti atmosferici; loro particolarità è di essere soggette a dissoluzione chimica (carsismo).

Le arenarie quarzo-feldspatiche, con alternanze pelitiche, sono dotate di media erodibilità ma tali caratteristiche tendono a peggiorare dove è prevalente la componente argillosa. Possono essere presenti localizzati settori in corrispondenza di contatti tettonici in cui la roccia risulta molto fratturata.

- **Roccia affiorante o subaffiorante in buone condizioni e con disposizione generalmente sfavorevole delle strutture rispetto al pendio (R_s)**

A questa classe appartengono:

- le aree settentrionali di versante costituite da litotipi calcarei disposti con piani di stratificazione immergenti verso S con inclinazioni molto elevate, ponendosi in questo modo a franapoggio rispetto al versante meridionale della dorsale montuosa Rocca Livernà-Castellermo;
- le aree centro-meridionali di versante dove affiorano le *Arenarie di Leuso-Quartarole* (*Formazione di Albenga)*, immergenti verso S-SW, in cui il versante, a causa della morfologia dettata dalle dorsali secondari disposte N-S, è rivolto verso W-SW, mostrando condizioni di franapoggio rispetto al pendio.

In queste zone le pendenze risultano medio-alte e possono essere presenti dissesti puntuali lungo le scarpate maggiori. Quanto detto sulle condizioni della roccia della classe precedente vale pure per questa classe; anche in questo caso, in corrispondenza di contatti tettonici, possono essere presenti localizzati settori in cui la roccia risulta molto fratturata.

- **Roccia affiorante o subaffiorante in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o fratturata e/o con densa variabilità giaciturale (R_f)**

A questa classe appartengono:

- le aree settentrionali di versante costituite dalla ristretta fascia di terreni che comprende i *Calcari di Menosio*, le *Radiolariti di Arnasco* e le *Brecce di Monte Galero*;
- le aree centrali di versante occupate dai terreni riferibili ai *Calcari di Curenna* (*Formazione di Albenga)*;
- le aree meridionali di versante costituite dai terreni dell'Unità Colla Domenica-Leverone (*Peliti di Colla Domenica* e *Formazione di Leverone*) e dell'Unità Borghetto d'Arroscia-Alassio (le sole *Quarziti di Monte Bignone*).

I litotipi che interessano questa classe presentano in genere un elevato grado di fratturazione ed alterazione, con scistosità penetrativa e cappellaccio d'alterazione talvolta sviluppato; le giaciture degli strati (molto spesso però la superficie di stratificazione coincide con la superficie di scistosità) appaiono variabili, ma complessivamente risultano disposte a S-SW, ponendosi in questo modo a franapoggio rispetto al versante.

Sui versanti caratterizzati da questo tipo di substrato sono frequenti fenomeni erosivi superficiali dovuti al ruscellamento diffuso, che interessano la sottile coltre detritica e la parte meno resistente del substrato. Nelle zone ad acclività maggiore e lungo i rii più incisi possono essere presenti dissesti superficiali di tipo puntuale, in particolare all'interfaccia bedrock/coltre. Inoltre, sono presenti rotture di pendio anche accentuate che in alcuni casi possono causare puntuali fenomeni d'instabilità dovuti a distacco di materiale dal ciglio, in particolare in alcuni tagli stradali sia della strada provinciale sia delle restanti strade comunali.

COLTRI DI COPERTURA

Sotto questa dicitura rientrano quei depositi superficiali incoerenti o poco cementati che ricoprono generalmente il substrato roccioso.

Con il termine "coperture eluvio-colluviali" vengono intesi i prodotti della degradazione superficiale del bedrock. Quando i detriti che derivano dal disfacimento rimangono a ricoprire la roccia da cui si sono originati, la copertura è detta eluviale o eluvium; se invece il detrito viene trasportato e ridimensionato lungo il versante dalle acque dilavanti e dalla forza di gravità, la copertura viene definita colluviale o colluvium. I depositi eluviali a causa del modesto o nullo trasporto subito non presentano una classazione granulometrica, mentre nei depositi colluviali la selezione granulometrica risulta migliore. In generale, il colluvio occupa spesso la zona di transizione tra i versanti e le aree di fondovalle sottostanti, mescolandosi frequentemente con i depositi alluvionali.

Le due tipologie di coperture vengono prese in considerazione unitamente in quanto riuscire a discriminare con sicurezza le due nature sul terreno risulta spesso difficile.

In generale, questi depositi presentano erodibilità molto elevata e caratteristiche geotecniche scadenti, per cui sono soggetti a frequenti dissesti, spesso innescati da abbondanti precipitazioni o dall'intervento antropico (in quanto sono i materiali che più spesso vengono interessati da scavi).

Le coperture eluvio-colluviali inoltre, in considerazione degli aspetti pedologici e morfologici, vengono molto spesso utilizzate per l'agricoltura.

La maggior parte dei versanti nel territorio comunale è interessato da roccia affiorante o subaffiorante con non più di 1 m di copertura di questi depositi; le zone in cui è stato ipotizzato uno spessore della copertura maggiore di 1 m sono state distinte e riportate sulla carta geomorfologica secondo queste modalità:

- **C_a**: coltri di copertura di spessore 1-3 m;
- **C_b**: coltri di copertura di spessore maggiore ai 3 m;

All'interno della categoria delle coltri di copertura vengono inoltre considerate e distinte in legenda altre due tipologie di depositi:

- **ALL**: alluvioni antiche e recenti;
- **DT**: detrito di versante.

Definire dei limiti precisi alle zone con presenza di coltre eluvio-colluviale non è sempre semplice in quanto esse, adattandosi alla superficie del bedrock, possono presentarsi a volte in maniera molto discontinua, con alternanze di tratti a copertura prevalente e tratti con substrato emergente.

Inoltre, come già è stato detto, lo spessore delle coltri, non avendo a disposizione informazioni relative a indagini geognostiche, è stato ipotizzato, per cui questa valutazione, decisamente interpretativa, è basata sull'osservazione del paesaggio geologico-geomorfologico, evidenziando quelle aree dove per condizioni di acclività e per condizioni litologiche appare più probabile la presenza di una copertura più sviluppata, e sulle informazioni presenti a riguardo sulla cartografia di P.d.B. specifica.

- **Coltri di copertura di spessore 1-3 m (C_a)**

  Sono ampiamente diffuse in tutte quelle aree dove la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una copertura, seppure modesta, con substrato alterato o disarticolato localmente emergente; in generale sono costituite da abbondante scheletro di dimensioni centimetriche, caratterizzato da spigoli vivi ed immerso in una matrice limoso-argillosa. Dal punto di vista dell'equilibrio di versante esse mostrano in prevalenza condizioni prossime al limite di stabilità, per cui possono essere soggette a dissesti superficiali (soil slip) di ridotti volumi con relativa facilità, in particolare in concomitanza di precipitazioni intense.

- **Coltri di copertura di spessore maggiore ai 3 m (C_b)**

  Costituite da coltri di natura eluvio-colluviale ubicate in zone particolarmente favorevoli per condizioni di acclività e per condizioni litologiche in cui è stato possibile uno sviluppo maggiore di materiale. Fanno parte di questa categoria anche i depositi generati da movimenti franosi sia antichi che recenti; nel caso di quelli antichi, essi assumono caratteri a volte di veri e propri paleoaccumuli, arealmente anche molto estesi.

  In generale le coltri eluvio-colluviali presentano caratteristiche simili alle precedenti, con clasti a spigoli vivi di dimensioni variabili inglobati in una matrice limoso-argillosa talvolta abbondante. I paleoaccumuli sono costituiti da materiale detritico di natura eterogenea e di dimensioni molto diverse (fino ai blocchi). Anch'esse possono essere soggette con relativa facilità a dissesti superficiali tipo soil slip, ma i volumi mobilizzati possono essere maggiori.

- **Alluvioni antiche e recenti (ALL)**

Si tratta di depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi in parte terrazzati, inglobati in una matrice limoso-argillosa, spesso associati a prodotti eluviali e colluviali; questi depositi costituisco i lembi più elevati dei terrazzi alluvionali del Rio Acian e del Rio Merco che più a valle, al di fuori del confini comunali, formano depositi più ampi; l'età è presumibilmente olocenica-pleistocenica inferiore.

- **Detrito di versante (DT)**

Sono un insieme di corpi di crollo con granulometria che varia dalla ghiaia ai blocchi, in gran parte non cementati, che con il passare del tempo si sono accumulati al piede di zone a forte acclività; vengono a trovarsi nei versanti calcareo-dolomitici settentrionali più sfavorevoli ma anche nelle *Arenarie di Leuso-Quartarole*.

Un tipo particolare di questi depositi è stato individuato poco a ovest del Rio Armosse, lungo un tornante della strada sterrata che porta al crinale "Colletta", dove sono presenti depositi detritici parzialmente cementati, costituiti da clasti carbonatici a spigoli vivi di dimensioni grossolane; la cementazione è dovuta alle acque di ruscellamento sature di carbonato di calcio. Formano delle vere e proprie brecce di versante e sono sede di dissesti locali.

FRANOSITÀ

Il termine frana viene usato genericamente per intendere un movimento di una massa di roccia, terra o detrito verso il basso lungo un versante. Questi movimenti hanno molteplici cause che possono essere distinte in "fattori predisponenti" e in "fattori determinanti".

I fattori predisponenti sono rappresentati da tutte quelle caratteristiche del versante che possono creare situazioni favorevoli alla generazione di frane, tra cui possono essere distinte: le condizioni geologico-strutturali, le condizioni idrogeologiche, le condizioni morfologiche e la presenza o meno di copertura vegetale.

I fattori determinanti raggruppano sia cause naturali (piogge intense, infiltrazioni d'acqua, terremoti, ecc.) sia cause antropiche (scavi, sbancamenti, disboscamenti, sovraccarichi sul versante, ecc.) che possono dare il via al movimento franoso.

I tipi di movimento che possono interessare roccia, terra o detrito sono solitamente distinti in sei gruppi principali: crolli, ribaltamenti, scivolamenti (rotazionali e traslativi), espansioni laterali, colamenti e complessi. In base allo stato di attività di una frana si possono definire quattro condizioni:

- frane attive, ovvero quando il processo gravitativo, generato nelle condizioni morfologiche e climatiche attuali, è in atto al momento del rilevamento;
- frane quiescenti, quando il movimento generato non mostra segni di attività al momento del rilevamento, ma potrebbe riattivarsi al ricomparire delle cause che l'avevano generato;
- frane inattive (paleofrane), quando non è in atto nessun processo gravitativo e le cause che l'avevano generato sono da escludersi in riferimento alle attuale condizioni morfologiche e climatiche.

Nell'areale del Comune di Vendone, a seguito dei rilevamenti effettuati e delle informazioni provenienti dal Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico del Bacino del Centa, dal Progetto IFFI e dall'Atlante dei Centri Abitati

Instabili della Liguria-Provincia di Savona, sono state individuate alcune criticità di questo tipo riconducili essenzialmente a:

- una franosità diffusa di tipo superficiale e puntuale, riguardante prevalentemente le coltri di copertura con fenomeni di soil slip e/o la parte più alterata e disarticolata del substrato roccioso con fenomeni traslativi, che interessa maggiormente i tratti di versante ad acclività maggiore e le zone coltivate terrazzate con muretti a secco in scadenti condizioni, molti dei quali collassati;
- due frane quiescenti di tipo complesso di discrete dimensioni in corrispondenza della frazione di Celsa e in località Barbigioni e una terza riguardante un tratto abbastanza ampio di versante comprendente la zona del Rio Carbonara alla confluenza con il Rio Gombo;
- una franosità di crollo abbastanza diffusa in tutta la zona dello spartiacque tra la Valle Arroscia e la Val Pennavaire, in corrispondenza dei tratti a forte pendenza (dirupi) dove la caduta di detrito va ad alimentare alcune fasce di deposito al piede, e nei casi restanti di scarpate particolarmente acclivi, tra cui alcuni tagli stradali denudati lungo la Strada Provinciale 35;
- un insieme di estesi corpi di frana relitti inattivi (paleoaccumuli) posti nella parte nord-occidentale del versante meridionale della dorsale Rocca Livernà-Castellermo, nei pressi della frazione Borgo.

- **Frane quiescenti**

Le due frane quiescenti di tipo complesso ricadono entrambe nel settore sud-orientale del territorio comunale; i limiti riportati sulla carta geomorfologica ricalcano quelli presenti nella cartografia di P.d.B., così come lo stato di attività.

Rientra in questa categoria anche l'ampia zona cartografata attorno al Rio Carbonara, anche se la genesi e lo stato di attività del movimento gravitativo non appaiono chiari ed inequivocabili.

Celsa

La frazione di Celsa insiste per buona parte su di un corpo di frana di origine complessa (scorrimento roto-traslativo evolvente in colamento nei settori frontali), posto inferiormente al crinale de "Le due Torri", con nicchia di distacco in roccia (*Conglomerati di Monte Villa*). La parte inferiore invece è costituita da coltre detritica, di cui si è ipotizzato uno spessore superiore a 3 m. All'interno del perimetro ricade anche parte della Strada Provinciale che collega Celsa con il fondovalle della Valle Arroscia.

Nella Carta della suscettività al dissesto del P.d.B. l'area viene segnalata come area a suscettività alta (Pg3A-frana quiescente). Diversamente, l'Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria riporta la frazione di Celsa all'interno di un corpo di frana attivo di origine complessa, descrivendo il movimento in atto come "*un generale e lento scorrimento di una piccola parte di versante, caratterizzato da uno stato in cui si alternano brevi momenti di attività a prolungati periodi di quiescenza*". Questi brevi momenti di attività potrebbero essere responsabili di alcune lesioni visibili nell'abitato; l'unico intervento di sistemazione effettuato risulta essere un muro in cemento armato corredato da pali e tiranti posto a margine del consolidamento di un edificio di civile abitazione.



Celsa (stralcio Carta della franosità reale del P.d.B. del Centa).

Località Barbigioni

Ampio corpo di frana complessa posizionato nel tratto più ribassato del versante settentrionale di Monte Villa, in sponda destra del Rio Merco, delimitato ad est dal Rio Barbigioni.

Nella Carta della suscettività al dissesto del P.d.B. l'area viene segnalata come area a suscettività alta (Pg3A-frana quiescente).

A monte della zona risulta evidente un netto cambio di pendenza nel versante, denotato da una zona di distacco in parete in roccia (*Conglomerati di Monte Villa)* ben visibile. Il corpo di frana è costituito principalmente da coltri detritiche, con substrato emergente nella porzione più a valle; l'areale risulta subpianeggiante e su di esso si sono sviluppate estese attività agricole, anche in serra.



Barbigioni (stralcio Carta della franosità reale del P.d.B. del Centa).

Areale del Rio Carbonara

La zona di versante che interessa entrambe le sponde del Rio Carbonara fino alla sponda destra del Rio Gombo costituisce una particolare forma di criticità del territorio. Dall'analisi da foto aerea tutta la zona appare fittamente ricoperta di vegetazione e non risultano evidenziate forme di alcun genere. Dalle osservazioni di campagna invece l'areale risulta essere contraddistinto da porzioni di substrato roccioso, anche ampie, dislocate lungo il versante; lo spostamento subito dai blocchi di roccia appare difficilmente valutabile e molto spesso simulano condizioni di roccia in posto. Le dimensioni dei blocchi rocciosi, appartenenti principalmente alla formazione dei *Calcari di Menosio*, sono notevoli e attorno ad essi, ampi tratti di coltre di spessore variabile hanno permesso un buon sviluppo vegetativo che maschera parzialmente l'assetto dell'area.

La genesi di questa morfologia è incerta ma, in relazione all'assetto strutturale della zona, può essere correlata a movimenti tettonici sia recenti (neotettonica) che antichi. In particolare il Rio Carbonare, profondamente inciso e a tratti incassato, sembra seguire un lineamento tettonico circa NW-SE che probabilmente appare in una fenditura sub-verticale all'interno dei *Calcari di Menosio* localizzata in sponda destra del rio, poco sopra la strada interpoderale con cui si raggiunge la zona; inoltre, tutta l'area ricade al passaggio tra terreni a notevole competenza, i *Calcari di Rocca Livernà*, e terreni sottostanti meno competenti come quelli rappresentati dalle *Radiolariti di Arnasco* e dai *Calcari di Menosio*, che possono rappresentare quindi una fascia di debolezza su cui possono aver agito i movimenti tettonici.

Nella Carta della suscettività al dissesto del P.d.B. l'area viene segnalata come area a suscettività alta, ma non viene riportata in frana quiescente.

- **Paleoaccumuli**

Il versante meridionale della dorsale Rocca Livernà-Castellermo, nel suo segmento nord-occidentale, nei pressi della frazione Borgo, presenta caratteristiche particolari che lo differenziano dai versanti limitrofi. Al di sotto della zone denominata "Gerbidi" si manifesta un netto cambio di pendenza, dai versanti settentrionali ad elevata acclività si passa ad ampie zone aventi pendenze più ridotte, con diffuse coperture detritiche e substrato, costituito da *Arenarie di Leuso-Quartarole*, scarsamente affiorante; quest'ultimo, torna ad essere presente ad ovest nel solco d'erosione del Rio Paraone e ad est in corrispondenza della dorsale morfologica che delimita questa zona. La copertura vegetazionale è ben sviluppata e tratti di bosco lasciano spazio a estese aree prative. La natura della coltre è geneticamente eterogenea (arenarie, diaspri, calcari e dolomie), ed è composta da clasti di varie dimensioni, a spigoli vivi, e da una matrice limoso-sabbiosa. Il corpo venuto così a delinearsi rappresenta un corpo di frana relitto, cioè un accumulo legato ad eventi che hanno avuto origine in un contesto morfotettonico e climatico differente da quello attuale. La stessa situazione si ripete più a valle in corrispondenza di altri due corpi di più limitate dimensioni, nei pressi di Borgo.

- **Piccole frane non cartografabili**

Fanno parte di questa categoria tutti i fenomeni legati a franosità diffusa di tipo superficiale e puntuale, sia quelli riferiti a soil slip sia quelli riferiti a crolli, che per l'esigua estensione non possono essere cartografati come vere e proprie frane.

Sono i dissesti che con più frequenza si possono osservare all'interno del territorio comunale.

AREE CARSICHE

Il carsismo è un fenomeno di dissoluzione chimica che si esplica sulle rocce carbonatiche ad opera delle acque meteoriche, in definite condizioni di temperatura e precipitazioni. Il processo chimico che sta alla base del fenomeno avviene quando le acque piovane, reagendo con l'anidride carbonica presente in atmosfera, acquisiscono carattere acido e trasformano il carbonato di calcio in bicarbonato secondo la reazione:

$$H_2O + CO_2 + CaCO_3 <=> Ca(HCO_3)_2$$

Le forme del paesaggio che ne derivano sono di due tipi:

- le forme superficiali (o epigee): doline, campi solcati, polje, inghiottitoi;
- le forme sotterranee (o ipogee): sia orizzontali, gallerie, che verticali, pozzi e abissi.

Nelle rocce dolomitiche Il processo di dissoluzione risulta meno sviluppato, in quanto la dolomite, $CaMg(CO_3)_2$, risulta 20 volte meno solubile della calcite in acqua carbonicata (*Civita*, *2005*).

I litotipi presenti sul territorio comunale suscettibili di carsificazione sono rappresentati dai *Calcari di Rocca Livernà*, dai *Calcari di Veravo* e dalle *Dolomie di Monte Arena*, affioranti nel settore settentrionale. L'area è stata inserita tra le principali "aree carsiche" della Regione Liguria, ai sensi della L.R. 3/04/90 n.14 "*Norme per la tutela e la valorizzazione del patrimonio speleologico e delle aree carsiche e per lo sviluppo della speleologia*", e costituisce l'ambito denominato "Montenero-SV 21".

Tra le forme carsiche superficiali risultano presenti alcune microforme, dette campi solcati, e i depositi di terra rossa. Questi ultimi sono un particolare tipo di deposito eluvio-colluviale derivati dai processi di alterazione e di dissoluzione carsica; sono costituite da argille e limi di colore rossastro, dovuto all'elevato tenore di ossidi di ferro, misti a detriti calcarei. Rappresentano la frazione residuale, insolubile all'acqua, della roccia carbonatica e spesso vengono a trovarsi in piccoli depositi che circondano la roccia nelle zone più povere di vegetazione.

Nella carta geomorfologica realizzata sono state segnalate solamente le forme carsiche sotterranee, riportando quelle segnalate nel catasto regionale; la principale cavità sotterranea è rappresentata da una grotta a prevalente sviluppo verticale (dislivello negativo di 97 m), chiamata "Abisso di Montenero", ubicata nei pressi del Rio Ciana poco a est del crinale "Terra Bianca".



Paesaggio carsico presso l'area denominata "Colla" (tra M. Pendjno e Montenero).

FORME ANTROPICHE

Riporti antropici

I riporti antropici sono accumuli artificiali di materiale detritico e/o inerte che vanno di solito a rimodellare il paesaggio secondo le necessità dell'attività umana (terrapieni, rilevati stradali, ecc.).

I terreni di riporto generalmente provengono dagli scarti provenienti da cave, da scavi di gallerie o da sbancamenti e solitamente sono costituiti prevalentemente da materiale grossolano di natura eterogenea.

Nell'areale del Comune di Vendone sono presenti alcuni depositi di questa natura e sono stati riportati sulla carta geomorfologica, con apposito simbolo, tra le forme antropiche; più precisamente, si ritrovano:

- come copertura del tratto tombinato del Rio Gombo, a Curenna;
- nell'ampio piazzale nei pressi della sede comunale, a bordo della strada provinciale;
- nei pressi della sede comunale, a bordo strada della provinciale, verso Cantone;
- a Vallone, in corrispondenza dello sferisterio.

Occorre segnalare in corrispondenza dei riporti posti lungo la strada provinciale, in direzione di Leuso, una situazione d'instabilità legata a due dissesti superficiali di origine recente interessanti il tratto a bordo strada; la sede stradale non sembra mostrare cedimenti.

Bacini idrici artificiali

Sulla carta geomorfologica sono riportati anche i cinque invasi idrici presenti sul territorio comunale, di cui i più importanti, in riferimento a quanto riportato nel "*Piano per l'individuazione di scenari di rischio inerenti la presenza di sbarramenti o dighe sui corsi d'acqua della Provincia di Savona*" (Provincia di Savona, Settore difesa del suolo, 2003) sono:

- "Dighe Armella";
- "Lago Borgo";
- "Invaso Leuso".

Essi vengono descritti nella parte idrogeologica dello studio.

CARTA ACCLIVITÀ

L'acclività di un versante dipende principalmente da fattori litologici e strutturali, intrinseci ad esso, e da fattori esterni come le condizioni climatiche (erosione idrometeorica) e l'attività antropica (scavi, sbancamenti, ecc.). La sua analisi è molto importante nello studio del paesaggio, in quanto:

- è un fattore pedogenetico, poiché determina la genesi e l'evoluzione del suolo controllando l'erosione e l'accumulo dei detriti;
- è un fattore generale del dissesto idrogeologico, poiché è fra le cause preparatrici delle frane;
- condiziona il deflusso idrico superficiale (il tempo di corrivazione, a parità di altre condizioni, è inversamente proporzionale alla pendenza);
- è un fattore di possibile amplificazione sismica locale (secondo la normativa, le aree con inclinazioni superiori a 15° sono suscettibili di fenomeni amplificativi di tipo topografico).

In considerazione di quest'ultimo aspetto, con riferimento all'utilizzo nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 1 è stata realizzata una carta dell'acclività del territorio comunale in scala 1:5000, distinguendo le tre classi di pendenza riportate in tabella.

CLASSI DI PENDENZA	INTERVALLI DI VALORE (IN GRADI)
classe 1	0-15°
classe 2	16-30°
classe 3	> 30°

La metodologia utilizzata per l'elaborazione è consistita nel sovrapporre sul foglio C.T.R. una maglia dei centri di 1 cm di diametro, pari a 100 m, e nel conteggio delle curve di livello contenute in ogni singola maglia, considerando come discriminante tra le classi un numero di curve inferiore a 5 per la classe 1, tra 5 e 12 per la classe 2 e maggiore di 12 per la classe 3. E' stato così possibile circoscrivere le varie aree del territorio a diversa acclività.

La classe 1 è prevalente nelle aree di fondovalle costituite dai depositi alluvionali, nelle zone dove sono presenti coltri di copertura maggiori, nei corpi di frana relitti e nei tratti di crinale.

La classe 2 è quella maggiormente diffusa, ed è prevalente in tutti i versanti collinari e montuosi e su porzioni di crinali.

La classe 3, infine, costituisce tutte le parti più elevate del territorio comunale, in particolare i versanti carbonatici caratterizzati da pareti verticali e dirupi, e tutte quelle zone dove localmente sono venute a crearsi condizioni di forte pendenza (scarpate, nicchie di distacco, zone con particolare assetto strutturale, impluvi fortemente incisi).

Nel complesso quindi, escludendo alcune situazioni con peculiarità locali, il territorio di Vendone è caratterizzato da acclività medio-bassa nel settore centro-meridionale e da acclività medio-alta nel settore settentrionale.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

COMMENTO CARTA IDROGEOLOGICA

La carta idrogeologica è stata derivata dalla sovrapposizione delle carte geologica e geomorfologica integrate dalle informazioni relative alle fonti di prelievo idrico disponibili e relative agli studi idrologici ed idraulici contenuti nella Pianificazione di Bacino.

Sulla carta è stata segnalata:

- la permeabilità dei terreni (formazioni geologiche e coltri);
- l'ubicazione delle emergenze idriche (sorgenti) utilizzate e captate per uso pubblico;
- la gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo Horton-Strahler;
- le opere artificiali, come i bacini idrici e i tratti tombinati dei rii.

PERMEABILITÀ DEI TERRENI

Il concetto di permeabilità esprime la caratteristica fisica di terreni e rocce ad essere attraversate dalle acque d'infiltrazione per effetto della forza di gravità e viene definito da un parametro chiamato coefficiente di permeabilità (K) sottoforma di velocità (m/s). Sotto questo aspetto i terreni e rocce possono essere suddivise in due macrogruppi, impermeabili, quando al loro interno non si hanno movimenti di acque a causa della mancanza di vuoti (pori o fessure) di dimensioni sufficienti a garantire un deflusso, e permeabili, quando l'acqua riesce a defluire attraverso i pori esistenti fra i granuli componenti il terreno o attraverso le fessure presenti nell'ammasso roccioso.

Nel presente studio il termine permeabilità è inteso come relativo ed identifica il comportamento idrodinamico di un complesso idrogeologico nei confronti di altri limitrofi. I differenti tipi di permeabilità relativa sono dovuti alle

caratteristiche litologiche e tessiturali delle rocce e alla storia geologica delle stesse; tra le prime le più importanti sono la composizione mineralogica e la porosità primaria (cioè quella che si sviluppa nella roccia durante il suo processo di formazione), tra le seconde la porosità secondaria (che è quella acquisita dalla roccia dopo che si è formata: fessurazione, fratturazione, stratificazione, scistosità) e l'alterazione chimico-fisica.

I tipi di permeabilità relativa possono essere riassunti in tre tipologie:

- permeabilità per porosità primaria;
- permeabilità per fessurazione e/o fratturazione;
- permeabilità per carsismo.

Un terreno può presentare un singolo tipo di permeabilità relativa ma più di frequente è possibile ritrovare più tipi associati (ad esempio le rocce carbonatiche sono allo stesso tempo permeabili sia per fratturazione sia per carsismo).

I fattori che possono influenzare i complessi a permeabilità relativa per fratturazione sono principalmente: la composizione mineralogica della roccia, la tipologia delle discontinuità (giunti di stratificazione, fratture, scistosità, ecc.) e le caratteristiche delle discontinuità (orientazione, immersione, estensione, apertura, riempimento delle singole discontinuità).

I complessi a permeabilità relativa per porosità primaria risentono invece della litologia e dei caratteri petrografici di granuli e matrice, delle caratteristiche granulometriche, dei caratteri strutturali e dell'omogeneità presente in sito.

I fattori di caratterizzazione dei complessi a permeabilità relativa per carsismo risultano essere: la litologia e i caratteri petrografici, le caratteristiche generali, strutturali e morfologiche del sistema carsico, i fenomeni carsici superficiali e sotterranei e l'idrodinamica sotterranea.

Le classi di permeabilità relativa cartografate sono state quattro, di cui una composta da due sottoclassi, e sono le seguenti:

- permeabilità per fratturazione (FRAT):
  - permeabilità per fratturazione e carsismo (FCAR)
  - permeabilità per fratturazione e porosità (FPOR)
- permeabilità per porosità (POR)
- semipermeabilità (SP)
- impermeabilità (IMP)

Terreni permeabili per fratturazione

Le formazioni geologiche connotate da una permeabilità prevalentemente dovuta alla porosità secondaria costituiscono la maggioranza delle aree cartografate, estendendosi in particolar modo nella porzione centro-meridionale del territorio comunale. Tali formazioni sono: *Quarziti di Monte Bignone, Formazione di Leverone, Arenarie di Leuso-Quartarole, Calcari di Curenna* e *Calcari di Menosio*.

Come sottoclassi della permeabilità per fratturazione sono state indicate quelle dei:

- Terreni permeabili per fratturazione e carsismo: occupano la quasi totalità dell'area settentrionale del territorio comunale, formata dalla zona di spartiacque e dai versanti meridionali della dorsale montuosa Rocca Livernà-Castellermo. Le formazioni geologiche che vanno a costituire questi terreni sono: *Brecce di Monte Galero, Calcari di Rocca Livernà, Calcari di Veravo* e *Dolomie di Monte Arena.*
- Terreni permeabili per fratturazione e porosità: appartengono a questa sottoclasse unicamente i depositi pliocenici relativi ai *Conglomerati di Monte Villa*.

Terreni permeabili per porosità

Sono costituiti dalle coltri di copertura di spessore ipotizzato maggiore a 3 m, dai paleoaccumuli e dai piccoli lembi alluvionali in parte terrazzati del fondo valle. Il grado di permeabilità può essere variabile in funzione della natura della matrice compresa tra i granuli, per cui una matrice di tipo limoso-argillosa comporterà una riduzione della permeabilità del terreno.

Terreni semipermeabili

Affiorano limitatamente alle fasce caratterizzate dalla presenza delle *Peliti di Colla Domenica* e delle *Radiolariti di Arnasco*.

Terreni impermeabili

Sono rappresentati solamente da un modesto affioramento di depositi pliocenici relativi alle *Argille di Ortovero*, nei pressi del tratto del Rio Acian posto vicino al confine comunale sud orientale.

Nel complesso, si può quindi descrivere che negli ammassi rocciosi del territorio di Vendone la circolazione idrica sotterranea si svolga in prevalenza nelle rocce carbonatiche carsificate e, in misura minore, in quelle fratturate.

Gli acquiferi presenti sono da definirsi complessi e discontinui in relazione alle frequenti variazioni di facies litologica e al condizionamento della tettonica, con prevalenza di meccanismi di circolazione profonda lungo le discontinuità dell'ammasso roccioso; le sorgenti sono abbastanza frequenti, per lo più individuate al limite tra gli acquiferi carsici e le sottostanti formazioni rocciose meno permeabili..

CAPTAZIONI AD USO POTABILE - SORGENTI

Le sorgenti sono punti della superficie topografica in cui si verifica la venuta a giorno di acque sotterranee, legata a cause connesse con l'assetto e con la dinamica idrologica locale; a seconda che la portata idrica della sorgente sia continua o meno nel tempo si possono distinguere le sorgenti perenni e le sorgenti temporanee. Le aree a monte delle sorgenti vengono definite aree d'alimentazione, in cui si formano e si rinnovano le risorse idriche che alimentano la portata risorgiva (*Civita, 2005*).

Il numero di sorgenti presenti all'interno del territorio di Vendone è discreto. L'assetto locale può essere descritto individuando un'ampia area d'alimentazione posta nella fascia altimetrica più elevata in corrispondenza delle rocce carbonatiche permeabili per fratturazione e carsismo (*Calcari di Rocca Livernà, Calcari di Veravo* e *Dolomie di Monte Arena*), sede quindi dell'infiltrazione maggiore delle acque di precipitazione e di ruscellamento superficiale. Inferiormente a quest'area, si possono invece riconoscere almeno due zone a contrasto di permeabilità: una a contatto con la fascia semipermeabile degli scisti silicei delle *Radiolariti di Arnasco*, ed una all'interno della *Formazione di Albenga*, costituita da terreni permeabili unicamente per fratturazione. Sono queste le aree in cui si verifica maggiormente la venuta a giorno delle acque sotterranee, in particolare nelle *Arenarie di Leuso-Quartarole* (porzione arenacea della *Formazione di Albenga)*; possono quindi definirsi delle aree risorgive la cui posizione è condizionata dal contatto strutturale tra rocce a permeabilità inferiore e l'acquifero carbonatico soprastante.

Sulla carta idrogeologica sono state ubicate le sorgenti alimentanti l'acquedotto comunale ad uso potabile. Nessuna delle sorgenti presenta una portata ed una alimentazione costante, ma risultano dipendenti dall'andamento stagionale degli apporti meteorici. Ad integrazione degli apporti provenienti dalle sorgenti l'acquedotto comunale viene

alimentato da un pozzo di fondovalle ubicato in valle Arroscia all'interno del Comune di Ortovero da cui viene emunta una portata di circa 400 l/min.

BACINI IDRICI ARTIFICIALI

Il Comune di Vendone conta di ben cinque bacini idrici per la raccolta delle acque piovane per l'utilizzo agricolo; sono rappresentati sia da opere di sbarramento fluviale sia da serbatoi di accumulo.

Di seguito, verranno brevemente riportate le principali caratteristiche tecniche dei quattro bacini presi in considerazione nel "*Piano per l'individuazione di scenari di rischio inerenti la presenza di sbarramenti o dighe sui corsi d'acqua della Provincia di Savona*" (Provincia di Savona, Settore difesa del suolo, 2003).

- **"Diga Rio Armella Inferiore e Diga Rio Armella Superiore"**

Sono due sbarramenti fluviale realizzati in conglomerato cementizio, con profilo a gravità, localizzati nella parte sommitale del bacino imbrifero del Rio Gombo, a valle della confluenza di quest'ultimo con il Rio Ciana, in un punto in cui i versanti sono molto ravvicinati tra loro. L'invaso inferiore è posto ad una quota di circa 329 m s.l.m. e presenta le dimensioni maggiori, con nove contrafforti a sostegno del muro e con tre scarichi superficiali ed uno di fondo. L'invaso superiore, di dimensioni minori, ha un'altezza di 7.3 m con 4 speroni di rinforzo a valle. Si trovano poco a nord del tratto della Strada Provinciale 35 in cui vi è l'attraversamento del Rio Gombo.



Caratteristiche principali (Diga Rio Armella Inferiore):

- altezza sbarramento: 10 m
- sviluppo coronamento: 51.10 m
- quota livello coronamento: 329 m s.l.m.
- altezza di massimo invaso: 8.50 m
- volume invaso: 15500 m3
- superficie serbatoio: 3500 m2
- franco: 1.5 m
- superficie bacino sottesa: 0.80 km2

- **“Lago Borgo”**

Serbatoio di accumulo ad uso irriguo posto in sponda sinistra del Rio Fontana, ad una quota di circa 570 m s.l.m. lungo la strada interpoderale che da Borgo porta alla Colla d’Onzo. Il serbatoio consiste in una vasca in cemento armato a superficie interna impermeabilizzata mediante rivestimento plastico idoneo; viene alimentato da due modeste sorgenti poste all’inizio dell’incisione del rio Fontana. Lo scarico di fondo avviene tramite una tubazione in ferro che trova recapito più a valle in una vasca di diramazione dell’impianto irriguo.



Caratteristiche principali:

- anno di realizzazione: 1992
- altezza sbarramento: 9 m
- sviluppo coronamento: 35 m
- quota livello coronamento: 570 m s.l.m.
- volume invaso: 4000 m3
- superficie serbatoio: 541 m2
- superficie bacino sottesa: 0.085 km2
- portata di massima piena nella sezione di sbarramento: 3.4 m3/s

- **“Invaso Leuso”**

Invaso per scopi irrigui realizzato mediante una diga in terra omogenea con scarico di fondo costituito da un canale in cemento posto sul lato NW dell’invaso; l’intero serbatoio dell’invaso è stato poi impermeabilizzato mediante uno strato di argilla costipata.

Si trova a mezzacosta sul versante meridionale di Rocca Dailo a monte dell’abitato di Leuso, ad una quota di circa 400 m s.l.m., e viene alimentato dalle acque piovane e da alcune scaturigini a monte dell’invaso. La larghezza del “laghetto” è di circa 20 m, con una profondità massima compresa tra 5-6 m.



Caratteristiche principali:

- anno di realizzazione: 1971
- altezza sbarramento: 6.30 m
- sviluppo coronamento: 200 m
- quota livello coronamento: 407 m s.l.m.
- volume invaso: 13000 m3
- superficie serbatoio: 3500 m2
- franco: 1.2 m
- superficie bacino sottesa: 0.03 km2

RETICOLO IDROGRAFICO

Il reticolo idrografico che modella i versanti di Vendone appartiene al Bacino del Torrente Arroscia, sottobacino del Fiume Centa. Localmente, sono distinguibili tre sottobacini principali, quelli del Rio Paraone, del Rio Merco e del Rio Acian. Tra il sottobacino del Paraone e quello del rio Merco lo spartiacque è delineato dal crinale che da Monte Villa passa per Carimonti fino a raggiungere il Monte Pendjno, mentre i sottobacini Merco e Acian sono divisi dal crinale che dai depositi pliocenici de "Le due Torri" risale fin verso "Ciazza".

I corsi d'acqua hanno caratteristiche di tipo torrentizio, con bacini di limitato sviluppo areale e pendenza delle aste elevate; per questo motivo i tempi di corrivazione sono molto rapidi, in particolare in caso di eventi meteorici intensi e di breve durata.

Lo sviluppo dei reticoli è influenzato sia dalla natura dei litotipi affioranti (e quindi dalla loro permeabilità e dalla loro resistenza all'erosione) sia dai lineamenti tettonici e in generale può essere definito di tipo sub-dendritico, con densità di drenaggio media. Nel complesso, sia le aste principali che gli impluvi laterali minori sono risultati in fase erosiva, con tratti fortemente incisi, soprattutto nei versanti più settentrionali a natura calcarea.

Sulla carta idrogeologica è evidenziato lo sviluppo della rete idrografica considerando i corsi d'acqua di rilevanza per la Normativa vincolistica del Piano di Bacino Stralcio (reticolo principale) in attesa di definizione del reticolo di interesse per il Reg 3/2011.

Tale sviluppo è stato caratterizzato attraverso la gerarchizzazione del reticolo che permette di definire l'ordine del bacino, ossia l'ordine dell'asta fluviale terminale. La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine;

un'asta di ordine n e un'asta di ordine (n-1) congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine n;
due aste di ordine n congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine (n+1);

L'ordine gerarchico dei corsi d'acqua principali è risultato essere il seguente:

- Rio Paraone a valle della confluenza con il Rio Colombaia: ordine 5
- Rio Colombaia, a valle della confluenza con il Rio Ruvoia: ordine 4
- Rio Ruvoia, Rio Gombo e rio Merco: ordine 3

In base alla gerarchizzazione, il reticolo idrografico appare più sviluppato nel settore occidentale, dove il Rio Paraone raggiunge ordine 5, per diminuire progressivamente verso est; ciò non sembra dovuto a cambiamenti di tipo litologico (e quindi di permeabilità), ma piuttosto alle dimensioni areali più limitate dei sottobacini del Rio Merco e del Rio Acian rispetto a quelle del Rio Paraone.

La densità di drenaggio, dal punto di vista qualitativo, può definirsi media per tutto il territorio, con variazioni locali, sia verso un grado più basso sia verso un grado più alto, dovute principalmente all'acclività dei versanti, alla permeabilità e all'erodibilità delle rocce.

Nel complesso carbonatico settentrionale, caratterizzato da acclività accentuate, il reticolo è costituito da alcuni impluvi circa rettilinei di limitata lunghezza ma abbastanza frequenti; nei terreni della *Formazione di* Albenga il reticolo alterna situazioni di buono sviluppo a tratti circa rettilinei (Rio Gombo poco a NW della frazione Curenna, Rio Ruvoia a SE di Curenna) impostati su linee tettoniche in cui gli impluvi laterali risultano pressoché assenti. In generale, le caratteristiche del reticolo idrografico sono in accordo con quelle riguardanti la permeabilità del territorio, costituito in maggioranza da rocce permeabili per fratturazione, e l'erodibilità delle rocce.

INDAGINI SUL TERRITORIO AI FINI MICROZONAZIONE SISMICA

Per completezza dello studio vengono riportate le risultanze delle indagini strumentali (geofisiche e geomeccaniche) effettuate nell'ambito dello studio di microzonazione sismica ai sensi dell'OPCM 3907/2010, che viene allegato a parte. In tale studio le risultanze delle indagini compaiono solo in forma digitale in ambito GIS.

MISURE PASSIVE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Durante la fase preliminare dello studio di microzonazione, in considerazione della mancanza di informazioni riguardanti la stratigrafia di sottosuolo ottenute da indagini precedenti svolte nell'area di interesse (su cui normalmente si basa la microzonazione di livello 1), si è ritenuto di procedere nell'esecuzione di una campagna di misure del rumore sismico ambientale in vari punti d'interesse del territorio comunale. Sono state effettuate n°15 misure mediante tromografo digitale, modello Tromino (Micromed S.p.A), allo scopo di stimare la frequenza di risonanza in quei siti in cui si è ritenuto opportuno valutare sperimentalmente l'eventuale presenza di effetti di amplificazione sismica locale (centri abitati, coltri di spessore ipotizzato maggiore di 3 m, corpi di frana quiescenti, ecc.).

I risultati ottenuti dalle misurazioni effettuate sono riassunti in tabella. Gli elaborati grafici da cui sono stati tratti i valori di frequenza di risonanza sono consultabili a fine testo negli allegati.

MISURA	FREQUENZA DI RISONANZA (Hz)	INTERPRETAZIONE
Barbigioni 1	**3,5**	debole contrasto d'impedenza
Borgo 1	□	assenza effetti di sito
Cantone 1	**12**	debole contrasto d'impedenza
Cantone 2	□	assenza effetti di sito
Castellaro 1	□	assenza effetti di sito
Castellaro 2	□	assenza effetti di sito
Celsa 1	**10,94**	debole contrasto d'impedenza
Celsa 2	**3,75**	debole contrasto d'impedenza
Celsa 3	□	assenza effetti di sito
Leuso 1	□	assenza effetti di sito
Leuso 2	□	assenza effetti di sito
Leuso 3	□	non interpretabile
Vendone 1	**7,34**	debole contrasto d'impedenza

Il valore di frequenza di risonanza è stato attribuito solo a quelle misure che hanno mostrato dei massimi affidabili lungo la curva H/V compresi in un intervallo d'interesse tra 1 e 20 Hz.

Alcune registrazioni hanno prodotto curve pressoché piatte; questi casi sono stati correlati con la presenza presso il sito di roccia relativamente subaffiorante al di sotto di una sottile coltre di copertura ovvero presenza di deboli contrasti di impedenza; per tali siti è stata ipotizzata l'assenza di effetti di amplificazione.

Nelle restanti misure è stato possibile individuare dei picchi in frequenza nella curva H/V, ma generalmente poco accentuati e caratterizzati da bassi valori di ampiezza media (rientranti comunque nei criteri SESAME per la definizione di un picco H/V chiaro). L'interpretazione fornita è che essi siano generalmente prodotti da deboli contrasti d'impedenza tra il substrato e i terreni di copertura.

In particolare, la "debolezza" dei picchi ottenuti nelle registrazioni "Barbigioni 1" e "Celsa 2", effettuate all'interno dei due corpi di frana quiescenti già descritti in precedenza, è stata attribuita alla presenza dei *Conglomerati di Monte Villa* a substrato roccioso, le cui caratteristiche di terreno granulare cementato, in termini di impedenza sismica, non differiscono notevolmente da quelle di una coltre di copertura.

STAZIONI GEOMECCANICHE

E' stata condotta un'analisi geomeccanica su n. 9 affioramenti-tipo, relativamente alle formazioni geologiche presenti nelle aree interessate dallo studio di microzonazione (*Formazione di Leverone, Peliti di Colla Domenica, Calcari di Curenna-Monte Bello, Arenarie di Leuso-Quartarole*), in modo da confermare o correggere la distinzione

generale in termini litotecnici delle formazioni geologiche adoperata all'interno deGLI ICMS e della D.G.R. 714 del 21/06/2011, che prendono in considerazione: la tipologia del substrato (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato), la stratificazione (stratificato, non stratificato) e il grado di fratturazione (valore del parametro J_v).

Il parametro J_v, definito come il numero totale di discontinuità che intercettano un'unità di volume (1 m^3) dell'ammasso roccioso, viene solitamente determinato attraverso la formula:

$$J_v = \sum \text{n° discontinuità/lunghezza di misura}$$

Tale parametro può essere anche stimato in maniera più speditiva facendo corrispondere il J_v alla frequenza di discontinuità (λ):

$$\lambda = \sum \text{1/distanza media delle discontinuità (m)}$$

In affioramento sono state riconosciute tre famiglie di discontinuità (la superficie di scistosità S_s e due sistemi di frattura F_1 e F_2 perpendicolari tra loro); il parametro J_v è stato valutato sul terreno in maniera speditiva misurando per ogni famiglia di discontinuità la spaziatura tra i giunti lungo 1 metro di misurazione.

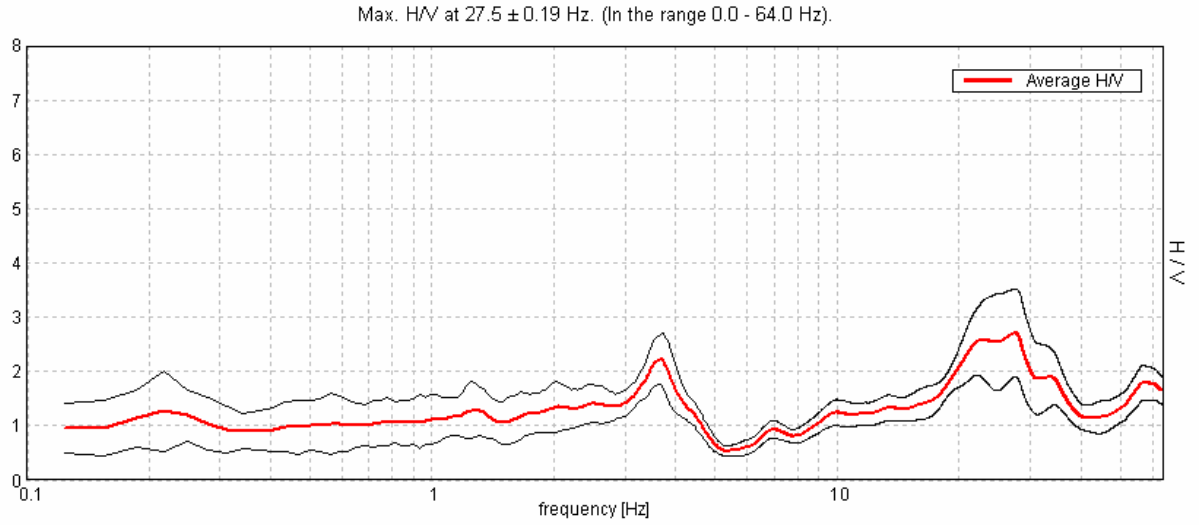
PUNTI DI MISURA	FORMAZIONI GEOLOGICHE	VALORI J_V
1	Formazione di Leverone	**26.2**
2	Peliti di Colla Domenica	**28.3**
3	Arenarie di Leuso-Quartarole	**20**
4	Arenarie di Leuso-Quartarole	**23**
5	Formazione di Leverone	**22.3**
6	Calcari di Curenna-Monte Bello	**25.3**
7	Calcari di Curenna-Monte Bello	**20**
8	Calcari di Curenna-Monte Bello	**19.6**
9	Calcari di Curenna-Monte Bello	**24.5**

ALLEGATO
INDAGINI EFETTUATE
NELLO STUDIO DI MS1

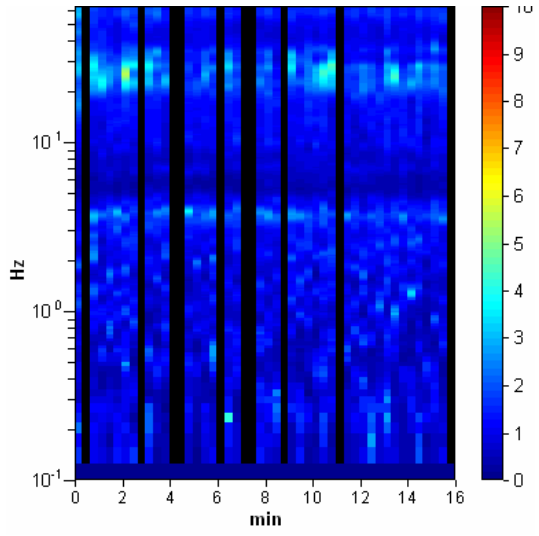
VENDONE, Barbigioni 1

Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 12:25:00 End recording: 30/11/11 12:41:01
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h16'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

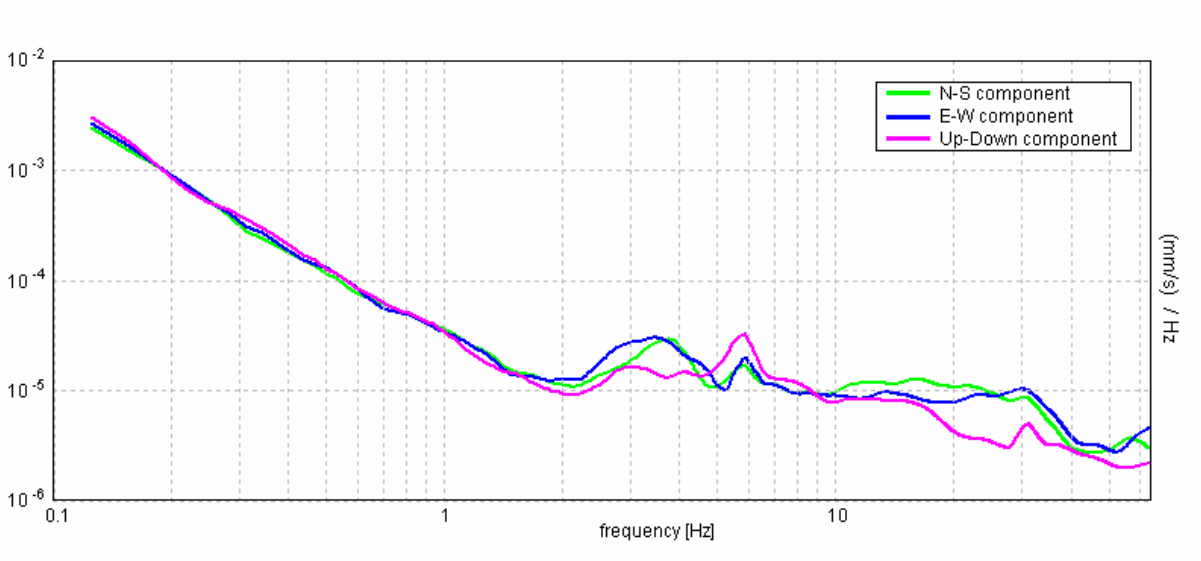
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



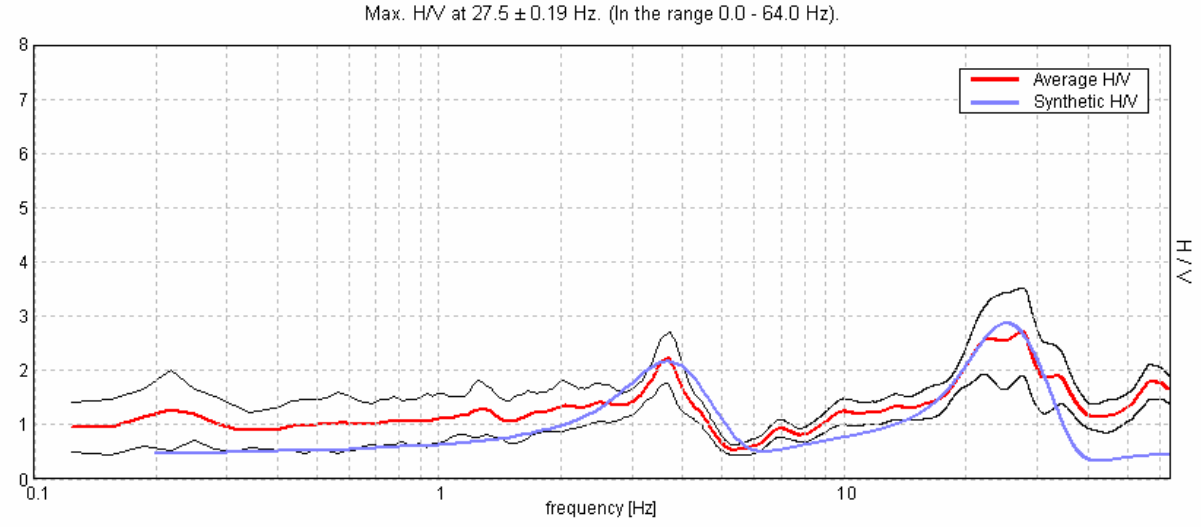
H/V TIME HISTORY



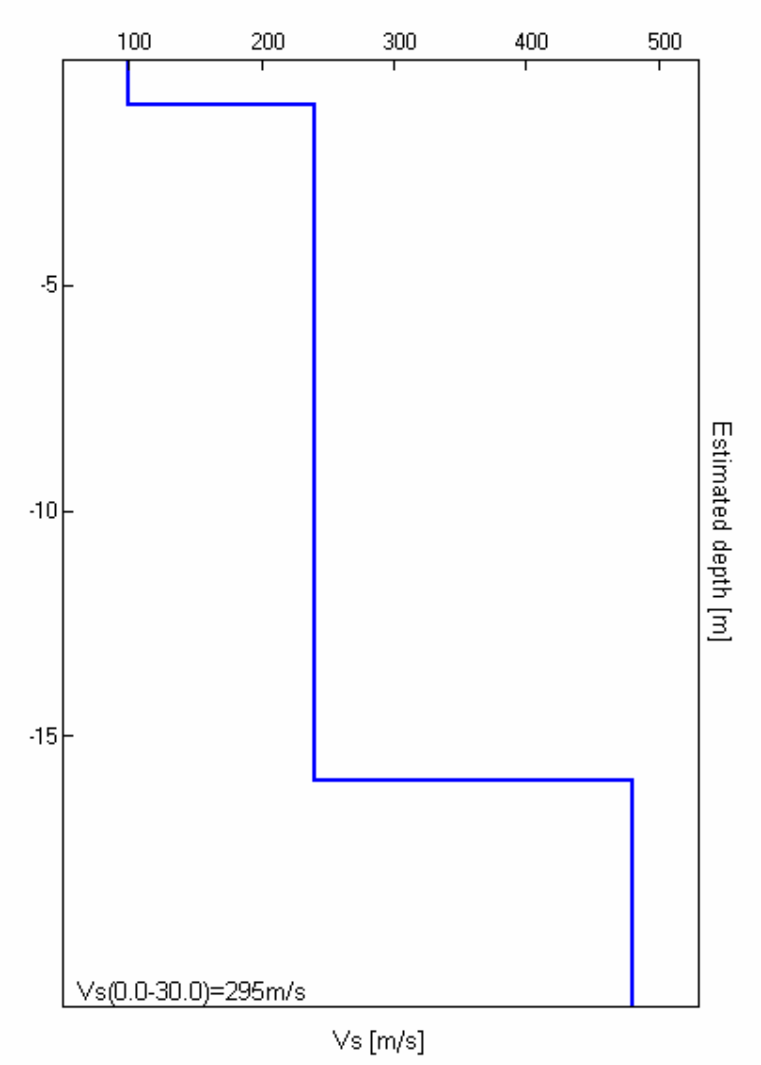
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	100	0.35
16.00	15.00	240	0.35
inf.	inf.	480	0.35



Vs(0.0-30.0)=295m/s

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

Max. H/V at 27.5 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	27.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	20900.0 > 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 1321 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	37.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.71 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00336| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.09254 < 1.375	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3935 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

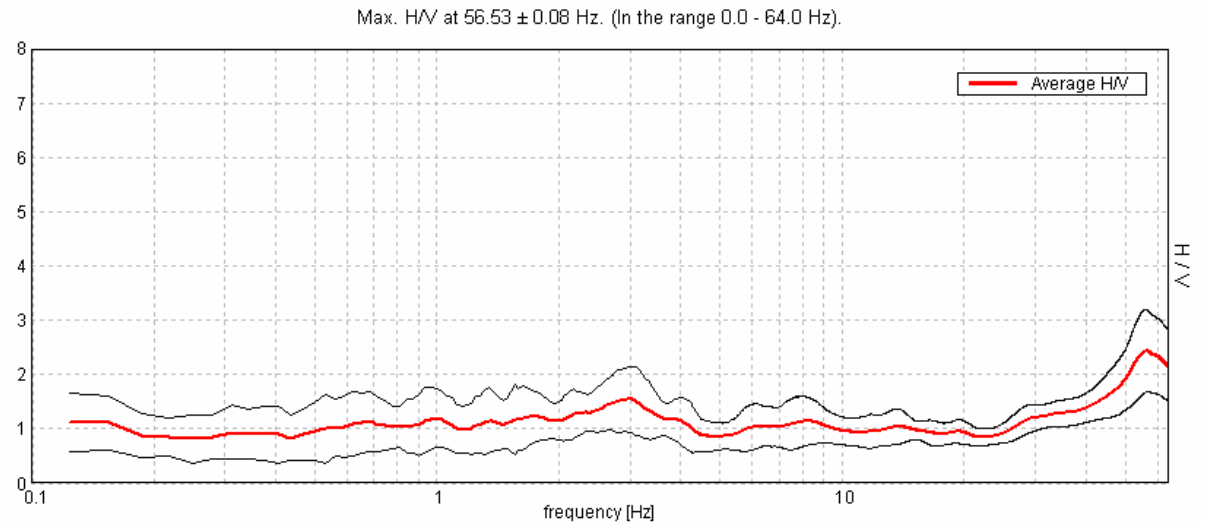
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, BORGO 1

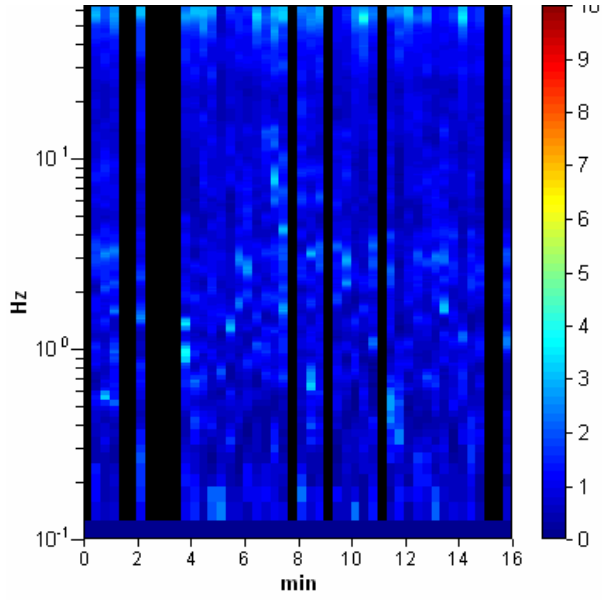
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 06/12/11 15:45:40 End recording: 06/12/11 16:01:41
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

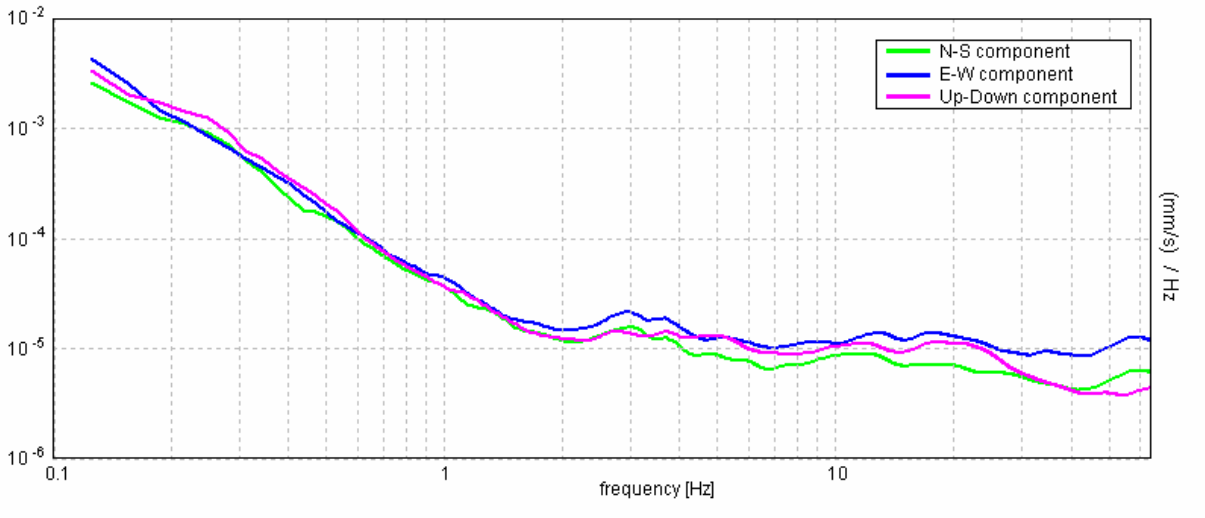
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 56.53 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	56.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	40702.5 > 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 1144 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	30.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.43 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00069| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03887 < 2.82656	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3652 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

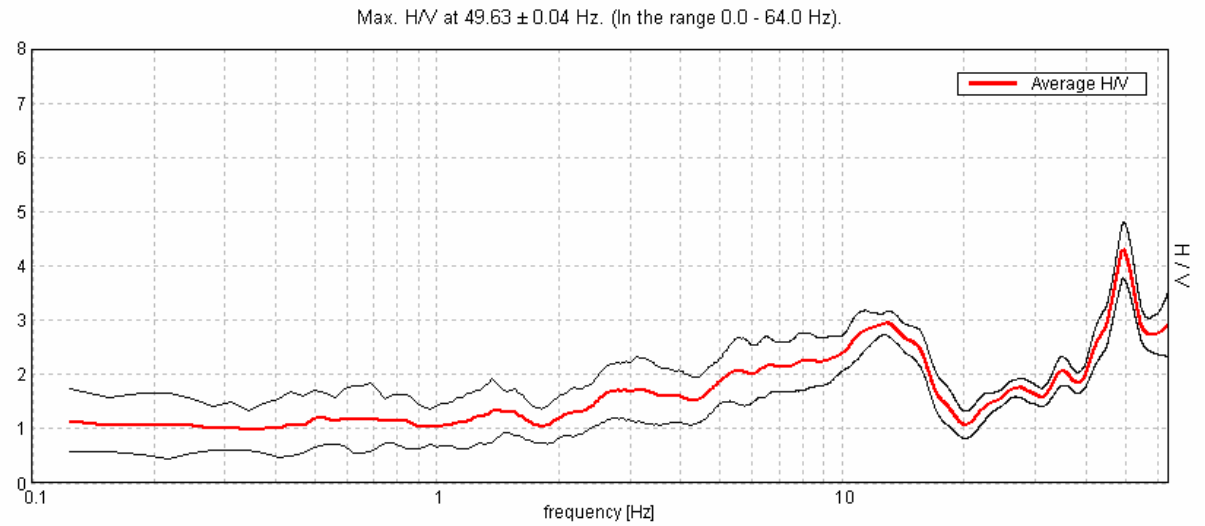
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CANTONE 1

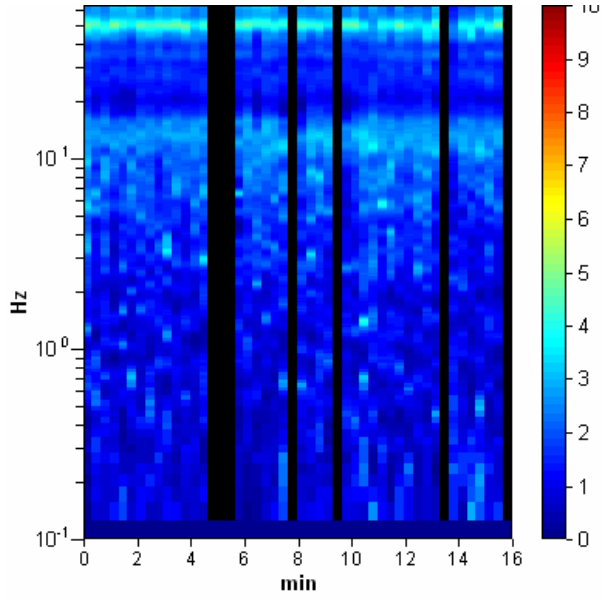
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 16:30:47 End recording: 30/11/11 16:46:48
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

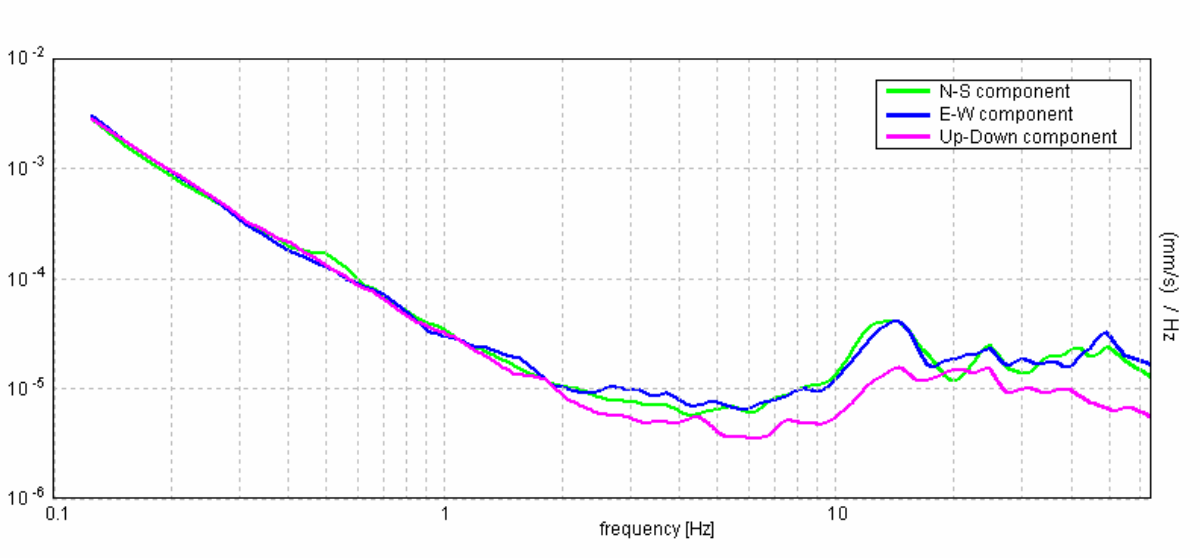
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



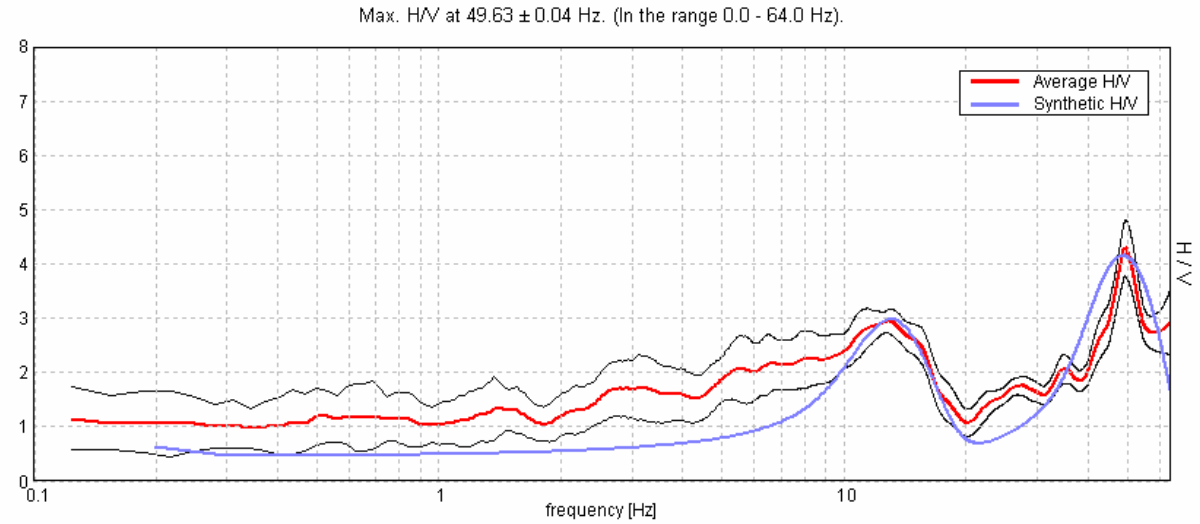
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

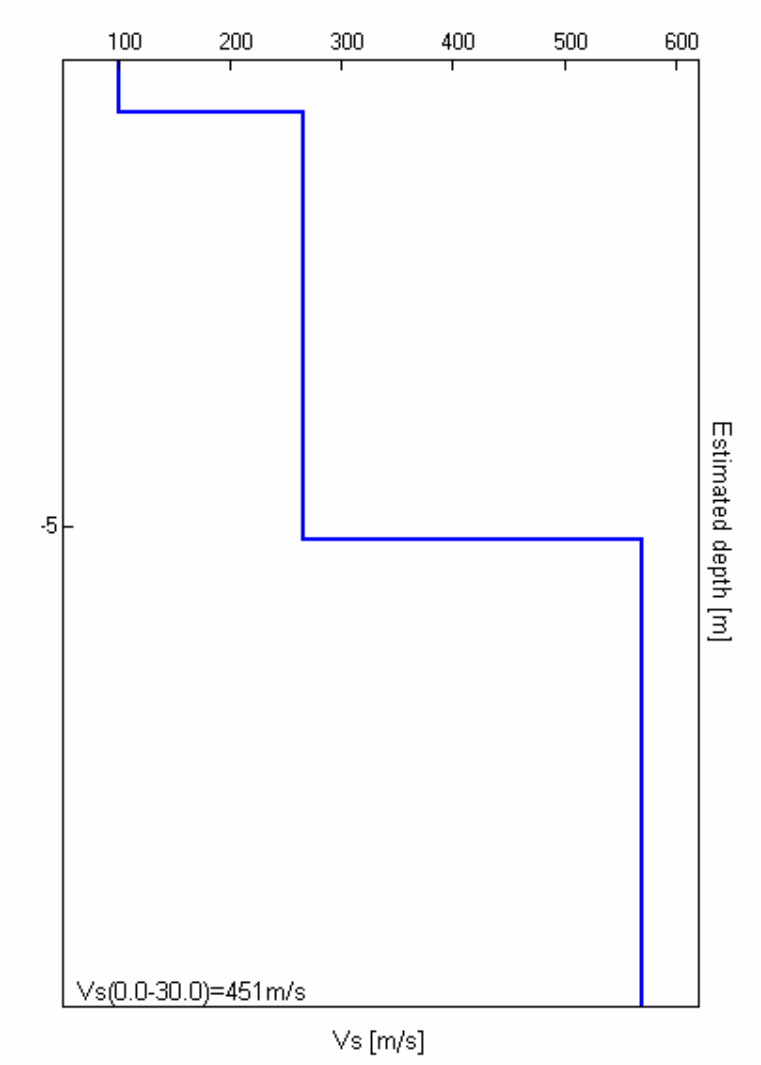


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.55	0.55	100	0.35
5.15	4.60	265	0.35
inf.	inf.	570	0.35

Vs(0.0-30.0)=451m/s


100
200
300
400
500
600
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=451m/s
Vs [m/s]

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

Max. H/V at 49.63 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	49.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	40692.5 > 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 1255 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	40.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	4.29 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00036| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01807 < 2.48125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2546 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

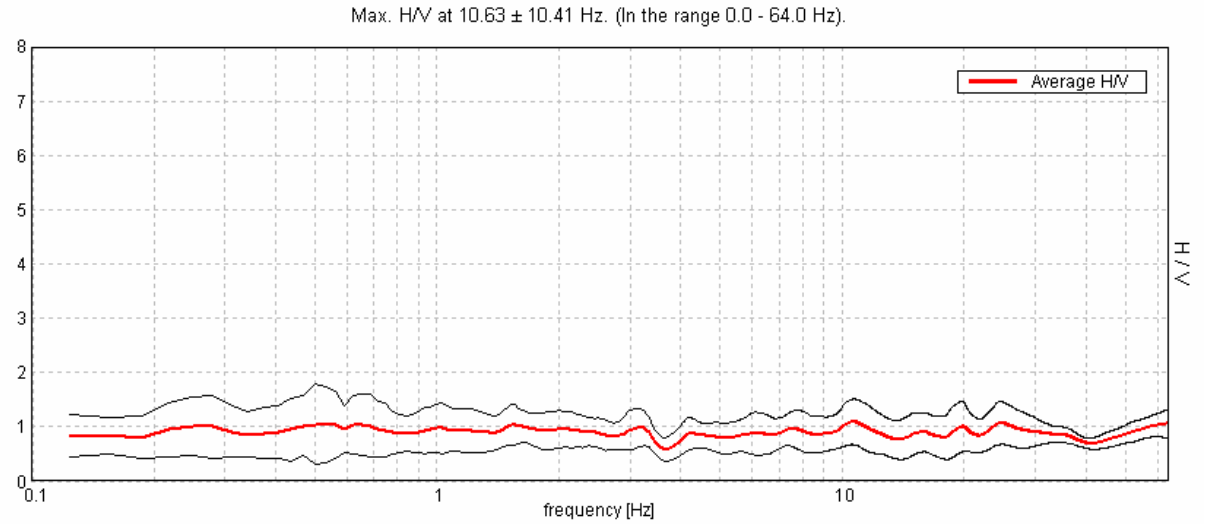
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CANTONE 2 (DIGA)

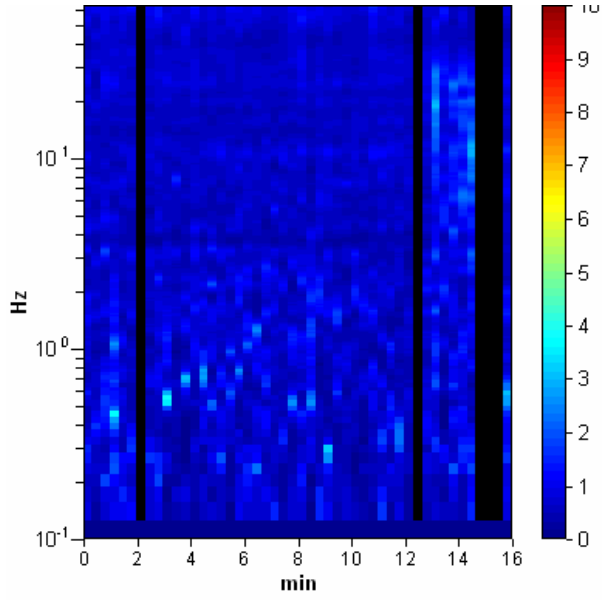
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 15:54:36 End recording: 30/11/11 16:10:37
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

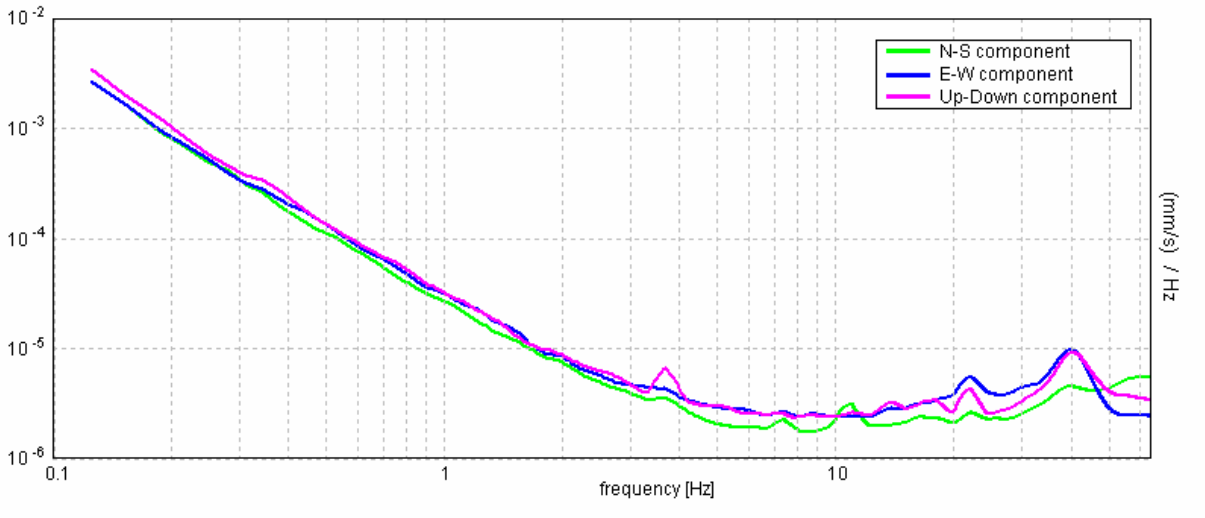
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 10.63 ± 10.41 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9137.5 > 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 511 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
$A_0 > 2$	1.09 > 2		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.47951| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	5.09482 < 0.53125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.204 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

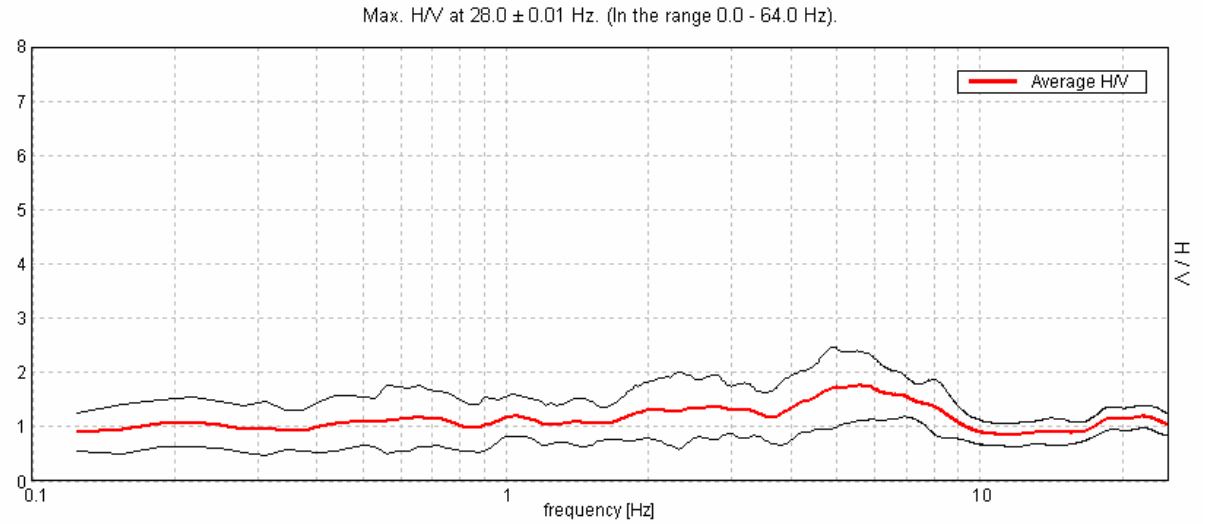
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CASTELLARO 1

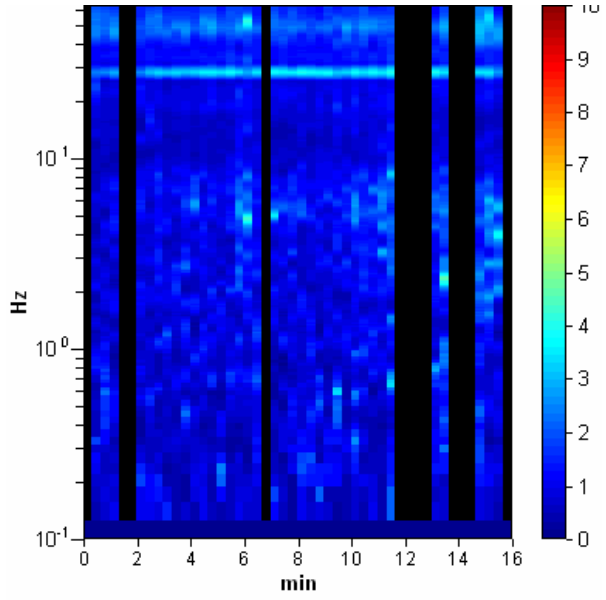
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 14:06:59 End recording: 30/11/11 14:23:00
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

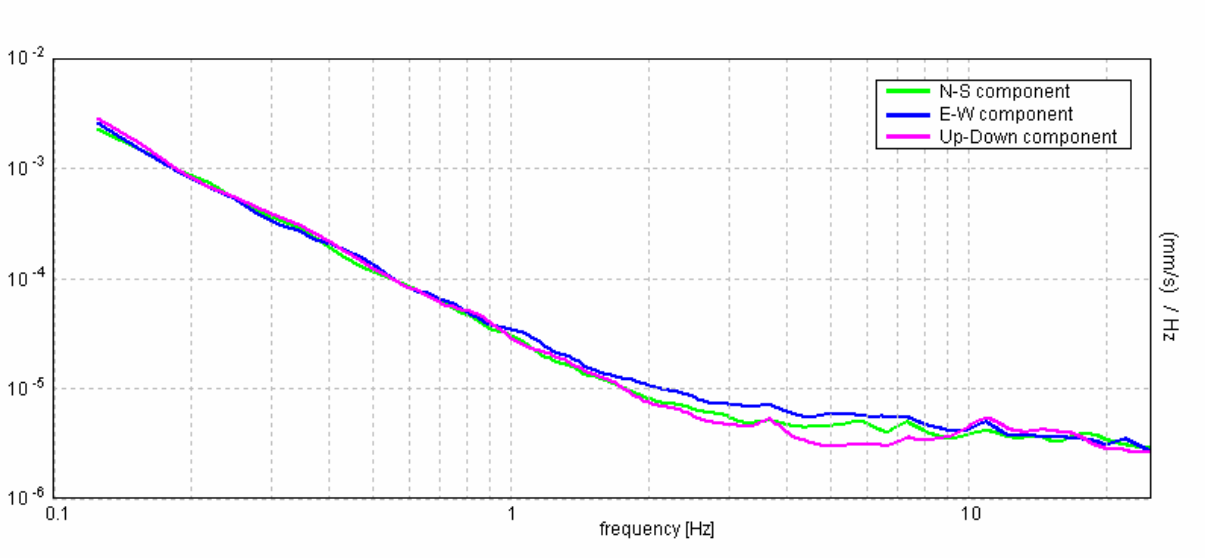
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 28.0 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	28.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	20160.0 > 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 1345 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	25.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	30.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.63 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00017| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.00483 < 1.4	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2044 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

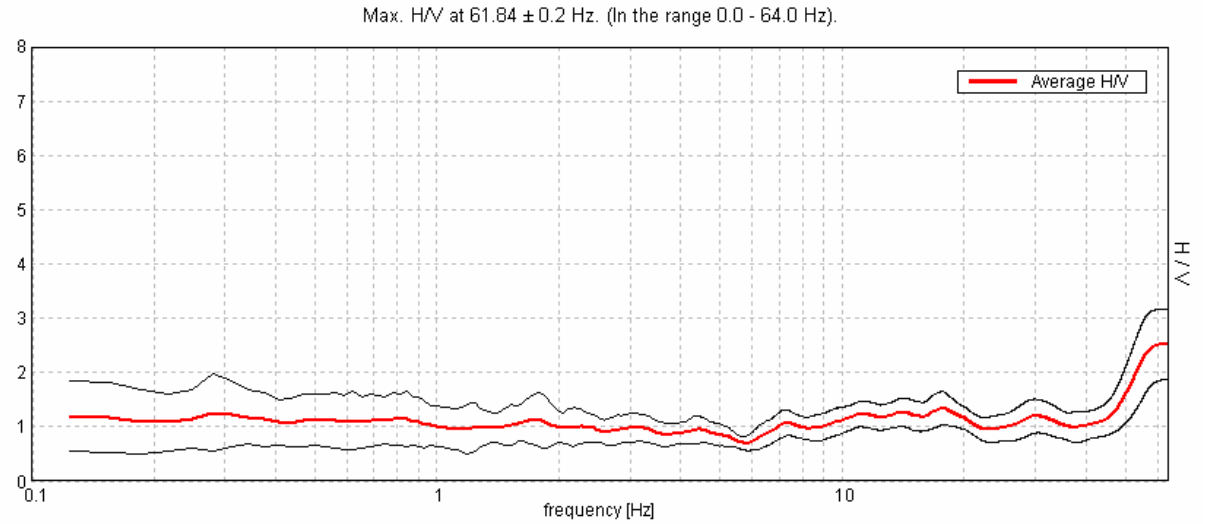
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CASTELLARO 2

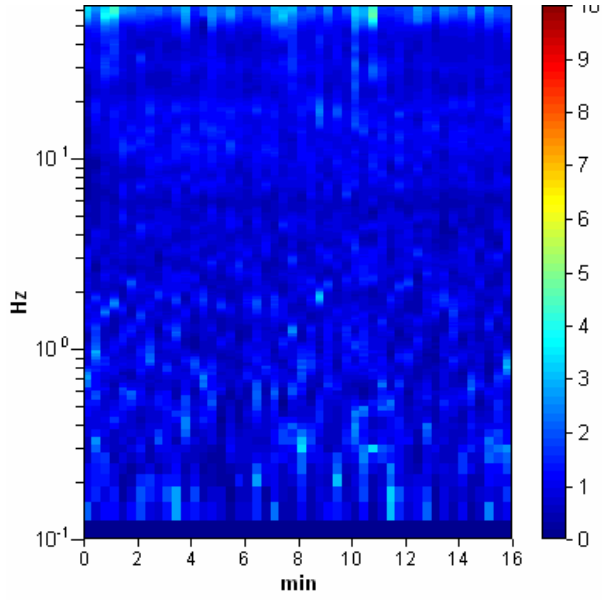
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 16:56:25 End recording: 30/11/11 17:12:26
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

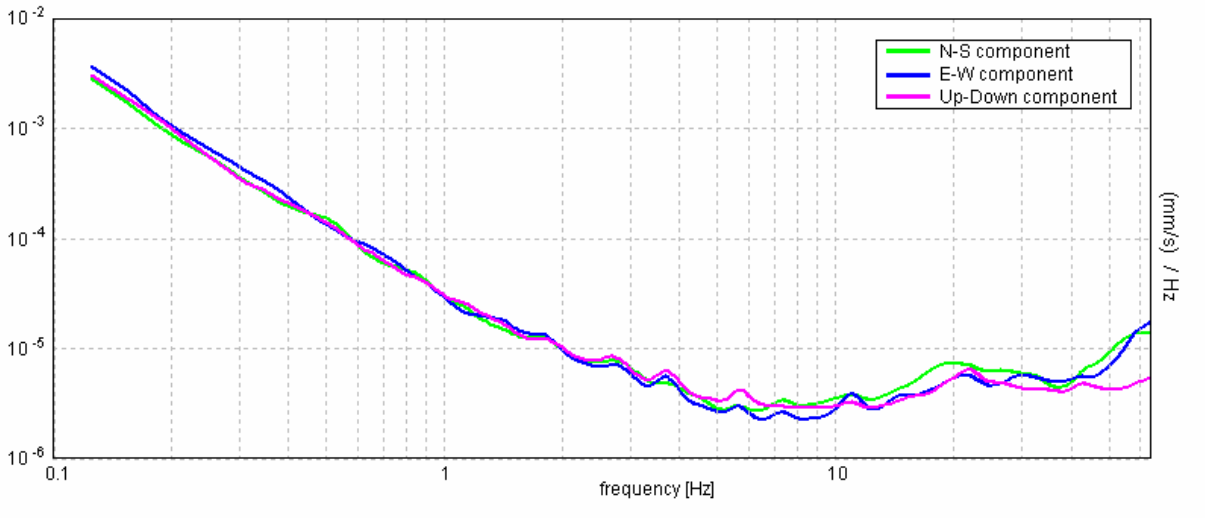
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 61.84 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	61.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	59370.0 > 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 1060 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	46.844 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.52 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.0016| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.09897 < 3.09219	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3199 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

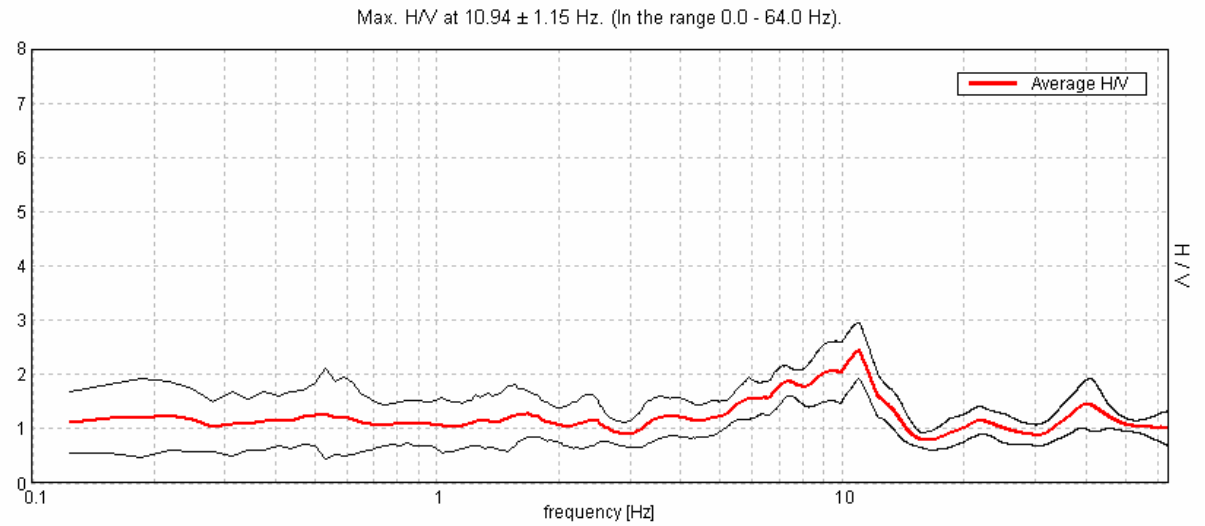
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CELSA 1

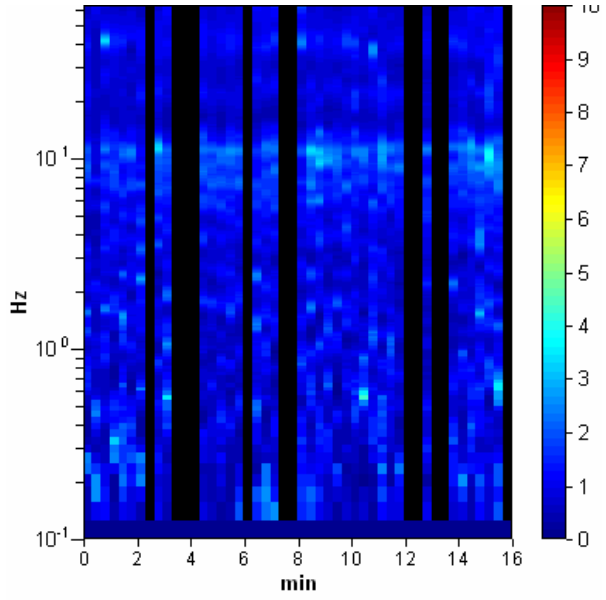
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 13:10:37 End recording: 30/11/11 13:26:38
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

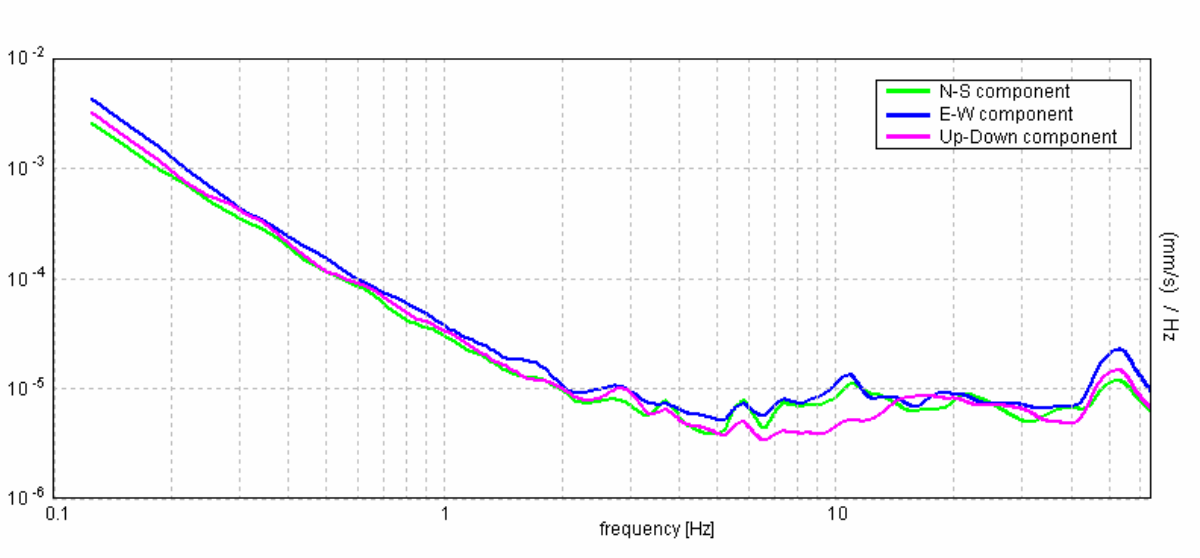
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



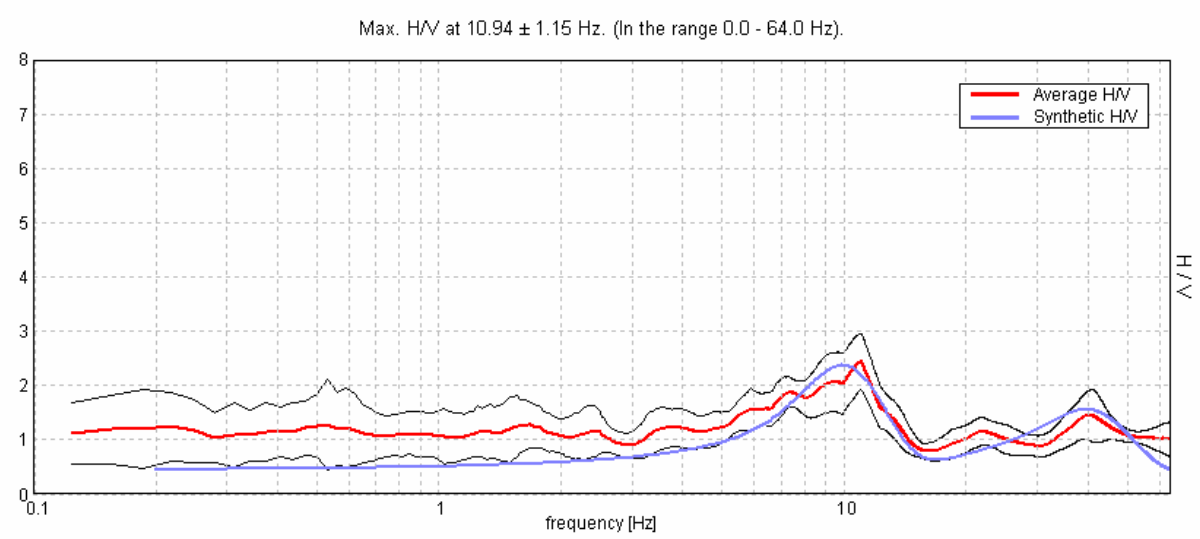
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

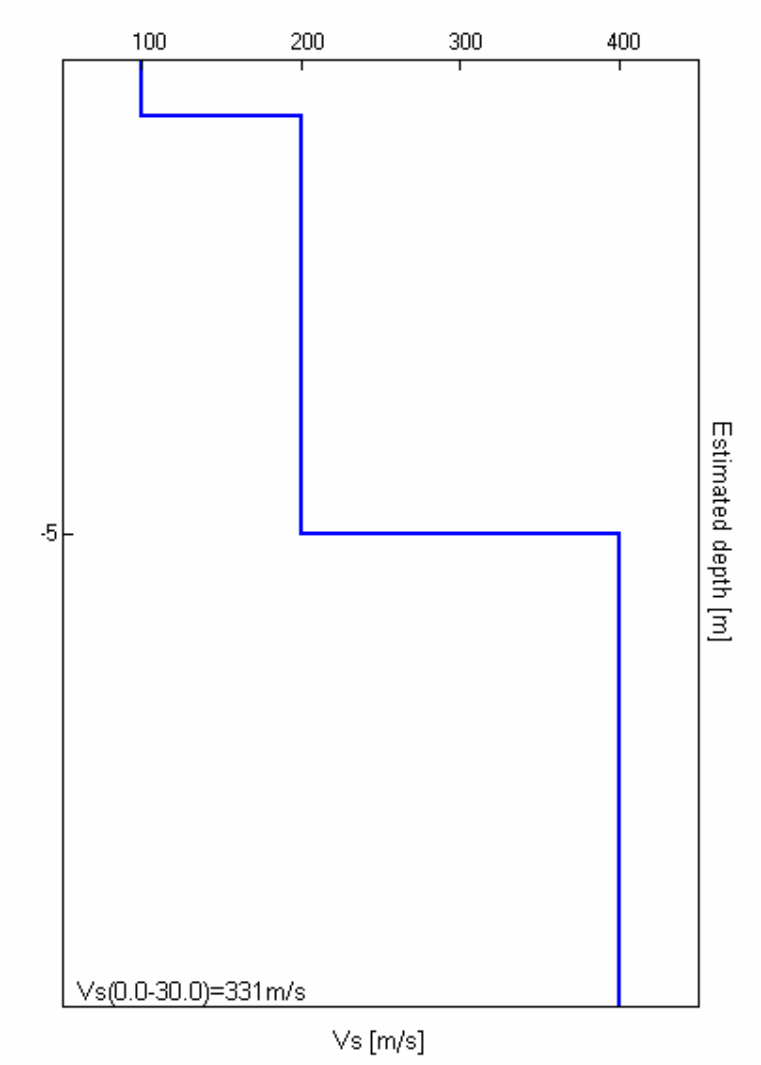


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	100	0.35
5.00	4.40	200	0.35
inf.	inf.	400	0.35

Vs(0.0-30.0)=331m/s


100
200
300
400
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=331m/s
Vs [m/s]

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

Max. H/V at 10.94 ± 1.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7875.0 > 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 526 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.44 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04988| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.55896 < 0.54688		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2535 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

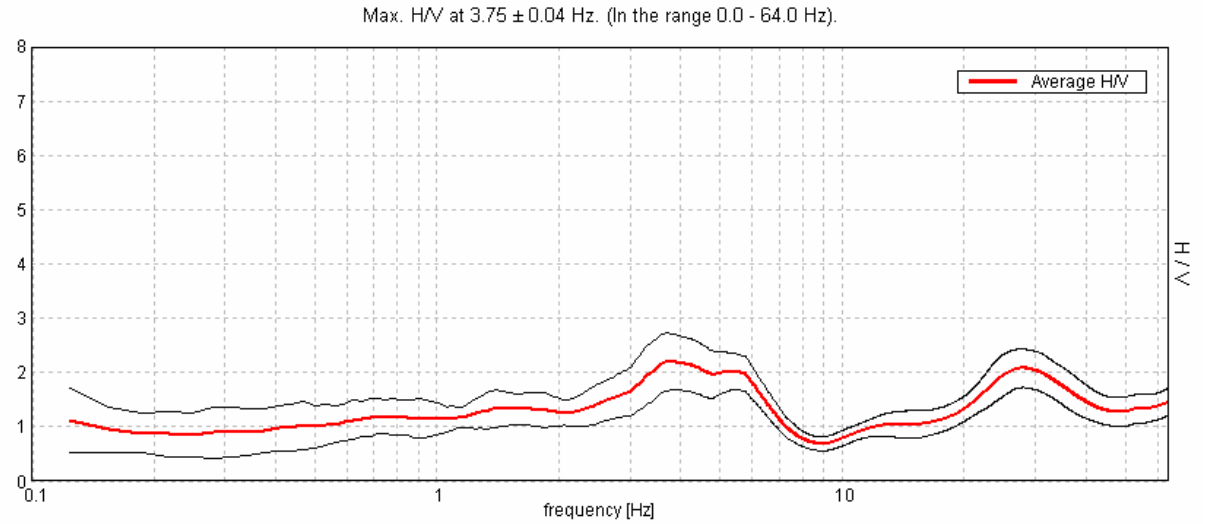
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CELSA 2

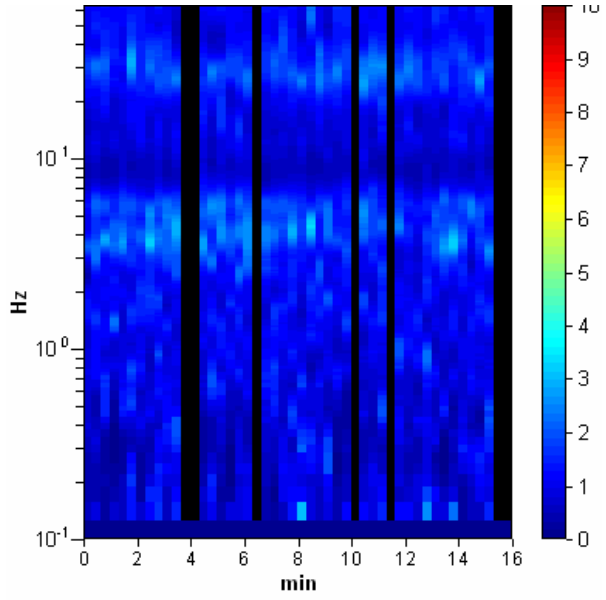
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 06/12/11 12:10:26 End recording: 06/12/11 12:26:27
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 20%

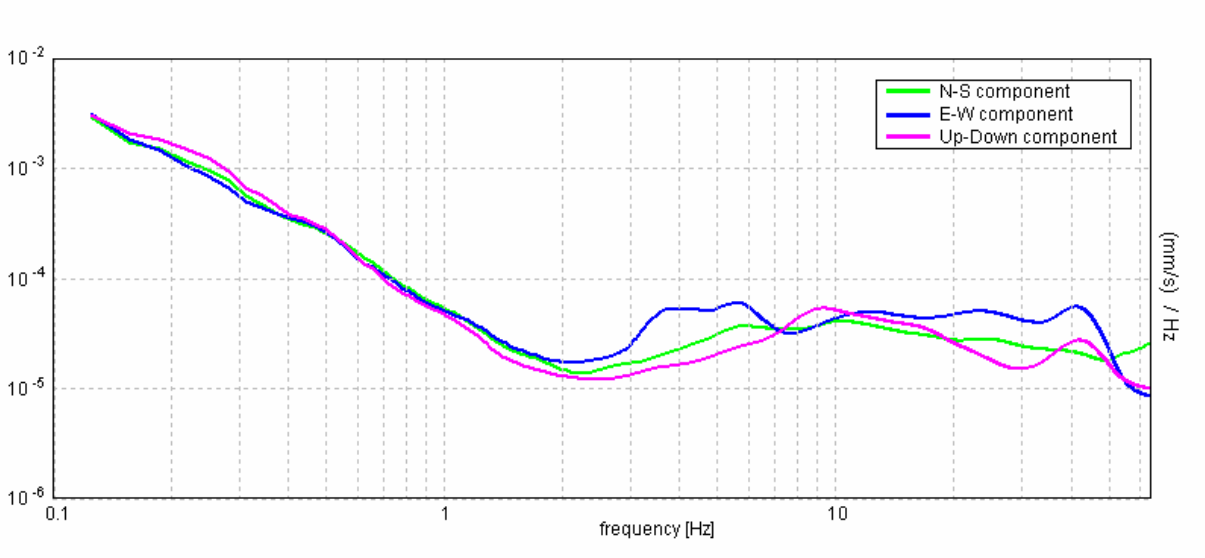
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



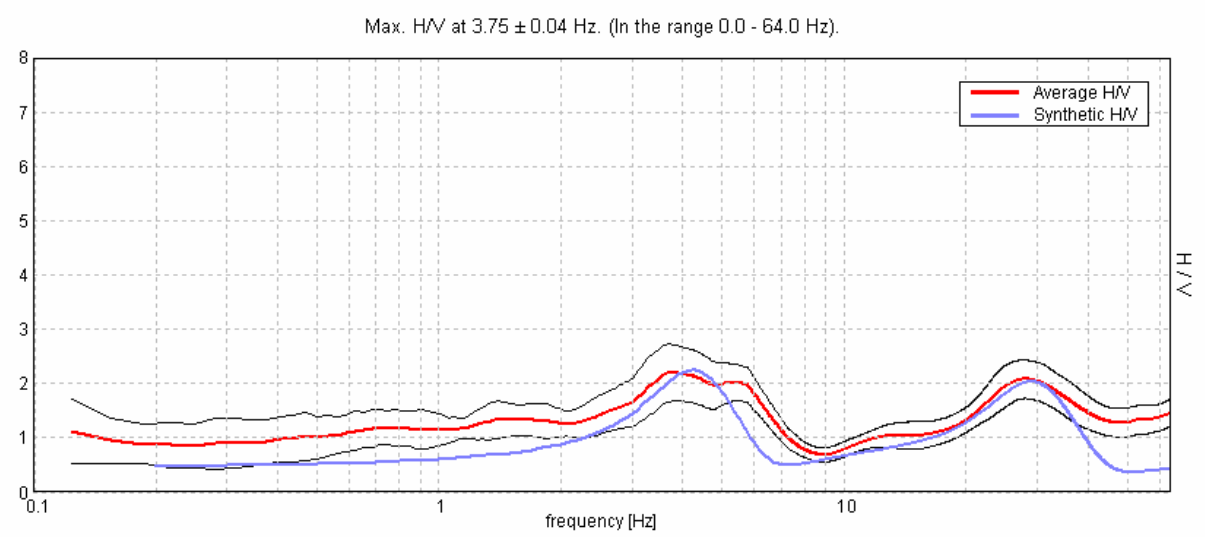
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

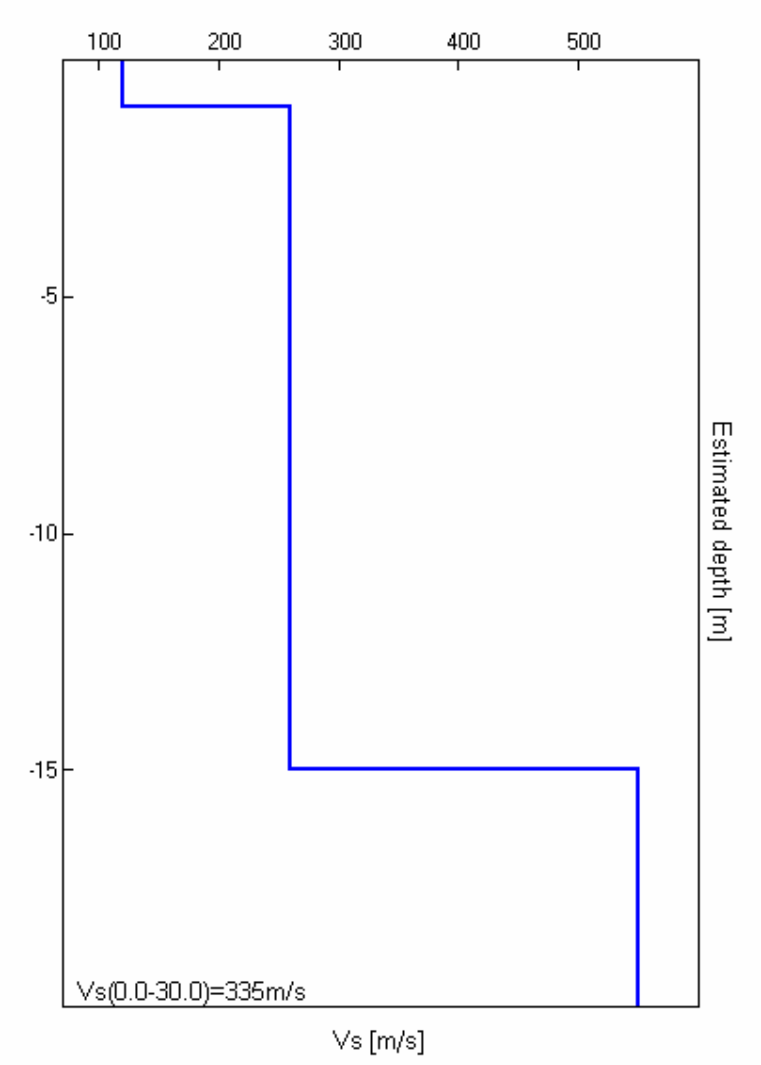


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	120	0.35
15.00	14.00	260	0.35
inf.	inf.	550	0.35

Vs(0.0-30.0)=335m/s


100
200
300
400
500
-5
-10
-15
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=335m/s
Vs [m/s]

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

Max. H/V at 3.75 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3075.0 > 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 181 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 $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.20 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00568| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.02131 < 0.1875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2573 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

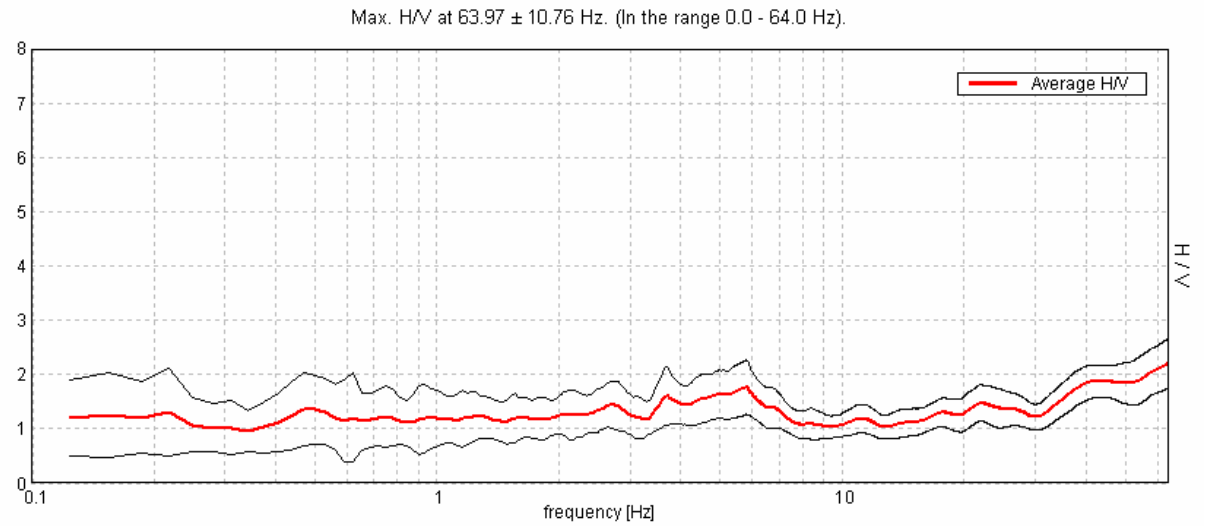
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, CELSA 3

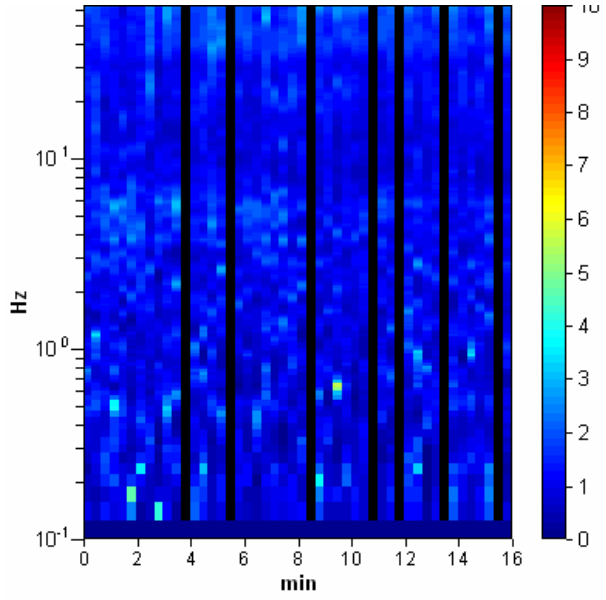
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 30/11/11 17:22:00 End recording: 30/11/11 17:38:01
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

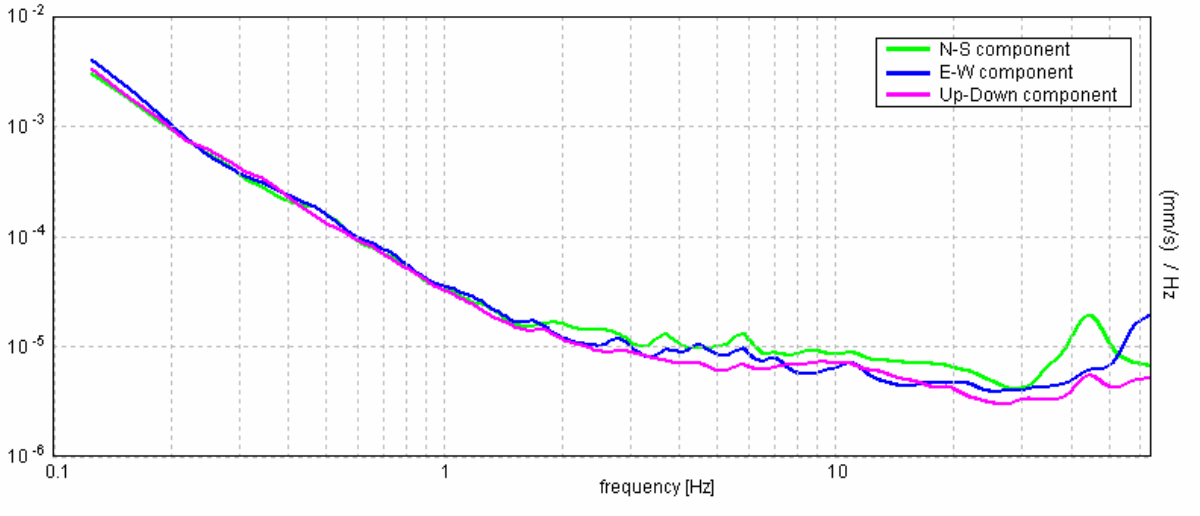
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
10 -6
0.1
1
10
frequency [Hz]
(mm/s) / Hz

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

Max. H/V at 63.97 ± 10.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	52454.4 > 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 1026 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
$A_0 > 2$	2.21 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.08217| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	5.25642 < 3.19844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2288 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

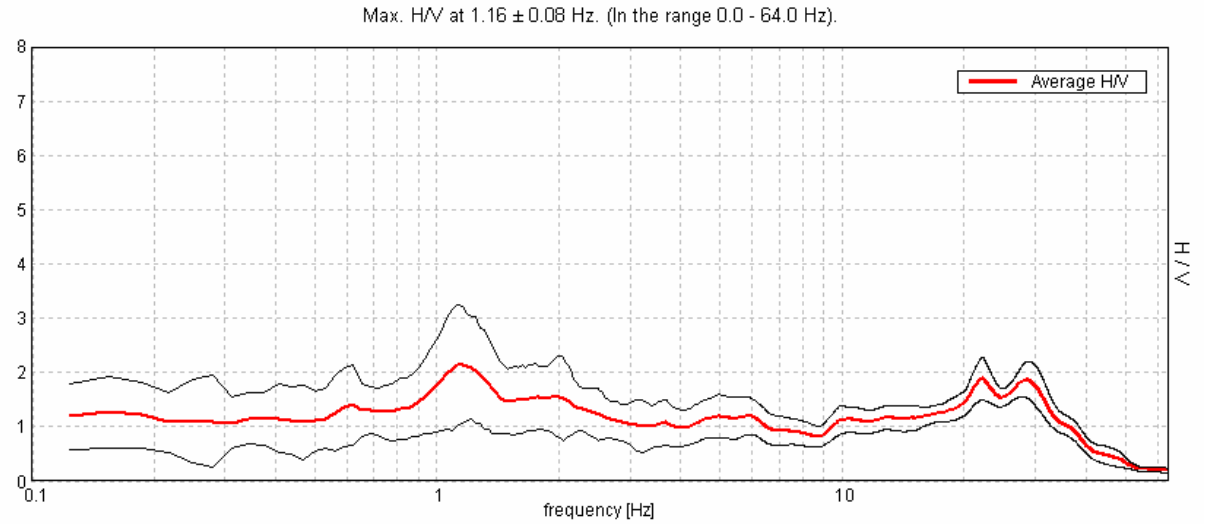
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, LEUSO 1

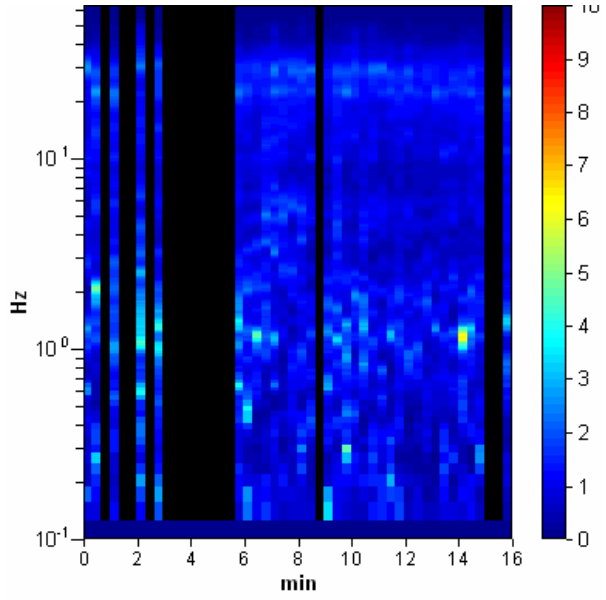
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 06/12/11 13:05:13 End recording: 06/12/11 13:21:14
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 69% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

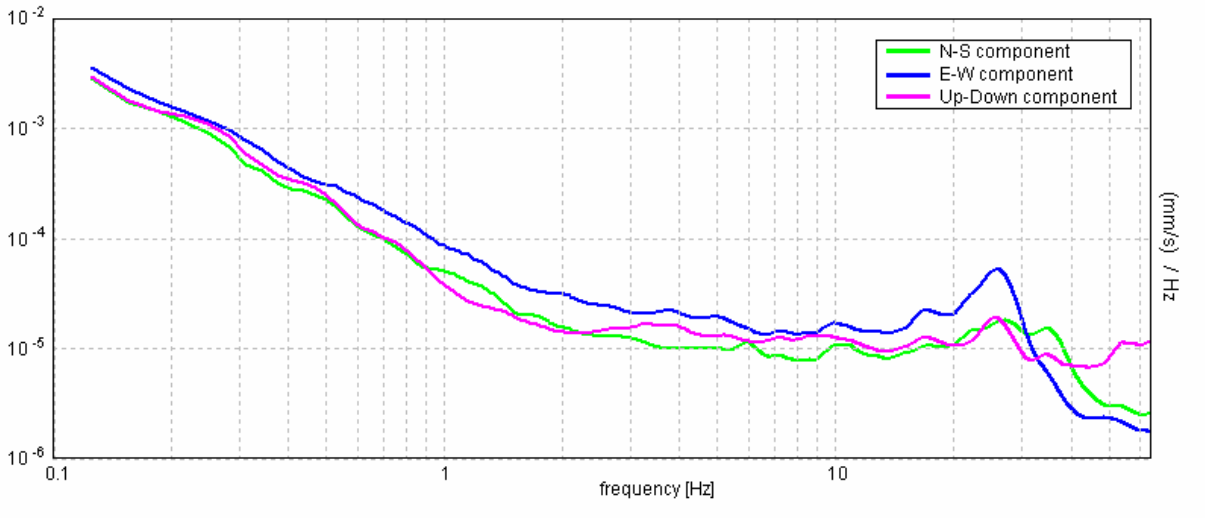
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 1.16 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.16 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	763.1 > 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 56 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 $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.14 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.0338| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03908 < 0.11563	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.524 < 1.78	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

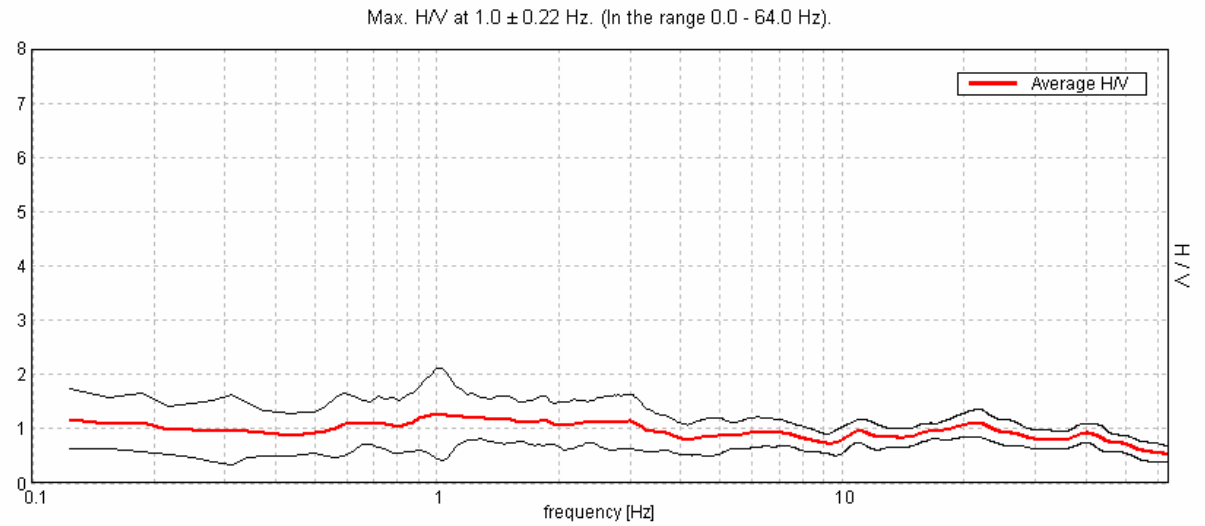
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, LEUSO 2

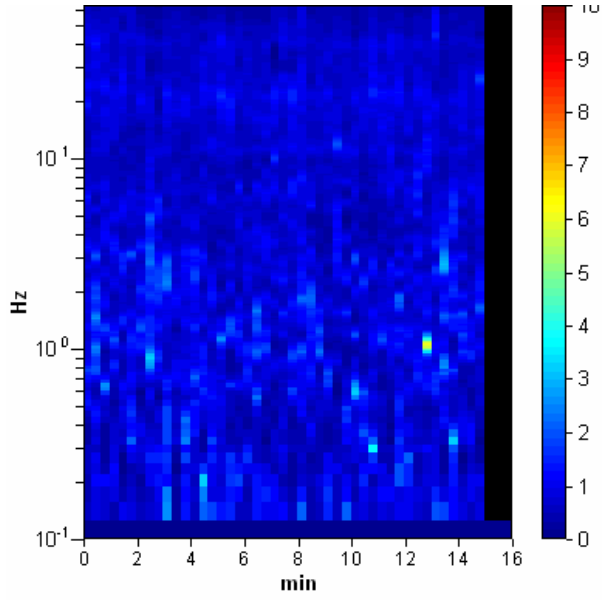
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 06/12/11 13:29:35 End recording: 06/12/11 13:45:36
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

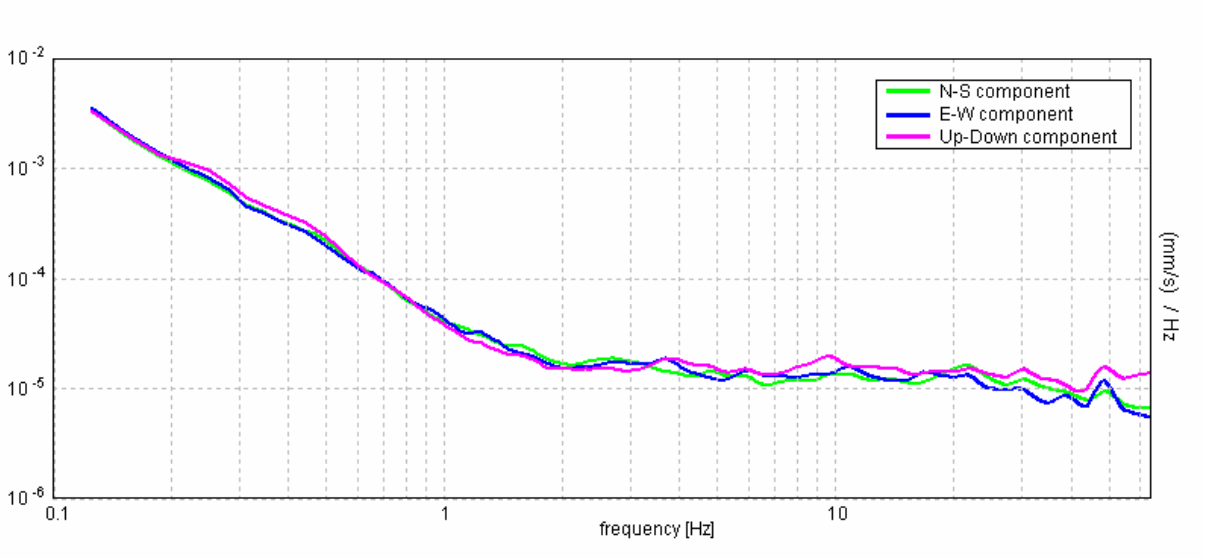
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 1.0 ± 0.22 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	900.0 > 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 49 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
$A_0 > 2$	1.29 > 2		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.10892| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.10892 < 0.1		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.411 < 1.78	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

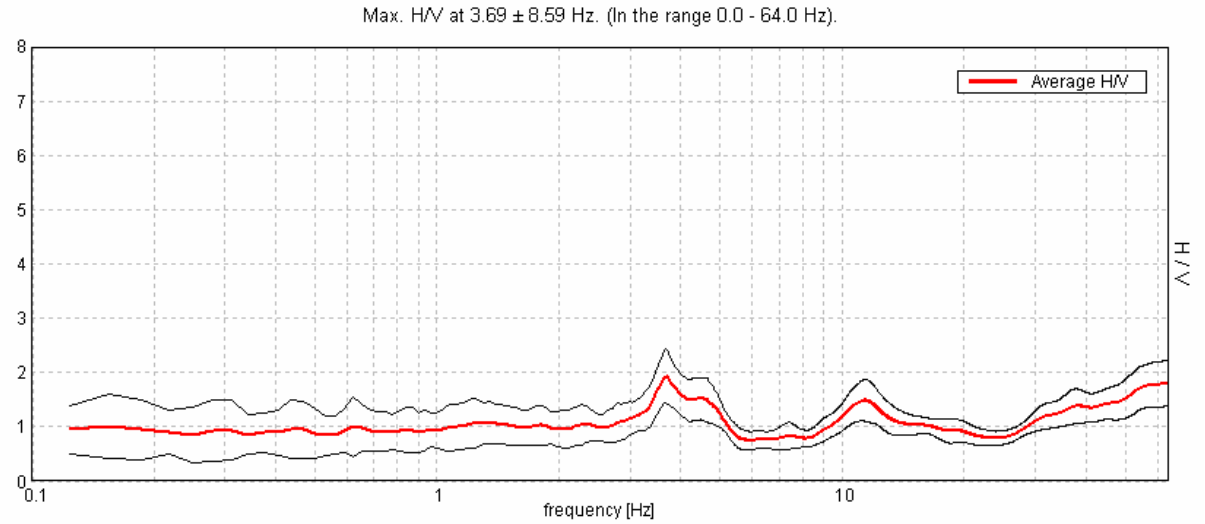
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, LEUSO 3

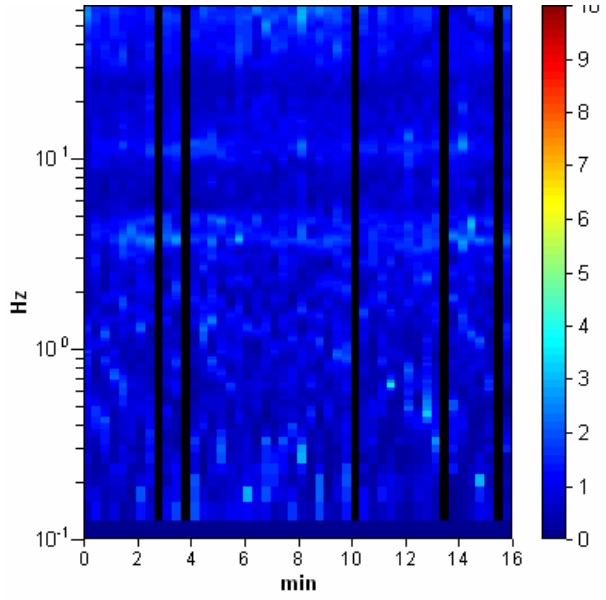
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 06/12/11 13:52:50 End recording: 06/12/11 14:08:51
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

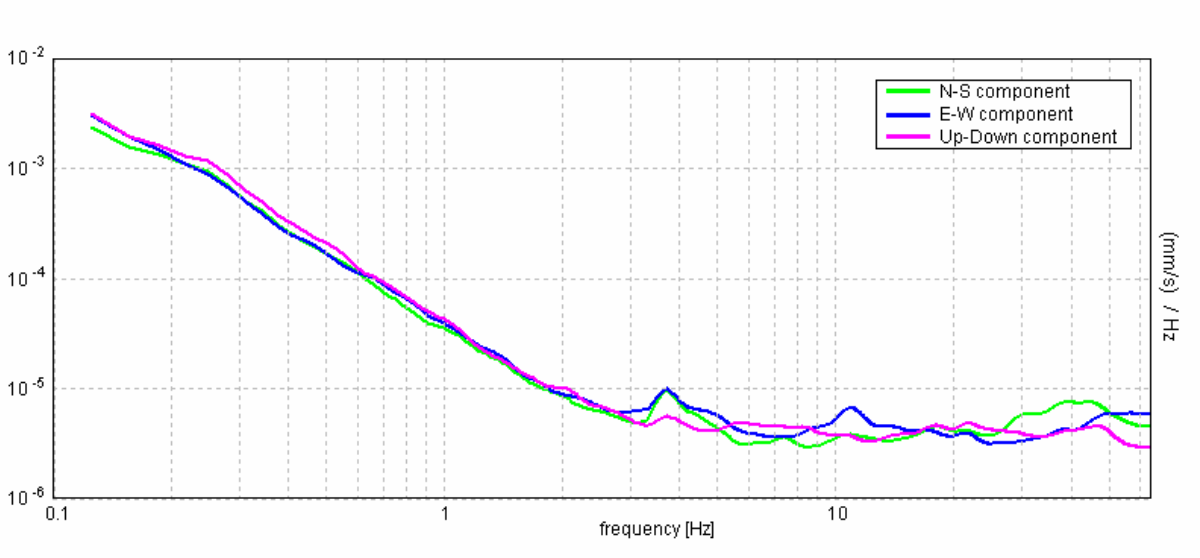
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



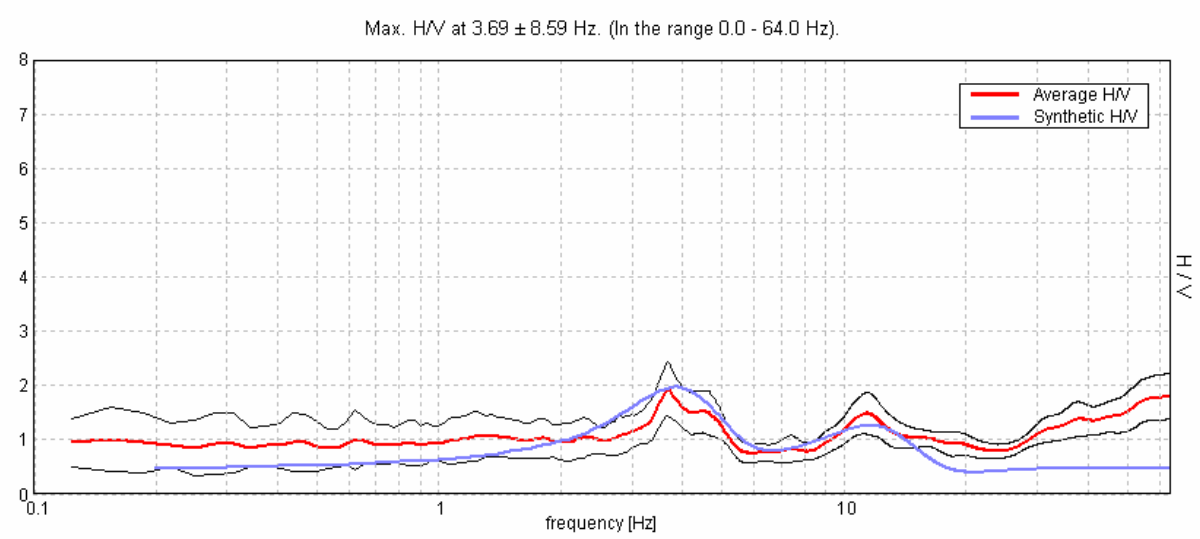
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

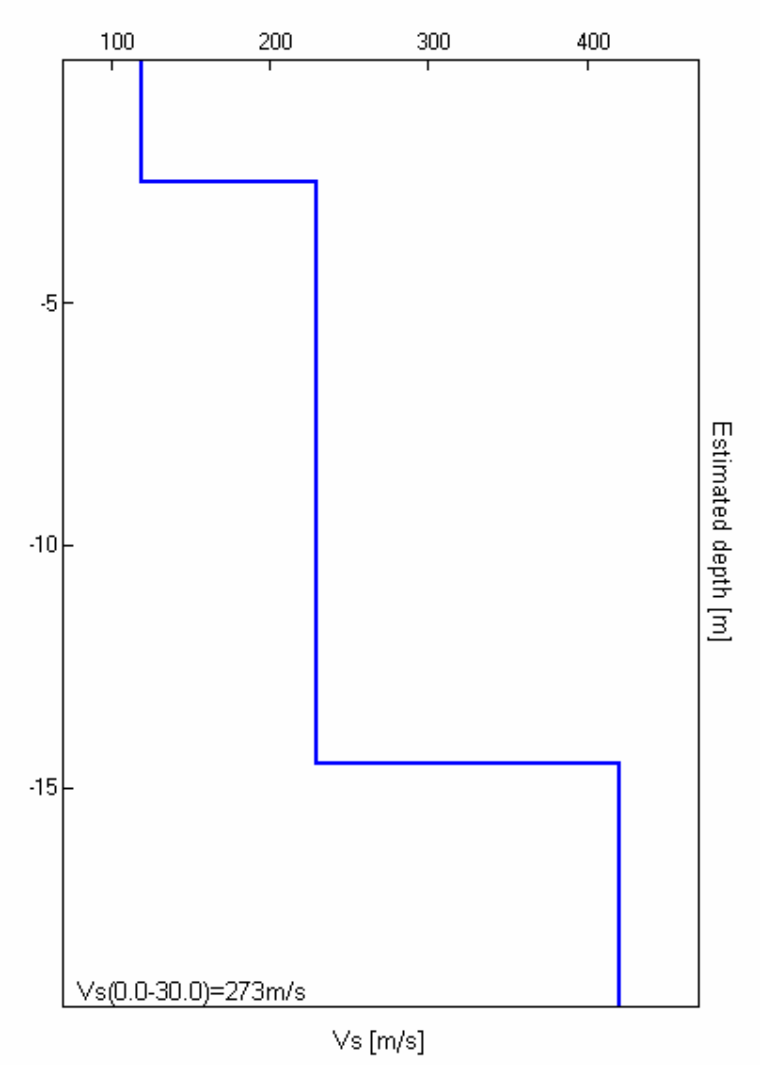


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	120	0.35
14.50	12.00	230	0.35
inf.	inf.	420	0.35

Vs(0.0-30.0)=273m/s


100
200
300
400
-5
-10
-15
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=273m/s
Vs [m/s]

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

Max. H/V at 3.69 ± 8.59 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3171.3 > 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 178 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.93 > 2		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.14046| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.20543 < 0.18438		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2445 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

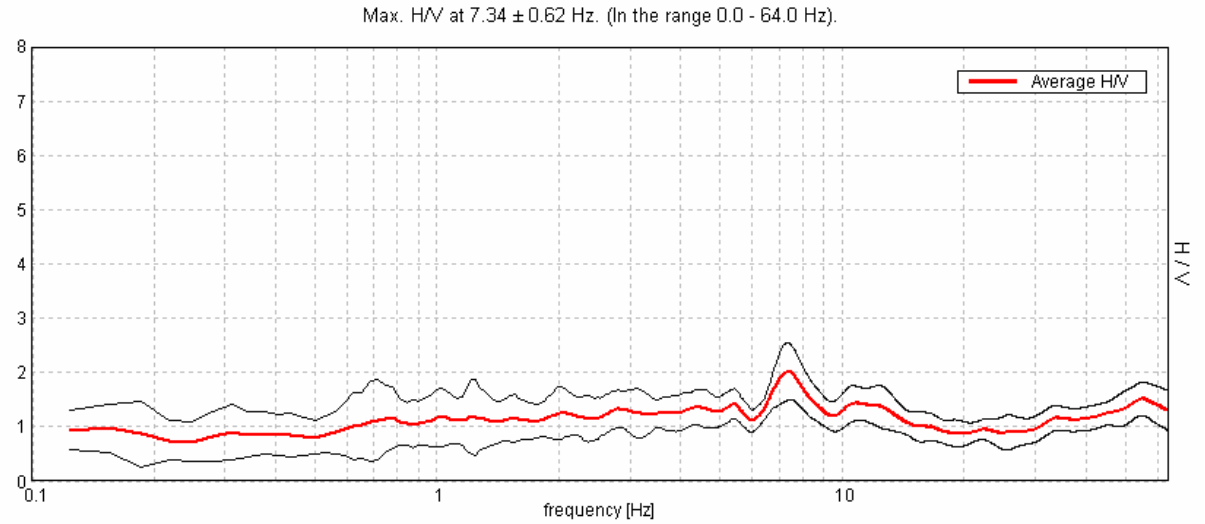
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VENDONE, VENDONE 1

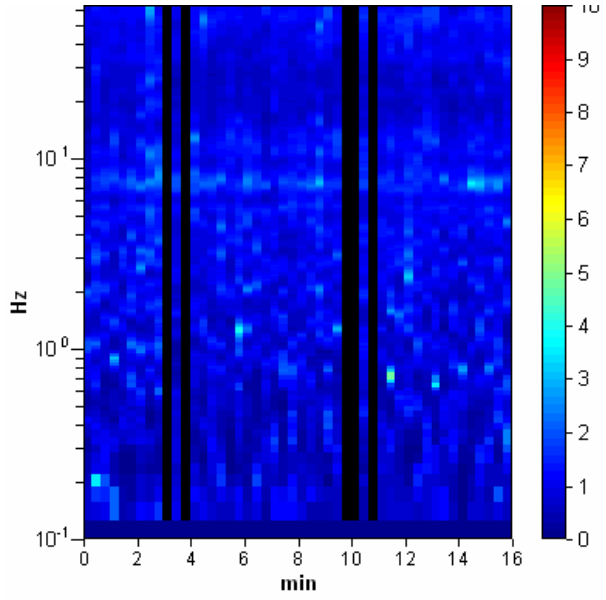
Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 06/12/11 12:40:46 End recording: 06/12/11 12:56:47
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

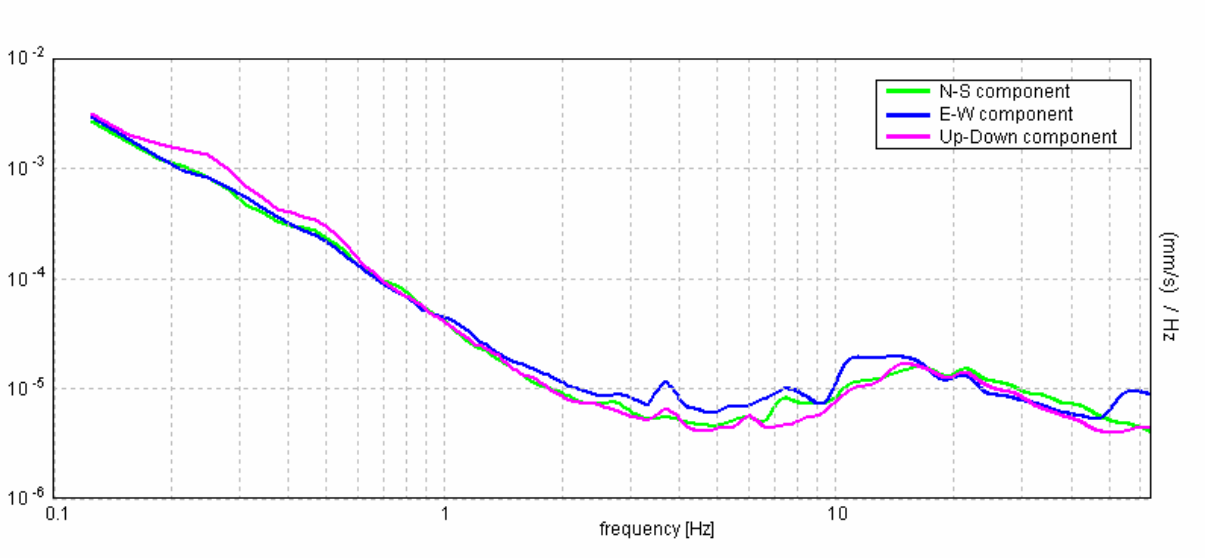
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



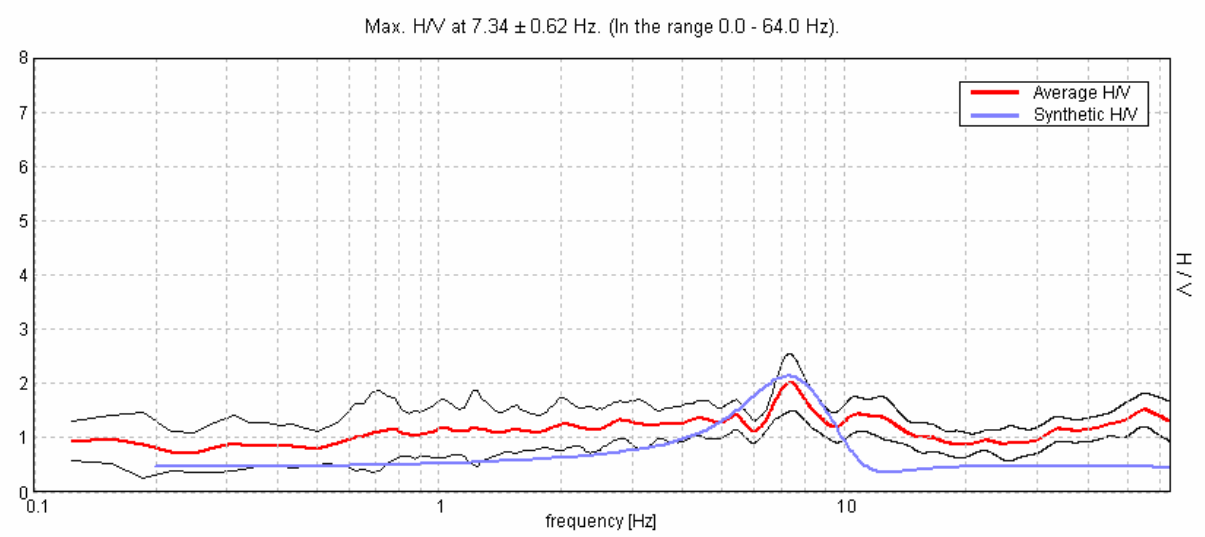
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

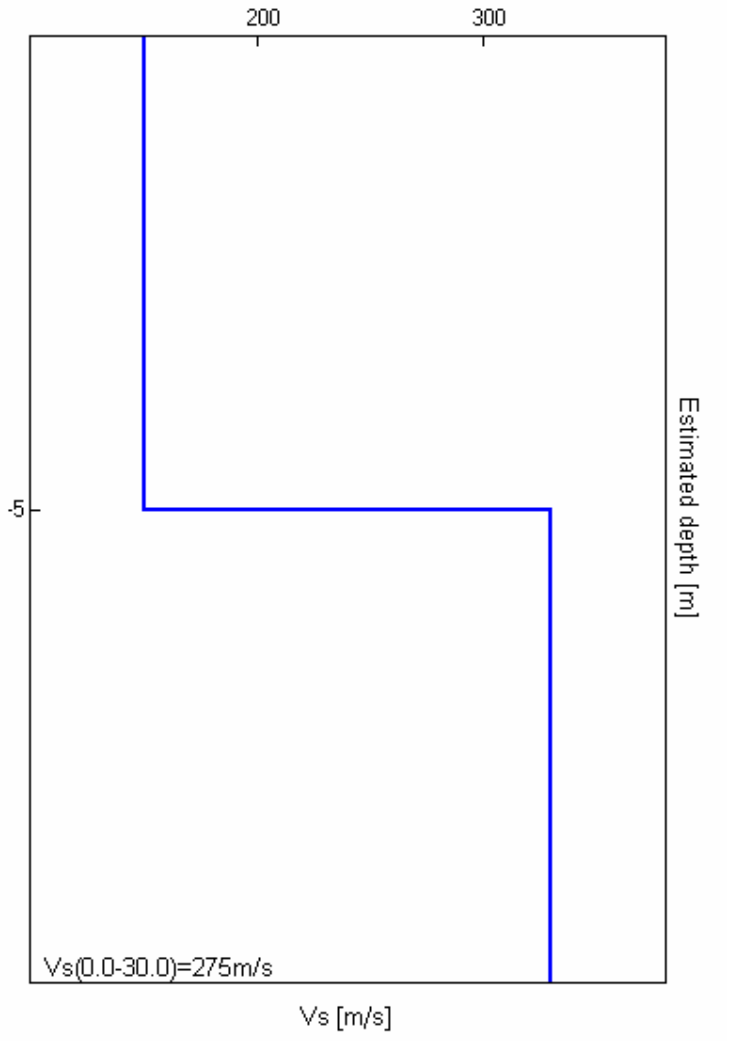


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	150	0.35
inf.	inf.	330	0.35

Vs(0.0-30.0)=275m/s


200
300
-5
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=275m/s
Vs [m/s]

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

Max. H/V at 7.34 ± 0.62 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	7.34 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6315.6 > 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 354 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 $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.02 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04146| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.30449 < 0.36719	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.261 < 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

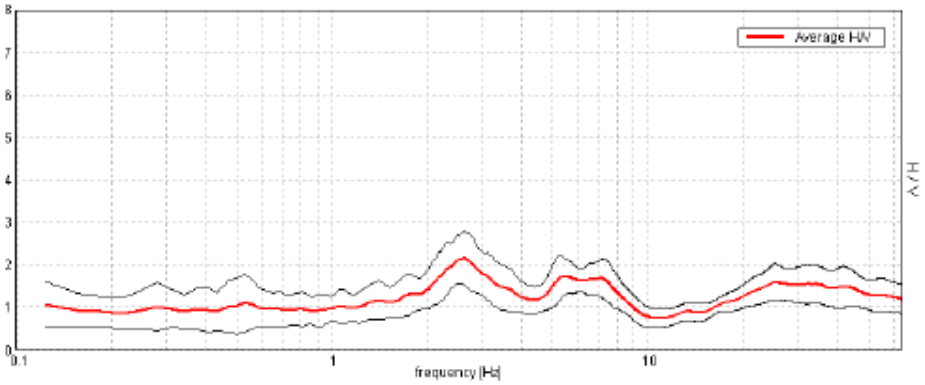
VENDONE, BORGO 2

Instrument: TRZ-0089/01-10
Start recording: 16/01/12 13:03:17 End recording: 16/01/12 13:19:18
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

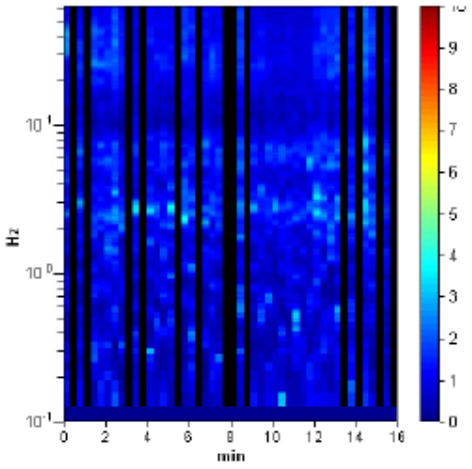
Trace length: 0h16'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

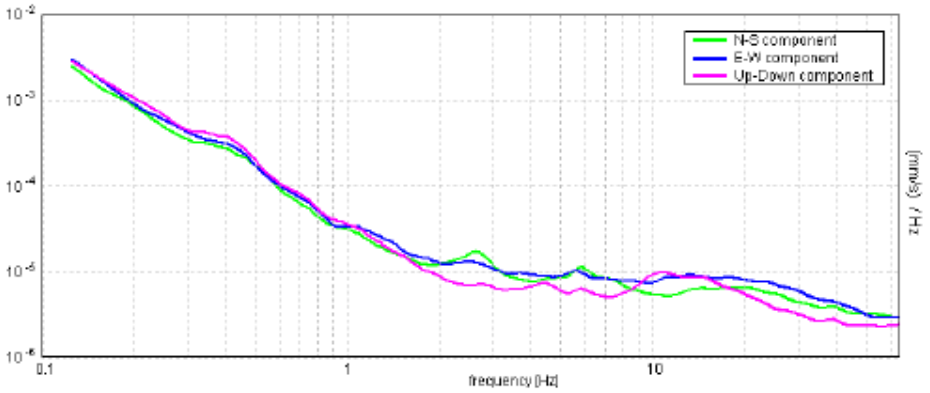
Max. H/V at 2.69 ± 4.56 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



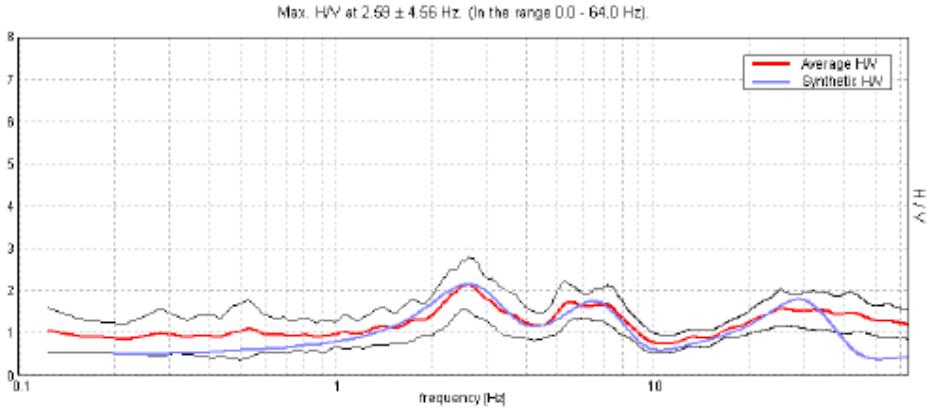
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



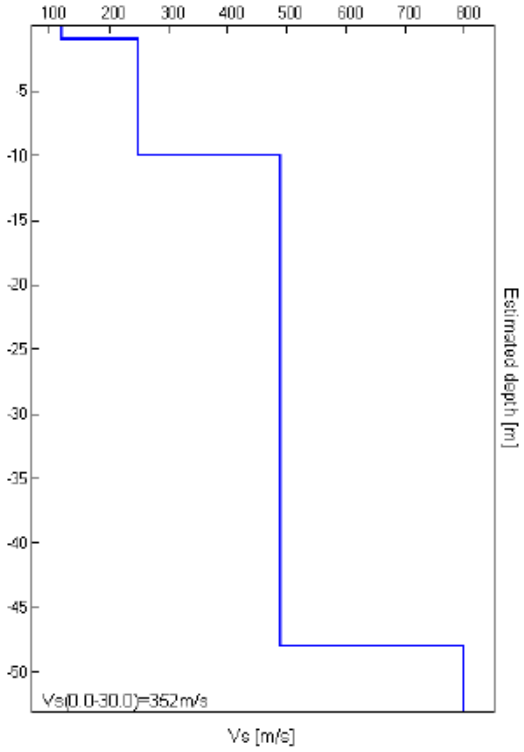
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	120	0.35
10.00	9.00	250	0.35
48.00	38.00	490	0.35
inf.	inf.	800	0.35

Vs(0.0-30.0)=352m/s

TROMINO® Grilla
www.tromino.it



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

Max. H/V at 2.59 ± 4.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	2.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1815.6 > 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 126 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.15 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04975| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.20923 < 0.12969		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2953 < 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

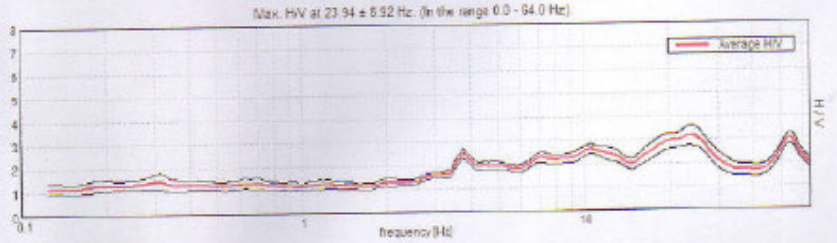
TROMINO® Grilla
www.tromino.it

COMUNE DI VENDONE(SV) – Parco Kriester

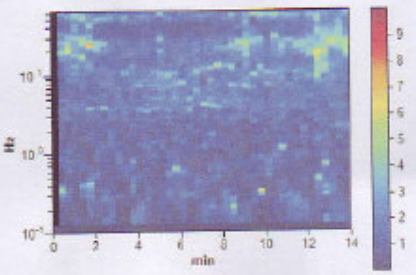
Start recording: 18/02/10 15:16:07 End recording: 18/02/10 15:30:08
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 98% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

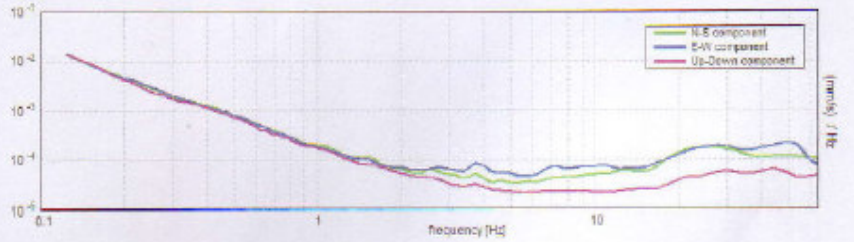
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

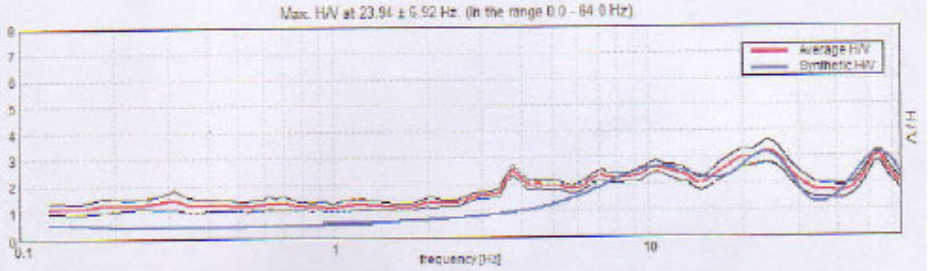


SINGLE COMPONENT SPECTRA



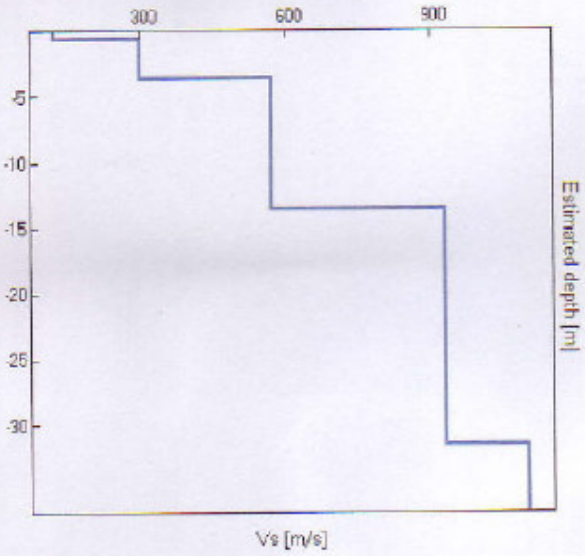
TROMINO® Grilla
www.tromino.it

EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	120
3.60	3.00	300
13.60	10.00	570
31.60	18.00	930
inf.	inf.	1100

Vs(0.0-30.0)=598m/s



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Comune di Vendone (SV)
Studio di Microzonazione Sismica Livello I

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	vendone MS_1.dat
45.00	0.00	vendone MS_2.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 45 [ms]
1	2.50	0.00	5.00	119.10
2	5.00	0.00	13.00	115.20
3	7.50	0.00	31.50	107.40
4	10.00	0.00	42.00	103.50
5	12.50	0.00	49.70	95.70
6	15.00	0.00	56.00	91.70
7	17.50	0.00	61.50	85.90
8	20.00	0.00	71.00	82.00
9	22.50	0.00	74.50	76.20
10	25.00	0.00	79.50	72.20
11	27.50	0.00	83.60	64.40
12	30.00	0.00	89.70	58.50
13	32.50	0.00	94.30	52.70
14	35.00	0.00	101.90	44.90
15	37.50	0.00	106.50	37.10
16	40.00	0.00	113.50	15.60
17	42.50	0.00	116.00	4.50

Indago S.r.l.
Sede legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE0194550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: indagosrl@libero.it - indago@pec.it
Skype: indagosrl

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	2.4	6.2
2	2.5	6.1
3	2.6	6.0
4	2.7	5.9
5	2.7	5.8
6	2.8	5.7
7	2.9	5.6
8	2.9	5.6
9	3.0	5.5
10	3.1	5.4
11	3.2	5.3
12	3.2	5.2
13	3.3	5.1
14	3.4	5.0
15	3.5	5.0
16	3.5	4.9
17	3.6	4.8

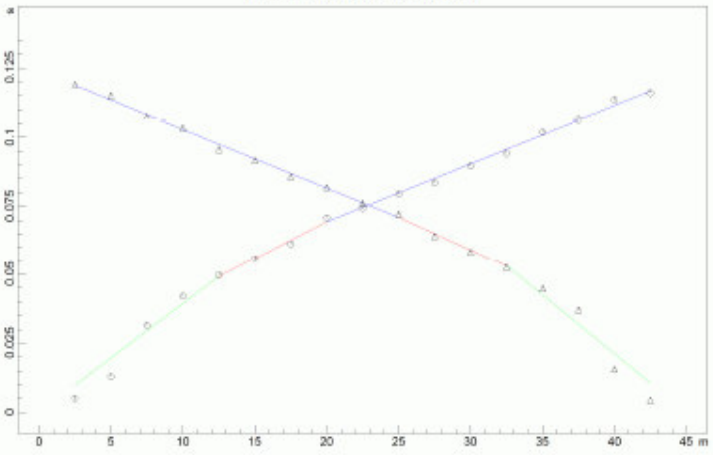
VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	244.1
2	365.4
3	490.7

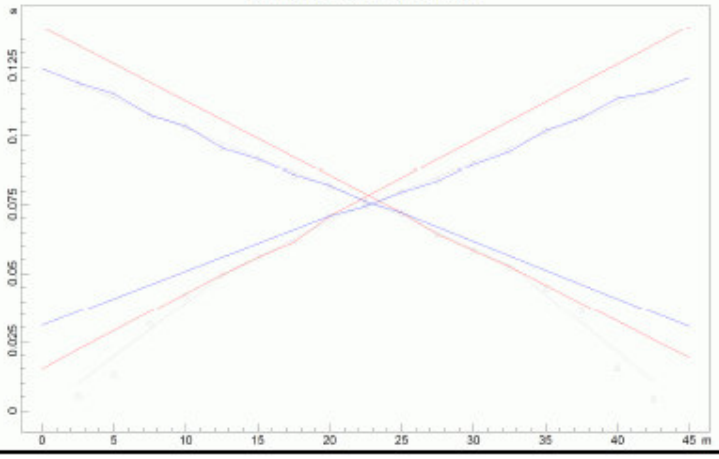
DROMOCRONE

Vendone (SV)
Studio di Microzonazione Sismica Livello I
Indagine Sismica a Rifrazione

DROMOCRONE ORIGINALI



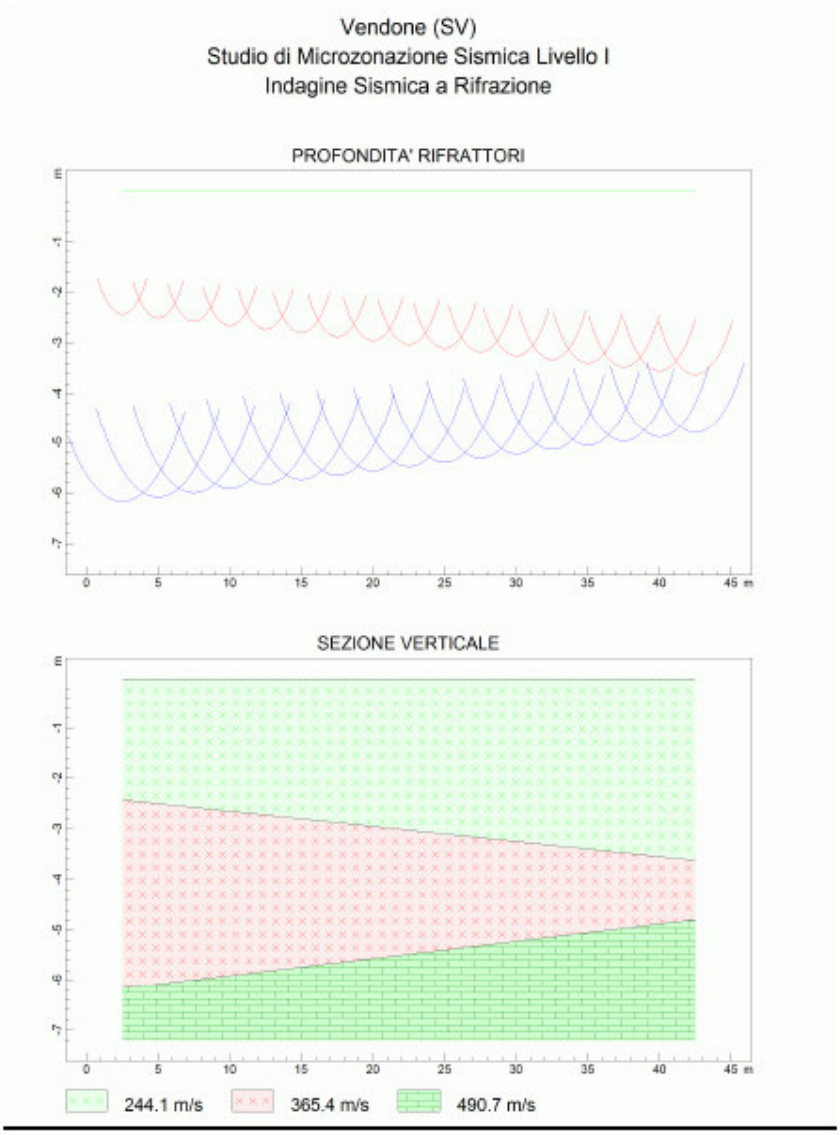
DROMOCRONE TRASLATE



Indago S.r.l.
Sede legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE0194550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: indagosrl@libero.it - indago@pec.it
Skype: indagosrl

PROFINDITA' RIFRATTORI - SEZIONE INTERPRETATIVA

Vendone (SV)
Studio di Microzonazione Sismica Livello I
Indagine Sismica a Rifrazione



Indago S.r.l.
Sede legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: indagosrl@libero.it - indago@pec.it
Skype: indagosrl